مجلـــــة العلـــــوم التربـــــوية والدراســـــات الإنســـــانيـــة
ISSN: 2709-0302 (online)

Humanities and Educational Sciences Journal
ISSN: 2617-5908 (print)

الآثار البيئية المحتملة للتغيرات الكمية والنوعية للمياه في اليمن(*)

د/عبد اللطيف أحمد المنيفي
كلية العلوم التطبيقية- جامعة تعز
Abdmunaifi@gmail.com

د/سعاد عبد الله خميس الصبان
كلية العلوم البيئية- جامعة حضرموت
soadabdullah06@gmail.com

*) تاريخ تسليم البحث 15/7/2021 تاريخ قبوله للنشر 31/10/2021
*) موقع المجلة: http://hesj.org/ojs/index.php/hesj/index

الآثار البيئية المحتملة للتغيرات الكمية والنوعية للمياه في اليمن

د/عبد اللطيف أحمد المنيفي
كلية العلوم التطبيقية- جامعة تعز

د/سعاد عبد الله خميس الصبان
كلية العلوم البيئية- جامعة حضرموت

ملخص البحث

تعاني الموارد المائية في اليمن مشكلاتٍ وقضايا ذات طابع كمي، ترتبط بمعدلات سقوط الأمطار، كما أن الوضع (الطبوغرافي) في الكثير من أجزاءِ اليمن لا يساعد على الاحتفاظ بمياه الأمطار، ويتسبب المناخ في التقليل من نسبة الاستفادةِ من هذه المياه؛ نتيجةً لارتفاعِ التبخر، وقلة الغطاء النباتي، وتزداد مشكلة الاستنزاف للموارد المائية المحدودة يومًا بعد آخر؛ باتساع الفجوة بين كميات التغذية والسحب للمياه من الأحواض الجوفية المختلفة، من خلال الزيادة المفرطة في استخدامات المياه لقطاع الزراعة، الذي يستهلك أكثر من (90%) من الموارد المائية، وتبين الأرقام أن ما نسبته(30%) من جملة المياه الجوفية المستخدمة في الزراعة، تروى بها شجرة القات. أن تردي نوعية المياه هو الأخر ناتج عن أنشطة بشرية أو طبيعية، تتمثل بتسرب الملوثات بأنواعها المختلفة الى طبقات المياه الجوفية، ومنها مياه الصرف الصحي غير المعالجة أو المعالجة جزئيا، غياب إدارة المخلفات الصلبة، مخلفات زيوت ورش السيارات واستخدام الأسمدة والمبيدات الزراعية، مصدرًا رئيسيًا لتلوث المياه الجوفية والسطحية.

يهدف هذا البحث إلى تناول العوامل المؤسسية والبيئية المؤثرة في كمية ونوعية المياه والآثار البيئية المحتملة لها، تم إتباع منهجية جمع المعلومات وتحليلها. وبناءً عليه، يجب حشد الجهود المجتمعية والقطاع الخاص والحكومي لمعالجة الحالة المائية في اليمن؛ بتنمية الموارد المائية من خلال تنفيذ منشآت حصاد مياه الأمطار؛ وتبني سياسة تنويع مصادر المياه من خلال توفير موارد مائية جديدة؛ كتحلية مياه البحر للمدن الساحلية والمناطق القريبة من تلك السواحل كمدينة تعز مثلا؛ إن معالجة الأزمة المائية عمومًا تتطلب تعزيز القدرات المؤسسية والعمل على تبني آليات الشفافية والمساءلة لقطاع خدمات المياه والصرف الصحي. ولعل الإدارة الرشيدة للموارد المائية في الوقت الراهن تتطلب جهدًا أكبر من زيادة إمدادات المياه.

الكلمات المفتاحية: الآثار البيئية– التغيرات الكمية– التغيرات النوعية– المياه.

Potential Environmental Impacts of Quantitative and Qualitative Changes in Water in Yemen.

Dr. Abdulatif,A.Al-Munaifi
Faculty of Applied Science, Taiz University, Yemen.

Dr. Soad,A.Alsabban
Faculty of Environmental Science and Marine Biology, Hadhramout University, Yemen

Abstract

Water resources in Yemen suffer from problems of a quantitative nature, related to rates of rainfall, and the topographic situation in many parts of Yemen that does not help to preserve rainwater. The climate also causes a decrease in the utilization rate of this water as a result of high evaporation and a lack of vegetation cover. The depletion of the limited water resources day after day, as the gap between the quantities of recharge and the withdrawal of water from different water basins widens. Through the excessive increase in water use by agricultural sector, which consume more than 90% of the water resources, show that 30% of the total ground water used in agriculture is for Qat. The deterioration of the water quality is also the result of human and natural activities, represented by the infiltration of various types of pollutions into the aquifers, including untreated or partially treated sewage water, the absence of solid waste management, waste automobile oil, and the use of fertilizers and agricultural pesticides, a major source of surface and ground water pollution. This study aims to address the institutional and environmental factors affecting the quantity and quality of water and its potential environmental impacts. The methodology was adopted by collecting and analyzing information. Accordingly, the necessity of mobilizing community, private and governmental efforts to address the water situation in Yemen, by developing water resources through the implementation of rainwater harvesting facilities, adopting a policy of diversifying water sources by providing new water resources such as desalinating sea water for coastal cities and areas near those coasts for example, Taiz city. Addressing the water crisis in general requires strengthening institutional capacities and working on adopting mechanisms of transparency and accountability for the water and wastewater services. Perhaps the rational management of water resources at the present time requires a greater effort than increasing water supplies.

Keywords: Environmental Impacts, Quantitative Changes, Qualitative Changes, Water.

مقدمة البحث

أهم مصادر المياه العذبة في اليمن هي المياه الجوفية؛ فالمدن الرئيسية ومعظم المناطق السكانية منتشرة في المناطق ذات الإنتاجية القليلة من الطبقات الحاملة للمياه، (Almunaifi,1999). وقد شهدت مصادر المياه الجوفية في اليمن، تدهوراً كبيراً في العقود الأخيرة، بسبب قلة تغذية المخزون الجوفي، واستنزافها بشكلٍ جائر، وعدم الترشيد في استهلاك كميات المياه المتوفرة منه، إضافة إلى قصور خدمات المياه والصرف الصحي، والتخلص من مخلفاته السائلة والصلبة بطريقة غير آمنةٍ، وكذا تسرب المبيدات الحشرية والأسمدة المستخدمة في الأغراض الزراعية. وما آلت إليه أوضاع المياه في مدينتي صنعاء وتعز، والتناسب العكسي بين المياه والسكان.. عمق من أزمة المياه، وهذه بدورها تؤثر سلباً على البيئة، بل تصبح مصدراً للاختلال سواءً من حيث المخزون أو الاستنزاف أو التلوث (المنيفي، 2004م).

بدأت مشكلة الماء في اليمن منتصف السبعينات عند إدخال التكنولوجيا في عملية حفر الآبار الأنبوبية العميقة وكذا توفر آلات الضخ، كل هذا سهل من عملية الاستنزاف الجائر دون رقابة، حيث وصل عدد الآبار مثلا في جزء من حوض أعالي وادي (رسيان) الذي يمد مدينة تعز بالمياه إلى أكثر من 1400بئر. (Al Sabban,2018) ولازال الحفر للآبار في توسع مستمر، دون أي إجراءات في جميع مناطق الجمهورية اليمنية، مع العلم أن معدل سقوط الأمطار في اليمن يتراوح بين (100–50) ملم في الحدود الدنيا، ويصل في الحدود القصوى إلى (1200–800) ملم، بمتوسط عام يصل إلى157 مم في السنة (المتوكل وإسماعيل، 2003).

بينما تبين مصادر أخرى أن متوسط سقوط الأمطار ما بين 50–195 مم سنويا (صالح عبد الله، شرف الدين، 2009)، وهذه الأمطار هي المصدر الرئيسي، الذي يغذي بقية المصادر، ومن المؤلم أن الفجوة بين كمية التغذية السنوية للمصادر المائية والسحب، لازالت في أتساع مستمر حيث كانت في عام 2000م (24) مليون م3، بنسبة زيادة، (1%) بينما وصلت إلى (415) مليون م3 في عام 2005م أي بزيادة قدرها (17%). إن الاستخدامات في عام 2000م، كانت (2451) مليون م3. أما في عام (2005م) فقد وصلت إلى (2842) مليون م3، بينما ظلت المياه المتجددة ثابتة عند (2427) مليون متر مكعب (صالح ونعمان، 2013)، مع العلم أن ما نسبته (90%) من الاستخدامات كان في حقل الزراعة (الديلمي وأحمد، 2003)، منها (30%) في زراعة القات.

لم تصبح الحالة المائية في اليمن أزمة تغيرات مائية كمية فحسب، بل امتدت لتشمل تغيرات نوعية كما في أبار الحوبان، الحوجلة، البريهي والجندَ والتي تزود مدينة تعز بالمياه إذ تصل درجة الملوحة الى (8700) ميكروموز/سم (Al Munaifi and Al Sabban, 2019)، وارتفاع ملوحة مياه

أحواض أخرى (منطقة تهامة في محافظة الحديدة) إذ وصلت مقدار الملوحة الى 7500ميكروموز/سم، كذلك الوضع في منطقة ساحل حضرموت، وبالتحديد الحوض الذي يزود مدينة المكلا بالمياه في منطقة غيل باوزير، وأبار فوه في منطقة (فوه)، والتي تعاني من ارتفاع في درجة الملوحة، إذ يصل الى (2800ميكروموز/سم) و(3500 ميكروموز/سم)، للحوضين على التوالي، (المنيفي ومولى الدويله، 2003)، جميع تلك النتائج تدل على أن مياه منطقة ساحل حضرموت، ومياه الأحواض المائية المذكورة أعلاه ذات صفة عالية للملوحة مقارنة مع المعايير اليمنية ومعايير منظمة الصحة العالمية (General Authority for Water Resource, 1999 and World Health Organization, 1997). على الرغم من أن الغالبية العظمى من مشاكل نوعية المياه، متعلقة بتلوث جرثومي أو بيولوجي آخر، فقد يحدث عدد كبير من المشاكل، نتيجة تلوث كيميائي لمصادر المياه، وهذا هو حال اغلب المصادر المائية في اليمن. وبحسب الجهاز المركزي للإحصاء بمحافظة حضرموت، للعام 2000م، فقد سجلت أمراض وبائية، مرتبطة بالمياه الملوثة، وكذلك أكدت دراسة (Al Munaifi and AlSabban, 2019)، أن تنامي كمية مياه الصرف الصحي في مدينة تعز، تبعا للزيادة السكانية، وغياب المعالجة المناسبة لها، فقد سجلت أمراض مرتبطة بالمياه الملوثة. ولقد أشارت تقارير الأمم المتحدة، إلى أن استخدام المياه الملوثة، وغير الصحية، تؤدي الى وفاة طفل كل ثمان ثوان، نتيجة إصابته بمرض له علاقة بتلوث المياه. كما أشارت التقارير، إلى أن (50%) من سكان الدول النامية، يعانون من أمراض لها علاقة بالمياه، وحوالي (80%) من جملة الأمراض بالدول النامية، تعود لتلوث المياه. وأن (16%) من سكان العالم، يستعملون مياه ملوثة (ألعدوي، 2005م). وأكد الدكتور كلاوس خبير برنامج الأمم المتحدة للبيئة، أن الأرقام التي بينتها هذه التقارير، ليست كارثة إنسانية فقط، وإنما تعني أن هناك أناسًا غير قادرين على العيش منتجين، وهو ما يقوض التنمية الاجتماعية والاقتصادية في الدول النامية.

أهمية البحث:

من الحقائق الثابتة اليوم في اليمن، أن الموارد المائية المتاحة محدودة وقليلة، مقارنة بالتعداد السكاني الحالي، ومعدل نموه المستقبلي، وهي تعتمد على المياه الجوفية اعتمادًا كليًا، ولهذا فهي تتأثر بمعدل سقوط الأمطار الموسمية السنوية، التي تتغير كميتها من سنة لأخرى، ومن موسم لأخر، فضلا عن فقدانها، دون الاستفادة منها، إلا بنسبة قليلة نتيجة البخر والجريان السطحي السريع للمياه، في الظروف الطبوغرافية لليمن. وبناء عليه، تمثل مشكلة المياه بكميتها ونوعيتها، وكيفية المحافظة عليها، والترشيد في استهلاكها، واستخدامها والمحافظة على نقاوتها، صالحة

للاستعمال الآدمي؛ وهي أيضًا ضرورة حيوية للحيوان والنبات، باعتبارها قضية أساسية، بجانب ضرورة دراسة الموارد المائية المتجددة، مثل تحلية المياه المالحة في مناطق الأحواض المائية الرئيسية، في سواحل حضرموت، وعدن، تهامة في الحديدة، الحوبان، والمنطقة الوسطى في تعز، معالجة مياه الصرف الصحي لإعادة استخدامه، وتنفيذ خياري حصاد مياه الأمطار، وتحلية مياه البحر، وصولا لمياه صالحة للشرب، والاستخدامات الحيوية الأخرى، للحد من الأخطار الناجمة عن الآثار البيئية على الثروات البشرية والحيوانية والزراعية في اليمن، ولضمان التنمية المستدامة للمجتمع وازدهاره.

مشكلة البحث

تواجه اليمن أزمة موارد مائية شحيحة نتيجة عوامل عدة منها:

- مؤسسية: عدم اتخاذ قرارات علمية صائبة من قبل متخذي القرار بحل مشاكل المياه في اليمن، نظرًا لغياب المعلومات الدقيقة والشاملة عن كميات المخزون المائي، ومقدار التغذية للأحواض المائية، والاعتماد على مصدر المياه الجوفية، كمصدر رئيسي للمياه، مما يؤثر على إدارة الموارد المائية بصورة فعالة. إضافة إلى ضعف الأجهزة الفنية والإدارية لقطاعات وزارة المياه والبيئة، بما يؤدي إلى عدم القدرة على تخطيط وتنفيذ الأعمال ذات الطابع الاستراتيجي لقطاع المياه، فضلاً عن الرقابة الفعالة والإشراف على المنظومة المؤسسية لهذا القطاع.
- طبيعية: لعل لمصادر المياه السطحية والجوفية، ومستوى سطح الماء في الخزانات المائية، والموارد الطبيعية القريبة من الأحواض المائية، وتداخل مياه البحر مع المياه العذبة، تأثيرًا ملحوظًا على نوعية المياه، وتركيز العناصر الكيميائية فيها. أما معدل سقوط الأمطار، كمية التبخر من الأسطح المائية، وتأثيرات تغير المناخ والتشققات الأرضية فهي عوامل تساهم في زيادة الجفاف والتأثير على كمية الموارد المائية المتاحة.
- بشرية: تتمثل في عدم معالجة مخلفات الصرف الصحي، والمخلفات الصلبة وعدم التخلص المناسب لكل منهما، واستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية دون الرقابة عليها، والاستنزاف العشوائي للمياه والممارسات والأنشطة الإنسانية الأخرى، التي تؤثر على نوعية المياه، ويعد النمو السكاني المتزايد بنسبة (3%)، وتوسع الأراضي الزراعية، واستزراع محاصيل زراعية، تستهلك كميات كبيرة من المياه، مثل القات والموز، بالإضافة الى الحفر العشوائي للآبار...الخ. مؤشرات تعمق أزمة المياه في اليمن وتخلق أوضاعاً اقتصادية واجتماعية حادة لدى السكان، ولذلك لابد من حشد الجهود الرسمية والمجتمعية؛ لتنفيذ الخطط الاستراتيجية الوطنية في مجال المياه والبيئة.

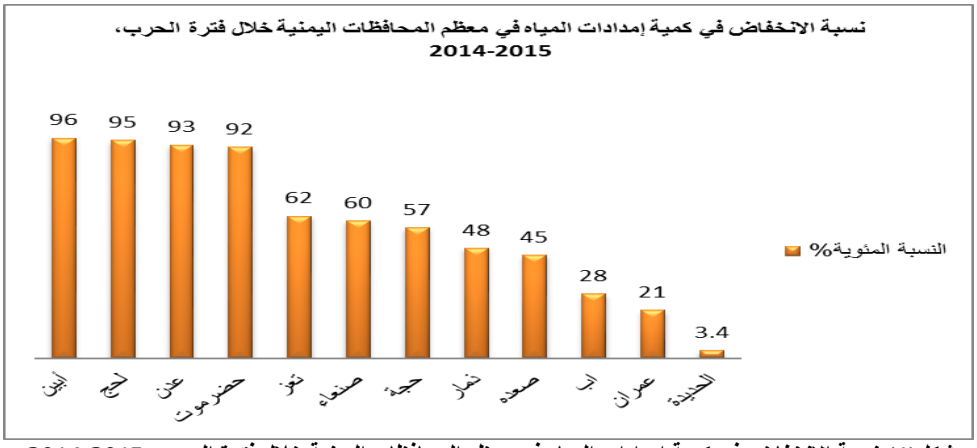
أهداف البحث

يهدف هذا البحث إلى دراسة العوامل المؤسسية والبيئية المؤثرة على كمية ونوعية المياه، والآثار البيئية المحتملة لها؛ لغرض الحفاظ على المصادر المائية، وضمان حصول جميع القطاعات – الزراعية، الصناعية، المنزلية – وجميع المستخدمين على حصص مائية عادلة وكافية ومستدامة، ومشاركة أصحاب العلاقة هي أحد العناصر الضرورية في عملية التخطيط والتنفيذ للإدارة المتكاملة للموارد المائية.

مشكلات المياه في اليمن بين الندرة وأزمة الحرب (2020-2011م)

تمتد جذور الأزمة الحالية لما قبل اندلاع الحرب؛ حيث أن اليمن سجل أعلى معدل شح للمياه على مستوى العالم، إذ كان يعاني أكثر من نصف السكان (13) مليون نسمة، صعوبات في الوصول لمصادر مياه نظيفة (منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، 2015م). هذا العجز المائي توقعه خبراء المياه منذ 2010م، حيث أشاروا أن اليمن قد يكون البلد الأول، الذي يستنفذ مياهه. لقد كان للنزاعات المائية في المناطق الداخلية من البلاد دور رئيسي في إزهاق الكثير من الأرواح أكثر مما أزهقت الاضطرابات الأهلية التي عصفت بالبلاد في الأعوام 2012-2011، وتسببت بمقتل 4000 يمني سنويا (American Wall Street Journal, 2015)، خلال سنوات الحرب التي لازالت مستمرة بنتائجها الكارثية، فقد تم حصر بعض النتائج بحلول نهاية عام 2016م، إذ تأثر بالحرب إضافة إلى ما كان عليه الحال قبل ذلك أكثر من 4.3 مليون شخص بالحصول على مياه متاحة وصالحة للشرب (The Water and Environment Center, 2017).

إن المصدر الرئيس لمياه الشرب والاستخدامات الأخرى هي الآبار الجوفية على مستوى الحضر والريف، وبسبب الحرب فقد عجز السكان عن تشغيل المضخات لرفع المياه نتيجة لنقص موارد الطاقة سواء بارتفاع أسعارها أو لانعدام الوقود في بعض الأحيان، مما اضطر معظم السكان إلى استخدام مياه غير نظيفة من البرك المكشوفة أو السدود المائية، ووفقًا لتقرير مجموعة المياه والصرف الصحي والنظافة الصحية (43%) من البنية التحتية تضررت بسبب الحرب الحالية، إذ تضررت أكثر المدن اكتظاظا بالسكان (عدن، تعز وصنعاء)، حيث إن أبراج المياه، محطات الضخ وخطوط إمدادات المياه عطلت أو تم إتلافها؛ مما أدى إلى تقليل الخدمة أو توقفها تماما عن وظيفتها، ولم تعد المؤسسات المحلية للمياه والصرف الصحي في معظم المدن قادرة على صيانة أو إعادة تأهيل البنية التحتية لخدمات المياه. حيث أن كمية إمدادات المياه في معظم المحافظات اليمنية انخفضت بنسبٍ كبيرة ومتفاوتة كما هو مبين بالشكل(1)*.



شكل(1) نسبة الانخفاض في كمية إمدادات المياه في معظم المحافظات اليمنية خلال فترة الحرب، 2014-2015.
مصدر المعلومات: مركز المياه والبيئة صنعاء،2016م

لقد بينت أحداث الحرب الحالية في اليمن، أن الآثار السلبية لها متعددة، منها تدمير البيئة والإنسان، فالطاقات البشرية المستخدمة في ساحات القتال تؤثر بشكل يومي على استخدام الموارد المادية والبشرية، في مجالات تدمير البنى التحتية ومنها خدمات المياه في الريف والحضر، بل وقضت على أي فرصة للتنمية المجتمعية. وبناءً عليه، تزداد يوميًا مشاكل الجوع والفقر والمرض والأمية وحالات الإعاقة والدمار النفسي للأطفال والمعاناة للكبار من الرجال والنساء، جراء تدني المستوى المعيشي، فضلا عن إهدار كافة المقومات الحياتية للإنسان، تبعا لاستنزاف مثل هذه الموارد في التدمير والتشريد والنزوح وليس في تنمية المجتمع ورخائه.

حوكمة المياه في اليمن

يمكن تعريف حوكمة المياه وفقًا للشراكة العالمية؛ إن حوكمة المياه تشير إلى مجموعة من النظم السياسية والاجتماعية والاقتصادية والإدارية المعمول بها؛ لتطوير وإدارة الموارد المائية وخدمات المياه في مختلف مستويات المجتمع؛ وبمعنى أخر فان الحوكمة تعني النظام؛ أي وجود نظم تحكم العلاقات بين الأطراف الأساسية التي تؤثر في الأداء، كما تشمل مقومات تقوية المؤسسة على المدى البعيد وتحديد المسئول والمسئولية (طارق، 2005)، وبالتالي تصبح حوكمة المياه عملية تشاركيه بين قطاعات ثلاث هي: الحكومة، والقطاع الخاص، والمجتمع المدني من خلال انخراط الأطراف الثلاثة في عملية تطوير استراتيجيات إدارة الموارد المائية (كرستين، 2015).

لقد برز مفهوم حوكمة المياه منذ العقد الأخير من القرن العشرين وتزايدت أهميته منذ تبني هذا المفهوم المنتدى العالمي للمياه والذي عقد في لاهاي عام 2000، عندما شددت؛ الشراكة العالمية للمياه؛ على أن الأزمة المائية هي بشكل أساس أزمة حوكمة. وهكذا اتفقت فيه الأطراف المجتمعة على أن مشكلة المياه، هي مشكلة إدارة وليست مشكلة ندرة فقط (محمد، 2015)، وهذا ما يؤكده

واقع الحال لقطاع خدمات المياه في اليمن، حيث يعاني القطاع من أزمة مركبة تتعلق بشح المياه وتدني الكفاءة والفعالية في الإدارة، فضلا عن غياب الشفافية والمساءلة.

لعل من دواعي الحوكمة المائية في اليمن مشكلات، اتساع الفجوة بين العرض والطلب، وتدني جودة المياه؛ بسبب التلوث، وتعدد الجهات المسئولة عن موارد المياه، وغياب التنسيق بينها، والنمو السكاني والعمراني، وتزايد القلق بشأن التغيرات المناخية، وضرورة العدالة في تزويد المناطق والمدن بخدمات المياه، وإدارة الموارد المائية عموما وخدمات الصرف الصحي.

إن المقاربة القائمة على العرض في إدارة الموارد المائية قد باءت بالفشل في تحقيق الأمن المائي، في بلد تعاني من مشكلات في توفير المياه مع إهمال في كفاءة الاستخدام والتخصيص إلى ممارسات مائية غير مستدامة، ويجب لذلك أن تتغير أسلوب السياسات من إدارة العرض الى إدارة الطلب، وهذا ما تنبه إليه متخذي القرار في وزارة المياه والبيئة في إطار الخطط الإستراتيجية للوزارة (الإستراتيجية الوطنية والبرنامج الاستثماري لقطاع المياه، (2003- 2004) والتي تتوافق مع التحديات الجديدة للمرحلة متضمنة الاستراتيجيات التالية:

- إستراتيجية خفض الاستخدام المفرط للمياه أو فقدانه، والحد من الطلب: هذه الإستراتيجية تمثل إستراتيجية إدارة الطلب ورسوم خدمات المياه والتسعير لها اللتان تجسدان ندرة الموارد المائية وتشجعان على الحفاظ عليه، وكذلك توفير الحوافز والتقنيات التي تعمل على زيادة الإنتاج وتحسين الكفاءة والتحكم في الفاقد منها والتسرب.
- إستراتيجية إعادة تخصيص المياه لمواءمة الطلب: هذه الإستراتيجية تشمل اللوائح التنظيمية والأدوات المطلوبة، وتحديد أولويات استخدامات المياه، وفقا لمتطلب السوق، التي تضمن الإنصاف والاستقرار الاجتماعي، وحقوق المياه والدعم المالي وسياسات التسعير للمياه، واللوائح التنظيمية المطلوبة لمنع الاستغلال المفرط غير المخطط للمياه.
- إستراتيجية البحث أو العمل على توفير المياه لتلبية الطلب: وهذه الإستراتيجية تشمل الاستجابة لجانب العرض وتطوير مصادر متنوعة من الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية، والعمل من اجل الاستخدام المنسق للمياه السطحية والجوفية، وحصاد مياه العواصف المطرية والسيول، وإعادة استخدام المياه المعالجة؛ ولذلك من أجل الوصول إلى حوكمة فعالة، يتطلب توجيه سياسة المياه إلى إدارة الطلب ومن إدارة الأزمات الى التخطيط بعيد المدى، وإنفاذ التشريعات واللوائح التنظيمية، والتمويل الملائم لقطاع المياه، فضلا عن تطوير الإطار المؤسسي، وتبني اللامركزية كنهج، وتعزيز القدرات الفنية والمالية والإدارية للسلطات المحلية، وتحسين أداء مؤسسات المياه، وعمل برامج للمراقبة والتقييم، وإدارة المعلومات والبيانات، ودعم مشاركة المستفيدين وتمكينهم، وضمان

حقوق المياه والعدالة الاجتماعية، والاستخدام الكفء للمياه لجميع القطاعات، والاهتمام بالتثقيف والتوعية، ودعم البحث العلمي في مجال تطوير تكنولوجيا المياه وعلم الإدارة الحديثة.

العوامل المؤسسية المؤثرة على كمية ونوعية المياه

هناك العديد من العوامل المؤسسية المؤثرة على كمية المياه منها:

- غياب المعلومة الدقيقة والشاملة عن كميات المخزون المائي، ومقدار التغذية السنوية للأحواض المائية الجوفية في اليمن، لا تساعد على اتخاذ قرارات صائبة لحل مشاكل المياه.
- الاعتماد على مصدر المياه الجوفية كمصدر مائي رئيس لجميع الاستخدامات في اليمن.
- تعدد الجهات المسئولة عن موارد المياه وغياب التنسيق بينها.
- سوء حوكمة المياه لدى متخذي القرار في قطاع المياه بمستوياته المختلفة.
- يعمل الفساد في قطاع المياه على زيادة التكاليف ويؤدي الى سوء اتخاذ القرار.
- زيادة نسبة الفاقد في شبكات نقل وتوزيع المياه في المدن اليمنية لأسباب فنية وإدارية.. الخ.
- قلة الكفاءات المتخصصة في قطاع المياه مع زيادة كبيرة في العمالة غير المؤهلة في القطاع وضعف البنية المؤسسية لوزارة المياه والمؤسسات والهيئات التابعة لها.
- ضعف مستوى الوعي المجتمعي بطبيعة الأزمة المائية في اليمن ومسؤولية وزارة المياه ودور المجتمع.

العوامل المؤسسية المؤثرة على نوعية المياه

أن الاهتمام بخصائص ومواصفات المياه الصالحة للشرب وغيرها من الاستخدامات في اليمن ومتابعة نوعيتها لا تزال محدودة؛ حيث إن الفحوصات التي تجري للمياه تقتصر على بعض عواصم المحافظات لبعض العناصر الكيميائية والمايكرو بيولوجية، بينما يغيب ذلك الاهتمام في محافظات ومدن ثانوية أخرى، وهذا يعزى إلى عدة أسباب:

- قلة الخبرة والكفاءة لدى العاملين بالمختبرات الخاصة بمؤسسات المياه والصرف الصحي في المحافظات.
- محدودية الأجهزة الفنية للفحص والرقابة الفنية مما يشكل عائقا، لتحقيق أغراض ضبط جودة المياه.
- قلة المواد الكيميائية والكواشف اللازمة لفحص جميع العناصر الكيميائية والمايكرو بيولوجية والسامة وغيرها في المياه؛ نظرًا لقلة الميزانيات التشغيلية المخصصة للمؤسسات المعنية.
- ضعف الأجهزة الفنية والإدارية العاملة في مجال المياه والبيئة، بما يؤدي إلى عدم القدرة على انجاز الأعمال التخصصية المناط بها فضلا عن التخطيط والرقابة والإشراف على المستويات الدنيا.

- ندرة المياه في المناطق اليمنية ساهم في غض النظر عن الالتزام بمواصفات المياه المطلوب توفرها؛ لغرض الاستخدامات المختلفة؛ نظرًا لقلة المخزون المائي في الأحواض المائية وغياب المصادر البديلة ذات الخصائص الأفضل.
- عدم تطبيق المعايير الصحية والبيئية في مجال المياه من خلال العمل بالمواصفات اليمنية والرقابة المستمرة لنوعية مصادر المياه وضبط الجودة للاستخدامات المختلفة.
- ضعف الوعي البيئي والصحي لدى المواطنين، لم يساعد بوجود ضغط شعبي على الجهات المعنية بخدمة المياه؛ لتنفيذ برامج علمية وعملية؛ لإدارة وضبط جودة المياه.

العوامل البيئية المؤثرة على كمية ونوعية المياه

1- العوامل البيئية المؤثرة على نوعية المياه

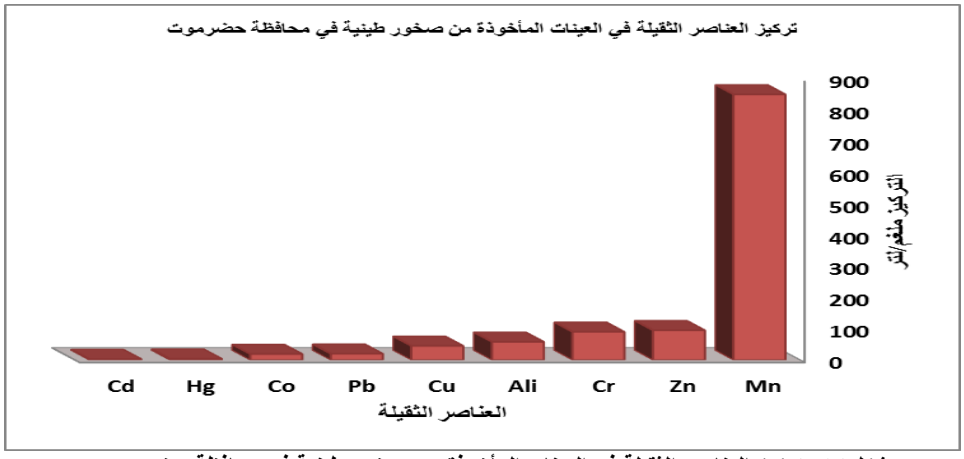
العوامل الطبيعية: للعوامل الطبيعة تأثير على نوعية المياه وتركيز العناصر الكيميائية فيها وتشمل هذه العوامل التالي:

- مصدر المياه: تتغير نوعية المياه من حيث خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية بتغير مصدرها [السطحي- الجوفي] حيث أن المياه السطحية تتأثر ببيئة جريانها وبذا تصبح عرضة للتلوث الميكروبي والعضوي، مما يتطلب فحوصات بيولوجية وكيميائية، كما أن تركيز الأكسجين الذائب فيها يكون أعلى من المياه الجوفية وهذا ما يشجع النمو الميكروبي في هذه المياه كما تتأثر درجة حرارة المياه السطحية بدرجة حرارة المحيط، كما أن لتربة المجرى المائي السطحي علاقة بتركيز العناصر الكيميائية الذائبة في المياه السطحية وبالتالي فخصائص المياه السطحية تتأثر بعدة عوامل منها:

كمية ونوعية المخلفات الصلبة والسائلة المحتمل وصولها إلى المسطح المائي، التركيب الكيميائي لتربة المجرى المائي من المصدر إلى المستقر للمياه، درجة حرارة المحيط ومدى طول فترة التجديد (الرفد) للمخزون السطحي من المياه الجارية.

أما بالنسبة للمياه ذات المصدر الجوفي، فنوعيتها تتأثر بشكل رئيسي بطبيعة التكوينات الجيولوجية للأحواض المائية، وبمستوى اقل في تركيز كمية الأكسجين الذائب فيها، ومن خلال التراكيب الجيولوجية ونوعية الصخور للأحواض المائية الجوفية تتحدد فيها خصائص المياه الكيميائية وخاصة العناصر الثقيلة، حيث أن الدراسات تبين اختلاف تركيز هذه العناصر في المياه حسب نوع الحوض، فالمياه المأخوذة من منطقتي (ثلة وفوه) ذات التركيب الصخري الناري تختلف في مستوى تركيز العناصر الثقيلة فيها عن مياه الشحر وغيل باوزير في ساحل حضرموت ذات التركيب الصخري الرسوبي، كما أن المياه المتواجدة في أحواض ذات تركيب صخري طيني

تختلف عن غيرها حيث أنه تم دراسة، وقياس بعض العناصر الثقيلة في عدد كبير من العينات، التي جمعت من صخور طينية تنتمي إلى أعمار جيولوجية مختلفة (بارهيان، 2001) ويظهر الشكل(2) تركيز العناصر الثقيلة في المياه المأخوذة من الصخور الطينية. كذلك وجد ارتفاع في تركيز عنصر الحديد في مياه حقلي النقعة والعضيبة في غيل باوزير ما بين (0.9-0.03) ملغ/لتر، ويعزى سبب الارتفاع الى التركيب الجيولوجي لكلا الحقلين المرتبط بمجموعة حضرموت (Al Sabban, 2009).



شكل(2): تركيز العناصر الثقيلة في العينات المأخوذة من صخور طينية في محافظة حضرموت.
مصدر المعلومات: بارهيان2001م

- مستوى سطح الماء في الخزانات المائية: يقصد بمستوى سطح الماء (Water table)، هو النقطة العليا من عمق الحوض التي يتصل فيها الماء مع الهواء الخارجي للخزان المائي السطحي، أو منطقة التهوية في (الخزان المائي الجوفي) ومستوى سطح المياه يحدد كمية المخزون المائي في الأحواض.

وكما هو معلوم أن أغلب العناصر الذائبة أو العالقة في المياه تكون قابلة للاختزان على أسطح حبيبات الرمل أو الغرين من التربة، المكونة لقاع الحوض، وهذا يعتبر إيجابيًا، ولكن في حالة انخفاض مستوى سطح الماء في الحوض (زيادة عمق التلامس بين الهواء والماء)، يجعل الماء المسحوب المستغل (والذي عادة يؤخذ من النقطة الأعلى للحوض)، ويجعله يقترب من القاع الذي يشكل مخلوطا (Mixed)، وبذلك تبدأ بعض العناصر بالتحرر والانطلاق مرة أخرى إلى الجسم المائي وتغير في خصائصه.

- المورد الطبيعي القريب من الحوض المائي: تتداخل الموارد الطبيعة على سطح الأرض وفي باطنها، بما يؤثر سلبا على الأخر، كالنفط والماء اللذين كثيرًا ما تتواجد في طبقات متعاقبة من

طبقات الأرض، كما هو حاصل في حوض المسيلة – حضرموت، والذي يشكل مخزونًا هائلا للمياه بما يمثل أكثر من (90%) من المخزون المائي الجوفي في اليمن، وكذلك مناجم الحديد وغيرها من المعادن الأخرى، التي تؤثر في نوعية مياه بعض الأحواض الجوفية (درادكة،1999).

– تداخل المياه المالحة مع العذبة: غالبا ما يحدث هذا التداخل في حالة أن المياه العذبة انخفض منسوبها المائي عن منسوب مياه البحر المالحة، وهذا ما لوحظ في الكثير من الأحواض المائية للمدن الساحلية من الجمهورية اليمنية (الحديدة – حضرموت– عدن). فمثلا حوض تهامة، الذي يزود مدينة الحديدة بالمياه، يصل معدل انخفاضه السنوي من (1–3متر)، (الإستراتيجية الوطنية للمياه العام 2025م، نوفمبر 2012).

– العوامل البشرية: إن ممارسات الإنسان للأنشطة المختلفة خلال فترة حياته وسلوكياته غير المسئولة في الطبيعة، خلقت مشاكل بيئية متعددة، ومن هذه المشاكل التأثير السلبي على نوعية المياه، والتي تعتبر أهم مورد أحيائي وتنموي لاستمرار الحياة البشرية على الأرض، ولعل أهم العوامل المؤثرة على نوعية المياه جراء الأنشطة الإنسانية هي:

– المخلفات الصلبة: إن تصريف المخلفات الصلبة على شكل أكوام متناثرة غير نظامية، يساهم بفعالية في تلوث البيئة عامة والبيئة المائية على وجه الخصوص، والناتج عن التحلل للمواد العضوية؛ مما يكون العصارة المائية، التي تتسرب عبر المقالب إلى الأحواض المائية الجوفية أو جرفها إلى البحر أثناء الأمطار. ومن الحقائق التي لا يمكن إغفالها في هذا الجانب، هو احتواء بعض المخلفات الصلبة على الكثير من المواد الخطرة والمتمثلة ببقايا المنتجات النفطية والأصباغ والمواد العضوية المحملة بالميكروبات والجراثيم المرضية الناتجة عن مخلفات المستشفيات، والتي لا تتعرض لأي معالجة؛ مما يزيد من شدة خطورتها خاصة عند وصولها إلى البيئة المائية البحرية (الهيئة العامة لحماية البيئة، 2003)، باختلاف مصدر المخلفات الصلبة تتنوع مكوناتها وخصائصها، ومدى تأثيرها على نوعية المياه في حالة وصولها للمصدر المائي، إذ تعمل على تغير النوعية الطبيعية للمياه، وزيادة تركيز بعض العناصر الرئيسية فيها وإضافة عناصر غريبة عنها؛ بسبب غياب الإدارة المتكاملة للمخلفات الصلبة (جمع – نقل معالجة – تخلص نهائي)، وهذا ما هو قائم في المدن اليمنية. إن هذه المخلفات تجد الطريق سهلا إلى المخزون المائي السطحي أو الجوفي (ذوبان – اختراق التربة)، كما هو حاصل لعدة أحواض مائية جوفية (صنعاء – تعز – البيضاء) إذ أصبحت المياه ملوثة في مدينة البيضاء وغير مقبولة للاستعمال بسبب مخلفات محطة توليد الطاقة الكهربائية، مما أدى الى تغيير خصائص المياه وجعلها غير صالحة، طبقا للمواصفات المسموح بها محليا ودوليا.

وبسبب الحرب التي تدور رحاها حتى الآن في اليمن فقد تأثر جمع القمامة ونقلها والتخلص منها في معظم المدن اليمنية نتيجة نقص الوقود لتشغيل الشاحنات التي تنقل المخلفات الصلبة، فضلاً عن انقطاع الرواتب في بعض المحافظات على العمال وموظفي هذا القطاع الخدمي الهام مما لذلك من أضرار كارثية على المواطن صحيا واجتماعيا والبيئة عمومًا، إذ تأثر ما يقرب من 6.3 مليون مواطن يمني، (The Water and Environment Center, 2017).

-مياه الصرف الصحي

إن خطورة مياه الصرف الصحي وخاصة الصناعية منها، لها تأثير سلبي على المياه المتواجدة في المسطحات أو الأحواض الجوفية؛ نتيجة للأسباب الآتية:

-قلة نسبة السكان الذين يحصلون على خدمة شبكة الصرف الصحي في اليمن، والتي تبلغ حوالي (23.8%)، وتتوفر الخدمة في المناطق الحضرية بما نسبته (35%) من عدد سكانها، أما في المناطق الريفية تشير البيانات إلى أن (20%) من سكان الريف فقط لديهم صرف صحي مأمون بيئيًا (الإستراتيجية الوطنية للمياه العام 2025م، نوفمبر 2012)، بينما يتخلص بقية السكان من مياه الصرف الصحي غير المعالجة، أو التي تعالج بشكل غير كاف في المساحات غير المشغولة، أو في حفر مفتوحة أو في البحر كما في المناطق الساحلية (Al-Munaifi, 1999).

- تعدد الجهات العاملة في تصميم وتنفيذ مشاريع الصرف الصحي، مع غياب المعايير التصميمية الموحدة لضمان التقييد بها في التصميم والتنفيذ وبالتحديد ما يتعلق باختيار مواقع ووحدات محطات المعالجة المناسبة، والتقيد بدراسة تقييم الأثر البيئي لمثل هذه المشاريع، بما يؤدي الى مشاكل تشغيلية وبيئية متعددة، تتأثر منها مصادر المياه السطحية والجوفية.

- قلة الخبرة والكفاءة في تصميم وتنفيذ وتشغيل منظومة الصرف الصحي، وغياب برامج الصيانة الدورية لشبكات ومحطات المعالجة لمياه الصرف الصحي بما يؤدي الى الطفح والتسرب للمياه الملوثة إلى المياه السطحية والجوفية، وتغير نوعيتها مما يجعلها مصدر قلق لدى فئات واسعة من السكان؛ حيث أكدت الدراسات في الحوض الجوفي المزود للمياه لمدينة صنعاء ومصادر المياه، التي تزود مدينة تعز أن مياه الصرف الصحي الخارجة من محطتي المعالجة في منطقة بني الحارث بصنعاء ومنطقة البريهي بضواحي مدينة تعز لم يعالج بدرجة كافية (Al Munaifi and Al-Sabban, 2020)، (محرم وآخرون، 2019)، و(Al-Munaifi,1999) مما أدى الى تلوث المياه الجوفية في منطقتي الروضة وبني الحارث بصنعاء أو ضواحي مدينة تعز في البريهي وحذران الضباب بملوثات كيميائية وميكروبايولوجية (الاسودي، 2009)، (باعيسى، 2000)، و(Al Munaifi and Al Sabban,2020). أما في الوقت الراهن فقد تأثرت خدمات

الصرف الصحي أسوةً بخدمات المياه بسبب الحرب، إذ تم تعليق عمل محطات معالجة الصرف الصحي في بعض المدن؛ بسبب قلة الوقود وانقطاع الرواتب في بعض المحافظات اليمنية، إضافة الى تضرر شبكات الصرف الصحي كنتيجة مباشرة لانعدام الصيانة أو توقفها عن العمل نهائيًا بنسبة (43%) (The Water and Environment Center, 2017).

- الأسمدة والمبيدات الحشرية: ظل غياب الرقابة على استيراد واستخدام المبيدات الحشرية والأسمدة الكيميائية، وانخفاض مستوى الوعي لدى المزارع اليمني المتزامن مع ضعف برامج الإرشاد الزراعي مشكلا رئيسيًا في اليمن، إذ يستخدم المزارع جميع الأسمدة والمبيدات المفيدة منها والخطيرة بصورة عشوائية، من حيث الكمية وطريقة وفترات الاستخدام؛ مما سهل وصول مثل هذه المركبات الكيميائية إلى المسطحات المائية، مؤثرة بذلك في نوعية المياه المستخدمة؛ فارتفاع تركيز كل من الفوسفات والنترات في المياه الجوفية في منطقة الأزرقين في محافظة صنعاء أوضح دليل على التلوث بمثل هذه الأسمدة (بامطرف، 1997).
- الاستنزاف العشوائي للمياه: إن الاستنزاف العشوائي للمياه أحد الأسباب المؤثرة على نوعية المياه؛ حيث التفاوت في مناسيب المياه (Water table) في الأحواض المائية المتجاورة أو الأحواض المائية المجاورة للمياه البحرية، يسمح بحدوث الانتقال للمياه من المنسوب الأعلى الى المنسوب المنخفض، بين مياه الحوضين المتجاورين أو مع مياه البحر؛ حيث إنه في بعض الأحواض المائية الجوفية المتجاورة، تختلف نوعية المياه في كل حوض، كما هو أيضا بين الأحواض المجاورة للبحار، فالآبار المتواجدة في حوض (الشيخ عثمان) في محافظة عدن توقف فيها السحب للمياه من هذا المصدر؛ نظرًا لتداخل مياه البحر المالحة بمياه الحوض المائي، بسبب انخفاض منسوب المياه في المنطقة.

العوامل البيئية المؤثرة على كمية المياه:

العوامل الطبيعية: وتتمثل بالآتي:

- **الأمطار**: على اعتبار أن الأمطار هي المصدر الرئيس والأهم للمياه في اليمن، فمعدل سقوط الأمطار يعد عاملا مؤثرًا بدرجة كبيرة على كميات المياه المتاحة، ولكن هناك تفاوتًا كبيرًا في معدلات سقوط الأمطار من محافظة لأخرى، ومن سنة إلى أخرى، بل تتفاوت من شهر إلى أخر خلال مواسم السقوط، فنجدها تتراوح بين (50) ملليمتر في المناطق الشرقية والساحلية لتصل إلى(1200) مليمتر في بعض محافظات المرتفعات الوسطى (تعز – أب)، كما أن صفة الهطول المطري (العواصف الرعدية، سرعة الهطول وزمن الهطول) والتضاريس الأرضية (ارتفاعات وانخفاضات حادة) كل هذا يؤثر على فترة وسرعة الجريان للسيول، اذ تصل سرعة التدفق للمياه

إلى (1500) م/ثانية، باتجاه المنخفضات والأودية ومنها إلى شاطئ البحر أو إلى المناطق الصحراوية كمصبات نهائية. أن الانقطاع المتكررعلى فترات (سنين) متباعدة أو متتالية للأمطار في اليمن، كان له دور هام في انخفاض كمية المخزون المائي في الجمهورية اليمنية، (بامطرف، 1997). فمثلا منطقة حضرموت، التي تقع في إطار المناخ الجاف وشبه الجاف، تمتاز بقلة تساقط الأمطار إذ أن المعدل السنوي للأمطار ليس منتظمًا، الأمر الذي يجعل احتمالية تغذية الطبقات الحاملة للمياه بمورد الأمطار في المنطقة ضئيلا (Al Sabban, 2009).

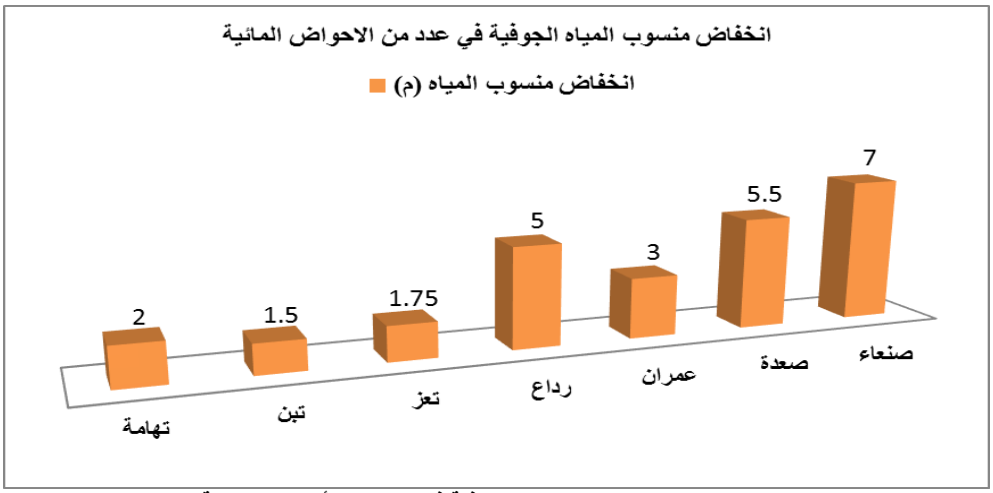
- **التبخر:**

تعتمد كمية المياه التي تتبخر من السطح المائي على:

-العوامل المناخية: درجة الحرارة – الرطوبة النسبية– سرعة الرياح واتجاهها– الإشعاع الشمسي.

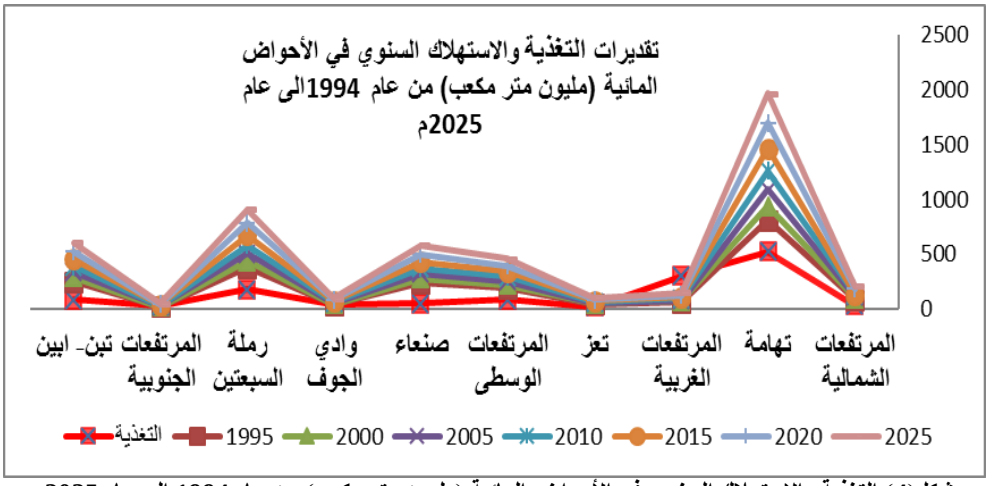
-نسبة الأملاح: زيادة (1%) من الملوحة تخفض كمية التبخر بنسبة (1%).

-انخفاض مناسيب المياه: لعل لصفات الهطول المطري والعوامل المناخية في بعض المحافظات تأثيرًا على كمية المياه الواصلة الى الأجسام المائية السطحية والجوفية؛ حيث يكون مقدار التغذية للمياه الجوفية والتخزين السطحي للمياه أقل من الاستهلاك؛ مما أدى إلى ظهور المشكلة الكمية للمياه، ونتيجة للاستنزاف في المياه الجوفية؛ فقد هبطت مستويات المياه الجوفية بمعدلات كبيرة، كما هو موضح بالشكل(3).



شكل(3): انخفاض منسوب المياه الجوفية في عدد من الأحواض المائية
مصدر المعلومات: الاستراتيجية الوطنية للمياه العام 2025م (نوفمبر،2012)

حيث تشير دراسة (صالح ونعمان، 2013) التي أجريت للمقارنة بين تغذية الأحواض المائية والاستخدامات في الأحواض المائية إلى انخفاض التغذية إلى الاستهلاك وكما هو موضح في الشكل(4).



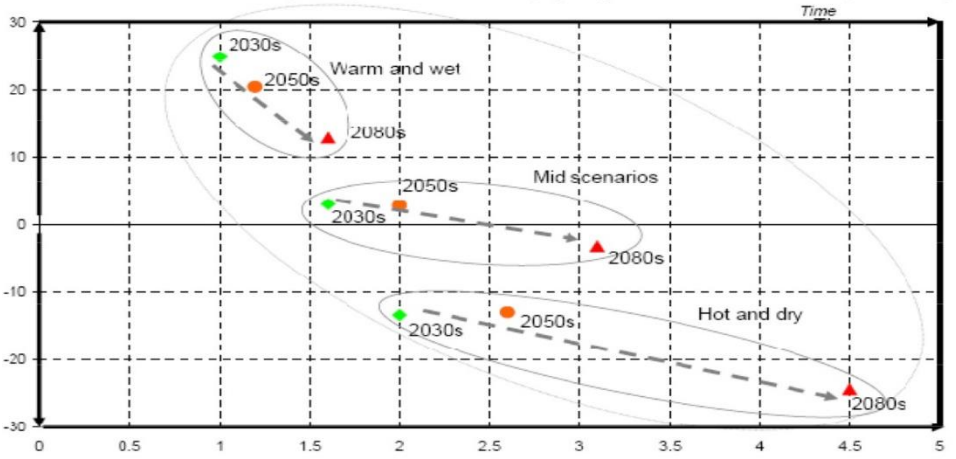
شكل(4) التغذية والاستهلاك السنوي في الأحواض المائية (مليون متر مكعب) من عام 1994 الى عام 2025م
***مصدر المعلومات: (صالح ونعمان، 2013).**

تلك العوامل المناخية لليمن، فأنها تعمل مجتمعة على زيادة معدل التبخر للمياه، حيث تصل قيمة معدل التبخر في محافظة مأرب مثلا إلى (3700) مم/ سنة مقابل معدل السقوط المطري(50–100) مم/ سنة أي أن معدل التبخر قد يصل في هذه الحالة من (37 مرة – 74) مرة ضعف معدل السقوط المطري. كما أن معظم أو (90%) من السقوط السنوي على محافظات اليمن، يتم في ظل الظروف المناخية المساعدة على ارتفاع معدل التبخر (درجة الحرارة – الإشعاع الشمسي– سرعة الرياح ... إلخ)، نظراً لان موسم الأمطار في اليمن خلال الربيع والصيف، يساعد على استمرار العوامل السابقة. إن الحرارة الكامنة العالية للمياه هي أحد العوامل في زيادة معدل التبخر من المسطحات المائية السطحية (السدود – الحواجز المائية – العيون) في فترة الشتاء البارد في بعض المحافظات اليمنية. كل هذه العوامل سببت ارتفاع معدل التبخر للمياه، والذي يعد من أحد العوامل الطبيعة المسببة في انخفاض كميات المياه المتاحة في الجمهورية اليمنية، (الخرباش،1997).

تغير المناخ: التغير المناخي يؤثر على مصادر المياه؛ من خلال التأثير العميق على كل من كمية المياه، التوقيت، التغير، الشكل وشدة الترسيب (Dakkak,2018). يعد اليمن من أكثر البلدان عرضة لأثار التغير المناخي التخريبية، وذلك بسبب معاناتها الشديدة من نقص للمياه؛ حيث إن نصيب الفرد من المياه أقل من المعدل الطبيعي. وهذا ما أكده خبير الموارد المائية والري بمنظمة الفاو التابع للأمم المتحدة، إذ أن نصيب الفرد في اليمن من المياه سنويا هو الأقل عالميا؛ حيث تقدر الموارد المائية المتاحة في اليمن نحو (115) مترا مكعبا للفرد سنويًا، وهو ما يعادل (2%) من المعدل العالمي، وفي ظل الصراع الحالي من المتوقع أن ينخفض نصيب الفرد ليصل إلى (55)

مترا مكعبا للفرد سنويا، (منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، 2015). بالإضافة إلى أن اليمن تعاني من وضع حرج بالنسبة لانخفاض تساقط الأمطار، وتفاوت شديد في هطولها مكانيا وزمنيا كما هو مبين في الشكل(5). يوضح الشكل أدناه السيناريوهات الثلاثة بمرور الوقت للأعوام 2030s، 2050s، و2080s، ويوضح كلا من الإيقاع غير المؤكد للانخفاض النهائي المتوقع في هطول الأمطار غير السنوي (خطوط رمادية اللون) ومجموعة واسعة من التنبؤات حول شدة تأثير الاحترار (الرموز الملونة). يشير الشكل البيضاوي الرمادي الخارجي إلى أن هناك نطاقًا أكبر من التغييرات المحتملة خلال القرن الحالي أكثر مما تم التقاطه في السيناريوهات الثلاثة. لتوصيف تأثيرات السيناريوهات الثلاثة، تبين انه في ظل السيناريو الحار والجاف؛ ستعاني الزراعة من الجفاف المتزايد والسيناريو المتوسط؛ سيجلب مناخا أكثر دفئا، ومن المحتمل أن تعود زيادة توافر المياه في السيناريو الدافئ والرطب بالفائدة على الزراعة. في ظل جميع السيناريوهات الثلاثة، هناك اتفاق على أن اليمن، وسوف يزداد دفئا، على الأرجح بمعدل أسرع من المتوسط العالمي (بين درجة حرارة واحدة و4.5 درجة مئوية من بداية 2010). لا يوجد اتفاق على متوسط هطول الأمطار، ولكن من المحتمل أن يكون هناك تباين اكبر؛ مع زيادة تواتر أحداث هطول الأمطار الغزيرة وبالتالي احتمال زيادة مخاطر الفيضانات (World Bank, 2010). ولعل هذه الاحتمالات قد أصبحت واقعًا معاشًا من خلال الأمطار الغزيرة والفيضانات، التي عمت الكثير من المحافظات اليمنية العام المنصرم والحالي 2020،2021 على التوالي. ولقد أدت هذه السيول والفيضانات، التي اجتاحت معظم المحافظات اليمنية إلى فيضان سدّ مأرب التاريخي للمرة الأولى منذ 34 عاماً، وانهيار سد الرونة بمديرية ثلا جنوب محافظة عمران، جراء الأمطار الغزيرة والسيول الجارفة. إن محافظة مأرب هي الأكثر تضرراً جرّاء الفيضانات، حيث تسببت في مصرع (21) شخصاً، تليها الحديدة بوفاة (17) شخصًا، فيما (13) شخصًا توزعت على محافظات صنعاء وحجة وريمه، وتسببت السيول بأضرار واسعة في مخيمات النازحين في عدد من المحافظات، ووفقًا للمصدر نفسه فقد ألقت الأمطار بأكثر من (5400) أسرة إلى العراء، فضلاً عن انهيار عدد من المنازل التاريخية بصنعاء والحديدة، كما تسببت السيول الناتجة عن الأمطار الغزيرة، التي هطلت على محافظة الحديدة، غرب اليمن، في جرف 50 منزلاً في مديريات الزهرة والقناوص واللحية. وألحقت السيول أضراراً بمئات المنازل وعشرات الهكتارات من الأراضي الزراعية وتسببت بنفوق مئات الأبقار والمواشي. إلى ذلك تحدثت مصادر محلية عن عدد من المفقودين، فيما تقطعت السبل بمئات الأسر، التي حاصرتها السيول، وغمرت المياه القرى القريبة من الوديان، وتسببت بجرف وهدم العديد من المنازل ونزوح مئات الأسر(صالح والنزيلي، 2020). إن العواصف المطرية الشديدة، التي

شملت معظم المحافظات في اليمن للعام 2021م، وتسببت بتدمير مزارع عدد من المواطنين في بعض مديريات محافظة تعز، مديرية جبل حبشي مثال، وجرف ممتلكات عدد أخر من المواطنين في محافظتي اب وحضرموت، وتضرر البنى التحتية من جسور وطرق، هي من ظواهر التغير المناخي المحتمل بزيادة مخاطر الأعاصير التي تضرب شبه الجزيرة العربية وبحر العرب من وقت لآخر، وينتج عنها الفيضانات المدمرة. ولعل أخر هذه الأعاصير شاهين الذي تسبب بأمطار غزيرة وفيضانات في مدينة المكلا بتاريخ 2021/10/4



الشكل(5) يبين سيناريوهات مناخية مبسطة توضح التغيرات في المتوسط السنوي لهطول الأمطار والمتوسط السنوي للاحترار.

Source; HR Wallingford. ^{0}c درجات الاحترار

-الأحداث والاضطرابات الزلزالية

تعد المياه الجوفية المصدر الثاني للمياه بعد الأمطار، بل وتعد المصدر الأول في بعض المحافظات قليلة الأمطار، وكون هذه المياه توجد في الأعماق الجوفية، فأنها تكون عرضة للتأثر بالحركات والاضطرابات الزلزالية (الخفيفة – القوية)؛ مما ينتج عنه بعض الصدوع والشقوق في الأحواض المائية الجوفية، مؤديًا إلى تسرب المياه من الأحواض نحو الأسفل وضياعها في أعماق سحيقة، وقد بلغت عدد الأحداث الزلزالية في اليمن خلال عام 2009م 2880 حادثاً، (النشرة السنوية الزلزالية للعام (2009) الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي 2010م).

العوامل البشرية: وتتمثل

النمو السكاني: يعد النمو السكاني المتزايد باضطراد في اليمن (3%) (وزارة التخطيط والتعاون الدولي، الجهاز المركزي للإحصاء، 2008)، أحد الأسباب، التي شكلت ضغطًا كبيرًا على المياه، والذي يصحبه عدم التوزيع السليم للسكان حسب توافر الموارد المائية؛ فنجد هناك كثافة سكانية عالية في بعض المحافظات (صنعاء – تعز – إب .....الخ) يقابله انخفاض نصيب الفرد من

المياه باستمرار خلال السنوات المتعاقبة، حيث تشير الدراسات إلى تراجع نصيب الفرد من المياه من(162.8م^3) عام 1995م الى (141.4م^3) في عام 1999م واستمرت في التناقص حتى وصلت (137م^3) عام 2002م و(125م^3) في عام 2009م. (صالح و نعمان، 2013) حتى وصلت في العام 2015م (115م^3)، (منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة، 2015). الحفرالعشوائي للآبار: يعد الحفر العشوائي للآبار، عدم التقييد بقانون المياه في الحفاظ على الموارد المائية، غياب الرقابة المائية للجهات المعنية في قطاع المياه والاستخدام المفرط للمخزون الجوفي في الري الزراعي عوامل تضاعف من استنزاف المياه، (وزارة التخطيط والتنمية، 1998) حيث يصل معدل الاستنزاف في بعض مناطق الأحواض المائية إلى ما بين (250– 400%) (الاستراتيجية الوطنية للمياه العام 2025م، نوفمبر 2012) علمًا بأن حفر الآبار بصورة عشوائية؛ يعمل على انحسار مناسيب المياه في الآبار عامة؛ والقريبة من بعضها خاصة والمحصلة النهائية فقدان معظم المخزون الجوفي للموارد المائية في اليمن.

التوسع في الزراعة: توسعت رقعة الزراعة في بعض المحافظات، وبالصورة العشوائية المتمثلة باستزراع بعض المحاصيل الزراعية، ذات الحاجة الكبيرة للمياه (كالقات، الموز، الحمضيات وبعض الفواكه الأخرى) على حساب المحاصيل الزراعية الأقل استهلاكا للمياه (كالحبوب) والتي تعتمد بصورة رئيسية على المياه المطرية إن التوسع الحاصل في اليمن في زراعة المحاصيل المروية (بعض الخضار– الأعلاف– المحاصيل النقدية – الفواكه وكذلك القات) على حساب المحاصيل، التي تعتمد على مياه الأمطار بدرجة رئيسة، وأحيانا وحيدة لعب دورا بارزًا في استنزاف المياه والتأثير على كمية المخزون المائي في اليمن. إن الزراعة تستخدم كمية كبيرة من المياه من احتياطي المياه الجوفية بمعدل (90 الى 93%). هذه الكمية من المياه تروي (383912) هكتار تقريبا (30%) من المساحات الزراعية في اليمن، ولعل المساحة الفعلية والمتاحة للزراعة (6.1) مليون هكتار تقريبا والتي تساوي (3%) من المساحة الكلية لليمن (Makrm, 2002).

الآثار البيئية المترتبة على أزمة المياه ومنها:

الثروة الزراعية

يعد النشاط الزراعي المصدر الاقتصادي الرئيس في اليمن، والذي بطبيعته يعتمد على المياه سواء (السطحية– الجوفية) والتي يتم تغذيتها من مياه الأمطار، وبذلك تبرز العلاقة، التي تربط بين المياه والزراعة. إلا أن بعض المركبات والعناصر الكيميائية في المياه يجب أن تكون ضمن حدود معلومة مثل الكلوريدات والكبريتات والصوديوم ... الخ، وأي تغير لتركيز هذه المركبات والعناصر في نوعية المياه، يؤثر سلبا على التربة الزراعية، محدثاً انخفاضاً في إنتاجية المحصول؛ نتيجة لتدهور نوعية التربة. كما أن أي نقص في كمية المياه اللازمة لمحصول معين، والناتج عن قلة المياه المتاحة في منطقة زراعة المحصول، يؤدي بالضرورة إلى تدهور وقلة المردود الإنتاجي لهذا

المحصول، وهذا ما يعد مؤشرًا خطيرًا في بعض مناطق اليمن؛ حيث تشير الدراسات إلى أن ما نسبته (97%) من الأراضي في اليمن، تعاني من التصحر بدرجات متفاوتة وخاصة في سهول تهامة وميفعه وبيحان وجنوب دلتا أبين والمناطق الشرقية؛ نتيجة سوء الإدارة لمصبات السيول، والتي تعمل على جرف التربة وتدمير صلاحيتها (وزارة التخطيط والتنمية، 1998).

لقد تم احتساب نسبة امتصاص الصوديوم (SAR) لمياه ساحل حضرموت وفقاً لمختبر الملوحة الأمريكي ودلت النتائج المبينة في الجدول (1) أن (32%) من العينات واقعة تحت تصنيف (C_4-S_1)، أما (68%) واقعة تحت تصنيف (C_3-S_1)، وهذا يدل على أن المياه بالمنطقة لا يمكن استخدامها في ري المحاصيل الزراعية كالحمضيات، كما يجب أن تستخدم فقط في التربة، التي لا يوجد فيها طبقات صلدة تمنع الرشح لأنها تحتاج إلى غسيل (Al Sabban, 2009).

جدول(1) تقييم عينات من المياه في منطقة ساحل حضرموت لغرض الري وفقا لمختبر الملوحة الأمريكي لعام 1954م (Al Sabban, 2009).

Sample No.	Salinity (µS/cm)	S.A.R	Class
1	2840	0.8619	C4-S1
2	1823	0.7715	C3-S1
3	2560	1.291	C4-S1
4	2250	1.335	C3-S1
5	2690	1.298	C4-S1
6	2610	1.008	C4-S1
7	2100	1.396	C3-S1
8	2410	1.248	C3-S1
9	2300	1.0319	C4-S1
10	2860	0.927	C4-S1
11	2450	1.339	C4-S1
12	1750	1.529	C3-S1
13	1700	1.477	C3-S1
14	1773	1.506	C3-S1
15	1706	1.503	C3-S1
16	1640	1.572	C3-S1
17	1810	1.533	C3-S1
18	1755	1.564	C3-S1
19	1470	1.334	C3-S1
20	1338	2.54	C3-S1
21	1510.4	1.693	C3-S1
22	1720	0.8016	C3-S1
23	1670	1.495	C3-S1
24	1550	0.867	C3-S1
25	1560	0.867	C3-S1

C1 مياه ذات ملوحة منخفضة –C2 مياه ذات ملوحة متوسطة–C3 مياه ذات ملوحة عالية– C4 مياه ذات ملوحة عالية جدا– S1 مياه ذات نوعية منخفضة الصوديوم. –S2 مياه ذات نوعية متوسطة الصوديوم. S3مياه ذات نوعية عالية الصوديوم. S4– مياه ذات نوعية عالية جدا من الصوديوم.

الثروة الحيوانية

لا يخفى عن الأهمية التي تلعبها كمية ونوعية المياه على الثروة الحيوانية، والتي بدورها تستهلك ما مقداره حوالي (38) مليون متر مكعب في العام. إن أي نقص في المورد المائي المتاح؛ يحرم عدداً كبيرًا من هذه الحيوانات من فرصة الحصول على المياه اللازمة؛ لمواصلة حياتها، كما أن أي تدني في نوعية المياه المتاحة لهذه، سوف يؤثر سلبًا على صحتها وبالتالي على صحة المستهلك للحومها ومنتجاتها (ناصر، 2002). وبناءً عليه، تتعدد شكاوي المواطنين في القرى اليمنية، حيث يقوم السكان بتربية الحيوانات المنزلية، لغرض الحصول على الألبان، والاستفادة من لحومها، وريع عائداتها المالية، كجزء هام من الدخل السنوي للأسر، جراء انتشار الأمراض في أوساط الحيوانات، ويعد الأمر أكثر خطورة، بنفوق بعض الأبقار والأغنام، وظهور حمى موسمية وألام معوية، تتعرض لها الحيوانات من وقت لأخر. ولعل أحد الأسباب الرئيسة للأمراض، التي تعاني منها الثروة الحيوانية في الريف اليمني على الأغلب، استخدام المياه الملوثة، من البرك المكشوفة والمنتشرة في معظم القرى اليمنية؛ ما يتطلب في الوقت الراهن تعميم الخدمات البيطرية في عموم الجمهورية، للحفاظ على الثروة الحيوانية، وتنفيذ حملات توعية بين السكان، للحد من استخدام المياه الملوثة، لأغراض الشرب للحيوان والإنسان على حد سواء.

الصناعة

يرتبط النشاط الصناعي في أي بلد؛ بتوفر المياه من الناحية الكمية والنوعية، وعند النظر في العمليات الصناعية – الاقتصادية نجدها دائما تهدف إلى إنتاج أكبر قدر ممكن من المنتجات، وبأقل تكاليف ممكنة. لعل أهم الآثار المترتبة على النشاط الاقتصادي– الصناعي المحلي بسبب الأزمة النوعية أو الكية للمياه يظهر في التالي:

- عدم توفر الكمية المطلوبة من المياه واللازمة للعمليات ت الصناعية– الإنتاجية لأي منشأة صناعية؛ سيتمخض عن ذلك حرمان البلد من تنمية صناعية محققة ذات فوائد شتى، ومن فرص عمل للسكان، وكسب مهارات وخبرات محلية ومنتج محلي رخيص ومتوفر مقارنة بالمنتج الأجنبي، حيث يقدر استهلاك المياه للأغراض الصناعية في البلدان الأوروبية بحوالي 20% من الاستهلاك العام لمدينة ما، (مصطفى المنعم ووصفي، 1964) بينما موسوعة الهندسة الصحية، (فرج، 2000) تقدر استهلاك المياه للأغراض الصناعية والتجارية (35%) من الاستهلاك العام لأي مدينة، وفي اليمن فقد قدر استهلاك القطاع الصناعي في مدينة تعز، (15%) (Al Sabban., 2018).
- تدني نوعية المنتج بسبب تدني نوعية المياه الداخلة في العمليات الإنتاجية؛ بما يؤدي الى تراجع الطلب الخارجي على المنتج، ثم انخفاضه في الأوساط المحلية، وهذا ما يؤثر سلبيا على الوحدة – المنشأة الصناعية – الإنتاجية.

- ارتفاع الكلفة للمنتجات الناتجة عن الكلفة الإضافية لتحسين مواصفات المياه الداخلة في العملية الإنتاجية؛ حتى تناسب المتطلبات النوعية للمنتج وإضافة هذه الكلفة على السعر، وهذا ما يؤثر على عملية الطلب للمنتج، لتبدأ بالتالي مؤشرات عدم اقتصادية المنتج بالظهور ما يضطر أصحاب القرار في المنشأة بإيقاف الإنتاج وبذلك حرمان البلد من إنتاج محلي مطلوب للناس.

الصحة العامة:

تشكل المياه حوالي (70%) من وزن جسم الإنسان؛ فالمياه ضرورية لعملية الجسم الحيوية، ويحتاج الإنسان لكمية ونوعية مناسبة منها؛ لكي يبقى صحيحا معافى. تختلف كمية المياه اللازمة لجسم الإنسان باختلاف عدة عوامل منها:

- مناخ المنطقة.
- كمية العرق التي يفرزها الجسم.
- الحالة الصحية للجسم والجهد أو الشغل؛ الذي يبذله الجسم.
- معدل نقص كمية المياه للأغراض البشرية، يساعد في انتشار أمراض الجرب والدمل والقروح والجذام والتهابات العين.
- نوعية الماء، تتأثر نوعية المياه الصالحة للشرب بتغيير خصائصه الفيزيائية والكيميائية أثناء تعرضها للتلوث، لذلك بعض الأمراض مثل البلهارسيا والديدان تنتشر في أوساط السكان عند الشرب أو الملامسة لتلك المياه.

وبحسب الدراسة التقييمية لنوعية المياه ومدى صلا حيتها للاستخدامات المختلفة في منطقة ساحل حضرموت (Al Sabban, 2009)؛ تبين أن تلوث المياه الجوفية في المنطقة كان طبيعياً عن طريق حركة المياه الجوفية، وإذابتها للرواسب والصخور في طريقها، وبشرياً عن طريق مياه الصرف الصحي؛ مما يحدث تأثيرات على الصحة العامة في حالة استخدام المياه الجوفية الملوثة، خاصة وأن المنطقة في الأغلب تعتمد على البيارات؛ لتجميع مياه الصرف الصحي، وبسبب تنامي مياه الصرف الصحي في المكلا مركز محافظة حضرموت تبعاً للزيادة السكانية، فقد سجلت أمراض وبائية مرتبطة بالمياه الملوثة مثل التيفوئيد والكوليرا الدسنتاريا العصوية خلال الفترة (1998-2000)، (الجهاز المركزي للإحصاء، 2000)، وكذلك أكدت دراسة، (Al-Munaifi and Al-Sabban,2019) أن تنامي كمية مياه الصرف الصحي في مدينة تعز تبعا للزيادة السكانية فقد سجلت أمراض وبائية مرتبطة بالمياه الملوثة.

الآثار الاجتماعية:

تتسبب أزمة المياه الشديدة في اليمن؛ بتفاقم تحديات خطيرة؛ حيث أن الطفولة لها معاناتها في مناطق قاحلة بحثا عن مياه نظيفة صالحة للشرب. هجرة ونزوح للأسر في ظل ظروف شديدة الجفاف الى مناطق قد لا تتوفر فيها المياه؛ مما يزيد الأمر بؤسا لهذه الأسر. مجتمع تتنازعه

المنافسة الشديدة على المياه؛ لسد الاحتياجات الضرورية من مياه للشرب، وتوفير غذاء لمعيشة السكان؛ مما يسبب اهتراء للنسيج الاجتماعي لأفراد المجتمع، وصولا الى بلد تجتاحه المجاعة والبؤس.

الاستنتاجات:

من خلال القراءة السابقة للعوامل المؤثرة على كمية ونوعية المياه، نورد أهم المشكلات والقضايا والتحديات التي تواجه اليمن في هذا المورد الحيوي وهي على النحو التالي:

- محدودية الموارد المائية: وترتبط بعوامل، قلة الأمطار، الطبيعة الطبوغرافية، العوامل المناخية، ضعف الاستفادة من مياه الأمطار، وعدم وجود موارد مائية بديلة.
- تشبه المياه الجوفية المياه السطحية، في كونها تتغير في كميتها تبعا للتغير في كمية الأمطار، التي تغذيها بالمياه، ولا تستفيد المياه الجوفية من الأمطار، إلا بنسبة قليلة نتيجة البخر والجريان السطحي السريع للمياه في الظروف الطبوغرافية لليمن، وبناء عليه، هناك صعوبة لتقدير كمياتها والتخطيط لاستغلالها، وبعضها يحتوي على نسبة عالية من الأملاح تجعلها غير صالحة للشرب والزراعة.
- استنزاف المياه: ويعزى أسباب الاستنزاف الى الحفر العشوائي لأبار المياه، الضخ الجائر للمياه، ارتفاع نسبة الفاقد في شبكات نقل وتوزيع المياه، الاستخدام غير الكفء للمياه في الزراعة، التوسع في الزراعة المروية (دون ضوابط)، الزيادة المضطردة للسكان، مجانية المياه في جميع الاستخدامات، وقلة الوعي لدى مستخدمي المياه، وضعف التوعية المائية؛ لترشيد المياه.
- تدني جودة المياه: وتنحصر أسباب تدهور نوعية المياه في الملوثات الناتجة عن مياه الصرف الصحي غير المعالجة، وتسربها إلى المياه الجوفية والسطحية، ضعف ادارة المخلفات الصلبة في المدن، استخدام الأسمدة والمبيدات الزراعية دون وضع ضوابط، نقل الملوثات من الطبقات السطحية إلى الطبقات العميقة للمياه؛ بسبب الحفر العشوائي للآبار والتلوث الطبيعي؛ بسبب التحلل للطبقات الصخرية؛ مما ينتج عنه تغير في نوعية المياه.
- إدارة الموارد المائية لها أكثر من مرجعية وتتميز بضعف التنسيق، وعدم وضوح معايير المساءلة.
- أزمة المياه، وقلة الوصول الى الخدمات الأساسية، واستنزاف المياه الجوفية وتلوثها، يعرف عادة بأزمة حوكمة.

التوصيات:

لمعالجة التغيرات الكمية للمياه الجوفية والسطحية وتدني جودتها، يتطلب الأمر عددًا من الإجراءات والتوصيات أهمها:

1- تبني سياسة تنويع مصادر المياه، وذلك من خلال توفير موارد مائية جديدة، بتشجيع تنفيذ منشآت حصاد مياه الأمطار وبناء السدود والحواجز المائية، والاهتمام بإعادة بناء وصيانة المدرجات الزراعية الجبلية؛ للاستفادة من مياه الأمطار والسيول، وتأهيل منشآت خزن وتجميع

ومعالجة مياه العيون والينابيع، وتبني خيار تحلية مياه البحر لإمداد المناطق الساحلية بالمياه والمناطق القريبة من السواحل، مثل مدينة تعز.

2- تقييم حالة السدود والحواجز المائية؛ من خلال دراسة التغيرات المناخية الحالية والتنبؤات المستقبلية لها، فضلا عن إعادة النظر في الدراسات السابقة في بناء السدود والحواجز المائية والمواد الإنشائية المكونة لتلك المنشآت.

3- تفعيل آليات ترشيد استهلاك المياه لجميع القطاعات؛ بتوسيع واستدامة البرامج الدولية الداعمة؛ لرفع كفاءة طرق الري الحديثة وتوطين تكنولوجيا الري بالتنقيط والرش وغيرها، وتشجيع زراعة المحاصيل، التي تستهلك كميات اقل من المياه.

4- إعادة استخدام مياه الصرف الصحي بعد معالجتها بصورة آمنة، وإعادة تدوير المياه الناتجة عن العمليات الصناعية والمياه المعالجة في التنظيف وتبريد الآلات والمعدات، وتشجيع أرباب المصانع بتوطين التكنولوجيا الحديثة، التي تتطلب كميات قليلة من المياه وإعادة النظر في تعرفه المياه بما يحقق القيمة الفعلية للماء.

5- سن قوانين وتشريعات بإنشاء هيئة تنفيذية لأعمال الحفر؛ لغرض الإشراف والحفر للآبار الخاصة والعامة والمنع والمصادرة لتجهيزات الحفر العشوائي، على ان يتم ربط الهيئة برئيس الجمهورية مباشرة.

6- سن قانون بتنظيم ونقل إمدادات المياه من المناطق الريفية الى المدن؛ من خلال إجراء الدراسات البيئية والاقتصادية الاجتماعية للمنطقة، التي يتم جلب المياه منها؛ لتلافي الآثار السلبية للمشروع.

7- تقليل نسب الفاقد في شبكات المياه الحكومية؛ بالعمل على تجديد وتحسين شبكات المياه، وتنفيذ برامج الصيانة الدورية والطارئة.

8- الاهتمام بالتوعية البيئية لأفراد المجتمع في إطار تبني الإعلان الرسمي والخاص موضوع المياه كمسألة أساسية حيوية، وإدخال التوعية المائية في مناهج التعليم والاستفادة من دور المساجد في التوعية المائية وأهمية الترشيد في استخدام المياه والمخاطر التي تتعرض لها الموارد المائية.

9- تطبيق مبادئ الإدارة المتكاملة للموارد المائية؛ من خلال تفعيل لجان الأحواض المائية الرئيسية والفرعية؛ لإدارة المورد المائي للحوض بصورة فعالة بمشاركة أعضاء من لجان مستخدمي المياه؛ لضمان مبدأ المشاركة والتشارك في صنع القرار والحفاظ على المورد المائي واستدامته خدمة لاستقرار السكان في منطقة الحوض المائي، وتلبية لمتطلبات احتياجاتهم المعيشية والتنموية، فضلا عن توفير المياه الصالحة للشرب بصورة دائمة.

10- إيجاد شراكة حقيقية مع القطاع الخاص؛ لضمان المشاركة الفعالة ضمن الجهود المجتمعية في تخطيط وتنفيذ وإدارة مشاريع المياه والصرف الصحي وتامين خدمة اجتماعية، تساهم في الدفع بعجلة التنمية الاقتصادية للسكان.

11- تفعيل لسكرتارية الفنية والدعم المؤسسي لقطاعات المياه والزراعة والمؤسسات التمويلية المحلية والدولية؛ لغرض التكاملية وتنسيق الجهود المشتركة بين القطاعات، وتنفيذ برامج قطاعية، والمشاركة برسم سياسة تضمن نجاح الشراكة بين القطاعات، فضلا عن توفير كادر مؤهل لتأدية المهام المطلوبة.

12- تشريع وتأسيس هيئة تنفيذية؛ لا دارة الأزمات المائية والكوارث البيئية؛ لغرض مواجهة الأزمات المائية الحادة والأخطار البيئية، وإعداد الكوادر المتخصصة والإمكانيات الفنية والتقنية والإدارية اللازمة؛ لضمان انجاز الأعمال اللازمة في المكان والزمان المحددين.

13- تفعيل لجان مستخدمي المياه في جميع الأحواض المائية الرئيسة والفرعية، من خلال إشراك أعضائها في لجان الأحواض المائية، وتقديم الدعم الفني والتدريب اللازم للمستفيدين من أعضاء اللجان.

المقترحات:

- اعتماد معالجة لمياه الآبار الجوفية في مناطق تعز-حضرموت- عدن- تهامة بمواصفاتها الفيزيائية والكيمائية، وذلك للتخلص من الأملاح الزائدة عن المواصفات القياسية اليمنية، للحصول على مياه ملائمة للاستهلاك البشري.
- تنفيذ شبكات نظم المعلومات؛ في الجهات العاملة بخدمات المياه، وبين قطاع المياه في الوزارة والجهات التابعة لها، لتبادل المعلومات، والبيانات، وترتيب الأولويات، والحد من العشوائية، وسوء التخطيط والتنفيذ للأعمال المدنية والفنية، وترشيد الموارد المالية، واتخاذ القرارات المناسبة، من خلال انسياب وتدفق المعلومات، والتكاملية في تنفيذ المهام والمسئوليات.
- العمل على تبني نتائج الدراسات العلمية الأكاديمية التخصصية؛ في مجالات إمدادات المياه، والإصحاح البيئي.
- تركيب عدادات رئيسية؛ على مداخل التجمعات السكانية، تركيب عدادات المياه لجميع المستهلكين، وإصلاح العدادات المعطلة وإزالة كافة التوصيلات غير القانونية، وضع آلية إجرائية؛ للتنسيق بين المؤسسات المعنية بخدمة المياه، والجهات التنفيذية ذات العلاقة بأعمال الاتصالات والكهرباء والطرق، لغرض الحفاظ على شبكات المياه والصرف الصحي قبل تنفيذ أي مشروع.

مراجع البحث:

1- المنيفي، عبد اللطيف أحمد(2004). نوعية مياه الشرب في مدينة صنعاء. **مجلة جامعة حضرموت**، العدد السابع، المجلد الثالث، ديسمبر 2004م.

2- المتوكل، إسماعيل(2003). **الوضع المائي بالجمهورية اليمنية**، صنعاء، اليمن.

3- صالح عبد الله، شرف الدين (2009). **الوضع المائي في الجمهورية اليمنية**، صنعاء، اليمن.

4- صالح عبد الله، شرف الدين و نعمان عبد الله (2013). **دراسة جدوى لإمكانية حصاد مياه الأمطار في اليمن لتوفير مياه الشرب في المناطق الريفية**. مركز المياه والبيئة- جامعة صنعاء.

5- الد يلمي، أحمد يحيي (2003). **القات والمياه، الاقتصادية** – صنعاء – اليمن.

6- المنيفي، عبد اللطيف أحمد ومولى الدويله، ندى شيخ (2003). تلوث مياه الشرب لمدينة المكلا والآثار الصحية الناجمة عنه، المؤتمر الثاني للبيئة والموارد الطبيعية – تعز – اليمن.

7- ألعدوي، محمد صادق(2005). **هندسة تنمية البيئة**، كلية الهندسة، جامعة الإسكندرية، مصر.

8- منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (2015). أزمة المياه في اليمن، المكتب الإقليمي بإقليم الشرق الأوسط وشمال إفريقيا، صنعاء، اليمن.

9- طارق عبد العال(2005). **حوكمة الشركات**. الدار الجامعية، جامعة عين شمس، مصر.

10- كرستين عبد الله اسكندر(2015). حوكمة المياه؛ حماية الأمن المائي في عالم متغير http:www.siyassa. org.eg. Assessed on:-24/12/2015,At 9:oo:pm Available at.

11- محمد حسن إسماعيل احمد علي (2015). حوكمة المياه في الاتحاد الأوروبي: البعد التشريعي والبعد المؤسسي، 2012-2014، **رسالة ماجستير**، القاهرة، كلية الاقتصاد والعلوم السياسة.

12- الإستراتيجية الوطنية والبرنامج الاستثماري لقطاع المياه، (2003، يونيو 2004). وزارة المياه والبيئة، صنعاء – اليمن.

13- بارهيان، سعد عوض (2001). دراسة مدى تلوث بعض مياه الشرب في محافظة حضرموت بالعناصر الثقيلة، **مجلة جامعة عدن للعلوم الطبيعية والتطبيقية**.

14- درادكة، خليفة عبد الحافظ (1999). **هيدرولوجية المياه الجوفية ومبادئ المياه السطحية**، الطبعة الأولى، الشركة الدولية للطباعة والنشر، عمان الأردن.

15- الإستراتيجية الوطنية للمياه العام 2025م، نوفمبر (2012). وزارة المياه والبيئة، صنعاء – اليمن.

16- الهيئة العامة لحماية البيئة (2003). البرنامج الوطني لفعاليات حماية البيئة البحرية من الأنشطة البرية في ساحل المنطقة الشرقية من الجمهورية اليمنية.

17- محرم، رياض عبد الله، لنزيلي، فضل علي، المنيفي، عبد اللطيف احمد، صلاح، عبد الوهاب إسماعيل والقدسي، فاروق علي (2019). تقييم محطة معالجة مياه الصرف الصحي بأمانة العاصمة- تحليل المشاكل واقتراح الحلول. **مجلة جامعة حضرموت للعلوم الطبيعية والتطبيقية**، المجلد(16)، العدد 2، ديسمبر 2019.

18- باعيسى، عبد الله (2000). تلوث المياه الجوفية في حوض صنعاء، الهيئة العامة لحماية البيئة – صنعاء – اليمن.

19- الاسودي هاني محمد (2009). تأثير محطة معالجة مياه الصرف الصحي على المياه الجوفية في منطقة بني الحارث، أمانة العاصمة – اليمن.

20- بامطرف، عبد الرحمن (1997). دراسة مصادر مياه الأمطار للاستخدام الزراعي في الحاضر والماضي، ذ مار – اليمن.

21- الخرباش، صلاح (1997). **جيولوجية اليمن**، صنعاء – اليمن.

22- صالح عبد الله احمد، شرف الدين والنزيلي، فضل علي صالح (2020). الأمن المائي ودوره في استقرار سكان الجمهورية اليمنية، مركز المياه والبيئة، جامعة صنعاء- اليمن.

23- النشرة السنوية الزلزالية للعام (2009). الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي العدد(15)، يونيو 2010م. مركز رصد ودراسة الزلازل والبراكين، هيئة المساحة الجيولوجية – صنعاء – اليمن.

24- وزارة التخطيط والتعاون الدولي، الجهاز المركزي للإحصاء(2008). كتاب الإحصاء السنوي، صنعاء – اليمن.

25- وزارة التخطيط والتنمية (1998). **تقرير التنمية البشرية**، صنعاء – اليمن.

26- ناصر، محمد ناصر (2002). مصادر المياه في اليمن الوضع الراهن وآفاق المستقبل، الهيئة العامة للموارد المائية – صنعاء – اليمن.

27- مصطفى محمد عبد المنعم ووصفي محمد محمود (1964) هندسة البلديات ومياه الشرب، أسيوط – مصر.

28- فرج محمد علي (2000). **موسوعة الهندسة الصحية1**. الطبعة الأولى دار الكتاب الحديث جامعة الإسكندرية- مصر.

29- الجهاز المركزي للإحصاء (2000)، مكتب حضرموت، المكلا-اليمن.

30- Al-Munaifi, A Abdulatif (1999). Increase of Wastewater Treatment Using Phytoplankton Algae in Biological ponds in the Condition of

Yemen. Department of Wastewater, Faculty of Water Supply and Wastewater, M.G.C.U(Moscow Government Construction University) Moscow, Russia.

31- Al Sabban. S. A, (2018). Management of Water Supply and Demand for water Resources in the Taiz Basin. Ph.D. Thesis. Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Sana'a University.

32- Abdulatif, A. Al-Munaifi and Soad, A. Al-Sabban, (2019). Assessment of the Quality of Water Sources for Taiz City for Drinking and other DomesticUses-Yemen.ISSN:2394-2430.CODEN(USA): JSERBR.2019, 6(7): 22-28.

33- General Authority for Water Resources, Draft standard specifications for water, July, (1999), Sana'a, Yemen.

34- World Health Organization (WHO), (1997). International Standard for Drinking Water. (2nd ed). Geneva.

35- Al Sabban. S.A, (2009). Assessment of Groundwater Quality of AL-Mukalla and Ghyl Bawazir Areas, Hadhramout Governorate, Yemen, M. Sc. Thesis. Department of Environmental Sciences, Faculty of Science, Alexandria University, 119 pp.

36- Abdulatif A. Al-Munaifi and Soad, A. Al-Sabban. (2020). Evaluation of the Efficiency of Wastewater Treatment in Taiz City and their Suitability for Irrigation. Journal of Science and Technology. 25(1), p.

37- Makrm, A. A., (2002). Yemen and rarity of water problem. Science and Technology. Center.

38- The Water and Environment Center, (2017). Humanitarian Aspect of WASH in Yemen. Sana'a, University.

39- World Bank, (2010). Assessing the Impact of Climate Change and Variability on the Water and Agriculture Sectors, and the Policy Implications. Yemen.

40- Amir Dakkak, (2018). Climate Change. Middle East, Water. Arab Program for Energy Mix in the UK; Sustainable Energy Insight; Youth, Call for Applications.

41- American Wall Street Journal, (2015). Water Crises in Yemen. U.S: SciDev. net.