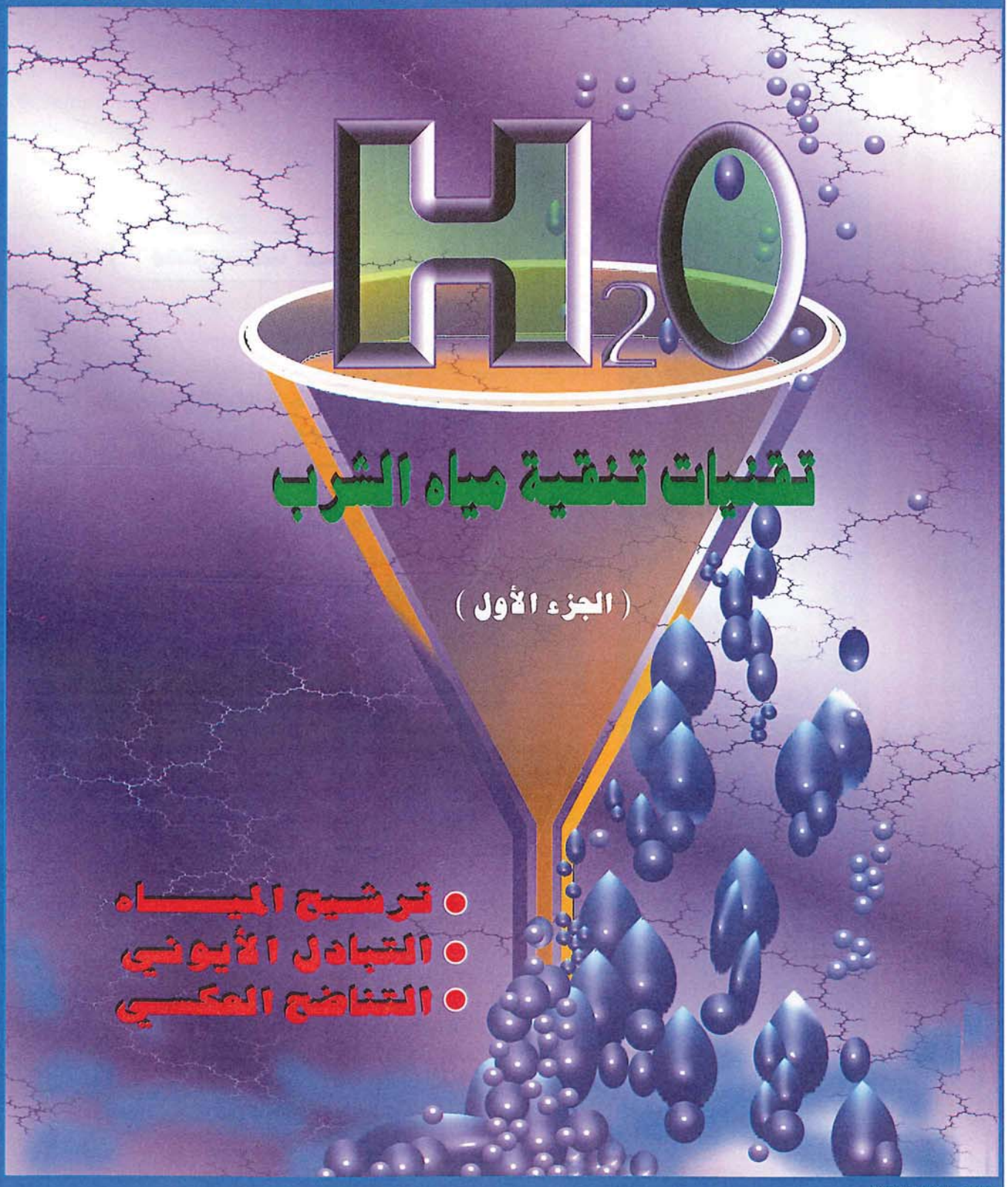
العلوم والتقنية

مجلة علمية فصلية تصدرها مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية● السنة الحادية عشر● العدد الثالث والأربعون● رجب ١٤١٨هـ / نوفمبر ١٩٩٧م.



تقنيات تنقية مياه الشرب

(الجزء الأول)

- ترشيح المياه
- التبادل الأيوني
- التناضح العكسي

ISSN 1017 3056

العلوم والتقنية

المشرف العام

د. صالح عبد الرحمن العذل

نائب المشرف العام
ورئيس التحرير

د. عبد الله أحمد الرشيد

هيئة التحرير

د. عبد الرحمن العبد العالي

د. خالد السليمان

د. إبراهيم المعتاز

د. محمد أمين أمجد

د. محمد فاروق أحمد

د. أشرف الخيري

منهاج النشر

أعزاءنا القراء :

يسرنا أن نؤكد على أن المجلة تفتح أبوابها لمساهماتكم العلمية واستقبال مقالاتكم على أن تراعى الشروط التالية في أي مقال يرسل إلى المجلة :-

١- يكون المقال بلغة علمية سهلة بشرط أن لايفقد صفته العلمية بحيث يشتمل على مفاهيم علمية وتطبيقاتها .

٢- أن يكون ذا عنوان واضح ومشوق ويعطي مدلولاً على محتوى المقال .

٣- في حالة الاقتباس من أي مرجع سواء كان اقتباساً كلياً أو جزئياً أو أخذ فكرة يجب الإشارة إلى ذلك ، وتذكر المراجع لأي اقتباس في نهاية المقال .

٤- أن لايقل المقال عن أربع صفحات ولايزيد عن سبع صفحات طباعة .

٥- إذا كان المقال سبق أن نشر في مجلة أخرى أو أرسل إليها يجب ذكر ذلك مع ذكر اسم المجلة التي نشرته أو أرسل إليها .

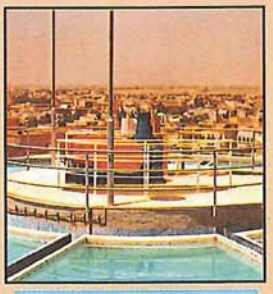
٦- إرفاق أصل الرسومات والصور والنماذج والأشكال المتعلقة بالمقال .

٧- المقالات التي لاتقبل النشر لاتعاد لكاتبها .

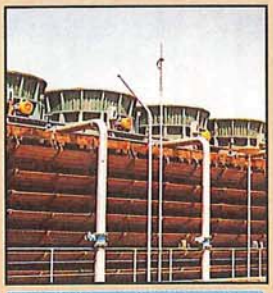
يمنح صاحب المقال المنشور مكافأة مالية تتراوح مابين ٣٠٠ إلى ٥٠٠ ريال .

محتويات العدد

- مصلحة المياه والصرف الصحي بالرياض ٢
- عمليات تنقية المياه ٥
- تهوية وتبريد المياه ١١
- تيسير المياه بالترسيب الكيميائي ١٤
- عالم في سطور ١٩
- التبادل الأيوني ٢٠
- الجديد في العلوم والتقنية ٢٥
- تقنية التناضح العكسي ٢٦
- ترشيح المياه ٣٠
- كيف تعمل الأشياء ٣٦
- مصطلحات علمية ٣٨
- كتب صدرت حديثاً ٣٩
- عرض كتاب ٤٠
- من أجل فلذات أكبادنا ٤٣
- مساحة للتفكير ٤٤
- بحوث علمية ٤٦
- شريط المعلومات ٤٧
- مع القراء ٤٨



عمليات تنقية المياه



تهوية وتبريد المياه

تقنية التناضح العكسي

المراسلات

مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الإدارة العامة للتوعية العلمية والنشر

ص.ب ٦٠٨٦ - الرمز البريدي ١١٤٤٢ - الرياض

ترسل المقالات باسم رئيس التحرير ت : ٤٨٨٣٤٤٤ ـ ٤٨٨٣٥٥٥

journal of Science & Technology

King Abdulaziz City For Science & Technology

Gen. Direct. of Sc. Awa. & Publ. P.O. Box 6086

Riyadh 11442 Saudi Arabia

يمكن الاقتباس من المجلة بشرط ذكر اسمها مصدراً للمادة المقتبسة

الموضوعات المنشورة تعبر عن رأي كاتبها

العلوم والتقنية

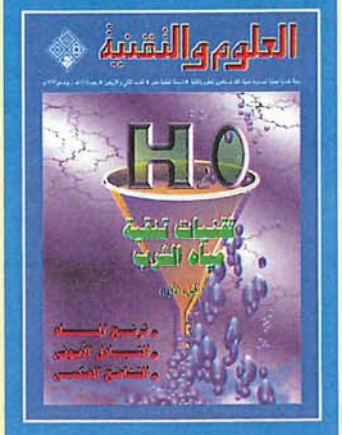
سكرتارية التحرير

د. يوسف حسن يوسف
د. ناصر عبد الله الرشيد
د. محمد حسين سعد
أ. محمد ناصر الناصر
أ. عطية مزهر الزهراني

التصميم والإخراج

عبد السلام ريان
عرفه السيد العزب

*****



كلمة التحرير

قراءنا الأعزاء

الماء أساس الحياة ، فلا صناعة ، ولا زراعة ، ولا إعمار بدون توفر الماء، وهذا مصداقاً لقول الحق تبارك وتعالى في محكم التنزيل : ﴿**أو لم ير الذين كفروا أن السموات والأرض كانتا رتقاً ففتقناهما وجعلنا من الماء كل شيء حي أفلا يؤمنون**﴾ [الأنبياء ٣٠].

يوجد الماء في الطبيعة بصور مختلفة منها العذب ومنها المالح ، وبالتالي تختلف إستخداماته حسب تلك الصور ، فمنها ما يستخدم للشرب ، ومنها ما يستخدم للزراعة ، أو الصناعة ، وغيرها ، وقد أشار الخالق في كتابه العزيز إلى صنفي الماء الرئيسين في الآية الكريمة ﴿ **وما يستوي البحران هذا عذب فرات سائغ شرابه وهذا ملح أجاج ...** ﴾[فاطر ١٢].

قراءنا الإعزاء

قد لا تكن جميع المياه العذبة صالحة للشرب ـ مهما إختلفت مصادرها ـ لما قد تحتويه من ملوثات طينية، أو كيميائية، أو أحيائية، لذا تعالج بطرق وتقنيات مختلفة لتخليصها من تلك الملوثات.

تتنوع مراحل وطرق تنقية مياه الشرب ـ حسب الملوثات التي يحويها الماء ـ من بسيطة كما في عمليات الترسيب والترشيح إلى عمليات معقدة مثل بعض المعالجات الكيميائية ، إلى إضافة النسب الملائمة من الأملاح المعدنية ، لكي تصبح صالحة للشرب.

يصدر هذا العدد حاملاً بين دفتيه مواضيع عديدة تغطي بعض طرق وتقنيات تنقية مياه الشرب ، تتمثل فيما يلي : عمليات تنقية المياه ، تهوية وتبريد المياه الخام ، تيسير المياه ، التبادل الأيوني ، ترشيح المياه ، التناضح العكسي ، كما يحتوي على الأبواب الثابتة التي درجت المجلة على تضمينها في كل عدد ، نأمل أن نكون قد وفقنا في طرح مادة هذا العدد بشكل يرضي طموحات قرائنا الإعزاء.

والله من وراء القصد ،،،

مصلحة المياه والصرف الصحي

برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض

مصلحة المياه والصرف الصحي ادارة حكومية ذات شخصية اعتبارية تختص بكل مايتصل بمياه الشرب والصرف الصحي بمنطقتها من ادارة وتنفيذ وتشغيل وصيانة ، وللمصلحة فروع في كل من الخرج وشقراء والمجمعة ، وتسهيلا لاجراءات العمل بما يتناسب مع طبيعة المهام التي تمارسها المصلحة فقد تم تقسيم المصلحة بصفة أساسية الى قطاعين رئيسيين هما قطاع الشئون الادارية وقطاع الشئون الفنية .

يتولى القطاع الأول تقديم الخدمات المساندة في مجال الشئون المالية والادارية بالمصلحة بينما يتولى القطاع الثاني اعداد برامج وخطط الصيانة لمرفقي المياه والصرف الصحي.

أهداف المصلحة

تتمثل أهداف مصلحة المياه والصرف الصحي بمنطقة الرياض في التالي :

١- رسم وتنفيذ خطة إدارة وتشغيل مياه الشرب والصرف الصحي .

٢- القيام بكل أنواع النشاطات التي تستهدف خدمة مرافق المياه والصرف الصحي .

٣- إعداد وتنفيذ وتطوير مشاريع الشبكات ومحطات التنقية داخل المدن بما يتفق وحاجتها .

٤- إستيفاء التكاليف المقررة نظاما .

٥- ممارسة جميع الصلاحيات النظامية لتحقيق الغرض الذي أنشئت من اجله من بيع وشراء واستهلاك مياه وغير ذلك .

نشاط المصلحة

تمارس المصلحة نشاطها من خلال برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض وبرنامج تشغيل وصيانة الصرف الصحي بمدينة الرياض ، وسوف يقتصر الحديث هنا عن برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض لارتباطه بموضوع هذا العدد من المجلة .

برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض

مع بداية عام ١٣٩٩هـ آلت مسؤولية تشغيل وصيانة مياه الرياض من وزارة الزراعة والمياه الى مصلحة المياه والصرف الصحي ، وأصبحت المصلحة تضطلع بمسؤوليات تشغيل وصيانة المياه بجميع مايتبعه من مرافق ومنشآت ، وهي على سبيل المثال : آبار المياه ، ومحطات تنقية المياه ، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ، ومحطات تقوية الضخ ، وخطوط النقل الرئيسية ، وشبكة التوزيع ، والتوصيلات المنزلية .

وتعتمد مصادر المياه التي تغذي منطقة الرياض على مصدرين رئيسيين هما تحلية مياه البحر ،والآبار الجوفية والسطحية ، حيث تتم تحلية مياه البحر بالجبيل ، ويتم ضخها الى مدينة الرياض عبر خطي نقل رئيسيين تبلغ طاقتهما الاجمالية ٨٣٠ ألف متر مكعب/ يوم ، يتطلب رفع نسبة الاملاح بها للحد الذي تصبح معه مناسبة للاستهلاك الآدمي ، لذا أنشئت محطة تنقية مياه الوسيع وآبار الوسيع ، حيث يتم خلط المياه المنتجة من تلك الآبار (٢١٠ الف متر مكعب/ يوم وبمعدل أملاح ١٠٠٠ ملغم/لتر) مع المياه المحلاة الواردة من الجبيل ، بحيث تكون نسبة الاملاح بعد الخلط بحدود ٢٥٠ جزء/مليون ، ويوجد ايضا خمس محطات أخرى تابعة للبرنامج ، هي: محطات البويب ، و صلبوخ ، و منفوحة ، و الشميسي ، والملز . ولكل محطة مايتبعها من آبار جوفية تغذيها ، ويتم في هذه المحطات معالجة كاملة للمياه ، وتبلغ الطاقة الانتاجية الاجمالية لهذه المحطات الخمس ٣٢٠ ألف متر مكعب/ يوم .

يمارس منسوبي برنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض نشاطهم في سبيل إنجاز المهام المناطة به من خلال الادارات التالية :

● الشبكة والادارة الهندسية :

تعد الشبكة والادارة الهندسية من أهم الادارات الفنية بالبرنامج يقع على عاتقها عبء نقل المياه من مناطق الانتاج وتوزيعها على كافة انحاء الرياض عن طريق خطوط النقل الرئيسية وشبكة التوزيع التي تغطي جميع أحياء المدينة . ولاتقتصر مهام الادارة على عمليات التشغيل اليومية والصيانة الدورية والعلاجية للأعطال والانكسارات الظاهرة فقط ، بل تمتد لتشمل برنامج الكشف على التسربات والوصول الى الانكسارات والأعطال غير الظاهرة وسرعة اصلاحها قبل ان تتفاقم ، وذلك عن طريق تطبيق برامج الصيانة الوقائية .

وتتكون الشبكة والادارة الهندسية من عدة أقسام : هي الصيانة ومتابعة ومعالجة التسربات وترشيد الاستهلاك ، والعدادات ، والشؤون الهندسية و التوزيع والطوارىء .

● المحطات والآبار

تقوم إدارة المحطات والآبار بالتشغيل والصيانة لآبار المياه السطحية والعميقة ومحطات تنقية المياه ، ومحطات تقوية الضخ ، ومحطات توليد الطاقة الكهربائية ، كما تقوم بالتشغيل والادارة لأعمال المختبر المركزي للمياه ، وورش أجهزة القياس الالكترونية والتبريد وتكييف الهواء ، والقيام بأعمال الصيانة واعداد التصاميم للأعمال الكهربائية التابعة للبرنامج ، وكذلك أعمال الصيانة للقرى السكنية وماتشمله من عيادات طبية وصالات رياضية، وذلك في محطات التنقية خارج مدينة الرياض ، كما تقوم بتقديم المعونة الفنية والاستشارية لبرامج التشغيل التابعة للمصلحة (الخرج ، الوشم ، المجمعة) ، وتتكون تلك الادارة من وحدة الآبار ، ومحطات تنقية المياه ، ومحطات تقوية الضخ ، وتشغيل وصيانة محطات تنقية المياه ، ومحطة الروضة النهائية المركزية ، والمختبر المركزي ، وورشة أجهزة القياس والالكترونيات ، وورشة تبريد وتكييف الهواء ، والصيانة المدنية لمحطات التنقية ، والعيادات الطبية التابعة للمحطات الخارجية (الوسيع – البويب – صلبوخ) والاتصالات السلكية واللاسلكية .

● الشؤون الادارية

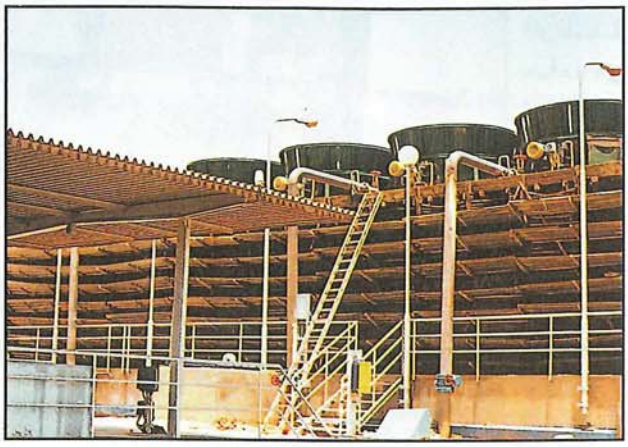
تضطلع ادارة الشؤون الإدارية بمهمة توفير الخدمات لجميع إدارات البرنامج وامدادها بالقوى العاملة الملائمة لطبيعة العمل ، وتضم الشؤون الإدارية أقسام شؤون الموظفين ، والرواتب ، والاتصالات الإدارية ، والمحاسبة ، والمستودعات ، ومراقبة المخزون .

● الأمن والسلامة

تتولى إدارة الامن والسلامة حماية منشآت وأفراد البرنامج عن طريق توعية العاملين بأهمية الالتزام بقواعد الأمن والسلامة واستخدام الأدوات اللازمة لتقليل الحوادث ، وتتكون تلك الإدارة من قسم الامن وقسم السلامة .

● الورش والنقليات

تقوم هذه الإدارة بأعمال الصيانة والإصلاح لكافة سيارات ومعدات البرنامج بهدف الوصول الى أفضل طاقة تشغيلية لهذه المعدات والسيارات ، كما تقوم الإدارة بإعداد المواصفات الفنية لكافة السيارات والمعدات المطلوب توفيرها لتغطية احتياجات إدارات البرنامج المختلفة ، وكذلك عمل الاصلاح للمضخات ومولدات الكهرباء ، وأعمال الخراطة والحدادة والقيام بتصنيع بعض المعدات اللازمة للبرنامج مما يوفر مبالغ طائلة كانت ستنفق لاستيرادها ، ويتبع للإدارة قسم صيانة وإصلاح السيارات ، وقسم الكهرباء وإعادة لف المحركات ، وقسم صيانة وإصلاح المضخات ، وقسم إصلاح مكائن الديزل ، وقسم الخراطة وتشكيل المعادن ، وقسم الحدادة واللحام ، وقسم النجارة .



صورة توضح أبراج التبريد

مراحل انتاج ومعالجة المياه بالبرنامج

تخضع عمليات إنتاج و معالجة المياه في المحطات التابعة للبرنامج لمراقبة دقيقة بواسطة أجهزة حديثة ومتطورة للتحكم والمراقبة ، وذلك من خلال المراحل التالية :

● انتاج المياه الخام من الآبار

يتم تغذية المحطات التابعة للمصلحة بالمياة الخام عن طريق عدد من الآبار ، يبلغ مجموعها (١٦٤ بئرا) منها ١٣٤ بئرا عميقا تقع داخل مدينة الرياض وضواحيها ، بالاضافة الى حقول الآبار في كل من الوسيع ، والبويب ، وصلبوخ ، و ٣٠ بئرا سطحيا تشمل آبار وادي نساح، ووادي نمار ، وآبار الحاير .

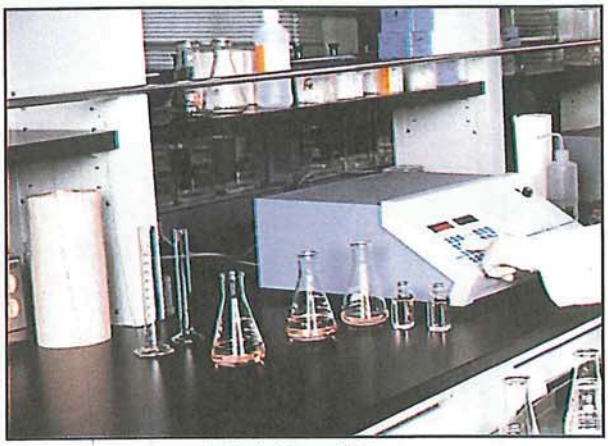
● المعالجة الاولية للمياه الخام

نظرا لارتفاع درجة حرارة المياه الخام الواردة من الابار والتي تصل الى حوالي ٧٠مْ يتم تمرير المياه عبر أبراج التبريد لخفض درجة حرارتها لتصبح من ٣٠ الى ٣٥مْ تهيئة لمعالجتها خلال المراحل الأخرى . كما يتم خلال هذه المرحلة التخلص من جزء كبير من أكاسيد الحديد والغازات الذائبة مثل غاز ثاني أكسيد الكربون ، بعدها تكون المياه المبردة على قسمين القسم الأول يتم تحويله إلى المرسبات للمعالجة الكيميائية لإزالة عسر الماء تهيئة لدخوله لوحدة التناضح العكسي ، أما القسم الثاني ويسمى مياه الخلط (By Pass) فيتم تحويله إلى المرشحات الرملية مباشرة للتخلص من أية شوائب أو عوالق في المياه حيث يتم حجزها على سطح المرشح الذي يحتوي على عدة طبقات من الرمل والبحص بمقاسات مختلفة . ويتم التخلص من الشوائب التي تتجمع على أسطح المرشحات بواسطة عملية الغسيل العكسي بالماء والهواء المضغوط .

بعد ذلك يتم تحويل المياه المرشحة (Filtered Water) إلى خزان التغذيه (Buffer Tank) والخاص بمحطة التناضح العكسي (Reverse Osmosis) ، ومن ثم يتم تمريرها الى وحدات التناضح العكسي ، وما زاد عن ذلك يستعمل للخلط ويمرر مباشرة إلى خزان المنتج .

● وحدات التناضح العكسي

يتم في هذه الوحدات التخلص من كمية كبيرة من الأملاح المذابة في المياه ، وذلك عن طريق ضخ المياه بواسطة مضخات الضغط المنخفض من خزان التغذية الى المرشحات الدقيقة ، وقبل دخول المياه الى تلك المرشحات يتم تجريع بعض المواد الكيميائية للمساعدة في إتمام عملية التناضح العكسي ، بعد ذلك يتم ضخ المياه من المرشحات الدقيقة بواسطة مضخات الضغط العالي الى بلوكات (Blocks or Stacks) التناضح العكسي ويتراوح عددها بين ٤ الى ١٣ بلوكا بناءا على حجم المحطة ، حيث يتم من خلالها فصل المياه الى قسمين الأول مياه محلاة أو منتجة تشكل من ٨٥



صورة لأحد مختبرات المياه

الى ٩٠٪ من المياه المغذية لوحدة التناضح العكسي ، بعدها يتم خلط تلك المياه مع المياه الخام المبردة ، وكذلك مع المياه الفائضة من خزان تغذية التناضح العكسي للحصول على مياه نهائية صالحة للشرب ، أما القسم الثاني الناتج من عملية التناضح العكسي فهي مياه مشبعة بالأملاح يتم رفع قيمة الرقم الهيدروجيني لها (pH) عن طريق تجريعها بمادة كربونات الصوديوم ، ومن ثم يتم صرفها في شبكة الصرف الصحي بالنسبة للمحطات الموجودة داخل المدينة أما في المحطات الخارجية فيتم تجميعها في بحيرات وبدون تجريع لتلك المادة .

● المعالجة النهائية

يتم خلالها تعقيم المياه بواسطة مادة الكلور لتصبح جاهزة للضخ عبر الشبكة للمستهلكين بحيث تكون المياه الموزعة من خلال الشبكة ذات جودة عالية تفوق أي مصدر آخر لمياه الشرب خاصة من الناحية الجرثومية ، كما أن تلك المياه تحتوي على كلور حر متبقي كاف للقضاء على أي تكاثر جرثومي ، مع العلم أن هناك آبار سطحية بنساح ذات ملوحة منخفضة بحدود (٣٥٠ جزء /المليون) وهي صالحة للشرب ويتم فقط تعقيمها بالكلور ثم ضخها مباشرة بشبكة المياه

محطات تقوية الضخ

نظرا لطبوغرافية سطح مدينة الرياض ووجود فوارق كبيرة في مناسيبها فقد تم انشاء ٢١ محطة تقوية منتشرة في أنحاء المدينة لرفع ضغط المياه وإيصالها للمناطق المرتفعة على مدار ٢٤ ساعة ، وللمحافظة على استمرارية أداء محطات التقوية بالشكل المطلوب والقيام بالعمليات المناطة بها في توزيع المياه ومراقبة الضغط في شبكة المياه فإن هناك طاقم تشغيل يقوم بمراقبة أداء العمل في كل محطة على مدار شبكة المياه فإن هناك طاقم تشغيل يقوم بمراقبة أداء العمل في كل محطة على مدار ٢٤/ساعة وإجراء الصيانة اللازمة للآلات والمعدات والأجهزة التي تحتاج إلى صيانة مستمرة لضمان استمرارية العمل لضخ المياه من حقول الآبار ومعالجتها في محطات التنقية .

مراقبة نوعية المياه

لمتابعة نوعية المياه وجودتها سواء خلال مراحل المعالجة بالمحطات أوخلال شبكات التوزيع الرئيسية والفرعية يقوم المختبر المركزي التابع لبرنامج تشغيل وصيانة مياه الرياض بجمع وتحليل العينات التي يصل عددها إلى أكثر من ٢٣٠٠٠ عينة تحليل كيميائي وبكتيري سنويا من أماكن مختلفة من أحياء مدينة الرياض ، بالاضافة إلى تحليل العينات التي ترد من محطات المعالجة التابعة للمصلحة ، كما يقوم المختبر المركزي بتحليل المواد الكيميائية المستخدمة في معالجة المياه وذلك للتأكد من مطابقتها للشروط والمواصفات المطلوبة في عقد التوريد ، وتلافيا لتكوين ترسيبات في الخطوط الناقلة للمياه ، يقوم المختبر بدراسة أسباب عدم التوازن الكيميائي التي من شأنها تكوين تلك الترسبات للوصول الى توزيع مياه متوازنة كيمائيا .

الخطط المستقبلية

سعيا من البرنامج لتحقيق أهدافه بصورة أفضل فقد تم وضع عدد من الخطط المستقبلية تمهيدا لتنفيذها تتمثل بصفة أساسية في دعم مصادر مياه الشرب لتغطية الاحتياجات المتزايدة بالتنسيق مع الجهات المختصة ، واستبدال أجزاء من شبكة مياه الشرب القديمة ، وتحديث محطات معالجة مياه الشرب باستبدال أنظمة التشغيل والتحكم والمعدات القديمة بماهو أحدث وأقل تكلفة تشغيلية ، وفي سبيل تقديم الخدمات للمشتركين بصفة أفضل وتسهيل أعمال البرنامج فسوف يخصص جزء من تلك الخطط لتنفيذ ربط عدادات المياه بأجهزة نقل بيانات متطورة ليمكنها أخذ القراءات مباشرة عن طريق ربطها بحاسب آلي مركزي دون الاعتماد على الطريقة التقليدية المتبعة حاليا في أخذ القراءة من الموقع ، وتسهيلا على المشتركين والمراجعين سيتم إنشاء فروع لخدمات المشتركين بعدة مواقع في منطقة خدمات البرنامج ،كما سيتم تشغيل شبكات المياه والتحكم بها عن بعد بحيث يتم تشغيلها ومراقبتها عن طريق الحاسب الآلي من غرفة تحكم رئيسية ، وباستخدام الحاسب الآلي فسوف يتم ربط جميع المواقع لتنفيذ أعمال التشغيل والصيانة للبرنامج ، وايماناً من القائمين على البرنامج بأهمية تأهيل الكوادر الوطنية والاعتماد عليها في التشغيل والصيانة فإن تلك الخطط تتضمن انشاء مركز للأبحاث ومركز للتدريب ودعمه بالكوادر المؤهلة للبحث ولتطوير الكوادر البشرية .

صورة توضح أحد أبراج المياه

عمليات تنقية المياه

د. عبدالله محمد الرحيلي

يرجع إهتمام الإنسان بجودة مياه الشرب إلى أكثر من خمسة آلاف عام ، ونظرا للمعرفة المحدودة في تلك العصور بالأمراض ومسبباتها ، فقد كان الاهتمام منصباً على لون المياه ، وطعمها ، ورائحتها فقط ، حيث سخرت لهذا الغرض - خلال فترات تاريخية متباعدة - عمليات منها التقطير ، والغلي ، والترشيح والترسيب ، وإضافة بعض الأملاح، وفي عام ٩٨م ظهر في روما أول تقرير هندسي عن مصادر المياه وأساليب تقنياتها ، موضحاً أن نظام المياه لتلك المدينة يتكون من حوض ترسيب يؤدي إلى قنوات للتوزيع . كما كتب الكيميائي العربي جابر بن حيان في القرن الثامن الميلادي تقريراً متخصصا حول المياه وبعض السوائل الأخرى .

شهد القرنان الثامن عشر والتاسع عشر الميلاديين الكثير من المحاولات الجادة في دول أوربا وروسيا للنهوض بعمليات تنقية المياه ، وأنشئت لأول مرة في التاريخ محطات تنقية على مستوى المدن . ففي عام ١٨٠٧م مثلاً ، أقيمت محطة مدينة جلاسكو الأسكتلندية - من أوائل المحطات في العالم - لمعالجة المياه بطريقة الترشيح ، ثم نقلها إلى المستهلكين عبر شبكة توزيع خاصة . وعلى الرغم من أن هذه المساهمات تعد تطوراً تقنيا في تلك الفترة إلا أن الاهتمام كان منصباً على نواحي اللون ، والطعم ، والرائحة - ما يسمى بالقابلية - وكان إستخدام المرشحات الرملية هو المظهر السائد حتى بداية القرن العشرين .

وكان وباء الكلوليرا من أوائل الأمراض التي أكتشف إرتباطها الوثيق بتلوث مياه الشرب العامة في المرحلة السابقة لتطور عمليات التنقية . فعلى سبيل المثال ثبت أن تلوث المياه بمدينة لندن قد تسبب في إصابة بعض سكانها بمرض الكلوليرا حيث أدى إلى وفاة ١٤٦٠٠ و ١٠٦٧٥ شخص في عامي ١٨٤٨م و ١٨٥٤م على التوالي ، كما أصيب حوالي ١٧٠٠٠ شخص من سكان مدينة هامبرج الألمانية بهذا الوباء خلال صيف ١٨٩٢م ، وانتهى بوفاة مالايقل عن نصف ذلك العدد .

ساعد الاكتشاف المذكور - علاقة الكلوليرا بالمياه الملوثة- على البحث عن سبل لازالة الكائنات الدقيقة المرضة - بكتيريا وفيروسات وغيرها - من المياه وإدخال عمليات التطهير عليها للوصول إلى مياه عالية الجودة ، بحيث تكون خالية من العكارة ، واللون ، والطعم ، والرائحة ، وخالية من الكائنات الدقيقة المسببة للمرض .

يعد التطهير للقضاء على الكائنات الدقيقة من بكتيريا وفيروسات بإستخدام الكلور من أوائل العمليات التي أضيفت إلى تنقية المياه بعد عملية الترشيح ، مما أدى إلى الحد من انتشار العديد من أمراض المياه مثل الكوليرا وحمى التيفوئيد .

ونظرا للتقدم الصناعي والتقني الذي يشهده هذا العصر وماتبعه من إزدياد سريع في معدلات إستهلاك المياه الطبيعية والنقية نوعا ما ، ونظراً لما يحدث من تلوث لبعض تلك المصادر نتيجة لإلقاء المخلفات الصناعية والزراعية ومياه الصرف ، وكنتيجة لبعض الحوادث البيئية الأخرى ، فإن عمليات تنقية المياه بدأت تأخذ مساراً جديداً يختلف في كثير من التطبيقات عن مسار التقنيات التقليدية ، بل إن مصادر المياه نفسها قد اختلفت في بعض مناطق العالم عن المصادر التقليدية ، سوف يتناول هذا المقال بإيجاز مواصفات مياه الشرب ، وعمليات التنقية التقليدية ، إضافة إلى الاتجاهات والتحديات الحالية والمستقبلية في عمليات التنقية.

ملوثات مياه الشرب

ينصب الاهتمام بجودة مياه الشرب على توفير المياه المقبولة في مظهرها وطعمها ، ورائحتها ، ومأمونة من النواحي الصحية ، وترتكز مواصفات مياه الشرب ، وعمليات التنقية اللازمة على الوصول إلى هذا الهدف بالدرجة الأولى ، كما أن النواحي الإقتصادية تستدعي البحث عن مصادر للمياه تكون قريبة من مواقع الإستهلاك، ولا تحتاج إلى عمليات تنقية مكثفة باهظة التكاليف . إلا أن هذه النوعية من المصادر لاتكون متوفرة في كثير من الأحيان ، مما يحتم بناء محطات تنقية تختلف مراحلها وتكلفتها باختلاف مصادر المياه وجودتها ، إذ قد تكون المياه غير نقية بطبيعتها ، أو قد تتغير نوعيتها بسبب تلوثها بمواد خارجية . ومن العناصر الطبيعية في مياه الشرب والملوثات الخارجية التي تهمنا من النواحي الصحية مايلي :-

● الكائنات الحية الدقيقة

تعد الجراثيم المسببة للأمراض من أهم العناصر التي تؤثر على مسار عمليات تنقية المياه وعلى مواصفاتها ، لوجود العديد من الأمراض التي تنتقل عن طريق مياه الشرب . تختلف تلك الامراض بإختلاف الجراثيم المسببة لها ، فهناك

المرض	مرات الانتشار	حالات الإصابة
الإلتهاب المعدي المعوي	١٩٢	٣٩,٨٤٥
داء الجارديات	٥٠	١٩,٨٦٣
داء الشيغلات	٢٥	٥,٤٤٨
داء السلمونيلات	٨	١,١٥٠
الإلتهاب الكبدي (النوع أ)	١٦	٤٦٣
الإسهال	٤	٣,٩٠٢
الإلتهاب المعدي المعوي الفيروسي	١٠	٣,١٤٧
الكوليرا الفيروس	١	١٧
الفيروس الدوار	١	١,٧٦١
المجموع	٣٠٧	٧٥,٥٦٩

جدول (١) معدل انتشار أمراض المياه في الولايات المتحدة الامريكية (١٩٧١ ـ ١٩٨١م)

أمراض بكتيرية تسبب آلام معوية حادة نتيجة للتلوث ببكتيريا السلمونيلا والشيقيلا ، وأمراض تسببها بعض البروتوزوا مثل الأميبا والجارديا ، وهناك أمراض فيروسية مثل الكوليرا وشلل الأطفال ، ويوضح الجدول (١) إحصائية لأمراض المياه في الولايات المتحدة الأمريكية للفترة بين عام ١٩٧١م وعام ١٩٨١م .

● المعادن

من المعلوم أن المياه مهما اختلفت مصادرها فهي تحتوي على كمية من المعادن، يختلف تركيزها ونوعها من مصدر إلى آخر ، كما أن تركيز المعادن في المياه قد يتأثر بتعرض المياه للتلوث .

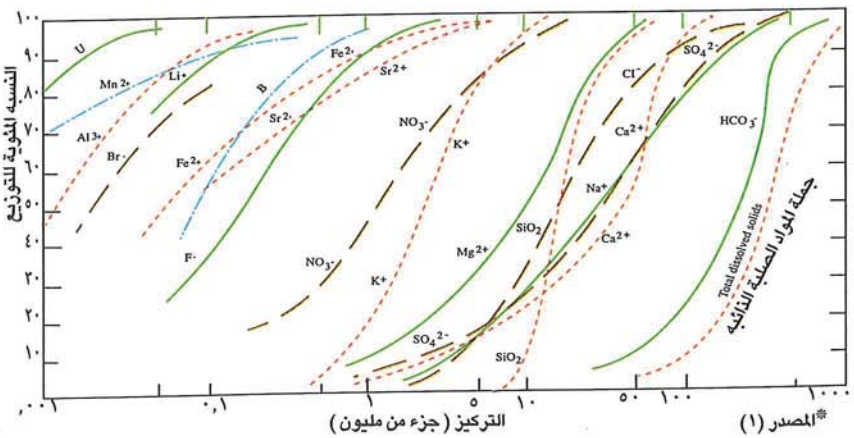
وتقاس المعادن مجتمعة في المياه بمحتواها من الأملاح الذائبة (درجة الملوحة) ، على أن هذا المقياس لايدل على نوعية الأملاح الموجودة ، حيث أن بعض المعادن قد تكون موجودة بكميات ضئيلة لكن أضرارها الصحية قد تكون خطيرة جدا ، كما هو الحال في فلزات عناصر الكروم والكادميوم والزرنيخ والفضة والسيلينيوم وفلزات العناصر الثقيلة كالزئبق والرصاص ، حيث من الضروري قياس كل منها على إنفراد والتأكد من مطابقتها للحدود المسموح بها . ويوضح الشكل (١) متوسط توزيع العناصر والأيونات المعدنية في مصادر المياه على مستوى العالم . وتجدر الإشارة إلى أن وجود المعادن في مصادر المياه يأتي في الغالب كنتيجة للتفاعلات الكيميائية التي تتم بين المياه والصخور أو التربة المحيطة بها خلال عمليات التعرية وإنتقال المياه ، كما أن التكوين المعدني قد يتأثر بالتفاعلات الحيوية ويتم تخفيفه أو تركيزه نتيجة لإنتقال المياه خلال الدورة الهيدرولوجية .

ومن ناحية التأثيرات الصحية للعناصر والأيونات المعدنية في المياه ، فإن لكل منها حد تركيز معين يعتقد أن تجاوزه قد يؤدي إلى آثار سلبية على الصحة العامة ، أو إلى أضرار إقتصادية ، وتختلف هذه الأضرار والآثار بإختلاف نوعية المعادن وتركيزها ومقدار تجرعها ، كما أن وجود كمية من الأملاح في مياه الشرب يعد ضروريا لصحة الإنسان ، وذلك لحاجة الجسم إلى مقادير معينة من بعض الأملاح . وكمثال على أهمية الأملاح في المياه فإن بعض الدراسات تشير إلى أن هناك علاقة إيجابية بين نقص العسر في مياه الشرب وبعض أمراض القلب ، إلا أن هذه العلاقة لم تكن واضحة في جميع الدراسات التي أجريت بهذا الصدد ، من جانب آخر فإن وجود العسر بتركيز عال يؤدي إلى صعوبة في إستخدام المياه في الغسيل ، وإلى ترسيب أملاح العسر في الأنابيب والغلايات ، وهناك ملوثات معدنية كثيرة في مياه الشرب وضعت لها مواصفات معينة تختلف بإختلاف درجة تأثيرها على الصحة وعلى إستخدامات المياه ، من هذه الملوثات الحديد والنحاس والخارصين ومعادن ثقيلة أخرى . كما أن هناك مواصفات لتركيز الأملاح الذائبة ولعناصر أخرى غير معدنية مثل النترات والفلوريدات والكبريتات .

● المواد العضوية

تتألف المواد العضوية في مياه الشرب من عدة أنواع ، بعضها يكون موجوداً أصلا في المياه مثل المواد الهيومية (Humic Substances) ، التي تتكون نتيجة لتحلل بقايا النبات والحيوان ، والبعض الآخر يأتي نتيجة لتلوث المياه بالمخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المدن . وللمواد الهيوميه دور رئيسي في التحكم بالتفاعلات الكيميائية يتمثل في تبادل وإنتقال بعض المركبات والعناصر المعدنية بين المياه وما تلامسه من صخور ورواسب . كما أن للمواد الهيوميه دوراً كبيراً في تكوين بعض المركبات السامة في مياه الشرب نتيجة لتفاعلها مع مواد التطهير ، مثل الكلور ، كما سيأتي ذكره لاحقا .

وتشكل المركبات العضوية المصنعة خطراً كبيراً على الصحة العامة ، وقد ظهر ذلك ـ بوضوح ـ في تلوث بعض مصادر المياه في العديد من الدول الصناعية . وتتألف هذه الملوثات من مركبات عضوية عديدة ، بعضها لاتعرف أضرارها الصحية بدقة تكفي لوضع حد معين لتركيزها في المياه ، كما أن هناك مواد عضوية جديدة تصنع بإستمرار بمعدلات تتجاوز معدلات دراسة هذه المواد ومعرفة آثارها الصحية ، وفي كثير من الأحيان لاتوجد طرق تحليلية تكفي لقياس الملوثات وتحديد تركيزها بدقة في مياه الشرب ، وتشمل هذه الفئة من المواد العضوية



*المصدر (١)

● شكل (١) توزيع تركيز الايونات والمكونات المختلفة في مصادر المياه في العالم .

عناصر طبيعية	نواتج التلوث
تريتيوم (هيدروجين-٣)	سترونشيوم - ٩٠
كربون - ١٤	سيزيوم - ١٣٧
يورانيوم - ٢٣٥	تريتيوم (هيدروجين-٣)
يورانيوم - ٢٣٨	كربون - ١٤
توريوم - ٢٣٢	يود - ١٢٥
راديوم - ٢٢٦	يود - ١٢٩
راديوم - ٢٢٤	يود - ١٣١
رادون - ٢٢٢	بلوتونيوم - ٢٣٩

جدول (٢) أمثلة للعناصر المشعة في مياه الشرب.

العديد من المواد الكيميائية التي تستخدم في الصناعات المختلفة والمبيدات الزراعية والحشرية ومواد التنظيف. وتجدر الإشارة إلى أن تقنيات القياس الموجودة حاليا تكفي فقط لتحديد عددقليل من المواد العضوية في المياه، حيث أمكن قياس حوالي ٥٠٠ من المركبات العضوية البالغ عددها في مياه الشرب حوالي مليونين.[1]

• النظائر المشعة

تصل النظائر المشعة إلى مياه الشرب أساسا عن طريق التكوينات الصخرية، أو نتيجة للتلوث بفعل الإنسان من خلال التفجيرات النووية، ونفايات استخدامات النظائر المشعة في الطب، والمختبرات، ونواتج تجهيز وإستخدام الوقود في محطات الطاقة النووية. ويوضح الجدول (٢) بعض الأمثلة للعناصر المشعة في مياه الشرب، وبما أن كمية المواد المشعة التي يستهلكها الإنسان في مياه الشرب ضئيلة جداً مقارنة بما يتعرض له الإنسان من أشعة كونية ومصادر طبيعية أخرى[2]، تبقى العناصر المشعة ذات أهمية كبيرة في مياه الشرب من النواحي الصحية.

مواصفات مياه الشرب

بعد استعراض أهم العناصر التي تتحكم في جودة مياه الشرب، وتأثيرها على الصحة العامة فإنه تتضح أهمية وجود مواصفات لأكبر عدد ممكن من هذه العناصر في مياه الشرب، وضرورة وجود عمليات التنقية اللازمة للوصول بالمياه إلى حدود تلك المواصفات. إلا أنه يجب الاشارة إلى أن مواصفات المياه لايمكن أن تشمل جميع الملوثات الممكنة، كما أن الأرقام المذكورة في المواصفات قد لاتوفر الحماية الكافية من بعض العناصر، أو قد تكون أقل بكثير من الحد الأقصى الذي يمكن للإنسان أن يستهلكه بدون أن يتأثر صحيا. كل ذلك يمكن إدراكه عند التعرف على الأسس التي تبنى عليها المواصفات التي تعتمد في الغالب على دراسات إحصائية وإحتمالات تتيح نسب مخاطرة معينة ومبنية على أمور عدة منها:

- دراسات معملية تجريبية تجري في الغالب على الحيوانات.
- حوادث إستهلاك سكان بعض المناطق لمياه ملوثة ببعض العناصر.
- مدى توفر التقنية اللازمة لقياس الملوثات وعمليات تنقية المياه.
- المقدرة الإقتصادية على تنقية المياه (مشكلة الدول الفقيرة).
- تخمينات علمية مبينة على خبرات سابقة.

ورغم صعوبة وضع مواصفات شاملة ودقيقة لمياه الشرب للأسباب التي ذكرت سابقا، إلا أن ذلك لايعني ترك الأمر للاجتهادات الخاصة حيث أن هناك دراسات وتجارب سابقة أسفرت عن إيجاد مواصفات قياسية جزئية لمياه الشرب، ويوضح جدول(٣) قائمة جزئية للمواصفات السعودية لمياه الشرب مقارنة بالمواصفات الامريكية ومواصفات منظمة الصحة العالمية.

عمليات التنقية

تختلف عمليات التنقية باختلاف مصادر المياه (جوفية أو سطحية)، وجودة المياه، والمواصفات الموضوعة لمياه الشرب، ويجب الإشارة إلى أن التغير المستمر لمواصفات المياه يؤدي أيضاً - في بعض الأحيان - إلى تغيير في عمليات التنقية، حيث يتم تحديث المواصفات - في الغالب - بزيادة أو خفض الحد الأعلى لتركيز بعض مكونات الماء، وإضافة مكونات جديدة إلى قائمة المواصفات. كل ذلك يأتي نتيجة لعدد من العوامل، مثل التطور في تقنيات تحليل المياه وعمليات التنقية، أو اكتشاف مكونات جديدة لم تكن موجودة في المياه التقليدية أو كانت موجودة ولكن لم يتنبه إلى وجودها في السابق، أو معرفة جديدة ببعض المشكلات التي تسببها بعض المكونات الموجودة أصلا في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات التنقية، وفيما يلي وصف موجز لعمليات التنقية التقليدية المستخدمة للمياه السطحية والمياه الجوفية.

الخاصية	الحد الأقصى (جزء من مليون أو كما موضح)		
	السعودية	الأمريكية	منظمة الصحة العالمية
اللون	١٥ وحدة (*)	١٥	١٥
العكارة	٥ وحدات	–	٥
الطعم	مقبول	–	مقبول
الرائحة	مقبولة	–	مقبولة
الرقم الهيدروجيني	٦,٥ - ٨,٥	٦,٥ - ٨,٥	٦,٥ - ٨,٥
المواد الصلبة الكلية الذائبة	١٠٠ - ١٠٠٠	٥٠٠	١٠٠٠
التوصيل الكهربائي	١٦٠٠ - ١٦٠ (**)	–	–
المغنيسيوم	١٥٠	–	–
الكالسيوم	٢٠٠	–	–
العسر الكلي	٥٠٠	–	٥٠٠
الصوديوم	٢٠٠	–	٢٠٠
الكبريتات	٤٠٠	٢٥٠	٤٠٠
الكلورايد	٢٥٠	٢٥٠	٢٥٠
الألمنيوم	٠,٢	–	٠,٢
الحديد	٠,٣	٠,٣	٠,٣
النحاس	١	١,٣	١,٠
الخارصين	٥	–	–
المنجنيز	٠,١	٠,٠٥	٠,١
الزرنيخ	٠,٠٥	٠,٠٣	٠,٠٥
الكادميوم	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥
السيانيد	٠,٠٥	–	٠,١
الزئبق	٠,٠٠١	٠,٠٠٢	٠,٠٠١
السيلينيوم	٠,٠١	٠,٠٥	٠,٠١
الكروم الكلي	٠,٠٥	٠,١	٠,٠٥
النترات(نيتروجين)	١٠	١٠	١٠
النيتريت	١>	١	–
الفلوريد	٠,٦ - ١,٧	٤	١,٥
الرصاص	٠,٠٥	صفر	٠,٠٥

(*) وحدة لون حقيقي بمقياس الكوبالت البلاتيني.
(**) ميكروسيمينز /سم.

جدول (٣) المواصفات السعودية لمياه الشرب مقارنة بالمواصفات الأمريكية ومواصفات منظمة الصحة العالمية.

• تنقية المياه السطحية

تسُخر عمليات تنقية المياه السطحية بصورة عامة نحو إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكارة وتغيراً في اللون والرائحة . تتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية ، اضافة إلى بعض الكائنات الدقيقة ، مثل الطحالب والبكتيريا . ونظرا لضآلة وزن الحبيبات العالقة مقارنة بمساحتها السطحية فإنها تبقى معلقة في الماء ولاتترسب . وإضافة إلى ذلك فإن الخواص السطحية والكيميائية لهذه الحبيبات تزيد من اتزانها في الماء ومقاومتها للترسيب .

تعد عمليات التنقية الكيميائية باستخدام عملية التخثير والترويب (Coagulation & Flocculation)هي الطريقة الرئيسية لتنقية المياه السطحية ، حيث تستخدم لهذا الغرض بعض المواد الكيميائية التي تقوم بإخلال اتزان الحبيبات العالقة ، وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها ، وإزالتها في أحواض للترسيب ، ومن المروبات المشهورة كبريتات الألمنيوم وكلوريد الحديديك ، بالإضافة إلى بعض المروبات المساعدة مثل البوليمرات العضوية والبنتونايت والسيليكا المنشطة ، كما يمكن استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيرا في طعم ورائحة المياه . يلي عملية الترويب والتخثير عملية الترشيح باستخدام مرشحات رملية لازالة ماتبقى من رواسب ، وأخيراً تأتي مباشرة عملية التطهير للقضاء على الكائنات الدقيقة المرضة حيث أنها تعد الحد الأدنى لكل أنواع المياه في جميع الحالات .

• تقنية المياه الجوفية

تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبيعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم ، إلا أن بعض مياه الآبار ، وخصوصا العميقة منها ، قد تحتاج إلى عمليات تنقية متقدمة ، وباهظة التكاليف ، قد تخرج عن نطاق العمليات التقليدية . وأبسط صورة لهذه العمليات هي إضافة الكلور للتطهير ، ثم ضخ المياه إلى شبكة التوزيع ، ويستخدم التطهير كعملية وحيدة لتنقية مياه بعض الآبار ذات النوعية الجيدة التي تفي بجميع مواصفات المياه ، إلا أن هذه النوعية من المياه هي الأقل وجودا في الوقت الحاضر . لذلك فإن غالبية المياه الجوفية تحتاج إلى عمليات فيزيائية وكيميائية ـ بالإضافة إلى التطهير ـ إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمنجنيز والمعادن المسببة لعسر الماء .

وتتم إزالة الغازات الذائبة باستخدام عملية التهوية التي تقوم أيضا بإزالة جزء من الحديد والمنجنيز عن طريق الأكسدة ، وقد يكون الغرض من التهوية هو مجرد التبريد، كما يحدث لبعض مياه الآبار العميقة التي تكون حرارتها عالية وتستدعي تبريدها حفاظا على كفاءة عمليات التنقية الأخرى . ويمكن إزالة معادن الحديد والمنجنيز بكفاءة في عمليات الأكسدة الكيميائية باستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم .

إن الطابع العام لعمليات تنقية المياه الجوفية هو إزالة العسر بطريقة الترسيب ثم الترشيح بواسطة المرشحات الرملية أو المرشحات مزدوجة الوسط . ويستخدم في عمليات إزالة العسر الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم) بالإضافة ـ في كثير من الأحوال ـ إلى استخدام رماد الصودا (كربونات الصوديوم) ، وهناك مركبات بديلة يمكن إستخدامها لإزالة عسر المياه ، كاستخدام الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم).

وتحتاج المياه بعد عملية الترسيب إلى عملية موازنة قبل وصولها إلى المرشحات وشبكة التوزيع ، وذلك بهدف إذابة رواسب كربونات الكالسيوم المتبقية في المياه بعد عملية الترسيب ، ومنع ترسبها في المرشحات وأنابيب الشبكات . ويستخدم لهذا الغرض غالبا ثاني أكسيد الكربون أو حامض الكبريت لتعديل الرقم الهيدروجيني ، والمحافظة على المياه في حالة متزنة كيميائيا بالنسبة لكربونات الكالسيوم ، بحيث يمنع الترسيب في الشبكات وتآكل الأنابيب ، وتأتي عملية التطهير بعد الترشيح ، وذلك لقتل الكائنات الدقيقة المرضة ، حيث يستخدم لهذا الغرض عدد من العمليات ، مثل استخدام الكلور بصوره المختلفة ، أو الأشعة فوق البنفسجية ، أو الأوزون ، أو مركبات مطهرة أخرى .

• إزالة المخلفات

هناك مصدران رئيسان للمخلفات في محطات تنقية المياه، الأول هو الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب ، والثاني هو مياه الغسيل الناتجة عن غسل المرشحات . وهذه المخلفات تحتاج إلى معالجة لتسهيل عملية التخلص منها بطرق بيئية سليمة ، أو الاستفادة منها بإعادة إستخدامها .

تحديات جديدة وتقنيات متطورة

بالرغم من أن طرق التنقية التقليدية السالفة الذكر لاتزال هي الطابع العام في كثير من دول العالم ، إلا أن السنوات الأخيرة شهدت تطوراً مذهلاً وتغيراً ملحوظاً في إتجاهات تنقية مياه الشرب في الدول الصناعية وبعض الدول النامية . وقد جاء هذا التحول كنتيجة حتمية للعديد من العوامل التي من أبرزها تلوث الكثير من مصادر المياه بالمخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المدن ، كما أن الشح في مصادر المياه الصالحة للشرب في العديد من الدول أدى إلى البحث عن مصادر مياه أخرى غير المصادر التقليدية ، مما أدى إلى استخدام تقنيات متقدمة باهظة التكاليف ، ومن التحديات الجديدة والتقنيات المقترحة للتغلب عليها مايلي:-

• تلوث مصادر المياه

يعد تلوث الكثير من مصادر المياه بالمواد العضوية المصنعة السمة الرئيسية لحوادث التلوث في العالم ، وتصل هذه المواد إلى مياه الشرب في الغالب عن طريق المخلفات الصناعية والزراعية ومخلفات المدن ، وقد كانت المخلفات في السابق تحتوي على مواد عضوية طبيعية يمكن إزالتها بواسطة الطرق الحيوية في محطات معالجة المخلفات ، ثم التخلص منها بأمان دونما تأثير على مصادر المياه . لكن التطور الصناعي السريع خلال نصف القرن الماضي كان من نتائجة تصنيع الملايين من المواد العضوية الغريبة على

البيئة والتي يصعب إزالتها بطرق المعالجة الحيوية لمياه الصرف والتقنية التقليدية لمياه الشرب ، كان الهدف من تصنيع بعض هذه المواد العضوية القضاء على الكائنات الحيوية الدقيقة في البيئة (كما هو الحال في المبيدات) ، إلا أن وصول هذه المواد إلى مصادر المياه أصبح مشكلة عالمية ، فعلى سبيل المثال فقد تم في عام ١٩٨٣م إكتشاف أكثر من ٣٠٠ مركب عضوي في مياه الشرب في الولايات المتحدة الأمريكية ، وفي كل عام تكتشف مواد أخرى جديدة[2] . وأدى إكتشاف هذه المواد في المياه إلى إستخدام تقنيات جديدة تضاف إلى التقنيات التقليدية لتنقية المياه .

وهناك العديد من البحوث والدراسات تجري حالياً لإستخدام تقنيات متطورة جداً لتنقية بعض المياه الملوثة ، بل إن بعض المحطات في الولايات المتحدة وأوربا قد شرعت في إستخدام هذه التقنيات ببناء محطات تجريبية ، وفي بعض الأحوال محطات متكاملة تستخدم تقنيات معينة ، مثل الإدمصاص بواسطة الكربون المنشط[3] ، وعمليات النزع بالتهوية[4] لإزالة العديد من الملوثات العضوية ، مثل الهيدروكربونات ، وبعض المبيدات ، والمركبات العضوية الهالوجينية .

• ازدياد الطلب وشح المصادر

تعاني الكثير من الدول في العصر الحاضر من نقص شديد في مصادر المياه نتيجة للجفاف والنمو السكاني ، كما أن التقدم في الصناعة وإرتفاع مستوى المعيشة في بعض الدول النامية تبعه استهلاك سريع لمصادر المياه التقليدية مع نقص في الموارد المائية غير المتجددة . إضافة إلى ماسبق ، فإن برامج الترشيد في إستهلاك المياه تكاد تكون معدومة في كثير من الدول التي تعاني من شح المياه . وكوسيلة لسد العجز في مصادر المياه التقليدية فقد لجأت العديد من الدول ، كما هو الحال في معظم دول الخليج العربي ، إلى تحلية مياه البحر والمياه الجوفية عالية الملوحة . وتعد تقنية تحلية المياه المالحة من التقنيات الحديثة نوعاً ما ، وتخضع في بعض صورها إلى تطور سريع في وقتنا الحاضر .

• الآثار الصحية لنواتج الكلور

يعد الكلور أشهر المواد التي تستخدم في تطهير مياه الشرب ، حيث أدى استخدامه منذ حوالى ١٠٠ عام إلى الحد من إنتشار الكثير من أمراض المياه . إلا أنه قد حصل مؤخراً تحول مفاجيء حول النظر إلى الكلور كمادة مأمونة الإستخدام في مياه الشرب . وقد بدأ هذا التحول في عام ١٩٧٤م عندما نشر أول تقرير يوضح أن تفاعل الكلور في المياه يؤدي إلى تكوين مادة الكلوروفورم السامة[5] . وتوالت الدراسات بعد ذلك وأثبتت أن تفاعل الكلور مع المواد العضوية الهيومية الموجودة في كثير من المياه السطحية وفي مياه الصرف الصحي يؤدي ـ تحت الظروف البيئية لتلك التفاعلات ـ إلى تكوين مادة الميثانية ثلاثية الهالوجين (Trihalomethanes) ، ومواد عضوية هالوجينية أخرى ، وتشمل ا لمواد الميثانية ثلاثية الهالوجين عدة مركبات ، من أهمها الكلوروفورم ، والبروموفورم دايكلور وميثان ، والدايبروموكلوروميثان . ويعتقد أن هذه المواد وغيرها من نواتج الكلورة قد تسبب السرطان ، ووضعت مصلحة حماية البيئة الأمريكية ومنظمة الصحة العالمية الحد الأعلى لتركيز مجموع المواد الميثانية ثلاثية الهالوجين في مياه الشرب عند ١ر٠ ملجم/لتر .

ونظراً لأن التركيب الكيميائي للمواد العضوية الهيومية غير معروف بالتفصيل فإن مسارات التفاعلات مع الكلور والطرق التي يتم بها تكوين النواتج غير واضحة تماماً في الوقت الحاضر ، وهناك العديد من البحوث الجارية للكشف عن أسرار هذه التفاعلات .

وقد أدى اكتشاف نواتج الكلورة في مياه الشرب إلى البحث عن أفضل السبل للحد من المشكلة ، وإلى تكثيف الدراسات حول نواتج تطهير المياه . وتتركز الحلول المقترحة للتخفيف من مشكلة نواتج الكلورة على النقاط التالية:

ـ استخدام مطهرات أخرى بديلة عن الكلور .
ـ إزالة المواد الهيومية قبل وصولها إلى مرحلة الكلورة.
ـ إزالة المواد العضوية المكلورة بعد تكوينها .

تؤدي جميع الحلول المذكورة ـ من الناحية النظرية ـ إلى الإقلال من تركيز المواد العضوية المكلورة في المياه المعالجة ، إلاأن الدراسات التي أجريت وما زالت تُجرى تدل على أن المشكلة ليست سهلة وأن إمكانية إستخدام أي من الحلول ودرجة الإستفادة منه يختلف بإختلاف مصادر المياه وطبيعة التنقية في المحطات القائمة . ومن بدائل الكلور المقترحة التي تم دراستها : الأوزون والكلورامين وثاني أكسيد الكلور ، وقد ثبت أن هذه البدائل لاينتج عنها المواد العضوية المكلورة التي تنتج عن الكلور ، مثل المواد العضوية ثلاثية الهالوجين . غير أن الحماس لبدائل الكلور قد تناقص مؤخراً لأنه اتضح أن بدائل الكلور تنتج عنها أيضا مواد أخرى عضوية وغير عضوية تعد ضارة بالصحة ، ويجب إزالتها من المياه بعد التنقية . فمثلا يؤدي إستخدام ثاني أكسيد الكلور إلى تكوين الكلورايت والكلوريت ، بالإضافة إلى ثاني أكسيد الكلور المتبقي بعد المعالجة[6] ، كما أن ثاني أكسيد الكلور يمكن أن يعاد تكوينه داخل شبكة التوزيع مما يؤدي إلى ظهور روائح تشبه رائحة الكيروسين أو المبيدات الحشرية في مياه الشرب[7] ، أما الأوزون فينتج عن إستخدامه مركبات عديدة مثل الفورمالدهايد والأسيتالدهايد ،كما ينتج عن الكلورامين مركبات مثل كلوريد السيانوجين[8] .

تعد عملية الإدمصاص بإستخدام الكربون المنشط من أوائل العمليات التي درست لإزالة المواد العضوية الهيومية قبل مرحلة الكلورة كوسيلة للإقلال من نواتج الكلورة ، إلا أن هذه العملية تلاقي معارضة بسبب تكلفتها الكبيرة وضعف كفاءتها . ويعتقد أن تحسين كفاءة طرق التنقية التقليدية ،(الترويب و الترسيب و الترشيح وغيرها)، تؤدي في كثير من الأحوال إلى إزالة كمية كبيرة من المواد الهيومية قبل عملية الكلورة[9] .

ويمكن إزالة جزء كبير من نواتج عملية الكلورة بعد تكوينها بإستخدام عدة طرق ، منها عملية النزع بالتهوية لإزالة المواد المتطايرة ، وعملية الإدمصاص بإستخدام الكربون المنشط ، إلا أن جميع هذه العمليات تضيف عبئاً مادياً كبيراً على

محطات تنقية المياه . لذلك فإن إختيار الحل الأمثل للتحكم في نواتج الكلورة يجب بناؤه على دراسة مفصلة لطبيعة المياه وطرق التنقية القائمة آخذين في الإعتبار كفاءة العمليات المقترحة وتكلفتها .

• التلوث داخل شبكات التوزيع

على الرغم من أن نوعية المياه عند مغادرة محطة التنقية تكون مقبولة ، إلا أنها قد تتغير وتتلوث عند مرورها داخل شبكة التوزيع والشبكات المنزلية . وقد يحدث التغير نتيجة لعوامل كيميائية أو حيوية أو نتيجة للتلوث من خارج الشبكة ، ويعد التآكل وتحلل مواد الشبكة من أهم مصادر التلوث داخل الشبكة ، حيث يؤدي إلى إذابة بعض العناصر من مواد الأنابيب والوصلات والطبقات الواقية التي توضع للحد من التآكل ، وتنتج ألياف الأسبستوس وكلوريد الفينيل ومواد أخرى تنتج عن إستخدام بعض الأنابيب البلاستيكية ومواد اللحام . كما أن ترسب بعض المواد الكيميائية مثل أملاح الحديد والمنجنيز والكربونات قد يؤثر سلبا على نوعية المياه في الشبكة ، وربما تؤدي بعض المواد الكيميائية المستخدمة في المحطات إلى تدهور نوعية المياه داخل الشبكة ، فمثلايؤدي بقاء نسبة معينة من ـ الكلور بعد عمليات التنقية ـ مع وجود نسبة من المواد الهيومية في المياه إلى استمرار تكوين المواد الميثانية ثلاثية الهالوجين داخل الشبكة ، والتي يزداد تركيزها بإزدياد زمن مكوث المياه في الشبكة ووجود الظروف الملائمة من درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني .

ومن الممكن أن تسوء نوعية المياه داخل الشبكة نتيجة للتلوث الحيوي ، حيث قد تصل الكائنات الدقيقة من بكتيريا وفيروسات وغيرها إلى داخل الشبكة نتيجة لعدم كفاءة عمليات التنقية ، أو بسبب تلوث خارجي للشبكة بواسطة مياه الصرف الصحي . وقد تتكاثر الكائنات الدقيقة في المياه ، أو على الأسطح الداخلية للأنابيب مما يؤدي إلى انتشار بعض أمراض المياه ، كما تساهم بعض الكائنات الدقيقة في العديد من التفاعلات الجيوكيميائية التي تساهم في بعض عمليات التآكل .

وبالنظر إلى أنواع وأسباب التلوث داخل الشبكات يتضح أنه للتحكم فيه يجب العناية في إختيار مواد الشبكات وتصميمها وصيانتها ، و العناية بعمليات التنقية في المحطات والرفع من كفاءتها، فمثلاً للتحكم في التآكل يجب ممارسة برنامجاً محدداً يساعد على إزالة الظروف التي تؤدي اليه ، مثل التحكم في الرقم الهيدروجيني ، وإضافة بعض المواد الكيميائية . ويجب لمنع ترسب أكاسيد الحديد والمنجنيز إستخدام عمليات الأكسدة والترسيب والترشيح . كما يمكن منع ترسب كربونات الكالسيوم في الشبكة بالحفاظ على الإتزان الكربوني للمياه عند مغادرة المحطة بإضافة المواد الكيميائية اللازمة .

• مشكلة الفلورايد

من المعلوم أن هناك علاقة وثيقة بين مايستهلكه الإنسان من الفلورايد وصحة الأسنان ، وقد وضعت مواصفات مياه الشرب حدوداً معينة لتركيز الفلورايد في المياه تتناسب مع كمية المياه التي يستهلكها الإنسان خلال فصول السنة المختلفة ، وفي السابق كان الجدل حول مدى ضرورة إضافة الفلورايد إلى مياه الشرب في حالة وجوده بنسب أقل من المواصفات ، حيث أن الإنسان يمكن أن يحصل على الفلورايد من مصادر أخرى عدا مياه الشرب ، وزاد من هذه المشكلة ظهور العديد من التقارير المتناقضة حول العلاقة بين نسبة الفلورايد في مياه الشرب وصحة الأسنان بناءاً على دراسات لمجتمعات تحتوى مياهها على النسبة اللازمة من الفلورايد ومجتمعات أخرى تقل نسبة الفلورايد في مياهها عن الحد المطلوب . الا أن ماورد في السابق حول موضوع الفلورايد كان أقل حساسية مما ورد مؤخراً في أحد التقارير الطبية الأمريكية عن إحتمال وجود علاقة بين نسبة الفلورايد في المياه والإصابة بالسرطان ، حيث سارعت الجهات المعنية هناك إلى التأكيد على أن هذه المعلومات تحت الدراسة ولم يتوصل فيها إلى قرار نهائي يؤكد ذلك الإدعاء[10].

• النظائر المشعة

أدى اكتشاف بعض النظائر المشعة مثل الرادون والراديوم واليورانيوم في بعض مصادر المياه الجوفية إلى البحث الجاد عن أفضل السبل لإزالتها . ومن التقنيات التي تدرس حالياً لهذا الغرض ـ بالإضافة إلى العمليات التقليدية ـ عمليات التبادل الأيوني والإدمصاص بإستخدام الألومينا المنشطة وعمليات التناضح العكسي[11].

المراجع

1. Water Treatment Principles and Design, James M. Montgomery, Consulting Engineers, Inc., John Wiley & Sons, 1985, pp 10 - 13 .
2. Koening, L., "Fundamental Considerations in the Removal of Organic Substances from Water-A General Overview, In Control of Organic Substances in Water and Wastewater, B. B. Berger, Editor, EPA-600/8-83-011, 1983 .
3. Digiano, F. A., "Adsorption of Organic Substances in Drinking Water", In Control of Organic Substances in Water and Wastewater, B. B. Berger, editor EPA-600/8-83-011, 1983 .
4. McCarty, P. L., "Removal of Organic Substances in Water and Wastewater, B. B. Berger, editor, EPA-600/8-83-011, 1983 .
5. Rook, J., "Formation of Haloforms During Chlorination of Natural Waters", Water treatment Exam., 1974, 23, pp234 .
6. Gordon, G. et. al., "Minimizing Chlorite Ion and Chlorate Ion in Drinking Water Treated with Chlorine Dioxide", J. Amer, Water Works Assoc., 1990, Vol. 82, No 4, pp160 - 165.
7. Hoehn, R. C. et. al., "Household Odors Associated with the use of Chlorine Dioxide", J. Amer. Water Works Assoc., 1990, Vol. 82, No. 4, pp166 - 172 .
8. Krasner, S. W. et. al., "The Occurence of disinfection Byproducts in U. S. Drinking Water", J. Amer. Water Works Assoc., 1989. Vol. 81, No. 8, pp41-53 .
9. Edzwald, J. K., "Coagulation - Sedimentation - Filteration Processes for Removing Organic Substances from Drinking Water". In Control of Organic Substances in Water and Wastewater, B. B Berger, editor, EPA-600/8-83-011, 1983 .
10. Main Stream, "Reports Linking Flouride to Cancer are Premature", Amer, Water Works Assoc., 1990, Vol. 34, No. 2
11. Longtin, J. P., "Occurrence of Radon, Radium, and Uranium in Ground Water", J. Amer. Water Works Assoc., 1988, Vol.80, No. 7, pp84 - 93.

تهويه وتبريد المياه

د. ناصر بن عبدالله الرشيد
أ. عبدالله المحينيف

عرفت فوائد تهوية المياه (Water Aeration) منذ عهد الرومان ، فقد كانوا يعملون الجدران الجانبيه لقنوات نقل المياه خشنة ، لكي تعمل على إثارتها وتكوين فقاعات هوائية داخلها ، فيؤدي ذلك إلى زيادة أثر الهواء في تنقيتها ، وبالتالي تحسين طعمها ورائحتها ، وتقليل التكاليف الإقتصادية لمعالجتها .

تهدف تهوية المياه في السابق إلى إزالة كبريتيد الهيدروجين الذي يعطي المياه طعماً ورائحة غير مقبولة ، فضلاً عن إزالة ثاني أكسيد الكربون مما يقلل كمية الصودا المستخدمة لإزالة عسر الماء ، أما في الوقت الحاضر فإن تهوية المياه تستخدم لإزالة الملوثات العضوية الطيارة (Volatile Organic Contaminants -VOC) مثل البنزين ورابع كلوريد الكربون ، وثنائي كلوريد البنزين والتي يعتقد أنها تسبب أضراراً صحية .

من جانب آخر تهدف عملية التبريد (Water Cooling) إلى خفض درجة حرارة مياه الآبار العميقة التي تصل درجة حرارتها إلى حوالي ٧٠ مْ لكي تصل إلى حوالي ٣٥ مْ .

حالياً تستخدم التهوية في معظم محطات معالجة المياه لإزالة بعض المواد غير المرغوبة فيها ، ويطلق على هذه العملية اسم عملية الفصل (Stripping) ، كما تستخدم التهوية لإضافة بعض المواد الموجودة في الهواء إلى الماء فيما يسمى بعملية الإمتصاص (Absorption) مثل عملية إضافة الأكسجين لأكسدة الحديد والمنجنيز ، أو إضافة الأوزون للقضاء على الكائنات الدقيقة المسببة للامراض .

الأسس العلمية للتهوية والتبريد

تُعَرَّف عملية التهوية ـ بشكل عام ـ بأنها عملية تلامس الهواء مع الماء لتسهيل عملية إنتقال الغاز من خلال السطح الفاصل بين الوسطين (السائل والغاز) .

يجب عند تطوير الأنظمة المتعلقة بعملية نقل الغاز إلى الماء الاهتمام بمعدل وكمية الإنتقال الذي يمكن إنجازه ، ولكي تتم عملية الإنتقال فإنه يجب أن يكون هناك فرق في محتوى التركيز بين السائل والهواء ، لأن هذا الفرق يعد مؤشراً على عدم الإتزان ، وبالتالي يؤدي إلى إنتقال الغاز إلى الماء .

● الإتزان

تعرف عملية الإتزان (Equilibrium) بأنها الحالة التي يتوقف عندها الانتقال بين وسطين متجاورين من خلال السطح الفاصل بينهما . وتعتمد كمية ومعدل إنتقال الغاز من وإلى الماء على قابلية ذوبانه في الماء والعوامل التي تؤثر عليها ، وذلك كما يلي:

ـ عند الإتزان لا يوجد أي إنتقال بين الوسطين.

ـ عندما يكون النظام في حالة عدم الإتزان فإن عملية الإنتقال تستمر حتى تصل إلى حالة الإتزان ، وقد يكون الوقت اللازم لوصوله إلى هذه الحالة قصيراً أو طويلاً جداً.

ـ يوجد لكل غاز عدد من حالات الإتزان ـ يمكن تمثيلها بمنحنى التوزيع ـ تعتمد على الضغط الكلي ودرجة الحرارة.

ـ تعمل الزيادة في درجة الحرارة على خفض درجة الذوبان ، بينما تعمل زيادة الضغط الكلي على ارتفاع درجة الذوبان.

وهناك آليتان أساسيتان تؤثران في قابلية الغاز على الذوبان ، هما :-

ـ التفاعل الكيميائي لبعض الغازات مع الماء ـ مثل كبريتيد الهيدروجين ، والنشادر (الأمونيا) ، والكلور ، وثاني أكسيد الكربون ـ في عملية يطلق عليها عملية التأين ، وفي هذه الحالة تعتمد قدرة الغاز في الذوبان على درجة تأينه في الوسط .

وبشكل عام ينجم عن تفاعل بعض الغازات مع الماء تحللها (الغازات) كلية إلى أيونات ، وفي هذه الحالة يمكن إعتبار ذوبان الغازات بأنه ذوبان كلي .

ـ عدم تفاعل بعض الغازات مع الماء مثل : الأكسجين ، والميثان ، والكلوروفورم ، وفي هذه الحالة يتأثر الذوبان بما يسمى بمعامل الطاقة غير المستفادة في النظام الديناميكي الحراري المعروف بالانتروبيا (Entropy) ، لأن الانتشار والذوبان يتم عند زيادة الانتروبيا للنظام مقارنة بمكوناته (الأكسجين والماء مثلاً) كل على إنفراد .

يذوب الغاز في الماء عندما تكون قوى التجاذب بين الماء وجزيئات الغاز أقوى من قوة التجاذب بين جزيئات الماء نفسه ، فمثلاً بالرغم من تشابه الإيثلين (C_2H_4) مع الإيثان (C_2H_6) تقريباً من حيث التركيب ، إلا أن الإيثلين يتمتع بدرجة ذوبان في الماء تبلغ ضعف درجة ذوبان الأيثان ، وذلك بسبب الإختلاف في التركيب البنائي لكل منهما وقدرتهما على كسر الروابط الهيدروجينية بين جزيئات الماء ، فجزيء الإيثان يحتوي على روابط أحادية بينما يحتوي جزيء الإيثلين على روابط ثنائية ، ونظراً لأن الروابط الثنائية تحتوي على إليكترونات زائدة فإنها تميل إلى جذب النهايات الموجبة لجزيء الماء ، مما ينتج عنه قوى تجاذب بين جزيئات الماء والإيثلين تؤدي ـ بدرجة عالية ـ إلى ذوبان الإيثلين في الماء .

ومن الأمثلة الأخرى يعد الأكسجين

أكثر قابلية للذوبان في الماء من النيتروجين ، رغم أن كليهما يحتوي على قطبية خفيفة في الماء ، ويعزى ذلك لاحتواء ذرة الأكسجين على اليكترونات مفردة (Unpaired electrons) تتميز بأنها أكثر قابلية للإنجذاب نحو جزيئات الماء .

● إنتقال الكتلة

تحدد درجة إنحراف نظام الماء والغاز عن نقطة الاتزان بالقوة المحركة لعملية الإنتشار مع الأخذ في الإعتبار الوضع الذي ينتشر فيه الغاز من الهواء إلى الماء . ولكي يحدث ذلك يجب أن ينشأ فرق في تركيز المواد وهو ما يحدد إتجاه الإنتقال .

يعبر عن معدل إنتقال الكتلة (Mass Transfer) بمصطلح التدفق (Flux) ، وهو معدل التدفق خلال وحدة زمنية معينة من خلال وحدة مساحة معينة تحت تأثير القوة المحركة . وتُعَرَّف القوة المحركة بأنها الفرق بين التركيز الكلي وتركيز السطح الفاصل بين الوسطين (السائل والغاز) . ويعد الإنتقال منتظماً عندما تتساوى كمية الغاز التي تصل إلى السطح الفاصل بين الهواء والماء مع كمية الغاز التي تنطلق منه وتدخل إلى الماء .

طـرق التهـوية

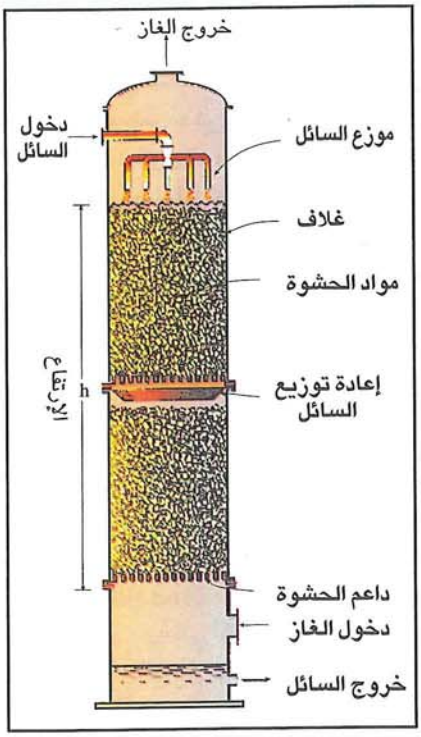
تتم تهوية المياه بعدة طرق منها :

● التهويه بالأبراج المحشوة

يعد إستخدام الابراج المحشوة (Packed Towers) لأنظمة تلامس السائل مع الغاز حديث نسبياً في صناعة معالجة المياه . ففي الماضي كانت عمليات الإزالة تتعامل مع الملوثات شديدة التطاير مثل كبريتيد الهيدروجين ، وكانت تلك الأجهزة البسيطة نسبياً ملائمة لتوفير التلامس الضروري بين الماء والغاز .

أما مجموعة المواد الكيميائية المعروفة بالملوثات العضوية المتطايرة (VOC) ومثيلاتها من المركبات مثل ثلاثي هالوجينات الميثان (Trihalomethane -THM) فإنها تكون أقل تطايراً ، لذا فهي تتطلب إستخدام أجهزة تلامس أكثر تعقيداً ليتم إزالتها بصورة جيدة .

تتكون الأبراج المحشوه النموذجية ، شكل (١) ، من غلاف أسطواني يحتوي على قاعدة داعمة لحمل مادة الحشو ،وهي عبارة عن قطع بلاستيكية مفردة ملقاة عشوائياً في العمود . وتوجد أحياناً حشوة ثابته (Fixed Packed) على شكل شرائح سابقة الصنع توضع داخل البرج بعناية فائقة . وتدار الأبراج بطريقة إعتيادية بإستخدام نموذج التيار المعاكس (Countercurrent) بحيث يهبط الماء إلى أسفل بينما يصعد تيار الهواء إلى أعلى ، كذلك يمكن أن تصمم الأبراج بحيث تلائم التيارات المترافقة(Cocurrents) أو التيارات المتقاطعة (Cross-Currents) .



شكل (١) جهاز الأبراج المحشوة لتهوية المياه

● التهوية بالإنتشار

التهوية بالإنتشار (Diffused Aeration) هي مصطلح يستخدم – بشكل عام – في المجال البيئي ، وهي تشير إلى الطريقة التي يمكن بواسطتها جعل الفقاعات الهوائية تتلامس مع الماء ، ولذا يمرر الهواء إلى قاع الجهاز المحتوي على الماء ، فيؤدي ذلك إلى تكوين فقاعات هوائية . تهدف هذه العملية إلى توزيع الهواء بطريقة منتظمة ، وللحصول على حجم مناسب من الفقاعات الهوائية .

لم تجد هذه الطريقة الإنتشار الواسع في مجال معالجة المياه إلا أنها إستخدمت لتهوية خزانات إمداد المياه وفي أحيان قليلة إستخدمت لإزالة الملوثات العضوية الطيارة (VOCs) ، وذلك راجع إلى تكلفتها العالية في إستهلاك الطاقة مقارنة بإستخدام أبراج الإزالة بالتهوية خصوصاً عند إزالة الملوثات العضوية الطيارة ، ولهذا السبب فإنها تستخدم - بشكل عام - في حالة وجود خزانات جاهزة ، مما يوفر كثيراً من تكاليف إنشاء الأبراج المخصصة لهذا الغرض . أما إذا كانت الحاجة للتهوية موسمية فقط ، مثل إزالة (THM) في فصل الصيف ، فإن الجدوى الإقتصادية تأتي إلى جانب إستخدام التهوية بالإنتشار خصوصاً في الآبار الجاهزة .

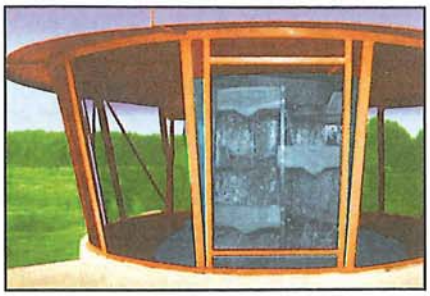
● التهوية بالرذاذ ومهويات الأطباق

إستخدمت خراطيم الرذاذ (Spray Nozzels) ومهويات الأطباق (Tray Aerators) كأجهزة تلامس مع الهواء مند عدة سنوات في مجال معالجة المياه ، وقد تمثل إستخدامها في إضافة الأكسجين اللازم لأكسدة مركبات الحديد والمنجنيز الذائبة في الماء ، وإزالة ثاني أكسيد الكربون ، وكبريتيد الهيدروجين من الماء ، كذلك إستخدمت في إزالة المركبات العضوية المسببة للطعم والرائحة غير المقبولة .

يوجد نوعان لأنظمة خراطيم الرذاذ المضغوط المستخدمة في معالجة المياه هما : خراطيم مخروطية كاملة ، وخراطيم مخروطية مجوفة . يؤدي إستخدام الخراطيم المخروطية الكاملة إلى تغطية منتظمة لمساحة محدودة في شكل دائري أو مربع أو مستطيل ، أما الخراطيم المخروطية المجوفة فتعطي إطاراً من الرذاذ يتركز حول المحيط ويتجنب - تقريباً - الرش في المركز ، وبشكل عام فإن الخراطيم المخروطية المجوفة تعطي نسبياً قطرات صغيرة جداً ، ولكن ذلك يتطلب ضغط أكبر .

إستخدمت مهويات الأطباق ، شكل (٢) ، لتهوية مياه المصادر (Source Waters) ، وفي هذه الطريقة يحدث إنتقال شامل من خلال تهوية السطح داخل الطبق وفي شرائح العزل الساقطة ، يجب أن تصمم هذه الأجهزة بناءً على تجارب سابقة مشابهة وتوصيات المصنعين .

يقتصر إستخدام خراطيم الرذاذ وأطباق التهوية أساساً على إزالة ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين



شكل (٢) جهاز تهوية الأطباق المستخدم في تهوية المياه.

وإضافة الأكسجين، وتتراوح كفاءة هذه الانظمة من ٥٠ إلى ٨٠ ٪.

معالجة الغازات المتصاعدة

تعد طريقة الإزالة بالتهوية (Stripping) من أفضل الطرق لإزالة الملوثات العضوية الطيارة (VOC) من الماء، إلا أن التساؤلات بدأت تثار حول أثر الغازات الناتجة عن تلك العمليات على البيئة، خصوصاً وأنه يصعب حساب تراكيزها في الهواء وبالذات عند إستخدام نظم خراطيم الرذاذ ومهويات الأطباق، ولكن يمكن حساب معدل تحررها بالنسبة للوقت فقط، إما بالنسبة لأبراج الأزالة بالتهوية فإن معدل سريان الهواء يمكن التحكم فيه، كما يمكن حساب تراكيز الملوثات الطيارة في الغاز المتصاعد.

تبريد المياه

تعد مرحلة تبريد المياه أول المراحل الهامة والأساسية في معالجة المياه خاصة مياه الآبار العميقة التي تتراوح درجة حرارتها ما بين (٥٠-٧٠)مْ، لذلك تمر على أبراج التبريد لتخفيض درجة حرارتها لتصبح ما بين (٣٠-٣٥)مْ، وبعد ذلك تتم معالجتها بالمواد الكيميائية المناسبة، كما أن عملية التبريد لها فوائد أخرى تتمثل فيما يلي:

- إزالة الغازات المذابة في الماء مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وغاز الميثان.
- أكسدة وترسيب بعض الملوثات مثل الحديد والمنجنيز.
- تعديل الرقم الهيدروجيني للماء، جدول (١).
- ترسيب بعض العوالق.

● مكونات وحدات التبريد

تتكون وحدات التبريد من نوع النثر بالترشيش (Splash pack-Type)، وهي

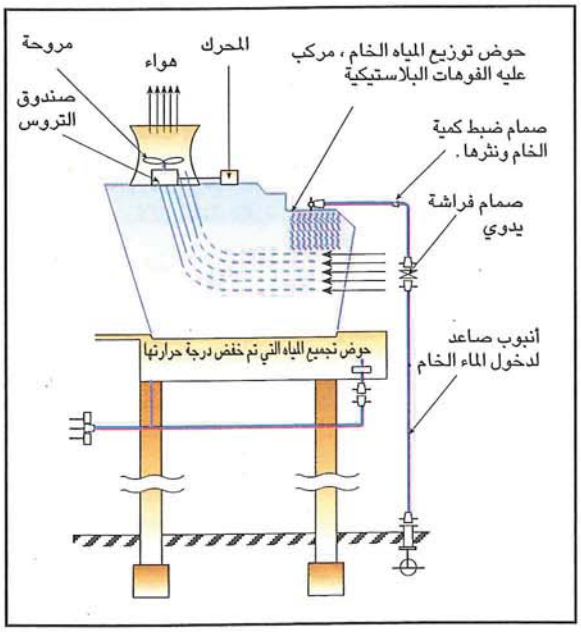
الخاصية	قبل التبريد	بعد التبريد
الرقم الهيدروجيني	٦,٢ - ٧	٧,٦ - ٨,٢
ثاني أكسيد الكربون*	٢٠ - ٣٠*	١,٥ - ٣
الحديد	١,٧ - ٢,٠*	٠,٧ - ١,٠

* جزء من المليون

جدول (١) أثر التبريد على بعض صفات مياه الشرب.

منشأة من الأخشاب المعالجة كيميائياً ومغطاة بألواح الأسبستوس الأسمنتي المتعرج، وتكون الوحدات مفصوله عن بعضها البعض بواسطة جدران من الألواح المعالجة كيميائياً، وتتكون وحدة التبريد كما في الشكل (٣) مما يلي:

- أنابيب صاعدة بقطر ٢٠سم مصنوعة من الحديد الصلب غير القابل للصدأ. لدخول الماء الخام إلى المبردات.
- حوض توزيع المياه مركب عليه فوهات بلاستيكية دقيقة لنثر وترذيذ المياه.
- شرائح خشبية وبلاستيكية أفقية يتم عليها ترسيب أملاح الحديد والمنجنيز.
- حوض تجميع المياه التي تم خفض درجة حرارتها.
- مروحة سحب الهواء لتمريره على الماء المنثور، وهي تعمل بمحرك كهربائي عن طريق صندوق تروس للتحكم في سرعة المروحة.



شكل (٣) وحدة تبريد من نوع النثر بالترشيش

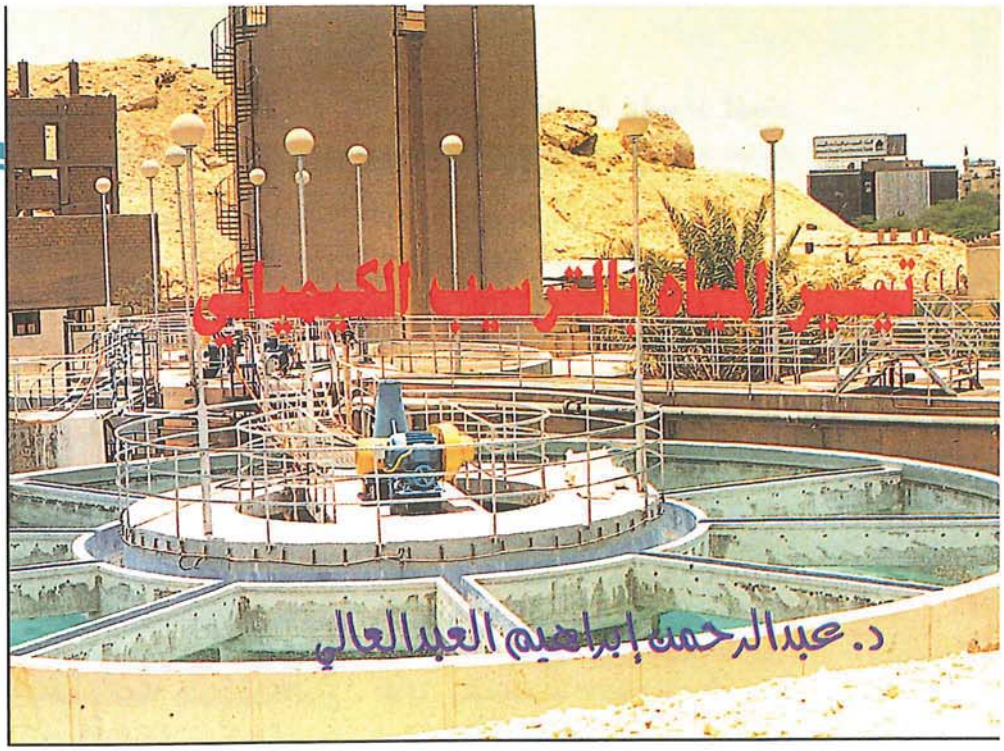
- صمام فراشة يدوي.
- صمام لضبط كمية المياه ونثرها.

*** طريقة عمل وحدة التبريد**

تندفع مياه الآبار العميقة إلى المبردات من خلال الأنابيب الصاعدة، لتصل إلى حوض التوزيع بأعلى المبرد، ويتم توزيع المياه بالتساوي عبر الفوهات البلاستيكية المركبة على سقف حوض التوزيع، حيث يتم نثر المياه وترذيذها إلى قطرات صغيرة، وذلك لجعل مساحة تعرض المياه مع الهواء أكبر ما يمكن للحصول على أعلى كفاءة لخفض درجة الحرارة وإزالة بعض الغازات المذابة، وكذلك إذابة الأكسجين لأكسدة أملاح الحديد والمنجنيز وترسيبها في أحواض تجميع المياه التي تم خفض درجة حرارتها بأسفل المبردات، يتم تجميع المياه من جميع المبردات وإرسالها إلى المرسبات «المروقات» عن طريق قناة خرسانية تسمى (Parchall Flume). تتوقف سعة وحدات التبريد على كمية المياه التي يراد تبريدها، وعلى حالة الفوهات البلاستيكية. ويفقد خلال هذه العملية حوالي (٤-٥ ٪) من كمية المياه الداخلة للمبرد بسبب التبخير والرذاذ المحمول مع هواء التبريد.

قبل تشغيل المبرد يجب أخذ الإحتياطات التالية:

- تفقد حوض التوزيع والفوهات البلاستيكية والتأكد من نظافتها.
- تفقد الشرائح الخشبية والبلاستيكية وحوض تجميع المياه التي يتم خفض درجة حرارتها والتأكد من نظافتها.
- تفقد مستوى الزيت بصندوق التروس والتأكد من أنه عند المستوى الصحيح.
- تدوير المروحة باليد للتأكد من أنها سهلة الحركة وأن جميع الأجزاء مركبة.
- التأكد من أن صمام التصريف مغلق.
- تشغيل المروحة لفترة قصيرة للتأكد من دوران المروحة عكس عقارب الساعة.



تيسير المياه بالترسيب الكيميائي

د. عبدالرحمن إبراهيم العبدالعالي

تحتوي المياه وخاصة الجوفية منها على أملاح مختلفة تتكون من أيونات موجبة (مثل الصوديوم ، الكالسيوم ، والمغنيسيوم ، والبوتاسيوم ، والحديد ، والمنجنيز) وأيونات سالبة (مثل الكلوريدات ، والكبريتات ، والبيكربونات ، والكربونات ، والنترات ، والفلوريدات) . وعند تواجد هذه الأملاح بتراكيز عالية في المياه فإنها تحد من إستخدامها مباشرة خاصة للشرب ، ولذا يجب إزالتها للوصول إلى الحد المسموح به وفقاً للمواصفات العالمية أو المحلية .

تعرف المياه التي يزيد فيها تركيز ملحي بيكربونات الكالسيوم $Ca[(HCO_3)_2]$ ، والمغنيسيوم $Mg(HCO)_3$ عن الحد المسموح به عالمياً بالمياه العسرة ، ويعرف العسر في هذه الحالة بالعسر الكربوناتي ، كما يحدث عسر المياه أيضاً بدرجة أقل عند احتوائها على أملاح كبريتات وكلوريدات وسيليكات الكالسيوم والمغنيسيوم ، ويسمى بالعسر غير الكربوناتي . ويعرف مجموع تركيزي عنصري الكالسيوم والمغنيسيوم بالعسر الكلي للمياه .

يقاس عسر المياه عادة بمكافىء كربونات الكالسيوم ، ويعبر عنه بالمليجرام (ملجم) من كربونات الكالسيوم المكافئة لكل لتر ماء ، وتحدد درجة عسر المياه طبقاً لتراكيز كربونات الكالسيوم ، جدول (١) .

تتفاوت درجة العسر المقبولة في المياه المنتجة حسب متطلبات الاستخدام سواء كانت صناعية أم منزلية . وتعد المياه التي تحتوي على عسر كلي (٧٥-١٥٠ملجم مكافىء كربونات كالسيوم/لتر ، وبما لايزيد عن ٤٠ملجم مكافىء كربونات مغنيسيوم/لتر) من أنسب المياه للاستخدام البشري حسب ما أقترحته جمعية أعمال المياه الأمريكية (AWWA) .

تأثيرات المياه العسرة

ينتج عن استخدام المياه العسرة (Hard Water) عدة تأثيرات منها مايلي :-

١- ترسب الأملاح المعدنية في المراجل (الغلايات) البخارية وسخانات المياه ، مؤدية إلى تآكل جدرانها ، وإنسداد أنابيبها ، واستهلاك طاقة عالية .

٢- تكوين رواسب غير ذائبة مع صابون الغسيل ينتج عنها إضعاف قوة تنظيف الصابون .

٣- تأثير سلبي على أنسجة الملابس وتكوين بقع عليها .

درجة العسر	تركيز كربونات الكالسيوم (ملجم مكافيء/لتر)
يسر	صفر ـ ٧٥
متوسط	٧٥ ـ ١٥٠
عسر	١٥٠ ـ ٣٠٠
عسر جداً	أعلى من ٣٠٠

جدول (١) العلاقة بين درجة العسر وتركيز كربونات الكالسيوم

وبالرغم من تلك التأثيرات السلبية للماء العسر - المذكورة أعلاه - إلا أن له تأثيرات إيجابية صحية تتمثل في العلاقة العكسية بين كمية العسر الموجودة في المياه ، وبين أمراض أوعية القلب الدموية ، حيث أن الزيادة المعقولة من الكالسيوم في الغذاء تقلل من مستويات الكوليسترول في الأوعية الدموية ، كما أن وجود عنصر المغنيسيوم يحمي الأوعية الدموية من ترسبات الغرويات (الليبيدات) في الشرايين لأنه يعمل كمضاد للتخثر ، وبذا يحمي الجسم - بإذن الله - من أمراض أوعية القلب الدموية ومن الجلطات ، كما أفادت البحوث والدراسات التي أجريت في هذا المجال أن المكونات الفرعية - عناصر الفناديوم ، والليثيوم ، والمنجنيز ، والكروم - المرتبطة غالباً بعناصر العسر لها تأثيرات إيجابية على أوعية القلب الدموية ، إلا أنه من ناحية أخرى أشارت بعض البحوث أن هناك عناصر معينة مثل الكادميوم ، والرصاص ، والنحاس ، والخارصين توجد بمستويات عالية نسبياً في الماء العسر قد تساعد على الإصابة بأمراض أوعية القلب الدموية .

إزالة عسر الماء

يتم إزالة عسر المياه (عملية التيسير) باستخدام ثلاث طرق هي الترسيب الكيميائي ، والتبادل الأيوني ، والتناضح العكسي . ويعتمد إستخدام أي من هذه الطرق الثلاث على تركيز العسر في المياه الخام ، وكمية المياه المعالجة ونوعية المياه المطلوبة ، وكذلك على النواحي الاقتصادية . وسيتناول هذا المقال عملية تيسير المياه بطريقة الترسيب الكيميائي ، كما سيتم مناقشة الطريقتين الأخريين في

منفصلين داخل هذا العدد .

الترسيب الكيميائي

يتم في عملية التيسير بالترسيب الكيميائي تحويل العسر الناتج من أملاح الكالسيوم (بيكربونات وكبريتات وكلوريد الكالسيوم) إلى كربونات الكالسيوم ، وتحويل العسر الناتج من أملاح المغنيسيوم إلى هيدروكسيد المغنيسيوم .

تعتمد هذه العملية على الرقم الهيدروجيني (pH) للوسط المائي ، وتمتاز بأنها تُعطي قيماً عالية لإزالة العسر إلى جانب إزالة بعض الملوثات الأخرى ، إلا أنه يعاب على هذه العملية بأنها معقدة نسبياً ، وصعب التحكم فيها ، إضافة إلى أنها تنتج مخلفات شبه سائلة يلزم التخلص منها بصورة سليمة .

تتم عملية تيسير المياه في محطات التنقية بالترسيب الكيميائي وفق أسلوبين رئيسيين هما :

• إضافة الجير ورماد الصودا

ينشأ عن إضافة الجير $Ca(OH)_2$ للمياه العسرة عدة عمليات كيميائية هي كالتالي :-

١- معادلة الأحماض الموجودة ، معادلة ١ ، ٢ ، شكل (١) .

٢- ترسيب أملاح الحديد والألمنيوم ، معادلات التفاعل (٣ ، ٤ ، ٥) .

٣- إزالة غاز ثاني أكسيد الكربون ، معادلة (٦) .

٤- ترسيب بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم ، معادلات التفاعل (٧ ، ٨) .

٥- ترسيب كلوريد وكبريتات المغنيسيوم ، معادلات التفاعل (٩ ، ١٠) .

٦- تحويل البيكربونات الأخرى (بيكربونات الصوديوم والبوتاسيوم وغيرها) إلى كربونات ، معادلة التفاعل (١١) .

كما يقوم رماد الصودا (Na_2CO_3) بتحويل كلوريد الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم إلى كربونات الكالسيوم المترسبة ، معادلات التفاعل (١٢ ، ١٣) .

• إضافة الصودا الكاوية

يمكن إزالة جميع أنواع العسر عند إضافة الصودا الكاوية (NaOH) ، وذلك على مرحلتين هما :-

١- إزالة العسر الناتج عن بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم وكبريتات المغنيسيوم وفقاً للتفاعلات التالية :-

$CO_2+2NaOH \longrightarrow Na_2CO_3+H_2O$

$Ca(HCO_3)_2+2NaOH \longrightarrow CaCO_3(S) + Na_2CO_3+2H_2O$

$Mg(HCO_3)_2+4NaOH \longrightarrow Mg(OH)_2(S) +2Na_2CO_3+2H_2O$

$MgSO_4+2NaOH \longrightarrow Mg(OH)_2(S) +Na_2SO_4$

٢- يتفاعل رماد الصودا (Na_2CO_3) الناتج من هذه التفاعلات مع العسر المتكون من أملاح كبريتات وكلوريدات الكالسيوم حسب التفاعلات السابقة (معادلة التفاعل ١٢ ، ١٣ ، شكل ١) .

وبالرغم من أن أغلب عمليات إزالة العسر تعتمد على إضافة الجير ورماد الصودا ، إلا أنه في بعض الأحوال تحل الصودا الكاوية محل هاتين المادتين ، وهذا يرجع إلى عدة عوامل - تحدد إتخاذ قرار إستعمال مادة كيميائية معينة لتطبيق معين - هي :

- التكلفة الكلية للمواد الكيميائية : وهي أقل عند إستخدام الجير ورماد الصودا . وتعد الصودا أكثر المواد منافسة لهما خاصة في حالة المياه العسرة ذات القلوية المنخفضة أو المرتفعة جداً .

- مجموع الأملاح الذائبة في الماء : حيث يؤدي إستخدام الصودا الكاوية إلى زيادة مجموع الأملاح الذائبة في الماء - عكس ما يحدث عند إضافة الجير - كما أنها يمكن أن تزيد من تركيز عنصر الصوديوم إلى مستوى عال ، وكاف لإحداث تأثيرات صحية سلبية لبعض مستخدمي المياه .

- إنتاج مخلفات مترسبة (حمأة) : حيث ينتج عادة عند استخدام الجير ورماد

الرقم	المعادلة
١	$2HCl + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCl_2(S) + 2H_2O$
٢	$H_2SO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaSO_4(S) + 2H_2O$
٣	$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \longrightarrow 2Al(OH)_3(S) + 3CaSO_4(S)$
٤	$FeSO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Fe(OH)_2 + CaSO_4(S)$
٥	$2Fe(OH)_2 + H_2 + O_2 \longrightarrow 2Fe(OH)_3(S)$
٦	$CO_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3(S) + H_2O$
٧	$Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3(S) + 2H_2O$
٨	$Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow 2CaCO_3(S) + Mg(OH)_2(S) + 2H_2O$
٩	$MgCl_2 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2(S) + CaCl_2(S)$
١٠	$MgSO_4 + Ca(OH)_2 \longrightarrow Mg(OH)_2(S) + CaSO_4(S)$
١١	$2NaHCO_3 + Ca(OH)_2 \longrightarrow CaCO_3(S) + H_2O + Na_2CO_3$
١٢	$CaCl_2 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3(S) + 2NaCl$
١٣	$CaSO_4 + Na_2CO_3 \longrightarrow CaCO_3(S) + Na_2SO_4$

شكل (١) معادلات تفاعل الجير ورماد الصودا في تيسير المياه بالترسيب الكيميائي .

الصودا كميات من المخلفات المترسبة أكثر مما ينتج في حالة استخدام الصودا الكاوية ، كما تزيد – في الحالة الأولى – كمية المخلفات المترسبة بزيادة قلوية العسر ، بينما لايعتمد نتاج هذه المخلفات – في الحالة الثانية – على قلوية الماء عند عسر معين .

– الثبات الكيميائي للمواد الكيميائية : يعد تخزين واستعمال الصودا الكاوية أكثر سهولة مقارنة بالجير ، حيث أنها لا تتأثر خلال فترة التخزين ، بينما الجير المطفأ له قابلية عالية لامتصاص الماء وثاني اكسيد الكربون من الهواء وتكوين كربونات الكالسيوم ، كما أن الجير الحي يكون عرضة لامتصاص الماء أثناء التخزين

وطبقاً للعوامل السابقة فإن إستخدام الصودا الكاوية في عمليات إزالة عسر الماء لا يلقى ترحيباً ، وذلك لسببين ، هما : زيادة تكلفة المواد الكيميائية المستخدمة ، وزيادة حدود تركيز الصوديوم بالماء المعالج .

عمليات تيسير المياه

تم تقسيم عمليات تيسير المياه إلى أربعة أنواع – تبعاً لقيمة الجرعة الكيميائية التي تعتمد أساساً على خواص المصدر المائي – تنسب إلى نوع وكمية المواد الكيميائية المضافة ، هي كما يلي :-

● اضافة منفردة للجير

يضاف الجير فقط لتيسير الماء الخام المحتوي على تركيز عال من الكالسيوم ، وعسر منخفض من كربونات الماغنيسيوم (أقل من ٤٠ ملجم/لتر) ، ولايحتوي على عسر لمركبات أخرى غير كربوناتية .

● إضافة زائدة للجير

تضاف كمية زائدة من الجير لتيسير الماء الخام الذي يحتوي على تركيز عال من الكالسيوم ، وعسر عال من كربونات المغنيسيوم . ولايحتوي على عسر غير كربوناتي ، ويمكن معالجته من خلال مرحلة واحدة أو إثنتين .

● إضافة جير وصودا

تتم إضافة الجير والصودا لتيسير الماء الخام الذي يحتوي على تركيز عال من الكالسيوم ، وعسر منخفض من كربونات المغنيسيوم (أقل من ٤٠ ملجم/لتر) ، كما أنه يحتوي على بعض العسر من مركبات الكالسيوم غير الكربوناتية .

● إضافة زائدة من الجير والصودا

تستخدم الاضافة الزائدة من الجير والصودا لتيسير الماء الخام الذي يحتوي على تركيز عال من الكالسيوم ، وعسر عال من كربونات المغنيسيوم ، وعسر غير كربوناتي . ويمكن معالجة الماء العسر بهذه العملية من خلال مرحلة أو إثنتين .

مفاعلات التيسير

تجري عملية تيسير الماء في خزانات كبيرة تعرف بالمفاعلات ، يتم فيها عمليات الخلط والترويق إنسيابياً مما يصعب معه التحكم في مجرى العملية ، على عكس ما يجري في محطات تنقية المياه ذات السعة الصغيرة .

يوجد نظامان لتصميم مفاعلات تيسير المياه يعتمد الأول منهما على ترسيب المواد المتكونة في قاع المفاعل ، بينما يعتمد الآخر على الإلتحام بأجسام صلبة عالقة ، ويمكن توضيحها على النحو التالي :-

● المعالجة بالترسيب

تتميز مفاعلات تيسير المياه بالترسيب بكبر حجمها حيث يصل قطرها العلوي إلى ١٥ متراً ، وعمقها إلى ٨ أمتار ، ويمكث الماء فيها إلى ما لايقل عن ساعتين . ويتم إستخدام هذا النوع من المفاعلات على نطاق واسع في محطات تنقية المياه بمدينة الرياض ، كما يوجد العديد من تصاميم مفاعلات تيسير المياه باستخدام المعالجة بالترسيب ، إلا أن أكثرها شيوعاً هو التصميم الموضح في الشكل (٢) ، الذي تتم فيه عملية التيسير على عدة خطوات هي :-

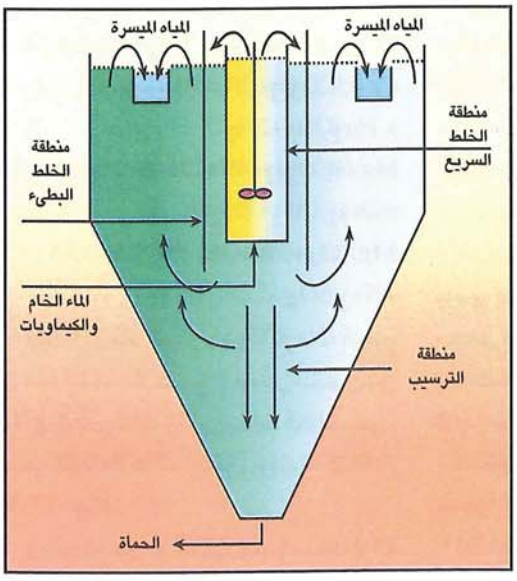
١- ضخ المياه الخام والمواد الكيميائية من أسفل منطقة الخلط السريع حيث يتم خلطها – باستخدام خلاطات – لإحداث التفاعل المطلوب .

٢- رفع الخليط إلى أعلى فينساب إلى الجزء العلوي من منطقة الخلط البطيء ، حيث يتكون الندف ويترسب بفعل الجاذبية في منطقة الترسيب مكوناً حمأة .

٣- رفع الماء الصافي نسبياً إلى أعلى ، حيث يتم تجميعه ، وإمراره على عمليات التنقية التالية .

٤- التخلص من الحمأة من أسفل المُرَسب عن طريق ضخها خارج المفاعل بنسَب محدودة .

٥- إعادة جزء من الحمأة – في بعض أنواع المرسبات – إلى منطقة الخلط السريع لزيادة كفاءة الترسيب .



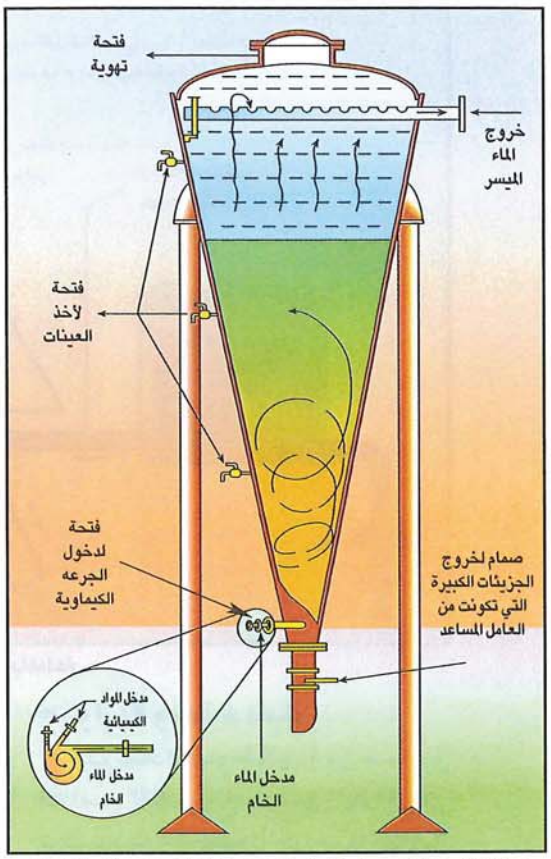
● شكل (٢) مفاعل التيسير المستخدم للمعالجة بواسطة الترسيب .

● المعالجة بالالتحام

تتميز عملية تيسير المياه بالمعالجة بالالتحام ، بصغر حجم مفاعلها ، وانخفاض تكلفة منشآتها ، وسرعة معالجتها للماء العسر ، ولقد تم إستخدام هذه التقنية منذ عدة سنوات في هولندا والولايات المتحدة الأمريكية ، ويتم استخدامها حالياً بمحطة تنقية مياه الشرب بمدينة عنيزة بمنطقة القصيم .

يتم تنقية المعالجة بالالتحام بالأجسام الصلبة المعلقة بإستخدام وسط متحرك من الحبيبات الخاملة كيميائياً ، مثل حبيبات الرمل التي تترسب عليها بلورات كربونات الكالسيوم .

يتركب مفاعل التيسير المستخدم



● شكل (٣) مفاعل التيسير المستخدم للمعالجة بواسطة الالتحام بالأجسام الصلبة المعلقة.

لمعالجة الماء العسر بالتقنية المذكورة، من خزان مخروطي الشكل قاعدته الصغرى إلى أسفل تتم فيه تفاعلات التيسير في وجود وسط عالق من حبيبات الرمل الناعمة – محفز – يتراوح قطرها بين ٠,١–٠,٢ ملم، شكل (٣).

يدخل الماء الخام والمواد الكيميائية من قاع المخروط حيث يتم خلطهما فوراً، ويرتفع الماء المعالج داخل الخزان بحركة حلزونية، وتكفي السرعة الرأسية للماء لحفظ واستمرار الرمال في حركة دائمة. يتراوح زمن الالتحام بين الماء المعالج وذرات الرمل ما بين ٨ إلى ١٠ دقائق، حيث تلتصق خلالها جزيئات مواد العسر المترسبة على سطح ذرات الرمل، فيكبر حجمها. ونتيجة للحقيقة العلمية التي مفادها أن الذرات الكبيرة لها سطح نشط صغير، فإن بعضاً من هذه الرمال يتم إزالتها بانتظام من أسفل المخروط ويحل محلها ذرات رمل نشطة صغيرة الحجم.

يتم خفض قيمة الرقم الهيدروجيني – خلال المعالجة – بدرجة كافية لمنع ترسيب هيدروكسيد المغنيسيوم، حيث أنه لا يلتصق جيداً بسطح حبيبات الرمال فيترسب أسفل الخزان مسبباً حملاً كبيراً من المواد الصلبة على سطح المرشح، ولذا يفضل عدم إستخدام هذه الطريقة في حالة احتواء الماء الخام على نسبة عالية من المغنيسيوم.

مخلفات عملية التيسير

تنتج عن عملية إزالة العسر باستخدام الجير، ورماد الصودا والصودا الكاوية (المعالجة بالترسيب) حمأة تحتوي على مخلفات مترسبة، مثل: كربونات الكالسيوم، وكبريتات الكالسيوم، وهيدروكسيد المغنيسيوم، وسيليكا، وأكاسيد الحديد، وأكاسيد الألمنيوم ومواد كيميائية لم تتفاعل. وتتراوح نسبة المواد الصلبة – في المتوسط – بين ٢٪ إلى ١٥٪ من الحمأة المتكونة في مفاعلات الترسيب. أما مخلفات مفاعلات المعالجة بإستخدام الالتحام بالأجسام الصلبة العالقة فهي مخلفات صلبة يسهل التخلص منها.

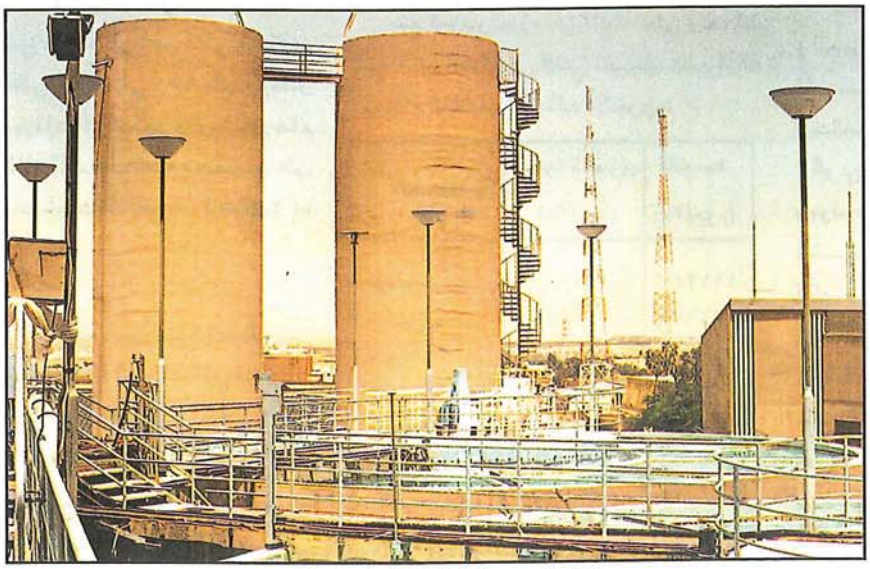
تعد عملية التخلص من الحمأة مكلفة سواء في مرحلة الإنشاء أو الصيانة والتشغيل. لذلك فقد تم الاهتمام بتقليل حجم الحمأة الناتجة – عن عمليات المعالجة – باستخدام مواد كيميائية خاصة لهذا الغرض، أو إعادة تدويرها للاستفادة منها. وهناك العديد من الطرق المستخدمة للتخلص من الحمأة المنتجة يمكن تلخيصها كالتالي:

١– تركيز الحمأة في برك، وتعد من أفضل طرق التخلص منها إلا أنها طريقة مكلفة، وتتطلب مساحات كبيرة من الأراضي.

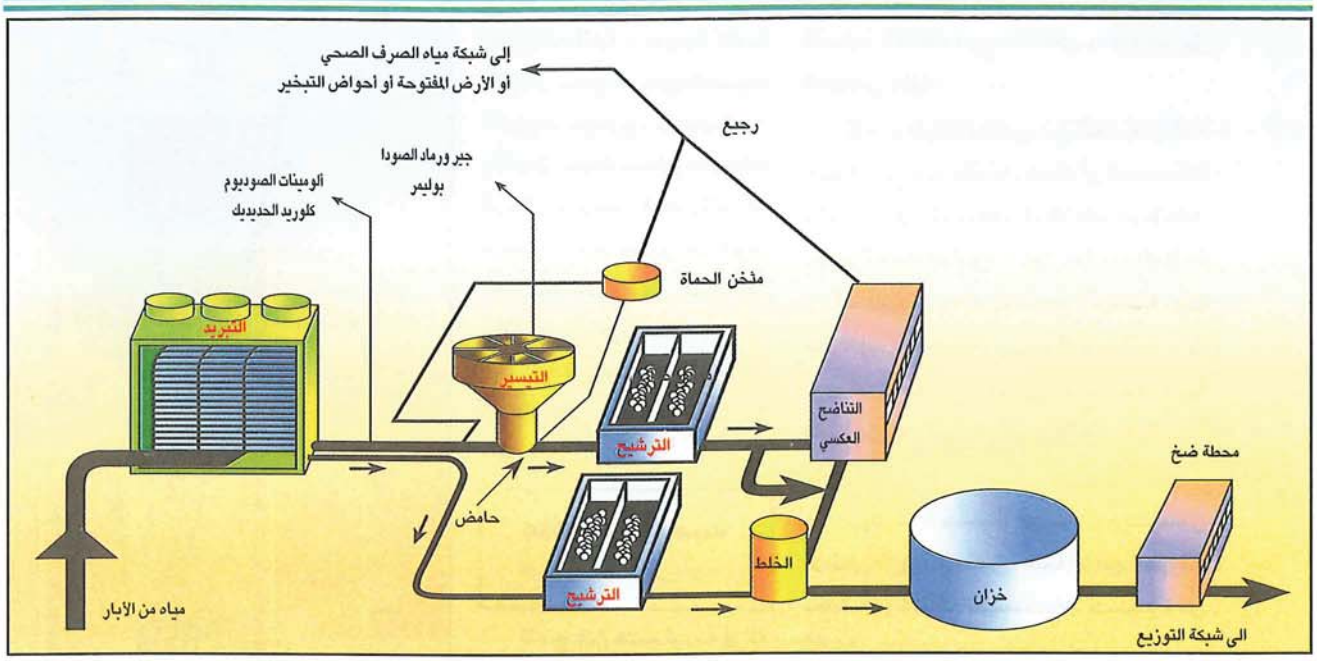
٢– إلقاء الحمأة في مواقع مخلفات البلدية، ويتطلب ذلك تقليل حجمها – تركيز المواد الصلبة فيها – عن طريق إزالة الماء منها.

٣– إلقاء الحمأة في الأرض المفتوحة، إلا أن هذه الطريقة لها تأثيرات بيئية سواء على التربة أو النبات أو المياه.

٤– التخلص من الحمأة في مرافق الصرف الصحي، مع الأخذ في الاعتبار التأثيرات الكيميائية على عمليات معالجة مياه الصرف الصحي، وكذلك زيادة المواد الصلبة وماقد يتطلب من تعديلات على



● إحدى محطات تنقية المياه بالرياض.



● شكل (٤) عمليات المعالجة في محطات تنقية مياه الشرب بالمملكة .

عمليات المعالجة وظروف التشغيل والصيانة .

عمليات تيسير المياه في المملكة

هناك إعتماداً كبيراً على المياه الجوفية لسد احتياجات المدن والقرى من مياه الشرب . ويوجد العديد من محطات تنقية المياه المصممة لإزالة العسر وماتحتوية المياه من عناصر تحد من إمكانية إستخدامها للأغراض المنزلية وبالذات الأملاح المسببة للعسر . فعلى سبيل المثال تحتوي المياه الجوفية المغذية لأحد محطات تنقية المياه في مدينة الرياض أعلى مستوى للعسر الكلي يصل إلى ٨٥٠ملجم/لتر مكافيء كربونات الكالسيوم. وبشكل عام فإن أغلب المحطات القائمة تحتوي على العديد من عمليات التنقية ، (شكل٤) ، التالية :

● التبريد

يتم إمرار المياه الجوفية الخام على أبراج ، لتبريدها وإزالة الغازات التي قد تكون موجودة بها ، وأكسدة الحديد والمنجنيز .

● التيسير

يتم تيسير المياه عن طريق معالجتها باستخدام مفاعلات التيسير بالترسيب في جميع المحطات ماعدا محطة تنقية المياه بمدينة عنيزه التي يستخدم فيها مفاعلات التيسير بالالتحام بالأجسام الصلبة المعلقة . ويتم إستخدام مواد كيميائية لإزالة العسر (جير ، رماد الصودا ، صودا كاوية) ، وكذلك مساعدات ترسيب (ألومينات الصوديوم ، وكلوريد الحديديك ، والبوليمرات) .

● الترشيح

يتم ترشيح المياه لإزالة العوالق ، والرواسب الدقيقة التي تكونت خلال عملية التيسير وذلك بإمرار المياه على مرشحات تحتوي على سيليكا .

● التناضح العكسي

يتم تمرير جزء من المياه على وحدات التناضح العكسي التي تعمل على إزالة الأملاح الذائبة والملوثات الأخرى .

المحطة	السعة القصوى (م٣/يوم)	المتوسط (م٣/يوم)
الوسيع	٢٢١٠٠٠	١٩١٢٤٠
صلبوخ	٦٦٧٢٠	٣٦٦٧٦
بويب	٦٦٠٠٠	٢٧٤٥٢
منفوحة ـ ١	٤٣٢٠٠	٢٥٣٤٢
منفوحة ـ ٢	٤٣٢٠٠	٢٨٣٦٢
الشميسي	٥٧٦٠٠	١٩٠٠٦
الملز	٢٨٨٠٠	١٤٤٢٧

جدول (٢) إنتاجية محطات تنقية المياه بمدينة الرياض (١٤١٣هـ)

● موازنة وتعقيم المياه

يتم خلط المياه الناتجة من عملية التناضح العكسي مع جزء من المياه التي تم ترشيحها ، للحصول على مياه مطابقة للمواصفات المطلوبة . ثم تعقم المياه باستخدام مادة الكلور ، ويعّدل الرقم الهيدروجيني للمياه باستخدام رماد الصودا أو الصودا الكاوية ليتم تخزينها وضخها لشبكة التوزيع .

كيميائيات تيسير المياه

بجانب المواد الكيميائية الأساسية (الجير ورماد الصودا والصودا الكاوية) المستخدمة لإزالة عسر المياه فإنه يتم استخدام مواد أخرى (كبريتات الألمنيوم وألومينات الصوديوم ، وكبريتات الحديد ، وبوليمرات عضوية) تساعد في عملية الترسيب . ويأتي إستخدام هذه الكيميائيات في محاولة لزيادة كفاءة ترسيب مواد العسر باستخدام الجير ورماد الصودا ، بحيث يمكن إزالة نسبة معينة من مركبات أخرى مثل السيليكا خاصة في محطات التنقية التي تشمل عمليات التناضح العكسي ، وذلك لمنع ترسيب السيليكا داخل أغشية التناضح العكسي المستخدمة في تلك المحطات .

ولتوضيح كميات ونوعيات المواد الكيميائية المستخدمة في عملية تيسير المياه في المملكة فقد يكون من المناسب التطرق إلى ما يجري في محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض حيث يوجد بها سبع محطات ، جدول (٢)، لتنقية المياه الجوفية تقوم بتأمين حوالي ٣٥٪ من إحتياجات سكانها من المياه النقية ، ومثال على ذلك يوضح الجدول (٣) المواد الكيميائية المستخدمة (عام ١٤١٣هـ) في محطات تنقية المياه بالرياض – عدا محطة

المادة الكيمائية	الكمية المستخدمة (طن)	الجرعة (ملجم / لتر)
جير	١٠٥٧	١٠٠-١٢٩
رماد الصودا	٢١٤٥	٧٠-٣٥٠
الومنيات الصوديوم	١٠٥,٦	٩-٢٥
كلوريد الحديديك	٢٧	١٥
بوليمرات	١,٥٦	٠,٠٦-,٢٥

جدول (٣) أنواع ، وكميات ، وجرعات المواد الكيميائية المستخدمة في تيسير المياه بالترسيب

الوسيع التي أوقفت عام ١٤١٧هـ – وذلك من حيث أنواعها ، وكمياتها (طن) ، والجرعات (ملجم/لتر) المستخدمة منها . بينما يوضح الجدول (٤) متوسط تركيز العسر الكلي ومجموع الأملاح الذائبة في المياه الخام ، وبعد عملية التيسير ، والناتج النهائي لمحطات التنقية بالرياض ، عام ١٤١٣هـ .

المحطة	الماء الخام		بعد التيسير	الناتج النهائي للمحطة	
	العسر الكلي (ملجم/لتر*)	الأملاح الذائبة (ملجم/لتر)	العسر الكلي (ملجم/لتر*)	العسر الكلي (ملجم/لتر*)	الجرعة (ملجم/لتر)
الوسيع	٥٤٧	١١٢٠	٤٧٣	٥٠٦	١٠٩٢
صلبوخ	٦٧٢	١٣٦٩	٣٤٣	١٦٩	٧٠٤
بويب	٨٥١	١٥٨٣	٤٢٠	٣٣٧	١٥٠٧
منفوحة-١	٧٣٣	١٥٠٩	٢٨٤	١١٦	٤٨٣
منفوحة-٢	٧١٤	١٤٦٨	٢٧٦	١٣٠	٥٠٨
الشميسي	٥٣٥	١٠٦٣	٢١٢	٢٢٠	٥٥٠
اللز	٦٠١	١١٨٤	٢٦٥	٢٦٤	١١٢٤

* مكافيء كربونات الكالسيوم

جدول (٤) متوسط العسر الكلي ومجموع الأملاح الذائبة في الماء الخام والميسر والناتج النهائي لمحطات الرياض.

عالم في سطور

أبو عبد الله الإدريسي

● **الاسم :** ابو عبدالله محمد بن محمد بن عبدالله الإدريسي

● **اللقب :** يلقب بالعالي بالله.

● **مكان الميلاد :** سبتة (المغرب العربي).

● **تاريخ الميلاد:** ٤٩٣ هـ / ١٠٩٩م.

● **تاريخ الوفاة :** ٥٦٠ هـ / ١١٥٦م.

● **المجال العلمي :** الجغرافيا .

● **رحلاته :** قام برحلات واسعة في مدن المغرب والأندلس ، مما أكسبه تميزاً عظيماً في علم الجغرافيا .

● **صفاته :** تميز بغزارة علمه ودقة معلوماته في الجغرافيا العالمية ، كما تميز بشمولية معرفته ، فهو على ثقافة واسعة في كل من الحساب ، والهندسة ، والفلك ، والطبيعة ، والسياسة ، إضافة إلى بزوغه في الطب ومعرفة الأعشاب ومنافعها وأماكن تواجدها .

● **أعماله :** قام بأعمال جليلة في مجال الجغرافيا ، حيث حدد منابع النيل والحيوانات المتواجدة فيه ، ووصف المناطق المحيطة به وصفاً دقيقاً سبق به علماءالغرب.

● **أبحاثه :** قام بأبحاث عدة في مجالات مختلفة ، منها الجيولوجيا والجاذبية الأرضية .

● **مؤلفاته :** ألف عدداً من الكتب من أشهرها ما يلي : -

١- **نزهة المشتاق في إختراق الآفاق** ، وهو الكتاب الذي دُرِّسَ في جامعات أوربا زهاء أربعة قرون .

٢- **مصوراً لأشكال الكرة الأرضية** مع الشروح الوافية .

٣- **خرائط العالم** ، وتعد أول خرائط صحيحة مع التعليقات عليها .

٤- **الجامع لصفات أشتات النبات .**

٥- **سعادة الرجال وغبطة النفوس .**

٦- **كتاب في الأدوية المفردة .**

المصادر : -

- إسهام علماء المسلمين في علم النبات / د. علي عبدالله الدفاع.
- إسهام علماء المسلمين في الصيدلة / د. على عبدالله الدفاع .

التبادل الأيوني

د. حامد بيومي مغراوي

يعرف التبادل الأيوني (Ion Exchange) بأنه تفاعل كيميائي يحدث فيه تبادل المواقع بين أيونات محلول ذائب وأيونات محلول غروي (Colloidal Solution) أو محلول شحيح الذوبان في وسط التفاعل . وتصنف عملية التفاعل المذكورة في أغلب الأحيان بأنها تفاعل عكسي ، فضلاً عن أن الوسط الذي يحدث فيه هذا التفاعل غالباً مايكون وسطاً مائياً . ويرجع تاريخ التعرف على ظاهرة التبادل الأيوني إلى عام ١٨٥٠م عندما لاحظ كل من هاري ثومبسون (Harry Thompson) و جون واي (John H Way) أن إضافة محلول كبريتات أوكربونات النشادر (الأمونيوم) إلى التربة ينجم عنه ادمصاص (Adsorption) جزء من أيونات الأمونيوم مقابل خروج جزء مكافيء (Equivelant) من أيونات الكالسيوم الموجودة في التربة إلى المحلول المائي. وقد ظلت هذه الظاهرة لأكثر من خمسين عاماً ذات اهتمام أكاديمي حتى تم التوصل إلى الإستفادة منها صناعياً في عملية تيسير المياه (إزالة العسر) باستخدام الزيولايت الطبيعي كمبادل أيوني . وفي عام ١٩٣٥م قام الكيميائيان آدمز وهولمز (Adams & Holmes) بتحضير وتطوير راتنجات (Resins)تبادل أيونية عضوية تمتاز بثباتها وسعتها التبادلية العالية (High Exchange Capacity) ، مما ساهم كثيراً في التوسع الكبير في تطبيقات عمليات التبادل الأيوني.

وقد أمكن الاستفادة من تقنية التبادل الأيوني أثناء الحرب العالمية الثانية عندما تم تحلية مياه البحر للجنود باستخدام مبادلات أيونية مصنوعة من زيولايت الفضة (AgZ) أو راتنج عالي السعة على هيئة قوالب مكعبة متماسكة ، مع إضافة قليل من هيدروكسيد الباريوم اليها ، وأصبح من الممكن تحويل ١٠ أحجام من مياه البحر الى مياه صالحة للشرب لكل حجم مكافيء من مكعب المبادل الأيوني المذكور .

وبهذه الطريقة أمكن إزالة المكونات الأساس لمياه البحر بإدمصاص أيون الصوديوم (Na^+) على سطح معدن الزيولايت ، وترسيب أيون الكلور (Cl^-) على هيئة كلوريد الفضة (AgCl)، بينما تزال كبريتات المغنيسيوم بترسيب هيدروكسيد المغنيسيوم [$Mg(OH)_2$] وكبريتات الباريوم ($BaSO_4$) بوساطة هيدروكسيد الباريوم [$Ba(OH)_2$] .

المبادلات الأيونية الصناعية

رغم أهمية المبادلات الأيونية الطبيعية ، مثل: الصوف ، و الحرير ، و السيليلوز المعالج وغير المعالج ، والمواد البروتينية ، والفحم المعالج بالسلفنة وغير المعالج ، إلا أن عدم تجانسها وعدم ثباتها الكيميائي إضافة إلى سعة تبادلها المحدودة كانت السبب في عدم الاعتماد عليها في الكثير من التطبيقات الصناعية ، مما استوجب التفكير والبحث عن مبادلات أيونية مصنعة ذات صفات جيدة ، أهمها: الثبات الكيميائي ، والسعة التبادلية العالية . وقد أفلحت جهود العلماء في تصنيع العديد من هذه المبادلات سواءً كانت من مصادر غير عضوية أومصادر عضوية وذلك كمايلي :

● المبادلات غير العضوية

جذبت هذه المواد الانتباه ـ منذ أقل من ٣٠ عاماً ـ رغم ضآلة سعتها التبادلية مقارنة بالمبادلات الأيونية العضوية ، بسبب أنها تتفوق على المبادلات العضوية في ثباتها عند درجات الحرارة العالية ، و تحملها جرعات عالية من الأشعة الذرية ، فضلاً عن إتصافها بانتقائية عالية للعديد من الأيونات وسهولة تحويرها بتغيير التركيب الكيميائي أو البلوري لمادتها ، وتعتمد خواص التبادل الأيوني لهذه المواد على طريقة وظروف التحضير ، حيث يمكن تحضيرها في أشكال مختلفة (مسحوق غير متبلر ، راسب دقيق التبلور، أو في شكل مبادل أيوني ورقي) ، ومع هذه المميزات فإن أغلب المبادلات الأيونية غير العضوية تكون على هيئة غير متبلورة ، وبالتالي غير مناسبة للإستخدام في صورة أعمدة بجانب سعتها التبادلية المنخفضة، وحالياً تم تطوير عدة طرق لتحويل هذه المواد الى صورة حبيبية أو مايشبة الخرزات الصغيرة . وتنقسم المبادلات الأيونية غير العضوية الى مايلي :

١ـ أكاسيد وأكاسيد مائية لبعض العناصر ، مثل: اكاسيد الألمنيوم ، والمنجنيز، والزركون ، والتيتانيوم ، وهلامات السيليكا ، وغيرها .

٢ـ أملاح حامضية لعناصر متعددة التكافوء ، وتحضّر بتفاعل أيونات عديدة التكافوء ـ خاصة الرباعية (Zr , Ce , Ti , Sn) ـ مع أيونات سالبة عديدة التكافوء ، مثل : الفوسفات و الموليبدات و الزرنيخات

و الأنتيمونات والسيليكات ، لتكوين أملاح حامضية شحيحة الذوبان من أهمها فوسفات الزركون $Zr_3(PO_4)_4$.

٣ـ مواد غير متجانسة متعددة الحامضية وأملاحها ، وهي مركبات ذات شكل بنائي شبيه بالزيولايت ، ولها التركيب التالي :

$$H_n X Y_{12} O_{40} \cdot mH_2O$$

حيث :

$n = ٣ ، ٤ ، ٥$

$X =$ P, As, Si, B أو Ge

$Y =$ P, W, Mo أو V

٤ـ أملاح سيانيد الحديد شحيحة الذوبان ، وتنتج بخلط ملح أي من العناصر : (Mo, V,W,Mn, Ag, Pb,Fe,Ti, Zr) مع حامض $H_4[Fe(CN)_6]$ أو محاليل أملاحه (Na أو K) .

٥ـ أملاح تبادل أيوني متنوعة شحيحة الذوبان مثل كبريتيدات كل من الفضة ، والخارصين ، والنحاس ، والرصاص ، والكادميوم ، والنيكل .

وبالرغم من محدودية إستخدام المبادلات الأيونية غير العضوية في معالجة المياه ـ نظراً لطبيعة هذه المعالجة وحاجتها إلى مبادل أيوني عالي السعة وسهل التنشيط بعد استنفاده ـ إلا أن إستخدام رمل السيليكا والرمل الأخضر كمرشحات لازال سائداً في كثر من محطات معالجة المياه لإزالة بعض الملوثات مثل الحديد والمنجنيز وغيرهما . ولنفس الغرض أظهرت أكاسيد المنجنيز وأكاسيد الألمنيوم المائية إنتقائيتها العالية في إزالة بعض العناصر الملوثة لمياه الشرب .

وعلى سبيل المقارنة بين كفائتي مبادل أيوني غير عضوي (زيولايت) وآخر عضوي (راتنج قوي الحامضية) وجد أن الأول له القدرة على معالجة ١٫٦ مليون جالون لكل قدم مكعب من المبادل بينما ينتج الثاني ٢٠ مليون جالون لكل قدم مكعب قبل إستنفاذهما نهائياً

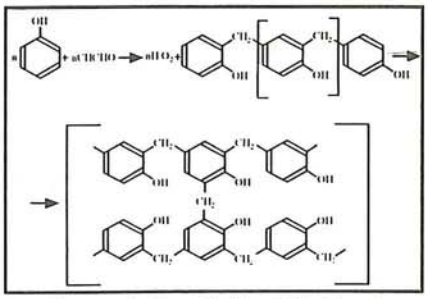
● راتنجات التبادل العضوية

تم التوسع السريع في تطبيق هذه الراتنجات نظراً لما أبدته من نجاح في كثير من المجالات التطبيقية المختلفة مثل الزراعة ، وعلوم الحياة ، والطب ، والصيدلة ، والكيمياء ، و كذلك الاستخدامات التقليدية مثل معالجة المياه والتربة الزراعية .

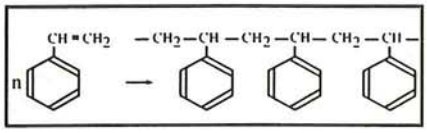
تتركب الراتنجات العضوية من شبكة هيدروكربونية متبلمرة مرنة ثلاثية الأبعاد ، وذات روابط متعامدة عبر ذرات الكربون (C-C) ومثبت بها مجموعات وظيفية أيونية نشطة ومميزة .

وينحصر تحضير الشبكة الهيدروكربونية كبنية أساسية لهذه الراتنجات في طريقتين هما :

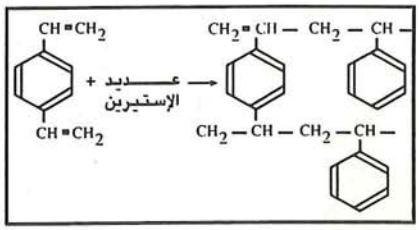
* **بلمرة بالتكثيف :** ومن أمثلتها تفاعل الفينول مع الفورمالدهيد وفق مايلي :



* **بلمرة بالاضافة :** وتتضمن بلمرة الجزئيات الاحادية ، مثل تفاعل البيوتادايين ($CH_2 = CH - CH = CH_2$) ذاتيا مع البلمرة ، ومن أهم التفاعلات وأكثرها شيوعا في البلمرة بالإضافة بلمرة الأستيرين مكوناً عديد الاستيرين وذلك كما يلي :ـ



ويلي ذلك تفاعل سلسلة عديد الاستيرين مع ثاني فينيل البنزين مكوناً راتنج غير قابل للذوبان وذلك كما يلي :ـ



ويتم التحكم في عوامل الربط المتعامدة في الراتنج المذكور، وكذلك مسامية جزيئاته تبعاً لكميات ثاني فينيل البنزين المستعمله ، وحجم الحبيبات الناتجة .

ولاتحتوي نواتج البوليمر ـ الشبكة الهيدروكربونية ـ على مجموعات أيونية ولكنها تمثل بنية أساسية يمكن أن ترتبط بها مجموعات التبادل . وهناك طريقتان لإضافة هذه المجموعات أولهما تحضير الشبكة الهيدروكربونية ، ثم إضافة المجموعة الأيونية لاحقاً ، وثانيهما بتحضير الراتنج محتوياً على المجموعات الأيونية مباشرة أثناء علمية البلمرة .

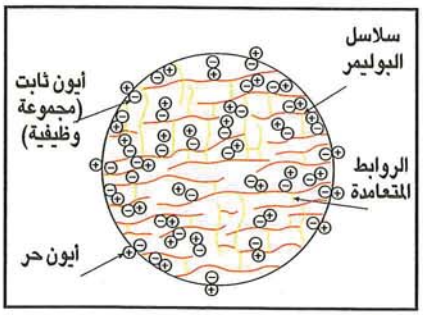
وفي حالة إضافة المجموعة الأيونية الى الشبكة الهيدروكربونية ـ كما في حالة إضافة مجموعة السلفونات (SO^-_3) ـ يتم معلجة البوليمر (استيرين ـ ثاني فنيل البنزين) بمعدل مجموعة سلفونات واحدة لكل حلقة بنزين باستخدام حامض الكبريت.

تكون المجموعات الأيونية (الوظيفية) مثبتة بشبكة الراتنج عن طريق روابط تساهمية تحدد خواصه الكيميائية . ويتم معادلة الشحنة الكهربية لهذه المجموعات بعدد مكافىء لها من الأيونات ذات الشحنة المضادة ، وهذه الأخيرة تكون حرة الحركة(mobile) وهي المسؤولة عن عملية التبادل ،اذ فور خروجها من الراتنج يحل محلها أيونات من المحلول المراد معالجته لها نفس الشحنة .

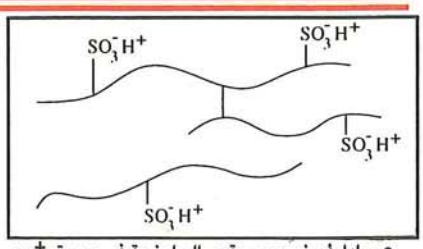
ويمثل شكل (١) شبكة راتنج مبيناً فيها الروابط المتعامدة والمجموعات الوظيفية في حبيبة مبادل عضوي أيوني موجب محتوياً على بوليمرات عديد الأسترين مترابطاً عمودياً بثاني فينيل البنزين ومزوداً بأيونات ذات شحنة سالبة (مجموعات وظيفية) ومتعادلاً بأيونات حرة مضادة مشحونة بشحنة موجبة .

وتنقسم راتنجات التبادل الأيوني تبعاً للخاصية الكيميائية للمجموعات الوظيفية إلى أربع مجموعات رئيسية :

١ـ مبادلات أيونية موجبة قوية الحامضية وتوجد في صورة حامض (H^+) أو ملح مثل (Na^+) .



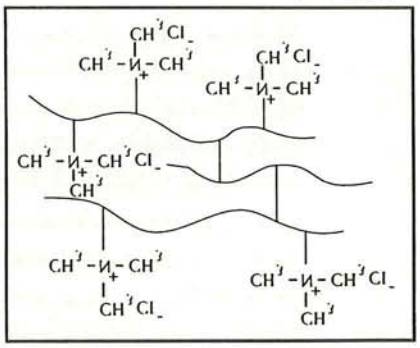
● شكل (١) شبكة راتنج تبين الروابط المتعامدة والمجموعات الوظيفية.



● مبادل أيوني موجب قوي الحامضية في صورة (H^+).

٢ـ مبادلات أيونية موجبة ضعيفة الحامضية وتكون في صورة حامض (H^+)

٣ـ مبادلات أيونية سالبة قوية القاعدية وتكون في صورة الهيدروكسيد (OH^-) أو كلوريد (Cl^-) .



● مبادل أيوني سالب قوي القاعدية في صورة (Cl^-).

٤ـ مبادلات أيونية سالبة ضعيفة القاعدية مثل المجموعات المحتوية على مجموعات أمينية (NH^-_2) .

تفاعلات التبادل الأيوني

تفهم ظاهرة التبادل الأيوني إذا عرف أن المركبات التي تتأين في المحلول هي فقط التي تدخل في تفاعلات التبادل الأيوني ، وعلى سبيل المثال فإن صوديوم راتنج التبادل الأيوني الموجب الذي يعد أيون حر الحركة في الراتنج يحل محل (يتبادل مع) أيونات أخرى لها نفس الشحنة الكهربائية في المحلول . ويمكن تمثيل هذا التفاعل كمايلي :

$$R\text{-}SO_3^-.Na^+ + AgNO_3 \longrightarrow R\text{-}SO_3^-.Ag^+ + NaNO_3$$

راتنج (محلول) ← راتنج

محلول

ويستخدم الرمز (R) للدلالة على بنية الراتنج الهيدروكربوني . وحيث أن تفاعلات التبادل هي تفاعلات عكسية فإن ملامسة الراتنج في صورة الفضة لمحلول مركز من نترات الصوديوم يؤدي إلى إعادة الراتنج إلى صورته الأولى قبل عملية التبادل، وهو مايعرف بإعادة تنشيط الراتنج (Regeneration) .

التطبيقات الصناعية للراتنجات

تدخل المبادلات الأيونية في كثير من التطبيقات الصناعية من أهمها عمليات التنقية وفصل المواد الكيميائية لإنتاج نوعية كيميائية بمواصفات خاصة تشمل المشروبات ، والمواد الكيميائية ، والأدوية ، والألبان ومنتجاتها ، والجيلاتين ، والبترول ، والسكر ، والصناعات التعدينية بإستخلاص المعادن من محاليل خاماتها ومعالجة المخلفات الصناعية والمشعة ، وتحضير المحفزات الكيميائية ، وفي الطب ، وتغذية النبات ، وغيرها.

وتعد معالجة المياه بإستخدام المبادلات الأيونية من أهم الموضوعات التي تعالجها هذه المقالة ، وهي تتلخص فيمايلي :

● تيسير المياه

بالرغم من أن تيسير المياه بإستخدام المبادلات الأيونية يعد من أقدم التطبيقات على إستغلال ظاهرة التبادل الأيوني ، إلا أنه لايزال حتى الآن ذا شأن كبير . وتعتمد إمكانية إستخدام راتنجات التبادل الأيوني في عمليات تيسير المياه على نوعية المياه ـ وعلى وجه الخصوص مجموع الأملاح الذائبة (TDS)ـ ووجود أيونات منافسة ، والقاعدية ، وتركيز الملوثات و إنتقائية الراتنج للعناصر الملوثة بالمقارنة بأنتقائيته للأيونات الأخرى ، وأخيراً إحتمال مرور المياه خلال قنوات داخل الراتنج بدون عملية تبادل، كذلك فإن اختيار طريقة المعالجة تعتمد على متطلبات التخلص من المياه المتخلفة عن دورة إعادة تنشيط الراتنج ، وكذلك الراتنج المستهلك نهائياً ، خاصة إذا إحتوى على مواد ضارة بالبيئة . ويستعرض الشكل (٢) مكونات محطة معالجة مياه بإستخدام تقنية التبادل الأيوني .

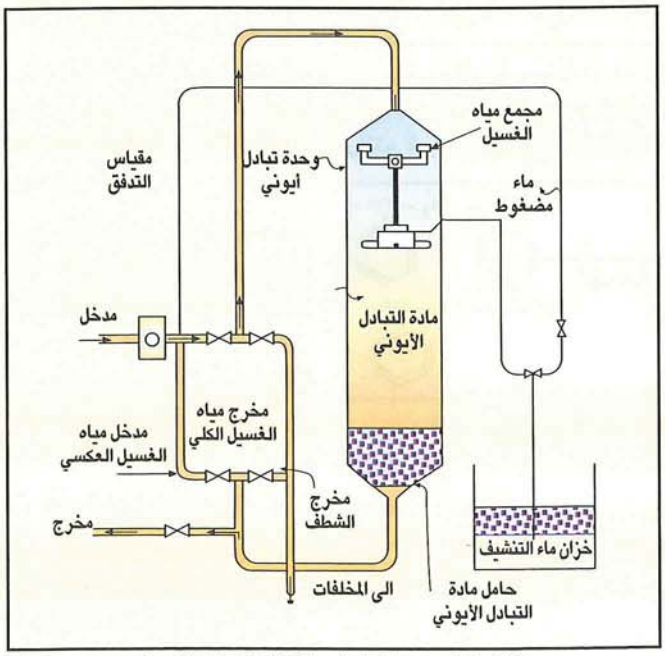
تعد راتنجات التبادل الأيوني الموجب قوي الحامضية في صورة الصوديوم من أشهر الراتنجات المستخدمة في تيسير المياه ويرجع عسر المياه الى احتوائها على تراكيز عالية من أيونات كل من الكالسيوم والمغنيسيوم بجانب أيونات منخفضة التركيز مثل الحديد ، الباريوم ، الأسترنشيوم ، المنجنيز ، وتأتي هذه الأيونات في صورة أملاح ذائبة مثل بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم (عسر كربوناتي) أو أملاح الكلوريدات والكبريتات (عسر لاكربوناتي) ، وتصنف المياه المحتوية على أقل من ٧٥ ملجم/لتر مكافىء كربونات كالسيوم بأنها مياه يسر (Soft Water) ،بينما تعد المياه المحتوية على أعلى من ١٥٠ملجم/لتر مكافىء كربونات الكالسيوم مياه عسر (Hard Water).

تتم عملية التيسير باستخدام مبادلات أيونية قوية الحامضية وفقاً للمعادلات التالية :

$$2R\text{-}SO_3^-.H^+ + CaCl_2 \rightleftharpoons (R\text{-}SO_3^-)_2\,Ca^{++} + 2HCl \quad (١)$$

$$2R\text{-}SO_3^-.Na^+ + CaCl_2 \rightleftharpoons (R\text{-}SO_3^-)_2\,Ca^{++} + 2NaCl \quad (٢)$$

$$2R\text{-}SO^-_3\,Na^+ + Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons (R\text{-}SO^-_3)_2\,Ca^{++} + 2NaHCO_3 \quad (٣)$$



● شكل (٢)رسم تخطيطي لتقنية التبادل الأيوني.

ففي المعادلة (١) تحل أيونات الكالسيوم الموجودة في المياه العسرة محل أيونات الهيدروجين على الراتنج وتتحول المياه الى حامضية ـ رقم هيدروجيني منخفض ـ نتيجة تكون حامض كلوريد الهيدروجين ، وتمثل المعادلتان (٢)،(٣) التفاعلات القياسية لتيسير التبادل الأيوني ، والتي يحل فيها أيوني العسر الأساسيين ـ إلى جانب Ba^{2+} , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} كعسر لاكربوناتي ، معادلة (٢) أو عسر كربوناتي معادلة (٣) ـ محل الصوديوم على الراتنج . ويجري إعادة تنشيط الراتنج المشبع باستعمال زيادة من محلول مركز من حامض كلوريد الهيدروجين أو كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) لكل من راتنجي الهيدروجين والصوديوم ، على الترتيب ، لعكس مسار التفاعلات (١) إلى(٣) من اليمين إلى اليسار .

ومن ميزات راتنجات التبادل الأيوني الموجب قوى الحامضية معالجتها للمياه عند مدى واسع من الرقم الهيدوجيني (١ـ١٣) ولكن من عيوبها مايلي :

١ـ زيادة تركيز الصوديوم في المياه المعالجة عند استخدام راتنج في صورة الصوديوم ، مما يؤثر سلباً على طعم المياه ، وعلى مرضى ضغط الدم .

٢ـ عند استخدام راتنج في صورة هيدروجين فان المياه المعالجة قد تتحول الى حامضية ، ممايجعل لها تأثيراً سلبياً على شبكات نقل وتوزيع المياه .

وتتميز الراتنجات ضعيفة الحامضية بسعتها العالية بسبب التركيز العالى لمجموعة الكربوكسيلات (Carboxylic group - COO) ، وكذلك حاجتها الضئيلة لمادة إعادة التنشيط مقارنة بالراتنجات قوية الحامضية ، ولكن يعاب على راتنجات مجموعات الكربوكسيل أنها لا تتأين عند رقم هيدروجيني منخفض بل في وسط متعادل الى قلوي، وبالتالي ينحصر استخدامها بفاعلية لإزالة العسر الكربوناتي ـ معادلة (٤)ـ وليس العسر اللاكربوناتي كما هو موضح في معادلة (٥) .

$$2R - COOH + Ca(HCO_3)_2 \longrightarrow (R\text{-}COO^-)_2\,Ca^{++} + H_2CO_3 \qquad (٤)$$

$$2R\text{-}COOH + CaCl_2 \longrightarrow (R\text{-}COO^-)_2\,Ca^{++} + 2HCl \qquad (٥)$$

ويرجع ذلك إلى أن حامض (HCl) المتكون يتأين تماماً ، وبالتالي يضيف أيون (H^+) الى مجموعة (COO^-) في الراتنج ويمنع إحلال أيونات الكالسيوم (Ca^{2+}) محل أيونات الهيدروجين (H^+) على عكس المعادلة (٤) التي تظهر القدرة على إزالة العسر الكربوناتي بالرغم من تكّون حامض الكربونيك (H_2CO_3) الذي لايتأين بسهولة ، وبالتالي يضيف كميات قليلة جداً من أيونات (H^+) .

وفضلاً عن عدم قدرتها على إزالة العسر اللاكربوناتي فان الراتنجات ضعيفة الحامضية لديها بعض المشاكل ومنها مايلي :

ـ تمدد حبيباتها اثناء عملية التيسير .

ـ حاجتها الى استخدام مواد مقاومة للإحماض .

ـ ضرورة التخلص من غاز ثاني أكسيد الكربون من المياه المعالجة وتعديل رقمها الهيدروجيني.

ـ تكلفتها العالية .

● إزالة الأيونات السالبة

تعد إزالة القلوية العالية ـ الكربونات والبيكربونات ـ والملوثات الأيونية السالبة الأخرى مثل النترات والكبريتات ، وغاز كبريتيد الهيدروجين من المياه إحدى صور المعالجة ، وفي هذا الخصوص يتطلب الأمر استخدام مبادلات أيونية سالبة قوية القاعدية في صورة الكلوريد .

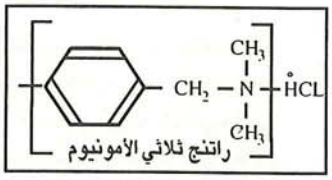
وتحتوى راتنجات التبادل الأيوني السالب قوية القاعدية على مجموعة رباعي الأمونيوم كمجموعة وظيفية حيث تكون الأربع مجموعات المتصلة بذرة النيتروجين مبلمر البنزيل وثلاث مجموعات ميثيل أو يمكن أن تحل مجموعة الأيثانول($-C_2H_4OH$) محل أحد مجموعات الميثيل . وتعادل المجموعة الوظيفية بأيون هيدروكسيد (OH^-) أو كلوريد (Cl^-) . يعد هذا النوع من الراتنجات عالي التأين ويمكن إستخدامه على المدى الكامل من الرقم الهيدروجيني (١-١٤) ، وعلى سبيل المثال تتم إزالة النترات من مياه الشرب ، كما في المعادلتين التاليتين :

$$R - N^+.OH^- + NaNO_3 \longrightarrow R - N^+.NO_3^- + NaOH \qquad (٦)$$

$$R - N^+.Cl^- + NaNO_3 \longrightarrow R - N^+.NO_3^- + NaCl \qquad (٧)$$

ففي معالة (٦) تتأين الصودا الكاوية تماماً ، ولكن بما أن المجموعة الوظيفية (رباعي الأمونيوم) لها رغبة ضعيفة لأيونات (OH^-) ، فإن التفاعل يتجه إلى اليمين دائماً . وتمثل المعادلة (٧) تفاعل تبادل أيوني بدون تغير في قيمة الرقم الهيدروجيني للوسط . وقد لوحظ أن كل راتنجات التبادل الأيوني السالب قوي القاعدية تبدي رغبة عالية جداً للنترات مقارنة بالكلوريدات عند قيم متعادلة للرقم الهيدروجيني ، وبالتالي يتجه التفاعل إلى اليمين .

من جانب آخر تعد راتنجات التبادل الأيوني السالب ضعيف القاعدية مفيدة فقط في الوسط الحامضي ، حيث تتكون المجموعة الوظيفية من الأمين الأولي ،أو الثانوي ، أو الثلاثي ومثالاً على ذلك راتنج ثلاثي الأمونيوم:



راتنج ثلاثي الأمونيوم

حيث ترتبط المجموعة الوظيفية بأيون الهيدروجين وبالتالي تعمل كمواقع تبادل مشحونة موجبة لإلتقاط الأيونات السالبة ، ويتميز هذا النوع من الراتنج بأن له القدرة على إدمصاص أيونات ا لكلوريد في صورة حامض كلوريد الهيدورجين ، وبالتالي يخفض من مستوى الأملاح الذائبة في المياه ، معادلة (٨) أدناه :

$$R - N: + HCl \longrightarrow R - NH^+Cl^- \qquad (٨)$$

ويحدث التبادل الأيوني عندما يكون المحلول حامضياً بإحلال النترات محل الكلوريدات على الراتنج ، معادلة (٩) :

$$R\text{-}N.H^+Cl^- + HNO_3 \longrightarrow R - N.H^+NO_3^- + HCl \qquad (٩)$$

إما اذا كان المحلول متعادلاً أو قلوياً فان التبادل الايوني لايحدث على الاطلاق ، تفاعل (١٠) .

$$R - N: + NaNO_3 \longrightarrow \text{لا تفاعل} \qquad (١٠)$$

وبالرغم من أنه لايوجد تطبيق عملي ـ في ا لوقت الحالي ـ على راتنجات التبادل الأيوني السالب ضعيف القاعدية في معالجة مياه الشرب إلا انه من المتوقع أن

تكون هناك بعض التطبيقات المفيدة ، حيث أنها تتمتع بسهولة إعادة التنشيط كاملاً بإستخدام حتى القواعد الضعيفة مثل الجير $[Ca(OH)_2]$.

● إزالة الأيونات من المياه

يعد إنتاج المياه النقية (Pure) أو فائقة النقاوة (Ultra Pure) من الاستخدامات التجارية الهامة للراتنجات . وفي هذه التقنية تزال جميع الأيونات الموجودة في المياه من أجل استخدامها في المختبرات مثلاً حيث أن ازالة كل الأيونات ليست مطلوبة في معالجة مياه الشرب .

وتوجد ثلاثة طرق لإزالة الأيونات باستخدام راتنجات التبادل الأيوني وتختلف تلك الطرق باختلاف الراتنجات المستخدمة وطريقة التبادل الأيوني وذلك حسب ماهوموضح في شكل (٣):

● راتنجات خاصة للمعالجة

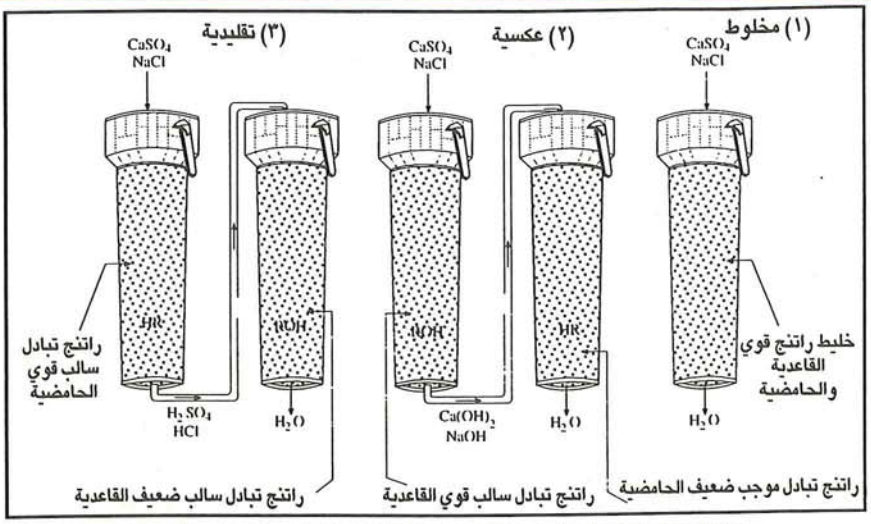
تعددت وتطورت تقنيات راتنجات التبادل الأيوني حيث أصبح من اليسير الحصول على راتنجات لإزالة البكتيريا من المياه ، وكذلك راتنجات تعقيم، وذلك باستخدام سلاسل طويلة من رباعي الأمينات كمجموعات وظيفية لراتنجات التبادل الأيوني السالب التي تعمل على قتل البكتيريا فور ملامستها لسطح الراتنج .

كذلك تم استغلال التجاذب القوي بين الأيونات السالبة للمواد العضوية المتحللة في المياه ـ مثل الهيومات والفلفات (Humates & Vulvates)عديدة التكافؤ ـ وراتنجات التبادل الأيوني السالب كتقنية جديدة لإزالة المواد العضوية من المياه باستخدام حبيبات ذات مسامات كبيرة.

من جانب آخر أمكن تصنيع راتنجات تحتوى على مجموعات وظيفية مخلبية (Chelates) مثل: حامض الفوسفور ، وحامض ثنائي أثيلين رباعي الخليك (Ethylene Diamine Tetra Acetic Acid) والتي تتميز به من قدرة عالية جداً لإزالة ايونات العسر ، وكذلك أيونات الرصاص والنحاس والزنك والكروم والنيكل وغيرها .

● نظم تبادل أيوني جديدة

لم يقتصر تطوير الراتنجات على ماذكر سابقاً ، بل تعداه إلى إنتاج راتنجات يمكن استخدامها لمعالجة المخلفات الصناعية



● شكل (٣)راتنجات التبادل الأيوني المختلفة (مخلوط ، عكسية ، تقليدية).

ومخلفات الصرف الصحي باستخدام راتنجات التبادل السالبة والموجبة معاً ، وتتميز هذه الراتنجات بمقدرتها على تكوين أملاح البيكربونات من المحاليل المحتوية على غاز ثاني أكسيد الكربون فضلاً عن ازالة أيون الكلوريد .

وتشتمل خطوات الإزالة ـ الكربونات والكلوريدات ـ باستخدام وحدات ثلاثة تعمل كما يلي :

الوحدة الأولى : تحتوي على مبادل ايوني سالب ضعيف القاعدية في صورة بيكربونات يعمل على تحويل الأيونات الموجبة في المياه إلى بيكربونات الصوديوم والكالسيوم والمغنيسيوم .

$$(R\text{-}NH^+)HCO^-_3 + Na\,Cl \longrightarrow (R\text{-}NH^+)\,Cl^- + NaHCO_3$$

الوحدة الثانية : وتعمل على إزالة القلوية بوساطة راتنج أيوني موجب ضعيف الحامضية بتحويل املاح البيكربونات الى حامض الكربونيك .

$$R\text{-}COO^-.H^+ + NaHCO_3 \longrightarrow R\text{-}COONa + CO_2 + H_2O$$

الوحدة الثالثة : وتحتوى على راتنج أيوني سالب ضعيف القاعدية في صورة قاعدة حرة لامتصاص حامض الكربونيك من مياه الوحدة الثانية .

$$R\text{-}N: + H_2O + CO_2 \longrightarrow (R\text{-}NH)HCO_3$$

وعند اكتمال تشبع الراتنجات يتم تنشيط وحدة تكوين القلوية (الأولى) إلى قاعدة حرة باستخدام النشادر أو الصودا الكاوية أو الجير :

$$(R\text{-}NH^+)Cl^- + NH_3 \longrightarrow (R\text{-}N:) + NH_4Cl$$

ويتم تنشيط الوحدة الثانية بحامض الكبريت أو كلوريد الهيدروجين أوالنيتروجين .

$$2R\text{-}COONa + H_2SO_4 \longrightarrow 2R\text{-}COOH + Na_2SO_4$$

يتم تنشيط الوحدة الثالثة بعكس سريان المياه في الدورة التالية لتصبح الوحدة الثالثة وحدة تكوين القلوية (الثانية) وتصبح الاولى وحدة تكوين للكربونات .

تقنية التبادل الأيوني بالمملكة

تعتمد مدن المنطقة الوسطى بالمملكة على المياه الجوفية اعتماداً كلياً ما عدا مدينة الرياض التي يأتي ثلث احتياجها من مياه الشرب من المياه الجوفية . وتصل مستويات العسر في بعض تلك المناطق إلى أكثر من ٩٠٠ ملجم/لتر، وبالتالي تجرى عمليات التيسير على تلك المياه بإستخدام الجير ورماد الصود فضلاً عن استخدام تقنية التبادل الأيوني التي تستغل في المنازل والتجمعات السكانية الصغيرة ومصانع انتاج المياه المعبأة لسد الحاجة بالمياه الصالحة للشرب ، وحالياً تطبق تقنية التبادل الأيوني الموجب قوي الحامضية وسالب قوى القاعدية لتزويد مختبرات **مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية** بمصدر مستمر من المياه الخالية من الأيونات .

الخفافيش وفيروس الإيبولا

يعرف الأشخاص الذين يحتفظون بالحيوانات الأليفة مدى الخطر الذي يتعرضون له من جراء محاولة تطعيم حيواناتهم الهائجة ـ مثل الكلاب والقطط ـ ضد الأمراض الفتاكة ، فكيف يكون الحال عند التعامل مع حيوانات أخرى تحيط بالإنسان مثل الثعابين ، والزواحف والخفافيش وغيرها ، حيث أنها قد تكون عائلاً وحاملاً لأمراض خطيرة ـ بكتيرية وفيروسية وغيرها ـ تعرض حياته للخطر .

قام العالم **روبرت سوانبويل** (Robert Swanepael) ومجموعته في المعهد الوطني لعلم الفيروسات بجنوب أفريقيا بمغامرة علمية أظهرت للمرة الأولى أن الخفافيش سليمة الصحة يمكنها أن تكون عائلاً لفيروس مرض الإيبولا القاتل.

ويحذر **توماس كزيازك**(Thomas Ksiazek) أحد أعضاء الفريق من احتمال وجود كائنات أخرى لها نفس الخاصية في حمل هذا الفيروس و فيروسات أخرى أو أنواع من البكتيريا تسبب أمراض أخرى غير مرض الإيبولا، ويضيف العالم المذكور أن الخفاش ربما يكون الحيوان الذي تشير إليه أصابع الاتهام في ظهور مرض الإيبولا لأول مرة في يامبوكوب بجمهورية الكنغو الديمقراطية ـ زائير سابقاً ـ عام ١٩٧٦م .

وقد أثار ظهور المرض الغريب دهشة الناس رغم محدودية عدد المصابين آنذاك ـ أقل من ٥ آلاف شخص على مستوى العالم ـ بسبب شراسته حيث أن المصابين به يشعرون بألم شديد يفقدهم صوابهم ويتعرض حوالي ٦٠٪ ـ ٩٠٪ منهم للموت بسبب نزيف الدم الذي يخرج من أي فتحة موجودة في أبدانهم .

ومن المدهش والمؤلم في نفس الوقت أن مصدر الفيروس لم يكن معروفاً آنذاك، ومتى أصاب الجسم ، فضلاً عن الجهل بكيفية التعامل الطبي مع الأشخاص الذين تعرضوا للمرض وكتبت لهم الحياة أو الذين لم يتعرضوا للإصابة .

ويذكر **بيتر جاهرلنج** (Peter Jahrling) من مركز بحوث الأمراض الوبائية بالحربية الأمريكية بولاية ماريلاند الأمريكية أن الدراسة المذكورة تتفق مع ماهو معلوم عن وباء الإيبولا . ويضرب **جاهرلنج** مثالاً بما حدث بمدينة أنزارا بالسودان عامي ١٩٧٦ و ١٩٧٩م حيث اتضح أن وجود آلاف الخفافيش التي تقطن داخل أسقف مصنع القطن بالمدينة المذكورة كان سبباً في انتشار الوباء بين العمال الذين كانوا يغتسلون داخل أروقة المصنع ، ويضيف **جاهرلنج** مثالاً آخر لتفشي مرض الإيبولا بسبب وجود عدد كبير من الخفافيش في كهف كيتوم بيوغندا .

ويعمل فريق البحث لمعرفة كائنات أخرى قد تكون السبب في تفشي المرض في ساحل العاج حيث اتضح انتشاره في أحد الغابات بين الشمبانزي والإنسان .

مما يجدر ذكره أنه من الصعب معرفة الموطن الطبيعي لمرض الإيبولا لعدة أسباب منها أن ظاهرة تفشيه بصورة وبائية نادرة الحدوث ـ ثمان مرات حتى الآن ـ وأن انتشاره يحدث في أماكن بعيدة جغرافياً عن بعضها البعض فضلاً عن وعورة الطرق في الغابات والمستنقعات الأفريقية التي ينتشر بها .

ورغم أن الأبحاث المتعلقة بهذا المرض تبدو صعبة للغاية للأسباب المذكورة إلا أن تفشي المرض بصورة وبائية ـ أصاب ٣١٥ شخصاً ومات ٣٠٠ منهم ـ في ١٩٩٥م بمدينة كيكويت (Kikwit) بالكنغو الديمقراطية كان فرصة للعلماء لمعرفة أين يكمن فيروس هذا المرض .

قام العلماء في مركز بحوث الأمراض الوبائية بالحربية الأمريكية ومركز جنوب أفريقيا فور حدوث وباء كيكويت عام ١٩٩٥م المذكور بفحص الكائنات الموجودة في المنطقة . وقد شملت هذه الكائنات ٢٥٠٠ من الثدييات أغلبها من القوارض ، و ٣٦٠٠٠ من الحشرات ، إضافة إلى ٥٠٠ من الحيوانات الأخرى من ضمنها الثعابين .

ورغم أن نتائج الفحوصات لهذا العدد الهائل من الكائنات لم تكتمل حتى الآن ، إلا أن النتائج المتوفرة لم تُظهر أي علاقة بين الكائنات التي تم فحصها وانتشار فيروس الإيبولا .

وتتجه مجموعة علماء جنوب أفريقيا اتجاها آخر يتلخص في فصل عدد من الكائنات في المختبر ـ حشرات ، وطيور ، وخفافيش ، وزواحف ، وقوارض ، ونباتات ـ وتعريضها لفيروس الإيبولا . وقد أظهرت النتائج مقدرة الخفافيش فقط على حمل الفيروس دون أن تظهر عليها علامات المرض .

وقد أشارت الدراسة المذكورة إلى أن الجهاز المناعي للخفافيش لم يؤثر فيه وجود الفيروس حيث أن هناك خفاش واحد فقط من المجموعة أنتج جهازه المناعي أجسام مضادة للفيروس . وعليه فإن الفيروس يبقى نشطاً مع العائل ـ الخفاش ـ دون أن يؤثر في صحته ، وبالفعل فقد وجد الباحثون فيروس الإيبولا حياً في فضلات الخفافيش ، مما قد يجعل من تلك الفضلات مصدراً لانتقال الفيروس للحيوانات الأخرى .

وعلى الرغم من أن دراسة أخرى أشارت إلى أن بعض المرضى قد أصيبوا بمرض الإيبولا من قرود مصابة ، إلا أن القرود بوجه عام لا تعد عائل دائم لفيروس الإيبولا لأن المرض قد يفتك بالقرود أيضاً ، وعليه فيمكن النظر إلى القرود بأنها قد تكون حلقة وصل للاصابة بالمرض ، وليس عائلاً للفيروس مثل الخفافيش .

المصدر :

Science News, Vol. 150, Nov. 1996, P. 294

تقنية التناضح العكسي

أ.د. إبراهيم صالح المعناز

تعتمد تقنية تحلية المياه بالتناضح العكسي (Reverse Osmosis) على فصل الأملاح عن المياه دون إحداث أي تغير في حالتها الطبيعية (الفيزيائية) ، حيث تفصل الأملاح باستخدام أغشية شبة منفذة تسمح - من خلالها - بمرور جزيئات الماء صغيرة الحجم ، ولاتسمح بمرور جزيئات الأملاح كبيرة الحجم نسبياً .

يشيع استخدام تقنية التناضح العكسي في تحلية المياه الجوفية ومياه البحر ، وتلاقي هذه العملية إقبالاً عالمياً متزايداً - في الفترة الأخيره - نظراً لسهولة تشغيلها وانخفاض تكاليفها إضافة إلى التقدم المستمر في إنتاج أغشية التناضح العكسي الفعّالة . وقد بلغت نسبة محطات تحلية المياه العاملة بهذه التقنية نحو ٣٠٪ من إجمالي عدد محطات تحلية المياه في العالم .

كانت البدايات المعملية الأولى لتحلية المياه بالتناضح العكسي عام ١٩٥٣م ، تلى ذلك تطوير أغشية خلات السيليلوز (Celluse Acetates) في جامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس عام ١٩٦٠م ، وشهد عام ١٩٦٥م ظهور وحدات تنقية المياه بالتناضح العكسي بشكل تجاري في الأسواق ، وقد مرت صناعة تحلية وتنقية المياه بهذه الطريقة بقفزة كبيرة بعد توفر وحدات التناضح العكسي ذات الألياف الدقيقة المجوفة والوحدات ذات اللف الحلزوني بشكل تجاري عام ١٩٧٦م .

آلية التناضح العكسي

يمكن توضيح آلية التناضح العكسي فيما يلي :

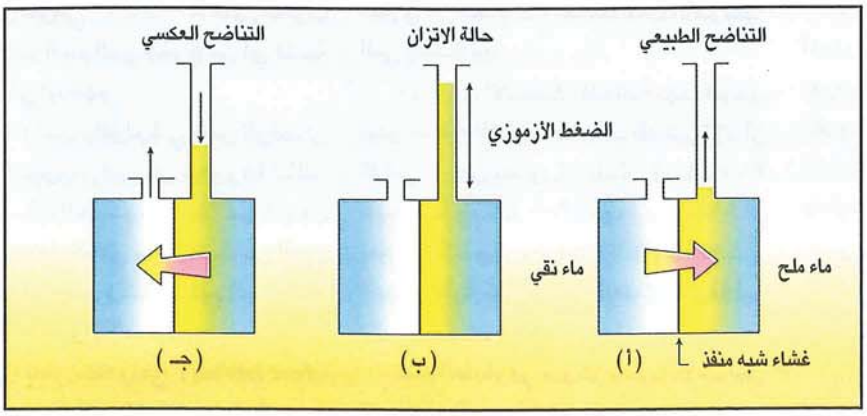
عند وضع ماء يحتوى على تركيز ملحي مخفف ، وآخر يحتوى على تركيز ملحي مرتفع في إناء يفصل بينهما غشاء شبه منفذ ، شكل (١) ، فإن الماء ينتقل من خلال ذلك الغشاء تاركاً الأملاح خلفه .

يشكل اختلاف تركيز المياه في المحلولين قوة دافعة تعمل على انتقال الماء من الجزء عالى التركيز بالمياه (ماء نقي) إلى الجزء قليل التركيز بها (ماء مالح) . وقد لفتت هذه الظاهرة انتباه الكيميائي الفرنسي **أب نوليت (Abbe Nollet)** ، عام ١٧٤٨م ، الذي لاحظ استمرار انتقال المياه خلال الغشاء شبه المنفذ حتى الوصول إلى حالة الاتزان الطبيعية التي تقضي بتساوي التركيز على جانبي الغشاء ، وطبقاً لذلك فإن الماء ينتقل من المحلول ذي التركيز المنخفض من الأملاح (عالى تركيز المياه) إلى المحلول المواجه له ذي التركيز المرتفع من الأملاح وذلك لتخفيفه مع ارتفاع عامود المياه في جهة المحلول شديد الملوحة . وعند توقف سريان المياه خلال الغشاء والوصول إلى حالة الاتزان ، يُعبِّر إرتفاع عامود المياه ، شكل (١-ب) عن الضغط التناضحي أو الأزموزي (Osmatic Pressure) الذي يعرف بأنه القوة الدافعة لإنتقال الماء وتحركه خلال الغشاء .

أفادت البحوث العلمية في هذا المجال أن أقل ضغط يلزم استخدامه للبدء في ترشيح مياه البحر القياسية - خلال أغشية التناضح العكسي - هو ٢٤ر٨ ضغط جوي (٣٦٥ رطل / بوصة المربعة) ، ويعتمد ذلك على تركيز الأملاح الموجودة في المياه المعالجة ، وعلى درجة حرارتها ، ويبين الجدول (١) ، كمية الأملاح والضغط التناضحي لعينات مختلفة من المياه الجوفية

نوع المياه	كمية الأملاح (ملجم/لتر)	الضغط التناضحي		
		ضغط جوي	رطل/بوصه٢	كجم/سم٢
مياه جوفيه (١)	١٥٠٠	٠,٩٩	١٤,٥	١,٠٢
مياه جوفيه (٢)	٥٠٠٠	٢,٩٦	٤٣,٥	٣,٠٦
مياه جوفيه (٣)	١٢٠٠٠	٦,٩١	١٠١,٥	٧,١٤
مياه بحر (١)	٣٥٠٠٠	٢٢,٧٠	٣٣٣,٥	٢٣,٤٥
مياه بحر (٢)	٥٠٠٠٠	٣٦,٥٠	٥٣٦,٥	٣٧,٧٢

جدول (١) الضغط التناضحي لعينات من المياه الجوفية ومياه البحر



شكل (١) آلية تقنية التناضح العكسي .

ومياه البحر ، وتعطي المعادلة الموضحه أدناه قيمة تقريبية للضغط التناضحي(π) بالرطل على البوصة المربعة بدلالة كل من تركيز الاملاح (C) بالملجم /لتر ، ودرجة الحرارة (t) معبراً عنها بالدرجة المئوية .

$$\pi = \frac{0.0385C(t + 275)}{1000 - \frac{C}{1000}}$$

وعند تكرار العملية السابقة بنفس المحلولين السابقين ، شكل (١) مع جعل ضغط المحلول المركز (شديد الملوحة) مساوياً للضغط التناضحي (الأزموزي) الذي تم حسابه في الجزء السابق من التجربة ، فإن جزيئات الماء في هذه الحالة لن تتحرك بسبب تساوي القوتين المؤثرتين على ناحيتي الغشاء ، إذ أن فارق تركيز الماء سيعمل على دفع جزيئات الماء إلى ناحية المحلول المركَّز بضغط يساوي الضغط الأزموزي ، في حين أن الضغط الموجود على المحلول المركَّز والمساوي للضغط التناضحي (الأزموزي) سيوقف تحرك جزيئات الماء وذلك لتساوي الضغطين على جانبي الغشاء .

ومع زيادة الضغط التناضحي على المحلول الملحي المركز تنشأ قوة دافعة تؤدي إلى إنتقال الماء منه إلى المحلول ذي التركيز المخفف ، شكل (١ـ ج) ،مع ارتفاع معدل إنتقال الماء بزيادة الضغط ، وبالتالي تنتقل جزيئات ا لماء من المحلول الملحي المركز إلى المحلول المخفف ، وهذا عكس مايحدث طبيعياً أو تلقائياً عند وجود هذين المحلولين على جانبي الغشاء ، ولذا يسمى التناضح في هذه الحالة بالتناضح العكسي.

وهناك عدة عوامل تؤثر في عملية فصل الماء عن الأملاح بالتناضح العكسي ، وعلى كمية المياه المنتجة بهذه التقنية . ويمكن توضيح هذه العوامل وفقاً للمعادلة التالية :

$$Fw = Kw (\Delta P - \Delta \pi) A/X$$

حيث

(F_W) : معدل إنتاج المياه ،.

(K_W) : عامل نفاذية الغشاء المستخدم للماء ،

(ΔP) : الزيادة في ضغط الماء المالح.

($\Delta \pi$) : مقدار الضغط الأزموزي للمياه المالحة .

(A) : مساحة الغشاء المستخدم .

(X) : سمك الغشاء المستخدم .

ويمكن حساب معدل خروج الأملاح خلال الغشاء وفق المعادلة التالية :

$$F_S = K_S (C_f - C_p)$$

حيث

(F_S) : معدل تسرب الأملاح .

(K_S) : عامل نفاذية الأملاح خلال الغشاء المستخدم .

(Cp) : تركيز الأملاح في المياه المنتجة المحلاة .

(C_f) :تركيز الأملاح في المياه المالحة الداخلة .

يمثل حاصل قسمة كمية المياه المنتجة (Fw) على كمية المياه المالحة الداخلة لعملية التناضح العكسي نسبة التحويل أو الاسترجاع ، وهي عادة تتراوح بين ٤٥٪ الى ٨٥٪ أو أكثر قليلاً . وكذلك تمثل قسمة تركيز الأملاح(F_S) في المياه المنتجة على تركيز الأملاح في المياه المالحة الداخله لعملية التناضح العكسي نسبة مرور الأملاح . ولهذين العاملين (نسبة التحويل ، ونسبة مرور الأملاح) أهمية كبرى في متابعة تشغيل وحدات التناضح العكسي ، ويجب الحرص على ثبات نسبة التحويل عند قيم عالية ، والتأكد من عدم تجاوز نسبة مرور الأملاح لحدود قليلة معينة ، وفيما عدا ذلك يجب إيقاف أجزاء من وحدات التناضح العكسي لتنظيف الأغشية أو استبدالها.

محطات التناضح العكسي

تتكون محطات تحلية المياه بالتناضح العكسي من ثلاثة أجزاء رئيسة هي وحدات المعالجة الأولية ، ووحدات التناضح العكسي ، ووحدات المعالجة النهائية ، ويمكن توضيحهم على النحو التالي :

● وحدات المعالجة الأولية

تعد وحدات المعالجة الأولية جزءً هاماً في محطة التناضح العكسي لأنها تؤثر بشكل كبير على كفاءة وحدات التناضح العكسي ، وذلك لاستحالة إدخال الماء الخام مباشرة إليها حيث قد تتأثر الأغشية المستخدمة فيها بكثير من العوالق والمواد الكيميائية والإحيائية الموجودة بهذه المياه . بل إن كثيراً من الأغشية تتطلب نوعية معينة من المياه قبيل دخولها إلى وحدات التناضح العكسي ، ويتم الحصول على هذه النوعية من خلال وحدات المعالجة الأولية .

يتم في وحدات المعالجة الأولية إزالة المواد العالقة ، وإزالة عسر المياه ، وفصل المواد العضوية ، وبعض المواد غير العضوية ، وإزالة الكائنات الحية مخافة مهاجمتها لأغشية التناضح العكسي . وتحتوى المياه على بعض الملوثات الهوائية الذائبة ، كما أنها تحمل معها المعادن المختلفة كالسيليكا والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد وغيرها إضافة إلى الجسيمات العالقة والبكتيريا .

تهدف عمليات المعالجة الأولية إلي المحافظة على بقاء أغشية التناضح العكسي سليمة لفترة طويلة مع رفع قدرتها وذلك بإزالة المواد العالقة والبكتيريا والمواد سريعة الترسيب والمواد الغروية وغيرها .

وتشتمل وحدات المعالجة الأولية على عمليات تيسير (إزالة العسر) المياه ثم التخثير ثم الترشيح . ويتم إزالة عسر المياه والمواد العالقة والمواد الأخرى المذكورة أعلاه على النحو التالي :

* **إزالة المواد العالقة :** ويتم ذلك بالتخثير والترشيح ، وتهدف عملية التخثير الى تسهيل ترسب وترشيح المواد العالقة صغيرة الحجم باستخدم بعض المواد الكيميائية مثل الشب (كبريتات الألمنيوم) وكلوريد الحديد ، يلي ذلك فصل المواد العالقة في المرشحات المختلفة .

* **إزالة عسر المياه:** وذلك بإضافة الجير ورماد الصودا ، لمنع ترسب أملاح الكالسيوم والمغنيسيوم التي تتميز بقابليتها الشديدة للترسب على أغشية التناضح العكسي .

* **خفض تركيز المواد غير العضوية ويتم ذلك بعدة وسائل هي :-**

ـ تهوية المياه الخام الداخلة لأكسدة هذه المواد فيسهل ترسيبها .

ـ إضافة مواد مؤكسدة مثل بيرمنجنات البوتاسيوم أو الأوزون أو الكلور .

ـ إضافة مواد مثل فوسفات الصوديوم السداسية لإزالة أملاح الحديد التي يمكنها الترسب على الأغشية متسببة في منع سريان المياه من خلالها .

* **إزالة المواد العضوية :** وتتم باضافة الكربون المنشط ، وبعض البولمرات ، كما يستخدم الكلور لأكسدة المواد العضوية والقضاء على الكائنات الحية ، غير أنه يلزم إزالة الكلور الزائد قبيل دفع المياه لوحدة التناضح العكسي ، نظراً لأن كثيراً من أغشية التناضح العكسي تتأكسد بالكلور

وتقل فاعليتها .

من الجدير بالذكر أن المواد العالقة والأملاح المختلفة لأتزال واحدة تلو الأخرى بعمليات منفصلة بل قد يتم خفض تراكيز أكثر من مادة في عملية واحدة ، فقد تخدم العمليات المذكورة أعلاه في وحدات المعالجة الأولية أكثر من غرض واحد في نفس الوقت .

● وحدات التناضح العكسي

تتميز وحدات التناضح العكسي ـ مقارنة بطرق التحلية الحرارية مثل التقطير الومضي أو التقطير متعدد المراحل ـ بمزايا عديدة من أهمها مايلي :

ـ انخفاض استهلاك الطاقة المستخدمة .

ـ إنعدام مشاكل التآكل وإنخفاض كميات الترسبات.

ـ قصر الوقت اللازم لإنشائها .

ـ سهولة تشغيلها وصيانتها.

ـ قلة تكلفة إنتاج المياه العذبة .

تتكون وحدة التناضح العكسي من مضخة ضغط مرتفع ـ مضخة طرد مركزي أو مضخة إحلال موجب ـ وأغشية وأجهزة تحكم وتوزيع .

يتراوح ضغط المياه الداخلة لأغشية التناضح العكسي بين ١٧ إلى ٣٠ ضغط جوي (٢٥٠ إلى ٤٠٠ رطل على البوصة المربعة) للمياه الجوفية (مياه الآبار) ، وبين ٤٥ إلى ٧٠ ضغط جوي (٨٠٠ إلى ١٠٠٠ رطل على البوصة المربعة) لمياه البحر ، وتستهلك وحدات التناضح العكسي حوالي ٣٫٥ إلى ٤٫٣ كيلووات ساعة لكل طن متري من الماء (١م٣ وزناً من الماء) لمياه الآبار وحوالي ٨٫٥ إلى ١٠٫٢ كيلووات ساعة لكل طن متري من الماء المنتج لمياه البحر .

* **أغشية التناضح العكسي :** وتستخدم للتعامل مع المياه الجوفية ، أو مياه البحار ، ويصنع منها عدة أنواع أهمها مايلي :

ـ أغشية رقائق عديد الأميد أو خلات السيليلوز : وتمتاز الأولى بمقاومتها للبكتيريا ، في حين تمتاز الثانيه بمقاومة عالية للكلور ، ومدى جيد للرقم الهيدوروجيني يتروح بين ٢ إلى ٨ .

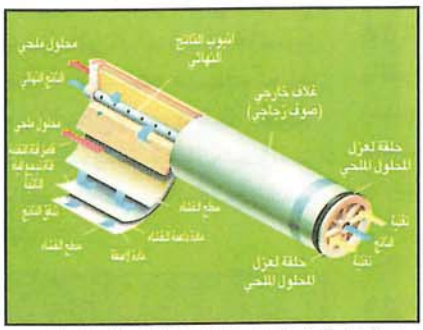
ـ أغشية السيليلوز المعدلة : وتمتاز بقدرة عالية على حجز الأملاح تصل إلى ٩٩٪ ، مع إرتفاع في معدل ترشيح (نفاذية) المياه العذبة يقدر بنحو ٦ إلى ١٢ لتر من الماء العذب في اليوم لكل متر مربع من مساحة الغشاء ولكل ضغط جوي واحد زيادة على ضغط التناضح .

ـ أغشية مركبة : وتمتاز بقدرة كبيرة على مقاومة الكائنات الحية الدقيقة (البكتيريا) ، وتعمل عند مدى واسع من الرقم الهيدروجيني يتراوح عادة فيما بين من ٢ إلى ١٢ .

* **أنظمة أغشية التناضح العكسي :** وتأتي على عدة أشكال أهمها :

ـ أغشية أسطوانية : وهي سهلة التنظيف غير أن أحجامها كبيرة مقارنة بالمساحة السطحية المتاحة لانتقال الماء .

ـ أغشية اللف الحلزوني : وتتكون من طبقتين من الأغشية شبه المنفذة يفصل بينهما طبقة من النايلون أو عديد الإستر ، وتُلف هذه الطبقات الثلاثة حول أنبوب



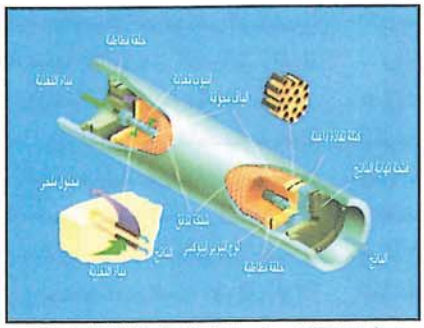
● شكل (٢) نموذج لأغشية اللف الحلزوني .

مسامي لتجميع المياه المنتجة ، ويبين الشكل (٢) نموذجاً للأغشية ذات اللف الحلزوني .

ـ أغشية الألياف الدقيقة المجوفة :

ويصل القطر الخارجي للغشاء المجوف الواحد الى حوالى ٨٥ ميكرون (مايقارب شعرة الرأس) ، بينما يصل قطرها الداخلي إلى حوالي ٤٢ ميكرون ، ويبين الشكل (٣) نموذج لأغشية الألياف الدقيقة المجوفة .

تمتاز الأغشية ذات اللف الحلزوني ، وأغشية الألياف الدقيقة المجوفة ـ مقارنة



● شكل (٣) نموذج للألياف الدقيقة المجوفة .

نوع الغشاء	معدل السريان (متر٣/متر٢/يوم)	المساحة / الحجم (متر٢ /متر٣)
اللف الحلزوني	١,٢-٠,٦	٣٠٠
الألياف الدقيقة المجوفة	٠,٨-٠,١٢	٥٠٠٠

جدول (٢) معدل سريان المياه والمساحة المتاحة لبعض الأغشية

بالأغشية الاسطوانية ـ بصغر حجمها الكلي ، وبنسبة عالية من المساحة السطحية المتاحة لإنتقال الماء ، جدول (٢)، وقد توفرت وحدات التناضح العكسي ذات الألياف الدقيقة المجوفة والوحدات ذات اللف الحلزوني بشكل تجاري منذ عام ١٩٧٦م ، وقد أمكن انتاج وحدات منها يمكنها ترشيح نحو ٢٠ متراً مكعباً من الماء العذب باستخدام ضغط يتراوح بين ٥٠ إلى ٧٠ ضغط جوي .

● وحدات المعالجة النهائية

يتمثل الدور الأساس لوحدات المعالجة النهائية (المعالجة اللاحقة) في تعديل نوعية المياه المنتجة لتلائم الاستعمال المطلوب وذلك من خلال ضبط الرقم الهيدروجيني ، وتطهيرها من الكائنات الحية الدقيقة ، وتعقيمها ، وضبط الأملاح وذلك كمايلي :

* **تعديل الرقم الهيدروجيني :** حيث تتراوح قيمته بين ٥ إلى ٦٫٥ في المياه الناتجة من وحدة التناضح العكسي ، وهي قيمة غير مناسبة لكثير من الاستعمالات المطلوبة ، ولذا يتم تعديلها لتتراوح بين ٦٫٥ إلى ٨٫٥ لمياه الشرب ، وأقل من ٥ لمياه الري ، وأكثر من ٨ لمياه الاستعمالات الصناعية .

* **التطهير والتعقيم :** ويتم بإضافة الكلور أو الأوزون لمنع تكاثر الكائنات الحية من بكتيريا أو فيروسات .

* **ضبط الأملاح :** ويتم من خلال تعديل التركيز الكلي للأملاح المذابة في حدود ٥٠٠ جزء في المليون حتى يكون الماء ملائماً للشرب .

التناضح العكسي في المملكة

بدأ استعمال وحدات التناضح العكسي في المملكة العربية السعودية منذ سنوات عديدة على شكل وحدات صغيرة ـ ذات

سعة ٥٠٠ مترمكعب في اليوم ـ تقوم بتحلية المياه في بعض المجمعات السكنية أو الفنادق أو المستشفيات ، إضافة إلى وجود وحدات صغيرة جداً للاستعمال المنزلي .

وفي أوائل عام ١٩٨٠م دخلت تقنية التناضح العكسي مرحلة التطبيق المكثف في المملكة ، وصارت منافسة لمحطات تحلية المياه بالتبخير الومضي ، ويبين الجدول (٣) محطات تحلية المياه ـ الجوفية ومياه البحر ـ الرئيسية في المملكة والمستخدمة لطريقة التناضح العكسي .

ويلاحظ من الجدول أن مدينة الرياض يوجد بها أكثر محطات تحلية المياه الجوفية بالتناضح العكسي ، إذ تضم هذه المدينة ست محطات كبيرة لتنقية المياه الجوفية ـ بالتناضح العكسي ـ هي محطات منفوحة (١ ، ٢) والملز ، و الشميسي ، وصلبوخ ، والبويب ، وتوفر هذه المحطات نحو ٣٥٪ من الاحتياجات المائية لمدينة الرياض .

وتعد محطة تحلية مياه البحر في مدينة جدة أكبر محطة عاملة حالياً لتحلية المياه بطريقة التناضح العكسي في المملكة ، إذ تبلغ سعتها الإجماليه نحو ٤٩٠٠٠ متر مكعب يومياً (١٢٫٩ مليون جالون يومياً) ، وتجري الترتيبات حالياً لإنشاء محطة تحلية لمدينتي ينبع والمدينة المنورة بطريقة التناضح العكسي ـ ستكون أكبر وأضخم محطة تحلية مياه في العالم ـ تبلغ سعتها الاجمالية ١٢٨٠٠٠ متر مكعب يومياً (٣٣٫٨ مليون جالون يومياً) يُستخدم فيها أغشية ثلاثي خلات السيليلوز المصنعة من شركة تويوبو (Toyobo) اليابانية .

	المحطة	السعة (م٣/يوم)	سنة التشغيل	نوع الأغشية
محطات المياه الجوفية	منفوحه ١	٣٦٠٠٠	١٩٨٠	ألياف دقيقة مجوفة
	منفوحه ٢	٤٨٠٠٠	١٩٨٠	ألياف دقيقة مجوفة
	الملز	٢٤٠٠٠	١٩٨٠	ألياف دقيقة مجوفة
	الشميسي	٣٦٠٠٠	١٩٨٠	ألياف دقيقة مجوفة
	صلبوخ	٦٠٠٠٠	١٩٧٩	ألياف دقيقة مجوفة
	البويب	٦٦٠٠٠	١٩٨٠	لف حلزوني
	المجمعة	٣٨٠٠	١٩٧٨	لف حلزوني
	الجبيل	١٥٠٠٠	١٩٨٠	لف حلزوني
	الظهران	٣٥٠٠	١٩٨٢	ألياف دقيقة مجوفة
	بيري	٦٨٠٠	١٩٧٧	ألياف دقيقة مجوفة
	شدقم	٥٣٠٠	١٩٧٩	ألياف دقيقة مجوفة
محطات مياه البحر	جده	١٢٠٠٠	١٩٧٩	لف حلزوني
	البرك	٢٣٠٠	١٩٨٢	ألياف دقيقة مجوفة
	أملج ٢	٤٤٠٠	١٩٨٦	لف حلزوني
	جده ٢	٤٩٠٠٠	١٩٩٠	لف حلزوني
	ينبع	٥٠٠٠	١٩٨١	ألياف دقيقة مجوفة
	العزيزية	٣٨٧٠	١٩٨٧	ألياف دقيقة مجوفة

جدول (٣) محطات تحلية المياه الرئيسية بالمملكة بطريقة التناضح العكسي(١٤١٥هـ).

مستقبل تقنية التناضح العكسي

على الرغم من سهولة تحلية المياه بطريقة التناضح العكسي ، وانخفاض تكاليف إنتاجها وعدم احتياجها الى كفاءات عالية مدربة تدريباً خاصاً ، إلا أنها تعانى من بعض المشكلات التي وقفت طويلاً دون انتشارها كطريقة فعالة لتحلية المياه في الفترة السابقة ، ومن أهم هذه المشكلات مايلي :

١ـ امكانية تركيز الاملاح وتجمعها وتراكمها حول الأغشية (استقطاب الأغشية) مما يساعد على زيادة امكانية تسربها خلال تلك الأغشية مسببة بذلك زيادة في ملوحة المياه الناتجة ، وقد كان للأنظمة حديثة التصاميم في مجال التناضح العكسي دوراً كبيراً في الحد من هذه الظاهره والتغلب عليها ، ومثال ذلك لاتعاني أنظمة الأغشية ذات اللف الحلزوني أو الأغشية ذات الألياف الدقيقة المجوفة كثيراً من هذه الظاهرة .

٢ـ ترسب الأملاح على الأغشية ، وهي تمثل مشكلة تشغيلية وذلك لأن الاملاح المترسبة على الأغشية تسد مسامها مما يقلل من معدل سريان المياه المنتجة من خلالها ، ومن أشهر المواد التي يحتمل ترسبها على الأغشية أملاح الكالسيوم والمعادن (كالحديد، والألمنيوم) ، والمواد الغرويه ، والسيليكا ،والبكتيريا ، وغيرها .

ويتمثل الحل المتاح حالياً لهذه المشكلة في رفع كفاءة وحدات المعالجة الأولية للتخلص من هذه المواد ، مع مراقبة الأغشية وإنتاجيتها ، والعمل على تنظيفها أو استبدالها للمحافظة على معدل إنتاج ثابت للمياه المنتجة .

٣ـ التغير الكيميائي للأغشية من جراء تفاعلها مع بعض المواد الموجودة في المياه أو تأثيرها فيزيائياً نتيجة مواجهتها للمياه ذات الضغوط المرتفعة بشكل مستمر ، فمثلاً تتأثر أغشية خلات السيليلوز كثيراً بذلك عندما يكون الرقم الهيدروجيني أعلى من ٨ أو أقل من ٣ . ويعمل الكلور على أكسدة الأغشية ، حيث لاتستطيع أغشية خلات السيليلوز مقاومة تركيز ٥٠ ملجم /لتر من الكلور لفترة أكثر من ٢٠ دقيقة عند درجة حرارة ٢٠ مؤية ، بينما تستطيع هذه الأغشية فقط مقاومة ١ـ٢ملجم /لتر من الكلور لفترة طويلة دون أن تتأثر . في حين أن أغشية عديد الأميد تتأثر كثيراً بأي تركيز للكلور في المياه .

إن الهدف الرئيسي الذي يسعى إليه مصنعو الأغشية هو إنتاج أغشية ذات معدل عال لسريان المياه ، ونسبة مرتفعة في طَرد الأملاح ، ومقاومة كبيرة لعامل الضغط واستقرار كيميائي كبير ، وعدم التأثر بترسب الأملاح وغير ذلك من الصفات والمزايا الأخرى التي تسهم في زيادة إنتاجية المياه العذبة وتحسن نوعيتها .

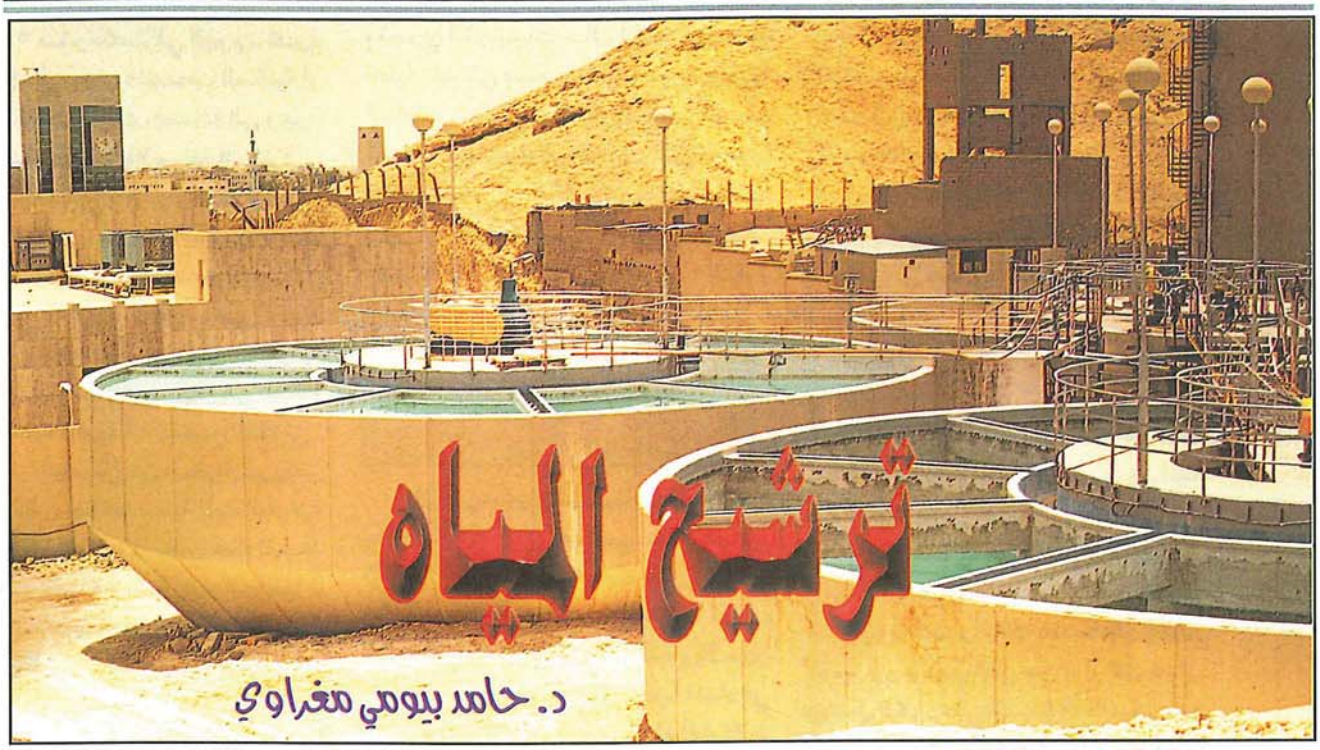
ومن المؤمل أن يكون لطرق تحلية المياه بالتناضح العكسي مستقبل زاهر ، حيث يجري البحث بشكل مستمر لتطويرها وذلك بعدة وسائل منها :

١ـ تطوير أغشية حديثة.

٢ـ إضافة بعض المواد الكيميائية على الأغشية الحالية لتحسين خواصها.

٣ـ تطوير طرق تصنيع الأغشية .

٤ـ تحسين التصاميم الهندسية لنماذج التناضح العكسي .



ترشيح المياه

د. حامد بيومي مغراوي

تعد عملية ترشيح المياه القاسم المشترك في معظم محطات معالجة وتنقية المياه ، حيث يتم من خلالها إزالة الجسيمات الدقيقة العالقة بالمياه ـ مثل الطفلة (Clay) ، والغرين (Silt) ، وجسيمات المواد الغروية والعضوية الطبيعية ، ورواسب أملاح العناصر الناتجة عن عمليات التخثير ، والكائنات الحية المجهرية ـ التي يصعب إزالتها بعملية الترسيب بسبب دقة حجمها (من ٠,١ ملم إلى أقل ٠,٠٠١ ملم) ، وطول الفترة الزمنية اللازمة لترسيبها ـ تتراوح ، بين ٣٣ دقيقة إلى أكثر من ٦٠ عاماً ـ دون إضافة مواد كيميائية مخثرة .

تهدف عملية الترشيح ـ بالإضافة إلى الحصول على مياه صافية نقية ذات طعم ورائحة مقبولين ـ إلى التخلص من الجسيمات العالقة بالمياه التي يتسبب وجودها في زيادة جرعات المواد المطهرة بسبب أن الأجسام العالقة تحمي الكائنات الحية المجهرية من تأثيرات تلك المطهرات .

آليـة الترشيـح

تعتمد آلية ترشيح المياه على عدة عوامل مختلفة هي الخواص الفيزيائية والكيميائية للشوائب ، ووسط المرشح ، ومعدل الترشيح ، والخواص الكيميائية للمياه الخام . وتتم عملية إزالة الشوائب من خلال عدة آليات هي :ـ

١ـ الحجز (Straining) : ويتم على سطح وسط المرشح .

٢ـ الترسيب (Sedimentation) : ويتم في الفراغات الموجودة بين حبيبات وسط المرشح .

٣ـ الانتقال (Transport) : وتؤدي إلى اقتراب الجسيمات الصلبة ـ خاصة الدقيقة منها ـ من السائل إلى الفجوات القريبة من أسطح حبيبات الوسط المسامي . وتتضمن هذه الآلية ترسيب الجسيمات الصلبة تحت تأثير الجاذبية ، والتقاط الجسيمات أثناء مرورها ، والديناميكا الهيدروليكية التي ترتبط بخواص تلك الجسيمات من حيث كثافتها ومقاساتها ، وشكلها .

٤ـ الالتصاق (Attachment) : ويحدث عند اقتراب الجسيمات الصلبة من سطح حبيبات وسط المرشح حيث تبدأ قوى سطحية قصيرة المدى في التأثير على حركة الجسيم ، وفي حالة عدم استقراره بدرجة كافية ـ بحيث تصل قوى التنافر (Repulsion Forces) الساكنة عند حدها الأدنى ـ فإن التصادم بين الجسيم وسطح الحبيبات يصبح ممكناً ، ويحدث الالتصاق بينهما عن طريق قوى **فان ديرفال** (Van der Waals) قصيرة المدى .

وسائـط المرشحـات

يستخدم في عملية الترشيح عدة وسائط حبيبية مختلفة هي كالتالي :ـ

١ـ رمل السيليكا ، وفحم الانثراسيت ، والجارنت (مخلوط من سيليكات الحديد والألمنيوم والكالسيوم) ، والألمنيت (مخلوط من مركبات الحديد والتيتانيوم) .

٢ـ كربون حبيبي منشط (Granular Activated Carbon - GAC) وذلك لإزالة طعم ورائحة المياه ، كما أنه يستخدم بعد عملية الترشيح لادمصاص المركبات العضوية .

٣ـ الدياتومسيوس الأرضي (Diatomaceous Earth - DE) ، ويتركب

من طحالب مائية مجهرية ذات هياكل متحجرة تنمو في المياه العذبة أو المالحة ، يتم جمعها ، ثم تعدينها ومعالجتها وتصنيفها طبقاً للمقاس الخاص بتطبيقات ترشيح مياه الشرب والذي يتراوح بين ٥ إلى ١٧ ميكروميتر .

٤ـ البيرلايت : ويعد أقل الأوساط استخداماً في عمليات ترشيح المياه ، ويتم الحصول عليه من الصخور البركانية الزجاجية بعد معالجتها بالتسخين ـ لإزالة جزئيات الماء منها ـ حيث تتحول إلى كتلة من الفقاقيع الزجاجية ، يتم طحنها وتكليسها ، ثم طحنها مرة أخرى وتصنيفها في مقاسات مختلفة .

وهناك عدة خصائص فيزيائية هامة لحبيبات وسط المرشح ، تؤثر من خلالها على أداء عملية الترشيح ، وعلى تحديد نوع الوسط المناسب لتلك العملية ، وعلى متطلبات تدفق مياه الغسيل العكسي (Backwashing) لوسط المرشح . وتتمثل هذه الخصائص في مقاس الحبيبات (ملم) وتدرجها ، وشكل الحبيبات ودرجة استدارتها ، وكثافتها النوعية ، وصلابتها ، ومسامية الوسط (حجم الفراغات بين الحبيبات إلى الحجم الكلي للوسط) .

يتم تحديد مقاس ودرجة انتظام حبيبات وسط المرشح طبقاً لعاملين هما : ـ

* **المقاس المؤثر (Effective Size-ES) :** ويعرف بأنه مقاس فتحات المنخل (Sieve) الذي يسمح بمرور ١٠٪ (بالوزن) من الحبيبات .

* **معامل التماثل (Uniformity Coefficient-UC) :** وهو النسبة بين مقاس فتحات المنخل الذي يسمح بمرور ٦٠٪ (بالوزن) من الحبيبات والمقاس المؤثر .

ويلاحظ أنه كلما صَغُرَ المقاس المؤثر للحبيبات زادت كفاءة المرشح في إزالة الشوائب ، إلا أن ذلك يزيد من معدل إنسداد مسام الوسط مما يعيق مرور المياه ـ يعبر عنه بفقدان ضغط (Head loss) المياه ـ داخل المرشح . ومن ناحية أخرى كلما انخفض معامل التماثل (الحبيبات أكثرانتظاماً) زادت إمكانية تغلغل الشوائب في عمق وسط المرشح ، وبالتالي استغلاله استغلالاً كاملاً في حجز وتخزين تلك الشوائب .

الخاصية	نوع المرشحات
نوعية الوسط الحبيبي	الرمل ، وفحم الانثراسيت ، والديا تومسيوس الأرضي .
نظام مرور المياه	ـ مفتوحة (تحت تأثير الجاذبية الأرضية) . ـ ضغطية (تحت ضغط عال).
معدل سريان المياه	ـ سريعة (معدلات سريان عالية) . ـ بطيئة (معدلات سريان بطيئة جداً) .
عدد وسائط المرشح	ـ أحادية الوسط (طبقة واحدة من الرمل أو أي مادة أخرى مشابهة) . ـ ثنائية الوسط (طبقتين السفلى منهما ذات حبيبات صغيرة المقاس كرمل السيليكا ، والعليا ذات حبيبات كبيرة وخفيفة مثل فحم الانثراسيت المجروش) . ـ متعددة الوسائط (ثلاث طبقات أو أكثر تتدرج حبيباتها مقاساً ووزناً حيث يزداد المقاس ويقل الوزن من أسفل إلى أعلى).
إتجاه تدفق المياه	ـ صاعدة (يتدفق فيها الماء من أسفل إلى أعلى) . ـ هابطة (يتدفق فيها الماء من أعلى إلى أسفل).
عمق وسط المرشح	ـ عميقة (المرشحات الرملية السريعة) . ـ سطحية (المرشحات المغطاة ، والمرشحات الرملية البطيئة) .

● جدول (١) أنواع المرشحات المستخدمة في عمليات ترشيح المياه .

أنواع المرشحات

تقسم المرشحات المستخدمة في عمليات ترشيح المياه إلى عدة أنواع ، يمكن تصنيفها وتوصيفها طبقاً لعدة خصائص يوضحها الجدول (١) .

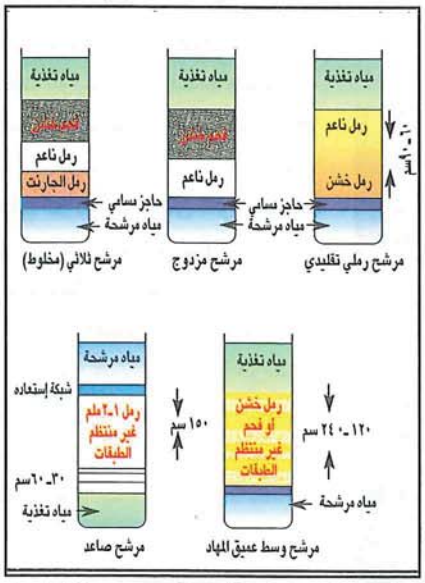
ويمكن من خلال التقسيمات السابقة ، جدول (١) ، توصيف المرشح توصيفاً كاملاً عن طريق الاختيار المناسب لصفاته ، وبالتالي توصيف عملية الترشيح ، فعلى سبيل المثال في حالة المرشح ثنائي الوسط السريع الذي يعمل تحت تأثيرالجاذبية الأرضية ، فإن ذلك يدل على أن عملية الترشيح هي ترشيح عميق المهاد (Deep Bed) خلال وسطين (طبقة رمل تعلوها طبقة أخرى من فحم الإنثراسيت) ، تحت معدل تدفق عال وكاف لإمكانية الإزالة العميقة للجسيمات الدقيقة خلال وسط المرشح ، إضافة إلى أن عملية الترشيح تتم في إناء مفتوح يعمل تحت تأثير الجاذبية الأرضية .

وسوف يتناول هذاالمقال ـ بمشيئة الله ـ خمسة أنواع من المرشحات يمكن توضيحها كما يلي :

● مرشحات الرمل السريعة

تعد مرشحات الرمل السريعة أكثر أنواع المرشحات شيوعاً واستخداماً في معالجة مياه الشرب .

يتكون وسط الترشيح في المرشحات السريعة من مادة حبيبية هي الرمل ، وفحم الإنثراسيت المجروش ، وحبيبات الكربون المنشط ، والجارنت ، والألمنيت ، ويوضح الشكل (١) التركيب



● شكل (١) مخطط توضيحي لأنظمة مرشحات الرمل السريعة.

النموذجي لوسط المرشحات السريعة كثيرة الاستخدام .

يعد الرمل التقليدي هو الأكثر استخداماً في مرشحات الوسط الأحادي والثنائي ، وتحل حبيبات الكربون المنشط محل الرمل أو الإنثراسيت في مرشحات الادمصاص حيث يتم استخدامها كوسط أحادي أو ثنائي أو ثلاثي .

تمر المياه المراد تنقيتها ـ بعد المعالجة الأولية ـ خلال وسط المرشح بمعدل تدفق هابط (من أعلى إلى أسفل) يتراوح ما بين ٢ إلى ١٠ جالون / دقيقة / قدم٢ (٥ إلى ٢٥ متر/ساعة) . وكذلك توجد بعض أنواع المرشحات السريعة التي تستخدم نظام التدفق الصاعد . وتتم إزلة الشوائب العالقة بالمياه داخل مهاد المرشح وهو ما يسمى بالترشيح العميق .

مما يجدر ذكره أن مرشحات الرمل السريعة تستخدم في محطات تنقية مياه الشرب لمدينة الرياض ، وبعض مدن المنطقة الوسطى .

تعتمد عملية تنقية المياه في محطات مدينة الرياض (الشميسي ، والملز ، والمنفوحة ، وصلبوخ، والبويب والوسيع) على مبدأ إزالة العسر باستخدام الجير ورماد الصودا داخل أبراج مخروطية الشكل يتم فيها الخلط السريع والبطيء والترسيب لتمر المياه بعدها على المرشحات . ويختلف عدد وحدات المرشحات من محطة لأخرى إلا أن كل مرشح يتكون من جزئين متتاليين الأول مرشح رملي ذو وسط خشن تمر به المياه من أسفل إلى أعلى (صاعد) ، والثاني مرشح ذو وسط ناعم تمر به المياه من أعلى إلى أسفل (هابط) ما عدا محطة الوسيع التي تقع شرق مدينة الرياض فتحتوي على مرشح هابط فقط ، وفيما يلي توضيحاً لبعض مواصفات مرشحات محطات تنقية مياه الشرب بالمنطقة الوسطى .

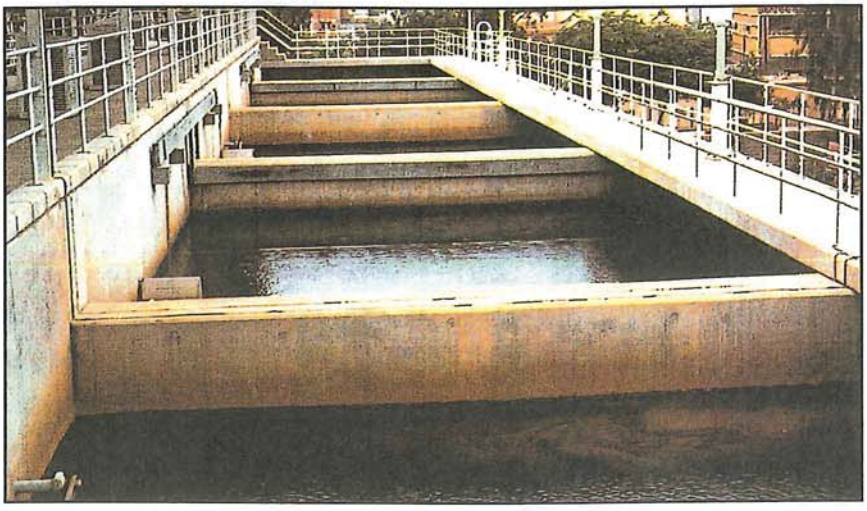
* **محطة الوسيع :** ويبلغ عدد وحدات الترشيح بها ٢٢ وحدة ، كل بمساحة ٧٢م٢، ووسط ترشيح ثنائي يتكون من رمل بعمق ٣٠سم (مقاس حبيباته يتراوح بين ٠,٣ ـ ٢ملم) وفحم انثراسيت بعمق ٥٠سم ، ويبلغ معدل التدفق لكل وحدة ١٠,٨٠٠م٣/يوم ، بمعدل ترشيح فعلي ١٥٠م/يوم ، وزمن دورة ترشيح ٢٤ ساعة . ومعدل تدفق مياه الغسيل العكسي ٤١م٣/م٢/ساعة لمدة ١٠ دقائق لكل وحدة .

* **محطة الشميسي :** وتحتوي على ٦ مرشحات رملية كل مرشح يتكون من جزئين صاعد وهابط ، ويتركب الجزء الصاعد من طبقة رملية بسماكة ٢٣٨سم ومقاس ٣-٥ملم تعلوها طبقة رملية بسماكة ١٠سم ومقاس ١٠ ـ ١٨ملم ، بينما يتكون الجزء الهابط من طبقة سفلية بسماكة ١٠سم (مقاس ١٠ ـ ١٨ملم) ، وطبقة وسطى بسماكة ١٥سم ومقاس ٣ـ٥ملم، وطبقة علوية بسماكة ٩٠سم ومقاس ٠,٨ ـ ١,٢ملم . وتبلغ المساحة السطحية للجزء الصاعد ١٣م٢ والهابط ٤٨م٢ ، وزمن الدورة الترشيحية ٤٨ ساعة للجزئين الصاعد والهابط ، ويبلغ معدل الترشيح الفعلي لهما ٣٦٩م/يوم و١٠٠م/يوم على الترتيب ، ويبلغ معدل التدفق الفعلي لكل مرشح ٤٨٠٠ م٣/يوم لكل من الجزئين الصاعد والهابط ، بينما يبلغ معدل تدفق ماء الغسيل العكسي للجزئين ٨٠٠م٣/ساعة لمدة ١٠دقائق .

ومعدل تدفق هواء الغسيل ٣٤٨ و ٨٨٨م٣/ساعة لكل من الصاعد والهابط على التوالي لمدة ٣٠ دقيقة .

* **محطة بريدة :** وتهدف عملية الترشيح بها إلى إزالة رواسب الحديد والمنجنيز التي تكونت داخلها خلال عملية التهوية . وتحتوي المحطة على ٢٠ مرشحاً تعمل تحت تأثير الجاذبية ، ويقسم كل مرشح إلى جزئين الأول صاعد (١٩,٧م٢) ، والثاني هابط (٣٩,٣م٢) . ويتكون وسط الترشيح من رمل السيليكا العادي فيما عدا الأجزاء السفلية من المرشحات الهابطة التي تحتوي على طبقة من الرمل الأخضر (بولارايت) بعمق ٧,٥سم بغرض تحسين أكسدة كل من الحديد والمنجنيز .

ومن المرجح أن حوالي ٩٠٪ من الرواسب يتم حجزها في الأجزاء الصاعدة بينما تُحجز بقية الرواسب في الأجزاء الهابطة . ويبلغ عمق الجزء الصاعد ٢,٢٦ متر حيث يحتجز الحجوم الكبيرة من الشوائب ، بينما يصل عمق الجزء الهابط ـ يستقبل المياه من الجزء الصاعد ـ إلى ٠,٩٥ متر . تستغرق كل دورة ترشيح من ٣٦ إلى ٤٨ ساعة ، يتم بعدها عملية الغسيل العكسي للمرشح عن طريق تيار من الهواء ، ثم خليط من الهواء والماء ثم من المياه للجزء الصاعد ، وتيار من الهواء ثم من المياه للجزء الهابط .



● محطة ترشيح المياه ببريدة.

ثبت من خلال متابعة عمل المرشحات السريعة أن أغلب الشوائب والعوالق تتركز في الطبقة العلوية من المرشح بسماكة بضع سنتيمترات من الرمل ، وبالتالي لم يتم استغلال مهاد الوسط العميق جيداً . ويرجع السبب في ذلك إلى أن حبيبات الرمل الصغيرة تطفو على سطح المرشح أثناء عملية الغسيل العكسي بينما تتجه الحبيبات الأكبر إلى القاع ، لذا فإن استخدام مرشح مزدوج الوسط يتركب من طبقة علوية خشنة من فحم الانثراسيت المجروش عند السطح فوق طبقة من رمل السيليكا الأكثر نعومة يشجع على اختراق أفضل للجسيمات الصلبة المزالة ، وبالتالي استغلال أكبر لعمق الوسط . كذلك يتميز مرشح الوسط الثنائي بتخفيض معدل فقد الضغط داخل وسطه ، وبالتالي إطالة دورة الترشيح .

● المرشحات المباشرة

تعمل المرشحات المباشرة من خلال إضافة مواد كيميائية مخثرة إلى تيار المياه مباشرة مع خلط سريع ، وتلبيد ، وترشيح دون الحاجة إلى خزان لتلبيد الجسيمات المزالة .

أصبح استخدام الترشيح المباشر للمياه السطحية ذات النوعية الجيدة متزايداً بسبب ماله من ميزات تجعله متفوقاً عن المعالجة التقليدية لنفس المصدر المائي ، منها ما يلي : ـ

١ـ قلة التكلفة نظراً لعدم استخدام أحواض تلبيد .

٢ـ حاجته لجرعات مخثرة صغيرة بهدف تكوين ندفات صغيرة المقاس قابلة للإزالة عن طريق الترشيح مقارنة بتكوين ندفات كبيرة ـ عند المعالجة التقليدية ـ يمكن إزالتها بالترسيب عن طريق الركود .

وعلى الرغم من الميزات السابقة للترشيح المباشر إلا أن له بعض العيوب منها :

١ـ القصور في معالجة مياه عالية التعكر و/أو التلون .

المعيار	المدى
اللون	أقل من ٤٠ وحدة لون (CU) .
العكارة	أقل من ٥ وحدات عكارة قياسية (NTU) .
الطحالب المائية	أقل من ٢٠٠٠ وحدة مساحية/مل .
الحديد	أقل من ٠,٣ ملجم/لتر .
المنجنيز	أقل من ٠,٠٥ ملجم/لتر .

● جدول (٢) معايير نوعية مياه الترشيح المباشر.

٢ـ قصر وقت ملاحظة التغير في نوعية المصدر المائي .

٣ـ قصر زمن وجود المياه داخل وسط المرشح ، وبالتالي عدم التحكم في التغير الموسمي في طعم ورائحة المياه .

وقد تم وضع عدة معايير لنوعية المياه الصالحة للمعالجة خلال الترشيح المباشر يوضحها الجدول (٢) .

كذلك فإن أنسب معدل لتدفق المياه داخل المرشح يتراوح ما بين ١ إلى ٦ جالونات/دقيقة /قدم٢ .

وتعد محطة معالجة المياه في لوس إنجلوس بالولايات المتحدة الأمريكية أحد الأمثلة على تطبيق الترشيح المباشر حيث يستخدم فيها وسط عميق من الإنثراسيت (١,٨ متر) بمقاس حبيبات مؤثر (١,٥ملم) ، ومعامل تماثل أقل من ١,٤ ، ومعدل ترشيح تصميمي عند ١٣,٥ جالون/دقيقة/قدم٢ (٣٣متر/ساعة) . وتتضمن المعالجة الأولية استخدام غاز الأوزون لمساعدة عملية التخثير بإضافة كلوريد الحديديك ومبلمر أيوني موجب لإحداث تلبيد للجسيمات العالقة قبل عملية الترشيح .

وتتم عملية الغسيل العكسي لوسط المرشح بالهواء فقط عند معدل ٤ قدم٣/دقيقة/ قدم٢ (١,٢ متر/دقيقة) ثم بتيار من الهواء والماء عند معدل ١٠ جالون/دقيق/قدم٢ (٢٤متر/ساعة) .

● مرشحات الرمل البطيئة

تعمل مرشحات الرمل البطيئة عند معدل ترشيحي منخفض جداً (٠,٠١٦ إلى ٠,١٦ جالون/دقيقة/قدم٢) دون استخدام معالجة أولية (التخثير) للمصدر المائي ، إضافة إلى صغر حبيبات الرمل المستخدم فيها مقارنة بالرمل المستخدم في المرشح السريع . هذا إلى جانب أن معدل الترشيح المنخفض يجعل الجسيمات المراد إزالتها تتركز غالباً في طبقة رقيقة ـ مكونة من الشوائب والكائنات المجهرية الدقيقة والكبيرة (حية وميتة) ـ على سطح وسط المرشح .

ومع مرور الوقت تشكل هذه الطبقة المتكونة وسطاً فعّالاً في الإزالة إلى أن يصل فقد الضغط داخل المرشح إلى الحد الذي يجب معه تنظيف المرشح . يتم تنظيف المرشح بتصفية سطحه من المياه ثم إزالة الشوائب بكشطها مع طبقة من الرمل يتراوح سمكها بين (١٣ ـ ٥٠ ملم)، وعادة يتم تنظيف الرمل الذي تم إزالته ـ هيدروليكيا ـ من وسط المرشح ويخزن لحين الحاجة إلى إحلال رمل المرشح . ويمكن تكرار عملية الكشط عدة مرات إلى أن يصل عمق طبقة الرمل ما بين ٠,٤ إلى ٠,٥ متر ، وعند هذا الحد يعبأ المرشح مرة ثانية بالرمل النظيف المخزن (Resanding) .

وتتراوح مدة الدورة الترشيحية في المرشحات البطيئة من شهرإلى ستة أشهر معتمدة في ذلك على نوعية المصدر المائي (معالج أو غير معالج) ومعدل الترشيح .

يتركب وسط المرشح البطيء من رمل متدرج المقاس (٠,١٥ إلى ٠,٤٠ ملم) ، بمعامل تماثل رملي يتراوح بين ١,٥ إلى ٣,٦ ، ومهاد بعمق يتراوح من ٤٥ إلى ١٥٠ سم . وتحمل طبقة الرمل على طبقة أخرى من الحصى المتدرج بعمق يتراوح من ١٥ إلى ٩٠ سم .

تتم آلية إزالة الشوائب في مرشحات الرمل البطيئة فيزيائياً وإحيائياً حيث تقوم النوعيات الحية في طبقة المرشح بخفض تراكيز المركبات العضوية بالإضافة إلى تحولات كيميائية مثل أكسدة الأمونيا إلى نترات .

تعد المرشحات البطيئة بسيطة تقنياً لأنها لا تتطلب معرفة بكيمياء التخثير ، بل

تعد ذات جاذبية كافية للأنظمة المائية الصغيرة ذات مياه سطحية جيدة النوعية ، وقد أظهرت هذه المرشحات كفاءة عالية في إزالة البكتيريا والفيروسات والملوثات العضوية وغير العضوية . وبالرغم من هذه المميزات فإنه يعاب على هذا النوع من المرشحات بأنه غير ناجح في معالجة المياه المحملة بالطين وكذلك غير مؤثرة في إزالة اللون (تزيل فقط ٢٥٪) .

● المرشحات المغطاة

يتكون وسط المرشح في المرشحات المغطاة (Precoat) من طبقة رقيقة منتظمة السماكة (١,٥ ـ ٣ ملم) من مادة دقيقة الحبيبات (مثل الدياتومسيوس أو البيرلايت) يتم ترسيبها على حاجز أو حجاب (Septum) ـ من مادة مسامية ـ يُثبت على بناء صلب يسمى عنصر المرشح (Filter Element) .

تمرر المياه المراد ترشيحها خلال وسط المرشح حيث يتم حجز أغلب الشوائب والجسيمات العالقة وإزالتها من المياه . وباستمرار عملية الترشيح تزداد سماكة الطبقة المتكونة (الكعكة) على الحاجز بما يتناسب مع الجسيمات والشوائب المزالة .

تتم إزالة الشوائب والجسيمات المعلقة في هذه المرشحات عن طريق الحجز الفيزيائي لها ، حيث تتمازج الجسيمات المترسبة على الكعكة مع الجسيمات الأخرى المعلقة في المياه الخام مؤدية إلى زيادة نفاذية الطبقة المتكونة كلما زاد سماكتها ، وبهذا تزداد فترة دورة المرشح . وتستمر هذه العملية إلى أن يتناقص ضغط المياه المارة تدريجياً خلال المرشح ليصل إلى نقطة يصبح معها استمرار الترشيح غير عملياً ، عندئذ يتم إيقاف عملية الترشيح وغسل وسط المرشح من الشوائب المتجمعة ، وذلك بإزالة الكعكة المتكونة فوق الحاجز المسامي ، ثم إضافة طبقة جديدة من وسط المرشح لتستمر عملية الترشيح .

تستخدم عادة في المرشحات المغطاة خمس أو ست تدرجات من الطبقة الفعالة الرقيقة (وسط المرشح) حيث تقدم أداء جيد يتناسب مع معدل الترشيح والصفاء المطلوب للماء . وبالاختيار المناسب لهذه التدرجات يمكن إزالة جسيمات دقيقة (تصل إلى حوالي ١ ميكرومتر) تشكل أغلب ملوثات المياه السطحية . وعند وجود مواد غروية أو جسيمات أكثر دقة فإن عملية الترشيح في هذه الحالة تكون غير كافية لتحقيق إزالة العكارة إلى المستوى المطلوب ، ولذا تستخدم مخثرات من الألمنيوم أو الحديد أو البوليمرات الأيونية الموجبة تغطي وسط المرشح ، وبالتالي تسهل إزالة الجسيمات الدقيقة المجهرية مثل البكتيريا والفيروسات وألياف الأسبستوس .

تستخدم المرشحات المغطاة في تطبيقات الترشيح الصناعية ، وفي ترشيح مياه حمامات السباحة ، وفي محطات معالجة مياه الشرب العمومية ذات النوعية الجيدة (العكارة ١٠ وحدة عكارة قياسية أو أقل مع لون مقبول) ، وكذلك تستخدم في ترشيح المياه الجوفية المحتوية على الحديد والمنجنيز بعد المعالجة الأولية المناسبة لترسيبها .

تتميز المرشحات المغطاة بعدد من الميزات هي :

١ـ توفير مناسب في التكلفة الإنشائية بسبب صغر مساحة الأرض ومتطلبات البناء .

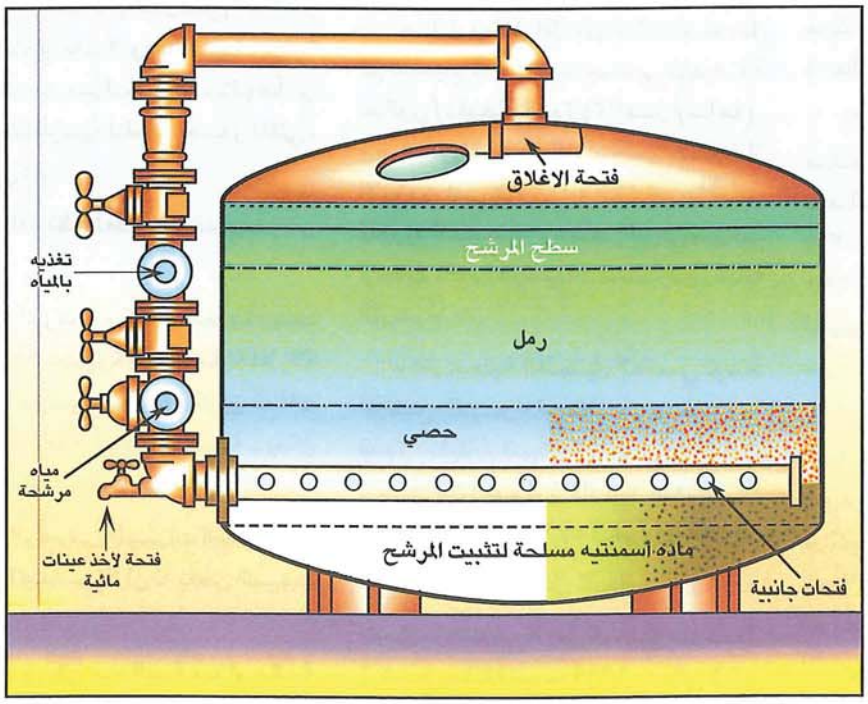
٢ـ إنخفاض تكلفة معالجة المياه بنسبة تتراوح بين ٤٠٪ إلى ٦٠٪ مقارنة بتكلفة عمليات المعالجة الأخرى كالتخثير التقليدي ، والترسيب بالركود ، والترشيح خلال وسط حبيبي (محتوى منخفض من المواد الصلبة) .

٣ـ انحصار آلية الترشيح في عمليات فيزيائية لا تتطلب عمالة فنية في كيمياء تخثير المياه .

٤ـ سهولة إزالة المياه من وسط المرشح المستهلك .

● المرشحات الضغطية

تعمل المرشحات الضغطية (Pressure Filters) تحت ضغط أعلى من الضغط الجوي وتستخدم أحياناً للترشيح السريع . ويوضع الوسط المرشح في إناء ضغطي مصنوع من الصلب ، شكل (٢) حيث تدخل المياه المراد ترشيحها تحت



● شكل(٢) مقطع رأسي لمرشح ضغطي نموذجي.

ضغط وتخرج مرشحة تحت ضغط أقل قليلاً من ضغط الدخول نتيجة فقدان جزء منه خلال وسط المرشح أو في توصيلات الأنابيب ، وفي نظام التصريف السفلي الحامل للوسط (Underdrain) .

تتميز المرشحات الضغطية بعدم تكوّن ضغط سالب داخل وسط المرشح (يؤدي إلى تحرك المياه المفاجيء في اتجاه عكسي) وبالتالي تجنب المشاكل الناتجة عن ذلك ، وخروج المياه المعالجة تحت ضغط وبالتالي وصولها إلى نقطة الاستخدام مباشرة دون إعادة ضغطها مرة أخرى .

وعلى الرغم من المميزات السابقة للمرشحات الضغطية إلا أن عملية الغسيل العكسي المناسب لها تكون أكثر صعوبة بسبب عدم رؤية وسط المرشح خلال عملية الغسيل وما قد ينتج عن ذلك من قصور في أداء المرشح ، وبالتالي احتمال تلوث المياه وتصبح مصدراً للأمراض .

تستخدم المرشحات الضغطية في الأنظمة المائية الصغيرة ، حيث يستخدم العديد منها في تطبيقات ترشيح المياه المستخدمة في الصناعة ومياه المخلفات وفي ترشيح مياه حمامات السباحة ، وفي بعض تطبيقات المياه الجوفية المحتوية على الحديد والمنجنيز حيث يمكن معالجتها بالتهوية الضغطية و/أو الأكسدة الكيميائية ثم ترشح مباشرة في مرشح ضغطي ليخدم مجتمعات صغيرة.

غسيل المرشحات

عند مرور المياه المطلوب ترشيحها خلال المرشح ، تلتصق الشوائب العالقة بحبيبات وسط المرشح ، وتجتمع في الفجوات المسامية بين تلك الحبيبات ، كما أنها تتجمع على السطح العلوي لوسط المرشح .

ومع استمرار عملية الترشيح تضيق فجوات الوسط المسامي ، مما يقلل من نفاذية وسط المرشح وبالتالي تقل كفاءته ، وعندئذ يجب إيقاف عملية الترشيح ، وغسل المرشح عن طريق الغسيل العكسي (Backwashing) لتنظيف حبيباته من الشوائب العالقة بها ، حيث يتم إعادة تشكيلها واستخدامها مرة أخرى .

تجري عملية الغسيل العكسي للمرشحات في ثلاث حالات هي :

١ـ انخفاض تدريجي في ضغط المياه (فقد الضغط) المارة خلال وسط المرشح نتيجة لانسداد المسام إلى أن يصل الضغط إلى القيمة المحددة سلفاً كحد أقصى (تتراوح ما بين ٢,٤ إلى ٣ متر من المياه) .

٢ـ انخفاض مواصفات المياه الناتجة عن عملية الترشيح إلى الحد المتفق عليه .

٣ـ استمرار عمل المرشحات لفترة زمنية تتراوح ما بين ٣ إلى أربعة أيام .

تتم عملية الغسيل العكسي للمرشحات بتدفق تيار من المياه النقية ، أو مخلوط من المياه والهواء من أسفل المرشح إلى أعلاه ، حيث تتحرك مكونات وسط المرشح ، فتصطدم بعضها ببعض ، وبذلك يتم تنظيفها من الشوائب العالقة بها . ويتم إزالة الشوائب المتجمعة في المسام المنتشرة بين حبيبات وسط المرشح بسبب ضغط المياه . وتندفع الشوائب والأجسام الصلبة مع مياه الغسيل العكسي .

تسمى مدة تشغيل المرشح بين عمليتين متتاليتين من الغسيل العكسي بدورة الترشيح (Filter Cycle) . وتتراوح دورة الترشيح التقليدية بين ١٢ إلى ٩٦ ساعة ، على الرغم من أن بعض المحطات تعمل على دورات أطول من ذلك ، إلا أنه يفضل تحديد فترة زمنية كحد أقصى للدورة خشية النمو البكتيري داخل المرشح ، إلى جانب احتمال تكتل الشوائب المزالة داخل المرشح مسببة صعوبة عملية الغسيل العكسي .

مخلفات عمليات الترشيح

تتمثل المخلفات الناتجة عن عمليات ترشيح المياه وتنقيتها في مياه الغسيل العكسي وكعكة المرشحات المغطاة ، والرمل الملوث الناتج عن كشط رمل المرشح البطيء . ويتم التخلص من هذه المخلفات على النحو التالي :ـ

● مياه الغسيل العكسي

يتم تجميع مياه الغسيل العكسي الناتجة من محطات ترشيح المياه (تصل إلى حوالي ٤٪ من كمية المياه المرشحة الناتجة) ، ونقلها إلى مكان آخر حيث يتم معالجتها وتدويرها ـ ترسيب الجسيمات الصلبة والشوائب بالركود في أحواض ترسيب دون إضافة مواد مخثرة ـ ومن ثم الاستفادة منها مرة أخرى .

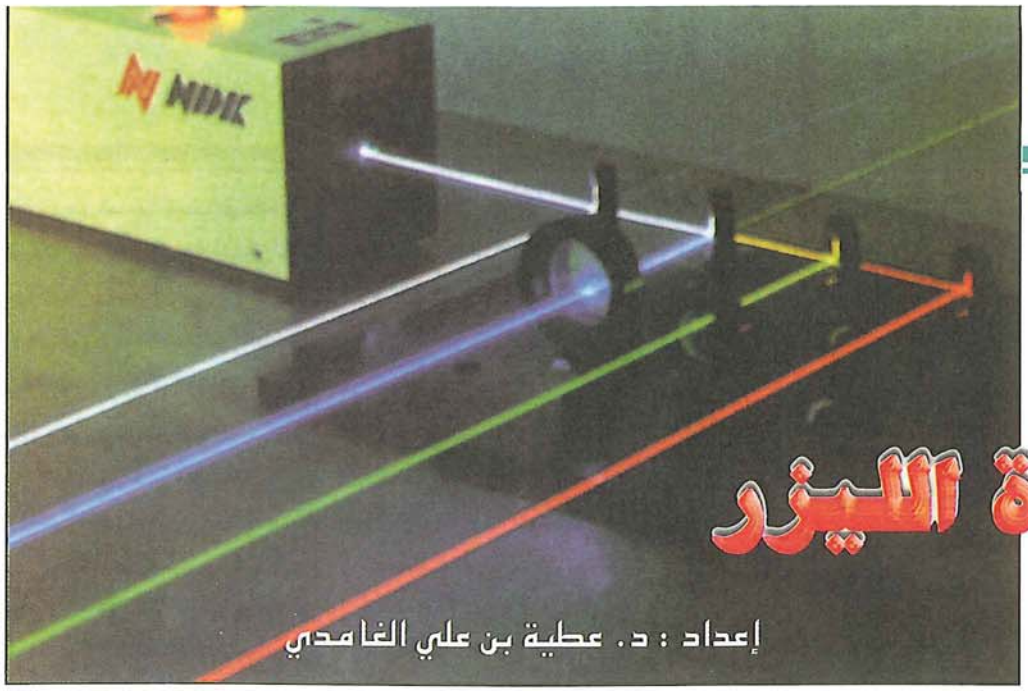
● كعكة المرشحات المغطاة

تتكون كعكة الرواسب المتخلفة عن المرشحات المغطاة ـ عند نهاية كل دورة ـ من خليط من وسط المرشح ، ومواد صلبة عضوية وغير عضوية تمت إزالتها من المصدر المائي . تنقل الكعكة في صورة رادغ (Slurry) إلى مرحلة فصل المواد الصلبة من المياه ، حيث يمكن إعادة تدوير المياه أو التخلص منها ، في حين يتم التخلص من المواد الصلبة الجافة بدفنها تحت سطح الأرض .

● الرمل الملوث

الرمل الملوث الناتج من مرشحات الرمل البطيئة عبارة عن مخلوط من الرمل ، وكائنات حية دقيقة ، ومواد صلبة عضوية وغير عضوية تم حجزها من المصدر المائي بوساطة وسط المرشح .

يتم تنظيف الرمل الملوث ـ عادة ـ هيدروليكياً ، ويخزن لحين الحاجة إليه ، وينتج عن عملية التنظيف رادغ ـ يحتوي على جميع المواد الصلبة عدا الرمل ـ يعامل كمخلفات يتم التخلص منها . فضلاً عن ذلك فإنه في حالة عدم إمكانية تنظيف الرمل الملوث يتم التخلص منه كلية كمخلفات صلبة تدفن تحت سطح الأرض .



كيف تعمل الأشياء

أجهزة الليزر

إعداد : د. عطية بن علي الغامدي

٥- ليزر الإكزيمر (Eximer Laser)

أتت كلمة إكزيمر (Eximer) من اختصار كلمتي (Exited) ، وتعني مستثار ، و (Dimer) وتعني جزيء مكون من ذرتين ، وبذلك تعني الكلمة الجزيء الزوجي المستثار ، ويمكن أن تكون لذرتي الجزيء المستثار نفس التركيب الذري مثل ذرتي الزينون (Xe_2) أو ذرتي جزيء ليس لها نفس التركيب الذري مثل كلوريد الزينون (XeCl) حيث يتم الارتباط بين ذرتي الزينون(Xe) والكلور (Cl) في حالة الاستثارة الإلكترونية فقط ولكنها في حالة الاستقرار الأرضي (Stable Ground level) متنافرة أو ذات ترابط ضعيف .

ينجم عن ترابط ذرتي الجزيء المذكور تفاعل كيموضوئي ذا طاقة عالية . ويتم التفاعل بإستثارة أحد ذرتي التفاعل بطاقة تكفي لارتباطها مع الذرة الأخرى ، فعلى سبيل المثال في حالة إكزيمر من نوع فلوريد الكريبتون (KrF) يتم استثارة ذرة الكريبتون بطاقة عالية تكفي لتأينها بتحرير إلكترون ، شكل (١) ، لتصبح ذرة الكريبتون ذات شحنة موجبة ليتسنى لها الارتباط مع ذرة الفلور بواسطة التجاذب الكهربي حسب تفاعل كولمب ، وذلك على النحو التالي :

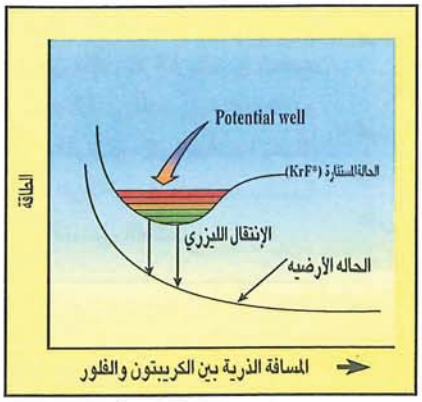
$$Kr \xrightarrow{\text{استثارة}} Kr^+ + e^-$$

$$F_2 + e^- \longrightarrow F^- + F$$

يتطلب تكون جزيء فلوريد الكريبتون المستثار حدوث تصادم بين الكريبتون والفلور في وجود غاز آخر مثل النيون لتهيئة الظروف التصادمية لتكوين طاقة عالية .

$$Kr^+ + F^- + Ne \longrightarrow KrF^* + e^- + Ne$$

ويمكن لليزر الإكزيمر في حالة الاستثارة الآلية إحداث اهتزاز كبير للجزيئات مما يكسبها تحصيل ليزر عالي (High Gain) له فائدة كبيرة في التطبيقات الصناعية والطبية .



شكل (١) رسم مبسط للإنتقال الداخلي لذرتي الكريبتون والفلور.

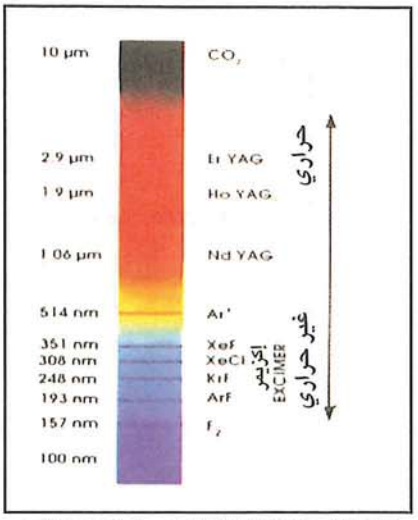
أنواع واستخدامات الليزر

تم إنتاج أول ليزر إكزيمر عام ١٩٧٥م ومن ذلك الحين فإنه خضع إلى تقدم تقني سريع أسفر عن أنواع حديثة تصل قدرتها إلى ٢٠٠ واط بنسبة تردد واحد كيلوهيرتز وطاقة ٤ جول وتعريض نبضي من ١٠-٢٥ نانو ثانية ، وتختلف أنواع ليزر الإكزيمر باختلاف الذرات المكونة للجزيء وبذلك تختلف الطاقة المتولدة منها والطول الموجي الذي يدخل ضمن نطاق الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية ، جدول (١) ، وشكل (٢) .

ليزر إكزيمر	الطول الموجي (نانومتر)	طاقة الفوتون (ev)
Xe F	٣٥١	٣,٦٢
Xe Cl	٣٠٨	٤,١٣
KrF	٢٤٨	٥,١٣
ArF	١٩٣	٦,٥٩
F_2	١٥٧	٨,١٠

جدول (١) أنواع ليزر الإكزيمر وطولها الموجي وطاقتها .

يستخدم ليزر الإكزيمر في نطاق واسع من التطبيقات البحثية والطبية والصناعية ، وهي مرغوبة لخاصية الطول الموجي القصير



الشكل (٢) موقع طيف ليزرات الإكزيمر مقارنة بليزرات أخري.

وشدة النبضة الليزرية العالية .

ومن أمثلة التطبيقات البحثية قياس التلوث الجوي والدراسات المجهرية (Spectroscopy) والدراسات الكيموضوئية ومعالجة المواد الحيوية . أما التطبيقات الصناعية فمن أمثلتها آلات المعالجة الميكروية (Micro Machining) والطباعة الضوئية بالليزر ، والتلدين ، والتعديل والترقيم الدقيق للسطوح ، ووضع علامات على المواد مثل الزجاج والبلاستيك

الكتابة بالحفر علي شعر إنسان باستخدام ليزر الإكزيمر .

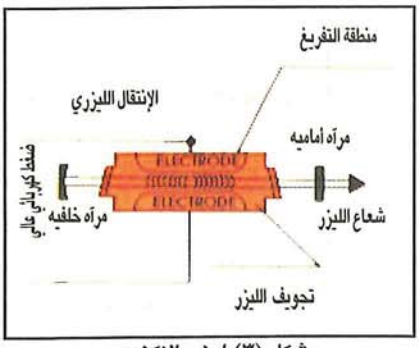
والسيراميك والمعادن ، وفضلاً عن ذلك فان لليزر الإكزيمر إستخدامات طبية تتمثل في عمليات قرنية العين.

طريقة العمل

يتم استثارة الخليط الغازي ـ مثل الكريبتون والكلور والنيون ـ بنبضة كهربائية مكثفة في زمن وجيز للغاية تصل إلى ١٠ نانو ثانية ($١٠^{-٨}$ ثانية) . وتعمل الطاقة الناتجة على تفكيك الروابط الجزئية للكلور ، وبذلك يتم الحصول على جزيء فلوريد الكريبتون المتأين (KrF) ، وتبقى الجزئيات المستثارة لمدة تصل إلى ١٠ نانو ثانية لتعود بعدها إلى المستوى الأرضي (Ground Level) الجزئي .

يحتوى ليزر فلوريد الكريبتون على مرآة خلفية عاكسة ومرآة أمامية غير مطلية تسمح بخروج أشعة الليزر وتعمل على عكس باقي الأشعة .

يأتي التفريغ في ليزر الإكزيمر بشكل عمودي على طول الأنبوبة المغلقة والمليئة بالخليط الغازي ، شكل (٣) ، وتعمل الأنبوبة لفترة معينة يتم استبدالها بعد انخفاض

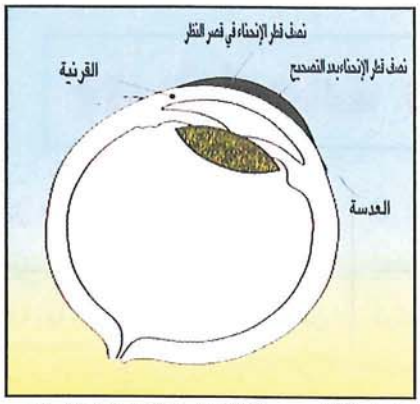


شكل (٣) ليزر الإكزيمر

نبضات الليزر بشكل ملحوظ مع مرور الزمن بسبب استهلاك الغاز .

التطبيقات الطبية

يستخدم ليزر الإكزيمر بشكل واسع في نواحي طبية عديدة من أهمها علاج ضعف وطول وقصر النظر ، وحالات عدم وضوح الأشياء لعدم تجمع الضوء في نقطة بؤرية (Astigmatism) ،



شكل (٤) تصحيح قوة العدسة بكحت مواد القرنية.

ويستخدم في هذه الحالة الإكزيمر من نوع فلوريد الأرجون (ArF) وذلك في جراحة الانكسار الضوئي عن طريق إبعاد مواد القرنية لتصحيح قوة العدسة (Dupitor) ، شكل (٤) .

يصل الطول الموجي لليزر (ArF) إلى ١٩٣ نانومتر وهو قصير جداً في نطاق الأشعة فوق البنفسجية غير المرئية مما يكسبها دقة عالية في جراحة الإنكسار الضوئي تصل إلى ١, من الميكرومتر ، وفضلاً عن ذلك فان لها تأثير طفيف للغاية في نقل الحرارة إلى الأنسجة المجاورة أثناء العملية .

تنحصر أهم خطوات إستخدام إكزيمر (ArF) في جراحة العيون فيما يلي :

١ـ تسليط حزمة الليزر على قناع (Mask) خاص حسب مقاس المريض بحيث يتم إسقاط الضوء على القرنية بخطوات معينة يمكن التحكم بواسطتها في ضبط حجم منطقة الاستئصال المرغوبة .

٢ـ يتم التحكم في حجم وشكل وعمق الاستئصال بواسطة مجموعة من الفتحات الحلقية والإسطوانية الضوئية تعمل على تحديد مواصفات الضوء الساقط ، وكذلك التحكم بنبضات الليزر،ويتم التحكم في هذه الخطوات بالحاسب الآلي .

مصطلحات علمية (*)

* غسيل عكسي Backwashing

تنظيف حبيبات المرشح من الجسيمات الملتصقة بها ، وذلك بإمرار تيار قوي من المياه أو من مخلوط المياه والهواء خلال المرشح (من أسفل لأعلى) لمدة زمنية معينة، حيث يتم إعادة تنشيطه واستخدامه مرة أخرى ، وتكرر هذه العملية على فترات دورية تتراوح بين يومين إلى ثلاثة .

* عسر كربوناتي

Carbonate Hardness

مجموع تراكيز كربونات وبيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة في الماء .

* تخثير Coagulation

عملية تجميع الجسيمات الدقيقة إلى جسيمات كبيرة مكوّمة ـ بإضافة مواد كيميائية مخثرة مثل كبريتات الألمنيوم ، وألومينات الصوديوم ـ يسهل إزالتها بعمليتي ترسيب وترشيح متتاليتين .

* تطهير المياه Disinfection

خفض عدد الأحياء الدقيقة المجهرية المسببة للأمراض من مياه الشرب ، وذلك بإضافة غاز الكلور أو مركبات الكلور وغيرها .

* الكربون العضوي الذائب

Dissolved Organic Carbon (DOC)

محتوى المياه من المواد العضوية الطبيعية الذائبة مثل المواد الدوبالية .

* ديلزة (إمتزاز كهربائي)

Electrodialysis

عملية فصل كهروكيميائية لمعالجة المياه ، يتم فيها انتقال الأيونات خلال أغشية انتقائية كاتيونية من محلول أقل تركيزاً إلى محلول أكثر تركيزاً نتيجة لسريان تيار كهربائي مباشر .

* ترويب (تلبيد) Flocculation

تجميع الجسيمات الدقيقة إلى جزيئات أكبر حجماً مكونة ملبدات يسهل إزالتها والتخلص منها ، وتستخدم عمليات التلبيد لخفض نسبة السيليكا في المياه ـ بإضافة ألومينات الصوديوم أو بوليمرات متعددة الالكتروليت أو كلوريد الحديديك ـ التي تستخدم عادة قبل عمليات التناضح العكسي وذلك للمحافظة على كفاءة الأغشية .

* مياه جوفيه Groundwater

مياه الآبار الضحلة (منخفضة الأملاح الذائبة والعسر وعرضة للتلوث) ، والآبار العميقة (عالية التركيز من الأملاح الذائبة والعسر الكلي) .

* مياه عسرة Hard Water

مياه تحتوى على تراكيز عالية من بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم (أكثر من ١٥٠ ملجم /لتر مكافىء كربونات الكالسيوم) .

* المستوى الأقصى للملوثات

Maximum Contaminant Level

الحد الأقصى لتراكيز العناصر والمواد العضوية والبكتيريا وغيرها في مياه الشرب ، والتي لاينتج عنها آثاراً صحية سلبية .

* عسر لا كربوناتي

Non-Carbonate Hardness

مجموع تراكيز كبريتات وكلوريدات وسيليكات الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبة في الماء .

* مياه مرتجعة Reject Water

مياه ذات تراكيز عالية جداً من الأملاح (أعلى من ٣٠٠٠٠ ملجم/لتر) ، بسبب أنها ناتج ثانوي عن عملية التناضح العكسي .

* ترسيب Sedimentation

فصل الجسيمات الصلبة من المياه بالجاذبية الأرضية بتركها ساكنة داخل أحواض ترسيب.

* حمأة Sludge

محلول على هيئة مستحلب عالي الرواسب ، وهو ناتج ثانوي عن عمليات معالجة مياه الشرب مثل عمليات التيسير الكيميائي وعمليات الترسيب .

* تيسير المياه Softening

إزالة عناصر العسر من المياه بعدة طرق منها التيسير بالترسيب ، والتبادل الأيوني ، والتناضح العكسي وغيرها .

* عسر كلي Total Hardness

مجموع تراكيز أيونات كل من الكالسيوم والمغنيسيوم في المياه ، ويقاس بالميلي جرام من كربونات الكالسيوم المكافئة لكل لتر ماء .

المصدر :

Water Quality and Treatment, American Water Works Association, 1990.

كتب صدرت حديثا

السرطان والوراثة

صدر هذا الكتاب عن مؤسسة الجريسي للنشر والتوزيع، عام ١٤١٨هـ، وقام بتأليفه **الدكتور فهد بن محمد الخضيري**، قسم أبحاث السرطان والوراثة بمركز الأبحاث، مستشفى الملك فيصل التخصصي.

يقع الكتاب في ٨٦ صفحة من القطع المتوسط، مقسمة إلى مقدمة، وعديد من الموضوعات التي تتناول السرطان من عدة نواحي مختلفة، منها: ماهو السرطان وكيف يحدث ؟، وكيف يتم الكشف عن السرطان ؟، وأنواع السرطان، وأسباب السرطان، وماهي البيئة والأغذية المسببة للسرطان ؟، وهل السرطان مرض وراثي ؟، والسرطان والعين، والعلاج بالقرآن، والهاتف الجوال والسرطان، والعلاج وأنواعه، وماهي الخلية، والشفرة الوراثية، والأمراض والوراثة، وماهي علاقة السرطان بالوراثة، وأشهر الأمراض الوراثية المنتشرة في العالم، والاستنساخ ... وينتهي الكتاب بملحق عبارة عن جدول لبعض الأمراض التي تم فيها محاولات العلاج الجيني ومدى نجاحها، والمراجع العربية والأجنبية، وفهرس الكتاب.

أطلس النجوم

صدرت الطبعة العربية الأولى من هذا الكتاب، عام ١٩٩٧م عن المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت. وهو من تأليف **عماد عبدالعزيز مجاهد**، وقام بمراجعته وتقديمه المستشرق الألماني البروفيسور **يول كونيتش**.

يقع الكتاب في ٢٢٤ صفحة من الحجم المتوسط، مقسمة إلى مقدمة للمُراجع، ومقدمة للمؤلف، وعشرة فصول، وستة ملاحق، وينتهي الكتاب بسرد للمراجع العربية والأجنبية، والمجلات والنشرات والمقالات العربية والأجنبية.

جاءت فصول الكتاب مرتبة على النحو التالي: الانسان والنجوم، والخصائص العامة للنجوم، والقبة السماوية، والخطوات الأولى في التعرف على النجوم، ومجموعات النجوم الأبدية الظهور، ومجموعات النجوم في فصل الشتاء، ومجموعات النجوم في فصل الربيع، ومجموعات النجوم في فصل الصيف، ومجموعات نجوم فصل الخريف، والبروج السماوية.

أما ملاحق الكتاب فتناولت عدة موضوعات هي: مواعيد خسوف القمر حتى سنة ٢٠١٩م، والكسوفات الشمسية حتى سنة ٢٠١٩م، ورصد كوكب الزهرة حتى عام ٢٠٠٥م، وموعد تقابل الكواكب السيارة الخارجية حتى سنة ٢٠٠٥م، وبعض المعلومات عن أشهر المذنبات المعروفة في النظام الشمسي، ومعلومات إضافية عن فهرست ميسية.

تهوية المنشآت الزراعية

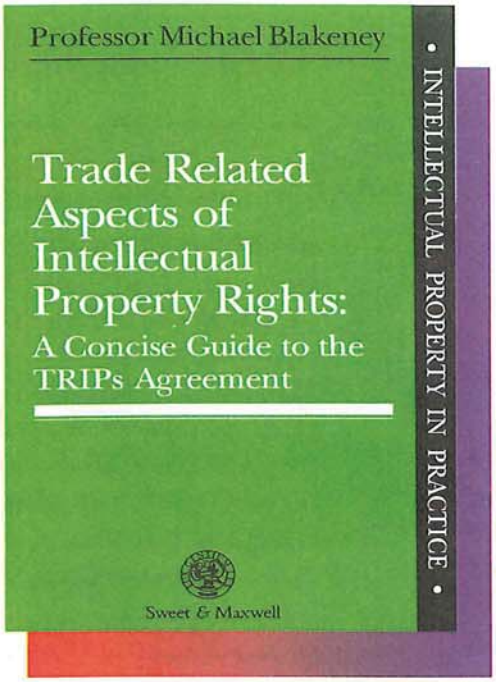
حرّر هذا الكتاب كل من **ميلو أ. هيليكسون** أستاذ ورئيس قسم الهندسة الزراعية، جامعة ولاية داكوتا الجنوبية، بروكينس، **وجون ن. ووكر**، وكيل كلية الزراعة جامعة كينتاكي، ليكسنجتون، أمريكا. وترجمه من الانجليزية إلى العربية **الدكتور محمد حلمي ابراهيم**، أستاذ مشارك، قسم الهندسة الزراعية، كلية الزراعة، جامعة الملك سعود، الرياض.

صدر هذا الكتاب عن مطابع جامعة الملك سعود عام ١٤١٨هـ، ويقع في ٦١٤ صفحة من الحجم المتوسط مقسمة إلى مقدمة المترجم، ومقدمة المحررين، وأربعة عشر فصلاً، وأربعة ملاحق، وثبت المصطلحات العلمية، وكشاف الموضوعات، وتعريف بالمترجم.

تناولت فصول الكتاب بالترتيب الموضوعات التالية: مقدمة، ومقاييس خواص الهواء الرطب، وتوزيع هواء التهوية، ووسائل وأجهزة التحكم في التهوية، والتهوية الطبيعية، والتبريد التبخيري، وتأثيرات البيئة الحرارية والغازية على الحيوانات المزرعية والدواجن، ومعدل سريان الهواء لتهوية المواشي والدواجن، ونظم تهوية منشآت الحيوانات المزرعية والدواجن، وتأثير البيئة على نمو النبات، ومعدل سريان الهواء لمنشآت البيوت المحمية، ونظم التهوية لمنشآت البيوت المحمية، وتهوية مخازن المحاصيل البستانية، والتهوية ـ طاقة واقتصاديات.

دليل مختصر لاتفاقية حقوق الملكية الفكرية المتصلة بالتجارة (اتفاقية تريبس)

Trade Related Aspects of Intellectual Property Rights :- A Concise Guide to the TRIPs Agreement



عرض أ. شايع الشايع

هذا الكتاب للمؤلف: د بليكني (Michael Blakeney) للناشر: سويت وماكسويل (Sweet & Maxwell) لندن – ١٩٩٦ هو أحد المنشورات محدودة العدد التي تناولت اتفاقية جوانب حقوق الملكية الفكرية المتصلة بالتجارة (تريبس) والتي بدأ التزام الدول الصناعية الأعضاء في منظمة التجارة العالمية بها في عام ١٩٩٥م، وتستعد الدول النامية الأعضاء للالتزام بها مع حلول عام ٢٠٠٠م. ذكر المؤلف في مقدمة الكتاب أن إقرار تلك الاتفاقية في مراكش عام ١٩٩٤م كأحد ملاحق اتفاقية إنشاء منظمة التجارة العالمية يعتبر من أكبر التطورات التي حدثت في التشريع الدولي للملكية الفكرية خلال القرن الحالي.

وتظهر هذه الاتفاقية بعد فشل كل من اتفاقيتي باريس وبرن في محاربة النمو الملحوظ في الاتجار الدولي في المنتجات المقلدة والمنتهكة لحقوق الملكية الفكرية. وقد تضمنت الاتفاقية أجزاء من اتفاقيات باريس وبرن وروما وواشنطن فيما يتعلق بالمعايير، كما تضمنت أحكاماً في الأمور الإدارية والإنفاذ القضائي لحقوق الملكية الفكرية، كذلك تضمنت أحكاماً في الإنفاذ على الحدود لمحاربة المتاجرة في المواد المنتهكة لأحكامها.

تظهر أهمية الكتاب في الحاجة إلى جمع شتات أحكام اتفاقية تريبس والاتفاقيات التي تشير إليها وعرضها طبقاً للمواضيع التي تتناولها، كذلك تتضح أهميته في المعلومات التي يتضمنها خارج إطار النصوص القانونية للاتفاقية حيث يجمع المؤلف عند تناوله للمواضيع بين التقديم التاريخي ونص الاتفاقية ومعناه وما يترتب عليه كما ينقل القارىء أحياناً إلى مفهوم المحاكم ويغطي أمثلة لتقريب المفهوم القائم للتطبيق، وقد يعلق على نص معين مبديا تخوفاته إزاءه.

تم تقسيم الكتاب من خلال ٢٢٣ صفحة من القطع المتوسط إلى خمسة عشر موضوعاً، وتم إلحاقه بملحقين تناول أحدهما دور الملكية الفكرية في التنمية الاقتصادية وتضمن الثاني نص اتفاقية تريبس، وقد دمجت موضوعات الكتاب في ثلاثة أجزاء سيتم استعراضها فيما يلي:

يهدف **الجزء الأول** من الكتاب إلى إعطاء خلفية حول اتفاقية تريبس ومقدمة لها. وحول نشوء اتفاقية تريبس تحدث المؤلف عن بدايات تناول الملكية الفكرية كنشاط تجاري ودولي ونجاح الولايات المتحدة في إدخال الملكية الفكرية ضمن المواضيع التي يتم التفاوض حولها خلال جولة الأوروغواي وردود فعل الدول النامية والاستراتيجية التي اتبعتها الولايات المتحدة كبديل ومدعم لمفاوضاتها في هذا الشأن، والذي تمثل في إظهار تعديلات رئيسية في القوانين التجارية لها لضمان التزام شركائها التجاريين بحماية الملكية الفكرية بفعالية وإلا واجهوا عقوبات تجارية، وانتهاء الجولة بالاتفاق على نص تريبس كأحد ملاحق اتفاقية إنشاء منظمة التجارة العالمية.

عند تناول مفاهيم وتعاريف حقوق الملكية الفكرية ومؤسساتها الدولية تم التطرق إلى أصناف الملكية الفكرية، وقام المؤلف بإعطاء فكرة أولية عن كل صنف من الأصناف التالية: ـ حقوق المؤلف والحقوق المشابهة ـ براءات الاختراع والأشكال الأخرى لحماية الاختراعات ـ النماذج الصناعية ـ التصاميم التخطيطية للدوائر المتكاملة ـ العلامات التجارية ـ العلامات الجغرافية ومصدر المنشأ ـ المعلومات السرية ـ حقوق التقنية الحيوية والأصناف النباتية.

وقد تم تعريف كل من تلك الحقوق والحق الناشيء عن الحماية، بعد ذلك تم تناول الحماية الدولية لحقوق الملكية الفكرية حيث تم التطرق إلى اتفاقيات الحماية الدولية لحق المؤلف (أهمها اتفاقية بيرن لحماية الملكية الأدبية والفنية) و إلى الحماية الدولية لحقوق الملكية الصناعية (معاهدة باريس لحماية الملكية الصناعية). تم بعد ذلك التطرق إلى الوكالات الدولية المهتمة بالملكية الفكرية حيث أعطى المؤلف نبذة عن أنشطة الملكية الفكرية لكل من: المنظمة العالمية للملكية الفكرية (ويبو) ومنظمة الأمم المتحدة للتربية والثقافة والعلوم (يونسكو) ومؤتمر الأمم المتحدة للتجارة والتنمية (انكتاد) ومنظمة التجارة العالمية حيث سلط الضوء على إنشاء الاتفاقية العامة للتجارة والتعرفة الجمركية (الجات) ونبذة تاريخية عن مفاوضات هذه المنظمة وحتى قيامها.

تلى ذلك استعراض الأحكام العامة والمباديء الأساسية في اتفاقية (تريبس) والذي تضمنها الجزء الأول من الاتفاقية، فتمت الإشارة إلى أن أحكام (تريبس) تعتبر المعايير الدنيا المقبولة من الأعضاء لحماية الملكية الفكرية كما تم تعريف المواطنون المستفيدون من الاتفاقية، والتطرق الى أثر معاهدات الملكية الفكرية القائمة، تناول المؤلف بعد ذلك مبدأ المعاملة الوطنية ومبدأ المعاملة الخاصة بحق الدولة الأولى بالرعاية، ثم تم استعراض معالجة مسألة انقضاء حقوق الملكية الفكرية وما أكدته الاتفاقية من أن هدف حماية وإنفاذ الملكية الفكرية هو الإسهام في نقل التقنية. كذلك تم استعراض جواز اعتماد تدابير لخدمة المصلحة العامة شرط اتساقها مع الاتفاقية وجواز اتخاذ تدابير لمنع مالكي الحقوق من إساءة استخدامها وجواز اعتماد تدابير لحماية الصحة العامة والتغذية بما يتسق مع الاتفاقية. وقد ألمح المؤلف إلى العمومية التي تناولت فيها الاتفاقية المواضيع السابقة مقارنة بالتفصيل

الواسع بالنسبة للأحكام التي تناولت منح الحقوق وإنفاذ الأحكام.

تطرق **الجزء الثاني** من الكتاب إلى حماية حقوق ملكية فكرية محددة ضمن إطار اتفاقية (تريبس)، وقد تدرج المؤلف في استعراض أصناف حقوق الملكية الفكرية التي غطتها الاتفاقية حسب ورودها في نص الاتفاقية.

تناول المؤلف في المقام الأول حقوق المؤلف والحقوق المتعلقة بها حيث أوضح العلاقة بين الاتفاقية واتفاقية بيرن وما أوجبته الاتفاقية من الالتزام بأحكام المواد (١) إلى (٢١) من اتفاقية بيرن، وهي جميع الأحكام الموضوعية للاتفاقية.

تشمل مواضيع الحماية لحقوق المؤلف والحقوق المشابهة بموجب اتفاقية (تربيس) جميع مواضيع الحماية التي حددتها اتفاقية بيرن، التي نصت على أنها تشمل كل إنتاج في المجال الأدبي والعلمي والفني أيا كانت طريقة وشكل التعبير عنه مثل: الكتب والكتيبات، والمحاضرات، والخطب، والمواعظ، والمصنفات المسرحية، والمصنفات التي تؤدى بحركات، والمصنفات الموسيقية، والمصنفات السينمائية، والمصنفات الخاصة بالرسم والتصوير والعمارة أوالنحت أو الحفر أوالطباعة على الحجر، والمصنفات الفوتوغرافية، والمصنفات الخاصة بالفنون التطبيقية والصور التوضيحية والخرائط الجغرافية والتصميمات التخطيطية، والمصنفات المجسمة. كذلك تم اعتبار الترجمات وما يجري على المصنف الأدبي والفني من تحويلات ومجموعات المصنفات الأدبية والتقنية كدوائر المعارف أعمالاً أصلية.

أدخلت اتفاقية تريبس ضمن مواضيع الحماية برامج الحاسب الآلي ومجموعات البيانات، كما أضافت حماية المؤدين ومنتجي التسجيلات الصوتية وهيئات الإذاعة من تثبيت أدائهم ومادتهم المبثوثة أو استنساخ التسجيلات الصوتية دون موافقة مسبقة. بعد ذلك تم استعراض الحق الناشيء بموجب حقوق المؤلف، فبالنسبة للأعمال الأدبية أوضح أن لأصحابها الحق الحصري بالتصريح بعمل نسخ من مصنفهم بما في ذلك النسخ الصوتية أو المرئية، وبإذاعة مصنفاتهم وترجمتها وبتحويرها للانتاج السينمائي وتمثيلها وأدائها أمام الجمهور. كما تم استعراض الحق الناشيء لأصحاب المصنفات المسرحية والمصنفات السينمائية وحق المؤدين، وحق منتجي التسجيلات الصوتية، وحق هيئات الإذاعة. تم بعد ذلك تناول الاستخدام المسموح به من حق المؤلف والذي يشمل الاقتباس، والاستعمال للأغراض التعليمية، ونقل المقالات المنشورة بالصحف عن موضوعات جارية. ثم بعد ذلك استعراض النص المتعلق ببرامج الحاسب الآلي، ثم تم تناول قواعد البيانات وبيان أن الحماية تنحصر في تجميع البيانات إذا كان التجميع يشكل خلقاً فكرياً، وفي هذا المجال أبدى المؤلف تخوفه من عدم انطباق ذلك على معظم قواعد البيانات الاليكترونية. ثم تم تناول مدة الحماية والتي تمتد بموجب اتفاقية بيرن طوال حياة المؤلف و ٥٠ سنة بعد وفاته، أما المصنفات الفوتوغرافية ومصنفات الفن التطبيقي فتمتد الحماية فيها إلى ٢٥ سنة، بينما تمتد حقوق هيئات الاذاعة لمدة ٢٠سنة. كذلك تمت الإشارة إلى أن الدول غير ملزمة بحماية الحقوق المعنوية.

تم بعد ذلك التطرق إلى العلامات التجارية حيث تم التطرق إلى العلامات القابلة للحماية، وتم التركيز على اشتراط تميز العلامة، وإلى الإشارات القابلة للتسجيل والاستثناءات من التسجيل، حيث تضمن ذلك تسجيل مايشابه العلامات المشهورة وشعارات الدول وإخلال العلامة بحق آخرين والعلامات المخلة بالأخلاق، تم بعد ذلك إيضاح جواز اشتراط الدول استخدام العلامة لاستمرار حمايتها. كذلك تناول المؤلف الحق الممنوح بموجب العلامة وأنه الحق الحصري في منع الآخرين من استخدام العلامة أو مماثلتها في المجال الذي منحت له مما يحدث التباسا. ثم تطرق المؤلف بعد ذلك إلى وجوب إتاحة تجديدات فترات الحماية كل سبع سنوات على الأقل لعدد غير محدود من التجديدات. بعد ذلك تم تناول الالتزام بحماية العلامات المشهورة ثم التطرق إلى إجراءات التسجيل (الايداع والفحص والمنح والنشر)، ثم تناول الترخيص والتنازل وبعدها ذكر منع اتفاقية تريبس من منح التراخيص الإجبارية في مجال العلامات.

بعد ذلك تم التطرق إلى المؤشرات الجغرافية كأحد الأصناف التي يجب الالتزام بحمايتها، وتعرّفها الاتفاقية بأنها المؤشرات التي تحدد منشأ سلعة ما في أراضي بلد عضو حين تكون النوعية أو السمعة أو السمات الأخرى لهذه السلعة راجعة بصورة أساسية إلى منشئها الجغرافي، وتم تحديد الأعمال الممنوعة بأنها استخدام أي وسيلة في تسمية أو عرض سلعة توحي بأن السلعة نشأت في منطقة خلاف المنشأ الحقيقي لها، وتم تناول إفراد أحكام للمؤشرات الجغرافية الخاصة بالخمور وأسباب ذلك، تلى ذلك تناول الالتزامات الدولية ودور مجلس تريبس في هذا الشأن.

بعد ذلك تم التطرق إلى التصميمات الصناعية كأحد المواضيع التي يجب حمايتها، ويقصد بالتصميم الصناعي أي تركيب للخطوط أو الألوان أو أي شكل ثلاثي الأبعاد على أن يضفي هذا التركيب أو الشكل مظهرا خاصاً لمنتج صناعي أو حرفي. وقد أوجبت (تريبس) حماية التصميمات الصناعية الجديدة واستثنت من الحماية التصميمات التي تمليها الاعتبارات الفنية أو الوظيفية، ونصت على فترة حماية لاتقل عن عشر سنوات، وأوجدت أحكاماً خاصة لتصاميم المنسوجات وأجازت أن تتم حماية المنسوجات من خلال حقوق المؤلف، وكفلت لصاحب التصميم الحق في منع الآخرين من صنع أو بيع أو استيراد السلع المشتملة على تصميم عبارة عن نسخة أو معظمه نسخة من تصميم محمي دون موافقة صاحب التصميم، وتم تأكيد عدم جواز إسقاط الحماية لعدم الاستغلال بالتصنيع.

تلى ذلك تناول الكتاب موضوع براءات الاختراع حيث أوجبت الاتفاقية - بوجه عام - حماية أي اختراعات سواء منتجات أم طرق صنع في مختلف حقول التقنية دون تمييز من حيث مكان الاختراع والمجال التقني وما إذا كانت المنتجات مصنعة محلياً أم مستوردة. بعد ذلك تم تناول الاستثناءات من الحكم العام السابق من القابلية للحصول على براءة. كذلك تم استعراض معايير قابلية الحصول على براءة الاختراع وهي وجوب كون الاختراع جديداً ومنطوياً على خطوة ابتكارية وقابلاً للتطبيق الصناعي. ثم تطرق إلى اشتراط الكشف عن الاختراع بشكل واضح، وإلى الحقوق الحصرية التي يلزم منحها لمالك البراءة المتمثلة في صنع المنتج واستخدامه وبيعه وعرضه للبيع واستيراده، وبالنسبة لطريقة الصنع فإن لمالكها الحق الحصري في استخدام الطريقة وذات الحقوق المذكورة سابقاً لما ينتج عنها، تلى ذلك التطرق إلى مدة الحماية والتي حددت بـ ٢٠ سنة من تاريخ الإيداع. بعد ذلك تناول المؤلف التراخيص الإجبارية، وهي التراخيص التي تمنحها الدولة باستخدام براءة اختراع حتى دون موافقة مالكها، حيث تم تناول أحكام اتفاقية باريس و(تريبس) في هذا الاطار والتغييرات المتشددة التي أظهرتها اتفاقية (تريبس) في منح هذه التراخيص حيث تم تحديد أسس منحها في الطوارىء الوطنية والممارسات غير التنافسية والاستخدام العام غير التجاري وحماية الصحة العامة والتغذية، ولخدمة المصلحة العامة في مجالات حيوية، ولمواجهة إساءة استخدام مالكي الحقوق للحقوق الممنوحة لهم. ثم تلى ذلك تناول وجوب إتاحة قرارات إسقاط البراءة للنظر فيها من قبل السلطات القضائية، وتناول نقل عبء الإثبات على المدعى عليه في حالات دعوى التعدي على براءات الاختراع المتعلقة بطرق الصنع، وأخيراً تم التطرق إلى حماية المستحضرات الصيدلية والكيميائية الزراعية، والأحكام الخاصة بها.

تطرق الكتاب بعد ذلك إلى التصميمات التخطيطية للدوائر المتكاملة، ثم تعريف الدائرة المتكاملة في المنتج الذي تكوّن فيه العناصر وبعض أو كل الوصلات جزءاً لا يتجزأ من قطعة من المادة ويكون الغرض منها أداء وظيفة اليكترونية، أما التصميم التخطيطي فقد تم تعريفه بأنه أي ترتيب ثلاثي الأبعاد للعناصر ولبعض الوصلات أو كلها لدائرة متكاملة. وقد تبنت (تريبس) الأحكام الرئيسية في معاهدة الملكية الفكرية فيما يختص بالدوائر المتكاملة (معاهدة واشنطن) التي أوجبت

حماية التصاميم التخطيطية للدوائر المتكاملة بما في ذلك منع الأعمال غير القانونية وفرض التعويضات في حالة التعدي . وكفلت الحماية للدائرة المتكاملة سواء كانت مستقلة أم ضمن جهاز . وأوجبت لمنح الحماية كون التصاميم أصلية بأن تكون ثمرة جهد مبتكر ولم تكن مألوفة لدى مبتكري التصميمات .

تطرق الكتاب إلي الأعمال غير القانونية ذاكراً أنها استنساخ التصميم المحمي أو استيراد أو بيع أو توزيع تصميم محمي واستيراد أو بيع أو توزيع أي سلعة تتضمن تصميماً منسوخاً بطريقة غير مشروعة. ونصت على استثناءات لحالات باعتبارها ضمن أعمال التعدي مثل الهندسة العكسية والتعدي بحسن نية ، بعد ذلك تم تناول الأحكام المتعلقة بالتسجيل ثم مدة الحماية والتي حددت بعشر سنوات .

تطرق الكتاب إلى حماية المعلومات السرية ضمن حقوق المليكة الفكرية حيث أوجبت الاتفاقية الالتزام بحمايتها ، مشيراً إلى أن المعلومات السرية هي المعلومات التي تكون سرية من حيث أنها ليست معروفة عادة لدى المتعاملين في مثل هذه المعلومات ، أو تكون ذات قيمة تجارية نظراً لكونها سرية أو تكون قد أخضعت لاجراءات بهدف الحفاظ على سريتها ، كذلك أوجبت الاتفاقية حماية بيانات الاختبارات التي يتم تقديمها إلى الجهات الحكومية بهدف الحصول على إذن التسويق والمتعلقة بالمنتجات الصيدلانية والكيميائيات الزراعية .

تم تضمين أحكام حول الرقابة على الممارسات غير التنافسية في التراخيص التعاقدية، وتقرر هذه الأحكام أنه قد يكون لممارسات أو شروط منح التراخيص المتعلقة بحقوق الملكية الفكرية المقيدة للمنافسة آثار سلبية على التجارة وعلى نقل التقنية ، وأجازت الأحكام للأعضاء أن تحدد في تشريعاتها الممارسات أو شروط التراخيص التي يمكن أن تشكل إساءة لاستخدام حقوق الملكية الفكرية لكونها ذات أثر سلبي على المنافسة في السوق ذات الصلة، ويلبي هذا الحكم ماتم إقراره دولياً ضمن المدونة الدولية للسلوك في نقل التقنية في إطار أعمال (الأنكتاد)، كذلك تتيح هذه الأحكام الدخول في مشاورات بين الأعضاء بهدف ضمان الالتزام بقوانين المنافسة، وقد توسع المؤلف في هذا المجال مما قد يكون مفيداً للدول الراغبة في النص في تشريعاتهاعلى تقييدات بشأن شروط التراخيص التي تعتبر أن لها أثراً سلبياً على المنافسة.

تناول **الجزء الثالث** من الكتاب أحكام الإدارة والإنفاذ لحقوق الملكية الفكرية بموجب اتفاقية تريبس، ولأحكام هذا الجزء أهمية إذا تمت مراعاة أن الدافع الاساسي وراء إدخال الملكية الفكرية ضمن مواضيع جولة الأروغواي بسبب أن الاتفاقات الدولية الموجودة في هذا المجال لاتتضمن إنفاذاً فعالاً، وبموجب الجزء الثالث من الاتفاقية على الأعضاء إيجاد نظام إنفاذ شامل.

تم التطرق إلى الأحكام المتعلقة باكتساب واستمرار حقوق الملكية الفكرية، وباستثناء حقوق المؤلف والمعلومات السرية فإن اكتساب الحق ينتج عن استيفاء متطلبات التسجيل، وقد أجازت الاتفاقية النص على استيفاء شكليات معقولة إلا أنها منعت أن تكون إجراءات المنح والإنفاذ كمائق للتجارة ، وأوجبت أن تتاح الفرصة لجعل القرارات الإدارية النهائية موضع إعادة نظر فيها أمام السلطات القضائية أو شبه القضائية.

تناول الجزء الثالث كذلك إجراءات إنفاذ حقوق الملكية الفكرية، حيث تمت الإشارة إلى أن المتطلبات العامة في الإنفاذ توجب على كل دولة تضمين تشريعاتها لأحكام الإنفاذ المنصوص عليها في الاتفاقية، وتوجب الاتفاقية إتاحة إجراءات قضائية مدنية منصفة وعادلة، كذلك توجب منح السلطات القضائية صلاحية إصدار أمر قضائي باتخاذ تدابير مؤقتة فورية وفعالة للحيلولة دون حدوث تعد لاسيما منع السلع المستوردة فور تخليصها جُمركياً من الدخول في القنوات التجارية، كما نصت على صلاحيتها في إصدار أمر قضائي ضد المتعدي لدفع تعويضات إلى صاحب الحق عن الضرر الناتج بسبب التعدي خاصة إذا كان المتعدي يعلم أو أن هناك أسباب تجعله يعلم بأنه يقوم بتعد على الحقوق، كذلك لها صلاحية الأمر بالتصرف في السلع التي تشكل تعدياً خارج القنوات التجارية بما في ذلك صلاحية الأمر بإتلاف تلك السلع والأجهزة المستخدمة في صنعها، كذلك لها صلاحية أمر المتعدي بإعلام صاحب الحق بالأطراف الأخرى المشتركة في التعدي ، وأتاحت الاتفاقية تعويضات للمدعى عليه إذا انسحب المدعي أو ثبت عدم جدية الادعاء ولحق المدعى عليه ضرر نتيجة لذلك.

عند التطرق إلى أحكام إنفاذ حقوق الملكية الفكرية تناول المؤلف وظيفة ضبط المنافذ الحدودية والتي تعد ضمن المسلتزمات الأساسية التي أوجبتها الاتفاقية على الدول ، وذلك نظراً لما للسلطات الجمركية من أثر فعّال في المساعدة على منع دخول السلع المتعدية حيث أن مصادرتها خلال مرورها بالجمارك أكفأ بكثير من ملاحقتها في الأسواق . وإدراكاً لما أوجدته الاتفاقية من التزامات على السلطات الجمركية تم تعديل مجلس التنسيق الجمركي إلى منظمة الجمارك العالمية، وقد أتاحت الاتفاقية آلية يمكن بموجبها إيقاف الإفراج من جانب السلطات الجمركية عن السلع المشتبه بتعديها على العلامات التجارية أو على حقوق المؤلف بموجب طلب يقدمه أي صاحب حق ، ويتضمن بيانات عن السلع المتعدية، على أن يقدم ضمانات وكفالات لحماية المدعى عليهم، وأن يتم إخطار المعنيين بالأمر فوراً بقرار وقف الافراج عن السلع وأن يلي وقف الافراج إجراءات قضائية من المدعي خلال فترة لاتتجاوز ١٠ أيام عمل وإلا تم الإفراج عن السلع مع تعويض المستورد ومالك السلع عن أي أضرار لحقت بهما. أجازت الاتفاقية تزويد المدعي بكثير من المعلومات حول التعدي ودور الأطراف الأخرى ، كما أتاحت للمدعي والمستورد إمكانية معاينة السلع المحتجزة. ونصت الاتفاقية كذلك على إمكانية الأمر بإتلاف السلع المتعدية أو التخلص منها خارج القنوات التجارية مع عدم الاكتفاء بإزالة العلامة المقلدة وعدم السماح بإعادة تصدير السلع دون تغيير حالتها، كذلك نصت الاتفاقية على وجوب تطبيق إجراءات وعقوبات جنائية في حالات التقليد المتعمد للعلامات أو التعدي على حقوق المؤلف على نطاق تجاري، وتشمل العقوبات الجنائية السجن والغرامات على المتعدي عمداً والحجز والمصادرة والإتلاف للسلع المتعدية وأية مواد أخرى تستخدم في ارتكاب المخالفة.

تناول الكتاب في نهاية الجزء الثالث الأحكام المتعلقة بمنع وتسوية النزاعات وأحكاماً متفرقة أخرى، تتضمن إلزام الأعضاء بنشر وتزويد المنظمة بالقوانين واللوائح وأي تحديثات لها وتزويد أي عضو بأي معلومات ـ كنصوص الاحكام القضائية مثلاً ـ يقوم بطلبها حيث ربطت الاتفاقية آلية تسوية النزاعات بالمادتين (٢٢) ، (٢٣) من جات ١٩٩٤م وكما نصت عليه مذكرة التفاهم بشأن تسوية النزاعات . وتنص الآلية المذكورة على إتاحة فرصة المشاورات وعلى الأحقية في تقديم العضو شكوى إلى من يعتقد أنه يضر بمصالحه ويقوم الشاكي إذا لم ينجح في المساعي بتقديم شكوى إلى الدول الأعضاء والتي تقوم بتشكيل فريق يرفع تقريره إلى مجلس (تريبس) لتتخذ الدول إجراءات بشأن النزاع . وفضلاً عن ذلك نصت الاتفاقية على منح الدول الصناعية مهلة سنة للتطبيق والدول النامية أربع سنوات إضافية، أما الدول الأقل نمواً فلها عشر سنوات وذلك من تاريخ نفاذ اتفاقية (إيجاد) المنظمة (عام ١٩٩٤م)، كما تم تناول الأحكام المتعلقة بمجلس (تريبس) وأعماله المتمثلة في مراقبة تطبيق الاتفاقية ومراجعة التطبيق والتعديل ، والحكم المتعلق بعدم جواز التحفظ على أحكامها والمتعلق بالاستثناءات الأمنية.

من أهم ما تميز به الكتاب حيادية الكتاب في عدم تبني وجهات نظر الدول الصناعية إزاء أحكام الاتفاقية والتي تركز عادة على ما يخدم مصالحها مع إغفال الأحكام الأخرى ، كذلك إحاطة الكاتب بمختلف جوانب الموضوعات التي تغطيها الاتفاقية .

وإذا كان لابد من الإشارة إلى أن تعليق إزاء هذا العمل الجيد فإنه يلاحظ خلو الكتاب من تقديم يعرض مكونات الكتاب وأجزاءه واستراتيجية المؤلف في تناول مواضعيه مما أدى إلى ظهور ملاحق الكتاب (خاصة الملحق الأول) كمواضيع تم إقحامها دون الإشارة إليها في المتن.

من أجل فلذات أكبادنا

حركة اليابسة

عندما تنظر إلى خريطة العالم يتبادر إلى ذهنك أن القارات تبدو وكأنها مكملة لبعضها البعض، إلا أن المحيطات والبحار تفصلها. تعرضت الأرض منذ أن خلقها الله وبقدرته تعالى إلى تغيرات جوهرية حتى أصبحت على الصورة التي نراها الآن.

وقد لفت انتباه علماء الأرض شكل القارات الحالي، و تشابه الحفريات الموجودة فيها ـ مع وجود المسطحات المائية الواسعة التي تفصل بينها ـ مما ينبيء عن تشابه الكائنات الحية التي عاشت فيها في قديم الزمان، وقد عزز هذا الاعتقاد أن القارات الحالية كانت مندمجة مع بعضها في قارة واحدة أطلق عليها العلماء اسم **بانجيا** (**Pangaea**)، ومن خلال السطور التالية سنقدم تجربة بسيطة تؤيد هذا الاعتقاد.

● الأدوات

خريطة العالم، قلم رصاص، ورق رسم، ورق كرتون رقيق، غراء، مقص.

● خطوات العمل

١ـ ضع ورق الرسم على الخريطة، وارسم حدود القارات شكل (١).

٢ـ إلصق ورق الرسم (باستخدام الغراء) على قطعة الكرتون الرقيق.

٣ـ قص القارات باستخدام المقص.

٤ـ رتب القارات مع بعضها كما في الشكل (٢).

هل تتوقع أن القارات ستكمل تماماً بعضها البعض ؟

● المشاهدة

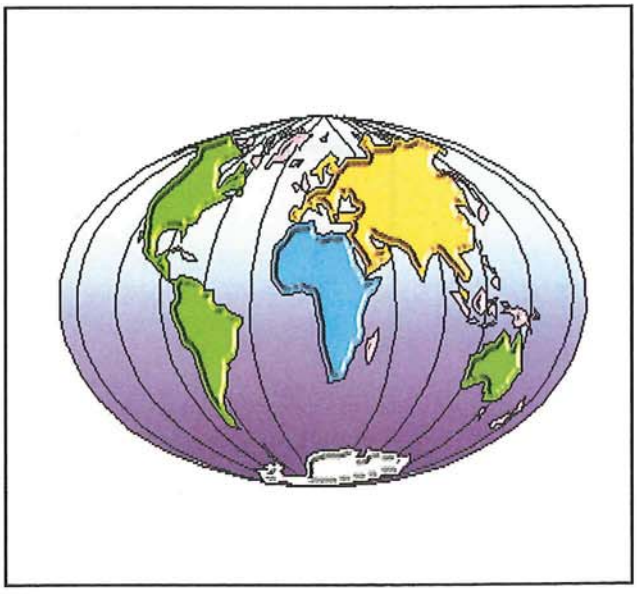
ستشاهد أن القارات ستكمل بعضها البعض معطية قارة واحدة، مع وجود بعض الفجوات التي تمثل حافات القارات المغمورة تحت البحر.

● الإستنتاج

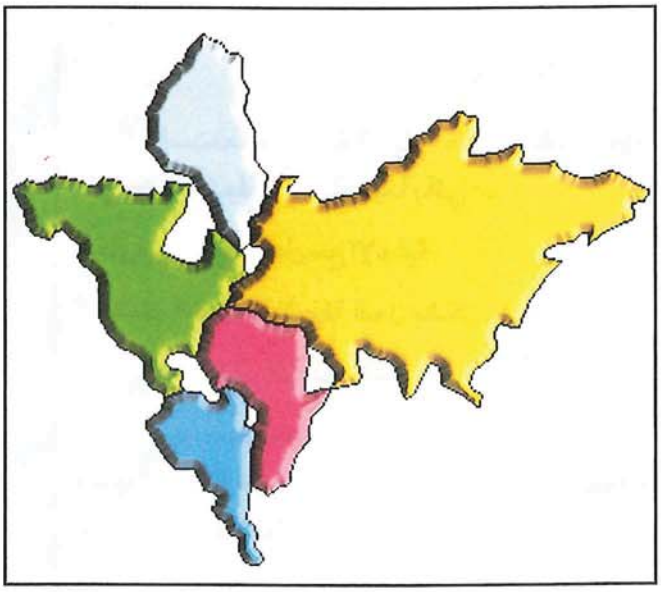
يستنتج العلماء من هذه التجربة أن الأرض كانت قارة واحدة، ولكن بسبب حركة طبقات الأرض المختلفة خلال ملايين السنين أدى وبمشيئة الله إلى انفصالها إلى عدة قارات، والله أعلم.

المصدر :

Young Scientist / The Plant Earth, P. 14.



شكل (١)



شكل (٢)

مساحة للتفكير

مسابقة العدد

الأبواب والمفاتيح

سافر عشرة رجال من الرياض إلى الدمام . وفي الطريق توقفوا عند إحدى محطات الوقود فقرروا أن يستريحوا بعض الوقت حيث يوجد في تلك المحطة غرف للإيجار ، فذهب الرجال العشرة إلى المسؤول عن الغرف ، فقال لهم : لدي عشر غرف وجميعها مقفلة الأبواب في الوقت الحاضر ، ولدي عشرة مفاتيح ، مفتاح لكل باب ، ولكن لا أعرف أي مفتاح من العشرة لأي غرفة من العشر ، ويسعدني أن أسكن مجاناً الشخص الذي يستطيع معرفة أكبر عدد من المحاولات لتحديد مفتاح كل غرفة من الغرف العشر .

*** فهل بالإمكان تحديد ذلك العدد ؟**

أعزاءنا القراء

إذا استطعتم معرفة الإجابة على مسابقة « **الأبواب والمفاتيح** » فأرسلوا إجاباتكم على عنوان المجلة مع التقيد بما يأتي : ـ

١ـ ترفق طريقة الحل مع الإجابة .

٢ـ تكتب الإجابة وطريقة الحل بشكل واضح ومقروء .

٣ـ يوضع عنوان المرسل كاملاً .

سوف يتم السحب على الإجابات الصحيحة التي تحتوي على طريقة الحل ، وسيمنح ثلاثة من أصحاب الإجابة الصحيحة جوائز قيمة ، كما سيتم نشر أسمائهم مع الحل في العدد المقبل إن شاء الله .

حل مسابقة العدد الثاني والأربعين

الرقم المفقود

في كثير من القضايا التي تواجه الإنسان في حياته اليومية قد يتبادر إلى ذهنه في أول الأمر صعوبة حلها ، وقد يضطره ذلك إلى سلوك طرق معقدة لذلك ، إلا أنه لو أمعن النظر ودقق فيها لأمكنه حلها بطريقة بسيطة جداً ، ينطبق ذلك على كثير من أسئلة المسابقات التي تنشر في كثير من الدوريات ، وتنطبق هذه القاعدة على مسابقة العدد السابق من مجلة « العلوم والتقنية » فالمتوقع أن القاريء عندما يقرأ السؤال سيتبادر إلى ذهنه فرضيات ومعادلات ذات مجهول واحد وذات مجهولين ، حتى يصل إلى الحل ، وبالتأكيد سيصل إلى الحل ، إلا أن الهدف من هذا السؤال هو اختبار فطنة وذكاء القارىء وليس الحل النهائي ، وعليه فإن حل السؤال السابق « **الرقم المفقود** » يتمثل بكل بساطة في الفرق بين مجموع الأعداد الرأسية والأعداد الأفقية كالتالي :

* مجموع الأعداد الرأسية : ٢٨+٣٠+٢٠+١٦=٩٤

* مجموع الأعداد الأفقية : ٣٠+٢٠+١٩ = ٦٩

* **الرقم المفقود : ٩٤ - ٦٩ = ٢٥**

أعزاءنا القراء

تلقت المجلة العديد من الرسائل التي تحمل حل مسابقة **العدد الثاني والأربعين « الرقم المفقود »** ، وقد تم استبعاد جميع الحلول التي لم تستوف شروط المسابق وكذلك الرسائل التي وصلت متأخرة عن الموعد المحدد . وبعد فرز الحلول وإجراء القرعة على الحلول الصحيحة فاز كلاً من : ـ

١ـ مسعود تنت كاشي برايل ص.ب ٢٤٥٥ الرياض ١١٤٥١.

٢ـ عبد الرحمن بن محمد آل إبراهيم ص.ب ٦٠٨٦ الرياض ١١٤٤٢ .

٣ـ محمد عبد الرحمن دمشقي ص.ب ٢٤٥٥ الرياض ١١٤٥١ .

ويسعدنا أن نقدم للفائزين هدايا قيمة ، سيتم إرسالها لهم على عناوينهم ، كما نتمنى لمن لم يحالفهم الحظ ، حظاً وافراً في مسابقات الأعداد القادمة .

تقييم أداء محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض ودراسة بدائل المعالجة الكيميائية

نظراً للتطور الكبير الذي شهدته مدينة الرياض خلال العقدين الماضيين ، وما تبعه من ارتفاع كبير في استهلاك المياه في الأغراض المختلفة ، دل على ذلك زيادة معدل استهلاك الفرد من المياه من ١٤٠ لتر/يوم عام ١٣٩٠هـ إلى ٤٤٨ لتر/يوم عام ١٤١٤هـ . ومساهمة من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية في تمويل المشروعات البحثية التطبيقية التي تسهم في المحافظة على الثروة المائية بمدن المملكة ، وإيجاد مصادر بديلة لمياه الشرب ، قامت المدينة بتمويل مشروع بحثي تحت عنوان « تقييم أداء محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض ودراسة بدائل المعالجة الكيميائية » .

وقد تم إجراء هذا البحث في كلية الهندسة ، جامعة الملك سعود بالرياض ، في الفترة من ١٤١٣هـ إلى ١٤١٦هـ وقام بدور الباحث الرئيس للمشروع **الدكتور عبد الله محمد الرحيلي** .

● أهداف المشروع :

يمكن حصر أهداف المشروع فيما يلي:

١ ـ دراسة أنظمة تشغيل محطات تنقية مياه الشرب بمدينة الرياض لمعرفة ظروف التشغيل الحالية ومدى مرونة هذه الأنظمة لإمكانية التعديل .

٢ ـ تقييم معدلات التجريع (Dosage) للمواد الكيميائية المستخدمة حالياً لمعرفة مدى فعاليتها ، ومقارنتها بالمعدلات المثالية.

٣ ـ تقييم فعالية بعض المواد الكيميائية البديلة مع المحافظة على نوعية المياه المعالجة بعد عملية الترشيح بحيث تفي بالمواصفات المطلوبة للمياه الداخلة إلى عملية التناضح العكسي .

٤ ـ اقتراح التعديلات الملائمة على أنظمة التشغيل ومعدلات التجريع والمواد الكيميائية البديلة وفقا لنتائج الدراسة مع الأخذ في الاعتبار إمكانيات المحطات والتكاليف المترتبة على ذلك .

● خطوات البحث

تم إنجاز البحث من خلال إجراء عدة دراسات هي :

١ ـ إختيار محطتي مياه الشميسي والبويب ـ تمثلان غالبية المحطات القائمة في مدينة الرياض ـ لإجراء الدراسة الميدانية عليهما ، ثم تطبيق النتائج التي تم الحصول عليها على محطة مياه الملز ، وتقييم النتائج لعمل دراسة اقتصادية .

٢ ـ إجراء عدد كبير من اختبارات الدوارق على مياه محطتي الشميسي والبويب باستخدام مادة أو أكثر من المواد الكيميائية المستخدمة حالياً في المحطات ومواد أخرى بديلة .

٣ ـ اختيار مجموعة من المواد الكيميائية بجرعات مناسبة ـ على ضوء نتائج اختبارات الدوارق المذكورة أعلاه ـ واختبارها على محطة مياه تجريبية تحاكي عمليات المعالجة الكيميائية والترشيح في كل من محطتي الشميسي والبويب .

٤ ـ تصميم وتركيب محطتين تجريبيتين تشملان عمليات الترسيب والترشيح ومتطلباتهما من أنظمة تجريع وغسيل ، وتجريب عدد من المواد الكيميائية ، وظروف التشغيل .

٥ ـ اختيار مواد كيميائية وجرعات ـ على ضوء نتائج اختبارات المحطات التجريبية ـ تعد الأقرب إلى الجرعات المثالية وذلك لدراستها بطريقة فعلية على إحدى المحطات .

٦ ـ تطبيق نتائج الدراسة على محطة مياه الملز من خلال عمل دراسة مستفيضة على جميع المياه الداخلة للمحطة باستخدام المواد الكيميائية والجرعات المناسبة .

● نتائج البحث

تمثلت النتائج الخاصة بالتجارب الفعلية على محطة مياه الملز فيما يلي :

١ ـ إمكانية استخدام جرعات مثالية للمواد الكيميائية في محطات الملز والشميسي والمنفوحة وصلبوخ والبويب أقل من المعمول به حالياً ، وبالتالي تخفيض تكلفة المواد الكيميائية المستخدمة في محطات تنقية المياه بنسبة ١٩٪، أي ما يعادل حوالي ٣,٧١ مليون ريال سنوياً .

٢ ـ تعد مادة الصودا الكاوية بديلاً مناسباً ، ومنافساً اقتصادياً للمواد الكيميائية (الجير ورماد الصودا وألومينات الصوديوم) المستخدمة في محطات مياه الرياض ، عدا محطة مياه البويب .

٣ ـ إمكانية خفض تكلفة المعالجة الكيميائية في محطة مياه الوسيع ، وذلك بإعادة النظر في وضع المحطة الحالي ، والبحث عن أسلوب مناسب لموازنة المياه بأقل تكلفة ، ودون الحاجة إلى تشغيل المحطة كاملة .

● التوصيات

توصي الدراسة بقيام مصلحة المياه والصرف الصحي بالرياض بإجراء عدة دراسات يمكن توضيحها فيما يلي :

١ ـ وضع برنامج دقيق لدراسة التجريع الكيميائي في كل محطة لتحديد الجرعات المستخدمة بدقة ، مما يؤدي إلى تخفيض تكلفة المواد الكيميائية إلى أقل حد ممكن مع المحافظة على نوعية المياه المنتجة في الحدود المطلوبة .

٢ ـ تجريب استخدام مادة الصودا الكاوية على إحدى المحطات الصغيرة لمدة عام وذلك لتقييم إمكانية إحلالها بدلا من المواد الكيميائية المستعملة حالياً .

٣ ـ الاهتمام بصيانة ومعايرة جميع مكونات أنظمة التجريع للمحطات والتأكد من عملها بصورة جيدة على مدار الساعة .

٤ ـ النظر في رفع مستوى المعرفة لمشغلي المحطات بالعمليات الكيميائية التي تتم في كل محطة والإهتمام ببرامج التدريب والصيانة .

٥ ـ توثيق المعلومات والاستفادة منها في تقييم عمل المحطات .

٦ ـ إجراء دراسات على تحديد النوعية المطلوبة للمياه الداخلة لوحدات التناضح العكسي والتي يمكن أن تؤدي إلى تخفيض في استهلاك المواد الكيميائية .

هل من ماء بالمريخ ؟

أكتشف في عام ١٩٣١م وجود صخرة في غرب لافايت بولاية إنديانا في الولايات المتحدة يعتقد العلماء أنها سقطت من كوكب المريخ واستقرت في المكان المذكور . ومنذ ذلك الحين أطلق على هذه الصخرة نيزك لافايت (Lafayette Meteorite) .

ولكن الجديد في الأمر أن العلماء اكتشفوا حديثاً أن عمر هذا النيزك والتحليل الكيميائي لبعض أجزائه تشير إلى أن الماء كان يجري بالقرب من أو على سطح كوكب المريخ قبل حوالي ٧٠٠ مليون عام .

ويذكر **تيموثي سوندل** (Timothy D. Swindle) وزملاؤه من جامعة أريزونا في توسان بالولايات المتحدة ان دراساتهم أظهرت أن النيزك المذكور يحتوي على كميات كبيرة من خلائط الطين وأكاسيد الحديد التي لايمكن أن تتكون إلا في وجود الماء . وعند تحليل عشر عينات من النيزك بالنظائر المشعة اتضح أن تكوين خليط الطين وأكاسيد الحديد المذكورة يعود إلى ٢٧٤ إلى ٦٥٥ مليون سنة مضت ، وهي الفترة التي كانت فيه الصخرة بكوكب المريخ قبل أن تنفصل منه وتسقط على الأرض لأنها تفوق بكثير الفترة التي مكثت فيها على الأرض حتى الآن .

وفي دراسة سابقة أشارت مجموعة **سوندل** إلى كميات كبيرة من الزينون والكريبتون في الخليط المذكور ، وهي عناصر يعتقد بأن النيزك قد التقطها من غلاف المريخ أثناء مغادرته له في طريقه إلى كوكب الأرض .

ويفسر وجود الزينون والكريبتون مع خليط الطين وأكاسيد الحديد أن الماء كان موجوداً على سطح المريخ أو بالقرب منه قبل أقل من بليون عام مضت ، وبالتالي فإن ذلك قد يدلّل على وجود حياة في هذا الكوكب قبل مدة طويلة لم تكن تخطر على بال الباحثين .

المصدر :

Science News, Vol 151, April 1997, P.210

فوائد لبن الأم

رغم أن غالبية الأطفال الرضع يتعرضون لالتهابات بكتيريا كلورستريديوم ديفيسيل (Clostridium Difficile) ، إلا أنهم لا يصابون بالمرض إذا رضعوا من لبن أمهاتهم . تفرز البكتيريا المذكورة سموم (Toxins) من شأنها إصابة الكبار بإسهال قد يكون مصحوباً بالتهاب شديد في القولون . ورغم أن الفحوصات الطبية قد أوضحت وجود سموم البكتيريا في أمعاء الأطفال الرضع بكميات ممرضة للكبار إلا أنهم لايعانون من أي من الأمراض المعوية المذكورة .

ويقول **استيفين دلاس** (Steven D. Dallas) من جامعة تكساس التقنية للعلوم الصحية أن عدم تعرض الأطفال الرضع للأمراض المعوية يرجع إلى أن لبن الأم ـ حسب دراسة سابقة قام بها **ريل رولف** (Rial D. Rolfe) ـ يمنع السموم البكتيرية من الارتباط بخلايا الأمعاء .

فقد اتضح **لدلاس ورولف** أن حليب الأم يحتوى على كميات كبيرة من بروتين يطلق عليه المكون الإفرازي (Secretory Component) مسؤول عن وقاية الرضيع من السموم البكتيرية ، ويأتي البروتين المذكور إما طليقاً أو مرتبط بجلوبيولين المناعة . أ (Immunoglobulin A)، وهو بنوعية يعمل على منع السموم ، من الوصول لأمعاء الرضيع عن طريق التعلق والأمساك بالسموم وبذلك يحول دون ارتباطها بالأمعاء .

المصدر :

Science News, Vol. 121, May 1997, P322.

قليل من فيتامين ـ هـ يكفي

تلعب عدة ملوثات وعمليات حيوية دوراً هاماً في إطلاق جذور حرة (Free Radicals) ، وفضلاً عن ذلك فإن الجسم ينتج هذه الجذور لتحطيم الخلايا والمواد غير المرغوبة . غير أنه بتقدم العمر تصبح قدرة الجسم في كبح جماح الجذور الحرة غير كافية ، مما يؤدي إلى تعرض عدد كبير من الخلايا النشطة للتحطيم وظهور اعراض أمراض الإنحلال النسيجي (Degenerative Diseases) منها مرض القلب .

وفي سبيل محاربة تحطيم الخلايا بوساطة العوامل المؤكسدة الصادرة من الجذور الحرة ـ الناتجة من التدخين ، وتقدم العمر ، وغيرها ـ يجب تسليح الجسم بكمية كافية من مستضدات الاكسدة (Anti Oxidants) مثل فيتامين ـ هـ (Vitamin - E) .

غير أن هناك مشكلة تكمن في عدم معرفة الكمية المناسبة من هذا الفيتامين ، ولحل هذه المشكلة قامت باحثة التغذية **كاترينا براون** (Katrina Brown) بمعهد رويت (Rowett) للبحوث بأبردين في اسكتلندا وزملاؤها باختبار ٤٠ من الذكور المدخنين و ٤٠ من الذكور غير المدخنين وإخضاعهم لتجربة أخذوا فيها كبسولات تحتوي على جرعات مختلفة من فيتامين ـ هـ (٧٠ ، ١٤٠ ، ٥٦٠ ، أو ١٠٥٠ مليجرام يومياً) ، وبعد ٢٠ اسبوعاً من تعاطي هذه الجرعات تم أخذ كمية من كريات الدم الحمراء من هؤلاء الرجال وأضافوا إليها كمية معلومة من فوق أوكسيد الهيدروجين (H_2O_2) ـ يمثل جذر حر من الجذور الحرة الموجودة طبيعياً في الجسم ـ وتركوها في حضانة(Incubator) لمدة ساعة بعدها تم قياس التأكسد الذي حدث في هذه الكريات .

أظهرت النتيجة أن الرجال الذين أخذوا الجرعات الثلاث الأقل (٧٠ ، ١٤٠ ، ٥٦٠ مليجرام) من فتامين ـ هـ ـ لديهم قدرة اكبر على مقاومة عمليات التأكسد بالجذور الحرة مقارنة بالرجال الذين لم يأخذوا الفيتامين . وقد أظهر هؤلاء الرجال مقاومة فائقة لعمليات التأكسد بغض النظر عن كونهم مدخنين أم غير مدخنين .

وتذكر **بروان** أنه لايلزم أخذ كميات كبيرة من فيتامين ـ هـ كما يفعل كثير من الناس ، وتضيف أن الجرعة العالية من فيتامين ـ هـ (١٠٥٠ مليجرام) لم تساعد الأشخاص غير المدخنين على مقاومة عمليات التأكسد بل إن فيتامين ـ هـ بهذه الكمية الكبيرة قد عزز تكوين جذور حرة بدلاً من إزالتها .

من جانب آخر إختلف تأثير الجرعة العالية من فيتامين ـ هـ (١٠٥٠ مليجرام) على الأشخاص المدخنين ، إذ يبدو أن الفيتامين الزائد في هذه الحالة قد تم توجيهه لتحطيم الجذور الحرة الناجمة عن التدخين ، وبذلك لم يكن للزيادة أثر سلبي.

المصدر :

Science News Vol. 151, March 1997, P. 135.

مع القراء

الأخوة القراء الكرام

السلام عليكم ورحمة الله وبركاته وبعد :-

فكما تعودنا منكم فرسائلكم لاتنقطع واتصالاتكم المستمرة تدفعنا دوماً لبذل المزيد من الجهد لإرضائكم ، فأهلاً بالجميع .

● **الأخ / صالح عجاب العتيبي ـ الطائف**

نشكركم على توجيه استفساراتكم العلمية إلينا وهذا إن دل على شيء فإنما يدل على حسن ثقتكم بالمجلة والقائمين عليها وهذا بلا شك يزيدنا ثقة واطمئنان ، وبدورنا أحلنا استفساركم عن **النجم الأخضر** إلى الاستاذ **صالح بن محمد الصعب** أحد المختصين في معهد بحوث الفلك والجيوفيزياء في المدينة فأجاب مشكوراً بما يلي :

أطلقت هذه التسمية على المذنب الذي ظهر في سمائنا قبل أشهر وهو مذنب **(هيل ـ بوب)** ـ ربما لأن لونه كان مائلاً إلى الخضرة ـ وهو مذنب اكتشف من قبل اثنين من الراصدين الفلكيين كانا يرصدان الحشود النجمية السماوية من مكانين مختلفين في الولايات المتحدة الأمريكية في منتصف عام ١٩٩٥م ، وكان المذنب في ذلك الوقت متجهاً إلى المجموعة الشمسية بسرعة ٦٦,٠٠٠كم في الساعة ، وبعد أربعة عشر شهراً من ذلك التاريخ أصبح قريباً من الأرض وصارت رؤيته ممكنة بالعين المجردة وبقي في السماء حتى منتصف العام الحالي ١٩٩٧م ووصل إلى أوج لمعانه في بداية أبريل ١٩٩٧م ، وهو من المذنبات ذات الدورات الطويلة إذ تبلغ دورته ٢٣٠٠ سنة .

أما عن الآثار المناخية والجوية على الجزيرة العربية ، فإن المذنبات التي تظهر في السماء بعيدة جداً عن الأرض ولم يثبت أن لها ـ بشكل عام ـ تأثير في هذه الناحية ، وليست لها آثار سلبية على الأرض عدا مخاطر تسرب غازات ذيولها إلى جو الأرض أو المخاطر بعيدة الاحتمال لاصطدامها بالأرض ، وعلى الرغم من ذلك يتشاءم البعض من ظهورها ويعدوها من نُذر الكوارث والأخطار .

● **الأخ / محمد فالح الجهني ـ المدينة المنورة**

يسعدنا تلبية طلبك بإرسال الأعداد الأخيرة من المجلة على عنوانك الجديد .

● **الأخ / رائد محمد النويصر ـ الرياض**

يسعدنا تلبية رغبتك بإقتناء مجلة العلوم والتقنية وقد تم إدراج اسمك في قائمة التوزيع .

● **الأخت / بدرية سليمان الفرهود ـ الرياض**

تلقينا رسالتك بكل سرور وماحوته من عتاب على تأخر وصول المجلة إليك والذي هو خارج عن إرادتنا ، ولإتاحة الفرصة لعدد كبير من القراء فقد عمدنا إعتباراً من هذا العدد على استقبال حلول المسابقة حتى صدور العدد الذي يليه .

● **الأخوة / بريك السعيد بن محمد ـ رواق عمر محمد ـ محمادي اسماعيل ـ عثمان بشير بن علي مجذوب ـ حسان عبدالقادر ـ محمد الشريف ـ حرايز محمود ـ الجزائر**

سعدنا بوصول رسائلكم ويسرنا تلبيه رغباتكم بإدراج عناوينكم ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / وليد محمود الكيال ـ سوريا**

رسالتك السابقة لم تصل إلى المجلة فنحن يا أخانا لانهمل أي رسالة من رسائل قراءنا الأعزاء ، ويسعدنا تلبية طلبك بإدراج إسمك ضمن قائمة الإهداءات .

● **الأخ / عصام محمد عارف ـ مكة المكرمة**

ماحملته رسالتك من ثناء ودعاء للمجلة والقائمين عليها أثلج صدورنا وهو مايدفعنا لبذل المزيد من الجهد حتى تصل المجلة إليك ولجميع القراء الأعزاء .

● **الأخ / أنور يوسف حماد ـ الأردن**

نشكرك على ثنائك ومديحك للمجلة ويسعدنا إدراج إسمك ضمن قائمة الاهداءات .

● **الأخت / ناديه عبدالله الجعيب ـ الدمام**

سعدنا باتصالك ويسرنا إرسال مايتوفر من الأعداد الماضية وكذلك إدراج إسمك ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / محمد علي الملحم ـ الهفوف**

نشكرك على مديحك للمجلة فهدفنا أن تعم الفائدة جميع القراء ، وسوف تصلك المجلة على عنوانك الجديد بإذن الله .

● **الأخت علا مرزوق العوفي ـ المدينة المنورة**

نشكرك على إعجابك بالمجلة ويسعدنا أن ندرج اسمك ضمن قائمة التوزيع .

● **الأخ / أنور عطية اسماعيل ـ مصر**

يسرنا أن نلبي طلبك بادراج اسمك في قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / صلاح الدين محمد وفا ـ شرورة**

سوف نقوم بإذن الله بإرسال الأعداد الخاصة بالطاقة الشمسية إليك ، وقد تم إدراج إسمك ضمن قائمة توزيع المجلة ، فأهلاً بك .

● **الأخت / ندى سيف الدين أبو بكر ـ السودان**

أهلابك قارئة للمجلة ويسعدنا إرسال مايتوفر من الأعداد المطلوبة على عنوانك وكذلك إدراج إسمك ضمن قائمة توزيع المجلة .

● **الأخ / مطر العايد ـ رفحاء**

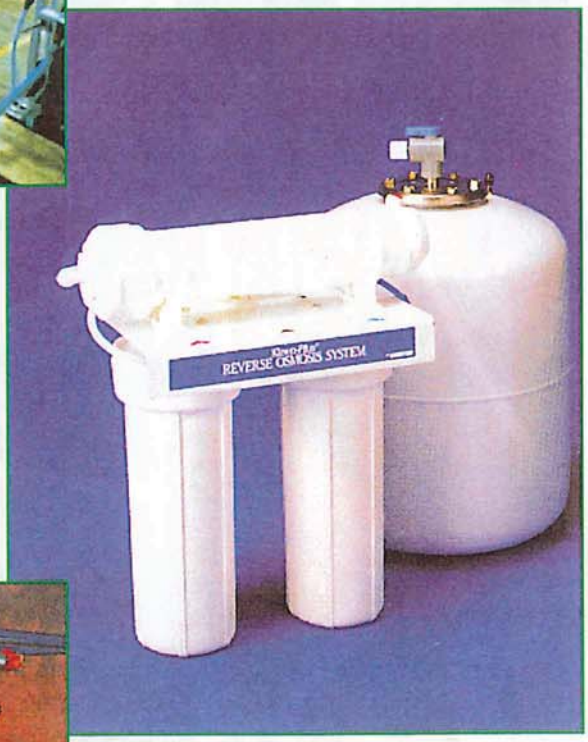
نشكرك على رسالتك التي حملت الكثير من عبارات الشكر والإعجاب للمجلة والقائمين عليها ، ويسعدنا أن تصلك المجلة على عنوانك الجديد .

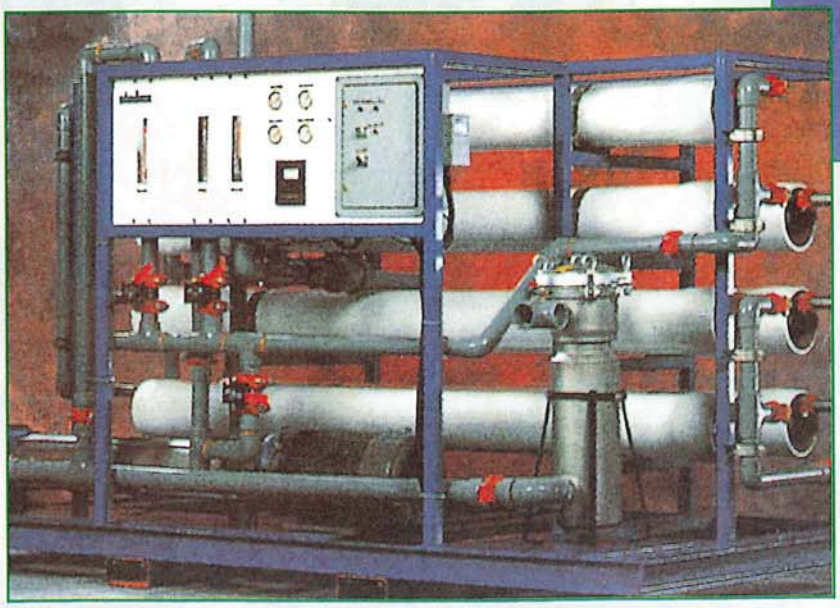
في

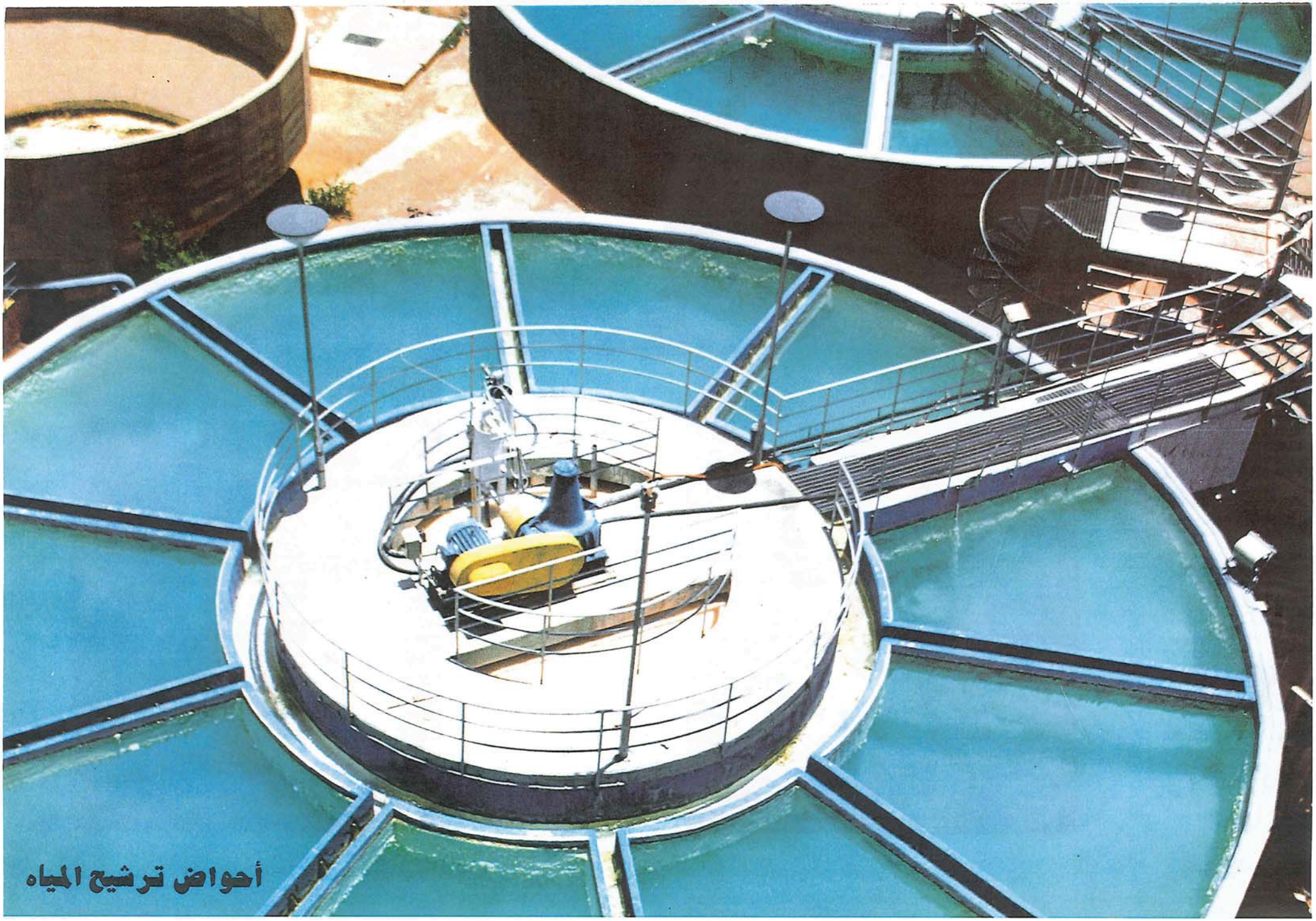
العدد المقبل

تقنيات تنقية مياه الشرب

(الجزء الثاني)







أحواض ترشيح المياه