



المياه المحلاة من البحر المخاطر المحتملة

ملخص إداري

لا شك أن طبيعة المياه المحلاة وخصائصها لا تضاهي تماماً طبيعة وخصائص المياه العذبة الطبيعية لأن المياه المحلاة تنتج بعمليات تنصف بالسرعة والقسر تحت ضغوط عالية وباستخدام طاقات هائلة حرارية أو ميكانيكية أو كهربائية، ويتم تصفيتها وتعقيمها على عجلة ب مواد كيميائية سبل ميكانيكية وإشعاعية. كما أنها خلال ذلك تفقد ما فيها من أكسجين ومن أملاح معدنية نافعة وتجري في أنابيب وتمر بأوعية معرضة للتفاعل الكيميائي مع المياه فتنتج ذرات دقيقة من مواد ضارة تتعلق بالمياه المنتجة أو تذوب فيها. كما تجرف المياه المحلاة في طريقها إلى المستهلك كميات ضئيلة من المواد الضارة المتخلفة عن عملية التحلية والتقنية والتعقيم. إلى جانب ذلك فإن المياه المحلاة خالية تماماً من الأكسجين، أي أنها مياه ميتة تحتاج إلى سبل لإنعاشها .

ومما لا مرأى فيه أن المياه العذبة الطبيعية أفضل من المياه المحلاة إذا تم تنقيتها وتعقيمه أو كان من الممكن المحافظة على نقاوتها في مجاريها الطبيعية .

كما أن مياه البحر تختلف في خصائصها وتركيبها الكيميائي عن مياه المصادر العذبة، لهذا فإن عمليات تنقية وتعقيم المياه قبل استخدامها تختلف باختلاف مصدر المياه الخام. هذا لأن مياه البحر تحتوي على معاد ثقيلة ومركبات وكائنات حية مجهرية مغايرة لما في المياه الحلوة العكرة، مثالا لهذا أن الكائنات الحية المجهرية الملحية التي تعيش في المياه المالحة لديها مقاومة لدرجات الحرارة العالية. كما أن

المياه المالحة تحتوي على معادن تتسامى عند درجات الحرارة المرتفعة وقد تترسب عند تكثيف المياه لتقطيرها.

أما المياه الملوثة التي تلفظها محطة التحلية بكميات كبيرة، تكاد تصل إلى حجم المياه المنتجة، فهي مياه مركزة بالأملاح وملينة بنفايات مركبات كيميائية وعضوية من عمليات التحلية ومراحل معالجة الماء وبعد التحلية. كما أن المياه الخارجة من محطة التحلية تعاد إلى البحر خالية من الأكسجين، وعلى درجات حرارة مرتفعة بالمقارنة بمياه السواحل التي تتلقاها. وهذا يعرض البيئة البحرية للتلوث الكيميائي والحيوي والحراري، وقد يؤدي بمرور الوقت إلى إخلال في التوازن البيئي مما يؤثر على الجو في المنطقة وعلى فناء بعض الكائنات الحية البحرية النافعة وتكاثر الكائنات الحية البحرية الضارة.

أما المياه الملوثة التي تتجم عن غسيل أحواض التنقية ومعدات التعقيم في إعداد المياه العذبة الطبيعية للشرب فلا تحتوي إلا على كميات صغيرة من النفايات لا تمثل أي خطر على البيئة .

بناء على دراسة مستفيضة لاحتمالات وقوع مضار من المياه المحلاة ومحطات تحليه مياه البحر على البشر فان معظم الأضرار المذكورة يمكن تلافيها أو الحد منها باتخاذ الاحتياطات اللازمة وإتباع معايير متشددة للمياه التي تزويدها المحطات للمستهلكين. هذا سواء كانت الأضرار بصورة مباشرة نتيجة شرب المياه المحلاة أو بصورة غير مباشرة لما ينجم عن محطات التحلية من مخاطر على البيئة قد تلحق الأذى بصحة الأهالي في المنطقة .

ثم إن تقنية التحليه المستخدمة في الوقت الحاضر قد نجحت في علاج بعض الأضرار المتوقعة في شرب المياه المحلاة وذلك بإضافة الأملاح المعدنية التي تنزعها عملية التحليه من المياه وللقيام بتهوية المياه لإنعاشها بالأكسجين. هذا وان أغفلت مصالح المياه التلوث بالبكتريا الذي قد يعترى المياه أثناء التوزيع وهذا هو التلوث الشائع في كثير من مدن ومجتمعات العالم والذي يسبب الإسهال وقد يؤدي إلى الإصابة بنوع من الديرنتاري. ولعل عدم الاهتمام بهذا النوع من التلوث الشائع أن المواطنين في موقع التوزيع يكتسبون مناعة ضد نوع البكتريا أو الفلور المتواجدة في مياه شربهم بعد أن تجد طريقها إلى أمعائهم. ثم أن المصالح المسؤولة عن توزيع مياه الشرب تكتفي بوضع معايير لجودة مياه الشرب في مصدرها وتتغافل عن تحليل المياه في مراكز الاستخدام.

أما الأضرار الصحية التي ما زالت تقنية التحليه عاجزة عن تحاشيها فتشمل التخلص من فلورا البحر الملحية القادرة على التعايش في درجات حرارة عالية وفلورا الصدا التي قد تتجرف مع المياه المحلاة مؤدية إلى اضطرابات في الأمعاء والجهاز الهضمي. كذلك تلوث المياه المحلاة بكميات ضئيلة من المعادن الثقيلة المسؤولة عن التسبب في الفشل الكلوي، وكميات محسوسة من المياه الثقيلة التي يصعب تحديد ضررها على الإنسان، والمواد السامة التي تسامى في درجات الحرارة العالية والمسؤولة عن أضرار الجهاز التناسلي والأجنة. هذا بالإضافة للتغير في بنية المياه التي تؤدي إلى الإصابة بأنواع مختلفة من الحساسية وإنتاج الشقوق الحرة المسؤولة عن تكوين نواة الاوارم الخبيثة.

مثل هذه الأضرار التي لا تهتم بها تقنيات التحليه الحديثة مثل ما تهتم بخفض تكاليف المحطات وزيادة كفاء أدائها من الممكن استخدام التقنيات الحديثة لفصل المياه

الثقيلة والمعادن الثقيلة عن مياه الشرب، وابتكار تقنيات جديدة للحد من مضارها أو تلافيه نهائياً في المياه المحلاة. وحتى يمكن ابتكار تلك التقنيات يلزم الدأب على زيادة المعرفة بطبيعة الملوثات وخصائصها وإجراء العديد من التحاليل والتجارب. إلا أن كل هذا له ثمنه.

وبالنسبة لأخطار تأثير عمليات التحليه على البيئة فلا شك أن الأخطار قائمة نتيجة رفع درجة الحرارة وزيادة الملوحة قرب الساحل، واقرب المخاطر حدوثاً هو القضاء على الثروة البحرية وتشجيع تكاثر البكتريا الملحية الضارة بالإنسان وأبعدها حدوثاً هو التأثير على المناخ المحلي وتعجيل وقوع التدفئة العالمية.

إلا أن هناك سبل للحد من تلك الأخطار مثل تهوية المياه العائدة إلى الخليج قبل التخلص منها لإنعاشها، والقيام بعمليات خلط وانتشار تضمن عدم تركيز آثارها في مكان واحد، والقيام بفصل المعادن والأملاح عن المياه الملوثة قبل دلق النفايات في الخليج. كما يمكن الاستفادة من تلك المنتجات لأن أغلبها من المواد التي تحتاجها الصناعة. وهذا أيضاً له ثمن.

وبحساب ما يلزم لتأمين سلامة صحة المواطنين والحفاظ على البيئة قد تتساوى تكلفة المياه المحلاة بالمياه المستوردة.

محتويات

٢	ملخص إداري
٦	محتويات
٩	تقديم
١٥	مداخلات
٢٤	خلفيات
٢٤	المصادر الطبيعية والصناعية للمياه العذبة
٢٤	المياه الطبيعية العذبة
٣٠	المياه المخلاة
٣٠	عجز في المياه
٣٢	معايير جودة مياه الشرب
٣٢	مياه الشرب الطبيعية
٣٤	جودة مياه الشرب عموماً
٣٤	المياه المخلاة
٣٦	تجارب لدراسة صلاحية المياه المخلاة للشرب
٣٦	التجارب
٣٧	نتائج التجارب
٣٩	مصادر المياه المخلاة
٣٩	المياه الساحلية والمياه المحصورة
٣٩	المياه الساحلية
٤٠	خصائص المياه الساحلية
٤٠	تلوث المياه

٤٠	مقاييس تلوث المياه
٤١	نفايات محطات التحلية
٤٢	مياه الخليج العربي
٤٤	المياه الميتة
٤٦	موت السمك
٤٩	المخاطر المرتقبة على صحة الإنسان من المياه المخلاة
٤٩	خصائص المياه المخلاة
٤٩	تركيب المياه المخلاة
٥٠	حلل في المياه المخلاة
٥٠	حالة المياه المخلاة
٥١	ملوثات المياه المخلاة
٥١	المواد الصلبة العالقة والمذابة
٥٢	السلامة من الأوبئة
٥٣	التحلية بالأغشية
٥٣	التحلية بالتقطير
٥٤	أمور ما زالت غامضة
٥٥	المياه الثقيلة
٥٥	المحتويات العضوية
٥٥	الشوائب الصناعية
٥٦	الشوائب البيئية
٥٧	نقص المياه المخلاة
٥٧	حالة المياه المخلاة
٥٧	بنية المياه
٥٩	حرارة مياه الشرب
٦٠	الحموضة
٦٠	التأثير المرتقب للمياه المخلاة على صحة الإنسان

٦٠	تأثير شوائب المعادن الثقيلة
٦٢	تأثير شوائب البكتريا
٦٢	تأثير غياب الأملاح المعدنية
٦٢	تأثير غياب الأكسجين
٦٣	مخاطر محطات التحلية على البيئة
٦٤	تأثير محطات التحلية على البيئة
٦٤	مياه النفايات
٦٥	تلوث البيئة بالمياه الراجعة
٦٧	اضطراب البيئة
٦٨	تعقيب

تقديم

تتوي الكويت استيراد المياه العذبة من إيران، إذ أن هناك خططا طموحة لإقامة أطول خط أنابيب في العالم لنقل مياه الشرب من إيران إلى الكويت.^١ ومن المقرر أن ينقل خط الأنابيب الذي يصل طوله إلى خمسمائة و أربعين كيلومترا مائتي مليون لتر من المياه إلى الكويت يوميا من سد كرخه في شمال إيران إلى سواحل جنوب الكويت، مارا عبر الأراضي الإيرانية و أسفل مياه الخليج. وسوف تتولى مجموعة شركات أوروبية وعربية ويابانية تنفيذ المشروع الذي تصل تكلفته إلى مليارين من الدولار خط الأنابيب.

كما نقلت صحيفة الرأي العام الكويتية مسبقا^٢ أن "الكويت لا تمانع في قبول عرض إيراني ببيعها ٧٥٧ مليون لتر يوميا^٣ من مياه الشفة شرط أن يكون سعر اللتر مناسبا".^٤

1 أنابيب لنقل المياه من إيران إلى الكويت. جريدة البيان . الجمعة ٢٩ ذي القعدة

١٤٢١هـ الموافق ٢٣ فبراير ٢٠٠١.

2 إيران ترفض بيع الكويت مياهها , ناصر الصباح إلى طهران اليوم . جريدة البيان

دولة الإمارات العربية دبي . الإثنين ٢٣ ربيع الآخر ١٤٢١ هـ الموافق ٢٤ يوليو ٢٠٠٠ .

3 ٢٠٠ مليون جالون يوميا.

4 هذا رغم أن إيران عانت من جفاف لا سابق له في سنة ٢٠٠٠ اجتاحت ١٨ إقليما من ٢٨ بينما يفتقر ١٢ مليون نسمة من سكان المناطق الريفية و المدن إلى مياه الشرب.

وقد أبدت إيران في وقت لاحق إمكانية تصدير مليار متر مكعب من المياه في السنة إلى دول جنوب الخليج المجاورة للشواطئ و بدأت ذلك بتقديم خطة إلى حكومة قطر^٥. والخطة هي أن تصدر إيران المياه بسعر الجملة في أنابيب تصل إيران بالدولة المستوردة. وقد قدرت تكلفة نقل المياه بالأنابيب بحوالي ٥٦٢٥ إلى ٧٥٠٠ ألف ريال سعودي. وستكلف المياه المصدرة إلى الكويت ٥٦٢ هـللة إلى ٧٥٠ هـللة للمتر المكعب الواحد لمدة ثلاثين سنة . ومن المخطط إكمال مشروع لنقل ٦٠ مليون لتر في اليوم خلال خمسة أعوام بواسطة اتحاد من المستثمرين من إيران وبريطانيا والكويت؛ حيث يتكفل المستثمرون الإيرانيون بنسبة ٣٥% من الإستثمار الكلي الذي يبلغ ٧٥٠٠ مليون ريال سعودي.

والمشروع يهدف إلى مد ٤٥٠ كيلو مترا من خط الأنابيب من سد كرخة في جنوب شط عباس في ولاية خزستان بحيث يمر ٣٣٠ كيلومتر من الخط في إيران بتكلفة تقدر بـ ٣ مليار ريال سعودي . هذا إلى جانب إنشاء ١٠ كيلومتر من الخط تحت البحر.

⁵ وكالة أنباء قطر، الدوحة؛ ٢٨ يناير ٢٠٠١. إمكانية تصدير مليار متر مكعب من المياه في السنة من إيران إلى دول الخليج .

وما زالت الكويت تدرس جوانب المشروع من الوجيهات السياسية والاقتصادية والأمنية.^٦ وحالياً تقوم الكويت بتحلية مياه الخليج لتزويد ٢٣ مليون نسمة بالمياه، أما المياه الجوفية القليلة فتستهلك في ري المزارع البسيطة في الشمال والجنوب.

وعلى الرغم من أن نقل مياه الشرب من إيران سيكلف الكويت أكثر من تكلفة تحليه مياه البحر، إلا أن الخط سيجعل الكويت أقل اعتماداً على تحليه مياه البحر، التي يعتقد أنها تضر بالبيئة في المناطق الساحلية. كما أن الاعتقاد الرائج بأن المياه المحلاة من البحر مضرّة بالإنسان كان مبرراً للكويت لعقد اتفاقية.

بناء على هذا يتناول هذا التقرير البحث في احتمالات وقوع مضار من المياه المحلاة ومحطات تحليه مياه البحر على البشر سواء بصورة مباشرة نتيجة شرب المياه المحلاة أو بصورة غير مباشرة لما ينجم عن محطات التحلية من مخاطر على البيئة قد تلحق الأذى بصحة الأهالي في المنطقة. وسيهتم البحث بخصوصيات منطقة الخليج العربي عموماً، والكويت على وجه الخصوص نظراً لما تختص به من ظروف بيئية وحاجات للمياه تختلف عن سواها من الدول التي تنتج وتستهلك مياه التحلية.

وسيقصر البحث في تناوله لمخاطر المياه المحلاة على المستهلك على الأضرار المتعلقة بعملية التحلية دون تناول المخاطر الممكن حدوثها في عملية خزن المياه المحلاة أو توزيع المياه من المحطة إلى المستهلك أو في عملية سحب المياه في مكان الاستهلاك. هذا علماً بأن كثير من المخاطر التي يتعرض لها المواطنون في أي مكان في العالم تنجم عن تلوث المياه عقب تصفيتها وتعقيمها أي بعد ولوجها في شبكة

⁶ (Associated Press, Sunday 4 February 2001. Kuwait considering a project to)
(transport water from Iran.

التوزيع. لهذا فان شرب مياه الصنبور يمثل أخطارا صحية كبيرة في جميع المدن الكبيرة وخاصة العواصم المكتظة بالسكان، رغم المعايير المتشددة التي تفرضها بعض الدول والتوجيهات التي تصدرها منظمة الصحة العالمية. وهذا لا يقتصر على الدول النامية ولا على الدول ذات الدخل القومي المحدود. فمياه الصنبور في باريس ولندن ونيويورك وروما ليست فقط غير صالحة للشرب بل تسبب وعكة صحية قد تنتهي بأمراض غير محمودة العواقب مثل الدزنتاري. واقل تلك الوعكات الصحية ضرراً هو الإسهال الذي قد يؤدي إلى جفاف في الجهاز الهضمي من أنواع من الأميبا أو الفلورا^٧ التي تسبب التهابات حادة في الامعاء الغليظة. غير أن أهالي المدينة عادة ما يكتسبون مناعة بمرور الوقت فلا يتأثرون صحياً ولو ظاهرياً بالتلوثات التي تصيب الوافدين على المدينة من أو جرعة ماء يشربونها فالبكتيريا تعيش في أجسامهم ويتعودون عليها.

أما مياه الشرب في بعض المدن الأخرى مثل نيودلهي ومكسيكو سيتي فتسبب أمراضاً خطيرة، حتى أن المسافرين لتلك المدن من الولايات المتحدة الأمريكية يتلقون تعليمات من الحكومة الأمريكية بتقادي شرب المياه العامة أو تعاطي أي طعام مغسول في تلك المياه تقادياً للأمراض. بل أن تحليل مياه الصنبور في بعض تلك المدن اثبت أن مياه الشرب تحتوي على جراثيم التيفود.

في المقابل تعتبر مياه شيكاغو مياهها عالية الجودة رغم تلوث بحيرة ميتشجان التي هي مصدر المياه وخاصة بعد التحقق من وجود نوع من القواقع المسببة لأمراض مثل مرض البلهارسيا الشائع في أفريقيا واليابان وبعض دول أمريكا الجنوبية.

⁷ بكتريا أو كائن حي مجهري يوجد في المياه وبها جم الامعاء الغليظة.

والسبب الرئيسي لمضار الشرب في أغلبية المدن الكبرى ناجم عن سوء التخطيط وان شبكات التوزيع المياه وشبكات تصريف المجاري لا تستوعب النمو السكاني. وتجاوز شبكتي المياه والمجاري يؤدي إلى تسرب البكتيريا من أنابيب المجاري إلى أنابيب المياه بصرف النظر عن المواد المستخدمة في تصنيع الأنابيب فليس هناك مادة تعوق سح المياه المحملة بالبكتيريا وتلويثها للتربة ونفاذها إلى شبكة الشرب خاصة لو كان الضغط عالياً في الأنابيب نتيجة سرعة سريان السوائل الملوثة والمركزة بالنفائات.⁸

ولا يقتصر تأثيره سوء توزيع مياه الشرب أو تلوثها عند مركز الاستهلاك على المدن الكبيرة المكتظة بالسكان ففي بعض ضواحي المدن في الولايات المتحدة الأمريكية التي تعتمد على مياه الآبار الحلوة قامت شركات التعمير والإنشاء ببناء بيوت متقاربة كل منها بئر مياه وصهريج لخزن مياه المجاري الملوثة. ولم يمر وقت طويل حتى نضجت مياه المجاري المركزة في التربة ولوثت آبار مياه الشرب.

كذلك كان الحال في بداية القرن العشرين في مقاطعة برجاندي بفرنسا حيث تلوثت مياه الشرب بالتيفود رغم أن المقاطعة غير مكتظة بالسكان، واضطر الأهالي إلى شرب النبيذ تحاشياً للأخطار الكامنة في مياه الشرب.⁹

ومثالاً حياً لأضرار المياه المحلاة على الصحة والناجمة عن التلوث أثناء التوزيع وفي مراكز الاستهلاك مياه جزيرة سردينيا بإيطاليا التي تعتمد كلية على المياه

⁸ من أسس الطبيعة انه إذا مر مجرى مياه المركزة بالشوائب إلى جوار مجرى مياه نقية تنتقل الشوائب إلى المجرى النقي حتى يتساوى التركيز في كلا المجريين.

⁹ لهذا تشتهر المقاطعة بإنتاج النبيذ.

التي تنتجها محطة التحلية في الجزيرة. فرغم أن كل التحاليل تثبت أن مياه المحطة نقية ومعقمة إلا أن مياه الشرب تسبب المغص والإسهال إلى جانب أن طعمها غير مستساغ.

ولعل الأسباب المؤدية لتفاقم أضرار مياه الشرب حول العالم هو أن المؤسسات التي تزود الناس بمياه الشرب تقتصر مهمتها على التأكد من جودة المياه المنتجة وتقوم بالتحاليل اللازمة للمياه المنتجة لمراعاة العمل بمعايير المنطقة لجودة المياه. إلا أنها لا تشغل نفسها بالتأكد من جودة ما يصل إلى المستهلك من المياه، وقيامها بتحليل المياه في مراكز الاستهلاك أمر لا يحدث بصورة رتيبة أن حدث على الإطلاق.

مداخلات

عقب ما أذيع خبر تفضيل الكويت استيراد المياه من إيران عن الاستمرار في توسعة مقدرتها على تحليه مياه البحر بسبب الأضرار المحتملة المياه المحلاة من البحر بالإنسان، نشرت الكثير من المداخلات، منها:

- الإشاعة الخاصة باحتمال وقوع الضرر على البشر الذين يشربون المياه المحلاة ما هي إلا فزعة سرعان ما تتلاشى لان أسبابها مبنية على غير أساس. ثم أن جزيرة كوراكوا في الانتيلز الهولندية قد استخدمت المياه المحلاة في تزويد مياه البلدية منذ عام ١٩٢٨، دون أن يسجل أي تأثير غير محمود من شربها.^{١٠} إلا أن كثير من الناس يحتاجون إلى ما يشغلهم ويقلقهم. أنه من الممكن المراهنة على أن جودة المياه المزودة للناس في الكويت أعلى عن كل متطلبات الجودة المنشورة، بل أنها أفضل من جودة المياه المتاحة لما يزيد على ٩٥% من مواطني العالم.^{١١} ثم أن بين ابرز العاملين في مجال البيئة والصحة في الكويت بعض النشطين في مجال تحليه المياه. وإذا ما كان هناك أسس لهذه الموجة من الفزع فعلى الذين يؤيدون هذا القول أن ينشروا البيانات

¹⁰ عند شح المياه العذبة وتعذر الحصول عليها قلما يشتكي المستهلكون، فليس في حولهم من بديل آخر. هذا إلى جانب أن رصد الأحوال المرضية المعزولة غير موجودة في الكثير من البلاد ناهيك عن رصد أسباب العلل والبحث عن سبل للتقليل من حوادث المرض إلا إذا كانت الحالات المرضية وبائية.

¹¹ كاتب المداخلة يرأس شركة لتوريد وإنشاء محطات تحليه.

والنتائج التي حصلوا عليه في المجالات العلمية والحلقات العلمية المفتوحة ويعززوها بالمنطق حتى يقيم المختصون أعمالهم، وحبذا لو عرضوا النتائج للمناقشة في مؤتمر عالمي مختص بتقنية التحلية.¹²

• ربما تصبح المياه المحلاة خطراً على الإنسان عندما تتعرض للعبث بها عن قصد.¹³

• منذ أكثر من ٣٠ عاماً مضت، عندما كانت محطات التحلية صغيرة، قامت موجة مماثلة من تهيب استخدام المياه المحلاة في الشرب. وفي نهاية العقد السادس من القرن العشرين كان الاهتمام مركز على مشكلة الطعم الغير مستساغ للمياه المقطرة، إلا أن إضافة كمية صغيرة من المياه المالحة النظيفة إلى منتج المياه حل المشكلة. كما أن استخدام المياه المحلاة قد انتشرت بصورة واسعة بحيث أن هذا الموضوع قد جرى نقاشه في منتديات عديدة. ومن الأحداث الطريفة المتعلقة بالموضوع، انشغال الناس على إحدى الجزر

¹² (Robert Kadaj, Friday 2 March 2001. Private Communications.)

(Westneck@aol.com)

¹³ (Larry Keating, Monday 5 March 2001. Private Communications.)

(wmdir@civb.org)

اليونانية الصغيرة لفترة وجيزة من الوقت في الجدل حول تأثير المياه المحلاة على رجال الجزيرة، لكن نتيجة الجدل كانت ايجابية.^{١٤}

- أغلب الظن أن المياه التي ستوردها إيران ستكون أكثر فساداً من مياه البحر سواء كانت محلاة أم لا.^{١٥} لو أن أكثر من ٧٥ عاماً من استخدام عمليات تحليه مياه البحر على السفن الحربية وغيرها وفي المنشآت العديدة على الشواطئ غير كافية كشاهد كاف على سلامة المياه المحلاة في الشرب فلا يبدو أن هناك دليل آخر يمكن استخدامه لإقناع من يشك في صلاحية المياه المحلاة للشرب.^{١٦}

- من خلال خبرة طويلة بالتحليه تبين أن أغلبية المخاوف تنحصر في توجيه نفايات المياه الشديدة الملوحة الملفوفة من محطات التحلية إلى برك مفتوحة، مما قد يؤدي إلى التسرب في التربة واختراقها إلى المياه الجوفية تحت التربة وتلويثها. وقد جرت العادة على عدم توجيه مياه النفايات الملفوفة إلى نهر أو بحيرة لتلافي أي إشكاليات بيئية. والمشكلة الثانية التي تدعو إلى القلق هي النفايات المختلطة بالكلورين لاحتوائها على مركبات الكلورين

¹⁴ (Tom A. Lawand, Monday 5 March 2001. Private Communications. Solargetics)
Ltd., 20385 Lakeshore Road, Baie Durfe, Quebec, Canada H9X1R2;
(tlawand@videotron.co; Telephone: 1-514-457=6968

¹⁵ من الواضح نوع من التحامل على إيران .

¹⁶ (John N. DeBoice, Saturday 3 March 2001. Private Communications,)
(h2obear@northcoast.com

الهيدروكربونية السامة،^{١٧} ولا سيما في الأماكن البحرية. أما بالنسبة للتخلص من النفايات المالحة في البحر فليس هناك ما يدعو إلى القلق سواء من مفعول الحرارة الكامنة في تيار النفايات المتدفقة أو من التلوث الكيميائي المصاحب لها وذلك لفاعلية عملية تخفيف التركيز التي تجري في البحر نتيجة هطول الأمطار.^{١٨} يشهد على ذلك التغيرات الضئيلة الغير ملحوظة في ملوحة مياه البحر في المنطقة المتأخمة لمحطات التحلية.^{١٩}

- التفكير في عدم سلامة المياه المحلاة وإضرارها بصحة الناس غريب بالنسبة للكويت التي ليس لديها أي نوع من مصادر المياه الحلوة سواء من انهار أو أي طبقات جوفية تحتوي مياهًا عذبة فهي تعتمد أساساً على التقطير الحراري ولحد بسيط على الضخ الأسموزي العكسي.^{٢٠}
- مشكلة أضرار المياه المحلاة من البحر للإنسان نوقشت سابقاً في إحدى المنتديات الالكترونية، حيث كان الاهتمام الأكبر بتأثير المياه المحلاة على الصحة جراء خلوها من الأملاح، أي أن كل من يشرب المياه المحلاة بدلاً

¹⁷ التي تستخدم في إبادة الحشرات ، (DDT). (organochlorine)

¹⁸ هطول الأمطار يعتمد على موقع المحطة وفي حالة الكويت لا توجد أمطار كافية لتخفيف تركيز النفايات. غير أن التيارات البحرية والخلط أو المزج قد يساعد على تخفيف ملوحة المياه المجاورة للمحطة إلا في حالة المياه الهادئة.

¹⁹ (Radihka Vonkat, Sunday 4 March 2001. Private Communications.)

(Radhivenkat@hotmail.com)

²⁰ Dr. Irving Moch, Jr. Sunday, 4 March 2001. Private Communications. Imoch@aol.com

من المياه الطبيعية يتناول كمية أقل من الأملاح. ولعل الإجابة الأكثر إقناعاً لهذه القضية هو أن الإنسان يحصل على الأملاح من الطعام الذي يتناوله^{٢١} وأن ما قد يفوته من كميات ضئيلة من الأملاح باستهلاك المياه المحلاة ليس له أهمية كبيرة.^{٢٢}

- ليس من صالح احد القيام برعاية أو نقل شائعات غير قائمة على حقائق ثابتة.^{٢٣} فالיום تنتج عمليات التحلية سواء الحرارية أو المستخدمة للأغشية مئات الملايين من الأمتار المكعبة من المياه يومياً، خاصة في الشرق الأوسط، وهذه العمليات تجري لمدة تزيد عن خمسين عاماً دون أن نرى أي أضرار

²¹ هذا فرض ليس صحيحاً في كل مكان أو لكل شخص فهو يعتمد على نوعية الطعام الذي يستهلكه الفرد .

²² (Nicolas (Nick) Swain, Senior Chemical Engineer, Sunday 4 March 2001. Private)
communications. Arup Stokes, Level 2 Optus Centre, 431-439 King William Street, Adelaide,
(SA 5000. Phone: + 618 8212 5580.

²³ الإشارة هنا إلى ضرر المياه المحلاة بالإنسان .

صحية مزعجة خلال تلك العقود،^{٢٤} لكننا شاهدنا نمواً اقتصادياً وسكانياً يتميز بالحيوية المنقطعة النظير.^{٢٥}

- تعترض إحدى المنظمات^{٢٦} المهمة بصحة المواطنين في ولاية فلوريدا، على مشروع لإنشاء محطة تحليه لمياه البحر في الولاية إلى جوار محطة كهرباء^{٢٧} تحرق الفحم. هذا رغم أن تصميم المحطة يتبع أكثر التقنيات الحديثة تقدماً وبالأخص من ناحية تخفيف حدة التأثير على البيئة. والمخطط القائم ينتوي التخلص من النفايات بضم مسرى نفايات محطة تحليه المياه المالحة من تصريف المياه المسخنة من محطة الكهرباء، ويتم التخلص من المياه الملوثة بتفريغها في مصب (فم) "خليج تامبا". وفم الخليج ضحل المياه ما عدا الأجزاء التي تم جرف قنوات فيها لعبور مراكب الشحن، والمياه التي فيه لا تتدفق إلى خليج المكسيك. وهناك مخاوف من أن فم خليج تامبا الفاسد

²⁴ في الواقع انه ليس هناك إحصائيات عالمية أو محلية بخصوص مقارنة بين من يشرب المياه المحلاة ومن يشرب المياه الطبيعية حتى يمكن التحقق من وقوع الضرر أو عدمه.

²⁵ (Dr. Irving Moch, Jr. Monday, 5 March 2001. Private Communications. Imoch@aol.com)

²⁶ Save Our Bays, Air, and Canals (SOBAC) Apollo Beach, Florida, USA.

(www.ij.net/anglers/antigua) منظمة أنقذوا أولادنا، والهواء والقنوات .

²⁷ (TECO (Tampa Electric Company))

سيزداد تلفاً بإضافة النازح إليه من محطة التحلية المقترحة لما فيها من مياه مركزة الملوحة وغاصة بالكيماويات. ثم أن مستويات الأكسجين الذائبة أصبحت مصدر قلق بالنسبة لسلامة الثروة المائية، ومسألة تفريغ نفايات المحطة يومياً في المنطقة يعتبر مشكلة أعوص.^{٢٨}

- لعل الخطر الوحيد الذي يخطر على البال من أضرار المياه المحلاة هو أن في التقطير التام للمياه المالحة غياب الأملاح المعدنية التي يتعاطاها الإنسان مع مياه الشرب، وطول استعمال المياه المقطرة قد يؤدي إلى نقص في حاجات الجسم (على أسوأ الفروض)، إلا أن الحل سهل، إذ يمكن إضافة كمية ضئيلة من الأملاح المعدنية المفيدة حسب الحاجة إلى منتج المياه المحلاة. وهذا ما يحدث في واقع الأمر.^{٢٩}

- أن الاعتقاد الرائج بأن المياه المحلاة من البحر مضرّة بالإنسان ما هو إلا شائعات.^{٣٠}

²⁸ Member (Jeanett Doyle, Friday 2 March 2001. Private Communications. Educator, Board)

. of Save Our Bays, Air, and Canal (SOBAC) Apollo Beach, Florida, USA

²⁹ F. Marc de Piolenc, Saturday 3 March 2001. Private Communications.)

. (piolenc@mozcom.com)

³⁰ Professor Ibrahim S. Al-Mutaz, Chairman of Chemical Engineering Department, College)

. (of Engineering, King Saud University, P.O. Box 800, Riyadh 11421, Saudi

- هناك كثير من التساؤلات تثيرها الأنباء الواردة من الكويت والتعليقات التي أعقبتها، منها: ما هي مصادر الإشاعات القائلة بأن المياه المحلاة تسبب مشاكل صحية؟ ما هي الأضرار على البيئة التي يسببها تدفق نفايات عمليات التحلية العائدة من محطات الضغط الأسموزي المعاكس إلى البحر؟ ما هي محتويات السوائل التي تتدفق خارجة من المحطات؟ وأي تلك السوائل أكثر ضرراً على البيئة؟ (مثل، مستوى الأوكسجين الذائب في مياه البحر، درجة الملوحة، المعادن، المواد الكيميائية، الخ). ما هي العواقب البيئية الناجمة من التخلص من المنتجات المركزة من الأملاح في البيئة المحيطة بالمحطة؟ هل يمكن إعطاء أمثلة من المحطات وموقعها في هذا الشأن؟³¹
- مياه البحر التي تحتوي على ٣٥ ألف جزء في المليون من المواد الصلبة المذابة غير صالحة للشرب. وفي الجانب الآخر، فإن المياه المتناهية النقاوة التي لا تحتوي على أي كمية يمكن قياسها من المواد الصلبة المذابة، هي الأخرى غير صالحة للشرب. أما مياه الشرب المتعارف عليها فعادة ما تحتوي على ٢٠٠ إلى ٧٠٠ جزء من المليون من المواد الصلبة المذابة، ولا تحتوي على أي مواد سامة حتى لو كان ذلك بنسب ضئيلة. إلا أن الإشاعات القائمة عن ضرر المياه المحلاة للإنسان قد تتعلق بالمياه المتناهية النقاوة التي

³¹ (Jeanette Doyle, Tuesday 6 March 2001. Private Communications. Educator.)

. (Board Member of Save Our Bays, Air. And Canal (SOBAC) Apollo Beach, Florida, USA

تستخدم في صناعة الأدوية وبعض العمليات الصناعية وفي تبريد المفاعلات النووية.
إنتاج مثل هذه المياه مكلف للغاية كما أنها أكالة بشراسة لكل ما
تلامسه، أي أنها تحاول إذابة أي شيء تمر عليه، كما أنها قطعاً غير ملائمة
للشرب.^{٣٢}

³²) William Hanna, P.E., Tuesday 6 March 2001. Private Communications.)

(hanabill@tcsn.net)

خلفيات

المصادر الطبيعية والصناعية للمياه العذبة

مما لا شك فيه أن هناك تباين بين طريقة تكوين أو إنتاج المياه المحلاة التي تنتجها محطات ووحدات تحليه المياه المالحة وبين الطريقة التي تتكون بها المياه العذبة الطبيعية التي يحصل عليها الإنسان من مصادر المياه العذبة الطبيعية، مثل مياه الأنهار والبحيرات الحلوة والمياه الجوفية ومياه العيون وفي بعض الحالات مياه المطر. وبهذا فإن المياه المحلاة والمصفاة والمعقمة التي يشربها الناس قد تختلف في تركيبها ومكوناتها وخصائصها عن محتويات المياه الطبيعية التي يشربها الإنسان بعد تصفيتها وتنقيتها من الملوثات الدخيلة على مصادرها الطبيعية.

المياه الطبيعية العذبة

المياه العذبة الطبيعية تتكون خلال مرورها بدورة طبيعية دائبة³³ يتم فيها تحليه جزء من المخزون الطبيعي للمياه المالحة والآسنة ومعالجة المياه الراكدة³⁴ المفتقرة للأكسجين تنقية المياه الملوثة سواء لوثها النشاط الإنساني أو الحيواني على الأرض،

³³ دورة المياه أو الدورة الهيدرولوجية.

³⁴ بعض المياه الراكدة تعتبر مياهاً ميتة لانقارها إلى كميات كافية من الأكسجين الذي يساعد على نمو الطحالب وتواجد الأحياء المائية.

أو عكرتها التربة وما فيها من نباتات، أو اعتراها الركود ففقدت حيويتها. وبهذا تتجدد مصادر المياه العذبة وتستعويض تلك المصادر عما فقدت خلال عمليات الاستهلاك المتواصلة والتبخر الطبيعي.

هذه الحركة الدائبة هي التي تحفظ جودة المياه الصالحة للشرب وملائمتها لسقيا الإنسان، فالماء الخامد المخزون لفترة طويلة يعتريه التلف وتقل محتوياته من الأكسجين حتى انه يهلك ما قد يعيش فيه من الأسماك والنباتات. ويعد من المحال على الإنسان خزن المياه على المدى الطويل، فان كان المخزون مفتوحاً فالتبخر لن يبقى منه كثير أو قليل إلا إذا أضيف إلى الخزان مياه عذبة بصورة متواصلة لتعويض ما يتسرب وما يتبخر. أما المخازن المغلقة فستشغل مساحات شاسعة ويفسد الطن ما فيها من المياه المخزونة. قال تعالى: {وأنزلنا من السماء ماء فأسقيناكموه وما أنتم له بخازنين،^{٣٥} وقال تعالى: {وأنزلنا من السماء ماء بقدر فأسكناه في الأرض وإننا على ذهاب به لقادرون،^{٣٦} {

ودورة المياه الطبيعية تعمل على الإنتاج المتواصل للمياه، وتبدأ من سطح الأرض ثم تمر بتغيرات عديدة تطرأ عليها في الأجواء المحيطة بها حتى تعود إلى الأرض مياه عذبة نقية. قال تعالى: {أفرأيتم الماء الذي تشربون، أنأنتم أنزلتموه من

³⁵ (الحجر، الآية: ٢٢).

³⁶ (المؤمنون، الآية: ١٨).

المزن أم نحن المنزلون، لو نشاء جعلنه أجاباً فلو لا تشكرون،^{٣٧} وقال تعالى: {وهو الذي أرسل الرياح بشراً بين يدي رحمته وأنزلنا من السماء ماء طهوراً}^{٣٨}.

ورغم ما يحيق بالناس من هلع العواصف الممطرة والأعاصير المزعجة فإن غياب المطر يهدد الحياة على الأرض بالفناء. قال تعالى: {وأنزلنا من المعصرات ماء ثجاجاً،}^{٣٩}.

في دورة المياه الطبيعية تتبخر المياه المالحة في البحار والمحيطات والأنهار والبحيرات والمياه الراكدة في البرك والمستنقعات أو المياه المختلطة بالملوثات والنفائات، والمكتظة بالآفات والطفيليات. ويتصاعد البخار لتكوين غمام وضباب وسحب مرتفعة في المناطق العليا من الجو. وتحت تأثير تغيرات الحرارة والضغط الجوي والرياح، تسقط المياه على شكل أمطار وبرد (حب المزن) وتلوج تكاد تكون خالية من الشوائب الأرضية. فمن آيات الله: {تصريف الرياح والسحاب المسخر بين السماء والأرض،}^{٤٠} {الله الذي يرسل الرياح فتنثر سحاباً،}^{٤١} {والله الذي أرسل الرياح

³⁷ (الواقعة، الآية: ٦٨ - ٧٠).

³⁸ (الفرقان، الآية: ٤٨).

³⁹ (عم، الآية: ١٤).

⁴⁰ (البقرة، الآية: ١٦٤).

⁴¹ (سورة الروم الآية ٤٨).

فتثير سحاباً}،^{٤٢} {وهو الذي يرسل الرياح بشرا بين يدي رحمته حتى إذا أقلت سحاباً ثقالاً سقناه لبلد ميت فأنزلنا به الماء}.^{٤٣}

ومن آيات الله أن الرياح تقوم بدور تلقيح السحاب حتى يولد الأمطار الغزيرة فتسقط حيثما تهب الرياح. قال تعالى: {وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء ماء فأسقيناكموه}،^{٤٤} وفي محاولة لتقليد ما يحدث في الطبيعة من تلقيح الرياح للسحاب حتى يهطل المطر تقوم الطائرات بنشر مادة نترات الفضة على السحب حتى تخصبها فينزل من المعصرات ماء ثجاجا حيث يتم الإخصاب.^{٤٥} بل أن المقدرة على خفض حرارة الجو في منطقة مثل السواحل الغربية للملكة قد ينجم عنها تحويل مجري الرياح الموسمية التي توجه هطول المطر إلى المحيط بحيث تهب على الجزيرة العربية وتؤدي إلى غزارة المطر في الحجاز.^{٤٦}

⁴² (فاطر، الآية: ٩).

⁴³ (سورة الأعراف، الآية: ٥٧).

⁴⁴ (الحجر، الآية: ٢٢).

⁴⁵ هذه العملية هي التي يطلق عليها "تعديل الجو" وتهدف إلى إنزال المطر على

التزول في مكان بعينه (قبل أوأنه) بدلاً من التزول في وقت لاحق على مكان بعيد

(مثل البحر، حيث لا يمكن الاستفادة منه). وهناك اعتراضات سياسية على ذلك.

⁴⁶ (Husseiny AA,1977.Iceberg Utilization, Proceedings of the First International)

Conference and Workshops on Iceberg Utilization for Fresh Water Production,

(Weather Modification and Other Applications. Pergamon Press, New York, USA

وبعد هطول المطر تسري المياه بقوة على سفوح الجبال جارفة ما يعترضها من أملاح المعادن تجرفها إلى الأنهار والأودية، وتجري على سطح الأرض في مجار من طمي أو رمل فيتسرب منها الكم الكثير إلى باطن الأرض ليعوض المياه الجوفية ما افتقدت من ماء في الاستهلاك البشري وحتى تغذي العيون فتنبثق الينابيع. قال تعالى: {أنزل من السماء ماء فسالت أودية بقدرها فاحتمل السيل زبداً رابياً}،^{٤٧} وقال تعالى: {ألم تر أن الله أنزل من السماء ماء فسلكه ينابيع في الأرض}.^{٤٨}

والمياه النقية التي تنزل من السماء تشق مسافات طويلة في الجو حتى تتساقط على الأرض، وفي رحلتها الطويلة تنتشع بالأوكسجين الذي يعمل على إنعاشها لمدى قصير. وقد تعثر بها الشوائب أثناء هطول المطر ومرورها بالجو أن كان ملوثاً. إذ أن تلوث الجو بأكاسيد النيتروجين والكبريت والكربون يؤدي إلى ظاهرة المطر الحمضي. كما أن سريان المياه على سفوح الجبال وجريانها على سطح الأرض يساعد على تغير خصائصها بما يختلط بها من بقايا معادن وشوائب، قد يكون بعضها مفيداً وبعضها ضاراً بالإنسان.

غير أن البرق والرعد يقومان بدور تطهير المياه الهابطة من السماء من البكتريا والمواد العضوية المتطايرة التي قد تعلق بها في الهواء، وذلك عن طريق التفريغ الكهربائي الذي ينتج غاز الأوزون الذي يقوم بدور تعقيم مياه الشرب. قال تعالى: {هو الذي يريكم البرق خوفاً وطمعاً وينشئ السحاب الثقال، ويسبح الرعد بحمده

⁴⁷ (الرعد، الآية : ١٧).

⁴⁸ (الرمز، الآية : ٢١).

والملائكة من خيفته ويرسل الصواعق فيصيب بها من يشاء}،^{٤٩} وقال تعالى : {ومن آياته يريكم البرق خوفاً وطمعاً وينزل من السماء ماء}.^{٥٠}

كما أن دورة المياه الطبيعية تتم تحت سيطرة قوى الطبيعة السلسلة التي تستغرق وقتاً كافياً يتيح الفرصة لعمليات تبخر المياه السطحية بفعل حرارة الشمس، ويتصاعد البخار إلى الطبقات العليا المنخفضة الحرارة والضغط فتكون طبقات من ضباب رقيق، يتكاثف ليكون سحباً مكتظة بذرات المياه، تتلقفها الرياح فتزداد ثقلًا فتتنزل إلى الأرض بقوة الجاذبية الأرضية بينما تعمل الصواعق بما فيها من برق وما يصاحبه من رعد على تطهير المياه من كل خبث. كما أن هبوب الرياح وهطول المطر الغزير على مياه الأنهار والبحيرات والبحار يساعد على حركة المياه وتجديدها وتنشيطها حتى يتخلل الأوكسجين طبقاتها ليعوض ما افتقدت في تغذية الأحياء المائية. كما يساعد على ذلك اختلاف درجات الحرارة في طبقات المياه وعلى طول امتدادها إذ تخلق التيارات المائية التي تساعد على خلط المياه بأوكسجين الجو.

وفي غياب التلوث البيئي للهواء والتربة ومجري المياه يمكن لمصادر المياه العذبة أن تحتفظ بنقاوتها، فقد كان سكان أمريكا الشمالية خاصة في المناطق الباردة يعتمدون تماماً على مياه الآبار في الحصول على كل احتياجاتهم للمياه العذبة الغنية بالأملاح المعدنية النافعة، إذ كانت المياه الجوفية غير ملوثة وباردة مما جعلهم يفضلونها على المياه البلدية والمدن. كذلك اعتمد سكان بعض الجزر الغزيرة المطر على جميع مياه المطر للشرب. وما زال هناك العديد من مصادر المياه العذبة النقية في

⁴⁹ (الرعد، الآية : ١٢-١٣).

⁵⁰ (الروم، الآية : ٢٤).

المناطق الباردة، ففي أيسلندا مثلاً بحيرات لا ينمو فيها طحالب ولا تعيش فيها كائنات حية مجهرية ويغذيها ذوبان الثلوج، ومن الممكن اغتراف الماء مباشرة من البحيرة وشربه دون التعرض لأي مخاطر فالمياه شديدة النقاوة وخالية من البكتيريا. وكذلك حال مياه الثلوج في المناطق القطبية الغنية بالأوكسجين.

المياه المحلاة

أما بالنسبة للمياه التي تنتجها أجهزة التحلية فإن المياه العذبة تتكون خلال مرور المياه المالحة⁵¹ بدورة صناعية معجلة تعمل تحت سيطرة قوى دفع صناعية لا تتيح الفرصة لدورة المياه أن تجري مجراها الطبيعي، ففصل الأملاح عن المياه يجري بالإكراه ويتم في ومضات خاطفة من الوقت سواء تحت تأثير قوى كهربائية أو ميكانيكية أو حرارية هائلة، ثم يتم تنقيتها بعد ذلك بقوى إشعاعية وميكانيكية وتفاعلات كيميائية مركزة.

عجز في المياه

إلى جانب ذلك فإن الكثير من العاملين في مجال تقنية تحليه مياه البحر يتوقعون وقوع كارثة نقص في المياه في القريب المنظور في الدول التي تعتمد على تحليه مياه البحر ذات التكلفة المرتفعة، والوضع في المستقبل القريب يتجه إلى تفاقم

⁵¹ سواء كان مصدر المياه الخام هي مياه البحر أو المياه الجوفية أو السطحية الآسنة.

الأزمة.^{٥٢} ولقد بلغ استهلاك الفرد اليومي في الكويت من المياه العذبة ٤٨٣ لتراً ومن المياه قليلة الملوحة ١٥٠ لتراً أي أن استهلاك الفرد الإجمالي اليومي من المياه بلغ ٦٣٣ لتراً. وذكر التقرير من باب التهويل والمبالغة أن هذا يعادل أكثر من ضعفي ونصف استهلاك الفرد في البلاد الصناعية (المتقدمة)^{٥٣} كبريطانيا (!؟).^{٥٤}

⁵² عيد الرميضان ، الكويت ، ٢٠٠٠/١١/٥. توقع تقلص المتوسط السنوي للفرد إلى ٦٠٠

متر مكعب عام ٢٠٢٥، مؤتمر عالمي في الكويت يحذر من كارثة نقص المياه في

الدول التي تعتمد على تحليه البحر ، معهد الكويت للأبحاث العلمية، الكويت، ١ نوفمبر

٢٠٠٠. الشرق الأوسط.

⁵³ هذا ليس صحيحاً بالنسبة لدولة مثل الولايات المتحدة الأمريكية حيث العناية

بالنظافة الشخصية جزء من التقاليد والعادات القومية، فالمساكن مجهزة بالمرافق

المياه الوفيرة. كما تستخدم المياه في ري النجيل والأشجار وأحواض الزرع

الملحقة بغالبية المنازل ، ناهيك عن أن العرف الأمريكي يشجع شرب الماء على أنه

من العوامل المساعدة على ازدهار الصحة وهناك توصيات طبية شائعة بأن لا يقل

استهلاك الفرد اليومي في الشرب عن ٤ لتر ويفضل أن يرتفع المعدل إلى ١٦ لتر

في اليوم. لهذا تنتشر نافورات مياه الشرب في كل مكان.

⁵⁴ هذا متوقع نتيجة الاختلاف البين بين الكويت وبريطانيا في التقاليد وحرارة

الجو، فمن المعروف عن البريطانيين أنهم مازالوا يعيشون حياة بدائية في منازلهم

في غياب المرافق المائية المتعارف عليها في البلاد الأخرى مثل الحمامات، وكثير

من المنازل ليس فيها دورات للمياه. كما أن شرب المياه ضار في عرف

البريطانيين .

إلا أنه من المقدر أن يتقلص المتوسط السنوي لنصيب الفرد من المياه المتجددة إلى حوالي ٦٠٠ متر مكعب عام ٢٠٢٥ في الوقت الذي يتوقع فيه أن يتضاعف الطلب الإجمالي على مياه الشرب خلال الفترة نفسها ليصل إلى حوالي ٦٣ مليار متر مكعب في السنة. كما أنه من المتوقع أن يزداد إجمالي الطاقة الإنتاجية اليومية لمحطات التحلية في الدول العربية إلى ٥٥ مليون متر مكعب في اليوم عام ٢٠٢٥ مما سيتطلب استثمارات ضخمة في هذا المجال تقدر بحوالي ٤٥ مليار ريال سعودي.

لهذا أصبح الترشيح في استخدام المياه ضرورة، كما أن من اللازم البحث عن تقنيات جديدة، ذات كفاءة إنتاجية مرتفعة، وغير مكلفة، لإنتاج مياه عذبة ولتحليه المياه. وفي خضم البحث عن تقنيات جديدة وتطوير تقنيات يعتمد عليها لتحليه مياه البحر من الضروري الأخذ في الاعتبار أن مياه البحر هي المصدر الرئيسي للحصول على المياه العذبة ومصدر رئيسي للغذاء وعليه يلزم المحافظة على نظافتها وإنتاج المياه منها بأقل الآثار الجانبية الضارة على البيئة البحرية.

معايير جودة مياه الشرب

مياه الشرب الطبيعية

المعايير المتعارف عليها دولياً لمياه الشرب تتعلق بالمذاق المستساغ، واللون والرائحة، وحدود قصوى لنسبة المواد الكيميائية المختلفة التي تدخل في تركيب مياه

الشرب التي يتم الحصول عليها من مصادر المياه العذبة الطبيعية،^{٥٥، ٥٦} وفق التأثيرات المرتقبة على صحة الإنسان. هذا إلى جانب خلو مياه الشرب من البكتريا الضارة بالصحة العامة والميكروبات والفيروسات والملوثات الحيوية. وقد تختلف الحدود العليا للشوائب المسموح بها في مياه الشرب من دولة إلى دولة وفق اللوائح الإقليمية التي فيها المتشدد والمتساهل، إلا أن هناك معايير دولية لجودة مياه الشرب توصي بها منظمة الصحة العالمية.

عادة ما تنحصر معايير جودة مياه الشرب في تحديد النسب المسموح بها من أملاح وتركيز أملاح معدنية مثل الكبريت والكلوريد ودرجة صعوبة المياه. وتلك المعايير مستقاة من دراسة علاقة التغيرات الصحية لجماهير من الناس في الماضي أو في مناطق محدودة وزيادة ما تحتويه مياه الشرب من أملاح أو مستوى أملاح معينة.

⁵⁵ هناك مصادر طبيعية لمياه الشرب النقية في المناطق الباردة والعيون التي لم

يلحق بها تلوث من الأنشطة الصناعية والزراعية والبشرية. إلا أن المياه التي يحصل عليها الإنسان من مصادر المياه العذبة الطبيعية عادة ما تحتاج إلى تصفيتها وتنقيتها لتلافي وجود ملوثات دخيلة على المياه الطبيعية.

⁵⁶ مياه الأنهار والبحيرات الحلوة والمياه الجوفية ومياه العيون وفي بعض الحالات مياه المطر.

كما يجري التأكد من صلاحية تلك المعايير بالممارسة ويتم تطوير المعايير الصحية لمياه الشرب على أساس البيانات الميدانية التي يمكن جمعها.^{٥٧}

جودة مياه الشرب عموماً

عند تحديد جودة مياه الشرب عموماً يلزم العناية بتحديد نوعية المقادير الضئيلة من المواد الموجودة فيها، إذ أن هناك بعض المواد التي يجب التشدد في إتباع معايير تواجدها في مياه الشرب حتى لو كانت بكميات متناهية في الضآلة، نظراً لنشاطها الحيوي إذا ما دخلت في الجسم مثلاً لهذا الفضة والمنجنيز والحديد والزنك والنحاس والسترونشيم والزرنيخ والموليبدنيم والسليينيم والارسنيم والبلريم والفلورين.^{٥٨}

المياه المحلاة

أما بالنسبة للمياه التي تنتجها أجهزة التحلية فربما كان لازماً وضع معايير إضافية لجودة مياه الشرب التي تنتجها وحدات تحليه المياه المالحة سواء كان مصدر

⁵⁷ عادة لا تجمع بيانات عن التأثير الصحي لمياه الشرب حتى تحدث حالات مرضية

تعزي إلى مياه الشرب أو تتعالى الضجة من شكاوي المستهلكين أو الدوائر الصحية

عن خلل بين في تركيبة المياه أو في تأثيرها على الأفراد.

⁵⁸ وكالة حماية البيئة الأمريكية، ديسمبر ١٩٩٩. المعايير القومية الرئيسية لمياه

الشرب. (U.S. EPA, December 1999. National Primary Drinking Water Standards,)

(EPA 810-F-94-001).

المياه الخام مياه البحر أو المياه الجوفية أو السطحية الآسنة، هذا نظراً لأن المياه المحلاة التي يشربها الناس قد تختلف في تركيبها عن مياه الشرب التي تزودها مصادر المياه العذبة الطبيعية.

ولقد قامت أكاديمية العلوم الطبية في الاتحاد السوفيتي السابق بدراسة تأثير المياه المحلاة من البحر على صحة الناس⁵⁹ بهدف وضع معايير إضافية لجودة المياه تتعلق بالمياه المحلاة من مياه البحر والمياه الجوفية المالحة.

ومن أمثلة المعايير التي يتم وضعها آنذاك ما وضع لمواد البورون والبرومين الذي لم يدخل في الحسبان عند وضع معايير لمياه الشرب من المصادر الطبيعية. وذلك لما لهما من خواص سامة وتأثيرات صحية ضارة على الإنسان. والمعايير تقضي بأنه لا يجوز أن تزيد نسبة المادتين في المياه المحلاة عن:

• الحد الأقصى للبورون ٠,٥ ملليجرام في اللتر.

• الحد الأقصى للبرومين ٠,٢ ملليجرام في اللتر.

⁵⁹ سدور نكو وركمانين ، ١٩٧٨ . الأسس الصحية لتقنية إنتاج المياه المحلاة لتزويد

الاجتمع واستخدامات الشرب. حيثيات مؤتمر المياه من البحر . (Sidorenko GI,

Rakhmanin UA, 1978. Hygienic Principles For the Technology of the Desalted Water Production for the Communal Water Supply and Drinking. Proceedings 6th International Symposium, Fresh Water from the Sea, Volume 1, Pages 65-74, Editor A. Delyannis and E. Delyannis, Athens, Greece. A. N. Sysin Institute of General and Communal Hygiene, the USSR Academy of Medical Sciences, (Moscow, USSR

تجارب لدراسة صلاحية المياه المحلاة للشرب

التجارب

أجريت عدة دراسات طويلة المدى في المعمل^{٦٠} علي أجناس مختلفة من الحيوانات، ولتشخيص الحالة الصحية لجمهور من الناس في ظروف طبيعية، بما في ذلك دراسات إكلينيكية^{٦١} ودراسة لوظائف الأعضاء أجريت علي متطوعين في المستشفيات بهدف دراسة تأثير المياه المحلاة علي : جهاز الوعية القلبي ، والجهاز الهضمي ، وجهاز الإفراز ، وتبادل المحلول الكهربائي^{٦٢} ، والخصائص المتعلقة به من ركود الدم^{٦٣} والتفاعلات لجرعات من مياه الشرب التي تنتجها وحدات التحلية في حالات التعطيش الصناعي ، وحيوية الغدة الدرقية ، وتركيز الأملاح المعدنية في النسيج العظمي ، ونسبة الحيز المائي في الأعضاء ، وتسرب المياه من الأغشية الخلوية ، وبنية الأنسجة^{٦٤} في الأعضاء الداخلية والأغشية .

نتائج التجارب

⁶⁰ التجارب أجريت في معمل مؤسسة الصحة العامة والاجتماعية التابعة الأكاديمية

العلوم الطبية بالاتحاد السوفيتي السابق .

⁶¹ دراسات طبية تجري تحت الرقابة والعناية الطبية .

⁶² الكتروليت (electrolyte) .

⁶³ (homeostasis) .

⁶⁴ بنية مورفولوجيا الأغشية (histomorphological structure)

أسفرت التجارب عن أن المياه المقطرة^{٦٥} والمياه المحلاة التي تحتوي علي نسبة قليلة من الأملاح المعدنية غير صالحة للشرب لأن استخدام هذه الأنواع من المياه يؤدي إلي العديد من التغيرات الضارة من بينها الخمول^{٦٦} الناتج عن غياب المحلول الكهربائي؛ وهذا ينجم أساسا من أن المياه المقطرة الخالية من الأملاح المعدنية تغسل بعض الأملاح من أعضاء الجسد.^{٦٧}

وقد نجم عن تلك التجارب وضع حد أدني لأملاح في المياه المحلاة التي تستخدم في الشرب ، بناء علي شواهد علمية:

نسبة الأملاح الكلية ١٠٠ ملليجرام في اللتر

نسبة الكالسيوم ١٥ ملليجرام في اللتر

⁶⁵ التي تنتجها وحدات التحلية التي تعمل عن طريق تبخر المياه المالحة وتكثيفها

كمياه مقطرة.

⁶⁶ ركود الدم .

⁶⁷ من الظواهر الطبيعية والكيميائية أن الأملاح تنتقل من الجانب الذي يحتوي علي

أملاح إلي الجانب الأقل تركيزا في الأملاح ، وعليه فإن إحاطة نسيج الخلايا الذي

يحتوي أملاحا بمحلول مثل المياه المقطرة التي لا تحتوي علي أملاح بالمرة يجعل

المياه شرهة إلي نزع الأملاح من الخلايا حتى يتعادل التركيز في الخلايا وما

يحيط بها من ماء يتجدد باستمرار حيث يتخلص منه الجسم وبما يحتوي من أملاح .

هذا بالإضافة إلي وضع الحد المثالي للأملاح المعدنية في مياه الشرب وهي كالآتي:

- كلوريد - كبريت - صوديوم ٢٠٠ إلي ٤٠٠ ملليجرام في اللتر .
- أملاح هيدروكربونات - كالسيوم من ٢٥٠ إلي ٥٠٠ ملليجرام في اللتر .

ولقد أدت هذه المعايير إلي تقنية جديدة في إنتاج مياه الشرب من التقطير وذلك بإضافة الأملاح المعدنية الصناعية أو "تصحيح محتويات الأملاح"؛ وذلك عن طريق ثلاثة سبل متفق عليها صحيا:

- (١) مزج المياه المحلاة الناتجة من عملية التقطير بكميات من خليط الأملاح وبجرعات محددة من الأملاح كل علي حدة .
 - (٢) تصفية محلول مياه مخصبة بأملاح وإضافتها.
 - (٣) مزج المياه المحلاة بمياه طبيعية عالية الملوحة أو قليلة الملوحة^{٦٨} بعد معالجتها^{٦٩}.
- وإستخدام السبيل الثالث مع تخصيص جزئي للمياه الطبيعية ، هي الطريقة المتبعة في محطات التحلية الكبيرة .

⁶⁸ آسنة (brackish).

⁶⁹ أي تنقيتها لضمان خلوها من مواد ضارة .

مصادر المياه المحلاة

من الهام البحث في مخاطر المياه المحلاة علي صحة الإنسان معرفة طبيعة المياه المالحة الخام وبالأخص مياه الخليج العربي الذي يستخدم في الكويت كمصدر للمياه الخام الذي تقوم محطات التحلية بتحليتها.

المياه الساحلية والمياه المحصورة

الكويت كغيرها من الدول والمناطق التي تقع مباشرة علي سواحل الخليج العربي عادة ما تسمى "المناطق الساحلية"^{٧٠} ؛ وهذا يشمل دول اتحاد الإمارات العربية، والكويت، وقطر، وعمان، والبحرين، والمناطق الواقعة علي سواحل الخليج من إيران والعراق. إلي جانب هذا فمياه الخليج العربي مياها محصورة ولا تعتبر من نوعية مياه البحر أو المحيط المفتوح .

المياه الساحلية

المياه الساحلية^{٧١} هي مياه المواني ، والأنهار ، والثغر البحري "والشرم"، والجون، والخور، ومداخل، البحار، والخليج، والمياه المحصورة بالأرض مثل

⁷⁰ (Littoral Region or Littoral Countries)

⁷¹ (Littoral Waters).

البحيرات والهور ، المياه التي تصل إلي حوالي ١٩ كيلو متر بحري^{٧٢} في البحر المفتوح من مداخل المجاري المائية .

خصائص المياه الساحلية

كل المياه الساحلية وخاصة المياه المحصورة التي لا تتعرض لعمليات الخلط والمزج المتواصلة التي تنشطها التيارات التحتية ، وهبوب الرياح و العواصف ، وهطول الأمطار الغزيرة ؛ والتي تغص بحركات الملاحة المتواصلة تعتبر مياهها ملوثة ؛ مكتظة بمبيدات الحشرات ومبيدات الأعشاب والسموم مثل الزرنيخ والمعادن الثقيلة مثل الزئبق والزنك ، والبترول المراق أو الذي يأتي من مكينات الديزل في البواخر،.

تلوث المياه

مقاييس تلوث المياه

جودة المياه الساحلية والمياه التي يتم التخلص منها في البحار علي السواحل يجري تحديدها بإجراء التحليلات اللازمة لتعيين عدة خصائص منها:

- الطلب الحيوي للأكسجين:^{٧٣} الكائنات المجهرية في المياه سرعان ما تستهلك الأكسجين الذائب في المياه عند تواجد مواد عضوية سهلة الأكسدة

⁷² ١٢ ميل بحري (nautical miles).

⁷³ (B O D; biological oxygen demand).

(طعام). فإذا تواجدت كمية وفيرة من المواد القابلة للتأكسد استهلكت الكائنات المجهرية كل الأكسجين المتاح لها وتتطلب المزيد , أي أنها ستمتص كل ما يتاح لها من الأكسجين و تطالب بالمزيد :

- الطلب الكيميائي لأكسجين:^{٧٤} الكيمائيات التي تتطلب أكسجين^{٧٥} هي المركبات التي يسهل أكسدتها ؛مثل الكربوهيدرات (أنواع السكر المختلفة والنشويات) , البروتينات , والدهون , والحوامض الحيوية.^{٧٦}
- مجموع جزيئات المواد الصلبة المعلقة في المياه.^{٧٧}

كمية الفوسفات والنيتروجين والمعادن الثقيلة.

نفايات محطات التحلية

المياه التي تلفظها محطات التحلية كنفايات تبلغ ٤٥% إلى ٥٠% من كمية المياه التي تغذي المحطة والتي يجري تحليتها وهذا يعتمد علي التقنية المستخدمة في المحطة . ومحتويات المياه الخارجة من المحطة والعائدة إلي البحر تشمل كميات كبيرة من المواد الصلبة الذائبة في المياه، والمواد الصلبة العالقة بالمياه من غسل المصفيات، والمخثرات مثل كلوريد الحديد، وأحماض البولي اكريليك المستخدمة للحد من التقشير، والكلورين والكيمائيات الأخرى التي تقضي على الكائنات الحية الدقيقة المستخدمة في معالجة المياه قبل تحليتها بالضخ الأسموزي المعاكس، والمواد العضوية والمعادن التي

⁷⁴ (COD: chemical oxygen demand)

⁷⁵ مصادر الكيمائيات التي تتطلب أكسجين هي نفايات المزارع (براز وبول الحيوانات)، هئاتر الملف، النفايات الصناعية (المذابح

ومصانع الأطعمة والمغاسل، الخ)، المياه التي تغسل الطرق (تحتوي على نفايات الطيور والحيوانات).

⁷⁶ هي الأحماض الموجودة في الخلايا الحية والفيروسات (nucleic acids).

⁷⁷ (TSS: total suspended solids)

تتخلص منها عملية الضخ الأسموزي المعاكس. وبهذا فإن تركيز المياه التي تتخلص منها المحطة يصل إلى ٨٠ ملليجرام في اللتر بالمقارنة بتركيز ٣٥ ملليجرام في اللتر للمياه التي يتم تحليتها.^{٧٨}

مياه الخليج العربي

طبيعة الخليج العربي تعرض مياهه للتلوث بسهولة، وهذه عموماً حالة أي خليج في المناطق الحارة خاصة إذا كانت المياه خامدة نسبياً وليس هنالك من سبل لتحريكها أو تجديدها بسرعة. كما أن مياه الخليج ضحلة في المتوسط. إلا أن للخليج العربي حالة خاصة تتضمن وجود حقول البترول وما يلحق بها من نشاط التصفية والشحن واحتمال إراقة البترول، والنشاط الملاحي سواء التجاري أو العسكري، ووجود محطات التحلية وصناعة البتروكيماويات. وبلا شك أن حرب الخليج الثانية^{٧٩، ٨٠} أضافت مصادر جديدة من التلوث نتيجة إهراق البترول وشب نيران حريق

البترول في الكويت وما صاحبها من مواد متطايرة ترسبت في مياه الخليج، والمواد الكيميائية والمشعة التي ترسبت في مياه الخليج كجزيئات أو ذرات متطايرة امتزجت بمياه الطبقة العليا من مياه الخليج أو طفت وما زالت تطفو على سطحها.

⁷⁸ (US Environmental Protection Agency (EPA), January 24, 2001. Ocean Discharge Criteria) Regulations. 40CFR Parts 122, 123 and 125, RIN-204-AD60)

⁷⁹ (The Economic and Environmental Impact of the Gulf War on Kuwait and the Persian) Gulf. (www.american.edu/Kuwait.html)

⁸⁰ (Kemp Penny, 1991. For Generations to Come. In Phyllis Bennis, Michael) (Moushabec, Beyond the Storm. Brooklyn, New York: Olive Branch Press.

ولقد وجدت المنظمة الإقليمية لحماية البيئة البحرية في الشرق الأوسط أن هناك تغيراً محسوساً في درجة حرارة المياه ودرجة الملوحة والملوثات في الخليج.^{٨١} هذه التغيرات المفاجئة تعزى بطريقة مباشرة إلى التلوث من النشاط الصناعي في المنطقة وبطريقة غير مباشرة إلى الدفء العالمي.^{٨٢، ٨٣} هذا التغير يهدد الحياة البحرية كما ظهر من موت الأسماك في المناطق الشمالية من الخليج.^{٨٤}

وإنتاج النفط في دول الخليج يلام على الكثير من مشاكل البيئة نتيجة التسرب من حاملات النفط، وحوادث إراقة النفط، والقيام بقلب النفايات المخالفة للقانون في الخليج، والمياه الفاسدة التي تسري إلى المياه من عمليات تصفية النفط. كما تشترك الأنشطة البشرية الأخرى في تفاقم الموقف. والسدود التي أنشئت على انهار المنطقة

تمنع سريان المياه العذبة إلى الخليج. كما أن محطات التحلية التي يعتمد عليها العديد من دول المنطقة بالدرجة الأولى ليست براء من زيادة ملوحة المياه، خاصة في المناطق المتاخمة للساحل.

⁸¹ (Sudeshna Sarkar, 1999. Arabian Gulf Turning Hot, Salty, Oily.)

⁸² (Zimmer Carl, 1992. Ecovar. Discover, January, page 37.)

⁸³ Epstein Paul R, August 2000. Is Global Warming Harmful to Health? Scientific)

(American

Environmental News Service, September 30, 1999. Middle East Facing) ⁸⁴

(Environmental Problems.

وحدثاً أدت إحدى حوادث إراقة النفط في البحر إلى حرمان إمارة الشارقة من مياه الشرب لأنها تسببت في محطة التحلية.⁸⁵

إلى جانب تلوث البيئة فمن المعروف أن مياه الخليج تحتوي على نسبة عالية من المياه الثقيلة.

المياه الميته

المياه عالية الجودة سواء كانت عذبة أو مالحة يلزم أن تكون منعشة بالأملح المعدنية والأكسجين هذا عكس المياه الحية التي تتحرك جزيئاتها في حضور الأكسجين. فعلى سبيل المثال أن غليان المياه العذبة يخلصها من الأكسجين فتتحول إلى مياه ميتة. وفي حضور الكلورين يتفاعل الكلورين مع الحمض الدبالي⁸⁶ ليكون مركبات سامة، كما أن غليان الماء لا يخلصها من المعادن الثقيلة أو الروائح الكريهة أو الشوائب.

ومن أمثلة المياه الميته البرك والهور التي تستخدم لجمع المياه والنفايات من حظائر الماشية والدواجن في المزارع الكبيرة لتربية الحيوانات. وقد كانت بحيرة ايري

التي توجد في ولايات بنسلفانيا ونيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية من أكبر البحيرات الميته لفترة طويلة من الزمن نتيجة ما يسري إليها من نفايات صناعية وزراعية وبشرية. وحدثاً تم إحيائها بمنع التخلص من النفايات فيها واتخاذ السيل

⁸⁵ (http://www.uaeinteract.com/uaeint_main/newsreport/19980919.htm)

⁸⁶ الدبال هي مادة تشكل الجزر العضوي من التربة.

اللازمة لزيادة الأكسجين فيها. ومن السبل المعروفة من قديم الزمن لإحياء أجساد المياه هو زرع بعض أنواع الطحالب والأعشاب البحرية، ويلعب الخرتيت دوراً كبيراً في إحياء ماء الليل بحركته الدائبة في أحراش النباتات المائية التي تكاد تسد مجري النيل.

ومن الموضوعات التي طالما أثرت على مدى سنين طويلة والتي تتعلق بسلامة المياه المحلاة وصلاحياتها للشرب، هي مسألة المياه الميتة. فهناك اعتقاد شائع بين المهتمين بتأثير مياه الشرب على صحة وحيوية الإنسان بأن محاولة للحصول على مياه نقية باستخدام أجهزة تقطير المياه أو استخدام الضخ الأسموزي المعاكس خطأ فادح فيه ضرر بالصحة، إذ أن تلك المياه النقية غير صحية، بل أنها مياه ميتة، لا يستطيع أن يعيش فيها السمك.

كما يعيب بعضهم على اعتقاد بعض الناس بأن المياه الأفضل هي المياه التي لا تحتوي على شيء على الإطلاق. وبهذا يتناسون أن المياه المقطرة والمياه الناتجة من الضخ الأسموزي المعاكس لا تحتوي على أكسجين، وأن غياب الأكسجين يسبب جميع أنواع السرطان.⁸⁷

ولما كانت اشتداد حمضية الماء هي التي تؤدي إلى غياب الأكسجين فدرجة الحموضة مقياس لصلاحية مياه الشرب الذي يجب أن تميل إلى القلوية. إذ أن الدم له

⁸⁷ (Sang Y. Whang, January 1991. Reverse Aging. Amazon.)

درجة حموضة تتراوح بين ٧,٣ و ٧,٤٥^{٨٨} لهذا فعندما تقل درجة حمضية الجسم عن ٧ يموت الإنسان. كما أن دم له درجة حموضة ٧,٤٥ يحتوي على ٦٤,٩% أكسجين أكثر من دم له درجة حموضة ٧,٣ .

موت السمك

دبت حديثاً حالة من الهلع وسط مستهلكي الأسماك في الكويت بعد ظاهرة موت أعداد ضخمة منها في المياه الإقليمية،^{٨٩} الأمر الذي أدى إلى عزوف السكان عن شراء أو تناول أي نوع من أنواع الأسماك بالرغم من تأكيدات المختبرات التي تعزى سبب الظاهرة إلى نقص الأوكسجين الذي أدى إلى اختناق الأسماك.^{٩٠} ونقص الأوكسجين كان من معقبات وجود هوائم بحرية بنسبة من ٦ إلى ٨ ملايين خلية في لتر الماء الواحد. بينما شهدت إحدى شركات استزراع الأسماك موت ما يقارب من ٥١ طناً من اسماك البلطي كاملة النمو. وقد قامت الشركة بإعدامها في محرقة الصليبية على الفور. وقد بلغ عدد الأسماك التي نفقت في يوم واحد فقط ١٨٠ ألف سمكة بالإضافة إلى أكثر من ٩٠ ألفاً من اليرقات.

⁸⁸ درجة الحموضة ٧ تناظر حالة التعادل أي الحد الفاصل بين الحمضية (١ إلى ٧)

والقلوية (٧ إلى ١٤).

⁸⁹ أنور الياسين ، الكويت ، الثلاثاء ٣ من رجب ١٤٢٠هـ الموافق ١٢ أكتوبر ١٩٩٩.

المختبرات تعزى الظاهرة لنقص الأوكسجين ، الأسماك النافقة تنير قلقاً في الكويت .

جريدة البيان .

⁹⁰ ما سمي ظاهرة المد الأحمر في مياه الخليج والتي تسببت في نفوق الأسماك .

كما تحولت جزيرة عوثة إلى (مجزرة) لأسماك الصبور والبياح والنوبيي، فقد تحول لون البحر إلى لون اصفر مائل إلى الاحمرار، مما زاد تخوف البعض من احتمال تعرض الأسماك للتلوث. وعزا البعض أسباب تفوق اسماك الميڊ إلى النمو الموسمي الكبير للأعشاب البحرية التي زادت بشكل ملحوظ والتي من المتوقع أن يستمر تأثيرها على الأحياء البحرية إلى أن تتغير الظروف المناخية يتوقف معها مثل هذا الانتشار والازدهار.

وقد شوهدت ظاهرة موت الأسماك في المياه الشمالية من الخليج ولم تحدث في الجنوب وعمت كل من الكويت وإيران. كما أن المشاهدات المباشرة وصور الأقمار الصناعية أكدت زيادة كبيرة في كميات الهوائم البحرية وارتفاع نسبة الكلوروفيل وبصورة خاصة (المد الأحمر). وقد أدت زيادة وازدهار هذه النباتات البحرية بالكميات الكبيرة على غير عاداتها السنوية إلى تقليل نسبة الأوكسجين في المياه السطحية بعمق متر واحد تقريباً مما أدى إلى مقتل الأسماك التي تسبح فيها، كما أن ذلك حدث أيضاً في أحواض زراعة الأسماك التي تعرضت لمثل هذا المد الأحمر الخانق.

والاحتمال الأكبر لمقتل الأسماك يرجع إلى الاختناق نتيجة ظاهرة انخفاض نسبة الأوكسجين في المياه. وربما لا يوجد بها أية مؤثرات من أكل هذه الأسماك على صحة الإنسان باستثناء تعفنها قبل صيدها وجمعها في الشباك.

أما ظهور فيروس مشابه لميكروب الكوليرا في بعض الأسماك فأمر يحتاج إلى استقصاء صحي لمراحل الصيد وتجميد ومداولة هذه الأسماك التي تنتقل إليها العدوى وتصبح غير صالحة للاستهلاك. ونفت بعض الجهات الرسمية وجود تلوث أو أمراض

في الأسماك الكويتية، أو وجود خطورة من معظم الأسماك المجاورة لشواطئ دولة الكويت، غير انه تم التحذير من أكل سمك الميد على وجه التحديد.

وتتابع الهيئة العامة للبيئة الكويتية ظاهرة مقتل الأسماك لتحديد الأسباب ورصد جميع المتغيرات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية في مياه البحر وحول السواحل والتعرف على ظاهرة زيادة وكثافة الهوائم النباتية على طول السواحل الكويتية والتي قد تقوم بفرز مواد قد تؤدي إلى موت الأسماك والكائنات الأخرى التي تتغذى عليها. كما يجري المزيد من التحاليل المخبرية على عينات كبيرة من الأسماك الكويتية (خياشيم، كبد، شرائح لحم) من الميد وأنواع أخرى لدراسة أسباب الظاهرة.

كما تجري عمليات المسح البحري والجوي للشواطئ الكويتية وعلى طول المياه الإقليمية لأخذ عينات أخرى وإجراء المزيد من التحاليل، ولقد دلت الصور الجوية التي تم الحصول عليها على وجود كميات هائلة من مادة (الكلوروفيل) على مساحات كبيرة في الخليج العربي. كما تم التأكيد بوجود ظاهرة نفوق الأسماك في المنطقة الشمالية من الشواطئ الإيرانية القريبة من مقاطعة خوزستان على مساحة ١٥٠٠ كيلو متر مربع شمال إيران.

وموت الأسماك بكميات ضخمة ظاهرة عالمية تحدث في كثير من البحيرات الصغيرة والأنهار البطيئة السريان^{٩١}،^{٩٢} في المناطق الساحلية.

^{٩١} (North Carolina Department of Environment and Natural Resources (NCDENR), Science)

Advisory Council on Water Resources and Coastal Fisheries Management, May 14, 1998.

(Neuse River Estuary Water Quality and Fish Kills Advisory for Summer/Fall 1998.

Winn R, Knott D, 1992. An evaluation of the survival of experimental populations)^{٩٢}

exposed to hypoxia in the Savannah River Estuary. Marine Ecology Progress Series: 88:161-

(179.

المخاطر المرتقية علي صحة الإنسان من الإنسان من المياه المحلاة

خصائص المياه المحلاة

تركيب المياه المحلاة

المخاطر الصحية للمياه علي الإنسان تتجم عموماً مما تحتوي مياه الشرب من عناصر عضوية أو غير عضوية تعرض صحته للخطر سواء عن طريق التعاطي المباشر أو بولوج ما قد يدخل فيها من مواد ضارة في السلسلة الغذائية أو المياه الجوفية أو في وسائل نقل وتوزيع المياه . وفي حالة المياه المحلاة قد تتسرب مركبات جديدة من المياه البحر الخام إلي مياه الشرب، منها:

- البكتريا الملحية التي تعيش في المياه المالحة والتي قد لا تتخلص منها عملية التحلية.
- المواد العضوية الخاصة بمياه البحر .

- المياه الثقيلة التي تدخل مع مياه البحر الخام والتي قد تخرج مع منتج المياه.

خلل في المياه المحلاة

من الخلل الذي قد يؤدي إلي مخاطر متفاوتة التأثير غلي صحة الإنسان هو ما ليس في تركيبة المياه المحلاة؛ أو المواد الحيوية الغائبة من المياه، سواء أمكن تعويضها من مصادر أخرى أم لم يمكن التعويض عنها. أهم ما ينقص المياه المحلاة:

- الأملاح المعدنية.
- الأكسجين.

حالة المياه المحلاة

حالة المياه المحلاة لها تأثير علي صحة المستهلك؛ من بين تلك المؤثرات:

- درجة حرارة المياه .
- بنية المياه .
- درجة الحموضة.

ملوثات المياه المحلاة

المواد الصلبة العالقة والمذابة

من الهام جداً في حالة المحلاة تحديد كميات المواد الضئيلة المقادير إلي جانب المعادن الثقيلة التي يمكن أن توجد بمقادير محسومة في المياه المحلاة والمياه التي تضاف إليها أملاح لتصحيح نسبة الأملاح في الشرب. هذا لأن تنقية المياه من المواد الضئيلة المقدار و المعادن الثقيلة ليس في مقدور عملية التحلية. علي سبيل المثال قد تحقق أن النشاط الحيوي مرتفع للغاية لمادتي البورون والبرومين اللتان تتواجدان في مياه البحر بكميات كبيرة للغاية . ومن خصائص هاتين المادتين:

- لدي كلاهما المقدرة علي الولوج مع المياه بغاية السهولة خلال الأغشية الشبة نفاذة؛ في حالة استخدام التحلية بعملية الضغط الأسموزي المعاكس.
- كلاهما له خاصية الخمول⁹³ في حالة الفصل بالتيار الكهربائي عند استخدام عمليات التحلية بالتحليل الكهربائي .

⁹³ هناك العديد من المواد (الغازات النبيلة) التي لا تتفاعل كيميائياً مع المواد

الأخرى مثل الهليوم والنيروجين والأرجون والكريبتون والرادون والأكنتون ومواد صلبة لا تتفاعل بسهولة مع المواد لتكون مركبات أخرى وقد لا تدخل في أي مركب كيميائي .

• في مقدور كل منهما التسامي^{٩٤} مع بخار الماء عند استخدام التبخر الذي يعقبه التكثيف أومضي .

أما البورون فإلي جانب خواصه السامة فهو قابل علي الفتك بأنسجة الجهاز التناسلي والأجنة وفي تشويه الأجنة.

لهذا يلزم وضع معايير صارمة تضع قيودا شديدة علي استخدام طرق التحلية التي توظف الأغشية مثل تقنيات الضغط الأسموزي المعاكس والتحليل الكهربائي؛^{٩٥} إذ يلزم القيام بعمليات تنقية إضافية للمياه الناتجة من تلك العمليتين. وقد تبين من بعض الأجهزة القادرة علي حجر البورون والبرومين أن عملية الامتصاص^{٩٦} مفيدة كعملية تنقية تعقب تحليه المياه بتقنيات الأغشية .

السلامة من الأوبئة

إن سلامة مياه الشرب من الأوبئة تعتمد عموما علي معايير غير مباشر ؛ مثل معدل انتشار البكتريا ومحتويات المياه من عصابات أو باسيلييات القولون^{٩٧} غير أن هناك معايير أخرى لمنع التلوث بالميكروبات قد تكون علي درجة من الأهمية في

^{٩٤} بعض المركبات الكيميائية (الهيدرات أو المئات) لها خواص مشابهة للمياه ولهذا

يصعب التخلص منها إذا ما امتزجت بالماء.

^{٩٥} (electrodialysis).

^{٩٦} (sorption).

^{٩٧} (colibacilli).

بعض الأحوال مثل التلوث بالفيروسات والبكتيريا المعوية المسببة لأمراض والبكتيريا الحديدية والبكتيريا الكبريتية ومتعضات (فلورا) البحر المجهرية^{٩٨} الملحية.^{٩٩}

التحلية بالأغشية

في حالة التحلية بالضغط الأسموزي المعاكس من الممكن للأغشية الجيدة حبس مختلف أنواع البكتيريا والكائنات الحية المجهرية غير أنه من الممكن للفيروسات والفيروسات البكتيرية^{١٠٠} أن تتسرب خلال الأغشية وتلوث المياه المحلاة.

التحلية بالتقطير

أما في حالة استخدام التحلية بالتقطير؛ فعملية التحلية فعالة للغاية بالنسبة للفيروسات لكنها علي عكس المتوقع تعجز في بعض الأحوال عن التخلص من نسبة كبيرة من الملوثات الحيوية؛ مثل البكتيريا المقاومة للحرارة التي تصل إلي المياه المنتجة؛ خاصة في حالة التقطير عند درجات حرارة منخفضة نسبياً. ففي تلك الأحوال

⁹⁸ (microflora)

⁹⁹ كائن حي يعيش في بيئة مألوفة.

¹⁰⁰ فيروسات تصيب البكتيريا بالعدوى وتؤدي إلى تحللها.

تتصاعد متعضات البحر المجهرية المحلية مع البخار. وتأثير هذا النوع من الفلورا علي عدوي الإنسان يكاد يكون غير معرف.^{١٠١}

أُمور ما زالت غامضة

إلي جانب الغموض الذي يحيط بفلورا البحر الملحية؛ هناك العديد من الأسئلة المحيرة والمهمة في صدد تلوث المياه المحلاة نتيجة التلوث الميكروبي والعضوي المتزايد في مياه البحر وخاصة مياه الشواطئ ونتيجة لمقدرة الكائنات الحية المجهرية علي البقاء والتكيف في أحوال الزيادة المطردة من تلوث مياه البحر بالمواد العضوية. معقبات هذه الاحتمالات هامة للغاية في حالة التحلية بالتحليل الكهربائي وفي حالة إصلاح المياه المقطرة بإضافة مياه بحر.

كما أن من الخصائص الهامة لمياه الشرب (عندما يكون معيار توازنها منخفض) هو احتوائها علي البكتريا الكبريتية والبكتريا الحديدية. فقد ثبت علمياً تواجد هذه الكائنات الحية المجهرية بكميات هائلة في ترسبات الصدأ خاصة في أوعية وأنابيب محطات التحلية بالتقطير وأنابيب التوزيع. بل إن كمية تلك الكائنات الحية المجهرية في الأنابيب تستخدم كمعيار لمدى انتشار الصدأ. لهذا يمكن استخدام هذا المعيار كمعيار لجودة المياه الناتجة. وهذا يقتضي أيضاً تقيم حيوي دقيق وشامل لتأثير تلك الفلورا المجهرية علي الإنسان .

¹⁰¹ الفلورا تكاد تكون موجودة في كل مياه الشرب، إلا أن فلورا البحر الملحية يعزي إليها كثير من الأمراض.

المياه الثقيلة

من الأمور الهامة؛ وجود كمية كبيرة من "الدتريم"^{١٠٢} أو الهيدروجين الثقيل في مياه البحر؛ وخاصة في مياه الخليج. ولهذا يلزم الحد من ارتفاع نسبتها في المياه المحلاة؛ لأن المياه الثقيلة^{١٠٣} لها تأثير واضح علي الخلايا الحية.^{١٠٤}

المحتويات العضوية

الشوائب الصناعية

لعل من أهم الشوائب التي تعلق بالمياه المحلاة هي شوائب العضوية مثل المبردات والمواد الكاشفة والمواد الكيميائية التي تغسل من مواد البوليمر المستخدمة؛ وكذلك المواد المستخدمة في صناعة مصافي المياه المنتجة في محطات التحلية. فمياه

¹⁰² الدتريم من نظائر الهيدروجين الذي يحتوي على بروتون واحد ونيوترون واحد.

واحد.

¹⁰³ المياه الثقيلة تتكون من دتريم وأكسجين والمياه الثقيلة من المنتجات الثانوية

لعملية التحلية.

¹⁰⁴ هناك احتمال أن زيادة نسبة المياه الثقيلة في جسم الإنسان تؤدي إلى الهرم

المبكر.

الشرب قد تختلط بشوائب مثل الفريون^{١٠٥} والبيوتين^{١٠٦} والستيرين^{١٠٧} وحامض الفثاليك^{١٠٨} والديمثيلستاميد^{١٠٩} والتريتنولامين^{١١٠}.

ولا شك أن المواد البوليمرية المختلفة المستخدمة في وحدات التحلية تتأثر بمركبات المياه المالحة من ميكروبية وكيميائية؛ وكذلك تتأثر بعمليات التحلية نفسها^{١١١}، هذا إلى جانب تأثير العمليات الطبيعية مثل الاستهلاك الناجم من طول الاستعمال والذي يؤدي إلى تلف مواد البوليمر.

الشوائب البيئي

كما يلزم تقييم تأثير منتجات عملية التمثيل (الايض) البيئي العضوية؛ وبالأخص في بيئة البحر. هذا لأن بزيادة المعرفة عن طبيعة الحياة البحرية يمكن التكهن بكمية الكربون الكلية والمواد السامة التي تفرزها بعض الطحالب المائية. حيث أن تلك المواد قد تؤثر علي تركيبة المياه المحلاة وتؤدي إلى عواقب غير معروفة.

¹⁰⁵.(Freon).

¹⁰⁶.(butylenes).

¹⁰⁷.(styrene).

¹⁰⁸.(phthalic acid).

¹⁰⁹.(dimethyacetamide).

¹¹⁰.(triethanolamine).

¹¹¹ حرارة وتيار كهربائي وضغط وتفاعلات نشطة، الخ.

نقص المياه المحلاة

كما أن مركبات المياه المحلاة قد يكون لها تأثير ضار علي صحة الإنسان فإن غياب بعض المواد منها قد يشكل خطرا خفيا علي الإنسان. فالمياه التي تنتجها عمليات التحلية ينقصها الأملاح المعدنية اللازمة لنشاط الإنسان إلا أن هذا النقص عادة ما يصحح بإضافة مياه مالحة إلي المياه المنتجة. كما يغيب الأكسجين عن المياه المنتجة مما يؤدي إلي نقص في حيويتها وقد يسبب أضرارا لا يجوز إنكارها إلا أنه من الصعب التكهن بها.

حالة المياه المحلاة

بنية المياه

المياه في جسم الإنسان هي التي تتحكم في كثير من أنشطة الأعضاء فهي التي توجه التفاعلات الكيميائية الحيوية ووظائف الأعضاء. وخصائص المياه كخيرها من المواد تعتمد علي تكوينها الكيميائي. وبناء علي هذا فقد أجريت دراسات عديدة علي بنية المياه ونجم عنها نموذج البنية الثنائية للمياه الذي لاقى اهتماما علميا واسعا. في هذا النموذج تتكون المياه من.

- بنية تضاهي الثلج وتمثل بالتقريب بنية ثلجية فيها فجوات لا تملؤها ذرات المياه.

- بنية غير منتظمة (مكتفة) تناظر تركيبة المياه؛ حيث الفجوات ممتلئة بذرات مياه مخلخلة.

والمياه في البدن ترتبط بالأنسجة الخلوية الحية وتغطيها بطبقة من ذرات أحادية ذات بنية تضاهي الثلج حيث يجمع الذرات تنظيم رباعي يصاحبه أوامر هيدروجينية. لهذا فإن بنية المياه في الجسد هامة؛ إذ أن الفجوات في بنية المياه المضاهية للثلج تمتلئ بالحامض النووي^{١١٢} والبروتينات وغيرها. كما أن وظيفة المياه ذات البنية المضاهية للثلج هي دور الحافز لبعض التفاعلات الكيميائية الحيوية. لهذا فإن التحول ألبنياني للمياه يؤكد توصيل المعلومات الحيوية للأعضاء حيث تلعب المياه المنتظمة البنية دورا مخصوصا وتنظيم معدل التفاعل؛ الخ .

ومن وجهة نظر سلامة مياه الشرب؛ فإن العديد من النتائج الهامة يمكن الحصول عليها من دراسة الدور الحيوي لمياه ناتجة عن ثلج بعد تجميد المياه (مياه منتظمة البنين)^{١١٣} ومياه ناتجة من بخار الماء (قطر غير منتظم) ومياه تم الحصول عليها من معالجة حرارية دون تغيير لحالتها الإجمالية (مثل التحليل الكهربائي العالي الحرارة). وعلي هذا فقد تبين أن التغير في بنية المياه الناتجة من التقطير عند درجات حرارة مرتفعة قد يسهل حدوث تفاعلات إغوارية^{١١٤} أو استهدافية^{١١٥} في الأعضاء عندما ثلج الجسم عن طريق الفم في مصاحبة بروتين مولد للتحسس^{١١٦}.

¹¹² (DNA).

¹¹³ حيوان الرنة أو الوعل القطبي لا يشرب إلا المياه السائلة من الثلج.

¹¹⁴ العوار هو حساسية عالية لمادة خاصة مثل بروتين أو عقار تحدث عند التعرض لها. (anaphylaxis)

وفي تجربة أجريت علي خنازير هندية؛ استخدم فيها مصل جياذ كالمادة المولدة للحساسية تبين أن إصلاح المياه المنتجة بوحداث التحلية بالتقطير بإضافة أملاح معدنية لم يقلل من حدة الحساسية بينما القيام بتجميد وصهر المياه المقطرة أدى إلي وقف التأثير.^{١١٧}

حرارة مياه الشرب

يجب أن لا تزيد درجة حرارة مياه الشرب علي ٢٥ درجة مئوية لأن المقدرة علي نضج العطش (الارتواء) تقل؛ كما أن بعض التغيرات تطرأ علي الجهاز العصبي المركزي (كما تحقق من الكشف الطبي بتسجيل نشاط الموجات الكهربية في المخ^{١١٨}). لهذا يلزم تبريد المياه المحلاة بالتقطير.

¹¹⁵ الصدمة الاستهدافية تحدث نتيجة الحساسية.

¹¹⁶ (allergen).

¹¹⁷ هذه النتيجة تؤيد تفضيل تحليه المياه عن طريق التجميد من وجهة نظر سلامة

المياه المنتجة.

¹¹⁸ (EEG).

الحموضة

المياه المحلاة بطريقة التقطير تميل إلى الحموضة مما قد ينجم عنه تفاقم في نقص الأكسجين. غير أنه من السهل تغيير حالة المياه بإضافة الأملاح المعدنية وضبط درجة الحموضة.

التأثير المرتقب للمياه المحلاة على صحة الإنسان

تأثير شوائب المعادن الثقيلة

من المعروف أن المناطق التي تستخدم مياه شرب فيها نسبة كبيرة نسبياً من المعادن الثقيلة يستشري فيها الفشل الكلوي؛ مثلاً لهذا مناطق في ولاية لويزيانا حيث يحجم الناس عن شرب مياه غير المياه التي تزودها البلديات وحيث تتأثر أنابيب توزيع المياه بمياه البرك والمستنقعات في المنطقة.¹¹⁹ كذلك الحال في المناطق التي تعتمد على المياه الجوفية التي تحتوي على نسبة من المعادن الثقيلة. ومن الممكن أن يؤدي تعاطي كميات ضئيلة من المعادن الثقيلة في مياه الشرب إلى أنواع من السرطان.

وهناك شوائب معدنية سامة مثل البورون والبرومين تؤثر على الأجهزة التناسلية والأجنة.

¹¹⁹ غالبية ارض لويزيانا تقع تحت مستوى البحر.

كذلك فان وجود سبائك النيكل^{١٢٠} في مياه الشرب يعرض الإنسان إلى أمراض تتراوح من الالتهابات الجلدية إلى سرطان الرئة. ووجوده في حضرة ثاني أكسيد الكربون يؤدي إلى تكوين مادة كاربونيل النيكل الذي قد يؤدي إلى الموت. ومن أعراض التسمم بالنيكل الصداع النصفي والتقيؤ والغثيان والدوخة. وأما الأعراض اللاحقة فتشمل ضيق الصدر.

والنيكل مستخدم في صناعة الفولاذ والسبائك الأخرى المضادة للصدأ وأنابيب النحاس والنيكل المستخدمة في محطات التحلية.

ورغم عدم الدراية بتأثير المياه الثقيلة على جسم الإنسان فان تفاعله مع خلايا الجسم قد يؤدي إلى تغييرات في عملية الأيض.^{١٢١،١٢٢} كما أن المياه الثقيلة تحتوي على نظير مشع للهيدروجين (تريتيوم) بنسبة ضئيلة.

¹²⁰ النيكل من المواد اللازمة لتغذية الإنسان ولكن تعاطيه بكميات كبيرة يؤدي إلى

تسمم الإنسان .

¹²¹) Kushner DJ, Baker Alison, Dunstall TG, 1996. Biotechnological Potential of)

Heavy water and Deuterated Compounds. Department of Botany, University of (Toronto, Toronto, Ontario, Canada.

¹²²) Baker MT, Ronnenberg, Jr WC, Ruzicka JA, Chang C-K, Tinker JH (1993).

Inhibitory effects of deuterium substitution on the metabolism by the rat. Drug (Metabolism and Disposition 21: 1170-1171.

تأثير شوائب البكتريا

البكتريا الموجودة في مياه الشرب مسئولة عن العديد من أمراض الجهاز الهضمي العارضة، وقد تتفاقم الحالة ويتعرض الإنسان لأمراض خطيرة بسبب الفلورا المقاومة للحرارة.

تأثير غياب الأملاح المعدنية

غياب الأملاح المعدنية التي يحتاجها الجسم لنشاطه الحيوي من مياه الشرب يؤدي إلى الخمول والاكتئاب. ورغم إضافة بعض الأملاح للمياه المنتجة من عمليات التحلية فقد لا تكون كافية.

تأثير غياب الأكسجين

هناك توقعات بان شرب المياه الميتة التي لا تحتوي على الأكسجين قد يؤدي إلى السرطان أو الموت البطيء. وعلى أحسن الفروض فان طعم المياه الميتة غير مستساغ وربما أدت إلى اضطرابات في الخلايا الممتصة للمياه وفي الجهاز الهضمي.

تأثير بنية المياه

إلى جانب الحساسية فان التغير الطارئ على تركيب بنية المياه قد يؤدي إلى إنتاج الشقوق الحرة^{١٢٣} في الجسم. ورغم أن عمر تلك التركيبات الكيميائية المعقدة قصير للغاية^{١٢٤} فهي مسئولة بالدرجة الأولى عن بداية تكوين الأورام الخبيثة.

¹²³ (free radicals).

¹²⁴ قد لا يتعدى ميكرو ثانية.

مخاطر محطات التحلية على البيئة

تأثير محطات التحلية على البيئة

هناك العديد من الآثار السلبية لمحطات التحلية على البيئة وخاصة البيئة البحرية، يظهر بعضها عند بداية تشييد المحطة على الشاطئ وبناء المداخل والمخارج داخل البحر حيث يتم تغيير صفة استعمال الأراضي في تلك المنطقة، وتقوم الآليات والمعدات بدمك الرمال مما يؤثر على الكائنات الدقيقة المتواجدة على الشاطئ. بالإضافة إلى ذلك فإن الحفريات تعمل على تفتيت التربة وزيادة المواد العالقة والراسية في المياه، والتي بدورها تحجب ضوء الشمس عن النباتات المائية وتمنعها من إتمام عملية التمثيل الغذائي، كما أن وجود هذه المواد يرفع منسوب "الطلب الحيوي على الأكسجين"، وبشع الأكسجين في المياه تختنق الأسماك والأحياء البحرية. لهذا فإن من الأهمية القيام بدراسة مفصلة لتأثير محطات التحلية على البيئة بعد اختيار مواقعها والعزم على إنشائها كجزء من عملية التخطيط لهذه المحطات ومروراً باختيار التقنية المناسبة واستخدام المواد الرفيعة بالبيئة وانتهاء بعملية تشغيل المحطة.

مياه النفايات

أياً كانت التكنولوجيا المستخدمة في التحلية، فإن المجاري الرئيسية لعملية التحلية تكاد تكون واحدة، فهي تتكون من المجري الداخل والمجري الخارج للمحطة. حيث تضخ مياه البحر المالحة من مدخل سطحي لمياه البحر أو من آبار على الشاطئ،

ويتم إدخالها إلى محطة التحلية، وحيث تخضع لعمليات فيزيائية وتفاعلات كيميائية معقدة مثل الضغط والتبخير وإضافات كيميائية لتعديل درجة الحموضة pH والتطهير ومواد منع التآكل والرواسب وتكون الرغوة وخلافها، ليتم بعد هذه العمليات فصل المياه المحلاة عن الأملاح التي تتركز في سائل يسمى بالمياه المرفوضة أو الراجعة، ويكون تركيز المياه عادةً ما يقارب ضعف تركيزها في مياه البحر العادية التي تحوي على ما يقرب من ٣٥,٠٠٠ - ٤٠,٠٠٠ جزء بالمليون من الأملاح. بالإضافة للأملاح فإن المياه الراجعة تحوي على معظم المواد الكيماوية والإضافات التي تستعمل أثناء عملية التحلية. ويتم غالباً إعادة هذه المياه إلى البحر من خلال مخرج المحطة وذلك بما تحويه من تركيز عالي من الأملاح والكيماويات. كما أن درجة حرارة المياه الراجعة تكون عادةً أعلى من درجة حرارة مياه البحر الطبيعية بحوالي ٧ - ١٠ درجات مئوية وذلك في حالة التحلية عن طريق التقطير.

تلوث البيئة بالمياه الراجعة

عند بدء تشغيل محطة التحلية فإن المياه الراجعة من المحطة تحوي تركيزاً عالياً من الأملاح، مما يؤدي مع الوقت إلى زيادة ملوحة مياه البحر في منطقة مخرج المحطة والمناطق المحيطة بها وخاصة في وجود معدلات تبخر عالية كما هو الحال في المناطق الحارة، مما يؤثر على بعض الأحياء المائية التي لا تتحمل الملوحة الزائدة. ثم أن ضخ كميات من المياه الراجعة ذات الحرارة الأعلى من حرارة مياه البحر يعمل على خفض كميات الأكسجين المذاب في ماء البحر واللازم لتنفس الكائنات البحرية مما يؤدي إلى فناءها أو هجرتها والتأثير على التنوع الحيوي. كما أن وجود كميات من المواد الكيماوية العضوية في المياه الراجعة أيضاً يعمل على

استنزاف كميات من الأكسجين الحيوي أثناء تحلل هذه المواد إلى مركبات بسيطة ويساهم مع ارتفاع درجة الحرارة في تقليل نسبة الأكسجين المذاب بالمياه.

كما أن المياه التي تلفظها المحطة مياه خالية من الأكسجين مما يؤثر على قتل الأحياء المائية في مساحة كبيرة حول مخرج المياه الراجعة.

هنالك مركبات ذات أثر سام مثل الكلورين ومشتقاته من التي تستخدم في عمليات تطهير المياه وكذلك هناك احتمال لظهور مركبات التراي هالوميثان (THM) والتي تتكون نتيجة تفاعل الكلورين مع المواد العضوية وهي ذات أثر مسرطن إذا ما تواجدت بتركيز معين.

هناك فرصة لأن تحوي المياه الراجعة معادن ثقيلة نتيجة عمليات التآكل في الأجزاء المعدنية لمحطة التحلية، خاصة في مجرى المياه الداخلة وأنابيب توصيل وأوعية المياه المالحة وكذلك في مجرى المياه الخارجة وما يتصل به من أنابيب وأوعية لسريان المياه الملفوطة من المحطة والتي تحتوي على أملاح مركزة، وفي حالة التقطير فان المياه المقطرة تآكل وتتحرر كل سطح تحته به.

وتتميز المعادن الناجمة عن الصدأ والنحر بآثارها السامة حيث تتراكم في أجسام الحيوانات البحرية ومن الممكن أن تصل للإنسان من خلال السلسلة الغذائية.

تستعمل الأحماض الكيميائية عادةً لغسل الغلايات وأنابيب التكثيف وإزالة الرواسب التي تتكون نتيجة عملية التقطير، وهذه الأحماض يجري تصريفها إلى البحر مع المياه مما تعمل على خفض درجة الحموضة pH لمياه البحر وتحويلها إلى وسط غير مناسب لنمو بعض الكائنات البحرية.

اضطراب البيئة

إلى جانب التأثير على البيئة المتآخمة لمكان التخلص من المياه الملوثة التي تنتجها المحطة فإن التغير المحلي في درجات الحرارة والملوحة يؤدي إلى آثار بعيدة المدى لما يسببه من خلل في التوازن البيئي في الخليج. إذ أن المياه المشبعة بالنفايات الكيميائية والعضوية ستقتل بعض الكائنات البحرية المفيدة في إنعاش مياه الخليج وستشجع تواجد وتكاثر أنواع مضرّة بالبيئة من كائنات حية مجهرية ونباتات قد تسبب أذى غير مباشر للناس، مثلاً لهذا أنها ستؤدي إلى تغيير في تركيبة المياه الداخلة للمحطة سواء من الناحية الكيميائية أو الحيوية.

إلى جانب ذلك فإن التلوث الميكروبي والعضوي المتزايد في مياه البحر وخاصة مياه الشواطئ يشجع تكاثر بعض البكتيريا مثل فلورا البحر الملحية والكائنات الحية المجهرية الأخرى التي تملك المقدرة على البقاء والتكيف في أحوال الزيادة المطردة في تلوث مياه البحر بالمواد العضوية.

كما أن خلل التوازن البيئي الذي يسببه إعادة المياه الملوثة إلى الخليج ربما أدّى إلى خلل في الدورة الكربونية وإلى احتباس ثاني أكسيد الكربون بما قد يؤثر على المناخ في المنطقة وعلى الثروة البحرية.

تعقيب

أن المعرفة الدقيقة الأضرار التي قد تتجم من المياه المحلاة على صحة المستهلكين أو المخاطر الناجمة من عملية تحليه المياه على البيئة، لا يعني بالضرورة عدم المقدرة على تلاقي تلك الأخطار والأضرار، بل يكون حافزاً على ابتكار تقنيات جديدة لمعالجة المشاكل التي تتعرض لها عملية تحليه المياه.

على سبيل المثال:

- نقص الأملاح المعدنية المفيدة في المياه المحلاة يستلزم إضافة أملاح معدنية وهذا هو الجاري تنفيذه الآن في محطات التحلية بإضافة مياه مالحة إلى المياه المنتجة. وربما أمكن تحديد الأملاح التي يحتاجها الجسم والتي قد لا تتوفر فيما يضاف من مياه مالحة وإضافتها بطريقة أخرى.
- غياب الأكسجين في المياه المحلاة يتطلب تهوية المياه كما يجري الآن في محطات التحلية. كما يمكن ضخ الأكسجين في صهاريج المياه أو استخدام الأوزون في تعقيمها.
- وجود معادن ثقيلة في المياه المحلاة قد يقتضي إضافة مرحلة إضافية للتخلص من تلك المعادن بناء على نسبة توажدها في المياه المنتجة ولاسترداد ما يلزم لهذه المرحلة من تكاليف يمكن فصل المعادن للاستفادة منها، وهناك تقنيات لهذا الغرض. أما المياه الثقيلة فيمكن فصلها أيضاً للاستفادة منها.

- وجود بكتريا مقاومة للحرارة وأخرى مصاحبة للصدأ يستلزم تقنية خاصة للتخلص منها. فهناك حاجة ماسة للبحث عن تقنية خاصة للتخلص من فلورا البحر الملحية، والكائنات الحية المجهرية الأخرى مثل البكتريا الكبريتية والبكتريا الحديدية التي توجد بكميات هائلة في ترسبات الصدأ. وهذا يقتضي تقييم حيوي دقيق وشامل لتأثير الفلورا المجهرية على الإنسان.

- ارتفاع درجة حرارة المياه الناتجة يلزم إدخال مرحلة تبريد، وفي الواقع أن تزويد المستهلك بالمياه الباردة يضمن نقاوتها في مراكز الاستهلاك. وهناك بعض شبكات التوزيع تحرص على هذا حتى في حالة المياه الطبيعية المكررة.

- حمضية المياه المحلاة يمكن علاجها بسهولة إذا شكل ذلك مشكلة للمستهلكين.

- التغير في بنية المياه قد يتطلب تجميد المياه المنتجة وصهرها لعودة المياه إلى بنيتها الطبيعية.

ولتلافي المخاطر الصحية للمياه على الإنسان يلزم إجراء تحاليل رتيبة وعشوائية على المياه التي يستخدمها الناس في أي وقت سواء في الشرب أو الاغتسال أو الزراعة أو الصناعة وذلك للتأكد من أن ما تحتويه من عناصر عضوية أو غير عضوية لن تعرض صحتهم للخطر سواء عن طريق التعاطي المباشر أو بولوج ما قد يدخل فيها من مواد ضارة في السلسلة الغذائية أو المياه الجوفية أو في وسائل نقل وتوزيع المياه. وللاستفادة من نتائج التحاليل يجب أن تهدف جميع التحليلات إلى التحديد الكمي لمحتويات المياه من مركبات أملاح، وعنصر مجهرية، وميكروبات أو

بكتريا، ومواد عضوية، إلى جانب التعرف على أي تغيير في بنية المياه وعلى ما ينقصها من مكونات ضرورية.

وفي حالة تحليه المياه المحلاة، من الضروري القيام بسلسلة من التحاليل على المياه من بداية ضخها من مصدرها الطبيعي حتى وصولها إلى المستهلك كمياه محلاة وعودتها إلى البحر كمياه مركزة تلفظها محطة التحلية، أي:

- تحليل مياه البحر الخام التي تتغذى المحطة للتأكد من كفاءة مرحلة المعالجة التي تسبق عملية التحلية ولاتخاذ الخطوات اللازمة لمعالجتها حتى لا تتسرب أي مكونات ضارة إلى مراحل التحلية.

- تحليل عينات من المياه المنتجة عقب انتهاء مراحل التحلية حتى يمكن التأكد من أن مرحلة معالجة المياه المنتجة لتحويلها إلى مياه شرب ستوفر مياهًا صالحة للشرب.

- تحليل المياه المالحة النظيفة التي قد تضاف إلى المياه المنتجة لإثرائها بالأملاح المعدنية، قبل إضافتها للتأكد من نقاوتها وسلامتها.

- تحليل المياه المعدة للاستهلاك للتأكد من أن جودتها في حدود مواصفات المياه الصالحة للاستهلاك البشري قبل توزيعها على مراكز الاستهلاك.

كما يفضل إجراء التحاليل الآتية لحماية صحة المستهلك وحماية البيئة:

- التحليل العشوائي لمياه الشرب في مراكز الاستهلاك خاصة المنازل للتأكد من عدم تلوثها أثناء نقلها أو توزيعها.

أما بالنسبة لإزالة مخاطر التأثير على البيئة فيلزم اتخاذ الخطوات التالية:

- تحليل المياه الفائضة من مراحل التحلية والمعالجة من تنقية وتصفية وتعقيم والتي سيتم التخلص منها بإعادتها إلى البحر لمعالجتها إذا اقتضت الحاجة حتى لا تسبب إلى البيئة المحيطة. هذا لأن المياه الفائضة ستحمل معها إلى جانب الشوائب والأملاح التي تم انتزاعها من المياه الخام مواد إضافية تدخل عليها في مراحل التحلية والمعالجة من مركبات كيماوية ومواد عالقة ومذابة تولدت في معدات المحطة نتيجة إضافات تتطلبها العملية أو نتيجة النحر والصدأ في المعدات أو نتيجة تكاثر البكتيريا في مخارج المحطة.
- القيام بتهوية المياه الفائضة قبل إعادتها إلى الخليج لإنعاشها.
- القيام بتوزيع المياه الفائضة على نطاق واسع بعيدا عن الساحل بحيث تختلط بالمياه العميقة ولا تسبب تغيرات محلية في مكان قلب النفايات على الساحل. هذا يقتضي مد مواسير لمسافات كبيرة تحت المياه بصورة لا تتدخل مع الملاحة .
- تصميم مخارج الأنابيب التي تنقل المياه الفائضة بحيث يتم خلطها بمياه الخليج على عمق مناسب؛ وربما أمكن تنشيط الخلط بطرق ميكانيكية.
- استخدام بعض التقنيات الموجودة أو ابتكار سبل حديثة لمعالجة النفايات قبل التخلص منها كما يحدث في كثير من الصناعات وذلك لضمان أن المياه التي ستعود إلى الخليج لن تسبب أي أذى للبيئة.

- استخلاص ما يمكن الاستفادة منه من أملاح في المياه الملفوظة قبل دلقها في الخليج مثل ما يجري في بعض محطات التحلية^{١٢٥}.

وبلا شك أن هناك حاجة ماسة إلي ابتكار تقنيات جديدة للتأكد من سلامة استهلاك المياه المحلاة إلي جانب ما تبذله شركات التحلية من مجهودات كبيرة في خفض تكاليف المحطات وزيادة كفاءة أدائها للتوسع في السوق. كذلك يلزم البحث عن سبل لتخفيف حدة البطش بالبيئة من جراء التخلص من النفايات في مياه الخليج؛ إلا أن كل ذلك مكلف وقد يؤدي إلي ارتفاع في تكلفة إنتاج المياه، وإذا تم إحصاء كل التكاليف اللازمة للتحسين من جودة المياه المحلاة وضمان سلامتها ولحماية البيئة فربما كان استيراد الكويت للمياه من إيران أقل تكلفة أو مساو في التكلفة لخيار التحلية.

¹²⁵ محطة في جزر الكناري الأسبانية تستخلص ملح الطعام من المياه الخارجة من المخططة .