

Studying the Ability of Using by Product Water of Reverse Osmosis Plants to Production of Concrete

دراسة امكانية استخدام المياه الناتجة بشكل ثانوي من محطات تحلية المياه لانتاج الخرسانة

م. ليث محمد رضا محمود م.م فاتن عبد الكاظم محمد م.م معد فاروق حسين
مواد انشائية بيئة وصحية بيئة وإدارة مياه

maad.farook@yandex.ru fatinen35@gmail.com laith_m87@yahoo.com

جامعة كربلاء/ كلية الهندسة/ قسم المدني

الخلاصة

انتشرت وبشكل واسع في الآونة الأخيرة استخدام محطات تحلية المياه في العراق، بالاعتماد على تقنية التناضح العكسي (Reverse Osmosis)، والذي يمكن تعريفه على انه نظام يستخدم لتحسين نوعية المياه وتنقيتها من الملوثات والأملاح وجعلها صالحة للاستخدام البشري، ان استخدام هذه التقنية في تحلية المياه يؤدي الى تكون مياه ثانوية كنتاج عرضي بجانب المياه المحلاة الصالحة للاستخدام، والتي تطرح عادة في الأنهر او في شبكات الصرف الصحي وبالتالي لا يمكن الاستفادة منها. يهدف البحث الى دراسة مدى امكانية الاستفادة من المياه الثانوية لانتاج الخرسانة المطابقة للمواصفات الفنية القياسية المعتمدة في المشاريع الانشائية في العراق، تم ذلك بجمع عدة نماذج من المياه الثانوية من مناطق متفرقة من محافظة كربلاء المقدسة، للاعتماد على اكثر من مصدر واحد للمياه واكثر من نوع واحد من محطات التحليز تم اجراء التحاليل الكيميائية للنماذج المأخوذة وحسب المواصفات القياسية العراقية ومقارنة النتائج بحدود المواصفة، للوقوف على مدى امكانية استخدام هذه المياه الثانوية في انتاج الخرسانة. بينت النتائج العملية للبحث امكانية استخدام المياه الثانوية في صناعة الخرسانة بعد اجراء الفحوص المخبرية اللازمة ومقارنة النتائج بحدود المواصفة القياسية العراقية.

ABSTRACT

Recently, reverse osmosis system has been widely used in Iraq to treatment water, reverse osmosis can be defined as a system used to improve the quality of water and purify it from pollutants and salts to be valid for human use. This system has been produced secondary water as by product result additionally to desalinated water. This research aims to examine the possibility of using this by product water to produce concrete compatible with Iraqi standard specification, samples of secondary water has been collected from separated areas in Holy Kerbala, and tested according to Iraqi specifications, and compare the results with limits of this specification.

1 المقدمة

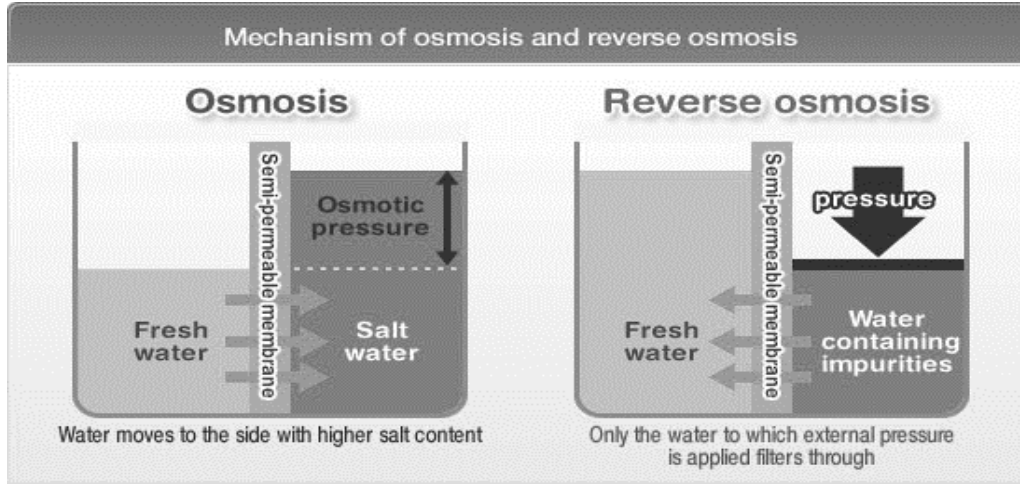
1-1 مفهوم التناضح العكسي (Reverse Osmosis)

يمكن تعريف التناضح العكسي (RO) على انه نظام يستخدم لتحسين نوعية المياه وتنقيتها من الملوثات والأملاح وجعلها صالحة للاستخدام البشري^[1]. ويعد عمل RO على انه ظاهرة فيزيائية يمكن استغلالها في تحلية المياه المالحة عند درجات حرارة عادية وبدون إضافة أية مادة كيميائية، حيث كل ما تتطلبه عملية التناضح العكسي تمرير المياه الحاوية على الأملاح من خلال أغشية شبه نفاذة عن طريق تطبيق ضغط على هذا الماء ليخرج الماء النقي الصالح للشرب فقط خلال الغشاء بينما يتم حجز الماء المالح خلف الغشاء^[2] وبذلك يعتبر التناضح العكسي RO واحدة من اهم الطرق لازالة وتقليل تراكيز الكثير من المواد الذائبة في الماء منها الايونات والمعان والأملاح والمواد الصغيرة جداً ومن ضمنها ايضاً البكتريا^[1].

1-2 معالجة المياه بالتناضح العكسي (RO)

ان مبدأ عمل التناضح العكسي (Reverse Osmosis (RO) مبني على اساس التناضح (Osmosis (O). لذلك يجب اولاً معرفة ماذا يعني التناضح (O) ، فالتناضح (O) هو ظاهرة طبيعية مبنية على اساس تحقيق التوازن بين محلولين متباينين في تركيز المواد الكيميائية الذائبة وتحت ضغط معين يسمى Osmotic pressure يفصل بينهما غشاء شبه نفاذ (semipermeable membrane) حيث ان هذا الغشاء يسمح بمرور جزيئات الماء ولايسمح بمرور الجزيئات الاكبر من خلاله^[3] ، حيث الطبيعة تميل الى انتقال الماء من المحلول المخفف الى المركز وبسبب هذا تتولد هذه الحركة عبر الغشاء شبه النفاذ عندما تتجاوز القوة الحركية للماء من الجانب الاقل تركيز للأملاح على ال Osmosis pressure او مايسمى بالضغط التناضحي او الطبيعي في الجانب الاعلى تركيزاً للأملاح والملوثات والى ان يحدث التوازن في تركيز المحلوليين على كلا جانبي الغشاء وتدعى هذه العملية بالتدفق التناضح Osmotic Flow^[4].

اما في التناضح العكسي حيث يتم تطبيق ضغط عالي يتجاوز ال Osmotic pressure ومعاكس له على المحلول المركز الحاوي على الاملاح الاعلى تركيزا وبما لا يقل هذا الضغط عن 7000 kN/m^2 لذلك سوف تكون عملية انتقال الماء هذه المرة عبر الغشاء عكسية لان الضغط العكسي يتغلب على القوة الطبيعية لحركة الماء ويجبر الماء هذه المرة بالنفاذ عبر الغشاء من الاعلى الى الاقل تركيزا [5] والشكل ادناه (شكل رقم (1)) يوضح ميكانيكية عمل التناضح والتناضح العكسي.



شكل (1) ميكانيكية عمل التناضح والتناضح العكسي [6]

3-1 مراحل التناضح العكسي (RO)

يتكون نظام عمل التناضح العكسي RO من اربعة مراحل اساسية وهي كالتالي [7,4]:-

1-3-1 مرحلة المعالجة الأولية Pre-treatment stage

في هذه المرحلة يتم تنقية المياه المغذية لجهاز ال RO لتكون أكثر انسجاما مع الشروط الأساسية لعمل الأغشية membranes ، حيث يتم ازالة المواد الصلبة العالقة من المياه المغذية لل RO من خلال Sand filters فلاتر رملية، ويتم خلالها أيضا ضبط قيمة ال pH، وإضافة مواد كيميائية خاصة مثل (كالمسيوم سولفايت) التي تمنع حدوث تكلسات في المراحل اللاحقة لعمل الجهاز.

2-3-1 مرحلة الضغط او (مضخة ذات ضغط عال) High pressure pump stage

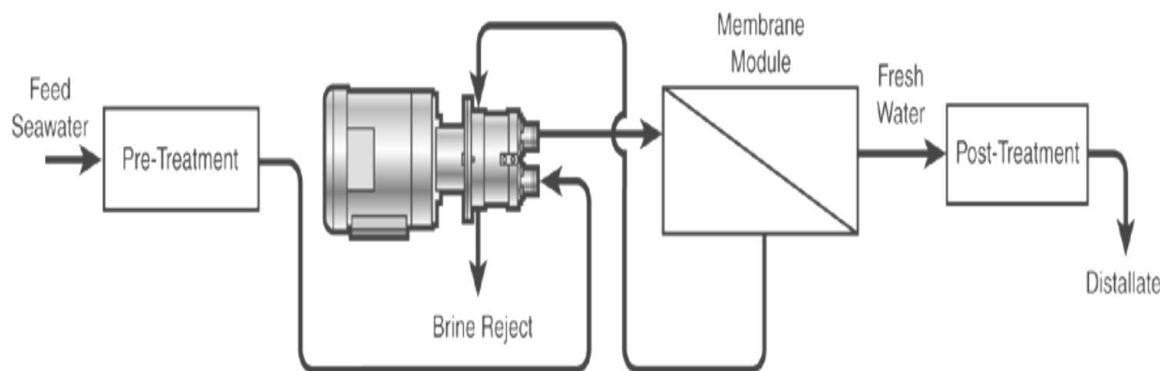
يتم خلال هذه المرحلة رفع الضغط المعاكس على المياه المعالجة مرحلة المعالجة الأولية الى المستوى المناسب لنوع الأغشية ونسبة الأملاح الذائبة فيه. ويتم رفع الضغط المسلط لمياه المغذية المراد معالجتها بواسطة مضخات هيدروليكية hydraulic pump الى الحد الكافي للتغلب على الضغط الطبيعي Osmosis pressure وبزيادة تكفي لانتاج الكمية المطلوبة من المياه العذبة، وبالتالي توفر هذه المضخة الضغط اللازم لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح ، وتتناسب الضغوط المطلوبة تناسباً طردياً مع درجة ملوحة مياه التغذية.

3-3-1 مرحلة الفصل بواسطة الأغشية او (مجمع أغشية) Assembly membranes stage

تقوم الأغشية في هذه المرحلة بالسماح للمياه النقية Pure water بالمرور خلال الثقوب الميكروية للغشاء، بينما تمنع الأملاح الذائبة من المرور، حيث يتم تحويلها الى خط الصرف ذو التركيز الملحي العالي، بينما تتمكن نسبة قليلة من الأملاح من عبور الأغشية والسبب في ذلك يعود الى عدم كمال الأغشية النسيجية. تعمل هذه الأغشية على إزالة أكثر من 75 % من الأملاح إضافة الى معظم أنواع العضويات، الدقائق، والكثير من الملوثات الكيميائية.

4-3-1 مرحلة المعالجة نهائية او (مرحلة ما بعد المعالجة) Post- treatment stage

تهدف المرحلة النهائية هذه الى المحافظة على خصائص الماء واعداده للتوزيع حيث يتم ضبط قيمة pH (pH Adjustment) للمياه العذبة الناتجة برفعها من حوالي 5 الى، 7.5 ويتم خلالها أيضا إضافة الكلور للحفاظ على المياه معقمة من الدقائق الحية والبكتيريا التي قد تصلها خلال فترات التخزين والضح عبر الشبكة. الشكل ادناه (شكل رقم (2)) يوضح مراحل عمل RO.



شكل رقم (2) : مراحل عمل التناضح العكسي^[5]

4-1 الهدف من استخدام التناضح العكسي (RO) او الملوثات التي يمكن ازالتها به.

ان الهدف العام والاول من عملية التناضح العكسي (RO) هو تحلية الماء المالح بفصل المواد الصلبة الذائبة والنقاط التالية توضح ماهية المواد ونسبتها التي يتم ازالتها بتقنية التناضح العكسي :

- 1- تقلل من درجة تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية TSS للماء الخام
- 2- تتخلص من المواد الحيوية والمواد الغروانية في الماء .
- 3- إزالة الخلايا الميكروبية من بكتيريا وفيروسات وغيرها بنسبة إزالة كلية .
- 4- إزالة معظم المواد الصلبة العضوية الذائبة بنسبة إزالة قد تصل إلى 97%^[7] .

بقي ان نشير الى ان الماء المالح المركز النهائي يتم التخلص منه بإرساله إلى وحدة الصرف الصناعي في المحطة و لا يجوز تصريفه في شبكات الصرف الصحي قبل تخفيفه أو معالجته لما في ذلك من مخالفة للقوانين والنظمة البيئي^[8]

5-1 الماء المستخدم في الخرسانة

يعتبر الماء من المكونات الأساسية للخرسانة وذلك لدوره الفعال في حدوث التفاعلات الأساسية للاسمنت (إمهاء الاسمنت) لتكوين المادة الرابطة وبالتالي اكتساب الخرسانة لمقاومتها، وبذلك فإن كمية ونوعية الماء المستخدم في إنتاج الخرسانة تأثيراً كبيراً على خواصها وديمومتها^[9]. ذكرت العديد من المصادر ان الماء الصالح للشرب هو ماء صالح لإنتاج الخرسانة^[10,11,12,13,14]. يحوي الماء عادة على عدة انواع مختلفة من الشوائب والتي من شأنها التأثير على خواص الخرسانة، ومن هذه الشوائب المواد العالقة مثل الطين والغرين والتي تسبب زيادة نسبتها في المياه تقليل قابلية تشغيل الخرسانة وزيادة الانكماش ونقصان المقاومة^[12]، كما ان احتواء المياه على نسبة عالية من الكاربونات والبيكارونات يؤدي الى تسريع تماسك الاسمنت^[10]. كما ان احتواء المياه على نسبة عالية من املاح الكبريتات والكلوريدات يؤدي الى تعجيل تفاعل الاسمنت واكتسابه للقوة بشكل مبكر، حيث ان ايون الكلوريد يعجل تفاعل السيليكات في الاسمنت، لكنه بعد عمر 28 يوم تكون مقاومة الانضغاط للخرسانة اوطأ من تلك المستخدم فيها ماء مطابقة للمواصفات القياسية، وايضاً يؤثر وجود هذه الاملاح سلباً على ديمومة الخرسانة ويؤدي الى تآكل حديد التسليح^[13]، ولهذه الاسباب والاضرار العدة التي تسببها وجود الشوائب والاملاح في المياه للخرسانة وجب فحصها ومطابقة خواصها مع حدود المواصفات القياسية المعتمدة للاغراض الاتشائية.

2 الهدف من البحث

يهدف البحث بشكل اساسي الى دراسة امكانية استخدام المياه الثانوية الناتجة كفضلات من محطات تحلية المياه بطريقة التناضح العكسي في إنتاج الخرسانة وبما يطابق المواصفات القياسية العراقية، حيث تعتبر المياه الثانوية الناتجة من عملية معالجة المياه كفضلات يتم هدرها والتخلص منها في الأنهار او شبكات الصرف الصحي مما يؤدي الى تسليط احمال اضافية على هذه الشبكات وتضررها. وبالتالي فان اعادة استخدامها يؤدي الى التقليل من كلفة الخرسانة المنتجة بالمياه الصالحة للشرب باعتبار ان هذه الفضلات الثانوية تكون كلفتها معدومة، والفائدة الاخرى من ذلك هو تقليل الضغط الحاصل على شبكات الصرف الصحي والذي يقدر بمئات الامتار المكعبة يومياً من فضلات محطات التحلية.

3 البرنامج العملي للبحث

يتضمن الجزء العملي من البحث اخذ عدة نماذج المياه الثانوية الناتجة كفضلات من محطات تحلية المياه بطريقة التناضح العكسي، واجراء الفحوص اللازمة لها وحسب متطلبات المواصفة القياسية العراقية رقم (1703) لسنة (1992)^[11]، وبيبين جدول رقم (1) الفحوص المطلوبة للماء المستخدم في إنتاج الخرسانة وحدود المواصفة المذكورة، حيث تم جمع النماذج من ستة مناطق مختلفة من محافظة كربلاء المقدسة بشكل يضمن تغطية اكبر مساحة ممكنة من المحافظة بشكل كامل والحصول على اكثر من مصدر ونوع للماء لغرض الاطلاع بشكل واضح على نوعية المياه الثانوية الناتجة من محطات التحلية، وبواقع نموذج واحد من

قضاء الهندية ومن ناحية الجدول الغربي ومن ناحية الحسينيه ومن ناحية الحر وبواقع نموذجين من قضاء المركز، وبيين الجدول رقم (2) رموز ومواقع النماذج المفحوصة.

جدول رقم (1): الفحوص المطلوبة للماء المستخدم في الخرسانة وحدود المواصفة⁽¹¹⁾

حدود المواصفة (ملغم/لتر)	الفحوص المطلوبة
1000	الكبريتات SO_3^{-2}
1000	الكاربونات والبيكاربونات
500	الكلوريدات
مجموع الايونات لايتجاوز 3000	الشوائب غير العضوية
يجرى فحص الماء التي لها لون ورائحة ملحوظة	الشوائب العضوية

شملت الدراسة جمع نماذج من المياه التي تطرح كفضلات من محطات التحلية بشكل مباشر الى مياه النهر او الميزل القريب من اي محطه او الى شبكات الصرف الصحي. استخدمت قناني البولي اثلين في حفظ وجمع النماذج مع مراعاة شروط الحفظ لكل نموذج ولكل تحليل. اجريت الفحوصات الكيميائية التي شملت (الكبريتات، الكاربونات والبيكاربونات، الكلوريدات، الشوائب الغير عضوية) في مختبرات دائرة زراعة محافظة كربلاء ومختبرات دائرة الماء. ولم يتم اجراء فحص الشوائب العضوية لجميع النماذج حيث ذكرت المواصفة انه يجب اجراء هذا الفحص لنماذج الماء التي لها لون ورائحة ملحوظة، حيث ان الماء الاسن ذو اللون الاخضر يدل على وجود المواد العضوية الذائبة والتي تسبب تاخير تفاعلات الاسمنت^[13]، ولم يتم ملاحظة ذلك في جميع النماذج المأخوذة وبذلك لم يتم اجراء الفحص، وكما مبين في الجدول رقم (1).

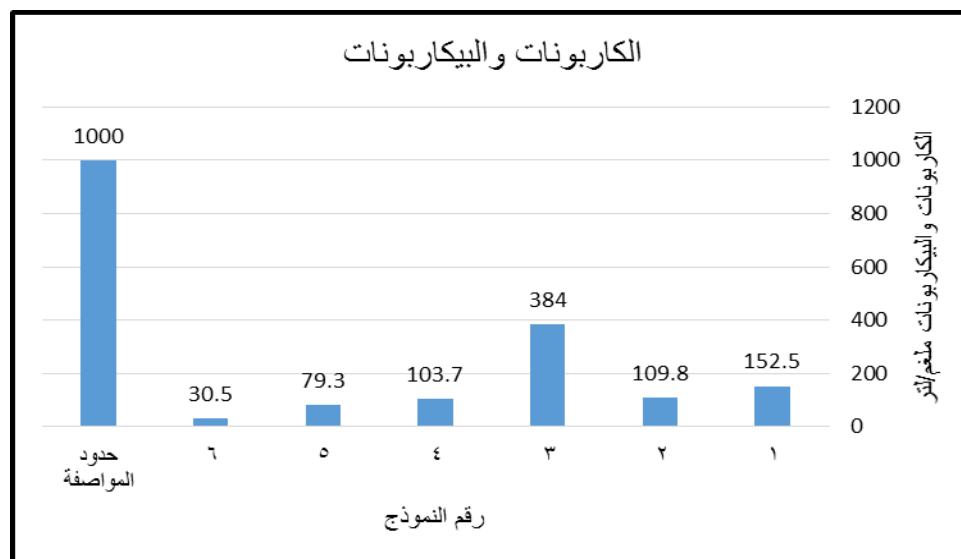
جدول رقم (2): ارقام ومواقع النماذج المفحوصة

رقم العينة	اسم الموقع	رقم العينة	اسم الموقع
1	قضاء الهندية	4	ناحية الحر
2	ناحية الجدول الغربي	5	قضاء المركز (حي التحدي)
3	ناحية الحسينية	6	قضاء المركز (مركز المدينة القديمة)

4 النتائج والمناقشة

4-1-1 الكاربونات والبيكاربونات

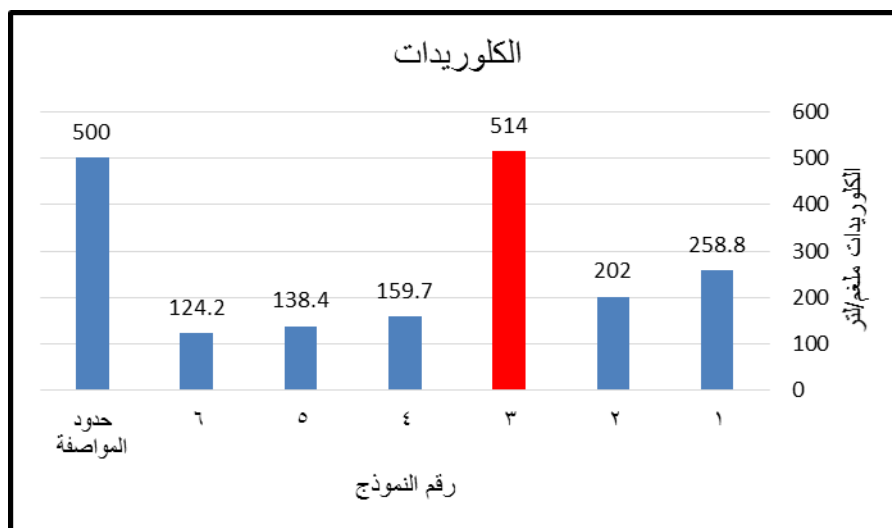
ان وجود الكاربونات والبيكاربونات بنسبة عالية في الماء يؤثر على زمن تماسك الاسمنت، فمثلاً وجود كاربونات الصوديوم قد يؤدي الى حدوث تماسك سريع في الاسمنت، بينما وجود البيكاربونات قد يؤدي الى زيادة وتقليل زمن التماسك^[14]. في حالة كون نتيجة الفحص مطابقة لمتطلبات المواصفة القياسية العراقية^[11] فيمكن استخدام الماء لانتاج الخرسانة، وفي حال عدم المطابقة لحدود المواصفة فيجب اجراء فحص زمن التماسك للاسمنت ومقاومة الانضغاط بعمر 28 يوم باستخدام الماء غير المطابق للمواصفة ومقارنة النتائج مع نتائج فحص نفس العينة من الاسمنت وباستخدام ماء مطابق للمواصفة. يبين الشكل رقم (3) نتائج الفحص المختبري لنماذج الماء المأخوذة وحدود المواصفة القياسية العراقية^[11]، حيث بينت التجارب المختبرية مطابقة نتائج الفحوص لحدود المواصفة القياسية العراقية^[11] ولجميع النماذج المفحوصة من ناحية الكاربونات والبيكاربونات.



شكل رقم (3): نتائج فحص الكاربونات والبيكاربونات

2-4-1 الكلوريدات

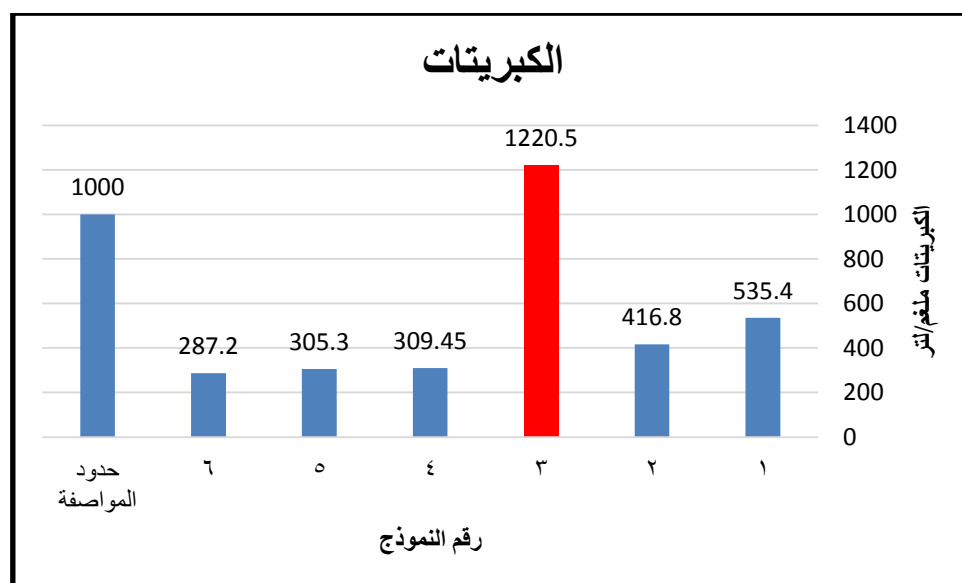
يعتبر صدأ حديد التسليح من اهم مشاكل الديمومة في المنشآت الخرسانية ونقصان عمرها الافتراضي، وان السبب الرئيسي لحدوث الصدأ هو وجود ايون الكلوريدات في الخرسانة اما من مصدر خارجي او احتواء احد المكونات الاساسية للخرسانة عليه^[9]. نتيجة القاعدية العالية للخرسانة والنتيجة عن قاعدية الاسمنت تتكون طبقة حماية حول حديد التسليح والتي تكون مستقرة وتعمل على حمايته من الصدأ، ان ايون الكلوريدات يعمل على افقاد هذه الطبقة لاستقراريتها وتحطمتها وعند توفر الاوكسجين والرطوبة يصدأ حديد التسليح^[15]. اظهرت التجارب المختبرية وجود انحراف نتيجة فحص نموذج رقم (3)، والمأخوذ من ناحية الحسينية، بالنسبة لحدود المواصفة القياسية العراقية^[11] من ناحية ايون الكلوريدات، وكما موضح في الشكل رقم (4).



شكل رقم (4): نتائج فحص الكلوريدات

3-4-1 الكبريتات

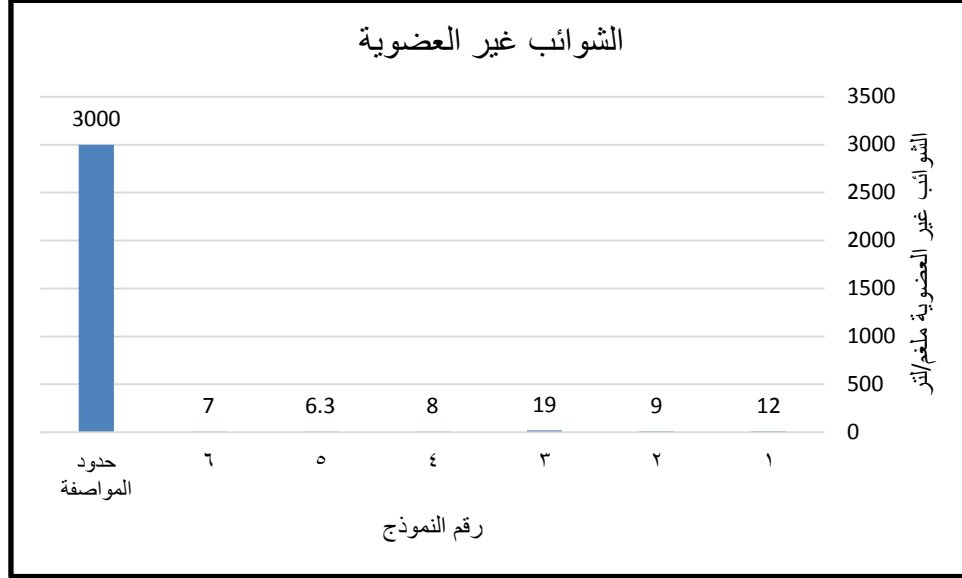
تعمل الاملاح الكبريتية على التفاعل مع احد المركبات الاساسية للاسمنت وهو الومينات ثلاثي الكالسيوم (C_3A) بوجود الماء مكونة مركب الاترنكايت والذي يشكل بلورات موشورية الشكل، يكون هذا التفاعل مصحوب بزيادة حجمية بحدود 227% وبالتالي توليد اجهادات داخلية في الخرسانة المتصلبة مسببة تفتت الخرسانة وتلفها^[9]. مصدر الاملاح الكبريتية في الخرسانة اما خارجي مثل التربة او المياه الجوفية، او داخلي من الركام بنوعيه او الاسمنت او الماء المستخدم للخلط. تشير نتائج الفحوص المختبرية الى انحراف نسبة الكبريتات لنموذج رقم (3) والمأخوذ من ناحية الحسينية عن حدود المواصفة القياسية العراقية^[11] ومطابقة نتائج النماذج الاخرى لحدود المواصفة المذكورة، وكما موضح بالشكل رقم (5).



شكل رقم (5): نتائج فحص الكبريتات

4-4-1 الشوائب غير العضوية

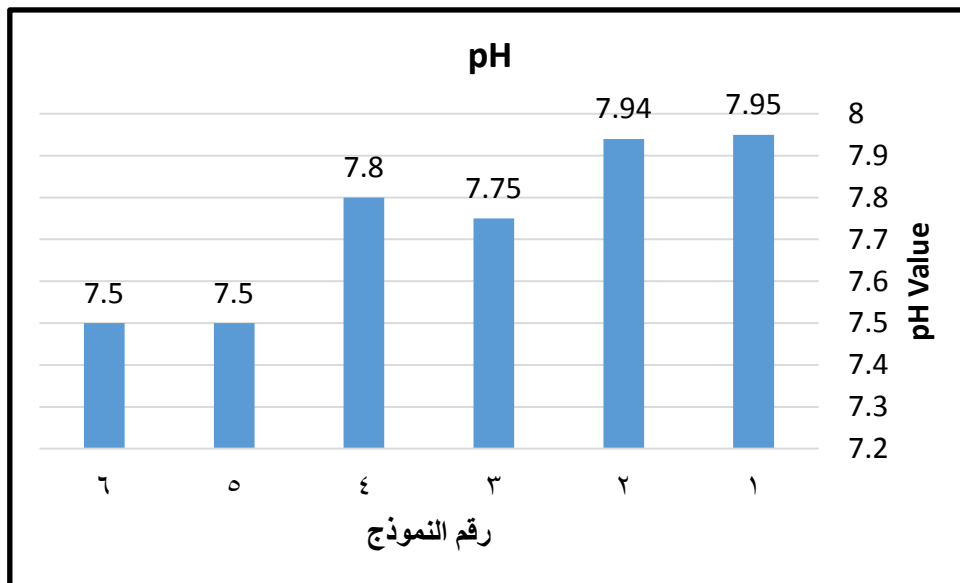
تشمل الشوائب غير العضوية المواد العالقة في الماء مثل الطين والغرين، ان زيادة نسبة هذه الشوائب في ماء الخلط يؤدي الى تقليل قابلية تشغيل الخرسانة وزيادة قابليتها للانكماش ونقصان مقاومة انضغاطها نتيجة التأثير على قوة التماسك بين مكونات الخلطة الخرسانية^[10]، يبين الشكل رقم (6) نتائج فحص المختبري لنسب الشوائب غير العضوية لجميع النتائج قيد البحث وحدود المواصفة القياسية العراقية^[11]، والتي كانت مطابقة لحدود المواصفة المذكورة.



شكل رقم (6): نتائج فحص الشوائب غير العضوية

5-4-1 الرقم الهيدروجيني

لم تحدد المواصفة القياسية العراقية^[11] حدود عليا ودنيا للرقم الهيدروجيني للماء المستخدم في الخلطات الخرسانية، ولكن تم ذكر حداً ادنى للرقم الهيدروجيني لماء الخلط وهو (6)^[10]، ولما للرقم الهيدروجيني للخرسانة اهمية في الحفاظ على حديد التسليح من التآكل والحفاظ على ديمومة المنشآت الخرسانية، فقد تم اجراء فحص الرقم الهيدروجيني لجميع النماذج قيد الدراسة للتأكد من قاعديتها ودراسة تأثير استخدام المياه الثانوية الناتجة كفضلات من محطات تحلية المياه على قاعدية الخرسانة، يبين الشكل رقم (7) نتائج فحص الرقم الهيدروجيني للنماذج المفحوصة، والتي بينت قاعدية جميع النماذج حيث ان الرقم الهيدروجيني لها اكبر من (7)، وبالتالي عدم التأثير سلباً على حديد التسليح في حال استخدام المياه التي تطرح كفضلات من محطات التحلية.



شكل رقم (7): نتائج فحص الرقم الهيدروجيني

5- الاستنتاجات والتوصيات

من خلال النتائج التي تم مناقشتها يمكن استنتاج الآتي:

- 1- مطابقة معظم النماذج المفحوصة لحدود المواصفة القياسية العراقية للماء المستخدم في إنتاج الخلطات الخرسانية، من حيث (الكربونات والبيكاربونات، الكلوريدات، الكبريتات والشوائب غير العضوية).
- 2- بالإمكان استخدام المياه الثانوية الناتجة من محطات التحلية في إنتاج الخرسانة بعد إجراء الفحوص المطلوبة عليها ومقارنة النتائج مع حدود المواصفة القياسية العراقية للماء المستخدم في إنتاج الخلطات الخرسانية.
- 3- ان استخدام المياه الثانوية الناتجة من محطات التحلية في إنتاج الخرسانة يؤدي الى التقليل من كلفتها. حيث ان المياه الثانوية عديمة الكلفة مقارنة بالماء الصالح للشرب الذي يستخدم في إنتاج الخرسانة في مواقع العمل، كونها تطرح في شبكات الصرف الصحي
- 4- ان استخدام المياه الثانوية من محطات التحلية في إنتاج الخرسانة وعدم طرحها في هذه الشبكات يؤدي الى التقليل من الحمل على شبكات الصرف الصحي وزيادة العمر التشغيلي الخاص بها وقلّة الحاجة الى عمليات الصيانة.
- 5- من ناحية اقتصادية اخرى، التقليل من استهلاك الماء الصالح للشرب وتقليل الاحمال على محطات تصفية المياه الصالح للشرب وذلك نتيجة استخدام المياه الثانوية الناتجة كفضلات من محطات تحلية الماء كبدل للماء الصالح للشرب لإنتاج الخرسانة.
- 6- زيادة العمر الافتراضي لمحطات معالجة المياه الثقيلة وقلّة كلفة معالجة مياه الصرف الصحي في المحطات المذكورة، حيث ان المياه الداخلة للمحطة تكون بكمية اقل.
- 7- الاستفادة القصوى من محطات تحلية الماء، نتيجة استخدام الناتج الرئيسي للشرب والثانوي لإنتاج الخرسانة.

المصادر

- 1- Kneen K., Wagent L., 2005, "Reverse Osmosis treatment of Drinking Water", Cornell university College of Human Ecology.
- 2- Dvorak B.I., skipton S.O., 2014, "Drinking water treatment: Reverse Osmosis", university of Nebraska-Lincoln extension, Institute of agriculture and natural resources, USA.
- 3- https://ar.wikipedia.org/wiki/%D8%AE%D8%A7%D8%B5%D9%8A%D8%A9_%D8%A7%D8%B3%D9%85%D9%88%D8%B2%D9%8A%D8%A9 , 5/10/2016, 12:00 pm.
- 4- AL-Araghouli A. , Kazmerski L.,2012, "Economic and Technical Analysis of a Reverse-Osmosis Water Desalination Plant using DEEP-3.2 Software", National Renewable Energy Laboratory ,Golden, Colorado 80401
- 5- Mackenzie L.D., Susan J. M., 1941, "Principles of Environmental Engineering and Science", the McGraw-Hill series in civil and environmental engineering.
- 6- <https://www.dhadh.com/page.php?id=7279>, 7/10/2016, 08:00 pm.
- 7- Alaji B., 2015, "Desalination and Membrane Separations "Damascus university, environmental department.
- 8- جمال خضر، "تحلية الماء باستخدام التناضح"، معهد لتدريب المهني STICI ، المملكة الاردنية الهاشمية.
- 9- Neville A.M. and Brooks, J.J., 2010, "Concrete Technology", Second Edition, Longman Group U.K. Limited.
- 10- Shetty M.S, 2009, "Concrete Technology", India, S.Chand and Company LTD.
- 11- المواصفات العراقية، المواصفة القياسية العراقية رقم 1703، 1992 "المياه المستعملة في الخرسانة"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية.
- 12- الخلف، مؤيد نوري. يوسف، هناء عبد، 2008، "تكنولوجيا الخرسانة"، الجامعة التكنولوجية.
- 13- Kosmatks, S.H., Kerkhoff, B. and Panarese, W.C., 2003, "Design and Control of Concrete Mixtures", Fourteenth Edition, Portland cement Association, United State of America.
- 14- امام، محمود احمد، 2002، "الخرسانة"، مصر، دار الكتب للنشر.
- 15- Newman, J. and Choo, B.S., (a) 2003, "Advanced Concrete Technology: Constitute Materials", First Edition, Elsevier Ltd., Oxford.