مجلة الدراسات الإفريقية ـ العدد ٢٧ (٢٠٠٥) : ٩٥ - ١٢٨

# تقدير كفاءة مرشحات المياه شائعة الاستعمال في إزالة بعض المعادن الثقيلة

ماجد حسين هاشم(*)


## ملخص

علي الرغم من الحرص والجهد المبذول في تنقية المياه بصورة تتماشى مع المقاييس العالمية فإن المياه بعد خروجها من محطة التنقية ـ و أثناء مرورها خلال شبكات التوزيع أو ركودها في خزانات المياه الخاصة ـ تتعرض لتغيرات تؤثر علي صفاتها الكيميائية والطبيعية والبكتيرية ، وغالبا ما تصل المياه بعد ذلك إلي المستهلك بصورة مغايرة لما كانت عليه بعد تنقيتها في محطات المياه .

دفعت الأسباب السابق ذكرها العلماء إلي البحث والتقصي لإيجاد أسلوب مناسب يحمي المستهلك من المخاطر الموجودة في مصادر المياه الطبيعية أو تلك التي تنتج عن التغيرات التي تطرأ علي المياه داخل شبكات التوزيع ، وكان استخدام المرشحات عند نقطة الاستعمال ( Point of Use ) هو أحد الحلول والأساليب الشائع استخدامها ، ولكن نظراً للتطور الكبير الذي طرأ علي أنواع المرشحات ، وصعوبة اختيار أفضلها بالنسبة للمستهلك العادي ، كان من الضروري إجراء أبحاث معملية تعطي انطباعاً عن أفضل أنواع المرشحات ، وتعطي النصيحة للمستهلك عن كيفية اختياره المرشح المناسب حتى يؤدي الغرض المنشود بالصورة المطلوبة ، ولذا قام الباحث بإجراء تجارب مختبريه داخل المعمل ، وقام بتركيب خزان مياه سعة ٥٠٠ لتر وتم توصيله بشبكة مياه الشرب العامة ، وتم تثبيت التمديدات


(*) كلية الأرصاد و البيئة وزراعة المناطق الجافة ، جامعة الملك عبد العزيز ، جدة .

وحوامل المرشحات ، ثم اختار الباحث عدداً من المرشحات الشائعة الاستعمال بعد تقصى ميدانى عن أكثر المرشحات رواجاً بالأسواق ، وقام بدراسة فاعليتها في إزالة بعض المعادن ذات التأثير المباشر علي صحة الإنسان . وشملت المرشحات المستخدمة : القطن ، الجبس، البورسلين ، الكربون المنشط ، الكربون المنشط مع القطن والكربون المنشط مع البورسلين . كما اشتملت المعادن التي تم إجراء الاختبارات عليها : ( الكدميوم Cd ) ، ( الرصاص Pb ) ، ( الحديد Fe ) ، ( الزنك Zn ) ، ( النحاسCu ) .

ولقياس كفاءة المرشحات قيد الدراسة قام الباحث بإضافة تركيزات عيارية من المعادن المذكورة أعلاه إلي مياه الشرب ، اشتملت هذه التركيزات علي ثلاثة مستويات مستهدفة من المعادن ، وهي المستوي المنخفض نسبياً والذي يعادل الحدود العليا المسموح بها ثم المستوي المتوسط فالمستوي المرتفع نسبياً ، ثم مرر المياه علي أنواع المرشحات المختلفة ، وقارن نتائج انخفاض تركيز المعادن قبل وبعد مرورها علي المرشحات ، وقارن بين نتائج كل مرشح وقدرته علي فصل كل معدن في تركيزاته المختلفة ،وذلك عن طريق حساب النسبة المئوية للإزالة .

وقد وجد الباحث تفاوتاً كبيراً في قدرة المرشحات ، فمثلاً : كان مرشح ( الجبس ) جيداً في إزالة معدن الرصاص بنسبة ٩٧٪ ، ولكن قدرة المرشح كانت أقل مع معدن الكدميوم الذي انخفض بنسبة ١٣٪ فقط، كذلك تفاوتت قدرة بعض المرشحات تبعاً لمستوي تركيز المعدن ، فمثلاً : مرشح ( الكربون المنشط ) أزال ٢٢٪ من معدن الزنك في تركيزاته المنخفضة ، بينما تمكن من إزالة ٥٪ فقط من الزنك في تركيزاته المتوسطة، وتمكن من إزالة ١١٪ من الزنك في تركيزاته المرتفعة .

واستنتج الباحث أن استخدام المرشحات يفيد في خفض تركيز المعادن بصفة عامة ، وأوصى باستخدام أكثر من نوع واحد من المرشحات حتى يمكن الاستفادة من قدرات كل نوع ، كما أوصي بضرورة القيام بأبحاث متخصصة لدراسة التفاعلات التي تحدث للمياه داخل التمديدات وخزانات المياه للتحكم في العوامل التي تؤثر علي ذوبان وتركيزات المعادن .

لما كان التلوث البيئي بالمعادن الثقيلة مثل الرصاص والنحاس والكدميوم يهدد صلاحية مياه الشرب ومصادر المياه السطحية والجوفية ، وهذا قد يسبب أضراراً صحية تصيب الإنسان والكائنات الأخرى ، وتعتبر مياه الشرب الملوثة من أخطر وسائل نقل المرض والتسمم ، فمن خلالها يمكن ان تنتقل الملوثات الصناعية والمعادن الخطيرة إلي الإنسان ، وتسبب له الأمراض ، فإن استخدام المرشحات المناسبة للمياه داخل المنازل يمكن أن يكون وسيلة فاعلة للوقاية من هذا الخطر ، وتتوفر في الأسواق أنواع عديدة من المرشحات لها القدرة علي فصل المعادن ، وحيث أن الشخص العادي لا يمكنه المقارنة بينها والتعرف علي أفضلها ، فإن هذه الدراسة تهدف إلي تقييم كفاءة كل نوع من المرشحات علي إزالة المعادن من مياه الشرب ، حتى يمكننا التوصية بجدوى استخدام المرشحات والمفاضلة بينها عند الشراء والاستخدام .

**أهداف البحث :**

- ❖ مقارنة كفاءة المرشحات شائعة الاستعمال علي خفض وإزالة التركيزات المختلفة للمعادن الثقيلة ( الكدميوم ـ الرصاص ـ الحديد ـ الزنك ـ النحاس ) من مياه الشرب .
- ❖ تحديد مدي كفاءة كل نوع من أنواع المرشحات موضوع البحث في تنقية مياه الشرب من المعادن المذكورة والتوجيه بجدوى استخدام المرشحات والمفاضلة بينها .

## الكدميوم Cd

### التعرض البيئي :

الكدميوم يتواجد في الصخور ومع الفحم والبترول ، ولذلك فهو يوجد في المياه الجوفية أكثر مما يوجد في المياه السطحية ، وقد يصل إلي مصادر المياه السطحية أثناء التعدين أو التصنيع أو من خلال أماكن طمر النفايات ، كما يمكن أن يلوث الكدميوم مياه الشرب نتيجة لتأكل مواسير المياه المختلفة ، والمياه الخام قد تحتوى علي ١ ميكروجرام لكل لتر من الكدميوم ( Schock and Neff, 1988 ) وفي بحث أجري علي ١٨ بئر في مدينة بريدة بالمملكة العربية السعودية ، كانت تستخدم للأغراض المنزلية ، وجد أن تركيزات الكدميوم تتروح نين ٠,٠٢ – ٠,٤٧ مليجرام لكل (Abdelmonem el.al.,) وقد اتفق فريق دراسة لمنظمة الصحة العالمية علي ضرورة قبول ١٠ميكروجرام لكل لتر من الدم الكامل كمستوي بدني لعدم حدوث تأثير ضار (منظمة الصحة العالمية ، ١٩٨٩) .

## النحاس Cd

### التعرض البيئي:

يتواجد النحاس في أغلب الأحوال علي شكل قشور من الكبريتيد والأكسيد ، ومن النادر وجوده في الطبيعة كمعدن صافي ، وهو يوجد في المياه السطحية في تركيزات تقل عن ٢٠ ميكروجرام لكل لتر ، وقد يوجد في مياه الصنبور عند تركيزات أعلي من ذلك بسبب تآكل المواسير والتوصيلات المصنوعة من النحاس (Schock and Neff , 1988) ونظراً لأنه يدخل في تركيب مبيدات الطحالب فإن تركيزه في المياه السطحية يختلف حسب مواسم الاستعمال ، ومن الصناعات التي يدخل فيها النحاس والتي

تعتبر مصدراً للتلوث به صهر النحاس وصناعة الأسلاك والطلي بالكهرباء والمشغولات النحاسية والتصوير وصناعة المبيدات الكيميائية بأنواعها وصناعات الحديد والصلب وعند حرق الفحم .

النحاس في الهواء قد ينتج أثناء التصنيع وحرق الفحم وكذلك أثناء تدخين السجائر ، ويبلغ تركيز النحاس في هواء المناطق الريفية ٠,٠١ ميكروجرام لكل متر مكعب ، بينما يصل تركيزه في المدن إلي ٠,٢٥٧ ميكروجرام لكل متر مكعب ، أما في الغذاء فيوجد في اللحم والأسماك الصدفية والمكسرات والكاكاو ، والمعدل الطبيعي لتناول النحاس هو ٢ مليجرام في كل يوم ،ويتراوح مقدار النحاس الذي يحصل عليه الشخص البالغ بين ٢-٤ مليجرام ، ويعتبر النحاس الموجود في الماء مصدر رئيسي في كمية تناول النحاس عن طريق الإنسان . وعلي الرغم من أن وجود النحاس في إمدادات المياه لا يشكل خطراً كبيراً على الصحة ، إلا أنه يمكن أنه يتداخل مع الاستعمالات المنزلية المقصودة للمياه ، ويؤدي إلي تلون الملابس المغسولة والأوعية والأدوات المصنوعة من الألومنيوم والزنك (العودات وباصهي ١٤١٣هـ).

**الرصاص Pb**

**التعرض البيئي**

الرصاص مكون طبيعي للقشرة الأرضية بتركيز متوسط حوالى ١٦ مليجرام لكل كيلو جرام ، وهو يوجد في عدد من المعادن أهمها الغالينية (كبريتيد الرصاص) ، ولدي معظم البدان رواسب رصاصية من نوع أو أخر. وقد استعمل الرصاص علي نطاق واسع علي مدى قرون كثيرة وحدث في كثير من الأماكن شيء من تلويث البيئة نتيجة لعمليات التعدين والصهر

المستخدمة أو نتيجة لاستعمال المنتجات المصنوعة من الرصاص ، وبناء عليه ينتشر الرصاص في الهواء والطعام والماء والتربة والغبار والجليد ، وهو يوجد في أغلب الأحوال في صورة غير عضوية ، وإن كانت تنتج مقادير صغيرة من الرصاص العضوي من استعمال البنزين المحتوي علي الرصاص ( منظمة الصحة العلمية ، ١٩٨٩م ) .

سجلت قراءات الرصاص في المياه الطبيعية في الولايات المتحدة مستويات تتراوح بين ٤, ٠-٨, ٠ مليجرام لكل لتر ، وقد يعزي تلوث المياه إلي أعمال التعدين والصناعة ، ولكن غالباً ما يعود تلوث مياه الشرب عند الصنبور إلي أسباب ناتجة عن المواسير والسباكة داخل المنزل ، ويتعرض الإنسان إلي حوالي ٤٠-٦٠ ميكروجرام من الرصاص يوميا (نتيجة للتعرض إلي الهواء والغذاء والماء والأتربة ) ، وفي المدينة يزداد تعرض الإنسان للرصاص عن المستوي المذكور بحوالي ٢٨, ٩١-٣٦ ميكروجرام يوميا (DeMora and Harrison, 1984) وفي بحث أجرته وكالة حماية البيئة الأمريكية علي ٢٧٣ مصدر للمياه السطحية ، وجد أن ٧٦٪ من العينات التي تم تحليلها تفوق مستوي ٥ ميكروجرام للتر الواحد ، حيث تراوحت القراءات بين ٥-١٦٤ ميكروجرام للتر ، وكان المتوسط ٢٤ ميكروجرام ، وفي المياه الجوفية وجد أن مستوي الرصاص يزيد عن ٥ ميكروجرام لكل لتر في حوالي ٧٥٪ من ١٢٠٠ مصدر ( Zuane, 1990 ) ، وفي مدينة بريدة تراوح تركيز الرصاص ٠٥, ٠-. ٠٣١ مليجرام لكل لتر في ١٨ بئر جوفي ، بعضها تستخدم للأغراض المنزلية ( Abdelmonem el. al., 1990 ) بالذكر أن استخدام مياه ذات عسر قليل وذات أس هيدروجيني مرتفع خاصة في المواسير المصنوعة من الرصاص تؤدي إلي ارتفاع تركيز الرصاص

عند مياه الصنبور ، وبالتحديد عندما تركد المياه أثناء الليل داخل المواسير (Samuels and Meranger , 1984) ، (Alam and Sadiq, 1989) ، التقديرات إلي أن تركيزات الرصاص الموجودة (Gardels and Sorg, 1989) في بحيرات وأنهار العالم تتراوح بين ١-١٠ ميكروجرام لكل لتر ، وعلي الرغم من أن تركيزات الرصاص الموجودة في المياه بعد معالجتها تكون أقل مما في مصدر المياه قبل المعالجة ، وذلك نظراً لأن الرصاص يزول جزئياً بمعظم عمليات معالجة المياه التقليدية (DeFilippi and Baier, 1987)، بيد أن مستويات الرصاص في مياه الشرب عند الصنبور يمكن أن تكون أعلي كثيراً ، ويرجع ذلك إلي استعمال مواسير وتوصيلات أو صهاريج مصنوعة من الرصاص أو مبطنة به ، مع أن مواسير الرصاص لم تعد تستعمل علي نطاق واسع في أنحاء العالم ، إلا أنه في بعض المدن ما زالت المواسير القديمة المصنوعة من الرصاص تستعمل حتى الآن (Rozelle,1987) .

## الزنك Zn

### التعرض البيئي

يمكن أن يكون تركيز الزنك في ماء الصنبور أعلي بشكل واضح من تركيزه في المياه السطحية بسبب ارتشاح الزنك من المواسير المجلفنة والنحاس الأصفر والتركيبات المحتوية علي الزنك (Al-Saleh, 1996) ، ووجد أن تركيزه في بعض المياه الجوفية المستخدمة كمصادر لمياه الشرب بمدينة بريدة كان ٠٨ , ١-٤ , ٨مليجرام لكل لتر (Abdelmonem el.al.,1990) . بعض أملاح الزنك تكون صعبة الذوبان في الماء والبعض الآخر يكون سريع الذوبان ، ومن الأرجح أن الزنك يكون موجوداً في تركيزات ضعيفة في المياه الطبيعية ، ولكن التلوث البيئي الصناعي خاصة بالقرب من أماكن التعدين قد يؤدي إلي زيادة تركيزه في المياه إلي مستوي أعلي من ٥٠مليجرام لكل

لتر ، ونظراً لأن الزنك في التركيزات البسيطة الموجودة في الطبيعة (اقل من٢٠ ميكروجرام لكل لتر ) لا يسبب ضرراً للإنسان ، ولذلك كانت الأبحاث العلمية حول التسمم بالزنك محدودة نسبياً (Zuane , 1990).

**الحديد Fe**

**التعرض البيئي :**

وجود الحديد في مياه الشرب يعود أساساً إلي تأكل المواسير والخزانات نظراً لأن الحديد هو أهم مادة تدخل(Alam and Sadiq , 1989) في تركيب هذه المواسير ، وبالنسبة للمياه الجوفية فإنها تتأثر بتركيز الحديد الموجود في التربة المحيطة بها ، ووجد أن تركيزه في بعض الآبار الجوفية المستخدمة كمصادر لمياه الشرب في مدينة بريدة بلغ حوالي ١,٤ مليجرام لكل لتر (Abdelmonem.el.al., 1990) . كما يعتبر التعدين مصدر أخر لتلوث مصادر المياه بالحديد ، في المياه السطحية تتأكسد أملاح الحديدوز بسرعة إلي هيدروكسيد الحديديك الذي يترسب لأنه غير قابل للذوبان ولهذا السبب تكون تركيزات الحديد في المياه السطحية ضعيفة ، لكن في المياه الجوفية غير جيدة التهوية والذي يقل فيها الأكسجين يكون هناك تركيز مرتفع لغاز ثاني أكسيد الكربون ، وبالتالي تتكون فيها تركيزات عالية من كربونات الحديدوز عالية الذوبان ، بينما يترسب الحديد في المياه الجوفية جيدة التهوية (Korngold, 1994) .

وفي بحث أجري بالولايات المتحدة الأمريكية تم مسح مصادر المياه في ١٠٠ مدينة كبري وتبين أن مد تركيز الحديد تراوح بين صفر – ١,٣ مليجرام في اللتر ، وكان الوسيط الحسابي يساوي Median ٠,٠٢ مليجرام / لتر ، وفي بحث أخر أشتمل علي ٣٨٠ مصدر للمياه بين عامي ١٩٦٢-١٩٦٧م كان اقل تركيز للحديد هو ٠,٠٠٢ وأعلي تركيز هو ١,٩٢ مليجرام لكل لتر ، وكان المتوسط الحسابي ,٠٦٩ ,٠ (Zuanel 1990) .

## المرشحات المنزلية

هناك العديد من المرشحات المنزلية ذات القدرات المختلفة في إزالة الملوثات العضوية وغير العضوية من مياه الشرب ، فبعضها يزيل الملوثات الخطرة ، وبعضها يجعل المياه أكثر قابلية واستساغة للشرب ، ولأي كان الاستخدام فإنه إذا كان التركيب والتشغيل والصيانة لهذه المرشحات علي الوجه الصحيح فإنها تعطي نتيجة جيدة (Lykins et.al.,1994) . ويمكن تقسيم المرشحات المنزلية إلي قسمين رئيسين حسب مكان الاستعمال :

- ❖ Point of Use(POU) (نقطة الاستخدام) وتستعمل للتقليل من الملوثات في كل صنبور على حدة ، وعادة ما تستخدم في برادات المياه والمطابخ .
- ❖ Point of Entry (POE) (نقطة الدخول) وتستعمل للتقليل من الملوثات في نقطة دخول الماء في المنشأة أو المنزل ككل ، وعادة ما تكون أكبر حجماً (Tobin , 1989). كذلك يمكن تقسيمها حسب طريقة عملها وتشمل الادمصاص (مثل الكربون المنشط) والتبادل الأيوني ، والتناضح العكسي ، والأكسدة الكيميائية ، والتقطير ، والتهوية ، وكذلك المعقمات باستخدام الكلور أو الأوزون أو الأشعة فوق البنفسجية ، ويعتمد اختيار أحد هذه الطرق أو بعضها علي عدة عوامل أهمها :

❖ نوعية مصدر المياه ❖ نوعية وكمية المياه

❖ التكلفة الاقتصادية للتركيب والتشغيل والصيانة ❖ المتطلبات المستهدفة

❖ احتياجات تصريف نواتج المعالجة

❖ متطلبات المنشأة (Goodrich et.al.,1992)

يعتبر الكربون المنشط من أكثر المواد المستخدمة في المرشحات المنزلية ، وذلك لسهولة التركيب والتغيير والصيانة ، والقدرة علي إزالة الملوثات العضوية وغير العضوية ، وإلا أنه يمكن أن يكون وسطا لتراكم

وتكاثر الأحياء الدقيقة (Lykins et .al , 1994) ، (Geldreich et .al,1985) ، (Regunathan, 1985)، وتعتبر المعالجة في نقطة الاستخدام طريقة جيدة، وخاصة في المناطق الأقل تطورا إلا أنها تحتاج صيانة وسيطرة خاصة حتى يمكن أن تؤدي عملها بنجاح (Samuels and Meranger, 1984) , (Rozelle, 1987) .

كذلك يمكن السيطرة علي نوعية المياه عند نقطة الاستخدام بكفاءة أكبر من محطة المعالجة ، وذلك لأن بعض الملوثات التي تدخل إلي المياه مثل الرائحة والطعم نتيجة نمو بعض الميكروبات والمعادن والمركبات الكيميائية المنطلقة من التآكل في الشبكات والتوصيلات والنواتج اللاحقة لعملية التعقيم لا يمكن السيطرة عليها في محطات تنقية المياه (Regunathan et.al .,1983) .

أوضحت دراسة أجريت علي بعض برادات المياه المخصصة للشرب في بعض مدارس الرياض أن تركيز عناصر الألومونيوم والكدميوم والنحاس والحديد والنيكل والزنك كانت أعلي من الحد المسموح به ، وعزت هذه الدراسة تلوث مياه الشرب إلي الشبكات العامة والخاصة وإلي الخزانات الأرضية والعلوية الموجودة في المدارس وخاصة إذا كانت أعمال الصيانة لا تتم بشكل جيد (Al-Saleh, 1996) .

ويمكن عن طريق تصميم أجهزة ترشيح مناسبة عند نقطة الاستعمال (الصنبور) خفض المعادن للمستوي المسموح به ، هذه الأجهزة إذا صممت بطريقة صحيحة وتم تركيبها وصيانتها بانتظام يمكنها التخلص من المعادن الخطيرة ، ولكن الأبحاث العلمية ما زالت غير كافية في هذا المجال ، ونحن نحتاج إلي برامج وأبحاث تهدف إلي تقييم قدرة المرشحات بأنواعها المختلفة علي إزالة المعادن الثقيلة الذائبة وغير الذائبة في مياه الشرب (Regunathan, 1985) .

## أدمصاص المعادن

استخدم الكربون المنشط لادمصاص المعادن الثقيلة بدأ عام ١٩٢٩ العالمين Watonabe and Ogawa، وذلك حسب تقرير أعده (Sigworth and Smith, 1972) حيث درسا فيه العلاقة بين مستوي تركيز الأس الهيدروجيني وادمصاص حبيبات الكربون المنشط، وتوصل الباحثان إلي أن ادمصاص الكربون المنشط للمعادن الثقيلة يكون أفضل عندما يقل ذوبان المعادن في المحلول، وتكررت نفس النتائج مع (Taylor and Kuennen, 1994) .

أظهرت أبحاث Netzer and Hughes (1984) أن هناك عوامل تؤثر في قدرة الكربون النشط علي أدمصاص المعادن الثقيلة ، ومن هذه العوامل نوع الكربون ، وتركيز الأس الهيدروجيني pH ، ودرجة حرارة المياه ، ومدة التعرض .

## المواد وطرق البحث

### الأدوات :

تم تركيب خزان مصنوع من الفيبرجلاس سعة ( ٥٠٠ ) لتر علي سطح مبني كلية الأرصاد والبيئة وزراعة المناطق الجافة بجدة وتم توصيل مياه الشرب والتمديدات اللازمة بواسطة مواسير بلاستيكية ، وتم تثبيت حوامل المرشحات )الفلاتر ) داخل معمل تلوث المياه بقسم العلوم البيئة، وقد تم تنظيف الخزان والتمديدات وحوامل المرشحات قبل بدء العمل .

### المرشحات المستخدمة :

يوجد في السوق أنواع مختلفة من المرشحات متعددة الأغراض ، بعضها يستخدم داخل الشقق السكنية ، وبعضها للمنشأة ككل عند دخول الماء للخزان الأرضي (POT) (point of entry) ، منها ما يستخدم عند نقطة

الاستعمال (POU) (point of use) والمقصود بها ما يركب علي صنبور المستهلك مباشرة (أي ما يوضع تحت أو فوق مجالي المطابخ أو قبل برادات المياه ) وهي المستخدمة في هذه الدراسة ، وتم اختيار المرشحات الأكثر استعمالاً ، حيث تجمع هذه المرشحات بين سهولة التركيب (بطريقة يدوية ) ، وتوفر قطع غيارها ورخص ثمنها ، كما أن شيوع استعمال هذه المرشحات كان دافعاً لكي يتم دراسة كفاءتها وفاعليتها .

**التركيزات المستخدمة :**

تم اختبار كفاءة المرشحات قيد الدراسة في إزالة المعادن الثقيلة الآتية : الكدميوم ، الرصاص ، الحديد ، الزنك ، النحاس . وتم تجهيز محاليل عيارية لهذه المعادن في صورة أملاح النترات لسهولة ذوبانها في الماء ، وتم استخدام ثلاثة تركيزات مختلفة لكل عنصر ، بحيث يمثل التركيز المنخفض الحد الأعلى المسموح به من قبل منظمة الصحة العالمية عام ١٩٨٤ م لمياه الشرب ، والجدول رقم (١) يوضح التركيزات المستهدفة .

جدول رقم ( ١ ) : التركيزات المستهدفة .

| المعدن | أملاح المعدن | درجة النقاوة | التركيز المنخفض ملجم/ لتر | التركيز المتوسط ملجم/ لتر | التركيز المرتفع ملجم/ لتر |
|---|---|---|---|---|---|
| الكدميوم | Cd (NO3) 4.H20 | %٩٩ | ٠,٠٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,١ |
| الرصاص | Pb (NO4)2 | %٩٩,٥ | ٠,٠٥ | ٠,١ | ٠,٥ |
| الحديد | Fe (NO3)3.9 H2o | %٩٨ | ٠,٣ | ١ | ٢ |
| الزنك | Zn(NO3)2.6 H20 | %٩٨ | ٥ | ٨ | ١٥ |
| النحاس | Cu (NO3)2.3 H20 | %٩٨ | ١ | ٥ | ١٠ |

**طريقة أخذ عينات المياه :**

منهاجية البحث وطريقة تصميم التجربة كانت مشابهة للبحث الذي أجراه (Taylor and Kuennen ,1994) ، لدراسة قدرة مرشح الكربون المنشط على إزالة الرصاص من مياه الشرب ، ولكن في البحث قيد

الدراسة قام الباحث إضافة إلي الرصاص بدراسة الكدميوم والحديد والزنك والنحاس ، وكذلك أنواع أخرى من المرشحات بجانب مرشح الكربون المنشط .

وفي بدراية التجربة ، تم ملء خزان المياه من شبكة مياه الشرب العامة، ولكل معدن من المعادن الخمس (الكدميوم ، الرصاص ، الحديد ، الزنك ، النحاس ) كان التركيز المستهدف علي التوالي هو : ( ٠٠,٠٠ ٥ ) ، (٠٥,٠)، (٠,٠٣) ، (٥) ، (١) مليجرام لكل لتر معدن ، وذلك عن طريق إضافة تركيزات عيارية من محاليل مركزة لكل عنصر تم إعدادها مسبقاً ، وأضيفت التركيزات العيارية إلي مياه الخزان وتم خلطها جيداً ، تم تفريغ مياه الخزان (٥٠ ٠لتر) عن طريق تمرير المياه عبر مرشحين من نفس النوع، المرشحان كانا مثبتين علي ماسورتين منفصلتين (علي التوازي )، وكل مرشح يمر عبره نصف مقدار مياه الخزان وقدرها ٢٥٠ لتر بنفس قوة الاندفاع .

تم جمع ست عينات (عينتين قبل المرشح وأربع بعده) ، كل عينه مقدارها ٥٠ ملي لتر وتجمع في علب بلاستيكية نظيفة ، ويضاف إليها مباشرة ٠٧٥,٠ ملي لتر من حمض النتريك المركز ($HNO_3$) AR ، والمقدار المعتاد هو ١,٥ ملي لتر من حمض النتريك المركز لكل لتر من العينة ، وذلك بغرض تقليل الأس الهيدروجيني لأقل من ٢ ، حتى تمنع التصاق المعادن علي جدار العلبة ، وبعدها تحفظ العينة في الثلاجة عند ٤ درجة مئوية.

**العينات كانت تؤخذ كالتالي :**

**قبل مرور المياه علي المرشح :-**

**العينة الأولي :** (من الخزان مباشرة وقبل إضافة التركيات العيارية ) .

**العينة الثانية :** (بعد إضافة التركيبات العيارية وقبل مرور المياه علي المرشح) .

تؤخذ عن طريق جمع ١٠ عينات أولية مقدار كل منها ١٠٠ ملي لتر ، كل عينة تؤخذ بعد مرور ٥٠ لتر من المياه المختزنة ، ثم مزج هذه العينات العشر معاً جدياً للحصول علي لتر واحد ، ومن هذا اللتر تم أخذ عينة واحدة مقدارها ٥٠ ملي لتر كعينة ممثلة (Composite Sample) تمثل العينة الثانية ، وهذا الأسلوب مشابه لما استخدمه الباحث (Yue et.al.,1994) .

**بعد مرور المياه علي المرشح :**

تم أولا تمرير ٥٠ لتر من المياه عبر المرشح أ ، و٥٠ لتر من المياه عبر المرشح ب بدون أخذ عينات .

**العينة الثالثة :** ( تمثل المائة لتر الأولي بعد المرشح )

حيث يؤخذ عينة كل ٢٠ لتر مقدارها ١٠٠ ملي لتر حتى انتهاء مرور ١٠٠ لتر الأولي عبر المرشح أ ، ثم تمزج العينات ويؤخذ منها عينه ممثلة مقدارها ٥٠ ملي لتر تمثل العينة الثالثة أ . وعلي نفس الطريقة يؤخذ من المرشح ب العينة الثالثة ب.

**العينة الرابعة :** ( تمثل المائة لتر الثانية بعد المرشح )

حيث يؤخذ عينة كل ٢٠لتر مقدارها ١٠٠ ملي لتر حتى انتهاء مرور ١٠٠ لتر الثانية عبر المرشح أ ، ثم تمزج العينات ويؤخذ منها عينة ممثلة مقدارها ٥٠ ملي لتر تمثل العينة الرابعة أ . وعلي نفس الطريقة يؤخذ من المرشح ب العينة الرابعة ب .

بعد انتهاء الخطوات السابقة ، يتم تنظيف الخزان والتمديدات جيداً ، ثم يعاد ملء الخزان مرة أخري من مياه الشبكة العامة ، وتعاد نفس خطوات التجربة مرة أخرى ولكن باستخدام التركيز المتوسط لنفس المعادن ( الكدميوم – الرصاص – الحديد – الزنك النحاس ) ، وهو علي التوالي : ( ٠,٥ ) ، ( ٠,١ ) ، ( ١ ) ، ( ٨ ) ، ( ٥ ) مليجرام لكل لتر .

وبعد انتهاء اختبار المرشح علي التركيات المتوسطة ، تعاد التجربة مرة أخرى بنفس الخطوات المذكورة باستخدام التركيات المرتفعة لنفس المعادن (الكدميوم – الرصاص – الحديد – الزنك – النحاس) ، وهي علي التوالي : ( ٠,١ ) ، ( ٠,٥ ) ، ( ٢ ) ، ( ١٥ ) ، ( ١٠ ) مليجرام لكل لتر .

كررت نفس الخطوات السابقة علي كل مرشح من المرشحات الست موضوع البحث ، وفي كل مرة يستخدم لكل نوع من المرشحات مرشحان للتجربة في الموقع أ ، ب ، وبذلك يتم ضمان الحصول علي قراءات مزدوجة لتقييم فاعلية كل نوع من المرشحات .

**تحليل العينة :**

تم تقدير معادن الكدميوم والحديد والرصاص والنحاس بواسطة جهاز التحليل الطيفي للامتصاص الذري عديم اللهب Non flame Atomic Absorption Spectrophotometer وكان نوع الجهاز المستخدم هو Model Varian Spectr AA ، درجة الامتصاص لكل عينة كانت تقرأ ثلاث مرات ، ويؤخذ المتوسط الحسابي للقراءات ، ثم يتم حساب التركيز لكل عنصر .

بالنسبة للزنك ونظراً لتركيزه العالي في المياه فقد تم تحديد تركيزه عن طريق التحليل الطيفي للامتصاص الذري باستخدام اللهب Non - flame Atomic Absorption Spectrophotometer Perkin - Elmer 603 .

**النتائج والمناقشة :**

كان الهدف من هذه الدراسة هو تقييم فاعلية المرشحات الشائعة الاستعمال في المنازل علي إزالة المعادن الثقيلة ولذلك قام الباحث بإعداد تركيزات تفوق بمراحل التركيزات المتوقع وجودها من المعادن الثقيلة في مياه الشرب ، وكان المستوي العيارى الذي حددته منظمة الصحة العالمية هو التركيز المنخفض الذي بدأ به الباحث دراسته لتقييم قدرة المرشحات علي تنقية مياه الشرب .

لكل عينة من عينات المياه التي تم جمعها أجري التحليل الكيميائي لتحديد تركيزات المعادن الخمسة قيد الدراسة (الكدميوم – الرصاص – الحديد – الزنك – النحاس ) ، ومن خلال المناقشة استعرض الباحث نتائج الدراسة عن طريق النسب المئوية لانخفاض تركيزات المعادن ، وهذا الأسلوب استخدمه الباحث روي كينين و زملائه (Kuennen et.al., 1992) ، لأنه أكثر جدوى في تقييم أداء المرشحات ، وأكثر سهولة في العرض عن استخدام الأرقام المجردة .

وقبل كل إضافة للمواد الكيميائية قد أوضحت أن تراكيزات العناصر قيد الدراسة في الشبكة مطابق للمواصفات القياسية السعودية ( جدول ٢ ) ، حيث بلغ متوسط تركيز الكدميوم ، الرصاص ، الحديد ، الزنك ، النحاس ، ٠,٠١ ، ٠,٠١٣ ، ٠,١٠٣ ، ٠,٢١٩ ، ٠,٠٩ ملجم لكل لتر علي التوالي ، الجدول ( ٣ ) . كما كان متوسط مستوي الحموضة pH في مياه الشبكة pH=7 ، في حين أنه انخفض إلي أقل من ٧ عند إضافة المواد الكيميائية ، حيث بلغ عند التركيزات المنخفضة pH=6 ، والمتوسطة pH=5.8 ، والمرتفعة pH=5.7 .

جدول رقم ( ٢ ) : المستويات العليا المسموح بها لتركيز المعادن في مياه الشرب حسب التوصيات المحلية والعالمية ( مليجرام لكل لتر ) .

| العنصر | منظمة الصحة العالمية WHO | المملكة لعربية السعودية | وكالة حماية البيئة الأمريكية EPA |
|---|---|---|---|
| الكدميوم | ٠,٠٠٥ | ٠,٠١ | ٠,٠٠٥ |
| الرصاص | ٠,٠٥ | ٠,٠٥ | ٠,٠٢ |
| الحديد | ٠,٣ | ٠,٣ | ٠,٣ |
| الزنك | ٥ | ٥ | ٥ |
| النحاس | ١ | ١ | ١ |

جدول رقم (٣) : نتائج تحليل المعادن بعينات مياه الشرب قبل إضافة المواد الكيميائية (جزء بالبليون) .

| المرشح | التركيز | الكدميوم Cd | الرصاص Pb | الحديد Fe | الزنك Zn | النحاس Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|
| القطن | المنخفض | ١٣ | ١٠ | ١٤٢ | ٧٠ | ١٣٠ |
| | المتوسط | ٧ | ١٩ | ٨٠ | ١٥٠ | ٥٦ |
| | المرتفع | ٢٣ | ١٣ | ٨٢ | ٢٤٠ | ١٩١ |
| الكربون | المنخفض | ٩ | ١٥ | ١٢٣ | ٢٤٠ | ١٣٧ |
| | المتوسط | ٥ | ١١ | ٨٤ | ٢٧٠ | ٩٨ |
| | المرتفع | ٨ | ١٥ | ١٨٣ | ٣٧٠ | ٩٩ |
| القطن | المنخفض | ١٩ | ١٢ | ١٢٧ | ٣٠٠ | ٨١ |
| والكربون | المتوسط | ٦ | ١٢ | ٤١ | ٢٦٠ | ٨٣ |
| | المرتفع | ٥ | ١٤ | ٨١ | ٣١٠ | ٨٤ |
| الجبس | المنخفض | ٨ | ١١ | ٩٨ | ١٤٠ | ٩٢ |
| | المتوسط | ٢٣ | ١٠ | ٥٠ | ٢٠٠ | ٧٤ |
| | المرتفع | ٦ | ١٩ | ٧٧ | ٢٦٠ | ٧٠ |
| البورسلين | المنخفض | ١٧ | ١٥ | ١٢٥ | ١٠٠ | ٨٦ |
| | المتوسط | ٧ | ١٠ | ٢٠٠ | ٢٥٠ | ٦٥ |
| | المرتفع | ٦ | ١٤ | ٥٧ | ١٤٠ | ٧٣ |
| البورسلين | المنخفض | ١١ | ١٧ | ١٨٩ | ١٥٠ | ٨٤ |
| والكربون | المتوسط | ٥ | ١٠ | ٣٥ | ٣٣٠ | ٧٦ |
| | المرتفع | ٥ | ١٧ | ٨٠ | ١٧٠ | ٥٧ |
| متوسط للتركيز | | ١٠ | ١٣ | ١٠٣ | ٢١٩ | ٩٠ |

يوضح الجدول رقم ( ٤ ) قدرة أنواع المرشحات المختلفة علي حجز الكدميوم في تركيزاته المنخفضة نسبياً ، ويتضح أن أكثر المرشحات فاعلية في حجز المعدن خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه هو مرشح (الكربون المنشط مع القطن ) ، حيث انخفض تركيز المعدن بعد مروره علي المرشح بنسبة ٢٨٪ ، وكان التالي هو مرشح (الكربون المنشط) حيث انخفض تركيز المعدن بنسبة ١٩٪ ، وكان أقل المرشحات فاعلية هو (الجبس) حيث انخفض التركيز بنسبة ٤٪ فقط ، وخلال المائة لتر الثانية من مرور الماء ، زادت

فاعلية مرشح ( الكربون المنشط ) علي حجز المعدن ، حيث تمكن من خفض تركيز المعدن بنسبة ٢٦٪ ، وقلت نسبياً فاعلية مرشح (الكربون والقطن ) حيث كانت نسبة انخفاض المعدن هي ١٩٪ ، ولكنة ظل ذو مستوي متفوق بالنسبة لباقي المرشحات الأخرى ، وظل مرشح (الجبس ) أقل أنواع المرشحات فاعلية علي خفض المعدن حيث كانت نسبة الانخفاض هى ٥٪ فقط .

يوضح الجدول رقم ( ٥ ) قدرة أنواع المرشحات المختلفة علي حجز الكدميوم في تركيزاته المتوسطة نسبياً خلال المائة لتر الأولي من مرور المياه ، ويتضح أن أكثر المرشحات فاعلية كانت مرشح (الكربون المنشط) ، حيث تمكن من خفض تركيز الكدميوم بنسبة ١٩٪ ، ويليه مرشح ( الكربون المنشط مع البورسلين ) ومرشح ( الجبس) حيث تمكن كل منهما علي خفض تركيز المعدن بنسبة ١٤٪ ، وباقي أنواع المرشحات تمكنت من خفض المعدن بتركيز متساوي وهو ١٢٪ ، وخلال المائة لتر الثانية من مرور الماء ، كان أفضل المرشحات هو ( الكربون المنشط والبورسلين ) حيث انخفض تركيز المعدن بنسبة ٢١٪ ، ويليه مرشح ( الكربون المنشط ) وتمكن من خفض المعدن بنسبة ١٦٪ ، وكان أقل المرشحات فاعلية هو ( البور سلين ) حيث انخفض المعدن بنسبة ٧٪ .

يوضح الجدول رقم (٦) قدرة أنواع المرشحات المختلفة علي خفض التركيزات المرتفعة من الكدميوم ، فخلال مرور المائة لتر الأولي من الماء ، كان أفضل المرشحات ( الكربون المنشط ) حيث انخفض تركيز المعدن بنسبة ممبنتح وتقاربت قدرة باقي المرشحات علي خفض تركيز المعدن ، وكانت علي التوالي )الكربون المنشط) ، ( الجبس)، (البورسلين)، ( الكربون والبورسلين ) ، بنسب قدرها ١٨٪ ، ١٧٪ ، ١٦٪ ، ١٤٪ ، وكان اقلهم فاعلية

مرشح (القطن ) بنسبة ٨٪ وخلال مرور المائة لتر الثانية ، وكان أفضل المرشحات هو (الكربون المنشط ) بنسبة إزالة قدرها ١٨٪ ، يليه كل من (البورسلين )، (الكربون والبورسلين ) حيث أزالا المعدن بنسبة ١٥٪. وكان أقل المرشحات فاعلية (القطن ) بنسبة ١٠٪ وبذلك يتضح بصفة عامة وبعد حساب متوسط نسبة الانخفاض أن مرشح (الكربون المنشط) هو أفضل المرشحات قيد التجربة علي فصل معدن الكدميوم .

جدول رقم (٤) : الفروق الإحصائية (الانحراف المعياري ، معامل الاختلاف) بين أنواع المرشحات المختلفة في مقدرتها علي خفض تركيز المعادن الثقيلة في التركيزات المنخفضة (٪).

| نوع المرشح | الكدميوم Cd | | الرصاص Pb | | الحديد Fe | | الزنك Zn | | النحاس Cu | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية |
| القطن | ١٦ | ١٠ | ٣٥ | ٤٣ | ٥٩ | ٥٥ | ١٣ | ٦ | ٤٣ | ٤٤ |
| الكربون المنشط | ١٩ | ٢٦ | ٦٢ | ٦٣ | ٤٧ | ٤٤ | ٢٢ | ٢٠ | ٧٢ | ٦٨ |
| الكربون مع القطن | ٢٨ | ١٩ | ٦٠ | ٦٤ | ٧٦ | ٦٠ | ١٥ | ١٣ | ٦٧ | ٦٠ |
| الجبس | ٤ | ٥ | ٦٥ | ٦٨ | ٨٠ | ٧٧ | ١٨ | ١٨ | ٦٩ | ٦٧ |
| البورسلين | ١٣ | ١٨ | ٥٣ | ٤٦ | ٦٠ | ٥١ | ١١ | ٩ | ٦٨ | ٧٠ |
| الكربون مع البورسلين | ٩ | ١٣ | ٧١ | ٧٠ | ٦٦ | ٥٥ | ٢١ | ١٤ | ٨٢ | ٧٦ |
| المتوسط الحسابي | ١٤,٨ | ١٥,١ | ٥٧,٦ | ٥٩ | ٦٤,٦ | ٥٧ | ١٦,٦ | ١٣,٣ | ٦٦,٨ | ٦٤ |
| الانحراف المعياري S.D | ٨,٣ | ٧,٤ | ١٢,٦ | ١١,٥ | ١٢ | ١١ | ٤ | ٥,٣ | ١٢,٩ | ١١ |
| معامل الاختلاف C.V | ٥٦ | ٤٩ | ٢١,٩ | ١٩,٥ | ١٨,٦ | ١٩,٣ | ٢٤,١ | ٣٩,٨ | ١٩,٣ | ١٧,٢ |

جدول رقم (٥) : الفروق الإحصائية (الانحراف المعياري ، معامل الاختلاف) بين أنواع المرشحات المختلفة في مقدرتها علي خفض تركيز المعادن الثقيلة في التركيزات المتوسطة (٪).

| نوع المرشح | الكدميوم Cd | | الرصاص Pb | | الحديد Fe | | الزنك Zn | | النحاس Cu | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية |
| القطن | ١٢ | ١٠ | ٤٦ | ٤٢ | ٥٣ | ٤٨ | ٤ | ٥ | ٣٥ | ٣١ |
| الكربون المنشط | ١٩ | ١٦ | ٥٧ | ٥٤ | ٥٥ | ٥١ | ٥ | ٣ | ٥٦ | ٦١ |
| الكربون مع القطن | ١٢ | ٨ | ٧٧ | ٧٣ | ٧٣ | ٨١ | ٤ | ٥ | ٦٥ | ٦٧ |
| الجبس. | ١٤ | ١١ | ٨٨ | ٨٧ | ٨٣ | ٧٨ | ١٦ | ١٤ | ٨٠ | ٨١ |
| البورسلين | ١٢ | ٧ | ٧١ | ٦٩ | ٨٤ | ٨٢ | ٨ | ٨ | ٦٠ | ٥٧ |
| الكربون مع البورسلين | ١٤ | ٢١ | ٧٥ | ٧٤ | ٥٥ | ٧٦ | ٤ | ٤ | ٧٩ | ٧٠ |
| المتوسط الحسابي | ١٣,٨ | ١٢,١ | ٦٩ | ٦٦ | ٦٧ | ٦٩ | ٦,٨ | ٦,٥ | ٦٢,٥ | ٦١ |
| الانحراف المعياري S.D | ٢,٧ | ٥,٣ | ١٥ | ١٦ | ١٤,٦ | ١٥,٥ | ٤,٧ | ٤ | ١٦,٦ | ١٦,٩ |
| معامل الاختلاف C.V | ١٩,٥ | ٤٣,٨ | ٢١,٧ | ٢٤,٥ | ٢١,٨ | ٢٢,٥ | ٦٩ | ٦١,٥ | ٢٦,٥ | ٢٧,٧ |

جدول رقم (٦) الفروق الإحصائية (الانحراف المعياري ، معامل الاختلاف ) بين أنواع المرشحات المختلفة في مقدرتها علي خفض تركيز المعادن الثقيلة في التركيزات المرتفعة (٪)

| نوع المرشح | الكدميوم Cd | | الرصاص Pb | | الحديد Fe | | الزنك Zn | | النحاس Cu | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية | المائة الأولي | المائة الثانية |
| القطن | ٨ | ١٠ | ٢٥ | ٢١ | ٥٧ | ٦٢ | ٧ | ٦ | ٢٦ | ٢٥ |
| الكربون المنشط | ٢٦ | ١٨ | ٤٤ | ٥٣ | ٥٣ | ٤٩ | ١٣ | ١٢ | ٣٦ | ٣٧ |
| الكربون مع القطن | ١٨ | ١٢ | ٧٦ | ٧٦ | ٦٦ | ٦٤ | ٨ | ٨ | ٥٩ | ٦٠ |
| الجبس | ١٧ | ١٣ | ٩٧ | ٩٧ | ٧٦ | ٧٨ | ١٦ | ١٥ | ٥٢ | ٤٤ |
| البورسلين | ١٦ | ١٥ | ٧٣ | ٧٠ | ٨٦ | ٨٦ | ١٠ | ٩ | ٥٧ | ٤٧ |
| الكربون مع البورسلين | ١٤ | ١٥ | ٦٤ | ٥٩ | ٥٦ | ٦١ | ١٠ | ٨ | ٣٨ | ٤٠ |
| المتوسط الحسابي | ١٦,٥ | ١٣,٨ | ٦٣ | ٦٢ | ٦٥ | ٦٦ | ١٠,٦ | ٩,٦ | ٤٤ | ٤٢ |
| الانحراف المعياري S.D | ٥,٨ | ٢,٨ | ٢٥ | ٢٥ | ١٣ | ١٣ | ٣,٣ | ٣,٢ | ١٣ | ١١,٦ |
| معامل الاختلاف C.V | ٣٥,١ | ٢٠,٣ | ٣٩,٧ | ٤٠,٣ | ٢٠ | ١٩,٧ | ٣١,١ | ٣٣,٣ | ٢٩,٥ | ٢٧,٦ |

يوضح الجدول رقم (٤) قدرة المرشحات علي خفض التركيز المنخفض نسبيا لمعدن الرصاص خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه ، وكان أقدر المرشحات هو ( الكربون والبورسلين ) حيث تمكن من خفض تركيز المعدن بنسبة ٧١٪ ، ويليه ( الجبس ) بنسبة ٦٥٪ ، وتقاربت قدرة المرشحات الأخرى علي خفض الرصاص بنسبة تراوحت بين ٦٢-٥٣٪ ما عدا مرشح ( القطن ) الذي كانت فاعليته هي ٣٥٪ ، وخلال مرور المائة لتر الثانية ، كان مرشح ( الكربون والبورسلين ) هو أفضل المرشحات ، حيث انخفض تركيز المعدن بنسبة ٧٠٪ ، ويليه ( الجبس ) بنسبة مقاربة ٦٨٪ ، ثم (الكربون المنشط والقطن ) ، والكربون المنشط بنسبة ٦٣٪ علي التوالي ، ثم ( البورسلين ) بنسبة ٤٦٪ ومرشح ( القطن ) بنسبة ٤٣٪ .

يوضح الجدول رقم (٥) قدرة أنواع المرشحات المختلفة علي فصل التركيزات المتوسطة نسبياً للرصاص خلال مرور المائة لتر الأولي من الماء وكانت أفضل المرشحات (الجبس ) حيث انخفض تركيز الرصاص بنسبة ٨٨٪ ثم يليه ( الكربون المنشط والقطن ) ، (الكربون المنشط والبورسلين ) ، (البورسلين) بنسبة ٧٧٪ ، ٧٥٪ ، ٧١٪ علي التوالي في حين كان أقلهم قدرة هو مرشح ) القطن ) بنسبة ٤٦٪. وخلال مرور المائة لتر الثانية ، كان أفضل المرشحات هو ) الجبس ) حيث انخفض تركيز الرصاص بنسبة ٨٧٪ ، ويليه ( الكربون المنشط والبورسلين ) بنسبة ٧٤ ٪ ، ثم ( الكربون المنشط والقطن ) ٧٣، ثم (البورسلين ) بنسبة ٦٩٪ ، وظل ( القطن ) هو أقلهم قدرة بنسبة ٤٢٪ .

يوضح الجدول رقم ( ٦ ) قدرة المرشحات علي فصل التركيزات المرتفعة للرصاص ، فخلال مرور المائة لتر الأولي كان أفضل المرشحات هو ( الجبس ) بنسبة ٩٧٪ ، ثم ( الكربون المنشط والقطن ) بنسبة ٧٦٪ ،

ثم (البورسلين ) بنسبة ٧٣٪ ، وكان اقلهم ( القطن ) بنسبة ٢٥٪ ، وخلال مرور المائة لتر الثانية من الماء حافظ مرشح ( الجبس ) علي نفس النسبة في خفض المعدن ، وتلاه ( الكربون المنشط والقطن ) بنفس النسبة السابقة ، في حين قلت قدرة مرشح ( القطن ) عن قدرته خلال المائة لتر الأولي من مرور المياه ، وبلغت نسبة الانخفاض في تركيز المعدن ١٢٪.

وبذلك يتضح من خلال التحليلات السابقة أن قدرة مرشح الكربون المنشط تقل كلما زاد التركيز وذلك بسبب انخفاض مستوي الحموضة وهذا مطابق تماما لما وجده ( Kuennen et.al.,1992 ) ، كذلك اتضح بعد حساب متوسط نسبة الانخفاض ان مرشح (الجبس )كان أفضل المرشحات التي تم اختبارها علي حجز معدن الرصاص ، ويليه بصورة مقاربة نسبياً مرشح (الكربون المنشط والقطن ).

يوضح الجدول رقم ( ٤ ) فاعلية أنواع المرشحات المختلفة علي فصل الحديد في تركيزاته المنخفضة نسبياً خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه ، مرشح ( الجبس ) كان أفضل المرشحات وخفض تركيز الحديد بنسبة ٨٠٪ ، وتلاه ( الكربون المنشط والقطن ) بنسبة ٧٦٪ ، ثم (الكربون المنشط والبورسلين) بنسبة ٦٦٪ ، (البور سلين) بنسبة ٦٠٪ ، (القطن ٩٥٪ ، وكان أقلهم ( الكربون المنشط ) ٤٧,٥٪ .

وخلال مرور المائة لتر الثانية من المياه ، كان مرشح (الجبس) هو الأفضل أيضا حيث انخفض تركيز الحديد بنسبة ٧٧٪، ثم (الكربون المنشط والقطن)، ثم (الكربون المنشط والبورسلين)، ثم (القطن) بنسبة ٦٠٪، ٥٥٪، ٥٥٪ علي التوالي، وكان أقلهم جودة هو (الكربون المنشط) بنسبة ٤٤٪ .

يوضح الجدول رقم (٥) فاعلية المرشحات المختلفة علي حجز معدن الحديد في تركيزاته المتوسطة خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه ، وهنا

تحسن أداء مرشح (البورسلين ) حيث تمكن من خفض تركيز الحديد بنسبة ٨٤٪ ، ثم (الجبس) بنسبة ٨٣٪ ، ثم ( الكربون المنشط والقطن ) بنسبة ٧٣٪ ، ثم (الكربون المنشط والبورسلين ) ، (الكربون المنشط ) (القطن ) بالترتيب وكانت نسبتهم ٥٥٪ ، ٥٥٪ ، ٥٣٪ ، وبعد مرور المائة لتر الثانية ، استمر مرشح ( البورسلين ) علي مستواه الفعال في خفض الحديد بنسبة ٨٢٪ ، ثم (الكربون المنشط والقطن) بنسبة ٨١٪ ، والأخير كان (القطن) بنسبة ٤٨٪ .

ويعرض الجدول رقم ( ٦ ) لفاعلية المرشحات علي حجز معدن الحديد عند تركيزاته المرتفعة نسبياً ، مرشح (البورسلين) زادت فاعليته في خفض تركيز الحديد عن ذي قبل ، وبلغت قدرته علي خفض المعدن ٨٦٪ ، تلاه (الجبس) بنسبة ٧٦٪ ، وكان مرشح (الكربون المنشط) اقل المرشحات فاعلية بنسبة ٥٣٪ ، وبعد مرور المائة لتر الثانية من المياه ، ظل البورسلين أيضاً علي فاعليته السابقة و بنفس النسبة ٨٦٪ ، وتلاه أيضا ( الجبس ) بنسبة ٧٨٪ ، وتقاربت فاعلية ثلاثة مشرحات هم (الكربون المنشط والقطن ) ، ( القطن ) ، ( الكربون المنشط والبورسلين ) بنسب ٦٤٪ ، ٦٢٪ ، ٦١٪ علي التوالي ، فيما ظل مرشح ( الكربون المنشط ) قابعاً في المؤخرة مقارناً بباقي المرشحات وبنسبة ٤٩ .

متوسط النسبة المئوية لانخفاض الحديد يوضح أن مرشح (الجبس) كان الأفضل في ترشيح الحديد من مياه الشرب حيث وصلت نسبة الإزالة إلي ٨٠٪ ، يليه بصفة مقاربة مرشح البورسلين بنسبة ٧٧٪ .

ويعرض الجدول رقم (٤) لقدرة المرشحات على فصل معدن الزنك في تركيزاته المنخفضة نسبياً خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه عبر المرشحات ، مرشح (الكربون المنشط) كان الأكثر فاعلية في تخفيض الزنك

بنسبة ٢٢٪ ، يليه مرشح (الكربون المنشط والبورسلين ) بنسبة ٢١٪ وأقلهم فاعلية كان مرشح (البروسلين) بنسبة ١١٪، وخلال مرور المائة لتر الثانية، احتل مرشح ( الكربون المنشط ) المقدمة في إزالة الزنك بنسبة ٢٠٪ ، وجاء مرشح ( الجبس ) في المركز التالي بنسبة ١٨٪ ، وكان هذه المرة أقلهم فاعلية هو مرشح (القطن ) بنسبة ٦٪ .

يتناول الجدول رقم (٥) قدرة المرشحات علي إزالة معدن الزنك في تركيزاته المتوسطة نسبياً خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه ، وكان أقدرهم مرشح ( الجبس ) الذي تمكن من خفض الزنك بنسبة ١٦٪ ، وكان الثاني هو مرشح ( البورسلين ) بنسبة ٨٪ ، واحتل ثلاثة مرشحات موقع المؤخرة بنفس النسبة ٤ والمرشحات هي (القطن)، ( الكربون المنشط والقطن) ، ( الكربون المنشط والبورسلين ) ، وخلال مرور المائة لتر الثانية من المياه ، ظل مرشح ( الجبس ) في المقدمة بنسبة ١٤٪ ، تلاه مرشح (البورسلين) بنسبة ٨٪ ، فيما كان مرشح ( الكربون المنشط ) هو الأقل قدرة علي إزالة الزنك بنسبة ٣٪ .

ويقارن الجدول رقم (٤) بين فاعلية المرشحات المختلفة علي إزالة الزنك في تركيزاته المرتفعة خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه ، وكان أفضل المرشحات هو (الجبس) بنسبة ١٣٪ ، يليه مرشح (الكربون المنشط) بنسبة ١١٪ ، والأخير كان مرشح (الكربون المنشط والقطن) بنسبة ٥٪ ، وخلال مرور المائة لتر الثانية ، كان مرشح (الكربون المنشط) هو الأفضل بقدرة خفض بلغت ١٣٪ ، يليه مرشح الجبس بنسبة ١٢٪ ، وكان الأخير هو مرشح الكربون المنشط والقطن بنسبة ٦٪ ويتضح أن أفضل المرشحات في إزالة معدن الزنك هو مرشح الجبس بنسبة ١٦٪ ، ومرشح الكربون المنشط بنسبة ١٣٪ .

ويقارن الجدول رقم ( ٤ ) بين قدرة المرشحات المختلفة علي فصل معدن النحاس في تركيزاته المنخفضة نسبياً خلال مرور المائة لتر الأولي عبر المرشحات ، وكان مرشح ( الكربون المنشط والبورسلين ) أفضل المرشحات في فصل المعدن بنسبة ٨٢٪ ، يليه ( الكربون المنشط ) بنسبة ٧٢٪ ، وتقاربت قدرة ثلاثة مرشحات وهى ( الجبس ) ، ( البورسلين ) ، ( الكربون المنشط والقطن ) بنسب ٦٩٪ ، ٦٨٪ ، ٦٧٪ ، فيما كان مرشح ( القطن ) هو أقلهم قدرة بنسبة ٤٣٪ وبعد مرور المائة لتر الثانية ، حافظ مرشح ( الكربون المنشط والبورسلين ) علي تفوقه بنسبة ٧٦٪ ، تلاه مرشح (البورسلين ) بنسبة ٧٠٪ ، وأخيراً مرشح ) القطن ) بنسبة ٤٤٪ .

ويوضح الجدول رقم (٥ ) مقارنة بين فاعلية المرشحات المختلفة علي حجز معدن النحاس في تركيزاته المتوسطة نسبياً خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه ، مرشح ( الجبس ) كان أفضل المرشحات وتمكن من خفض النحاس بنسبة ٨٠٪ ، وكان الثاني هو مرشح (الكربون المنشط والبورسلين) بنسبة ٧٩٪ وتقاربت قدرات الثلاث مرشحات التالية ( الكربون المنشط والقطن) ، (البورسلين) ، (الكربون المنشط) بنسب متتالية ٦٥٪ ، ٦٠٥٪ ، ٥٦٪ ، وكان أخر المرشحات مقدرة هو ( القطن ) بنسبة ٣٥٪ ، و خلال مرور المائة لتر الثانية من المياه ، حافظ مرشح ( الجبس ) علي قدرته العالية علي فصل النحاس بنسبة ٨١٪ ، تلاه مرشح ( الكربون المنشط والبورسلين ) بنسبة ٧٠٪ ، وظل مرشح (القطن) في المؤخرة بنسبة ٣١٪ .

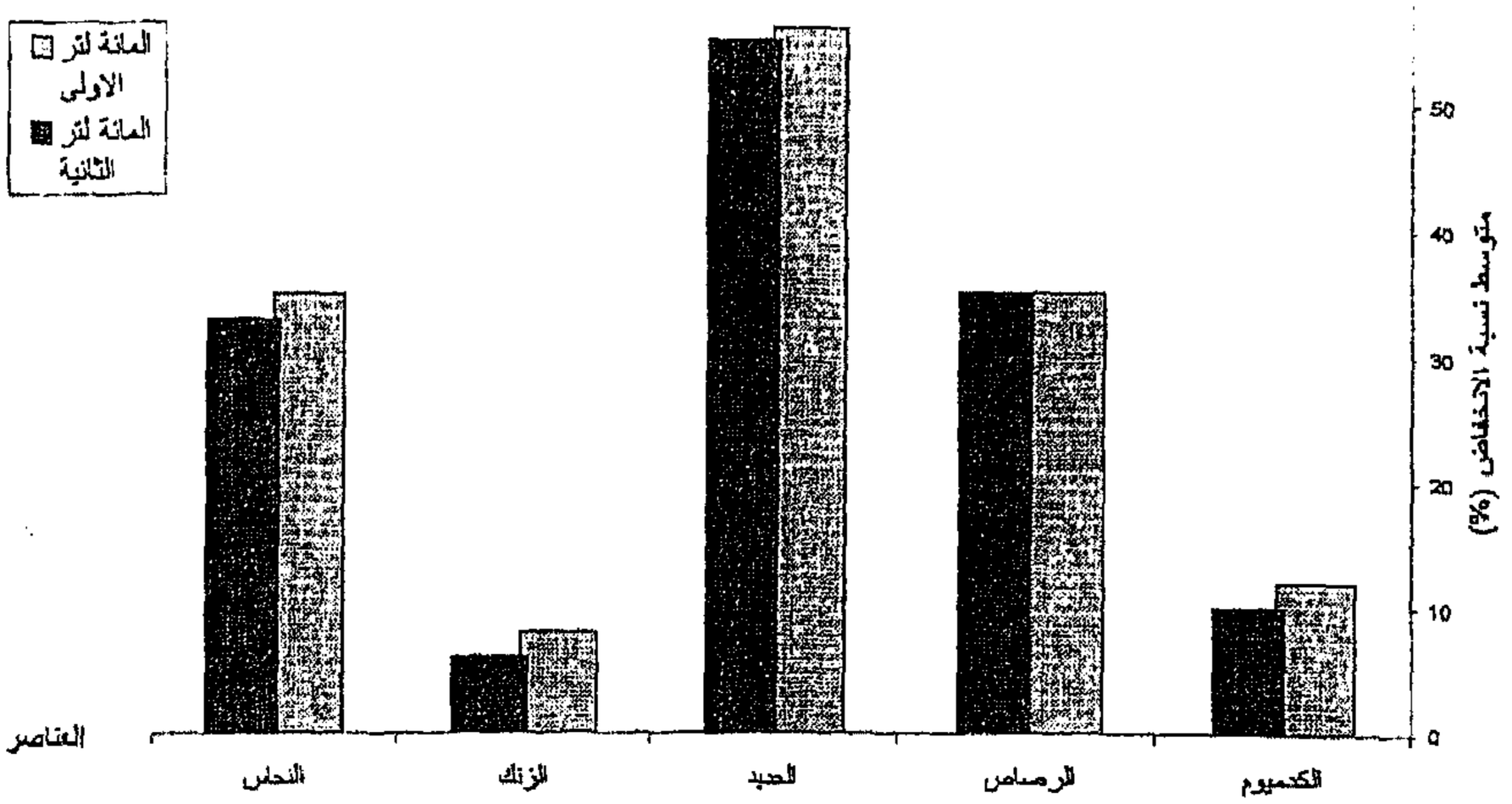
ويوضح الجدول رقم (٦) المقارنة بين فاعلية المرشحات المختلفة علي فصل معدن النحاس في تركيزاته المرتفعة نسبياً خلال مرور المائة لتر الأولي من المياه ، مرشح (الكربون المنشط والقطن) ، ومرشح (البورسلين) كانا متقاربان وذا فاعلية مرتفعة علي فصل المعدن بنسبة بلغت ٥٩٪ ، ٥٧٪

علي التوالي . أقل المرشحات قدرة كان مرشح ( القطن ) بنسبة بلغت ٢٦٪، وبعد مرور المائة لتر الثانية من المياه ، حافظ مرشح ( الكربون المنشط والقطن ) علي صدارته بنسبة ٦٠٪ ، وتلاه مرشح (البورسلين) بنسبة ٤٧٪ ، ومرشح ( القطن ) كان أقلهم فاعلية بنسبة ٢٥٪ .

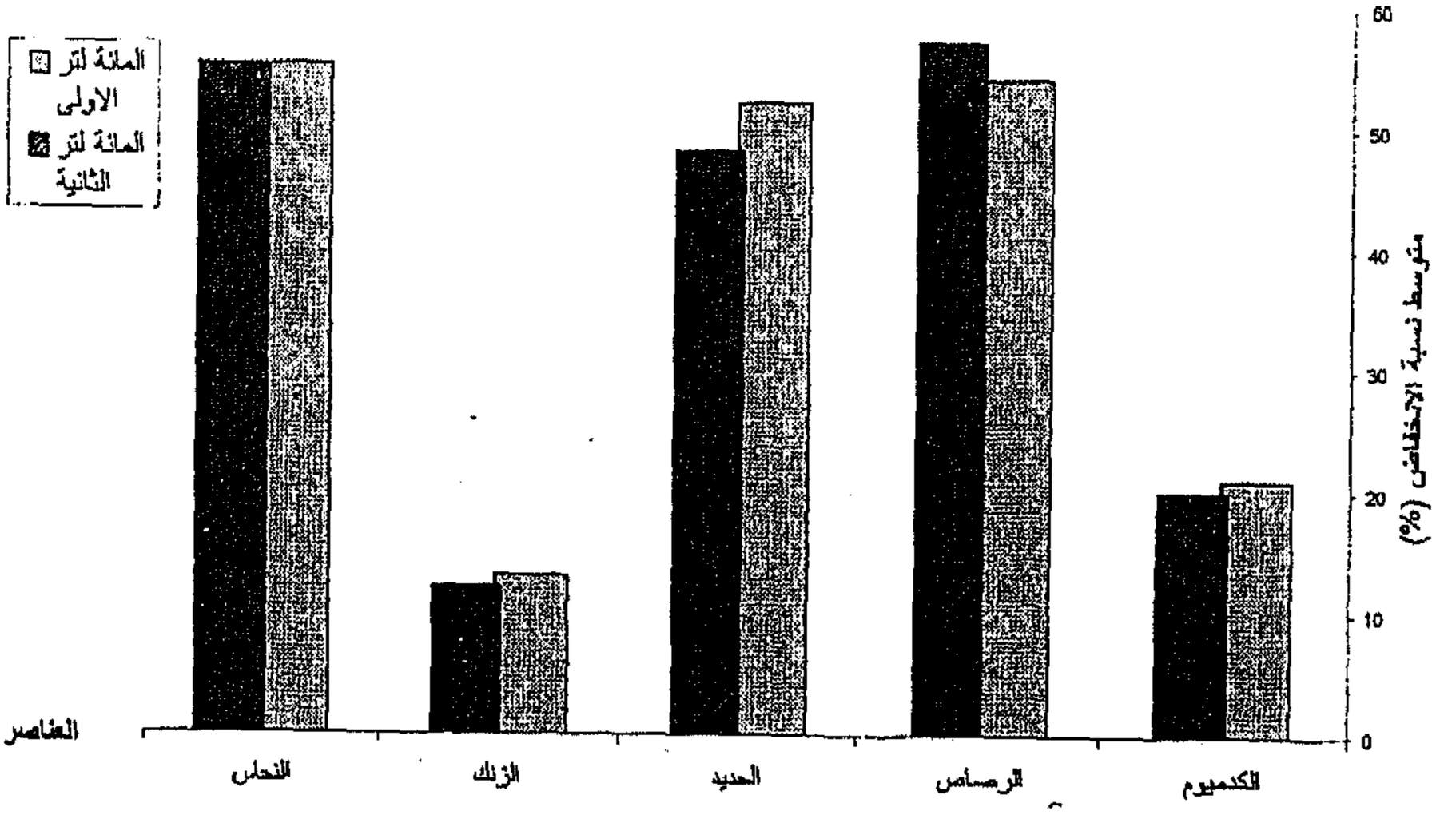
ويتضح أن أفضل المرشحات علي إزالة معدن النحاس هى مرشحات (الجبس) ، ومرشح ( الكربون المنشط مع البورسلين ) ، ( الكربون المنشط مع القطن ) .

و بطريقة أخري تم من خلالها عرض نتائج تحليل العينات عن طريق استخراج متوسط النسبة المئوية لانخفاض المعادن في التركيزات الثلاثة ( المنخفض ، المتوسط ، المرتفع ) ومعرفة مدي العلاقة بين كل مرشح من جهة والمعادن الخمسة قيد الدراسة ( كدميوم ، رصاص ، حديد، زنك ، نحاس ) من جهة أخري ، حيث يتضح من الشكل رقم (١) متوسط النسبة المئوية لانخفاض تركيزات هذه المعادن بواسطة مرشح القطن حيث استطاع إزالة ٥٦٪ من الحديد ، ٣٥٪ من الرصاص والزنك ، أما مرشح الكربون المنشط فقد كان متوسط نسبة إزالته لمعادن النحاس والرصاص والحديد متقاربة حيث بلغت ٥٥٪ ، ٥٤٪ ، ٥٢٪ ، علي التوالي (الشكل ٢) ، وتساوت قدرة مرشح (الكربون المنشط مع القطن) في إزالة الحديد والرصاص حيث بلغت ٧١ ٪ (الشكل ٣).

كان مرشح الجبس افضل المرشحات في إزالة الرصاص حيث وصل متوسط نسبة الإزالة أكثر من ٨٣٪ (الشكل ٤) ، أما مرشح (البورسلين ) فقد أزال ٧٧٪ من الحديد ، ٦٦٪ من الرصاص (الشكل ٥) ، في حين كان مرشح (الكربون والبورسلين ) فاعلا في إزالة الرصاص ٧٠٪ (الشكل ٦).

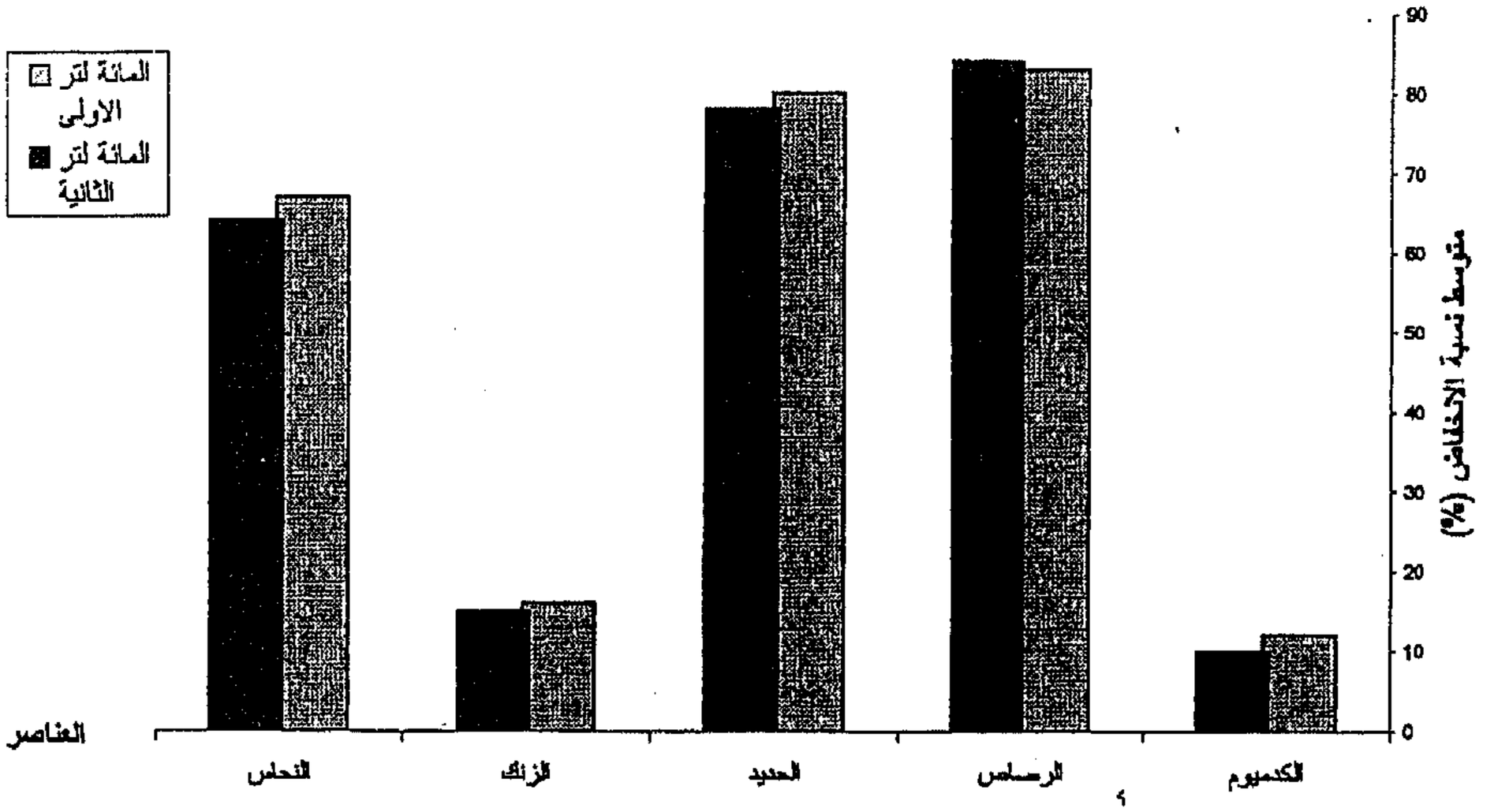



الشكل (١): متوسط النسبة المئوية لانخفاض العناصر قيد الدراسة في التركيزات الثلاثة مع مرشح القطن.

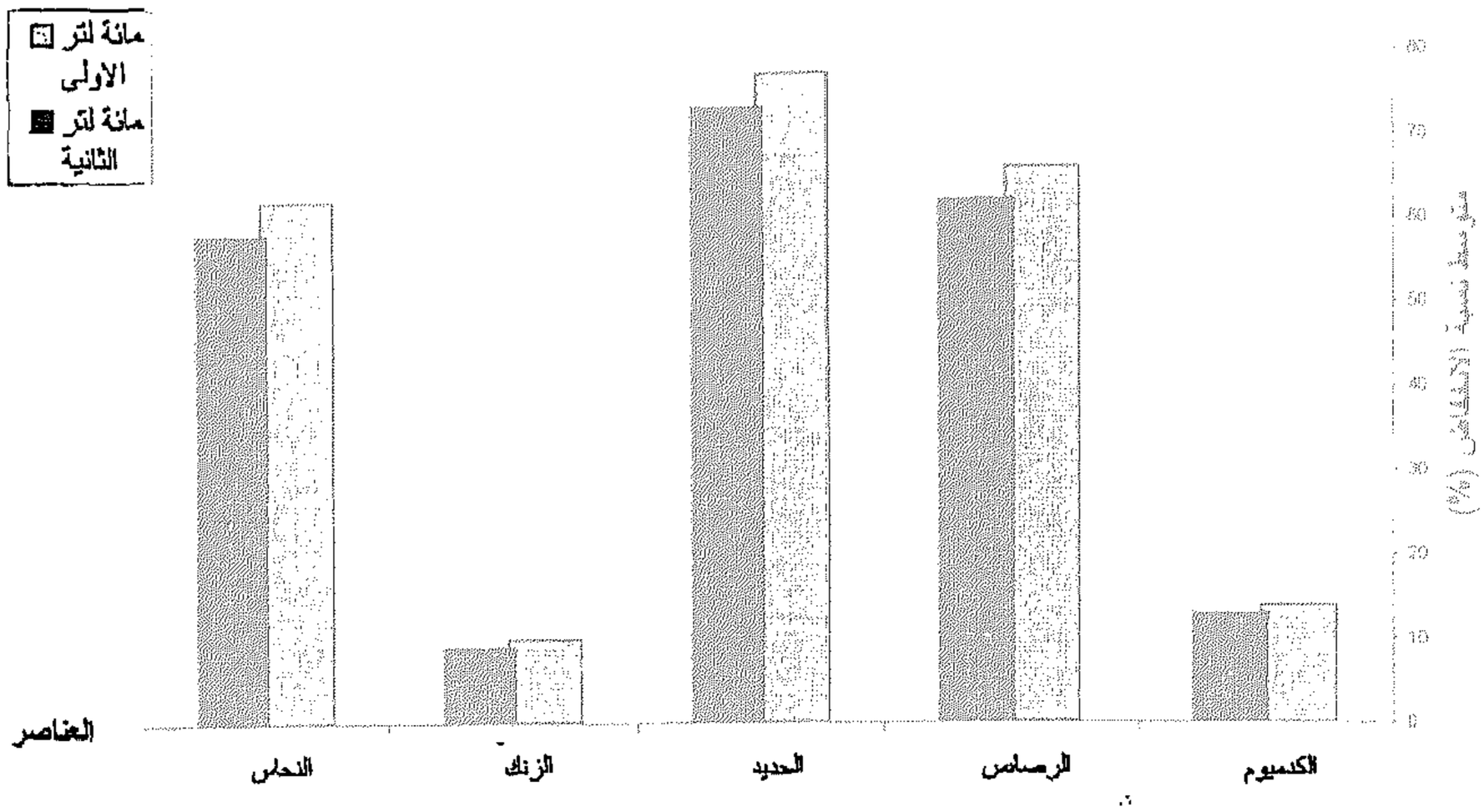



الشكل (٢): متوسط النسبة المئوية لانخفاض العناصر قيد الدراسة في التركيزات الثلاثة مع مرشح الكربون المنشط.

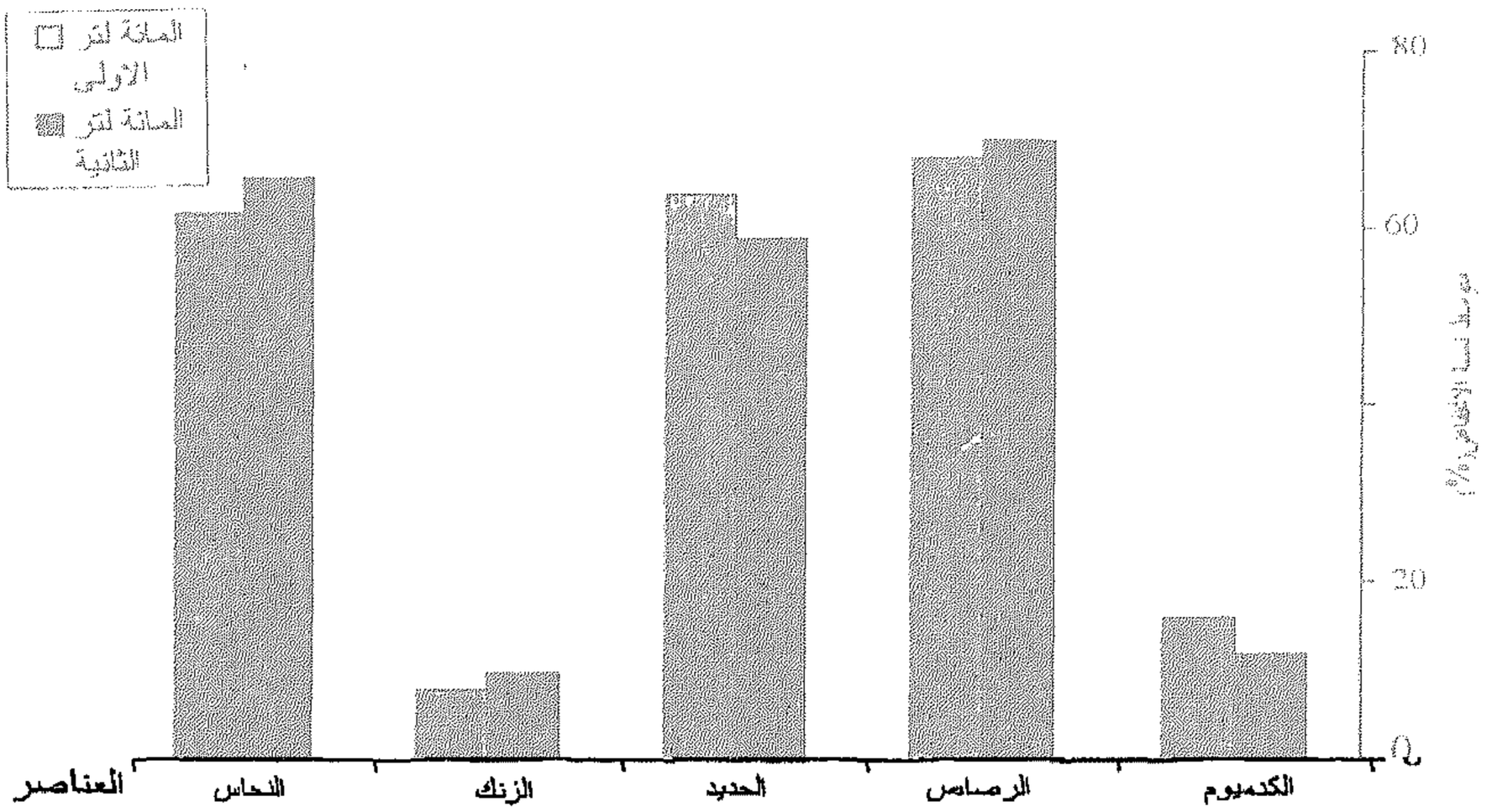
الشكل (٣): متوسط النسبة المئوية لانخفاض العناصر قيد الدراسة في التركيزات الثلاثة مع مرشح القطن و الكربون المنشط.




الشكل (٤): متوسط النسبة المئوية لانخفاض العناصر قيد الدراسة في التركيزات الثلاثة مع مرشح الجبس.




الشكل (٥): متوسط النسبة المئوية لانخفاض العناصر قيد الدراسة في التركيزات الثلاثة مع مرشح البورسلين.




الشكل (٦): متوسط النسبة المئوية لانخفاض العناصر قيد الدراسة في التركيزات الثلاثة مع مرشح البورسلين و الكربون.

ويلاحظ أنه كانت هناك فروق بسيطة بين قدرة كل مرشح في المائة لتر الأولى وبينها في المائة لتر الثانية ، إلا أن هذه الفروق قد أصبحت أقل عندما تم استخراج متوسط النسبة المئوية لإزالة المعادن في التركيزات الثلاثة ، (الأشكال البيانية من ١-٦).

كما أوضحت الفروق الإحصائية والتي شملت الانحراف المعياري (SD) ومعامل الاختلاف قدرة (CV) المرشحات قيد الدراسة على إزالة المعادن الخمسة في تركيزاتها المنخفضة (الجدول رقم٤) ، و تركيزاتها المتوسطة (الجدول رقم ٥) ، و تركيزاتها المرتفعة )الجدول رقم ٦) .

## الاستنتاج

من نتائج الدراسة المعملية نستنتج أنه للمرشحات القدرة على خفض تركيز المعادن المختلفة في مياه الشرب ، ولكن توجد اختلافات متباينة بين أنواع المرشحات على فصل المعادن، أيضاً تختلف قدرة كل مرشح مع نوع المعدن الذي يمر به ، فمثلاً كان مرشح (الكربون المنشط) جيداً في إزالة الكدميوم والزنك نسبة لباقي المرشحات ، بينما كان أقل فاعلية مع الرصاص والنحاس والحديد، وفي حين كان مرشح (الجبس) أكثر فاعلية مع الرصاص والحديد ولكنه كان أقل قدرة مع الكدميوم وكان (مرشح البورسلين) فاعلاً في إزالة الحديد والرصاص ، وأقل مقدرة بالنسبة إلى باقي المعادن وخاصة الكدميوم والزنك.

أيضاً كان هناك تفاوت في قدرة كل مرشح على خفض تركيز المعدن على حسب كمية المياه التي تمر من خلاله ، فأغلب المرشحات كانت ذات فاعلية أكبر خلال مرور المائة لتر الأولى ، وانخفضت فاعليتها أثناء مرور المائة لتر الثانية، والتفسير وراء ذلك قد يعود إلى انخفاض فاعلية

المرشحات بعد استعمالها في التركيزات الكبيرة للمعادن ، بسبب التشبع ، أو حدوث التفاعلات التنافسية (competitive interactions) بين المعادن ، فعندما يوجد أكثر من معدن فإن فاعلية المرشح تقل بصورة أكبر ، ومن المتوقع أنه أثناء مرور المائة لتر الثانية تكون هذه التفاعلات أكثر نشاطاً عنها في المائة لتر الأولى مما تؤدي إلى انخفاض فاعلية المرشح (Kuennen et. Al., 1992) ، (Taylor and Kuennen, 1994) .

لكن الجدير بالذكر ، أن بعض المرشحات - على العكس من ذلك - قد زادت فاعليتها خلال مرور المائة لتر الثانية، فمثلاً مرشح (الكربون المنشط) كانت فاعليته في إزالة الكدميوم أقل خلال المائة لتر الأولى من المياه ، لكنها زادت خلال المائة لتر الثانية، ويصعب علينا إيجاد تفسير واضح وراء ذلك ، ولكن على حسب المراجع والأبحاث المتوفرة ، فإن ذلك قد يعود إلى حدوث الأكسدة للكربون ، أو بسبب حدوث تفاعل كيميائي يسبب الترسيب ، أو حدوث ارتباط كيميائي للهيدروجين الموجود على سطح الكربون مع هيدرات أيونات المعادن، وهذا كله يزيد قدرة المرشح على فصل المعادن (Kuennen et. Al., 1992) ، (Taylor and Kuennen, 1994) . (Corapcioglu and Huang, 1987) .

وبشكل عام يتضح التفاوت الكبير في قدرة المرشحات المختلفة على إزالة التركيزات المختلفة للمعادن من خلال تفاوت النسب المئوية لإزالة التركيزات المختلفة ، ففي حين تراوحت نسبة إزالة الرصاص في جميع المرشحات من مميم-تمتن ، فإنها كانت في الزنك فقط مم لأممم ، ويتضح أيضاً أن جميع المرشحات كانت في إزالة الرصاص والحديد والنحاس أفضل منها في إزالة الكدميوم والزنك.

## التوصيـات

١ – استخـدام المرشحات عند نقطة الاستخدام Point-of-Use قد يفيد في خفض تركيـز بعض المعادن الموجـودة في ميـاه الشـرب وخـاصـة الرصاص والحديد.

٢ – ضـرورة مـعـرفـة نـوع المعـدن الموجـود في الماء حـتى يمكن اسـتـخـدام المرشح المناسب .

٣ – نظراً لاختلاف أنواع المشرحات وفاعليتها فإننا نوصي باستخدام أكثر من نوع واحد من المرشحات عند نقطة الاستعمال للاستفادة من مزايا كل نـوع .

# المـراجـع

## أولا المراجع العربية :


العودات، محمد عبدو وباصهي، عبد الله بن يحي (١٤١٣هـ ) التلوث وحماية البيئة، الرياض: عمادة شئون المكتبات بجامعة الملك سعود: ١٣٧-١٩٤ .

منظمة الصحة العلمية (١٩٨٩م) دلائل جودة مياه الشرب - المعايير الصحية ومعلومات مساعدة أخري ، الإسكندرية : المكتب الإقليمي لمنظمة الصحة العالمية لدول شرق البحر المتوسط .


## ثانياً المراجع الأجنبية :

## REFERENCES


Abdelmonem , A.E., El-Meleigi , M. A.and Al-Rokaibah , A.A.(1990). Chemical Characteristics and Bacteriological Contamination of Groundwater in Buraydah , Saudi Arabia , Jour . King Saud Univ ., Agric . Sc. 2: 279-290.

Alam, I. A. and Sadiq , M . (1989) . Metal Contamination of Drinking Water from Corrosion of Distribution Pipes , Jour .Environmental Pollutin 57:167-178.

Al-Saleh , I.A. (1996). Trace Elements in Drinking Water Coolers Collected From Primary Schools, Riyadh, Saudi Arabia, Jour . The Science of the Total Environment 181:215-221.

Corapcioglu , M. O. and Huang , C.P. (1987) . the Adsorption of Heavy Metals Onto Hydrous Activated Carbon , Jour . Water Res . 21(9) : 1031-1044.

DeFilippi , J. A. and Baier , J .H (1987) Point of Use and and Point of Entry Treatment on Long Island , Jour . AWWA 79 (10) : 76-81.

DeMora , S. j . and Harrison , R. M. (1984) . Lead in Tap water : contamination and chemistry , Jour . Chemistry in Britain 20(10) : 900-904.

Gardels , M.C. and Sorg , T.J. (1989) . A Laboratory Study of the Leaching of Lead from Water Faucets . Jour . AWWA , 81( 7) : 101-113.

Geldreich , E. E ., Taylor , R. H . Blannon , J. C., and Reasoner , D.J. (1985) . Bacterial Conlonization of point of Use Water Treatment Device , Jour .AWWA, 77 (2) : 72-80.

Goodrich , J.A., Lylins , B.W. and Clark , R.M. (1992) . Point of Use /Point of Entry for Drinking Water Treatment . USA : Lewis Publishers .

Hiatt , V. and Huff J.E.(1975) . The Environment Impact of Cadmium : An Overvview, Intern . Jour . Environmental Studies 7 : 277-285.

Korngold , E.(1994) . Iron Removal from Tap Water by a Cation Exchange. Jour . Desalination 94:243-249.

Kuennen , R.W., Taylor , R.M. , Dyke , K.V. and Groenevelt , K .(1992). Removing Lead from Drinking Water with a Point _ of _Use GAC Fixed Bed Adsorber , Jour . AWWA 84 (2):91-101.695

Lykins , P. W., Goodrich , J.A.,Clark , R.M and harrison , J. (1994) . Point _ pf _ Use / Point _ of entry treatment of drinking water . Jour .Water Supp;y , 12(1-2):SS4-1-SS45.

Netzer , A..and Hughes , D. E. (1984)Adsorption of Copper , Lead, and Cobalt by Activated Carbon , Jour . Water Res . 18 (8) : 927-933.

Regunathan , P., Beauman, W.and Krausch, E.(1983) . Efficiency of point of use treatment devices , Jour .AWWA 75(1) : 42-50.

Regunathan , P . (1985) Overview of Point of Use Water Treatment Technology , In : Safe Drinking Water : The Impact of Chemicals on a Limited Resource , Chelsea , Michigan : Lewis Publishers : 43-62.

Rozelle , L. T. (1987) . Point of Use and Point of Entry Drinking Water Treatment . Jour. AWWA , 79 (10) : 53-59 .

Samuels , E. R. and Meranger J.C. (1984) . Preliminary Studies on the Leaching of Some Trace Metals from Kitchen Faucets . Jour . Water Res ., 18 (1) : 75-80.

Schock , M. R. and Neff, C. H. (1988) . Trace Metal Contamination from Brass Fittings , Jour . AWWA , 80 (11) : 47-56.

Sigworth , E. A. and Smith S. B. ( 1972) . Adsorption of Inoganic Compounds by Activated Carborn . Jour . AWWA, 63 (6) :386-391.

Taylor , M. M. and Kuennen , R. W. (1994) . Removing Lead in Drinking Water with Activated Carbon . Jour Environmental Progress 13(1) : 65-71.

Tobin , R. S. (1989) . Point of Use Water Treatment Devices in Canda : Legislation , Evaluation Testing , In : Drinking Water Treatment , Small System Alternatives, New York : Bergamon Press : 135-142.

Yue S., Zhang Z. and Guo- Ping , W. (1994) . Present Situation and Development of the Point of Use Apparatus in China . Jour . Water Supply , 12 (1-2) : SS4-5-SS4-9.

Zuane , J.D. (1990) . Handbook of Grinking Water Quality Standards and Controls , New York : Van Nostrand Reinhold .