واقع مياه الشرب في مدينة بغداد
(تقدير مستوى العسرة)

أ.م.د.عارف محسن لفته *
م.م. عبد الكريم منير عبد الرزاق *
* مركز بحوث السوق و حماية المستهلك - جامعة بغداد

الخلاصة

إن مياه الشرب ذات أهمية خاصة في الحقل البيئي وذلك لعلاقته الشديدة بإنتشار الأمراض التي تنتقل بواسطته في حالة عدم مطابقته للمعايير القياسية التي حددتها منظمة الصحة العالمية من الناحية الجرثومية وتأثيرها على المستهلك وخاصة بين الأطفال . تمت دراسة الواقع البيئي لمياه الشرب إضافة إلى نوعية مياه الشرب وتقدير مدى مطابقتها للمعايير المألوفة في هذا المجال . إن المياه على العموم توصف بالعسرة عند وجود تراكيز محددة لمعادن ذائبة مثل الكالسيوم والمغنيسيوم .كما وإن المياه العسرة ليست خطرة بدرجات عالية على صحة المستهلك , ولكن ربما تسبب بعض الأمراض والتعامل معها صعب لما تسببه من تراكم الترسبات في الأنابيب والأجهزة المنزلية إضافة إلى ذلك تسبب ضعف أداء مواد ومساحيق التنظيف و تأثيراتها على معايير النظافة . بالرغم من كثرة الموارد المائية للعراق والتي لا تحتاج إلى تحلية مياه إلا أن العراق مستقبلاً مهدد " بحرب المياه " حيث تؤثر الجارة تركيا على كميات المياه القادمة إلى العراق لأن نهري دجلة و الفرات تنبع من الأراضي التركية . لهذا لابد من مناقشة الأساليب المتبعة في تحلية مياه الشرب لأن العراق ربما يحتاج إلى تحلية مياه الشرب كأن يكون مصدرها مياه جوفية أو مياه بحار{ لأن هذه المصادر مياهها مالحة } . ومازال العراق يعتمد على نهري دجلة والفرات والعملية المتبعة هي تصفية مياه الشـــرب وتنقيته أو تطهيره حيث تم في هذه الدراســـة حساب مقدار عســـرة مياه الشـــرب في مدينة بغداد إضافة إلى ذلك مقدار عســـرة مياه البئر فيها وتمت مناقشة إســـتعمال غاز الكلور والأوزون من أجل جعل ماء الشـرب آمناً لحماية المســـتهلك . بينت النتائج بأن مســـتوي تركيز الأملاح الذائبة الكلية TDS بلغت مقداراً 808 ملغم / لتر بينما أن متوسط العسرة الكلية .T.H بلغت مقداراً 435 ملغم / لترغي نهر دجلة وسط مدينة بغداد وهو مؤشر سيء على نوعية مياه الشرب المجهز للمستهلكين . هذه الدراسة البحثية أن هذه النتيجة هي تقترب من الحدود المؤثرة أقتصاديات المستهلك وربما على صحته .

الكلمات الرئيسية :
عسرة مياه الشرب , مدينة بغداد , مياه سطحية و جوفية (بئر) .

ABSTRACT

The drinking water is particularly important in the field of the environment for its relationship to the spread of diseases that carried by water in the case of does not satisfying the standards set by the world health organization and its impact on consumers especially children. In this research we have studied the environmental situation of drinking water in addition to that the quality of it including an assessment their compliance with common standards in this area. Water is generally described as hardness when presence of a dissolved minerals such as Calcium and Magnesium these water are not dangerous of high levels on consumer health and it may cause some diseases. It is difficulty is the accumulation of sediment in pipes and household appliances in addition to that caused poor performance of cleaning materials and detergents and their impact on hygiene standards. Despite the fact that many water resources in Iraq which not need to water desalination but the water war threatened the future of Iraq resources of water. For this ought to be discussed the methods used in the desalination of drinking water from ground water or sea water. Iraq is still dependent on the two rivers and the process followed is filtering drinking water and purified or disinfected where in this study we have calculated the amount of water hardness in Baghdad city as well as the amount of well water hardness including a discussion the use of chlorine gas and ozone in order to make drinking water safe for consumer protection. Results have shown that level of total dissolved solids TDS was 808 mg/L in Tigers river while the mean of total hardness T.H. was 435 mg/L in middle of the Baghdad city. These results were represent a worse indicator for the quality of drinking water supplied to the consumers and a conclusion was reached that these results have effect on the economical factors and health of the consumer .

Key words : drinking water hardness , Baghdad city , underground and river water.

المقدمـــة :

إن الماء هو وقود جهاز التبريد في جسم الإنسان ومكيفه وله الدور الأهم في العمليات الحيوية فيه , والماء بهيئته الحرة يأتي من موقعين إما سطحي أو جوفي , فالمياه السطحية هي مياه الأنهار والسدود والبحيرات والخزانات الموجودة على سطح الأرض , وتتعرض لمختلف الملوثات الزراعية . تحتوي المياه السطحية على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة مع المياه الجوفية التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح لذلك تعد المياه السطحية مياه غير عسرة وتهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب إرتفاعاً في العكر وتغييراً في اللون والرائحة وطرق المعالجة تختص بالدرجة الرئيسية على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير . بينما تعد الآبار نقية ويعتمد عليها في الكثير من سكان العالم إلا أن الآبار العميقة تنتج مياه تحتاج إلى معالجة فيزيائية وكيميائية متقدمة وباهضة الثمن وذلك من أجل إزالة الغازات الذائبة مثل كبريتيد الهيدروجين وثنائي أوكسيد الكاربون وغيرها أو بإزالة بعض المعادن الذائبة مثل الحديد , والمنغنيز , والمعادن الأخرى المسببة لعسرة الماء [1] . تتكون عسرة الماء من مركبات الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة و يلمس الحالة هذه المستهلك إذ أن لها تأثير سلبي على فاعلية الصابون ومواد التنظيف الأخرى إضافة إلى تكون الرواسب في الغلايات وأنابيب نقل المياه [2] .

المؤشرات المعتمدة لقياس نوعية المياه السطحية:-

إن المؤشرات التي يعتمدها العراق كقياس لنوعية المياه السطحية هي كالاتي :

① - الدالة الحامضية (pH) : وهي مؤشر مهم لمعرفة إتجاه التفاعل في المحلول والتي تحدد إتجاه التأكسد والإختزال , ومن العوامل التي تؤثر على الدالة الحامضية هي الملوثات الطبيعية إضافة إلى مخلفات الصرف الصحي والمخلفات الصناعية والزراعية التي تحوي على آيون الهيدروجين , بينما الغازات المكونة للهواء { مثل NO_3 , و SO_2 , و CO_2 } عند ذوبانها في الماء تنتج أحماضاً مخففة فيه . إن الماء هو متعادل وتميل مياه الأنهر العراقية إلى القاعدية نتيجة التلوث بالمخلفات الطبيعية والمخلفات لنشاطات الإنسان [3] .

② - الكلوريدات (Cl) : تصنف الكلوريدات في الماء إلى مجموعة الهالوجينات ويميز طعمها في الماء بواسطة اللســان بحدود 250 ملغم / لتر { 250 جزء بالمليون (ppm) } على شكل أملاح الصوديوم بينما تميز بحدود 1000 ملغم / لتر { 1000 جزء بالمليون (ppm) } على شكل أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم . وتزداد نسب الكلوريدات نتيجة العناصر الآتية : مياه البزل من الأراضي الزراعية , ومخلفات الصرف الصحي , ومخلفات الحيوانات المختلفة , ومخلفات الصناعات الجلدية والنفطية [4] .

③ - المواد الصلبة الذائبة في الماء { TDS وهي درجة تركيز المواد الصلبة } : يعتبر الماء مذيب جيد للمواد التي تدخل إليه والقابلة للذوبان ويعتبر قياس المواد الصلبة الذائبة في الماء قياس للمعادن والأملاح السالبة والموجبة الذائبة في الماء وهو يمثل أيضاً الأملاح اللاعضوية ومنها أملاح كل من الكالسيوم , والمغنيسيوم , والبوتاسيوم , والصوديوم , وأملاح البيكاربونات والكبريتات , إضافة إلى ذلك المواد العضوية الذائبة إذ يعتبر هذا القياس وبالذات الطعم للمياه دليل على نوعية المياه . بناءاً على تقارير الأمم المتحدة أن من بين البشر أناس يبلغ عددهم 1.1 بليون يتناولون بإستمرار ماء الشرب الغير آمن أو الغير صالح لكن طبقاً للتقارير هذه أن العراق كان ومازال مواطنوه يتناولون ماء الشرب الأمين أو الصالح وبنسبة تساوي 85 % من بين (19) تسعة عشر قطراً من دول العالم وكما يوضحه الجدول رقم (1) [5] :

جدول 1 يبين النسبة المئوية للأشخاص الذين يتناولون مياه الشرب الصالحة فيما بين (19) تسعة عشر قطراً في العالم [5] .

القطر	النسبة المئوية	القطر	النسبة المئوية	القطر	النسبة المئوية	القطر	النسبة المئوية
البرازيل	87	أذربيجان	78	الجزائر	89	ألبانيا	97
العراق	85	مصر	97	كوبا	91	شيلي	93
بيرو	80	مراكش	80	المكسيك	88	إيران	92
تركيا	82	جنوب أفريقيا	86	السودان	67	سوريا	80
-	-	زامبابوي	83	فنزويلا	83	تونس	80

نشرت حديثاً وكالة حماية البيئة الأمريكية إستناداً على دراسات أجريت في الولايات المتحدة الأمريكية وفي الأقطار النامية الأخرى بان عدد الحالات المرضية من الأمراض المستوطنة المنقولة بماء الشرب في السنة الواحدة بلغ عددها كمعدل يساوي 16 ست عشرة مليون .إن تفهم هذه المعلومات حول مخاطر الأمراض المنقولة بالماء (waterborne) وهي حالات الإسهال { وخاصة الأمراض الحادة ذات العلاقة بالمعدة (acute gastrointestinal illness) والتي يرمز لها AGI} المصحوبة بتقيؤ أو بدونه, [6] , تقترح تواجد مستويات عالية من عدم الثقة بأنظمة ماء الشرب مثلاً ماء الشرب المعبأ بالقناني والماء غير المخصص للشرب .

بينما نشرت جريدة المؤتمر في عددها 1310 بتاريخ 2007/3/25 موضوعاً بعنوان " اليونيسيف تحذر من شحة المياه الصالحة للشرب بالعراق " والذي تضمن أن الشحة المزمنة في مياه الشرب باتت تهدد بإرتفاع معدلات الإصابة بالإسهال ولا سيما بين الأطفال .

وحتى في البيانات الصحفية تكرر منظمة الصحة العالمية ـ اليونيسيف في العراق أن ملايين الأطفال في العراق وبعد مرور هذه السنوات على إنتهاء الحرب ما يزالوا يواجهون صعوبة في الحصول على الماء , وتضيف اليونيسيف أن العراق ما يزال معتمداً على الدعم الذي تقدمه الأمم المتحدة بتوفير المواد الكيميائية الضرورية لتنقية وتطهير مياه الشرب إذ تمكنت اليونيسيف من تجهيز العراق بكمية من غاز الكلور تساوي 1650 طناً في العام 2006 إضافة إلى تجهيز وزارة البلديات والأشغال العامة بالمواد الكيميائية الضرورية للفترة المحصورة من عام 2003 لغاية عام 2005 [7] .

④ ـ مديات عسرة مياه الشرب الدولية (مستويات الكالسيوم Ca^{+2} , والمغنيسيوم Mg^{+2}) : من وجهة النظر الصحية للمستهلك ربما من المفضل أن يذكر في هذه الدراسة مديات عسرة مياه الشرب الدولية وكالآتي :

المغنيسيوم Mg^{+2} :الحد الأدنى هو 10 ملغم / لتر [8,7] , والحد الأعلى للمغنيسيوم هو يتراوح من 20 ملغم / لتر لغاية 30 ملغم / لتر [10,9] .

الكالسيوم Ca^{+2} الحد الأدنى هو 20 ملغم / لتر [8] , والحد الأعلى للكالسيوم هو يتراوح من 40 ملغم / لتر لغاية 80 ملغم / لتر [11,9] .

عسرة الماء الكلية T.H ينبغي أن تمتلك مدى يتراوح من 200 ملغم / لتر لغاية 400 ملغم / لتر [14,13,12] .

تفاصيل عسرة المياه

① معالجة مياه الشرب ـ نظرة تاريخية :

كان إهتمام الإنسان بنوعية المياه التي يشربها محصوراً في لونها و طعمها و رائحتها فقط , أما أهم عمليات المعالجة كانت ومازالت هي الغليان , والترشيح , والترسيب , وإضافة الأملاح . أنشأت محطات معالجة المياه على نطاق موسع في بلدان أوربية من أجل نقل المياه إلى المستهلكين بواسطة شبكة من الأنابيب . ومع التطور في العلوم والتقنية أضيفت عمليات تهدف إلى الوصول إلى مياه تمتلك درجة عالية من النقاء بحيث تكون خالية من العكارة وعديمة اللون والطعم والرائحة ومأمونة من النواحي الكيميائية والحيوية .

② المعايير المتعلقة بنوعية المياه :

إن تحديد مواصفات الماء مهمة بالنسبة إلى تعدد إستعمالات الماء من قبل المستهلك , مثلاً ماء الشرب , وماء الزراعة أو الصناعة . إن ماء الشرب يجب أن لا يحتوي على جراثيم أو سموم تمتلك مستويات تراكيز تؤثر على صحة المستهلك إضافة إلى ذلك أن ماء الشرب يجب أن يكون عديم اللون والطعم والرائحة . وفيما يخص مياه الشرب تمت ترجمة معايير تتعلق بالمياه على هيئة خطوط توجيهية ومؤشرات بواسطة منظمة الصحة العالمية WHO , وكما يوضحها الجدول رقم (2) التالي :

جدول رقم (2) مقياس منظمة الصحة العالمية WHO لعام 1993 كإرشادات للمنظمة عن سلامة مياه الشرب [16,15]

مقياس المنظمة	النسبة الموجودة في المياه الطبيعية	Compound	المادة
لا يوجد نهج محدد No guideline		Hardness, mg/l $CaCO_3$	العسرة
لا يوجد ما يشير إليه Not Mentioned		TDS	درجة تركيز المواد الصلبة
250 mg/l		Chloride, CL	الكلوريد
1.5 mg/l	(Up to 10mg/l) 1.5mg/l>	Fluoride, F	الفلوريد
لا يوجد ما يشير إليه		Color	اللون
200 mg/l	(20 mg/l) >	Sodium, Na	الصوديوم
لا يوجد نهج محدد No guideline	0.5 - 50 mg/l	Iron, Fe	الحديد
2 mg/l		Copper, Cu	النحاس
لا يوجد نهج محدد		pH	الأس الهيدروجيني
0.001 mg/l	(0.5 µg/l) >	Mercury, Hg	الزئبق
0.5 mg/l		Manganese, Mn	المنغنيز
0.01 mg/l		Lead, Pb	الرصاص
0.02 mg/l	(0.02 mg/l) >	Nickel, Ni	النيكل
0.2 mg/l		Aluminum, AL	الألمنيوم
0.3 mg/l		Barium, Ba	الباريوم
لا يوجد نهج محدد	(Up to 0.3 mg/l in anaerobic water) (0.2 mg / l) >	Ammonia, NH4	الأمونيا
0.3 mg/l	(1 mg / l) >	Boron, B	البورون
0.005 mg/l	(4 µg /l) >	Antimony, Sb	الأنتيموني
0.01 mg/l		Arsenic, As	الزرنيخ
0.05 mg/l	(2 µg / l) >	Chromium, Cr+3, Cr+6	الكروميوم
1.4 mg/l		Uranium, U	اليورانيوم
لا يوجد نهج محدد	(1 µg / l) >	Berillium, Be	البريليوم
500 mg/l		Sulfate, SO4	الكبريتات
0.07 mg/l		Cyanide, CN^-	السايناید
0.003 mg/l	(1 µg / l) >	Cadmium, Cd	الكادميوم

لذلك توخياً لسلامة المستهلك أن تضع كل دولة معاييرها طبقاً للظروف البيئية والمناخية والإجتماعية والإقتصادية السائدة ومن السابق .2 وعلى سبيل المثال جدول WHOخلال الخطوط التوجيهية والمؤشرات من منظمة الصحة

③ العسرة :-

تعرف عسرة الماء بعدم قابلية الماء لتكوين رغوة مع الصابون , وعسرة الماء تسببه أيونات المعادن { الفلزات } الموجبة الثنائية التكافؤ مثل أيونات الكالسيوم Ca^{+2} , والمغنيسيوم Mg^{+2} , والسترونتيوم Sr^{+2} , والحديد Fe^{+2} , والمنغنيز Mn^{+2} . ويمكن ملاحظة الأيونات السالبة في الجدول 3 التالي , ذات الصلة بالأيونات الموجبة الثنائية التكافؤ المسببة لعسرة الماء . على الرغم من ذلك أن أيونات المعادن { الفلزات }التي ذكرت سوية مع الباريوم Ba^{+2} هي على العموم تدخل الماء بصورة طبيعية عندما تمر المياه على مواد مثل الجص (Gypsum) , والدولمايت أو حجر الرخام (Dolomite) , وحجر الكلسي أو اللايم سبار (Lime Spare) , وكاربونات الكالسيوم أو الكالسايت (Calcite) [17] .

جدول 3 أيونات المعادن الموجبة ثنائية التكافؤ تسبب عسرة المياه والأيونات السالبة ذات الصلة بها [18,17]

الأيونات المعادن { الفلزات } الموجبة	الأيونات السالبة ذات الصلة بها
Ca^{+2}	HCO_3^-
Mg^{+2}	SO_4^{-2}
Fe^{+2}	NO_3^-
Mn^{+2}	Cl^-
Sr^{+2}	SiO_3^{-2}

و يمكن تقسيم عسرة الماء إلى الأنواع الآتية :

❶ عسر كاربوني أو عسر مؤقت : و يحتوي على بيكاربونات الكالسيوم , وكاربونات وبيكاربونات المغنيسيوم .

❷ عسر غير كاربوني أو عسر دائم : ويحتوي على كبريتات وكلوريد كل من الكالسيوم , والمغنيسيوم .

عندما تكون القيمة العددية لعسرة الماء أكبر من مجموع الكاربونات والبيكاربونات القلوية يسمى عسرة الماء الذي يعادل القلوية الكلية بعسرة الكاربونات. أما العسرة الأكثر من هذا عدداً تسمى بالعسرة الغير الكاربوني . وعندما تساوي العسرة أو تكون أقل من القلوية الكلية فإن كل العسرة هي عسرة كاربونات و تنعدم حينها العسرة الغير كاربونية . ويمكن تعريف عسرة الماء بواسطة علاقة رياضية [18,20,19], التي تعبر عن كمية الكالسيوم والمغنيسيوم في الماء وبدلالة كاربونات الكالسيوم المكافئة . إن العسرة الكلية للماء يمثلها مجموع التركيز الأيوني لكل المعادن { الفلزات } القلوية ويمكن تمثيلها بمجموع تركيز أيوني Ca^{+2} , و Mg^{+2} أو بعبارة أخرى كما يأتي :

العسرة الكلية = تركيز أيون Ca^{+2} + تركيز أيون Mg^{+2}

④ علامات عسرة المياه :

على الرغم من أن 22 % من المياه النقية { الصالحة للشرب (fresh) } على الأرض هي مياه جوفية إلا أنه على العموم المياه تنساب خلال التربة و الصخور و بذلك تذيب نسب من المعادن { الفلزات } على شكل أيوني . إن الكالسيوم Ca^{+2} , و المغنيسيوم Mg^{+2} تمنح المياه صفة العسرة لكن الحديد Fe^{+2} يحول المياه بتعرضها إلى الهواء إلى اللون البرتقالي الأحمر و الذي يسبب الصدأ و التآكل أيضاً .و تسبب عسرة المياه إصابات معوية و جلدية في حالات محددة إلا أنها ليست خطرة على الصحة . على أية حال أن المياه العسرة تعمل على حدوث حالات إسهال للمستهلكين الجدد للماء بالخصوص عند وجود كبريتات المغنيسيوم . والأجهزة المنزلية إضافة إلى ذلك تؤدي إلى ضعف أداء مواد ومساحيق التنظيف أي أنها تؤدي إلى فقدان إقتصادي لمستهلكي المياه العسرة وتكوينها لمواد مترسبة في أحواض محطات توليد الكهرباء الحرارية . وشبكات المياه في بغداد تنقل معها مشاكل كثيرة نفرد هنا الملاحظات ادناه وردت في احدى الدراسات التي أجريت على مياه الشرب لمدينة بغداد* في مركز بحوث السوق بجامعة بغداد لمنظومات الترشيح التي تعمل بالتناضح العكسي من خلال نصب أربعة منظومات في أربعة أحياء بمدينة بغداد لوحظ ان المرحلة الاولى للمنظومات يتغير لونها في ظرف اسبوع (شكل رقم 1) عند الربط على مياه الإسالة وهي حالة تكررت في كل منظومة ربطت على شبكة للاحياء الأربعة المشار اليها في تلك الورقة البحثية. لوحظ حتى ظهور الصدأ وليس اطيان فقط وهذه الحالة بحاجة الى معالجة فايصال مياه نظيفة الى الدور من أولويات معايير مياه الشرب .

⑤ تفهم عسرة المياه :

يعتمد نتيجة الفحص على واحد من المقاييس الآتية :

❶ مقياس عدد الأجزاء في المليون ppm , وهذا المقياس يكافيء عدد المليغرامات باللتر ويرمز له mg / l .

❷ مقياس عدد الحبات (grains) في الغالون (gallon) , ويرمز له gpg .

والعلاقة بين المقياسين هي أن كل واحد gpg يساوي 17.1 ppm { أو يساوي 17.1 mg/L } .

إن وكالة حماية البيئة EPA وضعت أساساً للمواصفات الخاصة بمياه الشرب يستند على فئتين هما كالآتي [21] :

❶ الفئة الأولى و تعتمد على إعتبارات صحية لماء الشرب .

❷ الفئة الثانية وتعتمد على الطعم , والرائحة , واللون , ونسبة التآكل والرغوة , وصفات الصبغ أو البقع (staining) لماء الشرب .

A

B

C

شكل رقم (1)منظومة ترشيح وتنقية تعمل بخمسة مراحل وبطريقة التناضح العكسي(ظهرت الأطيان بعد أسبوع من ربطها في مركز بحوث السوق) (A- تغير لون الفلتر بعد أسبوع) و B -(تم تبديل الفلتر بعد 3اشهر)
و C-(مقارنة بين فلتر نظيف وآخر مرت فيه مياه الإسالة).

هذا البحث لثلاثة باحثين في مركز بحوث السوق من ضمنهم احد باحثي هذه الورقة.*

وتقسم المياه العسرة بغض النظر عن المقاييس للفئتين الأولى والثانية إستناداً إلى رابطة جودة المياه WQA [18,24,17,23,22].حسب درجة العسرة وكما يوضحه الجدول 4 الآتي :

جدول 4 يبين أصناف مياه العسرة إستناداً إلى رابطة جودة المياه WQA .

التصنيف Rating	ميليغرام بالليتر أو جزء بالمليون mg/l or ppm	عدد الحبات (غراين) بالغالون Grains/gal (gpg)
لينة Soft	17- 0	1- 0
عسرة هزيلة Slightly hard	60 - 17.1	3.5 - 1
عسرة معتدلة Moderately hard	120 - 60	7.0 - 3.5
عسرة عادية Hard	180 - 120	10.5 - 7.0
عسرة مرتفعة Very Hard	Over & 180 و ما فوق	Over & 10.5 و ما فوق

وإستناداً إلى ما نشره خبراء مؤسسة الثقافة نسبة إلى الماء في جامعة ولاية كنتاكي (Kentucky) فيما يخص تفهم طبيعة عسرة المياه أنها بصورة تقليدية تقاس بواسطة التسحيح الكيميائي , ويتم تسجيل النتيجة بوحدة عدد المليغرامات في الليتر { أي عدد الأجزاء بالمليون } والذي تمثلها كاربونات الكالسيوم $CaCO_3$. إن المفردة كاربونات الكالسيوم تشير كما ذكر في متن هذه الدراسة إلى الكمية الكلية للأملاح الموجودة الثنائية التكافؤ وهي لا تحدد بالتشخيص فالكالسيوم , أو المغنيسيوم أو أي ملح آخر ثنائي التكافؤ الذي هو مسبب لعسرة الماء . لهذا يمكن أن تكون العسرة خليطاً , ومن الوجهة النظرية من المحتمل تماماً أن يمتلك الماء عسرة مرتفعة لكن لا يحتوي على الكالسيوم . إن الكالسيوم ضروري لتكوين العظام , وتخثر الدم , وللتفاعلات المتعلقة بالنشاطات الحيوية (metabolic) , وضروري بالخصوص إلى الثروة السمكية في المياه السطحية .

⑥ تفسير نتائج فحص عسرة المياه والبعض من تطبيقاتها :

على سبيل المثال [23] إذا كانت عسرة المياه هي مسببة من وجود الكالسيوم فقط وكان فحص العسرة ممثلاً بكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ وبمقدار يساوي 100 ملغم / لتر فإنها تمثل تركيزاً للكالسيوم الحر (free) فقط وبمقدار يساوي 40 ملغم / لتر { وذلك ينتج من القسمة على المقدار 2.5 أي على خارج قسمة 100 على 40 , بما أن Ca : 40 , و CO_3 : 60 } . أما إذا كانت عسرة المياه هي مسببة من وجود المغنيسيوم فقط وكان فحص العسرة $CaCO_3$ هو أيضاً يساوي 100 ملغم / لتر فإنها تمثل تركيزاً للمغنيسيوم الحر (free) فقط وبمقدار يساوي 24.31 ملغم / لتر { وذلك ينتج من القسمة على المقدار 4.113 أي على خارج قسمة 100 على 24.31 , , بما أن Mg : 24.31 , و CO_3 : 60 } . وذلك لأن و.ص. $CaCO_3$: 100 , وأن و.ص. $MgCO_3$: 84.31 . فإن النسبة بينهما هي تساوي 1.186 , وأن النسبة بين 84.31 إلى 24.31 تساوي 3.468 , لهذا أن ضرب 1.186 في 3.468 يساوي 4.113 . بينما إذا كانت عسرة الماء هي مسببة من اللايمستون (limestone) أي عن حجر الكلس فإن فحص العسرة $CaCO_3$ هو إعتيادياً يعكس عن خليط من الكالسيوم والمغنيسيوم بصيغتهما الحرة وكون الكالسيوم هو الملح الثنائي التكافؤ السائد { في اللايمستون } . بصورة شائعة أن الحالة القلوية تشوش العسرة , حيث أن القلوية هي قياس لكمية الحامض { أي أيون الهيدروجين } في الماء وهذه الكمية تتمكن من إمتصاص المحلول المنظم البفر (buffer) قبل إنجاز الأس الهيدروجيني pH المخصص . بالوقت الذي تكون فيه بيكاربونات الصوديوم NaHCO3 هي مسؤولة عن القلوية العالية من الممكن أن تمتلك المياه عسرة قليلة وتمتلك كالسيوم قليل , على الجانب الآخر أن مياه الآبار تمتلك كميات مختلفة ومتغيرة من الحالة القلوية . على سبيل المثال , [24] أن مدى تركيز الكالسيوم الحر (free) المقبول في مياه أحواض تربية الأسماك هو 25 ملغم / لتر لغاية 100 ملغم / لتر و الذي يكافيء مدى لفحص من العسرة CaCO3 و بمقدار يساوي 62.5 ملغم / لتر { و الذي ينتج من حاصل ضرب العامل المذكور 2.5 في 25 ملغم / لتر } لغاية مقدار لفحص من العسرة CaCO3 وبمقدار يساوي 250 ملغم / لتر { والذي ينتج من حاصل ضرب هذا العامل نفسه 2.5 في 100 ملغم / لتر } . والبعض الآخر من مياه أحواض تربية الأسماك { مثل سمك السالمون (salmon) والسمك المرقط التروت (trout) والبعض الآخر من شاكلتها } الخاصة من المفضل أن تمتلك مدى لتركيز الكالسيوم الحر (free) يبدأ من 40 ملغم / لتر لغاية 100 ملغم / لتر والذي يكافيء مدى لفحص العسرة CaCO3 بمقدار يساوي 100 ملغم / لتر { والذي ينتج من حاصل ضرب العامل 2.5 في 40 ملغم / لتر } لغاية مقدار لفحص العسرة CaCO3 بمقدار يساوي 250 ملغم / لتر { والذي ينتج من حاصل ضرب العامل 2.5 في 100 ملغم / لتر } . عندما تكون المحاليل مهيأة لإذابة تامة لكاربونات الكالسيوم CaCO3 فإنها بالتأكيد تمتلك حامضية { أس هيدروجيني } pH أقل من مقدار 8.3 وهذا يعني أي أنه عند حامضية { أس هيدروجيني } pH تساوي 8.3 فما فوق سيكون الكالسيوم غير ذائب بل ينفصل عن المحلول على هيئة كاربونات الكالسيوم CaCO3 [25] .

وبالمثل أن حجر الكلس اللايمستون (limestone) سيكون غير ذائب في المياه التي تمتلك هكذا مدى من الحامضية , وسيكون من الناحية التطبيقية البحث عن مصدر آخر مناسب للماء من أجل إستعمال اللايمستون في زيادة مستويات الكالسيوم فيه وذلك من أجل المياه في أحواض تربية الأسماك .

على العموم عندما تكون عسرة المياه عسرة مرتفعة Very Hard فإنها تكون المسبب في صعوبات معوية (intestinal) عند المستهلك وعند الأحياء الأخرى . وفيما يخص الأحياء المائية فيمكن أن تعيش في مديات لعسرة مياه محددة ومثال ذلك تعيش معظم أسماك الزينة في مدى عسرة مياه من 45 ملغم / لتر لغاية 200 ملغم / لتر , بينما تعيش معظم الأسماك النهرية الأخرى في مدى عسرة مياه من 45 ملغم / لتر لغاية 500 ملغم / لتر , و لكن تكاثر الأسماك يكون قليلاً في عسرة مياه تقل عن 45 ملغم / لتر و لا تتكاثر الأسماك في عسرة مياه أكبر من 500 ملغم / لتر , إضافة إلى ذلك تكون عسرة المياه مضرة للمستهلك إذا كانت أكثر من 350 ملغم / لتر .

⑦ طرق المعالجة التقليدية لمياه الشرب :

تجري تحديثات على المواصفات الخاصة بمياه الشرب نتيجة التغير المستمر للحد الأعلى لتركيز بعض محتويات المياه ونتيجة عوامل مهمة التي يمكن تلخيصها بالنقاط الآتية :

❶ التطور في تقنيات تحليل المياه وفي تقنيات المعالجة .

❷ إكتشاف محتويات جديدة لم تكن موجودة في المياه التقليدية أو كانت موجودة لكن لم يتم الإنتباه إلى وجودها أو معرفة مدى خطورتها في السابق .

❸ إكتشاف بعض المشكلات التي تسببها بعض المحتويات الموجودة أصلاً في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات المعالجة التقليدية .

تختلف معالجة المياه إستناداً إلى نوع المياه سواء كانت مياه سطحية أو مياه جوفية , حيث أن المياه السطحية تحتوي على نسب قليلة من الأملاح مقارنة مع المياه الجوفية . وتهدف معالجة المياه السطحية على العموم إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب العكرة أو العكارة وتغير لون ورائحة المياه . ويمكن تصنيف الأهداف لتنقية المياه حسب المواضيع الآتية : ❶ إزالة المواد العالقة الموجودة بالمياه . ❷ إزالة المواد الغروية والمواد ذات الحجم الصغير مثل الطين والرمل . ❸ إزالة المواد الصلبة الذائبة العضوية و غير العضوية . ❹ إزالة الغازات الذائبة مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S وثنائي أوكسيد الكاربون CO_2 والأمونيا NH_3 . ❺ إزالة العناصر التي تكسب الماء اللون والمذاق والرائحة . ❻ إزالة الدهون والشحوم والزيوت . ❼ إزالة البكتريا والفيروسات والجراثيم الضارة بصحة المستهلك . ❽ الحد من تلوث المياه والإيفاء بمتطلبات نوع المياه من أجل العمليات الصناعية أو الطبية أو المنزلية أو الزراعية . ❾ إعادة إستخدام المياه وتدويرها . ❿ مواكبة وتطبيق التشريعات والقوانين السارية ذات الصلة بالمنطقة .

⑧ التعليمات الوطنية الثانوية لمياه الشرب :

إن التعليمات الوطنية الثانوية لمياه الشرب NSDWRs [26] , تدعى أحياناً بالمعايير الثانوية أو بالخطوط الموجهة , ولكنها غير ملزمة والتي تنظم التلوث في مياه الشرب الذي من المحتمل أن يلحق الضرر بالمستهلك صحياً وإقتصادياً أعلنت المنظمة الأمريكية لتلوث البيئة EPA قائمة تختص بالتعليمات الوطنية الثانوية لمياه الشرب تشمل معايير ثانوية لملوثات يوضحها الجدول 5 التالي .

⑨ إزالة العسرة أو التيسير :

❶ الترسيب .

إن إزالة العسرة أو التيسير (softening) هي إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم بواسطة الترسيب الكيميائي , ففي محطات المياه يضاف هيدروكسيد الكالسيوم { الجير المطفأ } إلى الماء بكميات محددة حيث ينتج رواسب تتألف من كاربونات الكالسيوم وهيدروكسيد المغنيسيوم . أحياناً أخرى يضاف كاربونات الصودا { رماد الصودا } مع هيدروكسيد الكالسيوم , وتضاف المواد الكيميائية إلى الماء في حوض صغير الحجم نسبياً ويخلط خلطاً سريعاً ثم يترك الماء بعد ذلك في حوض كبير لإكمال تفاعلات الترسيب الكيميائية . وهدف عملية الترسيب هو إزالة المواد العالقة والقابلة للترسب , وتتألف المرسبات غالباً من أحواض خرسانية دائرية أو مستطيلة الشكل يتم تصميمها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر كمية ممكنة من الرواسب وتلفظ الرواسب { الحمأة } بواسطة مضخات خاصة . ويتم موازنة كاربونات الكالسيوم المتولدة وذلك بإضافة غاز ثنائي أوكسيد الكاربون CO_2 من أجل تحويل كاربونات الكالسيوم إلى بيكاربونات ذائبة .

❷ الترشيح .

تهدف عملية الترشيح إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب العكرة أو العكارة و يتم ذلك بواسطة إمرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل , وهذه العملية تحدث طبيعياً في طبقات الأرض عندما تتسرب مياه الأنهار إلى باطن الأرض . لهذا السبب تكون المياه الجوفية قليلة العكرة أو معدومة بالمقارنة مع المياه السطحية { مثل الأنهار والبحيرات و أحواض تجميع مياه المطار } التي تحتوي على نسبة عالية من العكرة . تعتبر عملية إزالة المواد العالقة من مياه الشرب مهمة جداً لحماية المستهلك ولمنع حدوث مشاكل تشغيلية في شبكة توزيع المياه .

تؤثر المواد العالقة في مياه الشرب سلبياً نسبةً إلى العناصر الآتية : المادة المطهرة حيث تقلل من فاعليتها , وحماية الأحياء الدقيقة تجاه المادة المطهرة , وترسب المواد العالقة في أجزاء الشبكة . يتم تصميم المرشح هندسياً الذي يتألف من صندوق من الخرسانة المسلحة يقوم بوظيفة ترشيح مياه الشرب و تخليصها من المواد العالقة , ومن الممكن تنظيف المرشح أو غسله وإعادة صلاحيته . أما وسط الترشيح فمن الممكن أن يكون من مادة الرمل أو من فحم مجروش .

جدول 5 يبين قائمة بالمواد الملوثة لماء الشرب و فق التعليمات الوطنية الثانوية [26] .

المادة الملوثة Contaminant		المعيار الثانوي Secondary Standard
الألومينا	Aluminum	0.2- 0.05 mg/l
الكلوريد	Chloride	250 mg/l
اللون	Color	15 (color unit)
النحاس	Copper	1.0 mg/l
التآكل	Corrosivity	Noncorrosive
الفلوريد	Fluoride	2.0 mg/l
عوامل الرغوة	Foaming Agents	0.5 mg/l
الحديد	Iron	0.3 mg/l
المنغنيز	Manganese	0.05 mg/l
الرائحة	Odor	3 threshold odor number
الحامضية أو الأس الهيدروجيني	pH	8.5 – 6.5
الفضة	Silver	0.10 mg/l
الكبريتات	Sulfate	250 mg/l
المواد الصلبة المذابة الكلية	Total Dissolved Solids	500 mg/l
الخارصين	Zinc	5 mg/l

⑩ التطهير .

عملية تطهير المياه تعني قتل أو إزالة الجراثيم الضارة بالمستهلك من المياه وتختلف عملية التطهير عن عملية التعقيم الذي هو يعني قتل جميع الكائنات الدقيقة بما فيها الأنواع الضارة والمسببة للأمراض .

تضاف المادة المطهرة إلى المياه لأحد الأسباب الآتية : ❶ قتل الجراثيم الضارة بصحة المستهلك . ❷ إزالة الأمونيا. ❸ أكسدة المواد غير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين H_2S , والحديد Fe^{+2} , والمنغنيز Mn^{+2} من أجل تسهيل إزالتها .

ويمكن تقسيم طرق التطهير إلى :

[I] طرق طبيعية { فيزيائية } :

وهذه الطرق تشمل :

❶ المعالجة الحرارية : حيث ترفع درجة الحرارة إلى 100 ^{o} م لمدة 15 دقيقة لقتل الجراثيم , وتختلف هذه العملية عن ما تدعى بالبسترة المستخدمة في صناعة المأكولات والتي ترفع فيها درجة الحرارة إلى 80 ^{o} م لمدة 10 دقيقة لقتل الخلايا الحية .

❷ إستخدام الأشعة فوق البنفسجية : حيث تمرر المياه المراد معالجتها عبر غرفة تعرض المياه فيها للأشعة فوق البنفسجية بطول موجي من 200 نانومتر لغاية 300 نانومتر.

❸ إستخدام أيونات المعادن : حيث تضاف إلى المياه كميات ضئيلة من الأيونات مثل أيون الفضة أو أيون النحاس

[II] طرق كيميائية :

عادة يضاف مواد كيميائية مؤكسدة { أي مواد تكتسب إلكترونات } لغرض تطهير المياه , على سبيل المثال إستخدام غاز الكلور Cl_2 وبعض من مشتقات الكلور مثل هابوكلورايت الصوديوم NaOCl , والأوزون O_3 , واليود I_2 , وبرمنغنات البوتاسيوم $KMnO_4$. أدناه الجدول 6 الآتي يوضح بعض النقاط السلبية والإيجابية في بعض طرق التطهير المستخدمة الطبيعية والكيميائية .

إن الكلور و مشتقاته مثل هابوكلورايت (hypochlorite) الصوديوم NaOCl هو من أكثر مواد التطهير فعالية وعند إضافته بكميات محددة يتم القضاء على الجراثيم والكائنات الحية الدقيقة المختلفة ويتوفر بعدة أشكال كالبودرة , والسائل , والغاز .

تم إستعمال مركبات الكلور منذ أكثر من 100 عام في بلاد كثيرة لمعالجة مياه الشرب , حيث أن هذه الطريقة قضت على الأمراض الناتجة من المياه الملوثة إضافة إلى وسائل أخرى مثل الأوزون , والأشعة فوق البنفسجية , والتصفية أو الترشيح الدقيق (Ultra) .إن الصفة المميزة للكلور هو بقاءه في المياه مما يضمن مياه آمنة أثناء عبورها في شبكات التوزيع حتى وصولها إلى المستهلك . ويعتبر حامض الكلور HOCl أكثر المطهرات فعالية , ويحدث أكثر التطهير عند الرقم الهيدروجيني الحامضي .

جدول 6 يبين النقاط السلبية والإيجابية في بعض طرق التطهير [17] .

الطريقة Method	النقاط الإيجابية	النقاط السلبية
[I] طرق طبيعية		
الأشعة فوق البنفسجية	عملياً هذه الطريقة سهلة .	لا يتكون باقي في السائل يحمي صحة المستهلك
	لا تتغير بعدها خواص السائل .	ذات تكلفة و أجهزة غالية الثمن
	لا تتفاعل الأشعة مع مركبات الماء	تحتاج إلى طاقة كبيرة
	لا تنتج روائح أو طعم	لا تؤثر على كل الجراثيم
أيونات المعادن	تستخدم كميات قليلة من الأيون	تحتاج إلى معالجة مسبقة مناسبة
	لا تنتج مواد سامة	تتأثر بتغير درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني
	تنتج متبقي يحمي صحة المستهلك	ذات تكلفة عالية
	تؤثر على أنواع عديدة من الجراثيم	تتأثر بالخواص الكيميائية للسائل المعالج
[II] طرق كيميائية		
الكلورة	الكلور فعال في إزالة الجراثيم	تحتاج إلى منطقة ذات مواصفات تخزين محددة
	إنها طريقة جيدة يمكن الإعتماد عليها	يتفاعل الكلور مع المواد العضوية ويكون مركبات ضارة بصحة المستهلك
	تنتج متبقي للحماية ضد النمو الثانوي	مخاطر عند الترحيل و النقل حيث أن الغاز سام
الأزونة	أكثر فاعلية واكبر كفاءة من الكلور لمدى أكبر من الحرارة والرقم الهيدروجيني	صعوبة الترحيل والتخزين لعدم ثبات الأوزون حيث أن الغاز سام جداً
	الطريقة تتسم بالسرعة	يصعب قياس تركيز الأوزون في الماء
	لا تنتج مركبات ضارة بصحة المستهلك	ذات تكلفة عالية لشراء أجهزة وتشغيل وكهرباء
	لا تنتج روائح أو طعم	لا يتكون باقي في السائل يحمي صحة المستهلك

ويبين الجدول 7 الآتي القيم المفترضة لأقل كمية كلور مطلوبة لتطهير الماء وقتل البكتريا .

جدول 7 يبين علاقة الرقم الهيدروجيني مع أقل المقادير المفترضة بقاءها من الكلور في مياه الشرب من أجل التطهير [17,27] .

الرقم الهيدروجيني pH	أقل مقدار من الكلور الحر المتواجد في ماء الشرب mg/l { المتبقي بعد زمن 10 دقيقة }	أقل مقدار من الكلور المتحد المتواجد في ماء الشرب mg/l { المتبقي بعد زمن 60 دقيقة }
6	0.2	1.0
7	0.2	1.5
8	0.4	1.8
9	0.8	لا يوجد Non
10	0.8	لا يوجد Non

إن صيغة الكلور المتبقي في مياه الشرب تكون عادة على هيئة حامض الكلور HOCl , حيث أن عملية التطهير بواسطة الكلور تتم بإضافة كميات مناسبة و محددة , حيث أن إضافة الكثير منه ينتج مذاق ينفر المستهلك عندها من شرب الماء كما أنه يجب التأكد من أن جزء من الكلور يتبقى في شبكات التوزيع [28] .

نتائج بيانات العسرة و المناقشة :

A - بيانات العسرة في نهر دجلة :

أن عدد محطات الرصد على نوعية المياه التي تغذي مدينة بغداد و أطرافها من نهر دجلة هي حوالي ثمان محطات والتي تبدأ في موقع الضلوعية (T_{16}) و تنتهي موقع الزعفرانية (T_{24}) . إن هذه المحطات ترتبط بعدد من المشاريع لمجمعات مائية تشمل 30 مجمعاً منسوبة إلى مشاريع يبلغ عددها 8 مشروعاً لأمانة بغداد . بينما عدد المشاريع لمجمعات المائية لأطراف بغداد بلغ عددها 134 مجمعاً منسوبة إلى مشاريع يبلغ عددها 10مشروعاً . بالرغم من ذلك أن عدد سكان أمانة بغداد وفق الموقف الإحصائي لعام 2005 [1] بلغ 5,345,000 نسمة بينما عدد سكان أطراف بغداد بلغ 1,438,000 نسمة . إضافة إلى ذلك يسبب ذراع ثرثار دجلة شمال بغداد زيادة مستويات التراكيز لكل من العسرة الكلية .T.H والكبريتات والمواد الصلبة الذائبة TDS والكلوريدات في مياه النهر.كذلك تسبب مخلفات الصرف الصحي والمخلفات الصناعية و الأراضي المحيطة بالنهر جنوب بغداد زيادة مستويات التراكيز للمواد تحت الدراسة . جدول 8 يوضح بيانات عن مستويات التراكيز المحسوبة عند محطات الرصد في شمال وجنوب بغداد .

جدول 8 يبين مستويات تراكيز العسرة الكلية .T. H , و الكبريتات , و الكلوريدات , و المواد الصلبة الذائبة TDS في نهر دجلة [1] .

محطات الرصد	مستويات التراكيز بمقياس mg/l			
	العسرة الكلية T. H.	الكبريتات SO_4^{-2}	الكلوريدات Cl^-	المواد الصلبة الذائبة TDS
شمال بغداد	345.3	164.4	75.8	524
جنوب بغداد	373.8	259.4	84.3	566

B - المؤشرات على نوعية المياه :

❶- الدالة الحامضية pH : وهي مؤشر لمعرفة مدى المواد المذابة على مختلف أنواعها في المياه والتي تحوي أيون الهيدروجين , وتميل الدالة الحامضية في مياه الأنهر العراقية إلى القاعدية حيث ينخفض تركيز أيون الهيدروجين والذي يدل على التلوث نتيجة تأثر المياه بمخلفات نشاطات المستهلك . إن البيانات عن الدالة الحامضية pH لنهر دجلة في بغداد على العموم تراوحت بين 7.3 لغاية 8.1 مما يشير تباين مقاديرها في بغداد .

❷- الكبريتات SO_4^{-2} : تعتبر الكبريتات من المؤشرات التي تدل على تلوث المياه بمخلفات نشاطات المستهلك ونتيجة محاليل الترب الجبسية كذلك تشير إلى ما تضيفه المياه الجوفية المتسربة إلى نهر دجلة . ويتسم تأثير الكبريتات على المستهلك بزيادة الإصابة بالإسهال و بالخصوص عندما تتخطى مدى 250 ملغم/ لتر .

❸- الكلوريدات Cl^- : تصنف الكلوريدات في الماء بالمجموعة الهالوجينية ويميز طعمها بواسطة المستهلك بحدود تركيز يساوي 250 ملغم/ لتر فأكثر على هيئة أملاح الصوديوم بينما تميز من قبل المستهلك بحدود تركيز يساوي 1000 ملغم/ لتر فأكثر على هيئة أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم , حيث أن معظم الكلوريدات يكون منشأها نشاطات المستهلك .

❹- المواد الصلبة الذائبة TDS : يمثل قياس المواد الصلبة الذائبة في الماء قياس لأيونات الفلزات والأملاح اللاعضوية مثال ذلك الأيونات الموجبة مثل الكالسيوم Ca^{+2} , والمغنيسيوم Mg^{+2} , والصوديوم Na^{+1} , والبوتاسيوم K^{+1} إضافة إلى ذلك الأيونات السالبة المقابلة المكونة للأملاح . أرتفعت مستوى تركيز الأملاح الذائبة الصلبة الكلية TDS إلى مقدار 808 ملغم / لتر في مياه دجلة وسط مدينة بغداد .

❺- العسرة الكلية T.H : ترتبط هذه المفردة بتركيز الكالسيوم Ca^{+2} , وتركيز المغنيسيوم Mg^{+2} على هيئة الكاربونات CO_3^- , والبيكاربونات HCO_3^- , إضافة إلى ذلك تركيز الحديد Fe^{+2} , حيث بينت النتائج أن متوسط العسرة الكلية T.H في نهر دجلة وسط مدينة بغداد بلغت 435 ملغم / لتر . إن هذه النتيجة تؤشر بشكل سيء على نوعية مياه الشرب المجهزة للمستهلكين .

C - نتائج فحص العسرة في مياه الشرب :

تم جمع نماذج مياه سطحية و مياه جوفية وتشمل مياه شرب في مدينة بغداد , بالرغم من ذلك يمكن تشخيص وبسهولة نوع مياه الشرب فيما إذا كانت عسرتها هي أحدى الأنواع المدرجة في الجدول 4 السابق وذلك بإستخدام جهاز التوصيلية (Conductivity) [18] , إلا أنه تم إجراء الفحوصات على النماذج بجهاز الإمتصاص الذري في مختبرات وزارة العلوم والتكنولوجيا من أجل تحديد مقادير العسرة في هذه النماذج . يلاحظ في الجدول 9 التالي مستويات التراكيز للأيونات الآتية : الكالسيوم Ca^{+2} , والمغنيسيوم Mg^{+2} , والمنغنيز Mn^{+2} , والكبريتات SO_4^{-2} .

ونظراً للتباين الضئيل في النتائج فيما بين نماذج مياه الشرب السطحية كذلك فيما بين نماذج المياه الجوفية لذلك تم حساب المعدل { المتوسط } الحسابي للتركيز الأيوني لكل أيون و وفقاً لنوع المياه سواء سطحية أو جوفية . يوضح الجدول 10 المعدل الحسابي للتركيز الأيوني من الجدول 9 لكل من الكالسيوم Ca^{+2} , والمغنيسيوم Mg^{+2} , والمنغنيز Mn^{+2} , والكبريتات SO_4^{-2} , إضافة إلى ذلك نتيجة العسرة الكلية T.H لكل من المياه السطحية والجوفية .كما ويبين جدول 10 طريقة حساب العلاقة بين التركيز في مقياس ملغم / مليمكافيء مع مقياس ملغم/ لتر , وكذلك كيفية حساب العسرة الكلية T.H نسبةً إلى أيوني الكالسيوم والمغنيسيوم التي تساوي مجموع التراكيز الأيونية المكافئة لكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ بمقياس ملغم/ لتر للأيونين . إن تركيز أيون الكالسيوم Ca^{+2} الذي كان قياسه يساوي 56.3 ملغم/ لتر , وتركيز أيون المغنيسيوم Mg^{+2} الذي كان قياسه يساوي 37.7 ملغم/ لتر ينتج كلاهما عسرة كاربونات الكالسيوم كلية T.H تساوي 295.5 ملغم/ لتر لمياه الشرب عن مياه سطحية في مدينة بغداد بينما تركيز هذين الأيونين في مياه جوفية تنتج عسرة كاربونات الكالسيوم كلية T.H تساوي 894.5 ملغم/ لتر . إن هذه النتيجة واضحة جداً أن العسرة هي عسرة مرتفعة Very Hard كما جاء في الجدول 4 السابق وتقترب هذه النتيجة من الحدود المؤثرة على إقتصاديات المستهلك وربما المؤثرة على صحته . بينما العسرة الكلية T.H للمياه الجوفية فإنها ضارة على صحة المستهلك وتحتاج مياهها إلى تحلية ضرورية وفي أي مكان من مدينة بغداد . إن تركيز أيون الكبريتات SO_4^{-2} المكافيء لكاربونات الكالسيوم لوحدها تعتبر عالية وهي تسبب كلية إضافية تتخطى حدود 450 ملغم/ لتر إذا أضيفت عسرتها إلى تلك لأيوني الكالسيوم والمغنيسيوم في حالة المياه السطحية في مدينة بغداد .

جدول (9) يبين نتائج فحوصات لمستويات التراكيز المقاسة بمقياس ملغم /لتر نسبة إلى أيونات الكالسيوم , والمغنيسيوم , والمنغنيز , والكبريتات في مياه الشرب في بغداد

ت	نوعية مياه الشرب	المنطقة	تراكيز الأيونات مقاسة بمقياس mg/l			
			المنغنيز Mn^{+2}	الكبريتات SO_4^{-2}	المغنيسيوم Mg^{+2}	الكالسيوم Ca^{+2}
1	سطحية	حي الرئاسة/ الرصافة	0.08	150	38	54
2	سطحية	حي الزعفرانية / الرصافة	0.08	150	39	58
3	سطحية	مقر وزارة العلوم و التكنولوجيا / الرصافة	0.09	147	38	58
4	سطحية	منصور/ الكرخ	0.09	148	36	56
5	سطحية	جسر ديالى/ الرصافة	0.09	151	38	58
6	سطحية	المشتل/ الرصافة	0.08	148	37	54
7	جوفية(بئر)	زعفرانية / الرصافة	0.40	380	140	150
8	جوفية(بئر)	زيونة / الرصافة	0.50	385	142	148
9	جوفية(بئر)	منصور / الكرخ	0.40	360	112	128

أما في حالة المياه الجوفية فإن العسرة الكلية T.H عند إضافة تركيز أيون الكبريتات SO_4^{-2} المكافيء لكاربونات الكالسيوم تتخطى حدود 1280 ملغم/ لتر والتي لا تصلح بأي صورة للشرب بدون تحلية لمياهها التي مصدرها المياه الجوفية .

الاستنتاجات :

(العسرة في نهر دجلة) .

أن عدد محطات رصد نوعية المياه التي تغذي مدينة بغداد وأطرافها من نهر دجلة هي قليلة {التي تبلغ حوالي ثمان محطات والتي تبدأ في موقع الضلوعية (T_{16}) و تنتهي موقع الزعفرانية (T_{24})} . إن هذه المحطات ترتبط بعدد من المشاريع لمجمعات مائية تشمل 30 مجمعاً منسوبة إلى مشاريع يبلغ عددها 8 مشروعاً لأمانة بغداد . حيث أن عدد المشاريع للمجمعات المائية لأطراف بغداد هي في أزدياد منسوبة إلى المشاريع . بالرغم من ذلك أن عدد سكان أمانة بغداد وفق الموقف الإحصائي لعام 2005 بلغ 5,345,000 نسمة بينما عدد سكان أطراف بغداد بلغ 1,438,000 نسمة . إضافة إلى ذلك يسبب ذراع ثرثار دجلة شمال بغداد زيادة مستويات التراكيز لكل من العسرة الكلية .T.H والكبريتات والمواد الصلبة الذائبة TDS والكلوريدات في مياه النهر.كذلك تسبب مخلفات الصرف الصحي والمخلفات الصناعية والأراضي المحيطة بالنهر جنوب بغداد زيادة مستويات التراكيز للمواد تحت الدراسة . فينبغي إزالة العسرة أو التيسير بواسطة الطرق الموضحة في هذه الدراسة البحثية مثل الترسيب و الترشيح و التطهير بأنواعه وبالخصوص الكيميائي . بينت النتائج بأن مســـــتوي تركيز الأملاح الذائبة الكلية TDS بلغت مقداراً 808 ملغم / لتر بينما أن متوسط العسرة الكلية .T.H بلغت مقداراً 435 ملغم / لترغي نهر دجلة وسط مدينة بغداد وهو مؤشر سيء على نوعية مياه الشرب المجهز للمستهلكين . هذه الدراسة البحثية أن هذه النتيجة هي تقترب من الحدود المؤثرة أقتصاديات المستهلك وربما على صحته .

جدول 10 يبين المعدل الحسابي للتركيز الأيوني لكل من أيونات الكالسيوم Ca^{+2} , والمغنيسيوم Mg^{+2} , والكبريتات SO_4^{-2} , والمنغنيز Mn^{+2} , وبين كيفية حساب العسرة الكلية T.H في المياه في مدينة بغداد .

ت	الأيون	الوزن الذري ملغم/ مليمكافيء	التركيز المقاس ملغم/ لتر	الوزن المكافيء للأيون ملغم/ مليمكافيء ❶	عدد المليمكافئات للأيون في اللتر مليمكافيء / لتر ❷	تركيز الأيون المكافيء لكاربونات الكالسيوم ملغم/ لتر ❸
مياه سطحية (شرب)						
1	الكالسيوم Ca^{+2}	40.1	56.3	20.05	2.81	140.5
2	المغنيسيوم Mg^{+2}	24.3	37.7	12.15	3.10	155
3	الكبريتات SO_4^{-2}	96.1	149	48.05	3.10	155
4	المنغنيز Mn^{+2}	54.9	0.085	27.45	0.003	0.15
مياه جوفية						
1	الكالسيوم Ca^{+2}	40.1	142	20.05	7.08	354
2	المغنيسيوم Mg^{+2}	24.3	131.3	12.15	10.81	350.5
3	الكبريتات SO_4^{-2}	96.1	375	48.05	7.80	390
4	المنغنيز Mn^{+2}	54.9	0.43	27.45	0.016	0.80

❶ الوزن المكافيء للأيون يساوي الوزن الذري له مقسوماً على تكافؤه .

❷ عدد المليمكافئات للأيون في اللتر تساوي تركيزه المقاس مقسوماً على وزنه المكافيء .

❸ تركيز الأيون المكافيء لكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ يساوي عدد المليمكافئات للأيون في اللتر مضروباً في الوزن المكافيء لكاربونات الكالسيوم $CaCO_3$ { الذي يساوي 50 ملغم/مليمكافيء وهو خارج قسمة الوزن الجزيئي لكاربونات الكالسيوم على تكافئها .

المصـــادر

1- تقرير حالة البيئة في العراق لعام 2005 - جمهورية العراق - وزارة البيئة - دائرة التخطيط والمتابعة (تموز / 2006).
2-Colford JM, Roy SL, Beach MJ, Hightower A. Shaw SE, Wade TJ. " A Review of Household drinking Water Intervention Trial and an Approach to the Estimation of Endemic Waterborne Gastroenteritis in the United States " , *Journal of Water and Heath* 4 (Suppl 2), pp. 71-88 (2006)
3-Gunther F. Craun and Rebecca L. Calderon , " Workshop Summery: Estimating Waterborne Disease Risks in United States " , *Journal of Water and Heath* 4 (Suppl 2), pp. 241-253 (2006) .
4-Jeffrey A. Soller , " Use of Microbial Risk Assessment to Inform the National Estimate of Acute Gastrointestinal Illness Attributable to Microbes in Drinking Water ", *Journal of Water and Heath* 4(Suppl 2), pp. 165-186 (2006) .
5-Shiklomanov I. A., "Appraisal and Assessment of World Water Resources" , *Water International* 25 (1) , pp. 11-32 ; and Safe Drinking Water (UNICEFF website article) (2000) .
6-Messner M, Shaw S, Regli S, Rotert K, Blank V, Soller J, " An Approach for Developing a National Estimate of Waterborne Disease Due to Drinking Water and a National Estimate Model Application " , *Journal of Water and Heath* 4 (Suppl 2), pp. 201-240 (2006) .
7-Rubenowitz E., Molin I., Axelsson, and Rylander R., "Magnesium in Drinking Water in Relationto Morbidity and Mortality from Acute Myocardial," *Epidemiology* , 11 pp. 416-421 (2000) .
8-Novikov J.V., Plitman S.I., Levin A.I., and Noarov J.A., "Hygienic Regulation for the Minimum Magnesium Level in Water, (in Russian)" *Gig. Sanit.* , No. 9 pp. 7-11(1983) .
9-Kozisek F.,(1992)"Biogenic Value of Drinking Water.(in Czech)", PhD thesis SZU, Praha.; Kubis M.,"The Relationship Between Water Hardness and the OccurrenceofAcut
13-Lutai G.F., "Chemical Composition of Drinking Water and the Helth of Population (in Russian)" *Gig. Sanit.* , No. 1 pp. 13-15 (1992).
10-Durlach J. , "Recommended Dietary Amounts of Magnesium" *Mg RDA. Magnes.Res.* , 2 , pp. 195-203 (1989) .
11-Rachma Yu.A., Filippova A.V., Michailova R.I., Blyaeva N.N., Lamentova T.G., Kumpan N.B., and Feldt E.G., "Hygienic Assessment of Mineralizing Lime Materials Used for the Correction of Mineral Compositionof Low-Mineralized Water.(in Russian)" *Gig. Sanit.* , No. 8 pp. 4-8 (1990) .
12-Golubev I.M. and Zimin V.P. , (1994) "On the Standard of Total Hardness in Drinking Water " *Gig. Sanit.* , No. 3 pp. 22-23
13-Lutai G.F., "Chemical Composition of Drinking Water and the Helth of Population (in Russian)" *Gig. Sanit.* , No. 1 pp. 13-15 (1992) .
14-Plitman S.I., Novikov Yu.V., Tulakina N.V., Metelsaya G.N., Kochetkova T.A.and Khvastunov R.M., "On the Issue of Correction of Hygenic Standards with Account of Drinking Water Hardness.(in Russian)" *Gig. Sanit.* , No. 7 pp. 7-10 (1989) .
15-WHO, " Guidelines for Drinking Water Quality " *Recommendations* , Volume 1 , WHO, Geneva (1993) .
16-Gorchev H.G.and Ozolins G., "WHO Guidelins for Drinking Water Quality" , A paper presented at the *International Water Supply Association Congress* , 6-10 Zurich , Switzerland (Sept. 1982) .
17-عبد الماجد د.عصام محمد " الهندسة البيئية " , جامعة السلطان قابوس - كلية الهندسة , دار المستقبل للنشر والتوزيع عمان 1118 الأردن (1995) .

18-Gerard K., "Environmental Engineering" , McGraw-Hill International (UK) Limited , Chapter Three (1997) .
19-James E. Hairston and Jesse C. LaPrade, " Hard Water Can Be A Nuisance ", *Environmental Education Series* TIMELY INFORMATION, AUBURN UNIVERSITY pp.1-4 (December, 1997) .
20-American Public Health Association, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastwater" , 18th Ed. , Washington , D.C. (1992).
21-Gunther F. Craun and Rebecca L. Calderon, (2006) "Observational Epidemiologic of Endemic Waterborne Risks : Cohort, Case-Control, Time-Series, And Ecologic Studies " , *Journal of Water and Heath* 4 (Suppl 2), pp. 101-119.
22-Wilson Amber, Parrott Kathleen, and Ross Blake, (1992) "Water Hardness" Virginia Polytechnic Institute And State University , Housing Publication 356-490 .
23-James E. Kotoski, (Sheet 13) " Water Hardness Amounts ", Water Hardness Minifact & Analysis Sheet, Spring Harbor Environmental Magnet Middle School, pp.1-2 .
24-University of Nebraska Extension, (January 2004)"Hard Water Can Be A Nuisance" *NebGuide* G1274, Sharon Skipton , Dave Varner, Paul Jasa, Bruce Dvorak, and Jodi Kocher " Drinking Water: Hard Water" (2004-2006) The Board of Regents of the University of Nebraska, Index: Water Resource Management Water Quality, G1274 (January 2004).
25-William A. Wurts, "Understanding Water Hardness" , Kentucky State University Cooperative Extension Program P.O. Box 469 Princeton, KY 42445 , WKY-192 pp.1-2 (2007).
26-Schimatschek, H.F., "Calcium and Magnesium Occurrence, Significance and Analysis " (in German). In Grohmann, A., Hasselbarth, U., Schwerdtfeger, W. (eds.) Die Trinkwasserverordnug. 4th ed. Erich Schmidt Verlag, Berlin , pp. 511-515(2003) .
27-Rowe, D.R. and Abdel-Magid, I.M., "Handbook of Wastwater Reclamation and Reuse" , Lewis Pub. , New York (1992) .
28-Abdel-Magid, I.M. "Water Treatment and Sanitary Engineering" , Khartou University Press, Khartoum , (Arabic) (1986).