ISSN 1110-0419

فحص مؤشر النوعية البكتريولوجية لمياه الآبار الأهلية في العاصمة صنعاء

جمال علي قاسم المنصوري
(قسم الأراضي والمياه – كلية الزراعة /جامعة صنعاء)

الملخص:

إن تسرب مياه المجاري إلى الخزانات الجوفية، ربما أصبح من المشاكل البيئية التي قد تعاني منها مدينة مزدحمة مثل صنعاء، حيث تُتبع أساليب غير صحية في التخلص من المياه العادمة كاستخدام الحفر الراشحة (البيارات)، مما يهدد بتلوث مياه الآبار التي تعد المصدر الرئيسي للمياه في اليمن.

ولغرض التقييم الميكروبيولوجي لنوعية مياه الآبار الجوفية المستخدمة في الشرب وتحديد حجم مشكلة التلوث من المصادر البرازية، تم – خلال العام ٢٠٠٣م – تم فحص الكائنات الدقيقة القولونيات الكلية "Total coliforms "TC والإشريكية القولونية *Escherichia coli "E. coli"* في ٣٠ بئراً جوفية (تابعة للأهالي) تقع جميعها ضمن حوض صنعاء المائي، وموزعة بالتساوي على مناطق وسط وشمال وجنوب أمانة العاصمة.

أظهرت النتائج، أن هناك ما نسبته ٢٦,٧ % من الآبار الأهلية المدروسة هي غير صالحة للشرب بسبب تلوثها بالإشريكية القولونية *E. coli*، إلا بعد إجراء معاملة مناسبة وتعقيم للمياه (في حين يمكن استخدام مياه تلك الآبار – غير الصالحة للشرب– في الري مباشرة)، وأن ٢٠ % من تلك الآبار الملوثة بالإشريكية القولونية (*E. coli* ≥ 1/100ml) هي ملوثة –أيضا– بالقولونيات الكلية "Total coliforms "TC (TC >10/100ml). وقد تركز التلوث البرازي – لمياه الآبار – في المنطقة الأقدم من المدينة، حيث ٤٠ % من الآبار الأهلية في وسط المدينة ملوثة جرثوميا بالإشريكية القولونية، مقارنة بـ ٣٠ % و١٠ % في شمال وجنوب الأمانة على الترتيب.

كلمات مفتاحية: آبار جوفية، تلوث ميكروبيولوجي، قولونيات برازية، مياه الشرب، صنعاء.

مقدمة:

إن أوضاع المياه الجوفية في اليمن تنذر بالخطر، ليس جراء الاستنزاف المستمر وغير المنتظم فقط، بل أيضا لتردي نوعية تلك المياه نظرا لقصور أساليب الصرف الصحي، إذ تتعرض المياه الجوفية في العديد من المناطق اليمنية للتلوث بالمياه العادمة (أومياه المجاري) التي تتسرب إلى آبار مياه الشرب (صقران، ٢٠٠٢). وحسب تقديرات البنك الدولي لعام ١٩٩٦، فقد بلغ نسبة المستفيدين من شبكة إمدادات المياه العادمة في اليمن حوالي ٦٠% من سكان المناطق الحضرية، أما في المناطق الريفية فإن ٥٠ % من السكان يحصلون على إمدادات مياه من المصادر الجوفية

ويعتمد النصف الباقي على المياه السطحية التي تكون غالبا ملوثة، ومازالت اليمن تعاني من مشكلة انتشار الأمراض السارية والوبائية المنقولة بواسطة المياه مثل أمراض الإسهالات، البلهارسيا، الديدان، التهاب الكبد الوبائي، والملاريا، وفي هذا الجانب تشير التقارير الطبية إلى أن حوالي ٧٥ % من سكان اليمن مصابون بأمراض تلوث المياه التي تتسبب في وفاة أكثر من ٥٠ % من الأطفال (البنك الدولي، ١٩٩٧). تساهم مشاريع المياه الخاصة والتسويق التجاري بتغطية جزء كبير من المتطلبات المائية لأغراض الشرب يتجاوز في بعض المدن اليمنية ٥٠%، ويعتمد إمداد العاصمة صنعاء بالمياه من الشبكة العمومية على ٤٥ بئرا إنتاجية، تكفي لإمداد ما يقارب ٤٠ % فقط من سكان الأمانة بمياه الشرب (هاشم، ١٩٩٦). وتبلغ كمية الإمدادات المائية التي يتم توفيرها من قبل المؤسسة العامة للمياه حوالي ٥٠٠ لتر / ثانية، مما يعني أن أكثر من ٥٥ % من سكان أمانة العاصمة صنعاء – تقريبا – لا يزالون معتمدين على الابار الخاصة (الأهلية) – غير الخاضعة للرقابة – للحصول على احتياجاتهم الضرورية من المياه (الصلوي ومحمد،١٩٩٦). ولقد أفاد تقرير لجنة الإصحاح البيئي لحملة أمانة العاصمة عام ١٩٩٤ / ١٩٩٥ – الذي ذكره الصلووي ومحمد (١٩٩٦) – بأن ٣٠ % من مساكن الأمانة لديهم بيارات طافحة إلى الشوارع مسببا تلوثا بيئيا ينتج عنه انتشار الأمراض بين الأطفال، وتكاثر الحشرات والقوارض، وانتشار الروائح الكريهة..إلخ، وأن حوالي ٢٥ % من مساكن العاصمة يحظون بشبكة صرف صحي تستقبله محطة المعالجة الواقعة في منطقة الروضة وأن أكثر من ٥٠ % من الكميات التي تستقبلها المحطة – والزائدة عن قدرتها الاستيعابية – يتم تصريفها كما هي دون أيّ معالجة قبل أن تدخل المحطة، وهناك دلائل تشير إلى وجود تلوث للمياه الجوفية المجاورة لهذه المحطة. أما بقية سكان الأمانة – البالغ نسبتهم حوالي ٤٥% – يعتمدون في تصريف مخلفاتهم على بيارات راشحة بأعماق مختلفة، وهذا بطبيعة الحال ليس وضعا مثاليا، فوجود هذه البيارات يهدد بتلوث المياه الجوفية.

واستنادا لما ذكره الراوى (١٩٩٩) يشكل حجم المياه الجوفية نسبة ١,٧ % من إجمالي المياه المتاحة في العالم، في حين تقدر كميات المياه العذبة منها بحدود ٠,٧ %، وهي بهذا تكون أكبر مستودع للمياه العذبة على سطح الأرض بعد كتل الجليد في القطبين. وتعد المياه الجوفية المصدر المائي الرئيسي للكثير من أقطار العالم، ويفضل – في كثير من الأحيان – استخدامها عن غيرها من المصادر الأخرى (السطحية)، وذلك لأسباب منها نقاوتها النسبية وخلوها من الميكروبات. وحتى عهد قريب كان ينظر إلى هذه المياه (الجوفية) على أنها بمنأى عن التلوث، بفعل التربة التي يمكنها إزالة الملوثات وترسيبها فى باطن الأرض، غير أن بعض الدراسات أثبتت أن التلوث قد وجد طريقة إلى هذه المياه عبر أنشطة الإنسان المختلفة، مما يؤثر على استخدامها لشتى الأغراض.

خلافا للمياه العادمة المنزلية (المجارى) التي تحتوي على الفيروسات والجراثيم الممرضة والطفيليات المختلفة التي تشكل خطرا على الإنسان والحيوان (جركس، ٢٠٠٠)، فمن المعروف أن المياه الجوفية تحوي – في العادة – عددا قليلا من البكتيريا، بسبب ترشيح المياه خلال عبورها طبقات التربة فتحجز البكتيريا داخل

التربة، بالإضافة إلى درجة حرارتها المنخفضة. وإذا تواجدت بكتيريا – في المياه الجوفية – فهي عبارة عن بكتيريا صغيرة الحجم، تتمكن من عبور طبقات التربة مع التيارات المائية لتصل إلى مكان تجمع المياه الجوفية، مثل العصيات القصيرة السالبة لصبغة غرام التابعة لجنس *Pseudomonas* و*Flavobacterium*، والتي تكون هي السائدة خاصة أنها محبة للبرودة. أما البكتيريا الكروية، والمكونة للسبورات التكورات spores فتكون أعدادها قليلة جداً، في حين يندر وجود الحلزونيات والبكتيريا الخيطية والمجاميع الأخرى. وتختلف الفلورا البكتيرية من بئر لآخر حسب طبيعة التربة وعمق البئر وكثافة النشاط السكاني حولها، وخاصة تلك الآبار التي تحفر في تجمعات سكانية –أوصناعية– حيث تتعرض للتلوث من السكان أنفسهم، وهنا تصبح الحالة خطرة حيث قد يصاب الذين يعتمدون على ماء البئر الملوثة بالأمراض، كذلك في المناطق الريفية – أوالصحراوية – نتجة تربية الحيوانات والقيام بالأنشطة الأخرى حول البئر، إذ تصل الفضلات والمواد العضوية إلى البئر فتبدأ البكتيريا بالتكاثر وازدياد أعدادها. وفي حالة وصول بكتيريا السالمونيلا أوالشيجيلا إلى ماء البئر، والتي يكون تكاثرها بطيئ بسبب درجة الحرارة المنخفضة، فإنه –رغم ذلك– يكون هناك خطورة على الشاربين من تلك البئر (المصلح، ١٩٨٨).

مع أنه من الأفضل الكشف عن البكتيريا الممرضة – في المياه –، التي مصدرها أمعاء الإنسان مثل بكتيريا التيفوئيد والباراتيفوئيد والكوليرا (والذي لا يجري – غالبا– إلا في حالة حصول وباء مائي، وفي بعض الإسالات المجهزة بمختبرات متطورة، إذ يتم – عادة – الكشف عن بعض أنواع البكتيريا الممرضة – للإنسان – وعن بعض الفيروسات، كذلك الكشف عن بعض أنواع البكتيريا التي قد تسبب لون ورائحة وطعم للمياه، علاوة على الكشف عن الإبتدائيات والديدان الطفيلية)، إلا أنه يُكشف – في العادة – عن بكتيريا القولون المرافقة لها في الأمعاء (وذلك لأن أعدادها أكبر من الممرضة وبقاؤها في المياه أطول والكشف عنها أسهل)، واعتبارها دليلا على تواجد البكتيريا الممرضة المعوية في المياه. والمعروف عن بكتيريا القولون (Coliforms) –عموما– أنها مجموعة من البكتيريا الهوائية واللاهوائية اختياراً، السالبة لصبغة جرام، لاتكون سبورات، تخمر اللاكتوز مع تكوين غاز وحامض (خلال ٢٤ – ٤٨ ساعة على درجة حرارة ٣٥ – ٣٧°س). ويمكن أن يكون مصدر بكتيريا القولون – بشكل عام – الإنسان، أوالحيوانات ذات الدم الحار أوالبارد، أوالتربة. وبالرغم من أن الكشف عن بكتيريا القولون – البرازية "الإشريكية القولونية" – (*E. coli*) معمول به عالميا في جميع المختبرات كدليل على تلوث المياه وعدم صلاحيتها للشرب، لكن يجب ملاحظة أنه ليس بالضرورة أن يكون مصدرها أمعاء الإنسان، فهي أيضا توجد في أمعاء الحيوانات ذات الدم الحار (كالأبقار وغيرها)، كما أنه يمكن أن تموت – هذه البكتيريا – وتختفي من المياه وتبقى ميكروبات ممرضة (مثل فيروسات الشلل وغيرها). وبصورة عامة يتم التركيز على بكتيريا الـ *E. coli* (كدليل) باعتبار الأمعاء مصدرها. أما بكتيريا *Aarobacter aerogenes* فعادة تهمل لأنه ليس بالضرورة مصدرها الأمعـــاء، فهي توجد بكثرة على النباتات وفي التربة، ولايُهـــتم ببكتيريا (*A. aerogenes*) هذه إلا في حالة استخدام المياه في الصناعات الغذائية لما تسببه من تلف مصحوب بتكوين حوامض وغازات (المصلح، ١٩٨٨).

تنتمي الإشريكية القولونيـــة (*E. coli*) إلى فصيلة الأمعـــائيات، وتتميـــز بأن فيهـــا إنزيمـــات الـــgalactosidase - وglucuronidase - ، وهي تتموفي درجة حرارة ٤٤- ٤٥°م في أوساط معقدة وتخمر اللاكتوز والمانيتول مع طرح حمض وغازات، كما تنتج الإندول من التربتوفان. ويمكن أن تنمو بعض ذراريها عند درجة حرارة ٣٧ °م ولكنها لا تنموفي درجة حرارة ٤٤- ٤٥°م، وبعضها لا يطلق غاز. وهي لا تنتج الاكسيديز ولا تحلل اليوريا مائيا، وتكثر *E. coli* في براز الإنسان والحيوان، كما توجد في مياه المجارير والصبوبات المعالجة، وكذلك في جميع أنواع التربة والمياه الطبيعية المعرضة لتلوث برازي حديث، سواءً من قبل البشر أو الزراعة أوالحيوانات المتوحشة والطيور، في حين تُعرف الجراثيم القولونية المتحملة للحرارة بأنها مجموعة الكائنات الحية القولونية القادرة على تخمير اللاكتوز في درجة حرارة ٤٤ -٤٥°م، وتشمل جنس الإشريكية (*E. coli*)، وبدرجة أقل أنواع الكلبسيلة والأمعائية والليمونية. وخلافا للإشريكية القولونية يمكن للقولونيات المقاومة للحرارة أن تتكاثر في المياه الغنية عضويا، مثل الصبوبات الصناعية أوالمواد النباتية المتحللة والتربة على اختلاف أنواعها، ولهذا السبب، لايعتبر المصطلح المستخدم كثيراً وهوالقولونيات البرازية (Faecal Coliforms) صحيحاً، ويجب وقف استعماله (منظمة الصحة العالمية، ١٩٩٩).

إن وجود الجراثيم اللابرازية التي تتناسب مع تعريفات الكائنات الحية القولونية – الكلية – (Total Coliforms) يحد من قابلية استخدام هذه المجموعة كمؤشر للتلوث البرازي، ويعد إجمالي الجراثيم القولونية مؤشراً غير مقبول بالنسبة للجودة الصحية في إمدادات المياه الموجودة في المناطق الريفية (وخصوصا المناطق المدارية) حيث تظهر الكثير من الجراثيم التي لا تتصف بالأهمية الصحية في جميع الإمدادات غير المعالجة تقريبا. ويوصى بأن تكون الإشريكية القولونية (*E. coli*) مؤشر الخيار الأول (عندما تكون موارد الفحص الميكروبيولوجي محدودة)، وفي حين تحقق الإشريكية القولونية الكثير من معايير المؤشر البرازي المثالي، فإن ذلك يتحقق بدرجة أقل من قبل القولونيات المتحملة للحرارة مما يجعل استخدام هذا الاختبار (فحص القولونيات المقاومة للحرارة) كبديل لاختبار الكشف عن الإشريكية القولونية. ولا تتعدى أهمية الكشف عن العقديات البرازية، وعاثية العصية القولونية – والمؤشرات البديلة الأخرى – في فحص جودة المياه عن كونها مؤشرات إضافية (لايوصى بفحصها)، ولايوصى – أيضا- بفحص المطثيات المخفضة للسلفيت من أجل المراقبة الروتينية للتلوث الميكروبيولوجي للمياه. ولأن الإشريكية القولونية هي الأكثر مناوعة والأسهل كشفا على الإطلاق بين جراثيم المؤشر البرازي، كما أنها هي الموجودة بأكثر الأعداد في البراز، فقد اعتمدت على أنها المؤشر المختار للنوعية البكتيريولوجية (منظمة الصحة العالمية، ١٩٩٩).

وهناك عدة طرق عالمية – معتمدة – للتحري عن بكتيريا القولونيات في المياه، منها طريقة الأنابيب المتكررة (Muliple tube method) لمعرفة العدد الأكثر احتمالا (Most probable number) لبكتيريا القولون في الماء (منظمة الصحة العالمية، ١٩٨٨). وتتلخص هذه الطريقة بتحضير ثلاث مجاميع من أنابيب الوسط المناسب

(اللاكتوز السائل أوالماكونكي) في كل مجموعة خمس أنابيب، تلقح المجموعة الأولى بـ ١٠ مل من عينة الماء والثانية بـ ١مل والثالثة بـ٠,١ مل (لكل أنبوبة)، وتحضن الأنابيب – الملقحة – على درجة الحرارة المعينة (٣٥ – ٣٧°س) وللمدة المحددة (يوم أويومين)، بعدها تعد الأنابيب الموجبة للنموالبكتيري (التي يتكون فيها غاز وحامض)، وبموجب جداول إحصائية – خاصة – يمكن معرفة العدد الأكثر احتمالاً (MPN) لبكتيريا القولون في الماء (المصلح، ١٩٨٨).

إن مصدر التلوث البيولوجي للمياه بالدرجة الرئيسية مخلفات الإنسان (برازية) ومياه التدبير المنزلي (مياه الصرف الصحي) غير المعالجة التي تصل إلى المياه الجوفية عن طريق ترشيح وتغلغل مياه المجاري مباشرةً من قنوات التصريف والحُفر الإمتصاصية (البيارات) وأحواض التجميع، كما هوالحال في اليمن، وفي بعض الحالات يصل التلوث البكتيري مع مياه الأنهار أوالسيول إلى الخزانات الجوفية خلال الشبكة المائية المُسربة. ويعتمد مستوى التلوث على سرعة التسرب وعلى فترة بقاء البكتيريا حية في المياه (عطروس، ٢٠٠٠). وخلافا لما هو حاصل في بلدان نامية (كاليمن) أولت البلدان المتقدمة – منذ عقود طويلة – أهمية كبيرة لدراسة تلوث مياه الآبار، فلقد عزل بعض الباحثين (Stiles *et al*.،١٩٢٧) بكتيريا القولون البرازي (*E. coli*) من مياه الآبار، في دراسة حول التلوث الأحيائي والكيميائي، وفسروا ذلك بسبب تواجد خندق تجريبي وُضع فيه فضلات برازيه ومواد كيميائيه مُلوثة والذي يبعد عن البئر ٢٣٢ قدم (كما وُجد أثار التلوث الكيميائي على بعد أكثر من ٤٥٠ قدم من الخندق)، وقد أشاروا إلى أن كلا البكتيريا والمواد الكيميائيه كانتا تسيران بنفس إتجاه جريان المياه الجوفية. ولقد أجرى بعض الباحثين (Allen and Geldreich ١٩٧٥) مسحاً لأربعة مناطق – في الولايات المتحده – تستخدم المياة الجوفية، حيث كانت نسبة بكتيريا القولون (الكلية) ٩%، ٥١,٤%، ١٥,٤%، ٣٩%، وبكتيريا القولون البرازي ٢ %، ٢٧%، ٣,٩%، ٩% من مجموع العينات المفحوصه للمناطق الأربعة على التوالي. وفي المنطقه الأخيره (مدينتي تينسي وجورجيا) كان السبب يعود إلى أن الخزانات المتماسكه في الآبار المحفورة تنتج مياه تحتوي بكتيريا القولون أكثر من الخزانات غير المتماسكة، كذلك الشروط غير الصحيحة لحفر الآبار، علاوة على أن تواجد هذه البكتيريا في البعض الآخر يعود إلى أن مصادر المياه الجوفية لم تتوافر لها حماية صحيحة (مثل خروج المياه من فتحة البئر أوفقدان غطاء البئر).

أما مارتن ونونان (Martin and Noonan١٩٧٧) فقد أجريا تحليلاً للمياه الجوفية القريبة من مناطق تُرمى بها الفضلات المنزلية، حيث تم عزل بكتيريا القولون البرازي والمسبحيات البرازية وبكتيريا *Clostridium perfringens*. وقام Tjostem and Young (1977) بدراسة حول تلوث مياه الآبار – في شمال شرق أيوا – بالنترات وبكتيريا القولون، وشملت الدراسة سبعة آبار حيث كانت البئران العميقتان المغلفتان صالحتان للشرب، عكس الآبار الخمسة التي تمتد فوق حجر الكلس (الحجر الجيرى) والتي لم تكن مغلفة حيث أظهرت مستويات متذبذبه للنترات وبكتيريا القولون أكثر من البئرين العميقتين، لهذا أستُنتج أن التلوث السطحي يدخل من خلال حجر الكلس ولا يدخل في الآبار التي تنتهي بالحجر الرملي. وفي دراسة عن عملية تزويد المياه

الجوفيه بمياه الفضلات التي يتم ترشيحها وجد بعض الباحثين Schmidt *et al.* (1978) أن نسبة بكتيريا القولون البرازي في مياه الفضلات انخفضت من ١٠^٦ بكتيريا /سم^٣ إلى أقل من ١٠^٢X٢ بكتيريا / سم^٣ عند وصولها للمياه الجوفية. وخلصت نتائج المسح الميداني للآبار والمشاريع الأهلية ومحطات تعبئة المياه في أمانة العاصمة صنعاء (مجلس حماية البيئة، ١٩٩٣)، الذي تم فيه أخذ إحدى وعشرون عينة من آبار إرتوازية (جوفية) من مختلف مناطق الأمانة (صنعاء) ذات الإحتمالات الكبيرة للتلوث إلى وجود التلوث الجرثومي بالقولونيات الكلية (TC >10/100 ml) في عشر عينات، واحتوت تسع عينات على أعداد من القولونيات الكلية تتراوح بين ١ – ١٠ / ١٠٠ مل (مشكوك في صلاحيتها للشرب)، في حين أن بئرين فقط – من الـ٢١ بئرا المدروسة – خلت من أي وجود للتلوث الجرثومي.

إن تسرب مياه المجاري خلال التربة إلى طبقات الأرض الجوفية الحاوية للمياه يُعد مشكلة بيئية حقيقية، ولم تعد هذه المشكلة في اليمن مقتصرة على حوض مائي بعينه، بل ربما شملت جميع الأحواض المائية الجوفية الخاصة بالمدن اليمنية، حيث تتبع أساليب قاصرة للصرف الصحي. ومع قلة الأبحاث العلمية الضرورية لفهم المشكلة وتحديد أبعادها، وغياب الإشراف – الرسمي – على مصادر المياه التابعة للأهالي (بحجة انها تتبع القطاع الخاص)، وفي ظل غياب الوعي البيئي وغياب التشريعات القانونية. كل ذلك يسير باتجاه عدم ضمان صلاحية المياه المستخدمة من هذه المصادر، حيث لا تتم كلورة هذه المياه (المعاملة بالكلور) ولا يجرى عليها أي فحص دوري مع غياب الأجهزة المسؤولة عن الرقابة. ولذلك، فقد هدف هذا البحث إلى تقييم نوعية مياه الآبار الأهلية المستخدمة في الشرب من الناحية البكتيرولوجية (وفقا للقيم الدلالية المحددة من قبل منظمة الصحة العالمية – بدرجة أساسية – نظرا لعدم صدور المواصفات القياسية اليمنية)، والوقوف عند حجم مشكلة تلوث الآبار الجوفية – في العاصمة صنعاء – بالمجاري، وتقدير حجم الخطر الذي قد يكون وشيكا خاصة مع تزايد الاعتقاد السائد حاليا بأن نسبة كبيرة من الامراض التي تصيب السكان (المستهلكين) عن طريق المياه سببها تلوث هذه المياه بمخلفات الصرف الصحي، الأمر الذي قد يساهم في تغطية النقص الحاصل في المعلومات مما قد يساعد صناع القرار على اتخاذ اجراءات عملية ملائمة لتقليل الأضرار وحماية الصحة العامة ومنع انتشار الأمراض والأوبئة وصيانة الثروة المائية.

المواد وطرق العمل:

تم تحديد منطقة الدراسة – هذه – بمدينة صنعاء (أمانة العاصمة)، التي تبلغ مساحتها ٢٢٢ كم^٢ وعدد سكانها ١،١٤٠،٠٩١ نسمة بحسب نتائج التعداد العام للسكان والمساكن عام ١٩٩٤ (الجهاز المركزي للإحصاء، ١٩٩٩) موزعين على ١٠ مديريات (هي : السبعين، الوحدة، الصافية، معين، التحرير، صنعاء القديمة، آزال، الثورة، شعوب، والروضة – بني الحارث). وتقع جميع هذه المناطق الإدراية كليا (بنسبة ١٠٠ %) ضمن حوض صنعاء المائي (الهيئة العامة للموارد المائية، ١٩٩٦). وقد شملت هذه الدراسة (التي أجريت خلال العام ٢٠٠٣م) ثلاثين بئرا جوفية مملوكة للأهالي (موزعة بالتساوي على مناطق شمال ووسط وجنوب المدينة) وكما هوموضح

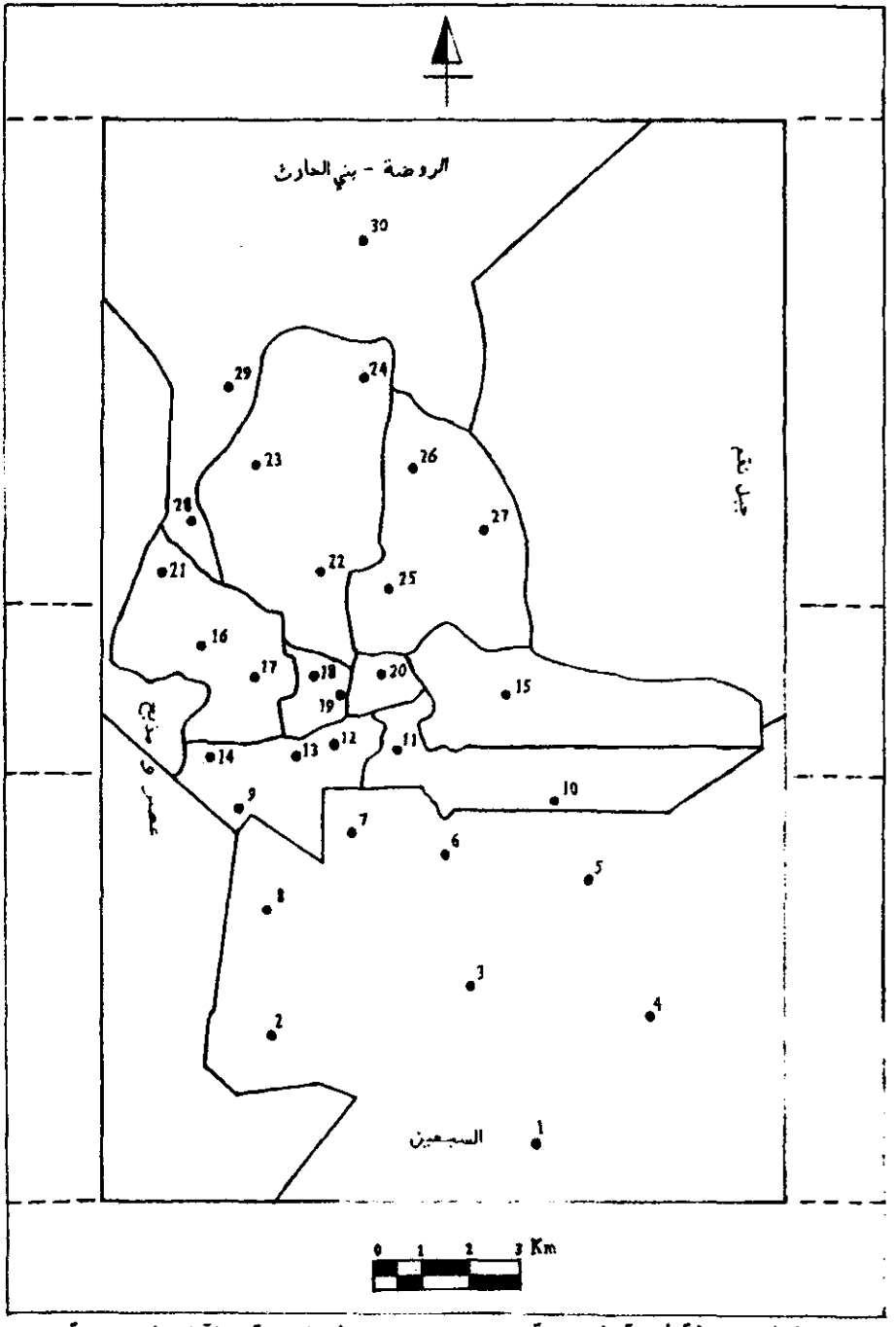
على الخريطة (شكل رقم: ١). وقد تم اختيار الآبار المدروسة عشوائيا من بين ١٢٠ بئرا – تقريبا – هي جملة الآبار الأهلية العاملة التي تم حصرها في مسح ميداني شامل لمنطقة الدراسة – موزعة على مختلف المديريات –، والتي تقوم ببيع المياه غير المعالجة (للشرب والاستخدامات الأخرى)، وذلك من خلال شبكة أنابيب خاصة إلى المنازل، أوعن طريق الصهاريج المتنقلة لنقل المياه. وخلال النزول الميداني الذي جرى سابقا خلال الأشهر مارس، ابريل، ومايوتم جمع بعض المعلومات الميدانية الضرورية (عمق البئر ونوع الصرف الصحي المحيط بها) – (شكل رقم ٢).

جمعت العينات للفحص الجرثومي (فحص القلونيات الكلية Coliforms والإشريكية القولونية *E. coli* في ثلاث فترات زمنية (بمعدل عينة واحدة في اليوم)، وذلك خلال الأشهر سبتمبر، أكتوبر، ونوفمبر٢٠٠٣، بواسطة قوارير زجاجية معتمة ومغطاة سعة ٥٠٠ مل (بمكررين لكل فترة)، وباتباع الأساليب والخطوات الخاصة – مع مراعاة الاحتياطات اللازمة – في حالة جمع ونقل العينات للفحوصات البكتيريولوجية (منظمة الصحة العالمية، ١٩٨٨).ولقد نقلت عينات المياه في كل مرة خلال مدة قصيرة (لاتزيد عن ساعتين) إلى مختبر قسم الأراضي والمياه بكلية الزراعة – جامعة صنعاء حيث تم إجراء الفحص البكتيريولوجي– المراد دراسته – مباشرة.

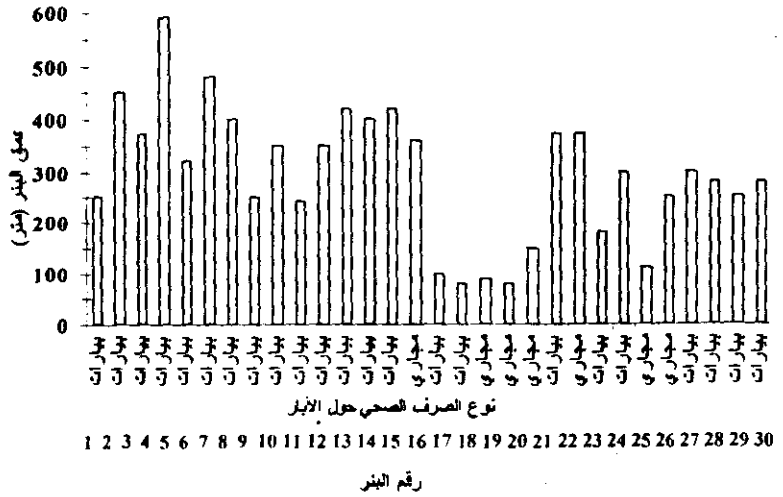
قدرت القولونيات الكلية (Total coliforms) والإشريكية القولونية (*E. coli*) باتباع تقنية الأنابيب المتكررة MPN technique (المفرجي والعزاوي، ١٩٩١)، باستعمال وسط Louryl tryptose broth في الاختبار الفرضي، ثم وسطي Brilliunt green bile lactose broth وEC broth في الاختبار التاكيدي لكل من القولونيات الكلية (Total coliforms TC) والإشريكية القولونية (*E. coli*) على الترتيب. وقد تم الاستدلال على الأنابيب الموجبة عن طريق الفقاعات الهوائية (تكون غاز) التي تظهر في أنبوبة درهام (Durham tube) المقلوبة، بعد حضن الأنابيب الملقحة لمدة ٢٤ –٤٨ ساعة على درجة حرارة ٣٥ – ٣٧°س للاختبار الفرضي، ثم على درجة حرارة ٣٥ – ٣٧°س و٤٤– ٤٤,٥°س للاختبار التاكيدي لكل من TC و*E. coli* على التوالي (Chris and Els, 2000). إن جميع الأوساط المستخدمة هي من إنتاج :
HiMedia laboratories put. Limited (India), (pro:2003 & exp :2006)

النتائج والمناقشة:

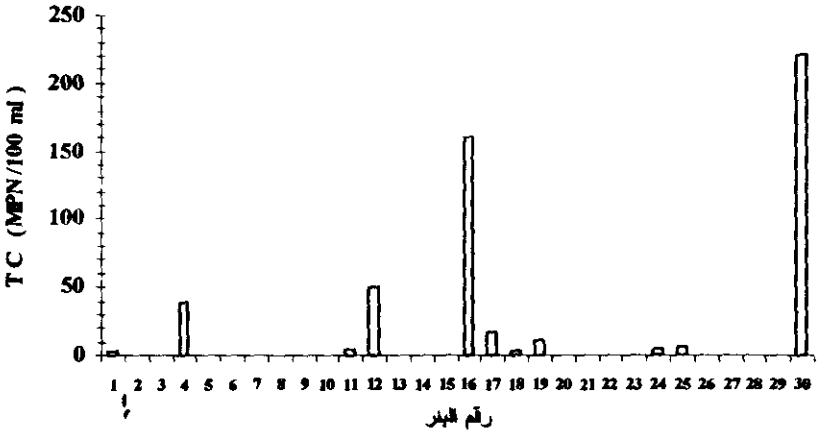
يبين الشكل (رقم: ٣–أ، ب) نتائج الفحص المختبري لكل من القولونيات الكلية والإشريكية القولونية لمياه الآبار الأهلية – المدروسة – بمدينة صنعاء (أمانة العاصمة)، التي تم تقسيمها إلى ثلاث مناطق (جنوب المدينة، وسط المدينة، شمال المدينة) بحسب قدم المساكن وكثافة السكان، إذ يمثل الوسط – مركز المدينة – المنطقة القديمة الأكثر كثافة سكانية ومساكن، والمأهولة منذ أمد بعيد، وتكون الضواحي الأكثر بعداً – عن المركز– هي الأقل كثافة سكانية والأحدث عمرانا، وذلك كلما زاد الابتعاد أكثر عن وسط المدينة سواءً باتجاه الشمال أوالجنوب، لتمثل مراحل التوسع في إمتداد المدينة.



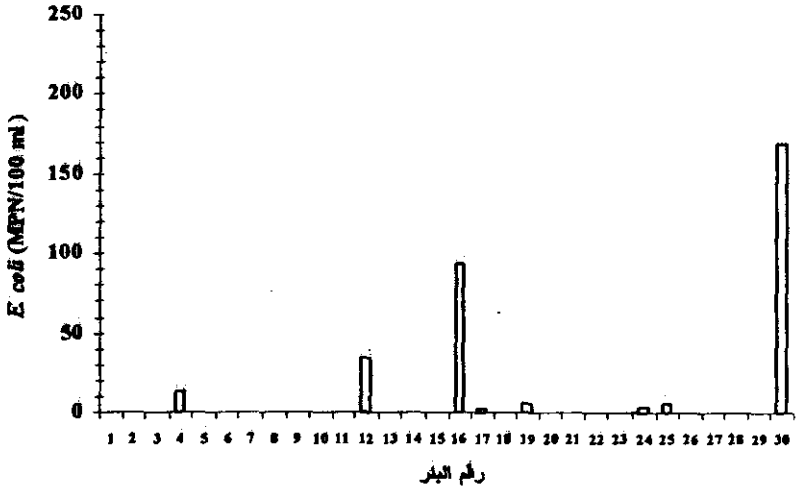
شكل (١): خارطة أمانة العاصمة-صنعاء موضح عليها مواقع الآبار المدروسة



شكل (٢): أعماق الآبار المدروسة ونوع الصرف الصحي في المنطقة المحيطة بالبئر



شكل (٣-أ): نتائج فحص القولونيات الكلية لمياه الآبار المدروسة



شكل (٣-ب): نتائج فحص الإشريكية القولونية لمياه الآبار المدروسة

وقد أظهرت التحاليل الإحصائية وجود علاقة ارتباط قوية (r=0.99) بين كل من القولونيات الكلية TCوالإشريكية القولونية *E. coli*، مما يؤكد أن مصدر بكتيريا القولون – في الآبار الملوثة جرثوميا – هوعلى الأرجح مخلفات الصرف الصحي، التي قد تكون تسربت إلى المياه الجوفية كنتيجة للأساليب غير السليمة -المتبعة – في التخلص من مخلفات المجاري (مثل البيارات الراشحة)، فمن المعروف أن مصادر المياه الجوفية تتلوث ببكتيريا القولون البرازية – من فضلات الإنسان والحيوان – وتصل هذه الملوثات إلى المياه الجوفية عن طريق تسرب مياه الصرف العادمة (Shepherd, 1962). إن أعداد بكتيريا القولون الكلية (TC) في جميع العينات المدروسة -الملوثة – هي أكثر من الإشريكية القولونية (*E. coli*)، وهوما أكده – سابقا – العديد من الباحثين (Eisen and Anderson, 1979 وAllen and Geldreich, 1975)، الذين وجدوا أن أعداد بكتيريا القولون البرازي يكون دائما أقل من الأعداد الكلية في نفس عينة الماء التي تخضع للفحص البكتيريولوجي، وذلك عند دراستهم لمصادر المياه الجوفية.

جدول (١): توزيع الآبار المدروسة وفقا لتلوث المياه بالقولونيات الكلية

الآبار المدروسة	القولونيات الكلية (Total)		المجموع
	≥ ١٠ *	< ١٠	
العدد	٢٤	٦	٣٠
النسبة	٨٠ %	٢٠ %	١٠٠ %

* القيمة الدليلية للشرب تبعا لمنظمة الصحة العالمية(WHO, 1984).

في حين يتضح من الجدول (رقم: ١) أن ٦ آبار فقط (تمثل ٢٠ % من جملة الآبار المدروسة) تعد غير صالحة للشرب (تحتوي > TC 10 / ١٠٠ مل) بحسب القيمة الدليلية للقولونيات الكلية (WHO, 1984)، نجد أن هناك ٨ آبار – بالمقابل – ملوثة بالإشريكية القولونية (تحتوي ≤ ١ *E. coli*/ ١٠٠ مل) – الجدول (٢) – مما يجعل ما نسبته ٢٦,٧ % من الآبار المدروسة – البالغة ٣٠ بئراً – غير صالحة للشرب، بحسب مواصفات منظمة الصحة العلمية (WHO, 1993).

إن هذا التباين بين نتائج TC ونتائج *E. coli* يؤكد ما ذهبت إليه منظمة الصحة العالمية – في تقريرها لعام ١٩٩٩ من أن إعتماد فحص الإشريكية القولونية، عوضا عن إجمالي القولونيات قد لا يعكس الحالة الحقيقية للتلوث البرازي (منظمة الصحة العالمية، ١٩٩٩). من جهة أخرى، ولأن أعداد الإشريكية القولونية – أوبكتيريا القولون البرازية Faecal colifroms (FC) – في جميع عينات المياه هي أقل من ٢٠٠ / ١٠٠ مل، فإن جميع الآبارالمدروسة تعد صالحة للري، حتى للمزروعات التي يكون للإنسان تماس مباشر معها (WHO, 1989)، علاوة على كونها صالحة لري المحاصيل التي تؤكل ثمارها بدون طهي، حيث يشترط ألا تزيد أعداد القولونيات البرازية – في هذه الحالة – عن FC1000 / ١٠٠ مل.

جدول (٢): توزيع الآبار المدروسة وفقا لتلوث المياه بالإشريكية القولونية

الآبار المدروسة	الإشريكية القولونية (*E.coli* /100 ml)		المجموع
	* 0	≤ ١	
العدد	٢٢	٨	٣٠
النسبة	% ٧٣,٣	% ٢٦,٧	% ١٠٠

* القيمة الدليلية للشرب تبعا لمنظمة الصحة العالمية(WHO, 1993).

إن استخدام مياه هذه الآبار الملوثة بالقولونيات في الشرب – كما هوحاصل – قد يكون فيه خطر كبير على صحة الإنسان، وانتشار الأمراض والأوبئة التي تنتقل بواسطة المياه، الأمر الذي يستوجب – من الجهات المعنية – إدراك المشكلة ومعالجتها، وتخصيص استعمال مياه مثل هذه الآبار – الملوثة جرثومياً – في استخدامات أخرى غير الشرب (كالزراعة) في حالة استخدام هذه المياه مباشرة كما هي (بدون تعقيم).

وبحسب مقاييس مياه الآبار الموضوع من قبل وزارة الصحة البريطانية – الذي أشار إليه Burrowe (1973) – والذي قسم المياه (وفقا لأعداد القولونيات الكلية) إلى خمسة أنواع، فإن الجدول (٣) يبين –أيضا– أن ست آبار، تمثل ٢٠ % من جملة الآبار المدروسة تعد – مياهها – غير مقبولة ولا تصلح للشرب، منها أربع آبار تقع في وسط المدينة (تمثل ٤٠ % من الآبار المدروسة على مستوى المنطقة، البالغة ١٠ آبار).

جدول (٣) : تصنيف مياه الآبار – في مختلف مواقع الدراسة – وفقاً لأعداد القولونيات الكلية

التقسيم*		الآبار المدروسة						المجموع	
		جنوب المدينة		وسط المدينة		شمال المدينة			
نوع الماء	القولونيات الكلية Total coliforms (/100ml)	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %
مقبول تماما	١ >	٨	٨٠	٤	٤٠	٦	٦٠	١٨	٦٠,٠
مقبول	١ – ٢	٠	٠	٠	٠	١	١٠	١	٣,٣
مشكوك فيه	٣ – ١٠	١	١٠	٢	٢٠	٢	٢٠	٥	١٦,٧
غير مقبول	١٠ >	١	١٠	٤	٤٠	١	١٠	٦	٢٠,٠
مجموع		١٠	١٠٠	١٠	١٠٠	١٠	١٠٠	٣٠	١٠٠,٠

* بحسب مقاييس مياه الآبار الموضوع من قبل وزارة الصحة البريطانية (Burrowe, 1973).

إن تركز معظم التلوث الجرثومي لمياه الآبار في المنطقة الواقعة في وسط المدينة (مقارنة بشمال وجنوب المدينة) يمكن أن يعزى إلى تواجد آبار بيع المياه الأهلية الواقعة في وسط مدينة صنعاء، بالقرب من بيارات المياه العادمة الملوثة المنزلية (مجلس حماية البيئة، ١٩٩٣)، علاوة على ما تعانيه هذه المنطقة – في الواقع – من زيادة الكثافة السكانية والمساكن ووجود مشاكل في نظام الصرف الصحي، وأسلوب الحفر العشوائي للبيارات الراشحة التي يعتمد عليها كثيراً في تصريف المخلفات المنزلية، مما يهدد المياه الجوفية بالتلوث. كما أن نضوح هذه البيارات – بعد امتلائها – هوسببا آخر لتلوث البيئة (الصلوي ومحمد، ١٩٩٦).

وطبقا للقيم الدليلية المعتمدة الموصى بها من قبل منظمة الصحة العالمية، يشير الجدول (٤) إلى أن ٢٢ بئرا أهلية (تشكل نسبة ٧٣,٣% من الآبار المدروسة) هي آبار غير ملوثة جرثوميا – سواءً بالقولونيات الكلية أوبالإشريكية القولونية- وتعد صالحة للشرب، أما النسبة الباقية (٢٦,٧%) المتمثلة بعدد ثماني آبار، فإن بئرين منها يرجع عدم صلاحية مياههما للشرب إلى وجود الإشريكية القولونية فقط (إشريكية قولونيه ≥ ٤) رغم أن أعداد القولونيات الكلية تقع ضمن الحدود المسموح بها في إمدادات المياه غير المنقولة بالأنابيب (قولونيات كلية ≥ ١٠)، في حين أن الست آبار – الملوثة- الأخرى هي ملوثة طبقا لمؤشرى القولونيات الكلية والإشريكية القولونيه (TC و *E. coli*) معا، والتي تشمل البئر (رقم ٣٠) المحتوية على أعلى مستوى من التلوث البكتيريولوجي – في هذه الدراسة – والواقعة في أقصى شمال المدينة، حيث تتسرب مياه المجاري العادمة الملوثة (منازل، معامل، مصانع، مستشفيات) إلى الخزان الجوفي من أحواض تجميع مياه الصرف الصحي لمدينة صنعاء الواقعة في منطقة الروضة – بني الحارث (مجلس حماية البيئة، ١٩٩٣)، والمعروفة بالمحطة القديمة التي تم إنشاؤها عام ١٩٨٦. وأن التخلص من مياه المجاري العادمة بطرق غير سليمة

(مما يجعلها تتسرب إلى المياه شبه السطحية والجوفية وتلوثها) هومشكلة حتى في ظل وجود محطة المعالجة الواقعة بالقرب من مطار صنعاء- في اقصى شمال المدينة والتى أنشئت عام ٢٠٠٠ بطاقة قدرها ٥٠٠٠٠م٣/يوم - (عطروس، ٢٠٠٠)، وهذه الكميه تقل كثيرا عن كميات المياه العادمة التي تستقبلها هذه المحطة، والتي يتم تصريفها كما هي - في أحيان كثيرة - إلى مجرى وادي بني حوات (قرب مطار صنعاء) المليء بمياه الصرف العادمة القادم من مدينة صنعاء (الجنيد، ٢٠٠١).

جدول (٤) : توزيع الآبار - في المناطق المدروسة - بحسب نوع التلوث الجرثومي

المنطقة	الآبار المدروسة	نوع التلوث في المياه			جملة الآبار الملوثة (غير الصالحة للشرب)	جملةالآبار غير الملوثة (الصالحة للشرب)	مجموع
		TC (>10/100 ml)	*E. coli* (≥1/100ml)	*E. coli*+TC			
جنوب المدينة	العدد	٠	٠	١	١	٩	١٠
	النسبة	٠%	٠%	١٠%	١٠%	٩٠%	١٠٠%
وسط المدينة	العدد	٠	٠	٤	٤	٦	١٠
	النسبة	٠%	٠%	٤٠%	٤٠%	٦٠%	١٠٠%
شمال المدينة	العدد	٠	٢	١	٣	٧	١٠
	النسبة	٠%	٢٠%	١٠%	٣٠%	٧٠%	١٠٠%
المجموع	العدد	٠	٢	٦	٨	٢٢	٣٠
	النسبة	٠%	٦,٧%	٢٠%	٢٦,٧%	٧٣,٣%	١٠٠%

إن العلاقة بين مستوى التلوث البرازي - بالإشريكية القولونية - في الآبار المدروسة ونوع الصرف الصحي (بيارات، مجاري) المحيط بالبئر - الموضح في الجدول (٥) - تشير (بشكل عام) إلى أن نسب التلوث البرازي (تواجد الإشريكية القولونية) في الآبار التي تقع في مناطق تستخدم نظام البيارات (الحفر الراشحة) في الصرف الصحي - خلال فترة هذه الدراسة - هوأقل، مقارنة بتلك التي في مناطق تستخدم نظام شبكة المجاري في الصرف الصحي (٨,٧ % و٧,٤ % من الآبار المدروسة في مناطق البيارات هي: ملوثة - تحتوي ١ - ١٠ *E. coli*/ ١٠٠مل - وملوثة جدا - تحتوي > ١٠ *E. coli* / ١٠٠ مل -، مقارنة بـــ: ٢٨,٦ % وصفر% في مناطق المجاري هي: ملوثة وملوثة جدا، على الترتيب)، وإن ارتفاع إجمالي هذه النسب - للتلوث البرازي - في حالة الآبار التي تقع بالقرب من المناطق التي تستخدم شبكة المجاري العامة في الصرف الصحي، يمكن أن يعزى - كما هوواقع الحال - إلى أن الكثير من هذه المناطق كانت تستخدم نظام البيارات في السابق، ولم تصلها خدمة شبكة الصرف الصحي العمومية إلا في وقت قريب. إذ أن التربة المشبعة بالمياه العادمة تحتاج إلى وقت طويل حتى يزول أثرها - كمصدر للتلوث -، وإن مشكلة تلوث المياه الجوفية بمياه الصرف الصحي ستظل قائمة حتى بعد الانتهاء من تنفيذ شبكة مجاري أمانة العاصمة صنعاء بالكامل، وإذا تم ذلك - مستقبلا - فإن انتهاء هذه المشكلة سوف يأخذ وقتا قد يصل إلى عدة سنوات (عطروس، ٢٠٠٠)، فضلاً عن أن الجزء من شبكة المجاري العامة (التي يتم تنفيذها في بعض أحياء العاصمة) تعاني

الكثير من المشاكل الفنية والإهمال، مما يؤدي الي الإنسداد والتلف – لأجزاء كبيرة منها – ويجعلها مصدراً للتلوث وخطراً على صحة المجتمع، خاصة مع عدم مراعاة شروط السلامة وعدم حجب المياه السطحية عند وضع تصاميم العديد من الآبار.

جـدول (٥): توزيع الآبار الملوثة بالإشريكية القولونية حسب نوع الصرف الصحي للمنطقة المحيطة

الآبار المدروسة			مستوى التلوث البرازي (*E.coli*/100ml)						مجموع	
			٠		١ – ١٠		١٠ <			
			غير ملوثة		ملوثة		ملوثة جداً			
نوع الصرف الصحي (حول البئر)	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %
بيارات	٢٣	٧٦,٦٧	١٧	٧٣,٩	٢	٨,٧	٤	١٧,٤	٢٣	١٠٠
مجاري	٧	٢٣,٣٣	٥	٧١,٤	٢	٢٨,٦	٠	٠,٠	٧	١٠٠
المجموع	٣٠	١٠٠	٢٢	٧٣,٣٣	٤	١٣,٣٣	٤	١٣,٣٣	٣٠	١٠٠

يبين الجدول (٦) علاقة مستوى التلوث البرازي بعمق البئر. وبشكل عام، فإن الآبار التي عمقها أقل من ١٠٠ متر كانت الأكثر تعرضاً للتلوث بالإشريكية القولونية (٦٦,٧ % وصفر % تحتوي ١ – ١٠ *E. coli*/ ١٠٠مل و> ١٠ *E. coli* / ١٠٠ مل على التوالي)، والذي ربما يعود إلى قربها من مصادر التلوث بالمجاري (السطحية وتحت السطحية)، الأمر الذي يساعد على سرعة تلوثها نظراً لقرب المسافة من مصادر التسرب. وربما – أيضاً – تكون تغذية المياه الجوفية مباشرة بالمياه الملوثة أكثر حدوثاً في الأعماق القريبة (كما هوالحال هنا)، خاصة عند عدم توافر الشروط الصحية، وتقارب المسافات– سواء الجانبية أوالرأسية – بين البئر ومصدر التلوث (عطروس، ٢٠٠٠).

وبعد استثناء البئر الوحيدة (رقم ٤) التي يزيد عمقها عن ٥٠٠ متر وعدها حالة استثنائية حيث، يمكن إرجاع سبب تلوث مثل هذا العمق الكبير (٥٠٠ –٦٠٠ م) إما إلى عدم وجود حماية للبئر من مصادر المجاري، أوإلى احتمال وجود تصدعات وتشققات في الخزانات الجوفية، أونتيجة لتصميم البئر غير السليم والضخ الجائر من الخزانات العميقة (عطروس، ٢٠٠٠)، فإن التلوث الجرثومي (بالإشريكية القولونية) الذي يقل – بشكل عام – بزيادة عمق البئر عن ١٠٠ م (وإن كانت بنسب متفاوتة قد تعود إلى خصوصية كل بئر وإلى اختلاف الطبقات الأرضية وقدرة أنواع الترب المختلفة على حجز البكتيريا)، يمكن فهمه من خلال القول بأن تسرب الملوثات نحوالأسفل ووصول البكتيريا إلى أعماق أبعد سوف يستغرق وقتاً أطول.

جدول (٦): توزيع الآبار الملوثة بالإشريكية القولونية حسب الأعماق التقريبية

الآبار المدروسة			مستوى التلوث البرازي (*E.coli*/100ml)						مجموع	
			٠		١ – ١٠		١٠ <			
			غير ملوثة		ملوثة		ملوثة جداً			
عمق البئر (بالأمتار)	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %	العدد	النسبة %
١٠٠ >	٣	١٠,٠٠	١	٣٣,٣	٢	٦٦,٧	٠	٠,٠	٣	١٠٠
١٠٠ – ٢٠٠ >	٤	١٣,٣٣	٢	٥٠,٠	١	٢٥,٠	١	٢٥,٠	٤	١٠٠
٢٠٠ – ٣٠٠ >	٧	٢٣,٣٣	٦	٨٥,٧	٠	٠,٠	١	١٤,٣	٧	١٠٠
٣٠٠ – ٤٠٠ >	٩	٣٠,٠٠	٨	٨٨,٩	١	١١,١	٠	٠,٠	٩	١٠٠
٤٠٠ – ٥٠٠ >	٦	٢٠,٠٠	٥	٨٣,٣	٠	٠,٠	١	١٦,٧	٦	١٠٠
٥٠٠	١	٣,٣٣	٠	٠,٠	٠	٠,٠	١	١٠٠,٠	١	١٠٠
المجموع	٣٠	١٠٠,٠٠	٢٢	٧٣,٣٣	٤	١٣,٣٣	٤	١٣,٣٣	٣٠	١٠٠

المراجع:

البنك الدولي (١٩٩٧) اليمن نحو استراتيجية للمياه (تقرير، رقم : ١٥٧١٨).

الجنيد، عز الدين (٢٠٠١) ورقة عمل قطرية في تنمية الموارد المائية غير التقليدية والآثار المترتبة عليها في جمهورية اليمن / الندوة القومية حول التقانات البديلة لتنمية الموارد المائية من المصادر غير التقليدية والآثار المترتبة عليها (القاهرة ١١ – ١٤ يونيو، ص : ٣٨٧ – ٤٢٦). المنظمة العربية للتنمية الزراعية. الخرطوم، السودان.

الجهاز المركزي للإحصاء (١٩٩٩) كتاب الإحصاء السنوي (ص: ٤٩ – ٨٨). الجمهورية اليمنية.

الراوي، ساطع محمود (١٩٩٩) خطورة تلوث المياه الجوفية بالفضلات الصناعية من آبار الحقن. المجلة العربية لإدارة مياه الري (العدد ١، ص : ٤٠ – ٤٥). المنظمة العربية للتنمية الزراعية. الخرطوم، السودان.

الصلوي، محمد سعيد ونوري جمال محمد (١٩٩٦) مضامين السياسات المتعلقة باستعمالات مياه الشرب في المناطق الحضرية / دراسة نمطية لكل من صنعاء وتعز. ندوة الإدراة المتكاملة للموارد المائية في اليمن (صنعاء ٩ – ١١ ديسمبر، ص : ١١– ٢٢). الهيئة الهامة للموارد المائية صنعاء، اليمن.

المصلح، رشيد محجوب (١٩٨٨) علم الأحياء المجهرية للمياه. جامعة بغداد، جمهورية العراق.

المفرجي، طالب كاظم وشذى سليمان العزاوي (١٩٩١) علم الأحياء المجهرية للتربة والمياه – الجزء العملي. جامعة بغداد، العراق.

الهيئة العامة للموارد المائية (١٩٩٦) حوض صنعاء – تقرير. صنعاء، الجمهورية اليمنية.

جركس، أمل (٢٠٠٠) استخدامات مياه الصرف الصحي في الري. المجلة العربية لإدارة مياه الري (العدد ٣، ص : ٥١ –٥٧). المنظمة العربية للتنمية الزراعية. الخرطوم، السودان.

صقران، عبد الحميد سالم (٢٠٠٢) واقع الموارد المائية وإمكانية استعمال المياه العادمة المعالجة للري الزراعي في اليمن. المجلة اليمنية للبحوث الزراعية (العدد ٥، ص : ٩١ – ١١٣). كلية ناصر للعلوم الزراعية. عدن، اليمن.

عطروس، على سعد (٢٠٠٠) المياه الجوفية (الطبعة الأولى). مطابع الشامي التجارية. صنعاء، الجمهورية اليمنية.

مجلس حماية البيئة (١٩٩٣) تقرير المتابعة حول تلوث المياه الجوفية في حوض صنعاء الجمهورية اليمنية.

منظمة الصحة العالمية (١٩٨٨) دلائل جودة مياه الشرب (مترجم / الجزء الثالث). المكتب الأقليمي لشرق البحر المتوسط. الإسكندرية، مصر.

منظمة الصحة العالمية (١٩٩٩) دلائل جودة مياه الشرب – الطبعة الثانية (مترجم / الجزء الأول). المكتب الأقليمي لشرق المتوسط. الإسكندرية، مصر.

هاشم، عبد الحليم (١٩٩٦) الآثار الصحية المترتبة على تلوث المياه. ندوة الإدارة المتكاملة للموارد المائية في اليمن (صنعاء ٩ – ١١ ديسمبر، ص : ٥٧ – ٧١). الهيئة العامة للموارد المائية. صنعاء، اليمن.

Allen, M.J.and Geldreich, E.E. (1975): Bacteriological criteria for groundwater quality. Groundwater (13 : 45-52.

Burrowe, W. (1973): Microbiology of water and Sewage. In : Textbook of Microbiology, W.B. Saunders Company. Philadelphia, London, Toronto.

Chris, W.M.and Els, L. D. M. (2000): Bacteriological analysis, In : Handbook of water analysis (edited by Leo, M.L.Nollet). Marcel Dekker, Inc. New York, USA.

Eisen, C. and Anderson, M.P. (1979): The Effects of urbanization on groundwater quality – A case study. Groundwater 17: 456-462.

Martin, G.M. and Noonan, M.J. (1977): Effects of domestic waste water disposal by land irrigation on groundwater quality of the central Canterbury Plains. Water and Soil. Technical Publication No. 7. Willington, New Zealand, 25 P. Water Poll. Control. Fed. (15): 1734-1737.

Schmidt, C.J. *et al.*, (1978): A survey of practices and Regulations for Reuse Of water by Ground water Recharge. J. Amer. Water Works Assoc. 30. (Cited by: Allen, M.J.1979. Microbiology of Ground Water. J. Water Poll. Control Fed. (15): 1744 – 1746).

Shepherd, J.M. (1962): Pollution of Ground water Supplies by Sewage. Proc. Soc. Water (11): 12-16.

Stiles, L. W.; H.W.Crohurst; and G.E. Thompson (1927): Hygiene Laboratory. United States Public Health Servic Bull. 147.

Tjostem, J.L. and J. Young (1977): Bacterial and nitrate contamination of well water in north east Iowa. Proc. Iowa. Acad. Sci. (84): 14-22.

WHO (1984): Guidelines for drinking-water quality, Vol. 1. World Health Organization, Geneva.

WHO (1989): Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture, WHO technical Report Series 778. World Health Organization, Geneva.

WHO (1993): Guidelines for drinking-water quality (second edition) Vol. 1. World Health Organization, Geneva

ANALYSIS OF BACTERIOLOGICAL QUALITY INDICATOR FOR PRIVATE WELLS WATER AT THE CAPITAL SANA'A BY

Al Mansouri, J.A. K.

Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Sana'a University, Yemen.

ABSTRACT

Sanitary water infiltration into the underground stores may become one of the major environmental problems that, a crowded city like Sana'a may suffer from. In this city, incorrect ways for waste water drainage are followed such as the use of infiltration holes which pollutes ground-water stores, which are the main water resource in Yemen.

For microbial quality evaluation of water wells, mainly used for drinking purposes, and for determination of sources of sanitary pollution, total coliforms (TC) and *Escherichia coli* (*E. coli*) Bacteria in 30 private wells were analyzed during the year 2003. All wells are located on Sana'a water basin and are equally distributed over the middle, south and north of the city.

Results show that 26.7% of these studied private wells were not suitable due to pollution with *E. coli*. Water of these wells must be appropriately treated and sterilized before using for drink. However, such water could be used for irrigation. The results also revealed that 20 % of the polluted wells are contaminated with *E. coli* ($\geq$ 1/100 ml) as well as TC (> 10/100 ml). Wells' water pollution was especially concentrated in the older zone of the city (the center of city) where 40 % of the wells shown microbial contaminated with *E. coli*, compared to 30% and 10 % for the north and south of the city, respectively.

Key words: "Ground water, Microbial Pollution, Faecal Coliforms, Drinking water, Sana'a".