HNSJ Humanities & Natural Sciences Journal
ISSN: (e) 2709-0833
www.hnjournal.net

مجلة العلوم الإنسانية والطبيعية
مجلة علمية محكمة (التصنيف: NSP)
معامل التأثير العربي للعام 2024 = 0.44

عنوان البحث

تقييم جودة المياه في أنظمة معالجة المياه بمحطات التحلية التجارية (المرشحات) بمدينة بن جواد. ليبيا

محمد ونيس امجيحيد المهدي[1]، صالح عبد الرحيم أحمد البنقية[2]، خليفة فرج القداري[3]

[1] قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة خليج السدرة، بن جواد، ليبيا. بريد الكتروني: muhammed1980@gsu.edu.ly

[2] قسم تقنيات المياه، المعهد العالي للتقنيات الزراعية، بالعويلية، المرج _ تخصص هندسة البيئة. بريد الكتروني: albangea@yahoo.com

[3] لية التربية، فسم الاحياء، جامعة خليج السدرة، بن جواد، ليبيا.

HNSJ, 2025, 6(2); https://doi.org/10.53796/hnsj62/29

المعرف العلمي العربي للأبحاث: arsri.org/10000/62/29

تاريخ الاستقبال: 2025/01/07م تاريخ القبول: 2025/01/15م تاريخ النشر: 2025/02/01م

المستخلص

أجريت هذه الدراسة لتقييم جودة مياه محطات التحلية التجارية المنتشرة بمدينة بن جواد وذلك بدراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لهذه المياه خلال شهر ديسمبر من 2024، حيث ثم قياس الرقم الهيدروجيني ،المواد الصلبة الذائبة الكلية والتوصيل الكهربائي وكذلك الكاتيونات الرئيسية (الكالسيوم، الماغنسيوم، الصوديوم والبوتاسيوم) والانيونات الرئيسية (الكبريتات، الكلوريدات، البيكربونات والنترات) وايضاً المعادن الثقيلة (النحاس، الزنك والحديد) في العديد من العينات المأخوذة من 5 محطات معالجة تجارية مختلفة وكذلك عينة من شبكة المياه العامة للمدينة وايضاً ثم عمل عينة مزيج بنسبة 1:1 بين مياه محطات المعالجة وبين مياه الشبكة العامة. حيث أظهرت النتائج وجود اختلافات كبيرة في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعينات المحللة ومع ذلك فان اغلب نتائج عينات المحطات التجارية كانت اقل من الحد الأدنى للمواصفات القياسية الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية، في حين كانت معظم نتائج عينات مياه الشبكة العامة والعينة المزيج بسبة 1:1 ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات الليبية والدولية.

الكلمات المفتاحية: معالجة المياه، محطات التحلية، مدينة بن جواد.

RESEARCH TITLE

APPRAISAL OF WATER QUALITY IN WATER TREATMENT SYSTEMS (FILTERS) USED AT DESALINATION FACTORIES IN BIN-JAWAD CITY. LIBYA

Muhammed Wanees Al Mahdi[1], Saleh A AL-Banqeeya[2], Khalifa Faraj Elgadari[3]

[1] **Department of Chemistry, College of Science, Gulf of Sidra University – Libya. (muhammed1980@gsu.edu.ly)**
2. **Department of Water Technology in The Higher Institute for Agricultural Techniques EL- Marj – Libya. (albangea@yahoo.com)**
3. **Department of Biology, College Education, Gulf of Sidra University- Libya**.

HNSJ, 2025, 6(2); https://doi.org/10.53796/hnsj62/**29**
Arabic Scientific Research Identifier: arsri.org/10000/62/29

Received at 07/01/2025 **Accepted at 15/01/2025** **Published at 01/02/2025**

Abstract

This study assessed the water quality of commercial desalination factories widespread in Bin Jawad City by determining the main physical and chemical properties of this water during December 2025. pH, total dissolved solids, and electrical conductivity, as well as the main cations (calcium, magnesium, sodium, and potassium), major anions (sulfates, chlorides, bicarbonates, and nitrates), and heavy metals (copper, zinc, and iron) were all measured in a several of samples taken from 5 different commercial treatment factories, as well as a sample from the public water network of the city, and one simple making a mixture sample in a ratio of 1:1 between the water of the treatment factories and the water of the public network. The findings revealed significant differences in the physical and chemical characteristics of the analyzed samples. However, most values fell below the minimum limits of the Libyan drinking water standards and the WHO standards' while most of the results of the public network water samples and the 1:1 mixture sample were within the permissible limits of the Libyan and international standards.

Key Words: water treatment, desalination factories, Bin-Jawad city.

1. المقدمة

تعتبر ليبيا من بين دول العالم التي تُعاني من شح الماء وقلة مصادره، وتعتمد بدرجة أساسية على المياه الجوفية، والتي تمثل أكثر من 97%، كمصدر رئيسي لمياه الشرب. أدي نمو عدد السكان والنشاط البشري وتدهور جودة المياه إلي زيادة الطلب على مياه الشرب، كذلك إلى عدم كفاية الموارد المائية لسد هذه الاحتياجات في العديد من المدن الليبية وتأتي مدن الساحل الليبي على رأس قائمة هذه المدن التي تعاني نقص المياه وتدهور خصائصها. وحيث تبرز مشكلة نقص المياه بسبب عوامل المناخ السائدة إضافة إلى مشكلة تداخل مياه البحر مع المياه الجوفية مسبباً زيادة ملوحتها وجعلها غير صالحة للاستهلاك البشرى (الهيئة العامة للمياه 2006). إن مياه الشرب يجب تكون نظيفة وخالية من جميع أنواع الملوثات، الكيميائية والميكروبية المهددة لصحة الإنسان. ونظرا لصعوبة توفر مياه شرب آمنة في الشبكات العامة (الصنبور)، وعدم ثقة الإنسان في استهلاكها من الناحية الصحية، زاد من إقبال المواطنين على شراء مياه محطات المعالجة المنتشرة بالمدن وكذلك المياه المعبأة، وجعل من تقنية تحلية ومعالجة مياه الشرب، مصدر مكمل ومتجدد لمياه الشرب وكأحد حلول مشكلة نقص المياه، وهو ما جعل ليبيا من بين الدول الأكثر استخدام لهذه التقنية (عزالدين، 2012، عون، 2019، شلوف2018). ساهم استهلاك المياه محطات التحلية التجارية في نمو وتعزيز تقنية تحلية وتعبئة مياه الشرب. حيث يتم إنتاجها وتسويقها بالمحالات التجارية من خلال إحضار المستهلك لعبوات يملئ فيها المياه مباشرة. رغم قلة المعلومات عن خصائص هذه المياه وفي أحوال كثيرة فشل مصانع التحلية التجارية المنتشرة بالمدن في تطبيق المواصفات القياسية الخاصة بهذه النوعية من المياه الشرب. إلا انه قابله انتشار واسعا لمحال إنتاج هذه المياه حتى وسط الإحياء السكنية بداخل المدن (Abd El-Salam 2008،OECD 2003). إن مصادر المياه قد تشكل واقع لا يتلاءم مع تعبئة مياه الشرب. فمثلا مياه الآبار الجوفية من الخزان السطحي المتأثرة بمياه الصرف الصحي قد تشكل خطرا على صحة الإنسان. فقد أشارت تقارير من الأمم المتحدة إلى أن استخدام المياه الملوثة وغير الصحية تؤدي إلى الوفاة. نتيجة الإصابة بإمراض لها علاقة بتلوث المياه. ولذلك فأن نتائج التحاليل الفيزيائية، الكيميائية والبيولوجية للمياه، مهمة جدا ولها تأثير بالغ الأهمية في تحديد فائدتها كمصدر لمياه الشرب والاستخدامات الأخرى وعنصرًا أساسيًا لتقييم الموارد المائية في أي بلد. لذلك تخضع مياه الشرب لمواصفات ومعايير قياسية خاصة، قد تختلف طبيعة وشكل هذه المعايير بين البلدان ولا يمكن تطبيقها عالميًا. إلا أنها جميعها تعد مقاييس تحدد مدى ملاءَمة وصلاحية هذه المياه للشرب بناءً على خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية (Garzon, P,1998، البلعزي، 1997، بلق، 2019).

اهتمت العديد من البحوث والدراسات الدولية والمحلية حول تقييم الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للمياه محطات التحلية التجارية. إلا إن منطقة الدراسة تبقي كحال العديد من المدن والقرى الليبية التي لم تحظي بقدر كافي من هذه الأبحاث. ومن الأبحاث المشابهة لهذا البحث. دراسة حول تقييم جودة مياه الشرب لمحطات التحلية التجارية في مدينة الكفرة الليبية تعمل هذه المحطات بتقنية التناضح العكسي. بينت النتائج إن عمليات التحلية قد أدت إلى إزالة نسبة كبيرة من الأملاح الكلية الذائبة إلى حدود اقل من المسموح بها حسب مواصفات القياسية الليبية (زاهد،2002). كما جريت بعض الأبحاث لتقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والميكروبية لأنواع مختلفة من مياه الشرب المعبأة والمتداولة في السوق الليبي. أشارت نتائجها إلى خلو هذه المياه من الميكروبات الضارة، ومن الناحية الفيزيائية والكيميائية تعد مقبولة إلى حد ما، لكنها ليست مثالية لأنها أشبه بالماء المقطر لانخفاض محتواها من المواد الصلبة الذائبة (TDS) مستويات أقل من المطلوب حسب المواصفات الليبية لمياه الشرب (الصليلي،2015، Adel, M, 2012). وفي دراسة حول تقييم جودة المياه الشرب للمحطات التحلية التجارية شملت 32 محطة من محطات التحلية وتعبئة مياه الشرب بمدينة بنغازي.

أشارت النتائج المتحصل عليها، أن معظم العينات وجد تركيز الكلور المتبقي أقل من الحد المسموح به. والرقم الهيدروجيني لعينة واحدة قد تجاوز الحد المسموح به. بينما كان تركيز الفلوريد، الرصاص، المنجنيز والكادميوم، قد تجاوز الحد الأقصى المسموح به في اغلب عينات المياه حسب المواصفات والمعايير الليبية لمياه الشرب المعبأة (العاني، 2005). يهدف هذا البحث إلى تقييم ومقارنة بين الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب لمحطات التحلية وبين المياه غير المعالجة مياه الشبكة العامة وكذلك بين عينة مزيج بين المياه الشبكة العامة وبين مياه محطات معالجة المياه بنسبة 1:1 في مدينة بن جواد ومدى مطابقتها للمواصفات الليبية والعالمية.

2. المواد وطرق البحث

أجرت هذه الدراسة على خمسة مصانع لمياه الشرب المعبأة في مدينة بن جواد، تتوزع وسط الأحياء السكنية بالمدينة، بمسافات متفرقة. حيث تعد مياه الشبكة العامة المستمدة من مياه النهر الصناعي، هي مصدر تزويد سكان البلدية، بمياه الشرب ولا وجود لأبار جوفية كمصدر للمياه داخل المدينة. وهي نفسها تعتمد عليها محطات (مصانع) تحلية مياه الشرب بالمدينة.

1.2. طرق جمع العينات

تم جمع عينات المياه خلال شهر ديسمبر 2024. من خمس محطات (مصانع) تحلية لإنتاج وتعبئة المياه المعالجة وعينة من خط المياه التي تعتمد عليها هذه المصانع قبل المعالجة. استخدمت عبوات بلاستيكية حجمها 1 لتر، لجمع عينات المياه. غسلت عدة مرات بالماء المقطر، وعند جمع العينة غسلت العبوة البلاستيكية بمياه العينة وأغلقت بإحكام، ونقلت للمعمل لإجراء عليها القياسات المستهدفة في البحث.

جدول (1) بيانات محطات (مصانع) تحلية المياه التي جمع منها العينات مياه المستهدفة في الدراسة

ت	اسم وحدة المعالجة	رمز العينة	نوع عينة المياه	طريقة جمع العينة
1	مصنع الامتياز	W1	مياه شرب معالجة	من وحدة التحلية مباشرة
2	مصنع نبع الحياة	W2	مياه شرب معالجة	من وحدة التحلية مباشرة
3	مصنع السد	W3	مياه شرب معالجة	من وحدة التحلية مباشرة
4	مصنع النقاء	W4	مياه شرب معالجة	من وحدة التحلية مباشرة
5	مصنع نبع الخير	W5	مياه شرب معالجة	من وحدة التحلية مباشرة
6	خليط من المياه**	W6	مياه معالجة 50%	قبل وبعد التحلية
7	مياه شبكة المرافق العامة *	W7	مياه شرب غير معالجة	قبل التحلية

**(6W) عينة مياه مركبة ناتجة من خليط (بنسبة 1:1) من مياه المصنع الأول (W1) مع مياه شبكة المرافق العامة غير المعالجة.

*(W7) عينة المياه من مياه الشبكة العامة – مياه النهر الصناعي(NW).

2.2. معلومات عن عينات المياه ووحدات إنتاج مياه محطات التحلية المستهدفة في البحث:

استهدف البحث 5 محطات (مصانع) من وحدات معالجة وإنتاج مياه الشرب موزعة بين الأحياء السكنية جميع المحطات (المصانع) تعتمد على مياه الشبكة العامة – مياه النهر الصناعي. جميع المصانع تقريبا تستخدم نفس طريقة التصفية (التحلية). وهي استخدام خزان بلاستك، لتجميع المياه قبل المعالجة، سعته 5 متر مكعب. يتم توصيله بمضخة التي تدفع المياه إلى وحدات الترشيح (وحدة الفلترة). موصل بجهاز التعقيم (جهاز توزيع الحرارة). ومنها إلى أنابيب الإخراج للماء التي تستخدم في تعبئة العبوات البلاستيكية التي يستعملها المستهلك.

3.2. التحاليل (القياسات) المعملية الفيزيائية والكيميائية.

بعد جمع عينات المياه التي تمت دراستها تم إجراء عددا من التحاليل الكيميائية وفقًا للطرق المنصوص عليها في كتاب جمعية الصحة العامة الأمريكية لعام 1999 حول الطرق القياسية لفحص المياه (Ali, M2020) **وقد شملت:**

1. الرقم الهيدروجيني: تم قياس درجة حموضة مياه الشرب وذلك باستخدام جهاز قياس الرقم الهيدروجيني PH– meter((ATC. PH–2011.
2. التوصيل الكهربي (EC) ومجموع الأملاح الذائبة (TDS): قدرت باستخدام جهاز قياس التوصيل الكهربي EC– meter. (نوع (AD31) Waterproof EC/TDS Testers)
3. **الأيونات الذائبة:** تم تقدير الكاتيونات (+) والانيونات الذائبة (–) وعبر عن تراكيزها، بالمليجرام/لتر. وشملت الأيونات الذائبة التي تم تقديرها في مياه الشرب ما يلي:

أ. الكاتيونات الذائبة في الماء:

- **تم** تقدير الكالسيوم (Ca^{+2}) والمغنيسيوم (Mg^{+2}) في عينات المياه باستخدام جهاز الامتصاص الذري Atomic Absorption Spectrometry (AAS). بعد ضبط الجهاز بواسطة محاليل قياسية وبمصابيح خاصة بكل عنصر. كما تم تقدير الصوديوم (Na^{+}) والبوتاسيوم (K^{+}) باستخدام جهاز قياس اللهب الكهروضوئي flame photometer نوع 410.

ب. *الانيونات:* –

تم تقدير البيكربونات (HCO^{3-})، الكلور *(CL)*، الكبريتات *(S_O^{4-2})*، **النترات** (N_O^{3-}).

1. البيكربونات،
2. تم تقديرها وذلك بمعايرة حجم معين من عينة مياه الشرب بحمض كبريتيك مخفف (0.01 عياري) في وجود دليل المثيل البرتقالي في حالة البيكربونات بحسب طريقة (Reitemier, 1943).
3. الكلوريد: تم تقدير الكلور بمعايرة حجم معين من مياه الشرب بمحلول نترات الفضة المخفف (0.01عيارى) في وجود دليل كرومات البوتاسيوم حسب طريقة موهر كما وردت في (Black. et.al, 1965).
4. الكبريتات (SO_4^{-2})، النترات (NO_3^{-}).

تم تقديرها، وذلك باستخدام جهاز قياس الطيف (Spectrophotometer) نوع (Philips, PU 8625, UV/VIS) عند طول موجي (420 ميكروميتر). وعبر عن تركيزاتها في المياه بالمليجرام / لتر.

4. العناصر الثقيلة: – الزنك، الحديد، النحاس. (Zn, Fe،Cu)

تم تقدير محتوى مياه الشرب المستهدفة في البحث، من بعض العناصر الثقيلة، **الزنك والنحاس والحديد**. باستخدام جهاز الامتصاص الذري (AAS) Atomic Absorption Spectrometry.

3. النتائج والمناقشة

أظهرت النتائج كما هو موضح في الجدول رقم (2) أن تباين في العناصر المختبرة حيث كانت القليل عناصر العينات المختبرة ضمن الحدود المسموح بها والكثير غير مطابقة للمواصفات القياسية الليبية والدولية حيث كانت اقل من الحد الأدنى لهذه المواصفات وهذه النتائج ستتم مناقشتها من خلال مقارنتها بالمواصفات الليبية والدولية.

رقم العينة	PH	EC (µS/cm)	TDS (mg/L)	Na^{+} mg/L	K^{+} (mg/L)	Ca^{+} mg/L	Mg^{+} (mg/L)	No^{-3} mg/L	Cl^{-} mg/L	Hco_3^{-} mg/L	SO_4^{-2} mg/L	Cu^{+2} mg/L	Zn^{+2} mg/L	Fe^{+2} mg/L
W1	7.2	80	42	2.40	0.019	0.22	0.65	0.12	35	16.11	1.00	0.002	0.015	*Nil*
W2	6.27	59	29	6.80	0.51	3.11	0.37	1.10	35	19.39	1.00	0.005	0.010	*Nil*
W3	6.2	93	45	8.19	1.59	2.51	4.59	0.22	50	21.24	10.80	0.003	0.017	*Nil*
W4	6.01	69	34	8.18	1.37	1.91	2.31	0.33	50	22.23	3.00	0.003	0.044	*Nil*
W5	6.00	31	25	8.17	1.48	0.77	2.25	1.10	50	26.65	5.20	0.002	0.011	*Nil*
W6	7.14	642	530	11.93	1.83	7.08	6.70	2.12	71	33.47	65.90	0.003	0.028	*Nil*
W7	7.3	998	760	18.54	4.10	10.79	7.35	3.38	142	55.92	110.00	0.003	0.028	0.01
W8	8.5-6.5	1500 >	-500 1000	100	12	100	30	45	150	150	150	1	0.5	0.3
W9	8.5-6.5	-450 1500	1000	200	10	100	60	50	250	-25 200	-25 250	1	0.5	0.3

(W8): المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب

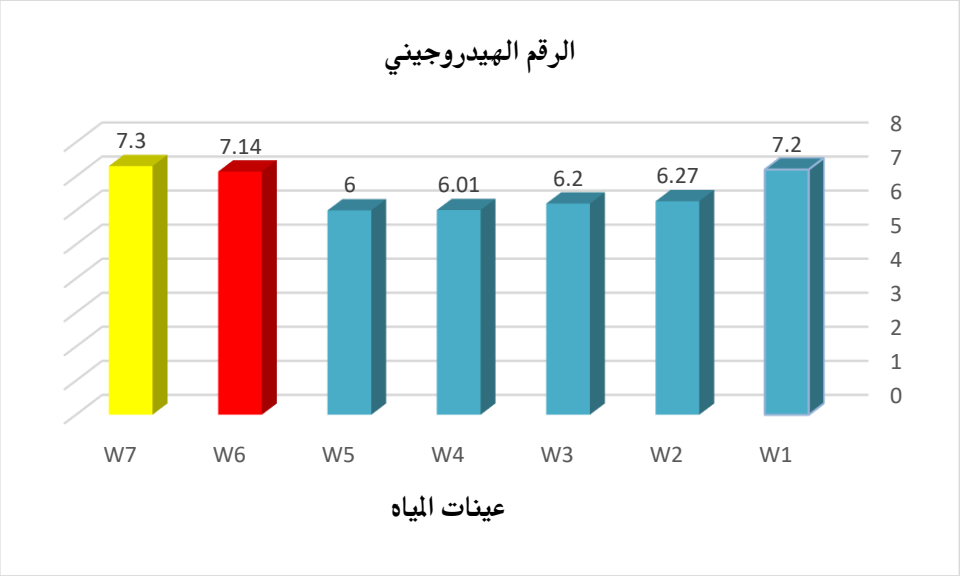
(W9): المواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية لمياه الشرب (WHO).

1.3. نتائج التحليل الفيزيائي

1.1.3 الرقم الهيدروجيني

تراوح الرقم الهيدروجين للعينات المجمعة من محطات التحلية التجارية بين 6 – 7.2 كما هو موضح في الجدول رقم (2) والشكل رقم (1)، حيث كانت 57.14% من العينات اقل من الحدود المسموح بها لمياه الشرب كما حددتها منظمة الصحة العالمية والمواصفات الليبية بينما عينة واحدة من محلات تحلية المياه حققت متطلبات المواصفة الليبية ومواصفة منظمة الصحة العالمية قيمتها 7.2، بينما كانت عينة مياه الشبكة العامة (النهر الصناعي) والعينة المركبة بنسبة 1:1 ضمن الحدود المسموح بها وكان قيم الرقم الهيدروجيني 7.30، 7.14 على التوالي وقد يكون سبب انخفاض الرقم الهيدروجيني للمياه هو علمية الكلورة التي تستخدم حيث ان من احد أسباب انخفاض الرقم الهيدروجيني هو عملية الكلورة او زيادة محتوى المياه من غاز ثاني أكسيد الكربون وهذه الزيادة ترجع الى ان اغشية المستخدمة للتحلية تستطيع ان تزيل الكربونات والبيكربونات ولكن لا تستطيع ان تزيل ثاني أكسيد الكربون الذي يسبب في انخفاض الرقم الهيدروجيني للمياه الناتجة من

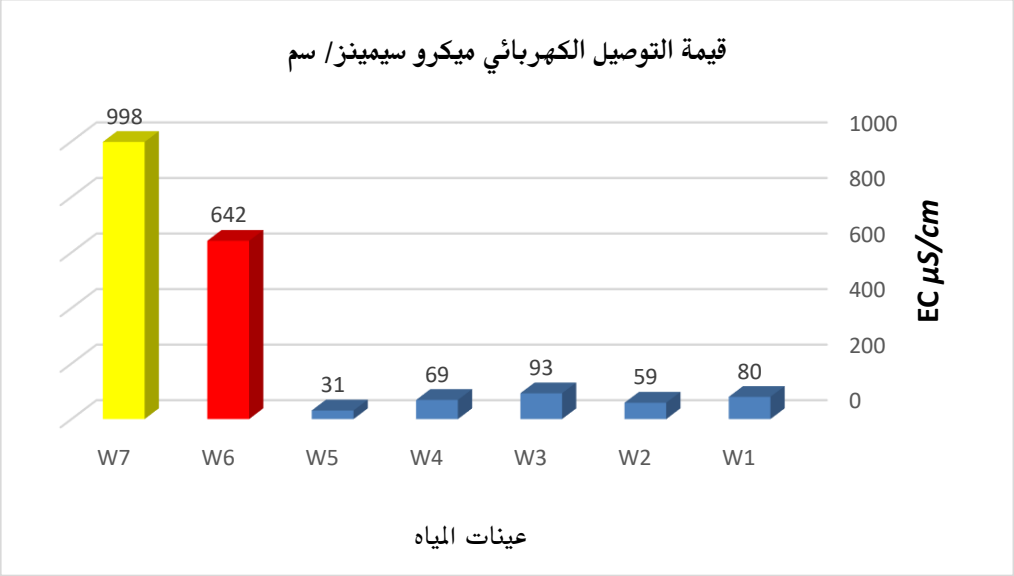
عملية التحلية بسبب تحوله الي حمض الكربونيك، وان زيادة حموضة الماء لها تأثير سلبي على صحة الانسان كما ذكر (Twort et al.,1985). حيث تتفق هذه الدراسة مع الدراسة التي قام بها الكيلاني واخرون 2020 حيث أظهرت نتائجهم ان هناك عينات كانت قيم الرقم الهيدروجيني لها منخفض ولا يتطابق مع المواصفات القياسية الليبية لمياه الشرب. بينما تختلف نتائج هذه الدراسة مع دراسة (غربي واخرون 2024) حيث أوضحت نتائج دراستهم ان جميع العينات حققت متطلبات المواصفات الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية للمياه الشرب.



شكل (1) قيم الرقم الهيدروجيني PH لعينات المياه المختبرة

2.1.3. التوصيل الكهربائي

ان زيادة قيمة التوصيل الكهربائي تسبب طعم غير مستساغ لمياه الشرب وهي تعتبر علامة ذأله في تقدير مجموع المواد الصلبة الذائبة في الماء من جهة، ومدى نقاوة المياه من جهة اخر، وهي قيمة عددية تصف مدى قدرة المياه على توصيل التيار الكهربائي، وإحدى السبل السريعة لملاحظة التغيرات التي تحدث في المياه الطبيعية والعناصر الذائبة APHA (2005). حيث أظهرت نتائج هذه الدراسة ان 71.4 % وهو ما يمثل 5 من اصل 7 من العينات المختبرة، وهذه كانت اقل من الحد الادنى للموصفات القياسية الليبية والدولية، حيث تراوحت النتائج بين 31 – 998 ميكرو سيمينز/ سم كما هو موضح بالشكل رقم (2)، العينات التي حققت متطلبات المواصفات الليبية والدولية هي العينة رقم W6 وهي تمثل المزيج بنسبة 1:1 وكذلك العينة رقم 7 وهي تمثل عينة مياه الشبكة العامة عينة (مياه النهر) وتختلف نتائج هذه الدراسة مع دراسة (غربي واخرون 2024) حيث تراوحت نتائج دراستهم بين 495 – 1513 ميكرو سيمينز/ سم وهذه اعلى من نتائج هذه الدراسة.

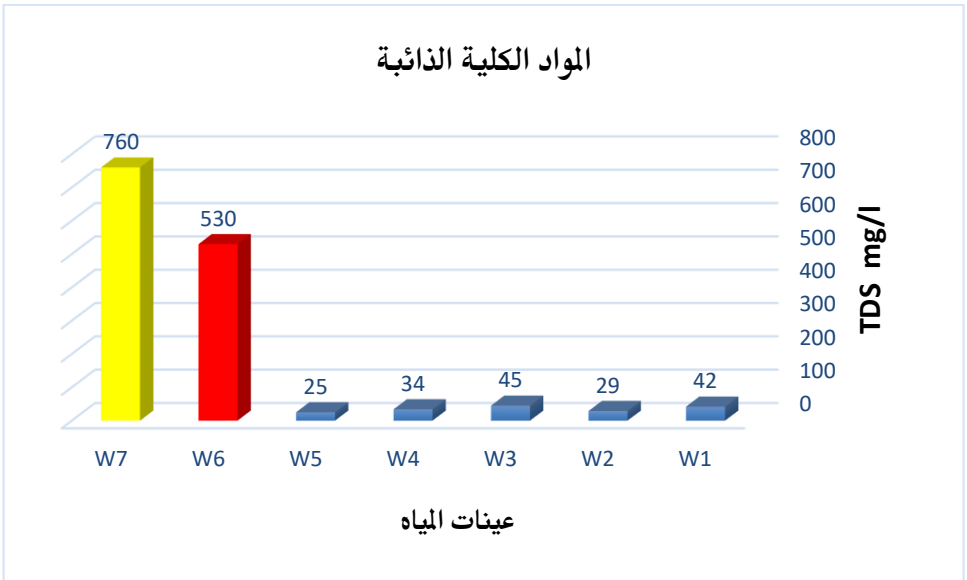


الشكل رقم (2) قيمة التوصيل الكهربائي لعينات المياه المختبرة

3.1.3. المواد الكلية الذائبة (TDS)

ان تركيز الاملاح الذائبة في المياه الجوفية يتأثر بحركتها وذلك عن طريق اذابة الاملاح الموجودة بالحجر الجيري، وتعتبر هذه الاملاح

الذائبة مؤشر بارز والرئيسي لتحديد نوعية ومدى صلاحية المياه للشرب، وان زيادتها يؤدي الي عدم قبول استخدامها (عون، 2002). حيث سجلت اعلى قيمة للمواد الكلية الذائبة بالعينة رقم W7 وهي عينة مياه الشبكة العامة (مياه النهر) 760مليجرام/لتر، واقل قيمة كانت بالعينة رقم W5 وكانت قيمتها 25 مليجرام/لتر، حيث ان تقريباً 71 % من العينات المختبرة كانت اقل من الحد الأدنى للمواصفات القياسية الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية لمياه الشرب. وهذه النتائج تتوافق مع ما نشرة (بن هندر، واخرون 2021) حيث أجريت مقارنة لعينات مياه الشبكة العامة (مياه النهر) وبين المياه المفلترة التي اخذت من محلات التحلية التجارية حيث كانت قيمة عينة المياه المفلترة 33 مليجرام/لتر.



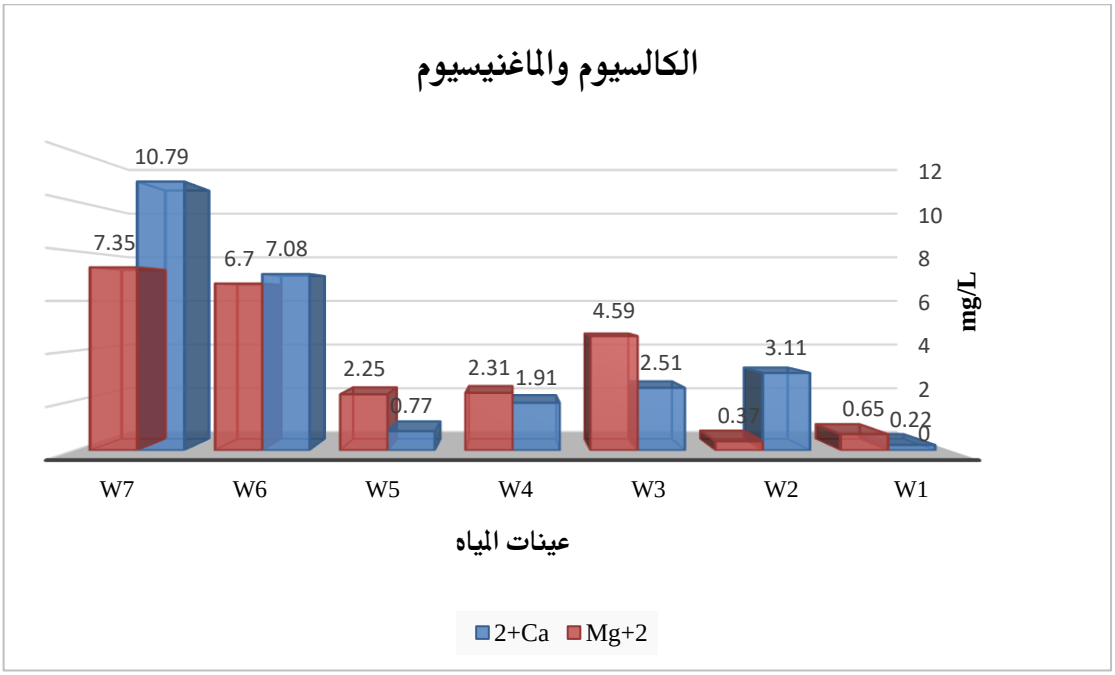
شكل رقم (3) الاملاح الذائبة الكلية

2.3 نتائج التحليل الكيميائي

1.2.3. الكاتيونات

2.2.3. **الكالسيوم** والماغنيسيوم

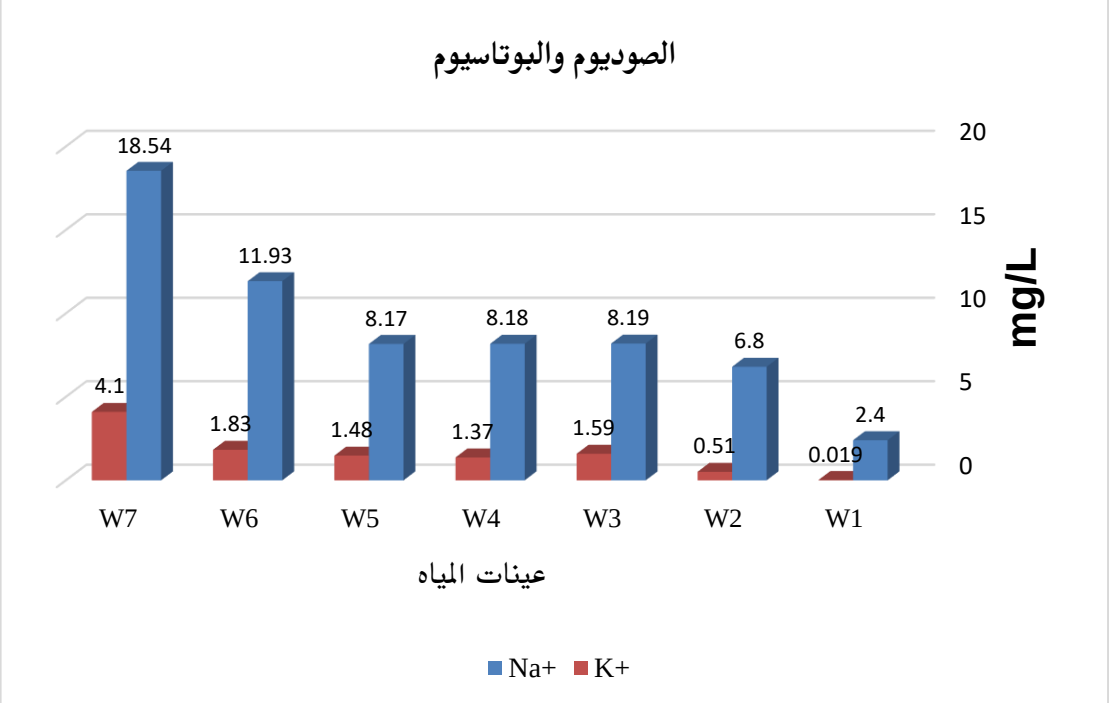
الكالسيوم والمغنيسيوم. يعتبر كل من الكالسيوم والمغنيسيوم ضروريين لصحة الإنسان. بشكل عام، تكتسب المياه عسرًا بسبب وجود الكالسيوم والمغنيسيوم وهذين العنصرين يدخلان إلى المسطح المائي نتيجة لتسرب الحجر الجيري والمغنيسيوم والدولوميت وغيرها (Gupta, 2009)، الكالسيوم والمغنسيوم من العناصر الرئيسية التي تعلب دور في عسر المياه، الكالسيوم مهم في عملية بناء العظام والاسنان والتفاعلات الفسيولوجية ولعمل العديد من الانزيمات (عويضة، 2004)، وان وجود الكالسيوم في المياه بكميات عالية يؤدي ايضاً الي حدوث مشاكل لمنظومة المياه (Mohsin,2023)، بينما الماغنسيوم زيادة تركيزه تؤثر صحياً على امعاء مستهلكي هذه النوعية من المياه (عمر، 2000). وفي هذه الدراسة قد تراوح محتوى عينات المياه من الكالسيوم في هذه الدراسة بين 0.22 –10.79 مليجرام/لتر وبمتوسط 3.77 مليجرام/لتر حيث سجلت العينة رقم W1 اقل قيمة بينما اعلى قيمة كانت للعينة رقم W7 وهي عينة مياه الشبكة العامة (مياه النهر الصناعي)، في حين تتراوح تركيز الماغنسيوم بين 0.37 – 7.35 مليجرام/ لتر. بمقارنة النتائج بالمواصفات الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية فان جميع العينات كانت اقل من الحد الأدنى لهذه المواصفات وهذا يعني ان هذه المياه ذات محتوى قليل من الكالسيوم الذي له دور مهم في حياة الانسان وخاصة في مراحل النمو الأولى حيث يدخل في تكوين العظام والانسان، ونقص الكالسيوم والماغنيسيوم بالجسم وعدم تعويضه بالغذاء وخاصة بالمياه يؤدي الى ان يقوم الجسم بسحب النقص من مخزون العظام وهذا ضار جداً بالجسم (World Health Organization. 2009) وهذه الدراسة تتفق مع الدراسة التي قام بها (Mohsin,2023واخرون 2022) عند دراسة محطات التحلية بالسليمانية بالعراق حيث وجد ان كل العينات الخارجة من محطات التحلية التجارية كان محتواها من الكالسيوم والماغنسيوم اقل من الحدود المسموح بها لمواصفات منظمة الصحة العالمية.



الشكل رقم (4) يوضح تركيز الكالسيوم والماغنيسيوم

3.2.3. الصوديوم والبوتاسيوم

يحتاج جسم الإنسان إلى الصوديوم من أجل الحفاظ على ضغط الدم. البوتاسيوم هو عامل مساعد للعديد من الإنزيمات وهو مطلوب لإفراز الأنسولين. قد يؤدي الانخفاض الكبير في كمية الصوديوم والبوتاسيوم من خلال أنظمة معالجة المياه بالمحطات التجارية إلى التسبب في مشاكل أخرى في مياه الشرب. إن انخفاض عنصر الصوديوم مفيد فقط لمرضى أمراض الكلى (منظمة الصحة العالمية، 2006). وفي هذه الدراسة كانت قيمة الصوديوم البوتاسيوم للعينات المدروسة اقل من الحدود المسموح بها للمواصفات القياسية الليبية وايضاً مواصفات منظمة الصحة العالمية، حيث كانت قيمة الصوديوم والبوتاسيوم بالعينة W7 الماخودة من الشبكة العامة (مياه النهر الصناعي) اعلى قيمة وسجلت 18.5 مليجرام / لتر ، 4.1 مليجرام / لتر على التوالي، بينما العينة المزيج بنسبة 1:1 W6 قد سجلت 11.93 مليجرام / لتر ، 1.83 مليجرام / لتر كثاني أعلى قيمة في حين كانت العينات الماخودة من محطات التحلية التجارية منخفض جداً مما يشير الي ان أجهزة التحلية بالمحطات التجارية لها قدرة عالية على ازالت نسبة كبيرة من الصوديوم والبوتاسيوم وكانت اقل قيمة لهما بالعينة رقم W1 وسجلت 2.40 مليجرام / لتر ، 0.019 مليجرام / لتر على التوالي. وتتفق هذه النتائج مع ما قام به (عبدالله المشرقي وسالم الطويل، 2024) عندما قاموا بتحليل عينات مياه من محطات التحلية بتاجوراء واظهرت نتائجهم وجود انخفاض شديد بتركيز الصوديوم والبوتاسيوم.



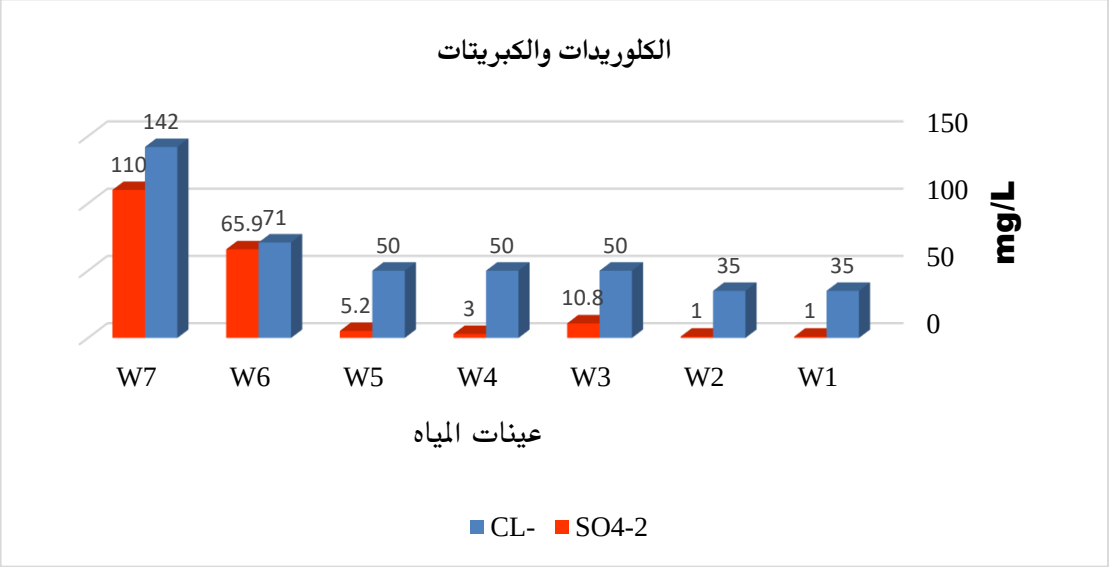
الشكل رقم (5) يوضح تركيز الصوديوم والبوتاسيوم

3.3. نتائج الانيونات

1.3.3. الكبريتات والكلوريدات

توجد أيونات الكبريتات والكلوريد بشكل طبيعي في المياه السطحية. كما ان وجود الكلوريدات بتراكيز عالية بالمياه يؤدي الي تغير طعم الماء وهي تعتبر من الأسباب الرئيسية لملوحة الماء (Molana, Z واخرون 2021). وقد لاحظ تحليل عينات أنظمة المعالجة بالمحطات التجارية ان نسبة الازالة للكلوريدات اقل من الكبريتات حيث سجلت اقل قيمة للكلوريدات

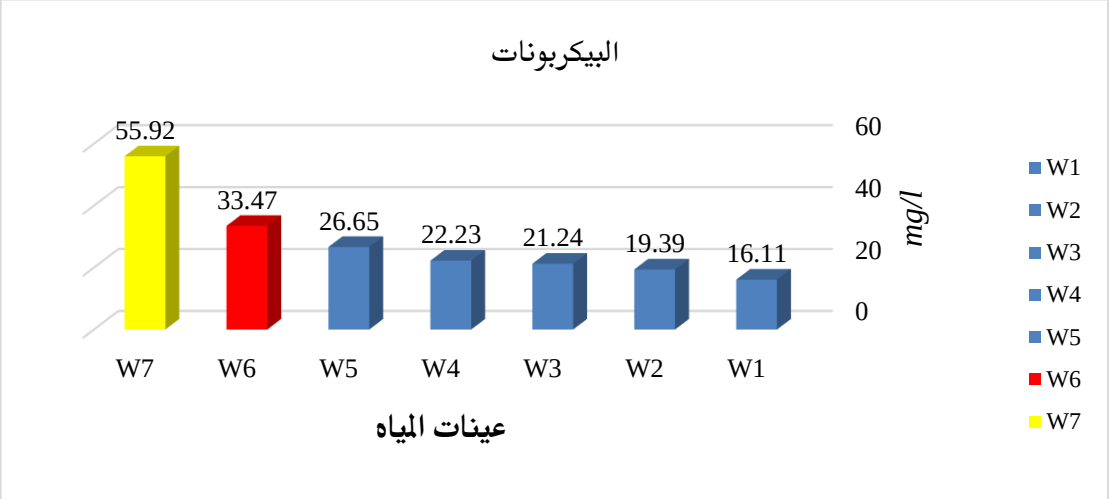
بالعينة W1 و2W حيث سجلت 35 مليجرام / لتر، لكل منهما في حين كانت اعلى قيمة بعينة W7 شبكة المياه العامة (مياه النهر الصناعي) وقد سجلت 142 مليجرام / لتر، وجميع هذه التراكيز ضمن الحد الأدنى والاعلى المسموح بها لمواصفات منظمة الصحة العالمية وذلك الحد الأعلى للمواصفات الليبية. في حين كان اقل تركيز الكلوريدات بالعينة W2،W1 حيث سجلت تركيز 1 مليجرام / لتر للعينتين واعلى قيمة كانت للعينة الماخودة من الشبكة العامة (مياه النهر الصناعي) W7 حيث سجلت 110 مليجرام / لتر وهذا يعني ان نظام المعالجة بمحطات التحلية التجارية قد خفض تركيز الكبريتات بشكل كبير جداً حيث ان كل تراكيز محطات التحلية التجارية كانت اقل من الحد الأدنى لمواصفات منظمة الصحة العالمية والتي حددتها 25 مليجرام / لتر ولكن العينة المزيج نسبة 1:1 W6 وعينة رقم W7 كانت ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية.



الشكل رقم (6) يوضح تركيز الكلوريدات والكبريتات

2.3.3. البيكربونات

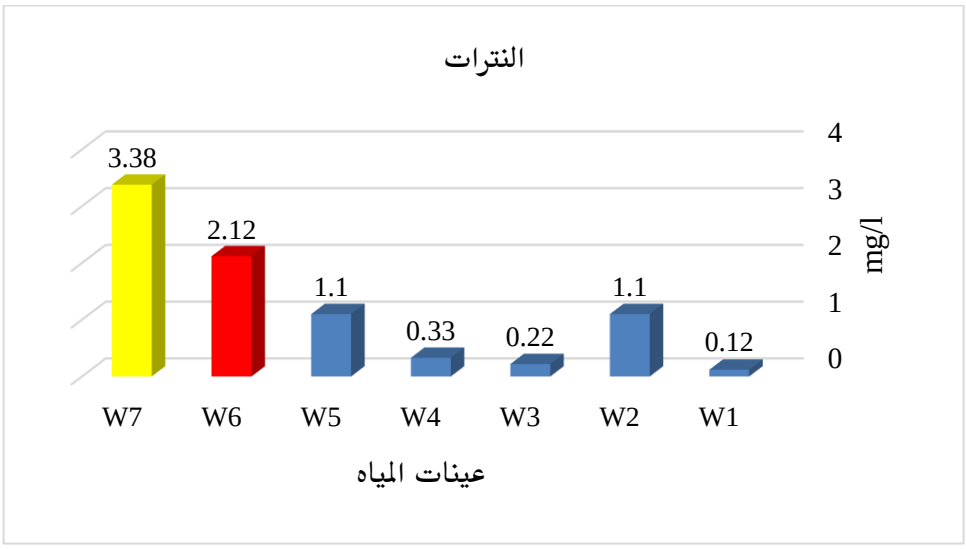
ارتفاع تركيز البيكربونات في المياه وخاصة المياه الجوفية في الغالب يعزى الي وصول مياه الصرف الصحي لمصادر المياه (**Hamad**.، 2021). وهي المحددة لقلوية المياه حيث يؤدي ارتفاع تركيزها الي ارتفاع الرقم الهيدروجيني للمياه، واظهرت النتائج كما في الجدول (2) والشكل (7) ان قيم البيكربونات تراوحت بين 16–55.92مليجرام/ لتر وبمتوسط 27.85 مليجرام / لتر ، ومن خلال النتائج المتحصل عليها نلاحظ انه لا يوجد فرق كبير بين قيم العينات الماخودة من محطات التحلية التجارية وبين عينة المزيج بنسبة 1:1 وكذلك العينة الماخودة من الشبكة العامة، ولكن 80% من عينات محطات التحلية اقل من الحد الأدنى لموصفات منظمة الصحة العالمية والتي حددته 25 مليجرام/ لتر، و 20% ضمن الحدود المسموح بها، وان عينة المزيج نسبة 1:1 وعينة الشبكة العامة المدروسة تقع ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات الليبية ومنظمة الصحة العالمية والتي حددت 150 و 200 مليجرام / لتر على التوالي كحد اقصى، من خلال هذه النتائج نجد أنها تتفق مع (**Altekrety** واخرون 2015) عند دراستهم لتحلية المياه الجوفية بواسطة محطات تحلية المياه التجارية ببغداد حيث كانت ازالت أنظمة المعالجة بالمحطات التجارية نسبة كبيرة من تركيز النترات وانخفض ليصبح 32.16 مليجرام/ لتر وبذلك تكون مطابقة للمواصفات الدولية.



الشكل رقم (7) يوضح تركيز البيكربونات

3.3.3. النترات

أيون النترات يعتبر مستقر مشحون سلبًا وقابل للذوبان بدرجة كبيرة في الماء. ويعتبر أحد أكثر الملوثات شيوعًا في المياه السطحية والجوفية؛ وقد تحدث آثار صحية ضارة عندما يستهلك الناس المياه التي تحتوي على تركيزات عالية من النترات (Luk, G.،2002). حيث بينت نتائج تحليل العينات المدروسة أن النترات تراوحت بين 0.12–3.38 مليجرام/ لتر كما هو مبين بالجدول رقم (2) وكذلك بالشكل رقم (8) وهذه النتائج تظهر ان جميع النتائج تقع ضمن الحدود المسموح بها طبقاً للمواصفات الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية والتي حددت تركيز النترات 45 مليجرام / لتر، 50 مليجرام/لتر على التوالي. هذه النتائج تتفق مع (**Altekrety** واخرون 2017) عند دراستهم لتحلية المياه الجوفية بواسطة محطات تحلية المياه التجارية ببغداد حيث بلغ تركيز النترات بالمياه المعالجة 0.76 مليجرام/لتر.

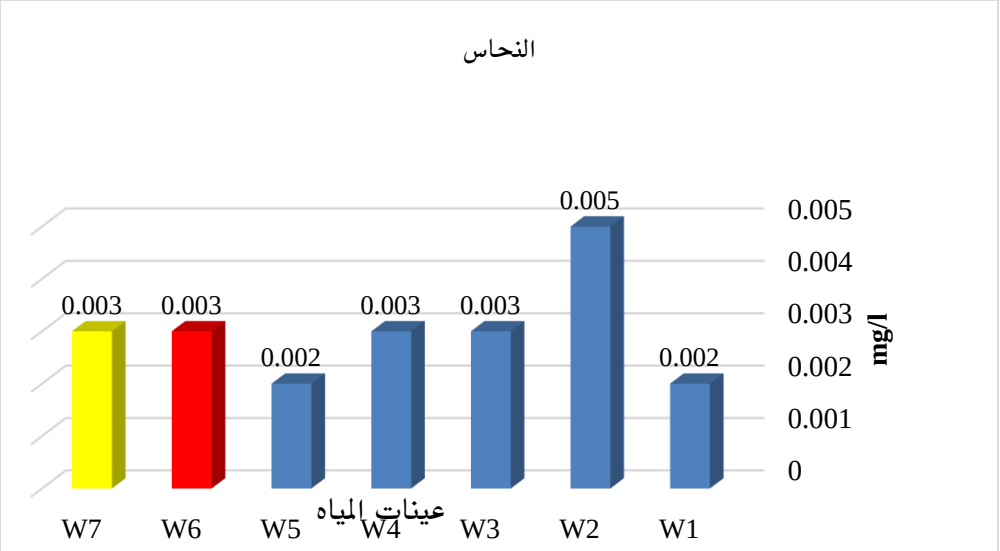


الشكل رقم (8) يوضح تركيز النترات

4.3. المعادن الثقيلة

النحاس، قد يكون وجود معادن النحاس بسبب التآكل الناتج عن نظام السباكة أو من الصخور المرتبطة بآبار المياه الجوفية بناءً على الموقع الجغرافي لكل بئر؛ كما يمكن أن تساهم المياه المسببة للتآكل في زيادة تركيزات النحاس في الماء. تعتمد حركة النحاس على خصائص المكونات الصلبة والمحلول (Małecki, J. واخرون 2016. Santos, A.

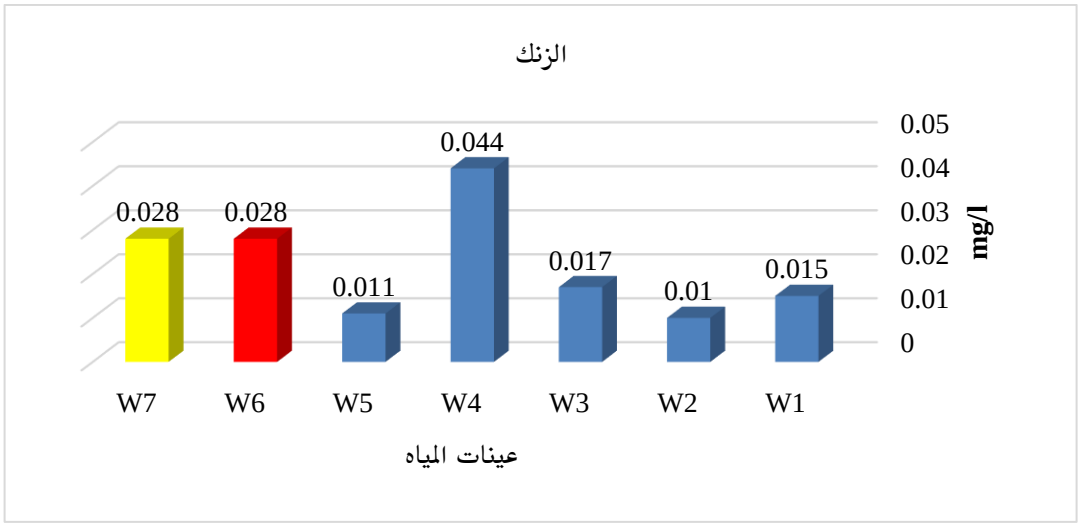
واخرون 2002). في هذه الدراسة كان تركيز النحاس منخفض جداً حيث تراوح بين 0.002 – 0.005 مليجرام/ لتر، كما هو موضح بالشكل (9) حيث كان اعلى تركيز بالعينة رقم W2 وهي أحد عينات محطات المعالجة التجارية وهذا يشير الى وجود تأكل في منظومة هذه المحطة، وبالمقابل كان تركيز النحاس بشبكة المياه العامة بلغ 0.003 مليجرام/ لتر، وهذه التراكيز كانت ضمن الحدود المسموح بها لكل من المواصفات الليبية ومنظمة الصحة العالمية. النتائج المتحصل عليها تتفق مع (Shaharudin واخرون 2017)، حيث بلغ تركيز النحاس بالمياه المعالجة من الاجهزة المنزلية 0.009



مليجرام/ لتر.

الشكل رقم (9) يوضح تركيز النحاس

ايضاً نتائج النحاس تنطبق على عنصر الزنك الذي تتراوح قيمته بين 0.010 – 0.044 مليجرام، حيث كان اعلى تركيز للزنك بالعينة رقم W4 وهي من احدى محطات المعالجة في حين كان تركيز الزنك بشبكة العامة 0.028 مليجرام/لتر هذه التراكيز تقع ضمن الحدود المسموح بها للمواصفات الليبية ومنظمة الصحة العالمية. في حين إشارات النتائج المتحصل عليها من محطات المعالجة التجارية خلو العينات من الحديد في حين كان تركيز الحديد بالشبكة العامة 0.01 مليجرام/لتر وهذا التركيز اقل من الحدود المسموح بها للموصفات الليبية ومواصفات منظمة الصحة العالمية التي حددتها 0.03 مليجرام/لتر، وهذه النتائج تتفق مع (**Altekrety** واخرون 2017) عند دراستهم لتحلية المياه الجوفية بواسطة محطات تحلية المياه التجارية ببغداد حيث بلغ تركيز الحديد 0.006 مليجرام/لتر.



الشكل رقم (10) يوضح تركيز الزنك

6. الاستنتاجات.

بناء على نتائج التحليل الفيزيائي والكيميائي لعينات المياه المعبأة من مصانع التحلية بمدينة بن جواد. اتضحت أن خصائص المياه كانت اقل من الحد الأمثل المسموح به حسب المواصفات القياسات الليبية والمواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية. حيث إن عملية التحلية (التناضح العكسي) في هذه المصانع أدت إلى إزالة نسبة كبيرة من العناصر المعدنية الهامة لصحة الإنسان، مما جعلها أشبه بالماء المقطر، فشرب مياه منخفض المحتوي من الأملاح المعدنية غير مناسب علي المدي الطويل خصوصا لصحة الأطفال، وللحصول علي مياه ذات توازن في محتواها من العناصر المعدنية وملائمة للشرب يمكن خلط مياه الشرب من محطات التحلية الشرب من محطات التحلية مع المياه الغير معالجة وهذا ما أكدته نتائج التحليل لعينات المياه المخلوطة، عندما تم خلط عينة مياه من المصنع الأول مع عينة من الشبكة العامة بنسبة 50% فقد حققت خصائصها الفيزيائية (*pH*، TDS)، والكيميائية (الايونات الذائبة) إلي حد كبير تطابقا مع المواصفات القياسية الليبية والمواصفات القياسية لمنظمة الصحة العالمية (WHO) لمياه الشرب، كما نستنتج من النتائج المتحصل عليها من التحاليل الفيزيائية والكيميائية لمياه الشبكة العامة (مياه النهر) أنها مياه جيدة لغرض الشرب. عند مقارنتها بالمواصفات الليبية والدولية (WHO). إلا أن نتيجة ظروف نقل المياه عبر أنابيب وتجميعها في خزانات المياه قد يحدث عنه تغير في بعض خصائصها كارتفاع محتواها من الأملاح الصلبة الذائبة (TDS) أو التغير في الأس الهيدروجيني (pH) للمياه، وهذا ما يميز مياه محطات (مصانع) المعالجة عن مياه الشبكات العامة من ناحية انتظام جودتها وأهميتها الصحية من ناحية أخري، حيث إن احتمالية تلوث مياه الشرب المحلاة أو تغير في خصائصها الكيميائية ضئيل بسبب ظروف التعبئة والإغلاق المحكمة، مما أدي إلى ازدياد الطلب عليها من قبل المستهلك.

7. التوصيات

1. نوصي بتوعية العاملين ومالكي مصانع التحلية لمياه الشرب بأهمية معالجة مياه الشرب، وذلك باستخدام الأجهزة الحديثة، وإتباع الطرق والأساليب المتطورة في تنقية وتعقيم المياه.
2. توعية أصحاب وحدات التحلية بعدم إزالة العناصر المعدنية بشكل شبه كامل، حيث أن شرب مثل هذه المياه قد يؤثر على صحة الإنسان على المدي البعيد خاصة الأطفال، فقد لوحظ من نتائج هذه الدراسة أن خصائص المياه المعبأة أشبه إلى المياه المقطرة.
3. المتابعة الرقابية من قبل الجهات المختصة، وإلزام مالكي مصانع مياه الشرب المعبأة بإجراء التحليل الفيزيائية والكيميائية للمياه بشكل مستمر للتأكد من مطابقتها للمواصفة القياسية الليبية، وكذلك تحديد مصدر المياه الذي يقوم عليه المصنع، وتدوين هذه المعلومات على عبوات المياه المستخدمة.
4. إجراء المزيد من البحوث والدراسات البيولوجية وتقييم جودة المياه الشرب المعبأة وتحديد صلاحية المياه وخلوها من الميكروبات الضارة.

المراجع

أولا: العربية

* اقنيبر، رجب فرج سالم. 2021. مصادر تعبئة مياه الشرب بين الواقع والمعطيات في منطقة (سوق الخميس) الخمس– ليبيا. مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية. مجلد (11). عدد (1). (2021).

* البلعزي، خالد محمد وماشينه، جمال عبد الرحمن (1997). التحلية الخيار الأمثل، الهندسي. العددان 36 , 37 , عدد خاص حول المياه، النقابة العامة للمهن الهندسية، طرابلس، ليبيا.

* المشرقي، عبد الله. الطويل، سالم. (2024). دور خلط مياه ال تحلية مع المياه الجوفية ف ي توفير المياه بالمواصفات والكميات المطلوبة. مجلة الأكاديمية للعلوم الأساسية والتطبيقية (AJBAS) المجلد 6. 2 أغسطس 2024.

* المواصفات الليبية لمياه الشرب، 1992، ر (82).

* الوضع المائي في الجماهيرية– الهيئة العامة للمياه 2006.

* اليعقوبي فتحي خليفة. وابوزيد، عفاف عمار. 2022. دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية لتقييم جودة مياه الشرب المعبأة. عدد (23). (2022).

* بلق، أسماء عبد الحميد. والعكروت، ابتسام السني. وعطية، أحمد خالد. وشليق الشيباني محمد. 2019. دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لمياه الشرب المعبأة من منطقة غرب ليبيا. مجلد (1). عدد (21). ص (61– 76). (2019).

* بن هندر، غزالة محمد. بن جريد، سليمان محمد. اسماعيل، نهى عبدالناصر (2021). دراسة أولية لتقييم جودة مياه الشرب ومقارنتها بالمياه المفلترة في مدينة سرت. المؤتمر السنوي الخامس حول نظريات وتطبيقات العلوم الاساسية والحيوية، جامعة مصراتة. 4. سبتمبر 2021.

* زاهد، وليد بن محمد كامل .2002 .جودة مياه الشرب المعبأة المحلية والمستوردة في المملكة العربية السعودية. مجلة جامعة الملك عبد العزيز للعلوم الهندسية. 14 (2).81 – 104.

* شلوف، ميلاد احمد. و عبدالله، احمد محمد. واجعيكة، رمضان محمد. 2018. دراسة بعض الدلائل عن جودة مياه الشرب المعبأة في مدينة مصراتة، مجلد (4). عدد (1). ص (53–68). (2018).

* الصليلي، عبد الرحمن. الحربي، مشاري. الطواري، خولة. 2015. الخصائص الفيزيائية والكيميائية لجودة مياه الشرب في الكويت: مياه الصنبور والمعبأة. مجلد (3). عدد (1). ص (25 – 50).

* العاني، فاتن غضبان داود. ويونس، مها عبد الفتاح. وفرج، السنوسي عبد الغفار. (2005). جودة مياه الشرب المعبأة في مدينة بنغازي– التحلية بطريقة التناضح العكسي .قسم البيئة، كلية الصحة العامة، جامعة قاريونس، بنغازي– ليبيا.

* عز الدين، أبو قصة .نوري، مادي .(2012) .دراسة مؤشرات التلوث الميكروبي في عبوات المياه المعبأة سعة 18 لتر المتداولة في مدينة طرابلس وضواحيها .المجلة الليبية للعلوم .مجلد .(17) العدد (2،1). 60–66.

* عويضة، عصام بن حسن (2004) اساسيات تغذية الانسان. الطبعة الاولى، مكتبة العبيكان، الرياض، المملكة العربية السعودية.

عون، أحمد أمحمد محمد.2002. ا لماء من المصدر المصب 1. الهيئة العامة للبيئة. طرابلس – ليبيا. ص 189.

* عون، نجاة المبروك. وكاموكا، حميدة سالم. 2019. دراسة بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لبعض أنواع مياه الشرب المعبأة المحلية. عدد (المؤتمر السنوي الثالث حول نظريات وتطبيقات العلوم الأساسية والحيوية). ص (158-168)2019.

* غربي، خليفة حامد سليمان. وبوحليقة، علي عبدالرازق عمر. وادم، حيدر محمد سليمان. (2024) تقييم جودة مياه الشرب لمحطات التحلية التجارية. في مدينة الكفرة، ليبيا. مجلد (5). عدد (1). ص (1 – 11). (2024م).

* قباصة، محمد عبد المجيد. والسباني، نادية حسين. وسلطان، عمر محمد. 2020. تحليل الخواص الكيميائية والبيولوجية لتقييم جودة مياه الشرب المعبأة في مدينة طرابلس – ليبيا. مجلد (3). عدد (22). ص (1 – 20).

ثانيا: الأجنبية

* Abd El-Salam M.M., El-Ghitany, E. M. A. & Kassem, M.M. (2008). Quality of bottled water brands in Egypt part II: Biological water examination. J. Egypt Public Health Assoc. 83 (5& 6), 467-486.

* Adel, M. R. Faiza, K. E. Hasanain, A. H, Ahmed, S. 2012. Evaluation of the Physco-chemical Properties and Microbiological Content of Some Brands of Bottled Water in Baghdad, Iraq. J. Society of Education, India. Volume 3 [4]. 109- 115.

* Adelana, S.M.A. Olasehinde, P.I. and. Vrbka, P. 2002. An assessment of chemical quality of bottled drinking water in NIGERIA. Water Resources – Journal of Nigerian Association of Hydrogeologist (NAH), Vol. 13, pp.12-18.

* Alabdula`aly, A.I. and Khan, M.A., Microbiological quality of bottled water in Saudi Arabia, J. Environ. Sci. Health, A30(10), 2229-2241 (1995).

* Ali, M. A. Elgerbi, A.M. Emhemmad, E.J. Amhimmid, W.K .2020. Assessment of Some Physico-chemical and Bacteriological Properties of Bottled Drinking Water in the Wadi Al-Shati Area Southern of Libya. International Journal of Scientific Research in Chemical Sciences Vol. (7), Issue.6, pp.06-11.

* Altekrety1, Ayat Abd-Aljaleel, AL-Fatlaw, Yaaroub Faleh (2017). The Study of Groundwater Treatment by Household Reverse Osmosis System. International Journal of Science and Research. Volume 6 Issue 9, September 2017.

* Gabriel R, Stephen E. 2009. Comparative assessment of physico-chemical quality of bottled and tap water in Dar es Salaam, Tanzania. Int. J. Biol. Chem. Sci. 3(2): 209-217.

* Garzon, P. & Eisenberg, M. (1998). Variation in the mineral content of commercially available bottled waters: implications for health and disease. Am. J. Med. 105, 125–130.

* Gupta, P.K. 2009. Methods in environmental analysis: water, soil and air, Agrobios, 1-127. Jodhpur, India.

* Hamad, J.R.J.; Yaacob, W.Z.; Omran, A (2021). Quality Assessment of Groundwater Resources in the City of Al-Marj, Libya. Processes **2021**, 9, 154.

* Luk, G. K., & Au-Yeung, W. C. (2002). Experimental investigation on the chemical reduction of nitrate from groundwater. Advances in environmental research, 6(4), 441-453.

* Małecki, J.; Kadzikiewicz-Schoeneich, M.; Szostakiewicz-Hołownia, M. Concentration and mobility of copper and zinc in the hypergenic zone of a highly urbanized area. Environ. Earth

Sci. 2016, 75, 1–13.

* Molana, Z. Khalilpour, A Fallah, S. Tabarinai, H & Amiri, F. 2021. Physicochemical quality evaluation for the inlet and outlet water taken from of home filtration systems. International journal of environmental analytical chemistry.103(12):1-7.

* Mohsin, M; Sarhat, A.R. and Khalil, M. 2023. Evaluation of Water Quality in Household Water Treatment Systems (Filters) used in Kalar City, Sulaimaniyah, Iraq. Pakistan Journal of Scientific and Industrial Research Series A: Physical Sciences. 66: (1) .95-102

* OECD (2003) Assessing Microbial Safety of Drinking Water: Improving Approaches and Methods. IWA Publishing, Alliance House, London, UK.

* Ramadan A, Ashraf F. A, Asmaeil A, Kheri.F.K. 2019. Study and evaluating the quality of some local drinking water that present in Libyan market. Journal of Humanities and Applied Sciences. Volume (7) Number (14).

* Santos, A.; Alonso, E.; Callejón, M.; Jiménez, J.C. Distribution of Zn, Cd, Pb and Cu metals in groundwater of the Guadiamar River Basin. Water. Air. Soil Pollut. **2002**, 134, 275–286.

* Sarhat, Abdulmutalib Raafat, Mohsin, Muhammad, and Mohammad Khalil. (2023). Evaluation of Water Quality in Household Water Treatment Systems (Filters) used in Kalar City, Sulaimaniyah, Iraq. Pak. j. sci. ind. res. Ser. A: phys. sci. 2023 **66A**(1) 95-102.

* Shaharudin, Nuraida. Suradi, Nurfarhana. Kamil, *Nor Amani Filzah* Mohd. 2017. Measurement of Water Quality Parameters for Before and After Maintenance Service in Water Filter System**.** MATEC Web of Conferences **103**, 06006 (2017)**.**

* WHO. (2022). Guidelines for drinking-water quality: incorporating the first and second addenda: World Health Organization.

* WHO. 2006. *Preventing Disease through Healthy Environments*, Geneva, Switzerland, accessed on30 Oct. 2017, available at: http://www.who.int/quantifyingehimpacts/publications/preventing disease/en/print.html.

* World Health Organization. (2009). *Calcium and Magnesium in Drinking-Water*. Geneva, Switzerland.