EP

الأمم
المتحدة

UNEP(DEPI)/MED IG.23/16

الأمم المتحدة
برنامج البيئة
خطة عمل البحر الأبيض المتوسط

UNEP

اجتماع الأطراف المتعاقدة العادي العشرون في اتفاقية
والمناطق الساحلية حماية البيئة البحرية
للبحر الأبيض المتوسط وبروتوكولاتها

تيرانا، ألبانيا، من 17 إلى 20 كانون الأول/ ديسمبر 2017

البند الثالث من جدول الأعمال: القرارات المواضيعية

مشروع القرار IG.23/13 المبادئ التوجيهية المحدّثة لمنع وتخفيف التلوث من أنشطة تحلية مياه البحر

نظرًا لدواعٍ بيئية، وتوفيرًا للتكاليف، طُبِعَت هذه الوثيقة بعدد محدود. ويُرجى من المُوفَدِين التكرم بإحضار نُسخهم في الاجتماعات وعدم طلب نُسخ إضافية.

برنامج الأمم المتحدة للبيئة/خطة عمل البحر الأبيض المتوسط
أثينا، 2017

مذكرة من الأمانة العامة

على أساس المادة 7 من بروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث
من مصادر وأنشطة برية، وتبعًا للتفويض المعطى من الأطراف المتعاقدة في القرار IG.22/20 من مؤتمر الأطراف التاسع عشر بشأن برنامج العمل والميزانية للفترة من 2016 إلى 2017، أعدت الأمانة العامة "المبادئ التوجيهية المُحدَّثة بشأن إدارة أنشطة تحلية المياه" التي تُحدِّث "المبادئ التوجيهية" المضمنة في "التقرير الفني رقم 139 لعام 2003 من خطة عمل البحر الأبيض المتوسط".

الغرض من "المبادئ التوجيهية المُحدَّثة" توفير توجيهات فنية ملائمة للأطراف المتعاقدة من أجل التقليل إلى الحد الأدنى جميع الإصابات البيئية من أنشطة تحلية المياه.

إن الحاجة إلى "المبادئ التوجيهية المُحدَّثة" تؤكدها التغييرات التي حدثت منذ "التقرير الفني لعام 2003 من خطة عمل البحر الأبيض المتوسط" بما يتضمن الزيادة الكبيرة في أنشطة تحلية المياه على المستوى العالمي وكذلك على مستوى البحر الأبيض المتوسط بسبب زيادة الطلب على المياه العذبة. وتدفعها أيضًا احتياجات تحسين الموجود من تقنيات وأهلية اقتصادية، وتقليل الإصابات من أنشطة تحلية المياه في النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية.

"المبادئ التوجيهية المُحدَّثة" تأخذ في الاعتبار التقدم المحرز والدروس المستفادة من تنفيذ "المبادئ التوجيهية" وكذلك أحدث التنميات نحو إدارة أنشطة تحلية المياه على المستويين الإقليمي والعالمي. علاوةً على ذلك، من العناصر المهمة في هذا التحديث، التأكد أن أهداف الحالة البيئية الجيدة ذات الصلة مأخوذة كاملة في الحسبان بما يتضمن جانب دمجها.

"المبادئ التوجيهية" توفر لمحة عامة مُحدَّثة على الموجود من أساليب تحلية مياه البحر، مع التركيز على التحسينات التقنية المستقبلية، والتقنيات الناشئة، واستخدام الطاقات المتجددة. وتوفر أيضًا حالة قائمة مُحدَّثة عن حالة تحلية مياه البحر واتجاهاتها في منطقة البحر الأبيض المتوسط.

"المبادئ التوجيهية المُحدَّثة" تهدف إلى توفير التوجيهات الأحدث لتعريف الإصابات المحتملة في البيئة البحرية والساحلية، وتقييمها والتحكم فيها. وتتناول "المبادئ التوجيهية" الإصابات البيئية الرئيسية من تحلية مياه البحر، وفي المقام الأول ما يتصل بمأخذ مياه البحر وصرف الأجاج، بينما أيضًا تعرّف الملوّثات الرئيسية الناشئة. وتتضمن أيضًا أحكامًا مُحدَّثة بشأن تقييم الإصابة البيئية، وبشأن أفضل الأساليب الفنية المتاحة وأفضل الممارسات البيئية. وأخيرًا، مُضمَّن قسم جديد في "المبادئ التوجيهية" يوفر معلومات تفصيلية للرصد البيئي، أثناء طور التشييد وتلو بدء التشغيلات على السواء، مع الأخذ في الحسبان برنامج الرصد والتقييم المتكاملين للبحر الأبيض المتوسط وساحله ومعايير التقييم ذات الصلة. وتشمل "المبادئ التوجيهية" أيضًا "ملحقًا" ييسر رصد المتطلبات وتجميع البيانات.

المشروع الأول من "المبادئ التوجيهية المُحدَّثة" أعدته الأمانة العامة، بعدئذ استعرضه بتعمق وراجعه اجتماع خبراء إقليمي عُقِد في لوتراكي، اليونان، من 4 إلى 6 نيسان/ أبريل 2017. وهذا الإصدار استعرضه اجتماع جهات اتصال البرنامج المنسق لمراقبة ودراسة التلوث في منطقة البحر الأبيض المتوسط الذي عُقِد في روما، إيطاليا، من 29 إلى 31 أيار/مايو 2017 الذي صَدَّق على الإصدار النهائي لإرساله إلى اجتماع جهات اتصال خطة عمل البحر الأبيض المتوسط الذي عُقِد في أثينا، اليونان، من 12 إلى 15 أيلول/ سبتمبر 2017.

تنفيذ هذا القرار مرتبِط بالمخرج 2-5-1 في برنامج العمل المقترح. أما تبعاته في الميزانية على الصندوق الاستئماني لحماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث والموارد الخارجية، فمعكوسة في الميزانية المقترحة. ولن يُدخَر أي جهد لتأسيس شراكات مع الأطراف المتعاقدة التي لديها خبرة في هذا المجال وكذلك مشروع الإدارة المستدامة والمتكاملة للمياه/مبادرة "أفق 2020" لتيسير تنفيذها. وتوخت الأمانة العامة أيضًا عددًا من الأنشطة في برنامج العمل من 2018 إلى 2019، ضمن المخرج 2-5-1.

مشروع القرار استعرضه اجتماع جهات اتصال خطة عمل البحر الأبيض المتوسط (أثينا، اليونان، من 12 إلى 15 أيلول/سبتمبر 2017) الذي صَدَّق عليه لتعتبره الأطراف المتعاقدة في اجتماعها العشرين.

مشروع القرار IG.23/13

المبادئ التوجيهية المُحدَّثة بشأن إدارة أنشطة تحلية المياه

الأطراف المتعاقدة في اتفاقية حماية البيئة البحرية والمناطق الساحلية للبحر الأبيض المتوسط وبروتوكولاتها، في اجتماعها العشرين،

بالنظر إلى بروتوكول 1996 لحماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية، وخاصة المادة 7 فيه، التي كان من المزمع أن تصاغ ضمنها مبادئ توجيهية ومقاييس ومعايير مشتركة وتُعتمَد لتناول المواصفات الفنية المتطلبة لمكافحة التلوث المستمد من مصادر وأنشطة برية،

وبالإشارة إلى "المبادئ التوجيهية لعام 2003 بشأن الإدارة السليمة بيئيًّا لمحطات تحلية مياه البحر في البحر الأبيض المتوسط"، وإقرارًا بالتقدم المحرز والدروس المستفادة من تنفيذها،

وبالإشارة أيضًا إلى القرار IG.22 الذي اعتمدته الأطراف المتعاقدة في اجتماعها التاسع عشر، الذي بموجبه فوضت بتحديث "المبادئ التوجيهية لعام 2003"،

وبملاحظة أن أنشطة تحلية المياه تضاعف نموها في منطقة البحر الأبيض المتوسط بسبب زيادة الطلب على المياه العذبة والتحسن في التقنية والأهلية الاقتصادية،

وبملاحظة أيضًا الإصابة المقترنة بأنشطة تحلية المياه في النظم الإيكولوجية البحرية والساحلية،

والتزامًا منها بزيادة تبسيط الغايات الإيكولوجية من خطة عمل البحر الأبيض المتوسط، وخاصة فيما يتصل بالتلوث والتنوع البيولوجي والساحل والأهداف الهيدروغرافية وأهداف الحالة البيئية الجيدة المقترنة؛ لضمان تحقيق الحالة البيئية الجيدة والمحافَظة عليها في المواقع،

وباعتبار تقرير اجتماع جهات اتصال برنامج تقييم التلوث البحري ومكافحته في البحر الأبيض المتوسط الذي عُقِد في أيار/مايو 2017،

1- *تعتمد* "المبادئ التوجيهية المُحدَّثة بشأن إدارة أنشطة تحلية المياه"، المحددة في المرفق بالقرار الحالي، التي تحل محل "المبادئ التوجيهية لعام 2003"،

2- *وتطلب من* الأطراف المتعاقدة عدم ادخار أي جهد لضمان تنفيذها الفعال في منطقة البحر الأبيض المتوسط،

3- *وتشجع* الأطراف المتعاقدة على ضمان أن استعمال مصادر المياه وتدابيرها البديلة (من شاكلة حفظ المياه، ومعالَجة المياه وإعادة استخدامها، ومنع إهدار المياه بسبب البنية التحتية المعيبة، وغيرها) مُعتبَر قبل خيار تحلية المياه، وأن استخدام تقنيات تحلية المياه التي تقلل إلى الحد الأدنى استخدام الطاقة، وتستعمل طاقة متجددة، وتقلل انبعاثات الاحتباس الحراري وصرف الأجاج والمواد الكيميائية، وتستعمل مواد مراعية للبيئة ينبغي تشجيعها والتوجيه إليها في مراحل التخطيط،

4- *وأيضًا تشجع* الأطراف المتعاقدة على تطوير معايير ومقاييس واعتمادها من أجل المأخذ وصرف الأجاج، وضمان إنفاذ السلطات التنظيمية الوطنية إياها، مع الوضع في الذهن أن التأثيرات المتراكمة من تحلية المياه في منطقة البحر الأبيض المتوسط ينبغي تقييمها باستخدام نهج النظام الإيكولوجي وأدوات النمذجة،

5- *وتشجع أيضًا* الأطراف المتعاقدة على تعريف وترقية وتقوية أوجه التآزر وآليات التعاون مع صناعة تحلية المياه وأصحاب المصلحة الآخرين لضمان إدارة تحلية مياه مستدامة ومتكاملة في منطقة البحر الأبيض المتوسط،

6- *وتطالب* الأمانة العامة بتيسير عمل الأطراف المتعاقدة لتنفيذ "المبادئ التوجيهية المُحدَّثة بشأن إدارة أنشطة تحلية المياه" من خلال السعي إلى التعاون وتعزيز أوجه التآزر في تلك المنطقة باستخدام مكونات خطة عمل البحر الأبيض المتوسط وبالتعاون مع البرنامج الإقليمي "أفق 2020" التابع للاتحاد الأوروبي،

7- *وتطالب أيضًا* الأمانة العامة بتأسيس شراكات استراتيجية مع صناعة تحلية المياه وأصحاب المصلحة ذوي الصلة الآخرين بهدف تيسير الوصول إلى البيانات وتبادل المعرفة بشأن أفضل الأساليب الفنية المتاحة وأفضل الممارسات البيئية لأنشطة تحلية المياه في منطقة البحر الأبيض المتوسط.

المرفق

المبادئ التوجيهية المُحدَّثة بشأن إدارة أنشطة تحلية المياه

جدول المحتويات

1- المقدمة 7
2- تحلية مياه البحر 7
2-1 الحاجة إلى تحلية مياه البحر 7
2-2 وصف موجز لأساليب تحلية مياه البحر المؤسسة حاليًا (كاملة التطوير) 8
2-3 التوجيهات المستقبلية بشأن تقنية تحلية مياه البحر – ما ينشأ من التقنيات وتحسين العمليات واستخدام الطاقة المتجددة. 9
3- حالة تحلية مياه البحر واتجاهاتها في منطقة البحر الأبيض المتوسط 10
3-1 تطور تحلية مياه البحر في بلاد البحر الأبيض المتوسط من عام 1999 إلى 2013 11
3-2 القدرة المقامة لتحلية المياه في البحر الأبيض المتوسط والإنتاج الحقيقي 12
4- الإصابات البيئية من تحلية مياه البحر مع إشارة خاصة إلى البيئة البحرية 12
4-1 مأخذ مياه البحر 13
4-2 صرف الأجاج 13
4-2-1 تشتت الأجاج (الإصابات اللابيولوجية) 13
4-2-2 تأثيرات الأجاج (الملوحة ودرجة الحرارة) في الكائنات الحية 14
4-2-3 تأثير المواد الكيميائية المستخدمة في عملية تحلية المياه والمُصرَّفة مع الأجاج 15
4-3 ملوثات ناشئة 15
5- الجوانب القانونية في التخلص من الأجاج، فيما يتصل ببروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية المعدل، وكذلك الالتزام بتحقيق حالة بيئية جيدة استنادًا إلى نهج النظام الإيكولوجي. 16
5-1 بروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية المعدل وتحلية مياه البحر 16
5-2 تنفيذ نهج النظام الإيكولوجي لتحقيق حالة بيئية جيدة والمحافظة عليها 17
6- تقييم الإصابة البيئية 18
6-1 وصف المشروع 19
6-2 انتقاء التقنية وخصائص الصروف 19
6-3 نمذجة تشتيت الأجاج 20
6-4 وصف الوضع البيئي (الأرضي والبحري) 20
6-4-1 وصف البيئة الأرضية 20
6-5 تقييم الإصابات المحتملة 21
6-5-1 الإصابات المحتملة أثناء طور التشييد 21
6-5-2 إصابات محتملة بعد بدء التشغيلات 21
6-6 تخفيف الإصابات 22
6-6-1 تخفيف الإصابات أثناء التشييد 22
6-6-2 تخفيف الإصابات بعد بدء التشغيلات 22
6-7 أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية 23
6-8 الاستدامة 24
7- الرصد البيئي 25

جدول المحتويات (تابع)

7-1 الرصد أثناء طور التشييد.....25
7-2 الرصد طويل المدى تلو بدء التشغيلات.....25
7-2-1 أخذ العينات البحرية.....26
7-2-2 تقرير الرصد.....27
7-2-3 الرصد في المحطة.....27

الملاحق

الملحق 1: استبيان حالة تحلية مياه البحر في منطقة البحر الأبيض المتوسط
الملحق 2: المراجع

قائمة الاختصارات / مصطلحات الأحرف الأولى المختصرة

AD	تحلية المياه بالامتزاز
BAT	أفضل التقنيات المتاحة
BEP	أفضل الممارسات البيئية
CDI	نزع التأين السعوي
CFCs	مركبات الكلورو فلورو كربون
CPs	الأطراف المتعاقدة
CSP	تركيز الطاقة الشمسية
COP	مؤتمر الأطراف
EcAp	نهج النظام الإيكولوجي
ED	الفرز الغشائي الكهربائي
EDR	انعكاس الفرز الغشائي الكهربائي
EEA	وكالة البيئة الأوروبية
EIA	تقييم الإصابة البيئية
EU	الاتحاد الأوروبي
FAO	منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة
FO	التناضح الأمامي
GES	الحالة البيئية الجيدة
انبعاثات GHG	انبعاثات الاحتباس الحراري
GWI	استخبارات المياه العالمية
IAEA	الوكالة الدولية للطاقة الذرية
IDA	الرابطة الدولية لتحلية المياه
IMAP	برنامج الرصد والتقييم المتكاملين للبحر الأبيض المتوسط وساحله ومعايير التقييم ذات الصلة
IMO	المنظمة البحرية الدولية
IPCC	الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ
بروتوكول LBS	بروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية
LTD	التقطير منخفض درجة الحرارة
MAP	خطة عمل البحر الأبيض المتوسط
MD	التقطير الغشائي

MED	التقطير متعدد التأثيرات
MED POL	برنامج تقييم التلوث البحري ومكافحته في البحر الأبيض المتوسط
MSF	التقطير الومضي متعدد المراحل
PRO	التناضح بالضغط المتخلف
RO	التناضح العكسي
RE	الطاقات المتجددة
RED	الفرز الغشائي الكهربائي العكسي
SW	مياه البحر
SWIM-Programme	برنامج الإدارة المستدامة والمتكاملة للمياه
TVC	ضغط البخار الحراري
UNEP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
UNEP/MAP	برنامج الأمم المتحدة للبيئة/ خطة عمل البحر الأبيض المتوسط
ZLD	انعدام صرف السوائل

1- المقدمة

1- البرنامج المنسق لمراقبة ودراسة التلوث في منطقة البحر الأبيض المتوسط ببرنامج الأمم المتحدة للبيئة/ خطة عمل البحر الأبيض المتوسط تبعًا لموافقة اجتماع جهات اتصال البرنامج المنسق لمراقبة ودراسة التلوث في منطقة البحر الأبيض المتوسط، المنشور في "التقرير الفني رقم 139 لعام 2003 من خطة عمل البحر الأبيض المتوسط": تحلية المياه في البحر الأبيض المتوسط. التقييم والمبادئ التوجيهية. في ذلك الوقت كانت المبادئ التوجيهية، التي تستخدمها بدرجة كبيرة الأطراف المتعاقدة، مُحدَّثة وتصف الحاجة إلى تحلية مياه البحر، وتقنياتها الأساسية، وحالة تحلية مياه البحر واتجاهاتها في منطقة البحر الأبيض المتوسط وتطرقت إلى الإصابات البيئية والجوانب القانونية في التخلص من الأجاج.

2- منذ عام 2003، تضاعفت زيادة جهود تحلية مياه البحر العالمية بسبب زيادة في الطلب على المياه العذبة والتحسن في التقنيات والأهلية الاقتصادية. واتبعت منطقة البحر الأبيض المتوسط الاتجاه العالمي وزادت قدرة تحلية المياه المقامة من حوالي 4 ملايين متر مكعب/يوم في عام 2003 إلى 12 مليون متر مكعب/يوم في عام 2013. وكذلك تغيرت التقنيات مع زيادة الوعي بالإصابات البيئية المحتملة، وخاصة في البيئة البحرية. علاوةً على ذلك، إطار العمل القانوني للائحة التخلص من النفاية في البحر الأبيض المتوسط والخطط الإقليمية ذات الصلة بالتلوث (في إطار عمل بروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية وبروتوكول الإلقاء والإغراق في البحر وبرنامج العمل الاستراتيجي للتعامل مع التلوث الناجم عن الأنشطة البرية في منطقة البحر الأبيض المتوسط) تطورت تدريجيًّا لتتكامل مع جوانب نهج النظام الإيكولوجي من أجل تحقيق حالة بيئية جيدة وحفظها.

3- لذا، البرنامج المنسق لمراقبة ودراسة التلوث في منطقة البحر الأبيض المتوسط الآن يستعرض "التقرير الفني رقم 139 لعام 2003 من خطة عمل البحر الأبيض المتوسط" ويُحدِّثه، من أجل تحسين وصف جهود تحلية المياه في جميع أنحاء البحر الأبيض المتوسط، ويُقيِّم إصاباتها في البيئة الساحلية والبحرية. ويهدف المبدأ التوجيهي الجديد إلى توفير توجيه إلى الأطراف المتعاقدة بشأن كيفية تحلية المياه بطريقة مستدامة وكيفية رصد البيئة. ويبني المبدأ التوجيهي الجديد على منشورات سابقة: "التقرير الفني رقم 139 ضمن خطة عمل البحر الأبيض المتوسط" (UNEP/MAP/MEDPOL 2003)، وتقرير مشروع الإدارة المستدامة والمتكاملة للمياه (Khordagui 2013)، ومنشورات برنامج الأمم المتحدة للبيئة ومجلس البحوث الوطنية (NRC 2008, UNEP 2008) فيما بين غيرها، ومنشورات مُستشهَد بها طوال هذا التقرير.

2- تحلية مياه البحر

4- تحلية مياه البحر مسؤولة عن حوالي 60٪ من جهود تحلية المياه العالمية وما يزيد عن 80٪ في جميع أنحاء البحر الأبيض المتوسط. وإنها أيضًا نوع تحلية المياه الأكثر استهلاكًا للطاقة بسبب تركيز الأملاح العالي في مياه التغذية. ولذا المبادئ التوجيهية المُحدَّثة تتناول تحلية المياه على أنها تحلية مياه البحر، مع فهم أن تحلية المياه خفيفة الملوحة شائعة في مناطق كثيرة من العالم لكن ليس في البحر الأبيض المتوسط (Khordagui 2013, Lior 2017).

5- نقطة إضافية للاعتبار هي الفرق بين قدرة تحلية المياه المقامة وإنتاج تحلية المياه الحقيقي. وإن أغلب الإحصاءات بشأن تحلية المياه (نابعة رئيسيًّا من تقارير الرابطة الدولية لتحلية المياه واستخبارات المياه العالمية) تتناول قدرة تحلية المياه المقامة. ومع ذلك، قدرة تحلية المياه المقامة قد تكون أعلى من الإنتاج بسبب التغيرات في احتياجات تحلية المياه، التي عادة ترتبط تبادليًّا بتقلبية المناخ (أعوام الجفاف أو الأعوام المطيرة)، وإتاحة إمداد المياه الطبيعية أو المعاد استخدامها والتكاليف المالية.

2-1 الحاجة إلى تحلية مياه البحر

6- استخدام المياه العالمي ما انفك ينمو بما يزيد عن ضعف معدل زيادة السكان في القرن الماضي (FAO 2012). وهذا مع زيادة حدوث حالات الجفاف والتغيرات في أنماط هطول الأمطار نتيجة تغير المناخ، قلل إتاحة المياه العذبة. وقد تكون معيشة اثنين من كل ثلاثة أشخاص على الكرة الأرضية في أحوال مجهدة مائيًّا بحلول عام 2025، إذا استمرت أنماط الاستهلاك العالمية الحالية[1].

[1] http://www.who.int/heli/risks/water/water/en/ (accessed February, 6th 2017)

7- أزمة المياه وتضاؤل الوصول إلى المياه الصالحة للشرب في كثير من المناطق وتقنية تحلية المياه دائمة التحسن عززت الزيادة في تحلية المياه في جميع أنحاء العالم، وخاصة تحلية مياه البحر. وتاريخيًّا، تحلية المياه على صعيد تجاري بدأت حوالي عام 1965 بقدرة عالمية حوالي 8 آلاف متر مكعب/يوم في عام 1970، وبما يبلغ رقمًا مقدَّرًا 86.6 مليون متر مكعب/يوم في نهاية 2015[2]. وبدءًا من عام 1997 إلى 2008 كان معدل نمو تحلية المياه السنوي المجمع 17٪. وتضاعف نمو تحلية المياه بمعدل 14٪/عام بدءًا من عام 2007 إلى 2012، وانخفض المعدل إلى 3٪/عام بدءًا من عام 2012 إلى 2015 (Gude 2016, Lior 2017). وأضحت المحطات الكبيرة وهائلة الحجم ذات أهلية اقتصادية وشيدت. وإن تحلية المياه في بلاد البحر الأبيض المتوسط تعكس التقدم العالمي وستُناقَش في القسم 3.

2-2 وصف موجز لأساليب تحلية مياه البحر المؤسسة حاليًا (كاملة التطوير)

8- تقنيات تحلية مياه البحر يمكن تقسيمها إلى عمليات كبرى:

أ) عملية غشائية (تغير غير طوري)، فيها أغشية شبه مُنفِذة تُستخدَم في فصل المياه عن الأملاح الذائبة،
ب) وعملية حرارية (تغير طوري)، فيها مياه التغذية تغلى (تحت ضغوط وبدرجات حرارة تشغيل ملائمة) ويكثف البخار مياه نقية.
ج) والتقنيات الهجينة التي تتضمن كلا العمليتين، من شاكلة التقطير الغشائي، آخذ بدء استخدامها كذلك (انظر أدناه).

9- العمليات الحرارية سيطرت على صناعة تحلية المياه وصولاً إلى الفترة بين العامين 2003-2005 عندما فاقتها التقنية الغشائية، وخاصة التناضح العكسي (Gude 2016). وفيما يلي وصف موجز لأساليب تحلية مياه البحر باستخدام التقنية، المؤسسة (كاملة التطوير).

2-2-1 العمليات الغشائية

10- التناضح العكسي يستخدم ضغطًا في دفع جزئيات الماء من محلول التغذية عبر أغشية شبه مُنفِذة تحتفظ بالأملاح وجسيمات التصفية، مُنتِجًا مياه عذبة وأجاج. وتبلغ فعالية العملية 0.45 لمياه البحر و0.75 للمياه خفيفة الملوحة (World_Bank 2012). ويحتوي الأجاج الناتج عن تناضح مياه البحر عكسيًّا على حوالي ضعف ملوحة مياه البحر.

11- عند المراحل المتنوعة في العملية قد تضاف مواد كيميائية، يُتخلَّص منها لاحقًا مع الأجاج في البحر أو الأرض: المواد المخثرة في مرحلة المعالجة السابقة (الحديد أو الألومنيوم، والأملاح، والبوليمرات)، ومبيدات الآفات الأحيائية (من شاكلة الكلور) ومحيِّدات (كبريتيت الصوديوم)، ومواد مانعة للتحرشف من أجل منع تلويث الأغشية (من شاكلة عديدات الفوسفات، وعديدات الفوسفونات، وحمض بولي أكريليك، وحمض البوليماليك)، ومحاليل تنظيف أغشية التناضح العكسي (محاليل حمضية وقلوية ومنظفات)، وضابطات الأس الهيدروچيني والعُسْرَة للمياه الناتجة (حجر الجير).

12- الخطوات المتعاقبة، واستخدام المواد الكيميائية، واستعادة الطاقة، والفعالية المُحسَّنة موصوفة باستفاضة (Fritzmann et al. 2007, Greenlee et al. 2009, Elimelech and Phillip 2011, Ghaffour et al. 2013). ومحطات تناضح مياه البحر عكسيًّا الأحدث تطورًا حاليًا تستهلك من 3 إلى 4 كيلوواط ساعة/متر مكعب طاقة وينبعث منها 1.4 إلى 1.8 كيلوجرام ثاني أكسيد الكربون/متر مكعب ومن 10 إلى 100 جرام أكاسيد نيتروچين/متر مكعب من الماء الناتج (Lior 2017).

13- الفرز الغشائي الكهربائي، هو عملية فصل كهربائية كيميائية فيها تنتقل الأيونات عبر أغشية تبادل الأيونات باستخدام جهد تيار كهربائي مباشر، تاركة المياه المحلاة منتجًا (NRC 2008). انعكاس الفرز الغشائي الكهربائي هو تعديل في الفرز الغشائي الكهربائي ويمكن تشغيله بمياه تغذية عالية العكَر.

2-2-2 العمليات الحرارية

14- التقطير الومضي متعدد المراحل يستخدم سلسلة من المراحل تتعاقب الواحدة تلو الأخرى بانخفاض في درجة الحرارة والضغط، لكي يتبخر الماء سريعًا (أو "يندفق") من جملة السائل. بعدئذ يُكثَّف البخار في أنابيب مياه تغذية الدفق الداخل، وبذلك يستعيد الطاقة من سخونة التكثيف (NRC 2008). وتبلغ فعالية العملية 0.25 ويحتوي الأجاج الناتج من تحلية مياه البحر على حوالي 1.5 من ملوحة مياه البحر ودرجة حرارة أعلى بحوالي 5 درجات.

[2] http://www.iwa-network.org/desalination-past-present-future/

15- عند المراحل المتنوعة في العملية قد تضاف مواد كيميائية، يُتخلَّص منها لاحقًا مع الأجاج في البحر أو الأرض: عوامل مضادات الرغوة، ومثبطات التآكل، ومبيدات الآفات الأحيائية (من شاكلة الكلور) ومحيّدات (كبريتيت الصوديوم)، ومواد مانعة للتحرشف من أجل منع التلويث (من شاكلة عديدات الفوسفات، وعديدات الفوسفونات، وحمض بولي أكريليك، وحمض البوليماليك)، ومحاليل تنظيف، وضابطات الأس الهيدروچيني والعُسْرَة للمياه الناتجة (حجر الجير). وتَتعرض محطات تحلية المياه الحرارية للتآكل وصرف لاحق للفلزات (من شاكلة النحاس) مع الأجاج.

16- التقطير متعدد التأثيرات هو نهج تبخير عبر غشاء رقيق، حيث البخار الناتج من إحدى الغرف (أو "التأثير") يتكثف لاحقًا في الغرفة التالية، التي توجد عند درجة حرارة وضغط أقل، موفرًا سخونة إضافية من التبخير. وتبلغ فعالية العملية 0.34. ومقارنةً بالتقطير الومضي متعدد المراحل فإنه يستخدم طاقة أقل بسبب متطلبات الضخ المُقلَّلة (NRC 2008). أما المحطات الكبيرة للتقطير متعدد التأثيرات فتشمل ضغط البخار الحراري حيث ضغط بخار التسخين يُستخدَم (بالإضافة إلى السخونة) في تحسين الفعالية (NRC 2008).

2-3 التوجيهات المستقبلية بشأن تقنية تحلية مياه البحر – ما ينشأ من التقنيات وتحسين العمليات واستخدام الطاقة المتجددة.

17- صناعة تحلية المياه دائمة الزيادة عززت البحوث والهندسة من أجل تطوير جديد في التقنيات والتقنيات الهجينة لإعادة تصميم مكونات النظم الموجودة من أجل تحسين الفاعلية وتقليل استهلاك الطاقة والمواد الكيميائية وتقليل صرف الأجاج والنفايات. وفيما يلي وصف موجز للتوجيهات المستقبلية في تحلية المياه.

18- التناضح الأمامي. عملية التناضح الأمامي تستند إلى مبدأ أن الماء (المذيب) يُرَض عبر غشاء شبه مُنْفِذ من منطقة تركيز منخفض إلى منطقة تركيز عالٍ من خلال عملية تناضحية طبيعية. ويُوضَع غشاء شبه مُنْفِذ بين محلول التغذية منخفض التركيز ومحلول السحب عالي التركيز. وأما فرق الجهد الكيميائي بين المحلولين فيدفع جزئيات الماء عبر الغشاء من التغذية إلى محلول السحب بينما يُحتفَظ بالمذابات. بعدئذ يُفصَل الماء ويعاد استخدام محلول السحب. ويمكن أن تكون عملية الفصل باهظة الثمن بناء على خصائص محلول السحب (Gude 2016, Straub et al. 2016, Amy et al. 2017).

19- التقطير الغشائي هو عملية مدفوعة حراريًّا تستعمل غشاءً طاردًا للماء ودقيق المسام بصفته ملامسًا من أجل تحقيق الفصل باستخدام التوازن بين السائل والبخار. وإن القوة الدافعة للتقطير الغشائي هي فرق ضغط البخار الجزئي الذي يُحافَظ عليه على كلا واجهتي الغشاء (تغذية ساخنة وتغلغل بارد). ويُدفَع محلول التغذية الساخنة إلى ملامسة الغشاء الذي لا يسمح إلا بمرور البخار خلال المسام الجافة بحيث يتكثف على جانب مادة التبريد. وتستخدم العملية درجات حرارة وضغوطًا أقل مقارنة بالعمليات الحرارية والغشائية ويمكنها الوصول إلى استعادة 90٪ (World Bank 2012, IAEA 2015, Kim et al. 2016, Amy et al. 2017).

20- تحلية المياه بالامتزاز هي عملية دورات امتزاز/انتزاز مدفوعة بالسخونة. وفي هذه العملية، مياه البحر الخام تُغذَّى في مُبخِّر عند درجة حرارته المحيطة ويُستخدَم ماز في امتزاز البخار الناتج عند ضغط ودرجة حرارة منخفضين جدًّا، وعند بيئة منخفضة الضغط. وعند التشبع، يُسخَّن الماز لتحرير البخار (عملية انتزاز) وبعدئذ يُكثَّف داخل مُكثِّف خارجي. وليست هناك أي حاجة إلى تسخين مياه التغذية كما في عمليات حرارية أخرى (Kim et al. 2016).

21- من بين ما ينشأ من عمليات وتقنيات: التناضح بالضغط المتخلف، والفرز الغشائي الكهربائي العكسي، والتقطير منخفض درجة الحرارة، ونزع التأين السعوي. وأغلب هذه التقنيات غير كاملة التطوير وغير مستعملة في محطات على صعيد كبير. وينشأ الآن التناضح العكسي مغلق الدائرة في المجال التجاري. ويُستخدَم التناضح الأمامي والتقطير الغشائي في تطبيقات مخصوصة (Amy 2017).

22- تحسينات التقنيات الحالية: كثير من التحسينات متواصل حدوثها في مجال تحلية المياه دائم التغير، وخاصة في تحسين الإنتاجية وتقليل استهلاك الطاقة والمواد الكيميائية وصرف الأجاج. وأدناه أمثلة قليلة:

أ) انعدام صرف السوائل هو عملية تستعيد المياه من المركزات، من أجل القضاء على نفايات السوائل. وأغلب التقنيات الناشئة يمكن توظيفها نظريًّا في مخططات انعدام صرف السوائل. وإن انعدام صرف السوائل مهم خاصة في تحلية المياه خفيفة الملوحة (Gude 2016, Tong and Elimelech 2016) وقد يصلح في محطات تحلية مياه البحر الصغيرة:

ب) تحسين الأغشية التقليدية وتصميم أغشية جديدة (هندسة الأغشية) من أجل زيادة الإنتاجية، وتقليل استهلاك الطاقة وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري المقترنة قيد التطوير المتواصل. ومن بينها تطوير أغشية محاكاة بيولوجية، استنادًا إلى أكوابورينات (بروتين يمرر الماء)، وقنوات أيونات ومياه اصطناعية، والجرافين،

ج) الطاقات المتجددة. الطاقات المتجددة، من الطاقة الشمسية (تركيز الطاقة الشمسية، والفولتية الضوئية)، والحرارية الأرضية، وطاقة الرياح والطاقة البحرية المتجددة (الموج، والجزر، والتيارات)، ستحل في النهاية محل الطاقة التقليدية في تحلية المياه عند تأهلها اقتصاديًّا (Gude 2016, Amy et al. 2017). ومع ذلك، تتنبأ الوكالة الدولية للطاقة الذرية (IAEA 2015) بأنه في عام 2030، تحلية المياه بالطاقات المتجددة لن تكفي إلا إمداد مياه الاستخدام المنزلي لكنها ستتوسع لتلبي الإمداد الصناعي بحلول عام 2050.

د) تحسين تقنية الرش لتحسين عمليات التخفيف أثناء صرف الأجاج في البحر (Portillo et al 2013, Vila et al 2011).

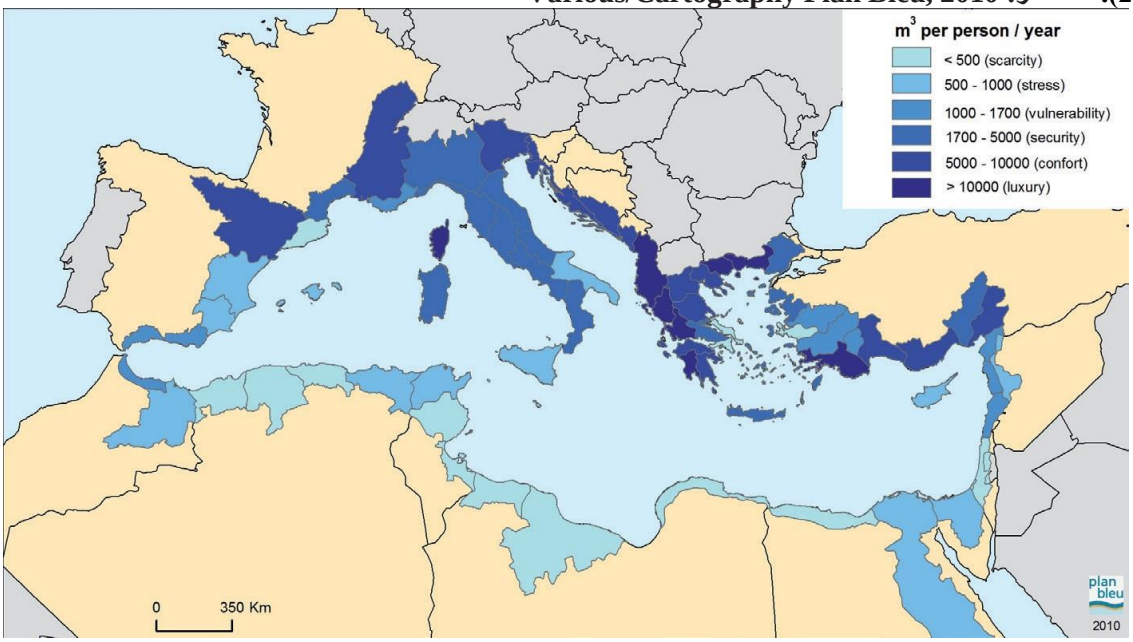
3- حالة واتجاهات تحلية مياه البحر واتجاهاتها في منطقة البحر الأبيض المتوسط

23- موارد المياه الطبيعية المتجددة لكل ساكن في البلاد المحيطة بالبحر الأبيض المتوسط تتراوح من الندرة (<500 متر مكعب/شخص في السنة) إلى الراحة والترف (>5000 متر مكعب/شخص في السنة) (AQUASTAT[3], Plan Bleu, 2010).

24- هناك انعدام في التوازن بين شواطئ البحر الأبيض المتوسط الشمالية والجنوبية، فالأخيرة تعد واحدة من أكثر المناطق نادرة المياه في العالم. ونتيجة لذلك، أغلب جهود تحلية المياه حول البحر الأبيض المتوسط تتركز في الشواطئ الجنوبية والشرقية وفي إسبانيا. وفي عام 2013، أُقيمت ما يزيد عن 1532 محطة تحلية مياه حول البحر الأبيض المتوسط بإجمالي قدرة مقامة متراكمة تبلغ حوالي 12 مليون متر مكعب/يوم. وكانت تحلية مياه البحر بالتناضح العكسي مسؤولة عن حوالي 80٪ من الإنتاج. وتقريبًا جميع المياه المحلاة المُنتَجة تستهلكها البلديات مياه شرب (Khordagui 2013).

[3] http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/index.stm

الشكل 1. موارد المياه الطبيعية المتجددة لكل ساكن في أحواض البحر الأبيض المتوسط الأساسية المتنوعة (بين عام 1995 إلى 2005). المصادر: Various/Cartography Plan Bleu, 2010



25- في عام 2014، نشرت وكالة البيئة الأوروبية مع برنامج الأمم المتحدة للبيئة/ خطة عمل البحر الأبيض المتوسط تقريرًا يجمع مستويات التلوث في المنطقة، وخاصة الدوافع الكبرى للتغيرات البيئية وتبعاتها على حماية البيئة البحرية ولكنه لم يتناول تحلية المياه (EEA-UNEP/MAP 2014). ومع ذلك، في تقرير حالة البحر الأبيض المتوسط في عام 2012 الصادر عن برنامج الأمم المتحدة للبيئة/خطة عمل البحر الأبيض المتوسط، ذُكِرَت تحلية المياه بصفتها ضغطًا جديدًا وقطاعًا رئيسيًّا مؤثرًا في البيئة البحرية والساحلية في البحر الأبيض المتوسط (UNEP/MAP 2012).

3-1 تطور تحلية مياه البحر في بلاد البحر الأبيض المتوسط من عام 1999 إلى 2013

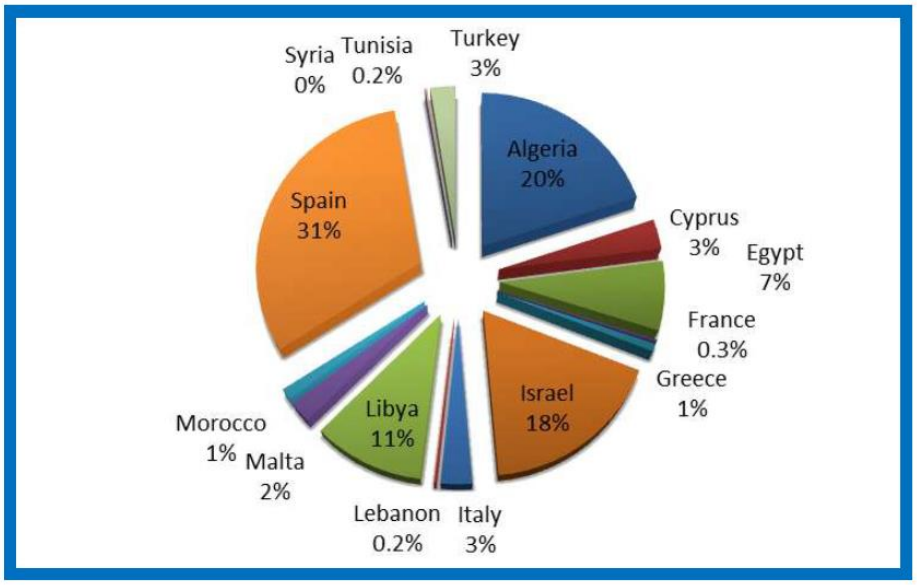
26- إجمالي قدرة تحلية المياه حول البحر الأبيض المتوسط في عام 1970 كانت 0.025 مليون متر مكعب/يوم.

27- بحلول نهاية عام 1999، زادت حوالي رتبتين أسيتين لتبلغ إجمالي قدرة تقرب من مليوني متر مكعب/يوم، منها 41٪ بالتناضح العكسي (UNEP/MAP/MEDPOL 2003). وكانت إسبانيا المنتج الأكبر للمياه المحلاة بنسبة 33٪ من إجمالي القدرة، رئيسيًّا من عملية التناضح العكسي. وكانت ليبيا المنتج الثاني بنسبة 30٪ من إجمالي القدرة، رئيسيًّا من عملية التقطير الومضي متعدد المراحل. وكانت إيطاليا، ومالطة، والجزائر، وقبرص مسؤولة عن 18، و6، و5، و2٪ من إجمالي القدرة، على التوالي (UNEP/MAP/MEDPOL 2003).

28- في عام 2007، إجمالي قدرة تحلية المياه في البحر الأبيض المتوسط كانت 4.0 مليون متر مكعب/يوم (14٪ من إجمالي القدرة العالمية). وكانت إسبانيا المنتِج الرئيسي، بنسبة 35٪ من إجمالي القدرة في البحر الأبيض المتوسط، تليها ليبيا بنسبة 20٪. وكانت الجزائر، وإسرائيل، وإيطاليا، ومالطة، وقبرص مسؤولة عن 19، و10، و7، و5، و4٪ من إجمالي القدرة، على التوالي (Lattemann et al. 2010a, Lattemann et al. 2010b). وكانت العملية المستعملة الرئيسية التناضح العكسي.

29- في عام 2011، زادت القدرة إلى 11.6 مليون متر مكعب/يوم في بلاد البحر الأبيض المتوسط، ومع ذلك هذا التقدير قد يتضمن تحلية المياه في المحيط الأطلسي والبحر الأحمر. وكانت إسبانيا المنتِج الرئيسي (بنسبة 41٪ من إجمالي القدرة في البحر الأبيض المتوسط)، تليها الجزائر وإسرائيل بنسبة 15 و10٪ على التوالي. وكانت ليبيا مسؤولة عن 7٪ من إجمالي الإنتاج وإيطاليا ومصر 6٪ لكلٍّ منهما (Cuenca 2013).

30- الإصابات البيئية المحتملة من تحلية المياه حول البحر الأبيض المتوسط كانت تُقيَّم ضمن مشروع الإدارة المستدامة والمتكاملة للمياه ببرنامج الاتحاد الأوروبي، النشاط 1-3-2-1 (Khordagui 2013)، وكذلك القدرة المقامة. وفي عام 2013، كان إجمالي قدرة تحلية المياه المقامة المتراكمة حوالي 12 مليون متر مكعب/يوم. ومن عام 2000 إلى 2013 زادت القدرة المقامة بنسبة 560٪ (40٪/عام). وكان التناضح العكسي تقنية تحلية المياه الأكثر شيوعًا في المنطقة (حوالي 82٪) يليها التقطير الومضي متعدد المراحل (11٪) ثم التقطير متعدد التأثيرات (6.5٪). وفي عام 2013، كانت إسبانيا المنتج الرئيسي (31٪ من إجمالي القدرة) تليها الجزائر وإسرائيل وليبيا بنسبة 20، و18، و11٪، على التوالي.



الشكل 2. الإسهام النسبي من كل بلد على البحر الأبيض المتوسط في إجمالي قدرة تحلية المياه البالغة 12 مليون متر مكعب/يوم في عام 2013. الشكل من المرجع Khordagui (2013) مُجمَّع مع بيانات من ناشري حزمة GWI Desal Data.

3-2 القدرة المقامة لتحلية المياه في البحر الأبيض المتوسط والإنتاج الحقيقي

31- تقرير مشروع الإدارة المستدامة والمتكاملة للمياه (Khordagui 2013) هو التقرير الجماعي الأكثر تحديثًا بشأن حالة تحلية المياه في منطقة البحر الأبيض المتوسط. ومن أجل مراجعة المعرفة الحالية وتعديلها، أُرسِلَت استبيانات مملوءة جزئيًّا إلى الأطراف المتعاقدة، تطلب منها التعاون في استكمالها. وتتضمن الاستبيانات أسئلة عامة (قدرة تحلية المياه المقامة، والإنتاج الحقيقي، وإسهام تحلية مياه البحر في الإنتاج الحقيقي والخطط المستقبلية) وأسئلة خاصة (عدد المحطات التي تحلي مياه تزيد عن 10 آلاف متر مكعب/يوم، وموقعها، وتفاصيل العملية المستخدمة بشأن الاستخدام الكيميائي والصروف في البيئة). ويَرِد قالب استبيانات من أجل تجميع المعلومات والبيانات ذات الصلة بأنشطة تحلية المياه في "الملحق 1" لتحديث المبادئ التوجيهية المزمع استخدامها في أغراض التقييم.

4- الإصابات البيئية من تحلية مياه البحر مع إشارة خاصة إلى البيئة البحرية

32- هذا القسم يتناول الإصابة من تحلية مياه البحر في البيئة البحرية تلو بدء تشغيلات المحطات، استنادًا إلى المرجع Kress and Galil (2015) بالإضافة إلى منشورات من تقارير ومؤلفات استعرضها أقران، مُستشهَد بها طوال هذا النص. وتُوصَف التأثيرات الممكنة أثناء أطوار التشييد والتشغيل في القسمين 5 و6. أما الإصابات الرئيسية من تحلية مياه البحر في البيئة البحرية فمقترنة بمكونين: مأخذ مياه البحر (مياه التغذية) إلى داخل محطة تحلية المياه وصرف الأجاج. ومع ذلك، عدد المقالات التي تنشر تأثيرات كمية *في الموقع* أو في تجارب مختبرات قليل ومحدود الصعيد (Roberts et al. 2010)، لكنه نامٍ في الأعوام الأخيرة. وإنها تقترح الإصابة من النفايات السائلة من تحلية المياه في الكائنات الحية البحرية جوار المصب، لكنها غير مُعرَّفة بسبب النتائج المتعارضة. إلا أن النتائج تكون خاصة بالموقع، بناءً على حساسية بيئة التلقي، وعملية تحلية المياه، وحجم المحطة، وتركيب الصرف، ويعيقها نقص في دراسات طويلة المدى. وقد تؤثر انبعاثات غازات الاحتباس الحراري أيضًا في البيئة البحرية من خلال تَحمُّض المحيط لكنها تُناقَش في هذا القسم.

4-1 مأخذ مياه البحر

33- التأثيرات الرئيسية المقترنة بسحب مياه المصدر (مياه البحر) هي جرف الكائنات الحية البحرية وتعديها (NRC 2008, UNEP 2008). وإنها أيضًا التأثيرات المعروفة الأقل دراسة، وخاصة الإصابة على مستوى المجموعات.

34- الجرف هو نقل الكائنات الحية من العوالق مع تدفق مياه البحر إلى داخل محطة تحلية المياه. ويُدرَك عامة أن نباتات الموقع وحيواناته المجروفة التي تدخل محطة تحلية المياه ستهلك أثناء المراحل المختلفة في عملية تحلية المياه، بما يتضمن استعمال مبيدات الآفات الأحيائية. وهذا على خلاف مياه التبريد من محطات الطاقة، حيث تُورِد التقارير معدل نفوق أقل (Mayhew et al. 2000, Barnthouse 2013). ويمكن تقليل الجرف من خلال تعيين مواقع المآخذ بعيدًا عن المناطق وافرة الإنتاج البيولوجي، كما في المياه الأعمق الأبعد في البحر، أو باستخدام آبار شاطئية تحت الأرض رغم صعوبة تنفيذ الأخيرة لمحطات تحلية المياه كبيرة الصعيد (NRC 2008, Elimelech and Phillip 2011).

35- التعدي يحدث في المآخذ المفتوحة عندما تنحصر أمام مصافي المآخذ المقامة كائنات حية كبيرة بما يكفي لتجنب المرور عبرها، بقوة مياه البحر المتدفقة إلى داخل محطة تحلية المياه. وتعدي قنديل بحر عند المأخذ معروف أنه يسد المآخذ ويقلل الإنتاج[4]. ويمكن تقليل التعدي من خلال مجموعة مؤلفة من المصافي الملائمة وسرعة مأخذ منخفضة. وتدرك وكالة حماية البيئة الأمريكية سرعة تدفق المأخذ 0.152 متر/ثانية بصفتها أفضل التقنيات المتاحة لتقليل التعدي. واقترح المشروع ProDes الممول من الاتحاد الأوروبي سرعة مأخذ قصوى 0.1 متر/ثانية[5].

4-2 صرف الأجاج

4-2-1 تشتت الأجاج (الإصابات اللابيولوجية)

36- الأجاج يُعرَّف هنا بصفته الصرف شديد الملوحة من محطة مستندة إلى أغشية وبصفته الصرف شديد الملوحة والدافئ من محطة تحلية مياه حرارية، من دون المواد الكيميائية المستخدمة في العملية. وقد يتباين تشتيت الأجاج بدرجة كبيرة بناءً على خصائص الموقع، وكمية النفايات السائلة، ووضع الصرف، والأحوال الهيدروغرافية السائدة. ورغم ذلك، تكون الملوحة ودرجة الحرارة أعلى من المرجع في مواقع الصرف لكن كما ذُكِر، المنطقة المتأثرة تكون عالية التباين (Fernandez-Torquemada et al. 2009, Holloway 2009, McConnell 2009, Drami et al. 2011, Kress and Galil 2012). وأظهرت دراسات تأثير تحلية المياه الحرارية في الخليج المُطوَّق تأثيرًا في درجة حرارة المياه وملوحتها وزيادة إقليمية في الملوحة (Purnama et al. 2005, Lattemann and Hopner 2008, Uddin et al. 2011).

37- صرف الأجاج قد يزيد تَطبُّق مياه البحر الذي مع علو الملوحة ودرجة الحرارة قد يقلل مستويات الأكسچين في المياه. وهذا الاهتمام أُثيرَ أثناء تقييم الإصابة البيئية من تناضح مياه البحر عكسيًّا في مدينة بيرث (أستراليا)، لكن رغم أن الرصد أظهر تَطبُّق مياه طفيفًا قرب الرش، لم يُعثَر على أي تأثير كبير في تركيزات الأكسچين الذائب (Holloway 2009).

38- إصابة لابيولوجية إضافية من صرف الأجاج قد تكون جمالية بسبب صرف الأجاج العكر. وهذا التأثير وُصِف من تناضح مياه البحر عكسيًّا في عسقلان (إسرائيل) أنه حتى عام 2010، الاجتراف الخلفي من الصرف النبضي المحتوي على هيدروكسيد الحديد استُخدِم بصفته مادة مخثرة في مرحلة المعالجة السابقة. وشَكَّل هيدروكسيد الحديد "نتوءًا أحمر" بارزًا (Safrai and Zask 2008, UNEP 2008, Drami et al. 2011).

[4] http://gulfnews.com/news/uae/general/jellyfish-choke-oman-desalination-plants-1.355525
[5] http://www.prodes-project.org/fileadmin/Files/D6_2_Legislation_Guidelines.pdf

2-2-4 تأثيرات الأجاج (الملوحة ودرجة الحرارة) في الكائنات الحية

39- الملوحة ودرجة الحرارة طالما نُظِرَ إليهما بصفتهما عاملين بيئيين مثبطين لنمو الكائنات الحية البحرية وبقائها على قيد الحياة (Murray and Wingard 2006, Wiltshire et al. 2010) ولذا، كلاهما من المتوقع أن يؤثر في الكائنات الحية البحرية قرب مناطق صرف الأجاج.

1- دراسات المختبرات ودراسات البيئة الطبيعية في أماكن مفتوحة أحوالها قيد التحكم

40- تجارب المختبرات وتجارب البيئة الطبيعية في أماكن مفتوحة أحوالها قيد التحكم على النوع *Posidonia oceanica*، الذي هو عشب بحري متوطن في البحر الأبيض المتوسط وذو أهمية خاصة من حيث الموئل، والمضمنة في "المرفق الثاني" ببروتوكول المناطق المشمولة بحماية خاصة، أظهرت أنه في أحوال بعينها، أثرت الملوحة الزائدة في الوظيفة الفسيولوجية ونمو الأوراق ومعدلات البقاء على قيد الحياة (Fernández-Torquemada et al. 2005, Ruiz et al. 2009, Sandoval-Gil et al. 2012, Marín-Guirao et al. 2013).

41- عشبان بحريان آخران في البحر الأبيض المتوسط، وهما النوعان *Cymodocea nodosa* و*Zostera noltii*، المضمنان أيضًا في "المرفق الثاني" ببروتوكول المناطق المشمولة بحماية خاصة، ثبتت حساسيتهما للزيادات في الملوحة (Fernández-Torquemada and Sánchez-Lizaso 2011) بينما تباين احتمال أعشاب بحرية أخرى لإجهاد شدة الملوحة (Walker et al. 1988, Koch et Walker and McComb 1990, Koch et al. 2007, Sandoval-Gil et al. 2012) al. 2007, Sandoval-Gil et al. 2012a, Sandoval-Gil et al. 2012b).

42- الجموع المجهدة من درجة الحرارة والملوحة قللت إلى حد بعيد أداء يرقات النوع *Amphibalanus improvises* من "برنقيل" وتطورها (Nasrolahi et al. 2012)، بينما ظهر تأثير الملوحة في هيكل السيليكا للنوع diatoms (Vars et al. 2013).

43- الملوحة الشديدة قللت بقاء أجنة الحبار الأسترالي الضخم *Sepia apama* على قيد الحياة وقللت متوسط الوزن وطول الشملة (Dupavillon and Gillanders 2009). فاختبارات كامل سُمِّية النفايات السائلة المؤداة باستخدام أنواع ذات صلة محلية بصفتها جزءًا من تقييم الإصابة البيئية من محطة تناضح مياه البحر عكسيًّا Olympic Dam في أستراليا، عزت السُّمِّية إلى الملوحة الزائدة (Hobbs et al. 2008). وعلى الجانب الآخر، لم يُعثَر على أي تأثير كبير في 18 نوعًا شائعًا أثناء تقييم إصابة بيئية مُوسَّع من محطة تناضح مياه البحر عكسيًّا Carlsbad (جنوب كاليفورنيا) (Le Page 2005).

44- مؤخرًا، إحدى تجارب البيئة الطبيعية في أماكن مفتوحة أحوالها قيد التحكم، بشأن الإصابة من الملوحات العالية (5٪ و15٪ أعلى من الملوحة المحيطة) في المجموعات الساحلية الجرثومية في شرق البحر الأبيض المتوسط وجدت أنه بعد حوالي 12 يومًا من التعرض، زاد كلوروفيل "أ" والإنتاجية الرئيسية وتغير تركيب المجموعة الجرثومية. وكان الأخير بناءً على المجموعة الأولية الموسمية التابعة وعلى شدة ثراء الملوحة (Belkin et al. 2015).

2- *دراسات في الموقع*

45- مسح ميداني بشأن النوع *P. oceanica* من مروج المياه الضحلة في إسبانيا أظهر تأثره بعد 6 أعوام من التعرض لأجاج التناضح العكسي (Sánchez-Lizaso et al. 2008)، مما يتفق مع دراسات المختبرات. وأيضًا في إسبانيا (جنوب شرق ساحل البحر الأبيض المتوسط) ظهر أن صرف الأجاج يغير المجتمع القاعي (Del Pilar Ruso et al. 2007, Del Pilar -Ruso et al. 2008, de-la-Ossa-Carretero et al. 2016). واختفى النوع Echinoderm قرب مصب تناضح مياه البحر عكسيًّا في ديكيليا في قبرص (Argyrou 1999). ومع ذلك، لم يُعثَر على أي تأثير من صرف الأجاج في شمال غرب البحر الأبيض المتوسط (Raventos et al. 2006) ولا في جنوب غرب فلوريدا (Hammond et al. 1998). علاوةً على ذلك، في بعض الحالات، نتائج رصد المجتمع القاعي كانت غير حاسمة بسبب تحول في حجم جسيمات الرواسب التي يمكن أن تنجم عنها تغيرات في تكوين المجتمع (Shute 2009, Riera et al. 2011, Riera et al. 2012).

46- *الدراسات في الموقع* تبينت تغيرات في المجتمعات الجرثومية ووظيفيتها في البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر (Drami et al. 2011, van der Merwe et al. 2014a, Belkin et al. 2017). الفسيولوجية البصرية لنوع متكافل الطحالب *Fungia granulosa* من المرجان لم تؤثر فيها التغيرات السريعة والمطولة في الملوحة لكنها تباينت بتغيرات في أحوال الضوء (van der Merwe et al. 2014b).

3-2-4 تأثير المواد الكيميائية المستخدمة في عملية تحلية المياه والمُصرَّفة مع الأجاج

47- الإصابات من المواد الكيميائية المُصرَّفة مع الأجاج في البيئة البحرية تندر معرفتها. أما ظهور العوامل المجهدة المشترك: الملوحة، ودرجة الحرارة، والمواد الكيميائية، ونفايات السوائل المُصرَّفة مشتركة (من شاكلة مياه التبريد من محطات الطاقة) فدحض مناقشة النتائج في دراسات موجودة قليلة، مانعًا تأسيس علاقة سبب واستجابة.

48- الكلور مُستخدَم في تحلية المياه ومحطات الطاقة على السواء لمنع التلويث. وفي محطات التناضح العكسي، يؤكسَد الكلور المتبقي لمنع الإضرار بالأغشية، أما في محطات تحلية المياه الحرارية، كما في محطات الطاقة، فقد يُصرَف الكلور المتبقي مع الأجاج. ويتفاعل الكلور المتبقي خاطفًا مع مياه البحر لتشكيل مركبات سامة من شاكلة بروموفورم (Taylor 2006) التي ظهر تراكمها في كبد سمك القاروص الأوروبي من النوع *Dicentrarchus labrax*. وفي الدراسة ذاتها استحال فصل تأثير بروموفورم عن درجة الحرارة في النوع *Mytilus edulis*.

49- منتجات التآكل (العناصر الفلزية) من محطات تحلية المياه الحرارية، وخاصة النحاس وهو مادة شائعة في مبادلات السخونة، ظهر تراكمها قرب المصبات. وكثير من الدراسات تذكر أن وجود النحاس لا يعني تأثيرًا سلبيًّا لأن النحاس مركب طبيعي موجود في الطبيعة (Lattemann and Hopner 2008). ومع ذلك، وجدت دراسات مبكرة أن النحاس أثر في أنواع echinoderms وtunicates والأعشاب البحرية في فلوريدا والكائنات الحية دقيقة الحجم (Chesher 1971, Brand et al. 1986). ومؤخرًا، تركيزات أعلى من الطبيعية من النحاس والزنك في الرواسب وذوات الصدفتين وردت عنها تقارير في صرف الأجاج من محطتي تناضح مياه البحر عكسيًّا تايوان (Lin et al. 2013).

50- ميتا بيكبريتيت الصوديوم ($Na_2S_2O_5$) شائع استخدامه في تنظيف أغشية التناضح العكسي. وقد تؤدي الحركات النبضية قصيرة المدى في البيئة البحرية إلى تَحمُّض الأكسچين ونقصه. وكشفت مقايسات بيولوجية للسُّمِّية في سمك السحلية من النوع *Synodus synodus* في جزر الكناري عن حساسية عالية للتعرض قصير المدى للتركيزات المنخفضة، بإجمالي معدل نفوق يحدث عند تركيزات أعلى (Portillo et al 2013).

51- السُّمِّية التي وُجِدَت أثناء اختبار كامل سُمِّية النفايات السائلة في النوع diatom Nitzschia closterium عُزِيَت إلى الملوحة (70٪ من تأثيرات السُّمِّية) بينما 30٪ عُزِيَت إلى المواد المانعة للتحرشف من عديدات الفوسفونات (Hobbs et al. 2008). وفي دراسة مؤخرًا للبيئة الطبيعية في أماكن مفتوحة أحوالها قيد التحكم في شرق البحر الأبيض المتوسط، خففت إضافة الفوسفونات فورًا إجهاد الفسفور في المجتمع الجرثومي وفي 10 أيام قللت التنوع البكتيري وزادت تنوع حقيقيات النواة (Belkin et al. 2017).

52- أملاح الحديد المستخدمة بصفتها موادًا مخثرة في مرحلة المعالَجة السابقة في تناضح مياه البحر عكسيًّا في عسقلان (إسرائيل) والمُصرَّفة بحركات نبضية في البحر وُجِد أنها تقلل فعالية نمو العوالق النباتية عند المصب في دراسات في الموقع، بينما أثناء إحدى تجارب البيئة الطبيعية في أماكن مفتوحة أحوالها قيد التحكم بدلت إضافة الحديد فورًا تركيب المجتمع الجرثومي، وعززت الإنتاج والفعالية البكتيريين وقللت الإنتاج الأساسي. وبعد 10 أيام، الكتل البيولوجية ذاتية التغذية وأعداد الاندماج قلت مقارنة بالمرجع (Drami et al. 2011, Belkin et al. 2017).

4-3 ملوثات ناشئة

53- صناعة تحلية المياه، كما ذُكِرَ آنفًا، شديدة الديناميكية والسعي إلى تحسين الإنتاجية من أجل تقليل كمية المواد الكيميائية المستخدمة في العملية والمُصرَّفة في الأجاج، ومن أجل استخدام مواد أقل خطورة (الكيمياء الخضراء). ولذا، من الصعب مواكَبة التغيرات وينبغي لعالم البيئة العمل بتعاون وثيق مع مشغلي محطات تحلية المياه للاطلاع على التغيرات المدخلة في العملية. على سبيل المثال، محطة تحلية مياه الخضيرة (إسرائيل) الآن تستخدم الندف البيولوجي محل التخثر باستخدام أملاح الحديد بصفته خطوة معالَجة سابقة ولذا لم يعد الحديد يصرف مع الأجاج.

54- عائق إضافي هو أن كثير من المواد الكيميائية (رئيسيًّا المواد المخثرة والمواد المانعة للتحرشف) محمية ببراءات اختراع؛ ولذا التركيب بالضبط يكون عادةً مِلكية ولا يمكن إفشاؤه. وفي هذه الحالة، المركب النشط ينبغي تعريفه وجمعه مع صفاته السُّمِّية. وينبغي ذكر أن ملوثات معروفة مستخدمة أيضًا في العملية: من شاكلة أحماض، وقواعد، ومحاليل تنظيف، وأملاح فلزية، وكذلك منتجات تآكل معروفة (عناصر فلزية).

55- استنادًا إلى استعراض التقنيات الموجودة والحالة القائمة، تنشأ الملوثات التالية عن تقنيات تحلية المياه:

الملوثات	المستخدمة في عملية تحلية المياه/الناتجة عنها	
	الغشاء	حراري
أملاح Fe، وأملاح Al، والبوليمرات العضوية	مادة مخثرة	غير مستخدمة
عناصر فلزية ثقيلة Fe، وNi، وCr، وMo	تآكل الفولاذ الذي لا يصدأ	تآكل الفولاذ الذي لا يصدأ
عناصر فلزية ثقيلة Cu، وNi، وTi	غير ذات صلة	تآكل من السخونة
الكلور، ومؤكسدات أخرى	مبيد آفات أحيائية، يُستخدَم ولكن يُحيَّد باستخدام بيكبريتيت قبل التخلص منه	الكلور المتبقي من مبيد الآفات الأحيائية
بيكبريتيت	محيِّد مبيد الآفات الأحيائية	غير مستخدمة
بولي جليكول، ومنظفات	غير مستخدمة	عامل مضاد للرغوة
منظف، ومؤكسدات، وعوامل معقدة	تنظيف الغشاء	غير مستخدمة
عديد فوسفات، وعديد فوسفونات، وبوليمر عضوي (حمض البوليماليك وحمض بولي أكريليك)	مادة مانعة للتحرشف	مادة مانعة للتحرشف
مغذيات (فسفور، ونيتروجين، وكربون)	مادة مانعة للتحرشف	مادة مانعة للتحرشف
محاليل قلوية	التنظيف (يُحيَّد قبل التخلص منه)	غير مستخدمة
محاليل حمضية	التنظيف (يُحيَّد قبل التخلص منه)	التنظيف
	غير مستخدمة	مثبطات التآكل
حجر الجير ($CaCO_3$)	ضابطات الأس الهيدروچيني والعُسْرَة للمياه الناتجة	ضابطات الأس الهيدروچيني والعُسْرَة للمياه الناتجة
ملح	أجاج	أجاج
درجة الحرارة	غير مطبقة	أجاج

5- الجوانب القانونية في التخلص من الأجاج، فيما يتصل ببروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية المعدل، وكذلك الالتزام بتحقيق حالة بيئية جيدة استنادًا إلى نهج النظام الإيكولوجي.

5-1 بروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية المعدل وتحلية مياه البحر

56- بروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية المعدل يذكر أن الصروف من مصادر ثابتة في البيئة البحرية ينبغي التفويض بها أو تنظيمها وتطبيق نظام تفتيش رسمي ورصد. ويتضمن 4 مرفقات ورغم عدم تسمية تحلية مياه البحر بصفتها أحد قطاعات النشاط المزمع اعتباره عند تعيين الأولويات لإعداد خطط العمل، إلا أن المبادئ المخططة تمهيديًّا فيها يمكن تطبيقها على صناعة تحلية مياه البحر.

1- "المرفق الأول" يسرد 19 فئة من المواد ومصادر التلوث لأخذها في الحسبان في إعداد خطط العمل، أغلبها ذو صلة بتحلية مياه البحر، من شاكلة المركبات العضوية الهالوچينية ومركبات النيتروچين والفسفور، والعناصر الفلزية الثقيلة، والمنظفات غير القابلة للتحلل البيولوجي، والصروف الحرارية، والمواد غير السامة التي قد يكون لها تأثير سلبي في تركيز الأكسچين أو في خصائص مياه البحر الفيزيائية والكيميائية.
2- "المرفق الثاني" يصف العناصر المزمع أخذها في الحسبان في مسألة التفويضات لصروف النفايات ويوفر قائمة مرجعية مزمع استخدامها أثناء إجراء تقييم الإصابة البيئية (تقييم الإصابة البيئية، انظر الفصل السادس).
3- "المرفق الثالث"، الصرف الجوي لا يمت بصلة إلى صناعة تحلية المياه إلا في سياق استخدام الطاقة وانبعاثات غازات الاحتباس الحراري.
4- "المرفق الرابع" يخصص معايير تعريف أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية (انظر الفصل السادس).

57- تنفيذ نهج النظام الإيكولوجي لتحقيق حالة بيئية جيدة والمحافظة عليها

58- المصطلح نهج النظام الإيكولوجي طُبِّقَ أولاً في سياق سياسة في قمة الأرض في مدينة ريو دي جانيرو عام 1992، حيث اعتُمِدَ بصفته مفهومًا ركائزيًّا في اتفاقية التنوع البيولوجي (Beaumont et al. 2007, UNEP/MAP 2016) وعُرِّفَ بصفته "استراتيجية للإدارة المتكاملة للموارد البرية والمائية والحية، تعزز حفظ المياه والاستخدام المستدام بطريقة عادلة. ويتطلب نهج النظام الإيكولوجي عناصر عديدة، استنادًا إلى إطار العمل المفاهيمي (الدافع والضغط والحالة والإصابة والاستجابة) (Farmer et al. 2012, Borja et al. 2016a, Borja et al. 2016b):

1- تعريف مصدر الضغوط المنبثقة من الأنشطة؛
2- وإطار عمل تقييم المخاطر وإدارة المخاطر لكل خطر؛
3- وتكامل أفقي بين هياكل الحوكمة من المحلية إلى العالمية؛
4- وإطار عمل لإشراك أصحاب المصلحة؛
5- وتقديم خدمات النظام الإيكولوجي والفوائد المجتمعية (Elliott 2014).

59- ويتطلب أيضًا إدارة تكيفية للتعامل مع الطبيعة المعقدة والديناميكية في النظم الإيكولوجية وغياب اكتمال معرفة أو فهم وظيفيتها.

60- نهج النظام الإيكولوجي هو المبدأ الشامل في برنامج الأمم المتحدة للبيئة/ خطة عمل البحر الأبيض المتوسط، وغايته النهائية تحقيق حالة بيئية جيدة في البحر الأبيض المتوسط وساحله والمحافظة عليها (UNEP/MAP 2012, 2014a,b, 2016). وهذا المبدأ كان مشمولاً في عمل برنامج الأمم المتحدة للبيئة/خطة عمل البحر الأبيض المتوسط من خلال سلسلة قرارات اتُّفق عليها في اجتماعات مؤتمر أطراف اتفاقية برشلونة:

61- القرار IG.17/6 يحدِّد الرؤية الإيكولوجية للبحر الأبيض المتوسط: "بحر أبيض متوسط صحي ذو نُظُم إيكولوجية بحرية وساحلية وافرة الإنتاج ومتنوعة بيولوجيًّا لتحقيق الفائدة للأجيال الحاضرة والمقبلة" وخطَّط تمهيديًّا خريطة طريق لتنفيذ نهج النظام الإيكولوجي، محددًا 7 خطوات تتضمن تعريف رؤية وأهداف وتطوير 11 غاية إيكولوجية وغايات تشغيلية ومؤشرات خاصة بكلٍّ منها، وتطوير أدوات وصف حالة بيئية جيدة وأهدافها، وبرامج رصد، وإجراءات لازمة لتحقيق الحالة البيئية الجيدة. وصَدَّق القرار IG.20/4 على العمل المنجز فيما يتعلق بالغايات الإيكولوجية الإحدى عشرة، والغايات التشغيلية والمؤشرات للبحر الأبيض المتوسط. بينما القرار IG.21/3 بشأن نهج النظم الإيكولوجية اعتمَد تعريفات للحالة البيئية الجيدة واتفق على أهداف ومؤشرات مشتركة إقليميًّا. أما أحدث تطوير ذي صلة بتنفيذ نهج النظام الإيكولوجي في البحر الأبيض المتوسط فاعتماد برنامج الرصد والتقييم المتكاملين للبحر الأبيض المتوسط وساحله ومعايير التقييم ذات الصلة، من مؤتمر الأطراف التاسع عشر (القرار IG. 22/7).

62- الغايات الإيكولوجية الإحدى عشرة هي[6]:

1- التنوع البيولوجي يُحافَظ عليه أو يُعزَّز.
2- الأنواع غير الأصلية لا تبدل سلبًا النظام الإيكولوجي.
3- مجموعات الأسماك والمحاريات المستغلة تجاريًا تكون ضمن حدود آمنة بيولوجيًا.
4- التبديلات في مكونات الشبكات الغذائية البحرية ليس لها تأثيرات سلبية طويلة المدى.
5- الإثراء الغذائي الناجم بشريًا ممنوع.
6- سلامة قاع البحر يُحافَظ عليها.
7- التبديل في الأحوال الهيدروغرافية لا يؤثر سلبًا في النظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية.
8- الديناميكيات الطبيعية في المناطق الساحلية يُحافَظ عليها والنظم الإيكولوجية الساحلية والمناظر الطبيعية تُحفَظ.
9- الملوثات لا تسبب أي إصابة كبيرة في النظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية والصحة البشرية.
10- القمامة البحرية والساحلية لا تؤثر سلبًا في النظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية.
11- الضوضاء من أنشطة بشرية لا تسبب أي إصابة كبيرة في النظم الإيكولوجية الساحلية والبحرية.

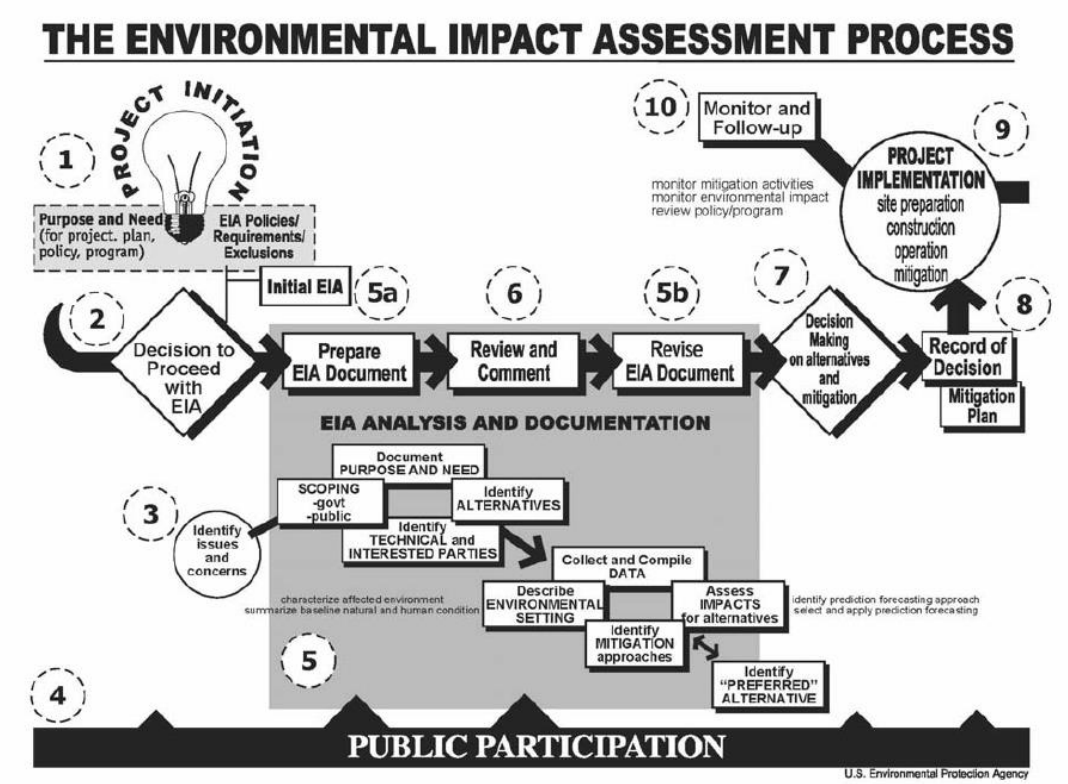
63- أغلب الغايات الإيكولوجية والتشغيلية تُطبَّق على صناعة تحلية المياه في مواقع المآخذ والصرف على السواء (انظر الفصل الرابع). ولذا، أثناء فحص موقع التخلص ورصده، ينبغي الانتباه إلى إضافة المعلمات التي ستساعد في تعريف الحالة البيئية قبل بدء التشغيلات واتباع اتجاهات طويلة المدى.

6- تقييم الإصابة البيئية

64- تقييم الإصابة البيئية هو عملية فيها التأثيرات المتوقعة في البيئة من اقتراح تطوير أو مشروع تعرف في مراحل التصميم والتخطيط. وإذا كانت التأثيرات المرجحة غير مقبولة، فإن تدابير تصميم أو تدابير تخفيف ذات صلة أخرى يمكن اتخاذها لتقليل تلك التأثيرات أو تجنبها. وينبغي أن يُعِدَّ تقييم الإصابة البيئية مهنيين ومتخصصين بطريقة متعددة التخصصات، وأن يتضمن مهندسين، ومتخصصين بيئيين، ومصممين، ويؤدى ضمن إطار العمل التنظيمي الوطني مع صناع القرار. وينبغي تشجيع مدخلات أصحاب المصلحة. وإن إجراء تقييم الإصابة البيئية موصوف باستفاضة في الدليل التوجيهي لبرنامج الأمم المتحدة للبيئة المنشور في عام 2008 (UNEP 2008). ويتوفر تصوير محكَم لتقييم الإصابة البيئية في الرسم التخطيطي التالي[7].

[6] http://web.unep.org/unepmap/who-we-are/ecosystem-approach

[7] https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/50000I6K.txt?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=1995%20Thru%201999&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&UseQField=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&File=D%3A%5CZYFILES%5CINDEX%20DATA%5C95THRU99%5CTXT%5C00000013%5C50000I6K.txt&User=anonymous&Password=anonymous&SortMethod=h%7C-&MaximumDocuments=1&FuzzyDegree=0&ImageQuality=r75g8/r75g8/x150y150g16/i425&Display=hpfr&DefSeekPage=x&SearchBack=ZyActionL&Back=ZyActionS&BackDesc=Results%20page&MaximumPages=1&ZyEntry=1&slide



65- يَرِدْ أدناه وصف الخطوات المقترحة والتشديد على عملية تقييم الإصابة البيئية بشأن صناعة تحلية المياه. ويعمل بصفته مبدئًا توجيهيًّا عامًا، بيد أنه غير شامل تمامًا وينبغي اعتماده استنادًا إلى خصيصات المشروع وموقع محطة تحلية المياه.

6-1 وصف المشروع

66- ينبغي توفير وصف عام للغرض من المشروع والحاجة إليه، في بداية وثيقة تقييم الإصابة البيئية. وينبغي أن يتضمن المعلومات التالية:

- الموقع المقترح لمحطة تحلية المياه
- وتشارك الموقع مع صناعات أخرى (من شاكلة محطات الطاقة)
- ومكونات المحطة على البر وفي البحر (المباني، والمضخات، وخطوط الأنابيب، ومصب الأجاج)، وتخطيط أنشطة التشييد والجدول الزمني
- والتوصيل بشبكة إمداد المياه.

6-2 انتقاء التقنية وخصائص الصروف

67- وصف تقني تفصيلي لعملية تحلية المياه المختارة ينبغي أن يكون جزءًا من تقييم الإصابة البيئية، بما يتضمن الأساس المنطقي للاختيار. وينبغي أن يتضمن المعلومات التالية:

- تقنية تحلية المياه المختارة والمواصفات الهندسية
- قدرة المحطة على تحلية المياه وخطط التوسع في المستقبل
- استخدام الطاقة ومصدرها
- منطقة مأخذ مياه المصدر وأسلوبه (موقع مأخذ مفتوح، موقع مأخذ من بئر)

- خطوات معالجة مياه المصدر أثناء عملية تحلية المياه (المعالَجة السابقة، واستعمال مبيد الآفات الأحيائية، وتدابير مانعة للتحرشف، ومراحل التنظيف، ومعالَجة المياه المحلاة، من بين غيرها)
- نوع الصروف والانبعاثات (البحرية، والأرضية، والجوية)
- إجمالي كمية الصروف والانبعاثات (يوميًّا، وسنويًّا)
- منطقة صرف الأجاج وأسلوبه (الصرف المفتوح، والصرف المشترك، والمصب البحري باستخدام الرش أو من دونه)
- نمط صرف الأجاج (مستمر، متقطع، متباين)
- خصائص الأجاج الفيزيائية الكيميائية (الملوحة، ودرجة الحرارة، وما إلى ذلك)
- تركيزات المواد المُصرَّفة وأعبائها وخصائصها البيئية (من شاكلة الديمومة، والسُّمِّية، والتراكم البيولوجي)

6-3 نمذجة تشتيت الأجاج

68- عملية تقييم الإصابة البيئية في اختيار موقع التخلص ومنهجيته ينبغي أن تصاحبها نمذجة تشتيت الأجاج. وتتضمن النماذج، من بين غيرها، نمذجة عددية في المجال القريب والمجال البعيد، ونماذج دوران، ونماذج نُظُم إيكولوجية (Brenner 2003, Christensen and Walters 2004, Botelho et al. 2013, Purnama nd Shao 2015, Abualtayef et al. 2016)

6-4 وصف الوضع البيئي (الأرضي والبحري)

69- البيانات الموجودة بشأن الموئل البري والبحري من موقع محطة تحلية المياه المُمهَّد المقترح، بما يتضمن مناطق المآخذ والصرف، ينبغي جمعها وتحليلها نقديًّا. وعندما لا توجد أي بيانات متاحة أو عندما لا يكون هناك إلا بيانات جزئية أو متقادمة، ينبغي إجراء عمليات مسح قبل التشييد. وينبغي لعدد عمليات المسح وتوقيتها (بمعنى موسميًّا) أن يُقرَّر على أساس خصيصات الموقع. وهذه المعلومات (المجمعة و/أو الجديدة) ستوفر أيضًا مرجعًا قَيِّمًا (خط أساس) لاستخدامه في الرصد البيئي تلو بدء التشغيلات (انظرْ القسم 7). ومن المهم للمنهجية المستخدمة في إجراء تحقيقات خطوط الأساس أن تكون مُوثَّقة بحيث يمكن الرجوع إلى نتائج رصد أخراها.

6-4-1 وصف البيئة الأرضية

- خصائص المناظر الطبيعية الفيزيائية (التربة، والموئل، والجيولوجيا)
- الاستخدامات الحالية
- القيمة الأثرية والثقافية
- القيمة البيئية
- المقربة من مناطق محمية، وظهور أنواع محمية في المنطقة

6-4-2 وصف البيئة البحرية

- الأحوال الأوقيانوغرافية ونوعية المياه في المنطقة
- الاستخدامات الحالية
- تركيب الرواسب وقياس الأعماق
- الكائنات الحية في مياه البحر والأقسام القاعية، بما يتضمن مقربة الأنواع المعرضة للانقراض والدخيلة، من مناطق محمية.

6-5 تقييم الإصابات المحتملة

70- تقييم الإصابات المحتملة ينبغي أداؤه استنادًا إلى المؤلفات الموجودة وعندما تلزم، تكملته بدراسات مختبرات من شاكلة اختبارات السُّمِّية واختبار كامل سُمِّية النفايات السائلة، وتجارب البيئة الطبيعية في أماكن مفتوحة أحوالها قيد التحكم. وكما يُلاحَظ في القسم 4، تأثيرات تحلية مياه البحر في البيئة البحرية غير جيدة التوثيق رغم أن عدد المنشورات والوعي ما انفكا يزيدان في الأعوام الماضية. وتنبثق الإصابات أثناء أنشطة التشييد على البر (بناءً مرفق تحلية المياه، ومحطات الضخ، وخطوط الأنابيب، والتوصيل بالبنية التحتية)، وأثناء أنشطة التشييد في البحر (تركيب المأخذ والمصب)، وأثناء الطور التشغيلي (مأخذ مياه التغذية وصَرْف الأجاج).

6-5-1 الإصابات المحتملة أثناء طور التشييد

71- أثناء طور التشييد، تنبع الإصابات من أنشطة التشييد على البر (بناء مرفق تحلية المياه، ومحطات الضخ، وخطوط الأنابيب، والتوصيل بالبنية التحتية) وفي البحر (تركيب المأخذ والمصب). وأغلب الإصابات موضعية وقد تنقطع بعد طور التشييد لكنها قد تكون كبيرة أثناء التشييد (UNEP 2008, Lokiec 2013).

<u>أرضية</u>

- تَبدُّل الأرض الطبيعية
- الإصابة في نباتات الموقع وحيواناته
- الإصابات من نفايات التشييد والتربة الزائدة
- تلوث التربة والمياه الجوفية (أنواع الوقود، والزيت)
- تلوث الهواء (انبعاث الغبار)
- انبعاث الضوضاء أثناء أعمال التشييد
- الإضرار بالقيم الأثرية والمحميات الطبيعية

<u>بحرية</u>

- تَبدُّل قاع البحر (التركيب وقياس الأعماق)
- إعادة تعلق الرواسب أثناء الأعمال البحرية (عكَر زائد)
- تحرر مغذيات وملوثات (إن وُجِدَت) مع إعادة تعلق الرواسب
- الإصابة في الكائنات الحية القاعية بسبب تَبدُّل قاع البحر وفي الكائنات الحية القاعية والغمرية بسبب زيادة العكَر والملوثات
- تأثير في الحياة البحرية الحساسة بسبب الضوضاء والذبذبة والضوء
- تلوث زيتي من السفن المشاركة في أعمال التشييد.

6-5-2 إصابات محتملة بعد بدء التشغيلات

72- بعد بدء التشغيلات قد تحدث الإصابات التالية:

<u>أرضية</u>

- تَبدُّل دائم في بيئة الموائل الساحلية
- إصابة جمالية بسبب هيكل المحطة، وإعاقة حرية المرور على طول شاطئ البحر بسبب موقع المحطة ومحطة الضخ وخطوط الأنابيب على البر

- انبعاث غازات الاحتباس الحراري وملوثات الهواء في حالة توليد طاقة في الموقع
- التلوث الضوضائي والضوئي
- انسكاب مواد كيميائية أو تسربها عرضيًّا
- النفاية الصلبة والصرف الصحي

<u>بحرية</u>

- تَبدُّل دائم في الموئل البحري
- تغيرات في الجغرافيا المائية وانتقال الرواسب
- تعدي الكائنات الحية البحرية وجرفها
- تدهور نوعية المياه وتأثيرات بيولوجية بسبب صرف الأجاج والمواد الكيميائية المستخدمة في عملية تحلية المياه.
- تيسير استقدام أنواع غير أصلية بسبب تغيرات في الموئل، وخاصة زيادة الملوحة ودرجة الحرارة
- التلوث الضوضائي والضوئي

6-6 تخفيف الإصابات

73- تقييم الإصابة البيئية ينبغي أن يتضمن وصف تدابير تُتَّخذ من أجل تجنب وتخفيف الإصابات السلبية المرجحة من محطة تحلية المياه في البيئة البحرية والساحلية. وأدناه قائمة خطوات لاعتبارها في هذا الشأن، أثناء طور التشييد وبعد بدء التشغيلات.

1-6-6 تخفيف الإصابات أثناء التشييد

74- <u>أثناء مرحلة التشييد</u> ينبغي اعتبار الخطوات التالية من أجل تخفيف الإصابات المحتملة

- استخدام أساليب تشييد صديقة للبيئة، من شاكلة دفع الأنابيب محل الخنادق المفتوحة من أجل تركيب خطوط الأنابيب
- إعادة تأهيل المناطق المتأثرة أثناء التشييد
- تصميم يضمن أدنى تَبدُّل في البيئة الطبيعية
- إعادة تدوير نفايات التشييد
- استخدام أحواض الاحتواء لخزانات الزيوت والوقود
- تبليل الأسطح لمنع تلوث الهواء بالغبار.
- في البحر، دفع الأنابيب (إلى أبعد ما يمكن عن الشاطئ)، وجرف قيد التحكم أكثر من الأسلوب الفني لحفر الأنفاق الدقيقة.
- تغطية النفق بعد تركيب خطوط الأنابيب وإصلاح قياس الأعماق الأصلي

2-6-6 تخفيف الإصابات بعد بدء التشغيلات

<u>أرضية</u>

- أدنى استهلاك طاقة (محطة طاقة وقودها غاز طبيعي أو طاقة متجددة)

- عزل صوتي وأدنى إضاءة خارجية
- أدنى استخدام من المواد الكيميائية في العمليات – تدابير سلامة من أجل النقل والتخزين والتعامل لكلٍّ من حاويات النفاية الصلبة والتخلص المفوض به في مدافن النفايات
- خطوط أنابيب ممدودة تحت الأرض

<u>بحرية</u>

- خطوط أنابيب المأخذ والمصب تحت قاع البحر لتقليل إلى الحد الأدنى تَبدُّل الموائل البحرية
- سرعة امتصاص بطيئة لمنع التعدي (أو حفر الآبار)
- مصفاة متحركة ذاتية التنظيف من أجل تجميع الحطام عند نظام المأخذ والتخلص في مواقع تخلص من النفايات مفوض بها
- جرعات الكلور (المعالجة بالصدمة) إلى داخل المأخذ في اتجاه المحطة تجنبًا للصرف في البحر
- نظام الرش بالمصب لزيادة التخفيف الأولي وتقليل الملوحة ودرجة الحرارة، أو في صرف مفتوح، التخفيف باستخدام الصرف المشترك، بمعنى مياه تبريد محطة الطاقة
- تقليل صرف الأجاج، وزيادة الاستعادة
- تقليل استخدام المواد الكيميائية في العملية
- معالجة الاجتراف الخلفي على البر
- استخدام مواد كيميائية صديقة للبيئة
- المعالجة بمتفاعلات الحجر الجيري المنجرفة مع الاجتراف الخلفي
- تحييد محلول تنظيف الأغشية غير العضوي قبل الصرف.

6-7 أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية

75- أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية معرَّفة في "المرفق الرابع" من بروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية المعدل كما يلي: أفضل التقنيات المتاحة "تعني أحدث مرحلة تطوير (الأحدث تطورًا) في العمليات، أو المرافق، أو أساليب التشغيل التي تشير إلى الاستدامة العملية في تدبير خاص بتحديد الصروف والانبعاثات والنفاية" وأفضل الممارسات البيئية تعني "استعمال أكثر مجموعة مؤلفة ملائمة من تدابير التحكم في البيئة واستراتيجياتها".

76- وهذان التعريفان زاد تناولهما في توجيه الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ من أجل شرح أن الأساليب الفنية "المتاحة" تعني تلك المتطورة على صعيد يسمح بتنفيذها في القطاع الصناعي ذي الصلة، وفي أحوال ذات أهلية اقتصادية وفنية، مع الأخذ في الاعتبار التكاليف والمزايا بينما "أفضل" تعني الأكثر فعالية في تحقيق مستوى عالٍ عام من حماية البيئة كاملة.

77- من المُدرَك أن أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية تتغير بمرور الوقت تبعًا للتقدمات التقنية والعلمية ومع التغيرات في العوامل الاقتصادية والاجتماعية. وهذا حقيقي خاصة في صناعة تحلية المياه التي هي في حالة متواصلة من سرعة التحسن والتغير بسبب كِبَر جهود البحث والهندسة المبذولة في التطوير التقني. ولذا، عمليات أفضل التقنيات المتاحة وأفضل الممارسات البيئية ينبغي أن تتبعها عن قرب من أجل:

- زيادة معدلات الاستعادة (فعالية تحلية المياه)
- تقليل إلى الحد الأدنى استهلاك الطاقة والمواد الكيميائية
- محل المواد الكيميائية، من شاكلة المواد المخثرة من أملاح الحديد، والمواد مانعة التحرشف، تحل مواد صديقة للبيئة أو عمليات لا تتطلب استخدام مواد كيميائية

- تقليل الصروف أو زيادة تخفيف المجال القريب
- إعادة استخدام الأجاج في تقنيات تحلية مياه مستحدثة من أجل زيادة إنتاجية المياه العذبة
- تعزيز إنتاج أنظف

6-8 الاستدامة

78- الاستدامة تتكامل مع تقدير الإصابات الاقتصادية والبيئية والاجتماعية في المشروعات الكبيرة، ومن بينها تحلية مياه البحر. وترتبط الإصابات تبادليًّا بقوة وينبغي تقديرها بطريقة تكاملية. وإن الأهداف الرئيسية هي حفظ المواد وموارد الطاقة وتقليل النفاية. وينبغي لتحليل الاستدامة أن يُنفَّذ في تخطيط المشروع وتصميمه قبل تشييده وتشغيله (Gude 2016, Lior 2017).

79- تقدير الاستدامة يُعرّف المؤشرات التي تقيس الإصابات الاقتصادية، والاقتصادية البيئية، والاجتماعية، وأهميتها النسبية (أو ثقلها)، وإذا أمكن يحسب مؤشر استدامة فرديًّا مركبًا، مُجمِّعًا المؤشرات المركبة وأهميتها النسبية. وبينما أهلية تحلية المياه كان من المعتاد الحكم عليها رئيسيًّا من حيث الموثوقية الاقتصادية والإنتاجية، إلا أنها الآن تتضمن جوانب بيئية واجتماعية كذلك.

80- فيما يلي بعض المؤشرات والاعتبارات التي ينبغي أخذها في الحسبان أثناء دراسة الاستدامة.

1- الاقتصاد
- استخدام المياه والطلب عليها
- تكلفة مصادر المياه البديلة (حفظ الموارد الطبيعية، وتجميع المطر، ومعالَجة المياه وإعادة استخدامها، ومنع هدر المياه بسبب التسربات والأنابيب المعيبة، والمزيد)
- إجمالي التكلفة غير المدعومة ماليًّا في المياه المحلاة.
- مصدر الطاقة وتقنية العمليات
- تكلفة تشغيل المختبرات وصيانتها

2- البيئة
- نهجا تقييم الإصابة البيئية وأفضل التقنيات المتاحة
- التأثيرات في مياه التغذية ونطاقها (المأخذ وصرف الأجاج)
- استنفاد الموارد (تحلية المياه خفيفة الملوحة)
- انبعاثات غازات الاحتباس الحراري
- انتقال الملوثات العابر للحدود (صرف الأجاج)

3- اجتماعيًّا
- الإصابات في الصحة البشرية (نوعية المياه المحلاة)
- الاستخدام البري والنمو المحلي السريع غير المخطط، من دون بنية تحتية مصاحبة
- القبول الاجتماعي، والثقة في إمداد المياه المحلاة
- الإصابة في القطاعات المستهلكة للمياه من شاكلة الزراعة
- الإصابة في الأنشطة الترفيهية أو غيرها من الاستخدامات المشروعة للبحر وخطه الساحلي

7- الرصد البيئي

81- الرصد البيئي مُتطلَّب قانوني يتناوله بروتوكول حماية البحر الأبيض المتوسط من التلوث من مصادر وأنشطة برية المعدل (المادة 8) وكذلك مُتطلَّب علمي لتتبع الإصابات المحتملة من تحلية مياه البحر في البيئة البحرية. وينبغي للرصد البيئي تتبع مسح خط الأساس المؤدى أثناء تقييم الإصابة البيئية (انظر الفقرة 68) على ألا يتقيد به. وسيكون الرصد أثناء طور التشييد مختلفًا عن الرصد البيئي طويل المدى، اللازم أثناء تشغيلات المحطة. وهناك منشورات قليلة تتناول الرصد البيئي في محطات تحلية المياه (NRC 2008, UNEP 2008, Lattemann and Amy 2012). ومن الموصى به إعلام السلطات الوطنية ذات الصلة فور الإمكان عند ملاحظة انحرافات عن الأحوال المجيزة أثناء مسح الرصد.

7-1 الرصد أثناء طور التشييد

82- الرصد أثناء طور التشييد ينبغي تخطيطه استنادًا إلى التأثيرات المحتملة النابعة من أنشطة التشييد برًّا وبحرًا (القسم 6.5). ويكون الغرض تقييم إذا كان نشاط ضمن إصابة مقبولة أم لا، وتقديم تدابير تخفيف فور الإمكان.

83- الرصد الأرضي أثناء التشييد ينبغي أن يتضمن:

1- رصد التخلص من نفايات التشييد في الموقع من أجل منع الإضرار بالأرض التي ليست ضمن المنطقة
2- رصد الصرف العرضي من الوقود والزيت وغيرهما من المواد والغبار، من أجل منع تلوث التربة والجو والمياه الجوفية
3- رصد مستويات الضوضاء والضوء وإذا لزم تحديد ساعات التشغيل
4- وفي نهاية التشييد، ينبغي أن تُفتَّش المنطقة رسميًّا للتحقق مما إذا كانت التدابير قد طبّقَت من أجل إعادة تأهيل المنطقة بحيث لم تُترَك أي خنادق مفتوحة وبحيث أزيل جميع التشييدات غير الدائمة، وما إلى ذلك.

84- الرصد البحري أثناء التشييد ينبغي أن يتضمن

1- رصد مستويات عكَر المياه، وإذا كانت أعلى من القيمة سابقة التحديد، وتنظيم تشغيلات الجرف
2- في المناطق الحساسة إذا كان من المشكوك فيه تلوث الرواسب، فيتبع تحرير الملوثات في العمود المائي
3- رصد مستويات الضوضاء والذبذبة والضوء التي قد تكون عائقًا للتذييات البحرية وغيرها من الحياة البحرية الحساسة
4- رصد نوعية الرواسب المستخدمة في تغطية خطوط الأنابيب، إذا لم تكن من مصدر محلي
5- في نهاية التشييد، جميع التركيبات البحرية ينبغي تخطيطها في خريطة قياس أعماق مُحدَّثة.
6- طبقات الأعشاب البحرية والطحالب الكبيرة ينبغي رصدها لاستعادتها

7-2 الرصد طويل المدى تلو بدء التشغيلات

85- انتظام رصد البيئة البحرية تلو بدء تشغيلات المحطة ينبغي أن يكون التزامًا طويل المدى، طوال مدة تشغيل محطة تحلية المياه وبعض الأعوام بعدها، وبما يتماشى مع الأحوال المجيزة. وهذه السلسلة من البيانات طويلة المدى مع ضوابط ملائمة تكون أساسية في التطبيع مع التقلبية المؤقتة الطبيعية من أجل منع الاستنتاجات الخطأ بشأن التأثيرات البيئية من تحلية مياه البحر.

86- خطة الرصد ينبغي أن تستند إلى وثيقة تقييم الإصابة البيئية ووثائق الإدارة البيئية الأخرى المؤداة قبل تشييد المحطة وبما يتماشى مع الأحوال المجيزة. وينبغي تحليل بيانات الرصد بانتظام ونقديًّا للسماح بتغييرات في تصميم الرصد عندما يلزم، من أجل إنفاذ متطلبات الترخيص المجيز، ومن أجل تَطلُّب خطوات تخفيف عندما تعد التأثيرات زائدة. وينبغي نشر البيانات وانتشارها في المجتمع لإعطاء ملاحظات نقدية للسلطات التنظيمية والعالم الذي يؤدي الرصد.

87- فيما يلي المكونات العامة الموصى بها في دراسة الرصد. الرصد الخاص ينبغي تكييفه استنادًا إلى الوضع والحساسية البيئيين، وتقنية تحلية المياه، بما يتضمن أساليب المأخذ وصرف الأجاج، ووفقًا للمتطلبات والتشريعات الدولية والوطنية. وينبغي الموافقة على برنامج الرصد من السلطات التنظيمية الوطنية قبل تنفيذها.

7-2-1 أخذ العينات البحرية

88- *تكرارية أخذ العينات وأساليبه* ينبغي أن تتقرر استنادًا إلى خصائص الموقع الخاصة. ومن الموصى به في البداية، أن الرصد ينبغي إجراؤه على الأقل مرتين كل عام في المواسم ذات الصلة (بمعنى الشتاء والصيف أو الربيع والخريف). ومن الموصى به تضمين عمليات مسح إضافية أثناء تشغيلات تنظيف المحطة.

89- *محطات أخذ العينات*. التصميم الأوَّلي لمحطات أخذ العينات ينبغي أن يستند إلى نمط تشتيت الأجاج المتحصل عليه من نتائج النمذجة. وتتطلب شبكتا أخذ عينات: إحداهما شبكة موسعة من المحطات لتتبع والحد من تشتيت نتوءات الأجاج ونشره في وقت المسح (يشار إليها فيما بعد بالمصطلح محطات التشتيت) والأخرى شبكة صغرى من المحطات لأخذ عينات المياه والرواسب والكائنات الحية لتقييم تأثيرات صرف الأجاج (يشار إليها فيما بعد بالمصطلح محطات أخذ العينات). وينبغي لمنظومة محطات التشتيت أن تكون مرنة ومُحدَّثة *في الموقع* استنادًا إلى تشتيت الأجاج الحقيقي (حسبما يتحدد من درجة حرارة مياه البحر وملوحتها المقيستين أثناء المسح) و/أو تلو فحص بيانات الرصد[8]. وتنبغي موضعة محطات أخذ العينات في ثلاث مناطق عامة: المناطق المصابة (ضمن منطقة الخلط، حيث الملوحة ودرجة الحرارة أعلى ما يكون)، والمناطق المتأثرة (خارج منطقة الخلط لكنها ما زالت تحت تأثير الأجاج) والمناطق المرجعية (حيث ليس هناك أي أجاج). ومن الموصى به أخذ عينات في كل منطقة من ثلاث إلى أربع محطات.

90- *سفينة أخذ العينات* ينبغي أن تكون مُجهَّزة بنظام تموضع عالمي دقيق وأن تكون قادرة على التزويد بالآلات العلمية والعاملين العلميين. وأثناء أخذ العينات ينبغي الإبقاء على سجل تفصيلي، بما يتضمن تاريخ المسح، واسم المشاركين، وأحوال الأرصاد الجوية وحالة البحر (درجة حرارة الهواء، والرياح، والتيارت، والأمواج)، وموضع كل محطة بالضبط (خط العرض، وخط الطول، والعمق)، والوقت الذي فيه شُغِّلَت فيه المحطة وما الذي أُخِذَت عيناته، وأي ظهور غير عادي أثناء أخذ العينات أو في البحر.

91- *المعلمات المزمع قياسها*. بصفة عامة، القرار بشأن المعلمات المزمع قياسها ينبغي أن يستند إلى الصروف المتوقعة من محطة تحلية المياه، المعرَّفة في تقييم الإصابة البيئية، وأن يستند إلى غايات إيكولوجية وتشغيلية وتعريف الحالة البيئية الجيدة.

92- *في* محطات التشتيت، قطاعات الأعماق الطولية المستمرة لدرجة الحرارة والملوحة والأكسچين الذائب واللصف والعكَر ينبغي قياسها.

93- في محطات أخذ العينات، ستؤخذ عينات ثلاثة أقسام: مياه البحر، والرواسب، والكائنات الحية.

1- مياه البحر: المعلمات الأساسية تتضمن قطاعات الأعماق الطولية المستمرة كما في محطات التشتيت، وتركيز الجسيمات العالقة والمغذيات (نترات، ونتريت، وأمونيوم، وإجمالي النيتروچين، والفوسفات، وإجمالي الفسفور، وحمض السلسيليك)، والعناصر الفلزية، وكلوروفيل "أ"، والمواد المُصرَّفة في البحر والمُعرَّفة في تقييم الإصابة البيئية. وما يلي من معلمات الكائنات الحية في مياه البحر خيارية وينبغي اعتبارها استنادًا إلى خصائص المنطقة: المجموعة الجرثومية (أعداد البكتيريا والعوالق النباتية) وتركيبها، ومعدلات الإنتاج البكتيرية والأساسية، ومجموعة العوالق الحيوانية (العدد والتركيب)[9].

[8] في مواقع محطات الرصد باستخدام آلات، ينبغي اعتبار تسجيل درجة الحرارة والملوحة والأكسچين الذائب واللصف. ومع ذلك، من المُدرَك أن هذا قد يكون من الصعب تنفيذه بسبب علو تكلفة الآلات والصيانة.

[9] الأدوات الجينومية يُنظَر إليها بصفتها سبيلاً مبشرًا وناشئًا من أجل تحسين النظام الإيكولوجي والرصد، إذ إن هذه النُّهُج فيها احتمالية توفير تدابير جديدة أكثر دقة وفعالية من حيث التكلفة. وأكثرها تبشيرًا أداة إنتاج بيانات متنوعة عن مجتمعات كاملة "Metabarcoding"

2- الرواسب. المعلمات الأساسية تتضمن توزيع حجم الرواسب (قياس الحبيبات)، والعناصر الفلزية الثقيلة (من شاكلة الزئبق، والكادميوم، والنحاس، والزنك، والحديد، والألومنيوم) وتركيز الكربون العضوي، في هيكل مجتمع نباتات الموقع (عدد العينات، وتحديد التصنيف الأحيائي لمستوى الأنواع إذا أمكن)[10]. وإذا كانت منطقة الصرف صخرية، فإن المجموعة اللاطئة ينبغي تعيين خصائصها وتقييمها. وإذا كانت منطقة الصرف موقعها قرب طبقات أعشاب بحرية وطحالب كبيرة، فينبغي أيضًا تعيين خصائصها وتقييمها.

3- الكائنات الحية. إضافة إلى المعلمات المذكورة في عينات مياه البحر والرواسب، فإن الأنواع المهددة بالانقراض والأنواع الدخيلة المُعرَّفة في تقييم الإصابة البيئية ينبغي رصدها.

94- *أساليب أخذ العينات* ينبغي أن تكون ملائمة للسماح بتجميع تمثيلي من العينات. وتنبغي معايرة آلات القياس *في الموقع* وفقًا لمواصفات جهة التصنيع.

95- *تجميع العينات*. العينات ينبغي تعليمها وتعيين مُعرِّفات فريدة لها. وفي برنامج رصد طويل المدى، سيتكرر شغل المحطة ذاتها؛ ولذا ينبغي لتاريخ أخذ العينات أن يكون أحد تواريخ المُعرِّفات لمنع الالتباس. وتنبغي الملاءمة في حفظ العينات تلو أخذها، أثناء النقل ووصولاً إلى مرحلة القياس في المختبر.

96- *الأساليب التحليلية*. القياسات التحليلية ينبغي تفضيل أدائها في مختبرات معتمدة، وإذا لم تكن متاحة، فمختبرات ذات منهجيات تحكم في النوعية/ضمان النوعية. وينبغي لأسلوب التحليل المختار أن يكون دقيقًا ومتقنًا للسماح بتقييم الإصابة من الأجاج وبتتبع التغيرات المؤقتة.

7-2-2 تقرير الرصد

97- تقرير الرصد ينبغي أن يتضمن:

1- مقدمة تصف تقنية محطة تحلية المياه، والإنتاج الشهري، والمأخذ وصرف الأجاج (الكمية والتركيب)، وأي قصور وظيفي مما قد يصيب البيئة البحرية (من شاكلة غير المخطط له من صرف مواد صلبة)
2- وصف تفصيلي لمسح الرصد، بما يتضمن التواريخ، وحالة البحر، ومواقع محطات أخذ العينات، وهوية العينات المأخوذة من كل محطة، وأساليب أخذ العينات، وأساليب حفظ العينات وأساليبها التحليلية
3- النتائج، مع جداول فيها جميع البيانات المُجمَّعة في الموقع وفي المختبر
4- مناقشة، بما يتضمن خرائط تشتت الأجاج، وتقييم الإصابات استنادًا إلى تقييم الإصابة البيئية والمؤلفات
5- الاستنتاجات
6- توصيات للرصد المستمر من شاكلة تغيرات في عدد المحطات ومواقعها، وفي المعلمات المقيسة، وفي تكرارية أخذ العينات.

7-2-3 الرصد في المحطة

98- الرصد في المحطة ينبغي أن يتضمن نوعية مياه المصدر (مأخذ مياه البحر) وكمية الأجاج وتركيبه.

1- مأخذ مياه البحر: التركيز في المعلمات التي قد تؤثر في عملية تحلية المياه ونوعية المياه المحلاة.
2- الأجاج قبل التخلص: كمية الصرف، ودرجة الحرارة، والملوحة، وتركيز المواد الكيميائية المستخدمة في عملية تحلية المياه والمصرفة مع الأجاج.

[10] الأدوات الجينومية يُنظَر إليها بصفتها سبيلاً مبشرًا وناشئًا من أجل تحسين النظام الإيكولوجي والرصد، إذ إن هذه النُّهُج فيها احتمالية توفير تدابير جديدة أكثر دقة وفعالية من حيث التكلفة. وأكثرها تبشيرًا أداة إنتاج بيانات متنوعة عن مجتمعات كاملة "Metabarcoding"

الملحق الأول
استبيان
حالة تحلية مياه البحر في منطقة البحر الأبيض المتوسط

استبيان

حالة تحلية مياه البحر في منطقة البحر الأبيض المتوسط

1- أسئلة عامة – ليس إلا للمحطات على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط أو قربه

1-1 البلد:

1-2 كم عدد محطات تحلية المياه قيد التشغيل في بلدك على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط أو قربه؟ _____

1-2-1 كم عدد المحطات التي تحلي مياه البحر؟ _____

1-2-2 كم عدد المحطات التي تحلي المياه خفيفة الملوحة؟ _____

1-2-3 كم عدد المحطات التي قدرة إنتاجها >50 ألف متر مكعب/يوم؟ _____

1-3 ما إجمالي الإنتاج السنوي من المياه المحلاة؟ _____

1-3-1 ما إجمالي الإنتاج السنوي من المياه المحلاة؟ _____

1-3-2 ما إجمالي الإنتاج السنوي الحقيقي النابع من تحلية مياه البحر؟

1-4 أهناك مزيد من محطات تحلية المياه في مرحلة التخطيط/التشييد على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط؟ _____

1-4-1 كم عددها؟ _____

1-4-2 إجمالي إنتاج تحلية المياه المخطط _____

1-4-3 العام المتوقع لبدء الإنتاج _____

2- معلومات تفصيلية عن المحطات كبيرة الحجم (الإنتاج >10 آلاف متر مكعب/يوم، 3.65 مليون متر مكعب/عام) ليس إلا على طول ساحل البحر الأبيض المتوسط. (يرجى نسخ جدول لأعمدة إضافية)

	اسم المحطة	اسم المحطة	اسم المحطة	اسم المحطة	اسم المحطة	اسم المحطة
الاسم						
عام بدء التشغيل						
الموقع[1]						
تقنية تحلية المياه[2]						
الإنتاج، بالمتر المكعب/يوم						
أسلوب صرف الأجاج[3]						
الصرف المشترك مع الأجاج[4]						
المواد الكيميائية المستخدمة في عملية تحلية المياه[5]						
المواد المخثرة						
مادة مانعة للتحرشف						
مبيدات الآفات الأحيائية						
مُعسِّرات المياه						
غير ذلك						
المواد الكيميائية المشترك صرفها مع الأجاج[6]						
أهناك برنامج رصد بحري مُطبَّق؟						

[1]الموقع: المدينة، المنطقة
[2]تقنية تحلية المياه: **التناضح العكسي، التقطير الومضي متعدد المراحل، التقطير متعدد التأثيرات، غير ذلك** – ترجى إضافة تقنية
[3]أسلوب صرف الأجاج: **صرف مفتوح، مصب بحري ، غير ذلك** – ترجى إضافة تفاصيل

[4]الصرف المشترك مع الأجاج: صروف أخرى، على سبيل المثال، مياه التبريد من محطات الطاقة الكهربائية
[5]ترجى تسمية المواد الكيميائية: بمعنى المواد المخثرة – أملاح الحديد **(FE)**، المواد مانعة التحرشف- عديدات الفوسفونات (Ppho)، **إذا كانت هوية المادة الكيميائية غير معروفة، يرجى إضافة نعم أو لا**
[6]ترجى تسمية المواد الكيميائية المُصرَّفة مع الأجاج

الملحق الثاني

المراجع

المراجع

Abualtayef, M., H. Al-Najjar, Y. Mogheir, and A. K. Seif. 2016. Numerical modeling of brine disposal from Gaza central seawater desalination plant. Arabian Journal of Geosciences 9:572.

Amy, G., N. Ghaffour, Z. Li, L. Francis, R. V. Linares, T. Missimer, and S. Lattemann. 2017. Membrane-based seawater desalination: Present and future prospects. Desalination 401:16-21.

Argyrou, M. 1999. Impact of desalination plant on marine macrobenthos in the coastal waters of Dhekelia Bay, Cyprus. Department of Fisheries, Ministry of Agriculture, Natural Resources and Environment, Cyprus.

Barnthouse, L. W. 2013. Impacts of entrainment and impingement on fish populations: A review of the scientific evidence. Environmental Science & Policy 31:149-156.

Beaumont, N. J., M. C. Austen, J. P. Atkins, D. Burdon, S. Degraer, T. P. Dentinho, S. Derous, P. Holm, T. Horton, E. van Ierland, A. H. Marboe, D. J. Starkey, M. Townsend, and T. Zarzycki. 2007. Identification, definition and quantification of goods and services provided by marine biodiversity: Implications for the ecosystem approach. Marine Pollution Bulletin 54:253-265.

Belkin, N., E. Rahav, H. Elifantz, N. Kress, and I. Berman-Frank. 2017. The effect of coagulants and antiscalants discharged with seawater desalination brines on coastal microbial communities: A laboratory and in situ study from the southeastern Mediterranean. Water Research 110:321-331.

Belkin, N., E. Rahav, H. Elifantz, N. Kress, and I. Berman-Frank. 2015. Enhanced salinities, as a proxy of seawater desalination discharges, impact coastal microbial communities of the eastern Mediterranean Sea. Environmental Microbiology 17:4105-4120.

Borja, A., M. Elliott, J. H. Andersen, T. Berg, J. Carstensen, B. S. Halpern, A.-S. Heiskanen, S. Korpinen, J. S. S. Lowndes, and G. Martin. 2016a. Overview of Integrative Assessment of Marine Systems: The Ecosystem Approach in Practice. Frontiers in Marine Science 3:20.

Borja, A., M. Elliott, J. H. Andersen, A. C. Cardoso, J. Carstensen, J. G. Ferreira, A.-S. Heiskanen, J. C. Marques, J. M. Neto, H. Teixeira, L. Uusitalo, M. C. Uyarra, and N. Zampoukas. 2013. Good Environmental Status of marine ecosystems: What is it and how do we know when we have attained it? Marine Pollution Bulletin 76:16-27.

Borja, Á., B. S. Halpern, and P. Archambault. 2016b. Assessing marine ecosystems health, in an integrative way. Continental Shelf Research 121:1-2.

Botelho, D., M. Barry, G. Collecutt, J. Brook, and D. Wiltshire. 2013. Linking near-and far-field hydrodynamic models for simulation of desalination plant brine discharges. Water Science and Technology 67:1194-1207.

Brand, L. E., W. G. Sunda, and R. R. L. Guillard. 1986. Reduction of marine phytoplankton reproduction rates by copper and cadmium. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 96:225-250.

Brenner, S. 2003. High-resolution nested model simulations of the climatological circulation in the southeastern Mediterranean Sea. Pages 267-280 *in* Annales Geophysicae.

Chesher, R. 1971. Biological impact of a large-scale desalination plant at Key West, Florida. Elsevier Oceanography Series 2:99-164.

Christensen, V., and C. J. Walters. 2004. Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. Ecological Modelling 172:109-139.

Cuenca, J. C. 2013. Report on water desalination status in the Mediterranean countries. IMIDA, Spain.

de-la-Ossa-Carretero, J. A., Y. Del-Pilar-Ruso, A. Loya-Fernández, L. M. Ferrero-Vicente, C. Marco-Méndez, E. Martinez-Garcia, and J. L. Sánchez-Lizaso. 2016. Response of amphipod assemblages to desalination brine discharge: Impact and recovery. Estuarine, Coastal and Shelf Science 172:13-23.

Del Pilar -Ruso, Y., J. A. De-la-Ossa-Carretero, F. Gimenez-Casalduero, and J. L. Sanchez-Lizaso. 2008. Effects of a brine discharge over soft bottom Polychaeta assemblage. Environmental Pollution 156:240-250.

Del Pilar Ruso, Y., J. A. D. la Ossa Carretero, F. G. Casalduero, and J. L. S. Lizaso. 2007. Spatial and temporal changes in infaunal communities inhabiting soft-bottoms affected by brine discharge. Marine Environmental Research 64:492-503.

Drami, D., Y. Z. Yacobi, N. Stambler, and N. Kress. 2011. Seawater quality and microbial communities at a desalination plant marine outfall. A field study at the Israeli Mediterranean coast. Water Research 45:5449-5462.

Dupavillon, J. L., and B. M. Gillanders. 2009. Impacts of seawater desalination on the giant Australian cuttlefish Sepia apama in the upper Spencer Gulf, South Australia. Marine Environmental Research 67:207-218.

EEA-UNEP/MAP. 2014. Horizon 2020 Mediterranean Report. EEA Technical report No6.

Elimelech, M., and W. A. Phillip. 2011. The future of seawater desalination: Energy, technology, and the environment. Science 333:712-717.

Elliott, M. 2014. Integrated marine science and management: Wading through the morass. Marine Pollution Bulletin 86:1-4.

FAO. 2012. Coping with water scarcity. An action framework for agriculture and food security. FAO Water Report 38.

Farmer, A., L. Mee, O. Langmead, P. Cooper, A. Kannen, P. Kershaw, and V. Cherrier. 2012. The ecosystem approach in marine management. Policy Brief.

Fernandez-Torquemada, Y., J. M. Gonzalez-Correa, A. Loya, L. M. Ferrero, M. Diaz-Valdes, and J. L. Sanchez-Lizaso. 2009. Dispersion of brine discharge from seawater reverse osmosis desalination plants. Desalination and Water Treatment 5:137-145.

Fernández-Torquemada, Y., and J. Sánchez-Lizaso. 2011. Responses of two Mediterranean seagrasses to experimental changes in salinity. Hydrobiologia 669:21-33.

Fernández-Torquemada, Y., J. L. Sánchez-Lizaso, and J. M. González-Correa. 2005. Preliminary results of the monitoring of the brine discharge produced by the SWRO desalination plant of Alicante (SE Spain). Desalination 182:395-402.

Fritzmann, C., J. Löwenberg, T. Wintgens, and T. Melin. 2007. State-of-the-art of reverse osmosis desalination. Desalination 216:1-76.

Ghaffour, N., T. M. Missimer, and G. L. Amy. 2013. Technical review and evaluation of the economics of water desalination: Current and future challenges for better water supply sustainability. Desalination 309:197-207.

Greenlee, L. F., D. F. Lawler, B. D. Freeman, B. Marrot, and P. Moulin. 2009. Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges. Water Research 43:2317-2348.

Gude, V. G. 2016. Desalination and sustainability – An appraisal and current perspective. Water Research 89:87-106.

Hammond, M., N. Blake, P. Hallock-Muller, M. Luther, D. Tomasko, and G. Vargo. 1998. Effects of disposal of seawater desalination discharges on Near Shore Benthic Communities. Report of Southwest Florida Water Management District and University of South Florida.

Hobbs, D., J. Stauber, A. Kumar, and R. Smith. 2008. Ecotoxicity of effluent from the proposed Olympic Dam Desalination Plant. Final Report. Hydrobiology Pty Ltd. Aquatic Environmental Services.

Holloway, K. 2009. Perth Seawater Desalination Plant Water Quality Monitoring Programme. Final Programme summary Report 2005-2008. Report No. 445_001/3. Prepared by Oceanica Consulting Pty LTD for the Water Corporation of Western Australia.

IAEA. 2015. New technologies for seawater desalination using nuclear energy. International Atomic Energy Agency. . IAEA-TECDOC series no 1753.

Khordagui, H. 2013. Assessment of potential cumulative environmental impacts of desalination plants around the Mediterranean Sea. SWIM Final report, Activity 1.3.2.1.

Kim, Y.-D., K. Thu, K. C. Ng, G. L. Amy, and N. Ghaffour. 2016. A novel integrated thermal-/membrane-based solar energy-driven hybrid desalination system: Concept description and simulation results. Water Research 100:7-19.

Koch, M. S., S. A. Schopmeyer, C. Kyhn-Hansen, C. J. Madden, and J. S. Peters. 2007. Tropical seagrass species tolerance to hypersalinity stress. Aquatic Botany 86:14-24.

Kress, N., and B. Galil. 2015. Impact of seawater desalination by reverse osmosis on the marine environment. Pages 177-202 *in* S. Burn and S. Gray, editors. Efficient desalination by reverse osmosis. IWA, London.

Kress, N., and B. S. Galil. 2012. Seawater desalination in Israel and its environmental impact. Desalination and Water Reuse February-March 2012:26-29.

Lattemann, S., and G. Amy. 2012. Marine monitoring surveys for desalination plants—a critical review. Desalination and Water Treatment 51:233-245.

Lattemann, S., and T. Hopner. 2008. Impacts of seawater desalination plants on the marine environment of the Gulf. Protecting the Gulf's Marine Ecosystems from Pollution. Ed A.H. Abuzinada, H.J. Barth, F. Krupp, B. Böer and T.Z. Al Abdessalaam Birkhäuser Verlag/Switzerland:191-205.

Lattemann, S., M. D. Kennedy, J. C. Schippers, and G. Amy. 2010a. Chapter 2 Global Desalination Situation. Pages 7-39 *in* C. E. Isabel and I. S. Andrea, editors. Sustainability Science and Engineering. Elsevier.

Lattemann, S., K. Mancy, B. Damitz, H. Khordagui, and G. Leslie. 2010b. Environmental Impact Assessment of Desalination Projects. Pages 153-177 Desalination Technology. CRC Press.

Le Page, S. 2005. Salinity Tolerance Investigations: A Supplemental report for the Carlsbad, CA Desalination project. Report presented to Poseidon Resources.

Lin, Y.-C., G.-P. Chang-Chien, P.-C. Chiang, W.-H. Chen, and Y.-C. Lin. 2013. Potential impacts of discharges from seawater reverse osmosis on Taiwan marine environment. Desalination 322:84-93.

Lior, N. 2017. Sustainability as the quantitative norm for water desalination impacts. Desalination 401:99-111.

Lokiec, F. 2013. Sustainable desalination: environmental approaches.*in* Sustainable desalination: environmental approaches. The International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Reuse, Tianjin, China.

Marín-Guirao, L., J. M. Sandoval-Gil, J. Bernardeau-Esteller, J. M. Ruíz, and J. L. Sánchez-Lizaso. 2013. Responses of the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica to hypersaline stress duration and recovery. Marine Environmental Research 84:60-75.

Mayhew, D. A., L. D. Jensen, D. F. Hanson, and P. H. Muessig. 2000. A comparative review of entrainment survival studies at power plants in estuarine environments. Environmental Science & Policy 3, Supplement 1:295-301.

McConnell, R. 2009. Tampa Bay Seawater Desalination Facility – Environmental Impact Monitoring. Proceedings of 2009 Annual WateReuse Conference, Seattle.

Murray, J. B., and G. L. Wingard. 2006 Salinity and temperature tolerance experiments on selected Florida Bay mollusks. U.S. Geological Survey Open-File Report 1026:59 pp.

Nasrolahi, A., C. Pansch, M. Lenz, and M. Wahl. 2012. Being young in a changing world: how temperature and salinity changes interactively modify the performance of larval stages of the barnacle Amphibalanus improvisus. Marine Biology 159:331-340.

NRC. 2008. Desalination, a national perspective National Research Council of the National Academies. The National Academies press, Washington, D.C.

Portillo, E., G. Louzara, M. Ruiz de la Rosa, J. Quesada, J. C. Gonzalez, F. Roque, M. Antequera, and H. Mendoza. 2013. Venturi diffusers as enhancing devices for the dilution process in desalination plant brine discharges. Desalination and Water Treatment 51: 525-542.

Purnama, A., H. H. Al-Barwani, and R. Smith. 2005. Calculating the environmental cost of seawater desalination in the Arabian marginal seas. Desalination 185:79-86.

Purnama, A., and D. Shao. 2015. Modeling brine discharge dispersion from two adjacent desalination outfalls in coastal waters. Desalination 362:68-73.

Raventos, N., E. Macpherson, and A. García-Rubiés. 2006. Effect of brine discharge from a desalination plant on macrobenthic communities in the NW Mediterranean. Marine Environmental Research 62:1-14.

Riera, R., F. Tuya, E. Ramos, M. Rodríguez, and Ó. Monterroso. 2012. Variability of macrofaunal assemblages on the surroundings of a brine disposal. Desalination 291:94-100.

Riera, R., F. Tuya, A. Sacramento, E. Ramos, M. Rodriguez, and O. Monterroso. 2011. The effects of brine disposal on a subtidal meiofauna community. Estuarine, Coastal and Shelf Science 93:359-365.

Ruiz, J. M., L. Marin-Guirao, and J. M. Sandoval-Gil. 2009. Responses of the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica to in situ simulated salinity increase. Botanica Marina 52:459-470.

Safrai, I., and A. Zask. 2008. Reverse osmosis desalination plants -- marine environmentalist regulator point of view. Desalination 220:72-84.

Sánchez-Lizaso, J. L., J. Romero, J. Ruiz, E. Gacia, J. L. Buceta, O. Invers, Y. Fernández Torquemada, J. Mas, A. Ruiz-Mateo, and M. Manzanera. 2008. Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. Desalination 221:602-607.

Sandoval-Gil, J. M., L. Marin-Guirao, and J. M. Ruiz. 2012. Tolerance of Mediterranean seagrasses (Posidonia oceanica and Cymodocea nodosa) to hypersaline stress: water relations and osmolyte concentrations. Marine Biology 159:1129-1141.

Shute, S. 2009. Perth Desalination Plant- Cockburn Sound benthic macrofauna community and sediment habitaat, Repeat Macrobenthic survey. Oceanica Consulting. Report No. 604-011/1:202pp.

Straub, A. P., A. Deshmukh, and M. Elimelech. 2016. Pressure-retarded osmosis for power generation from salinity gradients: is it viable? Energy & Environmental Science 9:31-48.

Taylor, C. J. L. 2006. The effects of biological fouling control at coastal and estuarine power stations. Marine Pollution Bulletin 53:30-48.

Tong, T., and M. Elimelech. 2016. The Global Rise of Zero Liquid Discharge for Wastewater Management: Drivers, Technologies, and Future Directions. Environmental Science & Technology 50:6846-6855.

Uddin, S., A. N. Al Ghadban, and A. Khabbaz. 2011. Localized hyper saline waters in Arabian Gulf from desalination activity-an example from South Kuwait. Environmental Monitoring and Assessment 181:587-594.

UNEP. 2008. Desalination Resource and Guidance Manual for Environmental Impact Assessments. United Nations Environment Programme, Regional Office for West Asia, Manama, and World Health Organization, Regional Office for the Eastern Mediterranean, Cairo Ed. S. Lattemann:168 pp.

UNEP/MAP. 2012. State of the Mediterranean Marine and Coastal Environment, UNEP/MAP – Barcelona Convention, Athens.

UNEP/MAP. 2012. UNEP(DEC)/MED WG.372/3. Approaches for definition of GES and setting targes for the pollution related ecological objectives in the framework of the ecosystem approach. (EO5:eutrophication, EP:9 contaminants, EP10: marine litter, EO11: noise). Sarajevo, Bosnia and Herzegovina.

UNEP/MAP. 2014a. Monitoring Guidance on Ecological Objective 5: Eutrophication. UNEP(DEPI)MED WG.394/4.

UNEP/MAP. 2014b. UNEP(DEPI)/MED WG.401/3. Draft monitoring and assessment methodological guidance. Athens, Greece.

UNEP/MAP. 2016. Report of the Meeting of the Ecosystem Approach Correspondence Group on Pollution Monitoring for Contaminants and Eutrophication. UNEP(DEPI)/MED WG.427/9.

UNEP/MAP/MEDPOL. 2003. Sea Water Desalination in the Mediterranean : التقييم والمبادئ التوجيهية. MAP Technical Reports Series No. 139 UNEP/MAP, Athens.

van der Merwe, R., F. Hammes, S. Lattemann, and G. Amy. 2014a. Flow cytometric assessment of microbial abundance in the near-field area of seawater reverse osmosis concentrate discharge. Desalination 343:208-216.

van der Merwe, R., T. Röthig, C. R. Voolstra, M. A. Ochsenkühn, S. Lattemann, and G. L. Amy. 2014b. High salinity tolerance of the Red Sea coral Fungia granulosa under desalination concentrate discharge conditions: An in situ photophysiology experiment. Frontiers in Marine Science 1.

Vars, S., M. Johnston, J. Hayles, J. Gascooke, M. Brown, S. Leterme, and A. Ellis. 2013. 29Si{1H} CP-MAS NMR comparison and ATR-FTIR spectroscopic analysis of the diatoms Chaetoceros muelleri and Thalassiosira pseudonana grown at different salinities. Analytical and Bioanalytical Chemistry 405:3359-3365.

Vila, F., Ruiz-Mateo, A., Rodrigo, M., Álvarez, A., Antequera, M., & Lloret, A. (2011). 3D physical modelling in a wave flume of brine discharges on a beach. Desalination and Water Treatment, 31(1-3), 235-256.

Walker, D. I., and A. J. McComb. 1990. Salinity response of the seagrass Amphibolis antarctica (Labill.) Sonder et Aschers.: an experimental validation of field results. Aquatic Botany 36:359-366.

Wiltshire, K., A. Kraberg, I. Bartsch, M. Boersma, H.-D. Franke, J. Freund, C. Gebühr, G. Gerdts, K. Stockmann, and A. Wichels. 2010. Helgoland Roads, North Sea: 45 Years of Change. Estuaries and Coasts 33:295-310.

World_Bank. 2012. Renewable Energy Desalination: An Emerging Solution to Close the Water Gap in the Middle East and North Africa. . Washington, DC.