تقييم المعالجة الكيميائية في محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض

عبدالله محمد الرحيلي* ، عبدالرحمن ابراهيم العبدالعالي** ، ابراهيم صالح المعتاز*
* جامعة الملك سعود ، **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الرياض ، المملكة العربية السعودية

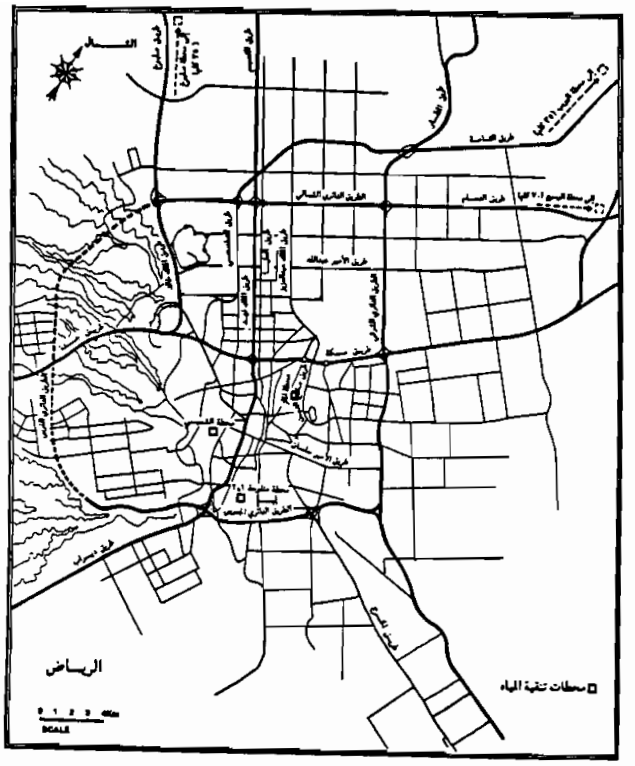
المستخلص : تقدم هذه الورقة تلخيصا لنتائج إختبارات الدوارق التي تمت على مياه محطة الشميسي بمدينة الرياض بغرض تحديد أفضل المواد الكيماوية اللازمة للمعالجة والجرعات اللازمة وذلك ضمن نشاطات مشروع بحثي مدعم من مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية لدراسة المعالجة الكيميائية في محطات معالجة المياه بمدينة الرياض بغرض تخفيض تكلفة المعالجة في تلك المحطات. وقد تم خلال الدراسة تجريب عدد من المواد الكيماوية التي تشمل الجير ورماد الصودا وكبريتات الألمنيوم والصودا الكاوية والومينات الصوديوم وكلوريد الحديديك بالإضافة على أربعة بوليمرات ذات شحنات مختلفة، حيث أدت الدراسة إلى تحديد أفضل الكيماويات وجرعاتها لمعالجة مياه محطة الشميسي وذلك لتخفيض نسبة عسر الماء والسيليكا ، بالإضافة إلى إنتاج مياه تفي بالمواصفات المطلوبة للمياه بصورة عامة والمياه الداخلة إلى أنظمة التناضح العكسي بصفة خاصة، وقد تم إختيار التجريع المثالي التالي لتلك المحطة : الجير (١١٠ ملجم/لتر)، رماد الصودا (٢٢٠ملجم/لتر)، ألومينات الصوديوم (٧ملجم/لتر)، بوليمر A-100 (١٥ر٠ ملجم/لتر).

١- المقدمة:

أدى التطور العمراني والسكاني الذي شهدته مدينة الرياض خلال السنوات الماضية إلى زيادة كبيرة في استهلاك مياه الشرب ، حيث بلغت كمية المياه المستهلكة في عام ١٤١٣هـ حوالي ٢ر١ مليون متر مكعب يومياً، حيث تشكل مياه التحلية القادمة من الجبيل حوالي ٦٥٪ من هذه الكمية، ويأتي باقي الاستهلاك من المياه الجوفية المعالجة والتي تشكل المياه الجوفية العميقة من حقل المنجور والوسيع غالبيتها، حيث تتميز هذه المياه بإرتفاع درجة حرارتها وزيادة تركيز المواد الصلبة الذائبة حيث تتراوح بين ١٢٠٠ و ٢٣٠٠ ملجم/لتر. وكذلك إرتفاع للعسر يصل إلى ٩٠٠ ملجم/لتر.

تعالج مياه الآبار العميقة والسطحية في سبع محطات لتنقية المياه وهي محطات الملز والشميسي ومنفوحة -١ ومنفوحة -٢ وصلبوخ وبويب والوسيع، كما هو موضح في الشكل (١)، وتشمل عمليات المعالجة الرئيسية في هذه المحطات عمليات التبريد والتيسير (إزالة العسر) والترشيح الرملي والتناضح العكسي والكلورة، وتتركز المعالجة الكيميائية (التيسير والترشيح الرملي) حول إزالة العسر من المياه وتخفيض نسبة السيليكا في المياه قبل مرحلة التناضح العكسي.

ويعتبر تخفيض نسبة السيليكا في المياه الداخلة إلى عمليات التناضح العكسي من الأمور المهمة في المحطات، وذلك لمنع ترسيبها داخل أغشية التناضح العكسي، علماً بأن المياه الجوفية العميقة التي تصل إلى محطات الرياض تتراوح نسبة السيليكا فيها بين ١٥ و ٣٧ ملجم/لتر ، ويعتبر تخفيض نسبة السيليكا إلى أقل من ١٨ملجم/لتر في جميع الأحوال مناسباً للحفاظ على الأغشية من ترسيب السيليكا وما يتبعه من نقص في كفاءة عملية التناضح العكسي وربما إتلاف الأغشية ، حيث تشير الدراسات إلى أن أقصى حد لذوبان السيليكا في المياه الطبيعية يقدر بحوالي ١٢٠ ملجم/لتر عند درجة حرارة ٢٥° م [١-٣].



شكل ١ : مواقع محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض

ومن أهم المواد الكيميائية المستعملة لأغراض معالجة المياه الجوفية في محطات التنقية بمدينة الرياض هيدروكسيد الكالسيوم (الجير) وكربونات الصوديوم (الصودا) وألومينات الصوديوم وكلوريد الحديديك وحامض الكبريتيك وفوسفات الصوديوم والبوليمر والكلور، حيث تقدر التكلفة الإجمالية لهذه المواد بحوالي ٤٦ مليون ريال سنوياً.

ونظراً لأن تكلفة المواد الكيميائية تشكل نسبة كبيرة من التكلفة السنوية اللازمة لإنتاج مياه الشرب في مدينة الرياض فقد تم دعم دراسة بحثية في هذا الموضوع عام ١٤١٣هـ من قبل مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية، وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم إستخدام المواد الكيميائية في عمليات معالجة المياه في محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض ودراسة إمكانية تعديل معدلات تجريع المواد المستخدمة حالياً أو إستخدام مواد إضافية أو بديلة بغرض خفض التكلفة الإجمالية لتنقية المياه.

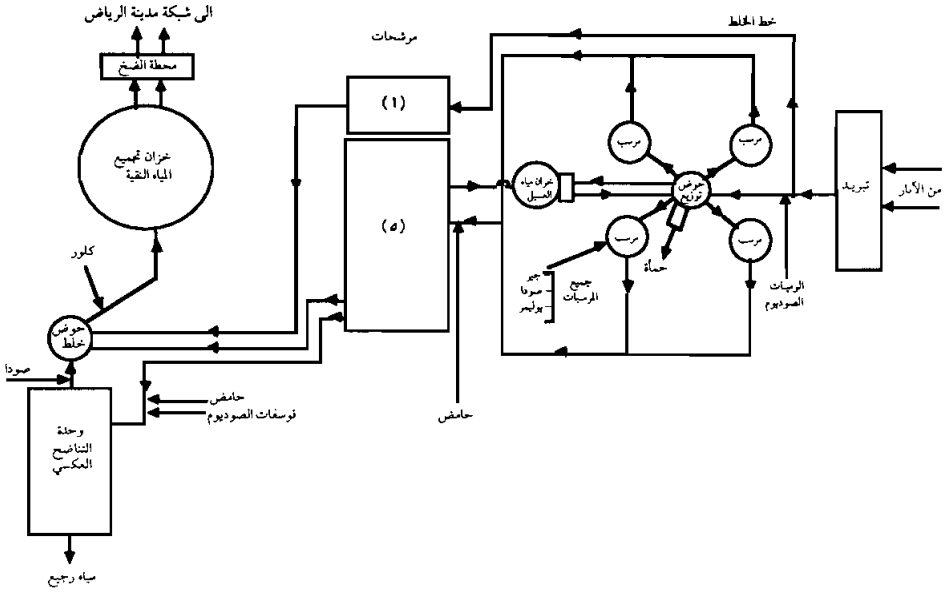
تهدف هذه الوراقة إلى إستعراض الوضع الحالي للمعالجة الكيميائية في محطات التنقية بمدينة الرياض وتلخيص نتائج إختبارات الدوارق التي تم إجراؤها على مياه محطة الشميسي للتعرف على أفضل معدلات التجريع للمواد الكيميائية المستخدمة حاليا في المحطات أو بعض البدائل المتاحة. بوجود بعض أنواع البوليمرات كمروبات مساعدة أو بدونها.

٢- عمليات المعالجة والمواد الكيميائية المستخدمة في محطات الرياض

تقوم المعالجة في جميع محطات الرياض على مبدأ إزالة العسر من الماء بإستخدام الجير ورماد الصودا، حيث تبدأ عمليات المعالجة بأبراج لتبريد المياه يليها عدد من أحواض الترسيب المخروطية الشكل التي تتم فيها عمليات

الخلط السريع للجير والصودا وكذلك الخلط البطيء والترسيب، وتمر المياه بعد المرسبات بالمرشحات ، حيث تتكون كل وحدة ترشيح في جميع المحطات ما عدا محطة الوسيع من مرشحين رمليين متتالين، الأول هو مرشح نو وسط خشن تمر به المياه من أسفل إلى أعلى (صاعد) والثاني مرشح نو وسط ناعم تمر به المياه من أعلى إلى أسفل(هابط)، وبالنسبة لمرشحات محطة الوسيع فإنها من النوع الهابط الذي يحتوي على رمال ناعمة ومادة الأنثراسايت، ويتم كذلك في المحطات معالجة جزء من المياه المرشحة لتخفيض نسبة الأملاح الذائبة بواسطة نظام التناضح العكسي، وتستخدم جميع المحطات في عملية الترسيب بعض المواد المساعدة في الترويب لخفض نسبة السيليكا والتي ترغب مصلحة المياه في تقليل نسبتها في المياه التي تمر بمرحلة التناضح العكسي، حيث تستخدم مادة ألومينات الصوديوم في جميع المحطات عدا الوسيع ويستخدم البولي إليكتروليت (بوليمر) في جميع المحطات عدا البويب، ويستخدم كلوريد الحديديك في محطة البويب فقط.

كما تستخدم المحطات مواد كيميائية أخرى مثل حامض الكبريتيك لضبط الرقم الهيدروجيني بعد عملية الترسيب وللمياه الداخلة إلى التناضح العكسي، والصوديوم هكساميتافوسفات للسيطرة على إحتمال الترسيب في أغشية التناضح العكسي والكلور لتطهير المياه المنتجة، ويوضح الشكل (٢) وصف عمليات المعالجة وأماكن تجريع الكيماويات في محطة الشميسي ، كما يوضح الجدول (١) معدلات تجريع واستهلاك المواد الكيميائية وتكلفتها في محطات الرياض لعام ١٤١٣هـ.



شكل ٢ : عمليات التنقية ونقاط تجريع المواد الكيماوية في محطة الشميسي

٣- إختبارات الدوارق على محطة الشميسي :

أجريت إختبارات الدوارق باستخدام الجير ورماد الصودا كمواد أساسية في إزالة عسر الماء وهو المتبع أيضا في المحطات ، وتم التدرج في إضافة الكيماويات المساعده في الترسيب وهي ألومينات الصوديوم أو كلوريد الحديديك أو كبريتات الألنيوم. ثم إضافة البوليمرات وهي بوليمر سالب الشحنة (A-100) أو بوليمر موجب الشحنة (Nalcolyte 8100) أو بوليمر مستحلب سالب الشحنة (POL-E-Z 692) أو بوليمر متعادل الشحنة (N100) ، وبالنسبة للصودا الكاوية فقد تم إستخدامها كمادة وحيدة حيث لها القدرة على إزالة العسر وتخفيض

جدول ١: معدلات تجريع واستهلاك المواد الكيميائية في محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض لعام ١٤١٣هـ

المحطة	معدل انتاج المياه لعام ١٤١٣هـ (م٣/يوم)	معدلات التجريع (ملجم / لتر)							
		هيدروكسيد الكالسيوم	كربونات الصوديوم	الومينات الصوديوم	الكلور	كلوريد الحديديك	حامض الكبريتيك	فوسفات الصوديوم	بوليمر
الملز	١٤٤٢٧	١٢٩	٢٣٩	١٢	١ر٠٠	–	٣٠	٧	٠ر٢٠
الشميسي	١٩٠٠٦	١١٠	٢٢٠	٩	٠ر٨٠	–	٣٥	٤	٠ر١٠
منفوحة -١	٢٥٣٤٢	١١٠	٣٢٦	١٠	٠ر٩٤	–	٥٠	٥	٠ر٠٦
منفوحة -٢	٢٨٣٦٢	١١٠	٣٢٦	١٠	٠ر٩٤	–	٥٠	٥	٠ر٠٦
صلبوخ	٣٦٦٧٦	١٢٥	٢٣٥	٢٤	٠ر٨٥	–	٢١	٥	٠ر٢٠
بويب	٢٧٤٥٢	١١٠	٣٥٠	١٢	٠ر٥٠	١٥	٣٠	٦	–
الوسيع	١٩١٢٤٠	١٠٠	٧٠	٢٥	١ر٧٠	–	٢٥	٥	٠ر٢٥
متوسط الاستهلاك الشهري لجميع المحطات (طن)		١٠٥٧	٢١٤٥	١٠٥ر٦	١٩ر٨	٢٧	٤٢٨	١٦ر١	٥ر٦ر١
التكلفة السنوية للمواد الكيميائية بمليون الريالات		٩ر٥	٢٦ر٨	٧ر٥	٠ر٦	٠ر٥	٣ر٤	٠ر٨	٠ر٣

نسبة السيليكا في آن واحد دون إضافة بوليمرات ، ويوضح الجدول (٢) المواد الكيماوية المستخدمة في إختبارات الدوارق، وهي تشمل المواد المستخدمة حالياً في محطات الرياض بالإضافة إلى بعض البدائل الممكنة.

وقد تمت إختبارات الدوارق بإستخدام دوارق مربعة الشكل عند درجة حرارة ٢٢ – ٢٤° م وفي ظروف متشابهة لكل تجربة من الخلط السريع (٢ دقيقة) والخلط البطيء (٢٠ دقيقة) والترسيب (ساعة واحدة) ، ثم تعديل الرقم الهيدروجيني إلى حوالي ٧ر٠ بإستخدام حمض الكبريتيك وترشيح العينة بإستخدام مرشح من الألياف الزجاجية، يلي ذلك إجراء القياسات المختلفة عليها، وقد روعي في جميع القياسات أن تكون موافقة للطرق القياسية [٤]، كما يمكن الرجوع إلى تفاصيل الإختبارات والأجهزة المستخدمة لذلك في تقارير مشروع الدراسة [٥].

٤-نتائج إختبارات الدوارق (مياه محطة الشميسي).

يوضح الجدول (٣) ملخصاً لنوعيات المواد الكيماوية ومدى التجريع في جميع إختبارات الدوارق التي تمت على المياه الخام (بعد عملية التبريد) من محطة الشميسي ، حيث أجريت التجارب بالتسلسل بدءاً بإستخدام الجير فقط بجرعات مختلفة ثم التدرج في تغيير جرعات رماد الصودا مع جرعة ثابتة من الجير وهكذا بإستخدام المواد المساعدة في الترسيب (Coagulants) ثم إستخدام البوليمرات.

وقد تم قياس عسر الماء والسيليكا عند جميع الجرعات المستخدمة حيث أن هذين العنصرين يعتبران الأساسيين في المعالجة الكيماوية في المحطات، كذلك تم قياس الخصائص الأخرى للمياه عند جرعة مختارة في كل تجربة من تجارب الدوارق ، ويوضح الجدول (٤) متوسط خصائص المياه الخام والمياه المرشحة بمحطة الشميسي أثناء فترة الإختبارات.

إتضح من تجارب الدوارق أن إستخدام الجير ورماد الصودا فقط يؤدي إلى تخفيض نسبة العسر في الماء، إلا أنه لا يؤثر في إزالة السيليكا، مما يستدعي إضافة بعض مساعدات الترسيب أو البوليمرات للنظر في إمكانية إزالة السيليكا.

جدول ٢: المواد الكيماوية المستخدمة في إختبارات الدوارق

المواد الكيماوية	الشركة المصنعة (الخصائص)	الصورة المورد عليها	تركيز محلول التجريع (ملجم/لتر)	مدى الترجيع (ملجم/لتر)
كيماويات التيسير				
– الجير	–	بودرة	١٠٠٠٠	٠ر٠ – ١٨٠
– رماد الصودا	–	بودرة	١٠٠٠٠	٠ر٠ – ٤٠٠
– الصودا الكاوية	–	قشور	٢٠٠٠٠	٠ر٠ – ٢٢٠
مساعدات ترسيب				
– ألومينات الصوديوم	–	بودرة	١٠٠٠	٠ر٠ – ٢٥
– كبريتات الألمنيوم	–	بودرة	٥٠٠٠	٠ر٠ – ٥٠
– كلوريد الحديديك	–	سائل	٥٠٠	٠ر٠ – ٢٥
بوليمرات				
Superfloc A-100-	Cytec (Anionic)	بودرة	٥٠٠	٠ر٠ – ٠ر٢
Nalcolyte 8100-	Nalco (Polycationic)	سائل	١٠٠٠	٠ر٠ – ٠ر٤
POL - E - Z 692-	Calgon (Emulsion Anionic)	سائل	١٠٠٠	٠ر٠ – ٠ر٤
Superfloc N-100-	Cytec (Nonionic)	بودرة	٥٠٠	٠ر٠ – ٠ر٢٥

وعند إضافة جرعات متفاوتة من كل من مساعدات الترسيب كبريتات الألمنيوم وكلوريد الحديديك وألومينات الصوديوم مع جرعات ثابتة مختارة من الجير ورماد الصودا فإنه لم يكن هناك أي تحسن ملحوظ في إزالة عسر الماء مما كان عليه عند إستخدام الجير ورماد الصودا فقط، إلا أن هذه الكيماويات الثلاثة كان لها أثر واضح في إزالة السيليكا من الماء في تلك التجارب، حيث كانت ألومينات الصوديوم هي الأكثر فاعلية في هذا الصدد وذلك بتخفيض تركيز السيليكا من حوالي ٢٢ر٥ ملجم/لتر في الماء الخام إلى ١٤ ملجم/لتر عند إستخدام الجرعات التالية: جير (١١٠ملجم/لتر) ورماد صودا (٢٢٠ ملجم/لتر) وألومينات الصوديوم (٢٥ ملجم/لتر) كما هو موضح في الشكل (٣)، وقد لوحظ أنه بمقارنة جرعات ألومينات الصوديوم وكبريتات الألمنيوم بناءاً على تركيز المادة الفعالة في كل منهما (AL^{+++}) فإن المادتين لهما نفس المفعول في إزالة السيليكا.

ودلت التجارب على أن جميع البوليمرات المستخدمة ليس لها تأثير يذكر على إزالة العسر عند إضافتها مع الجير ورماد الصودا، أما بالنسبة لإزالة السيليكا فإن الشكل (٤) يوضح أن البوليمر السالب A-100 قد أدى إلى تحسين طفيف في إزالة السيليكا عند إضافته مع الجير ورماد الصودا، حيث أدت الجرعة ٢ر٠ ملجم/لتر من هذا البوليمر إلى تخفيض نسبة السيليكا إلى ٢ر١٩ ملجم/لتر مقارنة بتركيز ٢٢ر٥ ملجم/لتر بإستخدام الجير ورماد الصودا فقط، أما البوليمرات الأخرى فإن إضافتها مع الجير ورماد الصودا لم يؤدي إلى المساعدة

جدول ٣ : نوعية المواد الكيماوية وجرعتها بالملجم/لتر المستخدمة في إختبارات الدوارق على المياه الخام بمحطة الشميسي

رقم التجربة	كيماويات العسر		مساعدات الترسيب			بوليمرات			
	جير	رماد الصودا	كبريتات الالمنيوم	الومينات الصوديوم	كلوريد الحديديك	A-100	692	8100	N-100
١	٠ر٠ – ١٨٠	–	–	–	–	–	–	–	–
٢	١٢٠	٠ر٠ – ٤٠٠	–	–	–	–	–	–	–
٣	١١٠	٢٢٠	٠ر٠ – ٤٠	–	–	–	–	–	–
٤	١٢٠	٢٥٠	–	٠ر٠ – ٢٥	–	–	–	–	–
٥	١١٠	٢٢٠	–	٠ر٠ – ٢٥	–	–	–	–	–
٦	٧٠	١٥٠	–	٠ر٠ – ٢٥	–	–	–	–	–
٧	١١٠	٢٢٠	–	–	٠ر٠ – ٢٥	–	–	–	–
٨	١٢٠	٢٥٠	–	–	–	٠ر٠ – ٢ ٠	–	–	–
٩	١١٠	٣٠٠	–	–	–	–	٠ر٠ – ٢ر٠	–	–
١٠	١١٠	٢٢٠	–	–	–	–	٠ر٠ – ٤ر٠	–	–
١١	١١٠	٣٠٠	–	–	–	–	–	٠ر٠ – ٢ر٠	–
١٢	١١٠	٢٢٠	–	–	–	–	–	٠ر٠ – ٤ر٠	–
١٣	١١٠	٢٢٠	–	–	–	–	–	–	٠ر٠ – ٢٥ر٠
١٤	١١٠	٢٢٠	١٤	–	–	–	٠ر٠ – ٢ر٠	–	–
١٥	١١٠	٢٢٠	١٤	–	–	–	–	٠ر٠ – ٢ر٠	–
١٦	١١٠	٢٢٠	١٤	–	–	–	–	–	٠ر٠ – ٢ر٠
١٧	١١٠	٢٢٠	–	٧	–	٠ر٠ – ٢ر٠	–	–	–
١٨	١١٠	٢٢٠	–	٧	–	٠ر٠ – ٢ر٠	–	–	–
١٩	١١٠	٢٢٠	–	٧	–	–	٠ر٠ – ٢ر٠	–	–
٢٠	١١٠	٢٢٠	–	٧	–	–	–	٠ر٠ – ٢ر٠	–
٢١	١١٠	٢٢٠	–	٧	–	–	–	–	٠ر٠ – ٢٥ر٠
٢٢	١١٠	٢٢٠	–	٧	١٥	٠ر٠ – ٢ر٠	–	–	–
٢٣	صودا كاوية (٠ر٠ – ٢٢٠ ملجم/لتر)								

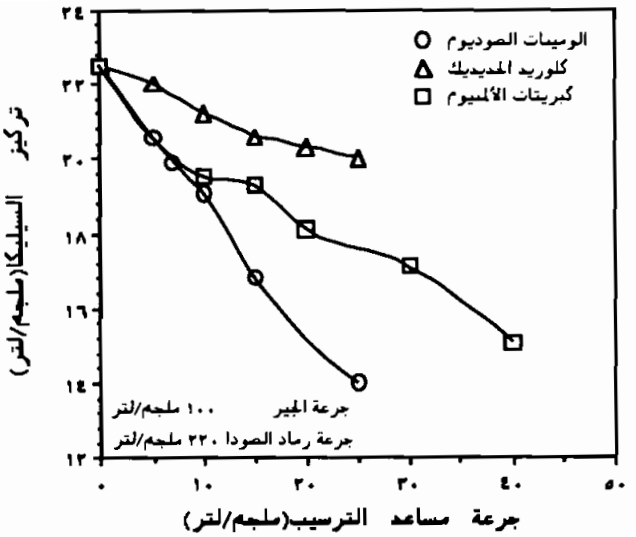
جدول ٤ : متوسط خصائص المياه الخام (بعد عملية التبريد)
والمياه بعد المرشحات الرملية بمحطة الشميسي اثناء فترة إختبارات الدوارق

الخصائص	متوسط التركيز	
	الماء الخام	بعد المرشحات الرملية
العكارة (NTU)	٣ر٠١	٥٢ر٠
الرقم الهيدروجيني(pH)	٧ر٨٥	٧ر٠١
القلوية الكلية (ملجم/لتر)	١٤٨	٢٧
العسر الكلي (ملجم/لتر)	٥٢٧	٢١٥
عسر الكالسيوم (ملجم/لتر)	٣٦٤	٧٦
عسر الماغنيسيوم (ملجم/لتر)	١٦٣	١٣٩
التوصيل الكهربائي (ملجم/لتر)	١٧٢٢	١٦٧٧
الملوحة (ملجم/لتر)	١١٣٨	١٠٠٠
الكلوريدات (ملجم/لتر)	١٧١	١٧٥
الكبريتات (ملجم/لتر)	٤٩٨	٥٧٩
السيليكا (ملجم/لتر)	٢٣ر٤	١٧ر١
الحديد (ملجم/لتر)	٠ر٣٦	٠ر٢٢
المنجنيز (ملجم/لتر)	٠ر١٧	٠ر٠٤
الفلورايد (ملجم/لتر)	٠ر٧٨	٠ر٠٦٨
النترات (ملجم/لتر)	١ر٠٧	٠ر٨٠

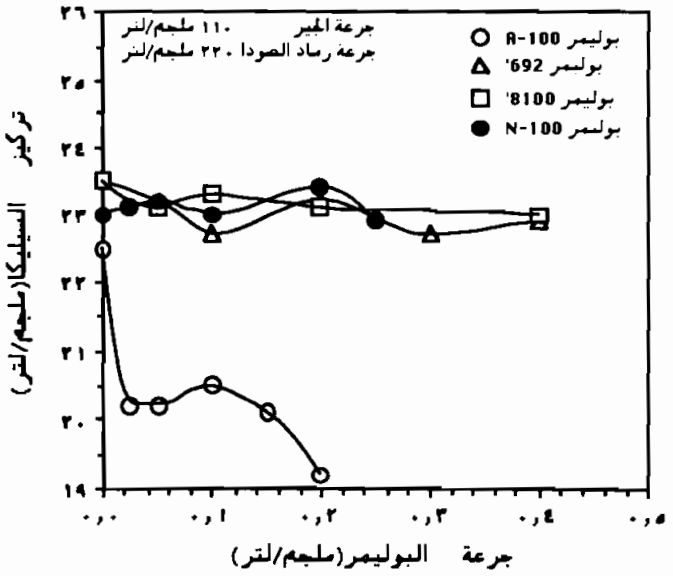
في إزالة السيليكا ، فيما عدا الجرعة ٣ر٠ ملجم/لتر من البوليمر8100 التي أدت إلـى تخفيض السيليكا قليلا إلى ٨ر٢٠ ملجم/لتر ، وعند مقارنة كفاءة البوليمرات في إزالة السيليكا مع كفاءة مساعدات الترسيب التي سبق توضيحها في الشكل (٣) ، نجد أن كلاً من ألومينات الصوديوم وكبريتات الألمنيوم تؤدي إلى نتائج أفضل عند إضافتها مع الجير ورماد الصودا.

ويوضح الشكل (٥) أن إضافة البوليمر A-100 إلى الجير ورماد الصودا وألومينات الصوديوم قد أدى بشكل عام إلى تحسين إزالة السيليكا عند الجرعات الأقل من ٢ر٠ ملجم/لتر وكانت الجرعة المثالية حوالي ١٥ر٠ ملجم/لتر حيث أن تركيز السيليكا قد إنخفض عند هذه الجرعة إلى ٦ر١٢ ملجم/لتر، وكان أثر البوليمرات الأخرى سلبياً بشكل عام على إزالة السيليكا.

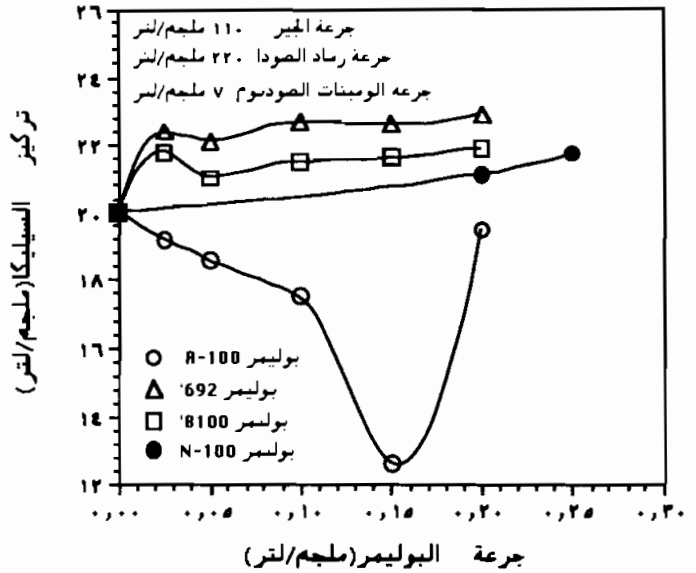
وقد إتضح أنه عند إضافة البوليمرات إلى جرعات ثابتة من الجير ورماد الصودا وكبريتات الألمنيوم فإن تأثير البوليمرين 692 و N-100 كان سلبيا على إزالة العسر، بينما أدى البوليمر 8100 إلى تحسين طفيف في إزالة العسر عند جميع الجرعات المستخدمة، كما يلاحظ من الشكل (٦) أن تأثير البوليمرين 692 و N-100 كان أيضا سلبياً بشكل عام على إزالة السيليكا، بينما أدى إضافة البوليمر N-100 إلى تحسين طفيف في إزالة السيليكا عند الجرعات (١ر٠ – ٢ر٠) ملجم/لتر.



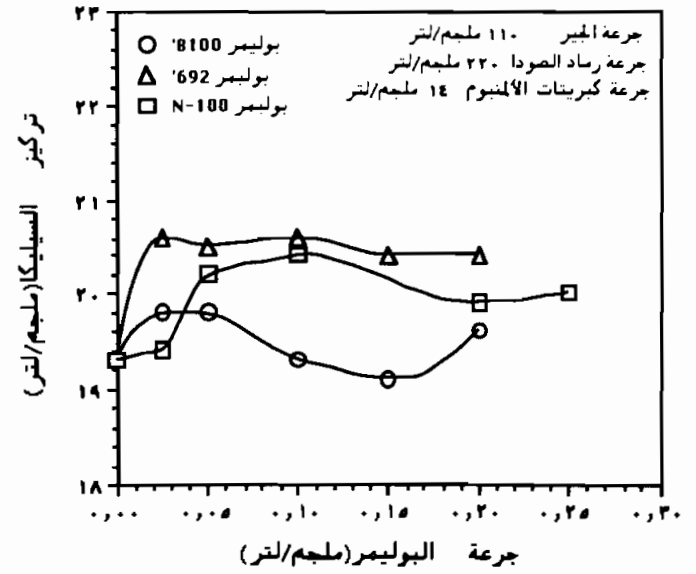
شكل ٣ : إزالة السيليكا من مياه محطة الشميسي عند إستخدام جرعات مختلفة من مساعدات الترسيب



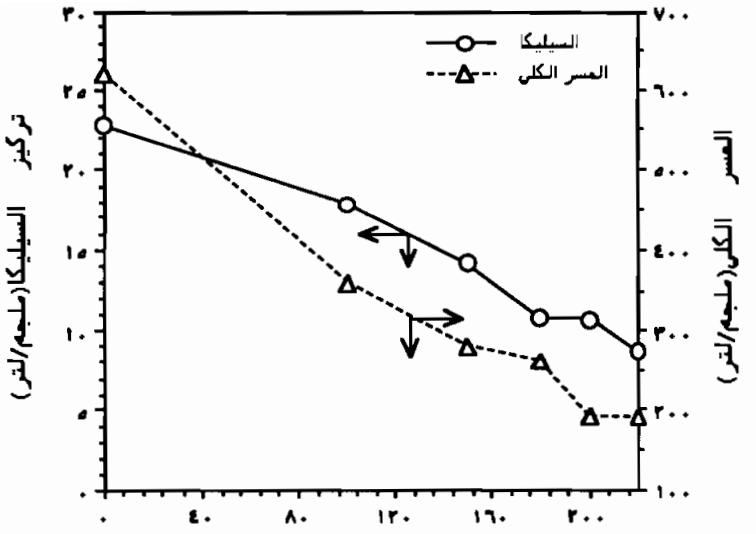
شكل ٤ : إزالة السيليكا من مياه محطة الشميسي عند إستخدام جرعات مختلفة من البوليمرات



شكل ٥ : إزالة السيليكا من مياه محطة الشميسي عند إستخدام جرعة ثابتة من الومينات الصوديوم وجرعات مختلفة من البوليمرات



شكل ٦ : إزالة السيليكا من مياه محطة الشميسي عند استخدام جرعة ثابتة من كبريتات الألمنيوم وجرعات مختلفة من البوليمرات



جرعة الصودا الكاوية(ملجم/لتر)

شكل ٧ : إزالة السيليكا والعسر من مياه محطة الشميسي عند إستخدام جرعات مختلفة من الصودا الكاوية

يوضح الشكل (٧) كفاءة الصودا الكاوية في إزالة العسر والسيليكا، حيث أمكن تخفيض العسر الكلي إلى حوالي ٢٦٠ ملجم/لتر وتخفيض السيليكا إلى ١٠ر٨ ملجم/لتر بإستخدام جرعة ١٨٠ ملجم/لتر من الصودا الكاوية دون إضافة أية مواد كيماوية أخرى.

بناءاً على نتائج إختبارات الدوارق فقد تم إقتراح التجريع المثالي ليكون ملائما لمحطة الشميسي : الجير (١١٠ ملجم/لتر)، رماد الصودا (٢٢٠ ملجم/لتر)، ألومينات الصوديوم (٧ ملجم/لتر)، بوليمر100-A (١٥ر٠ ملجم/لتر) ، على أن يتم التحقق من هذه الجرعات ووزنها على مستوى المحطة التجريبية .

٥-الاستنتاجات:

باجراء إختبارات الدوارق على مياه محطة الشميسي بإستخدام العديد من المواد الكيماوية الخاصة بإزالة عسر الماء والسيليكا ثم التوصل إلى الإستنتاجات التالية:

- على الرغم من أن عملية التيسير بإستخدام الجير ورماد الصودا هي فعالة جدا في تخفيض نسبة العسر في المياه، إلا أنه ليس لها أي فاعلية في إزالة السيليكا.
- إضافة مساعدات الترسيب مثل كبريتات الألمنيوم وألومينات الصوديوم وكلوريد الحديديك مع الجير والصودا في عملية التيسير لم يؤدي إلى أي تأثير يذكر على *إزالة العسر مقارنة بإستخدام الجير ورماد الصودا فقط*. إلا أن هذه الكيماويات كان لها أثر في تخفيض نسبة السيليكا في الماء، حيث أدت إضافة جرعة ٢٥ ملجم/لتر من ألومينات الصوديوم إلى تخفيض نسبة السيليكا من ٢٢ر٥ ملجم/لتر إلى ١٤ ملجم/لتر (٣٧ر٨٪).
- لم يؤدي إضافة أي من البوليمرات الأربعة التي تم تجريبها مع الجير ورماد الصودا إلى أي تأثير على إزالة

عسر الماء ولا على إزالة السيليكا، فيما عدا البوليمر A-100 الذي أدى إلى زيادة طفيفة في إزالة السيليكا.

- عند إضافة البوليمر A-100 إلى الجرعات المثالية من الجير ورماد الصودا وألومينات الصوديوم فإنه قد أدى إلى زيادة نسبة إزالة السيليكا، حيث أن تركيز السيليكا قد انخفض عند جرعة ١٥ر٠ ملجم/لتر من هذا البوليمر إلى ٦ر١٢ ملجم/لتر، أما البوليمرات الأخرى فقد كان تأثيرها طفيف جدا.

- أدى إضافة الصودا الكاوية فقط بجرعة ١٨٠ ملجم/لتر إلى تخفيض تركيز العسر الكلي إلى ٢٦٠ ملجم/لتر والسيليكا إلى ٨ر١٠ ملجم/لتر ، مما يدل على كفاءة هذه المادة لأغراض المعالجة في محطات الرياض، إلا أنه يجب دراسة النواحي الإقتصادية والفنية لإستخدام هذه المادة في المحطات قبل الوصول إلى قرار بإستخدامها، حيث أن تكلفة الصودا الكاوية عالية وتجريعها يستدعي وجود أنظمة خاصة وإحتياطات مهمة.

الشكر :

يشكر المؤلفون مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية على دعمها المالي لهذه الدراسة تحت منحة رقم أت-١٣-٧٠، كما يشكرون مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض على تعاونهم وتسهيل مهمة اجراء الدراسة.

المراجع:

[1] Stumm, W. and Morgan, J.J., Aquatic Chemistry, 2nd Ed., John Wiley & Sons, 1981.
[2] Sanks, R.L., Water Treatment Plant Design, Ann Arbor Science, 1978.
[3] Water Treatment Principles and Design, James M. Montgomery, Consulting Engineers, John Wiley & Sons, 1985.
[4] Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater, 15th Ed., APHA, - AWWA - WPCF, 1980.
[٥] الرحيلي ، عبدالله و العبدالعالي ، عبدالرحمن و المعتاز ، ابراهيم والجضعي ، ابراهيم و الساعاتي ، عدنان . " تقييم اداء محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض ودراسة بدائل المعالجة الكيميائية " التقرير الفني الثاني للمشروع أت-١٣-٧٠ - مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية - يونيو ١٩٩٤م.