Zagazig J. Agric. Res., Vol. 46 No. (4) 2019 1167-1189

Biotechnology Research

http:/www.journals.zu.edu.eg/journalDisplay.aspx?Journalld=1&queryType=Master

دراسة مقارنه بين مياه الشرب في مصر وسنغافورة وكيفية توفير مصادر بديلة للمياه

نرمين محمود عبدالجواد العكش[1]* - حسن إبراهيم عبدالفتاح[2] - هويدا محمد لبيب[2]

١- قسم الموارد الطبيعية - معهد الدراسات والبحوث الآسيوية - جامعة الزقازيق - مصر

٢- قسم الميكروبيولوجيا الزراعية - كلية الزراعة - جامعة الزقازيق – مصر

Received: 30/03/2019 ; Accepted: 15/05/2019

الملخص: تعتبر المياه قضية رئيسية في الأمن القومي، ليس فقط لتوفير الحد الأدنى من مياه الشرب الحيوية للسكان، ولكن أيضاً للحفاظ على صناعاتهم وغيرها من الأنشطة الاقتصادية، ونظراً لتعدد الأنشطة المستخدمة للمياه مع الزيادة المستمرة للسكان وثبات الموارد المائية المتاحة وثبات حصة جمهورية مصر العربية من مياه نهرالنيل بالإضافة لضعف الهطول المطري وتزايد الطلب على الاحتياجات المائية كل ذلك يستوجب البحث عن موارد مياه جديدة وإدارة جيدة لها، لذا كان لابد من بحث كيفية استغلال الموارد غير التقليدية للمياه وكيفية معالجتها بشكل جيد لتصل إلي معايير عالية الجودة تزيد من إمكانية استخدامها في العديد من التطبيقات الصناعية والزراعية، وأيضا عندما نصل بهذه المياه إلي درجة معالجة عالية الجودة فيمكن أيضاً استخدامها في المنازل أو الأماكن التجارية لأغراض غير الشرب مثل الغسيل، التبريد وغيرها وهذا سوف يقلل من استخدام الموارد التقليدية لمياه الشرب وسوف يخف الضغط علي هذه الموارد الحيوية الهامة، وهنا تكمن أهمية الاستفادة من مياه الصرف الصحي، ولن يتثنى ذلك إلا من خلال استخدام تكنولوجيا حديثة وفعالة تزيد من جودة مياه الصرف الصحي المعالج، وبالنسبة لجمهورية مصر العربية من المعروف أن أحد الموارد غير التقليدية لمياه الشرب هو معالجة المياه المالحة، وهذا المورد من المياه في مصر لا يغطي سوي الأماكن الساحلية فقط كما أن معظم الفلاتر والتجهيزات الخاصة بمعالجة المياه المالحة يتم استيرادها من خارج مصر وهذا يزيد من تكلفتها وإلي حين أن نصل إلي الإنتاج المحلي فإنه تم التركيز في هذه الدراسة علي مصدر أخر من مصادر المياه غير التقليدية في مصر وهو معالجة مياه الصرف الصحي، وبالبحث عن أكثر الدول المتقدمة في مجال معالجة مياه الصرف الصحي بل ولها الريادة في هذا المجال وتقع ضمن ترتيب دولي من الدول النموذجية في هذا المجال كما أنها حصلت علي العديد من الجوائز الدولية أيضاً توصلنا إلي دولة سنغافورة وهي تقع في جنوب شرق أسيا، والأسباب التي دفعتها إلي التقدم في هذا المجال وتكثيف البحوث فيه هو محدودية الموارد المائية التقليدية لها واستيرادها المياه من الدول المجاورة لها، وبالفعل وبعد سنوات طوال من البحث والدراسة نجحت هذه الدولة الآسيوية الصغيرة في أن تصل إلي العالمية من حيث جودة المياه المنتجة من مياه الصرف الصحي ومجال معالجة المياه المالحة من ناحية ومن ناحية أخري استغلالها لهذه المياه. وهذه المياه تسمي باسم النيووتر NEWater، في هذه الدراسة تم إلقاء الضوء علي مصادر المياه الطبيعية في الدولتين وكذلك مراحل معالجة مياه الصرف الصحي في دولة سنغافورة وعملية إنتاج مياه النيووتر واختبارات جودة تلك المياه وعمليات تنقية مياه الشرب ومعالجة مياه الصرف الصحي في مصر والمسببات المرضية والطفيلية في تلك المياه، وتوصي الدراسة بضرورة تطبيق تلك التقنيات الحديثة ونقلها إلي جمهورية مصر العربية للمساهمة في سد العجز المائي وعدم تفاقم مشكلة شح المياه في مصرنا الحبيبة.

الكلمات الإسترشادية: مياه النيووتر، الترشيح الدقيق، التناضح العكسي، الأشعة فوق البنفسجية، تنقية مياه الشرب ، معالجة مياه الصرف الصحي.

المقدمة

موضوع البحث هو المقارنة بين جمهورية مصر العربية وبلد من بلدان جنوب شرق آسيا وهي دولة سنغافورة. حيث تم الإختيار علي أساس التنوع الحضاري والثقافي والسياسي والإقتصادي والديني والبعد الجغرافي وتنوع مصادر المياه المتاحة والتشابه في الحالتين في الضرورة الملحة للإستفادة من مياه الصرف الصحي المتاح.

وتمت المقارنه بين الدولتين من حيث مصادر مياه الشرب في الدولتين، الطريقة التقليدية لمعالجة مياه الصرف الصحي وطريقة تنقية مياه الشرب في جمهورية مصر العربية والطريقة الحديثة لمعالجة مياه الصرف الصحي في سنغافورة كتجربة رائدة في هذا المجال.

* **Corresponding author: Tel. :** +201096234343
E-mail address: mnermeen677@gmail.com

فدولة سنغافورة تقع في جنوب شرق أسيا، في الطرف الجنوبي من شبه جزيرة الملايو وتعتبر سنغافورة دولة كانت تعاني بشدة من نقص المياه، بسبب عدم كفاية الموارد المائية التي تعتمد عليها، تم دراسة مصادر المياه الأربعة المعروفة في سنغافورة، فالمصدر الأول هو المياه المستوردة من ماليزيا حيث تقوم الدولة بإستيراد حوالي نصف استهلاكها اليومي من المياه من ماليزيا. أما المصدر الثاني فيتمثل في الخزانات المحلية وبرك تجميع مياه الأمطار وذلك يمثل النصف الآخر من إستهلاكها اليومي، ويمثل حصاد مياه الأمطار المصدر الرئيسي للمياه العذبة في سنغافورة. والمصدر الثالث للمياه في سنغافورة هو المياه المستعملة المعالجة (النيووتر)، حيث يمثل مصدرا آخر للمياه في سنغافورة، تستخدم هذه المياه من قبل محطات تصنيع المياه والصناعات والمباني التجارية، وفي عام ٢٠٠٣م تم التوسيع في استخدام مياه النيووتر ببطء إلى الإستخدامات المنزلية عن طريق خلطه مع مياه المستجمعات والسماح لها أن تخضع لعمليات المعالجة لإنتاج المياه الصالحة للشرب. و في عام ٢٠١١م فإن مياه نيووتر وفرت ما يصل إلى ٢.٥% من إجمالي استهلاك المياه يوميا. أما المصدر الرابع للمياه في سنغافورة هو مياه التحلية.

وخلال دراسة الطرق التقليدية الحديثة لمعالجة مياه الصرف الصحي في دولة سنغافورة حيث يتم إستخدام ثلاث خطوات رئيسية لإنتاج مياه النيووتر (الماء المعالج من مياه الصرف الصحي) وهي.

١- الترشيح الدقيق (Microfiltration/Ultra filtration).

٢- التناضح العكسي (RO).

٣- التطهير بالأشعة فوق البنفسجية (UV)، والمياه المنتجة بهذه الطريقة عالية الجودة وتصل إلي معايير منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب لسنة ٢٠١١م.

أما جمهورية مصر العربية فهي دولة تمتد على الركن الشمالي الشرقي من أفريقيا والزاوية الجنوبية الغربية من آسيا من خلال جسر بري شكلته شبه جزيرة سيناء. تتكون الموارد المائية في مصر من حصة مصر من مياه نهرالنيل بصفة أساسية بالإضافة إلى، المياه الجوفية، الأمطار الفعالة ومياه السيول ومصادر المياه غير التقليدية (تشمل إعادة إستخدام مياه الصرف الزراعي ومياه الصرف المعالجة - تحلية المياه).

وتم دراسة الطرق التقليدية لتنقية مياه الشرب في مصر، وتتلخص العمليات الرئيسية لتنقية المياه في ست خطوات رئيسية وهي:

١-التصفية (Screening)، ٢- الترويب (Coagulation)، ٣- التنديف (Flocculation)، ٤- الترسيب (Sedimentation)، ٥-الترشيح (Filtration) و٦- التطهير (Disinfection)، والمياه المنتجة بهذه الطريقة تتماشي مع معايير وزارة الصحة المصرية لمياه الشرب والصادر لها قانون لسنة ٢٠٠٧م.

كما تم دراسة الطرق التقليدية لمعالجة مياه الصرف الصحي في مصر، وتتلخص العمليات الرئيسية لمعالجة مياه الصرف الصحي في مصر في أربع مراحل رئيسية وهي ١- مرحلة المعالجة الإبتدائية (الفيزيقية)، ٢- مرحلة المعالجة الثانوية (البيولوجية)، ٣- مرحلة التعقيم والتطهير ٤- مرحلة معالجة الحمأة. وتعتبر طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة من أكثر الطرق شيوعاً في الوقت الحاضر بسبب فاعليتها العالية في المعالجة وسميت بهذا الإسم لأنه يتم إعادة جزء من الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب الثانوية إلى حوض التهوية، والمياه المنتجة بهذه الطريقة تتماشي مع المعايير التي يجب أن تتوفر في مياه الصرف المعالج طبقاً للمادة ٥٢ من قانون ٩٢ لسنة ٢٠١٣م.

وجدير بالذكر أنه بالتحليل الكيماوي لمياه الصرف الصحي وجد أنها مياه عادية بنسبة ٩٩.٩٩% وهناك ٠.١% منها فقط مكونات عضوية وغير عضوية (الأحياء الدقيقة والمواد الذائبة والمواد العالقة) ولكن هذه النسبة تشكل خطورة يجب التخلص منها. ودرجة الـ pH لها تتروح من ٦ : ٨ .

وتمت الدراسة من خلال إجراء بعض المقارنات النظرية بين دولة سنغافورة وجمهورية مصر العربية وذلك من خلال إحصائيات مقدمة من وزارة الموارد المائية والري بجمهورية مصر العربية، وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية بمصر، الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء بمصر، معهد دراسات جنوب أسيا بالإضافة إلي بعض المراجع العلمية الأجنبية الحديثة.

مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة في ثبات الموارد المائية المتاحة من حيث الكم في جمهورية مصر العربية مع تزايد الإحتياجات المائية بصورة مستمرة نظراً للزيادة السكانية المتزايدة ولأسباب كثيرة أخري مما يهدد الأمن القومي للبلاد وذلك يستدعي تكثيف البحوث المتعلقة بالمياه لإيجاد حلول لمشكلة محدودية الموارد المائية من خلال الإستغلال الأمثل للموارد المائية غير التقليدية ومنها مياه الصرف الصحي المعالج. لذا تهتم الدراسة الحالية بالإستفادة من تجربة دولة سنغافورة التي تتمثل في معالجة مياه الصرف الصحي لإنتاج مياه ذات جودة عالية تتجاوز معايير مياه الشرب لمنظمة الصحة العالمية (WHO) والوكالة الأمريكية لحماية البيئية (USEPA).

الهدف من الدراسة

تهدف الدراسة الحالية إلي ما يلي:

١. إلقاء الضوء علي المصادر المائية المتاحة والصالحة للشرب في جمهورية مصر العربية وسنغافورة.

٢. التعرف علي طرق معالجة مياه الصرف الصحي في مصر وسنغافورة مع التركيز علي التجربة السنغافورية في إنتاج النيووتروإمكانية الإستفادة منها في مصر وبالتالي تخفيف الضغط علي موارد المياه التقليدية في مصر.

٣. التعرف علي أحدث الطرق المستخدمة في مجال معالجة مياه الصرف الصحي بشكل عام وكذلك التعرف علي إمكانية تطبيق هذه الطرق في مصر.

النتائج والمناقشة

مصادر المياه في كلاً من دولة سنغافورة وجمهورية مصر العربية

دولة سنغافورة

لدي سنغافورة اليوم إمدادات المياه المعروفة القوية والمتنوعة (فيما يعرف بإسم أربع صنابير وطنية) كما هو موضح بشكل ١.

ويتضح من الشكل السابق أن إمدادات المياه في دولة سنغافورة تضم صنابير المياه الأربعة التالية:

١- المياه المخزنة من المستجمعات المحلية Water from local catchment.

٢- المياه المستوردة Imported water .

٣- مياه معالجة عالية النقاوة معروفة بإسم NEWater.

٤- المياه المحلاه Desalinated water.

وتمتعت الدولة بمياه ذات نوعية جيدة علي مدي العقود الخمسة الماضية. وصالحة للشرب من الصنابير مباشرة، تتماشي مع معايير منظمة الصحة العالمية ومناسبة للشرب دون مزيد من الترشيح. كان الطلب علي المياه عام ٢٠١٧م في سنغافورة حوالي ٤٣٠ مليون جالون يومياً، ٤٥% منها يتم إستهلاكه بواسطة المنازل وأما الباقي (٥٥%) يتم إستهلاكه بواسطة القطاعات غير المنزلية وتمثل مياه النيووترمنها ٤٠% والمياه المحلاه ٢٥%. وبحلول عام ٢٠٣٠م سوف يصبح الإستهلاك بواسطة المنازل ٤٠% والإستهلاك بواسطة القطاعات غير المنزلية ٦٠% تمثل مياه النيووتر منها ٥٠% والمياه المحلاه ٣٠%. وبحلول عام ٢٠٦٠م فإن الإحتياجات المائية بالطبع سوف تتضاعف مع إحتمال زيادة القطاعات غير المنزلية لتصل الي ٧٠% والمنزلية ٣٠%، وبحلول ذلك الوقت فإن مياه النيووترسوف تفي بـ ٥٥% والمياه المحلاه سوف تفي بـ ٣٠% بما يمثل ٨٥% من الطلب علي المياه مستقبلاً في سنغافورة كما هو موضح بشكل ٢.

ويتضح مما سبق أن مياه النيووتر ساهمت بشكل كبير في تنوع إمدادات المياه في سنغافورة وساعدت في حل مشكلة نقص الموارد المائية في دولة سنغافورة.

جمهورية مصر العربية

تتكون الموارد المائية فى مصر من: حصة مصر الأساسية من مياه نهر النيل، المياه الجوفية، الأمطار الفعالة ومياه السيول ومصادر المياه غير التقليدية والتى تشمل: إعادة استخدام مياه الصرف الزراعى، مياه الصرف الصحى المعالجة وتحلية مياه البحر.

ويتضح من الجدول السابق ثبات الموارد المائية المتاحه في مصر إلي حد كبير مع تزايد الإحتياجات المائية وزيادة الطلب علي المياه بشكل يومي.

ومن هنا ظهرت مصطلحات كثيرة أهمها مصطلح الأمن المائي وكيفية مواجهة مشكلات عجز المياه وظهرت أهمية دراسة تلك المشكلة من كل جوانبها والإعداد العلمي والقومي لمواجهتها . وبرزت أهمية تعظيم الإستفادة من مياه الصرف الصحي المعالج وكما ذكرنا سابقاً أنه لن يتثني ذلك إلا من خلال إستخدام تكنولوجيا حديثة وفعالة تزيد من جودة مياه الصرف الصحي المعالج.

معالجة مياه الصرف الصحي في كلاً من دولة سنغافورة وجمهورية مصر العربية

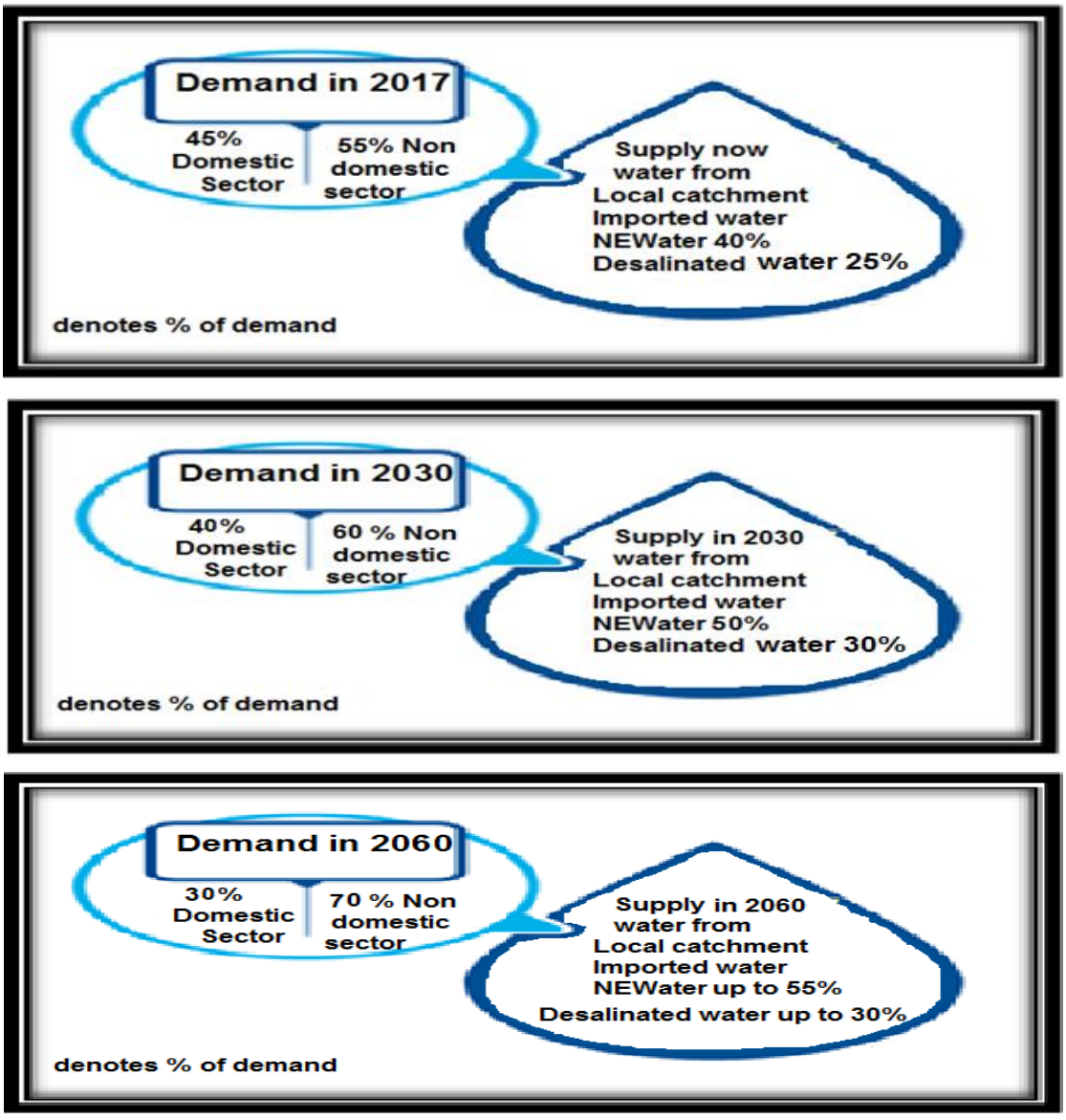
دولة سنغافورة

تستخدم الأغشية الحديثة بشكل أساسي لمعالجة مياه الصرف الصحي في سنغافورة، حيث يتم إستخدام الأغشية لمعالجة المياه ولإزالة مجموعة واسعة من الملوثات. فتعمل أغشية التناضح العكسي (Reverse Osmosis-RO) على إزالة كلاً من الكاتيونات، الأنيونات، المعادن، المواد العضوية والكائنات الدقيقة. أما أغشية الترشيح متناهي الدقة (Nanofiltration-NF) فتقوم بإزالة أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم، الجزيئات الصغيرة والكائنات الحية الدقيقة. وأغشية الترشيح الفائق (Ultrafiltration-UF) تُزيل الجزيئات الغروية، الجزيئات الكبيرة والكائنات الدقيقة وتقوم أغشية الترشيح الدقيق (Microfiltration- MF) بإزالة الجزيئات في حجم المايكرون والأقل من المايكرون **(Pizzi, 2013)**.

ويتضح من الجدول مقارنة بين خصائص أنواع الأغشية المختلفة المذكورة سابقاً وأن هذه الأغشية فعالة في إزالة جميع أنواع الملوثات التي من الممكن أن تتواجد في المياه سواء كانت مواد كيميائية أو كائنات حية مما يؤكد فعاليتها في معالجة مياه الصرف الصحي ومعالجة المياه بشكل عام.

شكل ١. مصادر المياه الأربعة المعروفة في سنغافورة

المصدر: (https://www.pub.gov.sg/watersupply 2017)



شكل ٢.الطلب علي المياه والإمدادات المحتملة في سنغافورة منذ عام ٢٠١٧ م حتي عام٢٠٦٠م

Source: https://www.pub.gov.sg/watersupply/singaporewaterstory (2017).

جدول ١. الموارد المائية المتاحة في مصر خلال الفترة من (٢٠٠٧/٢٠٠٨م ـ ٢٠١٠/٢٠١١)

الموارد المائية	٢٠٠٧ / ٢٠٠٨	٢٠٠٨ / ٢٠٠٩	٢٠٠٩ / ٢٠١٠	٢٠١٠ / ٢٠١١
حصة مياه نهر النيل	٥٥.٥	٥٥.٥	٥٥.٥	٥٥.٥
المياه الجوفية بالوادي والدلتا	٦.٢	٦.٢	٥.٦	٦.٣
تدوير مياه الصرف الزراعي	٨.٠	٨.٠	٥.٨	٥.٨
تدوير مياه الصرف الصحي	١.٣	١.٣	١.٣	١.٣
الأمطار والسيول	١.٣	١.٣	١.٣	١.٣
تحلية مياه البحر	٠.٠٦	٠.٠٦	٠.٠٦	٠.٠٦

* الوحدة : مليار متر مكعب / السنة **المصدر:** وزارة الموارد المائية والري ٢٠٠٥م .

جدول ٢. خصائص الأغشية المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي في سنغافورة

نوع الغشاء	أغشية الترشيح الدقيق (MF)	أغشية الترشيح الفائق (UF)	أغشية الترشيح متناهي الدقة (NF)	أغشية التناضح العكسي(RO)	المصدر
المكونات التي يتم الإحتفاظ بها عن طريق الغشاء	خلايا سليمة، بكتيريا، الطحالب، الكائنات الأولية	الفيروسات، البروتينات	الأيونات ثنائية التكافؤ، الأحماض الأمينية، المضادات الحيوية	السكريات، الأملاح، الأحماض الأمينية	**(Van Reis and Zydney, 2007)**
العناصر التي تمر من خلال الغشاء	الفيروسات، الغرويات، البروتينات، الأملاح	الأحماض الأمينية، مضاد الرغوة ، الأملاح	الأملاح ، الماء	الماء	
الضغط المطلوب لتشغيل كل نوع	(٠.٣ – ١.٧) بار	(٠.٧ – ٦.٧) بار	تحت ضغوط أقل من تلك المستخدم في طريقة التناضح العكسي	(٣.٤- ٦٩) بار	**(عمر، ٢٠١٠)**

مراحل معالجة مياه الصرف الصحي لإنتاج مياه النيووتر (NEWater)

يتم إنتاج النيووتر (من المياه المستعملة المعالجة والمنقولة من وحدات معالجة المياه التابعة لمجلس المرافق العامه بدولة سنغافورة) Singapore Public Utilies (Board - PUB) بإستخدام تقنيات الأغشية المتقدمة، التناضح العكسي والتطهير بالأشعة فوق البنفسجية. فالتكنولوجيا المستخدمة هي تكنولوجيا تم ترسيخها مع مرور الوقت، وتتمثل في "تطهير" المياه الملوثة عبر أنظمة التصفية، وبواسطة التناضح العكسي تحت الضغط القوي يتم فصل طبقة الماء عن جزيئات الملوثات، ويتم تطهيرها مجددا باستخدام الأشعة فوق البنفسجية لأنها تقتل البكتيريا، ما يتبقى هو عبارة عن مياه نقية صالحة للشرب، وهي تفي بالمعايير الموضوعة من قبل منظمة الصحة العالمية.

من شكل ٣ يتضح أن خطوات معالجة مياه الصرف الصحي لإنتاج مياه النيووتر هي :

١- مرحلة ما قبل المعالجه (المصافي).

٢- تكنولوجيا الغشاء المزدوج (الترشيح الدقيق) (MF/UF).

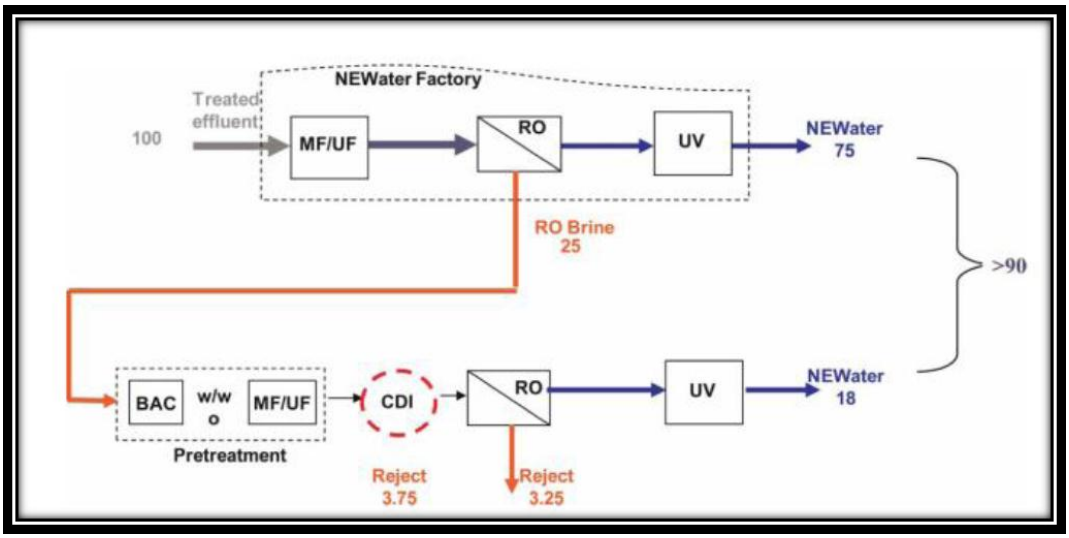
٣- التناضح العكسي (RO).

٤- التطهير بتكنولوجيا الأشعة فوق البنفسجية (UV).

مرحلة ما قبل المعالجة (مصافي الأميد)

(Pre-Treatment, Amiad Strainers)

هي خطوه أوليه، يتم فيها إيصال نفايات الصرف الصحي والمياه المعاد تدويرها الي وحدة المعالجة لإنتاج المياه الصالحة للشرب، ويجب ملاحظة معدل تدفق هذه



Capacitive Deionization Cells (CDI) - ، Biological Activated Carbon Column (BAC) -

شكل ٣. مراحل معالجة مياه الصرف الصحي لإنتاج مياه النيووتر

المصدر: Tao *et al.* (2011)

النفايات بعنايه بحيث لا تتجاوز قدرة خزانات المحطة ثم يتم ضخ هذه النفايات السائله من خلال مصافي من الاميد (وهي عبارة عن مصافي ثقيله لديها القدرة علي التنظيف الذاتي)، قبل الدخول إلى الخطوة الأولى من الترشيح الدقيق. تعمل مرحلة ما قبل المعالجه هذه علي طرد المواد الصلبه العالقه من مياه الصرف وذلك من خلال إستخدام ثلاث وحدات مصافي نشطه مع وجود وحدة إحتياطيه رابعة موصله في إتجاه موازي لهم وهذه المصافي لديها القدرة علي فصل فعال يصل إلى ٣٥٠٠ إلى ٢٠٠ ميكرومتر. وهذه القدرة تعني أن جميع الجسيمات ضمن هذا النطاق سوف تكون المصافي قادرة على تصفيتها بكفاءة **(Mike, 2010)**

ومع مرور الوقت تتكون طبقه من الجزيئات أو كعكة الفلتر (Cake filter)، تتكون علي طبقة الميديا وهذا يؤدي إلى زيادة الضغط، ويمكن أن تلحق الضرر المحتمل بوحدة المصفاة، إلا أن قدرات التنظيف الذاتي للمصافى تمنع تكون مثل هذه الطبقات نتيجة إزالتها بإستمرار. فعندما يتم قياس إنخفاض الضغط عن ٠.٥ بار بسبب تكون هذه الطبقه علي طبقة الميديا، يتم إرسال إشارة من جهاز إستشعارخاص إلى محرك كهربائي يقوم بتشغيل ذراعين من الصلب لهما رأس بها فرش، هذه الفرش تخلص الفلتر الإسطواني من هذه الطبقة قبل أن يتم طرد ذلك عن طريق منفذ مستقبل للنفايات **(Marcus, 2000)**. وإجمالي الوقت اللازم لإتمام عملية التنظيف الذاتي ما يقرب من ١٥ ثانية، وأثناء هذا الوقت، تواصل وحدة مصفاة الأميد تصفية الجسيمات بفاعلية. عموماً استخدامات مصافى الأميد جذابة وهامة لمصممي عملية هيئة نيووتر نظرا لقدرات البناء القوي، والتنظيف الذاتي، والفعالية الشاملة. وبسبب هذه الخصائص لا تحتاج هذه المصافي إلى التغيير بإستمرار (بمعني خلال فترات قصيره) **(Mike, 2010)**.

تكنولوجيا الغشاء المزدوج (الترشيح الدقيق، الترشيح الفائق)

Dual-Membrane Technology (Microfiltration/ Ultrafiltration)

وهي عملية تصفية المياه من المواد الصلبة الدقيقة والجسيمات من المياه المستخدمة المعالجة، وكذلك يتم فصل بعض الأنواع البكتيرية. فهذه العملية تسمح بمرور الأجسام ذات الأحجام الميكروميترية ١٠-٦ ملليميترفي محلول عبر غشاء معين وبالتالي الحصول علي مياه رائقة بعد أن يتم حجز المواد العالقة مثل الكائنات الدقيقة علي سطح الغشاء المستخدم ويمر فقط الماء والمواد الذائبة **(خليل، ٢٠٠٣)**. فبعد مرور مياه الصرف خلال مصافي الأميد في المرحلة السابقة تدخل لمرحلة الترشيح الرئيسيه (المرحلة الثانية) بإستخدام تكنولوجيا MF/UF (الترشيح الدقيق، الترشيح الفائق) وهي عبارة عن ضغط مدفوع وهي صديقه للبيئة مع منتج ذات جودة عالية. وعندما يتم تطبيق الضغط الهيدروليكي المناسب، يتم نقل السوائل والمواد المذابة بشكل انتقائي بسبب الحواجز الإنتقائيه وهو عبارة عن غشاء نصف نافذ الذي يعمل أيضاً بمثابة مبادل أيوني. ويقوم الغشاء بفصل المواد الأوليه الي مواد مستبقيه من خلال عمليات تغلغل، وتعرف هذه الخطوة الأولى بمرحلة الترشيح الدقيق التي لديها القدره علي

تصفية الجزيئات بأقطار من حوالي ٠.١ : ١٠ ميكرون، الجزيئات التي يتم فصلها بالترشيح الدقيق (MF) غالبا أقطارها أكبر من التي يتم ترشيحها بعمليات الـRO - UF **(Basile and Cassano, 2013)**.

وتقوم عملية الترشيح الدقيق بتخليص السوائل من البكتريا المسببة للأمراض، الجسيمات الغروية، الفيروسات وأكياس البروتوزوا. يتميز الغشاء المستخدم في الترشيح الدقيق بضيق توزيع حجم المسام وحجم المسام نفسها ضيق. وهذا يجعل معدلات الترشيح عالية، ومع إختلاف صغير في الضغط، مما يجعلها فعالة للغاية في عملية إعادة تدوير المياه ككل، والسائل الناتج من مرحلة المعالجه الأولية يدخل من خلال سلسلة من الأنابيب إلي المرحلة الثانيه من الترشيح الفائق (UF) بينما المواد الصلبه المتبقيه من المعالجه يتم إزالتها بإستمرارمن غرفة الترشيح الدقيق لضمان أقصى قدر من الكفاءة علي طول الغشاء وعدم توافر فرص للتلوث **(Mike, 2010)**. عملية الترشيح الفائق بإستخدام أغشية UF هي مماثله ل MF علي الرغم من أن الثقوب الموجوده في UF تقوم بتصفية جزيئات قطرها بين ٢ إلى١٠ نانومتر علي نحو فعال، هذه الجزيئات لم تتمكن عملية الترشيح الدقيق من إزالتها **(Basile and Cassano, 2013)**.

التناضح العكسي (Reverse Osmosis)

هو إستخدام أغشية خاصة تعمل كمرشح لجزيئات المواد المذابة أساساً والملوثات غير المرغوب فيها كالميكروبات وهذه العملية تزيل ٩٠% من كل الأملاح المذابة وحتي ٩٧% من كل المواد العضوية المذابة وتزيل أكثر من ٩٨% من المواد الهلامية البيولوجية من المياه والتي يكون تركيزها الأصلي ٥٠ جزء في المليون. وتدفق الماء خلال الغشاء يزداد بزيادة الضغط ولهذا تزداد كميات المياه المنتجة مع زيادة الضغط المستخدم **(خليل، ٢٠٠٣)**. وهذه العمليه من المكونات الرئيسيه في عملية إعادة تدوير المياه، وعمليات إنتاج النيووتر، وتستخدم هذه العملية لإزالة الأملاح والمواد الأخري لإنتاج مياه عذبه صالحه للشرب، ويمكن تعريفها بأنها عكس الإسموزية العادية، الإسموزيه تسبب مرور المياه من منطقة تركيز أملاحها منخفض إلي منطقة تركيز الأملاح بها مرتفع. وهذا يحدث عندما يفصل الغشاء جزيئات المياه عن بعضها البعض. تسبب الاسموزيه مرور المياه وتحركها من المحاليل منخفضة التركيز الي المحاليل عالية التركيز، في عملية التناضح العكسي، تُجبر جزيئات الماء للتحرك في الإتجاه العكسي وبالتالي زيادة التركيز عندما تتحرك المياه إلي المحاليل الأقل تركيزاً. وتعمل عملية التناضح العكسي علي إجبار جزيئات المياه تحت ضغط مرتفع للتحرك من منطقة ذات تركيز أملاح عالي خلال غشاء شبه منفذ لمنطقة ذات ضغط منخفض وتركيز أملاح منخفض.

لأجل حركة الماء المُذيب الموجود في المحاليل عالية التركيز خلال طبقه سميكه من الغشاء شبه المنفذ، نحتاج لضغط يتراوح بين ٤٠:٧٠ بار. عملية التناضح العكسي بالإضافه إلي أنها هي التي تخلص مياه الصرف من معظم الأملاح ولكنها أيضاً تخلصها من الملوثات الأخري والكائنات الحية التي مرت من مرحلة الترشيح (MF/UF). لكن من عيوب التناضح العكسي أنه يتم إزالة المعادن الطبيعيه من الماء المنتج النهائي مثل الكالسيوم، والمغنيسيوم والبوتاسيوم، وذلك بسبب حجمهم الجزيئي أكبر من جزيء الماء. وبعد إنتهاء مرحلة التناضح العكسي، يتبقي حوالي ٢٥% من الماء يعتبر ماء مالح عالي التركيز (The RO brine) ويخضع لعمليات معالجه إضافيه لإستخلاص المزيد من الماء منه وذلك يزيد من كفاءة واستدامة عملية إنتاج النيووتر (NEWater) كما ينتج حوالي ٧٥% ماء خالي من الملوثات ويدخل مباشرة للمرحلة التاليه من المعالجه وهي التطهيربالأشعه فوق البنفسجيه (UV) **(Tao *et al.*, 2011)**.

معالجة المحلول الملحي (The RO brine)

المرحلة الأولي: كمرحلة قبل المعالجة (Pretreatment)

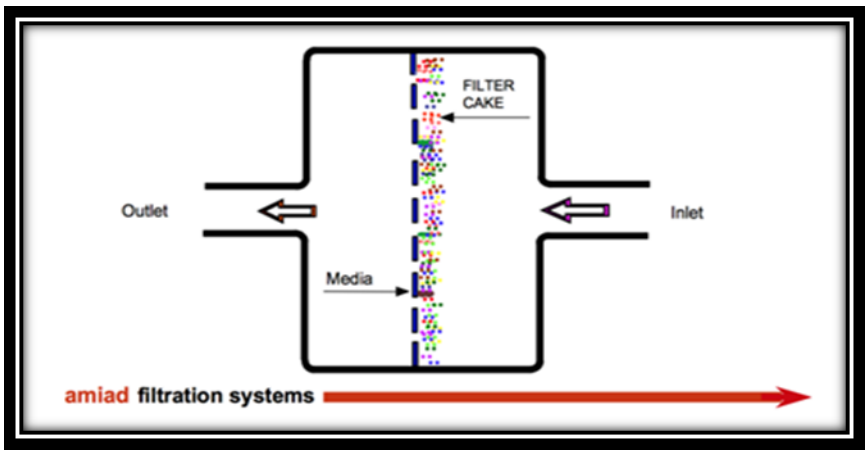
هي إمرار المحلول علي عمود الكربون البيولوجي النشط Column of Biological Activated (Carbon CBAC) وهو عبارة عن عمود بسيط من الكربون قطره ٢٠٠ ملليميتر يستخدم لمنع إنسداد أو تراكم الملوثات داخل خلية إزالة الأيونات (CDI).

المرحلة الثانية: Capacitive deionization (CDI) cells

يتكون من قطبين مشحونين في وضع معكوس مما يؤدي الي خلق مجال كهربائي. وأثناء تدفق الماء خلال الوسط يتم تخزين الأيونات بصفه مؤقته داخل طبقات الاستقطاب من الأقطاب الكهربائية، وهذه المرحلة تتضمن ثلاث خطوات هي تنقية، تجديد وإزالة. في خطوة التنقية، يتم تطبيق تيار كهربائي منخفض عن طريق المياه التي تسبب تغير في الشحنات الموجودة علي الإلكترود، وبالتالي السماح للمياه النقية غير المتأينه للمرور خلالها.

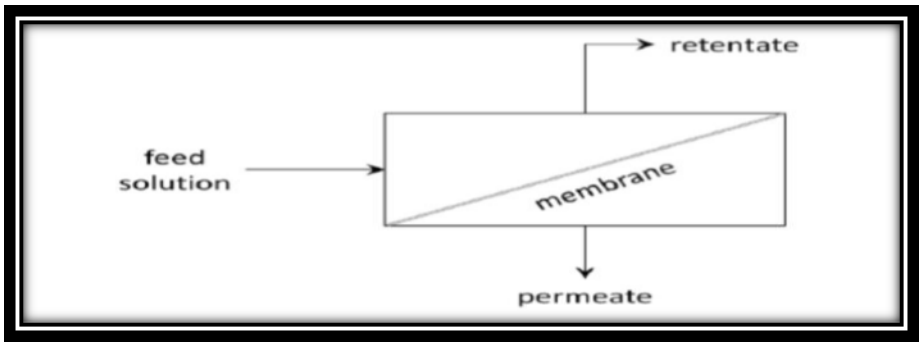
أما في خطوة التجديد، هي عكس قطبية القطب، الذي يحرر ويطلق الأيونات من الأقطاب، مما يخلق محلول ملحي عالي التركيز. وفي المرحلة النهائية وهي مرحلة الإزالة، تُزيل هذه الأملاح عالية التركيز من الخلايا، يتم تكرار الثلاث خطوات ثانية حتي يتم جمع كل الماء النقي المحتمل وجوده. تقريباً ٣.٧٥% من ال ٢٥% من المحلول الملحي يتم رفضه بعد انتهاء المرحلة الثانيه، أما الماء النقي يمرر للمرحلة التالية، وبالتكرار يتم رفض ٣.٢٥% ثانيا قبل دخولها لمرحلة التطهير النهائيه بالأشعة فوق البنفسجية، وعندما يتم إعادة معالجة المحلول الملحى للمرة الثانية ينتج ١٨% ماء نقي**(Tao *et al.*, 2011)**. بعد الإنتهاء من مرحلة التناضح العكسي حوالي أكثر من ٩٠% من مياه الصرف أصبح ماء منتج ومعالج يدخل

لمرحلة المعالجه النهائيه وهي التطهير بالأشعه فوق البنفسجيه ليتم معالجته بشكل نهائي.



شكل ٤. يوضح رسم بياني لوحدة مصفاة الأميد

المصدر: (Marcus, 2000)



شكل ٥. الرسم البياني الأساسي لأغشية الترشيح الدقيق MF والترشيح الفائق UF

المصدر: (Basile and Cassano, 2013).

التطهير بتكنولوجيا الأشعه فوق البنفسجيه UV

يعتبر المياه المنتجه من مرحلة (RO)غالباً نقيه تماماً وتعمل مرحلة (UV) كمرحلة إحتياطيه وذلك لضمان سلامة المنتج النهائي وخلوه من أي كائنات حيه مسببه للأمراض مع إضافة كيماويات معينة لمعادلة pH المياه الناتجة، والحصول على مياه توصف بأنها آمنه Wholesome water. ضوء الأشعة فوق البنفسجية نوع من الطاقة التي يمكن العثور عليها في الطيف الكهرومغناطيسي الذي يقع بين الأشعة السينية والضوء المرئي **(http://esp water products.com/uv–water purification.htm 2017)**.

ويمكن تقسيم ضوء الأشعة فوق البنفسجية إلى ثلاثة أنواع حسب الطول الموجي له ويشمل: UV-A ، UV-B وUV-C. حيث UV-A ذات أطوال الموجة ما بين ٣١٥:٤٠٠ نانوميتر، UV-B ذات أطوال الموجة ما بين ٢٨٠ : ٣١٥ نانوميتر، UV-C ذات أطوال الموجة أقل من ٢٨٠ نانوميتر. وعلى وجه الخصوص UV-C لها أقل طول موجي ولها تأثير مدمر على المواد العضوية، ولكن يتم إيقاف مفعولها بواسطة الأكسجين والنيتروجين الموجودين في الغلاف الجوي. ويتم الحصول علي الماء الصالح للشرب بعد التعريض لهذه الأشعه المميته في مراحل تنقية المياه **(Leonessa , 2014)**.

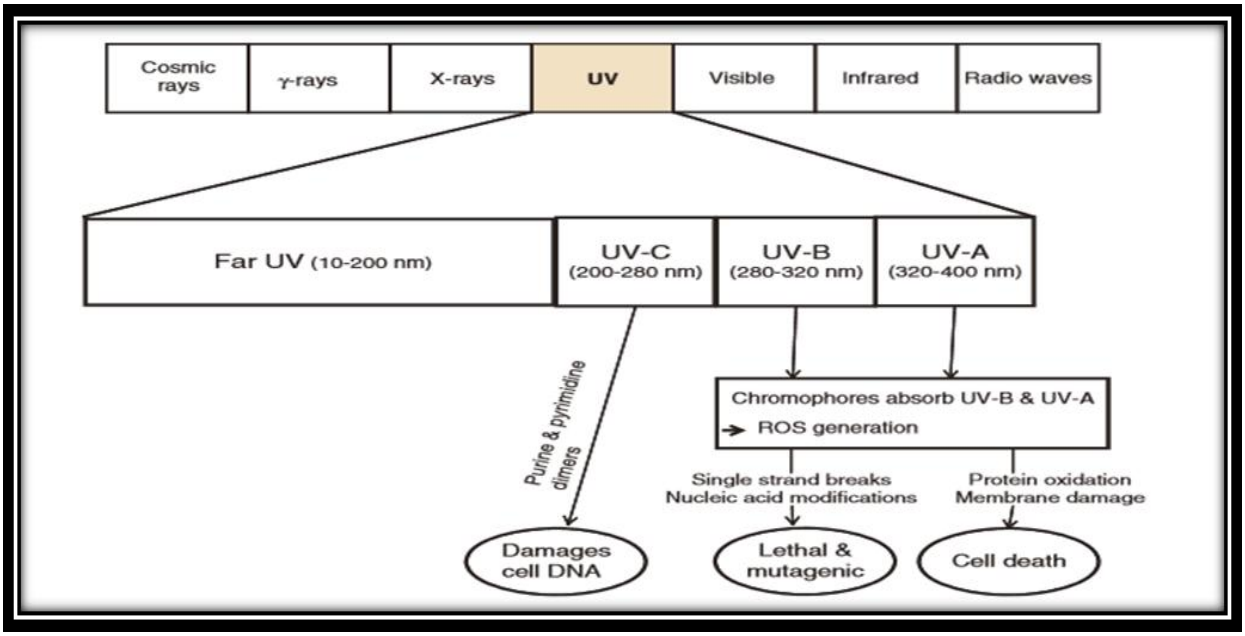
الطاقة الناتجه من نوع UV-C تهاجم الكائنات الحية الدقيقة وتدمرهم عن طريق إعادة ترتيب الحمض النووي DNA/RNA الخاص بهم والقضاء علي قدرتهم علي التكاثر وبالتالي تصبح غير معدية. وهذه المرحلة بسيطة لكن لها فعالية فائقة في تدمير ما يقرب من ٩٩.٩٩% من الكائنات الحية الضارة والممرضة التي قد مرت من خلال جميع مراحل معالجة مياه الصرف.

ومن مميزات استخدام تقنية الأشعة فوق البنفسجية في المعالجه أنها مدمجة وسهلة الحفظ (الصيانة) وأنها تنتج مياه خاليه من الطعم والرائحه والكيماويات وإنتاج مياه نقية بدون إضافة أي مواد كيميائية (المعالجة الكيميائية) مثل الكلور وهذا هو السبب الرئيسي لإستخدامها في المرحلة النهائية من مراحل إنتاج النيووتر. وعلي الرغم من أن مزايا إستخدام تقنية الأشعة فوق البنفسجية تفوق عيوبها بشكل كبير، إلا أن لها بعض العيوب وهي إستخدام كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية، يتم امتصاص ما يصل إلى ٩٠% من الأشعة فوق البنفسجية المنبعثة مباشرة في الحيز المستخدمة فيه وعدم القدرة على إعادة استخدام هذه الطاقة من ضوء UV-C يزيد بشكل كبير من تكلفة عملية تقنية الأشعة فوق البنفسجية **(http://esp water products.com/uv–water purification.htm 2017).**

ومع ذلك، فقد قام العالم **Res-Kem (2014)** مؤخراً بتطوير نظام جديد للأشعه فوق البنفسجيه مما يعزز إستدامة تقنية الأشعة فوق البنفسجية ونتيجة لذلك سيزيد من الإستدامه الشاملة لعمليات معالجة النيووتر. هذا التصميم الجديد يستخدم أنبوب تدفق عاكس للغاية والذي يسمح بإمتصاص نسبة ضئيلة من ضوء الأشعة المستخدمة من النوع UV-C وبالتالي يسمح لجميع الأشعه بأن تنعكس بشكل جيد داخل الحيز المستخدمة فيه، تطبيق هذا النوع الجديد من الأشعة فوق البنفسجية في معالجة مياه النيووتر من شأنه أن يقلل تكلفة الطاقه المستخدمه وبالتالي تقليل التكلفة الإجماليه وأيضاً يقلل من عدد مصابيح الأشعه المستخدمة (UV-C lamps)، يسبب حدوث تلف للأغشية السيتوبلازمية والمواد البروتينية وتحطم الحامض النووي DNA وبالتالي موت الخلايا، ويوضح شكل ٦ تأثير الأشعة فوق البنفسجية علي الخلايا الحية **(Malato *et al*., 2009)**.

ويلاحظ من جدول ٣ أن البكتيريا المتجرثمة الهوائية *Bacillus subtilis* واللاهوائية *Clostridium perfringens* من أكثر أنواع البكتيريا تحملاً للمعاملة بالأشعة المستخدمة وكذلك فيروس Adenovirus ومن البروتوزوا أفراد الـ *Acanthamoeba* تتحمل جرعات عالية من الأشعة. كما يلاحظ أن بكتيريا الـ *Escherichia coli* والبكتيريا السبحية البرازية وبكتيريا الكوليرا وكذلك أفراد من البروتوزوا يتم القضاء عليها بجرعات منخفضة من الأشعة فوق البنفسجية.

ومن أجل تحسين جودة النيووتر والتقليل من تكاليف الإنتاج قام مجلس المرافق العامه في سنغافورة بالتعاون مع الشركات الصناعية بتطوير تكنولوجيا جديدة مثل تكنولوجيا الأغشية والتي يمكنها أن تزيد من كفاءة التشغيل وخفض معدل إستهلاك الطاقة أثناء عمليات إنتاج النيووتر. وتم رصد نوعية مياه النيووتر من قبل لجنة دولية من الخبراء، ووجدوا أن جودة هذه المياه تفوق معايير منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب، ويوضح شكل ٧ المراحل المختلفة المستخدمه لإنتاج النيووتر.



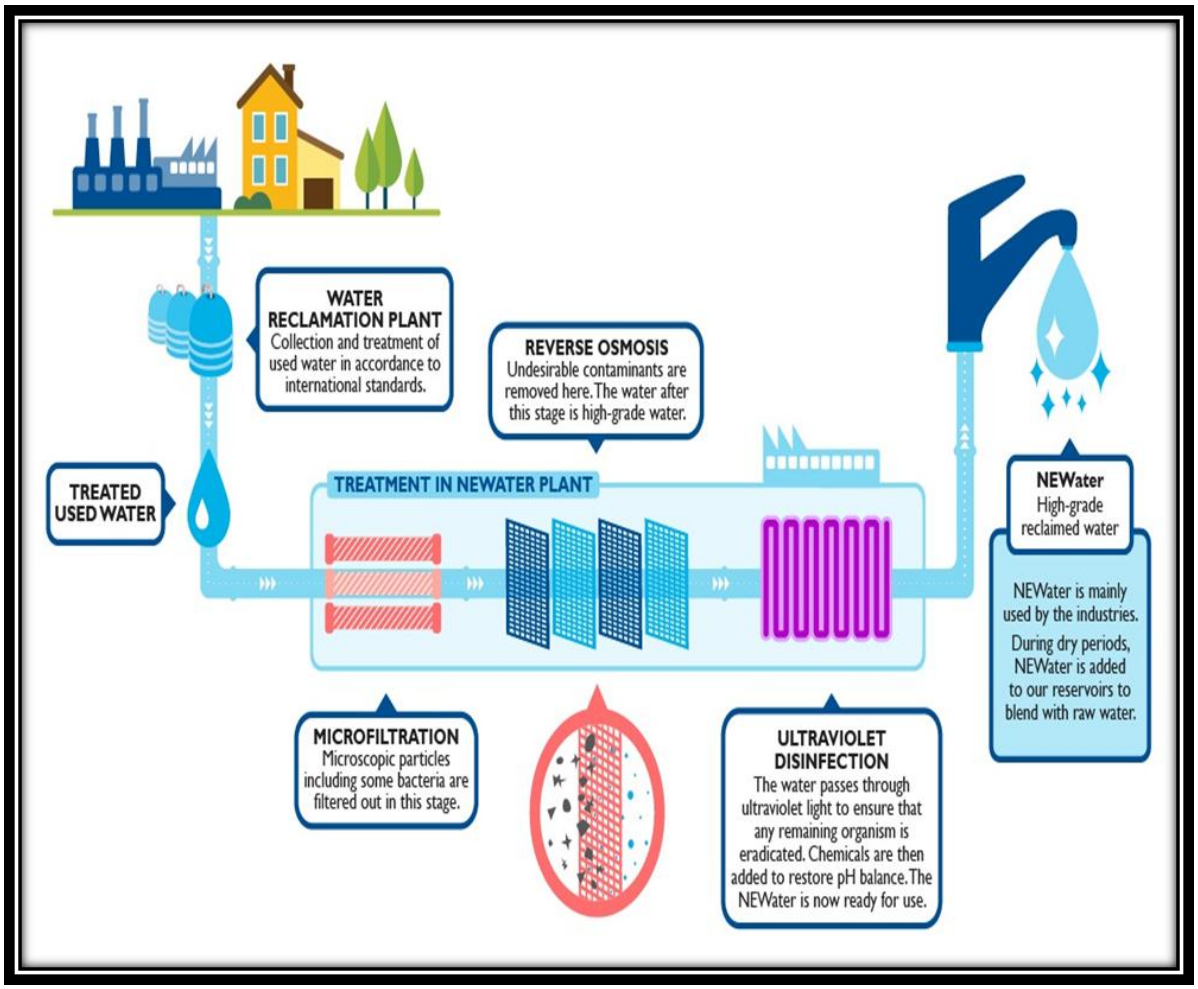
شكل ٦. آلية عمل الأشعة فوق البنفسجية لتدمير الخلايا ويوضح أيضاً الأطوال الموجية المناسبة لهذا الغرض

المصدر: (Malato *et al.*, 2009)

جدول ٣. يوضح جرعات الأشعة فوق البنفسجية اللازمة للقضاء علي الكائنات الحية

الكائنات الحية الدقيقة	جرعة الأشعة فوق البنفسجية ($m W /cm^2$)
Bacteria	
Escherichia coli	١٤
E. coli O157	١٤ : ٢
Salmonella spp.	١٧ : ٥
Shigella spp.	١٩ : ٢
Legionella pneumophila	٨ : ٧
Vibrio cholerae	٧
Helicobacter pyloria	٨
Campylobacter jejuni	١٠
Yersinia enterocolitica	١٠
Bacillus subtilis spores	١٥٧ : ٢٢
Streptococcus faecalis	٢٣
Clostridium perfringens	١٤٥
Viruses	
Poliovirus	٢٤ : ١٤
Coxsackievirus	٢٧ : ٢٠
Echovirus	٢٥ : ١٦
Hepatitis A virus	١٧ : ١٢
Calicivirus	٣١ : ١٨
Rotavirus	٤٤ : ٢٣
Adenovirus	١٦٧ : ١٢٥
Protozoan cysts	
Cryptosporidium parvum	٩ : ٣
Giardia lamblia	٨ : ٣
Acanthamoeba castellanii	١١٩

المصدر: (Bitton, 2014)



شكل ٧. معالجة المياة لإنتاج النيووترفي دولة سنغافورة

المصدر: (https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater2017)

إستخدامات مياه النيووتر(NEWater)

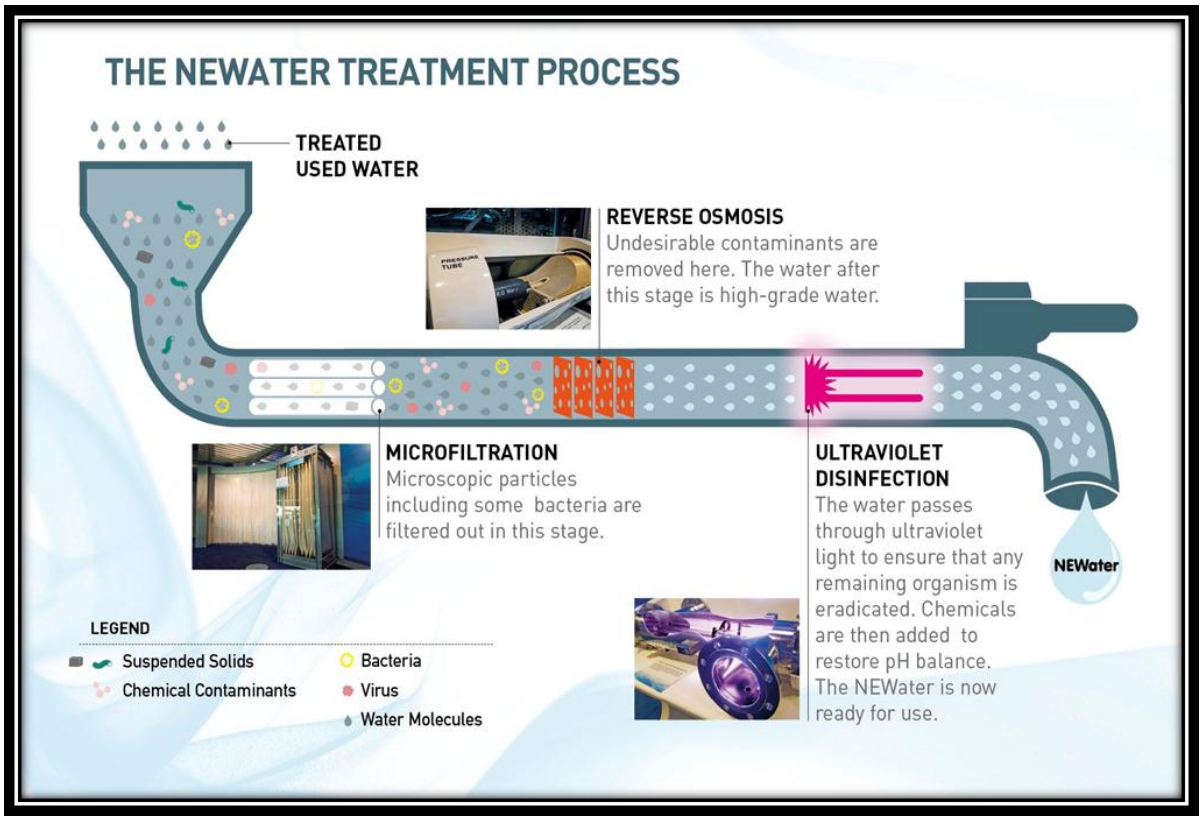
تستخدم مياه النيووتر في سنغافورة بشكل أساسي لأغراض صناعية مثل تصنيع الشرائح، الإلكترونيات، الكهرباء والصناعات الكيميائية فضلا عن أغراض تبريد مكيفات الهواء في المباني التجارية. وفي بعض الحالات وخلال شهور الجفاف، يتم مزج كميات ضئيلة من مياه النيووتر الناتجة (حوالي ٢.٥% من إجمالي الإستهلاك الكلي اليومي) مع مياه الخزانات لإستخدامات شرب غير مباشرة من خلال مزجها مع مياه الخزانات بهدف تغطية العجز المحتمل في الإمداد بالمياه الصالحة للشرب. وسوف يمر الماء الخام من الخزانات بمراحل المعالجة العادية في محطات المياه قبل أن يتم ضخه للمستهلكين في مياه الصنبور. ولقد قام مجلس المرافق العامه في سنغافورة بتنفيذ برنامج الإتصال الجماهيري في وقت مبكر عام ٢٠٠٠م وذلك لبناء ثقة وقبول الجمهور لمياه النيووتر.

فعالية مراحل معالجة مياه الصرف في سنغافورة

وكما هو موضح سابقاً أنه يتم إنتاج NEWater من مياه الصرف الصحي المعالجة (والمستخدمة من قبل) باستخدام عملية تنقية دقيقة من ٣ خطوات تتضمن الترشيح الفائق/الترشيح الدقيق والتناضح العكسي (RO) وتطهير بإستخدام الأشعة فوق البنفسجية (UV). ويوضح الشكل التالي فعالية الثلاث خطواط المستخدمة في المعالجة.

ومن شكل ٨ نجد أن كل مرحلة من الثلاث مراحل كما سبق شرحها بالتفصيل قد قامت بإزالة الملوثات الموجودة في مياه الصرف، وكل مرحلة إختصت بإزالة نوع معين من الملوثات لنصل في النهاية إلى منتج عالى الجودة يسمي بالنيووتر NEWater.

ويخضع هذا المنتج النهائي NEWater لعدد وافر من الإختبارات الميكـــروبيولوجية، الفيزيائية والإشـــعاعية، والكيميائية.



شكل ٨. فعالية مراحل معالجة المياة لإنتاج النيووترفي سنغافور

المصدر: (Tan, 2018)

جدول ٤. كفاءة مراحل معالجة المياه لإنتاج النيووترفي دولة سنغافورة وما قامت به كل مرحله من مراحل المعالجة

م	مرحلة المعالجة	نوع الملوثات التي يتم تصفيتها / إزالتها
1	**الترشيح الفائق/الترشيح الدقيق**	يتم تصفية الجزيئات المجهرية بما في ذلك البكتيريا، الجسيمات الغروية، الفيروسات وأكياس البروتوزوا
٢	**التناضح العكسي (RO)**	يتم إزالة الملوثات غير المرغوب فيها، والمياه المنتجة من هذه المرحلة مياه عالية الجودة
٣	**التطهير بإستخدام الأشعة فوق البنفسجية (UV)**	تمر النفايات عبر الأشعة فوق البنفسجية لضمان القضاء علي أي كائنات حية متبقية، ثم يتم بعد ذلك إضافة المواد الكيميائية لإستعادة توازن حموضة المياه ، وفي هذه المرحلة تكون المياه جاهزه للإستخدام

المصدر: (Tan, 2018)

جدول ٥. بعض من اختبارات جودة المنتج النهائي لمياه ال NEWater في عام ٢٠١٢م

الإختبارات	الوحدة	معايير جمعية الصحة العامه الأوروبية	مياه النيووتر بسنغافورة عام ٢٠١٢م
		المعايير الميكروبيولوجية	
Escherichia coli	Cfu/100ml	١>	١>
		المعايير الفيزيائية	
اللون	Hazen	١٥>	٥>
درجة التوصيل الكهربائي	Us/cm	--	١٨٧
الرقم الهيدروجيني	وحدة	٦.٥ : ٩.٥	٨.١
		المعايير الإشعاعية	
جسيم ألفا	Pq/l	٠.٥	٠.٠٤١
جسيم بيتا	Pq/l	١	٠.١١٤
رادون - ٢٢٢	Pq/l	١٠٠	٠.٦٠٢
		المعايير الكيميائية	
الزرنيخ	µg/l	١٠	٥>
الكلور	µg/l	٥	٢.٢٦
النحاس	Mg/l	٢	٠.٠٠٥١

المصدر: (PUB, 2013)

ولقد قام مجلس المرافق العامة PUB في سنغافورة بإجراء حوالي ٢٠.٠٠٠ إختبار في الفترة من ٢٠٠٨م : ٢٠١٠م التي قارنت المنتج النهائي لهيئة النيووتر بمعايير مياه الشرب لمنظمة الصحة العالمية (WHO)، كما قورنت أيضا بالمصادر الأصلية للمياه الموجودة في سنغافورة وهي مياه الأمطار، مياه الخزان المحلي، ومياه الصنبوروهي المصادر الرئيسية للمياه في سنغافورة. وأظهرت النتائج أن المنتج النهائي لهيئة النيووتر كان أنظف بكثير من كل الأنواع الأخري من المياة من حيث اللون، الوضوح، وجود المواد العضوية والعد البكتيري. وبعض النتائج قد تكون منعدمه بحيث لا يمكن قياسها أو الكشف عنها علي الإطلاق.

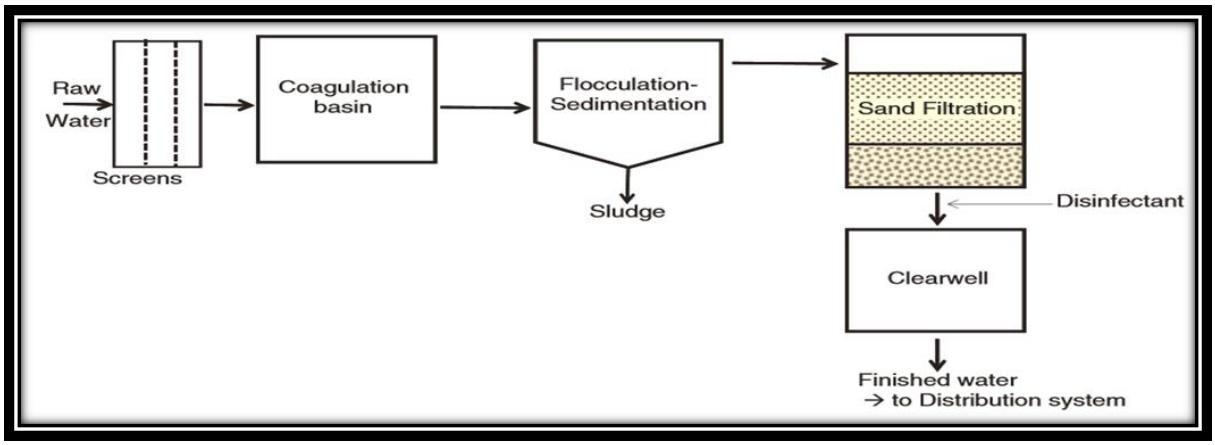
جمهورية مصر العربية

تنقية مياه الشرب في مصر

تستخدم في مصر طرق تقليدية لتنقية مياه الشرب والتي تشتمل علي عمليات (التصفية، الترويب، التنديف، الترسيب، الترشيح، التطهير) وذلك طبقاً لجودة مصدر المياه السطحية المستخدمة في المحطات كما هو موضح بشكل ٩.

والماء المنتج بهذه الطرق التقليدية لتنقية مياه يشرب، ماء نقي ويفي بمعايير مواصفة وزارة الصحة المصرية لمياه الشرب طبقاً لقرار وزير الصحة رقم ٤٥٨ لسنة ٢٠٠٧م. وكما هو معلوم أن من أكثر الملوثات المثيرة للقلق هي بعض البكتيريا المسببة للأمراض، الفيروسات، أكياس البروتوزوا (مثل الجيارديا)، المعادن السامة (مثل الكاديوم، الزئبق، الرصاص، الزرنيخ، الحديد، المنجنيز)، المواد العضوية ذات الأهمية الصحية المحتملة، الجسيمات، اللون، الرائحة وطعم الكلور) وهي ملوثات تحت السيطرة خلال المعالجة.

فيما يتعلق بالملوثات الميكروبية، تتطلب وكالة حماية البيئة بالولايات المتحدة الأمريكية (U.S. EPA) قدرة إزالة لا تقل عن ٩٩.٩ % ، ٩٩.٩٩% و ٩٩.٩٩٩٩ % لأكياس الجيارديا ، الفيروسات والبكتيريا علي التوالي. لذا سوف نشير في الجداول الأتية إلي مراحل
المعالجة التي تقوم بإزالة الكائنات الحية الممرضة بشكل عام ونسب الإزالة الخاصة ببعض مراحل المعالجة **(Bitton, 2014)**.



شكل ٩. مراحل المعالجة داخل محطة تنقية مياه الشرب التقليدية

المصدر: (Bitton, 2014)

جدول ٦. مراحل تنقية مياه الشرب والهدف من إجراء كل مرحلة منها

عملية المعالجة	الهدف من إجراء عملية المعالجة
المصافي	إزالة الأوراق والأغصان والأسماك وغير ذلك
الكلور المبدئي	التخلص من معظم الكائنات الحية المسببة للأمراض والتحكم في الطعم والرائحة
الكيماويات (المروبات)	تجميع الجسيمات الدقيقة جداً لتكوين جسيمات أكبر
المزج السريع	خلط الكيماويات مع المياه العكرة التي تحتوي علي الجسيمات الدقيقة التي لم ترسب ولم ترشح
الترويب والتنديف	تجميع الجسيمات الدقيقة والخفيفة معاً لتشكل جسيمات أكبر تساعد في عمليات الترويق والترشيح
الترسيب	ترسيب الجسيمات الأكبر العالقة
الترشيح	ترشيح الجسيمات العالقة المتبقية
الكلور النهائي	التخلص من الكائنات العالقة المسببه للأمراض وتوفير الكلور المتبقي اللازم لشبكات التوزيع
خزان المياه	توفير وقت تلامس الكلور بغرض التطهير وتخزين المياه لمواجهة الطلب المتزايد

المصدر: الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي (٢٠١٤م – ٢٠١٨م)

جدول ٧.معدل إزالة وتثبيط الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا، الفيروسات والبروتوزوا بواسطة مراحل المعالجة في محطات تنقية المياه المختلفة للمجتمعات الكبيرة

عمليات المعالجة	مجموعة مسببات الأمراض المعوية	Log_{10} Reduction Range	ملاحظات
المعالجة التمهيدية (Pretreatment)			
المرشحات الخشنة	البكتيريا	٢.٣:٠.٢	يعتمد علي الوسط الترشيحي والمادة المروبة
خزانات التخزين	البكتيريا	٢.٢ :٠.٧	زمن المكوث > ٤٠ يوم
	الكائنات الأولية	٢.٣ : ١.٤	زمن المكوث > ١٦٠ يوم
ترشيح ضفة النهر	البكتيريا	٦< : ٢	تعتمد علي المسافة ، نوع التربة ، معدل الضخ ، درجة الحموضة والقوة الأيونية
	الفيروسات	٨.٣:٢.١	
	الكائنات الأولية	٢< : ١	
المعالجة التقليدية (الترسيب ، التزغيب ، الترويب) (Coagulation . Flocculation . Sedimentation)			
الترويق التقليدي	البكتيريا	٢:٠.٢	يعتمد علي ظروف التخثر
	الفيروسات	٣.٤:٠.١	
	الكائنات الأولية	٢:١	
الترويق بمعدل عالي	الكائنات الأولية	٢< : ٢.٨	يعتمد علي البوليمرات الشاملة
التعويم بالهواء الذائب	الكائنات الأولية	٢.٦:٠.٦	يعتمد علي جرعة التخثر
إزالة العسر بالجير	البكتيريا	٤:١	يعتمد علي درجة الحموضة وزمن الترسيب
	الفيروسات	٤:٢	
	الكائنات الأولية	٢:٠	
الترشيح (Filtration)			
الترشيح الحبيبي بمعدل مرتفع	البكتيريا	٤.٤ : ٠.٢	يعتمد علي الوسط الترشيحي ومرحلة التخثر المسبقة
	الفيروسات	٣.٥ : ٠	
	الكائنات الأولية	٣.٣ : ٠.٤	
المرشحات الرملية البطيئة	البكتيريا	٦ : ٢	يعتمد علي حجم الحبيبات ، معدل التدفق ، درجة الحموضة ودرجة الحرارة
	الفيروسات	٤ : ٠.٢٥	
	الكائنات الأولية	٥ < : ٠.٣	
مرشحات الطبقة المبدئية (المسبقة)	البكتيريا	٢.٣ : ٠.٢	يعتمد علي المعالجة الكيميائية المسبقة ، في حالة تواجد قشور علي الفلتر يعتمد علي نوع الوسط الترشيحي ومعدل الترشيح
	الفيروسات	١.٧ : ١	
	الكائنات الأولية	٦.٧ : ٣	
الترشيح بالأغشية (أغشية الترشيح الدقيق ، أغشية الترشيح الفائق ، أغشية الترشيح متناهي الدقة ، أغشية التناضح العكسي)	البكتيريا	٧< : ١	يختلف بإختلاف حجم المسام ، سلامة الوسط الترشيحي ومقاومة التدهور الكيميائي والبيولوجي
	الفيروسات	٦.٥< :<١	
	الكائنات الأولية	٧< : ٢.٣	

المصدر: WHO (2011)

معالجة مياه الصرف الصحي في مصر

تعد مياه الصرف الصحي أحد أنواع المياه الملوثة الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة وإستعمالاته المتعددة للماء في كثير من الأغراض. إذ تحمل مياه الصرف الكثير من الملوثات المتخلفة عن النشاطات الإنسانية. وتهدف عمليات المعالجة العلمية الصحيحة في جمهورية مصر العربية إلي التخلص الآمن والصحيح لهذه المياه وإعادة تدويرها بأمان داخل المنظومة البيئية وتحقق سلامة الإنسان والحفاظ علي بيئته وصحته. وتحتوي مياه الصرف الصحي علي كثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة، والتي يوجد منها أعداد بالألاف وربما بالملايين في كل ملليلتر من مياه الصرف. إلا أن غالبية أنواع هذه الكائنات غير ضار بل علي العكس إن بعضها ضروري وله دور هام في عمليات المعالجة المختلفة وذلك فيما يتعلق بتثبيت المواد الصلبة العضوية وأكسدتها وتحويلها إلي مواد صلبة ثابتة غير عضوية. ومن الطبيعي أن نجد بعضاً من هذه الكائنات الحية الدقيقة يسبب أمراضاً أو أضراراً للبيئة المحيطة، بل وقد يخل بالتوازن البيئي إذا تراكم بدرجة معينة . حيث توجد العديد من الكائنات الحية الدقيقة والطفيليات المسببة للأمراض في المياه العادمة المنزلية وكذلك في النفايات السائلة الناتجة عن محطات معالجة المياه العادمة. وتتمثل الثلاث فئات لمسببات الأمراض في:

مسببات الأمراض البكتيرية

بعضها بكتيريا معنوية مثل *Legionella, Mycobacterium avium, Aeromonas* وأما الباقي منها فهي بكتيريا مائية أصلية مثل *Salmonella, Escherichia, Shigella*.

مسببات الأمراض الفيروسية

تتواجد في البيئة المائية ولكنها غير قادرة علي التكاثر خارج خلاياها المضيفة.

مسببات الأمراض الأولية (الطفيلية)

يتم إطلاقها أيضاً في البيئة المائية كأكياس أو بويضات، وهي مقاومة إلى حد ما **(Leclerc *et al.*, 2002)** للإجهاد البيئي والتطهير وأيضاً لا تتكاثر خارج مضيفها

وتنقسم الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بمياه الصرف الصحي إلي كثير من الأنواع منها عل سبيل المثال:

البكتريا

تم تمييز مسببات الأمراض البكتيرية الموجودة في مياه الصرف بأنها تنتمي إلي أحد المجموعات الآتية : **(Bitton, 2011)**

-البكتيريا السالبة لجرام اللاهوائية إختيارياً مثل (*Vibrio, Salmonella, Escherichia, Klebsiella* and *Shigella*).

-البكتيريا السالبة لجرام الهوائية مثل (*Pseudomonas, Alcaligenes* and *Acinetobacter*).

-البكتيريا الموجبة لجرام والتي تكون قادرة علي تكوين جراثيم مثل (*Bacillus, Clostridium*).

-البكتيريا الموجبة لجرام والتي لا تكون قادرة علي تكوين جراثيم مثل (*Arthrobacter, Corynebacterium*).

تعد البكتريا من أهم الكائنات الدقيقة علي الإطلاق من حيث دورها في عملية المعالجة البيولوجية فعليها يقع العبء الأكبر في تكسير وأكسدة المواد العضوية. والبكتيريا (سواء كانت هوائية أو لا هوائية أو إختيارية) لها دور أساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي **(إدارة التدريب بالشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي بالشرقية ٢٠١٦)**.

البروتوزوا والروتيفيرا

تنتج معظم االطفيليات الأولية أكياس وبويضات والتي لديها القدرة علي البقاء خارج مضيفيهم في ظل ظروف بيئية ضارة وتسبب الكثير من الأمراض وقد تصل إلي الوبائية (جدول ٩). تكون أكياس (Encystment)عندما تكون الظروف البيئية غير مناسبة مثل نقص العناصر الغذائية، تراكم الأيضات السامه أو إستجابة مناعة المضيف. أما في ظل الظروف المناسبة، يتم إطلاق Trophozite جديد من الكيس وتسمي هذه العملية بـ Excystment **(Bitton, 2011)**. توجد البروتوزوا عموماً في عمليات إنتاج الحمأة المنشطة، والمرشحات البيولوجية، وبحيرات الأكسدة. والبروتوزوا تقوم بدور فعال في ترويق المياه الخارجة من محطات المعالجة حيث تستهلك وتلتهم البكتريا السابحة وجزيئات المواد العضوية الدقيقة. والروتيفيرا مستهلك جيد للبكتريا التي كونت الندف كما أنها تقوم أيضاً بالتغذية علي جزيئات المواد العضوية الدقيقة، ووجود الروتيفيرا في المياه المعالجة دليلاً قوياً علي أن عملية المعالجة البيولوجية بالمحطة تسير بطريقة ممتازة وكفاءة عالية وخاصة المعالجة الهوائية. وعموماً فإن البروتوزوا والروتيفيرا تزيل وتخلص المياه الخارجة من البكتريا السابحة والبكتريا التي لا تترسب بسهولة مما يؤكد دورها في عملية المعالجة وتخفيض عدد البكتريا الممرضة وزيادة كفاءة المعالجة البيولوجية وبالتالي تصبح المياه أكثر نقاوة، كما أنها تعمل علي تخفيض الأكسجين المستهلك في المياه الخارجة، وعلي تخفيض النيتروجين العضوي وتخفيض المواد العالقة **(إدارة التدريب بالشركة القابضة لمياة الشرب والصرف الصحي بالشرقية، ٢٠١٦)**.

جدول ٨. أهم البكتريا الموجودة في مياه الصرف الصحي والتي قد تكون مسببة للأمراض للإنسان والتي يمكن أن تنتقل بشكل مباشر أو غير مباشر بواسطة المياه

الطفيل / الكائن	الأمراض التي يسببها	عدد تواجدها في كل لتر
السالمونيلا *Salmonella*	حمي التيفوئيد	٨٠.٠٠٠:٢٣
الشيجيلا *Shigella*	إسهال معوي حاد	١٠.٠٠٠:١٠
بكتريا *E.coli*	إلتهاب المعدة والأمعاء	غير معروف
يرسينيا *Yersinia*	إلتهاب المعدة والأمعاء	غير معروف
الكامبيلوباكتر *Campylobacter*	إلتهاب المعدة والأمعاء	غير معروف
الكوليرا *Vibrio*	وباء الكوليرا	١٠٠.٠٠٠:١٠
الليبتوسبيرا *Leptospira*	قرح مبرقشة	غير معروف

المصدر: (Bitton, 2011)

جدول ٩. الطفيليات الممرضة السائدة في مياه الصرف الصحي

الطفيل / الكائن	الأمراض التي يسببها	العدد المتواجد في كل لتر
الجيارديا لامبيليا	تقرحات ، إسهال	١٠٠.٠٠٠:٥٣٠
إنتميبا كولاي (نوع من أنواع الأميبا)	قرح ، إسهال	٥٢:٢٨
إنتميبا هيستوليتيكا (أخطر نوع من أنواع الأميبا وأكثرها إنتشاراً)	الإسهال الأميبي	٤
طفيل الكريبتوسبورديوم	إسهال وعادة يكون دموي	٥١٨٠:٥
دودة الإسكارس	مرض الإسكاريزس (إسهال دموي حاد، تقلصات معوية)	١٠٠:٥
دودة الإنكلستوما	أنيميا	١٨٨:٦
دودة نيكتار (غير منتشرة بكثرة في المياه)	أنيميا	غير معروف
دودة التريكوبوريس (الدودة الدبوسيه)	إسهال دموي حاد ، أنيميا (خصوصاً عند الأطفال)	٤١

المصدر: (Bitton, 2011)

الفيروسات

قد تتلوث المياه ومياه الصرف بحوالي ١٤٠ نوعاً من الفيروسات المعوية. تدخل هذه الفيروسات في جسم الإنسان عن طريق الفم، وتتكاثر في الجهاز الهضمي وتفرز بأعداد كبيرة في براز الأفراد المصابين. تتواجد الفيروسات المعوية بأعداد صغيرة نسبياً في المياه ومياه الصرف الصحي، لذا يجب تركيز العينات البيئية البالغة من ١٠ : ١٠٠٠ لتر من أجل إكتشاف هذه العوامل الممرضة **(Bitton, 2011)**. تحتوي مياه الصرف على أعداد وأنواع هائلة من الفيروسات (جدول ١٠)، ونظراً لأن حجم الفيروسات دقيق جداً فإن ذلك يحول دون إزالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معالجة المياه بالطرق التقليدية، كما أن الفيروسات ليس لها أي دور في عمليات المعالجة البيولوجية بجميع أنواعها. وبصفة عامة فإن مرحلة التطهير التي تتم لمياه الصرف الصحي تقوم بالقضاء بفاعلية علي كثير من الفيروسات وتجعلها غير فعالة كمسببات للأمراض **(إدارة التدريب بالشركة القابضة لمياة الشرب، ٢٠١٦)**.

جدول ١٠. الفيروسات المعوية الموجودة في مياه الصرف الصحي والمسببة للأمراض للإنسان

الطفيل / الكائن	الأمراض التي يسببها	العدد المتواجد في كل لتر
Poliovirus فيروس شلل الأطفال	شلل الأطفال	١٨٢:٤٩٢.٠٠٠
Rotavirus فيروس الروتا	إسهال معوي حاد	٤٠٠:٨٥.٠٠٠
Hepatitis A Virus فيروس الإلتهاب الكبدي الوبائي (أ)	إلتهاب الكبد المعدي	غير معروف
Norwalk Virus نورو فيروس	إلتهاب المعدة والأمعاء	غير معروف
Adenovirus أدينوفيروس	إلتهاب الملتحمة للعين	غير معروف
Reovirus ريوفيروس	أمراض الجهاز التنفسي	غير معروف
Echovirus إيكوفيروس	إلتهاب الدماغ السحائي	غير معروف

المصدر: (Bitton, 2011)

ويتضح مما سبق تواجد الكائنات الحية الدقيقة في مياه الصرف الصحي بأعداد كبيرة مما يستوجب التخلص منها في مراحل المعالجة المختلفة حتي لا تسبب أضرار بيئية أو مشاكل صحية في حالة إعادة إستخدام هذه المياه في الزراعة أو أي نشاطات أخرى.

وتخضع مياه الصرف الصحي في مصر بشكل عام إلي مراحل المعالجة الرئيسية التالية :

١- مرحلة المعالجة الإبتدائية.

٢- مرحلة المعالجة الثانوية (البيولوجية).

٣- المرحلة الكيميائية.

٤- معالجة الحمأة.

ومن الطرق الشائعة للمعالجة البيولوجية:

١- المرشحات البيولوجية.

٢- الأقراص البيولوجية الدوارة.

٣- الحمأة المنشطة.

٤- التهوية المطولة، برك الأكسدة .

وتعتبر طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة من أكثر الطرق شيوعاً في مصر في الوقت الحاضر بسبب فعاليتها العالية في المعالجة.

ويوضح شكل ١٠ مراحل معالجة مياه الصرف الصحي (الأولية، الإبتدائية، البيولوجية، النهائية).

وكل مرحلة من مراحل المعالجة تقوم بإزالة نوعية معينة من الملوثات الموجودة في مياه الصرف.

والماء الناتج بهذه الطريقة يفي بالمعايير التي يجب أن تتوافر في مياه الصرف الصحي المعالج والمخلفات الصناعية السائلة المعالجة التي يرخص بصرفها إلى مسطحات غير عذبة طبقاً للمادة ٥٢ من قانون ٩٢ لسنة ٢٠١٣م ويتم صرفه إلي المصارف الزراعية المنتشرة في المحافظات.

ولمعرفة كفاءة إزالة مسببات الأمراض عن طريق معالجة مياه الصرف الصحي فهي موضحة في جدول ١١.

ويتضح من الجدول السابق تناقص أعداد الفيروسات، البكتيريا والبروتوزوا بعد مرحلة المعالجة الثانوية ومرحلة المعالجة الكيميائية مما يوضح فاعليتها في إزالة هذه الكائنات الحية الدقيقة. أما عن نسب إزالة البكتيريا المعوية عن طريق عمليات معالجة مياه الصرف الصحي فهي موضحة بجدولي ١٢ و١٣.

ويتضح مما سبق أن التكنولوجيا المستخدمه في دولة سنغافورة لمعالجة مياه الصرف الصحي تكنولوجيا حديثة ومتقدمه عن التكنولوجيا المستخدمة في جمهورية مصر العربية ولذلك فإن جودة المياه المنتجة في سنغافورة أعلي بكثير من جودة المياه المعالجة في مصر ولذلك فإن إستخدامات مياه النيووتر كثيرة ومتعدده عن إستخدامات مياه الصرف المعالج في مصر.

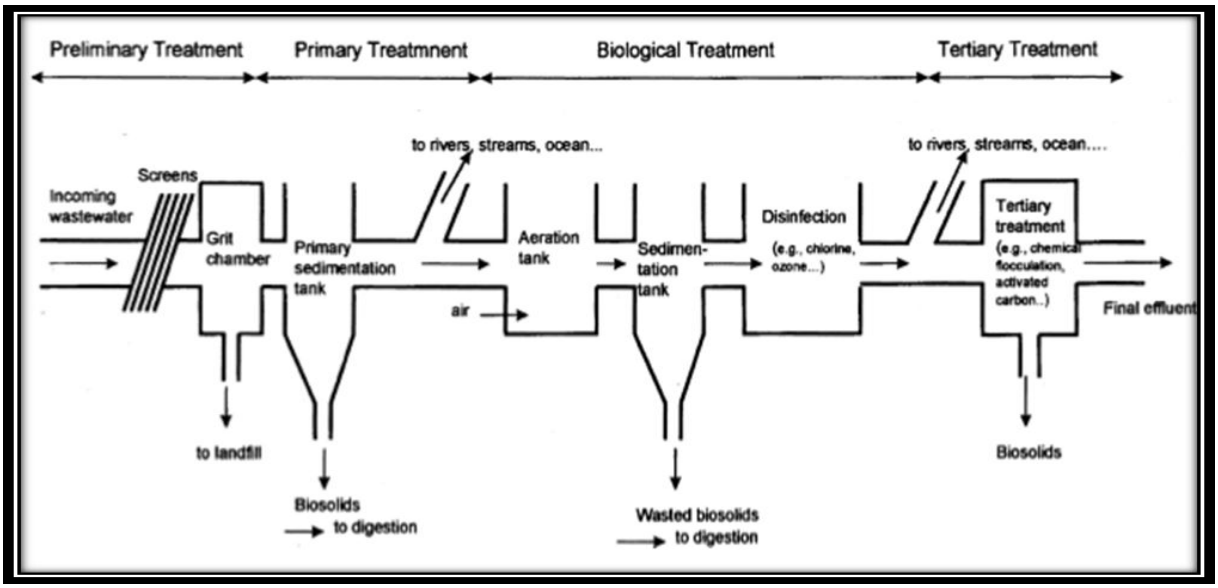
الخلاصة

من خلال الدراسة في هذا البحث توصلنا إلي :

١-كلا الدولتين يعانون من نقص الموارد المائية المتاحة بالنسبة لهم وهما ضمن الدول التي تعاني من شح المياه إلا أن دولة سنغافورة تتمتع بإدارة جيدة للموارد المتاحه لها وتتنوع في إستخدام موارد المياه غير التقليدية المتاحه بالدولة علي العكس من دولة مصر.

٢-تستخدم دولة سنغافورة طرق حديثة ومتقدمة لمعالجة مياه الصرف الصحي وبذلك تنتج منها ماء عالي الجودة مما يتيح إستخدامه في العديد من التطبيقات المختلفة تصل لحد التجهيز كمياه صالحة للشرب علي العكس من جمهورية مصر العربية حيث يتم إستخدام طرق تقليدية لمعالجة مياه الصرف الصحي وبالتالي فإن جودة الماء المعالج تحد من إستخداماته في كثير من التطبيقات وتحد من الإستفادة بهذه المياه بشكل جيد

فيتم إستخدامه فقط في ري المزروعات من بعض النباتات الخشبية.



شكل ١٠. مراحل عملية معالجة مياه الصرف الصحي

المصدر: (Bitton, 2011)

جدول ١١. كفاءة المراحل المختلفه لمعالجة مياه الصرف الصحي في مصر

م	مرحلة المعالجة	نوع الملوثات التي يتم تصفيتها / إزالتها
1	**المصافي**	يتم فيها حجز المواد كبيرة الحجم العالقة أو الطافية على سطح المياه ، وهى عبارة عن قنوات مزودة بمصافي يدوية أو ميكانيكية.
٢	**أحواض إزالة الرمل**	يتم فيها ترسيب الرمال والمواد غير العضوية العالقة والتى يكون قطرها ٠.٢ مم فأكثر وكثافتها النوعية ٢.٦٥ فأكثر وتتكون من قنوات مزودة بحيز لتجمع الرمال.
٣	**أحواض الترسيب الإبتدائي**	يتم فيها ترسيب أكبر كمية من المواد العضوية وغير العضوية العالقة أو القابلة للترسيب في مياه الصرف الصحي بالإضافة إلى التخلص من المواد القابلة للطفو.
٤	**أحواض التهوية**	وهي تمثل مرحلة المعالجة البيولوجية والغرض من هذه المرحلة هو تحويل المواد العضوية الذائبة إلى مواد عالقه قابلة للترسيب، وذلك عن طريق تنشيط البكتريا الهوائية والكائنات الحيه الدقيقة وذلك بعد تزويدها بالأكسجين اللازم عن طريق التقليب باستخدام الفرش الدوارة و التى تقوم بالتقليب المستمر للمياه.
٥	**أحواض الترسيب النهائي**	يتم فيها ترسيب المواد الصلبة العالقة و التى تكونت فى قنوات التهوية و هى عبارة عن حمأة منشطة تقليدية.
٦	**أحواض التلامس مع الكلور**	يتم فيها إضافة الكلور الحر إلى مياه الصرف الصحى بعد معالجتها مباشرة قبل التخلص النهائى على المصرف للتخلص من البكتيريا والكائنات الحية الموجودة فى المياه المعالجة بعد احواض الترسيب النهائى.

المصدر: الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي بالقاهرة (٢٠١٤م – ٢٠١٨م).

جدول ١٢. بيان مدي إزالة مسببات الأمراض عن طريق معالجة مياه الصرف الصحي التقليدي

التصريف	الأعداد المتواجدة		
	الفيروسات	السالمونيلا	الجيارديا
المياه الخام	٥٠٠,٠٠٠	٤٢,٥٠٠	١٠٤,٥٠٠
المعالجة الإبتدائية	١٢٩,٢٥٠	٩٣٥	٥٩,٤٠٥
المعالجة الثانوية	١١٧,٧٠٠	٢٨٨	٣٠,٤٦٢
المعالجة الكيميائية	٤٢	٢	٧٨٤
الجرعة المعدية	١	>1000	١٠٠-٢٥

المصدر: (Bitton, 2011)

جدول ١٣. نسب الإزالة للبكتيريا المعوية أثناء عمليات معالجة مياه الصرف

الكائن الحي	العملية	نسب الإزالة (%)
Fecal indicators	Primary sedimentation	٠ : ٦٠ %
E.coli	Primary sedimentation	٣٢ : ٥٠ %
Fecal indicators	Trickling filtration	٢٠ : ٨٠ %
Fecal indicators	Activated sludge	٤٠ : ٩٥ %
Salmonella	Primary sedimentation	٧٩ % (٦ : ٧ ساعات)
Salmonella	Trickling filtration	٩٢ %
Salmonella	Activated sludge	٩٩ %

المصدر: (Mansoor, 2014)

التوصيات والمقترحات

بعد الإنتهاء من الدراسة توصلنا إلي أن مشكلة الموارد المائية في مصر متعددة الأطراف فهي تتنوع ما بين ثبات الموارد المائية المتاحه بمصر و تعدد الأنشطة المستخدمه للمياه مع الزيادة السكانية المستمرة مع ضعف الهطول المطري وتلوث مصادر المياه هذا بجانب ضعف الثقافه السائدة مما يستوجب البحث عن موارد مياه جديدة مع إدارة جيدة لها، وهنا تكمن أهمية الإستفادة من مياه الصرف الصحي. فحل مشكلة المياه في مصر لا يأتي إلا من خلال النظر إلي المشكلة بشكل عام ودراسة الفرص والتحديات بشكل جيد من منظور الواقع والقوانين والتشريعات والثقافة السائدة والظروف البيئية والموارد المتاحة.

تلخص هذا البحث في عدد من التوصيات الأتية :

١- إن الهدف الأساسي من معالجة مياه الصرف الصحي في جمهورية مصر العربية هو التخلص من هذه المياه دون أن يشكل ذلك خطراً علي صحة الإنسان والبيئة لذلك يتم معالجة مياه الصرف الصحي في محطات المعالجة التقليدية ثم يتم صرفها إلي المصارف ثانية، أو إستخدامها في الزراعة ويكاد يكون ذلك محدوداً جداً ونضيف من خلال هذا البحث ضرورة التوسع في معالجة مياه الصرف الصحي بطرق حديثة متقدمة كما هو الحال في دولة سنغافورة والإستغلال الأمثل لهذه المياه وبشكل كامل في العديد من المجالات الصناعية، التجارية، الزراعية وحتي المنزلية بإضافة خطوط مياه منفصلة عن الخطوط الرئيسية كأحد المصادر البديلة غير التقليدية (حيث يتم تغذية المنازل بخطين من المياه

أحدهما للشرب والأخر إستخدامات أخري غير الشرب) حتي يخف الضغط علي موارد المياة التقليدية، ولن يتثني ذلك إلا من خلال إستخدام تكنولوجيا متقدمه لمعالجة مياه الصرف الصحي في دولة مصر كما هو الحال في دولة سنغافورة كما أوضحت الدراسة. ويمكن حدوث ذلك من خلال إضافة بعض مراحل المعالجة المتقدمة إلي محطات المعالجة التقليدية في مصر، كما نوصي بحث القطاع الخاص للإستثمار في هذا المجال ونوصي بتعديل القانون الخاص بمواصفات مياه الصرف الصحي المعالج المستخدم في الزراعة.

٢- نوصي بمنع تلوث مياه النيل ومصادر المياه التقليدية في جمهورية مصر العربية وذلك من خلال حث الشركات الصناعية علي إنشاء وحدات معالجة صغيرة داخل هذه المصانع قبل صرفها في مصارف بعيداً عن نهر النيل وذلك لمنع تلوث المياه بالمخلفات الصناعية ومن ناحية أخري يمكن إستغلال هذه المياه المعالجة داخل المصانع نفسها. كما نوصي بمتابعة تنفيذ القوانين والتشريعات البيئية الخاصة بمنع تلوث مياه نهر النيل.

٣- نوصي بزيادة حملات التوعية والإرشاد التي تقوم بها الشركة القابضة لمياه الشرب بجمهورية مصر العربية وذلك بالتعاون مع الجهات المعنية مثل وزارة الصحة، وزارة التربية والتعليم، وزارة الري ، وزارة السياحة ووزارة الداخلية وذلك لزيادة وعي وثقافة المواطنين بأهمية المياه وأهمية الحفاظ عليها وذلك إسوة بدولة سنغافورة والتي تقوم بتدريس مناهج خاصة بالمياه في المدارس لتبني جيلاً واعياً ومدركاً لأهمية المياه منذ الصغر، حث الشركات الصناعية علي ترشيد إستخدام المياه، وترشيد إستخدام المياه في الزراعه . كما نوصي بتفعيل القوانين الخاصة بإهدار المياه في مصر وفرض عقوبات صارمة.

٤- نوصي بتطبيق إستخدام الطرق الحديثة في الري في جمهورية مصر العربية وإعادة إستخدام مياه الصرف الزراعي في الري وأيضاً إستخدام مياه الصرف الصحي المعالج.

٥- نوصي بالإهتمام بالبنية التحتية لشبكات المياه سواء كانت شبكات صرف أو شبكات مياه شرب وإستبدال المتهالك من هذه الشبكات بشبكات حديثة وجيدة وذلك لتقليل الفاقد من المياه عن طريق التسريبات التي تحدث بنسب مرتفعة تصل من ٣٢% إلى ٣٤% بجمهورية مصر العربية.

وكما هو موضح نجد أن جميع التوصيات المقدمة بالبحث تخص جمهورية مصر العربية دون دولة سنغافورة، فدولة سنغافورة لا يوجد بها أي خلل أو نقص فيما يتعلق بموضوع المياه كما هو الحال في جمهورية مصر العربية، فهي حقاً دولة نموذجية ومثال يحتذي به وأتمني أن نصل قريباً بجمهورية مصر العربية إلي هذا المستوي من التقدم مثلما دولة سنغافورة وتطبيق تلك التقنيات المتبعة في إنتاج النيووتر في مصرنا الحبيبة.

المراجع

إدارة التدريب بالشركة القابضة لمياة الشرب والصرف الصحي بالشرقية (٢٠١٦).

الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي بالقاهرة (٢٠١٤م – ٢٠١٨م) - متاح اون لاين.

خليل، محمد أحمد السيد (٢٠٠٣). إعداد المياه للشرب والإستخدام المنزلي، المكتبة الأكاديمية-الطبعة الأولي.

عمر، محمد إسماعيل (٢٠١٠). معالجة المياه، دار الكتب العلمية للنشر والتوزيع – الطبعة الثالثة.

وزارة الموارد المائية والري (٢٠٠٥). متاح أون لاين.

Basile, A. and A. Cassano (2013). Pressure-Driven Membrane Applications: Microfiltration and Ultrafiltration. Membrane Processes for Sustainable Growth. Nova Sci. Publishers INC. New York. United States.

Bitton, G. (2011). Waste Water Microbiology. 4th Ed. Published by John Wiley and Sons. Inc. Hoboken. New Jersey Published Simultaneously in Canada.

Bitton, G. (2014). Microbiology of Drinking Water Production and Distribution. Published by John Wiley and Sons. Inc.. Hoboken. New Jersey.

http://esp water products.com/uv–water purification .htm 2017

https://www.pub.gov.sg/water supply /four national taps /newater 2017.

https://www.pub.gov.sg/water supply/singapore water story 2017.

Leclerc, H., L. Schwartzbrod and E. Dei-Cas (2002). Microbial agents associated with water borne disease. Crit. Rev. Microbial., 28 : 371 - 409 .

Leonessa, L. (2014). Patent issued for self-contained UV-C purification system. Life Science Weekly 24 Sept. 2013: 4954. Academic One File. Web.

PUB (2013). Singapore Public Utilities Board. Singapore's national water agency. PUB. (Online GOV Database). http:// www.pub.gov.sg/Pages/default.aspx.

Res-Kem, C. (2014). Ultraviolet Water Treatment. uvwater treatment systems. Ultraviolet Water treatment Res-Kem LLC.N.d. Web. 02 Apr. http://www. reskem. com/ pages/ultraviolet.php.

Tan, P. (2018). PUB. Singapore's National Water Agency. and Stuti Rawat. GWF Senior Editor. National University of Singapore. On line article. January 15th.

Tao, G. B. Viswanath, K. Kekre, L.Y. Lee, H.Y. Ng, S.L. Ong and H. Seah (2011). RO brine treatment and recovery by biological activated carbon and capacitive deionization process. Water Sci. and Technol., (Online Journal Article). http:// www.iwaponline.com/ wst/ 06401/ 0077/ 064010077.pdf.

Van Reis, R. and A. Zydney (2007). Bio process membrane technology. J. Memb. Sci., 297 : 16 - 50.

WHO (2011).Guidelines for Drinking-Water Quality. 4th Ed. World Health

Malato, S., P. Fern´andez-Ib´a˜nez, M.I. Maldonado, J. Blanco and W. Gernjal (2009). Decontamination and disinfection of water by solar photocatalysis: recent overview and trends. Catal. Today, 147: 1–59.

Mansoor, A. (2014). Microbial removal during sewage treatment civil engineering department. S.V. Nat. Inst. Technol., Surat-395007

Marcus, N.A. (2000). Amiad self-cleaning strainers for water filtration. Amiad filtration systems. (Online document). http://www.amiad.com/pdf/articles/amiad _selfcleaning_strainers_for_water_filtrati on.pdf.

Mike, C. (2010). NEWater facilities make use of Amiad pre-treatment systems. Water and Waste water Int. Penn Well Publishing Corp. 2010. (Online Article). Organization.Geneva.Switzerland.http:// www.who.int/water_sanitation_health/pu blications/2011/dwq_ guidelines/en/.

Pizzi, N.G. (2013). Water Treatment Operator Handbook. 3rd Ed. publisher: American Water Works Association (AWWA). Denver. CO. 241.

A COMPARATIVE STUDY BETWEEN DRINKING WATER IN EGYPT AND SINGAPORE AND HOW TO PROVIDE ALTERNATIVE SOURCES OF WATER

Nermeen M.A. El-Oksh[1*], H.I. Abd-El Fattah[2] and Howaida M. Labib [2]

1. Natural Res. Dept., Inst. Asian Studies and Res., Zagazig Univ., Egypt

2. Agric. Microbiol. Dept., Fac. Agric., Zagazig Univ., Egypt

ABSTRACT: Water is a major issue in national security, not only to provide a minimum of vital drinking water to the population but also to maintain their industry and other economic activities. In view of the multiplicity of activities used for water with the continuous increase of population, the stability of available water resources, the stability of the Arab Republic of Egypt's share of Nile water, the weakness of rainfall and increasing demand for water needs, all these requires the search for and good management of new water resources. Therefore, it was necessary to examine how to exploit the unconventional water resources and how to treat them well to reach high quality standards that increase the possibility of using them in homes, or commercial premises for non-drinking purposes such as washing, cooling, *etc*. This will reduce the use of traditional drinking water resources and will relieve the pressure on these important vital resources, and here lies the importance of the use of sewage, and this will only be achieved through the use of modern and efficient technology that increase the quality of treated wastewater. For the Arab Republic of Egypt. One of the unconventional water resources is desalination, this water resource in Egypt covers only the coastal areas and most of the filters and equipments for the treatment of salt water are imported from outside Egypt, this increase the cost and until we reach the local production, it was the focus of this study on another source of unconventional water resource it is sewage treatment. To search for the most advanced countries in the field of wastewater treatment, which has the lead in this area and falls within the international arrangement of the model countries in this area and has won many international awards, this country is Singapore, it is located in Southeast Asia, the reasons for their progress in this area and intensification of their research are the limited availability of their traditional water resources and the importation of water from neighboring countries. Indeed. after many years of research and study, this small Asian country succeeded in reaching the World in terms of the quality of the water produced from the wastewater and the field of salt water treatment on the one hand and on the other hand the exploitation of this water. This water called NEWater, we hope to apply these advanced techniques and transport it to Egypt to contribute water disability.

Key words: NEWater, microfiltration, reverse osmosis, ultra violet disinfection, drinking water purification, sewage water treatment.

المحكمـون :

١ـ أ.د. حامد السيد أبو علي أستاذ الميكروبيولوجيا الزراعية – كلية الزراعة بمشتهر – جامعة بنها.

٢ـ أ.د. ناهد أمين الوفائـي أستاذ الميكروبيولوجيا الزراعية المتفرغ – كلية الزراعة – جامعة الزقازيق.