

الخطوط الاستراتيجية لإدارة مياه الصرف في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن



الهيئة الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن

الخطوط الاسترشادية لإدارة مياه الصرف
في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن

**Regional Organization for Conservation
Of the Environment of The Red Sea
And Gulf of Aden**

**Guidelines On Wastewater Management in
the Red Sea And Gulf Of Aden Region**

Jeddah, Kingdom of Saudi Arabia

Jumadah II 1438 February 2017

الخطوط الاستراتيجية لإدارة مياه الصرف في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن

الهيئة الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن، هي هيئة حكومية تعنى بالمحافظة على البيئة البحرية والساحلية في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن. وتستمد الهيئة قاعدتها القانونية من الاتفاقية الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن والمعروفة باتفاقية جدة ١٩٨٢. وقد تم إعلان إنشاء الهيئة رسمياً في القاهرة في سبتمبر ١٩٩٥ وتتخذ الهيئة من مدينة جدة بالمملكة العربية السعودية مقراً لها، وتضم في عضويتها كلاً من السعودية، مصر، السودان، الأردن، جيبوتي، اليمن والصومال. كما يتبع «الهيئة» مركز إقليمي للمساعدات المتبادلة للطوارئ البحرية "إيمارسجا" والذي تم افتتاحه رسمياً في مايو ٢٠٠٦ ويتخذ المركز من مدينة الغردقة بجمهورية مصر العربية مقراً له.

يمكن مراسلة الهيئة على ص ب ٥٣٦٦٢ جدة ٢١٥٨٣ المملكة العربية السعودية،

هاتف ٠٠٩٦٦١٢٦٥٧٣٢٢٤ فاكس ٠٠٩٦٦١٢٦٥٧١٩٠١

بريد إلكتروني persga@persga.org موقع إلكتروني www.persga.org

تم إعداد هذه الوثيقة من قبل الهيئة الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن. وقد أعد هذا الدليل الاسترشادي بدعم من برنامج الأمم المتحدة للبيئة "UNEP" من خلال مشروع الشراكات العالمية لإدارة مياه الصرف، وفي إطار البروتوكول وبرنامج العمل الإقليمي لحماية البيئة البحرية من الأنشطة البرية في البحر الأحمر وخليج عدن.

تستند النسخة باللغة العربية من هذا الدليل الاسترشادي على النسخة الإنجليزية والتي أعدها الدكتور محمد بدران من الهيئة والدكتور الاستشاري أحمد ساتشي. وقد قام بإعداد هذا الدليل باللغة العربية الدكتور محمد بدران والاستاذ بشار البطاينة من الهيئة

إن المعلومات وجميع الأشكال والعلامات والرموز والمصطلحات الواردة في هذه الوثيقة لا تعبر عن وجهة نظر الهيئة، وبالرغم من حرص «الهيئة» الشديد على تقديم المعلومات المفيدة والدقيقة للقارئ إلا أن «الهيئة» لا تتحمل أي مسؤولية قد تنتج عن أخطاء أو اقتباسات أو معلومات وردت في هذه الوثيقة.

يمكن إعادة إنتاج هذا المنشور كلياً أو جزئياً لأغراض تعليمية وغير ربحية بشرط أن يتم التنويه عن المصدر، وسوف تكون الهيئة شاكراً لاستلامها نسخة من أي إصدار استفاد من المعلومات الواردة في هذا المنشور.

جدول المحتويات

5	1. مقدمه
6	2. الاعتبارات الاساسية في إدارة مياه الصرف
6	1.2. التدابير المؤسسية
6	2.2. الارادة السياسية
6	3.2. التوعية المجتمعية
6	4.2. التعاون بين السلطات المحلية والوطنية
7	3. الاعتبارات الاستراتيجية وبناء القدرات
7	1.3. ندرة الموارد المائية والحاجة لإعادة الاستخدام
7	2.3. مياه الصرف الصحي ومعايير المياه المعالجة
7	4.3. الإدارة المستدامة لمنطقة التصريف والتنبيه إلى مناطق الأحواض المرتفعة Watershed Zone
8	4. الاعتبارات التقنية واختيار نوع المعالجة
8	1.4. أحواض التثبيت اللاهوائي، الاختيارية، وأحواض الإنضاج.
9	3.4. الحماية النشطة
9	6.4. التصميم المرن للوحدات
10	5. اعتبارات المعالجة في الموقع
12	6. الاعتبارات البيئية
12	1.6. الفسفور
13	2.6. النيتروجين
13	3.6. مياه الصرف الصناعي
13	4.6. درجات حرارة مياه الصرف الصحي في دول الإقليم
13	5.6. نسبة الكربون إلى النيتروجين أو نسبة BOD/TKN
14	6.6. الاعتبارات البيئية في إدارة الحمأة
14	7.6. طاقة محطات المعالجة وتشغيلها
14	8.6. النظام البيئي الحساس لسواحل البحر الاحمر وخليج عدن
14	7. اعتبارات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة
15	7. اعتبارات إلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة
15	1.7. إلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة
15	2.7. تعقيم مياه الصرف المعالجة

جدول المحتويات

17	الملحق (1) اشتراطات إلقاء مياه الصرف المعالجة في الإنظمة البيئية الحساسة
22	الملحق (2) تقييم سريع للوضع الراهن في البحر الأحمر وخليج عدن
22	جدول (1) نوعية المياه الخارجة من محطات المعالجة في المدن الساحلية على البحر الأحمر وخليج عدن
23	جدول (2) أحمال مياه الصرف من محطات المعالجة في المدن الساحلية على البحر الأحمر وخليج عدن
24	1 جيپوتي
24	2 جمهورية مصر العربية
26	3. المملكة الأردنية الهاشمية
27	4. المملكة العربية السعودية
28	5. السودان
30	6. اليمن
32	7. التوزيع الجغرافي الشامل لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن "PERSGA"

ملخص

تعتبر منطقة البحر الأحمر وخليج عدن من الأماكن الأكثر حساسية من الناحية البيئية والطبيعية. ونظرا لإهمية الاستخدام المستدام للمصادر الطبيعية الثمينة فقد كان على الدول المشاطئة للبحر الأحمر وخليج عدن اتخاذ عدة خطوات نحو اعتماد تدابير سليمة لاستغلال هذا المورد. وقد تم وضع إطار قانوني للقيام بذلك في اتفاقية جدة الموقعة في عام 1982 والبروتوكولات التابعة لها بما في ذلك بروتوكول حماية البيئة البحرية والساحلية من التلوث الناتج عن الأنشطة البرية الذي تمت المصادقة عليه في عام 2005.

يجب دراسة وفهم القدرة الاستيعابية للبحر الأحمر وخليج عدن بشكل جيد، لاستغلال موارده بطرق مستدامة. كما يجب الحرص بشدة على ضرورة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لأغراض الري والاستخدام في الصناعة وهذا بدوره سيوفر استدامة نفقات التشغيل والصيانة لمحطات معالجة مياه الصرف. وكذلك يجب تعقيم وتطهير مياه الصرف المعالجة باستخدام تقنية مناسبة وبكفاءة معقولة تعتمد على أي من التقنيات المعروفة مثل أحواض الإنضاج، الكلورة، استخدام الأشعة فوق البنفسجية أو استخدام مزيج من هذه التقنيات قبل إعادة الاستخدام. يجب بذل كل الجهود الممكنة والبحث عن كل البدائل لإعادة استخدام المياه المعالجة، و فقط في الحالات التي يتعذر فيها إعادة استخدام المياه المعالجة يمكن أن يتم التصريف للبحر الأحمر أو خليج عدن ويجب في هذه الحالة أن يتم ذلك من خلال اعتماد واختيار تقنيات معالجة محددة مناسبة للدول الواقعة على البحر الأحمر وخليج عدن تحقق معايير التصريف إلى البيئات الحساسة.

تعتمد الخطوط الاستراتيجية الحالية على معلومات تم جمعها في ورشة عمل إقليمية عقدت بالهيئة الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن، وشرك فيها مختصون من جميع دول الإقليم. تبين الخطوط الإرشادية أهم الاعتبارات التنظيمية والفنية لإدارة مياه الصرف وتعرف ببعض التقنيات التي يمكن تطبيقها في دول البحر الأحمر وخليج عدن. كما تبين أهم الاعتبارات البيئية المرتبطة بإدارة مياه الصرف. وتقدم أمثلة على بعض المعايير المتبعة للتصريف إلى البيئات الحساسة مع التأكيد الشديد على أن التصريف يجب أن يكون البديل الأخير الذي لا يتم اللجوء إليه إلا بعد استنفاد كل البدائل الممكنة للتدوير وإعادة الاستخدام. وقد تم وصف الوضع القائم لمعالجة مياه الصرف الصحي في دول البحر الأحمر وخليج عدن كملحق للخطوط الاستراتيجية.

1. مقدمه

النظام البيئي الغني والحساس للبحر الأحمر وخليج عدن له قابلية شديدة للتأثر بالملوثات من المدن الساحلية والأنشطة البرية. نتيجة للزيادة التي تحصل بشكل مستمر على عدد السكان في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن، ومع زيادة الضغط البشري هناك زيادة في الطلب على المياه. مع ما يمكن أن توفره تقنية تحليه مياه البحر من إمدادات وفيرة من المياه للسكان فقد ازدادت كميات مياه الصرف الصحي المنتجة. بدون إدارة فاعلة لمياه الصرف فإن معظم المياه المعالجة المنتجة يتم تصريفها إلى البحر، بينما يتم إعادة استخدام جزء يسير منها في الزراعة أو في الصناعة. إن إلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة أو غير المعالجة إلى مياه البحر الأحمر أو إلى خليج عدن من الممكن أن يؤدي إلى تجاوز "قدرة التنظيف الذاتية" للبحر الأحمر وخليج عدن وقد يسبب تلوث النظام البيئي مؤدياً إلى آثار سلبية على التنوع الحيوي والموارد الساحلية.

التلوث في البحر الأحمر وخليج عدن سيقبل من المنافع الاقتصادية المتأينة من المصادر الغنية في الإقليم. ويمكن أن تكون الدول ذات الدخول القليلة الأكثر تأثراً من هذا النهج.

تهدف هذه الوثيقة إلى تقديم خطوط استراتيجية بشأن إدارة مياه الصرف الصحي في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن كما تشكل نوعاً من التوعية بالإجراءات التي يجب اتخاذها لمنع تلوث النظام البيئي للبحر الأحمر وخليج عدن بمياه الصرف.



شكل 1. اشجار المنغروف والصرف الصحي

2. الاعتبارات الأساسية في إدارة مياه الصرف

1.2. التدابير المؤسسية

تعتمد التدابير المؤسسية على ثقافة البلدان، والعادات، والظروف الاجتماعية والاقتصادية والسياسية. يمكن أن تكون التدابير المؤسسية ذات بعد عمودي بين الحكومات الوطنية والإقليمية والمحلية ويمكن أن تكون ذات بعد أفقي بين المؤسسات ذات الصلة بالمياه والتي تتغير من بلد إلى آخر، مثل قطاعات إدارة المياه والمؤسسات الوطنية القائمة عليها. لا بد من تحديد الترتيبات المؤسسية القائمة

في دول إقليم البحر الأحمر وخليج عدن ويجب إجراء تحليل «SWOT» لإيجاد نقاط القوة والضعف، والفرص الممكنة في الإطار المؤسسي. إن قصور نظام إدارة مياه الصرف الصحي عادة ما يكون نتيجة لضعف في الممارسات المؤسسية. يجب العمل على بناء القدرات لتعزيز المؤسسات العاملة بقطاع الصرف الصحي. ولا ينبغي أن يكون الهدف الوحيد من برنامج بناء القدرات هو تدريب الموظفين وتنمية الموارد البشرية. بل يتعدى ذلك إلى ضرورة توفير بيئة عمل تمكن العاملين من التشغيل الفعال الذي يؤدي إلى إدارة سليمة لمياه الصرف. كما يجب أن تشمل التنمية المؤسسية إشراك أصحاب المصلحة في هذه العملية. مع ملاحظة أن إشراك أصحاب المصلحة يمكن أن يستغرق وقتاً طويلاً بسبب الحاجة إلى تطوير بعض المفاهيم الدارجة فيما يتعلق بإعادة استخدام المياه المعالجة.

2.2. الإرادة السياسية

الإرادة السياسية لتحسين المؤسسات هي عامل مهم ولا يمكن تنفيذ المهام التقنية إلا بعد مرورها بالمرحلة الإدارية التي تتبع الإرادة السياسية. معظم وحدات أنظمة الصرف الصحي تكون تحت الأرض، وهذا يجعل إدارة مياه الصرف الصحي ليست مرئية بوضوح وأقل جاذبية للاستثمار بها. كما أن بعد أنظمة إدارة مياه الصرف الصحي عن العين تزيد من صعوبة إجراء عمليات التحقق والصيانة المناسبة لتلك الأنظمة وقد تؤدي إلى تأخير ذلك مما قد يؤدي إلى تفاقم الضرر وزيادة كلف الصيانة والمتابعة.

3.2. التوعية المجتمعية

إدارة مياه الصرف الصحي يمكن أن ترتبط بعدة مسائل تثير اهتمام الجمهور إذا لم يكن على اطلاع مناسب على الظروف الناشئة عن نظام مياه الصرف؛ مثل الرائحة الناتجة عن تصريف مياه الصرف في المدن الساحلية إلى خط الساحل القريب أو زيادة ملوحة المياه الجوفية نتيجة لتسرب مياه الصرف من الحفر الامتصاصية للمياه الجوفية إذا لم يكن هناك شبكة لمياه الصرف الصحي. هذه الأمثلة تمت ملاحظتها في بعض مدن إقليم البحر الأحمر وخليج عدن، حيث لا يوجد أشجار يمكنها سحب مياه الأمطار من التربة وإطلاقها بالغلاف الجوي فتقوم مياه الأمطار بإذابة الأملاح الموجودة بالتربة وأخذها عميقاً في طبقات التربة وصولاً إلى المياه الجوفية. وقد حصل هذا في الإقليم حيث أخذت العديد من المدن الساحلية خلال ثمانينات القرن الماضي بالازدهار والنمو كان يتم جمع مياه الصرف الصحي المنزلية في خزانات تجميع للمياه العادمة ويتم بعد ذلك نقلها بواسطة صهاريج إلى محطات المعالجة الموجودة أو إلى بحيرات لاهوائية لتجميع المياه العادمة خارج المدينة. وقد أدى التسرب من الحفر الامتصاصية للمياه العادمة إلى اختلاطها بالمياه الجوفية في بعض المدن حيث عمق المياه الجوفية قريب من سطح الأرض. وقد غمرت المياه الجوفية المالحة اقبية المنازل في بعض المواقع. وتم حل مشكلة ارتفاع منسوب المياه الجوفية باستخدام أنابيب لتصريف تلك المياه إلى البحر. مثل هذه المشاكل قد تؤدي إلى مضاعفات صحية للإنسان والبيئة. الرائحة الكريهة التي يمكن أن تنتج عن زيادة المغذيات في موقع التخلص من مياه الصرف أو عن البحيرات اللاهوائية يمكن أن تشكل ضغطاً على الحكومات المحلية والوطنية لإيجاد حلول عاجلة لهذه المشكلة. وعادة ما يتم إجراء تحسينات وتطوير في المؤسسات من خلال هذه الضغوط واتخاذ إجراءات عاجلة لتصويب الوضع في الأماكن التي يصبح الضعف المؤسسي فيها واضحا.

4.2. التعاون بين السلطات المحلية والوطنية

في بعض الحالات، قد لا يكون التعاون والتنسيق كافياً بين السلطات المحلية والوطنية. مما يمكن أن يؤدي إلى إنشاء محطات معالجة لمياه الصرف الصحي دون أن يكون من الممكن استخدام تلك المحطات واستقبال مياه الصرف فيها بسبب عدم قيام السلطات المحلية بإنشاء شبكات الصرف الصحي والتي هي في معظم الأحيان من مهام السلطات المحلية. فيما يلي بعض المبادئ البسيطة لتحسين التعاون بين السلطات المحلية والوطنية:

مبدأ اللامركزية يمكن تطبيقه في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن لحل مشكلات إدارة مياه الصرف الصحي. لفعالية الكلفة. بحيث لا تنفذ الحكومات الوطنية المهام التي يمكن القيام بها بكفاءة أكبر على مستويات أدنى مثل السلطات والمجتمعات المحلية أو القطاع الخاص. وتكتفي الحكومة الوطنية بوضع التشريعات المنظمة ومراقبة الأداء.

شراكة القطاع العام والخاص عادة ما تكون أكثر فعالية من حيث الكلفة من أن توفر الحكومة كافة الخدمات. وقد تشجع شراكة القطاع العام والخاص المنافسة التي تجمع الجودة وكفاءة الكلفة في النظام.

استراتيجية طويلة وقصيرة المدى وينبغي أيضاً إدراج دراسات السياسات في الترتيبات المؤسسية. وقد تحتاج الأدوات القانونية والأنظمة والتشريعات في بعض الأحيان إلى التحديث وكذلك إلى إشراك الجمهور والمؤسسات غير الحكومية وجميع القطاعات الحكومية ذات الصلة والتي يطلب منها التعاون. وهذا أمر مهم جداً في إنجاح إدارة مياه الصرف الصحي.

3. الاعتبارات الاستراتيجية وبناء القدرات

1.3. ندرة الموارد المائية والحاجة لإعادة الاستخدام

تصنف دول البحر الأحمر وخليج عدن ضمن المناطق الجافة. يجب أن يتم تشجيع المعالجة وإعادة الاستخدام لمياه الصرف الصحي في الزراعة والصناعة في دول الإقليم بدلا من تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة أو غير المعالجة إلى البحر الأحمر وخليج عدن أو إلى المنخفضات والأودية. كما يجب مشاركة الخبرات في مجال إعادة الاستخدام بين دول الإقليم. يجب تضمين إعادة الاستخدام والتدوير في خطط التنمية المتكاملة لكل دولة من دول الإقليم. ويجب وضع معايير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة. بالإضافة لتعريف معايير التعقيم لمختلف التطبيقات بما في ذلك أنواع المحاصيل التي يمكن ريها باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

2.3. مياه الصرف الصحي ومعايير المياه المعالجة

لا بد من إعادة التأكيد هنا أن التخلص من مياه الصرف المعالجة يجب أن يكون الملاذ الأخير بعد استنفاد كل السبل الممكنة لإعادة الاستخدام. وعند الاضطرار إلى التخلص من مياه الصرف المعالجة



شكل 2. إحدى محطات المعالجة الطبيعية في الإقليم

في البحر يجب اعتماد معايير دقيقة لتصريف مياه الصرف الصحي المعالجة للبحر الأحمر وخليج عدن. ومن الممكن في هذا المجال إنشاء لجنة بيئية للبحر الأحمر وخليج عدن على مستوى رفيع من صانعي القرار. أو يمكن أن تقوم الهيئة الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن بدور هذه اللجنة بالتعاون مع نقاط الاتصال الوطنيين كونهم يشكلون اللجنة التنفيذية للهيئة. يجب أن يتم تدعيم الاجتماعات الرسمية لهذه اللجنة باجتماعات للخبراء. ويجب وضع ضوابط للرصد والامتثال لمعايير التصريف المقبولة وإيجاد آلية لمراقبة هذه الضوابط من قبل جهة مستقلة. ينبغي تدعيم شبكة التعاون بين دول البحر الأحمر وخليج عدن مما سيوسع نقل المعرفة بين البلدان ويوفر المزيد من الخبرة في المراقبة البيئية.

3.3. بناء القدرات

بناء القدرات للعاملين في مجال معالجة مياه الصرف وحماية البيئة مثل مشغلي محطات المعالجة أمر ذو أهمية بالغة. يمكن استخدام الإنترنت كأداة فعالة لدعم التعاون فيما بين دول البحر الأحمر وخليج عدن. والبدء بإيجاد موقع على الإنترنت حيث يمكن للشركاء وصف مشاكلهم وتبادل المعلومات والخبرات. عقد اجتماعات متكررة بين دول البحر الأحمر وخليج عدن تساعد على بناء الثقة وزيادة التعاون وتعزيز تبادل البيانات والمعلومات. سوف تكون هناك حاجة لمشاركة ومعايرة المعلومات المقاسة بين دول الإقليم. يجب أن تكون هناك زيارات ميدانية متكررة ومساعدة في التدريب بين دول الإقليم. بعض دول الإقليم بحاجة لأفراد مدربين في المراقبة البيئية مثل فنيي المختبرات ومشغلي محطات المعالجة والمهندسين. يمكن تأسيس مراكز تدريب في البلدان التي لها خبرة أوسع في المعالجة وإعادة الاستخدام.

4.3 الإدارة المستدامة لمنطقة التصريف والتنبيه إلى مناطق الأحواض المرتفعة Watershed Zone

منطقة الحوض المرتفع هي المنطقة من الأرض التي يكون مستوى المياه فيها أعلى من المناطق المجاورة لها والتي يمكن أن تنساب المياه المتجمعة فيها إلى المناطق المحيطة بها سواء عبر وديان سطحية أو بالتسريب من خلال الطبقة تحت السطحية. الحوض المرتفع يمكن أن يكون على مختلف الأشكال والأحجام ويمكن ان يعبر حدود المقاطعات أو الحدود الوطنية.

من المهم أن يتم تحديد الجوانب التالية في خطط الإدارة المستدامة للمنطقة الساحلية في البحر الأحمر وخليج عدن:

- تحديد مناطق الأحواض المرتفعة بالقرب من البحر الأحمر وخليج عدن. ينبغي تحديد الجريان السطحي الطبيعي والمصادر غير المحددة والمحددة التي تصب في هذه الأحواض
- اعتماد اسس التنمية المستدامة في المناطق القريبة من البحر الأحمر وخليج عدن حيث أن التنمية غير المدروسة بشكل جيد في هذه المناطق قد تسهم في تلوث البحر من مصادر النقاط غير المحددة أو النقاط المحددة.
- تقنين التنمية والتوطين في المناطق الحساسة للبحر الأحمر وخليج عدن. خطط تطوير الطرق والجسور يجب أن تأخذ بعين الاعتبار

هذه المناطق الحساسة. حيث تحتاج هذه المناطق إلى عناية خاصة ويجب أن تتم حماية الكائنات الحية البحرية فيها من التلوث من مصادر النقاط غير المحددة أو المحددة مثل تصريف مياه الصرف الصحي المعالجة من محطات المعالجة أو من قوارب الصيد أو قوارب النزهة أو من انسياب المياه تحت السطح.

- تعريف استعمالات الأراضي والبنية التحتية في منطقة الحوض المرتفع وكذلك مصادر التلوث المحتملة كما ونوعاً. ينبغي أن ينبثق الاستعمال المستقبلي لمنطقة الحوض عن خطة إدارة خاصة بهذه المنطقة.
- التقييم الدقيق لأي محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي في منطقة الحوض المرتفع والأحمال وكفاءة المعالجة.

4. الاعتبارات التقنية واختيار نوع المعالجة

عندما تتوفر تكاليف رأس المال لبناء محطة معالجة مياه الصرف الصحي، ينبغي اختيار التكنولوجيا المناسبة. اختيار التكنولوجيا يجب أن يأخذ بعين الاعتبار الكلفة الرأسمالية والكلفة التشغيلية. ينبغي النظر في الاحتياجات المحلية الخاصة أو الاحتياجات الوطنية وكذلك القدرات الوطنية في مجال معالجة مياه الصرف الصحي. بعض العوامل الرئيسية التي يتعين النظر فيها تشمل ما يلي:

أن تكون المحطات بخيارات مرنة في التشغيل وبكفاءة عالية

(القدرة التصميمية / متوسط الحد الأدنى للتدفق).

يفضل أن تكون أنظمة المعالجة ذات متطلبات صيانه قليلة. ومن المستحسن أن تكون الغالبية العظمى من المعدات يمكن صيانتها وإصلاحها في نفس البلد.

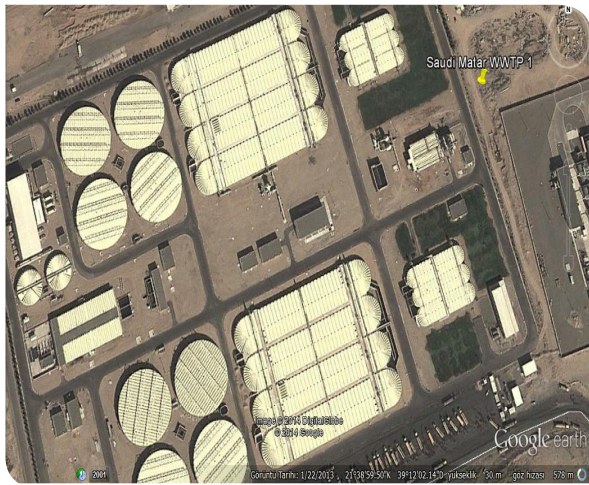
يمكن أن تكون تكاليف الطاقة والمواد الكيميائية المرتفعة عائقاً في تشغيل المحطة. هناك العديد من محطات المعالجة التي لا يتم تشغيلها بسبب تكاليف التشغيل العالية.

تشكل كلفة التهوية (aeration) 50% - 60% من الكلفة التشغيلية للمحطة. لذلك، ينبغي أن تعمل معدات التهوية بأكثر فعالية ممكنة.

درجات الحرارة لمياه الصرف الصحي مرتفعة في معظم دول البحر الأحمر وخليج عدن حيث تتراوح ما بين 27° و 32° درجة مئوية. يمكن أن تكون هذه

ميزه. حيث يمكن أن تتحقق نفس التحويلات الانضاجية بطاقة أقل

حوالي 60% من المشاكل التشغيلية تأتي من الحمأة. يجب أن تكون أنظمة معالجة الحمأة فعالة وموثوق بها.



شكل 3. محطة المطار لمعالجة مياه الصرف الصحي بجدة



شكل 4. أحواض التثبيت في الإقليم



1.4. أحواض التثبيت اللاهوائية، الاختيارية،

و أحواض الإنضاج.

يتم اختيارها كتكنولوجيا لمعالجة مياه الصرف الصحي في بعض دول البحر الأحمر وخليج عدن. سبب هذا الاختيار يعود على الأرجح إلى أن أجهزة التهوية المتطورة لا يمكن عمل الصيانة اللازمة لها وإصلاحها في هذه البلدان وربما تكون عملية التهوية مكلفة. كما يتم الاختيار اعتماداً على أسعار الأراضي وتوفر تكنولوجيا تهوية بسيطة مثل أجهزة التهوية النفثة والفراشات التي يمكن استخدامها لتشكيل مناطق هوائية وأخرى لاهوائية في مفاعلات خنادق الأكسدة. وهذه المعدات بسيطة نسبياً ويمكن إصلاحها وصيانتها محلياً

2.4. خندق الأكسدة

مفاعلات خندق الأكسدة Oxidation ditch race track reactors ينصح باستخدامها بدلاً من بحيرات التهوية المختلطة كون "الخندق (الحلقة المغلقة) هو التصميم الأكثر كفاءة للطاقة بسبب محافظته على زخم تدفق



شكل 5. خندق الأكسدة في محطة ينبع لمعالجة مياه الصرف الصحي 60000م³/يوم

السوائل. نظام التدفق يزيد الثبات والاتساق وكفاءة استخدام الطاقة. تستخدم خنادق الأكسدة على نطاق واسع في مصر والمملكة العربية السعودية.

3.4. الحمأة النشطة

درجات حرارة مياه الصرف الصحي في بلدان إقليم البحر الأحمر وخليج عدن مرتفعة (27-32) لذلك فإن وقت استبقاء الحمأة (معدل الوقت الذي تقضيه البكتيريا في أحواض التهوية) في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن حوالي سبعة أيام لتكون الحمأة المنتجة مستقرة. بمعنى لن يكون لها رائحة ولا تسبب مشاكل حشرات. بينما وقت الاستبقاء لإنتاج الحمأة المستقرة في البلدان التي يبلغ معدل حرارة مياه الصرف الصحي 12 درجة مئوية هو 25 يوماً. وهذا أيضاً يعني أن أحواض أو خزانات التهوية لإنتاج حمأة مستقرة في دول إقليم البحر الأحمر وخليج عدن ستكون أصغر بأربع مرات من البلدان ذات مياه الصرف الصحي منخفضة الحرارة. وحيث أن الأكسجين المذاب يكون أقل في مياه الصرف الصحي الأكثر دفئاً، ستكون النفقات التشغيلية للتهوية أعلى في دول إقليم البحر الأحمر وخليج عدن. لذلك، في البلدان التي تكون فيها التكاليف التشغيلية هي العائق يمكن اعتبار البحيرات اللاهوائية تقنية المعالجة الأنسب. يمكن تجفيف الحمأة في أحواض التجفيف إذا كانت رطوبة الهواء متدنية. بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالمملكة العربية السعودية "جدة، ونبع" تحتوي على مجففات حرارية. في حالة عدم تفضيل أحواض التجفيف واختيار التجفيف الحراري، يجب أن يتم الاختيار بين استخدام محرك الغاز أو التوربينات. إذا كان تجفيف الحمأة يتم بحرق غاز الميثان يكون من المفضل استخدام توربينات الغاز لأنها تنتج حرارة أكثر. ويجب أن لا يغيب عن الذهن بأن الهاضمات ومحركات الغاز والتوربينات ووحدات إزالة الكبريت صعبة الصيانة وذات كلف رأسمالية عالية.

4.4. الجوانب الاقتصادية في اختيار تقنية المعالجة

وفقاً لمركز الصرف الصحي العالمي تكنولوجيا أحواض التثبيت هي تكنولوجيا معالجة مياه الصرف الصحي الأكثر فعالية من ناحية الكلفة لإزالة الكائنات الدقيقة المسببة للإمراض. أجريت دراسة للبنك الدولي بصنعاء، اليمن في عام 1983 تم خلالها عمل مقارنة اقتصادية مفصلة لأحواض التثبيت Stabilization Ponds في معالجة مياه الصرف الصحي وبرك التهوية وخنادق الأكسدة والمرشحات، وخلصت هذه الدراسة إلى أن أحواض التثبيت هي الخيار الأقل كلفة إذا كانت قيمة الأرض أقل من 7,8 دولار/م². إذا كانت قيمة الأرض أعلى من ذلك تصبح خنادق الأكسدة هي الخيار الأقل كلفة. ومع ذلك غالباً ما يكون العائق الرئيسي لاختيار هذه التكنولوجيا ليس قيمة الأرض بل توفرها. إذا توفرت الأرض تكون أحواض التثبيت لديها ميزة تكاليف التشغيل المنخفضة للغاية نظراً لعدم استخدامها للطاقة بالمقارنة مع التقنيات الأخرى. http://en.wikipedia.org/wiki/Stabilization_pond. استخدام أحواض الإنضاج بعد الأحواض اللاهوائية أو خنادق الأكسدة يمكن أن توفر خياراً فعالاً لإغراض التعقيم.

5.4. تقنيات التعقيم

يجب تحديد طريقة التعقيم سواء سيتم استخدام الكلورة أو الأشعة فوق البنفسجية، فاستخدام الكلور قد ينتج مواد مسرطنة مثل الكلوروفورم ويمكن أن تضر ببعض أنواع النباتات إذا كانت بجرعات عالية ومع ذلك يترك الكلور أثراً متبقياً يستمر بعد عملية التعقيم بينما لا يوجد أثر متبق للتعقيم بالأشعة فوق البنفسجية. يجب مقارنة الكلفة الرأسمالية والتشغيلية لهذين النوعين من طرق التعقيم وعلى أساس ظروف البلد المستخدم. إذا كان نظام التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية هو المفضل في محطات معالجة مياه الصرف الصحي كما هو الحال في جدة، مكة، وينبع في المملكة العربية السعودية فإنه يدعم بالكلورة كإجراء احتياطي في حالة وجود أعطال فنية.

6.4. التصميم المرن للوحدات

تصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي يجب أن يكون بشكل نماذج يمكن إضافتها بشكل متلاحق حسب الحاجة. مع زيادة معدل التدفق تكون هناك حاجة لزيادة قدرة المحطة ويجب أن يكون ممكناً إضافة وحدات جديدة بسهولة. وفي هذا حل لمشكلة تجاوز الطاقة التصميمية في بعض المحطات.

5. اعتبارات المعالجة في الموقع

تنتشر في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن العديد من التجمعات السكانية الصغيرة. وفي هذه الحالة يمكن لنظم معالجة مياه الصرف الصحي في الموقع أن تكون مفيدة، لا سيما في المناطق التي لا يوجد فيها خدمات للصرف الصحي في دول الإقليم. أنظمة المعالجة بالموقع يمكن أن تكون فعالة للمجتمعات الصغيرة. لكن نظم المعالجة المركزية أكثر فعالية للمجتمعات الكبيرة. وعلى أي حال يجب أخذ النقاط التالية بعين الاعتبار عند تصميم أي نظام معالجة لمياه الصرف الصحي:

كيف سيستخدم أو أين سيتم تصريف المياه الخارجة من المعالجة؟ هل ستستخدم مياه الصرف الصحي المعالجة للري؟ في هذه الحالة، يجب تعقيم مياه الصرف الصحي المعالجة يجب الأخذ بعين الاعتبار الطرق الفعالة من حيث الكلفة والسلامة.

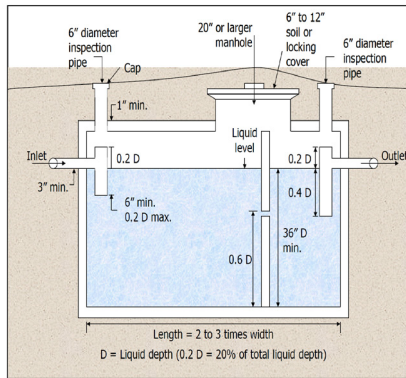
كيف ستستخدم أو أين سيتم التخلص من الحمأة الناتجة من المعالجة؟

1.5. خزانات الصرف الصحي

هناك العديد من أنواع خزانات الصرف الصحي المختلفة، حيث يجري استخدام الحفر الامتصاصية كوسيلة للتخلص من المياه العادمة في بعض المناطق الريفية بالقرب من البحر الأحمر وخليج عدن، ويمكن أن تكون خزانات الصرف الصحي حلاً مؤقتاً إذا كانت مصممة بشكل صحيح ويتم صيانتها بشكل دوري. خزانات الصرف الصحي إذا تم تصميمها وانشاؤها بشكل صحيح يمكنها إزالة BOD والنيتروجين والفوسفور بأقل التكاليف.

خزانات الصرف الصحي: يمكن أن تكون خياراً مفضلاً في كل مناطق الإقليم في حالة عدم وجود شبكة صرف صحي أو في المناطق الريفية. تعتبر خزانات الصرف الصحي شكلاً من أشكال نظام المعالجة البيولوجية، ويجب أن تتم صيانتها بشكل جيد وأن لا تستقبل مياه عادمة أكثر من طاقتها. المواد الكيميائية المنزلية مثل مواد التبييض والأمونيا التي من شأنها أن تقتل البكتيريا في خزانات الصرف الصحي لا ينبغي أن تلقى داخل هذه الخزانات. يجب أن يتم التخلص من الحمأة التي تتشكل في خزانات الصرف الصحي بشكل سليم بحيث لا تصل عصارة الحمأة إلى البيئة البحرية مسببة تلوثها. يجب أن تكون خزانات الصرف الصحي غير منفذة بحيث تمنع التسرب منها إلى المياه الجوفية والحياة المائية. يجب أن يتم تصميم خزانات الصرف الصحي لتناسب مع كمية المياه المتدفقة لتلك الخزانات، إذا لم يتم تصميم وتشيد خزانات مياه الصرف الصحي بشكل جيد قد تتصرف الملوثات كتلك الخارجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحي.

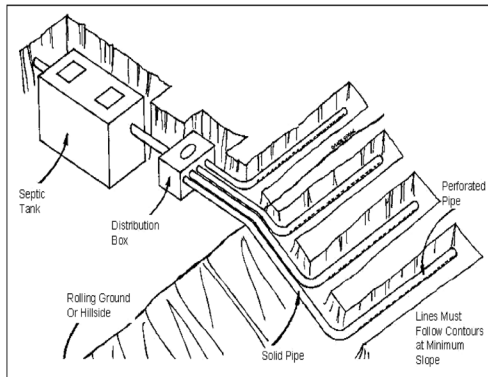
University of Missouri Extension Service, 1997. Residential Sewage Lagoon Systems: A Homeowner's Guide to Installation and Maintenance (<http://muextension.missouri.edu/explorepdf/envqual/wq04042.pdf>)



شكل 6. مقطع عرضي لخزان صرف صحي

يجب أخذ النقاط التالية بعين الاعتبار خلال تشيد خزانات الصرف الصحي:

- مستوى سطح المياه الجوفية.
- طبوغرافية المنطقة.
- نوع التربة.
- المواقع الحساسة
- كثافة خزانات الصرف الصحي المجاورة.
- التمويل.



شكل 7. خزان معالجة مياه صرف صحي ونظام الامتصاص تحت السطحي

يتم تصميم خزانات مياه الصرف الصحي للاحتفاظ بمياه الصرف الصحي المتدفقة كحد أدنى من 24-48 ساعة بالإضافة لوجود مكونات معالجة إضافية مثل وسط من تربة ماصة، ومصافي الرمل وهي ضرورية لأن نوعية المياه المعالجة الخارجة من خزانات مياه الصرف الصحي غير مناسبة للتصريف المباشر. خزانات مياه الصرف الصحي يجب أن تكون غير منفذة للماء وذلك لسببين (1) تسرب المياه إلى الخزانات يسبب زيادة في الحمل

الهيدروليكي للمعالجة و/أو يشتمت مكونات المعالجة. (2) يمكن أن يسبب التسرب من الخزانات تصريفًا للحمأة بالعمليات اللاحقة وزيادة احتمالات تلوث المياه السطحية والجوفية.

العديد من الدول تتطلب أن تكون خزانات مياه الصرف الصحي غير منقذ للماء، بسبب المخاوف من التسرب ويفضل استخدام الخزانات الخرسانية أو من البولي إيثيلين أكثر من استخدام الخزانات المشيدة من المعادن، أو الخشب الأحمر، الطوب الاسمنتي، اللين، أو المواد الأخرى ما لم تكن مجهزة ببطانة مانعة للتسرب.

National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Urban Areas. (April. 2005). United States Environmental Protection Agency Office of Water. Washington. DC 20460 (4503F)

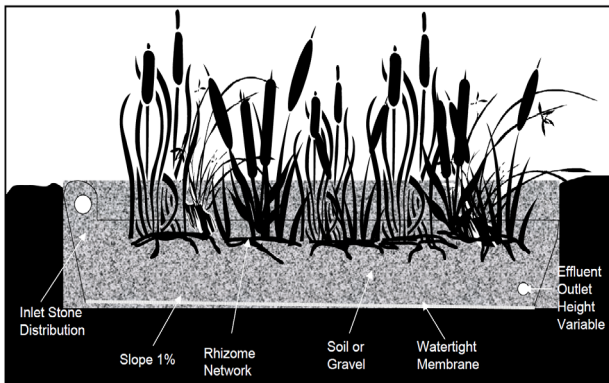
تتم إزالة المواد الصلبة الكلية العالقة «TSS» في خزانات الصرف الصحي بنسبة 70%–80% وإزالة 40%–60% من متطلب الأكجين البيوكيميائي «BOD» ويتم إزالة ما نسبته 10%–20% من النيتروجين والفسفور. يتم إزالة عصيات القولون البرازية بنسبة لوغريتمية "يبقى بعد المعالجة 1 من كل 10، 2 من كل 100،...".



شكل 9. نظام الفرشاه



شكل 10. نظام التهوية بالنفثات



شكل 12. مكونات طبقة الغطاء النباتي المغمور

2.5. بدائل نظم المعالجة في الموقع

يوجد العديد من البدائل الأخرى للمعالجة في الموقع ومنها:

- المصافي الرملية.
- وحدات المعالجة الهوائية.
- الأراضي الرطبة ذات الغطاء النباتي.
- نظام معالجة مياه الصرف الصحي تحت السطحي بالترشيح.

يمكن استخدام وحدات المعالجة الهوائية من نوع خنادق الأكسدة للمجتمعات الصغيرة. نظم الفرشاة أو أنظمة التهوية النفثية والتي يمكن إصلاحها محلياً بسهولة يمكن استخدامها لتحريك وتهوية الحمأة النشطة. ويمكن نظام الفرشاه أن تكون الفرشاه على عوامات أو على قضبان بحيث يمكن تحريك المنطقة ضعيفة الأكسدة. تقوم أجهزة التهوية النفثية بتحريك الخليط المختمر والعوالق الصلبة بالإضافة للتهوية

3.5. نظم الكتل الأيكولوجية

بعض النظم الأيكولوجية مثل البحيرات والأراضي الرطبة وحقول الترشيح والتي يمكن استخدامها في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن لتجنب تلوث النظام البيئي. عمليات معالجة الملوثات الرئيسية مثل BOD، المواد الصلبة العالقة والنيتروجين والفسفور، بالإضافة لطرق المعالجة موضحة في الجدول رقم 5

National Management Measures to Control Nonpoint Source Pollution from Urban Areas. (April. 2005). United States Environmental Protection Agency Office of Water. Washington. DC 20460 (4503F)

Treatment objective	Treatment process	Treatment methods
Suspended solids removal	Sedimentation	Septic tank Free water surface constructed wetland Vegetated submerged bed Lagoons Septic tank effluent screens
	Filtration	Packed bed media filters ^a Mechanical disc filters Soil infiltration
Soluble carbonaceous BOD and ammonia removal	Activated sludge	Extended aeration Fixed film activated sludge Sequencing batch reactors
	Fixed film aerobic bio-reactor	Soil infiltration Packed bed media filters ^a Trickling filter Fixed film activated sludge Rotating biological contactors
	Lagoons/wetlands	Free water surface constructed wetland
Nitrogen removal	Biological nitrification/denitrification	Activated sludge (nitrification only) Sequencing batch reactor (only if designed with certain operating modes) Fixed film bio-reactor (nitrification only) Recirculating media filter Fixed film activated sludge (nitrification only) Anaerobic upflow filter (denitrification only) Anaerobic submerged media reactor (denitrification) Submerged vegetated bed (denitrification) Free water surface constructed wetland
	Ion exchange	Cation exchange (ammonium) Anion exchange (nitrate)
Phosphorus removal	Adsorption	Soil infiltration Iron-rich packed bed media filter Sequencing batch reactor (only if designed with certain operating modes)
Pathogen removal (bacteria, viruses, and parasites)	Filtration/predation/inactivation	Soil infiltration Packed bed media filters ^a
	Disinfection	Hypochlorite feed Ultraviolet light
Grease removal	Flotation/adsorption	Grease trap Septic tank Mechanical skimmer
	Aerobic biological treatment ^b	All types

^a Including dosed systems; granular [sand, gravel, glass], peat, textile, foam.

^b Incidental removal will occur, although overloading is possible.

جدول 5 معالجة الملوثات الرئيسية مثل BOD، المواد الصلبة العالقة، النيتروجين والفسفور، عمليات وطرق المعالجة.



شكل 11. مختبر محطة معالجة مياه الصرف الصحي في جيبوتي

6. الاعتبارات البيئية

يجب توثيق الوضع البيئي الحالي بشكل جيد في البحر الأحمر وخليج عدن خاصة في مناطق وجود تسرب للبحر من مياه الصرف الصحي من خزانات التجميع. وهذا يحتاج لوجود مختبرات يمكنها قياس المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. المختبرات المهيئة موجودة في جميع دول الهيئة. لكن التحليل البيئي له كلفة يجب تأمينها وأخذها بعين الاعتبار يمكن أيضاً أن تستخدم هذه المختبرات للتحقق من نوعية المياه المعالجة المعاد استخدامها. وسوف تكون هناك حاجة لكوادر مدربة تدريباً جيداً لتنفيذ برامج قياس النوعية.

1.6. الفسفور

يعتبر الفسفور مؤشراً مهماً في اختيار نوع عمليات المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي. إذا كان سيتم إعادة استخدام المياه المعالجة في الري ولأنه على عكس النترات، تقوم التربة بتثبيت الفسفور، فإنه لن يكون هناك حاجة للإزالة البيولوجية أو الكيميائية للفسفور. ومع ذلك يجب ضبط أي تصريف للفسفور إلى البحر الأحمر وخليج عدن بشكل جيد. ينصح بأن يكون الفسفور الكلي < 1 ملغم/لتر لعدد



شكل 12. محطة معالجة مياه الصرف الصحي بجيبوتي

السكان >100000 شخص كما هو محدد في معايير التصريف للاتحاد الأوروبي للمناطق الحساسة. يفضل أن تتم عملية إزالة الفسفور بيولوجياً لأنها لا تحتاج لإضافة مواد كيميائية مثل كلوريد الحديد أو كبريتات الحديد والتي تزيد من الكلف التشغيلية وكمية الحمأة المنتجة.

2.6. النيتروجين

ينبغي العمل على إزالة النيترات حيث من غير المستحسن إضافتها للتربة في حالة الري بالمياه المعالجة ويمكن أن تسبب زيادة المغذيات بالبحر. المجموع الكلي للنيترات المسموح بها حسب معايير الاتحاد الأوروبي للمناطق الحساسة هو >10 ملغم/لتر. ينبغي حماية البحر الأحمر وخليج عدن من مصادر التلوث غير المحددة مثل التسرب من خزانات الحفر الامتصاصية لمياه الصرف الصحي ومن الجريان السطحي من المناطق الزراعية بشكل أساسي من الميديات الزراعية والتلوث بالنيترات. وقد يتطلب هذا عناية خاصة في المنطقة الساحلية في السودان.

3.6. مياه الصرف الصناعي

يختلف تركيب مياه الصرف الصناعي من صناعة إلى صناعة ويمكن أن يختلف من مصنع إلى آخر ضمن الصناعة الواحدة ومن وقت لآخر ضمن المصنع الواحد. يشكل هذا الاختلاف تحدياً جوهرياً في معالجة مياه الصرف الصناعي. إضافة إلى هذا التحدي في معالجة مياه الصرف الصناعي يجب الانتباه إلى الصناعة كمستهلك رئيسي للمياه وكمصدر رئيسي لتلوثها. ومن هنا فإن معالجة مياه الصرف الصناعي أمر لا يمكن فصله عن إدارة مدخلات الصناعة أو التلوث الصناعي أو إدارة النفايات الصناعية. وحيث أن سلامة الممارسات المتبعة في الصناعة واستخدام أفضل التقنيات الممكنة تساهم في توفير درجة من التحكم بكمية ونوعية مياه الصرف الصناعي، وهذه ميزة لا يمكن توفرها في مياه الصرف الصحي، فإن أفضل طرق المعالجة فعالية هي تلك التي تصمم كجزء من إدارة الحد من التلوث بحيث تقتصر المعالجة على ما لا يمكن منعه. ومع ذلك ينبغي معالجة المياه العادمة الصناعية بشكل منفصل لأن معالجة المياه العادمة الصناعية مع مياه الصرف الصحي المنزلية قد تولد حمأة تحتوي على مواد سامة ومعادن ثقيلة. وهذا سيجعل من إدارة الحمأة المتولدة مهمة صعبة.

4.6. درجات حرارة مياه الصرف الصحي في دول الإقليم

درجات حرارة مياه الصرف الصحي في دول البحر الأحمر وخليج عدن مرتفعة، والفترة المطلوبة لاستبقاء الحمأة لإنتاج حمأة مستقرة قليل نسبياً. لذلك ينصح عند تصميم وحدات الحمأة النشطة في دول الإقليم استخدام خزانات بأحجام تعطي وقت استبقاء في حدود سبعة أيام. الحمأة المستقرة المنتجة في هذه الحالة ليس لها رائحة ولا تسبب مشاكل القوارض والحشرات. درجات الحرارة العالية لمياه الصرف الصحي تعتبر ميزة من ناحية حجم خزانات التهوية (يقل حجم الخزان) ولكنها عائق في عملية التهوية لأن ذائبية الهواء تكون أقل في المياه الدافئة. لذا فإن اختيار معدات التهوية حساس جداً لتقليل كلف التشغيل لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي في الإقليم.

5.6. نسبة الكربون إلى النيتروجين أو نسبة BOD/TKN

نسبة الكربون إلى النيتروجين في مياه الصرف الصحي الخام التي تدخل خزانات التهوية مهمة جداً. حيث أن الكربون في "BOD" يتم استخدامه في إزالة النيتروجين في الخزانات اللاهوائية، وبالتالي يتم توليد غاز الميثان ومنه توليد الكهرباء عن طريق استخدام هاضمات لاهوائية. وهذا يتم فقط إذا كان هناك كربون بوفرة كافية لنزع النيتروجين. إنتاج الكهرباء من غاز الميثان يغطي بعض تكاليف التهوية والصيانة والتكاليف الرأسمالية العالية للهاضمات اللاهوائية، وحدات إزالة الكبريت ومحركات الغاز أو التوربينات ينبغي أن تدرج في دراسات الجدوى الاقتصادية. في الحالات التي تكون فيها نسبة الكربون إلى النيتروجين منخفضة، ينصح بعدم إنشاء أحواض الترسيب الأولية والهاضمات مع الإبقاء على مساحة الأرض التي يمكن أن يتم الإنشاء عليها مستقبلاً في خطط الإنشاء وعند ربط شبكات جديدة يمكن أن تؤدي إلى زيادة نسبة الكربون إلى النيتروجين بالقدر المناسب لبناء الهاضمات. يمكن حرق الغاز الهاضم الزائد في التوربينات أو بمحركات الغاز للحصول على الكهرباء اللازمة لنافثات الهواء "Air Blowers". التوربينات ومحركات الغاز تستخدم حوالي 40% - 50% من الطاقة، ويمكن استخدام الحرارة الزائدة المتبقية لتجفيف الحمأة النشطة.

6.6. الاعتبارات البيئية في إدارة الحمأة

الحمأة التي تجمع من محطات معالجة مياه الصرف الصحي يمكن أن تكون مصدراً مهماً لتلوث البحر الأحمر وخليج عدن إذا لم تتم إدارتها بشكل سليم. والراشح من الحمأة ومن مكبات النفايات يمكن أن يتسرب إلى المناطق الساحلية. لذلك يجب إجراء دراسة لكميات وأنواع الحمأة وكيفية التعامل معها وكذلك يجب اعتماد معايير خاصة للحمأة ومكبات النفايات.

يمكن نشر الحمأة المجففة فوق التربة كمحسن للتربة أو يمكن حرقها في مصانع الاسمنت لاحتوائها على درجات حرارية من الدرجة المنخفضة. كذلك فإن فوسفات الكالسيوم الموجود في الحمأة النشطة يشكل قيمة مضافة للأسمنت. حرق الحمأة الجافة في حارقات مصانع الاسمنت لم تجد الدعم الكافي حتى الآن في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن. الحارقات التي ستستخدم لهذه الغاية يجب أن تكون معدة بشكل مناسب وأن تخضع للرقابة البيئية السليمة إذ يمكن أن ينتج عن هذه العملية انبعاث الملوثات العضوية الثابتة

7.6. طاقة محطات المعالجة وتشغيلها

تمر محطات معالجة مياه الصرف الصحي في بعض الأحيان أثناء التشغيل بضغط زائد عن قدرتها، أو قد تمر بمشاكل تشغيلية، مما يمكن أن يؤدي إلى تصريف هيدروليكي تراكمي وزيادة الأحمال الملوثة. يجب التنبيه في هذه الحالة أن تصريف النيتروجين والفوسفور على وجه الخصوص يمكن أن يشكل ضرراً على أداء النظم الإيكولوجية. النظام الإيكولوجي الحساس للبحر الأحمر وخليج عدن يجب أن يكون محمياً جيداً من مثل هذه الحالات من خلال التحكم الدقيق بأحمال محطات المعالجة ومتابعة فعالية تشغيلها واستدامة صيانتها بشكل جيد.

8.6. النظام البيئي الحساس لسواحل البحر الأحمر وخليج عدن

يجب أن تتم حماية النظام البيئي الحساس لشواطئ البحر الأحمر وخليج عدن بالتحكم بالتصريف الهيدروليكي التراكمي والأحمال الملوثة. هذه الأحمال من الممكن أن تتأثر من محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالمرور من خلال عمليات معالجة خاصة للتخلص من النيتروجين والفوسفور إذ أن تصريفهما قد يكون ضاراً بأداء النظام البيئي. يجب عمل جرد وتحديد مصادر التلوث مثل الصناعات، المالكين، المواقع، القدرات، ومواعيد التفتيش. كما يجب إعداد وتدريب كوادر الجهات المسؤولة عن عمليات التفتيش والتدقيق وإعطاء التصاريح وتحديد مواعيد التفتيش والتدقيق الدوري.

7. اعتبارات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

يجب أن تكون أهداف الأداء من وحدات المعالجة التي تشييد توفير إعادة استخدام فعالة لمياه الصرف الصحي المعالجة والحمأة، وحماية النظام البيئي الثمين للبحر الأحمر وخليج عدن من التلوث. وقد تختلف درجة المعالجة باختلاف الاستخدام المخطط للمياه المعالجة. ويفيد اعتماد هذا المبدأ في اختيار أنظمة المعالجة المناسبة وضبط التكاليف.

الزراعة تستهلك ما قد يصل إلى 70% من مصادر المياه العذبة في دول البحر الأحمر وخليج عدن. يجب أن يكون الهدف الرئيسي للأداء استبدال جزء كبير من هذه المياه العذبة بمياه الصرف الصحي المعالجة. الاستخدام الصناعي لمياه الصرف الصحي المعالجة للتبريد وفي التطبيقات الصناعية الأخرى يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار. هنالك أمثلة ناجحة على تطبيقات استخدام صناعية لمياه الصرف المعالجة في العقبة، الأردن.

معايير الأداء تعتمد على أين سيتم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة. على سبيل المثال إذا كانت مياه الصرف الصحي المعالجة ستستخدم في الري، متطلب الفسفور الكلي أقل من 1 ملغم/لتر لعدد السكان (أكثر من 100000 نسمة) وأقل من 2 ملغم/لتر لعدد السكان من 10000 - 100000 نسمة يصبح غير ضروري كون الفسفور يعتبر سماً جيداً للتربة. أما في حالة الضرورة للتصريف في البحر الأحمر أو خليج عدن، يمكن اعتماد معايير الاتحاد الأوروبي للتصريف للمناطق الحساسة. هذه المعايير مدرجة بالملحق رقم 1. وهي ليست صعبة التحقيق في محطات معالجة مصممة بشكل جيد. إذا كان بالإمكان تقليل النيتروجين الكلي بمياه الصرف الصحي المعالجة والخارجة من محطة المعالجة إلى أقل من 10 ملغم/لتر على الأرجح أن يتم تحقيق معيار BOD المطلوب في مياه الصرف المعالجة لأنه سيتم استهلاك معظم الكربون في عملية نزع النيتروجين. إزالة الفسفور بيولوجياً يمكن أن تكون تحدياً إذا لم يتم تحقيق الظروف اللاهوائية في خزانات الفوسفور الحيوية. الخيار المناسب في هذه الحالة هو الإزالة الكيميائية باستخدام كلوريد الحديد أو كبريتات الحديد لكنه سيؤدي من التكلفة التشغيلية، وسوف يزيد من كمية الحمأة. إزالة النيتروجين يمكن أن تكون عاملاً يحد بشكل جيد من الطحالب البحرية في المناطق الساحلية. كما ذكر من قبل عملية إزالة النيتروجين أساسية لمنع تلوث المياه الجوفية، خاصة مناطق فوهات الآبار. وبالتالي فإن مناطق فوهات الآبار يجب أن تحدد ويجب أن يحظر تصريف حتى مياه الصرف الصحي المعالجة في تلك المناطق.

الفوسفور يمكن أن يكون سبباً في زيادة المغذيات حتى عند وجوده بتركيز منخفضة للغاية ويزيد من تكاثر الطحالب عندما يكون هناك ما يكفي من النيتروجين. حتى مع تراكيز منخفضة جداً من النيتروجين، فإن بعض أشكال الطحالب مثل الطحالب الخضراء المزرقة تستخلص النيتروجين الذي تحتاجه من الهواء بواسطة تثبيت النيتروجين، وقد تسبب زيادة المغذيات وبالتالي انتشار تواجد الطحالب.

خزانات معالجة مياه الصرف الصحي يمكنها إزالة 15%–30% من الفوسفور، أما إزالة النيتروجين في أنظمة التسرب تحت السطحية فلا تكاد تذكر. قد تزيد النيتريت في المياه الجوفية بسبب تسرب النترات من خلال التربة عند استخدام مياه الصرف الصحي في الري. كذلك قد تتأثر النيتريت من استخدام الأسمدة في الزراعة. التركيز العالي للنيتريت في مياه الشرب قد يسبب متلازمة الطفل الأزرق (موت الأطفال بسبب تفضيل الهيموجلوبين للنيتريت عن للأكسجين)، وقد تسبب مشاكل أثناء الحمل وقد تشكل خطراً على الدواجن والماشية.

نظم التسرب تحت السطحية يمكنها إزالة بعض النيتروجين إذا تم الترشيح على مقربة من التربة السطحية حيث يوجد الكثير من الكربون. وجود الكربون والظروف اللاهوائية ضرورية لاختزال النترات إلى غاز النيتروجين. نظم التسرب تحت السطحية يجب أن تكون على الأقل حوالي مترين فوق مستوى المياه الجوفية.

معالجة الحمأة يمكن إذا كانت مياه الصرف لا تحتوي على مياه عادمه صناعية أو على مواد كيميائية مثل المعادن الثقيلة يمكن أن تستخدم الحمأة كمحسن للتربة. في عدد من المدن ذات الكثافة السكانية العالية تشكل إدارة الحمأة مشكلة. فمن الصعب العثور على موقع يتم استغلال الحمأة فيه. في بعض المحطات تجفف الحمأة باستخدام معدات التجفيف. بدلاً من ذلك في بعض المدن حيث الرطوبة ليست عالية، وحيث هناك وفرة في الأرض يمكن أن تجفف الحمأة باستخدام المجففات الشمسية حيث تتوفر أشعة الشمس. هذه العملية تتطلب صيانة قليلة مقارنة بالمجففات الميكانيكية لكنها تحتل مساحة كبيرة من الأرض.

8. اعتبارات إلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة

1.8. إلقاء مياه الصرف الصحي المعالجة

إذا كانت وحدة المعالجة ليست قريبة من البحر، ولم تستخدم مياه الصرف المعالجة في أغراض الري أو الأغراض الصناعية، فلا يوجد خيار سوى تصريف تلك المياه إلى نهر أو بحيرة، أو إذا كانت التربة وظروف المياه الجوفية مناسبة يمكن جعل مياه الصرف الصحي المعالجة تتخلل التربة في حالة استخدام أنظمة المعالجة في الموقع. لا يجب اللجوء إلى إلقاء مياه الصرف المعالجة إلا بعد استنفاد كل السبل لإمكانية استخدامها لأغراض الري والتخضير أو في الصناعة. هناك أمثلة جيدة في الأردن لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة من محطات المعالجة الخاصة الصغيرة في نفس الموقع للري. وهذه الممارسة مطبقة بشكل واسع أيضاً في القرى السياحية بمصر. لكن من غير المستحسن السماح للمياه المعالجة جزئياً أن تتسرب إلى التربة في المناطق الساحلية. كونه قد يؤدي إلى تلوث المياه الجوفية لأنه عادة ما يكون مستوى المياه الجوفية في المناطق الساحلية قريباً جداً من سطح الأرض. واحدة من طرق إدارة مياه الصرف الصحي المعالجة وغير المستخدمة هي التصريف العميق بالبحر. والتصريف في أعماق البحر بعد تطبيق المعالجة وإزالة الشوائب مثل الحصى وكذلك النيتروجين والفوسفور وBOD من مياه الصرف الصحي المعالجة، وهي مطبقة في بعض المدن الساحلية. والغرض من ذلك هو تخفيف تركيز النفايات السائلة والتعقيم في المياه المالحة. في بعض الحالات، يتم التصريف لمياه البحر العميقة بعد إزالة الحصى باستخدام أنواع من الشبكات الناعمة والخشنة. ولا ينصح باستخدام هذه الطريقة في مدن البحر الأحمر وخليج عدن لأنه قد يكون لها آثار ضارة على النظام البيئي للشعاب المرجانية.

جميع دول البحر الأحمر وخليج عدن بحاجة لمياه الري. لذا ينصح بشدة باستخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري. إذا كانت المياه المعالجة ستستخدم في الري فلا يوجد حاجة للإزالة البيولوجية والكيميائية للفوسفور. على عكس النترات المذابة في الماء والتي ستتسرب للمياه الجوفية، بينما يبقى الفوسفور في التربة كسماد. ومع ذلك، وحتى إذا تم تصريف المياه المعالجة في البحر، مالم يكن التصريف عميقاً في البحر، أو في حال استخدامها لأغراض الري، فمن الضروري تعقيمها.

2.8. تعقيم مياه الصرف المعالجة

الطرق الشائعة للتتعقيم تشمل:

- الكلورة
- التعقيم بالأوزون
- التعقيم بالأشعة فوق بنفسجية UV

الكلورة: استخدام الكلورة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي ينتج عنه مركبات التراي هالوميثينز (THMs). كذلك تتم إزالة كربون الـ (BOD) من مياه الصرف الصحي المعالجة لكن مياه الصرف الصحي المعالجة الخارجة من محطات المعالجة ما زالت تحتوي على ما يكفي

من مواد عضوية لانتاج (THMs). ميزة التعقيم بالكلورة هناك دوماً متبقيات من الكلورين والذي يتفاعل مع الأمونيا في مياه الصرف الصحي المعالجة منتجة الكلورامينات التي تحافظ على التعقيم على طول الخط الناقل لمياه الصرف الصحي المعالجة. ولكن مياه الصرف المعالجة بالكلور لا يمكن أن تستخدم لري محاصيل معينة.

الأوزون: لا يوجد له متبقيات ولا ينتج أية مركبات (THMs). مع ذلك فإن له تكلفة تشغيلية أولية كبيرة. صيانة مولدات الأوزون ممكن أن تكون صعبة في بعض دول البحر الأحمر وخليج عدن.

التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية UV: كذلك لا يوجد له متبقيات ولا ينتج أية مركبات (THMs). مثله مثل الأوزون يمكن أن يكون مكلفاً بالتشغيل والصيانة في بعض دول البحر الأحمر وخليج عدن. المملكة العربية السعودية طبقت التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية UV في بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي مثل محطة معالجة مياه الصرف الصحي بينبع. كذلك يتم استخدام التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية UV في الأردن في محطة معالجة مياه الصرف الصحي الميكانيكية بالعقبة.

أحواض الإنضاج: يمكن أن تستخدم في التعقيم إذا كانت الطرق المشار إليها أعلاه مكلفة وإذا توفرت مساحة كافية من الأرض بحيث يمكن استخدام أحواض الإنضاج للتعقيم باستخدام أشعة الشمس. غالباً ما تستخدم أحواض الإنضاج كمرحلة نهائية على الأراضي الرطبة المنشأة أو بحيرات الصرف الصحي. كذلك تدعى بالأحواض الهوائية هي ضحلة ولا يتجاوز عمقها 1.30 متر، بحيث تسمح لأشعة الشمس باختراق كامل عمود الماء. خلال أقل وقت موصى به للإبقاء والبالغ ثلاثة أيام، تقوم الأشعة فوق البنفسجية الموجودة في ضوء الشمس بقتل البكتيريا وتحييد جزيئات الفيروس. أحواض الإنضاج يمكن استخدامها بعد أن تتم إزالة معظم المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية من خلال المعالجة الثانوية. كثرة المواد العضوية المتواجدة في مياه الصرف الصحي تولد الروائح. وجود كميته كبيره جداً من المواد الصلبة المتبقية قد تحمي البكتيريا من ضوء الأشعة فوق البنفسجية، مما يؤدي إلى تطهير جزئي فقط.

للعمل بشكل فعال، يجب أن تكون أحواض الإنضاج خالية من الطحالب أو النباتات. كما هو موضح في شكل 13. التخلص اليومي من الطحالب مطلوب، حيث أن الطحالب تعتبر مصدراً غنياً للبروتين في غذاء الحيوانات وإضافة للسماد، وتعتبر إمكانية إعادة التدوير للطحالب عالية. مع توفر المساحة الكافية والعمالة الرخيصة، تعتبر أحواض الإنضاج خياراً جيداً لتعقيم مياه الصرف الصحي.



شكل 13. أحواض الإنضاج

الملحق (1) اشتراطات إلقاء مياه الصرف المعالجة في الإنظمة البيئية الحساسة
حسب معايير الإتحاد الأوروبي

Parameters	Concentration	Minimum percentage of reduction (1)	Reference method of measurement
Biochemical oxygen demand (BOD ₅ at 20 °C) without nitrification (2)	25 mg/l O ₂	70-90 40 under Article 4 (2)	Homogenized, unfiltered, undecanted sample. Determination of dissolved oxygen before and after five-day incubation at 20 °C ± 1 °C, in complete darkness. Addition of a nitrification inhibitor
Chemical oxygen demand (COD)	125 mg/l O ₂	75	Homogenized, unfiltered, undecanted sample Potassium dichromate
Total suspended Solids	35 mg/l (3) 35 under Article 4 (2) (more than 10 000 p.e.) 60 under Article 4 (2) (2 000-10 000 p.e.)	90 (3) 90 under Article 4 (2) (more than 10 000 p.e.) 70 under Article 4 (2) (2 000-10 000 p.e.)	- Filtering of a representative sample through a 0,45 µm filter membrane. Drying at 105 °C and weighing - Centrifuging of a representative sample (for at least five minutes with mean acceleration of 2 800 to 3 200 g), drying at 105 °C and weighing
(1) Reduction in relation to the load of the influent. (2) The parameter can be replaced by another parameter: total organic carbon			

Parameters	Concentration	Minimum percentage of reduction (1)	Reference method of measurement
Total phosphorus	2 mg/l (10 000 - 100 000 p. e.) 1 mg/l (more than 100 000 p. e.)	80	Molecular absorption spectrophotometry
Total nitrogen (2)	15 mg/l (10 000 - 100 000 p. e.) (3) 10 mg/l (more than 100 000 p. e.) (3)	70-80	Molecular absorption spectrophotometry

(1) Reduction in relation to the load of the influent.

(2) Total nitrogen means: the sum of total Kjeldahl-nitrogen (organic and ammonia nitrogen), nitrate-nitrogen and nitrite-nitrogen.

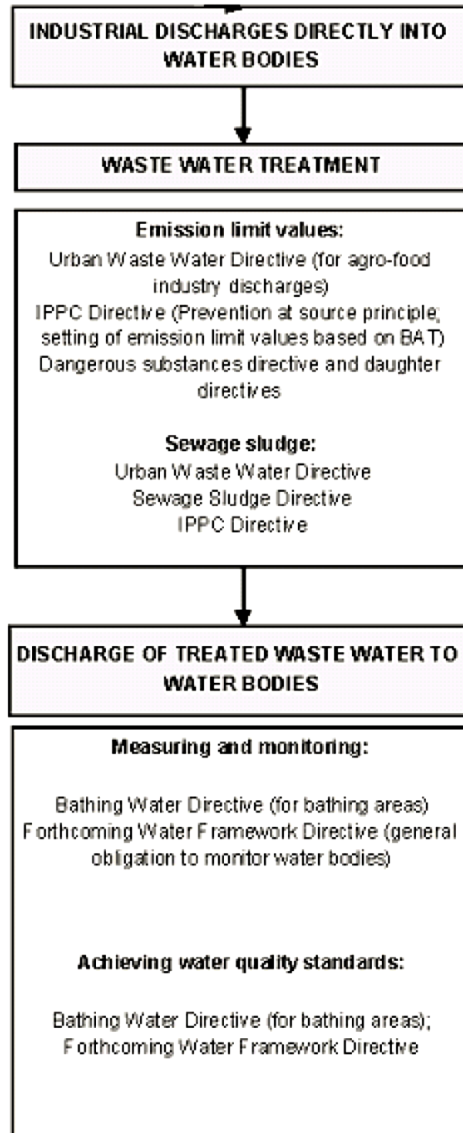
(3) These values for concentration are annual means as referred to in Annex I, paragraph D.4(c). However, the requirements for nitrogen may be checked using daily averages when it is proved, in accordance with annex I, paragraph D.1, that the same level of protection is obtained. In this case, the daily average must not exceed 20 mg/l of total nitrogen for all the samples when the temperature from the effluent in the biological reactor is superior or equal to 12°C. The conditions concerning the temperature could be replaced by a limitation on the time of operation to take account of regional climatic conditions.

المعايير المقترحة لإلقاء مياه الصرف في البيئات الحساسة
حسب معايير الإتحاد الأوروبي

PARAMETER	UNIT	COMPOSITE SAMPLE (24 HOURS)	Minimum Percentage of Reduction (1)
BOD ₅	mg/L		70-90 40 under Article 4 (2)
COD	mg/L	300	
TSS	mg/L	100	
TN	mg/L	10	
TP	mg/L	1	
Oil and Grease	mg/L	10	-
TCr	mg/L	1	-
Cr ⁶⁺	mg/L	0.5	-
Pb	mg/L	1	-
TCN	mg/L	0.5	-
Cd	mg/L	0.1 (3)	-
Fe	mg/L	10 (3)	-
F ⁻	mg/L	15 (3)	-
Cu	mg/L	3 (3)	-
Zn	mg/L	5 (3)	-
Hg	mg/L	0.05	-
Bioassay		10	-
PH		6-9	-

(1) Reduction in relation to the load of the influent.
(2) The parameter can be replaced by another parameter: total organic carbon (TOC) or total oxygen demand (TOD) if a relationship can be established between BOD₅ and the substitute parameter.
(3) 2-hour composite sample

إرشادات إلقاء مياه الصرف الصناعي في المسطحات المائية حسب معايير الإتحاد الأوروبي





الملحق (2) تقييم سريع للوضع الراهن في البحر الأحمر وخليج عدن

خلال ورشة عمل نظمتها الهيئة الإقليمية للمحافظة على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن خلال الفترة 16-18 يونيو 2014 في مقرها بمدينة جدة في المملكة العربية السعودية، جمعت ممثلين من دول البحر الأحمر وخليج عدن وتم من قبل المشاركين تحديد مواقع مصادر التصريف ذات المصدر المحدد والمصدر غير المحدد في بلدانهم والتي تقوم بالتصريف في البحر الأحمر وخليج عدن. خلال التمرين تمت مناقشة نوعية المعالجة، معدلات التدفق ونوعية مياه الصرف الصحي الداخلة لكل محطة معالجة والخارجة منها والموقع الصحيح لكل محطة. خلال الأيام التالية بعد ورشة العمل، طلب من الممثلين استكمال نماذج البيانات التي وزعت قبل ورشة العمل. ونتيجة لهذه الدراسة تم إعداد الجدول 1 والجدول 2 مبينا الأحمال التي يتم تلقيها من قبل كل وحدة معالجة ونوعية المياه التي تتم معالجتها.

جدول (1) نوعية المياه الخارجة من محطات المعالجة في المدن الساحلية على البحر الأحمر وخليج عدن

Country	Number	Name	North	East	Flow, m3/d	COD _{in}	COD _{out}	BOD _{in}	BOD _{out}	TSS _{in}	TSS _{out}	NH ₄ _{in}	NH ₄ _{out}	TN _{in}	TN _{out}	TP _{in}	TP _{out}	
Egypt	1	Ismailia (Port Said)	30 48 41	32 18 38														
	2	Al Sweis (Great Bitter Lake)	30 15 59	32 20 18														
	3	SUEZ WWTP (ABB)	29 55 52	32 28 00	130,000	?	145	?	90	?	?	20	?	36.8	?	?	?	?
	4	Industrial WWTP	29 53 04	32 27 41														
	5	Ras Ghareb	28 21 03	33 04 50	30,000													
	6	Hurgada Lagoon	27 14 29	33 45 33	77,000	?	296	?	173	?	?	55	?	?	?	?	?	?
	7	Sharm El Sheikh	27 56 24	34 18 00	6,000	?	80	?	40	?	?	38	?	22.4	?	?	?	?
Jordan		Aqaba natural	29 33 54	34 58 58	9,000	773	437	328	27.8	230	280	?	?	51	113	?	?	?
		Aqaba mechanic	29 34 03	34 59 22	12,000	773	19.2	328	4.28	230	2.8	?	?	51	11.2	?	?	?
		Divang club	29 23 46	34 58 01	150	.....	6.6	.....	2.1	.....	8.2	?	?	.....	4.2	?	?	?
		Naval force	29 23 28	34 57 54	153	.....	132	.....	7	.....	36	?	?	.....	22.6	?	?	?
		Power plant	29 22 37	34 58 31	50	.....	187	.....	7.1	.....	10.2	?	?	.....	29.1	?	?	?
		Taha boy	29 23 53	34 59 03	1,300	.....	18	.....	14	.....	12	?	?	.....	21	?	?	?
		Back road	29 24 53	34 60 03	100	411	25.5	209	3.3	130	6	?	?	.....	98	63	?	?
		Port Sudan	19 36 48	37 12 46														
		Suakin	19 06 27	37 20 02														
		Agri. Deba	18 26 58	37 50 37														
Sudan	20	Port Sudan	19 36 48	37 12 46														
	21	Suakin	19 06 27	37 20 02														
Djibouti	22	Agri. Deba	18 26 58	37 50 37														
	23	Doula	11 31 24	43 10 27	17,000	374	57.2	160	15	260	28	80	0	?	?	13	?	3
Yemen	24	Al Hadaydah	14 31 38	49 01 49	18,000		348		106		128							
	25	Aden	12 50 52	44 57 49	17,000			372	450	140								
	26	Al Mukalla	14 51 01	42 57 59	6,000													
Saudi Arabia	9	Yanbu	24 09 44	38 11 53	60,000													
	10	Abtaur	21 38 58	39 12 03	130,600	393	17	188	7.4	209	4	35	1.7	37.45	6	5.36	3.55	
	11	Abtaur 2	21 38 37	39 11 04														
	12	Alskun'old	20 31 09	38 12 57	1,970	457	27	284	13	168	78	43	30	46.9	35.7	5.68	5.04	
	13	Alskun'new	21 31 09	39 12 57	3,730	573	53	293	23	257	19	37	24	41.1	28.2	13.7	3.75	
	14	Akwais	21 30 17	39 10 41	46,700	513	18	292	9.7	213	8.4	33	0.4	34	1.8	4.85	2.8	
	15	Albaid	21 28 44	39 10 45	66,000	780	33	446	13.8	345	13	41	2.4	44.3	4.04	6.2	1.6	
	16	Alameen	21 29 07	39 13 27	2,171	232	29	163	19	115	17.5	22.8	8	24	17	3.21	3.09	
	17	Al Madjar	21 25 51	39 10 54														
	18	Industrial Area	21 22 25	39 13 39	26,000	457	139	276	132	193	167	55	12					
	19	Alkhora 4	21 22 18	39 13 39	180,000	548	59	292	12	260	11.7	33.5	3.1	33.06	2.26	4.55	2.44	
	Jazan	16 47 09	42 40 32	17,000	500	66	290	11	250	5								
	Ram Malek	21 29 07	39 12 03	5,000	396	14	229	8	165	61	39	27	44	31	4.8	3.6		

جدول (2) أحمال مياه الصرف من محطات المعالجة في المدن الساحلية على البحر الأحمر وخليج عمان

Country	Number	Name	North	East	EFFLUENT					
					BOD Load,kg/d	TSS Load,kg/d	NH4N Load,kg/d	TN Load,kg/d	TP Load,kg/d	
Egypt	1	Ismailia (Port Said)	30 48 41	32 18 38						
	2	AlSweis (Great Bitter Lake)	30 15 59	32 20 18						
	3	SUEZ WWTP (ABB)	29 55 52	32 28 00						
	4	Industrial WWTP	29 53 04	32 27 41	11,700	2,600	4,784			
	5	Ras Chareb	28 21 03	33 04 50	-	-	-	-	-	-
	6	Hurgada Lagoon	27 14 29	33 45 33	-	-	-	-	-	-
	7	Sharm El Sheikh	27 56 24	34 18 00	13,321	4,235	134			
Jordan		Aqaba natural	29 33 54	34 58 58	240	228		1,017		
		Aqaba mechanic	29 34 03	34 59 22	250	2,520				
		Diving club	29 23 46	34 58 01	51	34		134		
		Naval force	29 23 28	34 57 54	0	1		1		
		Power plant	29 22 37	34 58 31	1	6		3		
		Tala bay	29 23 53	34 59 03	0	1		1		
		Back road	29 24 53	34 60 03	18	16		27		
Sudan	20	Port Sudan	19 36 48	37 12 46	0	1		6		
	21	Suakin	19 06 27	37 20 02	-	-		-		
	22	Agri. Delta	18 26 58	37 50 37	-	-		-		
Djibouti	23	Doudia	11 31 24	43 10 27	-	-		-		
	24	Al Hundaydah	14 31 38	49 01 49	255	476		0		51
Yemen	25	Aden	12 50 52	44 57 49	1,908	2,304				
	26	Al Mukalla	14 51 01	42 57 59	6,324	2,380				
	9	Yanbu	24 09 44	38 11 53	-	-		-		-
	10	Almatar	21 38 58	39 12 03	-	-		-		-
Saudi Arabia	11	Almatar 2	21 38 37	39 11 04	966	522	222	784		464
	12	Aleskan/Okh	20 31 09	38 12 57	-	-		-		-
		Aleskan/new	21 31 09	39 12 57	26	154	59	70		10
	13	Alrowaies	21 30 17	39 10 41	86	71	90	105		14
	14	Albalaad	21 28 44	39 10 45	453	392	19	84		131
	15	Algameaa	21 29 07	39 13 27	911	858	158	267		106
	16	Al Mahjar	21 25 51	39 10 54	41	38	17	37		7
	17	Industrial Area	21 22 25	39 13 39	-	-		-		-
	18	Alkhomra 4	21 22 18	39 13 39	3,432	4,342	312	-		-
	19	Jazan	16 47 09	42 40 32	2,160	2,106	558	407		439
		Bani Malek	21 29 07	39 12 03	187	85	-	-		-
					40	305	135	155		18
					-	-		-		-
					-	-		-		-
				-	-		-		-	
				-	-		-		-	
				42,371	21,071	6,488	3,099		1,239	

1 جيوتي

حتى وقت قريب كانت المياه العادمة غير المعالجة في جيوتي تذهب مباشرة إلى البحر. تسقى أشجار المانغروف من مياه الصرف الصحي الخام الذي يذهب إلى أسفل المنحدرات نحو خليج عدن. محطة معالجة مياه الصرف الصحي التي أنشئت مؤخرا تعمل حاليا، في حين أن محطة المعالجة القديمة لا تعمل. الشكل. 2. يبين محطة المعالجة القديمة والجديدة في جيوتي. تم تشغيل محطة المعالجة الجديدة في 22 آذار 2014. مياه الصرف الصحي المعالجة من محطة المعالجة التي أنشئت مؤخرا تذهب أيضا إلى البحر من خلال قناة كما هو مبين في الشكل. 3.



شكل. 2. محطة معالجة مياه الصرف الصحي القديمة والجديدة وأشجار المانغروف التي تسقى بالمياه العادمة بجيوتي

محطة بودا لمعالجة مياه الصرف الصحي ذات قدرة تبلغ (170000م³/يوم) ويتم تخفيض الـ BOD الداخل من 160 ملغ / لتر إلى 15 ملغم / لتر، ويتم تخفيض النيتروجين الكلي الداخل من 13 ملغم / لتر إلى 3 ملغم / لتر وهذا أقل بكثير من معايير الاتحاد الأوروبي. قيم الفوسفور الكلي ليست معروفة.



شكل. 3. قناة مياه الصرف الصحي المعالجة من المحطة الجديدة

2 جمهورية مصر العربية

جمهورية مصر العربية لديها أربع محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي المنزلية ومحطة واحدة لمعالجة مياه الصرف الصناعية على البحر الأحمر:-
بحيرة اب-سويس (N 29.55.56 E 32.27.40)
بحيرة الغردقة
بحيرة شرم الشيخ
محطة معالجة المياه العادمة الصناعية (N 29.53. E 32.27.40)
مصر رأس غارب (ستبنى مستقبلاً)



شكل 4. نقاط التصريف الرئيسية على البحر الاحمر من مصر



شكل 5. موقع أحواض محطة اب- سويس وقناة التصريف على البحر الاحمر

اثنان من أحواض محطة اب- سويس هوائية، ونقطة التصريف للبحر الأحمر هي عبر قناة تصريف سطحية كما هو موضح بالشكل 5. محطة معالجة الفرقة غير موصولة بالبحر الأحمر. مياه الصرف الصحي المعالجة بالمحطة تستخدم لري الغاية الشجرية المحيطة وفي تخضير المناطق الرئيسية من المدينة. أحواض محطة شرم الشيخ غير هوائية. في منطقة شمال الأحواض توجد منطقة ري يتم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لريها وكذلك تستخدم المياه المعالجة لري المزروعات بالمدينة بواسطة الصهاريج.



شكل 6. أحواض محطة الفرقة



شكل 7. أحواض محطة شرم الشيخ



شكل 9. موقع محطة مصر رأس غراب (سيتم بناؤها)

شكل 8. محطة معالجة المياه العادمة الصناعية

3. المملكة الأردنية الهاشمية

المملكة الأردنية الهاشمية لديها فقط 27 كم من السواحل على البحر الأحمر. ومنذ أن تبنت البلاد سياسة عدم التصريف بالأودية (Zero Discharge Policy) لا يوجد مصادر نقاط للتصريف تؤدي إلى البحر الأحمر مع تطبيق معايير لرقابة شواطئ الاستحمام، وكذلك يتم قياس نوعية مياه خليج العقبة.

يتم استخدام المياه المعالجة في أغراض الجذب السياحي في برك محطة العقبة الطبيعية التي تستخدم أحواض المياه المستصلحة فيها كمحطة لمراقبة الطيور المهاجرة، كما هو مبين في شكل 10.



شكل 10. محطة العقبة الميكانيكية والطبيعية ومرصد طيور العقبة الواقع شمال البرك

يوجد مخطط شامل لمياه الصرف الصحي، وكذلك توجد معايير أردنية لمياه الصرف الصحي، وتطبق أيضاً سلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة تعليمات مقيدة من خلال نظام تقييم الأثر البيئي (EIA). لا يوجد تصريف من محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالعقبة إلى البحر الأحمر. وهذا يتم بالقانون (Zero Discharge Policy). سلطة منطقة العقبة الاقتصادية الخاصة تطبق سياسة فعالة في إعادة استخدام المياه المستصلحة لأغراض الري، والتخضير وفي الصناعة. ري المسطحات الخضراء بالمدينة يتم عن طريق شبكة ري خاصة بالمياه المستصلحة. ويوجد أيضاً شبكة خاصة لنقل المياه المستصلحة من محطة المعالجة الميكانيكية الرئيسية للمنطقة الصناعية لإعادة استخدامها في التبريد.

الشركات الخاصة في بعض المشاريع بالعقبة لها محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي ويتم إعادة استخدام المياه المستصلحة في مواقعها. كذلك يوجد أيضاً أحواض تخزين بالمنطقة الصناعية للمياه العادمة الصناعية.

شركة مياه العقبة تحصل على دخل جيد لتغطية تكاليف معالجة مياه الصرف الصحي من بيع المياه المعالجة. وفي الظروف الطبيعية لا يذهب أي تصريف من محطات المعالجة للبحر.

يتم استخدام المياه المعالجة في أغراض الجذب السياحي في برك محطة العقبة الطبيعية التي تستخدم أحواض مياهها المستصلحة كمحطة لمراقبة الطيور المهاجرة. وقد اكتسب موقع محطة مراقبة الطيور سمعة عالمية وأصبح معروفاً دولياً.

هذه الممارسة الفعالة المطبقة في العقبة تشكل نموذجاً جيداً يمكن الأخذ بعين الاعتبار نقله إلى مدن ساحلية أخرى في دول الهيئة الإقليمية للحفاظ على بيئة البحر الأحمر وخليج عدن PERSGA .

4. المملكة العربية السعودية

تمتلك المملكة العربية السعودية خط ساحل طويل يتخلله عدد من نقاط التصريف من أمّج، ينبع، جدة، جيزان، وبيشة.

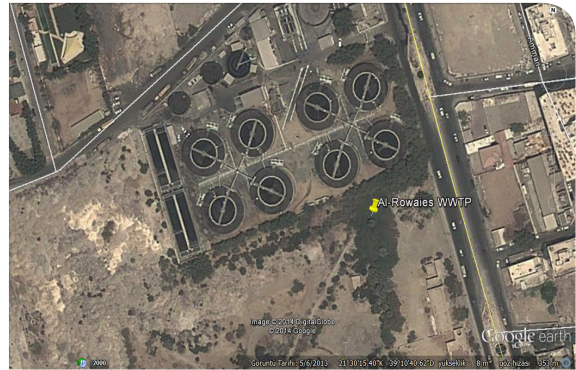
جدة ذات الكثافة السكانية الأعلى على ساحل البحر يوجد بها أكثر من عشر محطات معالجة مياه الصرف الصحي: المطار، البلد، الرويس، الخمرة 1، الخمرة 2، الخمرة 3، الخمرة 4، بني مالك، محطة جامعة الملك عبدالعزيز، والإسكان.

المطار 1 (محطة المطار 1 لمعالجة مياه الصرف الصحي) واحدة من المحطات ذات القدرة الكبيرة حيث يتدفق 130600 م³/يوم تتم معالجتها بإزالة النيتروجين والمواد العالقة والكربون. المحطة لديها مرشحات رمل عميقة وتطهير بالأشعة فوق البنفسجية ومصممة لإنتاج مياه معالجة مطابقة لمعايير الاتحاد الأوروبي للمناطق الحساسة.

محطة الرويس لمعالجة مياه الصرف الصحي تتكون من وحدات معالجة. تتم التهوية بتدوير المياه في خزانات خارجية والقسم الأوسط يستخدم كخزان ترسيب كما هو موضح (بالشكل 12).



شكل 11. محطة المطار 1



شكل 12. محطة جدة البلد

محطة بني مالك لمعالجة مياه الصرف الصحي تستخدم تقريباً نفس تصميم محطة الرويس لمعالجة مياه الصرف الصحي. التهوية تتم في محيط أسطوانات متحدة المركز ويتم استخدام الأسطوانة الداخلية بوصفها خزان الترسيب.

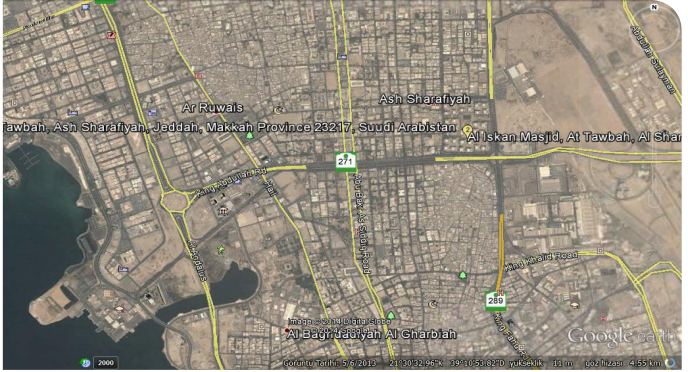
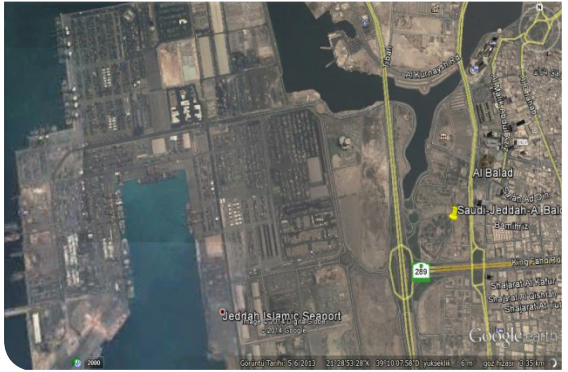
محطة جامعة الملك عبد العزيز لمعالجة مياه الصرف الصحي مبينة بالشكل 14. تتكون المحطة من ثلاثة خزانات هوائية دائرية تتم تهويتها بواسطة هوائيات سطحية. المروقات النهائية مغلقة للحد من مشاكل الرائحة.



شكل 13. محطة بني مالك

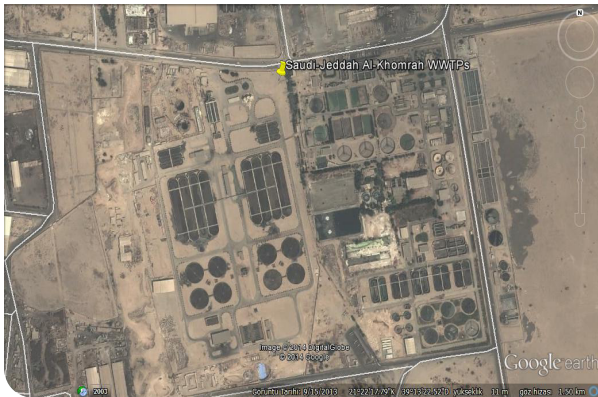


شكل 14. محطة جامعة الملك عبد العزيز بجدة



شكل 15. التصريف للبحر الأحمر من محطة الإسكان للمعالجة بجدة

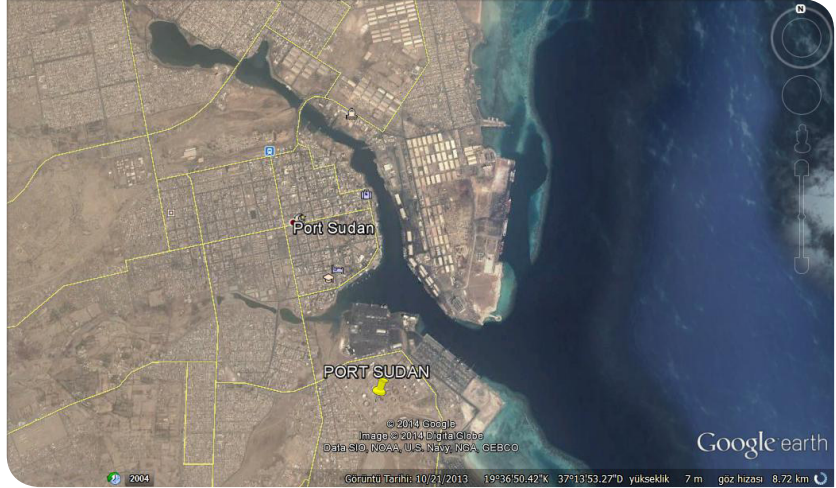
محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالخزرة، يوجد أربع محطات للمعالجة بالخزرة، الشكل 16، يبين محطات المعالجة بمنطقة الخزرة. واحدة من المحطات لأربع لها نفس تصميم محطة المطار 1 لمعالجة مياه الصرف الصحي، المحطة الشبيهة بمحطة المطار لها مرشحات رمل عميقة وتغقيم بالأشعة فوق البنفسجية، كما في محطة المطار 1. هذه المحطة مصممة لإنتاج مياه صرف صحي معالجة مطابقة لمعايير الاتحاد الأوروبي للمناطق الحساسة.



شكل 16. محطات معالجة مياه الصرف الصحي بالخزرة والتصريف للبحر الأحمر

5. السودان

لا توجد معالجة في المدن الواقعة على البحر الأحمر. يتم تجميع مياه الصرف الصحي بخزانات تجميع ومن ثم يتم نقل المياه العادمة إلى آبار بعيدة عن البحر الأحمر. وليس هناك تقدير لإمكانية وصولها إلى مياه البحر من خلال التسريب تحت السطحي وتغير منسوب مياه الصرف الصحي تحت السطحية مع حركة المد والجزر.



شكل 17. بورسودان مياه الصرف الصحي يمكن أن تنساب إلى البحر كمصدر غير محدد

حيث لا توجد قياسات دقيقة ومنتظمة في البحر الأحمر بالقرب من هذه المدن الساحلية، فإن كمية التلوث غير محددة. يمكن بشكل تقريبي تقدير أن حوالي 20% من مياه الصرف الصحي تختلط بمياه البحر. يبلغ تعداد السكان في بورسودان حوالي 400000 نسمة، على فرض أن 20% يعيشون بالقرب من البحر ومياه الصرف الصحي التابعة لهم تنساب من خزانات التجميع فإن أحمال BOD، SS، TKN و TP من 80000 نسمة يمكن حسابها إذا عرفت الكمية المحددة للفرد من BOD، SS، TKN و TP

الجدول التالي من هنز مورجنز ويافس كومبو

http://ocw.unescoihe.org/pluginfile.php/462/mod_resource/content/1/Urban_Drainage_and_Sewerage/5_Wet_Weather_and_Dry_Weather_Flow_Characterisation/DWF_characterization/Notes/Wastewater%20characterization.pdf

Person Loads in various countries kg/(capita·y)

	Brazil	Egypt	India	Turkey	US	Denmark	Germany
BOD	20-25	10-15	10-15	10-15	30-35	20-25	20-25
SS	20-25	15-25		15-25	30-35	30-35	30-35
N-total	3-5	3-5		3-5	5-7	5-7	4-6
P-total	0.5-1	0.4-0.6		0.4-0.6	0.8-1.2	0.8-1.2	0.7-1

جدول 3. أحمال تلوث تقديرية في مياه الصرف في دول مختلفة

الجدول 3 يبين قيمة متدنية نسبيا للبلدان النامية مثل مصر وتركيا. مثلا في تركيا حوالي 54 غم BOD/للشخص/يوم

(54غم/يوم*الشخص)/(365*1000)

= 19,7 كغم/للشخص/سنة

حيث أن القيمة العظمى في الجدول 3. هي 15 كغم/للشخص/سنة.



شكل 18. أحواض الصرف الصحي بمدينة سواكن التي قد تتسرب إلى البحر الأحمر

مدينة سواكن أيضا لا يوجد بها نظام للصرف الصحي والتخلص من مياه الصرف الصحي مماثل لما هو موجود في بورتسودان. يبلغ عدد سكان المدينة 85 000 نسمة. حوالي 10٪ من السكان (8500 شخص) لديهم أحواض لمياه الصرف الصحي يمكن أن تتسرب إلى البحر الأحمر كما هو ممكن في مدينته بورتسودان. يمكن تقدير الأحمال التي تصل للبحر الأحمر بوضع أرقام افتراضية تقريبية للأحمال المحددة للشخص الواحد من TP و BOD، SS، TKN .

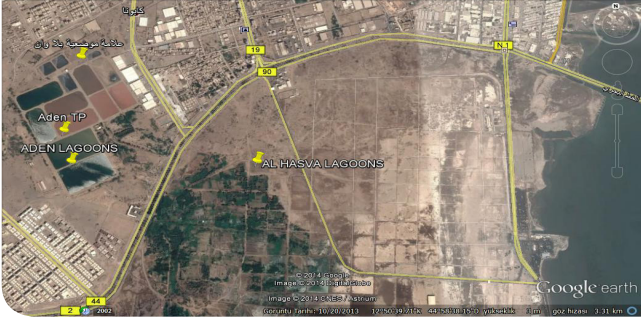


شكل 19. الدلتا الزراعية في طوكر - السودان

تحتل الدلتا الزراعية في طوكر حوالي 170000 هكتار. الخضروات في الدلتا تنمو بدون استخدام أية أسمده لذا من المتوقع أن تكون النيترات الجارية غير موجوده أو مهمله.

6. اليمن

أحواض مياه الصرف الصحي في عدن موضحة بالشكل 20. حيث تضخ مياه الصرف الصحي للمدينة لهذه الأحواض ومن ثم يتم ضخ مياه الأحواض لخليج عدن.



شكل 20 الأحواض في عدن - اليمن

أحواض الحسوة باليمن وهي قريبة جداً من أحواض عدن يتم أيضاً تصريف مياهها في خليج عدن



شكل 21 أحواض الحسوة اليمن

شكل 22. أحواض المكلا اليمن

مياه الصرف الصحي تصل لأحواض الحديدية بواسطة الجاذبية الأرضية. مياه الصرف الصحي المعالجة تضح من الأحواض إلى البحر الأحمر كما هو موضح بالشكل 23.

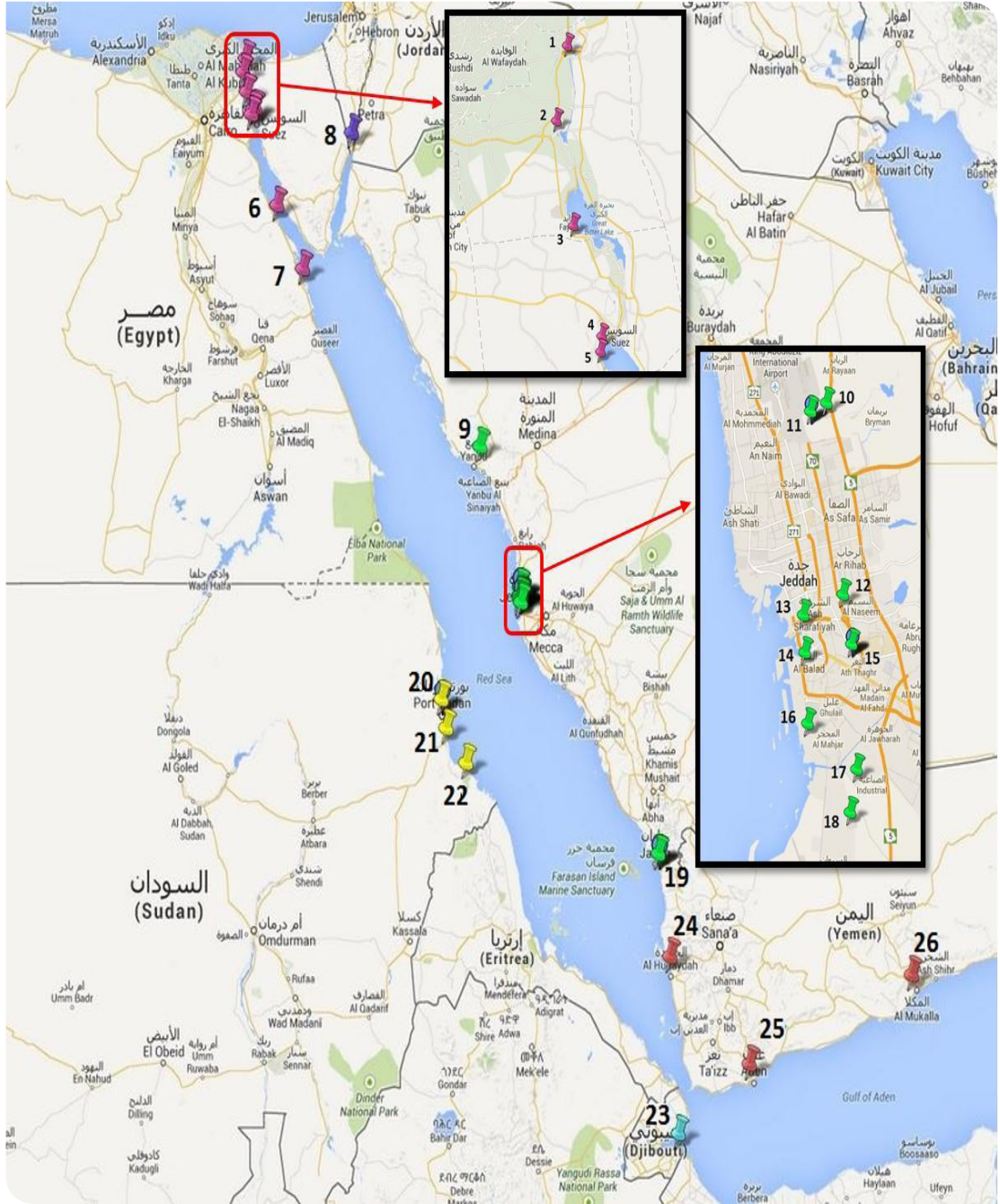


شكل 23 أحواض الحديدية - اليمن

7. التوزيع الجغرافي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي في إقليم البحر الأحمر وخليج عدن

"PERSGA"

الشكل 24. يبين التوزيع الجغرافي لمواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي حول البحر الأحمر و خليج عدن. الجدول 4. يبين إحداثيات محطات المعالجة. وقد تم إعداد شكل 24 وجدول 4 بوجود المختصين الوطنيين أثناء ورشة العمل التي نظمت في حزيران يونيو 2014 وتبين مواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي والمصادر غير المحددة..



شكل 24. التوزيع الجغرافي لمواقع محطات معالجة مياه الصرف الصحي حول البحر الأحمر و خليج عدن

