Desalination and Water Treatment
www.deswater.com
doi: 10.5004/dwt.2020.25497

جمعية علوم وتقنية المياه
Water Sciences and Technology Association

التأثيرات البيئية لمحطة تحلية تاجوراء العاملة بتقنية التناضح العكسي

بشير بريكة

المعمل المتقدم للتحاليل الكيميائية، هيئة أبحاث العلوم الطبيعية والتكنولوجيا، طرابلس، ليبيا، البريد الالكتروني: bashirforlibya@gmail.com

الملخص

تعاني ليبيا التي تقع ضمن نطاق مناخ شبه صحراوي من مشكلة حقيقية في المياه، وتتمثل هذه المشكلة في نقص شديد في المياه الصالحة للشرب. حيث يعتمد السكان على المياه الجوفية التي تعتبر هي المصدر الرئيسي للمياه في ليبيا، غير أن هذا المصدر غير كافي لتغطية احتياجات السكان، ويعود هذا النقص في المياه الصالحة للشرب لعدة أسباب، منها تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية وخاصة على طول الساحل الليبي، وكذلك تداخل مياه الصرف الصحي والمياه المصاحبة من الإنتاج النفطي مع المياه الجوفية في مناطق أخرى من البلاد. وتعد تقنية تحلية المياه هي أحد الخيارات البديلة لتعويض الفاقد من المياه الجوفية في ليبيا وفي باقي دول الشمال الإفريقي. وعلى الرغم من أن تقنية تحلية المياه تعد خياراً مهماً لتوفير مياه الشرب والمياه الصناعية، إلا أن هذه التقنية لها بعض التأثيرات السلبية على البيئة المحيطة إذا لم تُشغل محطات التحلية بأسس علمية وسليمة. وتعد محطة تاجوراء لتحلية المياه إحدى أقدم محطات تحلية المياه العاملة بطريقة التناضح العكسي في ليبيا، وتتجاوز فترة تشغيلها حتى الآن الثلاثة عقود، ولذلك فهي تعد أرضاً خصبة لإجراء العديد من الدراسات والأبحاث عليها. وتعتبر هذه الدراسة المتمثلة في دراسة التأثيرات البيئية لمحطة تاجوراء لتحلية المياه هي إحدى هذه الدراسات التي قام بها الباحث في هذا الصدد. خلال هذه الدراسة قام الباحث بعدة زيارات ميدانية وتفقدية إلى محطة تحلية المياه في تاجوراء، وأجرى العديد من النقاشات مع بعض العاملين بالمحطة. وبناءً على الزيارات الميدانية والنقاشات الحوارية ومن خلال الوصف والتدقيق والرجوع للدراسات السابقة على محطة تحلية المياه في تاجوراء وبعض محطات التحلية في الدول الأخرى يستعرض الباحث خلال هذه الورقة البحثية مجموعة من العوامل والمؤثرات التي ساهمت وتساهم في بعض التأثيرات السلبية على البيئة المحيطة للإنسان والحيوان والنبات والناتجة عن تشغيل هذه المحطات. وأهم نتائج هذه الدراسة تتركز في أن نقطة ترجيع المحلول الملحي (brine disposal point) هي أحد المواقع التي تساهم في بعض التأثيرات السلبية على الإنسان والكائنات البحرية على الشاطئ القريب، كما أن مخازن المواد الكيميائية داخل محطة تحلية تاجوراء والظروف التخزينية بداخلها لا تعد بيئة صحية سواء للعاملين داخل المحطة أو حتى للمقيمين في المناطق القريبة من محطة التحلية. هذا بالإضافة لتأثيرها على بنية المناطق المحيطة نفسها، حيث تعد المنطقة المجاورة لمحطة تحلية تاجوراء من المناطق الأثرية ذات القيمة التراثية المهمة وقد بدأت هذه المنطقة تتأثر بالنشاطات التي تجرى بالقرب منها مما يستلزم إجراء بعض الأعمال المسحية عليها من قبل المهتمين، وذلك للمحافظة على قيمتها الأثرية.

الكلمات الدالة: تحلية المياه؛ التناضح العكسي؛ تصريف الرجيع الملحي؛ الضجيج والضوضاء

1. ةمدقملا

على الرغم من امتلاك ليبيا لأطول ساحل جنوب البحر الأبيض المتوسط (٠٥٩١ كيلو متر)، إلا أن تقنية تحلية مياه البحر لا تعد الطريقة الشائعة الاستخدام فيها كمصدر رئيسي لتوفير المياه الصالحة للشرب. وقد تبنى نظام الحكم السابق فكرة مشروع النهر الصناعي كبديل وخيار استراتيجي لحل مشكلة شح المياه في البلاد وخاصة في الجزء الشمالي منها.

وقد اعتمدت استراتيجية هذا المشروع على جلب المياه من الأحواض المائية (الجوفية) في الوسط والجنوب الليبي إلى المدن الساحلية والقرى والبلدات الريفية المنتشرة في كامل التراب الليبي عبر شبكة من الأنابيب الضخمة المدفونة في الأرض التي يبلغ قطر كل منها أربعة أمتار، وبطول سبعة أمتار، لتشكل في مجموعها نهراً صناعياً بطول تجاوز في مراحله الأولى أربعة آلاف كيلومتر.

وصاحبت أعمال إنشاء وتشغيل المراحل الأولى من مشروع النهر الصناعي العديد من الصعوبات والتحديات نتج عنها عدم القدرة على تزويد بعض المدن الساحلية -كمدينة تاجوراء- بالمياه الصالحة للشرب، وبالتالي فإن مشروع النهر الصناعي لم يحقق كامل الأهداف المنتظرة والموعودة فيما يتعلق بتوفير الاحتياجات المائية لكل المواطنين. وفي المقابل فإنه وبالرغم من أن بعض المدن الساحلية كانت أوفر حظاً في الحصول على المياه من خلال منظومة النهر الصناعي إلا أن

Presented at the 13th Gulf Water Conference – Water in the GCC: Challenges and Innovative Solutions. 12–14 March 2019, Kuwait

1944-3994/1944-3986 © 2019 Desalination Publications. All rights reserved.

1944-3994/1944-3986 © 2020 Desalination Publications. All rights reserved.

سكان هذه المدن لا يشعرون بالارتياح التام حول جودة المياه الواصلة إليهم. وبناءً على ذلك، فإن نسبة كبيرة من سكان المدن الكبرى كطرابلس وبنغازي ومصراتة يقتصر استخدامهم للمياه الواصلة إليهم عبر شبكة منظومة النهر الصناعي فقط على أعمال الغسيل والتنظيف والزراعة، حيث أنهم لا يعتبرونها مياهً صالحة للشرب. هذا الشك أو عدم اليقين فيما يتعلق بجودة هذه المياه تولد عند الأهالي لاعتقادهم أن المياه المجمعة في خزانات عملاقة قبل أن تأخذ مسارها عبر شبكة الأنابيب العامة لا تخضع لعمليات التحليل والمعالجة الدورية، مما قد يجعلها غير مطابقة للمواصفات والمعايير القياسية لمياه الشرب المحلية والعالمية.

وبالإضافة إلى هذا فإن الوضع الحالي لمشروع النهر الصناعي والظروف غير المستقرة المصاحبة له تجعل من مشكلة شح المياه لا تزال مشكلة قائمة وبحاجة إلى حلول طارئة.

وقد أوصت اللجنة الوطنية المختصة بالنظر في البحث عن الحلول الاستراتيجية المتعلقة بالأمن المائي بأن يتم وبشكل عاجل توطين تقنية تحلية مياه البحر على طول الساحل الليبي، على أن يؤخذ بعين الاعتبار أن تكون التقنية المقترحة صديقة للبيئة.

وينوي المؤلف من خلال هذه الدراسة تسليط الضوء على التأثيرات البيئية لمحطة تحلية مياه محلية كانت قد دخلت العمل منذ أكثر من ثلاثة عقود، وذلك من أجل الحصول على قدر من المعلومات من شأنها أن تكون نافعة وذات قيمة كبيرة عند إنشاء محطة تحلية جديدة ذات سعة أكبر تكون بالقرب من المحطة القديمة (محور الدراسة).

2. الحالة الدراسية: محطة تحلية تاجوراء العاملة بتقنية التناضح العكسي

٢. ١ الوصف العام للمحطة

تعد محطة تحلية المياه في تاجوراء العاملة بتقنية التناضح العكسي إحدى المحطات الرئيسية من هذا النوع في ليبيا بسعة تصميمية تبلغ ٠٠٠,٠١ متر مكعب/اليوم. وتقع المحطة على ساحل البحر الأبيض المتوسط، شرق العاصمة طرابلس. وعلى الرغم من أن هذه المحطة قد دخلت فترة التشغيل منذ أكثر من ثلاثة عقود، إلا أنه لم يتم إجراء أي دراسات شاملة تتعلق بالآثار البيئية الناتجة عن هذه المحطة. وفي هذه الدراسة سيتم استعراض بعض الاعتبارات البيئية لمحطة تحلية مياه تاجوراء، كما سنحاول من خلال هذه الدراسة تسليط الضوء على المخاوف البيئية الرئيسية التي تتضمن اعتبارات لها علاقة بالموقع، خطر المواد الكيميائية، الضجيج والضوضاء، وأيضا طريقة التخلص من الرجيع الملحي المركز.

٢. ٢ وصف عام لعمليات تشغيل المحطة

يوضح الشكل رقم ١ رسم تخطيطي لمكونات محطة تحلية المياه في تاجوراء ومراحل عملها. ويبدأ عمل المحطة بضخ مياه البحر بواسطة الجاذبية عبر أنبوبين بلاستيكيين بقطر ٠٦٧ مم إلى ما يعرف بخزان مياه البحر (سعة ٠٢٩١ متر مكعب). ويتم بعد ذلك ضخ مياه البحر إلى وحدة المعالجة الأولية (معدل التدفق = ٦٧٥١ متر مكعب/الساعة). وتتكون وحدة المعالجة الأولية من عدد ثماني مرشحات مزدوجة ومرشح كاتريدج (الفلتر الخرطوشي) ذو مسام ٥ ميكرون، ووحدة حقن المواد الكيميائية. وتتكون منظومة المرشحات المزدوجة من ثلاث طبقات: طبقة الرمل ومكانها أسفل المرشح، وطبقة الحصى وهي الطبقة الوسطي، وطبقة الأنثراسيت وهي الطبقة العليا في المرشح.

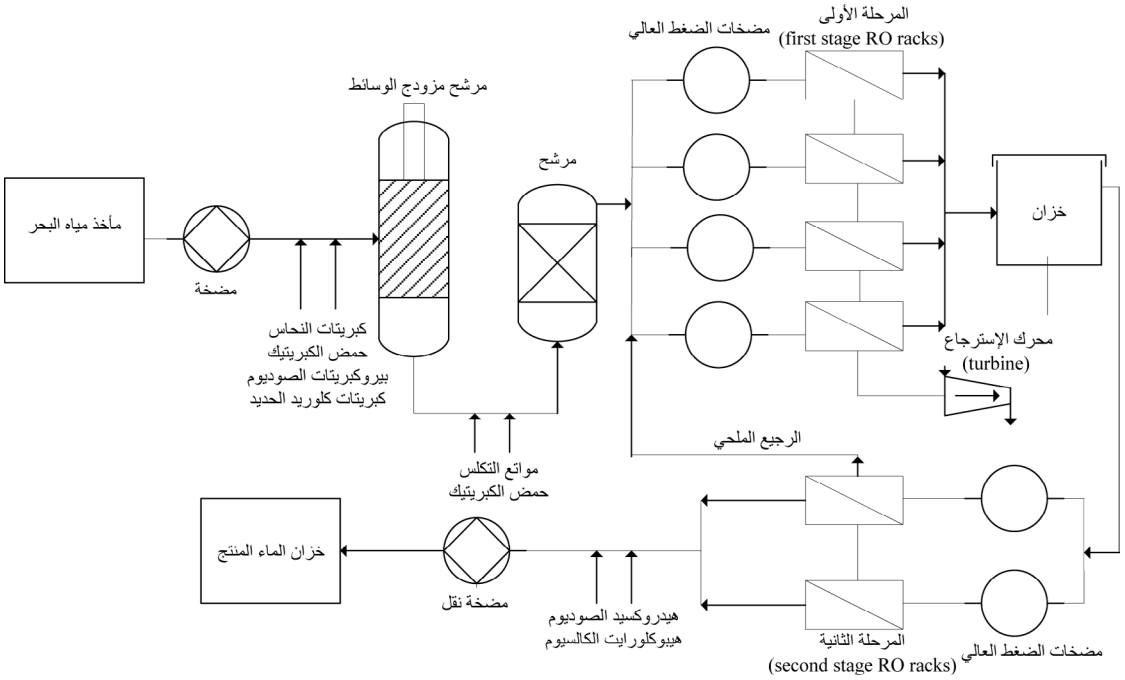
ويتم حقن المواد الكيميائية بشكل مباشر في وحدة المعالجة الأولية وذلك قبل دخول مياه البحر لمنظومة المرشحات المزدوجة. وفيما يلي بيان للمواد الكيميائية المستخدمة في وحدة المعالجة الأولية في محطة تحلية تاجوراء:

١. كبريتات النحاس ($CuSO_4$) وتستخدم لغرض التعقيم.
٢. حمض الكبريتيك (H_2SO_4) ويستخدم لغرض تعديل درجة الحموضة.
٣. بيروكبريتات الصوديوم (Na_2S_2O) وتستخدم لغرض إزالة الأكسجين.
٤. كبريتات كلوريد الحديد ($ClfeSO_4$) وتستخدم لغرض التخثير (flocculation) وإزالة المواد العالقة.
٥. الفوسفات AF 200وتستخدم لغرض إزالة التكلس (antiscalant)، حيث تمنع ترسيب كبريتات الكالسيوم على سطح الأغشية الأسموزية. يتم إضافة موانع التكلس قبل مرشح الكاتريدج.
٦. هيدروكسيد الصوديوم ($NaOH$) ويستخدم لغرض تعديل درجة الحموضة.
٧. محلول هيبوكلورايت الكالسيوم [$Ca(ClO_2)_2$] ويستخدم لغرض منع النمو البكتيري.

وبعد مرحلة المعالجة الأولية، تأتي عملية ضخ ماء البحر المُعالج إلى وحدة التحلية الرئيسية. وتتكون محطة تحلية تاجوراء من مرحلتين وهو ما يعرف بنظام متعدد المسارات "permeate staged system" وهو نظام تستخدم فيه المياه المحلاة من المسار الأول في تغذية المسار الثاني وذلك لزيادة جودة المياه المنتجة.

وتتكون المرحلة الأولى من أربعة صفوف مشتملة على عدد ٩٩ وعاء ضغط (pressure vessel) في كل صف. ويحتوي كل وعاء ضغط على عدد ستة أغشية من النوع اللولبي (Spiral wound).

ويساوي معدل الإرجاع التصميمي للمحطة (النسبة بين المياه المنتجة المحلاة الي المياه المغذية) ٠٣٪. ويتم تجميع الماء المنتج من المرحلة الأولى في خزان تبلغ سعته ٠٥ متر مكعب. ويتم ضخ الماء المُجمع في هذا الخزان بواسطة مضخات الضغط العالي للمرحلة الثانية (second stage racks). ويتم استعادة حوالي ٥٨٪ من المياه المنتجة من المرحلة الأولى بواسطة المرحلة الثانية ويتم تجميعها في خزان لأجل إجراء عمليات المعالجة النهائية، بينما يتم إعادة الرجيع الملحي الناتج من المرحلة الثانية وذلك بخلطه مع الماء الداخل للمرحلة الأولى.



شكل ١. رسم تخطيطي لمكونات محطة تحلية المياه في تاجوراء

3. الاعتبارات البيئية لمحطة تحلية المياه بتاجوراء

يُسلط القسم التالي من الدراسة الضوء على أهم الاعتبارات البيئية لمحطة تحلية المياه بتاجوراء.

٣. ١ الأرض المشغولة بواسطة محطة التحلية (الموقع)

تقع محطة التحلية في منطقة تدعى «بيار السبابيل»، وهي تبعد ٠١ كيلو متر عن مركز المدينة. وكان اختيار هذا الموقع إبان فترة إنشاء المحطة خياراً مناسباً لعدة اعتبارات من بينها:

١. وقوع المحطة بالقرب من البحر يحافظ على جودة الماء المراد تحليته. كما إن خاصية قرب المحطة من البحر يقلل من خطر تلوث الأرض الذي قد ينجم من عملية نقل الرجيع الملحي إلى البحر.
٢. وقوع المحطة بالقرب من مركز البحوث النووية الذي يعتبر المزوّد الرئيسي للمياه المحلاة.
٣. تعد مياه البحر (المراد تحليتها) ذات جودة مناسبة، حيث أن مأخذ مياه البحر بعيد عن أي موانئ أو نقاط تصريف من أي نوع.
٤. وقوع المحطة بعيداً عن الأحياء السكنية، إلا أنه حديثاً قد طرأت بعض التغيرات العمرانية بالقرب من المحطة حيث تم إنشاء قرية صغيرة يقطنها حوالي ٢٠٠-٥٠٠ ساكن، وذلك على بعد ١٠٠٠ متر من المحطة.

هذا وتبلغ مساحة الأراضي المشغولة بواسطة محطة تحلية المياه في تاجوراء والوحدات والمرافق التابعة لها حوالي سبعة هكتارات مقسمة كالتالي: (١) هكتار واحد مستغل بواسطة الأبنية الرئيسية. وهذه الأبنية لا تشمل المأخذ، ومخازن المواد الكيميائية، وخزان المياه المنتجة، (٢) نصف هكتار مستغل بواسطة مخازن المواد الكيميائية، (٣) هكتار واحد مخصص لخزان المياه المنتجة، (٤) هكتار واحد مخصص للأرض التي تضم مأخذ مياه البحر، (٥) حوالي هكتار واحد مخصص للشبكة الكهربائية وأيضاً لمحطات التحلية الحرارية التي لا تزال قيد الإنشاء. أما فيما يتعلق بالمساحة المتبقية (المقدرة بهكتارين ونصف) فهي مخصصة كمساحة خضراء تحيط بالمحطة ومرافقها.

٣. ٢ التأثيرات البصرية

لا تحمل البنية التحتية الهندسية لمحطة التحلية أي مؤثرات بصرية ضارة. كما إن محطة التحلية محاطة بمنطقة خضراء من ثلاث جهات (الجنوب، الشرق، والغرب) مما يجعلها غير مرئية بشكل واضح للمنطقة المحيطة ولا سيما الطريق العام الرابط بين الشرق والغرب.

ويتم تشغيل منظومة الإضاءة داخل المحطة بشكل يتلاءم فقط واحتياجات التشغيل والسلامة مما يقلل و/أو يمنع أي تأثير سلبي غير مرغوب قد ينتج من الأضواء. كما أن أسطح الأبنية الرئيسية للمحطة تخلو في تركيبها من أي مواد عاكسة قد تسبب تأثيرات بيئية أخرى.

٣. ٣ نظام شبكة الأنابيب

إن شبكة الأنابيب الناقلة لمياه البحر إلى محطة التحلية، والناقلة للرجيع الملحي من المحطة إلى البحر مطمورة بالكامل تحت الأرض، الأمر الذي يمنع حدوث أي تأثيرات بصرية ولكن قد يكون له بعض الأثر على الحوض الجوفي في حال كان هناك أي نوع من التسرب من هذه الأنابيب نتيجة التآكل.

واستناداً على المعلومات المتاحة الخاصة بالمحطة، لم تتعرض شبكة الأنابيب المطمورة لأي أعمال تسرب وبالتالي لم يكن هناك أي حاجة لأعمال الصيانة. وفي المقابل فإن المعلومات المتحصل عليها من العمال والفنيين والمهندسين العاملين داخل المحطة تشير إلى أنه لا تتوفر بالمحطة أي أجهزة أو أدوات تحسسية مرفقة بشبكة الأنابيب منذ عمليات الإنشاء.

٣. ٤ تأثيرات الضوضاء والضجيج (التلوث السمعي)

تُعرَف الضوضاء على أنها الصوت المزعج غير المرغوب فيه. وتقاس مستويات الصوت (الضوضاء) غالباً بوحدة الديسبل (dB) التي تتراوح قيمها ما بين ٠ و ٠٤١. هذا وإن من الممارسة العامة قياس مستوى الصوت باستخدام جهاز قياس مزود بفلتر وهو قياس موحد دولياً يستخدم لمقاربة هذه الخاصية. كما أن النظام المحدد لقياس التردد المستخدم في هذا المقياس هو المقياس-أ، حيث يتم التعبير عن مستوى الصوت المحدد بمقياس-أ بوحدات ديسبل-أ "dB(A)".

وإذا كان الصوت في مستوى ٠١ ديسبل، فإن الأذن البشرية الطبيعية لا تلتقطه إلا بصعوبة. وربما يكون مستوى ضغط الصوت في غرفة هادئة حوالي ٠٤ ديسبل، ولكن إذا بلغ مستواه ٠٧ ديسبل، فإنه يُعتبر صوتاً مزعجاً، إذ أن الصوت في مستوى ٠٧ ديسبل يبث من الطاقة أكثر مما يبثه الصوت في مستوى ٠٤ ديسبل بألف مرة [1، ٢].

ولا تعد أصوات الضجيج المرتفعة مصدراً غير مرغوب فيه فحسب، بل يمكن أن تسبب أضرارا فسيولوجية ونفسية أيضا. ويعتمد مقدار الأذى المُسبَب عن طريق الضجيج أساساً على عدة عوامل منها: ١- شدة الصوت ودرجته، ويتناسب التأثير وشدة الخطورة طردياً مع فترة التعرض، ٢- حدة الصوت، فالأصوات الحادة أكثر تأثيراً من الغليظة، ٣- المسافة من مصدر الصوت، كلما قلت المسافة زاد التأثير، ٤- فجائية الصوت، فالصوت المفاجئ أكثر تأثيراً من الضجة المستمرة، ٥- نوع العمل الذي يزاوله الإنسان أثناء تعرضه للضوضاء، مثل الأعمال التي تحتاج لتركيز شديد غير الأعمال العادية.

وكأي مشروع صناعي أخر، فإن محطة تحلية المياه في تاجوراء العاملة بتقنية التناضح العكسي قد تكون مصدرا للضجيج والضوضاء ومبعثاً للإزعاج. هذا وتنتج انبعاثات الضجيج والضوضاء في محطة تحلية عاملة بتقنية التناضح العكسي أساساً من وجود مضخات الضغط العالي والتوربينات المستخدمة في عمليات استرجاع الطاقة [3-5].

وتضم محطة تحلية المياه بتاجوراء عدد ست مضخات ضغط عالي (أربع مضخات لضخ ماء البحر للمرحلة الأولى، ومضختين للضخ في المرحلة الثانية). وتولد هذه المضخات الضغط اللازم لعملية التحلية (جدول ١).

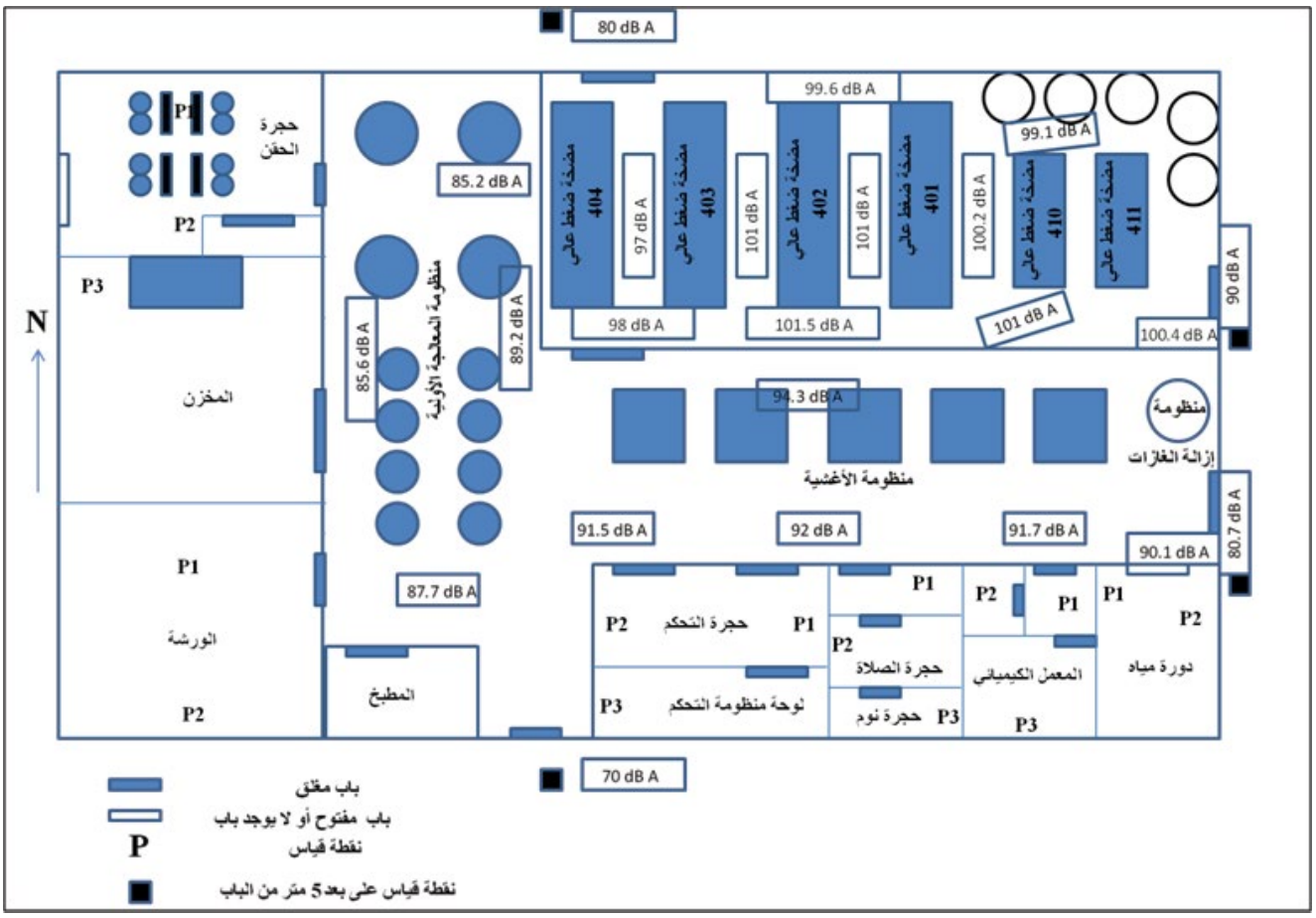
أما حالياً، فيتم تشغيل محطة التحلية بواسطة ثلاث مضخات فقط حيث أن المضخات الثلاث الأخرى عاطلة عن العمل. المضختان الموسومتان بـ ١٠٤ و٢٠٤ تستخدمان في عملية الضخ للمرحلة الأولى، بينما المضخة الموسومة بـ ١١٤ فتستخدم للضخ للمرحلة الثانية.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن الدراسة الوحيدة التي اهتمت بموضوع الضجيج المنبعث من مضخات الضغط العالي في محطة التحلية بتاجوراء قام بها فريق متكون من مجموعة من المهندسين والتقنيين العاملين في مركز البحوث النووية المجاور للمحطة بإشراف المهندس عزام حلمي [6]. وقد ظهرت نتائج هذه الدراسة في صورة تقرير داخلي خاص بمركز البحوث النووية ولم يتم نشره في أي مجلة علمية متخصصة. حالياً، ونظراً لضعف الإمكانات المعملية والأجهزة المختبرية رأي المؤلف -بعد أخذ الموافقة من مشرف الدراسة السابقة- أن يعتمد نتائج الدارسة السابقة لتكون المصدر الرئيسي للمعلومات الخاصة بموضوع انبعاثات الضجيج والضوضاء في الدراسة الحالية.

تم قياس مستويات الضجيج في مواقع (نقاط) مختلفة داخل المبنى الرئيسي للمحطة. وتضمنت مواقع القياس كلاً من: حجرة مضخات الضغط العالي، الصالة الرئيسية، المعمل الكيميائي، حجرة الحقن، حجرة التحكم، الورشة، حجرات النوم، المطبخ، ومواقع أخرى كما هو مبين في الشكل رقم ٢. ويوضح

جدول ١. البارامترات التصميمية الرئيسية لمضخات الضغط العالي المستخدمة في المرحلة الأولى والمرحلة الثانية في محطة التحلية بتاجوراء

البارامتر	مضخات الضغط العالي	
	المرحلة الأولى	_المرحلة الثانية
المُصنع	KSB، ألمانيا	KSB، ألمانيا
النوع	٠٥١HDAO	HDAO 150
السائل المُراد ضخه	ماء بحر	الناتج من المرحلة الأولى
معدل التدفق	٤٩٣ متر مكعب/ساعة	٥٧٢ متر مكعب/ساعة
كفاءة المضخة	٦٧٪	٢٧٪
الضغط	١٧ بار	٥٤ بار
القوة اللازمة	1,040 كيلو واط	٠٠٥ كيلو واط



شكل ٢. مستويات الضجيج في مواقع مختلفة في محطة التحلية بتاجوراء

جدول رقم ٢. نتائج مستويات الضجيج في المواقع المبينة في الشكل رقم ٢

الموقع	القياس العالمي [7، ٨]	مستوى الضجيج (dBA)					
		نقطة القياس					
		P1		P2		P3	
		بابلا					
		مفتوح	قلغم	حوتفم	مغلق	مفتوح	مغلق
حجرة التحكم	٠٦	80.6	70.3	82.6	70	67.5	66.5
المعمل الكيميائي	-	85	73.2	78.5	68.5	75.3	62
حجرة الحقن	-	73	71.3	74.5	70.1	70.8	69.5
حجرة النوم	٥٥	81	68	71	57.4	68	55.5
الورشة	٠٧	75.6	70.3	74	69.8		
المطبخ	٠٦	82	79.8				
دورة المياه	٠٦			82			

أ- أحماض مُراقة على أرضية المخزن

ب- أغبرة تنتشر في عموم المكان

شكل ٣. مخازن المواد الكيميائية داخل محطة التحلية بتاجوراء

جدول ٣. كمية الجرعات الكيميائية المستخدمة في محطة التحلية بتاجوراء

المادة الكيميائية	Kg/m^3	ppm
كبريتات النحاس ($CuSO_4$)	0.026	4
هيدروكسيد الصوديوم (NaOH)	0.026	16
حمض الكبريتيك (H_2SO_4)	0.16	40
المخثر (flocculant)	0.015-0.031	4-2
مانع التكلس (antiscalant)	0.125	5
مزيل الأكسدة (Deoxidant)	0.019	2.5

إن الطريقة المتبعة في تخزين المواد الكيميائية داخل محطة التحلية بتاجوراء من شأنها أن تشكل خطراً متربصاً لكل من العاملين و/أو البيئة المحيطة وذلك أثناء حوادث التسرب أو الانبعاثات الغازية للمواد الكيميائية. والصور الظاهرة في الشكل ٣ (أ، ب) تتحدث عن نفسها.

٣. ٦ نقطة تصريف الرجيع الملحي

الرجيع الملحي هو عبارة عن المخلفات السائلة الناتجة من محطة التحلية والمحتوية على كمية كبيرة من الأملاح، وبواقي المواد الكيميائية المستخدمة في عمليتي المعالجة الأولية والمعالجة النهائية. ويتم تصريف الرجيع الملحي إلى البحر وفيه ينتشر وفق اعتبارات وظروف معينة. وإنه لمن الضروري النظر في مسألة المواد الكيميائية المستخدمة لأن مخلفاتها تبقى مع الرجيع الملحي [4]. أما كمية المواد الكيميائية المستخدمة في عملية المعالجة الأولية فهي موضحة في الجدول رقم ٣.

وقد أظهرت نتائج دراسة سابقة قام بها بشير بريكة وآخرون، ٢٠١٦ [9] أن الرجيع الملحي الخارج من محطة التحلية بتاجوراء يحتوي على تراكيز منخفضة من النحاس، والكروم، والمنجنيز، والسيليكون. ووجدت كل العناصر الكيميائية بتراكيز أقل من ٥,٠ ملي غرام/لتر وبالتالي، فلا توجد مخاوف حول حدوث أضرار من هذه العناصر. وبشكل عام، فإن أكثر الأيونات الكيميائية التي تصاحب الرجيع الملحي التي قد يكون لها أثاراً سُمية على البيئة البحرية هي أيونات الكلوريد التي قد تتفاعل أيضاً مع المركبات العضوية في مياه البحر لتشكل مركبات أخرى كالنواتج الثانوية للهالوجينات العضوية الضارة بالحياة البحرية [10، 11].

تتراوح كمية الملوحة في الرجيع الملحي -وفقاً لبعض المصادر- من ٢٥ إلى ٠٧ جزءً من الألف [12]، ومن خلال الجدول (٤) الذي يلخص التركيبة الكيميائية لمكونات الرجيع الملحي الناتج من محطة التحلية بتاجوراء كما أظهرته نتائج الدراسة السابقة [9] فإن الرجيع الملحي يحتوي على نسبة ملوحة زائدة يبلغ قدرها ٩٣٪ عن ملوحة مياه المصدر.

تتكيف أغلب الأصناف البحرية المحلية عادة ضمن مساحات بمستويات

جدول ٤. التركيبة الكيميائية لمكونات مياه البحر والرجيع الملحي الناتج من محطة التحلية بتاجوراء

المادة/ المكون	التركيز في ماء البحر (مصدر مياه التحلية) ملي غرام/لتر	التركيز في الرجيع الملحي (brine) ملي غرام/لتر
مجموع الأملاح الذائبة (TDS)	37,050	49,335
الملوحة	37,900	52,600
الصوديوم	13,230	17,788
الكالسيوم	420	1,160
البوتاسيوم	452	608
الكلوريد	22,500	30,841
الكبريتات	2,800	4,333
النترات	0.53	1.07
السيليكون	0.25	0.7
النحاس	0.30	0.45
الحديد (Fe^{2+})	≥ 0.009	≥ 0.009
الكروم (Cr^{6+})	0.11	0.21
المنغنيز	0.20	0.45

ملوحة عالية، ولكن هناك أنواعاً أخرى من المحتمل ألا تتكيف مع الملوحة المتزايدة الناتجة عن عمليات ضخ الرجيع الملحي المركز المتواصلة إلى شاطئ البحر. وباعتبار أن محطة التحلية بتاجوراء يتم حالياً تشغيلها بشكل متقطع ولفترات محدودة جداً، فإننا نستطيع القول بأنه لا توجد تغييرات مفاجئة مخيفة لمستويات الملوحة في المناطق القريبة من نقطة التصريف التي قد تؤدي إلى أثار ضارة بالكائنات البحرية.

وبشكل عام، فإنه لا توجد حالياً مواصفات قياسية أو حدوداً مثالية عالمية لتركيز الملوحة الذي ينبغي ألا يُصرف إلى مياه البحر. وإن غياب أو عدم توفر لوائح (مواصفات قياسية) خاصة بالرجيع الملحي الناتج من محطات التحلية أدى إلى عمليات تصريف مطلقة و/أو غير مستدامة. وبالتالي فإن وجود لوائح وقوانين وتشريعات تحدد المستويات المسموح بها لمكونات الرجيع الملحي أمر ضروري جداً.

وتجدر الإشارة إلى أن الدراسة السابقة التي تناولت التركيبة الكيميائية للرجيع الملحي الخارج من محطة التحلية بتاجوراء لم تتناول الجزء المتعلق بألية توزيع وانتشار مكونات الرجيع الملحي (خاصة الملوحة) في مياه البحر بالقرب من نقطة التصريف وكان الاهتمام مقتصراً فقط على تركيبة مياه الرجيع الملحي ومقارنتها بمياه البحر.

بيئياً، فإن نقطة تصريف الرجيع الملحي (شكل ٤) لا تعد اختياراً موفقاً لتصريف كمية كبيرة من سائل شديد الملوحة. حيث سيكون الوضع أفضل حالاً وأقل ضرراً لو كانت نقطة التصريف بعيدة عن الشاطئ وعن المناطق الصخرية الغنية بالتنوع الحيوي، وكذلك بعيدة عن النشاطات العائلية التي تشهدها المصائف القريبة من الشاطئ حيث توجد نقطة التصريف.

من الملاحظ في الشكل ٤ وجود خيمة اصطياف على مسافة قريبة جداً من نقطة تصريف الرجيع الملحي. وفي ذات السياق، فإنه وخلال فترة أشهر الصيف تم مشاهدة بعض المصطافين يقومون بالسباحة أمام أو/بالقرب من نقطة التصريف دون أية دراية أو معرفة بالتأثيرات الضارة التي قد تنجم من ممارسة هكذا نشاط في هذا المكان (شكل ٥).

٧.٣ شواهد أثرية

كل دولة من دول العالم لها قوانينها المتعلقة بحفظ موروثها الثقافي والحضاري، وفي ليبيا فإن القانون رقم ٧ لسنة ٢٨٩١ بشأن حماية البيئة يعطي أهمية كبيرة لحماية المناطق التاريخية والأثرية والثقافية، وينص القانون على مراعاة المواصفات والمعايير القياسية البيئية المعتمدة عند تصميم وتنفيذ وصيانة المشروعات والمنشآت وما في حكمها، وينص أيضاً على اتخاذ كافة التدابير العلاجية المناسبة التي تضمن إزالة التلوث.

وبعد عدة زيارات ميدانية لمحطة التحلية بتاجوراء والمساحات المحيطة بها والتي تقع ضمن حدودها -ضمن نطاق الموقع الخاص بالمحطة ومرافقها- تم رصد بعض الشواهد والإشارات الأثرية. بالتالي، فإن عمليات تشغيل المحطة طيلة العقود الثلاثة الماضية أثرت بشكل أو بأخر على هذه الموجودات الأثرية. إن غياب تطبيق مواد القانون رقم ٧ الخاص بحماية البيئة والذي يعتبر حماية المواقع التاريخية والأثرية هو من حماية البيئة، وعدم توفر أي أدوات أو أجهزة تساعد في حماية المواقع المرصودة أدى إلى زيادة الأضرار على هذه المواقع من أعمال تشغيل المحطة.

ومن بين الشواهد الأثرية المكتشفة حديثاً داخل نطاق المساحة المخصصة لمحطة التحلية أحد السراديب التي يُعتقد بأنها تعود إلى الفترة الرومانية في مدينة تاجوراء، أي قبل أكثر من ٠٠٧١ سنة. وتجدر الإشارة إلى أنه لا تتوفر أي معلومات مكتوبة أو موثقة حول هذا السرداب سواء من قبل مصلحة الآثار أو من قبل

شكل ٤. نقطة تصريف الرجيع الملحي

شكل ٥. السباحة واللعب بالقرب من نقطة تصريف الرجيع الملحي

شكل ٦. سرداب أثري يقع في محيط محطة التحلية بتاجوراء

شكل ٧. أحد الأبنية المتهدمة يرجح أنها رومانية بالقرب من المحطة

مؤرخين أو مهتمين بهذا الشأن. إضافة إلى ذلك، فإنه حتى لحظة إعداد هذه الورقة العلمية فإن مصلحة الآثار لم تضع يدها على هذا الموقع الأثري أو ربما لا تكون حتى على علم بوجوده.

ويؤمن الباحث بأن السرداب المكتشف حديثاً (شكل ٦) يمكن أن يحوي داخله مفاتيح مهمة لألغاز تاريخية للحقبة الرومانية التي عاشتها مدينة تاجوراء. وللأسف لم نشهد أي اهتمام ملحوظ بهذا الأثر المكتشف من أي جهة رسمية، بالتالي، فإن هذا الموقع قد يتعرض للانهيار بسبب أعمال التنظيف التي تقام بين الفترة والأخرى بواسطة الآلات الكبيرة، لذلك يتوجب التدخل العاجل من أجل إنقاذ هذا الاكتشاف وإلزام الجهات الرسمية بتطبيق القوانين المتعلقة بذلك.

وفي ذات السياق، لُوحظ انهيار بعض الأبنية الأثرية بالقرب من محطة التحلية (شكل ٧)، والتي يرجح على أنها انهارت حديثا نتيجةً لأسباب قد تُعزى إلى أعمال التنظيف والتوسع في المنطقة الواقعة ضمن محيط محطة التحلية مما أدى إلى فقدان المدينة لأحد أبنيتها التاريخية.

4. الاستنتاجات

لم تُول تقنية تحلية المياه في ليبيا في السابق اهتماماً كبيراً وبالتالي، لم تكن هناك حاجة شديدة لدراسة التأثيرات البيئية التي قد تنتج عنها. ومن خلال الدراسة الحالية تم التوصل إلى الاستنتاجات التالية:

- إن استخدام مضخات الضغط العالي والتوربينات المستخدمة في عملية استرجاع الطاقة في محطة تحلية المياه في تاجوراء ينتج عنها أثاراً سلبية مرتبطة بالضوضاء والضجيج، كما أنها غير مزودة بأي أدوات أو أجهزة للتقليل من ضررها. وبالتالي، فإنه يتوجب توفير هذه الأدوات للحد من مستويات الضجيج الصادرة منها. كما يتوجب على الإدارة العليا لمحطة تحلية المياه في تاجوراء اتخاذ التدابير الوقائية اللازمة فيما يتعلق بسلامة موظفيها والرعاية الصحية التي يحتاجون لها قبل وبعد تعرضهم للأضرار الناتجة عن هذا التلوث السمعي.
- يجب إعادة النظر في موقع مخازن المواد الكيميائية باعتباره هاجساً يؤرق العاملين بالمحطة بشكل يومي. وفي هذا الصدد يجب البحث عن آلية آمنة للتخلص من كل المواد الكيميائية منتهية الصلاحية والمواد الأخرى غير القابلة لإعادة الاستخدام.
- بعد الوقوف على الظروف الحالية لنقطة تصريف الرجيع الملحي فإن موقعها لا يعد مثالياً وذلك لقربه من الشواطئ التي تشهد نشاطات عائلية في فصل الصيف وبالتالي، يجب إعادة النظر في البحث عن موقع جديد لنقطة التصريف على أن يكون على الأقل على بعد ٠٠٠١ متر في داخل البحر.
- هناك غياب شبه تام لوعي السكان القاطنين في القرية القريبة من محطة التحلية فيما يتعلق بالأضرار البيئية التي نتجت/قد تنتج من محطة التحلية. ويعزى جهل السكان بهذه الأضرار إلى عدة أسباب منها: عدم وجود أناس مؤهلين من بين العاملين في محطة التحلية أو أي منظمة اجتماعية أخرى تعمل على نشر الوعي وتثقيف السكان بيئياً.

5. التوصيات

- نوصي بأن تأخذ النشاطات الاستجمامية كالمصائف العائلية، وأعمال الصيد مكانا بعيداً عن محطة التحلية، ويتوجب على الإدارة العليا في كل من محطة التحلية ومركز البحوث النووية أن تأخذ قرارات حاسمة فيما يتعلق بوضع قيود/حدود اصطناعية لمنطقة مأخذ مياه البحر ونقطة تصريف الرجيع الملحي.

- نوصي بإجراء دراسات مكثفة فيما يتعلق بدراسة تأثير الرجيع الملحي الناتج من محطة تحلية تاجوراء على الكائنات والبيئة البحرية.
- نوصي بأن يكون هناك تعاون جاد بين إدارة مركز البحوث النووية ومصلحة الآثار لتقييم الوضع الحالي للمواقع الأثرية المكتشفة حديثاً، واتخاذ التدابير العاجلة لحمياتها من أي أضرار مستقبلية.

الإهداء

يود الباحث أن يشكر كل العاملين في محطة تحلية المياه في تاجوراء على تقديم يد العون طيلة فترة إجراء الدراسة، فلقد أظهروا اهتماماً جاداً بالاعتبارات البيئية، وأظهروا رغبتهم في الاستمرار بالعمل الجاد من أجل ضمان استمرار تشغيل المحطة دون أن تنتج عنها أي أضرار بيئية.

المراجع

N. Jaiswal, Environmental Law, Second Ed., (2003) p.327
Parivesh, Newsletter of the Central Pollution Control Board, (1996) New Delhi, India.
J.J. Sadhwani, J.M. Veza, C. Santana, Case studies on environmental impact of seawater desalination, Desalination, 185 (2005) 1-8.
T. Younos, Environmental Issues of Desalination. Journal of Contemporary Water Research & Education, 132 (2005) 11–18.
G.A. Tularam, M. Ilahee, Environmental concerns of desalinating seawater using reverse osmosis. Journal of Environmental Monitoring, (2007), DOI: 10.1039/b708455m.
A. Helmi, A technical report on Vibration and noise measurements of High pressure pumps at Tajoura RO desalination plant, (2009) (in Arabic).
Occupational Health and Environmental Control, OSHA 29 CFR 1910.95 - Occupational Noise Exposure, http://www.osha.gov (accessed on 16 November 2015).
Guidelines for community Noise, http://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoisepref.htm (accessed on 19 November 2015).
B. Brika, A.A. Omran, O.D. Addien, Chemical elements of brine discharge from operational Tajoura reverse osmosis desalination plant, Desalination and Water Treatment, (2016), 57 (12), 5345-5349.
G. Foley, S. Cropley, G. Giummara, Chemical dust suppressant's performance, ARAB Transport Research Ltd., Special Report 54, Victoria, Australia, (1996).
B.J. Golden, Impact of magnesium chloride dust control product on the environment, In: Proceedings of the transportation association of Canada annual conference, Winnipeg, Manitoba, (1991).
http://www.swrcb.ca.gov/rwqcb9/press_room/announcements/carlsbad

نبذة عن الباحث

بشير بريكة مهندس كيميائي حامل لدرجة الماجستير في مجال الهندسة الكيميائية من جامعة ستالنبوش في دولة جنوب إفريقيا، وهو يعمل حالياً باحثا علميا في المعمل المتقدم للتحاليل الكيميائية بطرابلس، وله عدد من الأوراق العلمية المنشورة في مجال مصادر المياه وتحلية المياه، ومشارك في عدد من المؤتمرات العلمية المتخصصة.