

**Using total dissolved substances (TDS) to recognize the sources of drinking water in central area of Makkah AL-Mukaramah**

استخدم مجموع المواد الكلية الذائبة TDS للتعرف على نوعية مياه الشرب بالمنطقة المركزية بمكة المكرمة  
\*نزار ح. خضري ، عبدالحفيظ م. تركستاني

**Nezar H. Khdary\* and Abdul hafiz M. Turkistani,**

Environmental Health Department, Health Affairs of Makkah AL-Mukaramah, Ministry of Health

P.O.Box 8427 Makkah 21955, Saudi Arabia

E-Mail nozor@yahoo.com

Total dissolved substance (TDS) was used to identify water sources in central area of Makkah AL-Mukaramh. The aim of using TDS is to easily distinguish between desaline water and well water, since desaline water has a TDS between 70-150 ppm and its quality is good, and the second source of water is wells that are located around Makkah and the quality of that water is varied. The study divided the central area of Makkah to four zones and it showed that desalinated water was covered from 87 to 34 percent depending on the zone, and the remaining needed water is supplied from wells. Chemical analysis was carried out for the samples that TDS was exceeded 700 ppm. The results showed that, the water quality of the samples was not comply with the requirements of Saudi drinking water standards, because it was found that the concentration of nitrate and chloride were exceeding the limit (i.e. 50 and 250 ppm, respectively). The concentration of free chlorine in total samples was varied from 0.1-0.5 and the free chlorine was available in 96.4% of the total samples.

**Keywords:** Total dissolved substance, water quality.

خلال هذه الدراسة تم استخدام مجموع المواد الكلية الذائبة (TDS) للتعرف على مصادر المياه في المنطقة المركزية بمكة المكرمة وبالتالي يمكن استخدام هذه الطريقة للتعرف على مدى تغطية مياه الشبكة العامة ومدى النقص الذي يتم تأمينه من مياه الآبار. وقد تم التعرف على جودة المياه للعينات التي تجاوزت فيها قيمة TDS عن 700 جزء في المليون (ppm) وذلك من خلال فحص 850 عينة أخذت من أماكن مختلفة من المنطقة المركزية بمدينة مكة المكرمة. أظهرت الدراسة أن هناك مصدرين لتأمين المياه في مكة المكرمة المصدر الأول هو الشبكة العامة التي

تعتمد على تحلية مياه البحر ويتراوح مجموع المواد الصلبة الذائبة في مياه الشبكة العامة من 70 إلى 150 ppm وهذه القيمة تعكس صلاحية المياه للاستهلاك الأدمي من الناحية الكيميائية. والمصدر الثاني هو مياه الآبار المحيطة بمكة المكرمة والتي تختلف جودتها من موقع لآخر. في هذه الدراسة تم تقسيم المنطقة المركزية إلى أربعة مناطق حيث أوضحت هذه الدراسة أن مياه الشبكة العامة لا تغطي كامل احتياجات المنطقة المركزية وتراوحت نسبة التغطية ما بين 87 إلى 34% وذلك حسب كل منطقة. ويتم تغطية النقص باستخدام مياه الآبار التي تراوحت نسبة الاعتماد عليها ما بين 66 إلى 13%. كما أظهرت نتائج تحليل العينات التي تجاوز فيها مجموع المواد الصلبة الذائبة عن 700 ppm بأنها غير صالحة كيميائياً بسبب ارتفاع تركيز النترات والكلوريدات. كما أوضحت الدراسة وجود الكلور الحر المتبقي بتركيز من 0.1 إلى 0.5 ppm بنسبة تغطية وصلت إلى 96.4% من مجموع المواقع التي تم فحص الكلور الحر المتبقي بها.

## 1- المقدمة

تستهلك مكة المكرمة كميات كبيرة من المياه خلال العام ويزداد الاستهلاك خلال موسم الحج وذلك لتوافد ما يقارب ثلاثة ملايين حاج سنوياً من داخل المملكة وخارجها. وخلال موسم الحج لعام 1427 هـ بلغ عدد الحجاج القادمين لمكة المكرمة أكثر من مليونين وثلاثمائة ألف حاج هذا إضافة إلى الحجاج القادمين من داخل مكة المكرمة. وعلى الرغم من أن كمية المياه التي تم ضخها خلال عام 1427 هـ من محطة التحلية بالشعبية (والتي تزود مكة المكرمة بمياه البحر المحلاة) قد بلغت 225000 م<sup>3</sup> حيث توزع هذه الكمية على مناطق مكة المكرمة المختلفة ويدخل ضمنها المفقود من تسربات الشبكة العامة [1].

إلا أن الملاحظ أن هناك زيادة في الاعتماد على المياه التي يتم جلبها من الآبار التي تقع داخل مكة المكرمة وخارجها وذلك بواسطة ناقلات المياه بسبب عدم كفاية مياه التحلية التي يتم ضخها والتي تعتبر المصدر الأساسي الذي يغذي الشبكة العامة. إن كمية المياه وجودتها يعتبران عاملين مهمين في الحد من انتشار الأمراض التي تنتقل عن طريق الماء حيث أن هناك أمراض تنشأ بسبب نقص المياه مثل التراخوما المسببة للعمى وهناك العديد من الأمراض التي تحدث بسبب استعمال مياه ملوثة مثل النزلات المعوية والكوليرا والتيفوئيد [2]. إن القضاء على العديد من الجراثيم في مياه الشرب يتطلب استعمال مواد تطهير تستطيع القضاء على طيف كبير من الجراثيم المسببة للأمراض. وتعتبر كلورة مياه الشرب حتى الآن من أنجع الطرق في تطهير المياه والقضاء على الميكروبات. إن استخدام الكلور في عملية تطهير المياه قد ينتج عنه تكون بعض المركبات الثانوية خصوصاً في حال احتواء الماء على مواد عضوية. وعلى الرغم من أن بعض الدراسات السابقة قد أوضحت بأن هناك علاقة ضعيفة بين المركبات الثانوية والإصابة بسرطانات مختلفة مثل سرطان المعدة إلا أن المركز الدولي لبحوث السرطان وبعد تقييمه لجميع الدراسات المتعلقة بهذه المركبات أوضح أنه لا يمكن التأكيد بأن المياه الكلورة يمكن أن تؤدي إلى إصابة الإنسان بالسرطان [2]. وعلى الرغم من ذلك فإنه لا بد من استخدام ومراقبة تركيز الكلور الحر في مياه الشرب والتأكد من أنه في نطاق الجرعة الموصى بها في عملية التطهير للحفاظ على جودة المياه من أي تلوث ومنع وقوع أمراض وبائية قد تؤدي إلى وفات آلاف الأشخاص كما حدث عام 1991 عندما حدث وباء الكوليرا في بيرو وأدى إلى وفاة ما يقارب 19295 شخصاً بسبب تلوث المياه.

ونظراً لاعتماد مدينة مكة المكرمة لتغطية بعض حاجتها من الماء على مياه الآبار فقد قام بعض الباحثين بدراسات مختلفة عن جودة مياه الآبار في مكة المكرمة ومن هذه الدراسات دراسة قام بها العمري وآخرون [3] للتعرف على المكونات غير العضوية والعناصر الثقيلة في المياه الجوفية بوادي نعمان بمكة المكرمة . وكذلك دراسة قام بها يعقوب وآخرون [4] لتقييم مياه بعض الآبار بيولوجياً وكيميائياً . ودراسة قام بها خضري والسلمي [5] لدراسة مدى تلوث مياه الآبار في مكة المكرمة من عام 1998م وحتى عام 2001م. ودراسة قام بها العبد العالي وآخرون [6] لقياس تركيز النترات في بعض الآبار بالمملكة العربية السعودية ومنها بعض الآبار في مكة المكرمة . إلا أنه لا توجد دراسة منشورة حتى تاريخه تحدد الكيفية التي يمكن من خلالها تحديد طريقة للتعرف على النسبة التي يتم من خلالها التعرف على نسبة تغطية مياه الشبكة العامة والنسبة التي يتم تغطيتها من مياه الآبار وكذلك تركيز الكلور الحر في مياه الشرب للمنطقة الدراسة وتعتبر هذه الدراسة الأولى من نوعها وتهدف إلى:-

#### أ- التعرف على نسبة تغطية مياه الشبكة العامة بالمنطقة المركزية

يمكن التعرف على نوعية المياه سواء كانت مياه تحلية أو آبار من خلال قياس مجموع المواد الصلبة الذائبة لمياه خزانات المساكن والذي يمكن من خلاله التعرف على مصدر المياه حيث أن تركيز مجموع المواد الصلبة الذائبة لمياه التحلية من 70 إلى 150 ppm ، بينما تبلغ في مياه الآبار بمكة المكرمة من 236 - 5240 ppm [5]. ومن خلال ذلك يمكن تحديد نسبة العجز في مياه الشبكة العامة الذي يتم تغطيته من مياه الآبار وذلك نظراً لأن مياه التحلية تعتبر مياهاً صالحة كيميائياً و بكتريولوجياً للاستخدام الأدمي وتخضع لبرنامج رقابي متكامل على العكس من مياه الآبار التي يتم فحصها من فترة لأخرى والتي عادةً ما تكون مياهها عرضة للتغير بسبب الظروف البيئية المختلفة.

#### ب- تقييم جودة مياه الشرب لمدى مجموع المواد الصلبة الذائبة من 700 إلى 1000 ppm

تم التعرف على جودة مياه الشرب بأخذ عينات مياه وعمل مختلف الفحوصات الكيميائية والفيزيائية لها وذلك للعينات التي تجاوز مجموع المواد الصلبة الذائبة فيها عن 700 ppm وذلك لأن نسبة كبيرة من مياه الآبار بمكة المكرمة والتي زاد مجموع المواد الصلبة الذائبة فيها عن 700 ppm كانت غير صالحة كيميائياً أو بكتريولوجياً أو كليهما معاً [7] .

## 2- الجزء العملي

### 2-1 تم جمع العينات وتحليلها وفقاً لما جاء في المواصفات القياسية الخليجية [8-12]

### 2-2 تقسيم المنطقة المركزية إلى قطاعات

تم توزيع المنطقة المركزية إلى أربعة قطاعات وذلك حسب مواقعها الجغرافية وهي:-

القطاع الأول: ويشمل مناطق الراقوبة والحلقة القديمة والغزة.

القطاع الثاني: ويشمل مناطق الشامية والشبيكة و حارة الباب وجبل هندي.

القطاع الثالث: ويشمل شارع إبراهيم الخليل حتى دوار كدي رجوعاً إلى فندق دار التوحيد.

القطاع الرابع: ويشمل منطقة المسيل و ريع بخش و أجياد المصافي و أجياد السد.

### 2-3 جمع العينات

تم خلال هذه الدراسة جمع العينات من الفنادق والعمائر والمطاعم وناقلات المياه وذلك خلال الفترة من 11-12-2006 إلى 21-12-2006 وفقاً للآتي:

- (1) 850 عينة لقياس مجموع المواد الصلبة الذائبة Total Dissolved Solids
- (2) 1047 عينة لقياس تركيز الكلور الحر المتبقي Free Residual Chlorine
- (3) 26 عينة مياه لعمل الفحوصات الكيميائية والبكتريولوجية والفيزيائية للعينات التي تجاوزت قيمة مجموع المواد الصلبة الذائبة فيها 700 جزء في المليون

### 2-4 أجهزة القياس

أ - جهاز قياس مجموع المواد الصلبة الذائبة

في هذه الدراسة تم الاعتماد على قياس تركيز مجموع المواد الصلبة الذائبة (TDS) والتي تشمل الأملاح غير العضوية مثل أملاح الكالسيوم والمغنسيوم والبيوتاسيوم والصوديوم والبيكربونات والكلوريدات والكبريتات ومقدار بسيط من المواد العضوية الذائبة في الماء [13] وقد تم استخدام جهاز رقمي هو (DIST (HI98300 من إنتاج شركة HANNA (USA) تمت معايرته وضبطه وفقاً للخطوات الموضحة في كتيب التشغيل.

ب- جهاز قياس تركيز الكلور الحر

تم قياس تركيز الكلور الحر باستخدام جهاز Pocket colorimeter analysis system من إنتاج شركة Hach (USA) وتم تقدير الكلور الحر المتبقي بتفاعل عينة الماء مع DPD4 (ن، ن- داي إيثيل بارفينيل داي أمين) (N,N-Diethylparaphenyldiamine) وذلك وفقاً للخطوات الموضحة في كتيب التشغيل.

### 2-5 طريقة العمل

#### 1. قياس تركيز مجموع المواد الصلبة الذائبة و الكلور الحر لجميع العينات

تم قياس تركيز مجموع المواد الصلبة الذائبة و الكلور الحر في نفس موقع أخذ العينة وذلك باستخدام الأجهزة الموضحة سابقاً. وقد تم إعداد نموذج لتسجيل بيانات المواقع التي تم أخذ العينات من ها واشتمل النموذج على البيانات التالية موقع أخذ العينة - اسم الموقع - رقم الترخيص إن وجد - رقم الهاتف - مجموع المواد الصلبة الذائبة TDS وتركيز الكلور الحر في الماء.

#### 2. الفحص الشامل للعينات التي تجاوز فيها تركيز مجموع المواد الصلبة الذائبة عن 700 ppm

نظراً لأن العينات التي تقل فيها قيمة TDS عن 300 تصنف على أنها ممتازة والتي تقع بين 300-600 ppm تصنف أنها جيدة والتي تقع ضمن النطاق 600-900 ppm تصنف أنها مقبولة والعينات التي تقع ضمن النطاق 900-1200 ppm تصنف أنها رديئة والعينات التي تكون أكبر من 1200 تكون غير مقبول [14]. لذا تم اختيار العينات التي زادت فيها قيمة TDS عن 700 ppm لعمل الفحوصات الكيميائية والفيزيائية والميكروبيولوجية. وقد اشتملت الفحوصات على الآتي:-

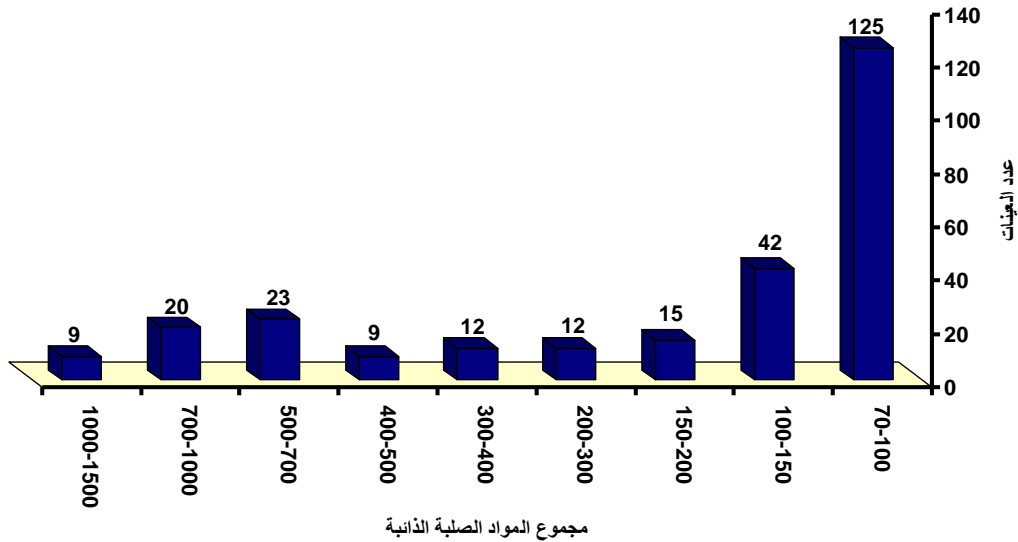
- I - الفحوصات الكيميائية: قياس تراكيز كل من الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والنحاس والكلوريدات والفلوريدات والنترت والنترات والكبريتات والعسر الكلي.
- II - الفحص الميكروبي : وشمل أهم مؤشرات التلوث البرازي وهما مجموع بكتريا القولون المتحملة للحرارة والأشريكية القولونية.
- III - الفحوص الفيزيائية : فحص اللون والطعم والرائحة ودرجة العكارة والرواسب.

### 3- النتائج والمناقشة

#### 3-1 نتائج فحص القطاعات:

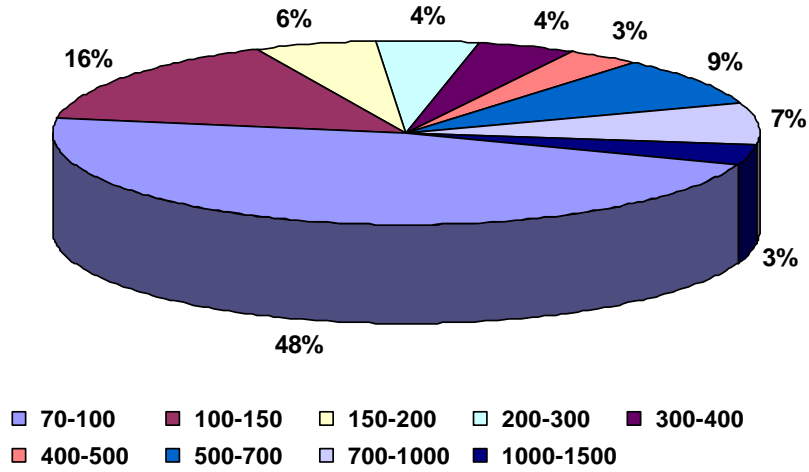
القطاع الأول :- (منطقة الراقوبة و الحلقة القديمة و الغزة)

يتضح من خلال الشكل (1) بأن هناك مصدرين لمياه الشرب في مكة المكرمة هما الشبكة العامة التي تصل فيها قيمة TDS إلى 150 ppm والمصدر الآخر هو مياه الآبار ويتضح كذلك أن هناك تنوعاً في مناطق الآبار التي جُلبت منها المياه وذلك بسبب تنوع قيمة TDS . ومن الملاحظ بأن هناك منطقتين للـ 200 و 400 ppm تدل على أن هناك ناقلات مياه تقوم بتوريد المياه من منطقتين تعتبر قيمة TDS فيهما جيدة . كما يلاحظ أن بعض الناقلات تقوم بجلب المياه من آبار يقع نطاق TDS فيها من 700 إلى 1000 ppm هذا النطاق تعتبر مياهه رديئة و غالباً ما يزداد فيه تركيز بعض المجموعات الكيميائية ( مثل النترات ) عن الحد المسموح به مما يجعلها مياه غير صالحة كيميائياً . ويشير الشكل (1) إلى أن هناك تسع عينات من مجموع 267 عينة تم تحليلها في هذا القطاع قد تجاوزت قيمة TDS فيها الحد المسموح به وذلك وفقاً للمواصفات القياسية السعودية لمياه الشرب غير المعبأة.



شكل 1: توزيع إجمالي العينات على فئات مجموع المواد الصلبة الذائبة المختلفة في القطاع الأول

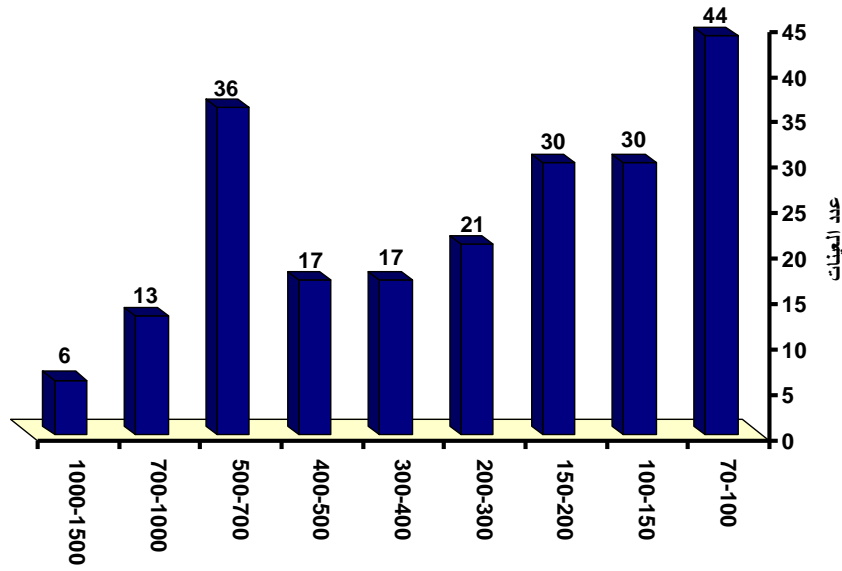
ويتضح من الشكل (2) أن مياه التحلية والتي تشمل مياه الشبكة العامة والمياه التي يتم جلبها عبر ناقلات المياه من مراكز تعبئة ناقلات المياه المحلاة تغطي نسبة 64% من مياه الفنادق والعمائر والمطاعم ويلاحظ كذلك أن 26% من عينات المياه هي من آبار تقع قيمة TDS فيها ضمن المدى 150 - 700 ppm. وتشكل نسبة مياه الآبار التي تصنف مياهها على أنها رديئة 7%. كما بلغت نسبة المياه غير الصالحة للاستهلاك الأدمي كيميائياً 3% بسبب تجاوز قيمة TDS الحدود المسموح بها وذلك حسب المواصفات القياسية الخليجية لمياه الشرب غير المعبأة [8].



شكل 2 : النسبة المئوية لتوزيع إجمالي العينات على فئات مجموع المواد الصلبة الذائبة المختلفة في القطاع الأول.

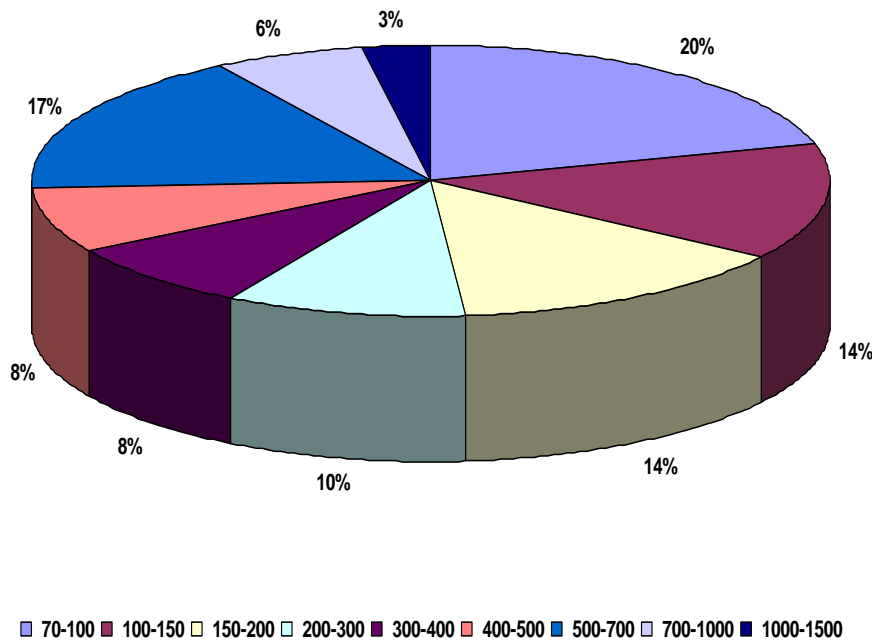
#### القطاع الثاني : منطقة الشامية والشبيكة وحارة الباب و جبل هندي

يوضح الشكل (3) أن القطاع الثاني قد اعتمد على مصدرين هما الشبكة العامة ومياه الآبار ويلاحظ أن هذا القطاع يعتمد في سد عجز المياه على مياه الآبار التي تكون قيمة TDS فيها أكبر من 200 ppm وتصل إلى 2000 ppm. يلاحظ كذلك أن نطاق TDS 300-400 و 400-500 ppm قد احتويا عدداً متساوياً من العينات وهذا يدل على أن هناك سحباً بشكل متوازي من منطقتي آبار تقع في النطاقين السابقين للـ TDS. كما توضح النتائج أن عدد الآبار التي جُلب منها الماء وتقع ضمن تصنيف المياه الرديئة قد بلغ 13 بئراً وغالباً ما تكون هذه الآبار غير صالحة كيميائياً بسبب ارتفاع تركيز بعض المجموعات الكيميائية مثل (النترات) عن الحد المسموح به. يلاحظ كذلك أن هذا القطاع تُصله مياه غير صالحة للشرب كيميائياً بسبب تجاوز قيمة TDS الحد المسموح به. بلغ عدد العينات التي تجاوزت الحد المسموح به 6 عينات من مجموع 214 عينة لهذه المنطقة وهذا يدل على أن هناك تغذية ل خزانة بعض الفنادق والعمائر بمياه آبار غير صالحة للشرب أو قد تكون هناك آبار غير صالحة للاستهلاك الأدمي داخل تلك الفنادق تم استخدامها خلال تلك الفترة.



شكل 3 : توزيع إجمالي العينات على فئات الأملاح المذابة المختلفة في القطاع الثاني

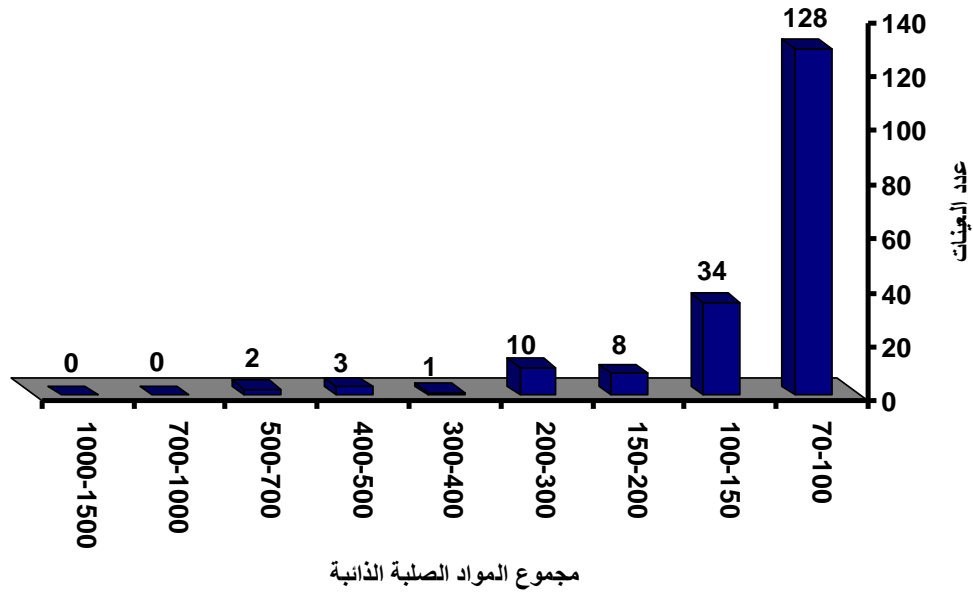
يوضح الشكل (4) أن نسبة مياه التحلية التي تغطي القطاع الثاني تصل إلى 34% وتعتبر هذه النسبة منخفضة وتصل إلى نصف كمية مياه التحلية في القطاع الأول. هذه النسبة تنعكس سلباً على صلاحية مياه الشرب في الفنادق والعمائر حيث تم سد العجز عن طريق مياه الآبار التي وصلت نسبتها في هذا القطاع إلى 66% وتعتبر هذه النسبة مرتفعة مقارنة مع القطاع الأول. بلغت نسبة مياه الآبار التي تصنف مياهها على أنها رديئة 6% أما مياه الآبار غير الصالحة للاستهلاك الآدمي كيميائياً فقد وصلت نسبتها إلى 3%.



شكل 4: النسبة المئوية لتوزيع إجمالي العينات على فئات مجموع المواد الصلبة الذائبة المختلفة في القطاع الثاني.

### القطاع الثالث: منطقة شارع إبراهيم الخليل حتى دوار كدي رجوعاً حتى فندق دار التوحيد

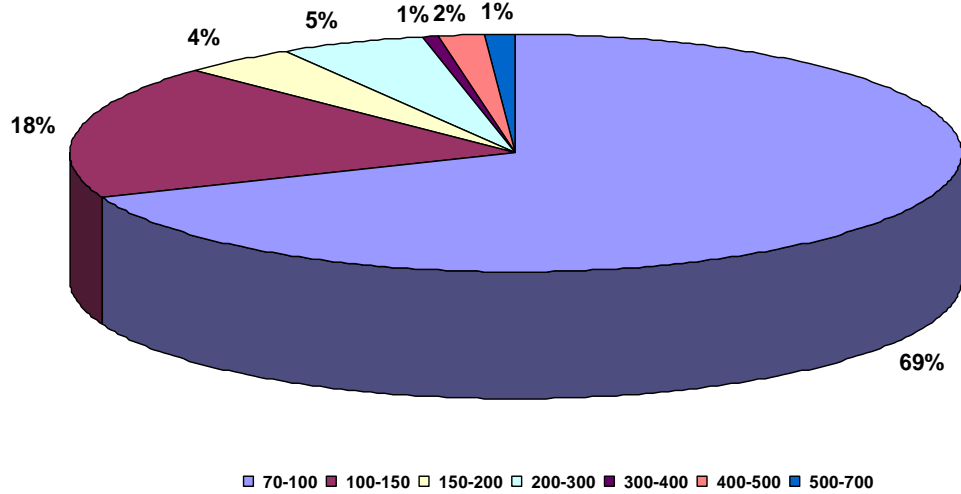
يتضح من خلال الشكل (5) أن القطاع الثالث أفضل من القطاع الأول والثاني حيث يمكن ملاحظة أن عدداً كبيراً من الفنادق والعمائر والمطاعم في هذا القطاع يتم تغذيتها من خلال مياه التحلية والتي يقع نطاق TDS ضمن الحدود ppm 150 -70 والذي تصنف مياهه على أنها ممتازة ويلاحظ كذلك أن عدداً قليلاً من الفنادق يعتمد على مياه الآبار. قد يرجع سبب ذلك إلى أن معظم الفنادق في هذا القطاع عبارة عن أبراج سكنية بها خزانات مياه ذات ساعات كبيرة وهذا يجعلها لا تحتاج لمياه إضافية خلال موسم الحج. من الملاحظ في هذا القطاع عدم تسجيل قراءات لل TDS لعينات مياه في نطاق المياه الرديئة أو في النطاقات التي تزيد فيها قيمة TDS عن 1500 ppm وهذا يؤكد أن هذا القطاع يحصل على كمية مناسبة من مياه الشبكة العامة مقارنة بالقطاعات السابقة.



شكل 5: توزيع إجمالي العينات على فئات الأملاح المذابة المختلفة في القطاع الثالث

يشير الشكل (6) إلى أن مياه التحلية تشكل نسبة 87% وهذه النسبة تقع في نطاق TDS من 70 إلى 200 ppm و تشمل مياه الشبكة العامة ومياه التحلية التي تجلب بناقلات بيضاء اللون من أشياح التحلية. تعتبر النسبة 87% أعلى نسبة مقارنة مع القطاعات السابقة ويلاحظ أن مجموع باقي النسب يشكل 13% بالإضافة لذلك فإن جميع عينات المياه التي يتم تأمينها بواسطة الناقلات كانت قيمة TDS ضمن المدى 200 - 500 ppm وتمثل هذه القيمة أفضل عينات مياه آبار في مكة المكرمة من حيث قيمة TDS والتي تصنف على أنها ممتازة وجيدة على التوالي.

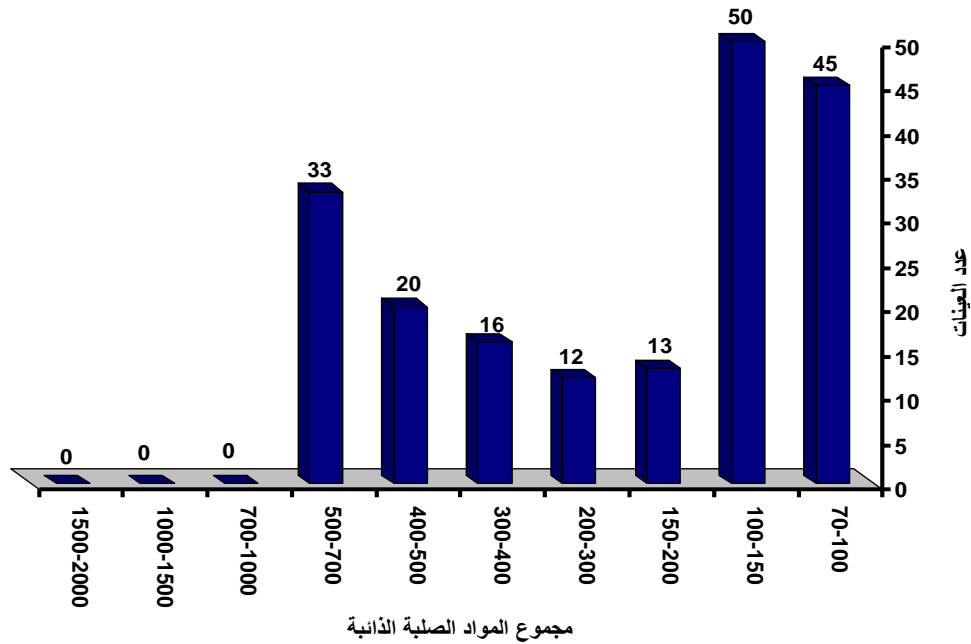




شكل 6: النسبة المئوية لتوزيع إجمالي العينات على فئات مجموع المواد الصلبة الذائبة المختلفة في القطاع الثالث

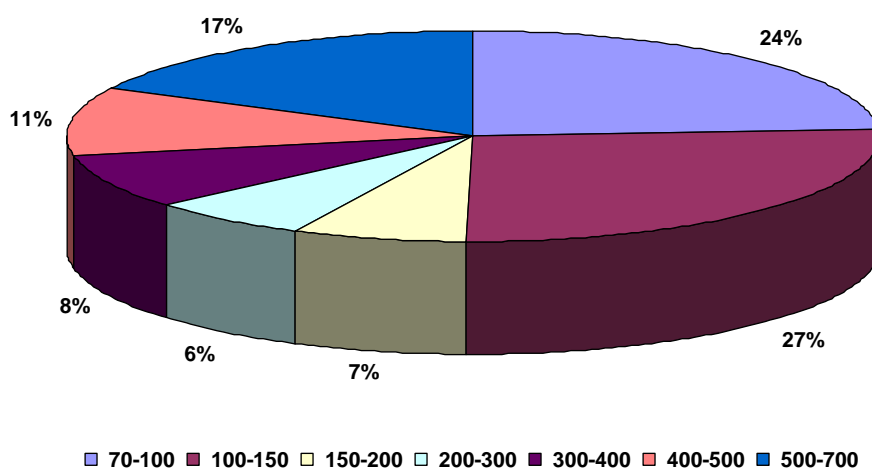
#### القطاع الرابع : منطقة شارع المسيل و ريع بخش و أجياد المصافي و أجياد السد

تشبه نتائج هذا القطاع إلى حد ما القطاع الثاني ويلاحظ أن هذا القطاع يتم تغذيته من الشبكة العامة ومن مياه التحلية التي يتم جلبها بناقلات المياه . كذلك يتم تغذيته من آبار مختلفة حول مكة المكرمة شكل (7) وهذا يفسر وجود عينات مياه في نطاقات مختلفة لل TDS. جميع عينات المياه التي تم فحصها كانت قيمة TDS ضمن النطاق 70 - 700 . كذلك يلاحظ أنه لم تسجل أي عينة في نطاق تصنيف المياه الرديئة لل TDS (900- 1200 ppm) أو في النطاقات غير المقبولة.



شكل 7: توزيع إجمالي العينات على فئات الأملاح المذابة المختلفة في القطاع الرابع

يوضح الشكل (8) أن نسبة مياه التحلية التي يتم تغذيتها للمنطقة الرابعة عن طريق الشبكة العامة وناقلات المياه تصل إلى نسبة 51% وهذا يعني أن القطاع يعتمد على مياه آبار مكة المكرمة بنسبة تصل إلى 49% وهي نسبة مرتفعة تأتي في المرتبة التالية بعد القطاع الثاني . يلاحظ كذلك أن مياه الآبار التي تم جلبها بناقلات المياه تتفاوت في النسب المئوية لنطاقات TDS وهذا يدل على تنوع مناطق الآبار التي يتم تأمين المياه منها . يوضح الشكل أيضاً أن نسبة المياه التي يتم جلبها من الآبار تقع ضمن النطاق 500 إلى 700 ppm وتصل إلى 17% وهذه النسبة تعتبر مرتفعة مقارنة مع القطاع الأول والقطاع الثالث.



شكل 8: النسبة المئوية لتوزيع إجمالي العينات على فئات مجموع المواد الصلبة الذائبة المختلفة في القطاع الرابع

## 3 2 مقارنة قطاعات المنطقة المركزية

### 3-2-1 مقارنة بين القطاعات اعتماداً على قيمة مجموع المواد الصلبة الذائبة

يوضح الجدول (1) أن القطاعين الأول والثاني احتويا على عينات مياه غير صالحة للاستهلاك الآدمي كيميائياً حيث تجاوزت قيمة TDS الحدود المسموح بها حسب مواصفات القياسية الخليجية [8] خلاف القطاعين الثالث والرابع التي كانت جميع القراءات فيهما ضمن الحدود المسموح بها. يلاحظ من الجدول كذلك أن جميع القطاعات تحصل على مياه من آبار مختلفة ليست من منطقة واحدة حيث لوحظ تنوع نطاق TDS لجميع المناطق وهذا يدل على أن ناقلات مياه الشرب تقوم بجلب المياه للمنطقة المركزية من آبار تقع في مناطق مختلفة من مكة المكرمة.

مدى TDS معبراً عنه بجزء في المليون ppm									عدد العينات	القطاع
1500-1000	1000-700	700-500	500-400	400-300	300-200	200-150	150-100	100-70		
9	20	23	9	12	12	15	42	125	عدد العينات	القطاع الأول
3	7	9	3	4	4	6	16	48	النسبة المئوية	
6	13	36	17	17	21	30	30	44	عدد العينات	القطاع الثاني
3	6	7	8	8	10	14	14	20	النسبة المئوية	
0	0	2	3	1	10	8	34	128	عدد العينات	القطاع الثالث
0	0	1	2	1	5	4	18	69	النسبة المئوية	
0	0	33	20	16	12	13	50	45	عدد العينات	القطاع الرابع
0	0	17	11	8	6	7	27	24	النسبة المئوية	

جدول (1) : يوضح مقارنة بين مناطق الدراسة لعدد العينات في نطاقات TDS المختلفة.

### 3-2-2 نسبة تغطية مياه الشبكة العامة لقطاعات المنطقة المركزية

من خلال مقارنة نتائج القطاعات الأربعة التي تمت دراستها يمكن ملاحظة أن هناك تفاوتاً كبيراً في النسب التي تحصل عليها القطاعات من مياه الشبكة العامة (جدول 2) حيث كانت أعلى نسبة للقطاع الثالث والتي وصلت إلى 87% و يليها في الترتيب القطاع الأول حيث بلغت النسبة 64% وكانت النسبة أقل في القطاعين الثاني والرابع حيث كانت 34% و 51% ، على التوالي. ويظهر التناسب العكسي بين ما يتم تأمينه من مياه الشبكة العامة وما يتم جلبه من مياه آبار. فكلما زادت نسبة مياه التحلية في قطاع قلت كمية الاعتماد على مياه الآبار. وتعتبر مياه الشبكة العامة آمنة وذلك بسبب تطبيق برنامج رقابي متكامل على الجودة الكيميائية والبيولوجية والفيزيائية من خلال نقاط رصد ومراقبة كما أنها تحتوي على كلور متبقي يتراوح ما بين 0.1 إلى 0.5 ppm.

القطاع	الموقع	تغطية القطاعات من مياه التحلية	تغطية القطاعات من مياه الآبار
الأول	الراقوبة – الحلقة القديمة - الغزة	64%	36%
الثاني	الشامية – الشبيكة – حارة الباب – جبل هندي	34%	66%
الثالث	شارع إبراهيم الخليل حتى دوار كدي رجوعاً لدار التوحيد	87%	13%
الرابع	المسيال – ريع بخش – أجياد المصافي – أجياد السد	51%	49%

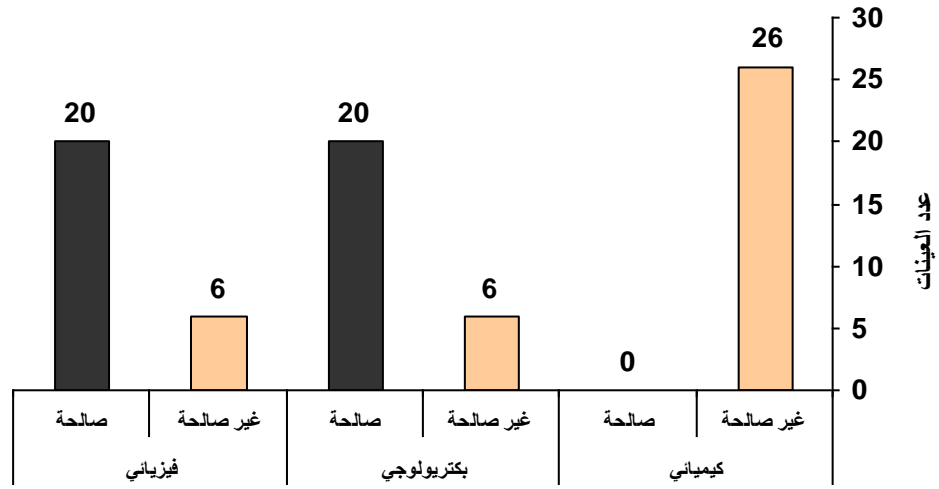
جدول (2): يوضح مقارنة بين القطاعات في نسب الحصول على مياه الشبكة العامة ومياه الآبار

### 3-3 الفحوصات الكيميائية والبكتريولوجية والفيزيائية للعينات

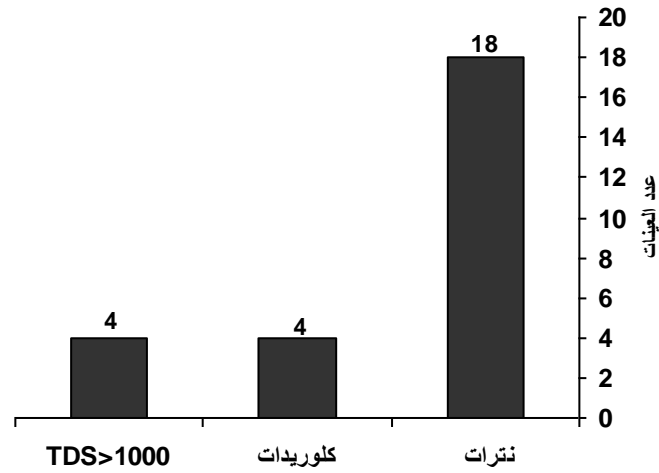
نظراً لأن العينات التي تقع في النطاق 700-1000 ppm لمجموع المواد الصلبة المذابة تعتبر من العينات التي يجب التأكد من صلاحيتها كيميائياً و بكتريولوجياً وذلك لأن الآبار التي تقع قيمة TDS فيها ضمن هذه الحدود تتأثر بمياه الأمطار حيث تتأرجح بين الصلاحية وعدمها . وعادةً ما تكون غير صالحة كيميائياً بسبب تجاوز بعض العناصر أو المجموعات الكيميائية الحدود المسموح بها . وقد تم فحص 26 عينة من مجموع 33 عينة من فنادق وعمائر كانت قيمة TDS فيها ضمن المدى 700-1000 ppm.

يوضح الشكل (9) أن جميع العينات التي تم فحصها غير صالحة للاستهلاك الأدمي كيميائياً حيث وجد أن 18 عينة من العينات التي تم فحصها كيميائياً قد تجاوزت الحدود المسموح بها لمجموعة النترات  $\text{NO}_3$  (50 ppm) (شكل 10) وهذا يؤكد وجود تلوث في مياه الآبار التي جلبت منها المياه . كما وجدت 4 عينات غير صالحة كيميائياً بسبب تجاوز تركيز الكلوريدات الحدود المسموح بها (250 ppm) وأن 4 عينات تجاوزت قيمة TDS الحدود المسموح بها (1000 ppm). كما وجدت 6 عينات من مجموع 26 عينة غير صالحة بكتريولوجياً بسبب وجود بكتيريا الأشريكية القولونية. كما وجدت 6 عينات غير صالحة فيزيائياً بسبب الرائحة والطعم.

إن وجود بعض العينات غير الصالحة بكتريولوجياً له أكثر من احتمال فإما أن يكون التلوث الميكروبي بهذه الآبار مرتفع وبالتالي فإن كمية الكلور التي يتم إضافتها تتفاعل بشكل كامل مع المواد العضوية الموجودة في الماء وتبقى بعض الميكروبات وبالتالي تكون قراءات الكلور المتبقي صفر وتكون العينة غير صالحة بكتريولوجياً ، أو أن خزان الموقع غير نظيف ويتعرض لمصدر تلوث مستمر . أو أن ناقلات المياه تقوم بجلب المياه لتلك المواقع دون المرور على مراكز كلورة مياه الشرب في الناقلات.



شكل (9): يوضح نتائج الفحص المخبري لعدد 26 عينة من العينات التي تقع في المدى (700-1000 ppm)

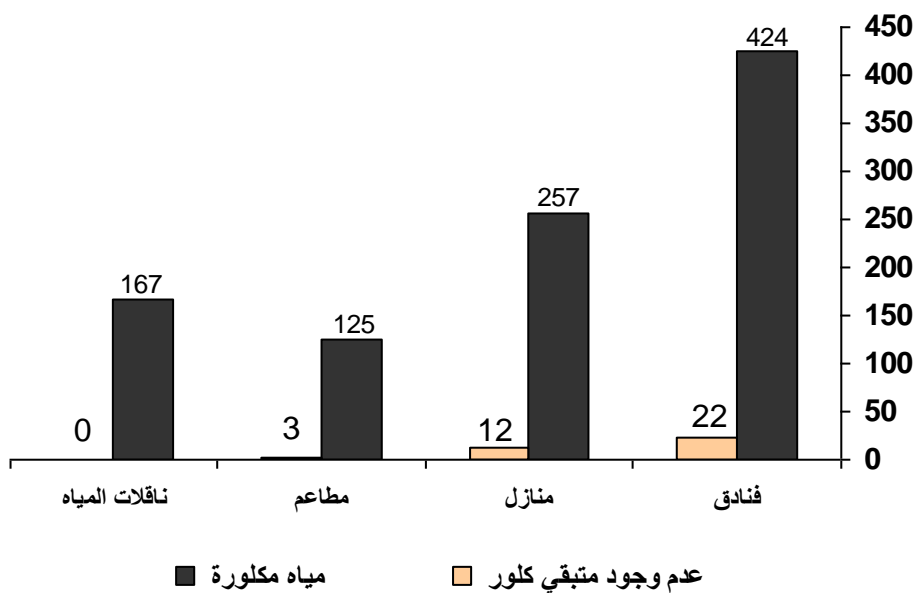


شكل (10): يوضح سبب عدم الصلاحية الكيميائية للعينات التي تم فحصها

#### 3-4 فعالية كلورة مياه الشرب في المنطقة المركزية

يتم تطهير المياه باستخدام العديد من الطرق منها استخدام الأشعة فوق البنفسجية والأوزون . لكن أشهر طريقة وأوسعها انتشاراً في تطهير المياه طريقة الكلورة والتي يتم من خلالها حقن الكلور في الشبكة العامة أو يتم إضافته لمياه الشرب في الخزانات باستخدام الأقراص الفوارة للكالسيوم هيبوكلوريت . ولضمان فعالية الكلور في قتل الجراثيم يجب أن لا يقل زمن التلامس بين الكلور والماء عن 30 دقيقة وأن يكون تركيز الكلور المتبقي بعد الملامسة من 0,2 إلى 0,5 ppm . إن استخدام مياه غير مكلورة قد يعرض الإنسان للعديد من الأمراض المنقولة عن طريق الماء وذلك لاحتمالية وجود جراثيم فيها، ومنها على سبيل المثال الهیضة ( الكوليرا) والسالمونيلا والتيفوئيد والشيغلة والأشريكية القولونية والفيروسات المختلفة مثل فيروس التهاب الكبدی الوبائي (A) والطفيليات مثل طفيل الجيارديا [15] .

وخلال هذه الدراسة تم فحص عدد 446 عينة من عينات مياه الفنادق لقياس نسبة الكلور الحر بها و يوضح الشكل 11 بأن 424 عينة وجدت تحتوي على كلور حر وأن 22 عينة كانت خالية من الكلور الحر. يتشابه هذا الوضع مع عينات المنازل التي تم فحصها والتي بلغت 269 عينة كانت منها 257 عينة تحتوي على الكلور الحر و 12 عينة وجدت خالية من الكلور الحر. بالنسبة للمطاعم وجدت 125 عينة تحتوي على الكلور الحر و 3 عينات فقط كانت خالية من الكلور الحر. يتضح كذلك أن جميع عينات المياه في صهاريج ناقلات المياه التي تم فحصها كانت مكلورة والتي بلغ عدد عيناتها 167 عينة. يشير الجدول (3) إلى أن نسبة العينات المكلورة بلغت 96.4 % والعينات التي لا تحتوي على كلور حر بلغت 3.6% .



شكل 13: يوضح العينات المكلورة والتي لا يوجد بها متبقي كلور

النسبة المئوية	المجموع	ناقلات مياه	مطاعم	منازل	فنادق	
96.3%	1010	167	125	257	424	عينات تحتوي على كلور متبقي
3.6%	37	0	3	12	22	عينات لا تحتوي على كلور متبقي

جدول 3: يوضح عدد العينات المكلورة وغير المكلورة في مواقع مختلفة والنسبة المئوية لهما



#### 4- الاستنتاج

أظهرت الدراسة أنه يمكن من خلال قياس تركيز مجموع المواد الذائبة الكلية التعرف على مصدر المياه سواءً كانت مياه البحر المحلاة أو من مياه الآبار . كما أوضحت الدراسة أهمية كلورة مياه الشرب للحفاظ عليها من التلوث الجرثومي. و من خلال ذلك نرى بأن هناك مجموعة من التوصيات التي نرى بأن تطبيقها سوف يساهم بحول الله تعالى في زيادة نسبة التغطية بالشبكة العامة وتحسين جودة مياه الشرب في مكة المكرمة على وجه العموم والمنطقة المركزية على وجه الخصوص وتمثل هذه التوصيات في النقاط الآتية:-

- ضرورة أن يتم توزيع المياه وفق أسس علمية تأخذ في الحسبان الطبيعة الجغرافية لكل منطقة وذلك نظراً لأن بعض المناطق في مكة المكرمة جبلية وبعضها يقع على أطراف أودية وبالتالي فإن تكلفة بناء الخزانات الأرضية يعتمد في الغالب على عاملين هما سهولة الحفر وتكلفة الحفر وهذان العاملان مرتبطان بطبيعة الأرض فنجد أن بناء الخزانات في المواقع الجبلية مكلف بينما في المواقع التي تقع على أطراف الأودية أقل تكلفة. كما أنه يجب الأخذ في الاعتبار الكثافة السكانية للمناطق ونسبة شغل المساكن حيث أن الكثير من الأبراج السكنية في مكة المكرمة تكون مشغولة خلال موسمي رمضان والحج وباقي العام تكون في الغالب مغلقة.
- إن الحاجة ربما تكون ماسة لزيادة عدد محطات تعبئة صهاريج ناقلات المياه بالمياه المحلاة بمكة المكرمة وإن استحداث موقع جديد بشمال مكة المكرمة قد يساهم بشكل كبير في التقليل من الاعتماد على مياه الآبار وفك الاختناق عن مواقع محطات تعبئة صهاريج ناقلات المياه بالمياه المحلاة الحالية خصوصاً موقع كدي الذي يقوم في الغالب بتغذية المنطقة المركزية.
- ضرورة تفعيل دور الجهات ذات العلاقة في متابعة أي ناقلة مياه تسلك الطرق الفرعية وذلك للهروب من مراكز كلورة المياه المنقولة بواسطة صهاريج ناقلات المياه.
- إغلاق جميع الآبار الواقعة داخل مكة المكرمة خلال موسم الحج ويمكن الأخذ في الاعتبار الآبار التي تم تركيب محطات تحلية عليها باستخدام نظام التناضح العكسي (Reveres Osmoses) مع أهمية التأكد من احتواء تلك المياه على كلور متبقي وذلك حفاظاً على الماء من أي تلوث قد يحدث أثناء نقل المياه بالصهاريج مع ضرورة وضع الضوابط الكفيلة بمتابعة صلاحية عمل المحطة على مدار الساعة.
- عمل دراسة شامل عن جودة مياه آبار مكة المكرمة الداخلية والخارجية وتشمل الفحوصات الكيميائية و البكتريولوجية والفيزيائية وقد قام فريق من الباحثين بمديرية الشؤون الصحية بمنطقة مكة المكرمة بالبدء في تنفيذه هذه الدراسة والتي سوف يتم الانتهاء منها قريباً بحول الله.

## شكر

يتقدم الباحثون بالشكر والتقدير لسعادة وكيل وزارة الصحة المساعد للطب الوقائي وسعادة مدير عام الصحة الوقائية بوزارة الصحة وسعادة مدير عام الشؤون الصحية بمنطقة مكة المكرمة على دعمهم لهذا البحث كما نتقدم بجزيل الشكر لسعادة الدكتور خالد السميري وسعادة الدلفتور صقر السرازم على ملاحظاتهم القيمة خلال الدراسة وكذلك الشكر موصول لرئيس قسم صحة البيئة والزملاء في القسم على تعاونهم

## 5 - المراجع References

### أولاً: مراجع باللغة العربية

- [1] توزيع كميات المياه لمناطق العاصمة المقدسة. جدول التوزيع لعام 1427 هـ، فرع وزارة المياه بمكة المكرمة.
- [2] جزافيه بونفوي. تطهير الماء. منظمة الصحة العالمية. المكتب الإقليمي الأوروبي. الدنمرك (1966)
- [3] عبدالهادي العمري، شاكر أزهرى، محمد الدفراوي. التقييم الكيميائي للمكونات غير العضوية والعناصر الثقيلة في المياه الجوفية بوادي نعمان في مكة المكرمة. قسم الكيمياء. كلية العلوم التطبيقية. جامعة أم القرى. مكة المكرمة (1424 هـ).
- [4] السيد عبدالكريم يعقوب، معراج مرزا، سيد عبد السميع عبد الحافظ، رمضان علي بدران. التقييم البيولوجي والكيميائي للمياه الجوفية بمدينة مكة المكرمة. جامعة أم القرى. مكة المكرمة (1418 هـ)
- [5] نزار خضري، تقرير عن آبار مكة المكرمة خلال الفترة من 1418-1421 هـ. ردمك 1-72-644-9960-978، وزارة الصحة. المملكة العربية السعودية (1423)
- [6] عبدالرحمن عبدالعالي، عبدالله الرحيلي، عبدالله زرعة، مجاهد خان. تراكيز النترات وطرق إزالتها من مياه الشرب في المملكة العربية السعودية. مشروع بحثي أت-15-15 مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية (1426 هـ)
- [7] نزار خضري، عبدالحفيظ تركستاني، صلاح مبارك معلى السلمي. دراسة التغير الكيميائي والبيولوجي والفيزيائي والحيوي في مياه آبار مكة المكرمة خلال الفترة 1418-1427 هـ. وزارة الصحة. دراسة تحت النشر.
- [8] المواصفة القياسية الخليجية رقم (2000/149). مياه الشرب غير المعبأة. هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي. الرياض.
- [9] المواصفة القياسية الخليجية رقم (1989/111). طرق اختبار مياه الشرب والمياه المعدنية. الجزء الأول: أخذ العينات. هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي. الرياض.

[10] المواصفة القياسية الخليجية رقم (1989/112). طرق اختبار مياه الشرب والمياه المعدنية . الجزء الثاني : تقدير الخصائص الطبيعية. هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي. الرياض.

[11] المواصفة القياسية الخليجية رقم (1994/378). طرق اختبار مياه الشرب والمياه المعدنية . الجزء الثالث : الاختبارات الميكروبيولوجية الروتينية مياه الشرب المعبأة . هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي. الرياض.

[12] المواصفة القياسية الخليجية رقم (1989/116). طرق اختبار مياه الشرب والمياه المعدنية . الجزء الثالث : تقدير المواد الصلبة الذائبة الكلية والرقم الهيدروجيني والكلور المتبقي . هيئة المواصفات والمقاييس لدول مجلس التعاون الخليجي. الرياض.

[13] دلائل جودة مياه الشرب، الطبعة الثانية، الجزء الأول. التوصيات. منظمة الصحة العالمية. المكتب الإقليمي للشرق الوسط. الإسكندرية-مصر.(1999).

ثانياً: مراجع باللغة الإنجليزية

[14] Total dissolved solids in Drinking-water, World Health Organization, Geneva, 1996

[15] G. Howard, J. Bartram, Domestic Water Quantity, Service level and Health, , World Health Organization, Geneva, (2003).