Diyala Journal
for Human Research
Website:
djhr.uodiyala.edu.iq

مجلة ديالى
للبحوث الإنسانية

p ISSN: 2663-7405
e ISSN: 2789-6838

مجلة ديالى للبحوث الانسانية
العدد (101) المجلد (3) ايلول 2024

الموارد المائية غير التقليدية (غير المتجددة) في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي لعام 2020

م.م محمدعبد الرحمن عبد العزيز
المديرية العامة لتربية ديالى

أ.د محمد يوسف حاجم
جامعة ديالى/ كلية التربية للعلوم الانسانية

Abstract

The research addresses unconventional (non-renewable) water resources in the Gulf Cooperation Council (GCC) countries, represented by desalination of saline water and wastewater treatment. The GCC countries have recognized the need for alternative and unconventional water sources, finding desalination to be a suitable solution. This technology has proven successful and increasingly important in providing water to the region. Desalination technologies have developed to the extent that the GCC countries have become the world's largest producers of desalinated water. The study revealed that the GCC countries have employed various technologies, including thermal and membrane techniques, contributing to a significant water source in the region. In 2020, the production of desalinated water reached 6,354 million m³/year, and the production of treated wastewater reached 8,410 million m³/year, sourced from 441 desalination plants and 322 treatment plants. Despite the high financial costs and the use of fossil energy resources (oil and gas), which are accompanied by environmental issues due to greenhouse gas emissions, the study revealed that the GCC countries have the capabilities to establish desalination and wastewater treatment projects thanks to the availability of capital and energy resources

Email:
amad.ge.phd.hum@uodiyala.edu.iq
Mohammed.ge.hum@uodiyala.edu.iq

Published: 1- 9-2024

Keywords: الموارد المائية ، غير التقليدية ، مجلس التعاون ، الخليج العربي

هذه مقالة وصول مفتوح بموجب ترخيص
CC BY 4.0
(http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

الملخص

يتناول البحث الموارد المائية غير التقليدية (غير المتجددة) في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي المتمثلة بتحلية المياه المالحة ومعالجة مياه الصرف الصحي وقد ادركت دول مجلس التعاون الحاجة الى مصادر بديلة وغير تقليدية للمياه، ووجدت في تحلية المياه الحل المناسب لها وقد اثبتت هذه التقنية نجاحها ودورها المتنامي في توفير المياه للمنطقة وقد تطورت تقنيات تحلية المياه حتى اصبحت دول مجلس التعاون اكبر منتج عالمي للمياه المحلاة، وكشفت الدراسة ان دول المجلس استخدمت عدة تقنيات منها التقنيات الحرارية والغشائية وساهمت في توفير مصدر مهم للمياه في المنطقة حيث بلغ انتاج المياه المحلاة (6,354) مليون م3/السنة لعام 2020، و بكميات انتاج مياه صرف صحي معالجة بلغت (8,410) مليون م3/السنة، جاءت من عدد محطات تحلية بلغت (441) محطة تحلية و (322) محطة معالجة، بالرغم من ارتفاع تكاليفها المالية واستخدام موارد الطاقة الاحفورية (النفط – الغاز) التي رافقتها مشاكل بيئية لانبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وكشفت الدراسة ان دول مجلس التعاون تمتلك مقومات اقامة مشاريع التحلية ومشاريع الصرف الصحي المعاجة، لتوفر رؤوس الاموال و مصادر الطاقة.

المقدمة

يعد شح المياه وندرتها من السمات الغالبة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي بحكم موقعها في المناطق الصحراوية الجافة التي تفتقر للموارد المائية التقليدية (المتجددة) المتمثلة بالمياه السطحية، عانت منها اغلب دول مجلس التعاون ولسد العجز من المياه العذبة اتجهت الى مصادر بديلة وغير تقليدية، ووجدت في تحلية المياه الحل المناسب لها بالرغم من تكاليفها العالية واستهلاكها للوقود الاحفوري واصبحت مصدر مائي رئيس لتوفير المياه العذبة في المنطقة .

مشكلة البحث:

هل يمكن استثمار الموارد المائية غير المتجددة كتقنية تحلية المياه ومياه الصرف الصحي في مواجهة النقص الحاد في الموارد المائية (التقليدية) في دول مجلس التعاون لدول الخليج؟ وماهي التقنيات اللازمة لذلك؟

فرضية البحث:

يمكن استثمار الموارد المائية غير المتجددة في مواجهة النقص الحاد في الموارد المائية (التقليدية) في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي من خلال استخدام تقنيات تحلية المياه ومعالجة وتحلية مياه الصرف الصحي .

هدف البحث:

التعرف على اهم تقنيات تحلية المياه ومحطات معالجة الصرف الصحي، وكميات انتاجها للمياه واستهلاكها وتوزيعها بين دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي .

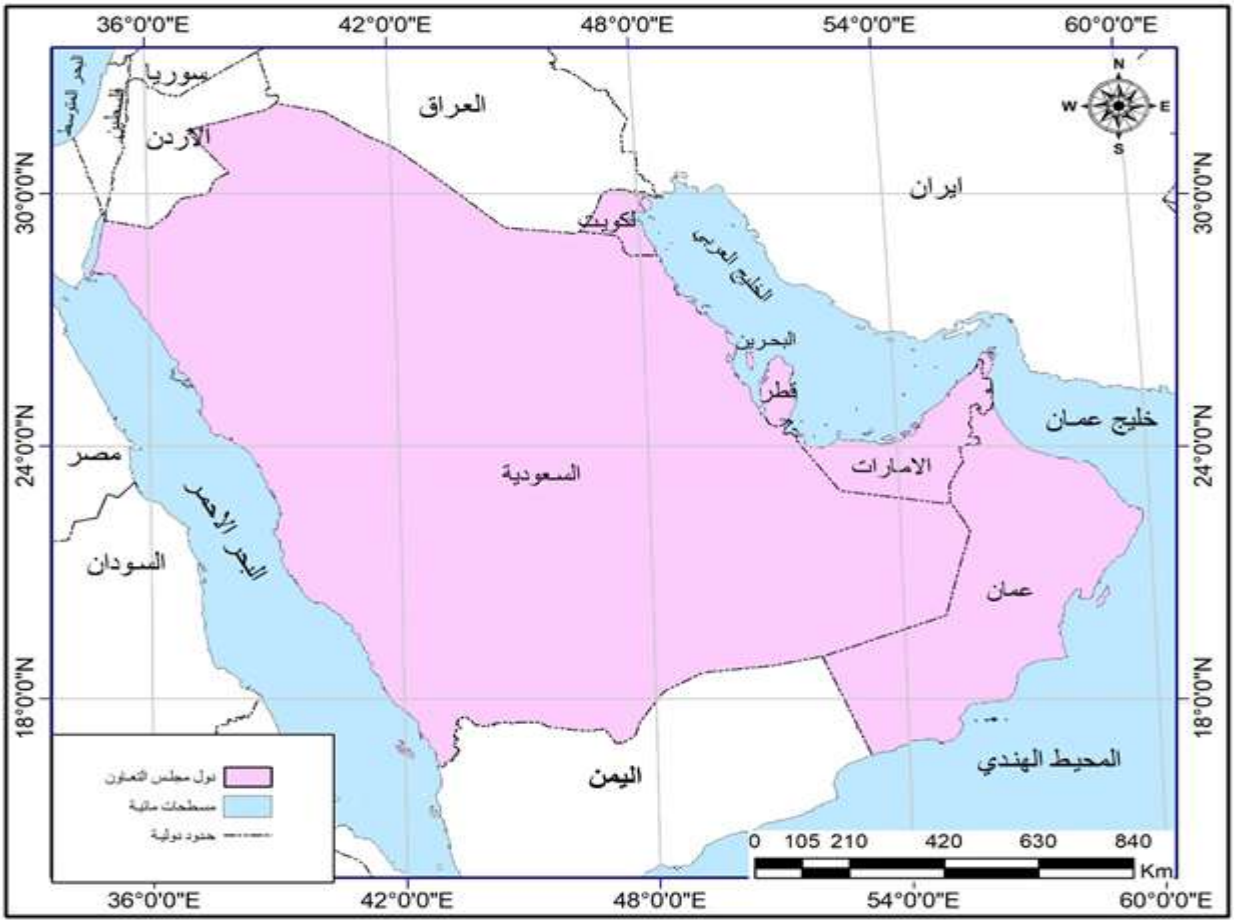
اهمية البحث:

تعد دراسة الموارد المائية الغير تقليدية المتمثلة بمحطات تحلية المياه ومحطات معالجة مياه الصرف الصحي وتحليتها ذات اهمية كبيرة في منطقة الدراسة التي تعاني من ندرة مياه مع زيادة الطلب بسبب النمو السكاني المتسارع والتنمية الاقتصادية .

حدود البحث:

تتمثل الحدود المكانية لمنطقة الدراسة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي (الإمارات، البحرين، السعودية، عُمان، قَطر، الكويت) الواقعة في الجنوب الغربي من قارة اسيا بين دائرتي عرض(16°-31°) شمال خط الاستواء، وبين خطي طول (34°-60°) شرقًا خريطة (1) .

خريطة (1) الموقع الفلكي والجغرافي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربي



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على اطلس العالم الجغرافي باستعمال برنامج Arcgis10.4 .

تشكل مصادر المياه غير التقليدية (غير المتجددة) حلا هاماً في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي لمواجهة العجز المائي من المياه السطحية والضغط الكبير على المخزون الجوفي بسبب قلة الامطار وتذبذبها مما ادى الى قلة مواردها المائية المتجددة، لذلك اتجهت الى مصادر بديلة غير تقليدية لسد هذا العجز وهي :

اولا: تحلية المياه المالحة :

ثانيا: معالجة مياه الصرف الصحي وتنقيتها :

اولًا: تحلية المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي:

اصبحت تقنية تحلية المياه خيارا استراتيجيا مهما نتيجة الزيادة على طلب المياه العذبة، بسبب تزايد اعداد السكان والتنمية الاقتصادية وسرعة التوسع العمراني، زاد من معدلات استهلاك المياه و للتغلب على حالات الجفاف بندرة المياه العذبة المتجددة التي قل فيها نصيب الفرد عن (500 م3 الشخص / السنة)، لذلك اتجهت دول المجلس الى مصدر موثوق الذي يضمن امدادات المياه بغض النظر عن الظروف المناخية السائدة في المنطقة، وجاءت تقنية تحلية المياه المالحة لتلبي هذه المتطلبات وباتت خيارا استراتيجيا تبنى عليه سياسات تنمية الموارد المائية في هذه الدول، ساعدها في ذلك توفر الامكانيات المالية العالية نسبيا، وكذلك توفر الطاقة المتمثلة بالنفط والغاز الطبيعي لتشغيل هذه المحطات، وامتداد دول المجلس على سواحل البحار (الخليج العربي والبحر الاحمر وخليج عمان وبحر العرب) .

1-تقنية تحلية المياه وتطورها التاريخي :

تُعَّرف عملية تحلية المياه، بانها عملية ازالة الملوحة من خلال فصل الشوائب المذابة عن المياه بتقنيات تتيح انتاج كميات ضخمة من خلال ازالة ملوحتها سواء كان مياه البحر او المياه الاقل ملوحة[1]، ان فكرة فصل الاملاح عن مياه البحر وجعله صالحا للشرب، تعود الى نحو (2400ق.م) في كتابات ارسطو عن تجربة علمية اجراها بنفسه، وفي حصار الاسكندرية (47-48 ق.م) شربت جيوش يوليوس قيصر ماءً عذباً مكثفاً من البحر، وفي رحلة السير (ريتشارد اوكنيز) جنوب المحيط الاطلسي عام 1662م قام بتقطير مياه البحر على السفينة لتزويد البحارة بمياه الشرب العذبة[2] .

بعد الثورة الصناعية تطورت صناعة تحلية المياه بشكلها الحديث عام 1869م عندما شيدت الحكومة البريطانية اول محطة لتقطير المياه المالحة بواسطة البخار في مدينة عدن اليمنية[3] ، وبعد الحرب العالمية الاولى اخذت اعداد محطات تحلية المياه في العالم بالتزايد وانشأت عام 1930 اول محطة تحلية للمياه في جزر الانتيل الهولندية وكانت تنتج ما يقرب (625) الف غالون يوميا، وكانت البداية في استخدام تقنيات تحلية المياه على نطاق تجاري تعود الى عام 1965 فقد كانت بداية

متواضعة حيث أُنتج في جميع انحاء العالم حوالي 8 الاف متر مكعب يومياً واخذت بالزيادة حتى وصل عام 1970 (86.6) الف متر مكعب يوميا، بسبب تضاعف اعداد السكان وزيادة حالات الجفاف والتغيرات في انماط هطول الامطار نتيجة تغير المناخ[4] .

اما في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي فكانت بداية استخدام تقنية تحلية المياه لانتاج مياه الشرب تعود للعام 1907 في مدينة جدة، قامت شركة هولندية بتركيب مقطرتين اطلق عليها (كنداسا condenser) بمعنى مكثف[5]، تم استبدالها عام 1928 لتعملان باسلوب الانابيب المغمورة وبسعة كلية بلغت 135متر3/ اليوم وفي عام 1953 قامت الكويت وقطر بانشاء عدد من وحدات التحلية تعمل بأسلوب الانابيب المغمورة، ووصلت اول محطة لتحلية المياه الى شاطئ ابوظبي عام 1960[6]، ان تقنيات التحلية القديمة التي استخدمت لتحلية المياه كانت تعمل باسلوب الانابيب المغمورة، واجهت الكثير من المشاكل منها تكلس الترسبات الملحية وما يصاحبها من التوقف المتكرر للوحدات لتنظيفها فضلا عن انخفاض انتاجيتها وارتفاع معدلات استهلاك الطاقة وتكاليف الصيانة والتشغيل لذلك تم اخراجها من الخدمة .

تزايدت القدرة الانتاجية لتحلية المياه بشكل كبير في العالم ، حيث تزامنت مع تطور تقني طرأ على هذه الصناعة بوضع الاسس العلمية لهذه التقنية باستخدام تقنية (التبخير الومضي)، زادت من قدرة انتاج مياه التحلية الى كميات كبيرة ، تم تشغيل اكثر من (15906) محطة تحلية في العالم عام 2018 وبانتاج بلغ (95) مليون متر مكعب باليوم وخدمت اكثر من (300) مليون شخص[7]، وقد استخدمت هذه التقنية لأول مرة في الكويت حيث تم الاعتماد عليها بشكل علمي مدروس وتبع ذلك في دولة قطر بإنشاء وحدتين بذات التقنية عام 1959 بمحطة (رأس عبود) وبسعة (1363)م3 في اليوم، وفي عام 1967 استخدمت السعودية هذه التقنية في (جدة والخفجي والجبيل)[8]، لقد كان لنجاح تحلية مياه البحر بتقنية التبخير الومضي المتعدد ان قامت باقي دول مجلس التعاون بانشاء محطات تحلية حديثة مماثلة فيها، الجدول(1)، وبعد عام 2011 ازدادت القدرة الانتاجية الفعلية لمحطات تحلية المياه في العالم اذ بلغت حوالي (77,4)مليون م3/اليوم يتم انتاجها بنحو (1600) محطة في جميع انحاء العالم، منها (52%) موجودة في منطقة الشرق الاوسط وتتركز بصورة كبيرة في المملكة العربية السعودية[9]

جدول (1)

تاريخ بدأ التحلية الحديثة ونوع التقنية المستخدمة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي

الدولة	تبخيرومضي متعدد المراحل	تناضح عكسي	تضاغط بخاري	تبخير متعدد التاثير	ديلزة
الامارات العربية المتحدة	1977	1977	-	1977	-
مملكة البحرين	1975	1984	1985	2004	-
المملكة العربية السعودية	1967	1968	-	1981	-
سلطنة عمان	1976	1982	1979	-	1983
قطر	1962	1982	-	1996	-
الكويت	1960	1987	-	-	-

المصدر: الامانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية ،تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية ، تاريخها وحاضرها ومستقبلها ، الاصدار الثاني ، 2014،ص17,16، 18، 19.

2-انتاج مياه التحلية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي

تعد التحلية اليوم خيارا استراتيجيا يتلائم مع اوضاع دول المجلس الطبيعية لتلبية الاحتياجات المائية المتزايدة والتي تساهم في سد النقص من الموارد المائية التقليدية الغير امنة لمختلف النشاطات الاقتصادية، بعد التوسع الحضري والعمراني السريع متزامنا مع تزايد النمو السكاني، ومحدودية موارد المياه الجوفية وتدهور نوعيتها المستمر لجأت دول المجلس الى خيار زيادة الامدادات المائية عن طريق التوسع في بناء محطات التحلية بوصفها احد الخيارات الرئيسة لتلبية متطلبات القطاع البلدي لتوفير كمية المياه ومواصفاتها النوعية المطلوبة .

اعتمدت دول مجلس التعاون عدة طرق لتحلية المياه المالحة منها الحرارية والمتمثلة (التبخر الومضي متعدد المراحلMSF) وطريقة (التبخير متعدد التاثيرMED) وطريقة (التضاغط البخاري VC) وهذه الطرق الحرارية الاكثر انتشارا في دول المجلس في تحلية مياه البحر لتنامي الطلب على الكهرباء والماء معا، وسهولة المحافظة على تشغيلها والوثوق بانتاجيتها المستمر لسنوات لتمتعها بعمر اطول [10]، اما النوع الثاني من التقنيات فهي التقنيات الغشائية المتمثلة (التناضح العكسي RO) (الديلزة الكهربائيةED) (الديلزة الكهربائية العكسيةEDR) وهذه التقنيات حديثة دخلت للاستعمال التجاري

خلال العقود الماضية من القرن العشرين وشهدت تطورا كبيرا في كفاءتها واستمرار انتاج المحطة بالرغم من تنوع نوعية المياه وقادرة على ازالة الاملاح بنسبة تصل الى 99,7% [11].

ومن بيانات الجدول(2) والشكل (1) يتضح ان انتاج مياه التحلية لمجمل دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي للمدة(2005–2020) اتجه نحو الزيادة في طاقة انتاج تحلية المياه المالحة حيث بلغ (3,108)مليون م3/ السنة عام 2005 في حين بلغ الانتاج عام 2010 الى (4,224)مليون م3/ السنة وبنسبة تغير واضح بلغت (26.4%) ، اما في عام 2015 ومع ازدياد معدلات اعداد السكان والتقدم العمراني والحضري تسارعت مشكلة شح المياه فازدادت الطاقة الانتاجية الى (5,529) مليون م3/ السنة في حين بلغ الانتاج عام 2020 (6,354) مليون م3/ السنة وبنسبة تغير بلغت (12.9%)، لسد العجز المائي من المياه العذبة للاستخدامات المنزلية والصناعية و لإرواء الحدائق العامة والخاصة وسد النقص من التدهور النوعي في موارد المياه الجوفية، اما على مستوى دول المجلس فجاءت الامارات اولا للسنوات (2005، 2010، 2015) وبكمية انتاج بلغت (1,241 ، 1,68 ، 2,005) مليون م3/ السنة على التوالي، اما لسعودية فجاءت ثانيا لهذه السنوات (2005، 2010، 2015) وبكمية انتج بلغت (1,025 ، 1,258 ، 1,833) مليون م3/ السنة على التوالي.

الجدول (2)

انتاج مياه التحلية مليون م3/السنة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي للمدة 2005–2020

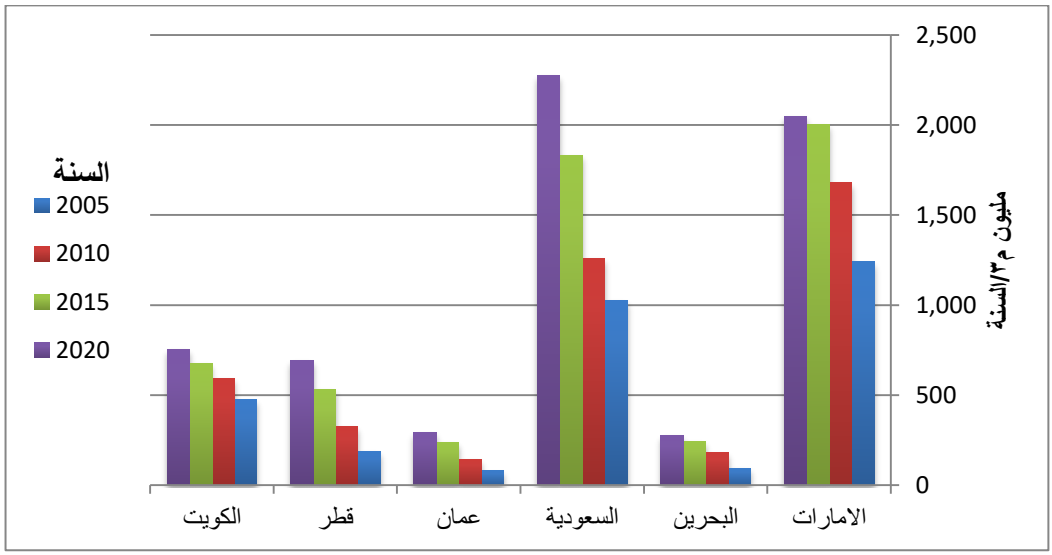
المصدر: اعتمادا على:

السنة	الامارات	البحرين	السعودية	عمان	قطر	الكويت	المجموع
2005	1,241	95	1,025	83	188	476	3,108
2010	1,680	183	1,258	146	326	595	4,224
2015	2,005	242	1,833	240	533	677	5,529
2020	2,050	277	2,275	293	691	755	6,341

كتاب الاحصاء السنوي لدول مجلس التعاون، 2014، 2018، 2020، احصاءات الطاقة والمياه، الاعداد 1، 2، 6 ، لعام2014، 2019، 2022 .

الشكل (1)

انتاج مياه التحلية مليون م3/ السنة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي للمدة 2005-2020



المصدر: الشكل من عمل الباحث اعتمادا على الجدول (2) .

اما في عام 2020 ازدادت كمية انتاج مياه التحلية في السعودية فاصبح بالمرتبة الاولى حيث بلغت(2,275)مليون م3/السنة وجاءت الامارات ثانيا حيث بلغت (1,961) مليون م3/السنة، وذلك بسبب التوسع في انشاء محطات التحلية ورفع الضغط عن المياه الجوفية، اما باقي دول المجلس فكانت كميات الانتاج لعام 2020 (755 ، 691 ، 293 ، 277) مليون م3/السنة على التوالي في كل من (الكويت، قطر، عُمان، البحرين)، وبحسب المعطيات الحالية فانه من المتوقع ان تتعاظم معدلات الزيادة في السعة الانتاجية لمحطات تحلية المياه في دول مجلس التعاون بمعدلات تفوق المعدلات الحالية والفترات الماضية وتشير ، هذه المعطيات ان دول المجلس مقبلة على استثمارات مالية هائلة ومكلفة في مجال تحلية المياه تتزايد مع الوقت، لمواكبة الطلب المتسارع على المياه البلدية وان تصبح المصدر الرئيس للقطاع البلدي مع الوقت في جميع دول مجلس التعاون ، يرافقها تاثيراتها السلبية على البيئة البحرية وجودة الهواء في المناطق المحيطة بهذه المحطات تؤدي الى مخاطر صحية، وتساهم في رفع تكلفة تحلية مياه البحر مقارنة ببقية الموارد المائية [12]،

يتضح من عرضنا في التحليل السابق ان مياه التحلية تعتبرالمصدر الرئيس الثالث للمياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي حيث بلغ اجمالي ما انتجته دول المجلس عام 2020 (6,354)مليون م3/السنة ، اي بنسبة بنمو انتاجي (51.1%) مقارنة بانتاج عام 2005، فقد ازداد

اعتماد جميع دول مجلس التعاون على مياه التحلية خلال هذه الفترة كمصدر مهم ورئيس، لتأمين الاحتياجات المتزايدة من المياه خاصة الاستهلاك المنزلي ومياه الشرب، حيث توسعت الطاقة الانتاجية الى معدلات عالية خلال المدة (2005–2020)، من اجمالي الموار المائية المتاحة في دول المجلس، وبالرغم من ان صناعة التحلية تمثل خيارا ستراتيجيا متاحا امام دول المجلس لتأمين المياه، فأن هذه الصناعة ستكون مهددة مستقبلا ببعض التحديات التي قد تؤثر سلبًا على انتاجها، يتمثل في اعتماد محطاتها على مصدر وحيد للطاقة وهو البترول الذي يكون معرضا لتذبذب الاسعار الى دون مستوياته وخطر النضوب خلال العقود القادمة، فضلا عن سهولة تدميرها او تلويث مياه البحر خصوصا اذا ماعرفنا ان منطقة الخليج العربي تتسم بعدم الاستقرار الامني، وغيرها من المخاطر .

3- محطات تحلية المياه :

شهدت دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي منذ العقود الثلاثة الماضية، تنمية متسارعة في جميع الجوانب الاقتصادية والاجتماعية والصناعية، صاحبها زيادة في الطلب على المياه نتيجة الزيادة المضطردة بمعدلات اعداد السكان المتسارعة وانماط الاستهلاك السائدة وازدياد مؤشرات التنمية البشرية ، مثل مستوى التعليم ودخل الفرد والكثير من مؤشرات الرفاه الانساني فاقت قدرتها بالطلب المتعاظم على المياه،شكل تحدياً كبيراً امام دول المجلس ، حَّتم على دول المجلس التوسع في بناء محطات صناعة تحلية المياه والتوسع في استثمارات مكلفة لزيادة مصادر المياه المتمثلة في زيادة طاقة محطات التحلية، لسد العجز المائي، وقد أولت حكومات دول المجلس عناية خاصة لتطوير وتنمية هذا المورد، لتحقيق الامن المائي وتحقيق حياة رغيدة لمواطنيها، ومن بيانات الجدول (3) والشكل (2) يتضح أن عدد محطات التحلية بلغ (441) محطة وبسعة تصميمية بلغت(22,378) مليون م3/اليوم لعام 2020 لمجمل دول المجلس ، انتشرت على سواحل الخليج العربي والبحر الاحمر وخليج عمان والبحر العربي كما يوجد قسم منها بعيداً عن السواحل معتمدة على المياه الجوفية ، تصدرت السعودية اولاً بعدد محطات(313) محطة، وبسعة انتاج بلغ (7,653) مليون م3/اليوم وبنسبة (34.1%) من المجموع الكلي للسعة التصميمية لمحطات تحلية المياه في دول المجلس ، ثم جاءت الامارات ثانيا بعدد محطات (50)، بسعة تصميمية بلغت (7,477)مليون م3/اليوم وبنسبة (33.4%) من المجموع الكلي للسعة التصميمية، ثم جاءت الكويت ثالثا ، بسعة تصميمية (2,835)مليون م3/اليوم وبنسبة بلغت (12.6%) اما بقية النسب للسعة التصميمية لباقي دول المجلس بلغت (9.2% ، 6.6% ، 3.8%) على التوالي في كل من (قطر ، عمان ، البحرين) الخريطة (2).

ان الجهود المبذولة في بناء المحطات وفرت كميات كبيرة من المياه، بلغت حصة الفرد الواحد في دول المجلس اعلى حصة في العالم من المياه في المتوسط نحو(350) لتر/ اليوم[13]، وتطلبت هذه

الجهود استثمارات مالية ضخمة تقع على عاتق الحكومة في كلف انشاء محطات التحلية في دول المجلس بلغ 200 مليون دولار لانشاء محطة واحدة ويمكن ان تتعدى هذا المبلغ[14]، وهي مبالغ طائلة ترهق موازنات دول المجلس، بسبب كلف انتاج المياه المحلات وادامة المعدات، واستهلاك مصادر الطاقة، وتأثيراتها البيئية للمحطات التي تستخدم وقود النفط بدلاً من الغاز، وخاصة المحلول المحلي المركز والحار المتخلف عن عمليات التحلية مما يؤدي الى تغيرات كيماوية وطبيعية وبيولوجية في البيئة البحرية[15].

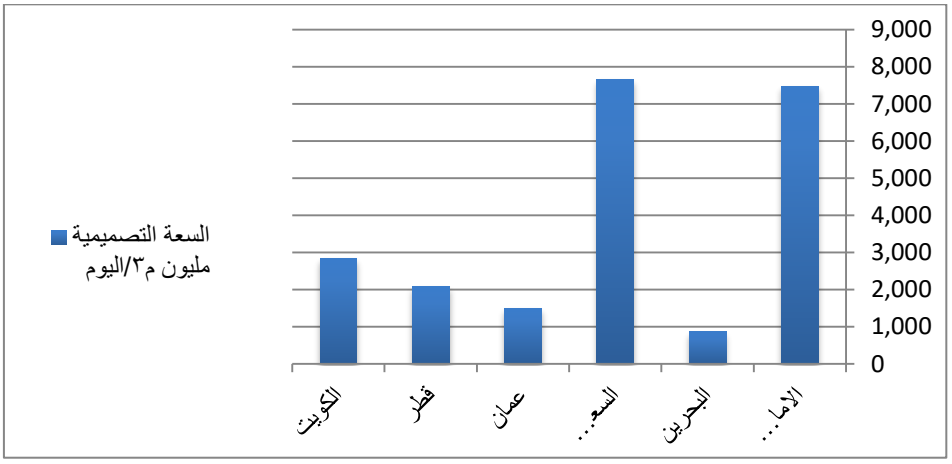
جدول (3) اعداد محطات تحلية المياه وسعتها التصميمية مليون م^3/ اليوم في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي لعام 2020

الدولة	عدد المحطات	السعة التصميمية مليون م3/اليوم	النسبة %
الامارات	50	7,477	33.5
البحرين	6	856	3.8
السعودية	313	7,653	34.2
عمان	52	1,491	6.6
قطر	12	2,066	9.3
الكويت	8	2,835	12.6
المجموع	441	22,378	

المصدر:المركز الاحصائي لدول مجلس التعاون الخليج العربي GCC.STAT، 2020.

الشكل (2)

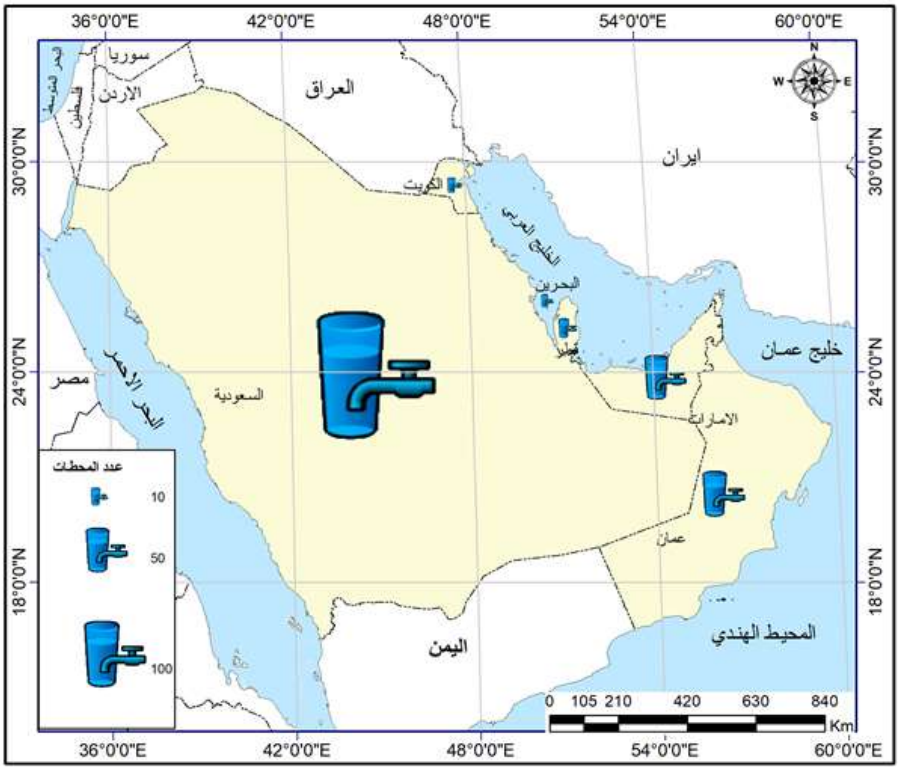
السعة التصميمية مليون م3/اليوم لمحطات تحلية المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي لعام 2020



المصدر: الشكل من عمل الباحث اعتمادا على الجدول (3)

خريطة(2)

التوزيع الجغرافي لاعداد محطات تحلية المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي لعام 2020



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على الجدول (3) و باسخدام برنامج Arc Gis10.8 .

تميزت الكثير من محطات التحلية في دول المجلس على صغر حجمها ذات الانتاجية المنخفضة ، ومحطات عملاقة ذات الانتاج العالي مثل محطات (أم النار، جبل عليM،الفجيرة F2، جبل علي L، والفجيرة F1، الشويهات S1 و S2) في الامارات و(الجبيل والشعيبة 2 وراس الخير) في السعودية و(الدوحة الغربية والزور الجنوبية والصبية) في الكويت، ومحطة الغُبرة في مسقط، صورة(1)(2) .

صورة(1) محطة الغُبرة لتحلية المياه في عمان

المصدر : http://mcdcoman.com/media/#iLightbox[gallery_image_1]/5.

صورة(2)محطة رأس الخير لتحلية المياه في المملكة العربية السعودية

المصدر :https://www.alriyadh.com/1991720 .

اما التقنيات المستخدمة لاغلب محطات تحلية دول مجلس التعاون هي التقنيات الحرارية وبصفة خاصة تقنية (التبخير الوميضي المتعدد المراحل MSF) والتي تشمل على انتاج مشترك للكهرباء والماء، لكونها ذات منافع أقتصادية وتمتعها بعمر افتراضي تمتد الى الضعف في حالة الصيانة

والتجديد للمحطة ، وتستخدم ايضاً تقنية (اتبخير متعدد التاثير MED) ومن التقنيات الغشائية المستخدمة ايضاً (التناضح العكسي RO) .

ان زيادة السعة الانتاجية لمحطات التحلية ارتفع نتيجة لازدياد مشاريع محطات التحلية الجديدة وتوسعة المحطات القائمة والتي تزامنت مع النمو الاقتصادي لدول المجلس وما رافقه من نمواً سكانيًا وتنمية اجتماعية واقتصادية متسارعة صاحبتها زيادات متعاظمة في معدلات الطلب على المياه، لسد العجز المائي خاصة في القطاع البلدي، فإن خيار التوسع في إنشاء محطات التحلية سيكون هو الخيار الرئيسي لمواجهة هذه المتطلبات .

ثانيًا: معالجة مياه الصرف الصحي في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي:

تعد المياه الناتجة من معالجة الصرف الصحي مصدرًا هامًا خاصة في الدول التي تعاني من ندرة المياه لتساهم في سد النقص من الموارد المائية التقليدية وتأمين الاحتياجات المتنامية لمختلف الانشطة الاقتصادية لتساعدها على مواجهة الطلب المتزايد على المياه، ورفع الضغط عن محطات التحلية، وتعتبر مورداً مائياً يتزايد مع الزمن مرتبطا مع اعداد السكان ونمو وتطور المدن، وخصوصا ان نظم المعالجة قادرة على انتاج المياه الصالحة للشرب حسب معايير الصحة العالمية، وتتكون مياه الصرف الصحي من المياه المستخدمة في المنازل سواء من الحمامات او المطابخ وكذلك المستخدمة في الورش والمصانع والتي تحتوي على نسبة عالية من الماء حوالي (99.9%) والباقي مواد صلبة على هيئة مواد غروية عالقة وذائبة [16]، حيث يمكن التخلص من هذه الشوائب واستخدامها بصورة مباشرة او شحنها في الخزانات الجوفية.

ولظروف الاجهاد المائي الذي تمر به مجمل دول مجلس التعاون، وتسارع معدلات الطلب على المياه مقابل محدودية الموارد المائية، ورفع الضغط عن المياه الجوفية المستنفذة وتوفير بديل ارخص من المياه المحلاة والحد من الاثار الضارة البيئية لمحطات تحلية المياه، تمثل مياه الصرف الصحي المعالجة مصدرا مائيا مهما لهذه الدول ويمكن ان تلعب دورا رئيسا في ادارة الموارد المائية المحدودة في منطقة شديدة الجفاف من العالم اذا ما استخدمت بكفاءة وخصوصا بديلا لمياه الري في الزراعة الانتاجية للاعلاف والزراعة التجميلية، فضلاً عن حقنها للمياه الجوفية ، وبامكانها المساهمة في تخفيف عجز المياه الحالي والمستقبلي في هذه الدول، وخصوصاً ان تكلفة تنقيتها تمثل ثلث تكاليف تحلية المياه المالحة التي تستخدم التقنيات الحرارية [17]ومع ذلك لازال الاستخدام الكامل للمياه المعالجة في دول مجلس التعاون لدول مجلس التعاون الخليجي في مراحله الاولية .

بدأت المحاولات الاولى لاستخدام هذا المصدر مطلع السبعينيات من القرن الماضي بعد عقد اتفاقية الكويت لحماية البيئة البحرية من التلوث في (1987/4/24) [18]، تهدف الاتفاقية الى حماية البيئات

المحلية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي وضبط القاء الملوثات السائلة والصلبة في المسطحات المائية وايجاد مصدر مائي جديد ذي مواصفات مقبولة يمكن استخدامها للأغراض البلدية و في الزراعة التجميلية، وري المساحات الخضراء، والمحاصيل وفق اشتراطات منظمة الصحة العالمية، وفي الصناعة للتبريد وتغذية المياه الجوفية صناعيا، وفي مزارع الاسماك فضلا عن استعمالها في حقن الابار الجوفية، واستعملت للاغراض الترويحية مثل البحيرات الصناعية وري الملاعب الرياضية، استخدمت دول مجلس التعاون عدة مستويات لنوعيات معالجة مياه الصرف الصحي وهي [19] .

1) **المرحلة الاولية** : المعالجة الفيزيائية التي تشمل التخلص من المخلفات والشوائب العالقة بمختلف انواعها، رمال، بلاستيك و اوراق .
2) **المرحلة الثنائية:** وتشمل المعالجة البايلوجية– الكيميائية للاوكسجين اذابة الاوكسجين الجوي من مياه المجاري لانعاش البكتريا الهوائية التي تقوم بتحويل مياه الصرف الصحي الى مياه قابلة للفصل سماد– ماء .
3) **المرحلة الثلاثية:** وتشمل فلترة المياه المعالجة ثنائيا مع اضافة مادة الكلور للتعقيم قبل وبعد الفلترة للتأكد من ابادة الفايروسات والبكتيريا والديدان والسيطرة على لروائح الكريهة لتتطابق مع المواصفات العالمية ليتم استخدامها في اغراض الري والزراعة .
4) **مرحلة المعالجة الرباعية:** وتتم باستخدام الترشيح المجهري باستخدام تقنية التناضح العكسي وتحقيق مستوى مخاطرة ذات درجة صفر لضمان التخلص من جميع الكائنات الدقيقة التي من الممكن ان لا يتم القضاء عليها في مرحلة المعالجة الثلاثية حيث تقلل نسبة ملوحة هذه المياه وتنتج مياه معالجة نقية يمكن استخدامها لأي غرض من الاغراض، الا ان اضافة هذه العملية مكلف جدا ولا تستطيع العديد من الدول ان تتحملها.
5) **معالجة الحمأة:** وتشمل معالجتها بواسطة وحدات التكثيف والتخمير ثم التجفيف والاستفادة منها كمحسن للتربة .

لقد تم ادخال مياه الصرف الصحي المعالجة في الموازنة المائية لمعظم دول المجلس في منتصف الثمانينيات مصدراً مائياً رابعاً وذلك بعد استكمال مرافق الصرف الصحي ومحطات المعالجة لها في المدن الرئيسة لدول المجلس في بداية الثمانينيات مما ادى الى توفير كميات كبيرة نسبيا من هذه المياه ، وتتم معالجة مياه الصرف الصحي كليا او جزئيا، ولاعتبارات بيئية بغض النظر عما اذا كانت سوف تستخدم ام لا الامر الذي ادى الى توفير مياه ذات نوعية جيدة للمجلس[20] .

ومن بيانات الجدول (4) والشكل (3) بلغت مياه الصرف الصحي المجمعة لمجمل دول مجلس التعاون (12,669) مليون م3/السنة تمت معالجة (8,410) مليون م3/السنة منها وبنسبة بلغت 66%

لعام 2020، جاءت من عدد محطات معالجة (322) وبمستوى معالجة (اولية وثنائية وثلاثية ورباعية)، اما على مستوى دول المجلس فجاءت السعودية اولا باعلى كميات مياه صرف صحي مجمعة بلغت (8,364)مليون م3/السنة وبحجم مياه معالجة بلغ (4,561)مليون م3/السنة، وجاءت الامارات ثانيا بحجم مياه مجمعة (2,077)مليون م3/السنة وبحجم معالجة (2,015)مليون م3/السنة وباعلى نسبة بلغت 97%، وتفاوتت كميات مياه الصرف المجمعة في باقي دول المجلس حيث بلغت (957 ، 590 ، 420، 261) مليون م3/السنة على التوالي في كل من (الكويت، قطر، عُمان، البحرين) ،

جدول(4)

عدد محطات معالجة مياه الصرف الصحي وحجم المياه المجمعة والمعالجة مليون م3/السنة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي لعام 2020

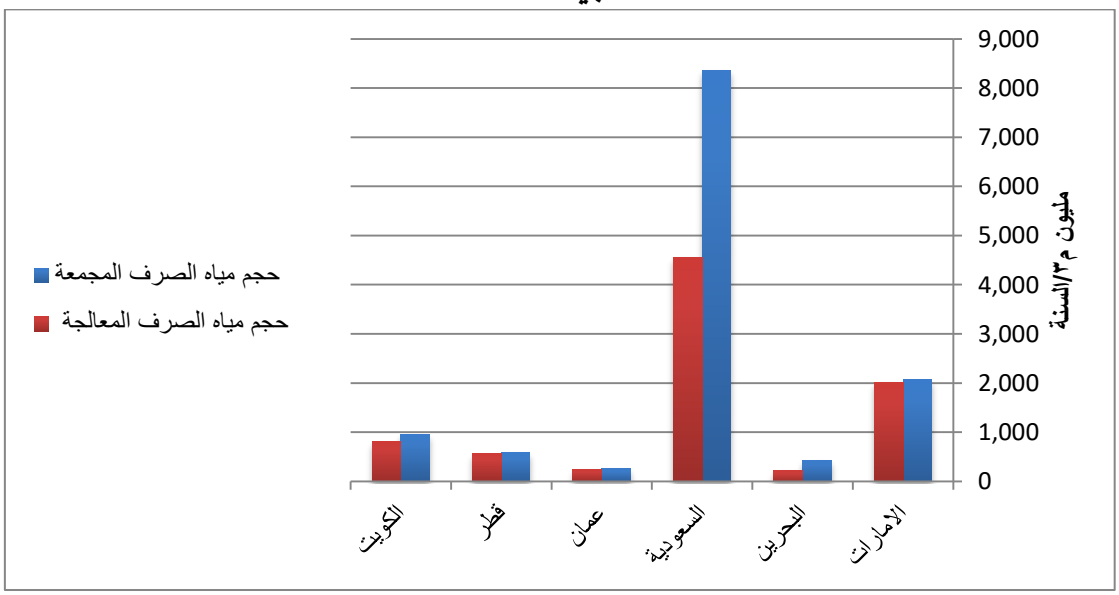
الدولة	عدد المحطات	حجم مياه الصرف المجمعة مليون م3/ السنة	حجم مياه الصرف المعالجة مليون م3/ السنة	نسبة المياه المعالجة %	مستوى المعالجة
الامارات	86	2,077	2,015	97	ثنائية-ثلاثية
البحرين	22	420	215	51	ثلاثية
السعودية	116	8,364	4,561	54	أولية-ثنائية-ثلاثية
عمان	66	261	249	95	ثنائية-ثلاثية
قطر	26	590	560	94	ثنائية-ثلاثية
الكويت	6	957	810	84	ثلاثية –رباعية
المجموع	322	12,669	8,410	66	

المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على :

- المركز الاحصائي لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربيةGCC-STAT، ديسمبر، 2020، احصاءات المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الملخص التنفيذي، 2018.
- وزارة البيئة والمياه والزراعة، المملكة العربية السعودية، الكتاب الاحصائي، الباب الثاني، قطاع المياه، 2020.

الشكل (3)

كميات المياه المجمعة والمعالجة للصرف الصحي مليون م3/السنة لدول مجلس التعاون لدول الخليج العربي 2020

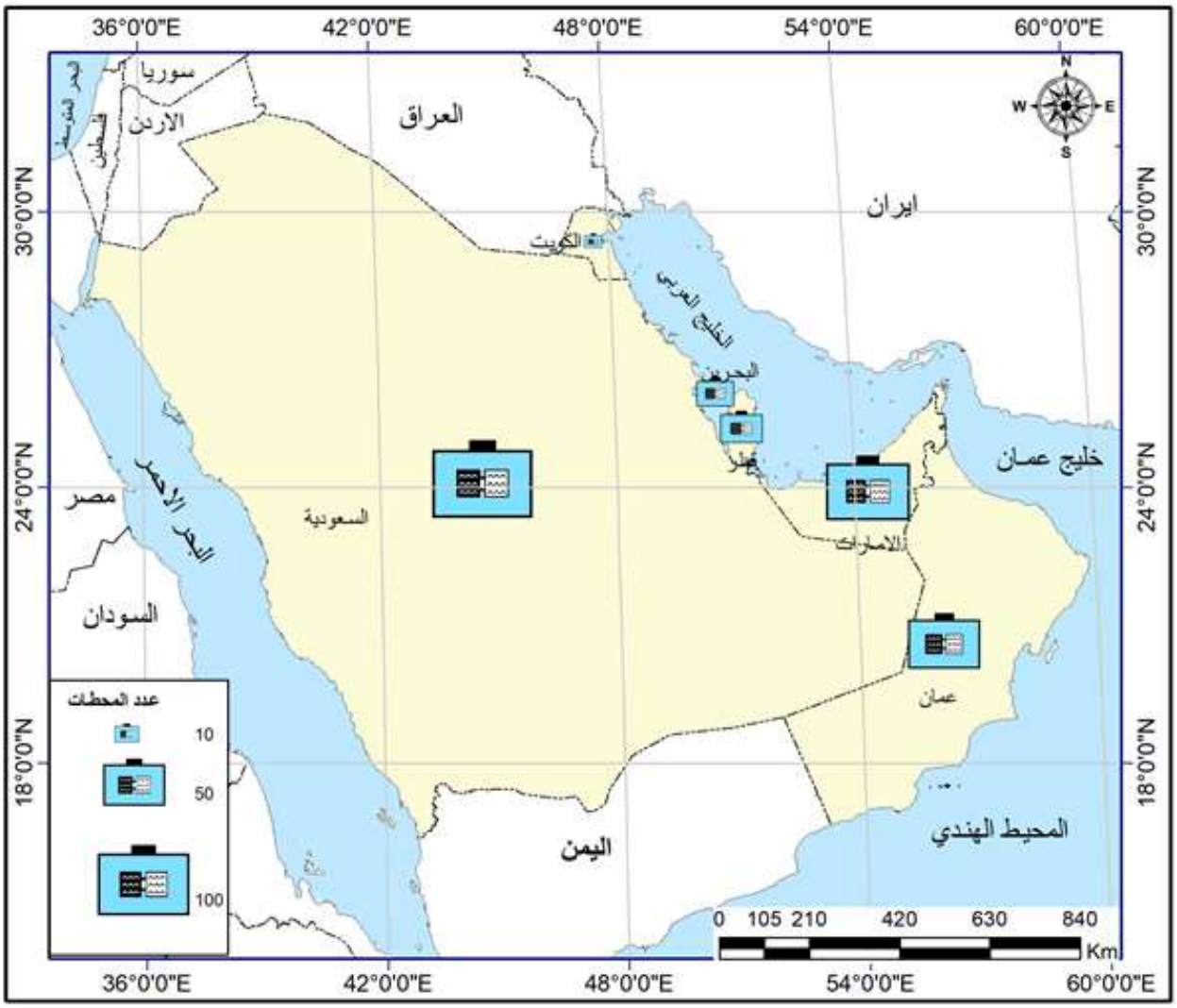


المصدر: الشكل من عمل الباحث اعتمادا على الجدول (4).

اما نسب المياه المعالجة فاختلفت بين هذه الدول اذ بلغت (95% ، 94% ، 84% ، 51%) على التوالي في كل من (عمان، قطر، الكويت، البحرين)، وبالرغم من كميات مياه الصرف المجمعة العالية التي تعكس مستوى امدادت المياه وخدمات الصرف الصحي المقدمة للسكان وخصوصاً المراكز الحضرية، الا ان مستوى المعالجة لا يزيد عن (66%) واغلب هذه المياه يذهب لزراعة الحدائق التجميلة وبعض المنتجات العلفية ، ويعود السبب في ذلك الى نوعية مياه المعالجة واحياناً تدهور المياه المعالجة في بعض المحطات جراء تحملها فوق الطاقة الاستيعابية للمحطة، ونقص في شبكات توزيع المياه المعالجة، فضلاً عن الحاجة لرفع وعي المواطن بضرورة استغلالها[21] ، خريطة (3).

خريطة (3)

التوزيع الجغرافي لمحطات معالجة مياه الصرف الصحي في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربي لعام 2020



المصدر : من عمل الباحث اعتماداً على الجدول (4) وباستخدام برنامج Arc Gis 10.8 .

تعد دولة الكويت من الدول الرائدة في معالجة مياه الصرف الصحي بين دول مجلس التعاون وذلك بتميزها باستخدام مرحلة المعالجة الرابعة اي بمواصافات المياه الصالحة للشرب في مشروع محطة (الصليبية) في الكويت التي تعد من مشاريع مياه الصرف الصحي الكبيرة على مستوى العالم التي تستخدم نظام الترشيح المجهري وتقنية التناضح العكسي في اخر مراحل معالجة للمياه، قادرة على معالجة (375)الف لتر 3 يوميا وبذلك تعالج (60%) من اجمالي كميات الصرف الصحي لدولة الكويت فاقت مواصفات المياه مقاييس منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب[22]،يستفاد منها في الاستخدام

الزراعي في منطقتين (العبدلي والوفرة)، وفي حقن الابار الجوفية في الصليبية ولاسباب دينية وسياسية منعوا حقن هذه الابار رغم نقاء المياه[23] صورة(3).

صورة(3)

محطة الصليبية لمعالجة مياه الصرف الصحي في الكويت

المصدر: https://www.alraimedia.com/article/568951 .

واغلب هذه المياه المعالجة تذهب في ارواء الحدائق العامة والمنزلية وري المحاصيل غير المثمرة[24]، فضلًا عن استخدامها في القطاع الصناعي والتجاري، وبالرغم من الامكانات التي توفرها مياه

الصرف المعالجة في تأمين موارد مياه عذبة لدول المجلس إلا ان كميات كبيرة منها يتم التخلص منها اما برميها في البحر او الوديان والصحاري دون خزنها رغم الحاجة الماسة اليها وهذا بلا ادنى شك هدر اقتصادي يمكن ان يسهم في التخفيف عن الموازنات المائية، وبالرغم من التوسع في استخدام مياه الصرف الصحي في دول المجلس الا ان هذه الانجازات بدأت تتاكل تدريجياً بسبب الزيادة السريعة في اعداد السكان والتنمية العمرانية وحجم الاستهلاك المنزلي وخصوصاً في مراكز مدن دول المجلس الكبيرة سريعة التمدن، وظهور العديد من المشكلات البيئية والصحية المتعلقة بارتفاع مناسيب المياه الارضية وطفحها، واغراق الاساسات والادوار السفلى من المباني[25] ، وانحسر استخدام هذه المياه في ري المسطحات الخضراء والتشجير وزراعة اعلاف الحيوانات ، ولم تعطي هذه المياه قيمتها الاقتصادية الجيدة تحت ظروف ندرة المياه التي تسود دول مجلس التعاون[26] .

الاستنتاجات:

1- كشفت الدراسة ان دول المجلس استخدمت التقنيات الحرارية المتمثلة (التبخر الومضي متعدد المراحلMSF)، و(التبخر متعدد التأثيرMED)، و(التضاغط البخاريVC) واستخداها الطرق الغشائية (التناضح العكسيRO) .

2- تمثلت مياه التحلية بالمصدر الرئيس الثالث بكمية انتاج بلغت (6,341) مليون م3/ السنة لعام 2020 وبكمية مياه صرف معالجة (8,410) مليون م3/ السنة، وبعدد محطات بلغ (441)محطة لتحلية المياه في حين بلغت محطات معالجة مياه الصرف الصحي (322) محطة .

3- تطلب بناء محطات التحلية ومحطات معالجة لصرف الصحي استثمارات مالية ضخمة وبنى تحتية تقع على عاتق الحكومة وترهق موازناتها حيث بلغت 200 مليون دولار لإنشاء محطة واحدة .

4- تعد المياه الناتجة من معالجة الصرف الصحي مصدرا رابعاً هاماً لسد النقص من الموارد المائية التقليدية في منطقة شديدة الجفاف تستخدم لاغراض الزراعة بديلًا لمياه الري فضلاً عن حقنها لآبار المياه الجوفية .

التوصيات:

1- العمل على استعمال مصادر الطاقة المتجددة، وبالاخص الطاقة الشمسية في تشغيل محطات التحلية والتخفيف من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري واستخدام تقنية التناضح العكسيRO للتقليل من المواد الكيميائية المستخدمة، بدلاً من المحطات الحرارية .

2- الوصول الى المستوى الرابع في معالجة مياه الصرف الصحي وذلك لتميزها بمواصفات جيدة وبالامكان الاستفادة منها في حقن ابار المياه الجوفية العالية الملوحة .

3- تعزيز الجهود الخليجية المشتركة لتوطين صناعة تحلية المياه وزيادة قيمتها المضافة لاقتصاديات دول مجلس التعاون بما في ذلك الاستثمار المشترك، وتنسيق البحوث، وبرامج التعليم والتدريب، والمساهمة في تحقيق استدامة وامن قطاع المياه الحضرية.

4- رفع الوعي للمواطن لترشيد استخدام المياه المحلاة و استخدام مياه الصرف المعالجة وعدم هدرها واعطاء هذه المياه قيمتها الاقتصادية تحت ظروف ندرة المياه التي تسود دول المجلس .

ايجاد طرق آمنة للتخلص من المحلول الملحي ومايسببه من اضرار بيئية .

المراجع

1- ليون اوريوك، تكنولوجيا ازالة الملوحة نظرة عامة، ترجمة احمد خضر، الكويت، مؤسسة الشراع، 1995، ص59 .
2- حسين عميري، الابعاد الجيوسياسية لندرة المياه في دول الخليج العربية، امن الماء والغذاء في الخليج العربي، مركز الامارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، ابوظبي، ط1، 2013، ص92-93 .
3- جون بولوك، عادل درويش، حروب المياه الصراعات القادمة في الشرق الاوسط، ترجمة هاشم احمد محمد مراجعة محمد عبد القادر شريف، المجلس الاعلى للثقافة، 1999، ص108 .
4- الامم المتحدة، برنامج البيئة، خطة عمل البحر الابيض المتوسط، اثينا، 2017، ص8 .
5- منظمة الامم المتحدة للاغذية والزراعة، واقع وتحديات وافاق تحلية المياه في المنطقة العربية، المجلس الوزاري العربي المشترك للمياه والزراعة، المكتب الاقليمي للشرق الادنى وشمال افريقيا، 2022، ص8.
6- عبدالله اسماعيل عبدالله، تحلية المياه في دولة الامارات العربية المتحدة ندوة الثقافة و العلوم، دبي 1999، ص123.
7- Buzaina Moossa, Priyank Trivedi, Haleema Saleem, Syed Javaid Zaidi, Desalination in the GCC countries- a review, Journal of Cleaner Production Volume 357, 10 July 2022 .
8- تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية تاريخها حاضرها مستقبلها، الامانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية، الاصدار الثاني، 2014، ص13 .
9- حسين عميري، مصدر سابق، ص93 .
10- عادل احمد بشناق، اتجاهات تطوير تقنيات تحلية المياه، مؤتمر الخليج السابع للمياه، المياه في دول مجلس التعاون الخليجي نحو ادارة متكاملة، دولة الكويت، 2005، ص16-17 .
11- شيرين عدنان قبرطاي، تحلية المياه كاحد سبل الاستدامة وانعكاسات المعالجة التمهيدية على اثرها البيئي، مجلة جامعة الملك عبد العزيز: العلوم الهندسية، المجلد29، العدد1، 2018، ص101 .
12- حسن ابراهيم المهندي، صناعة اعذاب المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية بين حتمية الاستخدام ومعوقات الانتشار، الجمعية الكويتية لحماية البيئة، الكويت، 2006، ص48 .
13- وليد خليل زباري ،قطرات خليجية :قضايا وتحديات المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، ط1، المؤسسة العربية للطباعة والنشر، مملكة البحرين، 2008، ص142 .
14- ESCWA ,wather Desalination Technologies in the ESCWA member countries,ESCWA Report E/ESCWA/TECH/2001/3
15- (Mohamed,K.A,2005 Environmental Impacts of Desalination Plants Proceeding of WSTA Seventh Gulf Wather Countries, Kuwai,19-23 November, 2005 pp.891-902.
16- سحر امين كاوت، علم المياه، دار دجلة، 2008، ص96 .
17- HAMODA, M.F. ASSESSMENT Of WasteWater Treatment And Water Reuse Practices In The Gulf Countries. Kuwait: Kwait University, 1996 .
18- عبدالله النجاري، مجلة دراسات الخليج والجزيرة(الكويت)، العدد27، 1980، ص13-33 .

19- وزارة الاشغال العامة، نبذة عن الهندسة الصحية في دولة الكويت، قطاع الهندسة الصحية، ادارة التقنية والموارد المائية، الكويت، 2006، ص4-10 .
20- عدنان الساعاتي، اعادة استخدام مياه الصرف الصحي في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الامانة العامة لدول مجلس التعاون، العدد10، 1995،ص33-46 .
21- عماد محمد ذياب الحفيظ، مستقبل البيئة والمياه في منطقة الخليج العربي ،دار المنهجية للنشر والتوزيع، الاردن ، ط1، 2019، ص 317-318.
22- محمد يوسف حاجم، جامعة ديالى، مجلة ديالى للبحوث الانسانية، دور الجغرافي في تقويم منظومة محطات الصرف الصحي للمياه واثرها في البيئة والتنمية المكانية: دراسة تطبيقية مقارنة لمحطة الصليبية الكويت، العدد40، 2009، ص134-152 .
23- وليد خليل الزباري، عادل احمد بشناق ، خالد بن نهار الرويس، حتى لايعطش الخليج المياه والتنمية في الخليج،منتدى التنمية الخليجي، اوراق ودراسات في التنمية، المنتدى السادس والثلاثون ،19-20 فبراير، 2016 ،ص163.
24- الامم المتحدة، منظمة الاغذية والزراعة، نظام المعلومات العالمي لمنظمة الفاو بشأن المياه والزرعةAQUASTAT، 2009 .
25- WALTON, N. R. G.,Rising groundwater breaks surface : a case-study from the Arabian Gulf. In: Proccedings of the XXVI IAH Congress on Groundwater in the Urban Envionment, Nottingham, 21-27 September 1997. Rotterdam, balkema .
26- خليل وليد الزباري، خيارات السياسات المائية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الندوة الاولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها، الرياض، 14-17 ابريل، 2000 .

المصادر:

1- Buzaina Moossa, Priyank Trivedi, Haleema Saleem, Syed Javaid Zaidi, Desalination in the GCC countries- a review, Journal of Cleaner Production, Volume 357, 10 July 2022.
2- ESCWA, wather Desalination Technologies in the ESCWA member countries, ESCWA Report E/ESCWA/TECH/2001/3.
3- HAMODA, M.F., ASSESSMENT Of WasteWater Treatment And Water Reuse Practices In The Gulf Countries, Kuwait: Kuwait University, 1996.
4- Mohamed, K.A., 2005 Environmental Impacts of Desalination Plants Proceeding of WSTA Seventh Gulf Wather Countries, Kuwai, 19-23 November, 2005.
5- WALTON, N. R. G., Rising groundwater breaks surface: a case-study from the Arabian Gulf. In: Proceedings of the XXVI IAH Congress on Groundwater in the Urban Environment, Nottingham, 21-27 September 1997. Rotterdam, Balkema.
6- الأمم المتحدة، برنامج البيئة، خطة عمل البحر الأبيض المتوسط، أثينا، 2017 .
7- الأمم المتحدة، منظمة الأغذية والزراعة، نظام المعلومات العالمي لمنظمة الفاو بشأن المياه والزراعة AQUASTAT، 2009.
8- تحلية المياه المالحة في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية تاريخها حاضرها مستقبلها، الأمانة العامة لمجلس التعاون لدول الخليج العربية، الإصدار الثاني، 2014.
9- حسن إبراهيم المهندي، صناعة أعذاب المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية بين حتمية الاستخدام ومعوقات الانتشار، الجمعية الكويتية لحماية البيئة، الكويت، 2006.
10- حسين عميري، الأبعاد الجيوسياسية لندرة المياه في دول الخليج العربية، أمن الماء والغذاء في الخليج العربي، مركز الإمارات للدراسات والبحوث الاستراتيجية، أبوظبي، ط1، 2013.
11- حسين عميري، مصدر سابق .
12- خليل وليد الزباري، خيارات السياسات المائية في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الندوة الأولى لترشيد استخدام المياه وتنمية مصادرها، الرياض، 14-17 أبريل، 2000.
13- سحر أمين كاوت، علم المياه، دار دجلة، 2008.
14- شيرين عدنان قبرطاي، تحلية المياه كأحد سبل الاستدامة وانعكاسات المعالجة التمهيدية على أثرها البيئي، مجلة جامعة الملك عبد العزيز: العلوم الهندسية، المجلد 29، العدد 1، 2018.
15- عدنان الساعاتي، إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، الأمانة العامة لدول مجلس التعاون، العدد 10، 1995.
16- عبدالله إسماعيل عبدالله، تحلية المياه في دولة الإمارات العربية المتحدة ندوة الثقافة والعلوم، دبي، 1999.
17- عبدالله النجاري، مجلة دراسات الخليج والجزيرة (الكويت)، العدد 27، 1980.

18- عماد محمد ذياب الحفيظ، مستقبل البيئة والمياه في منطقة الخليج العربي ،دار المنهجية للنشر والتوزيع، الاردن ، ط1، 2019.
19- محمد يوسف حاجم، جامعة ديالى، مجلة ديالى للبحوث الإنسانية، دور الجغرافي في تقويم منظومة محطات الصرف الصحي للمياه وأثرها في البيئة والتنمية المكانية: دراسة تطبيقية مقارنة لمحطة الصليبية الكويت، العدد 40، 2009.
20- ليون أوريك، تكنولوجيا إزالة الملوحة نظرة عامة، ترجمة أحمد خضر، الكويت، مؤسسة الشراع، 1995.
21- منظمة الأمم المتحدة للأغذية والزراعة، واقع وتحديات وآفاق تحلية المياه في المنطقة العربية، المجلس الوزاري العربي المشترك للمياه والزراعة، المكتب الإقليمي للشرق الأدنى وشمال أفريقيا، 2022.
22- وزارة الأشغال العامة، نبذة عن الهندسة الصحية في دولة الكويت، قطاع الهندسة الصحية، إدارة التقنية والموارد المائية، الكويت، 2006.
23- وليد خليل زباري، عادل أحمد بشناق، خالد بن نهار الرويس، حتى لا يعطش الخليج المياه والتنمية في الخليج، منتدى التنمية الخليجي، أوراق ودراسات في التنمية، المنتدى السادس والثلاثون، 19-20 فبراير، 2016.
24- وليد خليل زباري، قطرات خليجية: قضايا وتحديات المياه في دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية، جمعية علوم وتقنية المياه، مصدر سابق.
25- جون بولوك، عادل درويش، حروب المياه الصراعات القادمة في الشرق الأوسط، ترجمة هاشم أحمد محمد مراجعة محمد عبد القادر شريف، المجلس الأعلى للثقافة، 1999.
26- عادل أحمد بشناق، اتجاهات تطوير تقنيات تحلية المياه، مؤتمر الخليج السابع للمياه، المياه في دول مجلس التعاون الخليجي نحو إدارة متكاملة، دولة الكويت، 2005