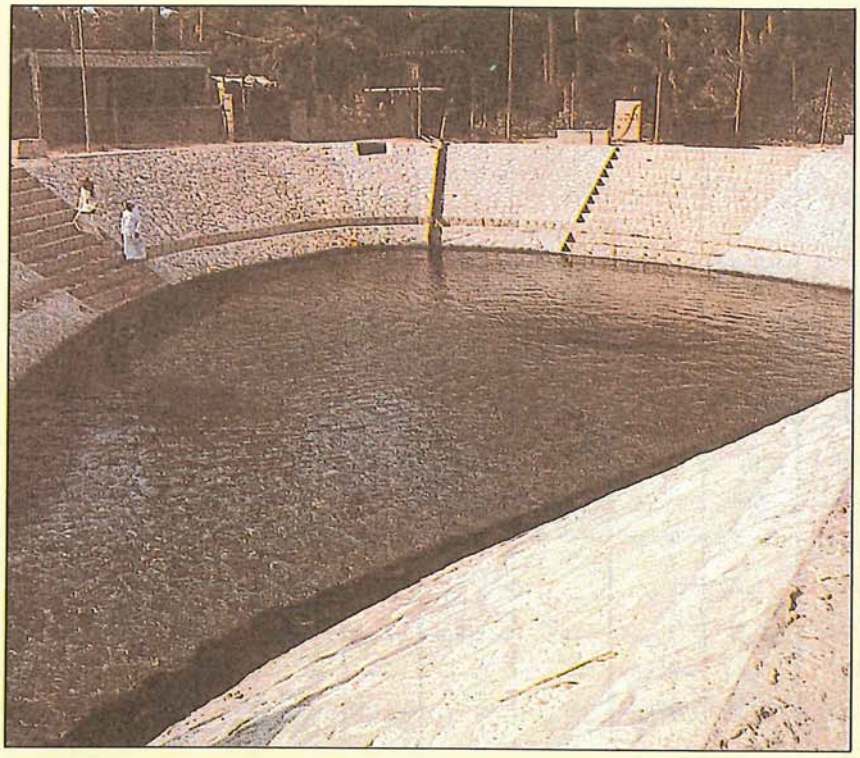
معالجة مياه الشرب

د. عبدالله محمد الرحيلي
د. ابراهيم بن سعد الجضعي

يرجع اهتمام الإنسان بنوعية الماء الذي يشربه إلى أكثر من خمسة آلاف عام . ونظراً للمعرفة المحدودة في تلك العصور بالأمراض ومسبباتها فقد كان الإهتمام محصوراً في لون المياه وطعمها ورائحتها فقط . وقد استخدمت لهذا الغرض - وبشكل محدود خلال فترات تاريخية متباعدة - بعض عمليات المعالجة مثل الغليان والترشيح والترسيب وإضافة بعض الأملاح . ثم شهد القرنان الثامن والتاسع عشر الميلاديان الكثير من المحاولات الجادة في دول أوربا وروسيا للنهوض بتقنية معالجة المياه حيث أنشئت لأول مرة في التاريخ محطات لمعالجة المياه على مستوى المدن .

ففي عام ١٨٠٧م أنشئت محطة لمعالجة المياه في مدينة جلاسكو الاسكتلندية ، وتعد هذه المحطة من أوائل المحطات في العالم وكانت تعالج فيها المياه بطريقة الترشيح ثم تنقل إلى المستهلكين عبر شبكة أنابيب خاصة . وعلى الرغم من أن تلك المساهمات تعد تطوراً تقنياً في تلك الفترة إلا أن الاهتمام آنذاك كان منصباً على نواحي اللون والطعم والرائحة ، أو ما يسمى بالقابلية ، وكانت المعالجة باستخدام المرشحات الرملية المظهر السائد في تلك المحطات حتى بداية القرن العشرين .



ومع التطور الشامل للعلوم والتقنية منذ بداية هذا القرن واكتشاف العلاقة بين مياه الشرب وبعض الأمراض السائدة فقد حدث تطور سريع في مجال تقنيات المعالجة حيث أضيفت العديد من العمليات التي تهدف بشكل عام إلى الوصول بالمياه إلى درجة عالية من النقاء ، بحيث تكون خالية من العكر وعديمة اللون والطعم والرائحة ومأمونة من النواحي الكيميائية والحيوية ، ويبين الجدول (١) المواصفات الكيميائية لمياه الشرب .

معالجة المياه

لقد كان وباء الكوليرا من أوائل الأمراض التي اكتشف ارتباطها الوثيق بتلوث مياه الشرب في المرحلة السابقة لتطور تقنيات معالجة المياه ، فعلى سبيل المثال أصيب حوالي ١٧٠٠٠ شخص من سكان مدينة هامبورج الألمانية بهذا الوباء خلال صيف ١٨٢٩م أدى إلى وفاة ما لا يقل عن نصف ذلك العدد . وقد ثبت بما لا يدع مجالاً للشك أن المصدر الرئيس للوباء هو تلوث مصدر المياه لتلك المدينة .

يعد التطهير باستخدام الكلور من أوائل العمليات التي استخدمت لمعالجة المياه بعد عملية الترشيح وذلك للقضاء على بعض الكائنات الدقيقة من بكتيريا وفيروسات مما أدى إلى الحد من انتشار العديد من الأمراض التي تنقلها المياه مثل الكوليرا وحمى التيفوئيد . وتشمل المعالجة التقليدية لمياه الشرب في وقتنا الحاضر العديد من العمليات الكيميائية والفيزيائية التي يتم الاختيار بينها بحسب نوعية مصدر المياه والمواصفات الموضوعة للمياه المعالجة ، ومن هذه العمليات ما يستخدم لإزالة عسر الماء مثل عمليات التيسير ، أو لإزالة العكر مثل عمليات الترويب .

ونظراً للتقدم الصناعي والتقني الذي يشهده هذا العصر وما تبعه من ازدياد سريع في معدلات استهلاك المياه الطبعية ، النقية نوعاً ما ، ونظراً لما يحدث من تلوث

المادة	الحد المرغوب فيه (جزء من مليون)	الحد الأعلى المسموح به (جزء من مليون)
المواد الصلبة الذائبة	٥٠٠	١٥٠٠
الحديد Fe	٠,١	١,٠
المنجنيز Mn	٠,٠٥	٠,٥
النحاس Cu	٠,٠٥	١,٥
الخارصين Zn	٥,٠	١٥,٠
الكالسيوم Ca	٧٥,٠	٢٠٠,٠
الماغنسيوم Mg	٣٠,٠	١٥٠,٠
الكبريتات So4	٢٠٠,٠	٤٠٠,٠
الكلوريدات Cl	٢٠٠,٠	٦٠٠,٠
الفينولات	٠,٠٠١	٠,٢
المركبات المسببة للعسر	١٠٠,٠	٥٠٠,٠
الرقم الهيدروجيني	٧,٠ ـ ٨,٥	لا يقل عن ٦,٥ ولا يزيد عن ٩,٢

● جدول (١) مواصفات مياه الشرب

لبعض تلك المصادر نتيجة المخلفات الصناعية ومياه الصرف الصحي ، وبعض الحوادث البيئية الأخرى فإن عمليات المعالجة قد بدأت تأخذ مساراً جديداً يختلف في كثير من تطبيقاته عن مسار المعالجة التقليدية . وفي هذه المقالة سنستعرض بإيجاز طرق المعالجة التقليدية لمياه الشرب إضافة لبعض الإتجاهات الحالية والمستقبلية لتقنيات المعالجة .

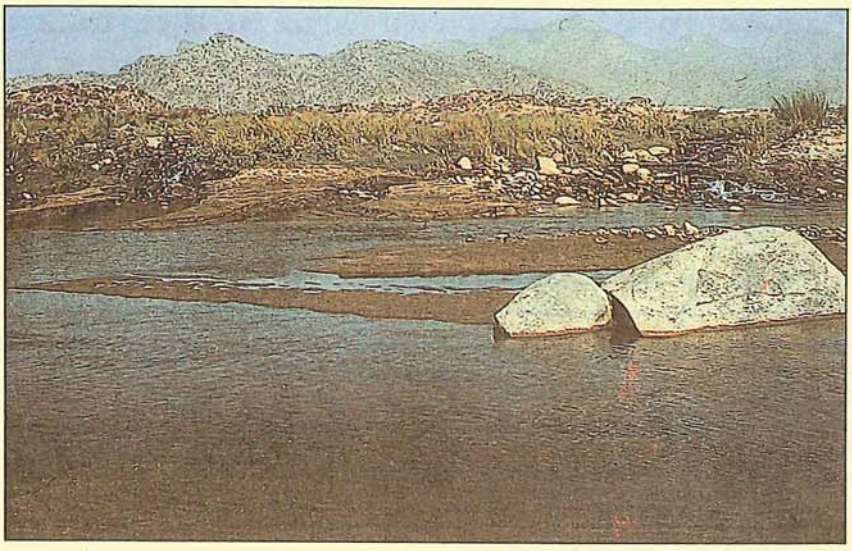
طرق المعالجة التقليدية

تختلف عمليات معالجة مياه الشرب باختلاف مصادر تلك المياه ونوعيتها والمواصفات الموضوعة لها . ويجب الإشارةإلى أن التغير المستمر لمواصفات المياه يؤدي أيضاً في كثير من الأحيان إلى تغيير في عمليات المعالجة . حيث أن المواصفات يتم تحديثها دوما نتيجة التغير المستمر للحد الأعلى لتركيز بعض محتويات المياه وإضافة محتويات جديدة إلى قائمة المواصفات . ويأتي ذلك نتيجة للعديد من العوامل مثل :

* التطور في تقنيات تحليل المياه وتقنيات المعالجة .
* اكتشاف محتويات جديدة لم تكن موجودة في المياه التقليدية أو كانت موجودة ولكن لم يتم الانتباه إلى وجودها أو مدى معرفة خطورتها في السابق .
* اكتشاف بعض المشكلات التي تسببها بعض المحتويات الموجودة أصلاً في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات المعالجة التقليدية . هذا ويمكن تناول عمليات المعالجة التقليدية المستخدمة للمياه استناداً إلى مصادرها السطحية والجوفية مع التركيز على المياه الجوفية نظراً لاعتماد المملكة عليها مقارنة بالمياه السطحية .

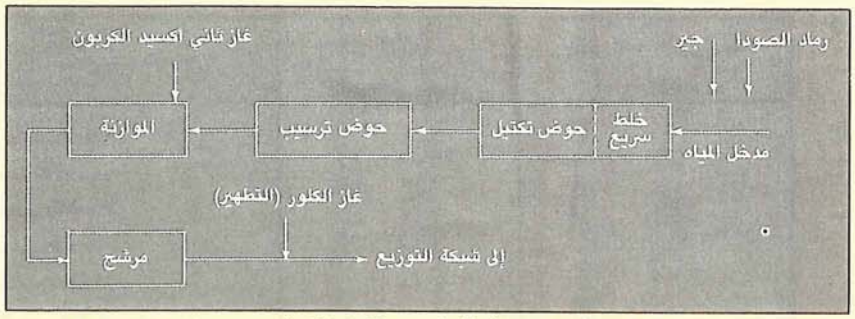
● معالجة المياه السطحية :

تحتوي المياه السطحية (المياه الجارية على السطح) على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية منها ، وهي بذلك تعد مياه يسرة (غير عسرة) حيث تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكر وتغيراً في اللون والرائحة ، وعليه يمكن القول أن معظم طرق معالجة هذا النوع من المياه اقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير . وتتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية ، كما تحتوي على بعض الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا . ونظراً لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقى معلقة في الماء ولا تترسب . إضافة إلى ذلك فإن خواصها السطحية والكيميائية تزيد من اتزانها في الماء ومقاومتها للترسيب . وتعد المعالجة الكيميائية باستخدام عمليات الترويب الطريقة الرئيسة لمعالجة المياه السطحية ، حيث تستخدم بعض المواد الكيميائية لتقوم بإخلال اتزان المواد العالقة وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها وإزالتها من أحواض الترسيب . ويتبع عملية الترسيب عملية ترشيح باستخدام مرشحات رملية لإزالة



● المياه السطحية .

ما تبقى من الرواسب ، ومن المروبات المشهورة كبريتات الألمنيوم وكلوريد الحديديك ، وهناك بعض المروبات المساعدة مثل بعض البوليمرات العضوية والبنتونايت والسليكا المنشطة . ويمكن أيضا استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيراً في طعم ورائحة المياه . تتبع عمليتي الترسيب والترشيح عملية التطهير التي تسبق إرسال تلك المياه إلى المستهلك .



● شكل (١) تسلسل عمليات المعالجة في محطة لإزالة العسر من المياه الجوفية .

● معالجة المياه الجوفية :

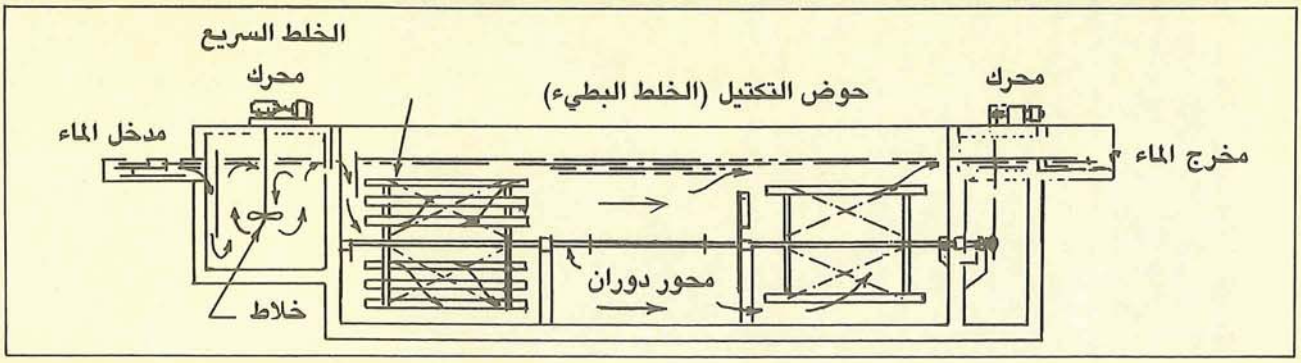
تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم . إلا أن بعض مياه الآبار ، وخصوصاً العميقة منها ، قد تحتاج إلى عمليات معالجة متقدمة وباهظة التكاليف قد تخرج عن نطاق المعالجة التقليدية . وأيسر صورة من صور المعالجة هي إضافة الكلور لتطهير المياه ثم ضخها إلى شبكة التوزيع ، إذ تعد عملية التطهير الحد الأدنى للمعالجة في جميع الأحوال ، ويستخدم التطهير كعملية وحيدة لمعالجة مياه بعض الآبار النقية جداً والتي تفي بجميع مواصفات المياه ، إلا أن هذه النوعية من المياه هي الأقل وجوداً في الوقت الحاضر ، لذلك فإنه إضافة لعملية التطهير فإن غالبية المياه الجوفية تحتاج إلى معالجة فيزيائية وكيميائية إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمنغنيز والمعادن المسببة لعسر الماء ، وتتم إزالة الغازات الذائبة باستخدام عملية التهوية والتي تقوم أيضاً بإزالة جزء من الحديد والمنغنيز عن طريق الأكسدة ، وقد يكون الغرض من التهوية مجرد التبريد كما يحدث لبعض مياه الآبار العميقة التي تكون حرارتها عالية مما يستدعي تبريدها حفاظاً على كفاءة عمليات المعالجة الأخرى . أما إزالة معادن الحديد والمنغنيز فتتم بكفاءة في عمليات الأكسدة الكيميائية باستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم .

إن الطابع العام لمعالجة المياه الجوفية هو إزالة العسر بطريقة الترسيب ، ويتكون عسر الماء بصورة رئيسة من مركبات الكالسيوم والماغنيسيوم الذائبة في الماء . ويأتي الإهتمام بعسر الماء نتيجة لتأثيره السلبي على فاعلية الصابون ومواد التنظيف الأخرى ، بالإضافة إلى تكوين بعض الرواسب في الغلايات وأنابيب نقل المياه ، ويوضح الشكل (١) تسلسل العمليات في محطة تقليدية تعالج مياه جوفية تحتوي على نسب عالية من عسر الماء .

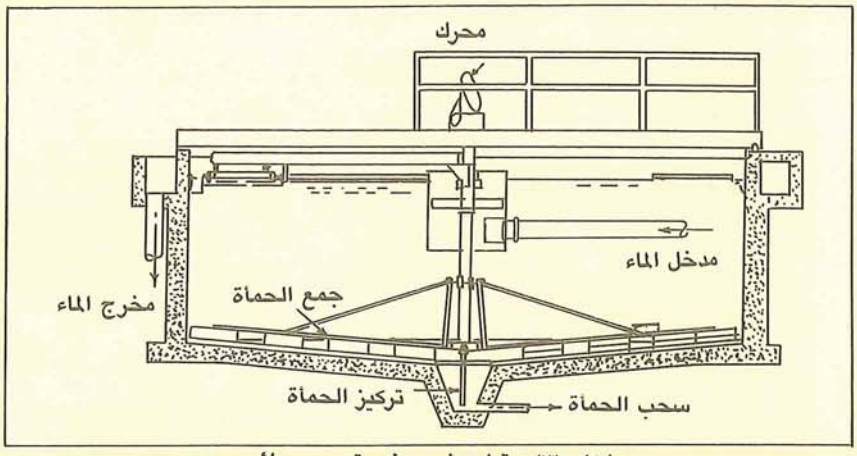
تعتمد المملكة اعتماداً كبيراً على المياه الجوفية لاستخدامها في الأغراض المختلفة ، الأمر الذي ساهم في انتشار محطات معالجة المياه الجوفية في ربوعها المختلفة . وفيما يلي استعراض موجز للعمليات المختلفة لمعالجة المياه الجوفية في هذا النوع من المحطات .

أ ـــ التيسير (إزالة العسر) بالترسيب

تعني عملية التيسير أو إزالة العسر للمياه (Water Softening) إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والماغنيسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيميائي . وتتم هذه العملية في محطات المياه بإضافة الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم) إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيميائية معينة تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنيسيوم . وقد يتم اللجوء في كثير من الأحيان إلى إضافة رماد الصودا (كربونات الصوديوم) مع الجير للتعامل مع بعض صور العسر . وتشتمل عملية التيسير على حوض صغير الحجم نسبياً تتم فيه إضافة



● شكل (٢) عمليتي الخلط السريع والبطيء في عمليات الترسيب الكيميائي .



● شكل (٣) مقطع في حوض ترسيب دائري .

المواد الكيميائية حيث تخلط مع الماء الداخل خلطاً سريعاً لتوزيعها في الماء بانتظام ، ثم ينقل الماء إلى حوض كبير الحجم ليبقى فيه زمناً كافياً لإكمال التفاعلات الكيميائية وتكوين الرواسب حيث يخلط الماء في هذه الحالة خلطاً بطيئاً يكفي فقط لتجميع والتصاق حبيبات الرواسب وتهيئتها للترسيب في المرحلة التالية ، شكل (٢).

ب ــ الترسيـــب :

تعد عملية الترسيب من أوائل العمليات التي استخدمها الإنسان في معالجة المياه . وتستخدم هذه العملية لإزالة المواد العالقة والقابلة للترسيب أو لإزالة الرواسب الناتجة عن عمليات المعالجة الكيميائية مثل التيسير والترويب . وتعتمد المرسبات في أبسط صورها على فعل الجاذبية حيث تزال الرواسب تحت تأثير وزنها .

تتكون المرسبات غالباً من أحواض خرسانية دائرية أو مستطيلة الشكل تحتوي على مدخل ومخرج للمياه يتم تصميمها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر كمية ممكنة من الرواسب ، حيث تؤخذ في الاعتبار الخواص الهيدروليكية لحركة الماء داخل الحوض . ومن الملامح الرئيسة لحوض الترسيب احتوائه على نظام لجمع الرواسب (الحمأة) وجرفها إلى بيارة في قاع الحوض حيث يتم سحبها والتخلص منها بوساطة مضخات خاصة . ويوضح الشكل (٣) مقطعاً في حوض ترسيب دائري . ويمكن دمج عمليات إضافة المواد الكيميائية والخلط البطيء والترسيب في حوض واحد يسمى مرسب الدفق العلوي شكل (٤) .

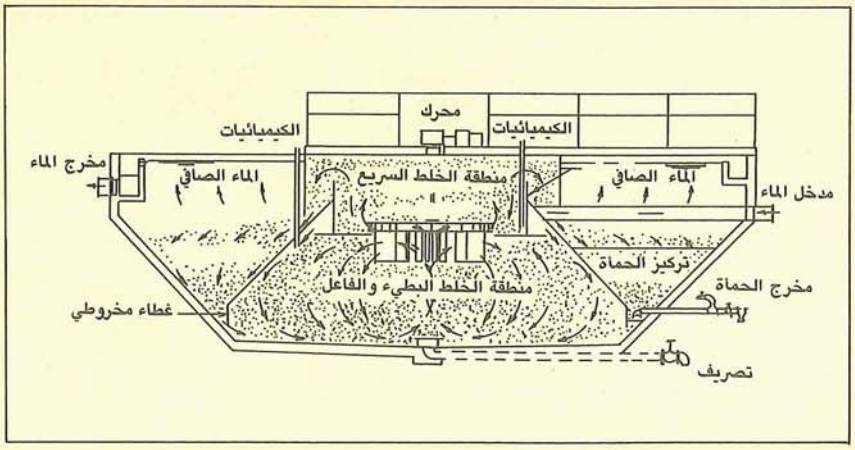
ج ــ الموازنة (إعادة الكربنة):

نظراً لأن المياه الناتجة عن عملية التيسير تكون في الغالب مشبعة برواسب كربونات الكالسيوم ، وحيث أن جزءاً من هذه الرواسب يتبقى في الماء بعد مروره بأحواض الترسيب فإنه من المحتمل أن يترسب بعضها على المرشحات أو في شبكات التوزيع مما يؤدي إلى انسداد أو الحد من كفاءة المرشحات والشبكات . لذلك فإن عملية الموازنة تعد من العمليات الضرورية بعد عملية التيسير لضمان عدم حدوث تلك الأضرار . ومن عمليات الموازنة الأكثر استخداماً في التطبيقات التقليدية هي إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون بكميات محددة بهدف تحويل ما تبقى من كربونات الكالسيوم إلى صورة البيكربونات الذائبة .

د ــ الترشيـــح :

الترشيح هو العملية التي يتم فيها إزالة المواد العالقة (العكارة)، وذلك بإمرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل وهذه العملية تحدث بصورة طبيعية في طبقات الأرض عندما تتسرب مياه الأنهار إلى باطن الأرض ، لذلك تكون نسبة العكر قليلة جداً أو معدومة في المياه الجوفية مقارنة بالمياه السطحية (الأنهار والبحيرات وأحواض تجميع مياه الأمطار) التي تحتوي على نسب عالية من العكر . تستخدم عملية الترشيح أيضاً في إزالة الرواسب المتبقية بعد عمليات الترسيب في عمليات المعالجة الكيميائية مثل الترسيب والترويب .

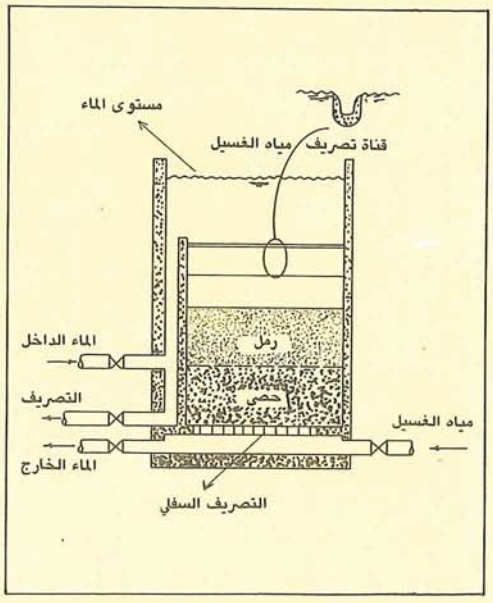
تعد إزالة المواد العالقة من مياه الشرب ضرورية لحماية الصحة العامة من ناحية ولمنع حدوث مشاكل تشغيلية في شبكة التوزيع من الناحية الأخرى ، فقد تعمل هذه المواد على حماية الأحياء الدقيقة من أثر المادة المطهرة ، كما أنها قد تتفاعل كيميائياً مع المادة المطهرة مما يقلل من نسبة فاعليتها على الأحياء الدقيقة ، وقد تترسب المواد العالقة في بعض أجزاء شبكة التوزيع مما قد يتسبب في نمو البكتيريا وتغير رائحة المياه وطعمها ولونها .



● شكل (٤) مقطع في مرسب الدفق العلوي .

تتم عملية الترشيح داخل المرشح الذي يتكون من ثلاث أجزاء رئيسة وهي : صندوق المرشح والتصريف السفلي ووسط الترشيح ، شكل (٥). يمثل صندوق المرشح البناء الذي يحوي وسط الترشيح ونظام التصريف السفلي ، ويبنى صندوق المرشح في العادة من الخرسانة المسلحة ، كما توجد في قاعه ـ الذي يتكون من أنابيب وقنوات مثقبة ـ طبقة من الحصى المدرج لمنع خروج حبيبات الرمل من خلال الثقوب . والغرض من نظام التصريف السفلي تجميع المياه المرشحة ، وتوزيع مياه الغسيل عند اجراء عملية الغسيل للمرشح . أما وسط الترشيح فهو عبارة عن طبقة من رمل السيلكون ، وحديثا أمكن الإستفادة من الفحم المجروش ورمل الجارنت .

عند مرور المياه خلال وسط الترشيح تلتصق المواد العالقة في المياه بجدران حبيبات الوسط ، ومع استمرار عملية الترشيح تضيق فجوات الوسط المسامي الأمر الذي يقلل من نفاذية الوسط للمياه بحيث يصبح المرشح قليل الكفاءة وعند ذلك يجب إيقاف عملية الترشيح وغسل المرشح لتنظيف الفجوات من الرواسب .



● شكل (٥) قطاع تفصيلي في مرشح يستخدم لمعالجة مياه الشرب .

يتم في عملية الغسيل ضخ ماء نظيف بضغط عال من أسفل المرشح عبر نظام التصريف السفلي ينتج عنه تمدد الوسط وتحرك الحبيبات واصطدام بعضها مع بعض ، وبذلك يتم تنظيفها مما علق بها من رواسب . وتندفع هذه الرواسب مع مياه الغسيل التي تتجمع في قنوات خاصة موضوعة في أعلى صندوق المرشح ، وتنقل إلى المكان الذي يتم فيه معالجة مخلفات المحطة . وتستمر عملية الغسيل هذه لفترة قصيرة من الزمن (٥ ــ ١٠ دقائق) بعدها يكون المرشح جاهزاً للعمل .

هـ ــ التطهيـــر :

هو العملية المستخدمة لقتل الكائنات الحيـة الدقيقـة المسببـة لـلأمـراض (الجراثيم)، وتتم هذه العملية باستخدام الحرارة (التسخين) أو الأشعة فوق البنفسجية أو المواد الكيميائية مثل البروم أو اليود أو الأوزون أو الكلور بتركيزات لا تضر بالإنسان أو الحيوان . وتعد طريقة التسخين إلى درجة الغليان أولى الطرق المستخدمة في التطهير ولا تزال أفضلها في حالات الطوارىء عندما تكون كمية المياه قليلة ، لكنها غير مناسبة عندما تكون كمية المياه كبيرة كما في محطات المعالجة نظراً لارتفاع تكلفتها . أما استخدام الأشعة فوق البنفسجية والمعالجة بالبروم واليود فتعد طرقا مكلفة . هذا وقد انتشر استخدام الأوزون والكلور في تطهير مياه الشرب ، حيث راج استخدام الأوزون في أوربا والكلور في أمريكا . وفي الآونة الأخيرة اتجهت كثير من المحطات في الولايات المتحدة الأمريكية إلى استخدام الأوزون بالرغم من عدم ثباته كيميائيا وارتفاع تكلفته مقارنة بالكلور ، وذلك لظهور بعض الآثار السلبية الصحية لاستخدام الكلور (الكلورة) في تطهير مياه الشرب .

يتفاعل الكلور مع الماء مكونا حامض الهيبوكلوروز وأيونات الهيبوكلورايت ثم يتفاعل جزء من حامض الهيبوكلوروز مع الأمونيا الموجودة في الماء مكونا أمينات الكلور (الكلور المتحد المتبقي) ويطلق على ما تبقى من حامض الهيبوكلوروز وأيونات الهيبوكلورايت الكلور الحر المتبقي وهذه المركبات (الكلور الحر والكلور المتحد) هي التي تقوم بتطهير الماء وقتل الجراثيم الموجودة به ، ولذلك تلجأ كثير من محطات المعالجة إلى إضافة الكلور بنسب تكفي للحصول على كلور حر متبقي يضمن تطهير الماء الخارج من المحطة بكفاءة عالية ، بل في الغالب تكون كمية الكلور المضاف كافية لتأمين كمية محددة من الكلور الحر المتبقي في شبكة توزيع المياه ، وذلك لتطهير المياه من أي كائنات دقيقة قد تدخل في الشبكة .

و ــ معالجة المخلفات :

تمثل الحمأة المترسبة في أحواض الترسيب ومياه الغسيل الناتجة عن غسل المرشحات المصدرين الرئيسين للمخلفات في محطات معالجة المياه . وتحتاج هذه المخلفات إلى معالجة لتسهيل عملية التخلص منها ولحماية البيئة من التلوث الناتج عنها . ويتم ذلك بضخ مياه الغسيل إلى حوض للترويق ، حيث تضاف إليها مادة كيميائية مناسبة مثل البوليمر لتساعد على ترسيب المواد العالقة في مياه الغسيل ، ثم تعاد المياه الناتجة عن هذه العملية إلى بداية خط المعالجة في المحطة . أما الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب والمواد المترسبة في حوض الترويق فيتم إرسالها إلى حوض للتثخين حيث يتم تثخينها بإضافة البوليمر المناسب ، وتعاد المياه الناتجة عن هذه العملية إلى مدخل المياه في المحطة ، وبعد ذلك تتعرض الحمأة المثخنة إلى عملية نزع المياه منها بطرق ميكانيكية (الطرد المركزي أو الترشيح الميكانيكي) . يتم في النهاية الحصول على مواد صلبة تحتوي على كميات قليلة من المياه يمكن التخلص منها بوضعهـا في أحواض للتجفيف أو دفنها في باطن الأرض ، كما يمكن استخلاص بعض المواد الكيميائية من هذه المخلفات ليعاد استخدامها في عمليات المعالجة .

تحديات جديدة وتقنيات متطورة

شهدت الآونة الأخيرة تغيرات جذرية في تقنيات المعالجة ترجع في كثير من الأحوال إلى النقص الشديد الذي تعانيه كثير من دول العالم في المياه الصالحة للشرب أو نتيجة لتلوث مصادر المياه كما هو الحال في أكثر الدول الصناعية .

وقد أدت هذه العوامل إلى البحث عن مصادر جديدة للمياه غير المصادر التقليدية والتي تحتاج بطبيعة الحال إلى تقنيات معالجة متقدمة بالإضافة إلى المعالجة التقليدية . ولذلك لجأت كثير من الدول إلى تحلية مياه البحر وإلى تحلية بعض مصادر المياه الجوفية المالحة ، وفي سبيل ذلك يتم استخدام تقنيات باهظة التكاليف مثل عمليات التقطير الومضي وعمليات التناضح العكسي ، بالإضافة إلى العديد من العمليات الأخرى للتحلية . وقد أدى تلوث مصادر المياه في بعض أنحاء العالم إلى الشروع في استخدام تقنيات متقدمة ومكلفة مثل استخدام الكربون المنشط وعمليات الطرد بالتهوية في إزالة الكثير من الملوثات العضوية مثل الهيدروكربونات وبعض المبيدات والمركبات العضوية الهالوجينية . ومن مظاهر التلوث الطبعي وجود عناصر مشعة مثل اليورانيوم والراديوم والرادون في بعض مصادر المياه . وتتركز الأبحاث الحديثة حول إزالة هذه العناصر باستخدام عمليات الادمصاص (استخدام الكربون المنشط والسيليكا) وعمليات التناضح العكسي مع تحسين الأداء للعمليات التقليدية مثل التيسير والترويب .

ومن الاتجاهات الحديثة في عمليات المعالجة التوجه نحو استخدام بدائل لتطهير المياه غير الكلور نظراً لتفاعله مع بعض المواد العضوية الموجودة في المياه ـ خاصة المياه السطحية ـ وتكوين بعض المركبات العضوية التي يعتقد بأن لها أثراً كبيراً على الصحة العامة . وتعد المركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين ، مثل الكلوروفورم ، في مقدمة نواتج الكلورة التي لاقت اهتماماً كبيراً في هذا الصدد ، إلا أن الحماس لاستخدام بدائل الكلور ما لبث أن تباطأ في الآونة الأخيرة نتيجة لاكتشاف أن هذه البدائل ينتج عنها أيضاً مركبات ضارة بالصحة ، فمثلاً ينتج عن الأوزون مركبات مثل الفورمالدهايد والاسيتالدهايد ، وعن الكلورامين ينتج كلوريد السيانوجين ، وعن ثاني أكسيد الكلور ينتج الكلورايت والكلوريت .

تلاقي المعالجة الحيوية باستخدام الكائنات الدقيقة اهتماماً بالغاً في العصر الحاضر بعد أن كانت وقفاً على معالجة مياه الصرف لسنوات طويلة ، حيث أثبتت الأبحاث فاعلية المعالجة الحيوية في إزالة الكثير من المركبات العضوية والنشادر والنترات والحديد والمنغنيز ، إلا أن تطبيقاتها الحالية لاتزال محدودة ومقتصرة في كثير من الأحوال على النواحي التجريبية والبحثية .

وختاماً نشير إلى أن ادخال التقنيات الحديثة على محطات المعالجة التقليدية قد تستوجب تغييرات جذرية في المحطات القائمة وفي طرق التصميم للمحطات المستقبلية ويعني ذلك ارتفاعاً حاداً في تكلفة معالجة المياه ، ويمكن تفادي ذلك أو الإقلال من أثره بوضع برامج مدروسة للترشيد في استخدام المياه والمحافظة على مصادرها من التلوث .