

مقدمة الكتاب

اثر المياه فى حياة الإنسان

الماء هو عصب الحياة فهو اساس الحياه لكل الكائنات الحيه (الانسان، الحيوان، النبات). وصدق الله العظيم حيث يقول "وجعلنا من الماء كل شئ حى". وبدون الماء لا تستمر الحياة ولهذا فان القاعدة منذ بدء الخليقة اينما يعيش الانسان يوجد مصدر للمياه. الماء هو اهم المواد الطبيعية على كوكب الارض فكمياته ثابتة وان تغيرت بين العذب والمالح والسطحية والجوفية. تمثل المسطحات المائية ٨٠% من سطح الكره الارضية والتي تقدر بالميل المكعب. ففى البحار والمحيطات ٣١٧ مليون ميل مكعب والثلوج الجليدية ٧,٣ مليون ميل مكعب، البحيرات المالحة ٢٥ الف ميل مكعب، الانهار ٤١١ الف ميل مكعب، مياه البحيرات العذبة ٣٠ الف ميل مكعب، المياه الجوفية مليون ميل مكعب، التربة الغير مشبعة ١٦ الف ميل مكعب، مياه البخار فى الجو ٣,١ الف ميل مكعب. وتمثل نسبة المياه ٧٥% من وزن جسم الانسان، ٨٠% من معظم الخضروات. وفى نفس الوقت فان المياه هى من مسببات ٨٠% من الامراض فى العالم كله.

المياه تسير طبقا للظروف المناخية كمياه الامطار والطبوغرافية كمياه الانهار والهيدرولوجية كالمياه الجوفية وذلك خارج الحدود السياسية والاقليميه للتقسيمات الارضية. الماء هو السائل الوحيد الذى يوجد فى الحالة السائلة والصلبة والغازية فى نفس الظروف البيئية. الماء يسمى المذيب العالمى لتفوقه وقدرته فى اذابة معظم المواد عن اى مذيب اخر. الماء يحد من التغيرات الحادة فى حرارة الجو كما يحافظ الماء فى جسم الانسان على درجة حرارة الجسم. يمكن للماء الاحتفاظ بدرجة الحرارة واطلاقها عن اى سائل اخر (عدا سائل النشادر). الهواء الجوى

يحتوى على ٢% الى ٤% بالحجم من الماء طبقا لقربه من المسطحات المائية حيث تتغير تبعا لذلك درجة الرطوبة وبخار الماء فى الهواء والذي هو مصدر سقوط الامطار. بخار الماء يعكس كثيرا من الحرارة التى تنبعث من اشعة الشمس الى الفضاء و يحتفظ بجزء اخر من الحرارة ويعيد انعكاسها على سطح الارض مع الاحتفاظ بجزء اخر فى الجو. وهذه الظاهرة توفر غلاف دافئ حول سطح الارض وذلك على عكس التغير اليومي الحاد الذى يحدث على سطح القمر حيث تتأرجح درجة الحرارة ما بين -١٧٣م الى ١٢٣٠م. وبخار الماء فى الجو له وظائف اخرى وهى حجز الموجات القصيرة من الاشعة فوق البنفسجية التى تنبعث من الشمس وتلف شبكية العين وكذلك تصيب جلد الانسان بالسرطان.

بخار الماء هو الغاز الوحيد الذى يتكثف فى درجة الحرارة العادية ولهذا يعتبر المصدر الوحيد لانتاج الطاقة. عند تحول جرام من البخار الى الماء ثم الى الثلج ينتج عنه ٧٢٠ سعرا حراريا. وعند التحول العكسى من الثلج الى البخار يمتص ٧٢٠ سعرا حراريا ولهذه الظاهرة تحدث حالة الاتزان فى درجة حرارة الأرض.

السعة التخزينية الحرارية للماء كبيرة حيث يلزم ١٠٠ سعر حراري لتحويل جرام واحد من الماء الى درجة الغليان (١٠٠م) ولكن لجعل الماء فى حالة غليان لانتاج البخار يلزم ٥٤٠ سعرا حراريا وهذا يبين الطاقه التخزينيه الكبيره للبخار نظرا لإحتوائه على طاقة ٥,٤ ضعف الماء. الهواء المحمل ببخار الماء أخف وزنا من الهواء الجوي وذلك نظرا لأن الوزن الجزيء للماء ١٨ وللأكسجين ٣٢ وللنيتروجين ٢٨. ونظرا لانخفاض درجة الحرارة كلما بعدنا عن سطح الأرض فإن الهواء المحمل ببخار الماء يصعد حتى يصل إلى درجة التجمد. والماء يتجدد طبيعيا بواسطة البحر وسقوط الأمطار. تصل أقصى كثافة للماء عند درجة حرارة ٤م والتي هي اكبر من تجمد الماء، ولذلك فإن المسطحات المائية فى المناخ البارد تكون مغطاه بطبقة من الثلج الخالية من الأملاح واسفلها مياه مالحة. تحدث زيادة فى حجم المياه عندما تتجمد ففي الأجواء الباردة تتأرجح درجة حرارة الجو حول درجة تجمد المياه فى أوقات كثيرة بما يجعل المياه فى الشقوق الصغيرة فى

الصخور تتجمد والقوة الناتجة عن زيادة حجم الماء بعد تجميده تعمل على زيادة الشقوق وتدمير أكثر الصخور صلابة وتفتتها.

الماء مركب أيوني له شحنة موجبة من أيون الهيدروجين (H^+) وشحنة سالبة من أيون الإيدروكسيد (OH^-) الماء فى الطبيعة يحتوى على نسب متفاوتة من الأملاح المذابة والتي تحدد عذوبة المياه وملوحتها. الأملاح المذابة فى الماء وطبيعة تركيبه الأيونى يساعدا على نقل الشحنة الكهربائية وهذه الخاصية هي المسببة لظاهرة التآكل (صدأ) لمعظم المعادن المعرضة للمجال الرطب حيثما يتوفر الهواء الجوى أو الأكسجين المذاب فى الماء. الماء هو المصدر الرئيس لإنتاج الطاقة النظيفة والاقتصادية ولذلك فقد استغلت مساقط المياه الطبيعية كما أنشئت المساقط الصناعية كالدود لإنتاج الطاقة الكهربائية. تكلفة إنتاج الطاقة من سقوط المياه تعادل نصف تكلفتها باستخدام الوقود من الفحم أو الغاز أو زيت البترول كما تعادل ثلث تكلفة الطاقة من المحطات النووية. كما يستفاد من حركة الأمواج وارتفاع درجة الحرارة فى قاع البحار والمحيطات فى إنتاج الطاقة الجديدة والمتجددة.

المياه هي العامل الأساسي للزراعة وكذلك المصدر الوحيد للإرتواء بمياه الشرب للإنسان والحيوان والطيور كما ان المياه وسيلة جيدة واقتصادية للنقل وتشمل الاستخدامات الأخرى للمياه عمليات التسخين والتبريد. والمياه تستخدم فى العمليات الصناعية المختلفة سواء لدخولها فى مكونات المنتج النهائى أو للإزابة أو لإتمام التفاعلات أو للتنظفة أو للاطفاء.

المياه فى المجارى السطحية تكون عذبة وملوحها ما بين ٢٠٠ الى ١٠٠٠ جزء فى المليون وهى الصالحة للشرب وللإستزراع. مياه البحار والمحيطات تتراوح ملوحها ما بين ٢٠٠٠٠-٥٠٠٠٠ جزء فى المليون ومياه البحيرات املا ان تكون عذبة أو مالحة أو مملحة (Brakish) وهذه ذات ملوحة من ٢٠٠٠ الى ١٠٠٠٠ جزء فى المليون. المياه الجوفية إما عذبه أو مالحة وكقاعدة فالخزانات الجوفية المالحة تكون قريبة من شواطئ البحار وتندرج فى الإنخفاض فى التربة الحاملة للمياه تحت منسوب سطح البحر كلما بعدت عن الشاطئ، وقد تصل المياه

الجوفية الى مسافات بعيدة جدا طبقا لنفازية التربة ومعدل الإنتقال للمياه وخاصة اذا كانت تطلوها طبقة صماء غير منفذة تحدد مسار الخزان الجوفى المالح. وكذلك بالنسبة للمياه الجوفية العذبة، فالقاعدة أن المياه الجوفية العذبة تطلو المياه المالحة الأكثر كثافة ويتدرج سمك الطبقة الحاملة للمياه العذبة فى الانتقاص كلما قربنا من الشاطئ البحر وبالتالي يتدرج سمك الطبقة المالحة فى الزيادة. ولا تتأثر ملوحة المياه الجوفية بمياه البحر فقط ولكن التكوينات الجيولوجية للتربة الحاملة للخزان الجوفى. فقد تكون المياه مالحة بدرجات متفاوتة فى حالة وجودها فى التربة المحتوية على الملح الصخرى (كلوريد الصوديوم) والذى يذوب فى المياه الجوفية العذبة ويحولها الى مياه مالحة. وفى بعض أنواع التربة توجد أملاح الحديد والمنجيز المذابة فى المياه الجوفية وكذلك أملاح الكالسيوم والمغنسيوم. ويرجع ذلك الى تحلل المواد العضوية والهلامية والكائنات الحية الدقيقة والملوثات العضوية عموما التى تحملها المياه السطحية أثناء تسربها الى جوف الأرض لتغذية الخزان الجوفى. ونتيجة التحلل للملوثات العضوية تنتج مركبات كيميائية بسيطة منها ثانى أكسيد الكربون والذى يذيب أملاح الحديد والمنجيز والكالسيوم والمغنسيوم التى تكون فى شكل مركب الكربونات الغير مذاب وتحولها الى مركب البيكربونات المذاب فى الماء وذلك طبقا لنوع التربة الحاملة للمياه الجوفية. ففى التربة الجيرية تظهر أملاح العسر من الكالسيوم والمغنسيوم أما التربة من الحجر الرملى والتربة الطفلية فتظهر أملاح الحديد والمنجيز. وقد تتخلص المياه السطحية أثناء رحلتها الى الخزان الجوفى من بعض العناصر الثقيلة المذابة المسببة لأمراض وتستبدلها بعناصر أخرى من أملاح التربة الغير ضارة وذلك بطريقة التبادل الأيونى.

الماء هو السائل البيولوجى الأول فهو يسهل تفاعلات تحول الطعام الى طاقة وخلايا جديدة. وهو كذلك وسيلة انتقال الملوثات من وإلى جسم الإنسان وهو المجال الذى يعمل بتبريد الجسم من خلال الشهيق والزفير والعرق. الماء هو الذى يقوم بدور كبير فى عملية التمثيل الضوئى حيث يتحد الماء مع ثانى أكسيد الكربون، باستخدام طاقة الشمس مكونا المادة الكربوهيدراتية فى النباتات الخضراء مع انطلاق الأكسجين فى نفس الوقت بما يحافظ على مستوى الأكسجين فى الجو لتعويض المستهلك بواسطة كل الكائنات الحية، وفى نفس الوقت خفض ثانى أكسيد

الكربون الموجود في الجو بما يحد من التلوث الجوى الناتج عن انبعاثات هذا الغاز نتيجة احتراق المواد الكربونية، وعملية التمثيل الكلورفيللى هذه توفر كذلك الأوكسجين المذاب في المسطحات المائية لتعويض الأوكسجين المستهلك في عمليات التحلل البيولوجى للمواد العضوية وبذا يسهل عملية المعالجة الذاتية للمسطحات المائية وكذلك المحافظة على حياة الكائنات المائية. وإذا كانت المياه هي الأساس في حياة الانسان بالإضافة الى ما توفره كمصدر للاستمتاع والرياضة والترفيه، إلا أن المياه هي المسببة لمعظم الأمراض وذلك في حالة تلوث المياه بالكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض البوائية أو بالعناصر الثقيلة المسببة للأمراض المزمنة أو بالملوثات الأخرى التى تحد من استساغة المياه للشرب أو عدم صلاحيتها للاستخدام المنزلى، هذا بالإضافة الى أن عدم توفر المياه بالقدر المناسب لأغراض النظافة العامة يسبب أمراض الجلد والعين. وإذا كان الهدف هو المحافظة على صحة الإنسان فان مخاطر المياه لاتقف عند تلوث مياه الشرب فقط حيث ان الملوثات قد تصل الى مصادر غذائه من حيوان ونبات وطيور والتي ترتوى بهذه المياه الملوثة ولهذا يبرز أهمية المحافظة على سلامة البيئة المائية فى مصر سواء بالنسبة للمياه السطحية أو الجوفية وبما يؤدي كذلك إلى خفض تكاليف المعالجة للمياه عند انتاجها لأغراض الشرب والاستخدام المنزلى، وذلك على ضوء زيادة الملوثات بأنواعها المختلفة مع زيادة الأنشطة التنموية والصناعية واستخدام المبيدات والكيماويات.

obeikandi.com

الباب الأول

**المعايير والدلائل للمياة الصالحة للشرب
والاستخدام المنزلي**

obeikandi.com

مقدمة الباب الأول

المعايير والدلائل للمياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي

أعدت منظمة الصحة العالمية دليل لجودة مياه الشرب لتحديد المعايير طبقاً للأحوال البيئية والاجتماعية والثقافية السائدة في المجتمع. ويقوم بإعداد هذا الدليل الذي يتم تحديثه كل عشر سنوات برنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNED)، ومنظمة العمل الدولية (ILO) ومنظمة الصحة العالمية (WHO) تحت رعاية البرنامج الدولي للسلامة الكيميائية (IPCS). والهدف من هذا الدليل هو تقييم أثر المواد الكيماوية على صحة الإنسان والظروف البيئية، مع تقدير حدود التعرض اليومي المقبول والحد الأقصى المسموح به للماء، والهواء، والغذاء، وبيئة العمل لمختلف الكيماويات بما في ذلك المواد المضافة الى الطعام وكيماويات الصناعة والمواد الطبيعية المسببة للسمية واللدائن (Plastics) والمبيدات. وقد أعدت هذه الدلائل لوصف نوعية المياه المناسبة للشرب في مختلف الظروف. على أن تطبق عند وضع المعايير الوطنية طبقاً لظروف كل مجتمع. وقد تؤثر الأولويات الوطنية والعوامل الاقتصادية في تقدير المعايير إلا انه يجب ألا يسمح لاعتبارات السياسة العامة أو الرغبة في التيسير بأي تهديد للصحة العامة.

إن احتمال التلوث الجرثومي وعواقبه الخطرة يؤكد أهمية مكافحته. وقد يرفض المستهلك مياه الشرب عالية الجودة والخالية من التلوث الجرثومي إذا كانت مرتفعة الملوحة، بينما يفضل عليها المياه التي يستسيغها ولو كانت بها ملوثات جرثومية. وعند اعداد المعايير الوطنية لمياه الشرب يؤخذ في الاعتبار

المدخول الإجمالي من كل مادة عن طريق الهواء والغذاء والماء بفرض أن الفرد الواحد يستهلك لترين من الماء يوميا وذلك مع الأخذ في الاعتبار التعرض المهني.

وتشمل القيم الدليلة الملوثات الجرثومية من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الوبائية، وكذلك الملوثات من المواد العضوية والغير عضوية والتي تسبب زيادتها عن المعايير المقررة أمراض تضعف كفاءة الأداء الفسيولوجي للأعضاء مثل أمراض الكلى والكبد والجهاز الهضمي وخلافه. كما تشمل الدلائل اعتبارات خاصة باستساغة المياه وقابليتها للشرب وصلاحيتها للاستخدام المنزلي وان كانت هذه الاعتبارات ليس لها آثار ملموسة على الصحة العامة. وعند وضع المعايير لمياه الشرب استرشادا بالقيمة الدليلة يجب أن يصاحبها القرارات المتعلقة بكفاءة وضمن تنفيذها. وضع المعايير وإصدار القرارات هي مسئولية وزارة الصحة لما للمياه من أثر كبير على الصحة العامة.

ومن القرارات الهامة هي الموافقة على المصادر الجديدة لمياه الشرب وإنشاء وتشغيل مرافق المياه وعند اختيار مصدر المياه سواء من المجاري السطحية أو من الخزانات الجوفية حيث يلزم التأكد من استمرار الصلاحية وتوفير المياه من المصدر مع التغيرات اليومية والموسمية والزيادة المستقبلية للسكان. وكذلك مدى ملاءمة نوعية مياه المصدر للمعالجة بالطرق التقليدية لتوفير مياه الشرب طبقا للمعايير المقررة. وكذلك حماية المصدر المائي من التلوث بمياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي حاليا وفي المستقبل. كما يجب الفحص وعمل التحاليل الطبيعية والبيولوجية والكيميائية لمياه المصدر لمدة مناسبة تغطي الاختلافات الموسمية التي قد تحدث تغير في نوعية المياه.

وفي الأحياء الفقيرة والمناطق العشوائية داخل المدن توجد مشاكل خاصة في الحفاظ على نوعية مياه الشرب، وذلك رغم وجود هذه المناطق والأحياء في نطاق شبكة توزيع المياه أو بالقرب منها، ولكن الكثافة السكانية العالية وعدم توفير التوصيلات للمنازل وتقطع الإمداد وانخفاض ضغوط الضخ في الشبكة والتسرب وعدم وجود شبكة للصرف الصحي. كل ذلك يجعل مياه الشرب معرضة لأخطار التلوث. ولذا يجب أن تعطي هذه المناطق الأهمية الخاصة في الإمدادات بالمياه

الآمنة مع زيادة المتابعة للرصد البيئي والتأكيد على استمرار صلاحية المياه للشرب.

وتعتبر المعلومات عن المصدر وتقنيات المعالجة وشبكة التوزيع وكفاءة القائمين على الصيانة والتشغيل أساسية. وذلك لان التحليل الكيميائي والبيولوجي للعينات يمثل الموقف في لحظة زمنية معينة، وتظهر نتائج التحليل بعد وقوع الحدث. وكثيراً ما يكون التلوث عشوائياً ومقطعاً وقد لا تكتشف العينات التي نختبر طبقاً لخطة، حيث تظهر نتائج الاختبارات البيولوجية التقليدية بعد ٢٤ ساعة في حين قد يكون المجتمع خلال هذه الفترة في خطر. ولذلك فإن اختبار الكلور المتبقي (Residual Chlorine) يعتبر تقييم سريع وسهل الإنجاز، كما أنه مؤشر جيد على سلامة المياه في المحطات والشبكات والخزانات من التلوث البيولوجي. الملوثات الكيماوية لا تصحبها في العادة أثار فورية حادة، ولذا فإن ذلك يضعها في مرتبة تالية من حيث الأسبقية للملوثات البيولوجية التي قد يكون لها تأثير فوري وجسيم.

والقيم الدليلة للملوثات الكيماوية تتعلق بمستوى متوسط من التعرض فالزيادة العارضة القليلة تعتبر مقبولة. ويلزم دائماً اتخاذ إجراء فوري إذا كانت هناك شواهد على تلوث مياه الشرب بالصرف الصحي. وفي هذه الحالة يكون الأمر بغلق مصدر المياه مع توفير مصدر بديل لحين عمل الإصلاحات اللازمة. وفي حالة عدم توفر البديل تعطى التعليمات المشددة للمستهلكين بغلي الماء، مع البدء في زيادة الكلور للمياه المعالجة الخالية تماماً من العكارة، حيث المياه العكرة المكوره تمثل خطراً جرثومياً نظراً لعدم كفاءة الكلور في قتل الكائنات الحية الدقيقة التي تختبئ في المواد الصلبة العالقة (العكارة).

وقد أصدرت وزارة الصحة القرار رقم ١٠٨ لسنة ١٩٩٥ بشأن المعايير والمواصفات الواجب توافرها في المياه الصالحة للشرب والاستخدام المنزلي والتي أقرتها اللجنة العليا للمياه في ١٩٩٥/٢/٢٦ استرشاداً بالقيم الدليلة لمنظمة الصحة العالمية والتي تشمل الخواص الطبيعية والمحتوي من المواد العضوية والغير عضوية والكائنات الحية والتي لها تأثير على صلاحية المياه للشرب والاستخدام المنزلي.

obeikandi.com

القسم الأول

الخواص الطبيعية لمياه الشرب والتي تشمل اللون، الطعم، العكارة، الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة

١- اللون :

ويرجع اللون إلى التلوث بالمواد العضوية أو الغير عضوية. والألوان من المواد المذابة لا يمكن التخلص منها بالترشيح أما الألوان الناتجة عن المواد العالقة (مثل أملاح الحديد والصدأ) فيمكن إزالتها بالترسيب والترشيح. والألوان التي لا تزال في المرشحات الرملية مثل تلك الناتجة عن المواد العضوية المذابة في الماء يمكن إزالتها باستخدام الفحم المنشط عند إضافته للوسط الترشيحي، أو عند إضافة بودرة الفحم المنشط في مرحلة المعالجة باستخدام المرويات وخاصة عندما تكون عكارة المياه منخفضة. وحدود القياس للون هو ٢-٣ كحد أقصى بمقياس الكوبالت البلاتين.

٣- الطعم والرائحة :

طعم المياه هو الإحساس الناتج عن التفاعل بين اللعاب والمواد المذابة في الماء. وعند تذوق الماء تنشيط حاسة التذوق والشم، ومن الصعوبة التفريق بينهما. ولذلك فإن كثيراً ما يصنف التأثير المشترك للطعم والرائحة على أنه الطعم. وعند تقييم جودة مياه الشرب يعتبر إحساسا الطعم والرائحة مكملين لبعضهما البعض.

ويمكن القول بصفة عامة أن حاسة الطعم تفيد في الكشف عن الملوثات الغير عضوية في مياه الشرب بينما حاسة الشم تفيد في الكشف عن الملوثات العضوية. والماء المحتوي على أملاح بتركيزات أعلى أو أقل من تلك الموجودة في اللعاب تستشعر حاسة التذوق بأنه مختلف عن اللعاب، ولذا فإن الماء المحتوى على تركيزات قليلة من الصوديوم، الكلوريد، الكالسيوم، البيكربونات يبدو بدون طعم. والكلور المتبقي قد يخفى طعم الماء حيث يزداد الإحساس بحقيقة الطعم مع إزالة الكلور المتبقي كيميائيا. لذلك ينبغي أن يكون تركيز الكلور المتبقي (الحر) عند صنوبر المستهلك منخفضا بقدر كاف لتجنب مشكلات الطعم والرائحة وفي الوقت نفسه عاليا بما يضمن خلو المياه من الجراثيم. وتضفي كثيرا من المواد الغير عضوية الذائبة في الماء طعما منفرا بتركيزات أقل من تلك التي تحدث تأثيرات سامه، ولحسن الحظ فإن معايير الطعم للمواد الغير عضوية أقل بكثير بوجه عام من التركيزات المسببة للأضرار الصحية.

وفي حالة وجود طعم منفرد للمياه قد يدفع المستهلك إلى مصادر بديلة والتي قد تخضع أو لا تخضع إلى نفس درجة الحماية الجرثومية للمياه المرفوضة وقد تدل التغيرات قصيرة الأجل في الطعم على حدوث تغير في نوعية مياه المصدر أو قصور في عمليات المعالجة أو التآكل الكيميائي للمواسير أو نمو وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة في شبكة التوزيع أو الخزانات العلوية أو الأرضية أو المنزلية.

ومشاكل الطعم في الماء قد تكون بسبب الأملاح الكلية المذابة وكذلك بسبب وجود الحديد والمنجنيز والزنك. المياه المحتوية على أملاح كلية مذابة أقل من ١٢٠٠ ملليجرام / لتر يعتبر مقبولا للشرب ولو أنه من المفضل ألا يزيد عن ٦٥٠ ملجرام / لتر. وتوجد أملاح معدنية لها تأثير واضح على الطعم مثل كلوريد المغنيسيوم وبيكربونات المغنيسيوم ولكن الكبريتات مثل كبريتات المغنيسيوم والكالسيوم ليس لها تأثير على الطعم. وقد يكون الطعم والرائحة بسبب تلوث المياه بالمواد العضوية المصنعة مثل رابع كلوريد الكربون وثنائي وثلاثي الكلوروايثيلين ويظهر طعم الكلور في الماء عند تركيز ٢ ملليجرام / لتر في المجال المتعادل والكلورامين عند تركيز ٠,٤٨ ملليجرام / لتر. الكلور الحر يمكن أن يتفاعل مع

المواد العضوية مسببا مشاكل الطعم والرائحة واشدها تأثيرا هو التفاعل بين الكلور والفينول كما أن الترايها لومثيان يمكن كشفه بالرائحة عند تركيز ٠,١ مليجرام /لتر للكلوروفورم، ٠,٣ مليجرام/لتر للبروموفورم. والفلوريدات تعطى طعم خاص عند تركيز ٢,٤ مليجرام /لتر ويعتبر تحلل النباتات ونشاط البكتريا من اكثر العوامل المسببة للطعم والرائحة للمياه من المصادر السطحية. واكثر الكائنات المسببة للطعم والرائحة هي الطحالب والفطريات وأنواع من البكتريا والبروتوزوا. فى المياه الجوفية وبعض شبكات التوزيع يحدث مذاق سيئ نتيجة تحلل أملاح الكبريتات بفعل البكتريا اللا هوائية إلى كبريتيد الهيدروجين.

٣- العكارة واللون :

يعتبر مظهر المياه من عوامل قابليتها للمستهلك وكذلك يعتبر المستوى المنخفض للون والعكارة هام لكثير من الصناعات. المياه المرشحة لها قيمة دليلة للون ٣-١٥، ومقياس عكارة من صفر إلى واحد بمقياس الكدر (NTU Nephelometry) ومصدر اللون فى المياه يمكن أن يشمل الأيونات المعدنية الطبيعية وكذلك الرقم الهيدروجينى المنخفض الذى ينشط التآكل الكيمايى للمواسير والأوعية والخزانات الأسمنتية ومواسير الاسبتوس والمونة الأسمنتية المبطنة لمواسير الزهر. الرقم الهيدروجينى المتعادل ما بين ٦,٥ الى ٨,٢ يساعد على نشاط البكتريا المؤكسدة للحديد وغيرها. وسبب العكارة فى الماء هو وجود أجسام عالقة مثل الطمي والأجسام الغروية (Colloidal) والكائنات المجهرية الأخرى. والعكر تعبير عن خواص تشتيت الضوء وامتصاصه فى عينة من الماء. يمكن استعمال خمسة طرق لقياس العكر للماء إلا أن اثنان هما اللتان يشكلان أساس طرق المعايرة الحالية وهما قياس الكدر Nephelometry وقياس العكر Turbidimetry وقد استخدمت شمعة جاكسون أو (أنبوبة جاكسون) وهى قيمة تستند على القياس فى وعاء مدرج خاص بالعمق للعينة الذى يخفى صورة شمعة عيارية عمودية على السائل فى وعاء مدرج ويتم الملاحظة للعينة عموديا حتى إختفاء صورة الشمعة وقد استبدلت الشمعة بمصباح كهربائى له شدة استضاءة معينة ويتراوح حجم الجسيمات المسببة للعكر فى الماء ما بين ١٠ نانو متر للأجسام الغروية

(Colloidal) إلى حوالي ٠,١ ملليمتر ويمكن أن يحدث العكر العضوى نتيجة تراكم الكائنات المجهرية مثل نمو الطحالب ذات اللون الأخضر المائل إلى الزرقة والذى يجعل شكل المياه غير مقبول كما أن نواتج التآكل من مسببات العكارة.

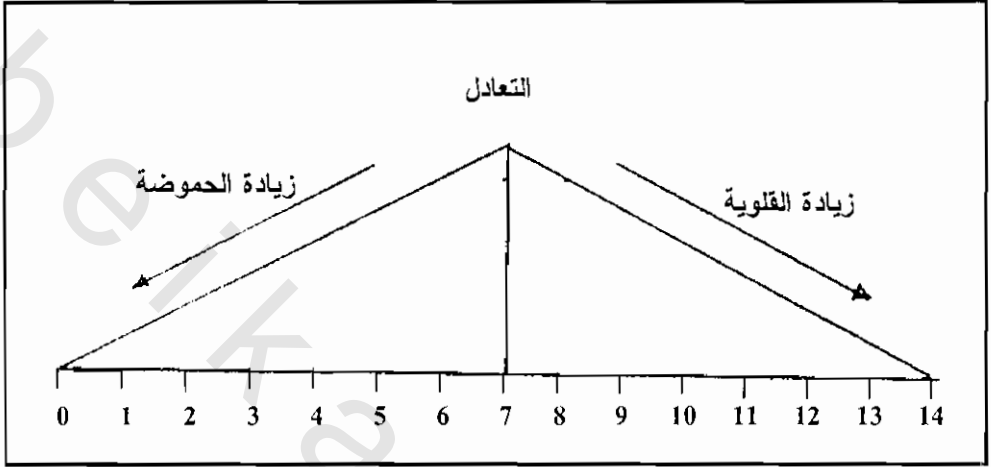
وللعكارة علاقة بجودة وصلاحية المياه للشرب حيث يمكن أن تكون العكارة غذاء للكائنات الجرثومية وحمايتها أو تكون سببا في عدم إمكان الكشف عنها. وتساعد العكارة على نمو وتكاثر الكائنات الجرثومية ولقد إتضح أن طمى الأنهار يمتاز الفيروسات بسهولة. فى عمليات المعالجة لمياه الشرب باستخدام الترويب فإن الجراثيم والفيروسات تعلق بالزغبات (Floc's) المتكونة وتزال مع العكارة سواء كانت عضوية أو غير عضوية أو من الكائنات الدقيقة التى يمكن أن تحمى الجراثيم والفيروسات من فعل المطهرات باستخدام الكلور مع زمن مكث قدره ٣٠ ث ووجود كلور متبقى بين ٠,١ إلى ٠,٥ مليجرام /لتر. ولهذا لا يمكن جعل المياه آمنة للشرب إلا بعد إزالة العكارة فى مراحل الترويب والترسيب والترشيح قبل الكلورة. العكارة كذلك تحمى الكائنات الجرثومية من التطهير باستخدام الأشعة فوق البنفسجية لهذا فإنه لإنتاج مياه الشرب الآمنة باستعمال المطهرات من الكلور أو خلافة المحافظة على مستوى منخفض من العكارة اقل من واحد بمقياس الكدر (Ntu).

٤- الرقم الهيدروجينى: pH Value

الرقم الهيدروجينى لكيان مائى هو قياس للتوازن الحمضى القلوى الذى تحققه مختلف المركبات المذابة فيه وقيمة الرقم الهيدروجينى اقل من ٧ تبين الحالة الحامضية والأكثر من ٧ تبين الحالة القلوية والقيمة ٧ للرقم الهيدروجينى تبين حالة التعادل بين الحموضة والقلوية (الشكل ١).

والرقم الهيدروجينى لمعظم المياه الطبيعية بحكمه التوازن بين مسببات الحموضة (ثنائى أكسيد الكربون) ومسببات القلوية (البكربونات و الكربونات) وتوازنات أخرى والتي تتأثر جميعها بدرجة الحرارة (يحدث انخفاض فى الرقم الهيدروجينى قدره ٠,٤٥ كلما ارتفعت درجة الحرارة ٢٥°م). ويتغير تأثير درجة

الحرارة في الماء المحتوى على قدرة درىء (Buffering Capacity) نتيجة وجود أملاح البيكربونات. ويقع الرقم الهيدروجيني لمعظم المياه العذبة الطبيعية في المجارى السطحية ما بين ٦,٥ - ٨,٥. أثناء معالجة المياه يعمل الكلور على خفض الرقم الهيدروجيني بينما يرتفع الرقم الهيدروجيني عند إزالة عسر المياه باستخدام انجير المطفى، الصودا (Lime / Soda).



شكل رقم (١) الرقم الهيدروجيني (الحموضة والقلوية) - (pH. Value)

الرقم الهيدروجيني المنخفض يساعد على تنشيط التآكل الكيميائي والكهروكيميائي في المعادن والسبائك من الحديد/الصلب/الزهر/النحاس حيث ينشط لتآكل كلما قل الرقم الهيدروجيني. وكذلك الرقم الهيدروجيني المنخفض (الحامضية) ينشط التآكل الكيميائي للمواد الأسمنتية وذلك بسبب التفاعل بين الحامضية في الماء وقلوية الأسمنت التي تبلغ ١٢,٥ (pH=12.5). وزيادة الرقم الهيدروجيني نحو القلوية حتى رقم الهيدروجيني ٨,٥ يزيد من معدل التآكل الكهروكيميائي بسبب زيادة وتركيز الأملاح في الماء المسببة للقلوية. ومع زيادة الرقم الهيدروجيني حتى ١٢,٥ كما في حالة المونة الأسمنتية تحدث الحماية لمعدن الحديد الملاصق للمادة الأسمنتية والخرسانية نتيجة تكوين أكسيد الحديد على سطح المعدن الذي لا يذوب ويحمى المعدن ويتوقف التآكل، كما في حالة حديد

التسليح في الخرسانة المسلحة أو طبقة الحماية من المونة الأسمنتية للسطح الداخلي للمواسير من الزهر المرن، وإن كان الوصول إلى الرقم الهيدروجيني ١٢,٥ غير وارد في مياه الشرب والاستخدام المنزلي. المياه التي تميل إلى القلوية تعمل على ترسيب طبقة من كربونات الكالسيوم التي توفر الحماية للسطح الداخلي للمواسير من التآكل وهذه الظاهرة تتوقف على بعض الخصائص للمياه في المواسير وهي العسر الكلي والقلوية الكلية ومجموع المواد الصلبة الذائبة ودرجة الحرارة بالإضافة إلى الرقم الهيدروجيني. حيث أن هذه الخصائص كما يمكن أن تعمل على ترسيب طبقة الحماية يمكن كذلك أن تعمل على إذابة أملاح الكالسيوم من المادة الأسمنتية وإتلافها. العلاقة بين تلك الخصائص تحكمها معادلات تمكن من إستنباط ما تحدثه المياه من الحماية أو التآكل، ومن هذه المعادلات أو المحددات (Parameters) مخطط لانجياير للتشبع (LSI-Langelier Saturation Index)، مخطط العدوانية (AI-Aggressive Index) ومخطط الثبات لريزرز (RSI-Rysnar Stability Index). والمياه التي ترسب كربونات الكالسيوم بسمك ١-٣ مم لتوفير الحماية من التآكل يمكن التحكم فيها باستخدام المخططات المذكورة سابقا بضبط الرقم الهيدروجيني بإضافة الجير أو الصودا أش أو الصودا الكاوية بمعدلات تتراوح ما بين ٥-٢٥ ملجرام في اللتر، وطبقا لنوعية المياه والرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة.

قد تتعدى المياه مرحلة الترسيب لطبقة الحماية وتحدث ترسيبات وتراكمات بسمك كبير من كربونات الكالسيوم بما يحدث انسداد في المواسير ويقلل من معدل تدفق المياه ويزيد من جهد الضخ، وقد تصل الحالة إلى الانسداد الكامل للمواسير. وفي مثل هذه الحالات يمكن إزالة هذه الترسيبات باستخدام (Inhibitors) المثبطات من أملاح فوسفات الصوديوم (Polysodium Phosphate) بتركيز من ٠,٢٥ إلى ٠,٥ ملجرام / لتر، أو خفض الرقم الهيدروجيني بإضافة ثاني أكسيد الكربون. الرقم الهيدروجيني المتعادل يساعد على نشاط البكتريا (ما بين ٦,٥ - ٨,٢) ومنها المؤكد للحديد أو المختزل للكبريتات إلى كبريتيد الهيدروجيني ذو الرائحة الكريهة. ولهذا يلزم المحافظة على الكلور الزائد في شبكة وخزانات المياه لتفادي نشاط هذه الأنواع من البكتريا في المجال

المتعادل والتي يزداد نشاطها مع ارتفاع درجة الحرارة حيث يبلغ أقصى نشاطها عند ٣٧°م ورقم هيدروجيني ٧. وعند إضافة تركيزات عالية من الكلور للمياه المحتوية على النشادر قد تظهر الرائحة الكريهة لمادة كلوريد النيتروجين (CL_3) (Trichloro Amine) بتركيزات كبيرة عندما يقل الرقم الهيدروجيني عن ٧.

عندما يرتفع الرقم الهيدروجيني تكتسب مياه الشرب طعما لازعا وتزداد كذلك كثافة اللون وقد أدى هذا التأثير المعروف بتأثير المؤشر الى اقتراح ان تجرى جميع قياسات اللون لضبط جودة المياه عند رقم هيدروجيني ٨,٣. وفعاليه الكلور فى القضاء على الجراثيم تقل مع ارتفاع الرقم الهيدروجيني وذلك نتيجة الانخفاض فى تركيز حامض الهيوكلورس (HOCL) ذو الأثر الفعال فى التطهير مع زيادة القلوية بارتفاع الرقم الهيدروجيني. الرقم الهيدروجيني ليس له تأثير على المطهرات من الأوزون وثانى أكسيد الكلور (ClO_2).

والرقم الهيدروجيني المنخفض يؤثر على تآكل بعض المعادن المسببه للسميه مثل معدن الرصاص والذى كان يستخدم فى المدادات لتوصيل المياه من بريزة خط المياه الى المنازل. والرصاص يتآكل عندما يزيد الرقم الهيدروجيني عن ١٢ ولا يتآكل فى حالة وجود أملاح الكربونات والبيكربونات فى مجال رقم هيدروجيني بين ٤-٨. والكادميوم الذى يوجد كمعدن فى سبائك الصلب والنحاس التى تستخدم فى محطات وشبكات المياه يتآكل عند رقم هيدروجيني اقل من ٦ ولا يتآكل عند رقم هيدروجيني أعلى من ذلك وخاصة ما بين ٩ الى ١٣,٥.

ولا توجد علاقة مباشرة بين الرقم الهيدروجيني لمياه الشرب وصحة الانسان وإن كانت العلاقة تخص جوانب متعددة لجودة المياه. والرقم الهيدروجيني له تأثير على فعالية مواد التطهير مثل الكلور وعلى مختلف العمليات فى معالجة المياه التى تسهم فى ازالة الفيروسات والكائنات الضارة الاخرى. تزداد كفاءة مواد الترويب مثل الشبه عند رقم هيدروجيني أقل من ٧ بينما المجال المناسب لإستخدام مواد الترويب من كبريتات الحديدك او كبريتات الحديدوز هو من ٨,٥ إلى ٩,٥ ولذلك تضاف مساعدات الترويب فى الحالة الأولى (عند استخدام الشبة) لخفض الرقم

الهيدروجيني وفي الحالة الثانية (عند استخدام كبريتات الحديدك والحديدوز) تضاف الصودا الكاوية أو الجير لرفع الرقم الهيدروجيني.

ويمكن القول أن الرقم الهيدروجيني له تأثير غير مباشر على الصحة العامة والقيمة الموصى بها للرقم الهيدروجيني في مياه الشرب ما بين ٦,٥ - ٨,٥ على الرغم بأن بعض المشكلات يمكن أن تحدث في شبكة التوزيع عندما يقل الرقم الهيدروجيني عن ٧.

٥- درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة على كل جانب من جوانب توزيع ومعالجة المياه وبصفة خاصة معدل التفاعلات الكيميائية الذي يقل مع انخفاض درجة الحرارة. ومياه الشرب الباردة أكثر قبولا وإستساغة من مياه الشرب الدافئة. وكثافة المياه تبلغ أقصاها في درجة حرارة الغرفة وتقل بالتبريد. والتسخين بزيادة درجة الحرارة يزيد من ضغط بخار المركبات العضوية المتطايرة في مياه الشرب بما يؤدي إلى ظهور الرائحة. ترتبط العكارة واللون بدرجة الحرارة بشكل غير مباشر فمع ارتفاع درجة الحرارة تقل اللزوجة. وتزداد كفاءة الترسيب والترشيح في الصيف لتكون أعلا منها في الشتاء. ويتأثر الترشيح عند استخدام الكربون المنشط بدرجة الحرارة فتقل كفاءة الامتزاز (Adsorption) للفحم المنشط كلما زادت درجة الحرارة. وكلمما زادت درجة الحرارة قل الرقم الهيدروجيني المناسب للترويب والترغيب، ولذا لتحقيق الاقتصاد في استخدام المروبات تجرى تجارب تعيين الجرعة بجهاز اختبار الفينينة (Jar Test) في درجة حرارة مياه المصدر وليس في درجة حرارة الغرفة. ومع انخفاض درجة الحرارة تقل إمكانية تكوين الزغبات باستخدام المروبات وكذلك متوسط حجم الزغبات. وبصفة عامة فإن ارتفاع درجة حرارة الماء تساعد في زيادة كفاءة المطهرات لقتل الكائنات الجرثومية الممرضة، وكذلك تزداد كفاءة إزالة هذه الكائنات العالقة في عمليات الترغيب والترسيب والتريشيح بسبب النقص في لزوجة المياه. ويقل زمن بقاء الحويصلات وبيض الديدان الطفيلية مع ارتفاع درجة الحرارة، فبيض البلهارسيا يموت بعد ٩ أيام في درجة حرارة من ٢٩-٣٢ م، وخلال ٣ اسابيع في درجة حرارة ١٥-٢٤ م خلال ٣ شهور في

درجة ٧° م، ولكن المياه الراكدة تنشط نمو الكائنات المسببة للمضايقة والتي يمكن ان تؤدي الى ظهور طعم ورائحة كريهين. ويزداد معدل تكوين مركب الترايها لوميثان في مياه الشرب المكلورة مع ارتفاع درجة الحرارة. وزيادة درجة الحرارة تنشط تفاعلات التآكل، ولكن اضافة ايدروكسيد الصوديوم لرفع الرقم الهيدروجيني يؤدي الى خفض هذه الزيادة الى النصف في نفس نطاق درجة الحرارة. ومع ارتفاع درجة الحرارة يقل الأكسجين المذاب في الماء وهو عامل هام في تنشيط التآكل الكهروكيميائي.

وزيادة درجة الحرارة مع انخفاض الرقم الهيدروجيني يعمل على إذابة طبقة الحماية من كربونات الكالسيوم على الجدار الداخلي للمواسير وبالتالي لا تتم ترسيبات جديدة. والجدول (١) يوضح الخواص الطبيعية لمياه الشرب طبقاً لدلائل منظمة الصحة العالمية والمعايير التي أصدرتها وزارة الصحة:

جدول (١) الخواص الطبيعية لمياه الشرب

الخاصية	الدلائل التي أعدتها منظمة الصحة العالمية	المعايير التي أصدرتها وزارة الصحة
الطعم والرائحة	مقبول لدى معظم المستهلكين	مقبولان
اللون	--	٢-٣ كحد أقصى بمقياس الكوبالت بلاتين.
العكارة	٥ بمقياس NTU و يفضل واحد لضمان كفاءة التطهير	٥ بوحدات جاكسون أو ما يعادلها للمياه المرشحة، ١٠ للمياه الجوفية و الخليط
الرقم الهيدروجيني	٦,٥ - ٨,٥	٦,٥ - ٩,٢

obeikandi.com

القسم الثانى

المواد الغير عضوية فى مياه الشرب ذات التأثير على الأستساغة أو الأستخدام المنزلى والتي لا تأثير لها على الصحة العامة

١- الأملاح الكلية المذابة عند ٣٠°م

المياه ذات المحتوى العالى من الأملاح الكلية المذابة تكون اقل استساغة للمستهلك، وطبقاً لنوع الملح الموجود فى الماء يحدث مذاق لاذع فى حالة أملاح الكبريتات والذي يظهر على مستوى أعلا من ٣٠٠ - ٤٠٠ ملجرام / لتر. وتركيز الكلوريدات اكثر من ٢٥٠ ملجرام / لتر يعطى مذاق مالح. ولا يوجد دليل على وجود أضرار صحية فى حالة المياه التى بها أملاح مذابة اكثر من ١٢٠٠ ملجرام / لتر ويبدو ان نتائج بعض الدراسات أظهرت ان الأملاح الذائبة فى مياه الشرب يمكن أن يكون لها آثار صحية مفيدة. قرر بريفلد (Brevelde) وزملاؤه استساغة مياه الشرب لمستوى مجموع المواد الصلبة المذابة على النحو التالي:

ممتاز أقل من	٣٠٠ ملجرام / لتر
جيد بين	٦٠٠-٣٠٠ ملجرام / لتر
مقبول بين	٩٠٠-٦٠٠ ملجرام / لتر
ردىء بين	١٢٠٠-٩٠٠ ملجرام / لتر
غير مقبول أكثر من	١٢٠٠ ملجرام / لتر

كذلك فإن المياه ذات المستوى المنخفض من الأملاح المذابة غير مستساغة للشرب.

٢- الحديد

يأتي الحديد الرابع في ترتيب أكثر العناصر وفرة من حيث الوزن في القشرة الأرضية. يوجد الحديد في مياه المجارى السطحية في شكل ثلاثي التكافؤ الغير مذاب في الماء أو في شكل مركب هلامي من الحديد والمواد العضوية. وفي المياه الجوفية قد يوجد الحديد في شكل ثنائي التكافؤ من أملاح الحديدوز التي تذوب في الماء. وتزال مركبات الحديد من المياه السطحية العذبة في مراحل المعالجة بالمرشحات. وقد توجد أملاح الحديد في المياه بعد المعالجة والضخ في الشبكة نتيجة تآكل المواسير الحديدية في شبكة التوزيع المصنوعة من الصلب أو الزهر. ويرجع وجود الحديد في مياه الآبار الى وجود أملاح الحديديك في بعض أنواع التربة الحاملة للمياه الجوفية في شكل غير قابل للذوبان. وعند تحلل بعض الملوثات العضوية من الكائنات الحية الدقيقة أو النباتية لا هوائيا أثناء رحلة المياه الحاملة لهذه الملوثات الى جوف الأرض يكون من نواتج التحلل ثاني أكسيد الكربون. تختزل أملاح الحديديك من الكربونات والأيدروكسيد الغير مذاب الى أملاح الحديدوز القابل للذوبان في الماء نتيجة تفاعل ثاني أكسيد الكربون مع أملاح الحديديك. وتركيزات الحديدوز في المياه الجوفية تتراوح ما بين ٠,١ ملجرام/لتر الى مايزيد عن ٣٠ ملجرام/لتر. ومركبات الحديدوز المذابة لا لون لها وعندما تتعرض المياه الجوفية الى الهواء الجوى تتأكسد أملاح الحديدوز الى أملاح الحديديك الغير مذابة والتي تعلق بالمياه في الشكل الهلامي وتعطى المياه اللون الطوبى الأحمر. ويزال الحديد من مياه الآبار في حالة وجوده بالاكسدة بالتهوية فقط في حالة التركيز اقل من ٢ ملجرام/لتر. او بالتهوية والكيمياويات المؤكسدة مثل الكلور في حالة زيادة التركيز عن ذلك، حيث يتحول الحديدوز الى الحديديك الغير مذاب والذي يرسب ثم يتم التخلص منه بالترسيب والترشيح.

ويوجد الحديد بنسب قليلة جدا في الهواء الجوى. ويختلف محتوى الحديد فى الأطعمة اختلافا كبيرا فمتوسط وجوده فى البقول هو ٢٩,٥ جزء فى المليون، وفى اللحوم ٢٦,٢ جزء فى المليون وهما المصدران الرئيسيان لهذا العنصر أما تركيز الحديد فى معظم الأطعمة الأخرى فهو أقل من ٢٠ جزء من المليون. وقد قدر مدخول الحديد اليومي من الأغذية التقليدية فى الدول المتقدمة من ١٥-٢٠ ملجرام. عادة ماتكون تركيزات-الحديد فى مياه الشرب اقل من ٠,٣ ملجرام / لتر. والمدخول اليومي من الحديد فى الطعام أعلا منه من مياه الشرب. وتختلف تقديرات الحد الأدنى من الاحتياجات اليومية من الحديد من ٧ الى ١٤ ملجرام حسب السن والجنس. فقد تحتاج النساء الحوامل أكثر من ١٥ ملجرام فى اليوم. ويعتبر ١٠ ملجرام هو متوسط الاحتياج اليومي. ويمتص منه حوال ١٠% والباقي يتخلص منه الجسم مع افرازات العرق والبول والبراز. ويستعمل ٦٠ - ٧٠% من الحديد الممتص فى إنتاج هيموجلوبين الدم، ٥% فى إنتاج اليوجلوبيين ويخترن الباقي فى الكبد ونخاع العظام والطحال. ولا توجد مشاكل صحية من تناول الحديد مع الطعام، وان كانت حالات الاستهلاك الطويل للأغذية الحمضية المطهية فى الاواني الحديدية ينتج منها كميات كبيرة من الحديد مما يوجد حالة تعرف بالصباغ الدموى حيث الاليات المنظمة الطبيعية لاتعمل بكفاءة وفى هذه الحالة يسبب تراكم حديد تلف للانسجة.

ومن الامور المنفرة لوجود حديد فى امدادات مياه الشرب التى لاصلة لها بالصحة العامة وهو المذاق الغير مستساغ للماء واللون المنفر بالاضافة الى ما تحدثه املاح الحديد الهلامية من التصاق بالاووعية والملابس اثناء الاستخدام المنزلى وعادة ما تنشأ مشكلة حديد فى الماء نتيجة تآكل مواسير الحديد فى شبكة التوزيع. وقد يحدث تراكم لنواتج تآكل الحديد فى الشبكة وتعمل على انسدادها وكذلك قد تنتشط البكتريا المؤكسدة للحديد بما يضيف ملوثات اخرى لوجود هذه الكائنات وتكاثرها.

ولكل ما سبق فإنه من الحكمة حينما امكن المحافظة على مستويات الحديد فى مياه الشرب والاستخدام المنزلى دون القيمة ٠,٣ ملجرام / لتر. وقد اجازت معايير

مياه الشرب فى مصر المحتوى من الحديد بحد أقصى ٠,٣ ملجرام / لتر للمياه المرشحة و ١ ملجرام / لتر للمياه الجوفية او الخليط.

٣- المنجنيز

مصادر المنجنيز المنقولة بالهواء منتشرة انتشارا كبيرا. وعند وجود المنجنيز فى مجارى المياه السطحية يكون فى شكل مذاب والغير مذاب العالق وكثيرا ما تحتويه المياه بنسبة حوالى ٠,٢ ملجرام / لتر او اقل. وقد تصل الى ١٠ ملجرام / لتر فى المياه الجوفية الحامضية. والمنجنيز يوجد عادة مع الحديد ولكن بتركيزات اقل من نصف تركيزات الحديد. وجود المنجنيز فى المياه العذبة يقترن عادة بالتلوث الصناعى ويختلف محتوى المواد الغذائية من المنجنيز حيث توجد تركيزات منخفضة فى منتجات الالبان من صفر الى ١,٩ جزء فى المليون وفى اللحوم من صفر الى ٠,٨ جزء فى المليون وفى الاسماك من صفر الى ٠,٨ جزء فى المليون ويوجد المنجنيز بتركيز اعلى فى الحبوب والقمح بنسبة من ١,٢ - ٣٠,٨ جزء فى المليون. وفى البنقدق من ٠,٤ الى ٣٥,١ جزء فى المليون وفى الخضروات من ٠,٢ - ١٢,٧ جزء فى المليون. وقد وجدت تركيزات مرتفعة فى اوراق الشاي فيمكن ان يحتوى فنجان شاي على ١,٤ - ٣,٦ ملجرام. ويصل المنجنيز الى جسم الانسان عن طريق الاستنشاق وتناول الطعام والماء ولكن الجزء الاكبر يأتى من الاطعمة. ويقدر الاحتياج اليومى من المنجنيز للوظائف الفسيولوجية الطبيعية بمقدار ٣-٥ ملجرام. المنجنيز عنصر ضرورى للانسان والحيوان الا انه لا يمتص سوى ٣% من المنجنيز المتناول والممتص يترك مجرى الدم بسرعة ويتركز فى الكبد. سعة تخزين الكبد للمنجنيز محدودة بحوالى ١-١,٣ جزء فى المليون من الوزن الرطب وعلى الرغم من عدم تأكيد اى اضرار بسبب نقص المنجنيز الا انه من المحتمل وجود علاقة بين نقص المنجنيز وفقر الدم. ويؤدى فقر الدم الى زيادة امتصاص الحديد والمنجنيز ويتناسب تناسب عكسى مع مستوى الكالسيوم فى الغذاء ولكنه يرتبط ارتباطا مباشرا بمستوى البوتاسيوم. درجة ذوبان المنجنيز فى العصارة المعدية منخفض فلا يمتص فى العصارة المعدية سوى ٣-٤ % من القدر المتناول بالفم وينظم المنجنيز أساساً فى الجسم بالإفرازات ويعتبر المنجنيز واحداً

من أقل العناصر سمية ولم تلاحظ أى تأثيرات صحية ضارة بالإنسان مع المستويات التالية من تناول اليومى للمنجنيز .

الطعام ما بين ٢-٧ ملجرام بمتوسط ٣ جرام.

الماء ما بين صفر - ١ ملجرام بمتوسط ٠,٠٠٥ ملجرام.

الهواء ما بين صفر - ٠,٠٢٩ ملجرام بمتوسط ٠,٠٠٢ ملجرام.

يمكن ان يكون المنجنيز فى مياه الشرب منفرا لعدد من الاسباب التى لاصلة لها بالصحة العامة. فعند تركيز ٠,١٥ ملجرام /لتر يضىف مذاقا كريها وغير سستساغ كما انه يلتصق بالاجسام المعدنية والغير معدنية والمنسوجات اثناء غسيلها بالماء والمنجنيز المؤكسد يكون ترسيبات عند تركيز حتى ٠,٠٢ ملجرام / لتر. كما يكون تراكمات فى المواسير كرماد اسود. يساعد المنجنيز على نمو بعض البكتريا وتكاثرها بما يحدث تغير فى مذاق ورائحة و عكارة المياه. والمياه المحتوية على اكثر من ٠,٢ ملجرام /لتر غير مرغوبة فى معظم العمليات الصناعية. ويوصى بقيمة المنجنيز فى مياه الشرب والاستخدام المنزلى الا تزيد عن ٠,١ ملجرام /لتر لتجنب الاثار المترتبة على عدم الاستساغة والترسيب على الاجسام الملاصقة عند استخدام المياه فى النظافة. وقد أوصت المعايير المصرية بتركيز ٠,١ ملجرام/لتر لمياه المرشحه، ٠,٥ ملجرام/لتر لمياه الآبار. المنجنيز ثنائى التكافؤ يذوب فى الماء ولا يتأكسد بسهولة بالهواء الجوى كما فى حالة الحديد ولكنه يتأكسد بالكور فى المجال القلوى عند رقم هيدروجينى ٩,٥ وبالمبرمنجنات فى المجال المتعادل. تزال الرواسب الناتجة عن عمليات الاكسدة بالترسيب والترشيح مع أملاح الحديد المرسبة أو فى مرحلة تالية ومنفصلة عنها بعد الأكسدة.

٤- النحاس : ١ ملجرام /لتر

يوجد النحاس فى بعض أنواع التربة وكثيرا ما يوجد فى المياه السطحية. ويتوقف محتوى النحاس فى التربة على عدة عوامل مثل الموقع الجغرافى والقرب من المصانع واستعمالات الأسمدة الغير عضوية التى تحتوى على تركيزات من النحاس تصل من ٠,٠١ الى ٠,٠٥ جزء فى الألف. ويختلف مقدار

النحاس الموجود في الطعام تبعا لمحتوى التربة من النحاس. وعادة ما يكون محتوى النحاس في الأطعمة مثل الخضراوات والدقيق ومنتجات الألبان واللحوم أقل من ٠,٠١ جزء في الألف. كذلك تختلف مستويات النحاس في مياه الشرب من ٠,٠٥ الى ٠,٠١ ملجرام / لتر. وان كان النحاس يزال في عمليات المعالجة بالمروبات الا أن تركيز النحاس في صنوبر المستهلك يمكن ان يكون أعلى مما هو في المياه الخام قبل المعالجة وذلك بسبب تآكل النحاس الذي قد يوجد في شبكات توزيع المياه والسباكة المنزلية. والماء المخزون في أوعيه نحاسية يمكنه المحافظة على النوعية الجرثومية دون تدهور. ومركبات النحاس المذابة في الماء تطفئ لوناً وطعماً غير مستساغين لمياه الشرب. والتأثيرات الصحية للنحاس تتمثل في دورة في تكوين كرات الدم الحمراء ونمو الأنسجة والعظام والجهاز العصبي المركزي والنسيج الضام. ولما كان النحاس موزعا توزيعا واسعا في الأطعمة فإنه من غير المحتمل أن يعاني الانسان من نقص النحاس ربما باستثناء الرضع الذين يقتاتون اللبن وحده. النحاس تابع للحديد في علاج فقر الدم الغذائي للرضع. ويؤدي تناول الانسان للنحاس بجرعات مفرطة الى تهيج مخاطى شديد وتلف شعري واسع الانتشار وتلف كبدى وكلوى وتهيج في الجهاز العصبي المركزي يتلوه إكتئاب. كما يمكن ان يحدث تهيج معوى معدى شديد وتغيرات في الكليتين والكبد. ويندر أن يحدث تسمم للانسان بالنحاس بسبب المفعول المقى القوى للنحاس. وللنحاس في الماء مذاق بغيض وغير مستساغ وقابض ويمكن ملاحظة الطعم في الماء المقطر عند تركيز ٢,٦ ملجرام / لتر. على الرغم من أن وجود النحاس في إمدادات المياه لا يشكل خطراً على الصحة العامة الا أنه يمكن ان يتداخل مع الاستعمالات المنزلية بما يسببه من طع زرقاء على الأواني والملابس الملامسة عند غسلها. والنحاس في الماء ينشط تآكل الأواني المنزلية المصنوعة من الألومنيوم والزنك حيث يتآكل الألومنيوم والزنك لكونهما أقل في الجهد من النحاس. وتركيزات النحاس أكثر من ١ ملجرام / لتر تحدث اللون الأزرق في الأجسام الملامسة وهذه هي القيمة التي يوصى بها في معايير مياه الشرب والاستخدام المنزلى.

٥- الزنك : ٥ مليجرام / لتر

الزنك عنصر موجود في الطبيعة بوفرة وهو يشكل ٠,٠٤ جرام في كل كيلو جرام من القشرة الأرضية. أكثر أملاح الزنك شيوعا كبريتيد الزنك والذي يكون مصحوبا بكبريتيد عناصر فلزية أخرى مثل الرصاص والنحاس والكالسيوم والحديد. أملاح الزنك قليلة للزوبان في الماء هي الأكاسيد والكبريتيد والكاربونات. بينما أملاح الزنك القابلة للزوبان في الماء من الكلوريدات والكبريتات تميل إلى التحلل لتكوين أيدر وكسيد الزنك وكربونات الزنك. لذلك فانه عادة مايكون تركيز الزنك منخفضا في المياه الطبيعية، كما يزيد من نقص مستويات الزنك المذاب الادمصاص على الرواسب. وقد يكون تركيز الزنك في ماء الصنبور أعلى بشكل واضح عن تركيزه في المصادر العذبة السطحية بسبب تآكل الزنك من المواسير المجفنة في الشبكة والنحاس الأصفر والذي يتكون من ٣٠% زنك و٧٠% نحاس. ويختلف تركيز الزنك في ماء الصنبور بين ٠,٠١ الى ١ ملجرام / لتر وللزنك أهميته الغذائية. أغنى الأطعمة في الزنك هي اللحوم ونواتج الألبان كما تمثل الحبوب والبندق مصادر هامة. وفيما يلي محتوى الزنك في بعض الأطعمة:

- * لحم البقر والضأن ٢٠ - ٦٠ جزء في المليون.
- * اللبن ٣ - ٥ جزء في المليون.
- * الأسماك و الأطعمة البحرية أكثر من ١٥ جزء في المليون.
- * البقول و القمح ١٥ - ٥٠ جزء في المليون.
- * الخضراوات الورقية والفواكه أقل من ٢ جزء في المليون.

والطعام هو المصدر الأكبر لحاجة الإنسان للزنك فهو عنصر ضروري للإنسان والحيوان. يقدر مدخول الزنك الغذائي الموصى به حسب العمر والجنس بين ٤ - ١٥ مليجرام في اليوم ويحتاج الحوامل إلى ١٦ مليجرام في اليوم. وقد لوحظ وجود علاقة بين نقص الزنك بين الشباب في مصر وبطئ النمو والعلامات الأخرى لعدم النضج بالإضافة إلى فقر الدم وربما يكون السبب في ذلك انخفاض الامتصاص المعوي للزنك. والزنك لا يتراكم في الأنسجة ويمكن اعتبار الزنك غير

سام ومن غير المحتمل حدوث سميته للإنسان بالزنك من مياه الشرب والمصادر الغذائية الأخرى العادية.

والجرعات العالية اليومية من الزنك التي تبلغ ١٥٠ جرام تتداخل مع المدخول اليومي من جرعات الحديد والنحاس ولا توجد مشكلة. كما تقدم بعض جرعات الزنك العالية بعض الحماية ازاء التأثيرات السامة للكاديوم. وتشمل أعراض التسمم بالزنك في الإنسان القىء والجفاف وألام البطن والغثيان والافتقار إلى التوازن العضلى العصبي. وقد أبلغ عن فشل كلوى حاد سببه كلوريد الزنك. والزنك يعطى للماء مذاقا قابضا غير مستساغ، بالإضافة الى انه يضيف عتامة للماء المحتوى على اكثر من ٥ ملجرام / لتر ويكون طبقة طافية عند غلى الماء. ولتجنب اى من هذه المشكلات حددت القيمة الدليله للزنك فى مياه الشرب والاستخدام المنزلى ٥ ملجرام / لتر.

٦- العسر الكلى: ٥٠٠ ملجرام / لتر كربونات كالسيوم

عسر الماء قياس تقليدى لقدرة الماء على التفاعل مع الصابون اذ يتطلب الماء العسر مقدارا كبيرا من الصابون لانتاج الرغوة. ويرجع وجود ترسيبات (Scales) فى مواسير السخانات والمراجل الى الماء العسر. ويسبب عسر الماء وجود أيونات العناصر متعددة التكافؤ المذابة فيه مثل الكالسيوم والمغنسيوم كما تسهم كذلك أيونات الأسترنشيوم والحديد والمنجنيز والباريوم. ويقاس العسر عادة بتفاعل أيونات العناصر متعددة التكافؤ الموجودة فى الماء مع عامل استخلاب (Chelating Agent) مثل مادة EDTA ويعبر عنها بتركيز مكافئ من كربونات الكالسيوم. كما يمكن تعيين العسر بتعيين تركيزات مكونات العسر منفردة حيث يعبر عن مجموعها بالكمية المكافئة من كربونات الكالسيوم. وقد صنفت درجة عسر الماء المستخدم للشرب من حيث المكافئ من تركيز كربونات الكالسيوم على النحو التالي.

- * ماء يسر من صفر - ٦٠ ملجرام / لتر (عسر مقيم ككربونات الكالسيوم).
- * متوسط العسر من ٦٠ - ١٢٠ ملجرام / لتر (عسر مقيم ككربونات الكالسيوم).
- * عسر من ١٢٠ - ١٨٠ ملجرام / لتر (عسر ككربونات الكالسيوم).
- * عسر جدا من ١٨٠ فأكثر ملجرام / لتر (عسر ككربونات الكالسيوم).

وعلى الرغم من ان العسر يسبب الكاتأيونات (Cations) فإنه يناقش كذلك من حيث العسر المؤقت للكاربونات والعسر المستديم للغير كربونات (Permenant Non Carbonate Hardness) ويشير العسر المؤقت للكاربونات الى مقدار الكربونات والبيكربونات في المحلول الذي يمكن ترسيبه أو إزالته بغلى الماء. وهذا النوع من العسر هو المسئول عن الترسبات فى مواسير الماء الساخن والغلايات. والعسر المستديم من كبريتات وكلوريدات وسيليكات الكالسيوم والمغنسيوم ونترات الكالسيوم أو أيونات العناصر ثنائية التكافؤ والتي لا تزال بغلى الماء. القلوية هى قدرة الدرء فى الماء (Buffering Capacity) وترتبط ارتباطا وثيقا بالعسر. والقلوية تنتج عادة عن أيون الأيدروكسيد والبيكربونات والكاربونات كما تسهم أيونات أخرى إن وجدت مثل البورات والفوسفات والسيليكات والأحماض العضوية بدرجة صغيرة. ويعبر عن الأن أيونات (Anions) التى تسهم فى قلوية الماء مهما كان نوعها بالكمية المكافئة من كربونات الكالسيوم. وحين تكون قلوية المياه السطحية يسبب وجود كربونات وبيكربونات فإن قيمة القلوية الكلية تكون عادة قريبة من قيمة العسر. والمصدر الرئيس لعسر الماء هو الصخور الرسوبية وعادة ما يوجد الماء العسر فى مناطق بها تكوينات من الحجر الجيرى. المياه الجوفية أكثر عسرا بوجه عام من المياه السطحية. وعادة ما تكون للمياه الجوفية الغنية بحامض الكربونيك (ثانى اكيد الكربون المذاب فى الماء) قدرة على الإذابة للتربة والصخور من الجبس والحجر الجيرى والدولوميت والكالسيت. والمصادر الأخرى للعسر هى الصناعات الكيميائية الغير عضوية، حيث يستخدم اكسيد الكالسيوم فى صناعة بعض مواد البناء وإنتاج لب الورق، وتكرير السكر ودباغة الجلود ومعالجة المياه. ويزال العسر من المياه للأغراض الصناعية أو لإنتاج البخار بالمعالجه الكيميائية بطريقة الجير/الصودا (Soda- lime process). او بالتبادل الايونسى. عسر المياه فى المجارى السطحية العذبة عموما يشبه العسر فى مياه الشرب المنقولة بالمواسير إلى المستهلك فى المنازل. يتراوح عسر المياه ما بين ١٠٠ ملجرام/ لتر الى ما يزيد عن ٥٠٠ ملجرام / لتر وإن كانت القيمة اكبر من ذلك غير شائعة.

وفى الطعام فإن جميع الأطعمة تحتوى على عنصري الكالسيوم والمغنسيوم. انغذاء النمطي يوفر حوالي ١٠٠٠ ملجرام كالسيوم فى اليوم و من ٢٠٠ - ٤٠٠

مليجرام ماغنسيوم في اليوم. وعادة ما يكون المصدر السائد للكالسيوم والمغنسيوم هو الطعام. وتعتبر منتجات الألبان مصدرا غنيا للكالسيوم أما المغنسيوم فانه اكثر إقترانا باللحوم والمواد الغذائية ذات الأصل النباتي. على الرغم من إن الهواء والتعرض المهني وتدخين السجائر يمثل مدخلا لتعرض الإنسان إلا أن إسهاماتها قليلة جدا مقارنة بالطعام. الطعام والماء هما المصدران الأساسيان. ويمثل الإسهام النموذجي للماء بالنسبة للمدخول الكلي من الكالسيوم حوالى ٥ - ٢٥ % وللمغنسيوم حوالى من ٥ - ٢٠ %.

ومن ناحية الأثر الصحي فهناك شواهد حول زيادة العسر فى مياه الشرب وزيادة حالات الحصوات البولية وكذا الوفيات بالسكتة القلبية وأمراض الأوعية الدموية إلا إن نتائج تأكيد هذه الدراسات لم تحسم حتى الآن، وقد إفترض ان الماء اليسر هو الذي يسبب المرض نظرا لانه يساعد على التآكل فى المواسير ووصول الملوثات من نواتج التآكل الضارة مثل الرصاص والكاديوم. وعموما مازالت الدراسات التى تقوم بها منظمة الصحة العالمية حول الأثر الصحي لعسر الماء التى لم يتأكد أى منها حتى الان وقد أعطيت قيمة دليhle للعسر الكلى ٥٠٠ مليجرام / لتر ككربونات كالسيوم. للكالسيوم ٢٠٠ مليجرام / لتر و للمغنسيوم ١٥٠ مليجرام / لتر. ومعايير العسر التى أصدرتها وزارة الصحة هى ٥٠٠ مليجرام / لتر. وعلى الرغم من ان ٢٠-٣٠% من الكالسيوم والمغنسيوم فى الغذاء يتم إمتصاصه إلا أنه لم يتأكد حتى الان قدر الامتصاص لهذه العناصر من مياه الشرب.

٧- الكبريتات : ٤٠٠ مليجرام / لتر

معظم الكبريتات تذوب فى الماء باستثناء كبريتات الباريوم والرصاص والاسترنتسيوم ويمكن أن تختزل الكبريتات الى الكبريتيد وتتطاير فى الهواء على هيئة كبريتيد الهيدروجين (H_2S) أو ترسب كملح كبريتيد غير مذاب. وتصل الكبريتات الى البيئة المائية من مخلفات الصناعات المختلفة. ويساعد على احتواء الماء من الكبريتات ثانى اكسيد الكبريت الناتج عن احتراق الوقود من الفحم

الحجري أو من بعض العمليات في الصناعات المعدنية والذي يتأكسد إلى ثالث أكسيد الكبريت الذي يتحد مع بخار الماء في الجو مكونا حامض الكبريتيك ويتساقط كمطر حامضى الذى يتفاعل مع المواد العالقة ليكون أملاح الكبريتات. وتركيز الكبريتات في معظم المياه العذبة منخفض جدا ويتراوح ما بين ٢٠ إلى ٥٠ جزء في المليون. ويمكن ان تضيف كبريتات الألومونيوم (الشبة) أو كبريتات الحديد أو الحديدوز من ٢٠ إلى ٥٠ جزء في المليون إلى المياه المعالجة. والكبريتات لاتزال من الماء بالطرق التقليدية لمعالجة المياه. وقد يبلغ / تركيز الكبريتات فى المياه المعدنية المعبأة فى زجاجات إلى ٢٥٠ مليجرام / لتر أو تزيد. والمدخول الغذائى اليومي من الغذاء شحيح حيث يبلغ فى المتوسط ٤٠٠ جرام. وجرعة انكبريتات من ١ - ٢ جرام لها تأثير مسهل للإنسان. ويؤدى تركيز كبريتات المغنيسيوم ١٠٠٠ مليجرام / لتر إلى الإسهال فسيولوجيا للشخص العادي والتركيز الأقل من ذلك غير ضار فسيولوجيا. والشخص الحساس يستجيب لمستويات من كبريتات المغنيسيوم ٤٠٠ مليجرام / لتر ويتكيف الجسم البشرى بمرور الوقت مع التركيزات العالية من الكبريتات فى مياه الشرب. وتركيز الكبريتات الذي يؤثر على الاستساغة والمذاق لمياه الشرب هو ٢٠٠ - ٥٠٠ مليجرام/ لتر لكبريتات الصوديوم، ٢٥٠ - ٩٠٠ مليجرام / لتر لكبريتات الكالسيوم، ٤٠٠ - ٦٠٠ مليجرام/ لتر لكبريتات المغنسيوم. واقترح تركيزات الكبريتات فى المياه الشرب لتكون ٤٠٠ مليجرام/ لتر استنادا إلى المحافظة على الاستساغة والمذاق وتجنباً لتأثيرها المسهل.

المياه المحتوية على أملاح الكبريتات بتركيز اكثر من ٣٠٠ مليجرام / لتر قد تختزل هذه الكبريتات فى حالة نقص الاكسجين المذاب فى الماء عن ٠,١ مليجرام / لتر والذي يساعد على نشاط البكتريا اللاهوائية المختزله للكبريتات وتكون نواتج الاختزال هي كبريتيد الهيدروجين الذى يذوب فى الماء محدثا تغير غير مقبول فى رائحة وطعم المياه. وعند توفر الأكسجين بعد ذلك يتحول كبريتيد الهيدروجين إلى حامض الكبريتيك الذى يسبب التآكل للمواسير المعدنية والاسمنتية. ولهذا يلزم المحافظة دائما على وجود الاكسجين فى الماء من خلال المحافظة على معدل ثابت لتدفق المياه فى الشبكة وعدم وجود نهايات ميتة أو مياه راكدة فى الشبكة هذا

بالإضافة إلى أهمية وجود الكلور المتبقى في الشبكة ما يوفر قدر لا يقل عن ٠,١ ملليجرام / لتر كلور متبقى في صنوبر آخر مستهلك في الشبكة. وهذا الكلور المتبقى يضمن القتل للكائنات الجرثومية وكذلك أنواع البكتيريا المختزلة للكبريتات. كما يلزم المحافظة على نظافة خزانات المياه من الاتربة والأجسام العالقة والملاصقة لجسم الخزان والتي تعلق بها البكتيريا وتختبئ بما يقلل من تأثير الكلور في التخلص منها. ونسبة ٣٠٠ ملليجرام / لتر من الكبريتات في التربة الرطبة تشكل مجال عدواني اكيد لإفتقار التربة للاكسجين (التربة الطينية والطفليه) بما ينشط البكتيريا المختزلة لكبريتات وتسبب التآكل للمواسير.

٨- الكلوريدات : ٥٠٠ جزء في المليون

توجد الكلوريدات على نطاق واسع في الطبيعة وتكون عادة في شكل كلوريد الصوديوم وكلوريد البوتاسيوم وكلوريد الكالسيوم. والكلوريدات تشكل ٠,٠٥ % تقريبا من اليابسة والنسبة الكبيرة من كلوريدات البيئة توجد في المحيطات. ويرجع وجود الكلوريد في الماء إلى إذابة رواسب الملح والتلوث الناتج عن الصناعات الكيميائية ومياه الصرف الزراعي والصحي وتسرب مياه البحر في المناطق الساحلية. ويمكن أن تتلوث المياه السطحية والمياه الجوفية بسهولة حركة ايونات الكلوريدات بما يمكنها من الانتقال إلى قاع الخزانات الجوفية. والكلوريدات في المياه السطحية منخفضة التركيز حيث يمكن أن يصل تركيزها إلى أقل من ٥٠ ملليجرام / لتر في المياه الغير ملوثة بينما قد تصل إلى ١٠٠٠ ملليجرام/لتر في مياه الصرف الملوثة. وتوجد الكلوريدات في الأطعمة ذات المنشأ النباتي والحيواني بمستويات تقل عادة عن ٣٦٠ جزء في المليون. ويمكن أن يزيد إضافة الملح إلى الطعام من مستوى الكلوريدات بشكل واضح. ومدخول الكلوريد اليومي يسبب إضافة الملح إلى الطعام من ٦-١٢ جرام بينما مدخول الكلوريد من مياه الشرب ١٠٠ ملليجرام تقريبا في اليوم اما المدخول من الهواء فإنه لا يذكر. والكلوريدات تسهم بشكل كبير في النشاط الاسموزي (التناضح) للسائل خارج الخلايا حيث يوجد ٨٨% من كلوريد الجسم خارج الخلايا. ويحتوي جسم الشخص

العادى الذى يزن ٧٠ كجم على ٨١,٧ جرام تقريبا من الكلوريد، ٤٥ لـترا من الماء. وامتصاص الكلوريد يكاد يكون كاملا فى جسم الإنسان.

من الضرورى ان يكون المدخول الغذائى اليومى من الكلوريدات حوالى ٩ مليجرام لكل كيلو من وزن الانسان بما يعادل ٦٣٠ مليجرام للشخص الذى يزن ٧٠ كيلو جرام وبما يعادل أكثر من جرام واحد للشخص العادى فى اليوم.

يبلغ حدود المذاق المستساغ لكلوريد الصوديوم ٢١٠ مليجرام / لتر ولكلوريد البوتاسيوم ٣١٠ مليجرام / لتر ولكلوريد الكالسيوم ٢٢٢ مليجرام / لتر. ويتأثر مذاق القهوة بصفة خاصة إذا أعدت بماء به ٤٠٠ مليجرام / لتر ككلوريد صوديوم او ٥٣٠ مليجرام / لتر ككلوريد كالسيوم. وعمليات المعالجة التقليدية لا تزيل أيونات الكلوريد من الماء وعلى الرغم من ان مقدار الكلوريد المتناول يوميا من مياه الشرب لايمثل سوى نسبة قليلة من مجموع المدخول اليومي. فانه يوصى بقيمة دليله مقدارها ٢٥٠ مليجرام / لتر استنادا الى اعتبارات المؤثرات العضوية. وتشكل الكلوريدات فى الماء عدوانية على المواسير المعدنية وخاصة الصلب والزهرة فى حالة زيادة الكلوريدات عن ٦٠٠ جزء فى المليون حيث تسبب التآكل الثقيبى. والكلوريدات توفر الحماية من التآكل للمواسير الخرسانية.

٩- الصوديوم: ٢٠٠ مليجرام / لتر

نتج عن زيادة تلوث المياه السطحية والجوفية خلال العقود الماضية زيادة ملموسة فى محتوى مياه الشرب من الصوديوم. كما يمكن ان تسهم فى زيادة مستويات الصوديوم فى مياه الشرب عمليات المعالجة لازالة العسر من المياه باستخدام الصودا آش، وكذلك تلوث مصادر المياه بمياه الصرف المحتوي على كبريتات الصوديوم من صناعات الأصباغ والألوان ولب الورق والورق وصناعات أخرى كثيرة تحتوى مخلفاتها على تركيزات متزايدة من الصوديوم. كما يستخدم ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) فى كثير من الصناعات الغذائية والأطعمة وفى تعبئة اللحوم وصناعات الألبان والأسماك. الصوديوم هو اكثر العناصر القلوية وفرة. تحتوى التربة على الصوديوم فى الحدود ١-١٠ جرام/ كيلو جرام فى شكل

أملاح سيليكات الصوديوم مثل الفيلدسبار. و بعض الخزانات الجوفية تحتوى على تركيزات عالية من الصوديوم بما يزيد من ملوحتها وذلك فى التربة الحاملة للملحية نتيجة شدة زوبان أملاح الصوديوم فى الماء. ويوجد فى المجارى السطحية العذبة بنسب تتراوح ما بين ١٠ - ١٣٠ مليجرام / لتر. ويوجد الصوديوم فى جميع الأطعمة وفى تجهيز الطعام، فالبازلاء الطازجة تحتوى على ٩ مليجرام صوديوم فى الكيلو جرام بينما تقل هذه النسبة فى المعلبة والجافة. وتحتوى الخضروات والفواكة الطازجة على نسب ما بين ٠,٠١ - ١ جرام / كيلو جرام. وتحتوى الحبوب وأصناف الجبن على ما بين ١٠-٢٠ جرام / كيلو جرام. ويتحقق ضبط توازن الماء والصوديوم من خلال سلسلة من العمليات المعقدة حيث يتم الحفاظ بفقد الصوديوم وليس بضبط امتصاصه خلال الأمعاء. ونظرا لأن الجسم يقوم بضبط مستويات الصوديوم فإنه لا يعتبر عنصر حاد السمية. وتشمل أعراض التسمم بالصوديوم التأثير العمومي للجهاز العصبي المركزي وزيادة الحساسية. وهناك دراسات تبين وجود علاقة بين مدخول الصوديوم وارتفاع ضغط الدم فى الانسان ويؤكد هذا أطباء القلب وأن كان هناك دراسات تخالف ذلك. ويعتبر مدخول الصوديوم اليومي ١,٦ - ٩,٦ جرام عموما لا يحدث اى تأثير ضار على صحة الإنسان. و لضمان ان تكون مياه الشرب مستساغة بالنسبة لغالبية المستهلكين فإنه ينبغى أن يكون تركيز الملح فى الماء مقارباً لتركيز الملح فى اللعاب والذى يبلغ فى المتوسط ٣٠٠ مليجرام / لتر. ويعتمد حدود الطعم والإستساغة لأملاح الصوديوم فى مياه الشرب على الآن أيونات (Anions) ودرجة حرارة الماء. كربونات الصوديوم هى صاحبه أدنى مستوى تركيز بالنسبة للإستساغة، فعند درجة حرارة الغرفة تكون فى حدود ٢٠ ملجرام / لتر، لكلوريد الصوديوم ١٥٠ مليجرام / لتر، لنترات الصوديوم ١٩٠ مليجرام / لتر، لكبريتات الصوديوم ٢٢٠ مليجرام / لتر، لبكربونات الصوديوم ٤٢٠ مليجرام / لتر. والقيمة الدليلة الموصى بها هى ٢٠٠ مليجرام / لتر والتي تستند الى حدود المذاق والاستساغة وليس الى اعتبارات صحية. وإذ كانت جمعية القلب الأمريكية قد أوصت بتركيز ٢٠ مليجرام / لتر مما يتطلب معالجات خاصة للمياه من المجارى السطحية العذبة مثل إزالة الملوحة،

حيث اعتبر من المواد ذات الأثر بالصحة العامة وليس ذات الأثر بالاستساغة كما أوصت به منظمة الصحة العالمية.

١٠- الألومنيوم: ٠,٣ ملليجرام / لتر

توجد مركبات الألومنيوم بوفرة في الطبيعة وكثيرا ما توجد في الماء. وتستخدم مركبات الألومنيوم على نطاق واسع في معالجة مياه الشرب بالمرشحات لإزالة المواد العالقة والعاكرة. ومدخول الألومنيوم من الماء صغير إذا قورن بمدخوله من الطعام. ويزيد الألومنيوم في الماء من تغير لون المياه في شبكة التوزيع إذا زاد مستوى الألومنيوم عن ٠,١ ملليجرام / لتر من المياه المعالجة ولهذا يوصى بقيمة دليلية في مياه الشرب لا تزيد عن ٠,٢ ملليجرام / لتر إستناداً الى اعتبارات خاصة بقبالية واستساغة المياه للشرب. الألومنيوم موزع على نطاق واسع في الطبيعة حيث يدخل في تكوين جميع انواع التربة والنباتات وانسجة الحيوان ونتيجة لهذا يوجد الألومنيوم في الهواء والطعام والماء سواء الطبيعي منها أو الملوث. وتحتوي المياه الحامضية بشكل طبيعي على مستويات عالية من الألومنيوم. وعلى الرغم من أن عمليات معالجة المياه تترك أقل مقدار ممكن من الألومنيوم في الماء إلا أن بعضها يبقى في الماء بكميات تتراوح ما بين ٠,١ إلى ٢ ملليجرام / لتر وطبقا لكفاءة عمليات المعالجة والترسيب والترشح. ومن مظاهر ضعف الكفاءة لعمليات المعالجة بالمرشحات زيادة الألومنيوم في المياه المرشحة عن ٠,٣ ملليجرام / لتر. وفي شبكة التوزيع ترسب مركبات الألومنيوم وتندمج مع مركبات الحديد والسيلكا محدثة إضطراب في تدفق المياه في الشبكة وضعف التصرف بالإضافة إلى التغير في اللون ومذاق المياه نتيجة إحتواء هذه الرواسب على البكتريا حيث يتعدن قتلها بالكلور. وتحدث هذه الظاهرة عند تجاوز تركيز الألومنيوم ٠,١ ملليجرام / لتر في المياه المعالجة.

ولايسهم الألومنيوم في مياه الشرب إلا بنسبة صغيرة جدا من المدخول اليومي للإنسان حيث النسبة الأكبر تكون من الطعام. ويقدر المدخول اليومي من الغذاء بـ ٨٠ ملليجرام في اليوم، ومن الماء ٤% من المدخول اليومي من الغذاء. والألومنيوم

غير ضروري للإنسان فلا تمتص أملاح الألومنيوم عادة في الطعام ولكنها تكون مركبات معقدة مع الفوسفات وتفرغ مع البراز. والاستعمال المزمّن لكميات كبيره من الألومنيوم (مثل إيدركوسيد الألومنيوم المضاد للحموضة) يتسبب في فقد الفوسفات من الجسم بما يعمل على ضعف وألام العظام. والألومنيوم لا يتراكم في الأنسجة باستثناء العظام في حين تتراكم مركبات الألومنيوم المستنشقة في شكل غبار في الرئة والعقد الليمفاوية.

وقد اقترن الألومنيوم ببعض الاضطرابات العصبية مثل مرض الزهايمر الذي يصيب كبار السن بفقد الذاكرة، إلا أنه لم يتأكد إذا كان الألومنيوم هو السبب أم أنه عامل مساعد لأسباب أخرى. والقيمة الدليلة الموصى بها لتركيز الألومنيوم لمياه الشرب هي ٠,٢ ملليجرام / لتر وان كانت وكالة البيئة الأمريكية قد أوصت بقيمة دليله ٠,٠٥ ملليجرام / لتر لتأكيد إزالة مواد الترويب من الألومنيوم (الشبة) قبل دخول المياه إلى الشبكة.

جدول (٢) القيم الدليلة والمعايير للمواد غير العضوية ذات التأثير على الاستساعد والاستخدامات المنزلية

م	الخاصية	دلائل منظمة الصحة العالمية	المعايير التي أصدرتها وزارة الصحة
١	الأملاح الكلية المذابة	١٠٠٠ ملليجرام / لتر	١٢٠٠ ملليجرام / لتر
٢	الحديد	٠,٣ ملليجرام / لتر	٠,٣ ملليجرام/لتر للمياه المرشحة، ١ ملليجرام/ لتر لمياه الآبار
٣	المنجنيز	٠,١ ملليجرام / لتر	٠,١ ملليجرام للمياه المرشحة
٤	النحاس	١ ملليجرام / لتر	١ ملليجرام / لتر
٥	الزنك	٥ ملليجرام / لتر	٥ ملليجرام / لتر
٦	العسر الكلى	٥٠٠ ملليجرام/ لتر.	٥٠٠ ملليجرام/ لتر
٧	الكالسيوم	---	٢٠٠ ملليجرام /لتر
٨	المغنيسيوم	---	١٥٠ ملليجرام/ لتر
٩	الكبريتات	٤٠٠ ملليجرام /لتر	٤٠٠ ملليجرام /لتر
١٠	الكوريدات	٢٥٠ ملليجرام/ لتر	٥٠٠ ملليجرام/ لتر
١١	الألومنيوم	٠,٢ ملليجرام / لتر	٠,٢ ملليجرام / لتر

القسم الثالث

المواد الغير عضوية ذات التأثير على الصحة العامة

١- الرصاص : ٠,٠٥ ملليجرام / لتر :

يوجد الرصاص فى الطبيعة ضمن مكونات القشرة الأرضية بتركيز متوسط ١٦ جزء فى المليون ويكون غالبا فى شكل كبريتيد الرصاص. ويوجد الرصاص فى الشكل الغير عضوي عموما (فى البيئة فى الهواء والطعام والماء والتربة). كما يحدث تلوث نتيجة عمليات التعدين والصبهر أو استعمال المنتجات المصنوعة من الرصاص. وتنتج مقادير صغيرة من الرصاص العضوي نتيجة استعمال الجازولين المحتوى على الرصاص نتيجة عمليات الأكله (Alkylation) التي تنتج ميثيل الرصاص. ويستخدم الرصاص فى صناعة مراكم الأحماض ومواد اللحام والاصباغ والذخيرة وتغليف الكابلات وعازل للأسقف وصناعة مواسير الصرف وفى توصيل المياه من البريزة (Saddle) المركبة على ماسورة التغذية الى وصلة المياه بالمنزل وذلك لسهولة تشكيلها وتم إيقاف استخدامها لأسباب بيئية واستبدلت بوصلات من البلاستيك الاقل فى التكلفة. ومحتوى المياه الطبيعية فى المحارى السطحية العذبة من الرصاص يتراوح بين ١ - ١٠ جزء فى المليون. المعالجة بالمروبات تزيل نسبة كبيرة من املاح الرصاص بما يقلل من نسبة فى المياه المعالجة عن الموجود فى المياه الطبيعية. ولكن يمكن أن تصل الملوثات من املاح الرصاص من خلال شبكة توزيع المياه عند استخدام مواسير من الرصاص أو اللحام باستخدام الرصاص. عندئذ يزداد تركيز الرصاص فى الماء المعالج

وخاصة عندما يقل عسر المياه او ينخفض الرقم الهيدروجيني. وعلى اساس استهلاك لترين من الماء فى اليوم فان المدخول اليومى من الرصاص يتراوح ما بين ٠,٠٢ الى ١ ملجرام / لتر على اساس استهلاك جميع الرصاص.

وعند استعمال الماء فى الطهى تكون فرصة اضافية لتناول الرصاص من الماء. ويوجد الرصاص فى كثير من المواد الغذائية وخاصة المعلبة عند استخدام اللحم من الرصاص كما يوجد الرصاص فى الخضروات الطازجة والحبوب والفواكه بمقادير صغيرة طبقا لتركيز الرصاص فى التربة والامتصاص المحدود بواسطة النبات. وقد يوجد الرصاص فى المواد الغذائية نتيجة ترسيبات الرصاص من الهواء الجوى عند تركها معرضة وخاصة الالبان ومنتجات الألبان. ويمكن أن يحدث تلوث إضافى من الطعام عند الطهى فى أوانى بها لحامات من الرصاص أو الأنية الخزفية التى يدخل الرصاص فى صنعها. ولذا فان المصدر الأكبر للرصاص بصفة عامة هو الطعام. وفى الريف تكون تركيزات الرصاص فى الهواء حوالى ١,٠ ملجرام / م^٣ بينما تصل فى المدينة من ٠,٥ إلى ٢ ملجرام / م^٣. ويرجع تلوث الهواء بالرصاص إلى كثافة حركة مرور السيارات المستخدمة للجازولين المحتوى على الرصاص. معظم الرصاص الموجود فى الهواء يكون على شكل جسيمات دقيقة وعند استنشاق هذه الجسيمات لايرسب منها فى الجهاز التنفسى سوى ٢٠ - ٦٠%. وعلى أساس حجم تنفس يومى من الهواء قدره ٢٠ م^٣ فى المتوسط يكون المدخول اليومى لسكان المدينة المعرض لوحد ملجرام / م^٣ من الرصاص فى اليوم وبمعدل إمتصاص ٤٠% هو ٨ ملجرام. ويمكن أن تكون مستويات الرصاص فى مناطق العمل الصناعى أعلى كثيرا عن مستويات البيئة العامة. مصدر التعرض للرصاص من التبغ صغير نسبيا. وقد عرفت الجرعات العالية من الرصاص بأنها سم تراكمى عام. ومن أعراض التسمم الحاد التعب والإرهاك والتوعك المعوى وفقر الدم والرصاص يتداخل فى تنظيم نقل الاكسجين وتحقيق الطاقة، وترتبط زيادة الرصاص فى الدم طبقا لمستوى الرصاص فى مياه الشرب. كما وجد أن مستويات الرصاص العالية فى الدم (٤٠٠ ملجرام /لتر) فى الأطفال ذوى التخلف العقلى.

والرصاص يؤثر على تكوين الدم والجهاز العصبى والكلى والقلبى والتناسلى ولم يثبت للرصاص ضرورة لقيام الأجهزة الحيوية بوظائفها مما يتطلب أن يكون التعرض للرصاص منخفضاً قدر الإمكان وبما لا يتعدى ٣ ملجرام فى الأسبوع (بمعدل ٠,٠٥ / ملجرام / كيلو جرام من وزن الانسان) وتقل هذه النسبة للأطفال نظرا للنمو السريع وأن امتصاص الرصاص لديهم أعلى عما هو عند البالغين وأنهم أكثر استعدادا للتأثر. والرصاص يسبب ارتفاع فى ضغط الدم مع احتمال انه مسرطن عند الجرعات العالية وقد أوصت وكالة البيئة الأمريكية (USEPA) بأقصى مستوى للتلوث بالرصاص ٠,٠٠٥ ملجرام / لتر فى مياه الشرب وأن كانت منظمة الصحة العالمية قد أقرحت نسبة ٠,٠٥ ملجرام / لتر وهى المعايير المأخوذة بها فى مصر.

٢- الزرنيخ: ٠,٠٥ ملجرام / لتر

يوجد الزرنيخ بشكل طبيعى فى جميع الأوساط البيئية وعادة ما يوجد فى شكل مركبات متحدا مع الكبريت ومع فلزات كثيرة عند صهر خاماتها وخاصة خام النحاس والكوبالت والرصاص والزنك. وقد يوجد الزرنيخ فى مجارى المياه نتيجة النحر فى الصخور السطحية.

ويبلغ تركيز الزرنيخ فى القشرة الأرضية ٢ جزء فى المليون. ويوجد الزرنيخ فى شكل الغير عضوى أو قد يكون متحدا مع مركبات عضوية. كثيرا من مركبات الزرنيخ تذوب فى الماء وتلوته. الزرنيخ موجود فى معظم المواد الغذائية بتركيز اقل من واحد جزء فى المليون من وزنها الجاف وان كانت الاسماك البحرية تحتوى على مستويات اعلى من ذلك فقد يحتوى المحار على مستويات تزيد عن ٥٠ جزء فى المليون. ويوجد الزرنيخ فى الاطعمة البحرية أساساً فى شكل عضوى ويصل المدخول اليومي من المصادر الغذائية فى المتوسط ٣٠ جزء فى المليون من وزن الانسان. يحتوى الهواء فى المناطق الريفية وغير الحضرية على مستويات منخفضة جدا من الزرنيخ اقل من ٠,٠١ ملجرام / م^٣. وقد يبلغ متوسط التعرض للزرنيخ المنقول بالهواء ٠,٢ ملجرام / م^٣ على شكل زرنيخ غير

عضوى أساساً كما تزداد مستويات التعرض للزرنِيخ من الهواء والتربة حيث توجد مصانع صهر المعادن. ويحتوى التبغ على بعض الزرنِيخ وان كانت مستويات الزرنِيخ انخفضت الآن نتيجة التقليل من استخدامه فى رش نباتات التبغ. كما توجد بعض المستحضرات الدوائية المحتوية على الزرنِيخ. وبمقارنة المدخول الكلى نجد ان اسهام الماء قليل نسبة الى التعرض الشامل فعند مستوى ٠,٠٥ ملليجرام /لتر من مياه الشرب فانه يساوى او يزيد عن اجمالى المدخول عن غير طريق التعرض المهني.

ويؤثر الشكل الكيميائى للزرنِيخ على امتصاصه، فنرى أن عنصر الزرنِيخ يمتص بمعدل منخفض جدا بينما مركبات الزرنِيخ اللاعضوية ثلاثية وخماسية التكافؤ تمتص بسهولة. وعند التعرض للزرنِيخ فانه يدخل إلى الدم ثم إلى الكبد أساسا والكلى والطحال والعضلات والجلد. كما توجد كميات صغيرة منه فى الرأس والقلب والرحم والدرقية والبنكرياس والشعر والأظافر. إفراغ مركبات الزرنِيخ يتم عن طريق البول. لا يوجد دليل حاسم على أن الزرنِيخ بأى من أشكاله الكيميائىة ضرورى للإنسان وان كانت بعض مركباته مفيدة لنمو الحيوانات. وتتوقف كمية الزرنِيخ على الشكل الكيميائى والفيزيائى للمركب وطريقة دخوله إلى الجسم والجرعة ومدة التعرض والعمر والجنس للفرد المتعرض.

الزرنِيخ الغير عضوى اكثر سمية من الزرنِيخ العضوى. الزرنِيخ الغير عضوى ثلاثى التكافؤ اكثر سمية من خماسى التكافؤ ولذا يوصى عندما يتبين أن الماء يحتوى على زرنِيخ بمستويات ٠,٠٥ ملليجرام /لتر التأكد من تكافؤ العنصر الزرنِيخى وشكله الكيميائى، حيث أن الزرنِيخ الثلاثى يمكن أن يضعف كثيرا من أجهزة الإنسان.

ويشمل التسمم الحاد بالزرنِيخ إصابة الجهاز العصبى المركزى كما يمكن أن يصاب الجهاز الهضمى والعصبى والتنفسى والجلد بإصابات شديدة. ويظهر التسمم مع جرعات تبلغ فى الانخفاض من ٣-٦ ملليجرام /اليوم على مدى فترات طويلة حيث الإصابة بالضعف العضلى العام وفقد الشهية والغثان والتسهاب الأعشبية المخاطية فى العين والأنف والحنجرة كما يمكن أن تحدث أمراض جلدية وأورام

خبثة وكذلك الإصابة بسرطان الجلد عند تركيز ٠,٢ ملليجرام /لتر من مياه الشرب.

وتؤدى الجرعات من ٧٠-١٨٠ ملليجرام /لتر إلى الوفاة كما أن التعرض المهنى العالى يسبب الإصابة بسرطان الرئة. ومعايير الزرنيخ فى مياه الشرب هى ٠,٠٥ ملليجرام / لتر.

٣- السيانيد: ٠,٠٥ ملليجرام / لتر

يوجد السيانيد حيثما توجد الحياة والصناعة فى شكله العضوى وغير عضوى واكثر أشكال السيانيد شيوعا هو سيانيد الهيدروجين (HCN) وأملاح السيانيد تتحلل فى الماء لتعطى حامض الهيدروسيانيك. أيون السيانيد يمكن أن يتفاعل ويتحد مع أيونات الفلزات الثقيلة لتكوين مركبات معقدة (Complex) بعضها شديد الثبات. السيانيد يستخدم فى كثير من العمليات الصناعية مثل إنتاج البولى الأكليرك (Polyacrylonitrile) وهى بلمرات لها استخدامات كثيرة كما يستخدم السيانيد فى استخلاص الذهب والفضة كمذيب وفى عمليات الطلاء الكهربى للمعادن بالذهب والفضة وغيرها ويمكن أن يلوث الماء والهواء من خلال هذه العمليات الصناعية كما أن الاستخدام العرضى للسيانيد فى إبادة الهوام يمكن أن يكون مصدرا لتلويث المياه. معظم أملاح السيانيد تذوب فى الماء وكذلك سيانيد الهيدروجين مكونا حامض. وتذوب معادن الذهب والفضة والزئبق والرصاص فى محلول سيانيد الصوديوم مع امتصاص الأوكسجين وكذلك تذوب معادن النحاس والنيكل والحديد والزنك والألومنيوم والمغنيسيوم مع إنتاج هيدروجين. أملاح السيانيد التى تذوب فى الماء هى سيانيد الصوديوم، البوتاسيوم، الكالسيوم، الذهب. الزئبق ولكن كلاً من سيانيد الفضة وسيانيد النحاس لا يذوبا فى الماء. تكون أيونات السيانيد مركبات معقدة مع البوتاسيوم والحديد ومع النحاس والحديد ومع بعض الأحماض مثل حامض (Thiocianic Acid-HCNS) ومع الايسترات. ويتحول السيانيد إلى السيانات الأقل سمية بكثير عند رقم هيدروجيني ٨,٥ فأكثر.

ويمكن القول أن السيانيد في الماء الخام منخفض لأقل من ٠,١ مليجرام / لتر. إلا في حالة التلوث الخطير الذي يرجع إلى صرف مخلفات الصرف الصناعي في المجارى المائية وخاصة صناعات معالجة المعادن والكوك والغاز وغزل الصوف وصناعات كيماوية كثيرة. إضافة الكلور لمياه الشرب يساعد في المجال المتعادل على خفض السيانيد في الماء وعند اضافة جرعات عالية من الكلور عند رقم هيدروجيني منخفض يتحول السيانيد إلى سيانات غير ضارة ثم إلى ثنائي أكسيد الكربون والنيتروجين. تحتوى معظم الأطعمة على آثار من السيانيد وبعضها يحتوى على نسبة مرتفعة وخاصة ذات الأصل النباتى مثل اللوز كما يمكن أن يوجد السيانيد فى الأسماك التى تعيش فى المياه الملوثة. تتحلل أملاح السيانيد عند التسخين ولذا فإن الأطعمة المطهية تحتوى على مستويات قليلة جداً. المدخول اليومي من السيانيد عن طريق الأطعمة منخفض جداً.

أيون السيانيد يمتص بسهولة وسرعان ما تحدث تأثيرات شديدة السمية والتى تعيق عمليات الأكسدة حيث يثبط امتصاص الخلايا للأكسجين. والتعرض المنخفض للسيانيد ليس مميتاً لمن لديهم جهاز مقاومة قوى لازالة السمية والذى يحول السيانيد إلى اليثو سيانات الغير ضاره مع المستويات المنخفضة من ٢,٩ - ٧,٤ مليجرام / اليوم. عادة ماتكون جرعة واحدة من ٥٠ - ٦٠ مليجرام مميتة للإنسان نظراً لأن المدخول اليومي من السيانيد عن طريق الأطعمة منخفض جداً وعلى أساس أن المصدر الرئيسى للسيانيد هو مياه الشرب فقد تحدد معيار السيانيد في مياه الشرب بما لايزيد عن ٠,٠٥ مليجرام / لتر.

٤- الكادميوم: ٠,٠٥٥ مليجرام / لتر

يوجد الكادميوم فى أنحاء معينة من العالم وبمقادير ضئيلة فى القشرة الأرضية. كما يوجد خام الكادميوم والذي يسمى جرينوكيت (Greenockite) بكميات صغيرة مع خام الزنك. وخام الكادميوم يتكون من كبريتيد الكادميوم، كبريتات الكادميوم ويوجد مختلطاً بخام الزنك من كبريتيد الزنك وكربونات الزنك. عادة ماينتج الكادميوم كمنتج ثانوي عند استخراج الزنك.

وقد تزايد استخدام الكاديوم وزادت أهميته خلال النصف الثاني من القرن العشرين، وبذلك بدأ في تلويث البيئة حيث يوجد في التربة والهواء والماء والطعام. والاستعمال الرئيسى للكاديوم هو فى صناعة السبائك المعدنية ومواد اللحام وطلاء المعادن وفى مواد الصباغة وصناعة البطاريات وكمثبت لمنتجات البلاستيك. وعادة ماتكون مستويات الكاديوم فى إمدادات مياه منخفضة جداً حيث لا توجد سوى مقادير ضئيلة جداً فى إمدادات المياه الخام، وفى حالة ارتفاع المستويات بعض لشيء فإن كثيراً من الكاديوم يزال بإستخدام المروبات عند المعالجة بالمرشحات. ويتأثر ذوبان الكاديوم فى اطار طبيعة مصدر الكاديوم وحموضة الماء. المياه السطحية المحتوية على ميكرو جرامات قليلة فى اللتر تكون نتيجة التلوث بمياه لصرف الصناعى أو من مقابل القمامة. وتقترن المستويات المرتفعة من الكاديوم فى مياه الصنبور بالمواسير المنزلية او المواسير المجفنة بالزنك وكذلك سبائك اللحام و تآكل مهمات السباكة من الصلب والنحاس الذى يدخل الكاديوم فى مكوناتها او طلائها بما يعطيها اللون الفضى.

وتحتوى مياه الشرب عادة على تركيز منخفض جداً من الكاديوم وان كانت مياه الابار تحتوى على تركيزات مرتفعة من الكاديوم. ويزداد تركيز الكاديوم فى المياه اليسر وذات الرقم الهيدروجينى المنخفض حيث ان حالة المياه هى التى تساعد على تآكل طلاء المواسير ومادة الجلفية من الزنك الذى يحتوى على الكاديوم وكذلك معدن الكاديوم من مكونات سبائك الصلب المقاوم وبعض سبائك النحاس والكاديوم المستخدم فى طلاء المهمات المعدنية.

يزداد التلوث مع بطئ حركة المياه وزيادة زمن وجودها فى الشبكة. ويتراوح التعرض اليومى للكاديوم عن طريق الماء على اساس استهلاك ٢ لتر فى اليوم الى اقل من واحد ملجرام / لتر او اكثر الا انه يمكن ان يكون جميع الكاديوم غير مستهلك نظرا لالتصاقه بأسطح الأنية فى اعداد مشروبات معينة مثل الشاي. معظم المواد الغذائية تحتوى على آثار من الكاديوم وتحتوى المحاصيل المنتجة فى التربة الملوثة بالمخلفات الصناعية أو رويت بمياه ملوثة على تراكيز أكبر وكذلك لحوم الماشية التى ترعى فى مزارع ملوثة. وكلية الحيوانات وأكبادها تركيز الكاديوم

ومن يتناول هذه الأطعمة يتناول جرعات زائدة من الكادميوم. والمحار يميل إلى تكديس الكادميوم، ومصدر اضافي آخر للكادميوم هو سماد الفوسفات.

معظم المواد الغذائية تحتوى على اقل من ١, مليجرام / كيلو جرام رطب وتتراوح المدخلات الغذائية النمطية من ١٥ - ٦٠ مليجرام كادميوم فى اليوم. أما عن الكادميوم فى الهواء فيمكن القول بصفة عامة أن مستوياته منخفضة وقد تصل تركيزاته أقل من ٠,٠٠١ الى ٠,٠٥ مليجرام / م^٣ تبعاً لوجود الصناعات الباعثة للكادميوم. فقد تصل إلى ٣,٥ مليجرام / م^٣ للقيم العالية للتلوث. والجسيمات التى ترسب و تحتجز فى الرئة ٢٥ % من الجسيمات الموجودة فى الهواء الجوى.

ويوجد الكادميوم فى التبغ فالسيجارة تحتوى على ١-٢ مليجرام. ولما كان الكادميوم يتطاير عند درجات الحرارة المرتفعة فإن بعضه يستنشق أثناء التدخين. عادة ما يستنشق ٢-٤ مليجرام من الكادميوم لكل ٢٠ سيجارة ويحتمل ان يرسب ٥٠% منها فى الرئتين.

والكادميوم يمتص بسهولة عند تناول فى الغذاء أو الماء أو من خلال الرئتين. ويتأثر الامتصاص الغذائى بعدد من العوامل مثل السن ونقص الكالسيوم والحديد والزنك والبروتين والشكل الكيميائى. الكادميوم المتناول كما هو الحال مع الرصاص من المحتمل أن تؤثر حالة المعدة على الكمية الممتصة كما أن نقص الحديد والكالسيوم والبروتين يزيد من معدل الامتصاص المعدى المعوى. ويتوقف الإمتصاص الرئوى على حجم وزوبان الجسيمات المحتوية على الكادميوم حيث يحتبس فى الرئة مايقرب من ٥٠% من الجسيمات التى يبلغ حجمها ٠,١ ميكرومتر بالمقارنة بـ ٢٠% من الجسيمات التى يبلغ حجمها ٢ ميكرومتر وقدرت نسبة ٢٥ الى ٥٠% من الجسيمات تحتبس فى كل من حالات الهواء العمام ودخان التبغ.

ونظراً لأن التعرض للكادميوم وارد من الماء والطعام والهواء والتعرض المهني فقد أوصت منظمة الصحة العالمية ألا يزيد المدخول الأسبوعى من الكادميوم عن ٠,٥ ملجرام للشخص. يدخل الكادميو الممتص الى الدم ويتركز فى

أجزاء معينة من الجسم وتعمل الكلى والكبد كمخازن للكاديوم (حيث يحتوى هذين العضوين على ٥٠% من الكاديوم المتراكم).

والكاديوم يزداد تراكمه مع العمر ولقد وجد ان المشيمة تعمل كحاجز فعال الى حد ما للكاديوم لهذا فان المواليد يكونون خاليين تماما منه (مايقرب من واحد ملجرام فقط) بينما من هم فى الخمسينيات يمكن ان يخترنوا فى اجسامهم ٥٠-٦٠ ملجرام. وعادة ما تكون مستويات الدم اقل من ٢٠ ملجرام فى التراب بالنسبة لغير المدخنين، وعملية افرار الكاديوم بطيئة عادة وتتم عن الطريق البول اساسا. وعن التأثيرات الصحية فقد ظهرت تأثيرات حادة حينما تلوث الطعام عند استخدام الأنية المطلية بالكاديوم وهذه التأثيرات هى امراض معدية ومعويه شديدة. وتأكدت التأثيرات الصحية بالنسبة للعمال المعرضين لأدخنة وغبار اكسيد الكاديوم حيث ظهرت حالات التهاب فى القصبة الهوائية وفقر الدم وحصوات فى الكلى نظرا لان الكلى هى العضو الاساسى لتراكم الكاديوم فى جسم الانسان.

وتقترن التأثيرات الكلوية للتسمم بظهور البروتين والسكر والاحماض الامينية فى البول. كما ان هناك دلائل على حدوث ضغط الدم المرتفع بعد تعرض غذائى منخفض طويل المدى، وكما ان الكاديوم فى مياه الشرب يقلل من امتصاص الحديد فى المعدة والامعاء. والتعرض الشديد للكاديوم والممتد يشكل خطرا متزايدا لاصابة بسرطان البروستاتا ولقد اتفق فريق دراسة لمنظمة الصحة العالمية على قبول قيمة ١٠ ملجرام / لتر فى الدم كمستوى لعدم حدوث تأثير ضار، وهذا يتطلب ألا يزيد مدخول الكاديوم للشخص البالغ فى اليوم عن ٥٠-٧٠ ملجرام. وقد قدرت الجرعة المميته بعدة مئات من المليجرامات. وقد أوصى ألا يزيد محتوى الكاديوم فى مياه الشرب عن ٠,٠٠٥ ملجرام / لتر.

٥- السيلينيوم: ٠,٠١ جزء من المليون

السيلينيوم من العناصر التي يحتاجها جسم الإنسان بمقادير معينة. يوجد السيلينيوم فى خامات معدنية مختلفة أساسا فى خام الفضة والنحاس كما يوجد السيلينيوم مع الزنك والنحاس. والمصدر الرئيسى للسيلينيوم هو استخلاص

النحاس حيث يحتوى أنود النحاس الذى يتم ترسيبه على الكاثود بنسبة ٩٩,٩% حوالى من ٠,٠٣ الى ٠,١٤% من السيلينيوم، وكذلك الخبث الناتج من صهر النحاس قد يحتوى على ٩,٨% سيلينيوم.

ويستخلص السيلينيوم من النحاس بمعدل ٠,٦٦ رطل من كل طن من النحاس أو عند تحميص خام كبريتيد الحديد لانتاج حامض كبريتيك حيث يتكون أكسيد السيلينيوم الذي قد يذوب فى الماء مكونا حامض ($H_2Se_4O_4$) وكلا من الحامض والاكسيد يذوبان فى الماء. وأملاح السيلينيوم مع الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والكبريت لاتذوب فى الماء ومركباته مع الكلور والبروم والفلور تذوب فى الماء. ويستخدم معدن السيلينيوم فى الخلايا الضوئية وكمثبت للتيار الكهربائى ويضاف السيلينيوم الى مسبوكات الصلب والنحاس لتحسين خصائص التشغيل الميكانيكى للسبائك.

وتستخدم سبائك السيلينيوم مع النحاس لانتاج سبيكه عاليه التوصيل الكهربى وكذلك فى صناعة الزجاج لازالة اللون الأخضر للحديدوز وتستخدم سيلينات الصوديوم لانتاج الزجاج الاحمر النظيف وكذلك لعمل التزجيج باللون الاحمر. اضافة ١-٣% من السيلينيوم يزيد مقاومة البرى للمطاط ويستخدم فى كيماويات التصوير والطبع ورغم ان معدن الفلز يعتبر غير سام الا ان كثيرا من مركباته تعتبر سامة مثل غاز سيلينيد الهيدروجين وهو ذو رائحة كريهة. التربة المحتوية على السيلينيوم تسبب السمية للإنسان والحيوان الا انه قد ظهرت أمراض متوطنة لحيوانات الزراعة فى مناطق ذات مستويات منخفضة من السيلينيوم وعلى الجانب الأخر ترتب على جرعات العاليه من السيلينيوم ظهور أمراض أخرى فى حيوانات الزراعة. من الدراسات التى أجريت على الإنسان وجدت أدله ان السيلينيوم ضرورى لصحة الانسان وان المدخول المنخفض يسبب مرض عضله القلب عند الأطفال ومع المدخول المرتفع تحدث اضطرابات معديه معويه وتلون للجلد ومرض الأسنان وتسوسها.

وباستثناء من يتعرضون مهنيا حيث يتعرض من خلال الهواء والتلامس الجلدى فان تعرض عامة السكان للسيلينيوم يكون عن طريق الطعام ومستوياته.

الأغذية الخضروات والفواكه تمثل مصدرا غذائيا ضعفيا على نقيض الحبوب واللحوم وخاصة لحوم الأعضاء الداخلية. والتركيب الكيماوى للتربة ومحتواها من السيلينيوم له تأثير واضح على محتوى السيلينيوم فى الحبوب والذى يتراوح ما بين ٠,٤ حتى ٢٠ جزء فى المليون. يتراوح المدخول الغذائى من السيلينيوم للأشخاص الأصحاء حوالى ٢٠ جزء فى المليون. وتقدر الأغذية النموذجية حوالى ١٠٠-٢٠٠ ملجرام / اليوم للسكان البالغين وقد تزداد فى بعض البلدان الى ٣٦٠ ملجرام / اليوم. التعرض التنفسى لايسهم كثيرا فى المدخول اليومى للسيلينيوم سواء عن طريق الهواء او عن طريق التدخين. املاح السيلينيوم القابلة للذوبان فى الماء مثل سيلينات الصوديوم تمتص بسهولة بنسبة ٩٥%. السيلينيوم الممتص يوزع على نطاق واسع فى الاعضاء والانسجة مع وجود مستويات عالية فى الكبد والكلية. والسيلينيوم ينفذ من خلال المشيمة وكذلك إلى اللبن ويتوقف ذلك على شكله الكيماوى. وفى ظروف التعرض السائد بين السكان يسود افراغ السيلينيوم البولى. ويتوقف معدل التخلص على الشكل الكيماوى للسيلينيوم المأخوذ. وتبين المعطيات المتاحة عن الانسان ان السيلينيوم المعطى على هيئة سيلينات يفرغ من الجسم بمعدل اسرع مما لو اعطى على شكل عضوى مثل السليوميترين. وتوجد بعض التناقضات عن تأثيرات السيلينيوم العاليه فى مياه الشرب فقد افادت بعضها أن السيلينيوم الزائد عن الضرورى للغذاء واق ضد ظهور السرطان فى حيوانات التجارب. وقد افترضت وكالة البيئة الأمريكية مستوى ٠,٠١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب وعدل ليكون ٠,٠٥ ملجرام / لتر. والمعدل المقرر فى مصر حاليا هو ٠,٠١ ملجرام / لتر.

٦- الزئبق: ٠,٠٠١ ملجرام / لتر

الخام الرئيسى لعنصر الزئبق هو كبريتيد الزئبق أو السينابار (Cinabar- HgS) و يوجد خام الزئبق فى عدد قليل من دول العالم وهى امريكا، روسيا، الصين، أسبانيا، المكسيك، ايطاليا، يوغوسلافيا، الفلبين. والسينابار يوجد نتيجة الأنشطة البركانية. والزئبق يستخدم فى صناعة الأجهزة الكهربائية وفى انتاج الكلور والصودا الكاوية بالتحليل الكهربى حيث يستخدم كاثود، كما يستخدم فى منع التراكم

البيولوجي (Anti Fouling) وفي أجهزة القياس والتحكم وفي الصناعات الدوائية وفي علاج الأسنان وفي صناعة المبيدات وصناعة الورق ولب الورق وفي بعض الصناعات الكيميائية. ويستخدم كملمع في الصناعات المعدنية.

ويحدث التسمم بالزئبق في مناجم إنتاج الخام وعمليات التصنيع لإنتاج الزئبق أو مستحضراته. الزئبق يمكن أن ينتشر إلى جسيمات متناهية في الصغر. كما يمكن الحصول على بودرة الزئبق الرمادية يرج الزئبق مع الدهون أو التباشير أو السكر أو الكحول وكذلك مع عدد من المواد الأخرى. يحدث التسمم عند التداول مع عدم الحذر من قدرة الزئبق على التثنت. ولما لهو من كثافة نوعية عالية ١٣,٦ ولذا يلزم الحذر عند تداول واستخدام الزئبق مع البحث عن بدائل لإستخداماته حيث يمكن استخدام النحاس وعدد كبير من المركبات العضوية فى عدد كبير من الصناعات ومنها الزراعية وغيرها. وقد أستبدل فى صناعة العقاقير الدوائية بعقاقير الكبريت واليود والمطهرات كما استبدل مملع الزئبق فى طب الأسنان بمسحوق المعادن والبورسلين والبلاستيك وأصبحت مفضلة. والزئبق يذوب كثيراً من المعادن مكونا مملع (Amalgam) عدا معدن الحديد ومعدن البلاتين. معظم مركبات الزئبق لانتوب فى الماء عدا كلوريد الزئبق وأيدروكسيد الزئبق. وقد يوجد الزئبق فى البيئة فى شكل الفلز والأملاح أحادية وثنائية التكافى والزئبقيات العضوية وأهمها هو ميثيل الزئبق، والذى يمكن أن يتكون عند تفاعل الزئبق مع غاز الميثان الناتج من التحلل اللاهوائى للمخلفات العضوية.

الأسماك والتدييات تمتص ميثيل الزئبق وتحتبسه مدى أكبر من الزئبق الغير عضوى. ويوجد الزئبق فى البيئة فى الغازات المتصاعدة من الأنشطة الصناعية المتصلة مباشرة بإنتاج الزئبق أو استخدامه بالإضافة إلى الغازات الصناعية المتصاعدة من القشرة الأرضية الملوثة بمخلفات مركبات الزئبق أو المحتوية على خاماته. وفى معظم مياه المجارى السطحية نجد أن الأيدروكسيد والكلوريد هما النوعان السائدان من مركبات الزئبق وعادة ما تكون مستوياتهم أقل من ٠,٠٠١ ملجرام / لتر وقد تصل إلى ٠,٠٣ ملجرام / لتر. ومستويات الزئبق فى مياه الشرب المعالجة بالمرشحات عادة ما تكون منخفضة جدا نتيجة لإستخدام مواد

الترويب. وحيثما لا يوجد دليل على التلوث بالزئبق تكون مستويات الزئبق فى مصادر المياه العذبة أقل من ٠,٠٠٠٢ ملجرام / لتر والتي تنخفض إلى أقل من ذلك أثناء معالجة المياه بالمرشحات.

الطعام هو المصدر الرئيسى للزئبق لدى السكان المعرضين بشكل غير مهني، وميثيل الزئبق الموجود فى الطعام يعود معظمه إلى الأسماك ومنتجات الأسماك. نسبة إمتصاص الزئبق عن طريق الطعام ٨% وعن طريق الهواء تبلغ نسبة الإحتياس ٨٠% وعن طريق الماء يبلغ نسبة الإمتصاص ١٥%. وإمتصاص ميثيل الزئبق فى الطعام والماء يكاد يكون تاما. الزئبق لا يخدم أى وظيفة فسيولوجية نافعة للإنسان ولكل من مركبات الزئبق خواصها الذاتية كمادة سامة. تتراكم مركبات الزئبق اللاعضوية بسرعة فى الكلى التى هى العضو المستهدف الرئيسى لهذه المركبات وسرعان ما يظهر ميثيل الزئبق $(CH_3)_2Hg$ فى الدم حيث يرتبط ٨٠ - ٩٠% بالخلايا الحمراء فى الإنسان. وتتم عملية التحويل من ميثيل الزئبق إلى الزئبق اللاعضوى بمعدل بطيئ. وترجع السمية الذاتية الكبيرة لميثيل الزئبق مقارنة بالزئبق اللاعضوى الى زوبانه فى الدهون وبذلك يسهل عبوره الأغشية البيولوجية الى الرأس والنخاع الشوكى والأعصاب المحيطية وعبر المشيمة. وتفرغ أملاح الزئبق من الكلية والكبد والغشاء المخاطى المعوى وغدد العرق والغدد اللعابية وخلال اللبن واهم سبل الأفرارغ هى البول والبراز. وتأخذ التأثيرات الهامة للتسمم بالزئبق شكل الإضطرابات العصبية والكلىوية التى تقترن أساساً بمركبات الزئبق العضوية واللاعضوية، حيث ان مركبات الزئبق اللاعضوية لا تمتص بسهولة فى الجهاز الهضمى وبالتالي لا تخترق الخلايا مثل ميثيل الزئبق العضوى.

لم تقترح منظمة الصحة العالمية قيمة دليلة للملوثات من مركبات الزئبق فى مياه الشرب ولكن وكالة البئية الأمريكية قد أقترحت ٠,٠٠٢ ملجرام / لتر. اللجنة العليا لمياه الشرب فى مصر قد اوصت بمعايير للزئبق فى مياه الشرب لا تزيد عن ٠,٠٠١ ملجرام / لتر وهو المستوى المقرر.

٧- الكروم: ٠,٠٥ ملليجرام / لتر

الخام الرئيس للكروم هو كرومات الحديدوز وينتج بتسخين الخام فى فرن كهربى لإنتاج الفيروكروم الذى يستخدم فى صناعة سبائك الصلب. يتفاعل الكروم مع الكلور والبروم. تستخدم أملاح الكروم مثل كبريتات الكروم فى صناعة النسيج والصباغة ودباغة الجلود وفى أحواض التثبيت والطباعة للصور الفوتوغرافية وفى صناعة السيراميك. ولايتأثر الكروم بالرطوبة أو الماء عند درجات الحرارة العادية. ولاينوب اكسيد الكروم فى الماء. وأملاح الكروم عوامل اختزال قوية. ويستخدم اكسيد الكروم فى صناعة الزجاج الأخضر والأصفر. أما الاستخدام الرئيسى للكروم فهو فى صناعة السبائك مع معادن كثيرة، حيث يستخدم فى إنتاج الصلب لزيادة الصلابة. ويوفر الكروم فى سبيكة الصلب المقاومة للتآكل (Stainless Steel) وارتفاع درجات الحرارة ومقاومة الكيمياويات. ويضاف الكروم فى صناعة سبائك النحاس كذلك. والاستخدام الأخر الرئيسى للكروم هو فى تغطية أسطح المعادن بالترسيب الكهربى بما يعطيها اللون الجميل ومقاومة التآكل والبرى والاحتكاك كما فى حالة تغطية سبيكة النحاس مع النيكل. ولتغطية الزنك والكاديوم والألومنيوم والمغنيسيوم والنحاس فإنها تتم بغمر هذه المعادن فى محلول محتوى على الكروم السداسى شديد السمية.

والكروم فى التربة قد يوجد فى الشكل الثلاثى التكافؤ ونادرا ما يوجد فى الشكل السداسى التكافؤ. والكروم فى الطبيعة غير مذاب فى الماء الا ان تأثير الطقس والآثار الناتجة عن النشاط البيولوجى قد تحوله الى المركب المذاب بنسبة قليلة. ولذلك فان معظم مركبات الكروم التى تذوب فى المياه تكون ناتجة عن التلوث بمخلفات الصناعة وخاصة الكروم السداسى. والشكل الثلاثى التكافؤ هو الثابت نظرا لسهولة اختزال الكروم السداسى التكافؤ بظروف بيئية مختلفة من المواد العضوية. ومستويات الكروم الموجود فى الماء عموما منخفض نظراً لقلّة ذوبانه فى الماء. تلوث المياه فى بعض الحالات يرجع الى الصرف الصناعى الغير معالج الذى يحتوى على مركبات الكروم فى المجارى المائية. ويكون الكروم فى الشكل الثلاثى أو السداسى التكافؤ فى شكل جسيمات عالقه او كملح مذاب وكثيرا ما

يكون كمركب كيماوى معقد. يتحول الكروم الثلاثى التكافؤ الى ايدروكسيد الكروم الغير مذاب فى المجال القلوى. وتقترن المستويات العالية للكروم فى الماء بدرجعة العسر حيث تزداد مع زيادة عسر المياه. وقد تصل مستويات الكروم الكلى فى الماء الى ١٠ ملليجرام / لتر. عادة ماتكون المياه المعالجة بالمرشحات اقل فى محتواها من الكروم من المياه الخام، ولذلك فان محتوى مياه الشرب من الكروم يكون بمقادير منخفضة جدا. قد يزداد التركيز فى مياه الشرب بسبب التصاق المياه فى المواسير والسباكة المحتوية على الكروم. ويندر وجود الكروم ثلاثى التكافؤ فى مياه الشرب المكوره حيث يتأكسد الى سداسى الكلور. تختلف المواد الغذائية فى محتواها من الكروم. وبعض الأطعمة البحرية تحتوى على مستويات مرتفعة تبلغ من ٠,٠٢ - ٠,٢ ملليجرام / لتر. ويوجد الكروم فى الخمور وفى المواد الغذائية فى شكلية الثلاثى والسداسى التكافؤ أو نتيجة التلوث من الأنيسة المطايبة بالكروم او المصنعة من الصلب الذى لا يصدأ. يصل المدخول الغذائى من الكروم ما بين ١٠٠ - ٣٠٠ ملليجرام / فى اليوم. تبلغ مستويات الكروم فى الهواء فى المتوسط فى المدن ٠,٠٢ ملجرام / م^٣. ومعظم الكروم الموجود فى الهواء يأخذ شكل جسيمات دقيقة، ويترسب نصف ما يستنشق منها فى الجهاز التنفسى، وتبلغ الكمية المترسبة فى الرئتين ٠,٢ ملليجرام / يوميا. تحتوى السجائر على آثار من الكروم تبلغ حوالى واحد ملليجرام للسيجارة الواحدة. وقدر المدخول اليومى من الكروم على اساس امتصاص ١٠% من الكروم عن طريق الطعام و الماء، ٥٠% من الكروم العالق فى الهواء الجوى الذى يمتص ويحتجز. (متوسط الكروم فى الهواء الجوى ٠,٠٢ ملليجرام / م^٣). يمتص الكروم من خلال الجهازين الهضمى والتنفسى وتختلف الكمية الممتصة فى كل من الجهازين وطبقا لشكل الكروم. والكروم ثلاثى التكافؤ ضرورى للإنسان للوقاية من بعض الأمراض مثل مرض السكر وهو عديم السمية. الكروم سداسى التكافؤ سام. يبلغ معدل امتصاص الكروم سداسى التكافؤ ٩ أمثال امتصاص الكروم ثلاثى التكافؤ المنقولين بالماء. والكروم سداسى التكافؤ المنقول والمذاب فى الماء هو من مسببات اضرار الكروم فعند ١٠ جزء فى المليون مسن وزن الانسان يحدث نخر فى الكبد والتهاب الكلى والوفاه أما الجرعات الأقل فإنها تسبب تهيج الغشاء المخاطى للمعدة والأمعاء. توجد دلائل لكون الكروم سداسى

التكافؤ يسبب السرطان الرئوى وسرطان البروتستاتا وحدوث التهابات جلدية وقرحات فى الغشاء المخاطى. اكبر مخازن للكروم فى جسم الانسان هسى الجلد والعضلات والدهون. ومستوياته فى الأنسجة دالة للجنس والسن والموقع الجغرافى. وهناك الية فى الجسم تمنع تراكم مقادير زائدة من الكروم ثلاثى التكافؤ. ويفرغ الكروم ببطئ فى البول وكذلك فى البراز والمستوى المقرر للكروم الكلى الا يزيد عن ٠,١ ملليجرام / لتر من مياه الشرب ولذلك فان المعايير التى اصدرتها وزارة الصحة لمحتوى مياه الشرب من الكروم الكلى هو ٠,٠٥ ملليجرام / لتر.

٨- النترات و النيتريت: (NO_3, NO_2) ، ١٠ ، ٠,٠٠٥ ملليجرام / لتر

النترات موجودة على نطاق واسع وبكميات كبيرة فى التربة فى معظم المياه والنباتات والخضروات. والنيتريت موجود كذلك على نطاق واسع الى حد ما ولكن عادة بمستويات أقل كثيرا من النترات. كلا من النترات والنيتريت يتحول احدهما الى الآخر فى الطبيعة. وعادة ماتكون التأثيرات الصحية للنترات نتيجة لسهولة تحولها الى النيتريت فى الجسم. والنترات ناتجة اكسدة النيتروجين العضوى ببكتريا التربة والماء حيثما وجد قدر كاف من الأوكسجين، وتسمى البكتريا التى تقوم بهذا الدور بالبكتريا المؤكسدة للنيتروجين العضوى.

واحد الاستعمالات الاساسية للنترات يكون فى شكل السماد النيتروجينى، وكذلك فان معظم الاسمدة الأخرى المحتوية على نيتروجين تتحول الى نترات فى التربة. وتستعمل النترات فى صناعة الاسمدة وكموامل مؤكسدة فى الصناعات الكيمائية وصناعة المفرقات والاستعمال الرئيسى لأملاح النترات من الصويوم والبوتاسيوم هو لحفظ الاطعمة. وتنتج النترات والنيتريت فى التربة نتيجة لتحلل البكتريا للمواد العضوية سواء كانت نباتية أو حيوانية. ونظرا للانتشار الواسع للنترات والنيتريت فى البيئة فإنها توجد فى معظم الاطعمة وفى الجو وفى كثير من مصادر المياه. ويرجع وجود النترات والنيتريت فى الماء إلى إستعمال الأسمدة والمواد النباتية والحيوانية والصراف الصحى والزراعى فى الماء أو فى التربة، وهذه تحدث تلوث للمياه السطحية والجوفية. مستويات النترات فى المياه الملوثة

أعلا كثيرا من مستويات النيتريت. مستوى النيتريت فى المياه الكلورة أقل من وجوده فى المياه الخام حيث يكون حوالى ٠,٠٠٥ ملجرام / لتر. توجد معظم المستويات العالية للنترات فى المياه الجوفية. وفى المياه السطحية فإن النترات تستنفذ بواسطة النباتات المائية. وتركيز النترات لا يتغير بشكل واضح فى شبكة التوزيع حيث المستوى فى الماء الخام هو فى شبكة التوزيع. كما يوجد فى الطعام كميات من النترات وكميات من النيتريت أقل منها فى أطعمة معينة. ومدخول الانسان الرئيس من النترات والنيتريت هو الطعام. وقد يصل تركيز النترات فى محاصيل مثل الكرنب والكرفس والخس والبطاطس والسبانخ والعديد من الخضروات الجذرية الى ١٠٠ جزء فى المليون. وهذه تحتوى على مستويات عالية من النترات لكنها لا تحتوى إلا على قدر صغير من النيتريت. ومصد اخر لتناول النترات والنيتريت وهو اللعاب . فالانسان يفرز حوالى ١٠ ملجرام نيتروجين نترات فى اليوم ويختزل منها الى النيتريت حوالى ٢ ملجرام فى اليوم. والنترات مشتقة أساسا من الطعام وخاصة الخضروات. بالنسبة لمختلف الأفراد، يمكن أن يكون هناك مدى واسع من التعرض المحتمل للنترات والنيتريت فى الماء والطعام والهواء من خلال إحتراق الفحم والوقود والغاز ومصادر أخرى. وإن كان يبدو أن تلوث الهواء العام يمثل مصدرا غير ذى أهمية نسبيا. كلا من النترات والنيتريت سهل الامتصاص جدا فى الجسم حيث نسبة الامتصاص ١٠٠%.

النترات فى مياه الشرب لها آثار سلبية على صحة الانسان وذلك لاختزال النترات الى النيتريت بواسطة بعض البكتريا ثم امتصاص النيتريت للاكسجين بما يعيق تكون كرات الدم الحمراء عند الأطفال والرضع، كما أن هناك احتمالات لحدوث سرطان المثانة. وقد أوصت معايير الملوثات فى مياه الشرب على ألا يزيد محتوى المياه من نيتروجين النترات ($N-NO_3$) عن ١٠ ملجرام / لتر، من نيتروجين النيتريت ($N-NO_2$) عن ٠,٠٠٥ ملجرام/لتر. وألا يزيد مجموع كليها عن ١٠ ملجرام / لتر. وكذلك يلزم عند تحضير الأطعمة للأطفال عدم المبالغة فى تسخين المياه تحاشيا لزيادة البخر وزيادة التركيز فى الماء.

٩- الفلوريدات: ٠,٨ مليجرام / لتر

الفلور عنصر شائع الى حدما ويوجد على شكل الفلوريد فى عدد من الخامات مثل الفلورسبار والكريوليت والفلوراباتيت كما يوجد فى كثير من الصخور. والفلوريدات موجودة فى أسمدة الفوسفات وفى الطوب والخزف والقرميد. وخام الفلور هو الفلورايت ويسمى كذلك الفلورسبار (Flour Spar) وتركيبه الكيمائى هو فلورايد الكالسيوم (CaF_2). والخام له بريق حاد وقد يكون شفاف أو شبه شفاف، وهو غير متجانس ويتغير اللون فقد يكون بنفسجى أو أخضر أو أصفر أو قرمضى أو أزرق أو بنى أو أسود أو لالون له. ويوجد الخام فى شكل كتل بلورية (Crystals) أو فى شكل كتل عادية. وقد يوجد الخام ومعه خام الرصاص والفضة أو الزنك أو مع خامات الكاليسيت ($CaCO_3$) والكوراتز والبايريت $BaSO_4$ وقد يوجد بدون اى من هذه الملوثات. والخامات عموماً توجد فى الصخور الرسوبية. والفلوريدات تستخدم فى صناعة الألومنيوم وفى الصناعات المعدنية عموماً لقدرتها على تقليل لزوجة الخبث كما يستخدم فى صناعة السيراميك. توجد آثار من الفلوريد فى كثير من المياه كما توجد التركيزات العالية فى المياه الجوفية. وقد يصل التركيز فى مياه الآبار إلى ١٠ مليجرام / لتر وفى مياه المجارى السطحية إلى حوالى ١ مليجرام / لتر.

ومستويات الفلوريد فى الماء صغيرة تشبة إلى حد كبير نفس المستوى الموجود فى مياه المصدر. وقد تزيد هذه النسبة فى حالة إضافة الفلوريد للماء ليصل تركيز الفلوريد إلى ٠,٦ - ١,٧ مليجرام / لتر لأسباب صحية منها تقوية الأسنان والعظام. ومع تناول لترين من الماء يومياً فإنه يمكن عندئذ تناول ١,٢ - ٣,٤ مليجرام فلوريد يومياً من مياه الشرب.

توجد المركبات المحتوية على الفلوريد فى الهواء الناتجة عن العمليات الصناعية وخاصة عمليات صهر الألومنيوم وصناعة الزجاج حيث يصل التركيز إلى عدة مليجرامات / م^٣ ويعتبر التعرض التام لأقل من واحد مليجرام / م^٣ مقبول. وفى الغذاء فإن جميع المواد الغذائية تقريباً تحتوى على آثار من عنصر الفلور وكذلك جميع النباتات التى تمتصه من التربة والماء. ويمكن أن يحتوى الشاي

والأسماك وبعض الخضروات على مستويات عالية. فقد يصل التركيز في بعض الأسماك إلى ١٠٠ جزء في المليون وفي الشاي أكثر من ضعف هذا التركيز مقارنة بالمواد الغذائية الأخرى التي نادراً ما يزيد محتواها عن ١٠ جزء في المليون. ويزداد مستوى الفلوريد في المواد الغذائية المحضرة عند استعمال الماء المغلى حيث قد يصل إلى الضعف في بعض الصناعات الغذائية. ولا يعتبر ان تعرض للفلور بالتدخين مصدراً هاماً مقارنة بالمصادر الأخرى. كما يمكن أن يتعرض عامة السكان لمنتجات شتى تحتوي على الفلور مثل معجون الأسنان ومسحوق الأسنان وغسولات الفم ولبان المضغ وبعض الفيتامينات التكميلية والأدوية من الفلوريد الغير عضوى والذى يذوب في الماء. وعادة ما تضاف هذه المركبات إلى مستحضرات الأسنان بتركيز واحد في الألف. وقد أظهرت الدراسات أن إمتصاص الفلور يتم بكميات كبيرة عن هذه الطرق، حيث يمكن أن يصل إلى ٥٠ مليجرام فلور لكل غسلة بفرشاة الأسنان. كما توجد الأقراص التي تحتوي على فلوريد الصوديوم المضاد للتسوس والإستعمال المنتظم لهذه الأقراص يصل إلى حوالي مليجرام واحد من الفلوريد في اليوم.

الفلوريد المتناول مع الماء يكاد يكون إمتصاصه كاملاً أما الفلورايد الغذائية فإن إمتصاصه ليس كاملاً. وفي حالة أغذية معينة مثل الأسماك واللحوم لا يمتص سوى ٢٥ % من الفلوريد. الفلوريد الممتص يتوزع بسرعة فى أنحاء الجسم ويحتجز أساساً فى الهيكل العظمى ونسبة صغيرة فى عظام الأسنان. تتراكم كمية الفلور فى العظام حتى سن ٥٥ سنة. ويقل معدل إحتجاز الفلوريد مع التقدم فى السن ويكون متاحاً للإفراز الكلوى.

كثير من اعراض التسمم بالفلوريد نتيجة إرتباطه بالكالسيوم. وفى الجرعات العالية يكون شديد السمية وتشمل الأعراض المرضية الإلتهاب المعدى المعوى والنزيف والتهاب الكلى الحاد وشتى درجات إصابة الكبد وعضلة القلب. وتبلغ الجرعة المميتة الحادة خمسة جرامات على شكل فلوريد الصوديوم بما يعادل ٢ جرام فلور. وقد تظهر علامات التسمم الأولى مثل القيئ وآلام البطن والغثيان والإسهال. وقد تبين أن المغولية (Mongolism) والسرطان يقترنان بالمستويات

المرتفعة من الفلوريد في الماء. وتظهر الحساسية من الفلور لدى الملايين من شاربى الشاي أحياناً وخاصة الكميات الكبيرة من نقيع الشاي (المغلى).

وقد نص في معايير مياه الشرب ألا تزيد نسبة الفلوريدات عن ٠,٨ ملليجرام / لتر. وفي مدارس الأطفال حيث بدء ظهور ونمو الأسنان تكون مياه الشرب لهم محتوية على ١,٥ ملليجرام/لتر من الفلوريد.

١٠- المواد الغير عضوية ذات التأثير على الصحة العامة والتي لم ينص عليها في معايير مياه الشرب والإستخدام المنزلى ، والتي نص عليها في دلائل مياه الشرب التي أعدتها منظمة الصحة العالمية . وهذه تشمل الفضة ، النيكل ، البريليوم والأسبستوس .

أ- الفضة: ٠,٠٩ ملليجرام / لتر

توجد الفضة في جميع أنحاء العالم ومن خاماتها كلوريد الفضة وكبريتات الفضة وتوجد كذلك في خامات النحاس والرصاص والزنك. ويعاد إستخلاص كمية كبيرة من الفضة من أفلام التصوير ومحاليل الطبع والتحميض ومن التحف الفنية والصناعات الفضية وصناعات أخرى. وتوجد الفضة في القشرة الأرضية بتركيز يبلغ ٠,١ جزء في المليون. وتستعمل الفضة في سبائك كثيرة وفي مواد اللحام وفي التصوير الضوئي والمعدات الكهربائية والطلاء الكهربى بالفضة. كما تستخدم الفضة في حشو الأسنان من سبيكة مكونة من ٧٠% فضة، ٢٦% قصدير، ٣% نحاس، ١% زنك، كما تستخدم مع الزئبق لتكوين مملغم (Amalgam)، كما تستخدم بودرة السبيكة (حالياً ترزيز - Atomized) بنسبة ٥% من السبيكة، ٥-٨ جزء من الزئبق.

نسبة الفضة في الماء الخام او المعالج ترجع إلى مصادر طبيعية أو من الملوثات في مياه الصرف الصناعى، كما أن تآكل بعض المعادن والسبائك فى شبكات المياه التى تحتوى على آثار من الفضة يزيد من الفضة فى المياه بعد المعالجة. ومحتوى المواد الغذائية من الفضة تافه جداً والإستثناء الوحيد هو "عيش

الغراب" الذى قد يحتوى على أكثر من مائة جزء فى المليون. وشنتى الأغذية توفر من ١ - ٨٠ ملجرام من الفضة فى اليوم، وكذلك الخضروات التى تعد بماء يحتوى على الفضة فإنها تمتص الفضة بشكل كبير. والقيم التقديرية لمدخول الفضة من الأطعمة عموماً يتراوح ما بين ٢٠-٨٠ ملجرام فى اليوم. مستويات الفضة فى الهواء منخفضة ولا تزيد عن ٠,٠٥ ملجرام / م^٣ والتعرض فى هذه الحالة ليس له تأثير.

لا يوجد دليل على أن الفضة ضرورية لكيان الانسان. وقد سجلت حالات تسمم مميت مع الجرعات المرتفعة. يكمن التأثير الرئيسى للفضة فى إزالة لون الجلد والشعر والأظافر (ظاهرة التفضض) ويحدث نفس الشئ للعمال المعرضين مهنيًا للفضة. وليس للفضة علاقة بالسرطان. الكبد والطحال يركزان الفضة كما تؤثر الفضة على ترسيب البروتينات وتعطل بعض النظم الفسيولوجية. معظم الفضة الممتصة تفرغ مع البراز ولا يحتبس فى الأنسجة إلا كميات صغيرة جداً باستثناء الجلد. منظمة الصحة العالمية حذفَت الفضة كملوث لمياه الشرب وذلك لندرة وجودها. ولكن وكالة البيئة الأمريكية أوصت بقيمة دليلية للفضة فى مياه الشرب لا تزيد عن ٠,٠٩ ملجرام / لتر.

ب- النيكل :

خام النيكل الشائع هو البنتلاندايت وهو أصفر برونزى اللون ويحتوى على ٣٤% نيكل، ويوجد هذا الخام فى مناجم الكبريت التى تحتوى على كميات كبيرة من الحديد والنحاس مع النيكل. وتوجد أنواع أخرى من خام النيكل متحدة مع الكبريت أو الزرنيخ أو السيلكا وهذه تكون قريبة من القشرة الأرضية ولكن بنسب قليلة من خام النيكل مقارنة بخام النيكل فى مناجم الكبريت. ويستخدم النيكل فى كثير من سبائك الصلب وفى سبائك النحاس وخاصة البرونز - ويستخدم النيكل فى الطلاء المعدنى وفى التفاعلات الكيميائية لتنشيطها كعامل وسيط (Catalyst) وفى بعض مبيدات الفطريات. وعند استخدام النيكل فى الطلاء للأوانى المنزلية المستخدمة فى تجهيز الأطعمة قد يسبب بعض التلوث لهذه الأطعمة.

كثيراً من أملاح النيكل تذوب في الماء ولذلك فإن صرف المخلفات الصناعية السائلة الغير معالجة يمكن أن يسبب التلوث لمجارى المياه السطحية والمياه الجوفية. المعالجة التقليدية بالمرشحات تزيل بعضاً من النيكل وهذا يجعل النيكل في المياه المعالجة أقل منه في المياه الخام. ويعتبر تركيز النيكل في مياه الصنبور ٢-٥ مليجرام / لتر مقبولاً إلا أنه يمكن زيادته بسبب الطلاء بالنيكل لبعض مهمات السباكة المنزلية. يوجد النيكل في معظم المواد الغذائية فقد يصل في النيبيذ إلى ٥٠ مليجرام / لتر. ويبلغ تركيز النيكل في هواء المدن الصناعية في الحالة النموذجية إلى حوالى من ١٠-٢٠٠ مليجرام / م^٣ - وتركيزه في المياه قد يصل إلى ٢,٠ مليجرام / لتر.

والسجائر تحتوى على ٣ مليجرام من النيكل في السجارة على هيئة مركب نيكل منطابر يسمى كربونيل النيكل. ويمكن إستنشاق ١٠ - ٢٠% من محتوى النيكل في السجارة. النيكل المستنشق يمتص بنسبة ٥٠% والمبتلع يمتص بنسبة ١% أو قد يزيد قليلاً. ويكاد يكون النيكل ضرورى لتغذية الحيوان ومن المرجح أن يكون كذلك بالنسبة للإنسان. لا يوجد دليل على تراكم النيكل في الأنسجة فهو يفرغ في البراز أساساً مع كميات أصغر في البول كما يمكن أن تفرغ كميات كبيرة فى العرق.

النيكل عنصر غير سام وأكثر الأمراض شيوعاً مع التعرض الصناعى هو إلتهاب الجلد والدوار وضيق التنفس ومشكلات فى الدم والكلى. وقد إعتبر النيكل من العناصر المسرطنة بسبب الإستنشاق ولم تحدد نسب أو معايير للنيكل فى مياه الشرب.

ج - البريليوم

هو العنصر الوحيد خفيف الوزن والذي يذوب عند درجة حرارة مرتفعة حوالى ١٢٧٧° م، ومعدن البريليوم رمادى ويكتسب لمعان قوى لعدة سنوات مع التلميع. البريليوم لا يتأثر بالمياه العادية ولكنه يتأكل بالمياه المحتوية على ٠,٥ جزء فى المليون من الهالوجينات ومنها الكلور الذى يستخدم فى تطهير مياه الشرب.

يوجد البريليوم عادة في تراكيب خام الفيلد سبار المعدنية (Feldspar). والمصدر الرئيسي للتلوث بالبريليوم في البيئة هو حرق الفحم وهذا التلوث عادة يكون طفيفاً. وبسبب خفة الوزن للبريليوم وارتفاع مقاومته للشد أصبح له قيمة كمكون في سبائك خاصة تستخدم في صناعة مركبات الفضاء ونوافذ الأشعة السينية وبعض مكونات في الأجهزة الكهربائية والمفاعلات النووية. ويدخل البريليوم إلى المجارى المائية عن طريق عوامل طبيعية لتفتت الصخور والغيار الجوى والنفايات الصناعية. ومستوياته في المياه العذبة بالغة الإنخفاض حيث تصل إلى أقل من ٠,١ مليجرام / لتر، ٠,٢ مليجرام / لتر في الدول الصناعية. ومحتوى الطعام من البريليوم بين ٠,١ - ٠,١٢ جزء في المليون. ومستوى البريليوم في هواء المدن الصناعية بالغ الأنخفاض ويبلغ ٠,٣ الى ٣ نانو جرام / م^٣. مركبات البريليوم لا يمتص منها سوى ١% في المعدة أما المركبات المستنشقة فتمتص في الرئتين وتجد طريقها إلى الدم والمركبات الغير مذابة تحتجز في الرئتين. البريليوم الممتص إما أن يفرغ في البول أو يرسب في الكلى والعظام. وإستنشاق البريليوم مضر للإنسان حيث يحدث إتهابات في الأنف والبلعوم والرئة والقصبه الهوائية. ونظراً لعدم إمتصاصه فى المعدة والأمعاء فإن سميته منخفضة إلا أن دراسات أجريت تقيد بان إستنشاق البريليوم يحتمل أن يكون من مسببات السرطان للإنسان والحدود العيارية الوحيدة للبريليوم فى الماء وهى تلك التى أصدرها الإتحاد السوفيتى، حيث حدد أقصى تركيز مسموح به فى مياه الشرب ٠,٢ مليجرام / لتر.

د - الأسبتوس

الأسبتوس مصطلح عام يطلق على خامات السيليكا اللبفية. وهذه الخامات تتكون من حوالى ستة عناصر منها السيليكون، ومن خام الأسبتوس أنواع الكريزويل، الأموزيت والأكتينوليت. وخام الأسبتوس يحتوى على ٥٠-٦٠% سيليكاً إلى جانب أكاسيد المغنيسيوم والكالسيوم وغيرها من العناصر. يوجد منجم لخام الأسبتوس فى الصحراء الشرقية فى مصر ولكن هذا الخام لا يصلح للعمليات الصناعية مثل صناعة المواسير من المونة الأسمنتية والأسبتوس التى تستخدم فى نقل المياه. يدخل الأسبتوس فى المياه الطبيعية نتيجة إزابة المعادن

والصخور المحتوية على خام الأسبستوس وكذلك من مياه الصرف الصناعي للصناعات المستخدمة للأسبستوس.

المعالجة التقليدية بالمرشحات تزيل كثيراً من ألياف الأسبستوس إلا أنه قد يصل إلى صنوبر المستهلك عند استخدام مواسير الأسبستوس في نقل المياه. يستخدم الأسبستوس في صناعة الصابون الحجري (Soap Stone) والبيروفيليت المستخدم كمادة حاملة لرزاز مبيدات الهوام. كما تستخدم ألياف الأسبستوس كوسط ترشيحي في الصناعات الكيميائية وقد تناقص استخدامه كوسط ترشيحي في صناعة البيرة. وتوجد تركيزات للأسبستوس في الهواء حوالى ٠,٠٠٠٦ ملليجرام / م^٣ ويتوقف التعرض طبقاً للقرب من المناطق الصناعية المستخدمة للخام أو من مناجم الخام. مدخول الأسبستوس من الهواء أكبر منه من الماء. ألياف الأسبستوس تتبلمع مع الطعام و المشروبات، لم يتأكد أختراق ألياف الأسبستوس لجدار المعدة و الأمعاء فى الظروف الطبيعية، إلا أنه وجد أن هذه الألياف قادرة على اختراق جدار المعدة والأمعاء والوصول الى الدم والأنسجة خلال بعض التجارب على حيوانات التجارب وذلك بعد تناول جرعات عالية تحتوى على ٥% من الطعام لمدة سنتين.

والأسبستوس يمكن أن يرسب فى المسالك الهوائية للجهاز التنفسى بالنقل أو بالعرض ويتحدد الترسيب بالثقل بقطر الليفة وبالعرض بطول الليفة. والمقادير الصغيرة من ألياف الأسبستوس تزال بواسطة الأهداب المخاطية. وفي عدة دراسات وجد عدد قليل من ألياف الأسبستوس فى رئة المرضى العاديين. والفرضية القائلة بأن ألياف الأسبستوس المتناوله تسبب السرطان لا يمكن إستبعادها كما ينتج عن التعرض المهني للأسبستوس المنقول بالهواء تليف رئوى وسرطان بالقصبة الهوائية وبالجهاز الهضمى وسرطان المبيض والحجرة.

وتدل الشواهد بشده على وجود علاقة بين التدخين والأسبستوس فى حدوث سرطان الحجرة والقصبة الهوائية. كما أبلغ أن سرطان المعدة والأمعاء يمثل ثلث الأورام الخبيثة لدى العمال فى مناجم وطواحين الأسبستوس. ولم تعلن معايير قدر الأسبستوس الملوث لمياه الشرب فى إصدارات منظمة الصحة العالمية أو فى معايير مياه الشرب فى مصر.

جدول (٣) القيم الدليله والمعايير لمواد الغير عضوية ذات التأثير على الصحة العامة

المادة	دلائل منظمة الصحة العالمية	معايير وزارة الصحة	المادة	دلائل منظمة الصحة العالمية	معايير وزارة الصحة
الرصاصة	٠,٠٥ ملليجرام/ لتر	٠,٠٥ ملليجرام / لتر	النترات	٠,٠٥ ملليجرام/ لتر	١٠ ملليجرام /لتر
النترينخ	٠,٠٥ ملليجرام/ لتر	٠,٠٥ ملليجرام / لتر	النيتريت	٠,٠٥ ملليجرام/ لتر	٠,٠٥٥ ملليجرام /لتر
السيانيد	٠,١ ملليجرام/ لتر	٠,٠٥ ملليجرام/ لتر	الفوريدات	٠,١ ملليجرام/ لتر	٠,٨ م ملليجرام/لتر
الكاديوم	٠,٠٠٥ ملليجرام/ لتر	٠,٠٠٥ ملليجرام/ لتر	بريليوم	٠,٠٠٥ ملليجرام/ لتر	٠,٠٠٥ ملليجرام /لتر
اسبأينيوم	٠,٠١ ملليجرام/ لتر	٠,٠١ ملليجرام/ لتر	فضه	٠,٠١ ملليجرام/ لتر	-
الزئبق	٠,٠٠١ ملليجرام/ لتر	٠,٠٠١ ملليجرام/ لتر	الباريوم	٠,٠٠١ ملليجرام/ لتر	-
الكروم	٠,٠٥ ملليجرام/ لتر	٠,٠٥ ملليجرام /لتر	الأسبستوس	٠,٠٥ ملليجرام /لتر	-

obeikandi.com

القسم الرابع

المواد العضوية ذات التأثير على الصحة العامة

١- مبيدات الهوام: (Pesticides)

مبيدات الهوام تشمل الهيدرو كربونات الكلورة ومبيدات الحشائش (Herbicides) ومبيدات حشرات التربة (Insecticides) وقد تتراكم مبيدات الهوام في الغذاء بتركيزات مختلفة فالمبيد د. د. ت يتراكم بيولوجياً في الأسماك بتركيزات تزيد على عشرة آلاف ضعف الموجودة في الماء. والعديد من مبيدات الهوام بما في ذلك المبيدات المستخدمة في الزراعة ومكافحة الامراض لها خاصية التواجد الحر (Residue) وقد اوصى بقيم دليله لهذه المبيدات نظراً لما هو معروف عن وجودها كمتبقى عرضي في الماء. مبيدات الهوام من الهيدروكربونات الكلورة اعتمد لها مدخول يومي مقبول قدره ١% كأساس لتفادي الاثار المرضية المسرطنة في مياه الشرب وهذه تشمل:

أ- ال د. د. ت

ال د. د. ت مركب عضوي من الهيدرو كربونات الكلورة ولا يذوب في الماء ولكن يذوب في المذيبات العضوية وقد استعمل في المواقع العسكرية للحماية من الملاريا والتيفوس والبعوض اثناء الحرب العالمية الثانية ثم استخدم في الزراعة بعد ذلك ثم توقف استخدامه بسبب مقاومة الهوام له. د. د. ت مبيد حشري ثابت في

مختلف الظروف البيئية ويقاوم التحلل الكامل وقد أمكن استخلاص اثار من د.د.ت في الغبار لمسافة ١٠٠٠ كيلو متر. يمكن ان يزداد التركيز في المناطق التي تكافح البعوض ببرنامج الضباب (Fogging Programme) ويوجد د.د.ت في ماء المطر في المناطق الزراعية وغير الزراعية كما يتوقف تركيزه في المياه السطحية على تركيزه في مياه الامطار وفي التربة وعلى طبيعة التربة. الطعام هو المصدر الرئيسي ل د.د.ت في جسم الانسان حيث اكثر من ٩٠ % من المخزون في جسم الانسان من د.د.ت مستمد من الطعام ويمتص د.د.ت عن طريق الاستنشاق والابتلاع يبلغ تركيزه في الدم لدى عامة السكان ما بين ٠,٠١ الى ٠,٠٧ ملجرام /لتر. التأثير الرئيسي ل د.د.ت هو على الجهاز العصبي كما ان الكبد هو العضو الوحيد الذى يتاثر بأل د.د.ت وقد قدرت القيمة الدليلة التي اعدتها منظمة الصحة العالمية بمدخول يومية مقبول مقداره من صفر الى ٠,٠٠٥ ملجرام / كيلو جرام من وزن الانسان ونصت معايير وزارة الصحة على ٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

ب- الالدرين والدايلدرين: (Dieldrin- Aldrin)

وهذه المبيدات استخدمت لمعالجة التربة ضد شتى حشرات التربة ولمعالجة البذور واكبر استعمال لها الآن هو مقاومة النمل الابيض والالدرين يتحول بسهولة الى ديلدرين فى النباتات والحيوانات ونادرا ما يوجد كما هو فى التربة والطعام والماء وقد يوجد بتركيز منخفض جدا فى الهواء بينما يصل تركيزه فى مياه الامطار الى ٥ ملجرام / لتر. ويختزن الدايلدرين فى الانسجة الدهنية والعضلات والراس للتدييات والطيور والاسماك حيث قد يصل الى عدة مليجرامات فى الكيلو من الاسماك والموقع الرئيسى لفعل الالدرين هو الجهاز العصبي المركزى بما يسبب الوفاة فى حالة التسمم الحاد بالاضافة الى ما يحدثه من اورام فى الكبد. والالدرين والالدرين ليس لهم علاقة باسباب السرطان والمدخول اليومى المقدر من كل من الالدرين والالدرين هو ٠,٠٠١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

ج- الكلوردين : Chlordine

والكلوردين مبيد حشرى من الهيدروكربونات الكلورة متعددة الحلقات وقد استعمل على نطاق واسع خلال السنوات الماضية لمكافحة النمل الابيض وكذلك كمبيد حشرى للمنازل والحدايق وحشرات التربة عند انتاج بعض المحاصيل مثل الذرة وقد انخفض استعماله قريبا فى الخارج. والكلوردين يذوب فى الماء بنسبة ٩ ملجرام /لتر لم يثبت تلوث الهواء بالكلوردين. يمكن ان يمتص الكلوردين من خلال الجلد فينتج تأثيرات سامة وخاصة بالنسبة للعاملين فى صناعة او المستخدمين له. يعتبر الهواء وماء الشرب مصدرين قليلي الاهمية بالنسبة للكلوردين. وهذا المركب يسبب بياض شديد للدم، وهو مسبب للسرطان فى حيوانات التجارب وقد قدر مدخول يومية مقبول لشخص يزن ٧٠ كيلو جرام ٠,٠٧ ملجرام والقيمة الدليلة للكلوردين هي ٠,٣ ملجرام / لتر ونصت معايير وزارة الصحة على نسبة ٠,٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

د- سداسى كلورو بنزين : (Hexa Chlorobenzene)

سداسى كلورو البنزين مادة صلبة بيضاء تذوب بمعدل منخفض فى الماء ولكنها تذوب فى المذيبات العضوية ويوجد كرزاز فى هواء المناطق الصناعية او فى مواقع استخدامه كمبيد كما يوجد فى انواع كثيرة من الاطعمة وفى مياه المصارف ومياه الشرب فى بعض الحالات وكذلك فى لحوم الحيوانات المنتجة للألبان. وقد أجريت دراسات أفادت بأنه مسرطن وذلك لأنه يحدث أورام فى الكبد وفى بطانة الاوعية الدموية والدرقية. وقد اوصى بقيمة دليلة لسداسى كلوروبنزين لا تزيد عن ٠,٠١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب وقد أصدرت وزارة الصحة المعايير بنفس القيمة.

هـ - اللندين : Lindane

اللندين مادة صلبة بيضاء (Hexachlorocyclohexane) تتصهر عند درجة حرارة ١١٢°م ويذوب الى حد ما فى الماء بمعدل ١٠ ملجرام / لتر ولكنه اكثر

اذابة فى المذيبات العضوية. اللندين مييد حشرى ويستعمل على نطاق واسع لمقاومة الطفيليات الخارجية للانسان والحيوان والمبانى والملابس والنباتات والبذور كما يستخدم اللندين فى صناعة الشامبوهات ومقاومة حشرات الرأس وهو يتحلل ببطيء فى المجال اللاهوائى للتربة وقد يستخدم فى المياه من أجل مكافحة الناموس بما يحدث تلوث للمياه وقد يتطاير ويرسب مع مياه الامطار. واللندين يمتص بعد التعرض الفمى عن طريق الجهاز الهضمى أو التعرض الجلدى ويعتبر الكبد والكلى هما الهدف الاول لتاثير اللندين السام بالاضافة الى تاثيرات جانبية سامة اخرى كالغثيان والقى والتشنجات وضعف التنفس عند استخدامه لعلاج الجرب فى الانسان بجرعات تحتوى على ١٠ جرام فى الكيلو لمستحضرات علاج الجرب. وقد قدرت القيمة الدليلة ٣ ميكرو جرام / لتر من مياه الشرب واوصت معايير وزارة الصحة بقيمة ٢ ميكرو جرام / لتر.

و-الألاكور : Alachlor

يستخدم كمبيد للحشائش فى زراعات القمح وفول الصويا وهو مادة قليلة الذوبان فى الماء ويمكن حدوث تلوث لمياه المجارى السطحية وكذلك مياه الخزانات الجوفية نتيجة استعمالاته. الألاكور تم تقييمه كمادة يحتمل ان يكون مسببا للسرطان بالاضافة الى ما يسببه من أمراض العيون والجهاز التنفسى والهضمى وقد اوصى بقيمة دليلة ٠,٠٠٢ ملجرام / لتر وأوصت وزارة الصحة نفس القيمة فى مياه الشرب.

ز- الديكارب : (Aldicarb)

وهو مييد حشرى للهوام ويشمل مجموعة من الكيماويات منها (Aldicarb Sulfonate) وهو يستخدم أساسا فى زراعات القطن لمقاومة دودة وآفات يرقات القطن. الديكارب شديد الذوبان فى الماء ويمكن ان يحدث تلوث للمياه السطحية والجوفية من هذه المادة ويعتبر الديكارب اكثر المواد سمية عن باقى المبيدات والتعرض الرئيسى له خلال الاستنشاق لعمال الزراعة. وقد اقترحت وكالة البيئة

الامريكية قيم دليلية لمركبات الديكارب ٠,٠٦ ملجرام/لتر وأوصت وزارة الصحة بألا يزيد عن ٠,٠٠٢ ملجرام / لتر من مياة الشرب.

ح - أترازين : Atrazine

يستخدم الاترازين كمبيد للحشائش فى زراعات القمح وفول الصويا وهو مركب قليل الذوبان فى الماء وقد وجدت اثار منه فى مجارى المياه السطحية وفى لمياه الجوفية وقد تم تقييم الاترازين كمسبب محتمل للسرطان وقد وضعت منظمة لصحة العالمية قيمة دليلية للاترازين ٠,٠٠٣ ملجرام / لتر وأوصت وزارة لصحة بما لا يزيد عن ٠,٠٠٢ ملجرام فى مياه الشرب.

ط - الميثوكسى كلور : Methoxychlor

الميثوكسى كلور مرتبط كيميائيا بمركب د.د.ت ويستخدم كمبيد حشرى وان اصبح استخدامه شبه معدوم. وهذا المركب قليل الذوبان فى الماء ولكن يوجد فى مياه المصارف واستخدامه الأساسى كمبيد لحشرات المنازل والحدائق وعند التعرض للميثوكسى كلور يصاب الانسان باضطرابات فى بعض الاجهزة الفسيولوجية وقد اوصت منظمة الصحة العالمية بقيمة دليلية مقدارها ٠,٣ ملجرام / لتر كما اوصت معايير وزارة الصحة بقيمة لاتزيد عن ٠,٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

ى - هبتا كلورو ايبوكسيد الهبتا كلور

وهذه المادة بيضاء وصلبة لها رائحة تشبه الكافور. وهى قليلة الذوبان فى الماء بيضاء إلا أنها تذوب فى كثير من المذيبات العضوية الغير ايونيه. وهذا المركب مبيد حشرى من الهيدروكربونات الكلورة المسماة بمبيدات حشرات السيكلودين. واستخدم لمكافحة حشرات التربة الزراعية ومكافحة النمل الابيض وللأغراض المنزلية وبعد ان تأكد الأثر السرطانى فى بعض انواع حيوانات

التجارب فقد اوصت لجنة مشتركة من منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية بقيمة دليلة لهذا المركب في مياه الشرب ٠,٠١ ملليجرام / لتر.

ك-ثنائي كلوروفينوكسي حمض الخليك

يستعمل هذا المركب الكيميائي (Dichlorophenpxy Acetic Acid) في مكافحة للنباتات عريضة الأوراق ويستخدم كذلك كمنظم لنمو النباتات. وقد أبلغ عن تأثيرات ضارة نتيجة التعرض الصناعي منها الإجهاد والصداع وآلام الكبد وفقد الشهية. ويمكن إكتشاف المادة بالطعم والرائحة عند مستويات تركيز تبلغ ٠,٠٥ ملليجرام / لتر. وقد أعطيت له قيمة دليلة ٠,٣ ملليجرام/لتر في مياه الشرب.

٣- البنزينات الكلورة: (Chlorinated Benzenes) (C₆ H₅ CL_x)

يستعمل أحادي كلوروبنزين كمذيب واسع الانتشار كما يستخدم في كثير من الصناعات الكيميائية مثل مبيدات الحشرات وصناعة الفينول (C₆ H₅ OH) أما ثنائي كلوروبنزين فهو مادة وسيطة هامة في صناعة الصبغات. ويستعمل دايكلوروبنزين كمذيب وكمبيد للهواء. ويستعمل ٤,١ دايكلوروبنزين كطارد للعتة ومزيل للرائحة. كذلك يستعمل ٤,٢,١ ترايكلوروبنزين كمذيب وكسائل عازل للكهرباء (Dielectric) وكوسط ناقل للحرارة وكمبيد للحشرات. ومن بين مركبات رباعي كلوروبنزين يستعمل ٥,٤,٢,١ تتراكلوروبنزين كمادة وسيطة في الصناعات الكيميائية ولإنتاج ترايكلوروفينول. ولا يستخدم بنتا كلوروبنزين. وبعض الكلوروبنزينات الأدنى تتكون كمنتج ثانوي عند كلورة المياه. وأحادي الكلوروبنزين مهيج للجهاز التنفسي كما انه مخدم للجهاز العصبي المركزي. ولم تتوفر المعلومات التي تفيد بأنه مسرطن. وقد وضعت القيمة الدليلة لهذا المركب في مياه الشرب على اساس تأثير الرائحة والمدخول اليومي من مياه الشرب. وقدرت القيمة الدليلة بـ ٣ ملليجرام/لتر.

ويتكون دايكلوروبنزين من ثلاثة مركبات عطرية وهي ٢,١ دايكلوروبنزين، ٣,١ دايكلوروبنزين هما سائلان عند درجة الغرفة بينما ٤,١ دايكلوروبنزين مادة صلبة. وجميع هذه المواد متطايرة نسبيا والاستعمال الرئيسي للمركب ٢,١

دايكلوروبيزين كمذيب وكعامل وسيط فى تخليق مواد الصباغة ومبيدات الأعشاب ومزيلات الشحوم وأهم الاستعمالات هو كمبيد للهوام.

استعمال ٤،١ دايكلوروبيزين فهو كمزيل للرائحة والهوام وكمبيد حشرى وكطارذ للعتة. وأما باقى انواع الكلوروبيزينات تكون كمنتج ثانوى فى صناعة الموتوكلوروبيزين (C₆ H₅ CL). وتصل مركبات الكلوروبيزين عن طريق الجهاز التنفسى والهضمى والجلد حيث تمتص، هذه المركبات تذوب فى الماء وفى الدهون بما يجعل انتشارها عالى فى معظم الأغشية والرئة والمعدة والأمعاء والكبد والكلية وتكون الاصابات السامة عن طريق الاستنشاق اساسا والتعرض المهنى وذلك فى حالة الاسراف فى الاستخدامات المنزلية.

وكثيرا ما تصل هذه المواد الى المياه السطحية والجوفية ومياه الشرب والأطعمة. أجهزة الجسم المستهدفة من هذه المواد هى الكبد والدم والجهاز الشبكي الذى يشمل نخاع العظام ومكوناته المناعية والجهاز العصبى المركزى والمسالك التنفسية والجلد. ولهذه المواد أعراض سمية عامة مثل الضعف وفقد الشهية والغثيان والصرع وأعراض أخرى. ولا توجد أدلة لكون هذه المواد مسرطنة والقيم الدليلة للدايكلوروبيزين ٢،١ هى ٠،٠٣ ملجرام /لتر ٤،١ دايكلوروبيزين هى ٠،١ ملجرام / لتر من وزن الانسان ونصت معايير وزارة الصحة على ٢ ملجرام / لتر فى مياه الشرب. وذلك مع الأخذ فى الاعتبار حدود الرائحة لهذة المواد.

٣- بيزنات مكلورة أخرى ذات أسماء تجارية وهى مبيدات للحشاش

والحشرات وهى:

أ- سيمازين : Simanize

سيمازين مبيد للحشاش ويستخدم لإزالة النباتات المائية والطحالب وفى الحقول لبعض الحاصلات الزراعية. وهو مركب غير متطاير وقليل الذوبان فى الماء يوجد فى المياه السطحية وكذلك يتسرب الى المياه الجوفية ولهذا المركب تأثيرات صحية محدودة ومازالت الدراسة حول كونه مسرطن من عدمه على حيوانات

التجارب. ولم تحدد له قيمة دليلة. وقد حددت وزارة الصحة معايير السيمازين. فى مياه الشرب الا تزيد عن ٠,٠٢ ملجرام / لتر.

ب- سيلفكس : Silvex

سيلفكس مبيد للحشائش واستخدم لإزالة النباتات المائية فى المجارى المائية وقد ألقى استخدامه فى العالم منذ عام ١٩٧٩ وهو مركب قليل الذوبان فى الماء وبسبب اعراض مرضية مثل ضعف العضلات والارهاق كما ان له تأثير على الكبد والكلى وقد وضعت له معايير وزارة الصحة كحدود قصوى ٠,٠٥ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

ج - توكسا فين : Toxa phene

استخدم التوكسافين كمبيد حشرى على نطاق واسع وقد قل استخدامه حاليا لما ثبت من أنه مسرطن لحيوانات التجارب وأعطيت له قيمة دليلة فى مياه الشرب ٠,٠٠٥ ملجرام / لتر ولم يرد ذكره فى معايير وزارة الصحة الخاصة بالملوثات فى مياه الشرب.

٤- كيمواويات أخرى

أ- الفينولات الكلورة والبنثاكلوروفينول (Chlorinated Phenols)

يستخدم خماسى كلورو فينول على نطاق واسع كمبيد للفطريات ولحفظ الاخشاب. وهو مادة صلبة تنصهر عند ١٩٠° م وهو قليل الذوبان فى الماء عند درجة الحرارة العادية. يمتص خماسى كلوروفينول من خلال الجهاز الهضمى ومن الجلد. وتبلغ الجرعة المعوية القاتلة ٢٧ ملجرام / كيلو جرام من وزن الانسان. وأعراض التسمم غزارة العرق والعطش وارتفاع فى الحرارة وسرعة النبض والتنفس. وقد يحدث تليف فى الكبد والكليتين وحسبت له قيمة دليلة ٠,١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب. وهذا المركب هو احد مركبات الفينولات الكلورة التى قد

توجد فى مياه الشرب نتيجة تلوث مصادر المياه الخام او نتيجة كلورة المياه المحتوية على مركبات فينولية. يمكن ان توجد الفينولات الكلورة فى المياه الخام نتيجة افراغ الصرف الصناعى الغير معالج من عمليات تقطير الكوك وصناعة البتروكيماويات والعديد من الصناعات المستخدمة لمادة الفينول ($C_6 H_5 OH$) كمادة وسيطة. عند كلورة المياه المحتوى على ملوثات من مادة الفينول تكون نواتج التفاعل الرئيسية ٢ أو ٤ مونوكلوروفينول، ٤ دا يكلورفينول ٢،٤،٦ ترايكلوروفينول وتنتج مادة ٢،٤،٦. تراى كلورفينول كمبيد للفطريات، ٢،٤،٦ تراى كلورفينول كمطهر. والاستعمالات الرئيسية ٢،٤،٦،٣،٢ تتراكلوروفينول كمبيد للحشرات لحفظ الاخشاب ويمكن ان تحتوى المياه الخام السطحية والجوفية على الفينولات الكلورة وان كان مؤشر وجود هذه الكيماويات فى الماء هو التغيير فى الطعم والرائحة ولكن يجب عدم الاعتماد عليها كلية. وتوجد الفينولات الكلورة فى الطعام نظرا لاستخدامها كمطهرات فى صناعة الألبان وقد توجد كذلك فى مياه الشرب الكلورة المحتوية على ملوث الفينول ولهذا فقد نصت المعايير التى اصدرتها وزارة الصحة بخصوص صرف المخلفات السائلة على المجارى المائية العذبة الا يزيد تركيز الفينول عن ٠,٠٢ ملجرام / لتر. ويوجد الفينول فى مواد الحماية للمواسير من التأكل مثل مادة الكولتار والكولتار ايبوكى ولهذا يلزم الحذر وعدم استخدام هذه المواد للحماية الداخلية لمواسير نقل المياه حيث فى مثل هذه الحالات يتفاعل الكلور الحر مع الفينول الموجود فى مادة القار مكونا مادة الكلور فينول الضارة وذات الرائحة الغير مقبولة هذا بالإضافة الى تلف طبقة الحماية من الكولتار لفقد مادة الفينول منها. ونظرا لان هذه الملوثات من الفينولات الكلورة بعضها يصل الى المعدة عن طريق الطعام وبعضها عن طريق الاستنشاق ليصل الى الجهاز التنفسى. ولتفادى اثارها السلبية على صحة الانسان بعد ان ثبت على حيوانات التجارب زيادة حدوث معدل الاورام وأبيضاض الدم واصابات فى نسيج نخاع العظام والسرطانات الكبدية واورام الغدد ولهذا كانت التوصية بقيمة دليلة لهذه الملوثات من الفينولات الكلورة لتكون ٠,١ ملجرام / لتر فى مياه الشرب.

ب- الإندرين : Endrine

الأندرين من مجموعة المبيدات مثل الأندرين والكلوردين والهيبتاكلور وهو مبيد حشري شائع الاستعمال قليل الذوبان في الماء. الإندرين مثل باقي المبيدات الكلورية حيث يتراكم في المواد الغذائية وقد اوقف استعماله في الولايات المتحدة الأمريكية منذ عام ١٩٧٦ وقد يوجد في الماء وله آثار ضارة على الصحة العامة ولم تحدد له قيم دليلية لكونه غير مسرطن.

ج- ايبوكلوروهيدرين : Epichloro hydrin

وهو مركب من الالكيلات الكلورية ويستخدم في صناعة المرويات المخلفة كما يستخدم في صناعة راتنجات الإيبوكسي بتفاعله في ظروف خاصة مع مادة البنزوفينول كما تستخدم هذه المادة كمذيب للراتجات والبويات والمواد الصمغية واللاكيهات وهو مركب قليل الذوبان في الماء وهو يمتص بسرعة ويتراكم في الكبد والكلى والبنكرياس كما أن التعرض بالنسبة للمستخدمين يسبب حساسية للعين والحجرة والصداع وصعوبة التنفس وهذا ينتهي بتلف الكلى وقد ثبتت آثاره المسرطنة مع الاستنشاق أو الابتلاع وقد تحددت له معايير في مياه الشرب صفر مع اخذ الاجراءات الفنية اللازمة عند استخدامه كمروب في بعض الصناعات الغذائية.

د- رابع كلوريد الكربون : Carbon Tetrachloride

يستخدم رابع كلوريد الكربون في حماية البذور وفي اطفاء الحرائق ومذيب في استخدامات النظافة الجافة. وهو قاتل عند استنشاق ٢سم^٢ منه. وهذا المركب يحدث امراض للدم والكلى مع احتمال كونه مسرطن للانسان طبقا للنتائج التي اجريت على حيونات التجارب وذلك مع احتمال تغير في انزيمات الدم ومرض النقرص ويحدث التلوث للمياه الخام نتيجة تلوثها بسوائل الصرف الصناعي ومياه النظافة من المغاسل الجافة واوصى بقيمة دليلية من صفر إلى ٠,٠٠٥ ملجرام / لتر واوصت معايير وزارة الصحة بقيمة ٠,٠٠٢ ملجرام / لتر في مياه الشرب.

٥- أحماض الخليك المهلجنة

أ- ثنائي كلورو حامض الخليك : Dichloro Acetic Acid

يذوب في الماء ويستخدم كمادة وسيطة في بعض الصناعات الدوائية وفي بعض الصناعات الكيميائية الأخرى وله آثار ضارة على هيموجلوبين الدم وأمراض العيون وضعف الأطراف وألام الرأس ولم يثبت أنه مسرطن ويصل إلى الموارد المائية عن طريق الصرف الصناعي الغير معالج.

ب- ثلاثي كلور حامض الخليك : Trichloro Acetic Acid

يستخدم ميبد للحشائش كما يستخدم في كثير من الصناعات الدوائية وهو سام لحيوانات التجارب ولم توضع له قيمة دليلية.

ج- الأستونيتريالات المهلجنة : Haloacetonitriles

هذه تشمل كلورو أستونيتريل، ودايكلورو أستونيتريل، ترايكلورو أستونيتريل، كلورو برومو أستونيتريل، دايبرومو أستونيتريل. وهذه المركبات الكيميائية تستخدم كمبيدات حشرية وكمبيدات للفطريات ولها تأثير على الرئة والكبد والكلية كما تقلل من الكوليسترول في الدم. ولم تحدد لها قيم دليلية أو معايير.

٦- الميثانات المكلورة : (الترايهاالوميثان) Trihalomethanes

توجد ميثانات الهالوجينات الأربع (الكلور، الفلور، البروم، اليود) في مركبات شائعة هي الكلوروفورم ودايكلوروبروموميثان ودايبروموكلوروميثان والبروموفورم. يمكن أن يصل مجموع هذه الميثانات المكلورة أو المهلجنة في مياه الشرب إلى ١٠٠ ملجرام / لتر. وقد تأكد أن الكلوروفورم يسبب السرطان في حيوانات التجارب. توجد الميثانات ثلاثية الهالوجين في الماء نتيجة التفاعل بين الكلور أو الوجود العارض لأيونات البروم مع المواد العضوية المذابة في الماء. ومن هذه

الهالوجينات الثلاثية التي تتكون نتيجة وجود الكلور فى الماء الترايكلوروميثان. (Trichloromethane) والذي يزداد تركيزه مع زيادة درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني. وكذلك مادة الكلوروفورم الذى هو مخمد للجهاز العصبى المركزى ويؤثر على وظائف الكبد والكلى. والتأثير الفورى للكلورفورم هو فقد الوعى ثم الوفاة. وتعتبر الجرعة المميتة ٠,٦٣ جرام/كيلوجرام وزن الإنسان. وتناول مقدار صغير ٠,٤ جرام يسبب تهيج معوى وزيادة فى إنقباض الإمعاء وكذلك التخدير الموضعى فى القناة المعوية. ولا توجد سوى معلومات ضئيلة عن التأثيرات السامة للميثانات ثلاثية الهالوجين الأخرى إلا أنه لوحظ الاقتران بين معدل وفيات سرطان المثانة ومستوى الميثانات ثلاثية الهالوجين. وقد أوصى بقيمة دليلية للميثانات الكلورة ٠,١ ملجرام / لتر وأهمها هو الكلورفورم الذى يوجد فى مياه الصرف الغير معالج لصناعة الايروسولات والمبردات وكمذيب ولمقاومة الحشرات وصناعة المطاط والزيوت والراتنجات.

القسم الخامس

الإشعاعات النووية : Radionuclides

الإشعاعات النووية عبارة عن ذرات مشعة و التي عند انقسامها تتطلق الطاقة (النشاط الإشعاعي) والطاقة المتولدة تكون في أحد من ثلاث اشكال و هي:

- * اشعاعات الفا وهي تتكون من عدد كبير من نواة الهليوم.
- * اشعاعات بيتا وهي تتكون من الكترونات او بروتونات.
- * اشعاعات جاما وهي عبارة عن اشعة مغناطيسية مشابهة لاشعة اكس.

وأى من هذه الإشعاعات الثلاث له تأثيره على جسم الانسان فأشعة الفا ذات السرعة العالية التي تصل الى ١٠ مليون متر في الثانية وهي مدمرة عند ابتلاعها واشعة بيتا لها سرعة تماثل سرعة الضوء ونظرا لصغر كتلتها فانها ذات قدرة اختراق اكبر ونسبة تدمير اقل من أشعة الفا وأشعة جاما لها قدرة اختراق عالية ولكن تأثيرها محدود عند المستويات المنخفضة.

والإشعاعات تقاس بوحدات الكورى (ci) والرادز (rads) أو بالرمز رمز (rems) وحدة الكورى تساوى ٣,٧ × ١٠^{١٠} تحركات ذرية في الثانية. جرام واحد من الراديوم له نشاط واحد كورى وبالمقارنة فان واحد جرام من اليورانيوم ٢٣٨ = ١,٣٦ × ١٠^{-٦} كورى والراد هو مقياس للجرعة الممتصة فى الانسجة أو المادة، وراد من جسيمات الفا يسبب تدمير أكثر من راد من جسيمات بيتا. الرم (Rem) هو مقياس لتأثير الجرعة الاشعاعية فالاشعاعات المتساوية عند تقييمها

بالرم تحدث نفس التأثير البيولوجي بصرف النظر عن نوع الإشعاعات المؤثرة. وخروج اشعاعات الفا وبيتا من العنصر يؤدي الى عنصر اخر بينما لا يحدث ذلك عند خروج جاما. والعنصر المشع الذى يتحول ويتآكل يسمى النظير او الايزوتوب (isotope) او الاب او الاصل (Parent) والعنصر الجديد يسمى بالمولود او الناتج (pregny). تتآكل النظائر المختلفة بمعدلات مختلفة. نصف العمر للنظير المشع هو الزمن اللازم لتآكل نصف عدد الذرات الموجودة ويتراوح ما بين ملايين السنين الى ملايين الثوان. النظائر ذات نصف العمر الاطول لديها نشاط اقل (مقيم كوحدة الكورى) والنظائر ذات النصف العمرى القصير جدا ليست هامة لانها لا تؤثر على شبكات توزيع المياه ولا تحدث بها اى تحول. النشاط الاشعاعى قد يحدث فى المياه اما طبيعيا او صناعيا بفعل الانسان والإشعاعات الطبيعية ترجع لوجود عناصر فى التربة أو من الأشعة الكونية (Cosmic) المنتشرة فى الفضاء اما الإشعاعات بفعل الانسان تعود الى ثلاث مصادر وهى الانشطارات النووية من التجارب النووية، الإشعاعات من المستحضرات الطبية وكذلك امتلاك واستخدام الوقود النووى. وتوجد اكثر من مائة نوع من الأشعاعات النووية بفعل الانسان فى المياه ولكن لم يستدل منها إلا على الاسترشيوم والتريتيوم وتشمل سلسلة التآكل الطبيعى اشعاعات الفا بينما سلسلة التآكل بفعل الانسان تقتقد الى اشعاعات الفا مع بعض الاستثناءات البسيطة مثل (الامريكين ٢٤١ البلوتينيوم ٢٣٩) ويستقبل الانسان جرعة بسيطة مقدارها ٢٠٠ مليريم من جميع المصادر.

وقد قدرت وكالة البيئة الامريكية ان مياه الشرب تمثل من ٠,١ الى ٣ % من الجرعة السنوية للشخص الواحد. وقد تؤثر الظروف المحلية على هذه النسبة وتوجد مصادر لمياه الشرب توفر جرعة سنوية مؤثرة تعادل ١٠٠ مليون ريم فى العام. وطبقا للتأثيرات الصحية والتواجد فى الماء فان المواد المشعة ذات العلاقة الاكيدة هى راديوم ٢٢٦، راديوم ٢٢٨، يورانيوم وراون ٢٢٢. وهذه كلها نظائر مشعة موجودة فى الطبيعة والراديوم ٢٢٨ باعث لاشعة بيتا والتى تتآكل نتيجة سلسلة من السلالات الباعثة لاشعة الفا بينما الباقي جميعا باعث للفا واليورانيوم الطبيعى يحتوى على اليورانيوم ٢٣٤، يورانيوم ٢٣٥ يورانيوم ٢٣٨ ولكن يمثل يورانيوم ٢٣٨ حوالى ٩٩,٢٧% من النسبة الكلية لليورانيوم الطبيعى.

النشاط الإشعاعي له تأثير مباشر على جسم الانسان وكذلك تأثير بعيد المدى أو الوراثة والذي يؤثر في نسل الشخص المعرض. والتأثيرات الجسمانية تشمل السرطنة وترجع الآثار المسرطنة للإشعاعات ألفا وبيتا وجاما على الخلية الى تحلل مكونات الخلية وحدث تغييرات غير عادية. وتعتبر كل المواد المشعة مسرطنة. ورغم هذا فان هدفها يختلف حيث يتعامل الراديوم ٢٢٦ مع العظام والراديوم ٢٢٦ مع الراس اما الراديوم ٢٢٢ فهو غاز يمكن استنشاقه أو الوصول الى الامعاء وتوجد علاقة بينه وبين سرطان الرئة. واليورانيوم مثل الراديوم يتراكم في العظام وغير مسرطن وان كان هناك اتجاه لاعتبارهما مسببان للسرطان. اليورانيوم سام ويسبب الفشل الكلوى. المعالجة لمياه الشرب في حالة التعرض الزائد للراديوم هي فى عمليات ازالة العسر باستخدام الصودا الجير (Soda-Lime process) أو بالتبادل الايونى أو التناضح العكسي (Reverse-Osmosis) وبالنسبة للرادون الذى يوجد فى الطبيعة فى بعض الخزانات الجوفية فان التهوية للمياه الجوفية تحقق نسبة ازالة عالية والمعالجة التقليدية بالمرشحات باستخدام المروبات تحقق ازالة مقبولة كذلك بالنسبة للراديوم ولذلك يجب التخلص الامن من الروبة (Sludge) الناتجة عن معالجة المياه بالمرشحات وكذلك راتنجات التبادل الايونى المستهلكة بطريقة تتفق مع معايير السلامة البيئية والتي حددتها منظمة الصحة العالمية للراديوم ٢٢٦ - ٣ × ١٠ كورى والاسترنشيوم ٩ - ١٠ × ١٠ كورى.

obeikandi.com

القسم السادس

الملوثات من الكائنات الحية الدقيقة

مقدمة :

إن أكبر الاخطار المصاحبه لمياه الشرب انتشاراً هو التلوث المباشر او الغير المباشر بمياه الصرف الصحى او غيرها من الملوثات التى تحمل غائط الانسان أو الحيوان أو الطيور اى ذوات الدم الحار (Warm Blooded Animals). فاذا كان هذا التلوث حديثاً وكان من اسهم فيه حملة الأمراض المعدية السارية فإن شرب المياه الملوثة على هذا النحو أو استعماله فى إعداد أطعمة معينة قد ينجم عنه حالات من العدوى والأوبئة.

والتلوث الغائطى لمياه الشرب يعمل على ادخال كثير من الامراض المعدية - الجرثومية والفيروسية والطفيلية والذى يرتبط وجودها بما هو موجود فى ذلك الوقت فى المجتمع المحلى من الأمراض التى تسببها هذه الكائنات ومصادرهما كما هو فى الجدول الموضح. والذى يشمل انواع البكتريا والفيروسات المعوية والبروتوزا والطحالب.

جدول (٤) الكائنات الحية الدقيقة والأمراض التي تسببها ومصادرها

المصادر الرئيسية لهذه الكائنات	الامراض التي تسببها	انواع الكائنات الحية الدقيقة
غائط الانسان الحامل للمرض غائط الانسان الحامل للمرض غائط الانسان والحيوان	حمى التيفود و الباراكوليرا والدسنتاريا امراض معوية وتنفسية و رئوية	<u>البكتريا</u> سالامويتلا الشيجيلا انواع اخرى
غائط الانسان	تسبب امراض شلل الاطفال والالتهاب السحائي وامراض الجهاز الهضمي وامراض الجهاز التنفس والتهاب معوي والتهاب كبدى وبائى	<u>الفيرسات</u> أنواع مختلفة من الفيرسات
غائط الانسان و الحيوان	التهاب المخ والتهاب سحائى والدسنتاريا، الالتهاب المعوى، امراض معوية	<u>البروتوزوا</u>
المياه الطبيعية	امراض النزلات المعوية	<u>الطحالب</u>

وكذلك قد تسبب كائنات حية دقيقة اخرى توجد بشكل طبيعى فى البيئة ولا تعتبر من الممرضات أمراضا عرضيه يغلب انتشارها بين من يعانون من اختلال فى مراكز المخ والأرجح أن يكون ذلك مع المتقدمين جدا فى السن والاطفال الصغار. ومن هذه الامراض امراض الجلد والاعشيه المخاطيه للعين والانف والاذن والحنجرة.

وتشمل طرق نقل الممرضات من الكائنات الحية الدقيقة. تناول المياه والاطعمة الملوثة ومخالطة المرضى من الانسان او الحيوان. وتختلف أهمية الماء فى انتشار العدوى المعدية اختلافا كبيرا طبقا لنوع المرض والظروف البيئية وعلى الرغم من أن مرض الدسنتاريا والامراض المعويه الاخرى الذى تنقله بكتريا الشجيلا قد ينتقل من شخص إلى آخر فى الظروف المعيشية المزدحمة. الكوليرا

تنتقل عن طريق الماء وحمى التيفود والبارا تيفود تنقلها بكتريا السلمونيلا عن طريق الطعام.

ويوجد مدى واسع من المستويات الصغرى للجرعة المعديه اللازمة لحدوث العدوى عند الانسان فان قدرا ضئيلا من بكتريا السلمونيلا الحاملة يسبب عند تناول مرض التيفود وكذلك يختلف حجم الجرعة المعديه لدى مختلف الأشخاص تبعاً للسن والحالة الصحية وقت التعرض.

ويجب ان يؤخذ في الاعتبار العوامل الاخرى للإنتقال غير مياه الشرب نظرا لأن استخدام ماء الشرب المأمون في حد ذاته لا يمنع العدوى بالضرورة دون أن يصاحب ذلك تحسن في السلوكيات والعادات الشخصية بما يعطى ضرورة هامة بالتعلم البسيط لحفظ الصحة.

١- أنواع الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض

أ- البكتريا

البكتريا كائن حي وحيد الخلية وليس له معالم النواه وهذه الخلية خالية من الكلورفيل وتتكاثر بالإنقسام. والبكتريا تستطيع ان تتشكل في جميع الصور فمن مجرد الشكل المستدير الى المستطيل وكذلك ذات الاطراف الشعبية وتسبب بعض انواع البكتريا امراض كثيرة وخطيره للانسان والبكتريا الخاصة بمياه الشرب هي الشيجيلا والسلمونيلا والفيبرو كوليرا.

ب - الفيروسات

الفيروسات ليست خلايا ولكنها أجسام بروتينية تحيط بحامض نووي (Nucleic-Acid) ومن خصائص الفيروسات انها تعتمد كلياً على الخلايا الحية في التكاثر. ويوجد أكثر من ١٠٠٠ نوع من الفيروسات منها مجموعة الفيروسات المعوية التي تصيب الجهاز المعوي للانسان وحيوانا الحيوان نتيجة التلوث بافرازات الانسان او الحيوان الحامل للمرض واهم هذه الفيروسات في مياه الشرب

هو فيروس الالتهاب الكبدي الوبائي. وعملية التعرف على الفيروسات بالتحاليل المعملية المختلفة ليست سهلة. الفيروسات تزال بنسبة كبيرة جدا في عمليات معالجة المياه بالمرشحات. حيث تزال مع الاجسام العالقة والتي تختبئ فيها الفيروسات. فيروس الالتهاب الكبدي الوبائي اكثر مقاومة لعملية التطهير بالكلور مع زيادة زمن المكث (Contact-time) وزيادة الجرعة وهناك العديد من الفيروسات منها فيروس الانفلونزا، وشلل الأطفال، الإيدز، التهاب الدماغ، امراض جلدية... الخ.

ج - البروتوزوا

هي كائنات حيه وحيدة الخلية وليس للخلية جدار وهي دائمة الحركة وتوجد أنواع كثيرة منها وتسبب البروتوزوا أمراض للإنسان. ومن بين البروتوزوا الضارة الجiarda لامبلا، الانتامبيا هستوليبكا. والجiarda طفيل وحيد الخلية يتحرك بالاسواط ويعيش في الامعاء الدقيقة والغليظة للإنسان ويبلغ طواله 9-16 ميكرون عرضة 9-12 ميكرون وتحدث الأصابة به نتيجة ابتلاع الطور المعدي وهو الطور المتوصل (Cyst) عن طريق شرب الماء أو الطعام الملوث. والجiarda تحدث اضطرابات في القناة الهضمية. أما الأنتمبيا هستوليبكا المعروفة بالدوسنتاريا الأميبية فهو ضئيل مجهرى يبلغ قطره 20 - 40 ميكرون ويتكون من خلية واحدة وتحدث الإصابة عند تناول الإنسان ماء أو طعام ملوث ويأخذ الطفيل الذى يعيش أساسا في الأمعاء الغليظة للإنسان في مهاجمة الغشاء المخاطى المبطن للأمعاء الغليظة ويفرز خمائر تذيب جدار الأمعاء، ويسبب أمراض للأمعاء والكبد والغشاء البريتونى. وعمليات المعالجة بالمرشحات تزيل كلاً من البروتوزوا بانواعها والحوصلات (Cysts) بكفاءة تصل الى 99% وخاصة اذا كانت قياسات العكارة أقل من واحد نيفيلومتري.

د - الديدان

اكتشفت انواع كثيرة من بيض الديدان وبرقاتها في مياه الشرب وهي تنتقل بطرق أخرى غير مياه الشرب الى جسم الانسان ويمكن ليرقة واحدة ناضجة او بيضه مخصبه أن تحدث العدوى ولذلك يجب أن تكون مياه الشرب خالية منها

جميعاً ويمكن تحقيق ذلك على أفضل وجه بحماية المصدر المائي من التلوث الغائطي وهذه الديدان لا يمكن عمل الفحص الروتيني لها. أما إذ وجدت طريقها إلى المياه الخام فإنها تزال بنسبة عالية عند المعالجة بالمرشحات وخاصة عند إستعمال مرشحات الرمل البطيئة في حين ان جميعها مقاومة نسبياً للكلور لاسيما دودة الاسكارس.

هـ - الكائنات حرة العيش : Freelifving Organisms :

وتشمل الكائنات حرة العيش ذات الاهمية بوجه عام فى امدادات المياه العوالق (Plankton)، اللاققرات الكبرى. وتتكون العوالق من كائنات عالقة فى الماء منها العوالق النباتية والعوالق الحيوانية. أما العوالق النباتية فتشمل الجراثيم والفطريات والطحالب حرة العيش ذات الكلوروفيل والتي تنمو بالتمثيل الضوئى ولها ألوان مختلفة وهى ذاتية التغذية وتتكون من خلية واحدة أو مستعمرة من الخلايا وتكون متحركة او غير متحركة. الفطريات والجراثيم غير ذاتية التغذية الى حد كبير. والعوالق الحيوانية تتكون من البروتوزوا وكائنات اخرى كثيرة وتشمل كذلك يرقات بعض الحشرات المائية والاسماك فى اطوار حياتها الاولى.

وكائنات العوالق لها اهميتها فى المياه لأنها تتداخل مع عمليات المعالجة للمياه وتنتج مواد سامة للانسان وتحمى وتأوى الجراثيم الممرضة وتفرز مواد عضوية يمكن ان تتحد مع الكلور فى الماء مكونه مواد عضوية مكلورة (الهالوميثانات المكلورة). وقد تثير الطحالب مشكلات بسبب وجودها فى مجارى المياه السطحية وكذلك فى خزانات المياه المعالجة والمعدة للشرب والاستخدام المنزلى وكذلك يمكن ان توجد هذه العوالق فى ابار المياه السطحية المكشوفة.

وبعض الطحالب له تأثير على الصحة العامة وتوجد الانواع السامة فى مجموعتين هما الخضراء التى تميل إلى الإصفرار والخضراء التى تميل إلى الزرقة والتي هى أكثر سمية. المواد السامة التى تطلقها الطحالب قد لا يوقف تأثيرها عمليات المعالجة بالمرشحات وإستخدام الكلور. كذلك لم تتجح عمليات امعالجة فى حالة إستخدام الكربون المنشط. الطحالب الخضراء التى تميل إلى

الزرقة تسبب إتهاب المعدة والإمعاء كما يمكن أن تكون مصادر الكيماويات التي تتحد مع الكلور مكونة الميثانات الكلورة. وجود الطحالب فى إمدادات مياه الشرب غير مقبول من الناحية الجمالية، وقد تتداخل الطحالب مع معالجة المياه بزيادة الكلور المطلوب فتسبب مشكلات تتعلق بالطعم والرائحة وانسداد فى المرشحات بما يقلل من كفاءتها.

وقد يشكل نمو الطحالب النباتية أو الحيوانية مصدرا طبيعيا للرائحة والطعم، وفى المياه السطحية تمثل الطحالب المشكلة الرئيسية بينما قد تتكاثر الأشكال الحيوانية فى المياه السطحية وفى خزانات المياه وكذلك فى شبكات المواسير. وكثيراً من الطحالب يفرز زيوتا عند نشاطها التتموى أو عندما تتحلل خلاياها الميتة وهذه الزيوت تضيف مزاقا ورائحة للمياه بالإضافة إلى ما تسببه من أمراض معوية للإنسان وأمراض الحساسية وكذلك فإن تكاثرها له تأثير كبير على الثدييات والطيور والأسماك حيث يمكن أن تؤدي إلى الوفاة أو المرض. ونظرا لما تسببه الكائنات حرة العيش من تأثيرات ضارة بالصحة ومشاكل خاصة بالمذاق والرائحة والشكل الجمالى للمياه، ولم يتم التوصل الى معايير بخصوصها. لذلك فإنه يوصى بازالة الكائنات حرة العيش من مياه الشرب حيثما كان ذلك ممكنا، ويتم ذلك بحماية المصدر المائى وإتخاذ اجراءات جيدة لحماية المصدر ومعالجة المياه وتنظيف الشبكات ومراقبة نوعية المياه.

٣- الكشف عن تلوث المياه بالكائنات الحية الدقيقة

ان التعرف والعزل لكائنات حيه دقيقة معينة هو خارج إمكانيات معظم معامل محطات إنتاج مياه الشرب ولذلك فإن حماية الصحة العامة تتم من خلال التطبيق الجيد لتقنيات المعالجة. ونظرا للصعوبات الفنية ولان الكائنات الحية المسببة للامراض قد تكون بكميات قليلة جدا مقارنة بباقي الكائنات الحيه الدقيقة الموجودة فى الماء لذلك استخدمت بعض انواع الكائنات الحية الدقيقة كمؤشر لقياس اثر عمليات المعالجة اى تقييم كفاءة عمليات المعالجة وصلاحيها لمياه الشرب والمهمة

الأولى للكائنات الدقيقة كمؤشر هو توفير دليل للتلوث الغائطي الحديث من ذوات الدم الحار. ومعايير استخدام الكائنات الحية الدقيقة كمؤشر هي:

١- أن يكون هذا الكائن الحى الدقيق موجودا دائما طالما وجدت كائنات حيه ممرضة.

٢- أن يكون موجودا فى المواد الغائطية بكميات كبيرة.

٣- ألا يكون موجودا فى المياه النظيفة والغير ملوثة بكائنات ضارة.

٤- أن يتأثر بالظروف البيئية وبعمليات المعالجة بنفس الدرجة التى تحدث للملوثات من الكائنات الدقيقة الممرضة.

٥- ان تكون النسبة بين الكائن الدقيق المؤشر الى الكائنات الدقيقة الممرضة عالية.

٦- ان يتوفر كلا النوعين من الكائنات الدقيقة المؤشر والمرضه فى مصدر واحد وقد تم تقييم للكائنات الدقيقة كمؤشر وذلك لكل من الكائنات القولومية (Coliform) الكلية والقولونيات الغائطية (Fecal Coliform).

٧- أن يكون من السهل عزلة والتعرف عليه وعدة.

وقد ثبت مناسبة استخدام الكائنات القولونية الكلية كمؤشر.

أ- البكتريا القولومية الكلية : Total Coli Form

وهذه تشمل جميع البكتريا الهوائية والمختلطة ذات الشكل العصى والتى تخمر اللاكتوز مع تكوين غازات عند درجة حرارة ٣٥° م لمدة ٤٨ ساعة. والقولونيات الكلية تشمل بكتريا الاشريكية القولونية (E.Coli) والتى هى متعددة فى غائط ذوات الدم الحاربالاضافة الى انواع اخرى موجودة بكثرة فى مياه الصرف معظم مصدرها التربة والنبات.

ولا يوجد كائن حي وحيد دقيق يصلح كدليل أو مؤشر لوجود البكتيريا سوى البكتيريا القولونية، وسليبات القولونية الكلية هو إعادة نموها في الماء وكذلك في حالة وجود البكتيريا الممرضة (Hepatitis) بأعداد كبيرة فإنها تعيق نشاط البكتيريا القولونية. وأخيراً فقد يبدو أن عدداً من الكائنات الجرثومية الممرضة تكون أكثر مقاومة من الكائنات القولونية سواء أثناء المعالجة للمياه أو في المياه الطبيعية وخاصة حويصلات البروتوزوا (Cysts) والفيروسات الممرضة. ورغم هذه السليبات فإن قياس القولونيات الكلية كمؤشر مازال أكبر دليل مفيد وعملي عن النوعية البكتيرية لمياه الشرب وأن عدد القولونيات في المياه يمكن عدده.

ب - البكتيريا القولونية الغائطية (Fecal Coliform)

أن وجود البكتيريا الغائطية يعطى دلالة على وجود البكتيريا الممرضة الغائطية (fecal pathogens) أكثر من البكتيريا القولونية الكلية. والبكتيريا الغائطية هي أحد مكونات البكتيريا القولونية الكلية ويمكن التعرف عليها بعمل إختبارات ارتفاع درجة الحرارة (٤٣ - ٤٤,٥ م°). ورغم أن هذا الإختبار يعطى دلائل بوجود البكتيريا ذات المصدر الغائطي إلا أنه لا يميز بين مصادر التلوث سواء كان آدمياً أو حيوانياً. عدد البكتيريا القولونية الغائطية أقل من عدد البكتيريا القولونية الكلية، وهي ليست مستعملة كمؤشر لمعايرة التلوث في المصدر المائي أو كفاءة التطهير أو التلوث بعد المعالجة النهائية.

ج - العقديات الغائطية : Fecal Streptococci

وهذه يمكن الاسترشاد بها كدليل للتلوث الغائطي حيث تفيد أحيانا في تحديد مصدر التلوث الغائطي وفي تقييم مدى فعالية عمليات المعالجة.

٤ - الكشف على الكائنات الحية الدقيقة والتخلص منها

تستخدم طريقة الانانبيب المتعددة أو الترشيح الغشائي للكشف عن البكتيريا القولونية الكلية والقولونية الغائطية وهذه الطرق تستغرق فترة زمنية حوالي ٤٨ ساعة وهناك طرق سريعة لاكتشاف القولونيات الغائطية في شبكة المياه عند حدوث

الإصلاح فى المحطات او الشبكات. وفى هذه الطريقة يستخدم فى الترشيح العشائى مستنبت لاکتوز / منتول عالى الدرئ (Mannital meduimHighly Buffered Lactose).

ولحمایة مياه الشرب من الفيروسات التى يمكن ان تسبب امراضا معدية فان ذلك يتم من خلال استخدام مصدر مائى خالى من مياه الصرف ومحقق له الحماية من التلوث الغائطى او المعالجة الملائمة. إلا أنه لايمكن تقييم كفاءة الرصد والتحليل والمعالجة لخلو المياه من الفيروسات بالدرجة التى تحمى من غياب الفيروسات. ومع ذلك فان المياه تعتبر عولجت معالجة كافية إذا تم استيفاء الشروط التالية:

* الوصول فى مراحل المعالجة إلى درجة عكارة أقل من وحدة عكارة بمقياس نيفيلو مترى (NTU)

* تطهير المياه بجرعة كلور تحقق كلور حر زائد مقدارة ٠,٥ ملجرام / لتر مع زمن التصاق (Contact Time) مقدارة ٣٠ دقيقة فى مجال رقم هيدروجينى أقل من ٨.

وقد تبين ان الأوزون مطهر فعال بالنسبة للفيروسات وهو يفضل للمياه النظيفة اذا وجد أوزون متبقى قدره ٠,٣ - ٠,٤ ملجرام / لتر لمدة اربع دقائق. وللاوزون مزايا تفوق الكلور بالنسبة للمياه المحتوية على النشادر والتى يؤكسدها الأوزون الى غاز النيتروجين ولكن لسوء الحظ لا يمكن الاحتفاظ بأوزون متبقى فى شبكة التوزيع. ولاتزال استعمالات الطرق الروتينية لرصد الملوثات القولونية والفيروسية قائمة حيث ان الرصد للفيروسات يتطلب إمكانيات معملية لاختبار كميات من المياه قد تصل من ١٠٠ الى ١٠٠٠ لتر على سبيل المثال.

وقد ثبت كما سبق ان اشرنا انه يمكن الحصول على ماء خالى تماما من الفيروسات من مصادر ملوثة بالغائط عندما يكون تركيز الكلور المتبقى ٠,٥ ملجرام / لتر على الاقل لمدة التصاق لاتقل عن ٣٠ دقيقة وعند رقم هيدروجينى أقل من ٨، على اساس اختبار العكارة بمقياس النيفيلو مترى اقل من واحد وكذلك

الاحتفاظ بكلور حر متبقى في شبكة التوزيع قدره ٠,٢ الى ٠,٥ ملجرام / لتر لتقليل أخطار النمو البكتيرى ولتوفير الدليل بعدم وجود ملوثات بعد المعالجة. ونظرا للمقاومة الكبيرة لحوصلات (cyst) أو البيضة للجارديا اللامبيلا وغيرها من البروتوزوا المسببة للأمراض المعوية للكلور وهذه الحوصلات تمثل الاطوار الاولى للبروتوزوا ولذلك فان عدم وجود البكتريا القولونية لا يعتبر دليل بعدم وجود هذه الحوصلات وهذه الاطوار الاولى للجارديا (الحوصلات) يمكن التخلص منها في معالجة المرشحات حيث ان كفاءة الاداء للمرشح واختبار الوسط الترشيحي المناسب وتنظيم الغسيل العكسي هي اهم طرق التخلص من هذه الحوصلات وكذلك فان البروتوزوا في مراحل النمو المتقدم تزال في المرشحات وتقتل بالكلور ويستمر قتلها في الشبكة بالكلور المتبقى.

المياه الجوفية على اعماق متوسطة اى حوالى ٥٠-٦٠ متر او اكثر من سطح الارض تكاد تكون خالية تماما من الملوثات الجرثومية بالبكتريا القولونية والغائطية والبروتوزوا والطحالب أما أن تحتجز في مسام التربة أو ان تموت وتتحلل لا هوائيا لعدم وجود اكسجين في مسام التربة. والفيروسات تعيش اساسا على الخلايا الحية التى تحتضنها وهذه كذلك تموت وتحلل لا هوائيا في التربة وبعد موت الخلية سواء النباتية او الحيوانية فان الفيروس يموت بعد ذلك بفترة زمنية من ٣٠ - ٦٠ دقيقة. وحوصلات الجارديا كذلك اما ان تحتجز في مسام التربة أو أن تتحلل او تحتجز كذلك اطوارها المتقدمة ولذلك فان طبيعة التربة ومسامها لها تأثير كبير فى حجز والتخلص من الكائنات الدقيقة الحية الممرضة قبل وصولها الى الخزانات الجوفية على اعماق اكثر من ٦٠ متر. ولهذا فان حماية البئر وحرم البئر من تسرب مياه الصرف وكذلك التنفيذ الجيد للبئر بما يمنع من تسرب مياه الرشح فى الفاصل بين قطر الحفر والجسم الخارجى للقيسون ومن ثم منع وصول الملوثات البكتيرية الى المياه الجوفية التى يتم سحبها. ولكن يمكن ان تصل هذه الملوثات الى شبكة التوزيع فى حالات الاصلاح والصيانة ووصول المياه فى التربة الى الشبكة وهذا يتطلب الغسيل الجيد للشبكة بعد الاصلاح بتدفقات مياه عالية لازالة الرواسب الملتصقة بالسطح الداخلى للمواسير التى تحتضن الكائنات الدقيقة وتحميها لتتكاثر هذا مع الاهتمام باستخدام جرعة زائدة من الكلور مع زمن التصاق ١-٣ ساعة ثم

غسيل الشبكة بمياه الشرب المعالجة مع مراعاة وجود كلور متبقى فى الشبكة من ٠,٢ الى ٠,٥ ملجرام / لتر. لهذا فانه رغم خلو المياه الجوفية على اعماق تزيد عن ٦٠ متر من الكائنات الممرضة الا ان هذا لا يمنع من اضافة جرعة الكلور قبل ضخها فى الشبكة مع المحافظة على كلور متبقى على طول مسار الشبكة بما قيمته ٠,٢ ملجرام / لتر عند صنوبر اخر مستهلك.

٣- القيم الدليلة لجودة مياه الشرب وخلوها من الكائنات الحية الدقيقة

القيم الدليلة الموضحة فى الجدول الاتى هى دليل للاخذ به طبقا لتوصيات منظمة الصحة العالمية نحو جودة مياه الشرب ولضمان سلامة الامدادات بها وخلوها من الكائنات الحية الدقيقة الممرضة سواء كان الامداد من خلال شبكة المواسير او بغيرها او معبأة فى زجاجات.

جدول (٥) معايير الكائنات الحية الدقيقة مسببة الامراض التى اصدرتها وزارة الصحة

المعايير	الوحدة	الكائنات الحية الدقيقة
صفر	العدد فى ١٠٠ سم ^٣	القولونيات الكلية (الكوليفورم)
صفر	العدد فى ١٠٠ سم ^٣	القولونيات الغائضية (Fecal)

جدول (٦) القيم الدليلة من الكائنات الحية الدقيقة لجودة المياه

ملاحظات	العدد فى ١٠٠ سم ^٣	الكائنات الدقيقة
العكارة واحد بمقياس بنفيلومترى التطهير بالكلور يفضل رقم هيدروجينى ٨، الكلور المتبقى ٠,٢ - ٠,٥ ملجرام / لتر مع زمن التصاق لا يقل عن ٣٠ دقيقة.	صفر	١- المياه المنقولة فى المواسير أ-الماء المعالج الداخلى الى الشبكة. * الكائنات القولونية الكلية * الكائنات القولونية الغائضية

تابع جدول (٦) القيم الدليلية من الكائنات الحية الدقيقة لجودة المياه

ملاحظات	العدد في ١٠٠ سم ^٣	الكائنات الدقيقة
ب-الماء غير المعالج الداخل الى الشبكة. * الكائنات القولونية الكلية * الكائنات القولونية الغائطية	٣ صفر	في عينة احيانا وليس في عينات متعاقبة في ٩٥% من العينات خلال سنة
ج- الماء غير المعالج فى شبكة التوزيع * الكائنات القولونية الكلية * الكائنات القولونية الغائطية	٣ صفر	في عينة احيانا وليس في عينات متعاقبة في ٩٥% من العينات المختبرة خلال السنة
٢- امدادات غير منقولة فى المواسير: * الكائنات القولونية الكلية * الكائنات القولونية الغائطية	١٠ صفر	يجب الايتكرر وان تكرر يتم البحث عن بديل
٣- مياه الشرب المعبأة فى زجاجات * الكائنات القولونية الكلية * الكائنات القولونية الغائطية	صفر صفر	يجب خلو المصدر من اى تلووث غائطى
٤- موارد مياه فى حالة الطوارئ * الكائنات القولونية الكلية * الكائنات القولونية الغائطية	صفر صفر	ينصح الاهالى بغلى الماء اذا لم يمكن التوصل الى القيم الدليلية

الباب الثاني

تنقية مياه الشرب

obeikandi.com

الباب الثاني

تنقية مياه الشرب

مقدمة :

إن مصادر مياه الشرب وإن كانت آمنة في الماضي إلى حد ما، إلا أن تعرضها للتلوث قد ازداد أخيراً مع زيادة الكثافة السكانية والأنشطة التنموية وما تسببه من تلوث لمصادر المياه السطحية والجوفية. ومصادر الملوثات الرئيسية هي مياه الصرف الصحي والصناعي والزراعي. وسواء كانت هذه الملوثات من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض الوبائية أو من المواد العضوية أو الغير العضوية العالقة أو المذابة أو السامة التي في معظمها من أسباب الأمراض المزمنة والمسببة كذلك للعكارة واللون في المياه. أو أن تكون هذه الملوثات من المواد المشعة المسرطنة. فإن لكل من هذه الملوثات حدوده القصوى في مياه الشرب لتصبح صحية مستساغة وغير ضارة. وتحدد خطوات تنقية المياه لاعدادها للشرب بعد تعيين نوع وكمية التلوث في مصدر المياه ثم تحدد خطوات المعالجة لاعداد المياه للشرب لإزالة هذه الملوثات أو تقليل نسبتها إلى درجة النقاء المطلوبة طبقاً للمعايير المقررة لمياه الشرب والاستخدام المنزلي. وسواء كان مصدر المياه هو المياه العكرة من المجارى السطحية العذبة أو من الخزانات الجوفية أو من البحار أو أي مصدر آخر. فإن الملوثات توجد عموماً في أربع صور عامة وهي:

١- مواد صلبة عالقة :

وهذه المواد الصلبة العالقة أما إن تكون من مركبات عضوية أو غير عضوية وهى من مسببات العكارة واللون للمياه، كما يعلق بهذه المواد كثير من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Pathogens). والعكارة فى المياه توجد فى المصادر السطحية للمجارى المائية العذبة ويمكن أزالتها عند المعالجة التقليدية بالمرشحات باستخدام كيماويات الترويب والترسيب.

٢- غازات مذابة :

وهى التي تسبب سوء الرائحة والمذاق. وهذه الغازات المذابة ناتجة عن تلوث المصدر المائي بالملوثات العضوية. تنتشر ظاهرة الغازات المذابة فى المياه الراكدة وفى المياه الجوفية. وهى تزال أساسا بالتهوية للمياه فى أبراج التهوية كما أن المعالجة بالمروبات تزيد نسبة كبيرة منها وخاصة فى حالة استخدام حبيبات الفحم المنشط فى المرشحات أو إضافة بودرة الفحم فى مرحلة الترويب.

٣- الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض : Pathogens

وهى تشمل البكتريا والفيروسات والبروتوزوا والطحالب والفطريات والكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض مثل مرض الكوليرا أو التيفود أو شلل الأطفال أو الأمراض المعوية أو الالتهاب الكبدي الوبائي وأمراض أخرى مصدرها الرئيسي هو إفرازات ذوات الدم الحار الحاملة للمرض مثل الإنسان - الحيوان - الطيور. وتصل هذه الكائنات الدقيقة إلى مياه الشرب عند تلوثها بمياه الصرف الصحي أساسا. معظم الكائنات الحية الدقيقة يباد بالكلور وخاصة البكتريا وبعضها يقاوم التطهير بالكلور مثل الفيروسات وحوصلات الجارديا وهذه يمكن إن تزال بنسبة ٩٩% فى المرشحات التي تعمل بكفاءة. وكذلك عند استخدام مؤكسد قوى مثل الأوزون يمكن القضاء على معظم الكائنات الحية الدقيقة ويحد من نشاط الباقي منها.

٤- المواد المذابة العضوية والغير عضوية :

فى مجارى المياه العذبة توجد المواد العضوية المخلفة منها المذاب ومنها الغير مذاب (Soc's – Syn thetic Organic chemicals). وتزال نسبة كبيرة منها عند معالجة المياه باستخدام كيماويات الترويب والترسيب. وهذه المواد من المبيدات والتي لا تتأكسد بالكور وهى كذلك بطيئة التحلل إلى المركبات الأولية ولكنها قد تتأكسد بمؤكسد قوى مثل الأوزون. والمبيدات توجد فى مياه المصارف أو فى المجارى العذبة المناوبة وفى فترة السدة الشتوية. أما المواد العضوية المذابة فى المياه الجوفية فهي تشمل المواد العضوية المتطايرة (VOC'S- Volatile Organic Chemicals) الناتجة عن تحلل النباتات أو تسرب المركبات العضوية الأخرى مثل بعض مشتقات البترول. والتخلص من هذه المواد العضوية المتطايرة يتم فى أبراج التهوية كما يحدث عند التخلص من الغازات المذابة. أما المركبات الغير عضوية المذابة فهي تشمل أساسا أملاح العسر فى المياه السطحية والتي تزال بكيماويات الترسيب للوصول إلى الحد المقرر من العسر فى مياه الشرب أو تزال عند استخدام المياه فى العمليات الصناعية كإنتاج البخار لتوليد الطاقة حيث يزال العسر.

المياه الجوفية قد تحتوى على أملاح الحديد والمنجنيز المذاب والذي يرسب عند تعرض المياه للهواء الجوى حيث تتأكسد هذه الأملاح وتعلق فى الشكل الغير مذاب بما يعطى المياه اللون الأحمر الطوبى. وهذه الأملاح تزال فى عمليات التهوية ثم استكمال الأكسدة باستخدام الكيماويات ثم الترسيب والترشيح. المواد الغير عضوية المذابة الزائدة عن المعايير المقررة لمياه الشرب مثل مياه البحار والبحيرات وبعض الخزانات الجوفية فهذه تزال بنظم التحلية المختلفة مثل التناضح العكسي RO أو الاليكترو دياييسيس ED أو التبخير EVA.

المواد المذابة من المعادن الثقيلة السامة والمسببة للأمراض المزمنة فهذه قد توجد فى كل من مصادر المياه السطحية والجوفية وهى تزال فى عمليات الترويب بنسبة كبيرة جدا وذلك باستخدام الأنواع المختلفة من كيماويات الترويب من الشبة وأملاح الحديد.

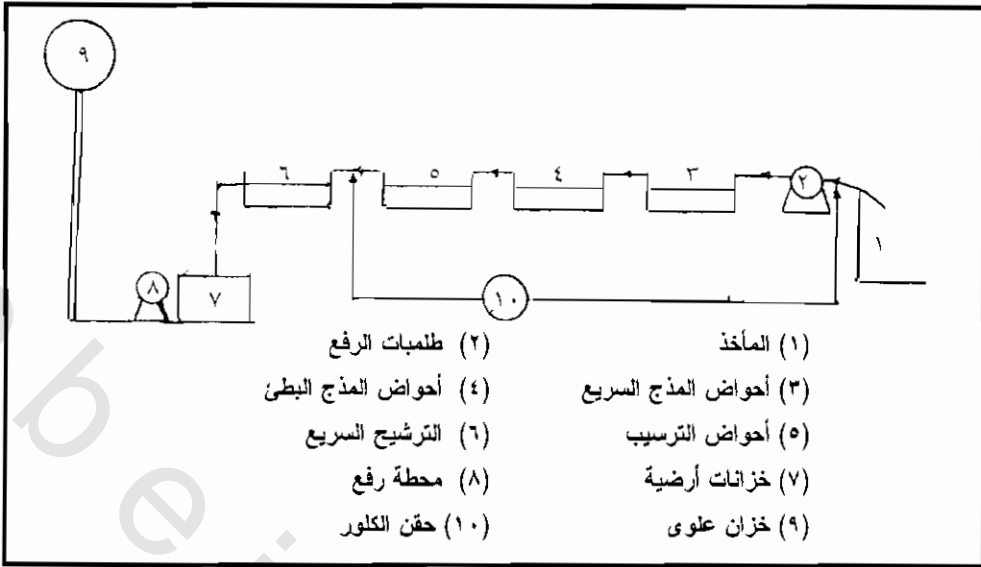
obeikandi.com

القسم الأول

تقنيات إزالة المواد العالقة من مصادر المجارى المائية العذبة

تشمل مراحل تنقية المياه لأغراض الشرب من المجارى العذبة السطحية الآتى:

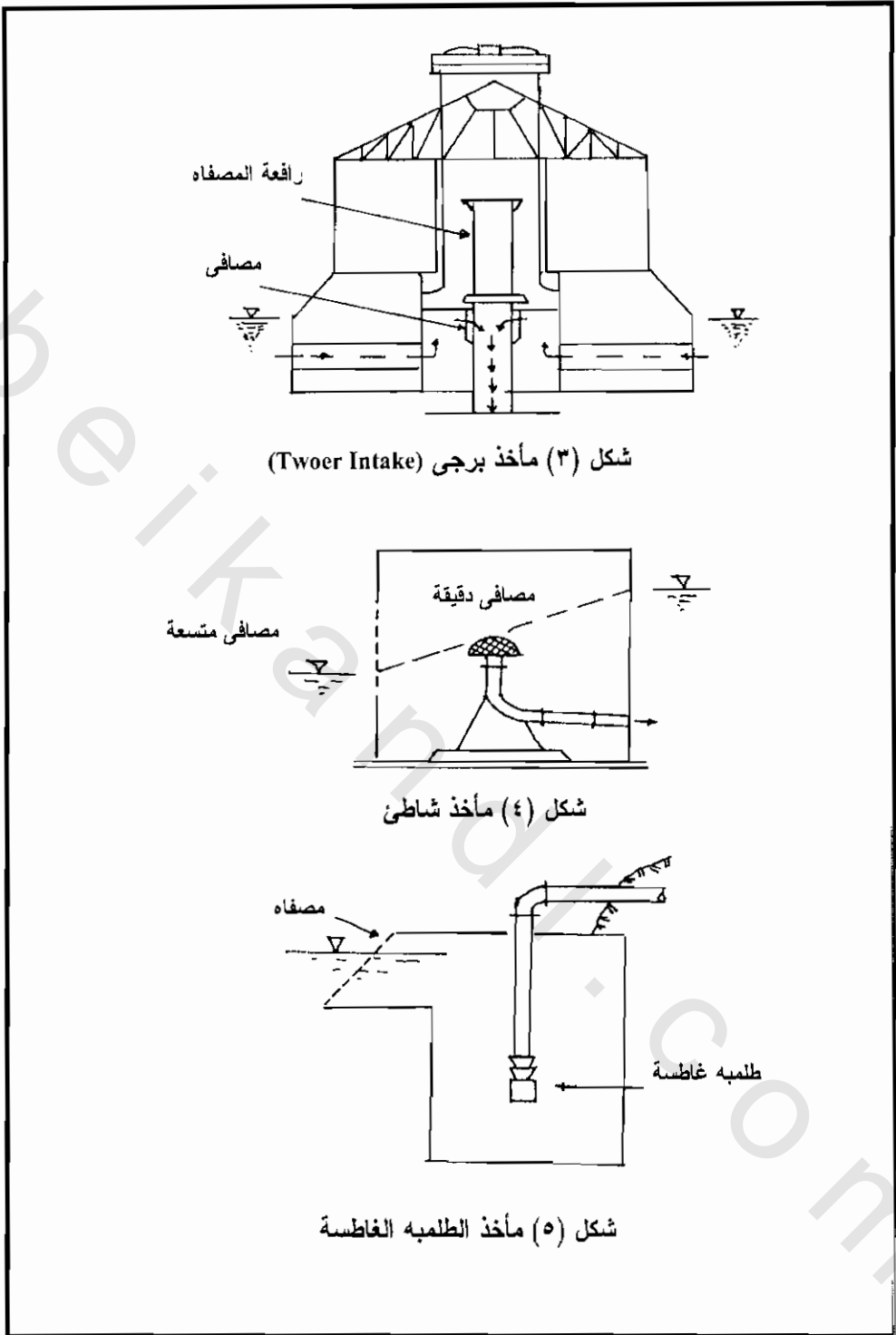
مآخذ المياه من المجرى المائي،. محطة طلمبات لسحب المياه من المآخذ إلى أحواض المعالجة والتي تشمل أحواض المزج السريع ثم أحواض المزج البطيء ثم أحواض الترسيب ثم المرشحات الرملية السريعة ثم خزانات أرضية للمياه المرشحة. محطة رفع المياه إلى الخزانات العلوية بالإضافة إلى أجهزة التغذية بالكيماويات مثل التغذية بالكلور للمياه بعد سحبها من المآخذ وقبل دخولها إلى المرشحات بعد أحواض الترسيب. وحقن الشبة فى أحواض المزج السريع بعد سحب المياه من المآخذ بواسطة محطة الطلمبات وكيماويات أخرى طبقا للحاجة شكل (٢) يوضح المخطط العام لمراحل تنقية مياه الشرب من المصادر السطحية العذبة.

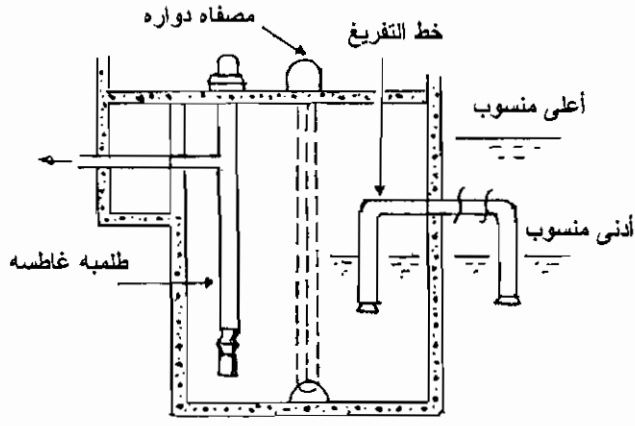


شكل (٢) المخطط العام لمراحل تنقية مياه الشرب من المصادر السطحية العذبة.

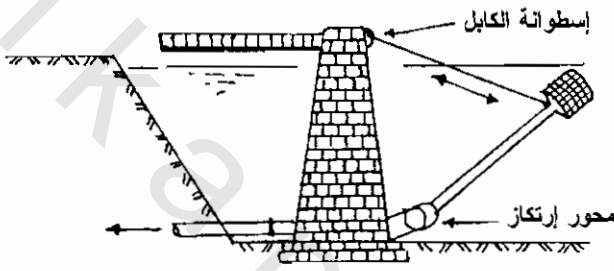
١- مآخذ المياه من المجارى العذبة: الأشكال (٣-١١)

تنشأ المآخذ عموماً قريبا من محطات المعالجة والتي تكون في أماكن مرتفعة بعيدا عن مخاطر السيول والفيضانات ولها طرق اقتراب ومصادر للطاقة. وعند اختيار موقع المآخذ فإنه يجب أن يكون بعيدا عن مصادر التلوث من الصرف العشوائي لمياه الصرف الصحي والصناعي. في جميع الحالات يجب أن يكون موقع المآخذ فوق التيار بمسافة مناسبة لاماكن الصرف المعالج والغير معالج إن وجد. ومع تحديد موقع المآخذ يتم العمل على حمايته من مصادر التلوث المختلفة في المجرى المائي. ولتجهيز المآخذ فإنه يجب عمل الأعمال الإنشائية اللازمة لحماية قاع المجرى المائي وجوانبه بطريقة تضمن الحصول على معدلات المياه المطلوبة الحالية والمستقبلية. وتعتمد منشآت المآخذ على طبيعة المصدر المائي والتغير في المنسوب والتصرفات على مدار العام وكمية المياه المطلوب تنقيتها ومدى استخدامات المجرى في الملاحة النهرية. كما يجب أن يراعى في تصميم المآخذ الزيادة المستقبلية في استهلاك المياه لمدة ٣٠-٤٠ سنة حيث يمكن زيادة طاقة الظلمبات والأحواض الخاصة بالمعالجة عند توفر المساحات من الأراضي ولكن يصعب زيادة طاقة المآخذ بعد تنفيذه.

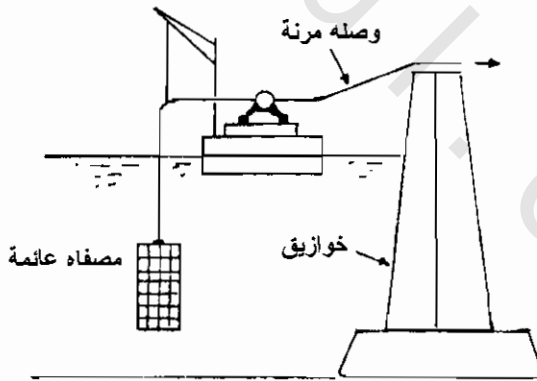




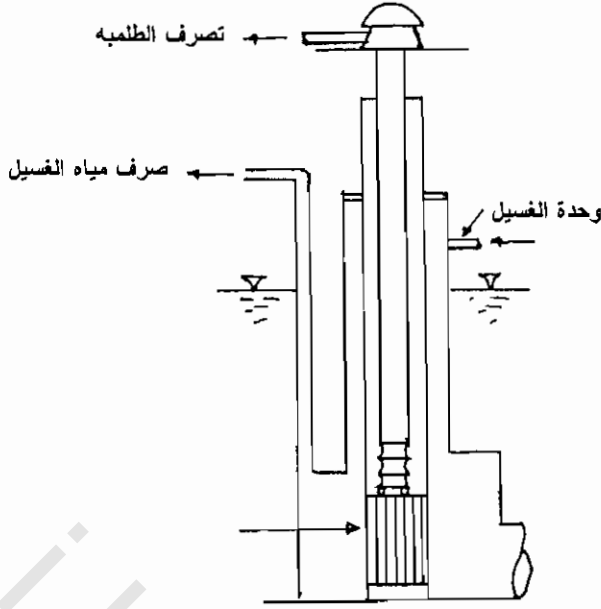
شكل (٦) مأخذ بالسيفون



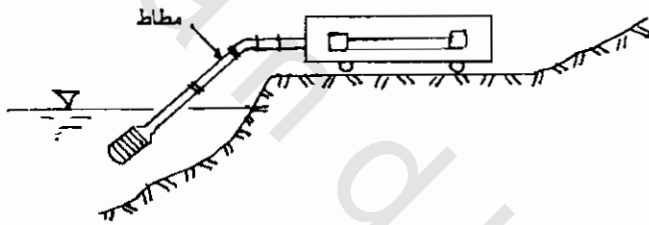
شكل (٧) مأخذ معلق ومتغير المنسوب



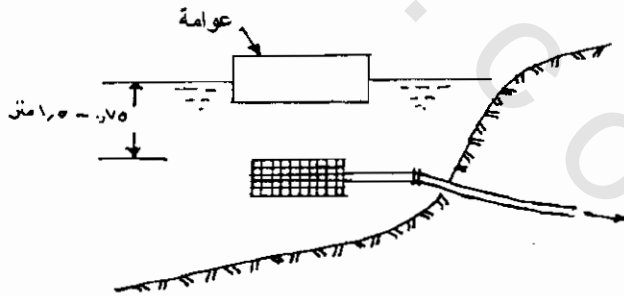
شكل (٨) مأخذ عائمة



شكل (٩) مأخذ بمصفاه ثابتة مجهز بالغسيل العكسي



شكل (١٠) مأخذ متحرك على عربة



شكل (١١) مأخذ عائِم للمحطات الصغيرة

إن العناية بالدراسة الأولية لتحديد موقع المآخذ وتصميمه يوفر ثبات نوعية المياه بالكَم المطلوب وخفض تكاليف المعالجة والحصول على مياه شرب مستساغة وأمنة باستمرار. وقد تصل تكلفة الدراسات والتصميم والتنفيذ للمآخذ في بعض الحالات أكثر من نصف تكلفة المحطة ككل. يمكن تنفيذ المآخذ بما يتناسب مع ظروف المجرى المائي حيث المآخذ البرجي والذي يمكن استخدامه في المجارى المائية الملاحية والغير ملاحية والمآخذ الشاطئية المغمورة والمآخذ التي تعمل بالسيفون وكذلك المعلقة والعائمة المزودة بماسورتين لاستخدامها عند ارتفاع وخفض المياه الأشكال من ٣-١١ يوضح كروكي لمختلف أنواع المآخذ.

تجهز المآخذ بالمصافي لحجز الأجسام الطافية والعالقة والتي تعيق الضخ وعمليات التنقية والمصافي المستخدمة هي مصافي القضبان الحديدية (BAR SCREENS) حيث الفواصل بين القضبان من ٠,٥ إلى ٥ سم وفي حالة قلة المواد الطافية المتوقعة يمكن تقليل الفواصل. توضع المصفاة بزواوية ٦٠-٧٥° بالنسبة للمستوى الأفقي. ولتسهيل عملية التنظيف في حالة التنظيف اليدوي توضع المصافي بزواوية ٣٠-٤٥° بالنسبة للمستوى الراسي. وتكون سرعة المياه المتجهة إلى المصفاة منخفضة تصل إلى ٠,١ إلى ٠,٢ م/ث (متر في الثانية) لمنع رسوب الأجسام العالقة. كما يجب ألا يزيد معدل تدفق المياه في الفتحات بين القضبان عن ٠,٧ متر في الثانية للمصافي الثابتة وذلك لمنع انسداد المصافي. وتكون سرعة المياه في ماسورة السحب إلى محطة الطلمبات من ١ إلى ١,٥ متر في الثانية.

المصافي النظيفة تسمح بمرور المياه مع فقد في الضغط لعدة سنتيمترات قليلة فقط ولكن الفقد في الضغط يرتفع بشدة عند تراكم المواد العالقة في فتحات المصفاة في حدود من ٠,١ إلى ٠,٢ متر. ولمواجهة عدم انقطاع انتظام التنظيف اليدوي أو التوقف للتنظيف الآلي فإنه من الناحية العملية تصمم المصافي بفقد في الضغط يعادل من ٠,٥ ألي ١ متر وكذلك فإنه بزيادة مساحة المصفاة يمكن التغلب على الفقد في الضغط. وقد تستخدم مصافي إضافية ذات فتحات صغيرة (Fine)

(Screens) قبل رفع المياه المعالجة لإزالة الأجسام العالقة ولتقليل زمن الترسيب أو مساحة المرشح. تزال الأجسام العالقة المتراكمة على المصافي بالطرق الميكانيكية (Rack screen) أو بالهواء المضغوط أو الماء سواء كانت المصافي ثابتة أو متحركة كما يمكن اللجوء إلى التنظيف اليدوي في المحطات الصغيرة. وفي بعض الحالات للمجارى السطحية العزبة المناوبة حيث ينخفض منسوب المياه وتصبح ساكنة يتحول المجرى المائي إلى مصرف زراعي وتتلوث المياه وكذلك مع ركود المياه ترسب الأجسام العالقة العضوية والغير عضوية ومع نقض الأكسجين في قاع المجرى تتحلل المواد العضوية لا هوائيا منتجة غازات كبريتيد الهيدروجين والميثان بما يؤثر على رائحة ومذاق المياه العكرة. وإزالة هذه الغازات يتطلب استخدام حبيبات الفحم المنشط لامتصاصها في المرشحات والتي تمتاز كذلك المركبات العضوية أو بأكسدة هذه المواد والغازات بمؤكسد قوى مثل الأوزون. ولتجنب هذه الملوثات قبل تنقية المياه يمكن تصميم المآخذ بما يوفر التهوية للمياه قبل وصولها إلى ماسورة المآخذ وهذه التهوية تزيد من أكسجين المذاب في الماء والذي يعمل على أكسدة المواد العضوية وإزالة الغازات المذابة المسببة للمذاق والرائحة. وتستخدم لهذا الغرض المآخذ العائمة أو متغيرة المنسوب حيث ماسورة السحب على عمق ٠,٧٥ إلى ١,٢٥ متر من سطح الماء. وفي حالة خلط مياه المصارف في مجرى المياه العزبة فيجب تجنب إنشاء المآخذ والبديل هو اللجوء إلى المياه الجوفية كمصدر لمياه الشرب حيث التكلفة اقل بكثير بجانب أن الملوثات العضوية تتحلل أثناء رحلتها إلى الخزان الجوفي وتختفي تماما على عمق ٥٠ - ٦٠ متر من سطح الأرض هذا بالإضافة إلى خلو المياه الجوفية من العكارة بما يوفر مراحل التنقية بالمرشحات ولكن يلزم حقن المياه بالكلور قبل الضخ في الشبكة. وفي هذه الحالة يلزم التأكد من خلو المصدر الجوفي من المعادن الثقيلة الضارة أو أن تكون تركيزاتها في حدود المعايير المقررة. وقد يصعب في بعض الأحيان اللجوء إلى هذا البديل أي استخدام المياه الجوفية وخاصة في منطقة الدلتا شمال خط الزقازيق دمنهور وذلك لملوحتها والبديل الآخر هو استغلال مجرى مائي آمن وان كان على مسافة بعيدة.

٣- التخلص من المواد الصلبة العالقة بالترسيب

أولى المراحل تنقية المياه العكرة هو التخلص من المواد الصلبة العالقة بعد خروجها من المصافي وبعد أن يتم التخلص من نسبة كبيرة من الأجسام العالقة والطافية طبقاً لحجم الفتحات في المصافي. وبعد خروج المياه من المآخذ إلى بيارة المياه العكرة فإنها ترفع بواسطة محطة الرفع الواطي إلى أولى مراحل التنقية وهي التخلص من المواد العالقة بالترسيب.

أ- نظرية الترسيب :

الترسيب هو التخلص بفعل الجاذبية من المواد العالقة والتي يزيد وزنها النوعي عن الوزن النوعي للماء. تزداد كفاءة الترسيب مع زيادة حجم الأجسام العالقة وزيادة كثافتها النوعية كما في حالات الترسيب العادي (Plain Sedimentation) بدون إضافة كيماويات مساعدة. والأجسام العالقة في المياه العكرة يتراوح حجمها ما بين فتحات المصافي الصغيرة في حالة استخدامها إلى أجسام عالقة ذات قطر صغير جداً يصل إلى ٠,٠٠٠١ ملليمتر (٠,١ ميكرون) وهذه ترسب ببطيء شديد جداً وإن كان يمكن التخلص منها في المرشحات السريعة التي تعمل بكفاءة. وقد وجد من فحص عدة حالات أن الكثافة النوعية للمواد العالقة تتراوح ما بين ٢,٦٥ لحبيبات الرمل الناعم إلى حوالي ١,٢ لحبيبات الطمي المحتوي على ٩٥% ماء، كما وجد أيضاً أنه إذا أحسن تصميم مأخذ المياه فنادرًا ما يزيد قطر حبيبات الرمل عن ٠,١ ملليمتر وكتل الطمي عن واحد ملليمتر. يمكن القول إن الترسيب العادي في عمليات تنقية المياه يخضع لقانون ستوك (STOCK'S Law) والذي ينص على الأتي:

$$S = \frac{1 \times g(Ps - P)D^2}{18M}$$

حيث

S: سرعة الترسيب سم/ث

g: عجلة الجاذبية الأرضية ٩٨١ سم/ث

M: اللزوجة بالسنتيمتر مربع في الثانية

P: الوزن النوعي للمواد العالقة

Ps: الوزن النوعي للماء

D: قطر حبيبات المواد العالقة

وحيث أن السائل هو الماء إذن كثافة السائل = 1 وتصيح المعادلة

$$S = \frac{g(Ps - 1)D^2}{18M}$$

من هذه المعادلة ترى انه كلما زاد الوزن النوعي للجسم العالق زادت سرعة ترسيبه، كلما زادت لزوجة الماء انخفضت سرعة الترسيب، كلما زاد قطر الجسم العالق زادت سرعة ترسيبه وكذلك تزداد نسبة التخلص من الأجسام العالقة مع زيادة زمن الترسيب. ولإيضاح تأثير هذه العوامل يلزم التنويه عنها.

ب- اللزوجة

لزوجة الماء تزداد مع ارتفاع درجة الحرارة حيث:

درجة الحرارة الماء م°: صفر - ١٠ - ٢٠ - ٣٠ - ٤٠ - ٥٠.

اللزوجة سم^٢/ث: ١,٧٨ - ١,٣ - ١ - ٠,٨ - ٠,٦٥ - ٠,٥٩.

فإذا انخفضت درجة الحرارة من ١٠ إلى صفر ترتفع لزوجة الماء من ١,٣ إلى ١,٧٨ سم^٢/ث وتقل سرعة الترسيب تبعاً لذلك. طبقاً لقانون ستوك فإن سرعة الترسيب تزداد كلما ارتفعت درجة حرارة الماء كما إن تأثير ارتفاع درجة الحرارة على سرعة الترسيب أكبر من زيادة سرعة الترسيب نتيجة زيادة الكثافة النوعية للمواد العالقة.

ج- القطر والوزن النوعي للأجسام العالقة

سرعة الترسيب لمختلف المواد العالقة في المياه الساكنة عند درجة حرارة ١٠ م° هي كما في الجدول (٧) حيث يوضح قطر الحبيبات وكثافتها. ومن هذا الجدول إذا كان قطر الجسم ٠,٢ ، ٠,١ مليمتر وعمق حوض الترسيب ٣ متر

وسرعة ترسيبه ١٠ ملليمتر في الثانية فإنه يحتاج إلى فترة زمنية مدتها ٥ دقائق ليرسب $(٦٠ \times ١٠ / ٣٠٠٠) = ٥$ ق.

إما في حالة الطفلة الناعمة بقطر ٠,٠٠١ ملليمتر فهي تحتاج إلى ٢٢٥ يوم لترسب في قاع حوض بعمق ٣ متر: $(٠,٠٠١٥٤ / ٣٠٠٠) \times ٦٠ \times ٦٠ \times ٢٤ = ٢٢٥$ يوم).

جدول (٧) سرعة الترسيب المختلفة لمواد العالقة في المياه الساكنة عند ١٠ م.

سرعة الترسيب بالملليمتر في الثانية		القطر بالملليمتر	المادة العالقة
للأجسام ذات الكثافة ٢,٦٥	للأجسام ذات الكثافة ١,٢	اسم = ١٠٠٠ ميكرون	
٧,٢-١٢	٦٣-١٠٠	٠,٦-١	رمل خشن
٣,٦-٦	٣٢-٥٣	٠,٣-٠,٥	رمل متوسط
١,٢-٢,٤	٨-٢١	٠,١-٠,٢	رمل ناعم
٠,٢١-٠,٥٤	٢,٩-٦	٠,٠٥-٠,٨	رمل ناعم جدا
٠,٠٨٤-٠,١٣	٠,١٥٤-٢,١	٠,٠١-٠,٠٤	طمي
٠,٠٢١-٠,٠٠٥٤	٠,٠٣٥-٠,٠٩١	٠,٠٠٥-٠,٠٠٨	طمي ناعم
٠,٠٠٠١٩-٠,٠٠١٣	٠,٠٠٣٥-٠,٠٢١	٠,٠٠١٥-٠,٠٠٤	طفله
١٠×٨٤^{-٩} - ١٠×٨^{-٦}	٠,٠٠٠١٥٤-٠,٠٠١٥٤	٠,٠٠٠١-٠,٠٠١	طفله ناعمة
لا ترسب إطلاقا	لا ترسب إطلاقا	أقل ٠,٠٠٠١٠٠	أجسام هلامية

القسم الثانى

استخدام الكيماويات للتخلص من الأجسام العالقة

نظراً لأن زمن الترسيب اللازم لإزالة الأجسام العالقة المسببة للعاركة غير عملي بالإضافة إلى الأجسام الهلامية التي لا ترسب والتي تسبب تغير فى لون ومذاق المياه. وهذه الأجسام لا تسبب عكارة فقط بل يعلق بها كثير من الكائنات الدقيقة ولذلك تم اللجوء إلى استخدام بعض الكيماويات الغير قابلة للذوبان فى الماء وتكون زغبات هلامية (Floc's) والتي تلتصق بالمواد العالقة حيث يزداد الحجم (Agglomerates) وتتجمع وترسب بالإضافة إلى أنها تمتاز على سطحها الخارجى بعض الأجسام الصغيرة العالقة وكذلك الهلامية بما يمكن من إزالة هذه الأجسام العالقة أسرع من الترسيب العادي. وهذه المواد هي مواد الترويب وهى غير ضارة وتعمل على تحسين اللون والرائحة والمذاق للمياه بدرجة كبيرة. واستخدام كيماويات الترويب يزيل الأجسام الهلامية التي تتراوح فى حجمها بين المذابة والعالقة (10^{-5} إلى 10^{-2} ملليمتر) والتي تحمل شحنة كهربية سالبة وهى فى حالة ثبات (Stabilized). ونظراً لشحنتها الكهربية المتماثلة ولقرب كثافتها من كثافة الماء تظل عالقة.

كيماويات الترويب تحمل شحنة موجبة وعند إضافتها يحدث عدم ثبات للأجسام العالقة التي تحمل شحنة سالبة عندئذ تتجمع جسيمات اكبر فى الحجم وبذلك تزداد

سرعة ترسيبها. المواد التي تزال بالمروبات هي المسببة للعكارة واللون. والعكارة هي نتيجة وجود العوالق الطينية والطحالب والمخلفات الحيوانية أما اللون فهو يسبب تحلل المواد العضوية والنباتات. المروبات تزيل كثيرا من الكائنات الحية الدقيقة ذات العلاقة بالصحة العامة والتي تختبئ في الأجسام العالقة وتزيل كذلك كثيرا من المواد العضوية المخلفة SOC's والتي توجد في مياه المجارى السطحية مثل المبيدات وتزيل كذلك أملاح الحديد والمنجنيز التي تعلق بها بعد أكسديتها بالهواء الجوى أو كيماويات الأوكسدة.

وتزيل كيماويات الترويب المواد العضوية الدبالية (Humic Substances) وهي ناتجة من مواد التربة وتحلل النباتات ولها مكونات أروماتية وأليفاتيه (Aromatic Aliphatic) وتشمل حامض الفولفيك الشديد الذوبان في الماء وحامض الهيوميك (Humic) الأقل إذابة في الماء. والأكثر انتشارا في المياه السطحية هو حامض الفولفيك. الأحماض الدبالية تعكس الضوء وهي المكون الرئيسي للمواد العضوية في الماء فهي توجد في كل المياه السطحية ومعظم المياه الجوفية. والمواد الدبالية تكون مركبات معقدة مع الأجسام العالقة والأملاح المعدنية والمركبات العضوية المخلفة (SOC's) بما يساعد على إزالتها في عمليات الترويب. وقد ثبت إن هذه المواد الدبالية من مسببات تكون مركبات الترياهالوميثان (THM'S) عند استخدام الكلور كمطهر ومؤكسد. ولذلك زاد الاهتمام نحو إزالة هذه المواد الدبالية بالترويب في تنقية المياه حتى وإن كان إزالة اللون والعكارة ليس هو الهدف من عملية الترويب.

خصائص استخدام كيماويات الترويب المختلفة

عملية الترويب تتم على ثلاث مراحل متتالية وهي تجهيز المروب ثم المزج السريع للمروب مع المياه حيث يحدث عدم ثبات للمواد العالقة ثم الخلط البطيء في أحواض الترغيب (Floccu Later) حيث تتم عملية تكوين الزغبات (Floc's) نتيجة التصاق المواد العالقة الغير ثابتة مع المروب. ولكبر حجم الزغبات المتكونة نتيجة هذا الالتصاق وزيادة كثافتها يمكن التخلص منها بالترسيب والترشيح.

المروبات المستخدمة عادة هي كبريتات الألومنيوم (الشبه) وكبريتات الحديد وكبريتات الحديدوز، كلوريد الحديد، ألومنيات الصوديوم. وتستخدم أحيانا الشبه السوداء والتي هي خليط من الشبه وبودرة الفحم المنشط بنسبة ٥% من الفحم المنشط. وفي بعض الحالات تستخدم البلمرات عالية الكثافة في عملية الترويب. والمروبات تزيل كذلك بالتريسيب الكيماوي بعض أملاح المعادن الثقيلة ذات الأثر السلبي على صحة الإنسان. فالشبه في المجال المتعادل ترسب الزرنيخ خماسي التكافؤ والكروم ثلاثي التكافؤ والرصاص والسيلينيوم وأملاح الفضة بنسبة إزالة ٧٠-٩٠% وأن كانت نسبة التريسيب تزداد مع زيادة الرقم الهيدروجيني نحو القلوية. ولكن الشبه لا تزيل الزرنيخ ثلاثي التكافؤ والباريوم والكاديوم والكروم سداسي التكافؤ والسيانيد والسيلينيوم الرباعي والنحاس وبعض المركبات العضوية. ولكن هذه المواد تزال باستخدام المروبات من أملاح الحديد في مجال رقم هيدروجيني مرتفع أعلا من ٩. الرقم الهيدروجيني لمياه النيل هو من ٧,٥ - ٨ فقط، والمروبات حامضية بطبيعتها حيث تتفاعل مع القلوية الطبيعية أو المضافة إلى الماء مكونة كبريتات الفلوى وراسب جيلاتيني الذي هو الايدروكسيد للمروب وهذا الايدروكسيد يحمل شحنة موجبة كما في المثال التالي:



بينما الأجسام الهلامية العالقة تحمل شحنة سالبة وعند الخلط يحدث الجذب والالتصاق مع الايدروكسيد لتتكون الزغبات (Floc's) الأكبر حجما وكثافة كما تعمل الطبيعة الجيلاتينية لايدروكسيد المروب على اصطياد الأجسام العالقة وامتزازها على السطح بما يزيد من حجم الزغبات حيث يمكن أن ترسب بسهولة. كما يلزم للأداء الجيد للمروب وجود قلوية في الماء. القلوية في مياه النيل هي حوالي ١٣٠ جزء في المليون مقيمة ككربونات كالسيوم وهي تشمل قلوية الكربونات والبيكربونات لاملاح الصوديوم أساساً. وفي بعض أنواع المياه قد لا تتوفر القلوية اللازمة لعمل المروب بكفاءة عندئذ يتم إضافة قلوى مثل الصودا آش (كربونات الصوديوم) أو الجير الحى أو لبن الجير Ca(OH)_2 .

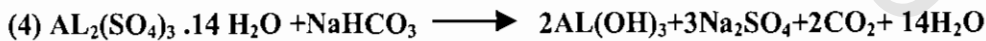
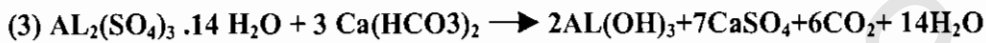
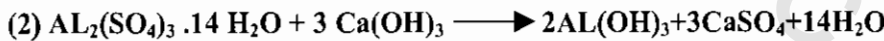
أنواع كيماويات الترويب

١- كبريتات الألومنيوم (الشبة): $AL_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$

وهي تصنع بخلط خام البوكسيت (Bauxite) المحتوى على أكسيد الألومنيوم مع حامض الكبريتيك لدرجة الغليان. واستعمل البوكسيت من خام الواحات الخارجة لفترة طويلة كما يوجد في مناطق أخرى مثل جنوب سيناء. الشبة المستخدمة فى تنقية مياه الشرب يجب ألا تزيد نسبة أكسيد الحديد فيها عن ٠,٩% والزرنيخ عن ٥٠ جزء فى المليون.

ولإعداد الشبة للاستخدام فانه يتم تجهيز محلول الشبة بتركيز ٤-٥% ويضاف إلى المياه العكرة بنسبة ٥-٨٥ جزء فى المليون حسب درجة العكارة مع عدم زيادة الجرعة عن هذا الحد حيث ما يزيد عن هذا المقدار وجد مذابا فى الماء. وقد ثبتت إن المواد العالقة من الطمي تمتص نحو ٢٠-٣٠% من جرعة الشبه بما لا يمكن من تفاعلها مع البيكربونات الموجودة فى الماء مما يتطلب فى بعض الحالات عمل الترسيب الأولي (Plain Sedimentation) للتخلص من أقصى نسبة من الأجسام العالقة. إذا انخفض الرقم الهيدروجيني عن ٦,٨ بما يضر بصحة الإنسان لا تزداد جرعة الشبه ولكن إما إن يزداد الزمن اللازم للترسيب أو إضافة الصودا أش لتعويض استهلاك القلوية الموجودة أصلا فى الماء.

وتفاعل الشبة مع القلوية الطبيعية أو المضافة للماء يتم كالتالي:



أيدر وكسيد الألومنيوم الناتج عن هذه التفاعلات للشبه مع القلوية الموجودة فى الماء أو المضافة يكون الزغبات (FLOC'S) التي لا تذوب فى الماء والتي تزيل

الأجسام العالقة الصغيرة جدا والهلامية (Colloidal). ولأفضل النتائج فإن الرقم الهيدروجيني للماء يكون ما بين ٦,٥-٨ وجرعة الشبه تكون من ٥ إلى ٨,٥ جزء في المليون طبقا للعكارة ولون المياه. تحدد الجرعة عموما طبقا لاختبارات القنينة (Jar Tests).

وتتوقف ضوابط استخدام الشبه كمروب على أساس أنه عند إضافتها إلى الماء فإن نواتج التحلل تكون أيون الهيدروجين الذي يعمل على خفض الرقم الهيدروجيني للماء كما في المعادلة.



الخفض في الرقم الهيدروجيني يتوقف على قلوية الماء فلكل ١ ملليجرام / لتر من الشبه التي تتفاعل لنتج راسب من أيدر وكسيد الألومنيوم يستهلك ٠,٥ ملليجرام / لتر من القلوية المقيمة ككربونات كالسيوم فعند إضافة جرعة من الشبه ٢٠ ملليجرام / لتر فإن القلوية اللازمة للتفاعل هي ١٠ ملليجرام / لتر بما يتطلب إضافة قلوي آخر إلى الماء لتوفير القلوية والمحافظة على الرقم الهيدروجيني للماء لترسيب أيدر وكسيد الألومنيوم وتحقيق أقصى ترويب. الزغبات التي تتكون باستخدام مروب الشبه تختفي في حالة نقص الرقم الهيدروجيني وكذلك في حالة زيادته يتأين أيدر وكسيد الألومنيوم إلى الألومنيات التي تذوب في الماء. ولهذا فإن أفضل النتائج لتكوين الزغبات تكون في مجال هيدروجين بين ٦,٥-٨ وعادة فإن الجرعة للشبه هي من ٥-٨٥ ملليجرام / لتر والجرعة المتوسطة هي ١٩ ملليجرام / لتر والمياه شديدة العكارة لا تزداد الجرعة عن ٨٥ ملليجرام / لتر حيث ما زاد عن ذلك يذوب في الماء وكذلك لا تقل.

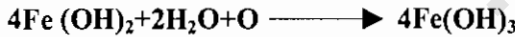
٢- كبريتات الحديدوز (Ferrous Sulphat)

كبريتات الحديدوز يكون فيها الحديد ثنائي التكافؤ والرمز الكيميائي هو $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ وهي تكون على هيئة بلورات خضراء لامعة جافة وقد تكون أحيانا على شكل كتل كبيرة ولها أسماء تجارية مثل الزاج الأخضر (Copperas) أو

(Sugar Sulphate of Iron) وعند استخدامها كمروب لمياه الشرب لا تزداد فيها نسبة الشوائب عن ٢% وحامض الكبريتيك عن ٠,٤% والزرنيخ عن ٥٠ جزء في المليون. وتكون نسبة الحديد القابل للذوبان في الماء ١٩,٧%. أساس عمل كبريتات الحديدوز كمروب هو تكون أيدر وكسيد الحد يدريك نتيجة لوجود الكربونات أو القلوية الموجودة في الماء مع أكسجين الهواء الجوي فتتحول كبريتات الحديدوز إلى أيروكسيد الحديديك الذي له خواص في الترويب لا تقل عن أيدر وكسيد الألومنيوم. وتفاعلات كبريتات الحديدوز مع القلوية الطبيعية أو المضافة إلى الماء كالآتي:



أيدر وكسيد الحديدوز يذوب في الماء وعند أكسدته بالأكسجين المذاب في الماء أو باستخدام جرعة عالية من الكلور فإنه يتأكسد إلى أيدر وكسيد الحديديك Fe(OH)_3 وهو راسب جيلايتي لا يذوب في الماء ويرسب تدريجيا حاملا الأجسام العالقة في شكل راسب. يضاف الجير كمستحلب من لبن الجير Ca(OH)_2 بعد إضافة كبريتات الحديدوز أو معها لرفع الرقم الهيدروجين ولزيادة سرعة الترسيب. كمية المروب من كبريتات الحديدوز تكون ما بين ٥-٥٠ ملجرام / لتر مع إضافة نسبة من الجير حوالي ٠,٤ من كبريتات الحديدوز وتزيد نسبة الجير مع زيادة العكارة في الماء حتى تصل إلى نفس نسبة كبريتات الحديدوز في الماء.



أملاح الحديد حامضية وتستهلك كل القلوية الطبيعية الموجودة في الماء أثناء الترسيب كأيروكسيد مما يتطلب إضافة مستحلب لبن الجير لرفع الرقم الهيدروجيني. وكبريتات الحديدوز تعطى أفضل نتائج للترويب عند رقم الهيدروجيني ٨,٥ ولا تستخدم للمياه الملونة. وأملاح الحديد أكثر عداونية من الشبة وتحتاج إلى مهارة عالية في استخدامها وهي تنشط البكتريا المؤكسدة لمعدن الحديد.

ولتحقيق أكسدة الحديدوز إلى الحديد في المجال المتعادل تتم الأكسدة بواسطة الأوكسجين المذاب في الماء بالإضافة إلى جرعة عالية من الكلور ٢٧ مليجرام / لتر. وعند استخدام كبريتات الحديدوز كمروب أمكن الاستغناء عن الترشيح والتعقيم وعمل الترسيب فقط وذلك عند زيادة كمية الجير المضاف بعد كبريتات الحديدوز حتى رقم هيدروجين ١٠,٥ عندئذ يمكن الحصول على مياه شفافة لا تحتاج إلى الترشيح بالإضافة إلى قتل البكتريا الضارة التي لا تعيش عند رقم هيدروجيني ١٠,٥. وتزال القلوية الزائدة بتمرير ثاني أكسيد الكربون في الماء فيحولها إلى بيكربونات غير ضارة. كبريتات الحديدوز أقل في تكلفة استخدامها من الشبه بالإضافة إلى إن الزغبات الناتجة عنها كمروب سريع الترسيب لزيادة الكثافة النوعية. ولكن استخدامها يتطلب إضافة الجير والذي يسبب تراكم وترسيبات في الشبكة نتيجة تفاعله مع قلوية الماء كما إن كبريتات الحديدوز لا تصلح كمروب مع المياه الملونه أو المياه اليسر. وعند استخدام كبريتات الحديدوز مع الكلور بجرعة ٢٧ مليجرام / لتر مع زمن تلامس صغير لأكسده الحديدوز إلى الحديد فيأن الناتج يكون ٤٠% كبريتات حديدك، ٦٠% كلوريد حديدك.

٣- أملاح الحديد الأخرى

من مركبات الحديد المستخدمة كمواد تزويب كلوريد الحديدك وكبريتات الحديدك. كلوريد الحديدك شديد العدوانية في الحالة الصلبة أو المحلول وعادة لا يستخدم في معالجة مياه الشرب. كبريتات الحديدك شديدة الحموضة وشديدة العدوانية مما يستلزم إن تكون مهمات النقل والتخزين مقاومة للتآكل. والمروبات من أملاح الحديدك هي عوامل أكسدة فتزيل كبريتيد الهيدروجين وتحسن نوعية المياه وتستخدم في تنقية مياه الصرف الصناعي ومعالجتها، كما تعمل على ترسيب كثيرا من المعادن الثقيلة. ويتطلب استخدام مركبات الحديدك كمروبات إضافة أيدروكسيد الكالسيوم لرفع القلوية للماء وترسيب أيدر وكسيد الحديدك. والجرعة المناسبة من كلوريد الحديدك أو كبريتات الحديدك هي من ٨,٥ إلى ٥١ مليجرام / لتر ومجال الرقم الهيدروجيني المناسب هو من ٥,٥ إلى ١١.

تفاعلات مركبات الحديد مع الجير المطفى (لبن الجير) هي كالآتي:



أيدر وكسيد الحديدوز يذوب فى الماء وعند أكسدته بالأكسجين المذاب فى الماء أو باستخدام جرعة عالية من الكلور فإنه يتأكسد إلى أيدر وكسيد الحديدىك Fe (OH)₃ وهو راسب جيلايتتى لا يذوب فى الماء و يرسب تدريجيا.

٤- ألومنيات الصوديوم (Na₂Al₂O₃): Sodium Aluminate

وهذا المروب استخداماته محدودة وهو قلوي فى تفاعلاته حيث يعمل على رفع الرقم الهيدروجينى. وهو مناسب للاستخدام فى المياه قليلة القلوية الطبيعية وكذلك فى المياه اليسر. وهذا المركب يتفاعل بسرعة مكونا رغبات من ألومنيات الكالسيوم Ca Al₂O₃ كما فى المعادلات الآتية :



ألومنيات الصوديوم تثبط عدوانية المياه ونظرا لارتفاع تكلفتها فلا تستخدم عمليا.

٥- الجير المطفى أو الجير الحي (Ca O -Ca(OH)₂)

يستخدم الجير المطفى أو لبن الجير Ca (OH)₂ أو الجير الحي Ca O فى تنقية مياه الشرب ومياه الصناعة منفردا أو مع غيره من المروبات كالشبة ومركبات الحديد ويستعمل كذلك فى معالجة المياه لإزالة العسر ويستعمل أما على هيئة الجير الحي (Ca O) أو الجير المطفى Ca(OH)₂. الجير الحي هي ناتج حرق كربونات الكالسيوم مكونا أكسيد الكالسيوم.

حرارة



وبإضافة الماء إلى الجير الحي (CaO) يتكون الجير المطفى. يمكن تحضير محلول الجير بتركيز ٤-٥% والذي هو لبن الجير. يجب إن يكون الجير الحي تام الاحتراق وخال من الشوائب (مثل الفحم، الرماد) وأن يكون قابلا للتفكك جميعه عند خلطه فى الماء وأن يكون ابيض جاف مسحوقا سحقا جيدا ومتجانس الحبيبات خال من المواد الغريبة التي تعيق استخدامه بواسطة أجهزة الإضافة للجير الحي أو لمحلول لبن الجير.

٦- البلمرات المستخدمة فى الترويب

البلمرات إما إن تكون من المواد عضوية أو من مواد غير عضوية:

أ- البلمرات من المواد الغير عضوية

وهذه تشمل البلمرات الغير عضوية من أملاح الحديد والالومنيوم والسيليكون. فعند معايرة محلول مركز من أملاح الحديد مع قلوئى لدرجة ما قبل التعادل (Partilly Neutralized) تتكون بلمرات من أملاح أيدروكسيد الحديد (Colloidal Amorphous Ferric Hydroxide Base Partial). وكذلك عند عمل المعايرة الغير مكتملة للتعادل لمحلول مركز من أملاح الألومنيوم كما فى حالة التعادل الجزئى (Neutralized Partial) لكلوريد الألومنيوم حيث يتكون مركب بولي أومنيوم كلوريد (PAC-Poly aluminuim Chloride) والذي يستخدم فى معالجة المياه العكرة واليسر. وكذلك هناك بلمرات أخرى من أملاح السيليكون. وتستخدم بعض أنواع الطفلة مثل الينتونيت كمرويات حيث تضاف فى الشكل الجاف مباشرة إلى الماء عندئذ تنفتح حبيباتها إلى جسيمات كبيرة تحتضن الجسيمات العالقة المسببة للعكارة مكونة أجسام اكبر حجما يسهل ترسيبها.

ب - البلمرات العضوية : Organic polymers

البلمرات العضوية متوفرة في أوزان جزيئية مختلفة (كثافات مختلفة). البلمرات التي بها مجموعة متأيئة مثل (Snlfonic Group / Amino Group) تسمى البولي اليكتروليت الذي يمكن أن يكون كاتأيوني (Cationic) أو أن أيوني (Anionic) أو الغير أيوني (Nonionic) ومن أمثلة لهذه البلمرات العضوية الموضحة في الجدول (٨).

وتستخدم البلمرات الغير أيونية في المجال الحامضي، البلمرات الآن أيونية في المجال القلوي والمتعادل والبلمرات الكاتأيونية تؤثر جيدا على المواد العضوية والهلامية. البلمرات من المركبات العضوية الأكثر شيوعا في الاستخدام في تنقية مياه الشرب كمساعدات ترويب (Coagulant aids) هي البلمرات الكاتأيونية موجبة الشحنة وهي بلمرات متأيئة (Positively Charged Cationic Polyelectrolytes). وهذه البلمرات الموجبة تعمل على عدم ثبات المواد العالقة ومعادلة شحنتها السالبة وهي كذلك تمتاز المواد الهلامية العالقة. البلمرات المستخدمة في مياه الشرب لها وزن جزيئي أقل من مليون وهي تتأثر بالرقم الهيدروجيني والعسر. البلمرات القابلة للذوبان في الماء تتأين لتعطى الرقم الهيدروجيني المناسب للترويب بما يقلل من جرعة المروبات ويحسن نوعية المياه خلال تدفقها في المرشحات وتضاف البلمرات (البولي اليكتروليت) مع جرعة المروب وتحدد جرعة المروبات طبقا لاختبارات القنينة (Jar Tests) وتوصيات المنتج.

ج- برمنجنات البوتاسيوم :

هذه المادة مروب ضعيف ولكنه مطهر قوى عند إضافته إلى الماء يتحلل إلى ثاني أكسيد المنجنيز والأكسجين النشط ويعمل ثاني أكسيد المنجنيز كمروب والأكسجين كمطهر وإزالة اللون والرائحة وعند الاستخدام تكون الجرعة ١-٤ مليجرام / لتر.

٧- تعيين الجرعة المضافة من كيماويات الترويب

تحدد الجرعة المضافة من المروب طبقا لنوع مادة الترويب المستخدمة وكمية العكارة في المياه ولون المياه والرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة وكذلك

زمن الخلط السريع والخلط البطيء لتكوين الزغبات (Floc's). عند زيادة العكارة في الماء مع انخفاض درجة الحرارة يلزم زيادة الجرعة من المروبات كما يلزم ضبط الرقم الهيدروجيني للحصول على زغبات أفضل. وذلك لأن مروب الشببة (أيدر وكسيد الألومنيوم) يختفي في حالة انخفاض الرقم الهيدروجيني وعند زيادته عن ٨,٥ فإنه يتآين إلى الألومنيات القابلة للذوبان في الماء.

جدول (٨) أنواع البلمرات العضوية

Some Synthetic Ploymers		
Nonionic	Anionic	Cationic
$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{CONH}_2 \end{array} \right]_n$ <p>Polyacrylamide M.W. = 10^6</p>	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{COO}^- \text{Na}^+ \end{array} \right]_n$ <p>Sodium polyacrylate M.W. = 10^6</p>	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2-$ <p>Polyethylene imine M.W. = 600 to 100,000</p>
$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{OH} \end{array} \right]_n$ <p>Polyvinyl alcohol</p>	$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{SO}_3^- \text{Na}^+ \end{array} \right]_n$ <p>Sodium polystyrene sulfonate</p>	$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ -\text{CH} \quad \text{CH}-\text{CH}_2- \\ \quad \quad \\ \text{CH}_2 \quad \quad \text{CH}_2 \\ \quad \quad \\ \text{N}^+ \\ \\ \text{Cl}^- \\ \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$ <p>Polydiallyldimethylammonium chloride ("Cat-Floc") M.W. = 10,000 to 100,000</p>
$[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{O}]_n$ <p>Polyethylene oxide</p>		$\left[\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_2- \\ \\ \text{C}_5\text{H}_5\text{N}^+ \\ \\ \text{HBr}^- \end{array} \right]_n$ <p>Polyvinylpyridinium bromide</p>

ولتعيين افضل مرّوب للاستخدام لنوع معين من المياه العكرة والجرعة اللازمة وافضل رقم هيدروجيني فانه يتم عمل اختبارات معملية باستخدام أنواع مختلفة من كيمائيات الترويب مع اختلاف الجرعات والرقم الهيدروجيني. حيث يمكن في بعض الحالات استخدام خليط من المرّوبات ومساعدات الترويب للحصول على أعلى كفاءة لترسيب والتخلص من المواد العالقة وإزالة المعادن الثقيلة المذابة والضارة بصحة الإنسان وتكون التنقية طبقاً لمعايير مياه الشرب وذلك كما هو موضح في الجدول (٩).

والجرعات المناسبة عند الحاجة الى إضافة قلوي هي ٤٠-٥٠ ملجرام / لتر من الجير الحي أو ٦٠-٧٠ ملجرام / لتر من الجير المطفي وتضاف الصودا آس عند استخدام مرّوب الشبة فقط وليس مرّوب الحديدوز بجرعة ١٠٠ ملجرام / لتر. وتستخدم البلمرات الكاتايونية كما سبق توضيحه لتأيينها وذوبانها في الماء وتوفير الرقم الهيدروجيني المناسب بما يقلل من جرعة المرّوبات وتحسين نوعية المياه وتدققها خلال المرشحات. الجرعة العادية للبلمرات (البولي اليكتروليت) هي واحد جزء في المليون. المياه قليلة العكارة لا تعطى كفاءة مناسبة عند استخدام المرّوبات فقط وذلك إذا انخفضت العكارة عن ١٠٠ جزء في المليون ويحدث هذا عامة في المجارى السطحية العزبة المناوبة أو في حالة السدة الشتوية. ولزيادة العكارة وزيادة كفاءة عمل المرّوبات تضاف جرعة من الطفلة ٣٥ ملجرام / لتر. الطفلة المناسبة هي الطفلة البنتونيت كما استخدمت بودرة الفحم المنشط الذي يحسن من المذاق والرائحة. وقد ثبت في كثير من الحالات الاستفادة بإضافة الرمل الناعم مع تحسين خصائصه بإضافة البولي اليكتروليت حيث يتم إضافتها قبل إضافة مادة الترويب كما قد تستخدم نسبة من الروبة (Sludge) المرسبة وتدويرها. تحدد الجرعة المناسبة من الروبات ومساعدة الترويب باستخدام جهاز اختبار القنينة وهذا الجهاز يتكون من ٤-٥ قنينة كل بسعة ١-٢ لتر شكل (١٣).

جدول (٩) المعالجة المؤثرة لإزالة الملوثات الغير عضوية

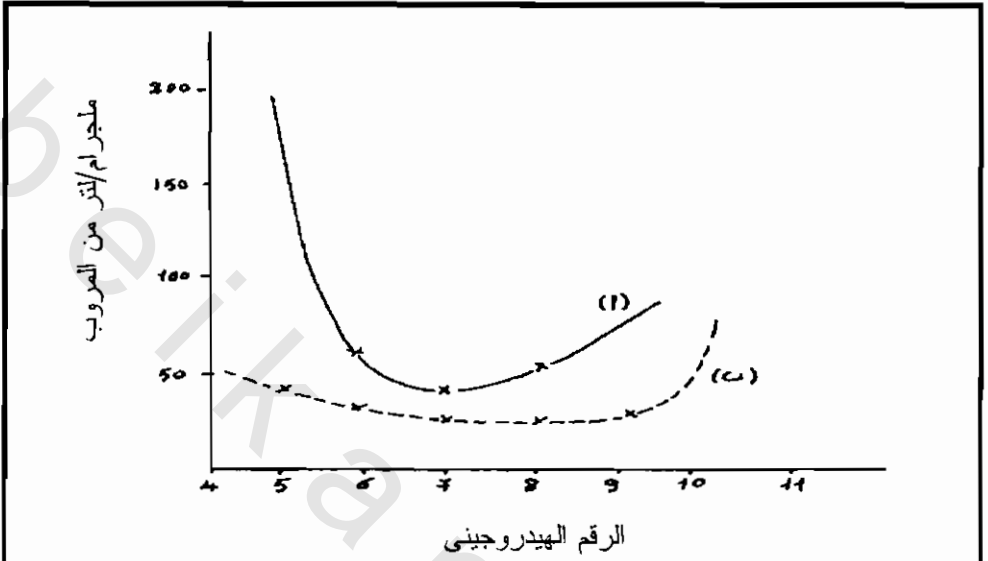
الترسيب بالمروبات لإزالتها	الملوثات من المعادن الذائبة
مروبات كبريتات الحديدك عند رقم هيدروجيني ٦-٨ مروب الشبة عند رقم هيدروجيني ٦-٧ . عند إزالة العسر باستخدام الجير ومروب كبريتات الحديدك عند رقم هيدروجيني ٨	الزرنينخ الثلاثي As^{+3} . بعد أكسدته إلى خماسي قبل المعالجة
نفس المروبات المستخدمة لترسيب الزرنينخ الثلاثي بعد أكسدته	الزرنينخ الخماسي AS^{+5}
إزالة العسر باستخدام الجير عند رقم هيدروجيني ١٠-١١ التبادل الايوني	الباريوم Ba
مروب كبريتات الحديدك عند رقم هيدروجيني اكبر من ٨ إزالة العسر باستخدام الجير .	الكادميوم Cd
مروب كبريتات الحديدك عند رقم هيدروجيني بين ٦-٩ أو مروب الشبة عند لرقم هيدروجيني بين ٧-٩ أو إزالة العسر باستخدام الجير .	الكروم الثلاثي Cr^{+3}
مروب كبريتات الحديدك عند رقم هيدروجيني بين ٧-٩,٥	الكروم السداسي cr^{+6}
مروب كبريتات الحديدك عند رقم هيدروجيني ٦-٩ أو مروب الشبة عند رقم هيدروجيني ٦-٩ أو إزالة العسر باستخدام الجير	الرصاص
مروب كبريتات الحديدك عند لرقم هيدروجيني ٧-٨ حبيبات الفحم المنشط	الزئبق الغير عضوي الزئبق العضوي
مروب كبريتات الحديدك عند رقم هيدروجيني ٧-٩	السيلينيوم الرباعي Se^{+4}
باستخدام كبريتات الحديدك عند رقم هيدروجيني ٧-٩ أو الشبة عند رقم هيدروجيني ٦-٨ أو عند إزالة العسر باستخدام الجير .	الفضة

يوضع في كل قنينة نراع خلاط يدور بسرعات متغيرة بواسطة عامود إدارة واحد ومجموعة تروس. يوضع في كل قنينة عينات متساوية حقيقية من المياه العكرة.

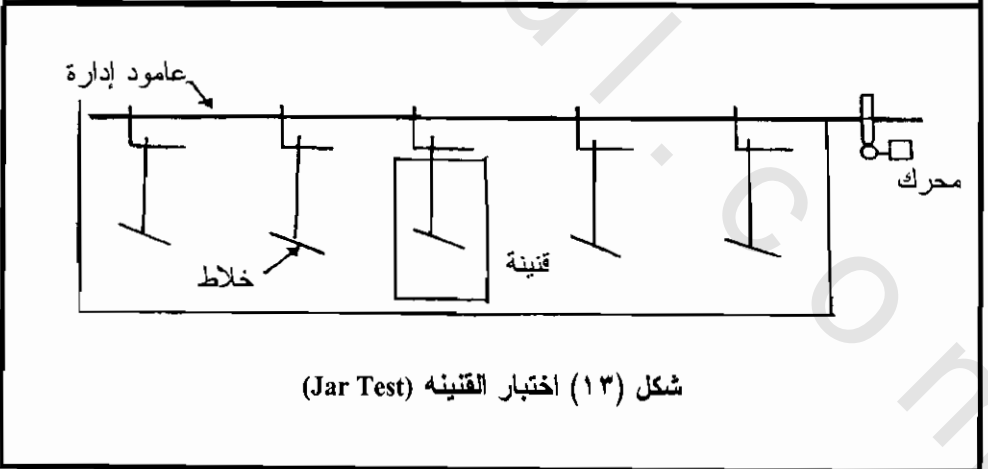
يحقن المروب فى كل قنينة بجرعات مختلفة مثال (١٠-٢٠-٣٠-٤٠-
 مليجرام / لتر) يتم تشغيل الخلاطات التي تعمل بعامود تشغيل واحد بسرعة عالية
 ٥٠-١٠٠ لفة فى الدقيقة لمدة ٠,٥ إلى ١ دقيقة ثم تخفض السرعة لتكون ٢٠-٣٠
 لفة فى الدقيقة لمدة ٢٠-٣٠ دقيقة ثم تترك العينات لمدة ٣٠-٦٠ دقيقة لترسب
 المواد العالقة. يتم اختبار العينات بالنسبة للعكارة واللون وتسجل اقل جرعة من
 المروبات والتي تعطى نتائج جيدة لنقاء المياه وشفافيتها (من ٠,٥ الى ١ بمقياس
 نيفيلوميترى) والاختبار الأخر هو تحضير العينات مع ضبط الرقم الهيدروجيني فى
 كل قنينة لتغطية المجال ٦,٥, ٧, ٨, ٩ مع إضافة جرعة مروب التي تم تحديدها
 مسبقا الى كل قنينة ثم يجرى الاختبار كما فى الخطوات السابقة. وتختبر العينات
 ويحدد أفضل رقم هيدروجيني، ويمكن استخدام نفس الجهاز لأختبار كفاءة الأنواع
 المختلفة من المروبات أو خليط منها فى إزالة العكارة واللون كما يمكن اختبار
 إزالة المعادن الثقيلة عند جرعات مختلفة من المروبات ومجال هيدروجيني مختلف
 كما هو موضح فى الجدول (٩) ولكن توجد بعض المعادن الثقيلة الضارة بصحة
 الإنسان والتي لإنزال بأي نوع من المروبات وهى السيلينيوم السداسي التكافؤ
 (Se^{+6}) والذي يزال بالتبادل الايوني أو التناضح العكسي وكذلك كلا من الفلورايد
 والنترات الذي يزال بالتبادل الايوني. ولتعزيز دور الجرعة كمروب يتم أثناء الخلط
 السريع حقن المروب بسرجات تحتوى على المروب فى وقت واحد حيث تحقن كل
 قنينة بها ماء بجرعة مختلفة. بعد الترسيب يتم قياس عكارة الماء بأخذ عينات من
 الماء بواسطة سحاحة من اسفل سطح الماء فى الإناء مباشرة. كما يمكن كذلك اخذ
 عينات فى توقيتات مختلفة لتعيين منحنى سرعة الترسيب مقابل العكارة. وأقل
 عكارة متبقية تقابلها أقصى جرعة للمروب. كما إن سرعة دوران الخلاط فى
 الدقيقة تمكن من معايرة متوسط التدرج فى السرعة وبذلك يمكن استخدام التجربة
 فى تعيين طاقة الخلط المختلفة للخلط السريع والخلط البطئ. ولتوضيح كفاءة
 المروب من الشبة أو أملاح الحديد فى إزالة العكارة طبقا للمجال الهيدروجيني كما
 هو موضح فى المنحنيات شكل (١٢).

فعند إضافة عكارة للماء من مادة النبتونيت وإضافة مروب من الشبة
 ومروب آخر من أملاح الحديد بجرعة ٥٠ مليجرام / لتر لكل مروب على حدة.

فان المنحنى (أ) فى الشكل (٢) يبين مجال الرقم الهيدروجيني لإزالة ٥٠% من العكارة فى الماء عند استخدام مروب الشبة والمنحنى (ب) يبين نفس النسبة من الإزالة للعكارة عند استخدام مروب من أملاح الحديد وتبين النقط على المنحنى الجرعات اللازمة عند الرقم الهيدروجيني.



شكل (١٢) كفاءة الشبه (أ) وأملاح الحديد (ب) فى الترويب لـ ٥٠ ملجم/لتر عكارة كاولين



شكل (١٣) اختبار القنينة (Jar Test)

٨- أمثلة لتعيين الجرعة من المروبات ومساعدة الترويب :

أ- مثال (١)

محطة تنقية مياه الشرب 35×10^6 لتر/اليوم. جرعة الشبة المستهلكة ٢٠ مليجرام/لتر. إذا كانت قلوية المياه تعادل ٤,٥ مليجرام / لتر من كربونات الكالسيوم. عين كمية الشبة والجير الحي المحتوى على ٨٠% أكسيد كالسيوم (Cao) المطلوب كل شهر لمحطة التنقية.

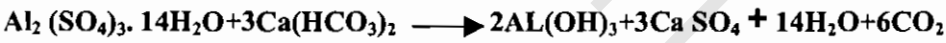
الحل : في حالة استخدام الجير الحي.

كمية الشبة المطلوبة : $20 \times 35 \times 10^6 / 10^3 = 700$ كيلو جرام في اليوم

$0,7$ طن في اليوم = 21 طن في الشهر.

بفرض محلول الشبة بتركيز ٥% أذن حجم المحلول اليومي = $0,7 \times 100 / 5 = 14$ متر مكعب . بفرض استخدام ثلاثة أحواض لخلط محلول الشبة إذن كل حوض يسع $4,7$ متر مكعب.

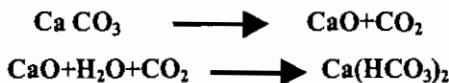
أبعاد الحوض بسعة ٥ متر مكعب (أسطواني) هي قطره ١,٥ متر ارتفاع ١,٥ لتعيين مساعدات الترويب يتم الاستعانة بالتفاعلات التالية التي تحدث أثناء المعالجة.



وحيث إن الوزن الجزيئي للشبة هو :

$$594 = (16 + 2) 14 + (16 \times 4 + 32) 3 + 27 \times 2$$

الوزن الجزيئي المكافئ من الجير الحي:



نظرا لأن الوزن الجزيئي للكربونات (Ca CO₃) = 100 = 16×3+12+40 .

والوزن الجزيئي للجير الحى (Ca O) = 56 = 16 + 40 .

من المعادلات السابقة والاوزان المكافئة فان القلوية اللازمة لوزن جزئي من الشبة هي 3 وزن جزئي من بيكربونات الكالسيوم وهذه تعادل 3 وزن جزئي من كربونات الكالسيوم وهذه تعادل 3 وزن جزئي من أكسيد الكالسيوم (الجير الحى).

.. القلوية اللازمة لـ 594 جزئ من الشبة يقابلها 3(16+40) = 168 جزئ من الجير الحى.

.. كمية الجير الحى المكافئة لـ 20 ملليجرام / لتر من الشبة = 594/168×20 = 5,66 = 5,66 ملليجرام / لتر

.. قلوية الماء ككربونات كالسيوم هي 4,5 ملليجرام / لتر = 100/56×4,5 = 2,52 ملليجرام/لتر من أكسيد الكالسيوم .

.. كمية الكالسيوم المطلوب إضافتها هي = 5,66 - 2,52 = 3,14 ملليجرام / لتر ونظرا لأن الجير الحى به 80 % أكسيد كالسيوم .

$$.. \frac{100 \times 3.14}{80} = 3,95 \text{ ملليجرام / لتر} .$$

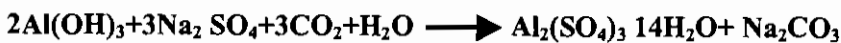
.. كمية الجير المطفى اللازم لمعالجة 10×35¹ لتر فى اليوم .

$$= 10 \times 35 \times 3,95 = 113,825 \text{ كيلو جرام / اليوم} .$$

$$= 1000 / 31 \times 113,825 = 3,582 \text{ طن فى الشهر} .$$

وفى حالة استخدام الصودا آش (Na₂ CO₃):

وذلك حسب المعادلة الآتية:



. . الوزن المكافئ من الصودا آس الذي يقابله ٥٩٦ جزئ من الشبة = $2 \times 23 + 12 + 3 \times 16 = 106$ جزئ من الصودا آس .

. . ٢٠ مليجرام / لتر من الشبة تكافئ $20 \times 106 / 596 = 3,5$ مليجرام / لتر من الصودا آس .

٣,٥ مليجرام / لتر صودا آس تكافئ $3,5 \times 100 / 106 = 3,3$ كربونات كالسيوم .

. . كمية الصودا آس اللازم إضافتها = $4,5 - 3,3 = 1,2$ ($100 / 106$)

= $1,2 \times 1,06 = 1,272$ مليجرام / لتر .

= $1,272 \times 10 \times 30 \times 31 / 1000 =$

= ١,٣٨ طن في الشهر

ب- مثال (ب)

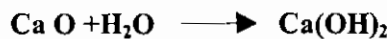
عين كمية كبريتات الحديدوز اللازمة في اليوم لمعالجة 10×4 لتر في اليوم إذا كان ١١ ملجرام / لتر من كبريتات الحديدوز تستهلك بالجير المطفى فى حوض الترويب.

الحل :

كمية المياه المعالجة = 10×4 لتر في اليوم.

كمية كبريتات الحديدوز = $11 \times 10 \times 4 = 440$ ملجرام / اليوم = ١٦,٠٦ طن فى العام.

التفاعلات الكيميائية التي تحدث أثناء عملية المعالجة هي:



الوزن الجزيئي للكبريتات الحديدوز هو ٢٧٧,٨٥ تقريبا ٢٧٨

الوزن الجزيئي لأكسيد الكالسيوم هو ٥٦ .

من المعادلات السابقة فان الوزن الجزيئي من كبريتات الحديدوز تحتاج الى وزن جزيئي من الجير المطفى أي ٢٧٨ مليجرام من الحديدوز تحتاج

$$٣,٢٣ = ١٦,٠٦ \times ٢٧٨ / ٥٦$$

. . كمية الجير المطفى = ٣,٢٣ طن فى اليوم .

ملحوظة: الوزن الذرى للعناصر المستخدمة :

$$\text{Fe} = ٥٥,٨٥ , \text{S} = ٣٢ , \text{O} = ١٦ , \text{H} = ١ , \text{Ca} = ٤٠ , \text{C} = ١٢ , \text{Al} = ٢٧$$

الباب الثالث

طرق ترسيب المواد الصلبة العالقة

obeikandi.com

الباب الثالث

طرق ترسيب المواد الصلبة العالقة (العكارة)

التخلص من المواد الصلبة العالقة (العكارة) تتم في مرحلتين:
المرحلة الأولى: وتشمل حقن كيماويات الترويب وترسيب المواد الصلبة العالقة.
المرحلة الثانية: الترشيح لتنقية المياه من العكارة والتطهير.
وتتم المرحلة الأولى في أربع عمليات متتالية أو متداخلة وهي:
بتجهيزات التغذية بكيماويات الترويب - الخلط السريع - الخلط البطيء - الترسيب
المرحلة الثانية: وهي الترشيح وتتم إما في مرشحات رملية بطيئة أو سريعة أو الترشيح بضغط المياه.

obeikandi.com

القسم الأول

تجهيز الكيماويات - الخلط السريع - الخلط البطيء

المرحلة الأولى وتشمل إعداد كيماويات الترويب فى الشكل الجاف أو المحلول ثم الخلط السريع للمروب مع المياه العكرة لتحقيق الانتشار السريع للمروب مع المياه العكرة والتلامس مع الأجسام العالقة كاملاً فى جميع محتويات الماء ثم الخلط البطيء حيث يتم الالتصاق بين زغبات المروب والمواد الصلبة العالقة وتتكون زغبات كبيرة الحجم فى حوض المزج البطيء والتي ترسب ولذلك تسمى أحواض المزج البطيء بالمروقات (Clarifiers).

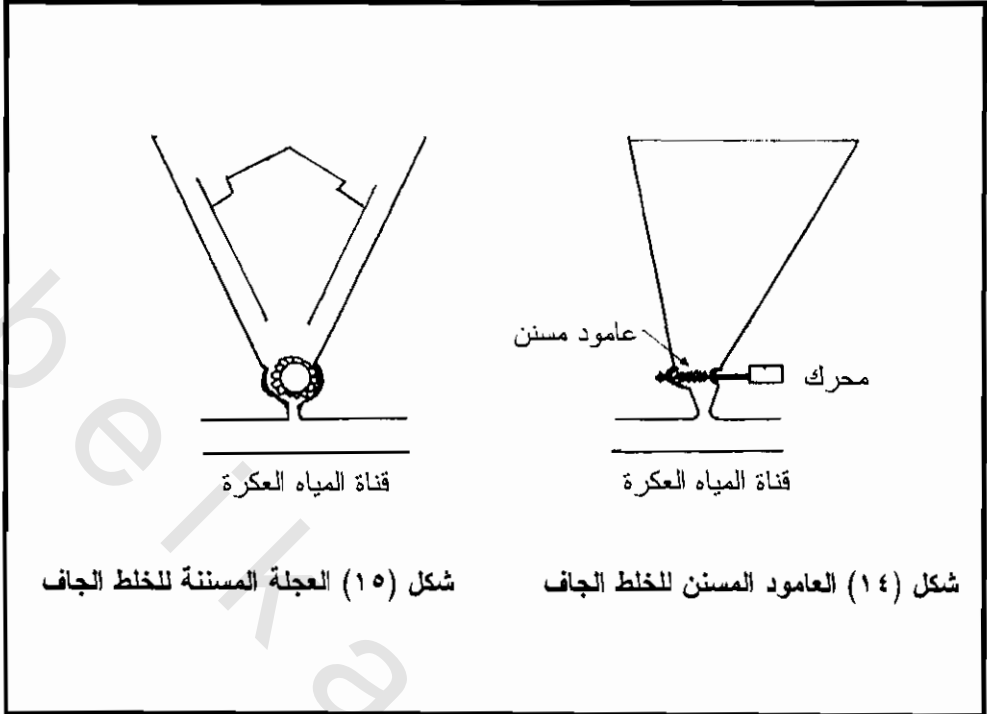
١- تجهيزات التغذية بكيماويات الترويب :

نظراً لأن الخلط السريع يهدف إلى الانتشار الفوري لجرعة الكيماويات خلال كتلة المياه لذلك يتم التقليب السريع للمياه مع حقن كيماويات الترويب فى أكثر المناطق اضطراباً (Turbulent) للتأكد من المزج السريع والمتجانس فى كتلة المياه ولأن تميؤ الماء المروب يتم فى ثوان قليلة كما أن عملية عدم ثبات المواد العالقة (Destabilization) نتيجة وجود شحنات كهربية مختلفة بين المروب الذى يكون زغبات موجبة الشحنة والعكارة التى تحمل شحنة سالبة تستغرق وقت صغير جداً. لذلك يوضع تجهيز الخلط السريع (Rapid Mixer) قرب مخازن الكيماويات وقريباً من حوض الخلط البطيء وتكون ماسورة التغذية للمروب قصيرة. قد تتم التغذية بالمروبات فى الشكل الجاف أو المحلول. التغذية الجافة سهلة وتتطلب حيز صغير جداً واقتصادية ولا تحدث تآكل ولكن ليس كل الكيماويات يمكن استخدامها فى

الشكل الجاف نظراً لأن بعضها قد يحدث انسداد. التغذية الجافة تتم للمروب ذو الحبيبات المنتظمة وثابت التركيب ولا يتمياً ولا يولد أبخرة ويظل جاف تحت ظروف الضغط والحرارة المتغيرة ولهذا يمكن استخدام كبريتات الحديدوز والجير المطفى في الشكل الجاف.

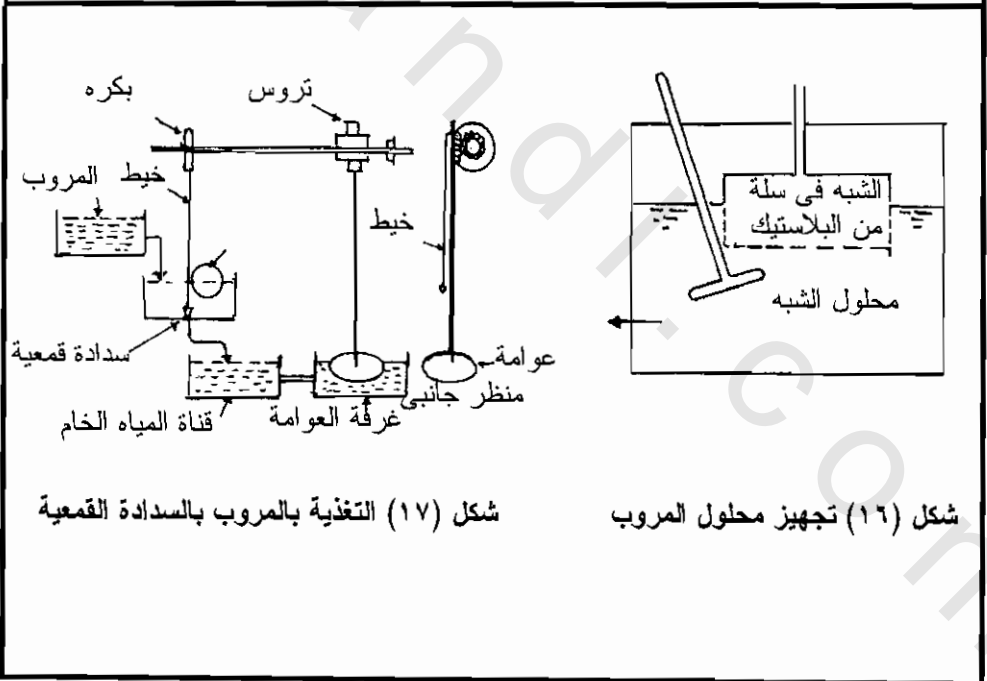
أ- تجهيزات التغذية الجافة بكيمائيات الترويب : شكل (١٤، ١٥)

تعمل هذه التجهيزات على أساس الإزاحة الحجمية والوزنية للكيمائيات الجافة حيث توضع الكيمائيات في القادوس القمعي ويجرى سحب المادة الجافة بفعل دوران العامود المسنن شكل (١٤) أو العجلة المسننة شكل (١٥) في قاع القلادوس التي تدار بواسطة الفنتوى الموجود على ماسورة المياه العكرة التي تغذى وحدة المعالجة حيث يمكن زيادة سرعة الدوران آلياً مع زيادة تدفق المياه العكرة.



شكل (١٥) العجلة المسننة للخلط الجاف

شكل (١٤) العامود المسنن للخلط الجاف



شكل (١٧) التغذية بالمرؤب بالسدادة القمعية

شكل (١٦) تجهيز محلول المرؤب

ب- تجهيز محلول كيماويات الترويب : شكل (١٦)

يجهز المحلول المروب في سلة معدنية مثقبة أو صندوق معدني مثقب أو أى وعاء مثقب من البلاستيك (من البولى اثيلين أو البولى بروبيلين) ثم رشه بالماء الساخن ثم يوضع المحلول فى خزانات تسع لتشغيل وردية واحدة وذلك عند استخدام الشبة كمروب. يجهز محلول الشبة بتركيز ٤-٥ % ولا يقل التركيز عن ١,٥ % قبل الحقن للمحلول سواء كان هذا المحلول معد مسبقا من مادة المروب الصلبة أو المحلول التجارى (بتركيز ٥٠%). كما يلزم الإشارة إلى إن محلول الشبة بتركيز اقل من ١% يجعل الشبة تكون زغبات الشبة مع مياه التخفيف قبل حقنها فى كتلة المياه العكرة ، ولهذا فان تركيز محلول الشبة يجب ألا يقل عن ١,٥ % ويعد محلول الشبة كما فى الشكل (١٦) والتغذية بالمحلول بالسداده القمعية شكل (١٧).

٢- طرق الخلط السريع : Rapid Mixing الأشكال (١٧ - ٢٥).

تتوقف الطريقة المستخدمة فى الخلط السريع على حجم المحطة ومعدل التدفق ونوع مادة الترويب وتشمل هذه الطرق .

الخلط الميكانيكى وهو شائع الاستعمال.

الخلط الهيدرولىكى و يتميز بالبساطة فى التشغيل ولا يحتاج إلى طاقة ميكانيكية.

الخلط بالمضخات وهو لا يتأثر بمعدل التدفق.

الخلط فى الخط In Line Blender ويشمل نوعين.

الخلط فى الخط الميكانيكى وهو جيد وبسيط عند كل التدفقات.

الخلط فى الخط الإستاتيكي حيث تتغير الطاقة مع معدل التدفق.

أ- الخلط الميكانيكي :

الخلط الميكانيكي السريع يتم في حوض مجهز بأذرع الخلط وتكون سرعة دوران أذرع الخلط من ٣٠٠ - ٦٠٠ لفة في الدقيقة . ويراعى إن يصمم حوض الخلط ليوفر زمن تلامس (Contact Time) من ٢-٥ ثانية

ب- الخلط الهيدروليكي: شكل (١٨، ١٩، ٢٠، ٢٥) .

في الخلط الهيدروليكي السريع تستخدم بتجهيزات مثل القنوات أو الغرف المجهزة بعوائق (Baffles) التي تحدث اضطرابات (Turbulence) لتدفقات المياه شكل (١٨، ١٩) كما تستخدم الهدارات (weirs) والقفز الهيدروليكي (Hydraulic jumps) كما في الأشكال (٢٠) كما يمكن عمل الخلط الهيدروليكي بتغذية المحلول عند جانب السحب للطلبة مع التصميم الجيد المناسب. الشكل (٢٥) الخلط الهيدروليكي بالحوائط الحائله.

ج- الخلط بالمضخة على الخط : شكل (٢٢)

يشمل الخلط السريع بالمضخة على الخط بتجهيزات ميكانيكية وهيدروليكية وفي هذه الحالات يجب ألا يزيد معدل ضخ الماء بالطلبة عن ١٠٠ ضعف حجم المحلول للمروب شكل (٢٢).

د- الخلط في الخط: (In Line Blender)

ويشمل الخلط الميكانيكي في الخط والخلط الاستاتيكي في الخط.

الخلط الميكانيكي شكل (٢١، ٢٢) والخلط الإستاتيكي شكل (٢٤).

عند استخدام التغذية الميكانيكية لمحلول الشبة في الخط فانه يمكن تغذية الشبة مباشرة لماسورة الطرد لمضخات الضغط العالي حيث يسحب المحلول بواسطة مروحة تتبع لقاتها لفات عامود إدارة مضخة الضغط المنخفض فيكون تصرف الجرعة مناسب لتصرف ماسورة التغذية.

وهناك طريقة أخرى موضحة فى الشكل (٢٣) فعند مرور المياه فى الماسورة (أ) إلى الاتجاه (ب) تدور مروحة صغيرة (ج) بواسطة مجموعة الحركة المبينة فى الشكل فيدور عامود المضخة (د) التى تنقل المحلول فى الماسورة بمعدل يتوقف على سرعة المياه فى الماسورة (أ).

وفى جميع حالات الخلط السريع فان سرعة تدفق المياه فى وعاء الخلط تكون ما بين ١٥-٣٠ سم / ث ولا تقل السرعة عن ١٠ سم / ث ولا تزيد عن ٧٥ سم/ث حيث فى الحالة الأولى فان الزغبات ترسب وفى الحالة الثانية فإنها تدوب وتختفي.

٣- تكوين الزغبات بالخلط البطئ : flocculation

الأشكال أرقام (٣٦ - ٣٠)

أ- رحلة المياه ما بين حوض الخلط السريع وحوض الخلط البطئ (الترغيب):

السرعة المناسبة للمياه من حوض الخلط السريع الى حوض الخلط البطئ هى ٧٠سم/ث وقنوات التوزيع للمياه ما بين حوض الخلط السريع وحوض الترغيب عادة تتناقص تدريجيا فى مساحة المقطع للمحافظة على ثبات سرعة المياه. وفى المحطات الكبيرة فان مسافة انتقال المياه من أحواض الخلط السريع الى أحواض الخلط البطئ قد تزيد عن ٤٠ متر. وتتدفق المياه بسرعة بطيئة خلال المواسير أو القنوات المجهزة بالهدارات المغمورة لتبطئ السرعة مع تجنب الاضطرابات فى حركة المياه وكذلك ثبات كلا من المنسوب ومعدل التبطئ لسرعة المياه. الزغبات التى تتكون بعد ٢ ثانية من إضافة المروب والخلط السريع تنفتت إذا كان هناك اختلاف فى السرعة أو المنسوب فى مسار المياه من الخلط السريع الى الخلط البطئ. الزغبات المفتتة قد لا ترسب بسرعة ولا يعاد تجميعها مما يتطلب سرعة التغذية بالمروب ولذلك فان أقصى زغبات مناسبة للترسيب والترشيح هى التى تتكون فى ظروف الخفض المتدرج لسرعة المياه.

وهناك فكر آخر الذى يوصى بتوفير طاقة متغيرة ومفاجئة فى حوض التزغيب وهذه تتم فى شكل نبضات (Variable Energy or Pulsating Energy). وان كان هذا يخالف نظرية الطاقة (السرعة) المتدرجة فى التبطئ ولضمان نجاح فكرة النبضات المفاجئة (Pulsation) والتى ستناقش فى القسم الثالث من الباب الثالث فإنه يلزم عمل التجارب النصف صناعية قبل التصميم لهذا النوع من أحواض التزغيب.

ب- التزغيب بالخلط البطئ : Flocculation :

فى حوض الخلط البطئ والمستمر تتكون الزغبات نتيجة التصاق الجسيمات الصغيرة العالقة لتكوين جسيمات أكبر حجما يمكن إزالتها بالترسيب أو بالترشيح. إن بناء أقصى حجم من الزغبات والذى يتراوح ما بين ٠,١ الى ٠,٢ مليمتر يتطلب الخلط البطئ لمدة ٢٠ق مع التدرج فى تقليل طاقة الخلط أى فى تقليل سرعة ازرع الخلط عند استخدام الخلط الميكانيكى أو باستخدام الحوائط الحائلة. ولذلك فان حوض التزغيب يجب إن يوفر الالتصاق أو الصدمات الهائلة بين الأجسام العالقة وتتوقف عملية التزغيب على عدد هذه الصدمات بين الزغبات الصغيرة فى وحدة الزمن. لذلك فعند تصميم حوض التزغيب لا يؤخذ فى الاعتبار التدرج فى السرعة (G - الطاقة) فقط بل كذلك زمن المكث (Detention Time(T) والنتائج GT هو قياس لعدد الصدمات للجسم العالق وبالتالي لعملية تكوين الزغبات.

$$\sqrt{\frac{MV}{P}} = G \text{ والتدرج فى السرعة}$$

حيث :

$$G = \text{التدرج فى السرعة (ثانية}^{-1} \text{)}$$

$$P = \text{الطاقة المنقولة للمياه (كيلو وات)}$$

$$V = \text{حجم المياه أو حجم حوض الخلط البطئ (التزغيب)}$$

$$M = \text{لزوجة الماء}$$

اللزوجة للماء هي :

$$1,14 \times 10^{-1} \text{ م}^2 / \text{ث عند درجة حرارة } 15^\circ \text{ م}$$

$$1 \times 10^{-1} \text{ م}^2 / \text{ث عند درجة حرارة } 20^\circ \text{ م}$$

$$0,9 \times 10^{-1} \text{ م}^2 / \text{ث عند درجة حرارة } 25^\circ \text{ م}$$

$$0,8 \times 10^{-1} \text{ م}^2 / \text{ث عند درجة حرارة } 30^\circ \text{ م}$$

القيم المثالية لقيم (GT) في حوض الترغيب هي كالآتي :

$$95 - 45 = G \text{ sec}^{-1}$$

$$1800 - 1200 = T \text{ sec}$$

$$150000 - 50000 = GT$$

ولكل نوع من أحواض الترغيب يتم الاختيار بعناية لقيمة GT المناسبة وتكون عالية بما يوفر أفضل تكوين للزغبات بدون حدوث تفتت أو تشتت لهذه الزغبات بعد تكوينها. وكذلك يمكن تحسين الصدمات الداخلية للزغبات باستخدام كيماويات مساعدة مثل السيليكا المنشطة أو البولي اليكتروليت وهما من مساعدات الترويب كما أنه من المفضل توفر قوة قص مستمرة (Shear Force) لتبطيء السرعة في كل مقطع الحوض ولهذا يقسم حوض الترغيب إلى غرف لمنع قصر الرحلة والتقلص في الطاقة ولهذا توضع العوائق (Baffles) في حوض الترغيب الهيدروليكي الكبير فقط والذي تزيد طاقته عن 20000 متر مكعب في اليوم وتلغى في الأحواض ذات الطاقة أقل من ذلك لتبسيط التصميم. وفي حالة عدم وجود تقسيمات في الحوض يزداد زمن المكث عن 20 دقيقة. وإذا كان الحوض يعمل بالترغيب والترسيب معا فإن الطاقة المستخدمة تكون أقل وزمن المكث للماء في الحوض يكون من 18-25 دقيقة. ويجب مراجعة حجم وكثافة الزغبات بالنسبة لعملية الترسيب والترشيح. الزغبات الكبيرة قد تكون قابلة للترسيب ولكنها غير مناسبة للترشيح المباشر والذي يتطلب عندئذ الغسيل العكسي للمرشح من إن إلى آخر. الزغبات

المناسبة للفصل بالترشيح المباشر (بدون الترسيب المسبق) هي الزغبات صغيرة الحجم وذات الكثافة العالية.

٤- أحواض المزج البطئ (الترغيب) : Flocculator :

المزج البطئ لتكوين الزغبات يمكن إن يتم بالتجهيزات الميكانيكية أو بالطرق الهيدروليكية. المزج الهيدروليكي البطئ مناسب للمحطات الصغيرة والميكانيكي مناسب لكل المحطات الصغيرة والكبيرة.

أ- المزج الميكانيكي البطئ (الترغيب الميكانيكي) : Mechanical Flocculator :

المزغبات الميكانيكية تتكون غالبا من الأزرع والتي تدور بسرعة بطيئة جدا بمعدل ٢-٣ لفة في الدقيقة. وأزرع التقليل قد تدور على عامود إدارة رأسي أو أفقي. المزغبات ذات عامود الإدارة الرأسي وأزرع التقليل العمودية عادة تكون مرتبطة بأحواض مربعة وأقصى أبعادها هي ٦ متر × ٦ متر وعمق من ٣ - ٥ متر. المزغبات ذات الهيكل الأفقي وأزرع التقليل الأفقية عادة تكون طويلة ويتراوح الطول ما بين ١٠ - ٣٠ متر والعرض ما بين ٣-٥ متر والأبعاد الصغيرة هي المستخدمة عادة.

وتصمم الحوائط الحائلة في أحواض الترغيب بالتقليل الميكانيكي البطئ لمنع قصر المسافة (Short Circuit)، وتكون مسافة الفتحات في الحوائط الحائلة بما يسمح بسرعة تدفق للمياه من ٣٠-٤٥ سم/ث. وعادة فان أحواض التقليل الميكانيكي البطئ ذات أزرع التقليل الأفقية. ولذلك فان السرعة العالية قد لا تنتج الزغبات المناسبة للترسيب في المروقات ذات أزرع التقليل العمودية مما يتطلب زيادة جرعة المروبات أو إضافة مساعدات الترويب (Coagulant Aids). أحواض الخلط البطئ ذات الأزرع العمودية تكون أجزاء الحركة بها غير مغمورة في الماء وهي عادة اقل في التكاليف وأزرع التقليل الأفقية أكثر مناسبة للاستخدام في حالة الترشيح المباشر والسرعة المناسبة لزراع التقليل هي من ٣٠-٧٥ سم/ث

وتصمم الهدارات لخروج المياه من حوض التقليل الميكانيكي بسرعة ٣٠ سم / ث أو بتوفير نسبة فتحات من ٣-٦% شكل (٢٩، ٣٠).

ب- المزج الهيدروليكي البطئ (التزغيب الهيدروليكي) Hydraulic Flucculator الأشكال (٢٦-٢٩)

التزغيب الهيدروليكي بسيط وفعال وخاصة في حالة ثبات التدفقات ويمكن توفير الطاقة للماء وقصر الرحلة باستخدام العوائق المعقدة (Maze Type) شكل (٢٦) أو باستخدام العوائق ذات التدفق المتقاطع شكل (٢٧). العوائق المعقدة تعطى نتائج جيدة عند سرعات ٢٠-٤٠ سم/ث وقد يكون التزغيب جيد بسبب الاضطراب الذي يحدث نتيجة للتغير في الاتجاه ١٨٠ درجة عند نهاية كل عائق. وفي المزغبات ذات العوائق الأفقية أشكال (٢٦، ٢٧) فان السرعة المياه عموما هي من ١٠-٣٠ سم / ث وزمن المكث من ١٥-٢٠ ق، هذا النوع يناسب المحطات الصغيرة جدا. وتتوقف الكفاءة على عمق المياه في الحوض والذي يتراوح ما بين ٣-٥ متر لكل من حوض التزغيب والمروق بالإضافة إلى وجود ميل في قاع الحوض. وتجهز الأحواض ذات التدفق المتقاطع شكل (٢٧) بفتحات في قاع العوائق لأغراض النظافة بارتفاع ١٠-١٥ سم وبطول ٤٠-٦٠ سم.

المزغبات ذات التدفق الرأسي خلال الحارات المعدة بالعوائق الراسية تناسب المحطات المتوسطة والكبيرة وسرعة المياه فيها من ١٠-٢٠ سم / ث وزمن المكث من ١٠-٢٠ ق ويعد الحوض كذلك بتجهيزات لإزالة الرواسب شكل (٢٨).

ج- المزغيب الهيدروليكي ألاباما : Alabama flocculator شكل (٣١)

يتكون المزغيب الهيدروليكي ألاباما من غرف منفصلة ملتصقة على التوالي حيث تتدفق المياه خلالها في اتجاهين ومن غرفة الى الغرفة التي تليها تدخل المياه اسفل كل عائق مجاور عند نهاية القاع خلال مخارج منحنية الى أعلى ولأحداث التزغيب المؤثر في كل غرفة فان المخارج توضع على عمق ٢,٥ متر اسفل منسوب المياه.

بيانات التصميم لمزغب ألا باما :

- الطاقة العادية لكل غرفة من ٢٥ - ٥٠ لتر/ث لكل متر مربع .
- السرعة عند الانحناءات من ٤٠ - ٥٠ سم/ث .
- طول الغرفة الواحدة (L) من ٠,٧٥ - ١,٥ متر .
- العرض (B) من ٠,٥ - ١,٢٥ متر .
- العمق (H) من ٢,٥ - ٣,٥ متر .
- زمن المكث (T) من ١٥ - ٢٥ ق .

والفقد في الضغط عادة من ٠,٣٥ الى ٠,٥ متر لكل وحدة والتدرج في السرعة عادة من ٤٠ - ٥٠ ثانية^١

الجدول رقم (١٠) يوفر بيانات استرشادية لتصميم مزغب ألا باما.

مثال :

$$\text{معدل التدفق (Q) = } 1,2 \text{ م}^3/\text{ق}, \text{ زمن المكث} = 15 \text{ ق}$$

الحل :

$$\text{معدل التدفق } 1,2 \text{ م}^3/\text{ق} = 20 \text{ ل/ث}$$

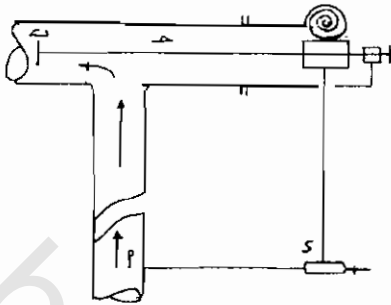
بما أن قطر الماسورة المنحنية ٢٥٠ مم (١٠") (D)

حجم الغرفة الواحدة ١,٣ م^٣ (العرض B=٠,٦ متر، الطول L = ٠,٧٥ متر)

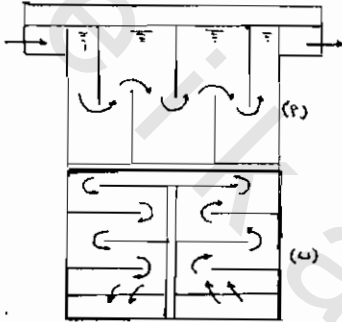
إجمالي الحجم المطلوب = معدل التدفق × زمن المكث

$$= 1,2 \times 15 = 18 \text{ م}^3$$

$$\text{عدد الغرف} = 18 / 1,3 = 14 \text{ غرفة}$$



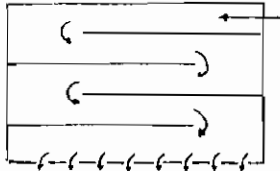
شكل (٢٣) خلط ميكانيكي على الخط



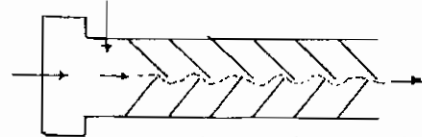
شكل (٢٥) الخلط السريع بالحوائط الحائلة (أ، ب)



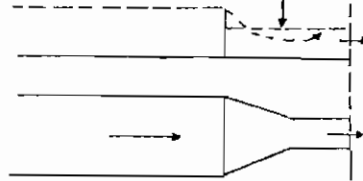
شكل (٢٤) خلط استاتيكي على الخط



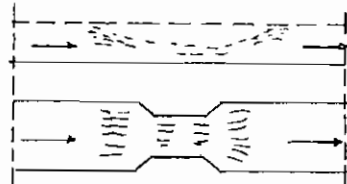
شكل (٢٦) حوض العوائق المعقدة



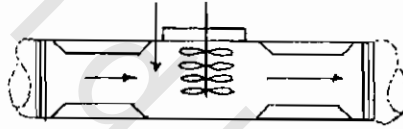
شكل (١٨) الخلط الهيدروليكي السريع بالقناة
المجهزة بعوائق



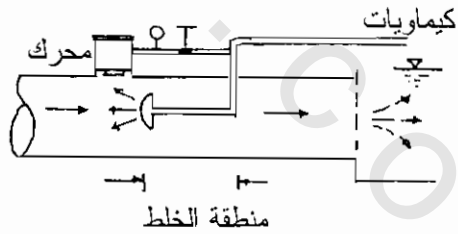
شكل (١٩) الخلط بالهدار المستخدم كذلك
لقياس التصرف



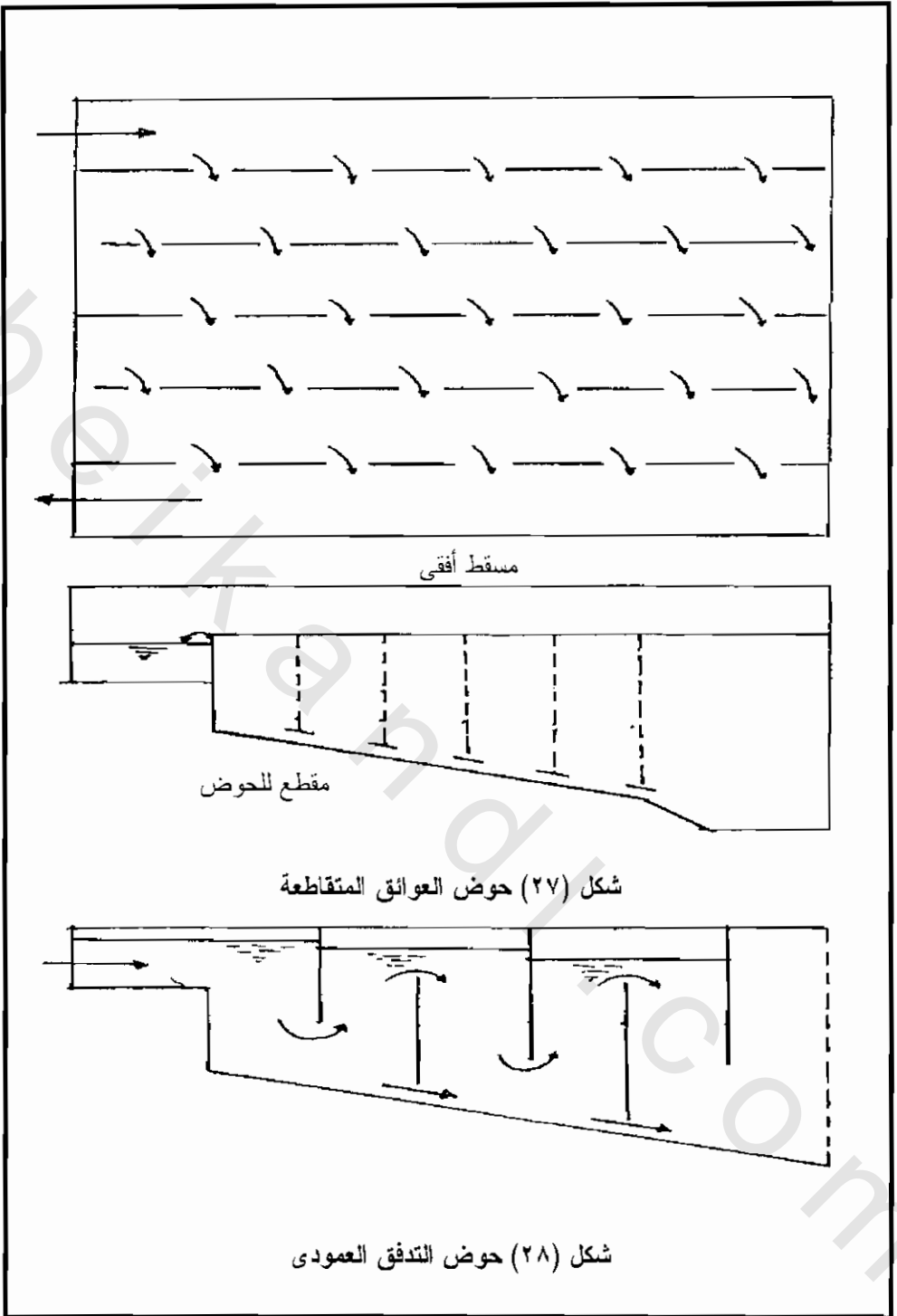
شكل (٢٠) الخلط السريع بالقفز الهيدروليكي

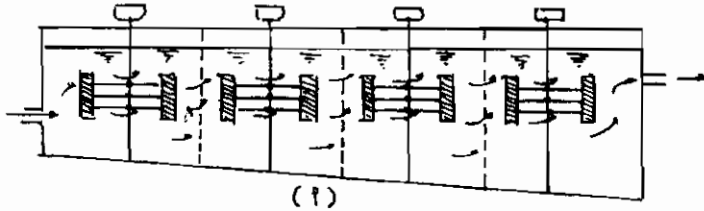


شكل (٢١) خلط ميكانيكي على الخط
(In Line Blender)

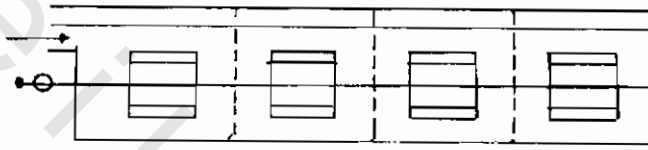


شكل (٢٢) خلط ميكانيكي على الخط
باستخدام ظلمبه

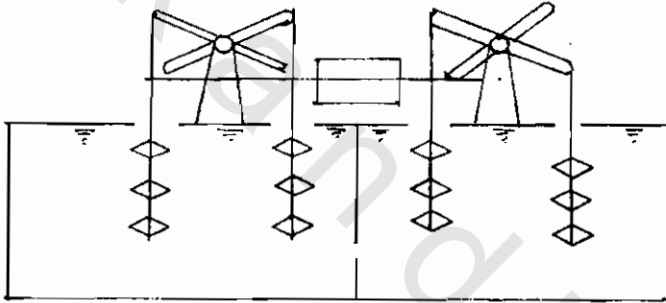




(٢)

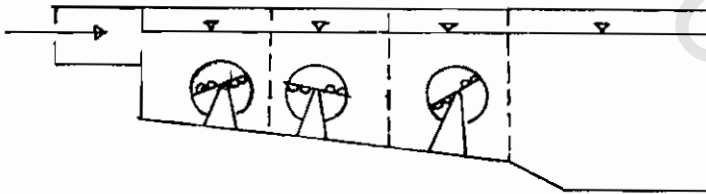


(٤)



(ج)

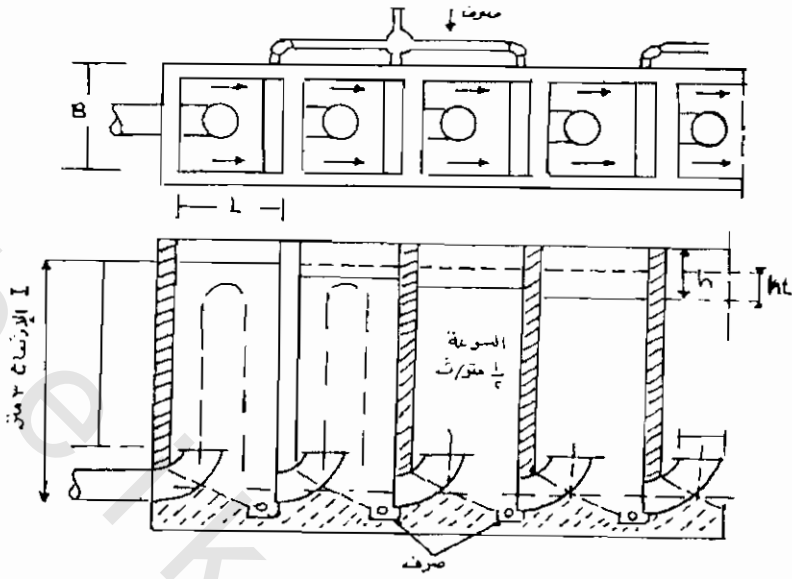
شكل (٢٩) قلابات ميكانيكية عمودية على اتجاه التدفق للمزج البطيء



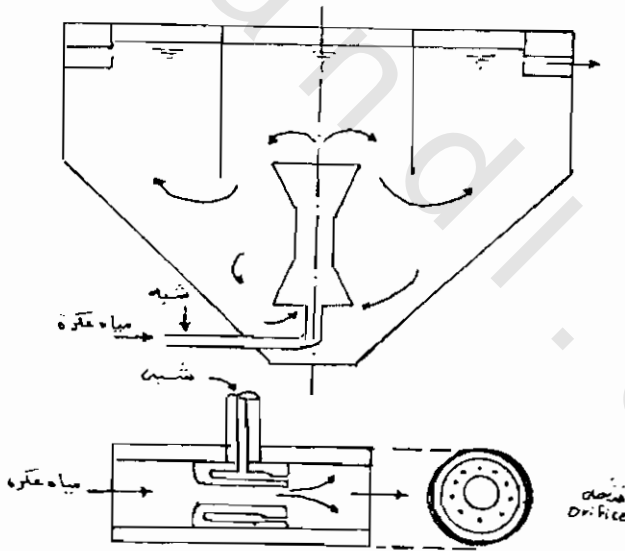
شكل (٣٠) قلاب ميكانيكي يدور في اتجاه التدفق

جدول رقم (١٠) بيانات عملية استرشادية لتصميم مزغب الإياما

حجم الغرفة الواحدة م ^٣	مساحة الغرفة الواحدة م ^٢	القطر D مم	الطول L بالمتر	العرض B بالمتر	معدل التدفق Q لتر / ث
١,١	٠,٣٥	١٥٠	٠,٦	٠,٥	١٠
١,٣	٠,٤٥	٢٥٠	٠,٧٥	٠,٦	٢٠
١,٨	٠,٦	٣٠٠	٠,٨٥	٠,٧	٣٠
٢,٤	٠,٨	٣٥٠	١,٠٠	٠,٨	٤٠
٣,٠٠	١,٠٠	٣٥٠	١,١	٠,٩	٥٠
٣,٦	١,٢	٤٠٠	١,٢	١,٠٠	٦٠
٤,٢	١,٤	٤٥٠	١,٣٥	١,٠٥	٧٠
٤,٨	١,٦	٤٥٠	١,٤	١,١٥	٨٠
٥,٤	١,٨	٥٠٠	١,٥	١,٢	٩٠
٦	٢,٠٠	٥٠٠	١,٦	١,٢٥	١٠٠



شكل (٣١) مذغب ألاباما



شكل (٣٢) مذغب هيدروليكي

القسم الثاني

أحواض الترسيب

تعتبر عملية الترويق للمياه بترسيب الزغبات المتكونة بعد الترويب بالخلط البطئ من أهم العمليات في تنقية مياه الشرب، فقد استخدمت أحواض الترسيب ذات التدفق المستمر مع الإزالة المستمرة للرواسب بالطرق الميكانيكية والتي سميت بالمروقات (Clarifiers) - الترويق الجيد للمياه المروية والذي يسبق الترشيح يمكن من الأداء الجيد للمرشحات وطول فترة عملها كما يقلل من مشاكل المرشحات مثل التشققات وتكوين الكرات الطينية. ويستخدم أحيانا الترسيب الأولي لتقليل (Plain Sedimentation) الأحمال من الرواسب قبل الخلط بكيماويات الترويب لإزالة نسبة كبيرة من المواد العالقة المسببة للون والمذاق والرائحة. أما الاستخدام الرئيسي لعملية الترسيب في تنقية مياه الشرب فهو بعد عملية الترويب لإزالة الأجسام العالقة التي أصبحت أكثر قابلية للترسيب. أحواض الترسيب تنصف بالسهولة في التشغيل والاستخدام القليل جدا للطاقة وهي أما أن تكون مستطيلة أو مستديرة أو ذات القاع القمعي أشكال (٣٣ - ٣٩).

١- أحواض الترسيب المستطيلة : شكل (٣٣)

وهذه الأحواض مستطيلة من المنظور الرأسي (Plan) وبها عدد كبير من الحوائط الحائلة (Baffle Walls). ومهمة الحوائط الحائلة هو تقليل سرعة المياه لزيادة زمن رحلة الجسم العالق. وهذه الأحواض مزودة بمدخل ومخرج ممتدة إلى

كل غرف الحوض. الأرضية بين الحوائط تكون مائلة في اتجاه المنتصف على شكل قمع حيث توجد ماسورة سحب الروية. ويجرى سحب الروية تحت الضغط الهيدروستاتيكي وبتشغيل محبس سكنية.

٣- أحواض الترسيب المستديرة (الدائرية) :

وهذه لا تستخدم فقط في الترسيب بل تستخدم في الترسيب مع الترويق. وتقسّم إلى نوعين حسب تدفق المياه بداخلها.

أ- أحواض الترسيب الدائرية ذات التدفق الأفقي : Radial Flow

يوضح الشكل (٣٤) مقطع في حوض ترسيب مستدير حيث توضح ماسورة دخول المياه داخل صندوق عاكس. الصندوق العاكس يعكس المياه إلى أسفل ثم تخرج من الفتحات في أجناب قاع الصندوق العاكس. تخرج المياه أفقياً من الصندوق العاكس في اتجاه المحيط الخارجي للحوض. وهذا المحيط مجهز كله بمخرج للمياه. ترسب كل المواد العالقة على ميول القاع وتخرج المياه بعد التخلص من هذه المواد العالقة خلال المخرج. تزال الروية (Sludge) بزحافة تدور باستمرار حول القاع، أقصى سرعة لزرع الزحافة (Racking Arm) لا تزيد عن ٤,٥ متر في الساعة

ب- أحواض الترسيب الدائرية ذات التدفق المحيطي :- Circunferential Flow

يبين الشكل (٣٥، ٣٦) مسقط رأسى لحوض الترسيب الذى يعمل بالتدفق المحيطي. تدخل المياه إلى الحوض خلال ٢-٣ فتحة رأسية. يوجد ذراع دوار فى الحوض والذى يعمل على تحريك المياه على طول محيط الحوض، بينما المياه تتحرك بسرعة بطيئة جدا بما يسمح للأجسام العالقة أن ترسب و أن تزال من مخرج الروية.

ج- أحواض الترسيب ذات القاع القمعي : (Hopper Bottom Tank)

وهى أحواض ذات تدفق رأسى شكل (٣٧). تدخل المياه من أعلا إلى صندوق عاكس (Deflector Box). وبعد التدفق إلى أسفل داخل الصندوق العاكس فإن

المياه تعكس اتجاهها وتتدفق إلى أعلا حول الصندوق العاكس. الأجسام العالقة ذات الكثافة اكبر من كثافة الماء لا تستطيع متابعة المياه أثناء انعكاس اتجاهها وترسب في القاع، ثم تزال خلال مخرج الروية تحت الضغط الهيدروستاتيكي. توجد قنوات لجميع المياه الراكدة عند قمة الحوض.

وعموما فإن التغذية في الأحواض المستديرة شكل (٣٨، ٣٩) يكون عادة من المنتصف حيث يتم التدفق الخارجى فى اتجاه هدارات. وقاع الحوض يكون عادة قمعى بسيط (Slightly Conical) إلى بئر الروية فى المنتصف. يتم تنظيف القاع وازالة الروية باستخدام قصابية لتوجيه الروية إلى البئر المركزى. التدفق المحيطى جيد من الناحية النظرية نظرا للنقص التدريجى لسرعة المياه. كما أن طول المحيط يسمح بطول هدار طافى وبالتالي قلة التحميل على الهدار. والهدارات يجب أن تكون مجهزة للضبط (Adjustable Weirs) تتشأ بدقة شديدة لمنع التدفق الغير متجانس حول الحوض. وقد تكون كفاءة الترسيب أقل من المتوقع نظرا لعدم انتظام التدفق الأفقى ويوجد استثناء واحد حيث حوض التدفق من المركز إلى المحيط. تستخدم المروقات الدائرية للترغيب والترويب والترسيب فى أن واحد.

معظم أحواض الترسيب المستخدمة فى تنقية المياه لأغراض الشرب هى ذات التدفق الأفقى ويوجد استثناء واحد حيث حوض التدفق العلوى مع التصاق الأجسام الصلبة (Up flow Solid Contact Basin) الذى يجمع الخلط بالكيمائيات والترغيب والترويب والترسيب بالتدفق العلوى فى وحدة واحدة ويستخدم أساسا فى إزالة عسر المياه بطريقة الصودا - الجير (Soda lime process) - وأحواض التدفق الأفقى قد تكون مستطيلة أو مربعة أو دائرية (فى المسقط الرأسى). والمستخدم عادة هو الأحواض المستطيلة والدائرية ذات التغذية من مركز الدائرة. ويتوقف استخدام أى منها على عدة اعتبارات منها الناحية الاقتصادية. وبالنسبة للمحطات الصغيرة فإن الأحواض المستطيلة ذات التدفق الأفقى أكثر ملاءمة فى الإنشاء شكل (٣٣) وقد ثبت أن الأحواض المستطيلة تعطى كفاءه الترسيب عالية خاصة فى المحطات الكبيرة. معظم أحواض الترسيب تنظف باستمرار بآليات ميكانيكية تختلف طبقا لنوع الحوض المستخدم.

٣- كفاءة الترسيب فى أحواض الترسيب المستطيلة :

يمكن أن يقسم حوض الترسيب إلى أربعة أقسام وهى منطقة الدخول ومنطقة الترسيب ومنطقة الخروج ومنطقة تجميع الرواسب (الروبة) الشكل رقم (٤٠).

* منطقة الدخول: تقوم بتوزيع المياه بالتساوى على مساحة المقطع للحوض وتوفر الانتقال الهادئ للمياه فى شكل تدفقات منتظمة فى منطقة الترسيب.

* منطقة الترسيب: وهذه توفر الحجم والمساحة السطحية لحدوث الترسيب.

* منطقة الخروج: توفر خروج المياه الرائعة بانتظام خلال كل العمق والعرض للحوض وتوفر الانتقال الهادئ من منطقة الترسيب الى التدفق الخارجى من حوض الترسيب شكل (٤٠) يوضح المناطق الفرضيه الأربعة لحوض الترسيب.

* منطقة تجميع الرواسب (الروبة) فى قاع الحوض.

الممر الذى يتبعه الجسم العالق فى حوض الترسيب يتوقف على سرعتين هما سرعة الإزاحة الأفقية للمياه وسرعة الترسيب للجسم العالق شكل (٤١) وفى الظروف المثالية فإن السرعة الأفقية للمياه وكل الأجسام العالقة بها تكون ثابتة. وتوزيع سرعات الترسيب يمكن تحديده بالتجربة التى سيتم الإشارة إليها.

كفاءة حوض الترسيب فى ترسيب المواد العالقة تحدد طبقاً للقاعدة شكل (٤٢)

$$\frac{Q}{BL} = S_o \quad \text{سرعة الترسيب فى الاتجاه الرأسى}$$

$$\frac{Q}{BH} = V_o \quad \text{سرعة الترسيب فى الاتجاه الأفقى}$$

$$\frac{H \times V_o}{L} = S_o \quad \frac{H}{L} = \frac{BH \times Q}{Q \times BL} = \frac{S_o}{V_o}$$

$$\frac{H}{T} = \frac{Q}{LB} = \frac{H \times Q}{L \times BH} = S_0 \quad \frac{LBH}{Q} = T$$

وباستخدام قاعدة سرعة الترسيب في الاتجاه الرأسى (So) لجسم في زمن (T) لتصل إلى قاع الحوض (H) يمكن استخدام المعادلات الآتية :

$$\frac{Q}{LB} = S_0, \quad \frac{BLH}{Q} = T, \quad \frac{H}{T} S_0$$

حيث S_0 = سرعة الترسيب متر في الساعة.

T = زمن المكث في الحوض بالساعة.

Q = التدفق م^٣ في الساعة.

H = عمق الحوض بالمتر.

B = عرض الحوض بالمتر.

L = طول الحوض بالمتر.

$$\frac{Q}{LB} = S_0 \quad \text{م}^3 / \text{م}^2 \text{ في الساعة} = \text{متر في الساعة}$$

وهذا يعنى أن كفاءة الترسيب تتوقف على النسبة بين معدل التدفق للمياه الداخلة والمساحة السطحية لحوض الترسيب. وهذا هو التحميل السطحي وهو مستقل عن عمق الحوض. لذلك فإن كفاءة الترسيب يمكن زيادتها بإنشاء حوض إضافى شكل (٤٣). عندئذ المساحة السطحية ستزداد كثيراً والتحميل السطحي سوف يقل.

$$\frac{L}{V_0} > \frac{H}{V_0} \quad \text{حالة دخول المياه إلى منطقة الترسيب هي}$$

ولذلك فإن المياه يجب أن تظل في منطقة الترسيب حتى وصول جميع المواد العالقة إلى منطقة تجمع الرواسب. وهذا هو زمن المكث للمياه فى الحوض

(Detention Time) والذي يعادل سعت (حجم) الحوض على معدل التدفق. زمن المكث في الحوض يجب أن يزيد عن التصميمى النظرى وهو يتراوح ما بين ٢-٤ ساعة فى حالة التنظيف الميكانيكى، ٦-٨ ساعة فى حالة الترسيب العادى.

٤- إختبار الترسيب :

لتحديد بيانات منطقة الترسيب أو الترويق للأجسام العالقة الحرة (Discrete) أو الزغبات المروبة تستخدم عدة طرق لقياس معدل رسوب الجسم العالق ومن بين هذه الطرق استخدام الإسطوانة الطويلة أو القصيرة. فإذا كانت الأجسام العالقة من الزغبات المروبة وأنها تلتصق ببعضها بسهولة عند الترسيب فإن الإسطوانة الطويلة تعطى نتائج خاطئة حيث تظهر المياه أكثر نقاءاً فى العينات المأخوذة من الصنابير السفلى (أى أن النقاء يتحسن عند سرعة الترسيب العالية). وفى هذه الحالة فإن الوقت فقط هو المتغير الوحيد فى النقاء. ولذلك يوصى بعمل الإختبار البسيط لزمن المكث.

فى طريقة الإختبار تستخدم اسطوانة من البلاستيك الشفاف بقطر حوالى ٢٠سم وإرتفاع ٢ متر وتزود بصنابير لسحب العينات المختبرة كل ٢٠ - ٣٠ سم. تملأ الإسطوانة وهى فى الوضع الرأسى بعينة ممثلة للمياه العالق بها أجسام صلبة أو المروبة المطلوب إختبارها. وعلى فترات زمنية تسحب عينة حوالى ١٠٠ سم^٣ من الصنابير بالتتالى مع البدء بأعلى صنوبر. والفترة الزمنية المناسبة هى ٣٠ ق وتكون نتائج العينات الأخيرة بعد زمن مكث ٢ ساعة. ويتم إختبارها بما يمكن حوالى أربع عينات تحقق الهدف من إزالة المواد العالقة. وهذه التجربة سوف تظهر أثر عامل الوقت فى الترويق. يتم تحليل العينات بالنسبة لتركيز المواد الصلبة العالقة بأى طريقة مناسبة مثل الترشيح فى بوتقة الترشيح (Gouache Crucible) أو بالطرد المركزى فى أنبوبة مدرجة.

٥- التحميل السطحي وأبعاد حوض الترسيب :

عند الترسيب الأولى للمياه العكرة قبل الترويب فإن التحميل السطحي عموماً يكون من ٠,١ إلى ١ متر في الساعة. ولكن بالنسبة لأحواض الترسيب للمياه المعالجة بالمروبات يزداد التحميل السطحي ليكون من ١-٣ متر في الساعة. وفي كلا الحالتين كلما قل التحميل السطحي كلما تحسنت التنقية للمياه وقلت العكارة كثيراً. وعند الأخذ في الاعتبار أهمية تجنب قصر الرحلة (Short Circuit) وكذلك احتمالات سحب الرواسب بواسطة تدفقات المياه (Scouring) عند قاع الحوض. ولتقليل هذه السليبيات إلى أدنى حد ممكن فإن حوض الترسيب لا يكون ضحلاً وأن عمقه لا يقل عن ٢ متر وأن النسبة ما بين الطول إلى العرض تكون من ٣ إلى ٨. والسرعة الأفقية للمياه تكون من ٤ إلى ٣٦ متر في الساعة (بمتوسط ١٠ متر في الساعة) وأحواض الترسيب ذات عمق ٢ متر أو أكثر يمكن أن تجهز بالمعدات الميكانيكية اللازمة لإزالة الروبة أما في حالة الإنشاءات الصغيرة فإنه يفضل الإزالة اليدوية للرواسب والتي تحدث على فترات من أسبوع إلى عدة أسابيع. وقاع الحوض يجب أن يستوعب الروبة المتجمعة خلال الفترة الزمنية بين توقيتات التنظيف.

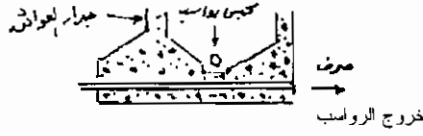
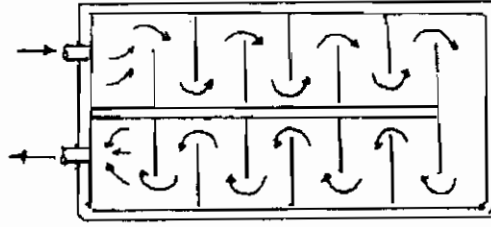
٦- المداخل والمخارج لحوض الترسيب : شكل (٤٤-٤٥)

في حوض الترسيب يجب توفير تنظيم منفصل لدخول المياه لضمان التوزيع المتساوي للمياه على كل العمق والطول لحوض الترسيب. ويمكن تحقيق ذلك باستخدام تصميمات متعددة منها ما هو موضح بالشكل (٤٢) وفي حالة القناة على كل عرض الحوض والتي بها عدد كبير من الفتحات الصغيرة في القاع لتدخل منها المياه إلى منطقة الترسيب. ولتنظيم توزيع المياه الداخلة تكون الفواصل بين الفتحات الصغيرة قريبة من بعضها بمسافة لا تقل عن ٠,٥ متر والقطر من ٣ - ٥ سم حتى لا يحدث انسداد. وتكون قناة المدخل ذات مساحة مقطع ضعف مساحة الفتحات. وعادة فإن المياه تخرج من الحوض خلال هدارات. أما منطقة الدخول إلى الحوض فتكون حوائط حائلة (Baffles). الحائط الحائل هو الذي تمر المياه من أسفله وتكون فتحة دخول المياه إما مستمرة ما أمكن أسفل الحائط أو على شكل

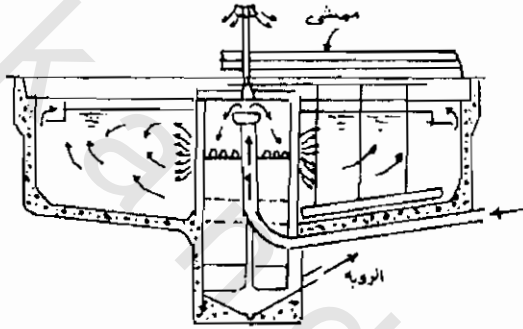
عقود بقاع الحوض. أما الهدار فهو حائط أقل قليلاً في الإرتفاع من منسوب المياه التي تمر فيه. يصمم الهدار لتحقيق معدل تصرف ثابت ويمكن زيادة طول الهدار بالجوانب أو تركيب مجرى معلق. وعند سحب المياه الرائقه فوق الهدارات المنخفضة يراعى الوضع المناسب.

لقمة الهدار لتجنب حيودها عن الأفقى لضمان السحب المنتظم للمياه. تصنع قمة الهدار من شرائط معدنية (صلب مقاوم أو ألومنيوم) مثبتة بمسامير على الحائط الخرساني للهدار. وقمة هذه الشرائط ليست مستقيمة بل بها فتحات بفواصل. والبديل الآخر هو الفتحات في حوضى الترسيب ذات مساحة أصغر من فتحات دخول المياه نظراً لقلّة المواد العالقة ولضمان عدم انسدادها. توضع الهدارات على مسافات متساوية من منتصف الحوض. وتصمم قنوات تلقى المياه الرائق لتغطية من ٣/١ إلى ٢/١ الحوض وتوضع لاستقبال المياه من نهاية سطح التدفقات عند نهاية الحوض. وفي حالة سحب الروبة بالسلاسل (Chain Drag) توضع الهدارات بطول عرض الحوض. أما فى حالة استخدام القصايبات التى تعمل بالشفط أو بالأذرع فإن أحواض الهدارات توضع طولى كالهدارات الإصبعية المحملة على بغال تحميل.

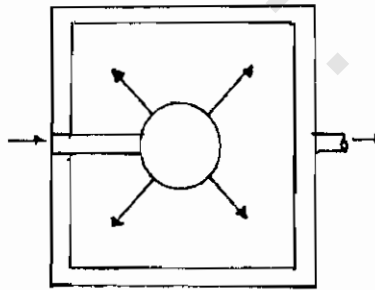
وقاع حوض الترسيب يختلف فى الشكل إذ يكون بانحدار بين ١٠/١ الى ٢٠/١ فى جميع الطول عندئذ يفضل ان يكون مخرج الرواسب عند الجهة التى تدخل منها المياه وليس عند جهة مخرج المياه لتجنب تحريك الرواسب فى منتصف الحوض إذا كان انحدار القاع فى الجهتين بما يوفر فى حجم الحوض. كما يجهز الحوض بماسورة فائض للمحافظة على منسوب المياه فى الحوض. وفى حالة تنفيذ المداخل والمخارج ومنطقة تجميع الرواسب بطريقة صحيحة فان كفاءة حوض الترسيب ترتفع نظرا لعدم الاضطراب فى منطقة الترسيب وان كان فى كثير من أحواض الترسيب تحدث إزاحة بالتدفقات خلال منطقة الترسيب نتيجة لقصر رحلة هذه التدفقات. كما قد يحدث اضطراب او نحر بما يترتب عليه حمل الرواسب الى الحائط البعيد ثم الى مخرج المياه. ولتجنب ذلك فان المياه المروبة تدخل حوض



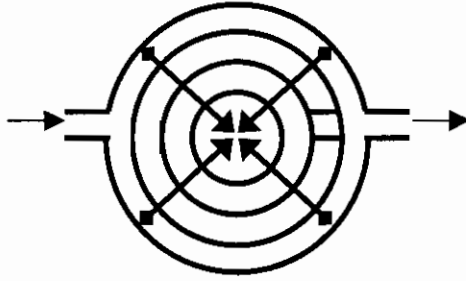
شكل (٣٣) حوض ترسيب مستطيل مجهز بعوائق



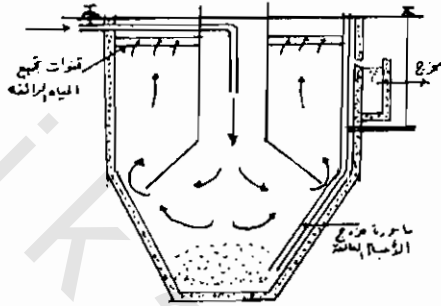
شكل (٣٤) حوض ترسيب دائري بالتدفق الأفقي



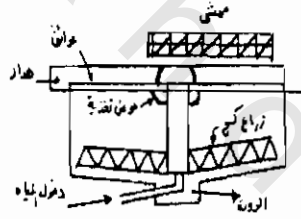
شكل (٣٥) حوض ترسيب مربع تدفق محيطي



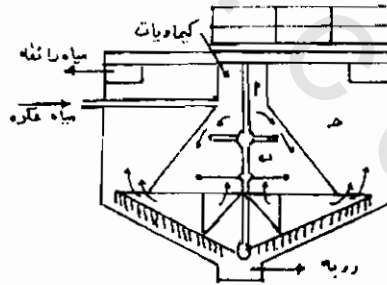
شكل (٣٦) حوض ترسيب دائري تغذية محيطيه وتدفق محيطي



شكل (٣٧) حوض ترسيب بالقاع القمعي

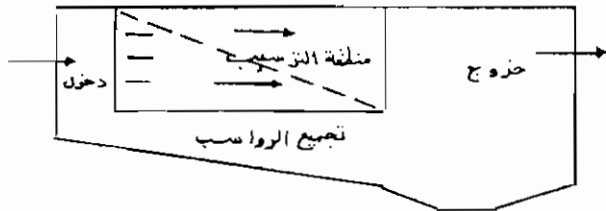


شكل (٣٨) حوض ترسيب دائري

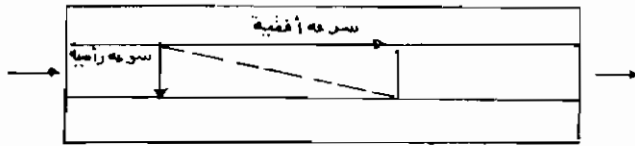


- أ- الخلط السريع
- ب- الخلط البطئ
- ج- تدفق علوي وتكون طبقة زغيات

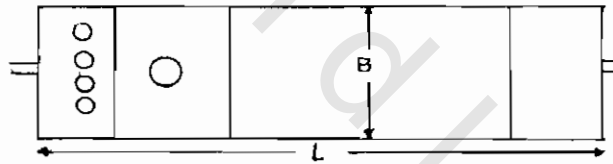
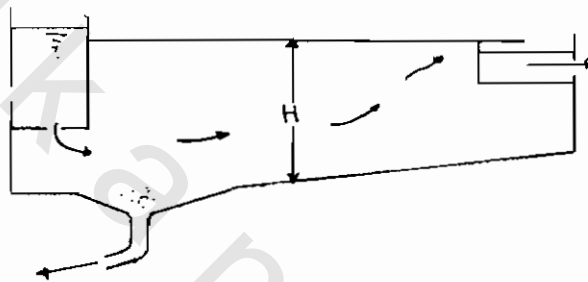
شكل (٣٩) حوض دائري للترغيب والترسيب



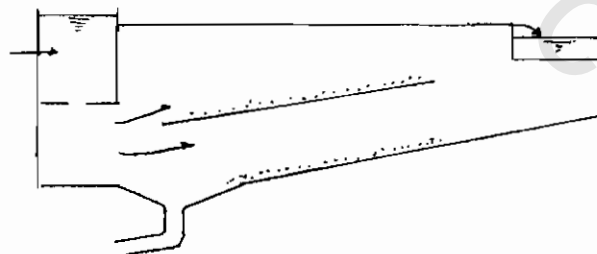
شكل (٤٠) المناطق الفرضية في حوض الترسيب المستطيل



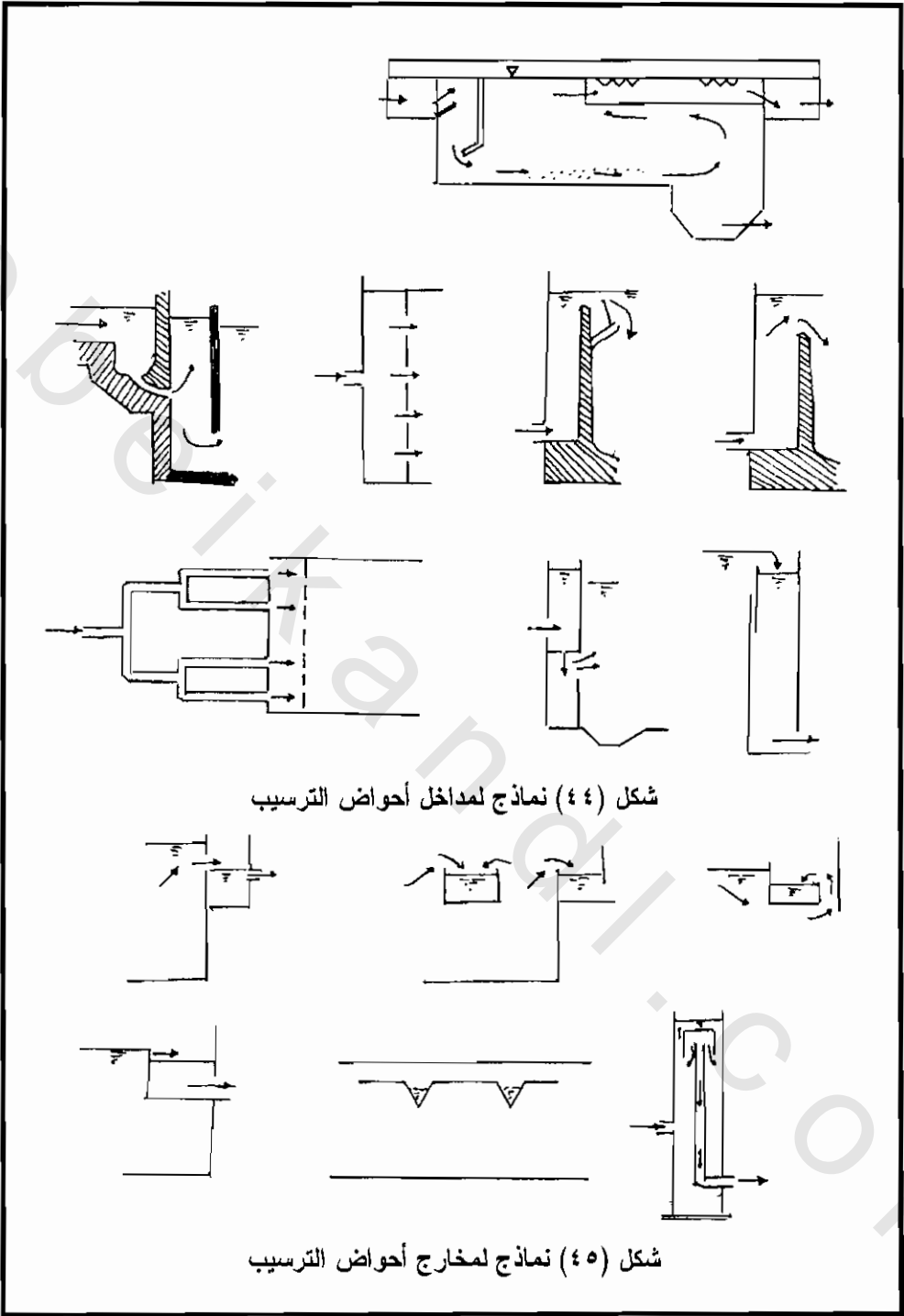
شكل (٤١) محصلة السرعة في حوض الترسيب المستطيل



شكل (٤٢) حوض ترسيب مستطيل - التدفق أفقي



شكل (٤٣) حوض ترسيب له سطحين للترسيب



شكل (٤٤) نماذج لمداخل أحواض الترسيب

شكل (٤٥) نماذج لمخارج أحواض الترسيب

الترسيب من مدخل منفصل حيث تقسم المياه بالتساوي على طول عرض وعمق الحوض وبالمثل في نهاية الحوض يصمم المخرج لتجميع المياه الرائقة بانتظام وتزال بانتظام الرواسب المتجمعة في قاع الحوض شكل (٣٣ - ٣٩) يوضح أشكال التدفق في بعض أحواض الترسيب.

٧- اثر خواص المياه على تصميم أحواض الترسيب :

خواص كثيرة للمياه والمواد العالقة تؤثر على كفاءة الترسيب بما في ذلك درجة الحرارة وكثافة المواد العالقة وحجم وشكل هذه الأجسام وقد ثبت ان درجة حرارة الماء ذات تأثير كبير على عملية الترسيب اكثر من الكثافة النوعية. ذلك لان سرعة الترسيب تزداد بانخفاض اللزوجة حيث تنخفض لزوجة الماء مع ارتفاع درجة الحرارة. لذلك يلزم أن يتم التصميم مع الأخذ في الاعتبار أدنى درجة حرارة للمياه الباردة عن الدافئة كما يلاحظ على الجانب الآخر انه كلما ارتفعت درجة حرارة المياه الداخلة فإنها تطفو على السطح بما يقلل من زمن الرحلة وعدم كفاءة الترسيب. وسرعة الترسيب للجسم العالق تزداد مع زيادة الكثافة النوعية للأجسام العالقة في المجارى السطحية ذات كثافات مختلفة مثل الرمل ٢,٦٥ و ١,٠٣ للزغبات المتكونة من المواد العضوية والطفلة المحتوية على ٩٥% ماء، من ١,٠٢ إلى ١,١ للزغبات المتكونة من استخدام المروبات بالشبة. أو أملاح الحديد. وهذه القيمة قد تزداد كثيرا في وجود الطفلة المحتوية على الرمال والكثافة النوعية لكربونات الكالسيوم أثناء عملية إزالة العسر تصل الى ١,٢. العكارة على أسطح لمياه المحتوية على الطحالب هي نتيجة سقوط أشعة الشمس ونشاط الزغبات لطحلبية نتيجة تفاعلات غازية تسبب ارتفاع زغبات الطحالب على السطح بما يحدث عكارة نهارا ونقاء الماء ليلا وفي مثل هذه الحالات يتم تغطية سطح أحواض الترسيب.

٨- اعتبارات تصميمه : لأحواض الترسيب :

معدل التحميل السطحى للترسيب الاولى ما بين ١٠-٢٤ م^٢/م^٢ فى اليوم وللمياه المعالجة بالمروبات يكون ما بين ٢٠ - ٤٠ م^٢/م^٢ فى اليوم

- * مدة المكث للمياه فى الحوض من ٢-٤ ساعة وتؤكد بالتجارب العملية أو النصف صناعية أو الحالات المماثلة الناجحة.
- * السرعة الأفقية للمياه ١٥ سم / ق (١٠ متر فى الساعة).
- * الأحواض المستطيلة لا يزيد طولها عن ٣٠ متر وتكون نسبة الطول إلى العرض من ٣ - ٨.
- * الأحواض المستديرة يفضل ألا يزيد القطر عن ٤٠ متر.
- * معدل خروج المياه على هدار المخرج لا يزيد عن ٤٥٠ م^٣ / م^٢ فى اليوم.
- * عند استخدام هدارات على شكل حرف V يكون عمقها ٥ سم والفواصل بينهما ٨ - ١٥ سم.
- * كما يؤثر فى تحديد أسس التصميم نوعية المرشحات وكفاءتها التى تلى أحواض الترسيب.
- * يراعى ألا يقل عدد أحواض الترسيب عن حوضين للمحافظة على استمرار الإنتاج فى حالات التوقف للصيانة والإصلاح.

٩- أمثلة استرشادية لتصميم أحواض الترسيب :

أ- المثال الأول :

مدينة تعدادها المستقبلى ١٠٠٠,٠٠٠ نسمة، متوسط استهلاك الفرد فى اليوم ١٠٠ لتر وأقصى استهلاك للفرد فى اليوم ١٢٠ لتر. بفرض التحميل السطحى ٣٠ م^٣ / م^٢ / اليوم طبقا لحالات مماثلة.

∴ التصرف اليومى للمحطة = ١٠٠٠,٠٠٠ × ١٢٠ / ١٠٠٠ = ١٢٠.٠٠٠ م^٣ / اليوم
= ٥.٠٠٠ م^٣ / الساعة.

المساحة السطحية لأحواض الترسيب = ١٢٠.٠٠٠ / ٣٠ = ٤.٠٠٠ متر م^٢.

بفرض طول الحوض ٢٠ متر وعرضه ٥ متر

∴ عدد الأحواض = ٤

بفرض مدة البقاء فى الحوض ٣ ساعات يكون حجم الاحواض = $3 \times 400 = 1200 \text{ م}^3$
 عمق الحوض = الحجم (١٢٠٠) / المساحة (٤٠٠) = ٣ متر وفى هذه الحالة يلزم
 إنشاء خمسة أحواض لتوفير حوض زيادة لمواجهة مشاكل الصيانة والإصلاح.

ولحساب طاقة الحوض فى احتواء الرواسب.

على أساس معدل التدفق $500 \text{ م}^3 / \text{الساعة}$ لكل حوض $120 \text{ م}^3 / \text{الساعة}$.
 السرعة الأفقية للمياه فى الحوض = $120 / 3 \times 5 = 8,3 \text{ متر / الساعة}$
 $= 8,3 \times 100 / 60 = 13,9 \text{ سم / ق أى ان سرعة المياه فى حدود التصميم.}$

وبفرض ان المياه تحتوى على مواد عالقة ١٠٠ ملليجرام / لتر وان نسبة الإزالة
 بالترسيب ٩٠% عندئذ فان كمية المواد المحتجزة فى حوض الترسيب هى ٩٠
 ملليجرام لكل متر مكعب من المياه.

مع تحميل سطحى $30 \text{ م}^3 / \text{م}^2$ فى اليوم = $1,25 \text{ م}^3$ فى الساعة وهذا يعنى تراكم $1,25$
 $90 \times 112,5 = 102,25 \text{ جرام / م}^3 / \text{الساعة}$.

اى ان الروبة المحتوية على مواد جافة ٣% تعادل $112,5 / 0,03 = 3750 \text{ سم}^3 / \text{م}^2$
 ساعة تقريبا أى سمك $0,34 \text{ سم}$ فى الساعة وعند نهاية الميول
 فى قاع الحوض فان الرواسب تتراكم بسرعة تصل إلى حوالى $0,5 \text{ سم}$ فى الساعة.

والتراكمات بسمك $0,5 \text{ متر}$ تتطلب $0,5 \times 24 \times \text{ساعة} \times 4 \text{ يوم} = 0,48 \text{ متر}$
 أو $0,5 \times 100 \times \text{ساعة} = 0,5 \text{ متر}$ أى أنه يلزم أربع أيام أو ١٠٠ ساعة بين فترات
 النظافة اليدوية فى حالة استخدامها.

ب- المثال الثانى:

تجمع سكنى احتياجاته من مياه الشرب $10 \times 9 \text{ لتر}$ فى اليوم. حجم حوض
 الترسيب المناسب مزود بإزالة ميكانيكية للروبة . يفترض أن سرعة التدفق فى
 حوض الترسيب هى $22 \text{ سم} / \text{الدقيقة}$ وأن زمن المكث ٨ ساعة.

الحل :

كمية المياه اللازمة فى ٨ ساعات = $10 \times 9 \times 8 = 720 \text{ لتر}$ أى أن
 طاقة حوض الترسيب هى 720 متر مكعب .

.. طول الحوض بالمتر = سرعة المياه بالساعة × زمن المكث بالساعة.

سرعة المياه في الحوض ٢٢ سم / ق = ٠,٢٢ متر في الدقيقة.

طول الحوض = سرعة التدفق × زمن المكث = $(٦٠ \times ٨) \times ٠,٢٢ = ١٠٥,٦ = ١٠٦$ متر.

مساحة مقطع الحوض = سعت الحوض / طول الحوض = $١٠٦ / ٣٠٠٠ = ٢٨,٣$ متر مربع.

بفرض عمق الحوض ٣,٥ متر فإن عرض الحوض = $٢٨,٣ / ٣,٥ = ٨,١$ متر.

وبفرض عمق إضافي ٠,٥ متر.

∴ العمق الكلي للحوض ٤ متر.

∴ أبعاد الحوض هي $١٠٦ \times ٨,١ \times ٤$ متر.

يمكن تقسيم الطول إلى جزئين أو ثلاثة طبقاً لشكل المساحة المتاحة من الأرض.

ج- المثال الثالث :

صمم حوض ترسيب دائري مجهز ميكانيكياً لإزالة الروبة وبطاقة إنتاجية

$١٠ \times ٤,٢$ مليون لتر في اليوم. زمن المكث في الحوض ٤,٥ ساعة وبفرض عمق الحوض ٣,٣ متر.

الحل :

كمية المياه في حوض الترسيب عند زمن مكث ٤,٥ ساعة = $١٠ \times ٤,٥ \times ٢٤ =$

٧٩٠ متر مكعب

.. سعت حوض الترسيب (٣م٧٩٠) = مسطح الحوض × عمق الحوض (٣,٣متر).

∴ مسطح الحوض = $٧٩٠ / ٣,٣ = ٢٣٩$ م^٢ = ط نق × ٣,١٤ = ٢ نق × ٢.

∴ نق = $\sqrt{\frac{239}{3.14}} = ٨,٤٣$ متر.

∴ قطر الحوض حوالي ١٧متر.

وبفرض ٠,٢ متر إضافي.

∴ إذاً حجم حوض الترسيب هو: القطر ١٧متر والعمق ٣,٥ متر .

د- المثال الرابع :

إذا كان حجم الحوض المستطيل لتنقية المياه بمعدل $2,5 \times 10^6$ لتر في اليوم هو $17,5 \times 5,5 \times 3,5$.

وبفرض الأجسام العالقة 80 جزء في المليون بكثافة نوعية (٢). حدد الآتى:

. معدل تدفق المياه خلال حوض الترسيب.

. ترسيب الروبة في الحوض.

. معدل سحب المياه .

الحل :

معدل التدفق :

بفرض $0,5$ متر هو العمق الإضافي

∴ أبعاد الحوض هي $3 \times 5,5 \times 17,5 = 288,75$ متر مكعب .

كمية المياه التي تتدفق خلال الحوض $= \frac{2,5 \times 10^6}{24} = 104,1$ م^٣ في الساعة.

. معدل تدفق المياه خلال الحوض = التصرف / مساحة المقطع $= 3 \times 5,5 / 104,1 =$

$6,3$ متر في الساعة $= 6,3 \times 60 / 100 = 60,5$ سم / ق.

. زمن المكث = سعت الحوض / التصرف $= 288,75 / 104,1 = 2,774$ ساعة.

. لتعيين كمية المواد الصلبة العالقة.

المواد الصلبة العالقة $= 2,5 \times 10^6 / 80 = 200$ لتر بالتقريب 200 كيلو جرام في

اليوم تقريباً

وزن المواد الصلبة بنسبة إزالة $75\% = 200 \times 200 \times (الكثافة) = 0,3$ طن في اليوم.

التحميل السطحي $= 104,1 \times 10^3$ (لتر في الساعة) / $5,5 \times 17,5 = 1081,56$ لتر في

الساعة / المتر المربع.

هـ- المثال الخامس :

مدينة احتياجاتها اليومية 10×40 لتر. زمن المكث في حوض الترسيب 1 ساعة. سرعة التدفق 20 سم/ث. حجم حوض ترسيب بحوائط إعاقه. يفترض أى بيانات غير معطاة.

الحل :

كمية المياه التي تعالج في 1 ساعة (زمن المكث) $= 10 \times 40 / 24 \times 3600 = 1666,7$ م³ في اليوم .
 .. سرعة التدفق 20 سم/ث .

∴ طول الحوض = السرعة × زمن المكث $= 20 \times 83,3 = 1666,7$ متر .

مساحة مقطع الحوض = طاقة الحوض / طول الحوض $= 1666,7 / 2,315 = 720$ متر مربع ~ $2,35$ م² . بفرض المسافة بين حوائط الإعاقه 50 سم ∴ عمق المياه في الحوض = مساحة مقطع الحوض / المسافة بين حوائط الإعاقه = $720 / 2,35 = 307,2$ متر

∴ أتساع الفتحة ما بين حوائط الإعاقه والجدار الخارجى للحوض تقدر بمرة ونصف المسافة بين حوائط الإعاقه $= 1,5 \times 307,2 = 460,8$ متر .

وبعرض حوض الترسيب ذو حارتين عرض كل منهما 15 متر صافى شكل (33).

∴ الطول المؤثر لكل حارة = صافى العرض للحارة $\times 20$ اتساع الفتحة بين حوائط الإعاقه والجدار الخارجى للحوض $= 15 \times 20 = 300$ متر .

∴ عدد القنوات اللازمة = طول التدفق الكلى / الطول المؤثر لكل قناة $= 1666,7 / 300 = 5,55$ حوالى 6 قناة

∴ عدد القنوات فى كل حارة $= 6 / 2 = 3$ سم

وبفرض سمك حائط الإعاقه 10 سم .

∴ طول حوض الترسيب ذو الحارتين $= 300 \times 3 + 10 \times 3 = 930$ متر .

$$= 300 \times 3 + 10 \times 3 = 930$$

طول مدخل ومخرج المياه (3 متر لكل) = 930 متر .

القسم الثالث

الترسيب بالأسطح المائلة والترويق بالأجسام الصلبة العالقة

١- أحواض الترسيب ذات الأسطح المائلة أو الأنابيب المائلة أشكال (Tilted Plate And Tube Settler) (٤٦- ٥٣)

إذا كانت كفاءة الترسيب ستزداد في حالة توفير قاع (سطح) إضافي لحوض الترسيب (بند ٣ قسم ٢)، فإنه يمكن زيادة هذه الكفاءة باستخدام عدة ألواح بفاصل صغير بينها كما هو موضح الشكل (٤٦- ٤٧) ولكن يصعب الإزالة اليدوية للرواسب وأن كان يمكن إزالتها باستخدام نافورة من المياه إلا أنه يفضل استخدام الأسطح ذات التنظيف الذاتي حيث يكون الميل لهذه الأسطح بزواوية ٥٠-٦٠° على المستوى الأفقى. الشكل (٤٦، ٤٧، ٤٨) يوضح مقطع طولى لحوض بالأسطح المائلة المتعددة. وفي حالة الترسيب لترويق المياه فإن أحواض الترسيب ذات الأسطح المائلة تتصف بالطاقة العالية مع الحجم الصغير يمكن حساب التحميل السطحي كالاتى:

$$S = Q/NA$$

حيث $S =$ التحميل السطحي م^٣/م^٢/الساعة

$$Q = \text{معدل التدفق م}^٣/\text{الساعة}$$

$$A = \text{مساحة قاع الحوض م}^٢$$

$$N = \text{معامل يتوقف على نوع ووضع الأسطح المائلة}$$

وعند دخول المياه من قاع حوض الترسيب فإنها تتدفق لأعلى خلال الأسطح المائلة ثم تتجمع المياه الرائقة في أحواض التجميع شكل (٤٩). ومع مرور المياه خلال الأسطح المائلة ترسب المواد العالقة على الأسطح السفلى. ويمكن لجسم عالق أن يدخل القنوات بين الأسطح عدة مرات قبل أن يكبر حجمه ويزداد وزنه ليرسب في القاع. شكل (٤٩). بفرض أن الارتفاع الراسي للألواح $h = 1,5$ متر والفاصل بين الألواح $(W) = 0,5$ متر وزاوية الميل للألواح بالنسبة للمستوى الأفقى 55° درجه. وأن المعامل (N) في حالة استخدام الألواح الأسبستوس $= 1,6$. في هذه الحالة فإن الرواسب لوحدة المساحة للقاع ستزداد الى ١٦ ضعف والتي يمكن أن تزال بالأحواض ذات القاع القعمى مع ميل أجنابها 55° درجة على المستوى الأفقى.

وبدلا من الأسطح المائلة قد تستخدم الأنابيب المتلاصقة المصنوعة من مادة بى فى سى. القطر الداخلى لهذه الأنابيب ما بين ٣-٥ سم والميل على المستوى الأفقى 60° درجة. وفي حالة الأنابيب بقطر ٥ سم وسرعة سقوط المواد العالقة $2,5$ سم / الدقيقة فإن الجسم العالق يستغرق دقيقتين فقط للرسوب الى القاع بينما يستغرق 120 دقيقة للوصول الى قاع حوض ترسيب بعمق ٣ متر.

وقد صنعت نماذج (Modules) وحدات ترسيب جاهزة للتشغيل بعرض 76 سم وطول 3 متر وعمق 54 سم وزاوية الميل على المستوى الأفقى 60° درجة. ولأن الأنابيب بزواوية 60° درجة فإن الطول المؤثر للمواسير 61 سم. يمكن صنع هذه الوحدات من الأسطح المستوية من مادة البلاستيك (ABS) مع تشكيل الممرات من شرائط من مادة بى فى سى. وهذا الممرات تحمل بشكل متقاطع لتقوية الوحدة (النموذج) حيث يمكن تحميله فقط عند النهايات. ولكونه من مادة البلاستيك فإنه يمكن تشديبه ليناسب الفراغ المتاح في حوض الترسيب. نظرا لأن سطح الترسيب المؤثر كبير جدا فإن التحميل السطحى يكون منخفض جدا. ولتوضيح ذلك فعند معدل تدفق 20 م^٣ فى الساعة وعند استخدام 20 صف من الأنابيب فإن التحميل السطحى سوف يقل إلى 1 م^٣ / م^٢ / الساعة وزمن المكث للمياه فى كل أنبوبة سوف يكون دقائق قليلة. عندما يتوفر العمق المناسب فى حوض الترسيب يمكن زيادة

الكفاءة والطاقة لأداء الحوض باستخدام الألواح المائلة أو لأنابيب المائلة بحيث لا يقل عمق الحوض عن ٢ متر. وفي هذه الحالة يلزم مراعاة أن كميات الروبة المرسبة ستزداد مما يتطلب توفير إمكانيات إضافية لإزالتها، وكذلك مراجعة الأقطار للمواسير والهدارات للدخول والخروج للمياه لمواجهة الزيادة في التحميل السطحي. وفي حالة الأنابيب المائلة فإنها تقام على مساحة ٦٠-٧٥% من مساحة السطحية للأحواض بما يوفر مساحة سطحية مناسبة في منطقة دخول المياه الى الحوض لترسيب المواد سريعة الترسيب ولتنظيم التدفق قبل الترويق خلال وحدة الأنابيب المائلة شكل (٤٨).

الأنظمة المائلة للترسيب تستخدم ثلاث صور لاتجاه التدفق بالنسبة لاتجاه ترسيب المواد العالقة وهي :

شكل (٥١)

الترسيب بالاتجاه المعاكس : Counter Current Settling

الترسيب بالاتجاه الموازي : Cocurrent Settling

الترسيب بالاتجاه المتقاطع : Cross Current Settling

أ- الترسيب بالاتجاه المعاكس : (٥١-أ)

وفي هذا النظام تدخل المياه المرورية من النهاية السفلى وتتدفق لأعلى خلال القنوات ذات الأسطح المائلة لترسب المواد العالقة على السطح السفلى في كل قناة. إذا كانت زوايا الميل كبيرة فإن الأجسام الصلبة تتحرك إلى أسفل السطح في اتجاه معاكس لتدفق المياه وإلا يحدث اضطراب للتدفق مما يتطلب التنظيف من أن إلى آخر. وقد استخدم الترسيب بالاتجاه المعاكس باستخدام الأنابيب المائلة وتم تصميم نماذج مختلفة للأنابيب المائلة (Tube Module) كما في الشكل (٥٠). وهذه تشمل الأنابيب المربعة بين أسطح راسية والتغير في اتجاه الميل بين أسطح متجاورة راسية، والأنابيب الراسية. ويستخدم نظام الترسيب بالاتجاه المعاكس في أحواض المروقات ذات التدفق الأفقي وكذلك في بعض المروقات ذات الالتصاق

بالاجسام الصلبة (Solids Contact Clarifiers) بهدف تحسين ورفع الكفاءة، بالإضافة الى العمل كعوائق التي تحسن من انتظام التدفق.

ب- بالترسيب بالاتجاه الموازي : شكل (٥١-ب)

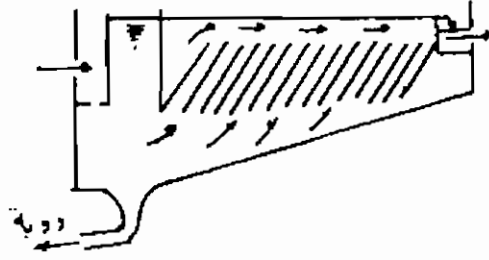
فى هذا النظام فإن المياه تدخل من النهاية العلوية للأسطح العلوية المائلة حيث تتدفق الى أسفل خلال القنوات. المواد المترسبة على الأسطح السفلى تتحرك فى نفس الاتجاه للمياه فوقها. وفى هذا النظام يلزم العناية بجمع المياه من النهاية السفلى للسطح العلوى لكل قناة وذلك لمنع إعادة تعليق المواد المرسبة (Resuspension) ويستفاد بهذا النظام فى التخلص من المواد الطافية والعالقة عند معالجة مياه الصرف.

ج- الترسيب بالاتجاه المتقاطع : شكل (٥١-ج)

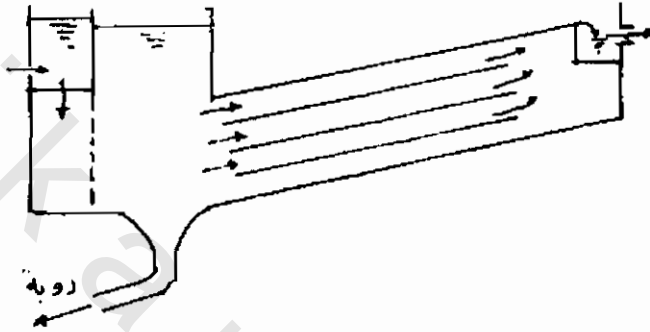
فى هذا النظام تدخل المياه لتتدفق أفقيا بين الأسطح المائلة حيث تتحرك المواد المرسبة إلى أسفل. وفى هذا النظام فإن إعادة تعلق المواد المرسبة عادة أقل من الترسيب بالاتجاه المعاكس أو الموازي. كما أن التغير فى الميل يوفر الاستفادة بحجم الحوض وكذلك سلامة وثبات الإنشاء لنموذج الأنابيب.

د- مروق الأسطح المائلة لاميل : شكل (٥٢) : Lamella Tilted Plate Clarifier

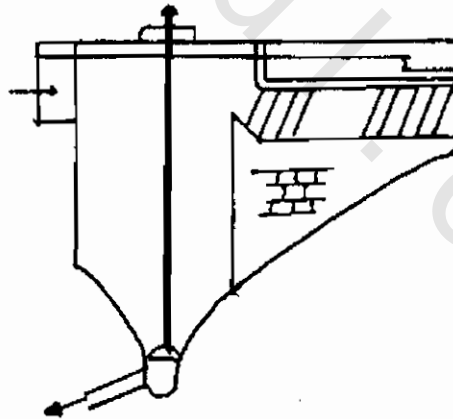
زاد استخدام مروق الأسطح المائلة فى تنقية المياه. ويشمل عددا من الألواح المائلة بزواوية من ٤٥-٦٠ درجة بالنسبة للمستوى الأفقى. وتستخدم فى هذا النظام طرق مختلفة لدخول المياه لتمكن دخول المياه لكل قناة مائلة.



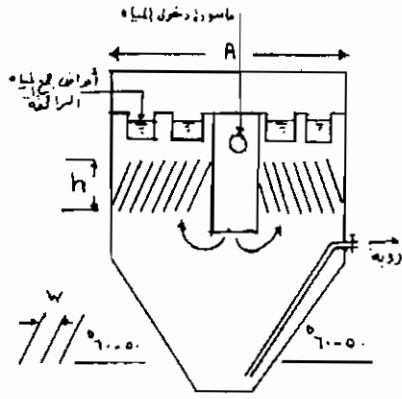
شكل (٤٦) حوض ترسيب بالأسطح المائلة



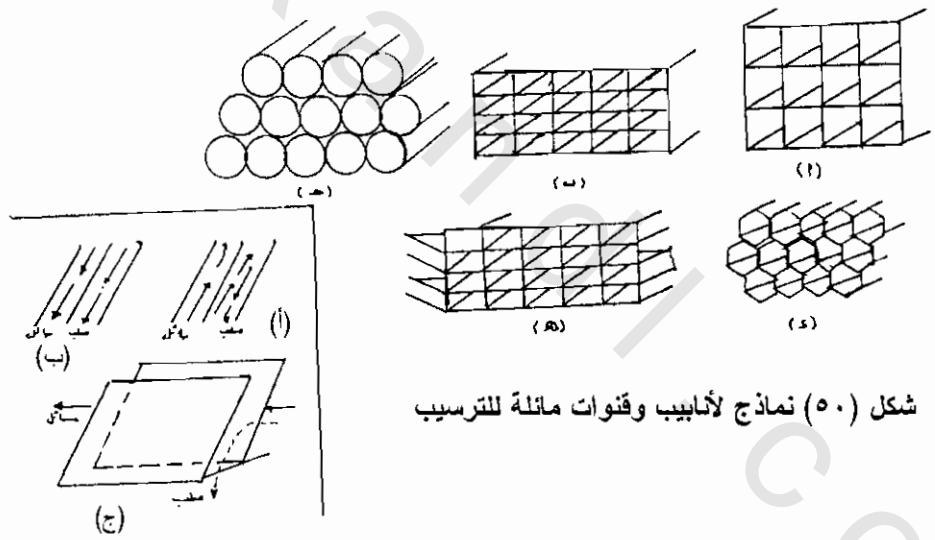
شكل (٤٧) حوض ترسيب متعدد الأسطح



شكل (٤٨) حوض ترسيب بألواح أسبستوس مائلة



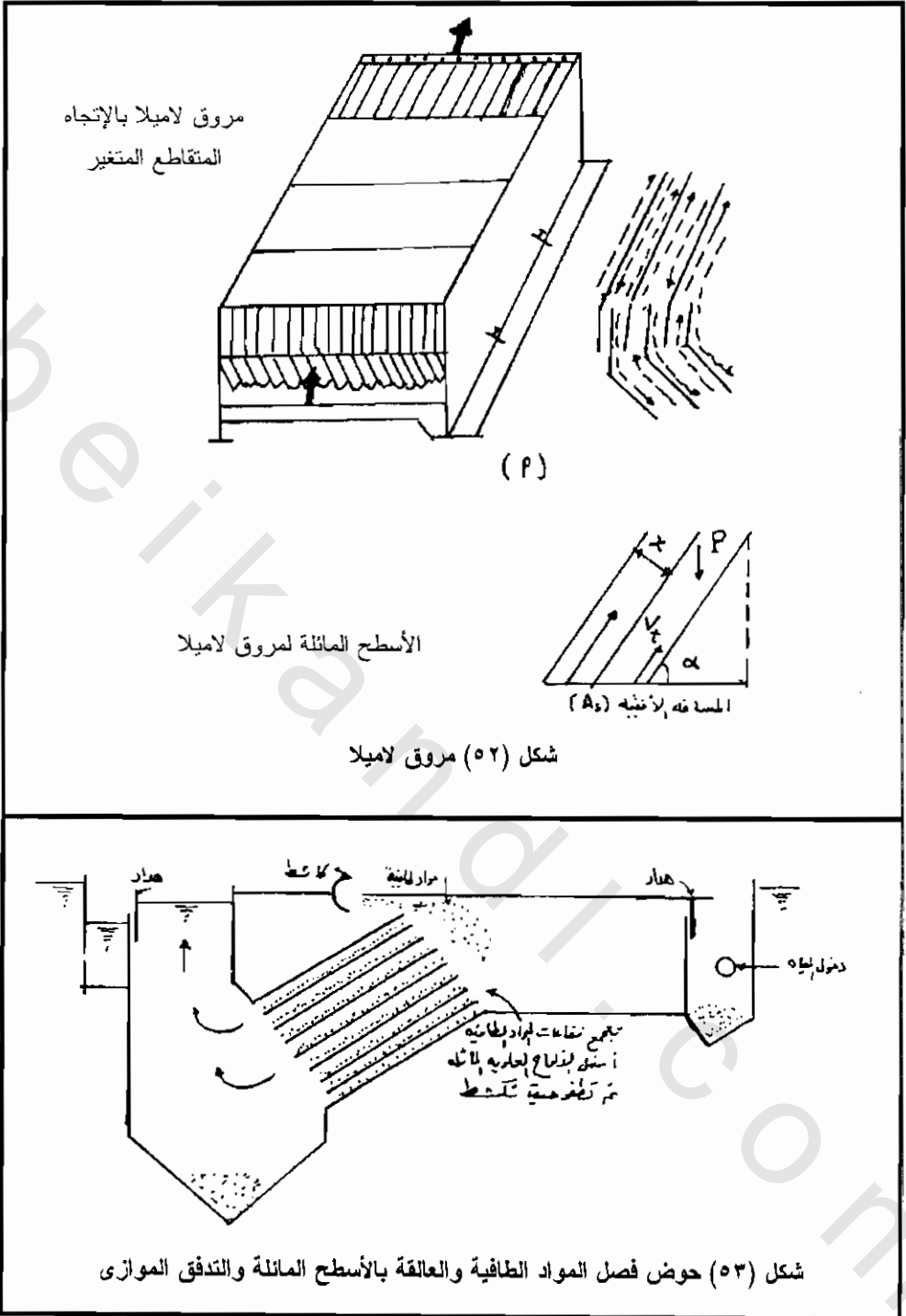
شكل (٤٩) بيانات التصميم لحوض الترسيب بالأسطح المائلة



شكل (٥٠) نماذج لأنابيب وقنوات مائلة للترسيب

- أ- تدفق معاكس
- ب- تدفق موازى
- ج- تدفق متقطع

شكل (٥١) نظم الترسيب المائل



عند ثلث ارتفاعها عن القاع. والنتيجة أن ترسب المواد العالقة فى مسافة قصيرة فى كل قناة وأن تنزلق الى منطقة جمع الرواسب أسفل الألواح. المياه المروية تمر فى الاتجاه المعاكس أسفل سقف كل قناة إلى وصلة تجمع المياه الرائقة.

المساحة المحققة نظريا لفصل المواد العالقة تساوى مجموع إسقاط الأسطح (الألواح) أو القنوات على المستوى الأفقى ويوضح شكل (٥١) أن الإسقاط الأفقى لقناة واحدة لمروب، حيث المساحة الأفقية (A)، المسافة بين السطحين مقاسه عموديا x. فان المروق سوف يحتوى على عدد من القنوات $\frac{\sin \alpha}{x}$ لكل وحدة طول. الزاوية α المناسبة هى ٥٥-٦٠ درجة لتسمح بالسقوط للمواد العالقة، كما أن الفاصل بين الألواح يلزم أن يكون كبيرا بما يسمح بالتدفق المعاكس للسائل والمواد الصلبة المترسبة فى قاع السطح السفلى وهذه المسافة تتراوح ما بين ٥-٧.٥ سم.

توجد أنواع مختلفة من النماذج ولكن الاختلاف الرئيسى بينها هو طريقة توزيع المياه الداخلة الى الوحدة. وطاقة التشغيل تتراوح ما بين ١ - ٣ م^٢ / م^٢ / الساعة من المساحة السطحية الأفقية، الطول المائل من ١-٣ متر. الميزة الرئيسية للمروق الذى يعمل بالأسطح المائلة هى زيادة طاقة التحميل السطحى لكل متر مربع من المساحة الأفقية. ولكن العيوب الرئيسية هى التغير فى تركيز المواد الصلبة المتدفقة لأسفل والذى يقل عن المروقات التى تعمل بالجاذبية وكذلك صعوبة التنظيف والتسليك عند حدوث انسداد. وعند استخدام المرويات فإنه يلزم توفير معدات وأحواض التزغيب قبل الفصل نظرا لأن الشكل الهندسى لأحواض الفصل لا يسمح بالتزغيب.

وتمثل هذه الأحواض ميزة كبيرة في حالة ارتفاع أسعار الأراضي. ومشاكل أحواض الترسيب المائلة هي الإنشاء للأسطح الغير محملة، إزالة الرواسب، الصيانة للأجزاء الميكانيكية المغمورة كما تستخدم الأسطح المائلة في إزالة المواد الطافية والعالقة شكل (٥٣).

٣- المروقات ذات طبقة الزغبات (الروبة) العالقة Floc Blanket Clarifiers :

أ- نظرية عمل طبقة الزغبات العالقة (السابحة) Fluidi Zed Bed

عند مرور سائل إلى أعلى خلال طبقة سابحة وثابتة ومتجانسة من الزغبات بمعدل تدفق منخفض، فإن شكل التدفق يشابه ذلك عندما يكون إلى أسفل خلال الطبقة، عندما تزداد سرعة التدفق إلى أعلى بدرجة كافية بما يسبب قوة سحب (Drag Force) على الزغبات مساوية للوزن الظاهري (الوزن الحقيقي ناقص الطفو) للأجسام. عندئذ فإن هذه الأجسام العالقة (الزغبات) توفر مقاومة أقل للتدفق وكذلك حدوث تمدد لطبقة الزغبات (الروية) وتستمر هذه العملية مع زيادة سرعة السائل حتى تصل الطبقة إلى أدنى حالة من التجميع أو التراكم. وعند زيادة أكثر لسرعة السائل لأعلى تتفكك عن بعضها وتصبح محملة بحرية على السائل (سابحة). عندئذ يقال أن هذه الطبقة من الزغبات (الروية) هي طبقة سابحة (Fluidized Bed). حيث لا تتحرك الأجسام العالقة وتظل عالقة بواسطة التدفق الصاعد للسائل.

المروقات التي تعمل بطبقة الزغبات السابحة أشكال (٥٤، ٥٦، ٥٧، ٥٨، ٥٩، ٦٠، ٦١، ٦٢) لها حوائط راسية متوازية وقاعدة مستوية أو قمعية. في هذه المروقات فإن المياه المختطة بالمروب يتم تغذيتها من أسفل إلى قاعدة المروق. والتدفق الناتج المنتشر إلى أعلى يسبب حدوث التزغيب (Flocculation)، وتظل

الأجسام من الزغبات الكبيرة عالقة في الحوض. الزغبات العالقة تتراكم ببطئ أو لا ثم تزداد الى أقصى معدل للتراكم والتجميع والذي يحده التدفق الصاعد للمياه وخصائص الزغبات العالقة. وعند الوصول الى هذا الحد يمكن القول بوجود طبقة من الزغبات (Floc Blanket) تشغل حيزا من هذه المواد العالقة حيث يزداد حجمها ويرتفع سطحها العلوى. يمكن التحكم فى مستوى سطح هذه الطبقة بإزالة المواد الصلبة العالقة (الروبة) من هذه الطبقة للمحافظة على منطقة مياه رائقة ما بين الطبقة (أعلى الطبقة) وأحواض تصريف المياه الرائقة أو الهذارات.

وتتم عملية الترويق فوق وأعلى الطبقة فى شكل ترسيب، حجز، تنقية وعملياتا فإن زمن احتجاز المياه فى طبقة الروبة السابحة يزيد عن الزمن اللازم لنمو الزغبات. وهذه العملية تشبه عملية الحجز السطحي للمرشحات العميقة حيث يتم الحجز بالترغيب و تجميع الزغبات، ولكن الاحتمال الأكثر هو حجز المصفاة (Straining) حيث الأجسام العالقة الصغيرة الصاعدة لا تتمكن من المرور خلال المسام بين الأجسام الكبيرة والتي تتكون منها معظم الطبقة السابحة. وتتأثر كفاءة الحجز بالفواصل بين الزغبات الكبيرة والتي ترتبط بنوع الزغبات وسرعة السائل. ولتحقيق حالة عدم رسوب الأجسام العالقة. (Hindered Settling) والتجميع المسامي السايح (Fluidized Bed) لطبقة الزغبات السابحة فإن ذلك يرتبط بالعلاقة بين سرعة التدفق الصاعد للماء وتركيز الزغبات. ذلك لأن نوعية المياه الرائقة تتلف بسرعة عندما يقل تركيز الزغبات فى الطبقة السابحة وإن زاد التركيز كثيرا فإن الفواصل بين الزغبات تكون صغيرة لحجز الزغبات الصاعدة وبالتالي يكون التحسن بطئ فى نوعية المياه الرائقة.

ولذلك فى حالة الترسيب باستخدام طبقة الزغبات (الروبة) السابحة الواضحة والمحددة فإن ذلك يتطلب أن تكون السرعة للتدفقات للماء حوالى نصف أقصى معدل للترسيب (يحدث مظهر غليان خفيف عند سرعة $0.5 \times V$)، وبمعنى آخر

هى نصف مسافة رسوب الأجسام العالقة ($h/2$) والذى يقدر بحوالى ١٦-٢٠% من حجم الحوض فى حالة استخدام الشبه كمروب و ٢٥-٣٠% عند استخدام البولى إيكتروليت من مساعدات الترويب.

ب- المروقات بنظام الأجسام الصلبة الملتصقة : شكل (٥٤، ٥٨، ٥٩) Solid Contact Clarifiers

مروق الأجسام الصلبة الملتصقة يكون عادة فى الشكل الدائرى وأحيانا فى الشكل المربع. ويشمل كل عمليات المرحلة الأولى لتنقية المياه، الخلط السريع، الخلط البطئ للترغيب، تدوير المواد الصلبة، كسح الروبة. وهذه المروقات تعمل لترسيب المواد العالقة بالتدفق العلوى.

فى هذا النظام يتم التغذية بالمياه العكرة الى منطقة الخلط السريع وهى داخل غطاء الذى يشكل الحائط الداخلى لمنطقة الترسيب. يتم التغذية بالكيمائيات فى منطقة الخلط السريع، ثم تتدفق المياه من منطقة الخلط السريع أسفل الحائط الى قاع منطقة الترسيب. وفى نظام إعادة التدوير والخلط الأولى السريع فإن المياه تسحب من أعلى منطقة الخلط الأولى وتصب فى وسط منطقة الترسيب. نظام إعادة التدوير يمكن من تدفق المياه الغير معالجة (العكرة) إلى الحوض وأن التدفق الزائد فى منطقة الترسيب يسحب لأسفل الحائط ثانيا إلى منطقة الخلط الأولى، وهذه الحركة إعادة تدوير المواد الصلبة تساعد على الترغيب فى منطقة الخلط الأولى ترغيب العكارة حيث يزداد حجم الترغيبات بالتصاقها (Solids Contact). تزال الروبة من خلال محبس آلى مزود بجهاز ميقاتى (Timer). يمكن تحديد كمية المياه الدائرة فى العملية افتراضيا (Emperical) والتحكم فيها.

تصمم المروقات ذات الأجسام الصلبة الملتصقة بطريقتين، الأولى وهى التصاق الطبقة (Blanket Contact)، حيث التدفقات الصاعدة يتم ترسيبها خلال طبقة الزغبات، والى تتمدد بانتظام لمساحة كبيرة مسامية كافية تسمح فقط بالمياه

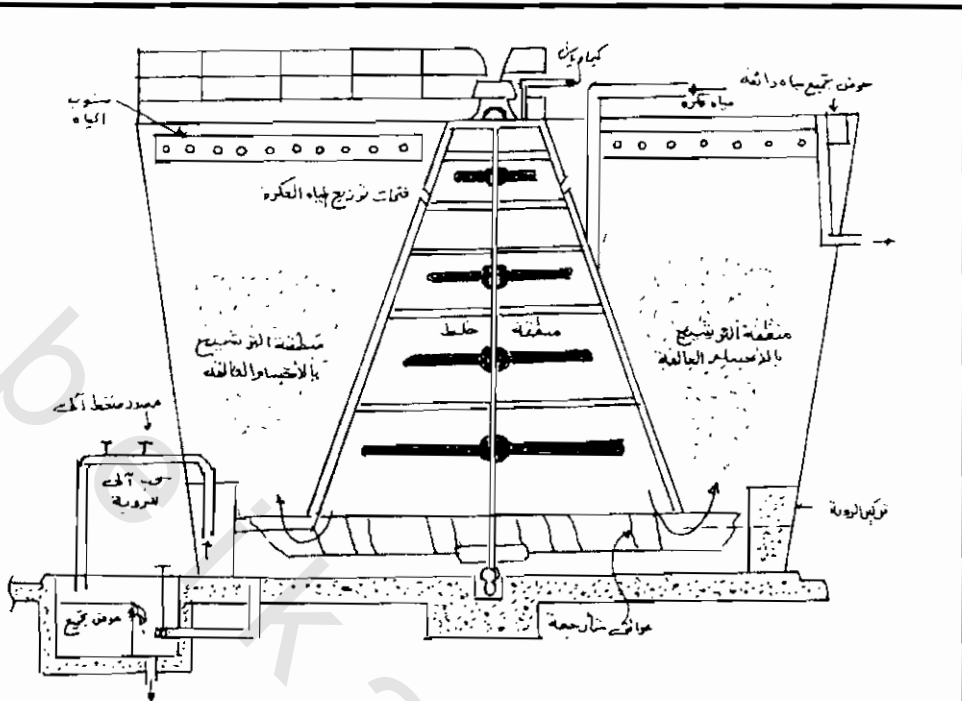
الرائقة بالمرور. والطريقة الثانية تشمل التحكم فى حجم التدوير للمواد الصلبة لمنطقة الخلط السريع بما يسمح بالتصاق الأجسام العالقة فى منطقة الخلط السريع والتزغيب ومن الناحية العملية فإن النوع الثانى الذى يعمل بتدوير المواد الصلبة هو المستخدم شكل (٥٦، ٥٨). فى وحدة التصاق المواد الصلبة حيث التصميم بالتدفق لأعلى يتطلب توفير الزمن الحقيقى للترغيب والتحكم فى التدوير وصرف الروبة بما يحقق كفاءة تنقية عالية. يعتبر نظام التنقية بنظام المواد الصلبة الملتصقة مثالى فى عمليات إزالة العسر بالجير (Lime Softening). ويمكن اعتبار أن كلا النوعين من أحواض التصاق المواد الصلبة من المروقات ذات طبقة الزغبات وذلك فى حالة إمكان عمل طبقة من الزغبات ثابتة وواضحة ومستمرة فى منطقة الترسيب. وعادة فإن حجم وتركيز المواد الصلبة فى التدوير فى أحواض الالتصاق ليس كبيراً مثل المطلوب لاستمرار الطبقة.

ج- المروقات القمعية ذات طبقة الزغبات العالقة : شكل (٦١)

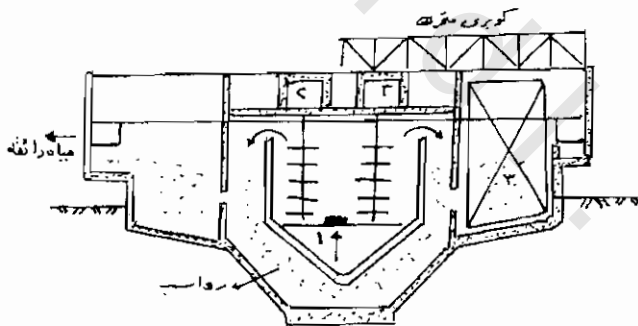
فى أول تصميم لأحواض طبقة الزغبات العالقة كان لها قاع قمعى واحد مربع أو مستدير المقطع. فى هذه الوحدات فإن المياه المختلطة بالمروب يتم تغذيتها من أسفل قاع القمع. يساعد شكل القمع المتسع على سهولة توزيع التدفق من نقطة واحدة فى المدخل الى تدفق صاعد لمساحة كبيرة. التدفق العلوى المتسع يسمح بحدوث نمو للزغبات واستمرار الجسيمات الكبيرة عالقة وتكوين طبقة من الزغبات. الفقد فى الضغط خلال طبقة الزغبات رغم صغره فإنه يساعد على تجانس التدفق لأعلى. يشغل القمع الواحد أو الشكل الهرمى حوالى ٣٣% من المساحة المتيسرة هذا الى التكاليف العالية فى الإنشاء وقيود الإنشاء. ولهذا فقد تم تطوير أشكال بديلة للأحواض القمعية مع المحافظة على الميزة الهيدروليكية للأقماع. وهذا يشمل أحواض متعددة الأقماع وحوائط وأحواض تجميع وتجهيز للخلط المسبق السريع ومع زيادة عمق طبقة الزغبات فإن نوعية المياه الرائقة أعلا

الطبقة تتحسن ولكن مع زيادة هذا العمق عن حد معين يقل تحسن نوعية المياه الرائقة.

عمق طبقة الزغبات دليل على كمية المواد الصلبة العالقة. العمق المؤثر (السك المؤثر) يعرف بالحجم الكلي للطبقة مقسوما على مساحة سطحها العلوى الملامس للمياه الرائقة. العمق المؤثر للقمع هو تقريبا ثلث القمع. لهذا فإن الأحواض ذات القاع المستوى عمقها الحقيقي أقل كثيرا من الأحواض القمعية ذات نفس العمق المؤثر. العمق المؤثر للطبقة حوالى ٢-٣ متر. كمية الأجسام الصلبة العالقة والتي تقدر بعمق طبقة الزغبات وتركيزها تؤثر على الكفاءة لتأثيرها على عملية الترغيب، وكذلك فإن الفقد في الضغط يساعد على توزيع التدفق، بما يعنى زيادة سمك الطبقة وثباتها. طبقة الزغبات الثابتة جدا يمكن أن تعمل وتوفر مياه رائحة (Supernatant) بعمق أقل من ٣٠ سم وبدون تسرب للزغبات إلي أعلا (Carry Over) أو إعادة تعلق ملموسة. وعمليا فإن هذا يتوقف على الفواصل بين الهدارات والاضطرابات الناتجة عن حركة الرياح. في الأحواض حيث الطبقة ذات السطح الغير مستقر تميل إلي مظهر الغليان الغير مستقر مع ضعف إمكانيّة التحكم في السطح ولهذا فإن طبقة المياه الرائقة فوق سطح الزغبات يجب ألا يقل عمقها عن ١ متر لتقليل سحب الزغبات وخاصة في حالة زيادة سرعة التدفق لأعلي. وعادة فإن طبقة المياه الرائحة فوق سطح الزغبات تكون ٢ متر وإن كان هذا ليس بالضرورة في حالة التحكم الجيد في منسوب طبقة الزغبات. يمكن بسهولة التحكم في منسوب طبقة الزغبات باستخدام هدار للروبة أو أقماع أعتاب موضوعة علي منسوب عالي نسبيا. يمكن تفريغ أقماع الروبة من أن السلي آخر بواسطة محابس موقوتة أليا شكل رقم (٦١). كما يجب ان تكون أقماع الروبة من ناحية حجمها وتوزيعها بما يوفر الإزالة الجيدة للروبة. وان تكون كذلك كبيرة لتحقق التكتيف الأولي في حالة المعدل العالي لسحب الروبة، ويحدث هذا عند زيادة معدل التدفق وزيادة الجرعات الكيماوية.

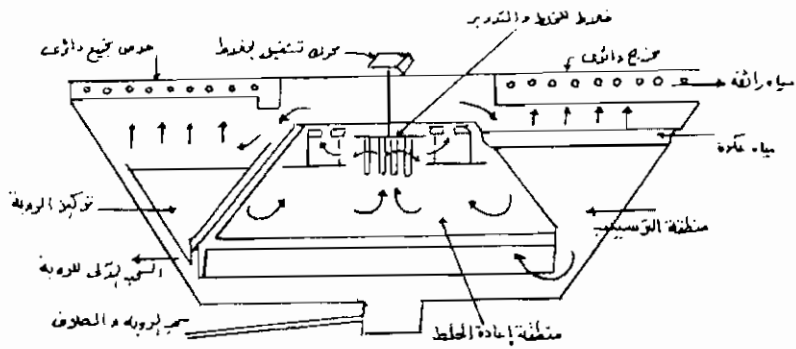


شكل (٥٤) وحدة الترسيب والترويق بالتصاف المواد العالقة
(Precipitator Solid Contact Clarifier)

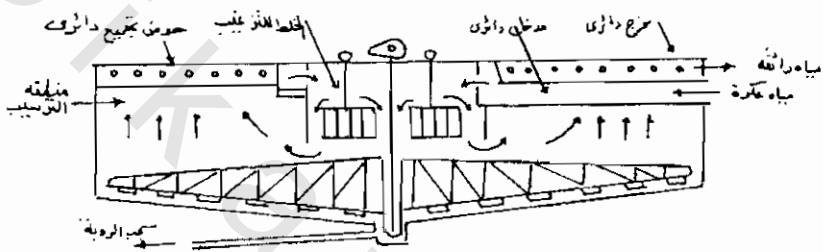


- (١) دخول الماء مع المروب
- (٢) محرك
- (٣) زحافات لدفع الرواسب لحيز التجميع القمعي

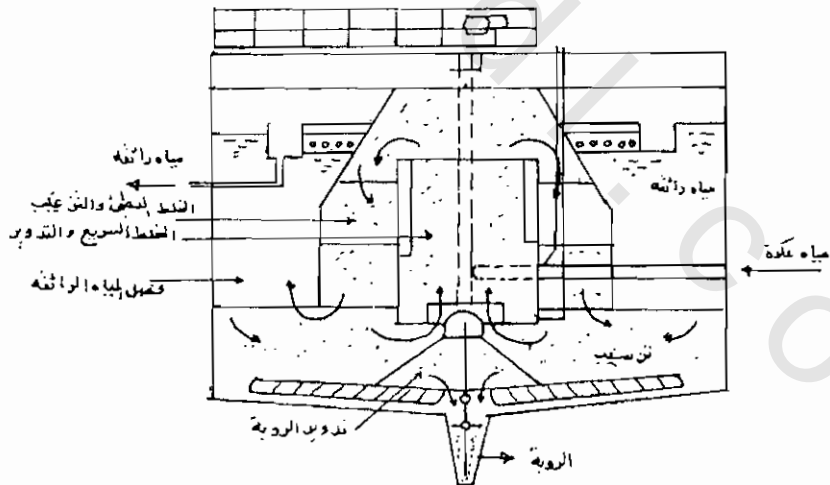
شكل (٥٥) حوض دائري للترويب والترسيب



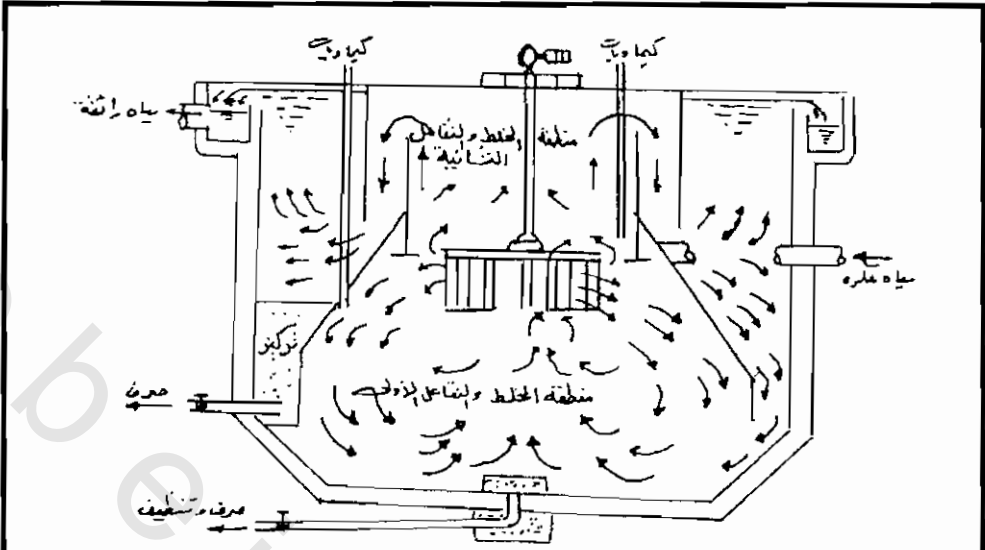
شكل (٥٦) مرووق ذو الروبة الدائرة



شكل (٥٧) مرووق ذو لودة واحدة

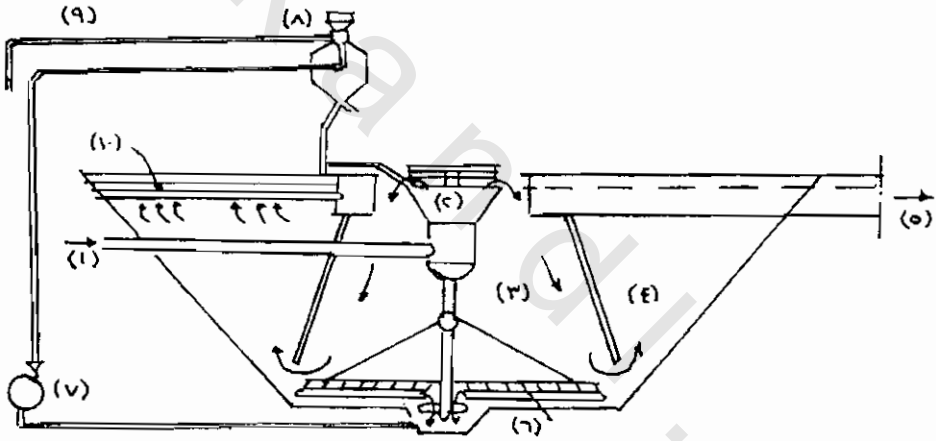


شكل (٥٨) مرووق يعمل بتدوير الروبة



شكل (٥٩) المرووق المعجل - يعمل بالمواد الصلبة الملتصقة - حيز الترويب داخل حيز

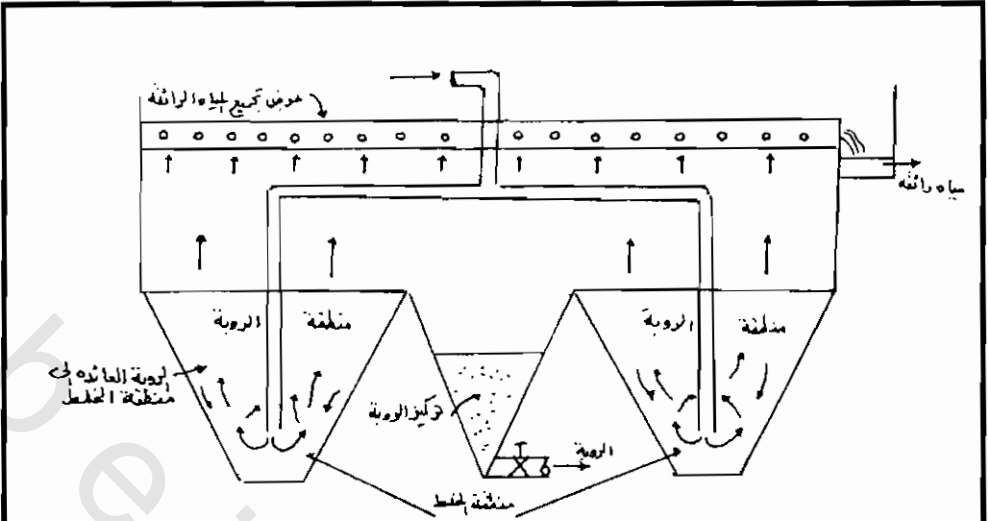
الترسيب (Accelerator Solids Contact Clarifier)



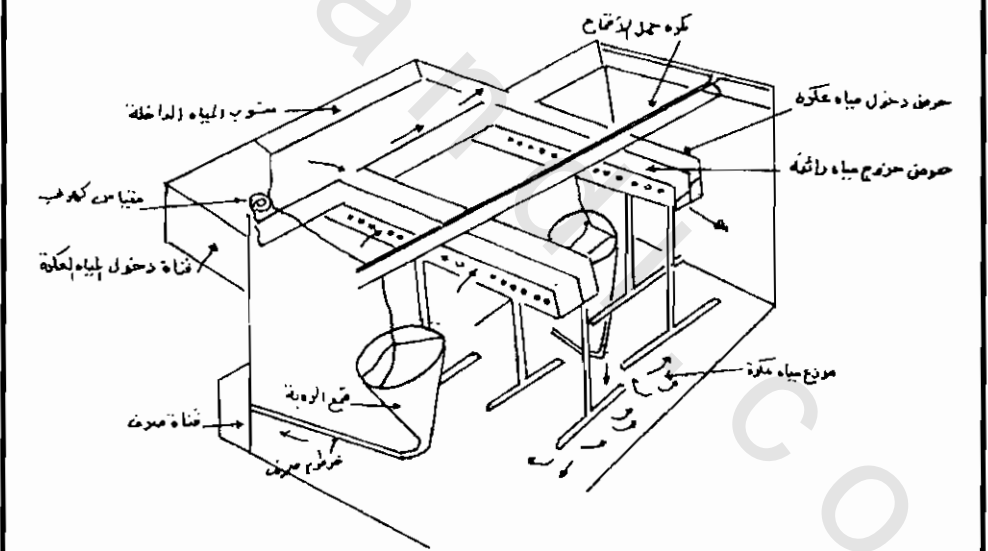
- | | |
|--|---|
| (٢) مدخل قمعي لرمال الروبة الناعمة المعادة | (١) دخول المياه |
| (٤) منطقة الترويق | (٣) منطقة التفاعل |
| (٦) قصابية كسح الروبة | (٥) مخرج المياه الراقية |
| (٨) خزان تجميع الروبة والرمال الناعمة وتدويرها | (٧) ظلمبة تجميع الروبة والرمال الناعمة وتدويرها |
| (١٠) حوض تجميع المياه | (٩) صرف الروبة |

شكل (٦٠) الترويق بنظام تدوير الزغبات

(Cyclo floc Clarification System)



شكل (٦١) مرووق القاع القمعي وطبقة الروبة العالقة وقمع منفصل لتتركيز الروبة



شكل (٦٢) حوض ترويق مسطح القاع - توزيع التدفق بالشموع المقلوبة وجمع الروبة في أقماع

* مثال :

لتحديد المساحة اللازمة لإزالة الزغبات العالقة (الروية) بهدف التحكم في منسوب طبقة الزغبات في حوض الترويق الذي يعمل بطبقة الزغبات العالقة. بفرض:

٤,٧	٤,٢	٣,٦٥	٣,٠٥	٢,٥	١,٩٥	١,٦	معدل التدفق الأعلى متر/الساعة
٤,٥	٣,٦	٣,١	٢,٦	٢,٣	٢,٠	١,٩	نسبة المساحة المطلوبة %

وتتوقف نسبة المساحة المطلوبة طبقاً للجرعات المختلفة من الشببة وعملياً المساحة الكبيرة تكون لازمة لمواجهة الحاجة لإزالة الزغبات عند حالات التدفقات العالية المفاجئة ولمدة قصيرة.

د- مروق طبقة الزغبات العالقة بالقاع المستوي: Flat Bottom Tank

من أجل خفض تكاليف الإنشاء تم التخلي عن الأقماع واستخدام أحواض ذات قاع مستوي. وبذا أمكن توفير تدفق جيد باستخدام مواسير عبر القاع أو الشموع المقلوبة. وإن كان هذا يعيق إنشاء نظام الترسيب المائل شكل (٦٢).

٣- عمليات الترويق الخاصة :

أ- المروق النابض : Pulsator Clarifier شكل (٦٣)

هذا المروق تم تصنيعه وتطويره بواسطة شركة Decrement وهو عبارة عن مروق ذو طبقة زغبات والذي يستخدم نظام موحد للنابض الهيدروليكي. لإستمرار تجانس طبقة المواد الصلبة في المروق تدخل المياه المروبة كيميائياً أولاً غرفة تفريغ مجاورة للمروق لتسحب المياه إلى الغرفة بواسطة طلمبة تفريغ (Vacuum Pump) ويتم التحرر من التفريغ بواسطة تيار هواء والذي يسمح بتدفق الهواء إلى المروق بما يسبب نبض هيدروليكي في المروق. طاقة التزغيب المكتسبة هي دلالة لزم من النابض وشدته. المياه المروبة تدخل المروق خلال عدد من مواسير

التوزيع عند قاع المرووق. مواسير التوزيع المتقبة والتي تعلوها مباشرة عوائق على شكل حرف ٧ المقلوب المثبتة تسبب اضطراب والذي يساعد في توزيع التدفق بالتساوي على قاع طبقة الزغبات. مرور المياه لأعلى خلال طبقة الزغبات يوفر التصاق الماء بزغبات مكونة سابقا أي التزغيب بالالتصاق (Contact Flocculation) والذي يحقق ترويق للمياه العكرة القادمة. أثناء التدفق الأولى للمياه في المرووق فان طبقة الزغبات تتمدد لاعلى أثناء الجزء من دورة النبض (Pulsating Cycle) عندما لا يكون هناك تدفق للماء داخل المرووق فان طبقة الزغبات ترسب واستمرار النبض يحافظ على استمرار وانتظام طبقة الزغبات في المرووق وبذلك يتوفر الاستمرار للتدفقات خلال المرووق ونتيجة للالتصاق الجيد للتدفقات مع طبقة الزغبات يمكن تحقيق استخدام جيد للمروب وإنتاج مياه راتقة جدا. دورة النبض التقليدية عادة ٤٠-٥٠ ثانية ويتم المحافظة على عمق طبقة الزغبات في منسوب ثابت باستخدام هدار لسحب الروبة. مرووق النبضات مفيد في تنقية المياه قليلة العكارة والملونة (Highly Coloured) وذلك لصعوبة تكوين زغبات سريعة الترسيب. التحميل السطحي للمرووق النابض من ٠,٢٥ الى ١,٩ جالون في الدقيقة / القدم المربع من المساحة السطحية للمرووق وبمتوسط تحميل ٠,٥ جالون في الدقيقة / القدم المربع تقريبا.

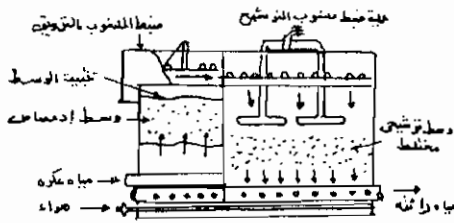
ب - المرووق عالي النبضات : شكل (٦٤) Super Pulsator Classifier

تم تطوير مرووق النبضات بواسطة الشركة المنتجة إلى المرووق عالي النبضات بطبقة الزغبات يشمل نظام النبض الهيدروليكي لمرووق النبضات مع مجموعة من الأسطح المتوازية المائلة موضوعة في خلال طبقة الزغبات. الأسطح المائلة تساعد في استمرار التركيز العالي للمواد الصلبة مع زيادة معدل الترويق الهيدروليكي لأعلى وهذا يسمح للمرووق عالي النبضات ليعمل بمعدل تحميل أكبر ٢-٣ مرة عن مرووق النبضات. ميل الأسطح ٦٠ درجة على الأفقي والفاصل بين الأسطح من ١٢-٢٠ بوصة (٣٠-٥٠ سم) تركيب ريش عاكسة صغيرة على المحور العرضي للأسطح المائلة وفي اتجاه التدفق بين الأسطح. وهذه العواكس توجد دوامة (Vortex) بما يساعد في خلط المواد الصلبة التي رسبت مع المياه الجاري تنقيتها.

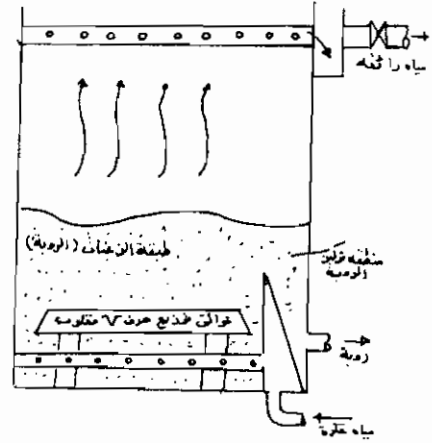
ج- المرووق الثلاثي الذي يعمل بالامتصاص والالتصاق شكل (٦٥)

المرووق الثلاثي لتتقية المياه يشمل مراحل الترويب والترويق والترشيح في وحدة واحدة تعمل بالتدفق العلوي والإمصاص. الوسط المستخدم في الإمصاص يتكون من خرزات من البلاستيك القابل للطفو والتي تحجز في المرووق بواسطة شبكة. يصاحب عملية إزالة العكارة إدمصاص الزغبات المتروية على سطح الخرزات البلاستيك وكذلك على الجسيمات الملتصقة بها.

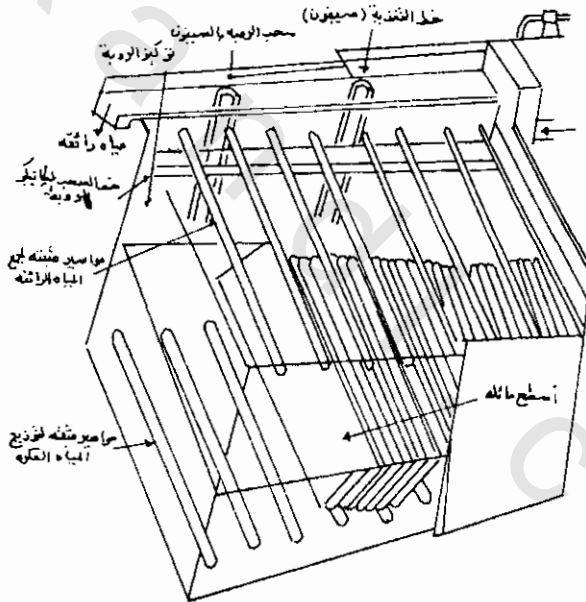
يصمم المرووق الثلاثي لتوفير حمل سطحي حوالى ١٠ جالون / القدم المربع في الدقيقة. الحجم المؤثر لجيبات الوسط الترشيحي (الخرزات) ٤-٦ ملليمتر وعمق الوسط الترشيحي حوالى ٤ قدم.



شكل (٦٥) مقطع في مروق الإدمصاص والإلتصاق الثلاثي



شكل (٦٣) مقطع في مروق النبضات (Pulsator)



شكل (٦٤) المروق عالي النبضات (Super Pulsator)

الباب الرابع

التخلص من المواد العالقة بالترشيح

obeikandi.com

الباب الرابع

التخلص من المواد الصلبة العالقة بالترشيح

مقدمة :

فى الترشيح تمر المياه خلال وسط ترشيحى لإزالة الجسيمات العالقة التى لم تزال بالترسيب. توجد أساليب مختلفة للترشيح ومنها بناء طبقة من الزغبات على سطح الوسط الترشيحى التى تعمل كذلك كوسط ترشيحى والثسانى هو تسرب الزغبات فى الوسط الترشيحى حيث تتسرب المياه بما يزيل الجسيمات العالقة. تنقسم المرشحات إلى نوعين رئيسيين وهما المرشحات البطيئة والمرشحات السريعة التى تعمل إما بالجاذبيه أو بالضغط. وأى من هذه المرشحات تعمل باستخدامها للوسط الترشيحى الرملى. تستخدم المرشحات البطيئة فى التصرفات الصغيرة أما المرشحات الرملية السريعة فهى تستخدم فى المحطات ذات التصرفات الكبيرة.

obeikandi.com

القسم الأول

الترشيح الرملى البطيء

Slow Sand Filtration

فى الترشيح الرملى البطيء تستخدم طبقة من الرمال الرفيعة (Fine sand) والتى من خلالها تتسرب المياه ببطئ لأسفل شكل (٦٦). نظرا لصغر حجم الحبيبات فان الفراغات للوسط الترشيحي تكون كذلك صغيرة. تحتجز نسبة كبيرة من المواد العالقة فى السطح العلوى للوسط الترشيحي بسمك من ٠,٥ الى ٢ سم وهذا يمكن من تنظيف المرشح بكشط الطبقة العليا من الرمال. ونظراً لأن معدل الترشيح يكون قليلاً (٠,١-٠,٣ متر فى الساعة = ٢-٧ م^٢/م^٢ اليوم) فان الفترات الزمنية بين عمليات النظافة تكون طويلة وعادة تبلغ عدة شهور. عملية التنظيف للمرشح تستغرق حوالى يوم واحد، ولكن بعد التنظيف فإنه يتطلب ٢-٣ يوم إضافي ليصبح الوسط الترشيحي مؤثر تماماً. الأداء الرئيسى للترشيح الرملى البطيء هو ازالة الكائنات الحية الدقيقة من المياه العكرة، وبالتحديد البكتيريا والفيروسات التى تقوم بنقل الأمراض عن طريق الماء ويقلل الى حد كبير من محتواها فى الماء. المرشح الرملى البطئ الذى يعمل بكفاءة يزيل كذلك البروتوزوا (مثل الانتاميبيا، هستولوتيكا والإسكارس). الترشيح الرملى البطيء عموماً يوفر مياه آمنة بكتريولوجياً كما انه مؤثر جداً فى ازالة المواد العالقة من المياه العكرة ولكن الانسداد فى الوسط الترشيحي قد يكون سريعاً جداً مما يتطلب تنظيف سريع من أن إلى آخر. واستخدام المرشح الرملى البطيء مناسب للمياه العكرة ذات عكارة (٥) بمقياس نيفيلومترى مع اقصى قيمة اقل من ٢٠ وحدة نيفيلومترى لعدة أيام قليلة.

وفى غير هذه الحالات فإنه يلزم خفض العكارة فى المياه العكرة وذلك باستخدام المروبات والترسيب او الترشيح الرملي السريع وذلك قبل دخول المياه الى المرشح البطينى.

المرشحات الرملية البطينية لها ميزات كثيرة فى الدول النامية، حيث يمكن الحصول على مياه نقية آمنة صحيا كما يمكن إنشائها من المواد المحلية وباستغلال العمالة المحلية وذلك مع الاستغناء عن كثير من المعدات الميكانيكية والكهربائية الموجودة فى محطات التنقية التي تستخدم المرشحات السريعة. المرشحات الرملية البطينية تشغل حيز من الأرض ولكنها لا تتطلب الترويب أو الكلور. ولكن عند ضخ المياه فى الشبكة يتم حقن جرعة الكلور.

١- نظرية الترشيح الرملي البطينى :

فى المرشحات الرملية تزال الملوثات من المياه العكرة خلال عدة عمليات مختلفة منها التنقية أو التصفية (Screening) والترسيب والادمصاص والأداء البيوكيميائي والميكروبي. تصفى الأجسام العالقة كبيرة الحجم والتي لا تمر خلال مسام الوسط الترشيحي. ويحدث هذا عادة على سطح المرشح حيث تحتجز هذه المواد فى الطبقة العليا للوسط الترشيحي بما يزيد من كفاءة التنقية ولكنها تزيد من مقاومة تدفق المياه لأسفل. وبإزالة هذه الملوثات من الطبقة العليا من أن إلى آخر يمكن استعادة الضغط الرأسى (Pressure Head) للوسط الترشيحي لقيمه الأصلية.

الترسيب يزيل الأجسام الصغيرة العالقة والتي ترسب على سطح جسيمات الرمل للوسط الترشيحي. ونظرا لأن المساحة السطحية لجسيمات الرمل للوسط الترشيحي كبيرة جدا، والتي تصل إلى ١٠ - ٢٠ ألف متر مربع لكل متر مكعب من الرمل، وأن معدل الترشيح منخفض بما يوفر معدل تحميل سطحي منخفض فإن كفاءة الترسيب ستكون تبعا لذلك كبيرة جدا بما يمكن من إزالة الأجسام الصغيرة جدا. وهذه الإزالة تتم فى السطح العلوي للوسط الترشيحي ولا يتسرب إلى عمق الوسط الترشيحي سوى المواد العضوية منخفضة الكثافة النوعية. المواد العالقة المتبقية والمواد الهلامية (Colloidal) وبعض الملوثات المذابة تزال بالإدمصاص

على الطبقة الجيلاتينية الملتصقة على سطح حبيبات الوسط الترشيحي أو بالجذب الكهروستاتيكي.

الانجذاب الكهروستاتيكي (Electrostatic Attraction) وإن كان مؤثرا ولكنة يحدث فقط بين الأجسام ذات الشحنات الكهربائية المختلفة. فرمل الكوارتز النظيف له شحنة سالبة ولذلك فإنه لا يمتز الأجسام ذات الشحنة السالبة مثل البكتريا والمواد الهلامية من اصل عضوى وأن أيونات النترات والفوسفات والمركبات الكيماوية المشابهة. لذلك فأتثناء الأداء الجيد سيتعرض الوسط الترشيحي لتغيرات مستمرة لشحنات السالبة والموجبة على الغشاء المحيط بحبيبات الرمل التي يمكنها امتزاز معظم الملوثات من المياه المارة.

الأجسام التي تراكمت على حبيبات الوسط الترشيحي لا تستمر بدون تغيير فإنها تتغير من خلال نشاط بيوكيميائي وبكتيرى فأملح الحديد والمنجنيز ثنائىة التكافؤ والتي لا تذوب فى الماء والتي تكون جزء من العطاء المحيط بحبيبات الرمال قد تختزل إلى البيكربونات المذابة فى الماء نتيجة تفاعلها مع ثانى أكسيد الكربون الناتج عن التحلل البيولوجى للمواد العضوية. المواد العضوية التي تتأكسد جزئيا توفر الطاقة اللازمة لنمو البكتريا ، والجزء الآخر يتحول الى مادة الخلايا التي تستخدم فى نمو البكتريا. وجنبا إلى جنب مع نمو البكتريا يوجد كذلك موت للبكتريا وبهذا توجد مواد عضوية والتي تحمل بواسطة المياه وتستهلك ثانيا بواسطة بكتريا على عمق اكبر فى الوسط الترشيحي. وبهذه الطريقة فان المواد العضوية القابلة للتحلل الموجودة أصلا فى الماء تتحلل بالتدرج وتتحول إلى مركبات غير عضوية مثل ثانى أكسيد الكربون، النترات، الكبريتات، الفوسفات وهذه المواد تصرف مع المياه الخارجة من المرشح. وللأداء المؤثر والجيد لعملية الترشيح فإنه من الضرورى أن تتحرك البكتريا إلى عمق الوسط الترشيحي وهذا يتطلب وقت مع حدوث تغير بطئ فى معدل الترشيح خلال ساعات وعمليا فقد وجد أن النشاط الكلى للبكتريا يمتد الى ما بعد ٦٠ سم من عمق الوسط الترشيحي، مما يتطلب أن لا يقل عمق هذه الطبقة عن ٧٠سم.

أهم تأثير في تنقية المياه باستخدام المرشح الرملي البطيء هو إزالة البكتيريا والفيروسات خلال الإدمصاص والعمليات الأخرى حيث تزال البكتيريا من الماء وتحتجز على سطح حبيبات الوسط الترشيحي. وبالنسبة للبكتيريا المعوية فإن برودة المياه أحيانا تكون ظروف غير مناسبة لمعيشتها، بالإضافة إلى عدم احتواء المياه على ما يكفي من المواد العضوية من أصل حيواني لمعيشتها، بالإضافة إلى وجود أنواع مختلفة من البكتيريا المفترسة في الجزء العلوي للوسط الترشيحي والتي تتغذى على البكتيريا المعوية، وكذلك فإن الأكسدة البيولوجية الكيماوية (Biochemical Oxidation) تقلل من المواد العضوية المطلوبة لتكاثر ونمو البكتيريا. وكذلك تنتج مختلف الكائنات الدقيقة في الوسط الترشيحي مركبات كيماوية (مضادات حيوية) والتي تقتل أو تقلل من نشاط أنواع من البكتيريا المعوية. والأثر الكلي هو النقص الكلي لعدد بكتيريا (E - Coli) ونظراً لأن الكائنات الحية الممرضة (Pathogens) أقل مقاومة من (E Coli) لذا فإن نسبة النقص فيها تكون كبيرة. وعند تنقية المياه العكرة بمحتوى متوسط من البكتيريا في المرشحات الرملية البطيئة، فإنه عادة ما تخفض بكتيريا E-Coli من عينة الماء المرشح بنسبة كبيرة جداً.

عادة تنشأ المرشحات الرملية البطيئة في الهواء الطلق (غير مغطاة). وقد يحدث نمو للطحالب بفعل التمثيل الضوئي وان كان له سلبياته إلا أنه يزيد من كفاءة المرشح مع زيادة الإزالة للمواد العضوية والبكتيريا وذلك بواسطة الطبقة الرقيقة الهلامية على أسطح الوسط الترشيحي، والتي تتكون من الطحالب العضوية وأنواع أخرى مثل البروتوزوا والبلانكتون. سطح الوسط الترشيحي يكون نشط جداً بأنواع مختلفة من الكائنات التي تحجز المواد وتهضم وتحلل المواد العضوية من المياه المارة خلالها. وكذلك يستهلك في سطح الوسط الترشيحي العلوي الطحالب الميتة، البكتيريا الحية وتحجز المواد العالقة الخاملة. وقد يسبق الترشيح البطيء الترسيب الطبيعي.

٣ - مبادئ التشغيل للمرشح الرملى البطيء :

كقاعدة فان المرشح الرملى البطيء يتكون من حوض مفتوح من أعلا ويحتوى على طبقة من الرمل. عمق الحوض حوالى ٣ متر ومساحته تختلف من بضع عشرات الى بضع مئات من الأمتار المربعة. يوضع فى قاع الحوض نظام للتصريف ولحمل الوسط الترشيحي. يتكون الوسط الترشيحي من الرمل الناعم والذى يكون عادة غير مدرج ويكون خالى من الطفله ولايحتوى إلا القليل من المواد العضوية. سمك الوسط الترشيحي عادة من ١ - ١,٥ متر وترتفع المياه التى تتقى حتى ١ الى ١,٥ متر فوق الوسط الترشيحي. يجهز المرشح الرملى البطيء بعدد من مواسير الدخول والخروج للمياه مجهزه بمحابس وتجهيزات تحكم بما يحافظ على منسوب المياه فوق سطح الوسط الترشيحي وثبات معدل الترشيح شكل (٦٧). وأثناء التشغيل فإن المياه تدخل حوض الترشيح خلال المحبس (أ) وتمر خلال محبس العوامة (ب) والمياه فوق الوسط الترشيحي تمر خلال طبقة الرمل الى الصرف للمياه المرشحة التى تمر خلال مقياس للتدفق والتحكم (ف) وتتدفق الى غرفة هدار المخرج ومنها تمر المياه خلال المحبس (ج) ثم الى الحوض تجميع المياه الرائقة شكل (٦٧).

ولثبات معدل الترشيح فانه يلزم فتح محبس التحكم قليلا كل يوم لتعويض زيادة المقاومة للوسط الترشيحي نتيجة الانسداد. وعند التغير فى الطلب على المياه المرشحة يتم ضبط المحبس (ف) ببطئ خلال فترة زمنية عدة ساعات مع مراجعة معدل إنتاج المياه بقراءة مقياس التدفق. هدار المخرج يمنع حدوث الضغط على الوسط الترشيحي بما يجعل عمل المرشح مستقلا عن التغير فى منسوب المياه فى حوض المياه الرائقة. والهدار كذلك يوفر التهوية للمياه والتهوية مطلوبة كذلك للمرشح للمساعدة فى خروج الغازات التى تنطلق أو التى تنتج أثناء الترشيح. ولتسهيل انطلاق هذه الغازات فان قاع المرشح يكون بميل ١ : ٥٠٠ لأعلى فى اتجاه التدفق ولأغراض الصرف عند القيام بأعمال الإصلاح فان أرضية حوض الترشيح تميل ١ : ٢٠٠ لأسفل. وعند تراكم كميات من الخبث (الطحالب الطافية كمثال) على سطح المياه أثناء الترشيح فان مخارج الخبث فى الأركان الأربع

للمرشح تكون مناسبة لانتظام ازالة المواد الطافية. وبعد فترة من التشغيل فان محبس التحكم (ف) يكون تام الفتح حيث تحدث زيادة فى مقاومة المرشح وبالتالي نقص فى معدل الترشيح، عندئذ يجب خروج المرشح من الخدمة للتنظيف.

ويجرى التنظيف بكشط طبقة الرمال العليا المحملة بالرواسب بسمك ١,٥ - ٢ سم، وذلك بعد تصريف المياه من المرشح حتى مستوى ٢٠ سم أسفل طبقة الرمال. ولبدء عملية التنظيف يقلل المحبس (أ) عادة فى نهاية اليوم بينما يستمر المرشح فى تفريغ المياه بطريقة عادية خلال المحابس (ف، ج). وفى صباح اليوم التالى يتم قفل المحابس ف، ج، والباقى من المياه فوق طبقة الرمال يتم صرفها من المحبس (س). ويتم التحكم فى الصرف بواسطة هدار، قمة هذا الهدار تظل أقل أو اكثر قليلا من منسوب الوسط الترشيحي. المياه فى الفراغات العشرين سنتيمتر العليا للرمل يتم تفريغها بواسطة المحبس (ك) لفترة زمنية صغيرة. عند انتهاء عملية التنظيف يتم قفل المحبس (س) مع إعادة ملئ المرشح ببيطى بمياه مرشحة من اسفل خلال المحبس (د) لمنسوب ١٠ سم فوق طبقة الرمال. وأثناء هذه العملية يلزم الحرص على خروج كل الهواء المحتجز فى الفراغات للوسط الترشيحي.

بعد ذلك يسمح للمياه الخام (العكرة) بالدخول من المدخل خلال المحبس (أ) مع الحرص فى عدم إتلاف الوسط الترشيحي. وينظم وضع المحبس (أ) فوق صندوق الصرف المتصل بالمحبس (س). وعند وصول المياه النظيفة والمرشح إلى المنسوب العادى والذى ينظم بواسطة محبس التحكم (ب) فإن المحبس (م) يتم فتحة كاملا وكذلك يتم فتح محبس التحكم (ف) بما يكفى تشغيل المياه النظيفة والمرشحة بحوالى ربع معدل التدفق العادى. وخلال الإثنى عشر ساعة التالية يتم الرفع التدريجى لمعدل الترشيح إلى المعدل العادى. وبعد ما لا يقل عن ١٢ ساعة أخرى ويفضل بعد ٣٦ ساعة يقفل المحبس (م) ويفتح المحبس (ج) ويعود المرشح الى التشغيل العادى. وعند إيقاف المرشح عن العمل لمدة كبيرة مثل حالات الإصلاح أو إعادة التغذية بالرمل. فإن الزمن اللازم لنضج المرشح وكفاءته تكون من ١ - ٢ يوم وقد يمتد إلى عدة أيام أخرى. وعندما يكون المرشح جديدا فان فترة الانقطاع قد تصل الى عدة أسابيع. وفى حالة توقف المرشح لمدة كبيرة فإنه يلزم

صرف المياه كاملاً باستخدام المحابس (ك، ع، هـ). الطريقة التي ذكرت سابقاً للتشغيل المرشح الرملي البطيء هناك بعض الصعوبات لتأمينها. وهي تعطى نتائج جيدة ولكن الإنشاءات معقدة. ويمكن تبسيطها وذلك عندما يكون معدل دخول المياه إلى المرشح ثابت على سطح الوسط الترشيحي لضبط معدل دخول المياه والذي يمكن تنفيذه بدون محبس تحكم الذي يعمل بالعوامة (ب). محبس (د) و(ك) يمكن أن يعملوا من محبس واحد. مهمة المحبس (ب) يمكن أن تتم بالمحسس (ج). مخارج الخبث للتخلص من المواد الطافية خاصة في المرشحات الصغيرة وذلك عند إزالتها يدوياً.

٣ - اعتبارات التصميم للمرشح الرملي البطيء :

عند التصميم العملي للترشيح الرملي البطيء يلزم اختبار أربع عناصر وهي عمق الوسط الترشيحي، التوزيع الحجمي لرمال المرشح، معدل الترشيح، عمق المياه فوق الوسط الترشيحي. وتبنى الاعتبارات التصميمية على الخبرة من محطات المعالجة المقامة والتي تستخدم نفس المصدر المائي أو مياه ذات طبيعة مماثلة. وعند عدم توفير هذه الخبرة فإن التصميم يجب أن يبنى على نتائج الاختبارات التجريبية والتي تتم باستخدام مرشحات التجارب. وعند عدم توفير البيانات الحقيقية أو التجريبية يمكن استخدام الخطوات التالية:

- أ - في المرحلة الأولى للتصميم يحدد سمك الوسط الترشيحي من ١ إلى ١,٢ متر. وهذا يكفي لأداء الوسط الترشيحي قبل الوصول إلى أدنى سمك ٠,٧ متر.
- ب- يتم تحليل التوزيع الحجمي للرمال المتوفرة محلياً. يتم اختبار الرمال ذات الحجم المؤثر حوالي ٠,٢ مم ومعامل تجانس أقل من ٣ (قسم ٣ باب ٤) ويمكن قبول معامل تجانس (٥) والحجم المؤثر من ٠,١٥ إلى ٠,٣٥ مم. ورمال البناء قد توفر هذه المطالب.
- ج- عند التصميم الأولى يتم تثبيت عمق المياه فوق الوسط الترشيحي ما بين ١ إلى ١,٥ متر.

د - يتم إعداد ما لا يقل عن وحدتين ترشيح ويفضل ثلاثا. مع توفير مساحة من الأراضي لوحدات ترشيح إضافية.

هـ - يبنى المرشح من الخرسانة المسلحة بالشكل المستطيل والحوائط تكون عمودية بارتفاع ٣-٤ متر. مساحة المرشح عادة كبيرة فعند معدل تحميل سطحي ٠,٢ متر / الساعة لطاقة محطة سنوية ٢ مليون متر مكعب يتطلب مساحة من الوسط الترشيحي ١٣٧٠ متر مربع. مع وجود وحدة احتياط (للتنظيف) يلزم ٤ وحدات المساحة السطحية لكل منها ٤٦٠ متر مربع أو ٦ وحدات كل بمسطح ٢٧٠ متر مربع (النسبة بين أقصى معدل استهلاك ومتوسط معدل استهلاك ١,٢). ولمنع قصر المسافة على طول حائط الحوض فإن الحوائط الداخلية تكون خشنة حتى نصف سمك الوسط الترشيحي وأن تكون الحوائط مائلة قليلا للخارج بما يساعد على الالتصاق الجيد للوسط الترشيحي بحوائط المرشح ومنع حدوث قصر المسافة. كما يلزم الحذر من ارتفاع منسوب المياه الجوفية.

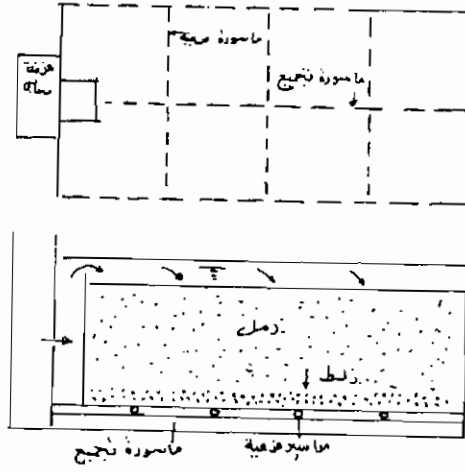
و - قاع المرشح يقوم بوظيفتين إحداهما حمل الوسط الترشيحي والآخر تصريف المياه المرشحة. مقاومة قاع المرشحات لمرور المياه المرشحة (الفقد في الضغط) يجب أن يكون صغيراً وفتحات أو ثقب قاع المرشح تكون صغيرة لمنع مرور أي مواد منها.

كما هو موضح في الشكل (٧٢) توجد أنواع من تجهيزات قاع المرشح فتشمل الطوب المصفوف والخرسانة المثقبة المصفوفة على دعائم خرسانية أو حديدية. ولمنع مادة الوسط الترشيحي من الدخول والانسداد لنظام التصريف تستخدم طبقة من الزلط المدرج. الطبقة السفلي من الزلط المدرج تكون كبيرة الحجم بما يحافظ على حرية الفتحات في قاع المرشح. في حالة قاع المرشح المثقبة يكفي طبقة بسمك ١٠ - ٢٠ سم أما القاع بالطوب المرصوص بالفواصل المفتوحة (١٠ مم) يلزم أربع طبقات بأحجام ٠,٤ - ٠,٦ مم، ١,٥ - ٢ مم، ٥ - ٨ مم، ١٥ - ٢٥ مم من أعلا إلى أسفل وسمك كل طبقة ١٠ سم.

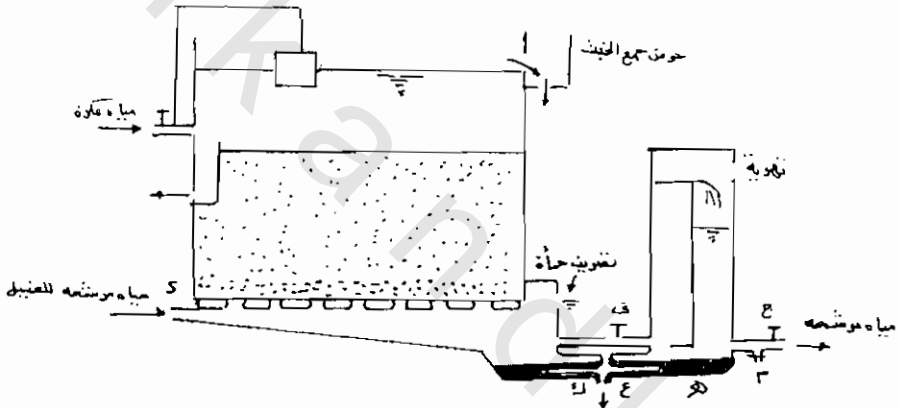
وفي المرشحات الصغيرة يكون استخدام المواسير الصغيرة المثقبة الجانبية أكثر مناسبة، وهذه المواسير المثقبة تكون متصلة بتصريف رئيسي الذي يوجه المياه خارج المرشح. وتكون المواسير إما من الفخار كامل الاستدارة أو نصف استدارة أو من الزهر. والأكثر شيوعاً في الإستخدام مواسير الأسبستوس والبولي إيثيلين. وتوضع المواسير ذات قطر حوالي ٨٠ مم بفواصل واحد متر وتكون مثقبة بقطر ٥ مم علي الجانب السفلي وبمعدل عشرة ثقوب في المتر الطولي. وماسورة التصريف الرئيسية تكون غير مثقبة وتكون مساحة مقطعها ضعف مساحة مقطع المواسير المثقبة المتصلة بها.

ز- يرتبط عمق المياه فوق الوسط الترشيحي بأقصى فقد في الضغط والذي يؤثر بالتالي علي طول دورة الترشيح، يلزم توفير فراغ فوق أقصى منسوب للمياه في المرشح بارتفاع ٢٠ سم، وأن تكون قمة حوائط المرشح بارتفاع لا يقل عن ٨٠ سم فوق سطح الأرض للحد من وصول الملوثات. وحدات محطة الترشيح الرملي البطيء توضع في صفوف علي جانبي شريط خالي من الأرض لتسهيل التحرك لنظافة لمرشح.

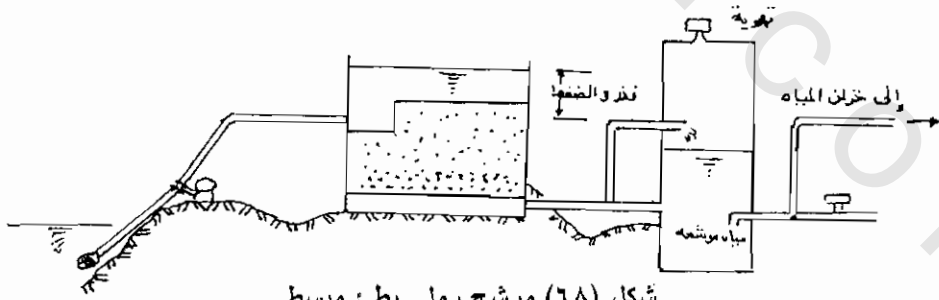
ح- يتم تنظيف المرشح بكشط السطح العلوي لطبقة الرمال بسمك ١,٥ - ٢ سم لإزالة الرمال الغير نظيفة. حيث ان الملوثات تكون بنسبة أكبر في الطبقات العليا وبنسبة أصغر في الطبقات العميقة والتي تتراكم بمعدلات صغيرة وهذا يمكن ان يسبب مشاكل في حالة استمرار الرمال في مكانها لمدة طويلة جداً. ولذلك بعد كشط الطبقة العليا عدة مرات والوصول الي أدنى سمك للوسط الترشيحي يلزم عندئذ إزالة ٣٠ سم إضافية من رمل المرشح قبل إضافة رمال جديدة. ونظراً لإحتواء الطبقة المزالة علي كل الكائنات اللازمة للأداء البيولوجي للمرشح الرملي لذلك يتم وضعها فوق الرمال الجديدة لتعجيل عملية النضج وحسن الأداء للوسط الترشيحي.



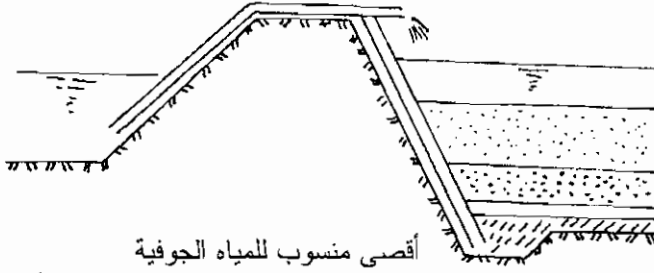
شكل (٦٦) المرشح الرملى البطئ



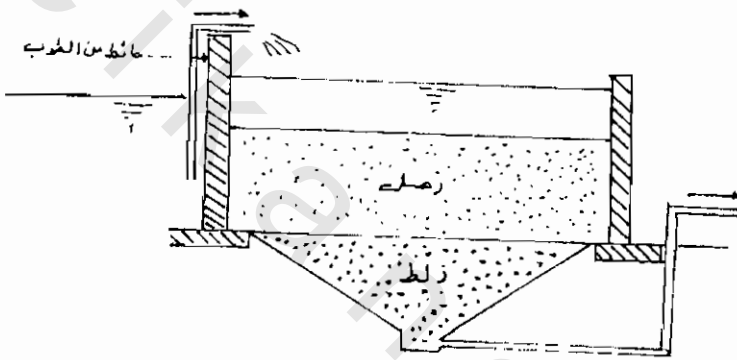
شكل (٦٧) مكونات المرشح الرملى البطئ



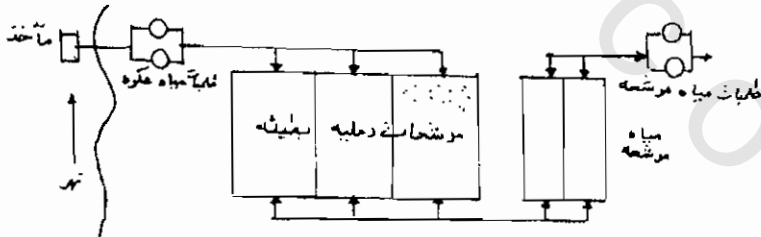
شكل (٦٨) مرشح رملى بطئ مبسط



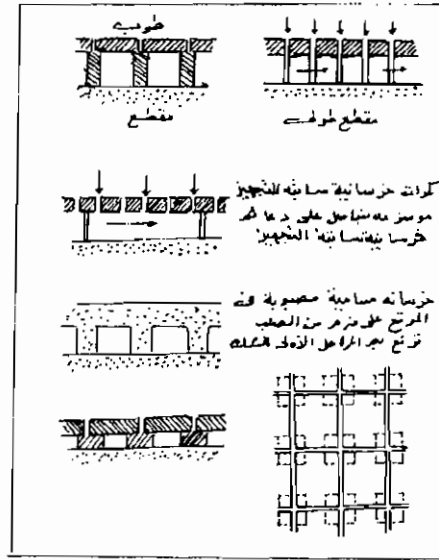
شكل (٦٩) مرشح رملي مبسط من الطوب على جانب جسر



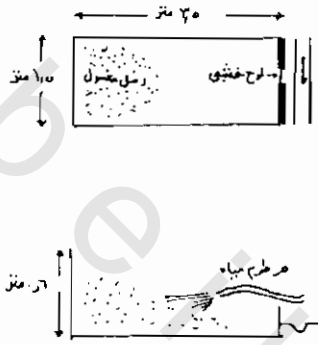
شكل (٧٠) مرشح رملي بسيط



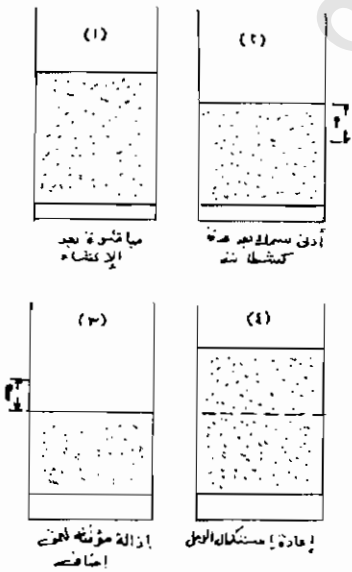
شكل (٧١) مخطط عام للمرشح الرملي البطيء



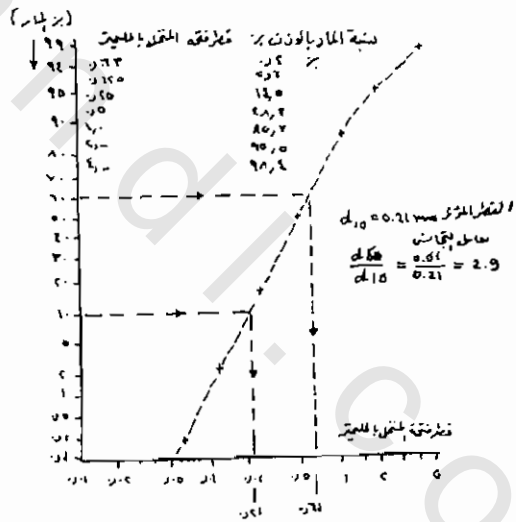
شكل (٧٢) نماذج لقاع المرشح الرملي البطئ



شكل (٧٤) غسيل الرمال



شكل (٧٥) كشط وإضافة الرمل
للمرشح البطئ



شكل (٧٣) توزيع قطر حبيبات رمل المرشح

القسم الثانى

التزشيح الرملى السريع

١- مقدمة :

كما سبق توضيحه بالنسبة للتزشيح الرملى البطئ فإن الرمل هو المستخدم عادة كوسط تزشيحى فى التزشيح الرملى السريع ولكن هناك إختلاف فى الأداء بين الحالتين، وذلك بسبب إستخدام رمل أكثر خشونة حيث الحجم المؤثر لحبيبات الرمل يتراوح ما بين ٠,٤-١,٢ ملليمتر، ومعدل التزشيح أكبر بكثير ليصل ما بين ٥ إلى ١٥ م^٢/م^٢/الساعة (١٢٠-٣٦٠ م^٣/م^٢/اليوم). وحسب حجم حبيبات الرمل فإن مسام الوسط التزشيحى تكون كبيرة نسبيا والأجسام العالقة فى المياه المروية سوف تخترق الوسط التزشيحى إلى عمق كبير ولذا فإن طاقة الوسط التزشيحى لاحتواء الملوثات لا يكون كبيرا فى التزشيح السريع. ولتنظيف الوسط التزشيحى فإنه لا يمكن كشط طبقة الرمال العليا ولذا يستخدم الغسيل العكسى لتنظيف الوسط التزشيحى، والذى يتم باستخدام تدفقات عالية من المياه فى عكس إتجاه تدفقات المرشح حيث يتمدد الوسط التزشيحى ويتم تنظيفه. وتحمل مياه الغسيل العكسى الرواسب المسببة لانسداد المرشح خارج المرشح. تنظيف المرشح السريع يمكن أن يتم بسرعة ولايستغرق أكثر من ساعة، كما يمكن أن يتم من أن لآخر طبقا للحاجة وعند الضرورة كل يوم.

٣- استخدامات الترشيح السريع :

يستخدم الترشيح السريع فى تنقية المياه لأغراض الشرب. فيستخدم فى إزالة الحديد والمنجنيز لتنقية المياه الجوفية، كما يستخدم فى تنقية المياه قليلة العكارة مثل مياه البحيرات العذبة وبعض حالات المجارى السطحية العذبة والتي تحتوى على كائنات حية دقيقة مسببة للأمراض حيث يستخدم مطهر مثل الكلور للحصول على مياه آمنة. كما يستخدم الترشيح السريع لتنقية المياه بعد معالجتها بكيماويات الترويق والترسيب شكل (٧٦).

٣- أنواع المرشحات السريعة :

تنشأ المرشحات السريعة مفتوحة حيث تتدفق المياه إلى أسفل خلال الوسط الترشيحي بالجاذبية شكل (٧٧). وفى عمليات معينة تستخدم مرشحات الضغط والمرشحات التى تعمل بالتدفقات الصاعدة (Upflow Filters) شكل (٨٠) والمرشحات متعددة الوسط الترشيحي (Multi Media).

٤- نظرية عمل المرشح السريع :

الإزالة الكاملة للملوثات من الماء فى المرشحات السريعة تتم بعده عمليات. وأهمها هى عملية الحجز (Straining)، الترسيب، العمليات البيولوجية والبكتيرية. وهذه هى نفس العمليات التى تم توضيحها فى الترشيح الرمل البطئ. ولكن فى الترشيح السريع يكون معدل الترشيح عالى جدا (حتى ٥٠ ضعف معدل الترشيح الرمل البطئ). الحجز (Straining) للملوثات فى المرشح السريع ليس هام نظرا لكبير حجم الفراغات فى الوسط الترشيحي. وكذلك الترسيب غير مؤثر نظرا للسرعة العالية للترشيح. ولذلك فإن الملوثات التى تزال بالحجز والترسيب تكون قليلة جدا مقارنة بالترشيح الرمل البطئ وخاصة فى الطبقات العليا للوسط الترشيحي والتى تكون أقل تأثيراً. ولهذا يحدث إختراق عميق للملوثات فى كل الوسط الترشيحي للمرشح السريع. واهم تأثير فى تنقية المياه فى المرشح السريع هو إدمصاص الملوثات ذات الشحنة الكهربية على حبيبات الوسط الترشيحي الذى يحمل شحنة كهربية مختلفة. فى المرشح السريع الشحنات الاستاتيكية الطبيعية لمادة

الوسط الترشيحي تدعم بالشحنات الكهربائية الديناميكية الناتجة عن معدل التدفق العالى للمياه. فالشحنات الكهربائية (الأيونات) على حبيبات الوسط الترشيحي تسحب منها تاركة هذه الحبيبات حاملة شحنة موجبة (شحنة مختلفة). هذا التأثير الكبير يساعد على عملية الإدمصاص فى المرشح السريع تمر المياه فى دقائق، بينما فى المرشح البطئ تظل المياه عدة ساعات فى الوسط الترشيحي. الملوثات العضوية التى تحدث انسداد تزال فى الرشح السريع بالغسيل العكسي. فرصة ووقت التحلل البيولوجي للمواد العضوية محدودة جدا. هذا لا يمثل عيب كبير نظرا لأن المواد المسببة للانسداد تزال بغسيل المرشح. ونظراً لأن النشاط البيولوجي والكيميائي للمرشح السريع لا يكفي لإنتاج مياه آمنة بكتريولوجيا لذلك فإنه يلزم عمل معالجات تالية مثل الترشيح الرملي البطئ أو التطهير باستخدام الكلور أو أى مطهر آخر لإنتاج مياه صالحة للشرب شكل (٧٩، ٨٠، ٨١).

تشغيل المرشح السريع ونظام التحكم:

٥- تشغيل المرشح السريع الذى يعمل بالجاذبية شكل (٨٢)

أثناء الترشيح تدخل المياه من المحبس (أ) وتتحرك فى اتجاه الوسط الترشيحي وخلالها، وتمر من نظام التصريف السفلى (قاع المرشح) إلى خارج المرشح خلال المحبس (ب). ونظرا للانسداد التدريجي للمسام فإن مقاومة الوسط الترشيحي للمياه المتدفقة لأسفل تزداد بالتدريج، وهذا يعمل على تقليل معدل الترشيح إلا إذا تم تعويض ذلك برفع منسوب المياه فوق الوسط الترشيحي. أحيانا تصمم المرشحات السريعة للعمل بمنسوب ثابت للمياه والذى يتطلب تجهيز المرشح بالتحكم فى معدل الترشيح سواء بالنسبة للمياه الداخلية أو فى خطوط المياه المرشحة الخارجة. أجهزة التحكم فى معدل الترشيح هذه توفر مقاومة مقاسه لتدفق المياه، وهذه تفتح بالتدريج آلياً لتعويض الزيادة فى مقاومة الوسط الترشيحي ولتثبيت ظروف التشغيل للمرشح السريع. وفى بعض الأحيان وبعد فترة من التشغيل فإن جهاز التحكم فى معدل الترشيح يكون مفتوحا تماما ولهذا لا يمكن تعويض الانسداد فى الوسط الترشيحي ويقل معدل الترشيح، وفى هذه الحالة يوقف المرشح لعمل الغسيل العكس.

ولعمل الغسيل العكس يتم قفل كلا من المحبس (أ)، (ب) وفتح المحبس (د) لصراف المياه الخام المتبقية خارج المرشح. وبعد عدة دقائق يفتح المحبس (هـ) لدخول مياه الغسيل، معدل الغسيل العكسي يجب أن يكون عاليا بما يعمل على تمدد الوسط الترشيحي وغسيل حبيبات الرمل والتخلص من الرواسب المتراكمة مع مياه الغسيل والتي يتم جمعها وصرفها. وعند انتهاء الغسيل العكس يتم قفل المحبس (د)، (هـ) وإعادة فتح المحبس (أ) للسماح للمياه لدورة الترشيح الجديدة. وفي المرشحات ذات الحبيبات الصغيرة للوسط الترشيحي فإن الغسيل الناتج عن عملية الغسيل العكسي قد لا يكون كافيا على المدى الطويل للمحافظة على نظافة الوسط الترشيحي، بما قد يتطلب عمل نظافة إضافية باستخدام الهواء والماء في الغسيل العكسي. وهكذا أكثر تعقيدا عن الغسيل بالمياه فقط ولا يوصى به في المرشحات الصغيرة.

نموذج آخر لتوضيح تشغيل المرشح شكل (٩٥)، شكل (٩٦).

- * بداية التشغيل يمكن فتح الصمامات ٢،١ حتى ترتفع المياه في المرشح من أسفل لأعلى وذلك لطرد الهواء بين فجوات الزلط والرمل.
- * فترة التحضير : تقفل الصمامات ٢،١ وتفتح الصمامات ٤،٣ لمدة ٥ - ١٥ دقيقة لهيئه المرشح للعمل بتكوين طبقة هلامية رقيقة على سطح الرمل لتساعد في إتمام عملية الترشيح بكفاءة.
- * فترة الترشيح : يقفل الصمام ٤ ويفتح الصمام ٥،٣ وتستمر هذه الفترة ١٢ - ٣٦ ساعة حتى يصل الفاقد في الضغط نتيجة مرور المياه في طبقات الرمل والزلط الى حوالي ٢٥٠ سم ويكون هذا الفاقد في البداية ٤٠ - ٦٠ سم.
- * غسيل المرشح : يقفل الصمام ٥،٣ ويفتح الصمام ٧ لدخول الهواء المضغوط لمدة ٢-٣ دقيقة ويفتح الصمام ٢،١ لمدة حوالي ٥ دقائق لدخول مياه الغسيل وتصريفها ثم تكرار الدورة بفترة التحضير ثم فترة الترشيح ثم فترة الغسيل وهكذا.

* يستخدم أحيانا للمساعدة فى غسيل المرشحات أمشاط معدنية تتحرك فى الجزء العلوى من الرمال فتساعد على تحريك حبيبات الرمال واحتكاكها ببعضها وتستخدم أحيانا رشاشات مياه قوية يتم توجيهها لسطح المرشح أو هواء مضغوط مع رشاشات المياه ويعتمد اختيار طريقة الغسيل على أبعاد المرشح وتصميمه وتشغيله.

٦ - التحكم فى الترشيح: أشكال (٨٣، ٨٤)

توجد طرق كثيرة من نظم التحكم فى معدلات الترشيح والأكثر استخداما هو تنظيم التحكم فى الترشيح بتساوى توزيع المياه الداخلة للمرشح على وحدات الترشيح أو بالسحب المنتظم للمياه المرشحة (باستخدام محابس التحكم فى المنسوب، هدارات التدفق العلوى، السيفونات). النموذج الموضح فى الشكل (٨٤ - ب) بسيط لعدم وجود أجزاء متحركة، حيث تدخل المياه الى المرشح على هدار. وفى كل المرشحات تكون حافة الهدار على نفس المستوى. وقناة التغذية بالمياه الى المرشحات تكون بالحجم الذى يسمح بتدفق المياه بدون فقد فى الضغط. ومنسوب المياه فيها يكون متساويا عند مدخل كل هدار، وبذا يكون معدل التدفق فوق كل هدار متساوى والتغذية بالمياه لوحدة المرشح تكون متساوية فى التوزيع.

كما يمكن التحكم فى معدل الترشيح لكل المرشحات بمعدل التغذية بالمياه، حيث يمكن التحكم لتوفير المطالب من المياه المرشحة. ولتجنب اختلاف منسوب المياه فى المرشحات يمكن استخدام النموذج فى الشكل (٨٤ - ج)، حيث يستخدم محبس تحكم يعمل بعوامة للمحافظة على منسوب المياه فى كل مرشح. وغالبا فإن الترشيح السريع يستخدم لتتقية المياه التى سبق معالجتها بالمرويات وفى المروقات بحجز الزغبات العالقة التى لم تحجز فى المروقات أو فى أحواض الترسيب. عندئذ يلزم تجنب تفتت هذه الزغبات ولذا فإن هدارات الدخول لا تكون مناسبة فى هذه الحالة. ويكون الأفضل هو استخدام النموذج (٨٤-أ) يجهز كل مرشح بصندوق عوامة للمحافظة على ثبات منسوب المياه فى كل وحدات الترشيح باستخدام محبس التحكم بالعوامة. وتصمم قناة خروج المياه للمحافظة على منسوب المياه فى كل مخارج المرشحات. والمعدل الكلى لإنتاج جميع المرشحات يمكن التحكم فيه بمعدل السحب للمياه المرشحة.

وعند عدم استخدام نظم التحكم فى الترشيح فإن الترشيح يتم بمعدل ترشيح متناقص (Declining Rate Filtration). يمكن استخدام محابس للتحكم فى المرشح شكل (٨٥). فى هذا النظام تكون كل وحدات الترشيح على اتصال مفتوح بقنوات دخول المياه وخروج المياه المرشحة ولذا فإن كل وحدات الترشيح تعمل بنفس الضغط. عندئذ فإن معدل الترشيح لوحدات الترشيح سيكون مختلف، ليكون عالى فى المرشح الذى تم حالاً تنظيفه بالغسيل العكسى وأقل بالنسبة للمرشح ذو أعلا دورة ترشيح. ولكل المرشحات المتصلة يحدد الإنتاج طبقاً لإمدادات المياه الداخلة، والذى سوف يكون عالياً بما يكفى الاحتياج من المياه المرشحة. أثناء الترشيح فإن الوسط الترشيحي يحدث له انسداد تدريجى ويرتفع منسوب المياه فى كل المرشحات نتيجة زيادة مقاومة الوسط الترشيحي لتدفقات المياه. وحدة الترشيح التى استمرت فى التشغيل أطول مدة تحتاج الى النظافة بالغسيل العكسى ثم يفتح صمام هذه الوحدة ذات أقل مقاومة لتدفق المياه الداخلة ولذلك فإن نصيب المرشح من المياه الداخلة سيكون كبيراً ويقل التحميل على باقى المرشحات مؤقتاً وهكذا. وفى حالة عدم عمل إجراءات خاصة فإن معدل الترشيح بعد التنظيف مباشرة يمكن أن يكون عالياً جداً حتى $25 \text{ م}^3/\text{م}^2/\text{ساعة}$ والذى يكون أعلا بكثير عن المعدل المتوسط $5-7 \text{ م}^3/\text{م}^2/\text{ساعة}$. وعند الضرورة وللتحكم فى معدل الترشيح للمحافظة على نوعية المياه المرشحة يتم توفير تجهيزه إضافية لمقاومة التدفق (نافورة مثلاً) مثبتة على خط خروج المياه المرشحة. الترشيح بالمعدل المتناقص هو العادى فى المرشحات التى تعمل بالضغط. ونظراً لبساطته فإنه يستخدم فى المحطات الصغيرة فى الدول النامية. يمكن تنظيم التحكم فى الترشيح والغسيل ألياً شكل (٩٧)

٧- الاعتبارات التصميمية

لتصميم المرشح السريع يلزم تحديد أربعة عناصر وهى: حجم الحبيبات للوسط الترشيحي. سمك طبقة الوسط الترشيحي، عمق المياه فوق الوسط الترشيحي، معدل الترشيح. وطبقاً للظروف المناخية فإن هذه العناصر تبنى على أساس الخبرة للمرشحات التى تعالج نفس النوعية من المياه أو مياه مشابه لها وعند عدم توفير ذلك، فإن التصميم يبنى على أساس النتائج المتحصل عليها من مرشح تجريبى. هذه العناصر الأربعة مرتبطة ببعضها حيث يتأثر كلا من التحسن فى نوعية المياه

بطول دورة الترشيح ولكن التأثير على تكاليف الإنشاء يختلف. حجم حبيبات الوسط الترشيحي وتوزيعه ليس له تأثير على التكاليف، الحجم الصغير للحبيبات يحسن من نوعية المياه المرشحة ولكنه يسبب سرعة الانسداد للوسط الترشيحي وبالتالي النقص في زمن دورة عمل المرشح. في حالة استخدام حبيبات الوسط الترشيحي أقل من ٠,٨ مم يلزم استخدام الهواء للتنظيف. كلما زاد سمك الوسط الترشيحي كلما تحسنت نوعية المياه المرشحة. يجب أن يكون عمق المياه فوق الوسط الترشيحي كبير بما يكفي لمنع الضغط السلبى (Negative Pressure) كلما زاد العمق لطبقة المياه كلما زادت دورة عمل المرشح واهم العوامل هو معدل الترشيح حيث زيادته تقل نوعية المياه ودورة عمل المرشح وإن كان يقلل من التكاليف نظراً لصغر مساحة الوسط الترشيحي. وتصميم المرشح السريع يبنى على نتائج المرشح التجريبي.

٨- تنظيم الغسيل العكسي:

ينظف المرشح السريع بالغسيل العكسي وذلك بتوجيه تدفقات المياه الى أعلى خلال الوسط الترشيحي لمدة عشر دقائق. المياه المستخدمة في الغسيل العكسي تكون مياه مرشحة مرفوعة إلى خزان علوى او مياه مرشحة من وحدة ترشيح أخرى في التشغيل. تكون تدفقات المياه بسرعة عالية بما يكفي لحدوث تمدد فى الوسط الترشيحي وبما يمكن المواد المسببة للانسداد من التفكك وحملها بمياه الغسيل العكس. لإعطاء ٢٠% تمدد موضح فى جدول (١١) التالى.

الجدول (١١)

متوسط قطر حبيبات الرمل (مم)	٠,٤	٠,٥	٠,٦	٠,٧	٠,٨	٠,٩	١,٠	١,١	١,٢
درجة حرارة	معدل التدفق للغسيل م ^٣ / م ^٢ / الساعة								
١٠ م	١٢	١٧	٢٢	٢٩	٣٤	٤٠	٥٧	٥٤	٦٢
٢٠ م	١٤	٢٠	٢٦	٣٣	٤٠	٤٨	٥٦	٦٤	٧٣
٣٠ م	١٦	٢٣	٣٠	٣٨	٤٧	٥٦	٦٥	٧٥	٨٦

وعند استخدام الضخ لرفع المياه للغسيل العكسي يستخدم عادة ثلاث مضخات واحدة منهم احتياط ومضختين فى التشغيل ويكفى مضختين للمحطات الصغيرة. يكون من المناسب استخدام خزان علوى لمياه الغسيل العكسي شكل (٨٥) ويملاً بطلمبات صغيرة فى الفترات بين الغسيل العكسي، ويكون مستواه من ٤-٦ متر فوق منسوب المياه فى المرشح. لفتح المياه الى خزان مياه الغسيل العكسي يستخدم عادة ثلاث فتحات (واحد احتياط) وتكون الطاقة الإجمالية للفتحتين فى التشغيل ١٠-٢٠% من معدل الإمداد بمياه الغسيل. وفى حالة عدم استخدام خزان مياه الغسيل وأخذ المياه من حوض المياه المرشحة فإن هذا يسبب اضطراب فى شبكة التوزيع ويسبب الإمداد المنقطع للمياه. والبديل الأسهل هو زيادة عمق المياه فوق الوسط الترشيحي للحد من أقصى مقاومة للوسط الترشيحي. يكون عمق المياه المرشحة فوق الوسط الترشيحي من ١,٥-٢ متر. وحدات الترشيح العاملة فى محطة الترشيح يجب ان تكون قادرة على توفير هذا الكم من المياه لمعدل الغسيل العكسي. محطة الترشيح السريع التى تستخدم هذا النظام فى الغسيل العكسي يجب أن يكون بها ما لا يقل عن ستة مرشحات.

وعند دفع مياه الغسيل من أسفل الوسط الترشيحي خلال نظام الصرف السفلى فى قاع المرشح ولتوزيع مياه الغسيل بالتساوى على كل مساحة الوسط الترشيحي فإن نظام الصرف السفلى يجب أن يوفر المقاومة الكافية لمرور مياه الغسيل (عادة من ٠,٦ إلى واحد / متر ضغط ماء). عادة يكون نظام الصرف السفلى من مواسير متقبة من أسفل بقطر حوالى ١٠مم من الاسيستوس أو البلاستيك القوى ولمنع دخول مواد الوسط الترشيحي من دخول الثقوب فإن الوسط الترشيحي يحمل على مادة خشنة (الزلط) والتى لا تتأثر بمياه الغسيل العكس المنبثقة من الثقوب السفلية. فمثلا فى حالة رمل الترشيح بالحجم المؤثر (Effective. Size) من ٠,٧ الى ١ ملمتر فإنه يحتاج إلى ٤ طبقات من الزلط من أعلى إلى أسفل ١٥سم (٢-٢,٨مم)، ١٠سم (٦-٥,٨مم)، ١٠ سم (١٦-٢٣مم)، ٢٠سم (٣٨-٥٤مم) العمق الكلى لطبقات الزلط يكون ٥٥ سم.

بعد مرور المياه المرشحة للوسط الترشيحي حاملة الملوثات فإنها تجمع وتصرف في أحواض مياه الغسيل. المسافة الأفقية التي تقطعها مياه الغسيل الى حوض تجميع يجب أن تكون محدودة بحوالي ١,٥ - ٢,٥ متر. توضع أحواض تجميع مياه الغسيل لتكون قمتها على مستوى من ٥٠ - ٦٠ سم فوق منسوب الوسط الترشيحي قبل التمدد، ومساحة مقطعها تتوافق مع نهاية الصرف للحوض ويكون عمق المياه جاهز للصرف شكل (٨٦). الجدول (١٢) يوضح معدل التدفق لمياه الغسيل (q) وعلاقته بعمق التدفق لمياه الغسيل (H) وعرض حوض مياه الغسيل (b) وطاقة الأحواض في.

جدول (١٢) استيعاب مياه الغسيل (لتر / ثانية).

عرض الحوض (b)		H
		عمق تدفقات مياه الغسيل في الحوض
٤٥سم	٣٥سم	٢٥سم
٢٥ /ت	٤٠ /ت	٣٠ /ت
٩٦ /ت	٧٥ /ت	٣٥ /ت
١٤٨ /ت	١١٥ /ت	٨٢ /ت

يمكن وضع أحواض الغسيل بطرق مختلفة، بعض نماذج أحواض الغسيل شكل (٨٧).

عند استخدام الرمال الناعمة ذات قطر حبيبات أقل من ٠,٨ مم، فإن قدرة الغسيل لتدفقات المياه الصاعدة قد لا تكون كافية للمحافظة على نظافة حبيبات الرمل مع مضي الوقت. وبعد وقت ما يمكن أن تغطي الحبيبات بطبقة لزجة من المواد العضوية، بما يسبب مشاكل مثل كرات الطين وشقوق في المرشح. ويمكن منع هذه السليبيات بتوفير الهواء المضغوط في الغسيل العكسي بمعدل ٣٠-٥٠ متر مكعب في الساعة مع الماء بمعدل ١٠-١٥ متر مكعب في الساعة، وهذا يزيل الغطاء اللزج على سطح الحبيبات. وعند عمل الغسيل العكسي بالهواء يلزم توفير

شبكة مواسير منفصلة الشكل (٨٨) يوضح أحد النماذج الشكل (٨٩) يوضح تنظيم التغذية بالهواء والماء للغسيل العكسي. يبدأ الغسيل العكسي بتدفق المياه من الغرفة رقم (١) الى الغرفة رقم (٢)، الهواء الغرفة رقم (٢) يضغط ليقوم بتنظيف المرشح. يستخدم الماء المتجمع في الغرفة (٢) في تنظيف المرشح شكل (٩٠).

٩- المخطط العام لمحطة معالجة مياه الشرب بالمرشحات السريعة : أشكال (٩١.٩٣)

محطة المعالجة بالمرشحات السريع تتكون من وحدات ترشيح (لا تقل عن وحدتين) مساحة كل واحدة (A). عند وجود أحد المرشحات خارج الخدمة للغسيل، فإن باقى الوحدات يجب أن تكون قادرة على توفير طاقة المياه المرشحة (Q) بمعدل الترشيح المطلوب (r). ويعبر عن ذلك بالمعادلة $Q = (n-1) A r$ حيث n هو عدد المرشحات. وفي التصميم التجريبي فإن مساحة وحدة الترشيح (A) بالمتر المربع يمكن تقديرها بـ ٣,٥ ضعف عدد وحدات الترشيح. ومن الناحية الاقتصادية فإن وحدات الترشيح يجب أن توضح في مجموعات متلاصقة مع مواسير دخول وخروج المياه، وكذلك خطوط التغذية بالكيماويات تكون قصيرة ما أمكن. يجب الأخذ في الاعتبار التوسعات المستقبلية للمحطة كمثال شكل (٩١). والخدمات العامة مثل طلبات مياه الغسيل والتغذية بالكيماويات والمكاتب وغرف التخزين، تداول الكيماويات وتخزينها والمرافق الصحية توضع في مبنى في الوسط بينما على الأجناب توضح وحدات الترشيح المختلفة على جانب أو جانبيين من ممر ذو مستويين المستوى العلوى يكون للتشغيل والسفلى لمجرى المياه. مخطط عام لتشغيل المرشح السريع شكل (٩٥، ٩٦، ٩٧) شكل ٩٨ الذى يعمل آليا و شكل (٩٧) الذى يعمل بنظام الغسيل الآلى.

الإنشاءات:

كما سبق شرحه فإن المرشح السريع يتكون من حوض من الخرسانة المسلحة يحتوى على نظام صرف سفلى والوسط الترشيحي والمياه فوق الوسط الترشيحي ويكون الحوض مستطيل بحوائط عمودية. وتصميم المنشأ الخرساني يتم طبقا

للقواعد العامة مع الأخذ في الاعتبار أن يكون مانعا لنفاذ المياه. توضع أسياخ حديد التسليح بعيدة عن بعضها بما يسمح بإحاطتها كاملا بالخرسانة. يقسم المنشأ الى عدد من القطع المستقلة (Individual- Sections) مربوطة بوصلات تمدد مانعة لنفاذ المياه. وتكون الخلطة الخرسانية وعملية خلط الخرسانة تحقق عدم النفاذ للمياه مع أدنى انكماش نتيجة جفاف الخرسانة ولا يتم الدهان بالجبس. ولا يتم التشطيب الجيد. ولمنع قصر المسافة على جدار المرشح (Short Circuiting) توضع ألواح خشبية أفقية ليست متطابقة من المنظور الرأسي في مواجهة الوسط الترشيحي ومثبتة في الجدار الداخلي للمرشح. يوضح المرشح بعيداً عن منسوب المياه الجوفية وعند الضرورة فوق أرض مرتفعة.

أسهل طريقة لعمل نظام الصرف السفلي لتحقيق التوزيع المتساوي لمياه الغسيل على كل الجانب السفلي للوسط الترشيحي هو باستخدام المواسير المثقبة أو باستخدام قطع خرسانية سابقة التجهيز ٦٠ سم × ٦٠ سم وتجهيز هذه القطع بثقوب بمعدل ٦٠ ثقب في المتر المربع توضح فيها الفني (Strainers) كما في الشكل (٩٢). الفني من البلاستيك الذي يتحمل الوسط الترشيحي، وفتحات الفني ضيقة حوالي ٥،٠ مم بما يوفر مرور المياه وحسن توزيعها. وفي هذه الحالة يمكن وضع رمل المرشح فوق قاع المرشح مباشرة مع الفني مع عدم الحاجة الي طبقة الزلط تحت رمال المرشح. ولمنع التصنيف الهيدروليكي أثناء الغسيل العكسي والذي يدفع بالحبيبات الناعمة إلي أعلى والحبيبات الكبيرة الي قاع الوسط الترشيحي. لذلك فإن الرمال في الوسط الترشيحي يجب ان يكون منتظم في الحجم كلما أمكن ويجب أن يكون معامل التجانس للرمال أقل من ١,٧ ليكون حوالي ٠,٣ و٠,١ والمفضل هو وضع طبقة من الزلط بارتفاع ٤٠ سم وبتدرج في الحجم بين ٢٠ - ٤٠ مم وتوضع فوق الأنابيب (الفني) وفوق الزلط طبقة الرمل التي يتم الترشيح خلالها.

١٠- المرشحات التي تعمل بالضغط: (Pressure Filters)

شكل (٩٩) :

المرشحات الرملية التي تعمل بالضغط عبارة عن هيكل أسطواني يتحمل ضغط داخلي أكبر من ٢ جوى يوضع بداخلة مواد الترشيح مثل الرمل ويستخدم

الباب الرابع: التلخص من المواد العالقة بالترشيح
هذا النوع على نطاق واسع في الترشيح للتصرفات الصغيرة ولترشيح مياه حمامات
السباحة بوجه خاص. ويختبر الهيكل الأسطواني للمرشح على ضغط لا يقل عن
ضعف ضغط التشغيل.

يفضل إلا يزيد معدل الترشيح لهذا النوع من المرشحات عن ٢٤٠ متر مكعب
في اليوم لكل متر مربع من سطح المرشح وتكون هذه المرشحات إما رأسية أو
أفقية من حيث محور الهيكل الأسطواني للمرشح إلا أن سريان المياه في كلا
النوعين يكون رأسياً ومن أعلى لأسفل. يكون الهيكل الأسطواني للمرشح عادة
من الصلب المقاوم للصدأ ويكون قطر المرشح من ٥٠ - ٢٦٠ سم وطوله
أو ارتفاعه من ١٠٠ - إلى ٧٥٠ سم والأحجام المستخدمة بكثرة تكون عادة
بالتصرفات الآتية:

٥ - ١٠ - ٢٠ - ٣٠ - ٦٠ - ١٠٠ - ١٥٠ متر مكعب في الساعة وفي
أى الأحوال يفضل استخدام مرشحين على الأقل في عملية المعالجة للمياه لمواجهة
أى أعطال أو مشاكل في التشغيل وبين الشكل (٩٨) رسماً توضيحياً لهذا النوع من
المرشحات.

القسم الثالث

مواد الترشيح

مقدمة :

مواد الترشيح مثل رمل السيليكا أو الفحم النباتي وكذلك الزلط الحامل لمواد الترشيح يجب أن يتم استخراجهم من مناجم مستخدمة بانتظام للحصول على مواد الترشيح لتنقية المياه. الوسط الترشيحي هو المواد التي تزيل الجسيمات العالقة من الماء أثناء عملية الترشيح ومن هذه المواد الأنثراثيت (الفحم النباتي) ورمل السيليكا، الزلط. وتستخدم حبيبات الأنثراثيت (الفحم المنشط) للترشيح والأدمصاص. يحدد العمق للوسط الترشيحي وحجم الحبيبات في المرشح بواسطة المصمم حيث يؤخذ في الإعتبار حالة المياه العكرة ومدى المعالجة بالكيماويات. في حالة الوسط الترشيحي الخشن فإنه يسمح بدورات ترشيح أطول عن الوسط الترشيحي الناعم عند معدل معين للترشيح. تتحسن الإزالة للمواد العالقة مع زيادة عمق الوسط الترشيحي أو صغر حجم الحبيبات أو كليهما. عند إستخدام حبيبات الفحم المنشط في الوسط الترشيحي فإن حجم الحبيبات الفحم يتوقف على الحجم والكثافة النوعية للرمل أو أى مادة أسفل طبقة حبيبات الفحم المنشط. فى حالة صغر حجم حبيبات الفحم يحدث فقد أثناء الغسيل لتنظيف الرمل وفى حالة كبر حبيبات الفحم أكثر من اللازم يحدث خلط بين المادتين فى منطقة التقابل. يستخدم

الوسط الترشيحي على الكثافة مثل العقيق (Garnet) أو الإلمنيت (Elminite) لزيادة الإزالة للمواد العالقة وزيادة معدلات الترشيح وهذا الوسط على الكثافة يظل كطبقة تحت طبقة الرمل لاختلاف الكثافة وحجم الحبيبات وبنفس الطريقة فإن رمل السيليكا يظل منفصلاً عن طبقة الفحم فوقه في الوسط الترشيحي المزدوج. العقيق هو تسمية لمواد مختلفة وهي سيليكات الحديد والألومنيوم والكالسيوم أو خام الكروم والألمينيت (Elminite).

١- تعاريف :-

أ - القطر المؤثر (الفعال) (Effective Size)

القطر الفعال للرمل هو فتحة المنخل بالمليمتر التي تسمح بمرور ١٠% من وزن عينة الرمل الممثلة للوسط الترشيحي أو بمعنى آخر بأنة فتحة المنخل التي تحجز ٩٠% الوزن من عينة الرمل بصرف النظر عن التدرج الحبيبي للرمل فإذا كان ١٠% من وزن عينة الرمل ذات قطر أقل من ٠,٤٥ مم فإن مادة الوسط الترشيحي لها قطر مؤثر ٠,٤٥ مم.

ب- معامل التجانس : (Uniformity Coefficient)

معامل التجانس يعبر عن درجة التغير في قطر الرمل وهو عبارة عن النسبة بين فتحة النخل التي يمر من خلالها ٦٠% من وزن الرمل والقطر الفعال (أو المؤثر) فعلى سبيل المثال إذا كانت فتحة المنخل التي يمر من خلالها ٦٠% من وزن الرمل هي ٠,٧ مم وكان القطر الفعال للرمل هو ٠,٣٥ مم فإن معامل التجانس يكون $٠,٧ \div ٠,٣٥ = ٢$.

(١) الرمل المستخدم في المرشحات الرملية البطيئة يكون القطر الفعال من ٠,٣ إلى ٠,٣٥ ويكون معامل التجانس من ١,٧٥ إلى ٢.

(٢) الرمال المستخدمة في المرشحات الرملية السريعة يكون القطر الفعال من ٠,٣٥ إلى ٠,٥ مم ويفضل ألا يزيد معامل التجانس عن ١,٦٥. وبالنسبة

لحبيبات الفحم المنشط فإن القطر المؤثر ما بين ٠,٦٥ مم ال ١ مم ومعامل
التجانس ٨٥, ١.

٢ - استخدام الفحم المنشط فى عمليات الترشيح

تستخدم عادة حبيبات الفحم المنشط او بودرة الفحم المنشط لإزالة المواد العضوية المذابة واللون والمواد المسببة للطعم والرائحة فى معالجات المياه. وعموما فإن المركبات ذات الوزن الجزيئى العالى والمواد الغير متأينة تمتاز أكثر من المواد العضوية ذات الوزن الجزيئى المنخفض والمواد المتأينة.

وتستخدم بودرة الفحم المنشط عادة لمعالجة مشاكل المذاق والرائحة الموجودة فى مصادر المياه السطحية والتي تتغير نوعيتها موسميا وذلك فى محطات المعالجة التقليدية أما بالخلط السريع مع المياه من المآخذ أو مع المياه الداخلة الى حوض الترويب أو المياه الداخلة إلى المرشح. وتتوقف مناسبة مكان الاستخدام على القدرة على الخلط المناسب مع المياه وكذلك إعطاء الوقت اللازم للإدمصاص للملوثات وكذلك التقليل من التدخل مع الكيماويات الأخرى المستخدمه فى المعالجة والقدرة على عدم التغير فى نوعية المياه المعالجة لوجود حبيبات بودرة الفحم المنشط. لجرعة العادية هى من ١-٥٠ ملجرام/لتر.

معالجة المياه بحبيبات الفحم المنشط مكلف عن بودرة الفحم المنشط إلا أن حبيبات الفحم أكثر فاعلية فى إزالة الملوثات من الكيماويات العضوية الكثيرة التى تؤثر على المذاق والرائحة والمواد العضوية الكلية والترايبها لوميثان والكيماويات العضوية المتطايرة والملوثات من الكيماويات المخلفة. تتأثر كفاءة حبيبات الفحم المنشط بمواقع الاستخدام فى مراحل المعالجة. فالمعالجة المسبقة يمكن أن تقلل من الحمل العضوى على حبيبات الفحم المنشط وتزيل المواد الصلبة العالقة التى يمكن أن تتدخل فى عملية الإدمصاص / أو تسبب انسداد هيدروليكي.

عملية الإدمصاص بواسطة حبيبات الفحم المنشط مكلفة نسبياً وخاصة أن تكاليف التنشيط الحرارى مكلف. يمكن عمل التنشيط الحرارى فى الموقع. وفى وحدات المعالجة الصغيرة يتم التخلص من حبيبات الفحم النشط بعد استخدامها

واستبدالها حيث يعتبر ذلك أكثر وفرة. ويتم التنشيط باستخدام مواد حامضية أو قلوية أو مذيبة للشوائب على حبيبات الفحم المنشط وبعد إنتهاء عملية التنشيط يتم تصريف ما بقى من محلول من طبقة حبيبات الفحم ثم تنظيفه بالماء المرشح وإعادة استخدامه أما التنشيط الحرارى لحبيبات الفحم فيتم على ثلاثة مراحل:

(١) التجفيف عند درجة حرارة ١٠٠م لمدة ١٥ ق لتجفيف حبيبات الفحم مما علق بها من مياه.

(٢) التحلل الحرارى للمركبات العضوية الممتازة فى حبيبات الفحم وذلك عند درجة حرارة ٨٠٠ م لمدة ٥ دقائق حيث تتطاير المواد العضوية.

(٣) التنشيط عند درجة حرارة أعلا من ٨٠٠ م لمدة ١٠ دقائق لأكسدة الشوائب المتبقية حيث تصبح حبيبات الفحم منشطة فى النهاية بين الشكل (١٠٠) نموذج لمرشح تستخدم فيه حبيبات الفحم المنشط.

٣- وضع الوسط الترشيحي :

أ - يتم نظافة الجسم الداخلى للمرشح قبل البدء فى وضع مواد الترشيح مع المحافظة على إستمرار النظافة طوال فترة وضع مواد الترشيح وقبل وضع أى مادة يتم تعليم أعلى منسوب لكل طبقة على السطح الداخلى للمرشح.

ب- يتم تشوين كل مادة ترشيح منفصلا مع المحافظة عليها من التلوث.

ج - الطبقة السفلى من الزلط توضح بعناية لتجنب تلف نظام التصريف السفلى والزلط فى القاع يجب أن يكون خشنا بما يوفر منعة من الحركة بواسطة نافورات المياه الخارجة من فتحات نظام التصريف السفلى. أدنى حجم لحبيبات الزلط للطبقة السفلى فى القاع يجب أن يكون من ٢-٣ ضعف حجم فتحات التصريف وسمك كل طبقة من الزلط يجب ألا يقل عن ثلاث أضعاف أقصى حجم لحبة الزلط فى الطبقة ولا يقل عن ٣ بوصة.

فى حالة عدم انتظام قاع التصريف السفلى كما فى حالة فرعات المواسير للتصريف فإن الطبقة السفلى يجب أن تحيط وتغطى مواسير الصرف مع توفير

سطح منتظم للطبقة الزلطية والتي توضح فوقها الطبقة الزلطية التالية. فى حالة وضع الزلط فإن العمالة يجب أن لا تقف أو تتحرك مباشرة فوق مادة الترشيح بل يتم الوقوف والحركة على سقالات أو ألواح خشبية تتحمل أوزانهم بدون إزاحة لمادة الترشيح.

يتم إكمال كل طبقة قبل البدء فى الطبقة التالية توضع كل طبقة بسمك محدد ومنتظم مع تسوية سطحها العلوى ومحاذاته مع العلامات على السطح الداخلى للمرشح. عند وضع الطبقة التالية يراعى أحداث تداخل مع الطبقة السفلى.

* بالنسبة لرمل الترشيح أو حبيبات الفحم الذى يوضع بالطريقة الرطبة فإن المادة توضع خلال الماء ثم يتم الغسيل العكسى للتسوية ولمواجهة التمدد الأولى للطبقة نتيجة تفكك الحبيبات فإن منسوب السطح العلوى قبل الغسيل الأولى يجب أن يكون أسفل المنسوب النهائى بنسبة ١٠% من سمك الطبقة. منسوب السطح العلوى لكل طبقة يتم مراجعته على المرشح بالماء إلى المنسوب الذى تم تحديده مسبقا داخل سطح المرشح.

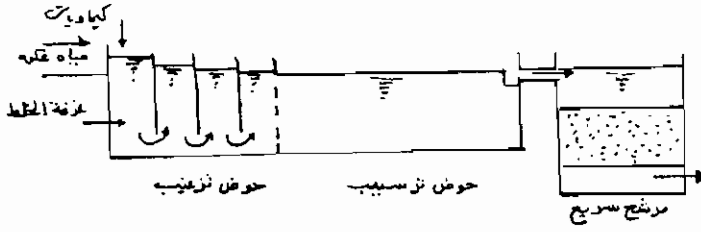
* بعد وضع كل طبقات الزلط وقبل وضع طبقات الرمل أو طبقات حبيبات الفحم يتم غسيل المرشح لمدة ٥ دقائق بأعلى معدل وبما لا يزيد عن ٢٥ جالون فى الدقيقة / القدم المربع من مساحة سطح المرشح ويمكن إلغاء هذا فى حالة عدم وجود أجسام غريبة أو ملوثات.

* فى المرشحات ذات الوسط الترشيحى المزدوج أو الثلاثى فإن كل مادة يتم غسلها وكشطها لإزالة الأجسام الصغيرة قبل وضع الطبقة التالية مع ملاحظة أن السطح العلوى لمادة الترشيح وبعد الغسيل الأولى يلزم أن يكون منسوبها أعلى من المنسوب المحدد بما يعادل سمك الطبقة المزلة بالكشط.

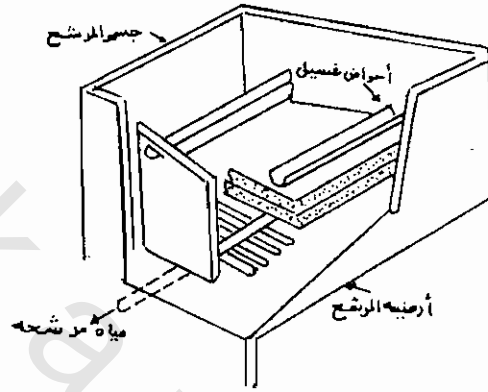
الغسيل الأولى :

بعد وضع كل مواد الترشيح يتم إدخال مياه الغسيل ببطيء لأعلى من نظام التصريف السفلى حتى غمر كل الوسط الترشيحى ويتم مكوث المياه لتتشبع الوسط الترشيحى لمدة لا تقل عن ١٢ ساعة ويتم التدرج فى معدل الغسيل بغرض طرد

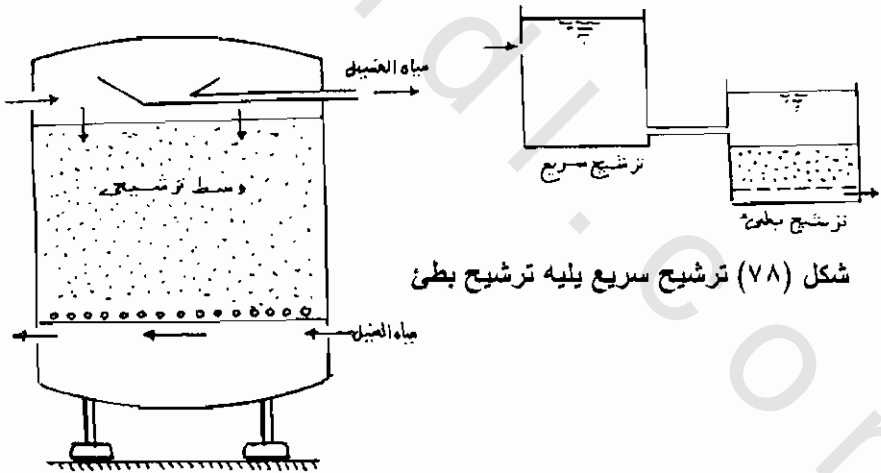
الهواء من الوسط الترشيحي. بعد الغسيل الأولى يتم تصريف المياه من المرشح ثم يتم إزالة طبقة من الأجسام الصغيرة حوالى ٤-٥ من سطح المرشح بالكشط يتم غسيل المرشح ما لا يقل عن ثلاث مرات لكل مرة لا تقل عن ٥ دقائق وأن يكون الغسيل متزامنا مع تشغيل مرشح آخر لتوفير مياه الغسيل. بعد تنفيذ الخطوات السابقة يتم تطهير الوسط الترشيحي بالكور بجرعة عالية ٢٠ جزء في المليون أو أن يتم التطهير بإضافة هذه الجرعة إلى مياه الغسيل الأولى.



شكل (٧٦) الترشيح السريع بعد الترويب والترسيب

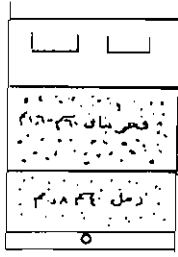


شكل (٧٧) مرشح سريع يعمل بالجاذبية

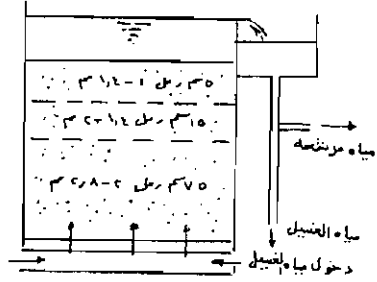


شكل (٧٨) ترشيح سريع يليه ترشيح بطيء

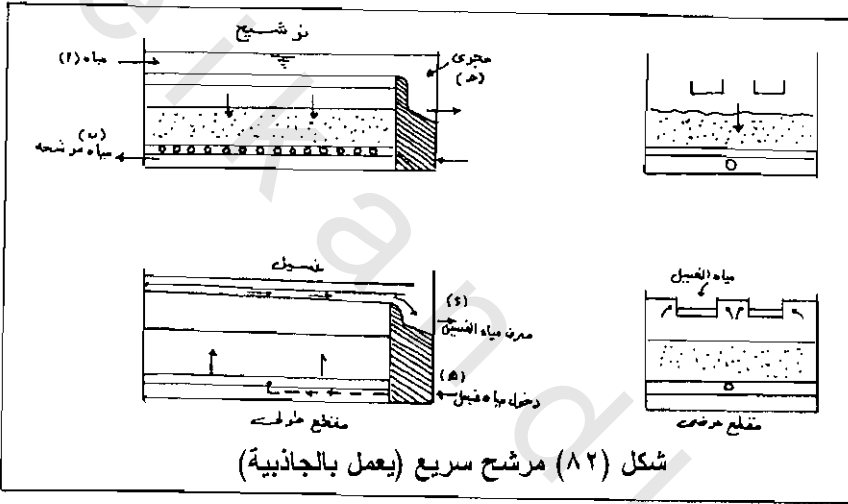
شكل (٧٩) مرشح يعمل بالضغط



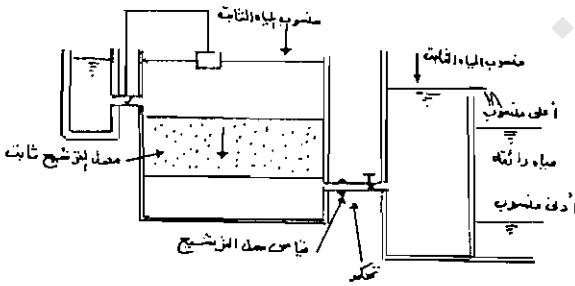
شكل (٨١) وسط ترشيحي مزدوج



شكل (٨٠) مرشح التدفق العلوي



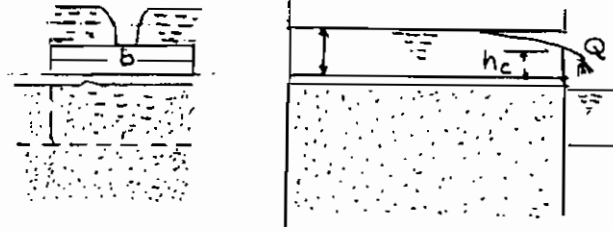
شكل (٨٢) مرشح سريع (يعمل بالجاذبية)



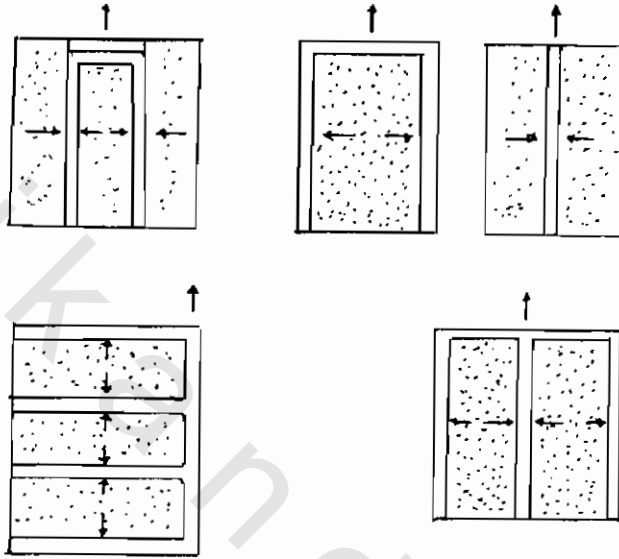
شكل (٨٣) التحكم في معدل الترشيح

$$h_c = \sqrt[3]{Q/rgb^2}$$

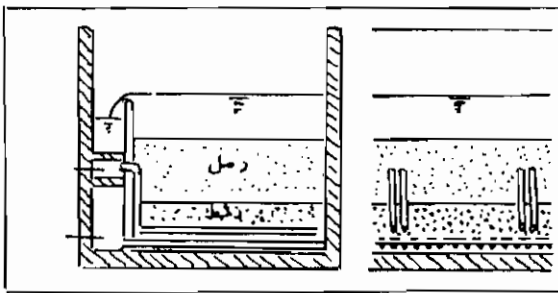
$$h_c = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot H$$



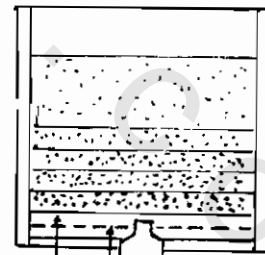
شكل (٨٦) التدفق في حوض مياه الغسيل



شكل (٨٧) تنظيم أحواض المياه لغسل الرمال

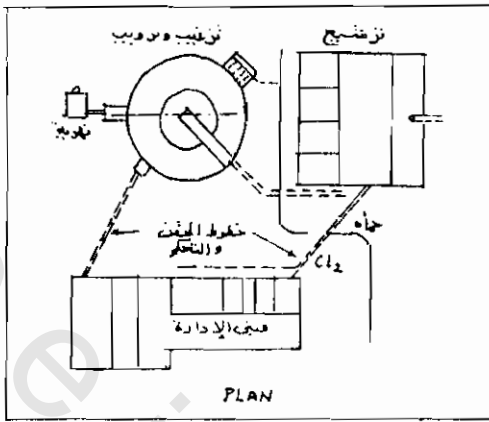


شكل (٨٩) الغسيل بالماء والهواء

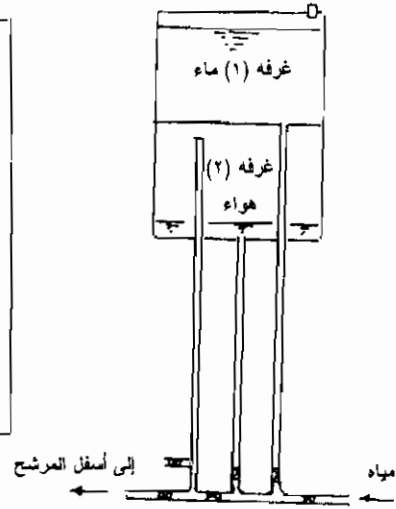


غرفة تجميع
فتحة
مواشير عرضية
مثقبة من أسفل
هروب هواء

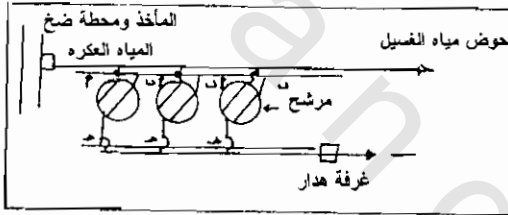
شكل (٨٨) نظام الصرف السفلي



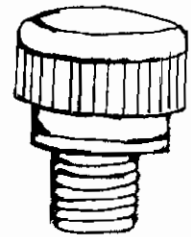
شكل (٩١) مخطط عام لمحطة مرشحات



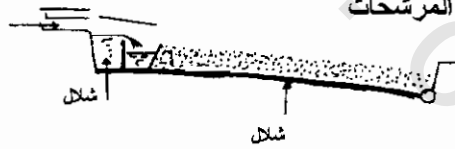
شكل (٩٠) الغسيل بالماء والهواء



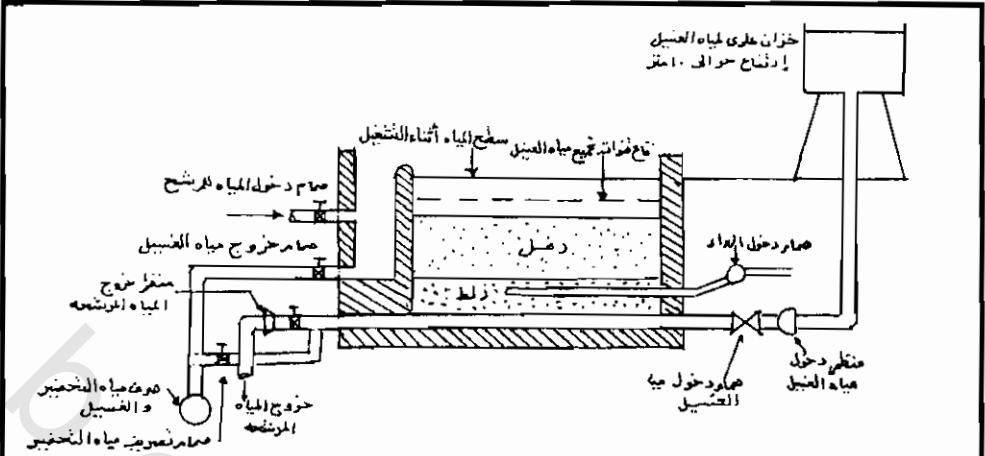
شكل (٩٣) مخطط عام للمرشحات السريعة



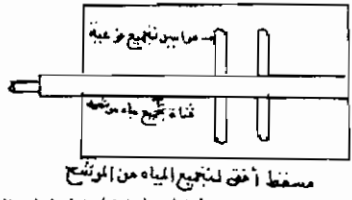
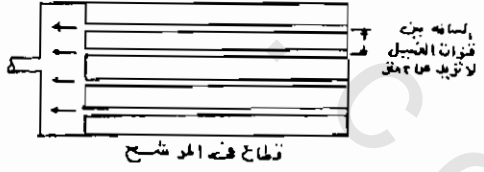
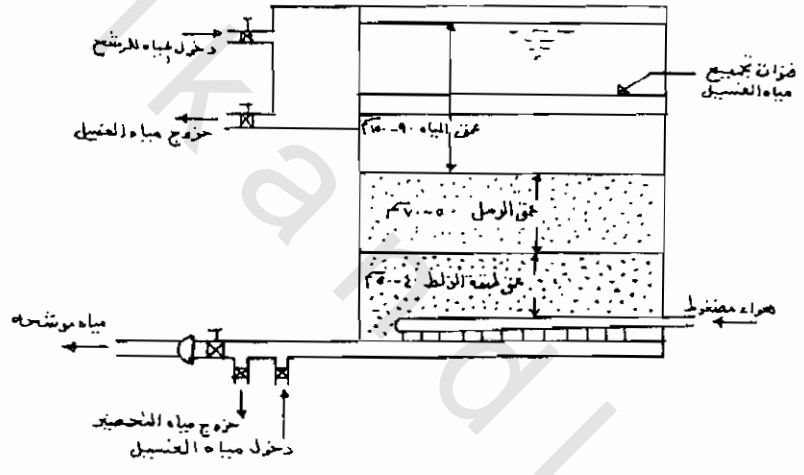
شكل (٩٢) فني البلاستيك لتجميع المياه من قاع المرشحات



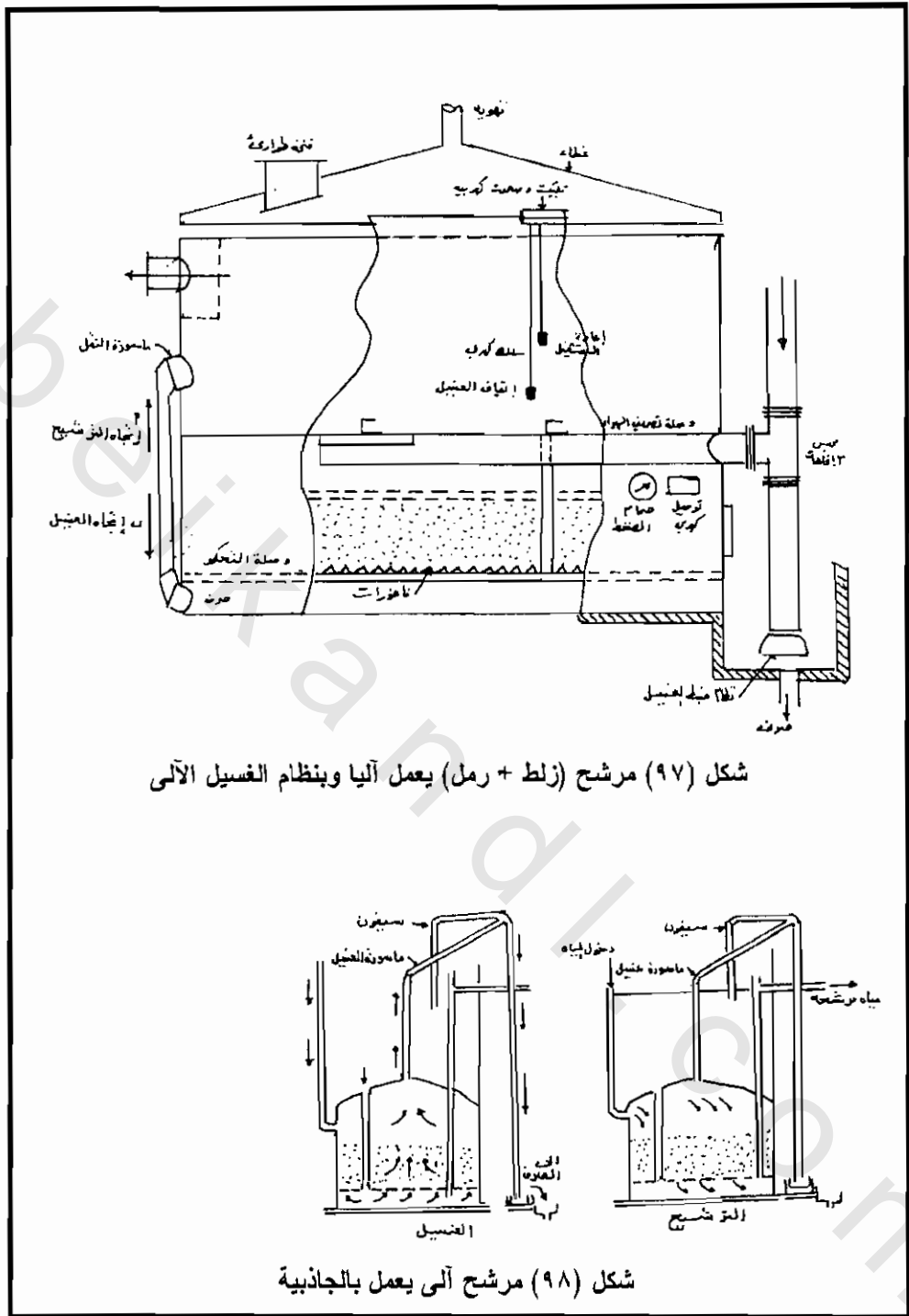
شكل (٩٤) مرشح زلط أفقي

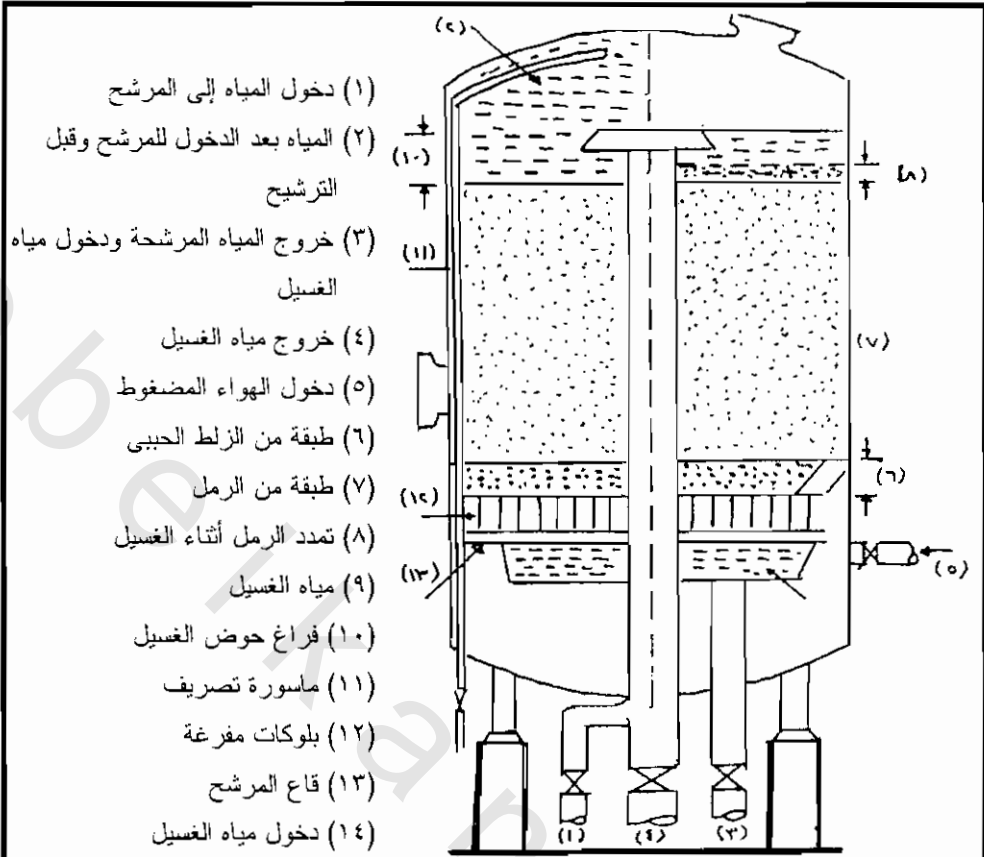


شكل (٩٥) تشغيل المرشح

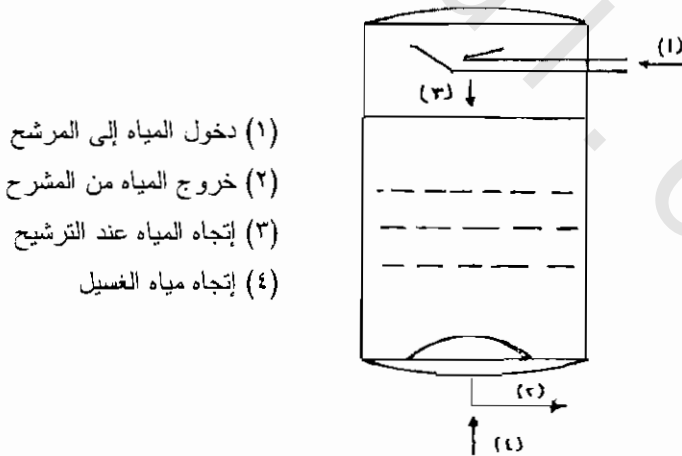


شكل (٩٦) تشغيل المرشح





شكل (٩٩) مرشح يعمل تحت ضغط



شكل (١٠٠) إستخدام الكربون المنشط في الترشيح

الباب الخامس

المعالجات الخاصة

obeikandi.com

الباب الخامس

المعالجات الخاصة

القسم الأول

إزالة العسر

(Hardness Removal or Softening)

عسر المياه هو الخاصية التي تمنع تكون الرغوة عند استخدام الصابون بما يزيد من استهلاك الصابون عند استخدام المياه العسر. كذلك توجد علاقة بين عسر المياه و امراض القلب. حيث قيمة العسر فى المياه لأغراض الشرب والاستخدام المنزلى هى ٨٥ جزء فى المليون. الطرق الأساسية لإزالة عسر المياه هى بالترسيب الكيماوى أو بالتبادل الأيونى.

- الترسيب الكيماوى:

يستخدم الترسيب الكيماوى فى معالجة المياه لإزالة العسر وإزالة الحديد والمنجنيز. وهو مؤثر كذلك فى ازالة المعادن الثقيلة والعناصر المشعة فى حالة وجودها وكذلك ازالة المواد العضوية المذابة وخفض البكتريا والفيروسات.

عسر المياه يكون غالباً يسبب وجود مركبات الكالسيوم والمغنيسيوم المذاب في المياه. وبعض العسر يرجع إلى وجود الاسترنشيوم والحديد والمنجنيز. وهذه العناصر تكون موجودة في شكل البيكربونات والكبريتات. وفي بعض المياه توجد في شكل الكلوريدات والنترات.

ويسمى العسر بعسر الكربونات في حالة وجود أملاح العسر في شكل البيكربونات أما عسر الغير كربونات فتكون هذه الأملاح في شكل الكلوريدات أو الكبريتات أو النترات. وكذلك يسمى عسر الكربونات بالعسر المؤقت وعسر الغير كربونات بالعسر المستديم.

* عند إضافة الجير المطفى إلى الماء المحتوى على عسر مؤقت تحدث التفاعلات التالية :



كلا من كربونات الكالسيوم وايدروكسيد المغنيسيوم لا يذوب ويرسب.

تستخدم هذه الطريقة فقط في ازالة أو تقليل عسر المياه المؤقت وخاصة في حالة تخفيض عسر المياه في مياه الشرب ليكون ٨٥-١٢٠ جزء في المليون مقيم ككربونات كالسيوم. أما في حالة وجود العسر المؤقت والعسر المستديم في الماء. فإن ازالة العسر أو خفضه يتم بطريقة ازالة العسر المستديم كما في حالة ازالة عسر المياه لانتاج مياه الغلايات. ومن بين الطرق المستخدمة طريقة الصودا آش - الجير، التبادل الأيوني، ازالة الملوحة.

إزالة العسر بطريقة الجير-الصودا على البارد :

Cold Lime - Soda Softening

إزالة العسر بطريقة الجير - الصودا هي عملية تتم بالترسيب الكيميائي لعسر الكالسيوم والمغنيسيوم من الماء باستخدام الجير المطفئ Ca(OH)_2 والصودا آش (Na_2CO_3) وتختلف عملية إزالة العسر طبقاً لحالة المياه الخام ومتطلبات الاستخدام للمياه المعالجة.

في بعض الحالات يكون المطلوب هو المعالجة الجزئية فقط. ففي حالة مياه الشرب يتم إزالة العسر حتى ٨٥ جزء في المليون من العسر الكلي فقط. كثير من المياه المستخدمة في العمليات الصناعية تتطلب خفض قلوية الكالسيوم حتى ٣٥ جزء في المليون فقط. المياه الغازية تتطلب عادة خفض القلوية إلى ٥٠ جزء في المليون. وفي بعض الحالات يكون من الضروري إزالة العسر بدرجة كبيرة. وفي هذه الحالة تتم المعالجة الكاملة لخفض ما أمكن للمحتوى من الكالسيوم والمغنيسيوم سواء كانت في شكل عسر كربونات أو عسر غير كربونات أو خليط منهما بدون استخدام كيماويات إضافية. وفي حالات أخرى فإن عملية إزالة العسر قد تتم بمعالجة كيماوية إضافية لخفض العسر عن الناتج بالمعالجة الكاملة.

- الكيماويات المستخدمة في إزالة العسر:

المياه يمكن إزالة عسرها مهما كان محتواها الكيماوي باستخدام خليط من مختلف الكيماويات الآتية:

- * مروب الشبة (كبريتات الألومنيوم) أو باستخدام مروب كبريتات الحديدوز أو كبريتات الحد يدك.
- * الجير المطفئ Ca(OH)_2 بشرط إن يكون نقاءه ٩٣% في عملية الجير - الصودا على البارد.
- * الصودا آش (Na_2CO_3) بنسبة نقاء ٩٩,٢%.
- * كلوريد كالسيوم. CaCl_2 : و هو يستخدم عندما تكون القلوية أكبر كثيراً من العسر.

كيمياء إزالة العسر:

كلا من هذه الكيماويات له مهمة معينة عند إضافة الماء، مع الخلط الجيد ثم إعطاء الوقت اللازم للتفاعل. ولتنفيذ ذلك يجب الحساب الدقيق للجرعات من واقع تحليل المياه. ولهذا فإن تحليل المياه يعتبر هام. من المناسب توضيح إن أيون البيكربونات يتفاعل أولاً مع الكالسيوم ثم بعد ذلك مع المغنيسيوم. فعند إضافة الجير فإنه يتفاعل مع الكالسيوم ثم مع استمرار الإضافة من الجير يحدث التفاعل مع المغنيسيوم. الشكل رقم (١٠١) يوضح التعاريف لمحتويات الماء الكيماوية.

يتم أولاً حساب القلوية كما لو كانت مرتبطة بالكالسيوم والمغنيسيوم وتسمى قلوية الكالسيوم (Calcuim Alkalinity). وفي حالة وجود قلوية أكثر يتم حسابها كما لو كانت مرتبطة بالمغنيسيوم وتسمى قلوية المغنيسيوم. في عدد قليل من المياه الطبيعية قد يكون هناك زيادة في القلوية أكثر من قلوية الكالسيوم والمغنيسيوم. في هذه الحالة يتم حسابها على أساس ارتباطها بالصوديوم وتسمى قلوية الصوديوم. في حالة القلوية أقل من إجمالي عسر الكالسيوم والمغنيسيوم الموجود، عندئذ فإن كمية العسر الذائد عن القلوية يسمى عسر الغير كربونات. عسر الغير كربونات عموماً يعنى العسر المرتبط بأيونات الكلوريدات والكبريتات.

• المروب Coagulant:

عند ترسيب العسر، فإنه يكون في شكل ترسيبات دقيقة جداً بما يجعل من الضروري استخدام جرعات صغيرة من المروبات للحصول على زغبات والترسيب وتعتبر الجرعات الآتية مناسبة:

الشبة	٢٠ جزء في المليون
كبريتات الحديدوز	٢٠ جزء في المليون
كبريتات الحد يدك	١٠ جزء في المليون

نظرا لأن المروب يتفاعل مع القلوية الموجودة في الماء فإنه تتكون زغبات جيلاتينية التي تكبر في الحجم حتى ترسب. وهذه الزغبات لها القدرة على جرب وحجز الأجسام العالقة وفصلها عن المياه. وتفاعلات المروبات هي نفسها التي تحدث عند إزالة العكارة واللون.

• الجير المطفى:

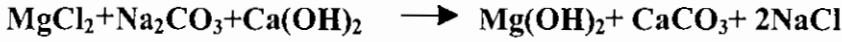
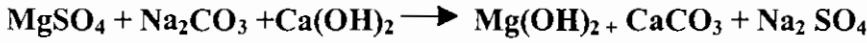
يتفاعل الجير المطفى للترسيب الكيميائي لعسر الكربونات الموجودة في الماء لإنتاج المركبات الغير مذابة من كربونات الكالسيوم وأيدر وكسيد الماغنسيوم. وتختلف الجرعة المطلوبة طبقا للقلوية في المياه الخام. كذلك يتفاعل الجير المطفى مع أى من ثاني أكسيد الكربون الموجود وعندئذ مع ايون البيكربونات. الكميات المطلوبة يمكن حسابها من المعادلات الكيميائية للتفاعل.



يلاحظ أنه مطلوب ضعف الجير المطفى لترسيب المغنيسيوم مقارنة بالمطلوب لترسيب الكالسيوم. بمجرد تحول كلا من ثاني أكسيد الكربون والبيكربونات إلى كربونات الكالسيوم، فإن أي جير مطفى إضافي ينتج عنه خفض في المواد الصلبة المذابة.

• الصودا أش: (Na₂CO₃):

تتفاعل الصودا أش مع عسر الغير كربونات منتجة رواسب غير مذابة. يلزم مكافئ من الصودا أش + مكافئ من الجير المطفى المكافئ من عسر الغير كربونات للمغنيسيوم.

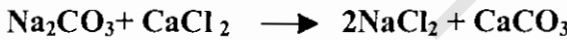
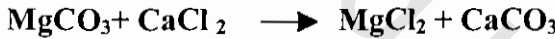


يلاحظ انه في التفاعلات السابقة لا يحدث خفض في المواد الصلبة المذابة نظرا لإنتاج أملاح صوديوم مذابة.

• كلوريد الكالسيوم:

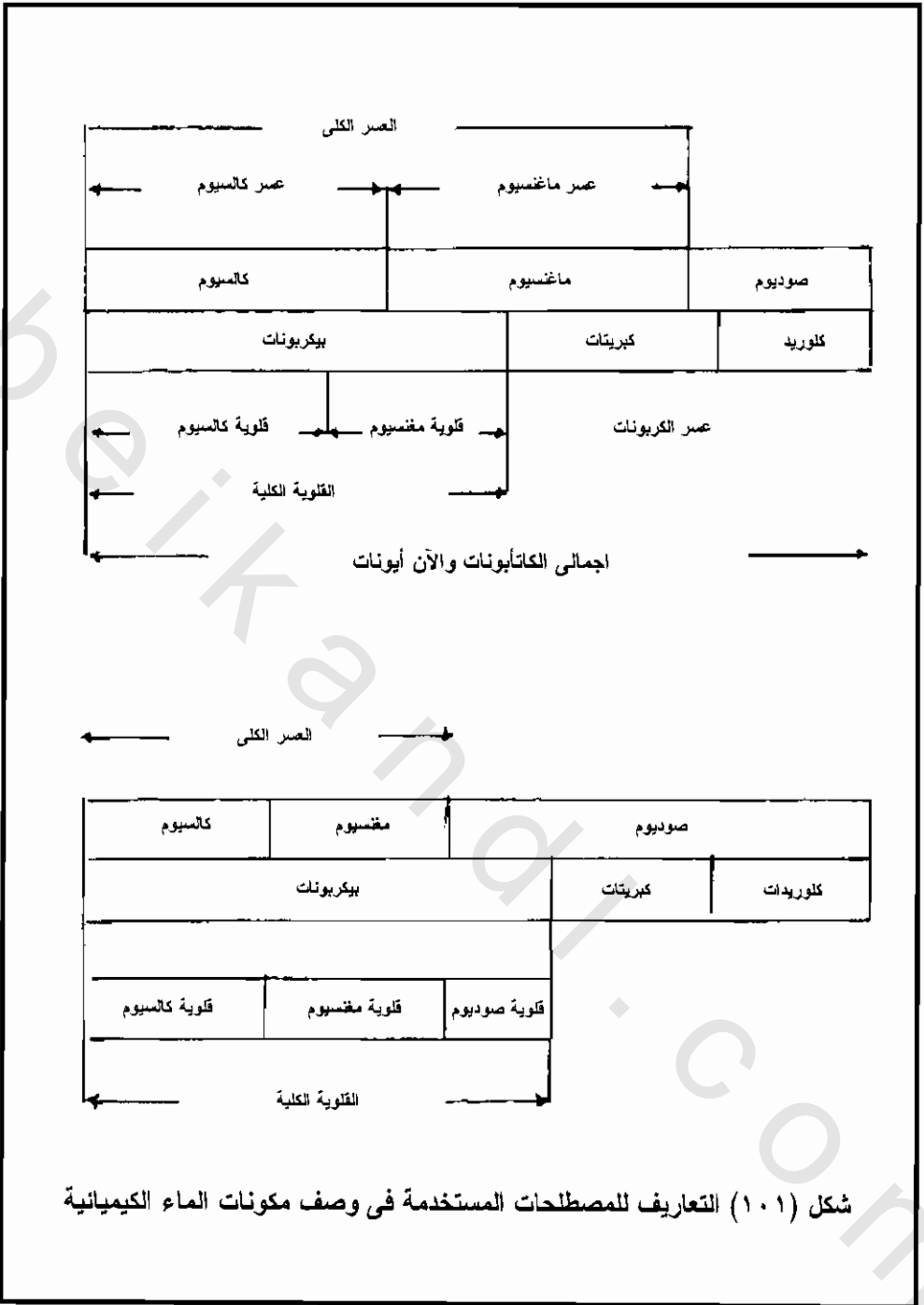
أحيانا يكون هذا المركب مطلوب لخفض القلوية لقيمة مطلوبة. حيث يستخدم كلوريد الكالسيوم في الحالات الآتية:

عندما تزيد قلوية المغنيسيوم عن ١٥ جزء في المليون وان عسر المغنيسيوم ناقص قلوية المغنيسيوم = أقل قيمة من ٤٠ جزء في المليون. في حالة وجود قلوية الصوديوم. عموما المياه الطبيعية لا تحتوى على قلوية الصوديوم عدا في حالة وجود قلوية المغنيسيوم. السبب في استخدام كلوريد الكالسيوم هو أن كلاً من كربونات المغنيسيوم والصودا أش يذوب في الماء، ومن ثم لا يرسب من الماء بالجبر المطفى أو الصودا أش. ولكن يتفاعلا مع الصودا أش كالتالي:



يلاحظ انه عند خفض قلوية كربونات المغنيسيوم، لا يحدث انخفاض في العسر.

كلوريد المغنيسيوم المتكون يتطلب مكافئ إضافي من الصودا أش و الجبر المطفى (نظرا لتفاعلات بخصوص الصودا أش).



شكل (١٠١) التعاريف للمصطلحات المستخدمة في وصف مكونات الماء الكيميائية

obeikandi.com

القسم الثاني

التبادل الأيوني: Ion Exchange

التبادل الأيوني بالراتجات المخلفة (Synthetic Resins) أو بالأدمصاص علي الألومينا المنشطة (Activated Alumina) يستخدم في إزالة العسر للمياه وذلك في حالة عدم قدرة المعالجة التقليدية. ويكون مفضل عن إزالة العسر بالجير لسهولة التشغيل وقلة التكلفة الرأسمالية. ويعتبر التبادل القاعدي (الكاتأوني) أو التبادل الحمضي (الآن أيوني) أكثر مناسبة لمصادر المياه الملوثة بأيونات سامه أو مواد مشعة مثل الباريوم، والزرنيخ، والكروم، الفلوريد، والنترات، والراديوم، واليورانيوم. وتستخدم الأومنيا المنشطة لإزالة الفلوريد والزرنيخ من المياه. وتعتبر وحدات التبادل الأيوني والادمصاص اللاعضوي أكثر تكلفة في الإنشاء والتشغيل لإزالة نوع واحد من الملوثات. كما يعتبر التبادل الأيوني إقتصادي في حالة ثبات نوعية المياه المعالجة مثل مياه الآبار وغير مناسب لمصادر المياه السطحية المتغيرة.

يتكون المبادل الأيوني من طبقة من حبيبات راتنج المبادل الأيوني المشبعة بأيون التبادل أو بحبيبات الألومينا المنشطة التي تمتلك سطح أكسيد قابل للتبادل. والعوامل التي يلزم مراعاتها في التبادل الأيوني أو الادمصاص الغير عضوي هو المعالجة المسبقة للمياه لمنع التراكمات في طبقة التبادل الأيوني بالمواد الصلبة العالقة والرواسب والنمو البيولوجي وذلك مع أهمية اختيار مواد الإنشاء المناسبة لتداول المياه العدوانية ومجال التنشيط الأيوني والمحاليل الناتجة بعد التنشيط.

إن جدوى واستخدام راتنجات التبادل الأيوني أو الادمصاص الغير عضوي سيزداد لإزالة الملوثات من مياه الشرب حيث يزال الراديوم والنترات والفلوريد والزرنيخ والباريوم وخاصة بالنسبة لاحتياجات المياه للتجمعات الصغيرة.

١- نظرية عمل التبادل الأيوني :

يحدث التبادل الأيوني عند استبدال أيون بأخر. وعند تطبيق ذلك في معالجة المياه فإنه يعني تبادل عكسي بين السائل والصلب، مع عدم حدوث أي تغيير في حالة المادة الصلبة. يمتلك الجسم الصلب أيونات التي يمكن أن يبادلها بأخر. التبادل القاعدي أو الكاتأيوني هو استبدال أيون موجب أو كاتأيون بأيون موجب آخر. في المياه الطبيعية الكاتأيونات الموجودة عادة هي الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والهيدروجين والحديد والمنجنيز. أما التبادل الآن أيوني أو الحامضي فيحدث عند استبدال أيون سالب أو أن أيون بآن أيون سالب آخر. الآن أيونات الموجودة عادة في المياه الطبيعية هي الكلوريد والكبريتات والنترات والكربونات والايديروكسيد والفلوريد.

التبادل القاعدي (الكاتأيوني) أو الزيوليت:

وتعتمد هذه الطريقة على قدرة مادة صلبة غير مذابة (أساسا سيليكات) لتبادل الكاتأيون مع مواد أخرى مذابة في الماء. حيث يمرر المياة العسر خلال طبقة من رمل الزيوليت (سيليكات مركبة من الألومنيوم والصوديوم): وعند المرور خلالها يتم استبدال كاتأيونات الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم من المبادل وتصبح المياة يسر. وعند استهلاك الصوديوم من رمل الزيوليت لا يصبح قادر على إزالة العسر من المياه. ولكن التفاعل عكسي حيث يمكن إعادة النشاط للزيوليت بتمرير محلول ملح خلال طبقة الزيوليت. الزيوليت (Zeolites) يمكن أن يبادل أيون الصوديوم أحادي التكافؤ بأيونات ثنائية التكافؤ. ويرمز له (Na₂R) حيث R رمز للجزء الصلب من الزيوليت.

يوجد نوعين من الزيوليت إحداهما هو الرمل الأخضر الطبيعي الغير مسامي (Natural Nonporous Green Sand) والنوع الآخر هو الزيوليت المخلق الجيلاتيني المسامي (Synthetic Porous Gel Type). والزيوليت الطبيعي ينتج بمعادلة (Neutralization) الرمل الأخضر الطبيعي. أما الزيوليت المخلق فيتم اعداده بخلط محلول سسلييكات الصوديوم مع كبريتات الألومنيوم أو ألومينات الصوديوم (Soduim Aluminate). وراتنجات المعادلات الكاتأيونية هي بلمرات عضوية مخلقة عادة من نوع سالفونيت بولي إسيترين (Sulfonate Polystyrene).

راتنجات المعادلات الان أيونية (الحامضية) عبارة عن بلمرات عضوية تتكون من الامينات (amines) ومركبات الألومنيوم الرباعية. (Quarternary Ammonuim Compounds) ويمكن تنشيطها باستخدام أي قلوى مثل الصودا الكاوية. ومبادلات الفلوريد هي مبادلات أن أيونية والتي تتكون من ثلاثى فوسفات الكالسيوم (Tricalcuim Phosphate).

الذي يزيل الفلوريد بالتبادل الايوني . وأثناء دورة إزالة العسر العادية.

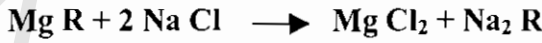
٣ - طرق لإزالة العسر بالتبادل الايوني: شكل (١٠٢، ١٠٣)

توجد ثلاث طرق لإزالة العسر بالتبادل الايوني. وهي دورة الصوديوم (Soduim Sycle) والمعالجة الجزئية (Split Teatment) والتحلية (Demineralization). والطريقة الرئيسية هي طريقة دورة الصوديوم. وإزاله العسر بهذه الطريقة تتكون أساسا بتمرير المياه العسر خلال طبقة من المبادلات الكاتأيونية (Cation Exchange Resin) وهنا تزال مكونات العسر للماء من أيونات الكالسيوم والماغنسيوم واستبدالها بأيونات الصوديوم. معدل التبادل سريع بما يمكن من إزالة العسر من أي مياه بمعدل تدفق طبيعي.

التفاعل الذي يحدث في التبادل الكاتأيوني لإزالة العسر للمياه وفي عملية التنشيط (Regeneration) يمكن توضيحها بالمعادلات الكيميائية حيث يمثل المكون ألان أيون (الحامض) من المبادل الايوني بالرمز R.



عند إعادة تنشيط (Regeneration) المبادل الكاتايوني يحدث التفاعل العكسي كالاتي (باستخدام الملح).



وحدة إزالة العسر بالزيوليت تشبه في إنشائها ومظهرها المرشح الرملي الذي يعمل بالضغط أو بالتدفق بالجاذبية، إلا أنها مملوءة بطبقة من الزيوليت بدلا من الرمل. وهي تتكون من جسم من الصلب قاعه يحتوي على زلط متدرج في الحجم أو الفحم النباتي تلوها طبقة الزيوليت وتكون عادة بسمك ٧٥سم أو أكثر. يضاف إلى ذلك حوض لمحلول الملح للتنشيط مع التوصيلات والأجهزة اللازمة.

مزيلات العسر تعمل بالضغط أو بالجاذبية، وأجهزة إزالة العسر بالجاذبية تكون من الخرسانة أو الصلب. مزيلات العسر بالضغط تعمل بالتدفق العلوي أو السفلي. والفقد في الضغط نتيجة التدفق السفلي يمكن التغلب عليه أثناء دورة إزالة العسر. كثيرا من أجهزة إزالة العسر تستخدم الجاذبية مع التمرير العلوي للمياه في رحلة إزالة العسر مع التمرير السفلي للمحلول الملحي للتنشيط. وبعد تمام دورة إزالة العسر يتم عمل الغسيل لطبقة الزيوليت (Back - Wash) وذلك لتفكك طبقة الزيوليت، وهذه تزيل أي أجسام أو مواد تكون متراكمة على سطح جيبيات الطبقة

وتجعلها أكثر تفتح لتقبل دورة التنشيط بالماء الملحي، وذلك بمنع عمل مسارات محددة فقط للمياه المالحة في طبقة الراتنج.

وفي عملية إزالة العسر بالضغط تتم التغذية بالمياه المالحة (Brine) بمعدل تدفق يتم التحكم فيه، وتوجد تقنيات كثيرة لتحقيق ذلك. وفي بعض أجهزة إزالة العسر الصغيرة يتم التنشيط بوضع ملح صخري نقاوه 99% كلوريد صوديوم أعلا طبقة الراتنج، ثم تمرر المياه بمعدل ثابت خلال الملح لإنتاج مياه مالحة بتركيز مناسب وبعد استخدام المياه المالحة في جهاز إزالة العسر يتم إزالة كل الفائض من المياه المالحة قبل عودة جهاز إزالة العسر إلى الاستخدام. ونظرا للكثافة العالية للمياه المالحة فإنها تتحرك إلى أسفل الطبقة في شكل مكبس عند استمرار الغسيل بالمياه النظيفة لدفع المياه المالحة خلال طبقة الزيوليت حتى خارج الجهاز. يستمر الغسيل حتى تخلص الجهاز من الكميات الكبيرة من كلوريد الكالسيوم مع كلوريد الصوديوم الذي لم يتفاعل وعودة الجهاز إلى العمل بعد تنشيط الزيوليت. وأفضل طريقة لإزالة الكلوريدات هو زيادة الشطف (الغسيل) خمس مرات. ولقد أظهرت الخبرة أن أقصى تركيز للمياه المالحة المستخدمة في التنشيط هو 10 - 15%. وقد تستخدم مياه البحر في تنشيط المبادلات الكاتيونية (القاعدية) ولكن يلزم أن تكون هذه المياه خالية من المواد الصلبة و / أو الحديد والمنجنيز المذاب. كما يلزم أن تكون خالية من العفن الذي ينتج كائنات دقيقة (Slime Producing Bacteria) وقد يتم تطهير مياه البحر في بعض الحالات بالكلوريد ثم الترشيح في مرشح رملي لمنع تلوث راتنج الزيوليت. إزالة العسر براتنج الزيوليت يزيل العسر كاملا للمياه شديدة العسر وذات محتوى قليل من السليكا. لا يسمح بدخول المياه العكرة إلى الجهاز والمرور خلال طبقة الزيوليت نظرا لأن الرواسب المتراكه ستغلف حبيبات الزيوليت و تخفض الكفاءة.

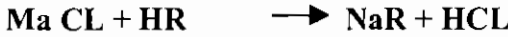
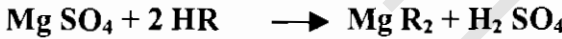
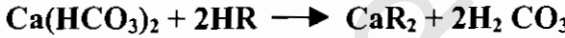
جهاز إزالة العسر بالزيوليت يتطلب صيانة بسيطة وهو سهل التشغيل.

٣- إزالة الأملاح بالتبادل الأيوني : (Deminerlarization)

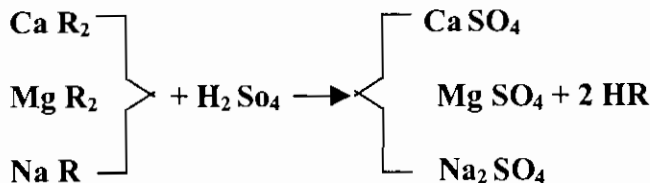
إزالة الملوحة تتم بهدف إزالة الأملاح بالتبادل الأيوني. فيمكن التخلص من إزالة الأملاح لدرجة أكبر من التي يمكن الحصول عليها بالتقطير. في هذه الحالة فإن الشق القاعد في (الكاتأيونات) مثل الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم تزال في مبادل قاعدى هيدروجينى (Hydrogen Cation Exchanger). والشق الحامض (الآن أيونات) مثل الكبريتات والكلوريد تزال في مبدل أن أيونى (حامضى) (Anion Exchanger).

أ- المبادل القاعدى (الكاتأيونى) : Cation Exchanger

عند مرور المياه خلال راتنج (Resin) يحتوى على مبادل قاعدى (كاتأيونى) مثل مجموعات حامض السلفونيك (Sulphonic Acid Groupings). عندئذ يحدث تبادل للكاتأيونات في الماء بالهيدروجين في الشق الحامضى للراتنج وبدا تتحول الأملاح الموجودة في الماء إلى الأحماض لهذه الأملاح. المعادلات التالية توضح التفاعلات. يرمز لمادة التبادل القاعدى (الكاتأيونى) بـ HR



ومثل كل تفاعلات التبادل الأيوني فإن هذه العملية عكسية (Reversible). فعند استهلاك الراتنج يمكن إعادة تنشيطه باستخدام محلول مخفف من حامض قوى (Strong Mineral Acid). وعملية التنشيط توضحها المعادلة التالية.

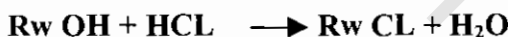
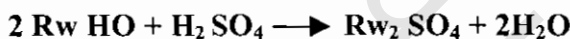


الحامض المتبقى فى المياه المعالجة جزئيا يلزم إزالته فى المبادلات الآن أيونينة (الشق الحامضى).

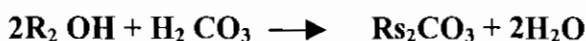
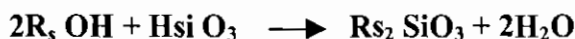
ب- المبادلات الآن أيونية : (Anion Exchangers)

تمرر المياه الحامضية خلال طبقة راتنج محتوى على راتنج يحتوى على مجموعات قلووية قوية أو ضعيفة. المبادلات الآن أيونية ضعيفة القلووية (Weekly Basic) سوف تمتص الكبريتات والكلوريدات والنترات، ولكن لا تمتص السيليكا أو ثانى أكسيد الكربون. المبادل ذو الآن أيون أو القاعدى القوى يزيل السيليكا و الكبريتيد (Sulphide) وثانى أكسيد الكربون بالإضافة إلى الآن أيونات العادية الأخرى. المعادلات التالية يمكن أن توضح كيفية عمل المبادل القاعدى (الآن أيونى).

مبادل قاعدى ضعيف القلووية :



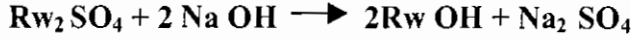
مبادل قاعدى قوى القلووية :



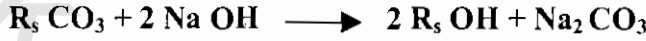
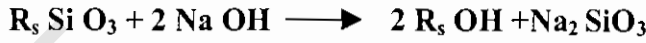
وفى كل حالة الأملاح المذابة الموجودة فى الماء تزال.

التنشيط (Regeneration) لراتبخ المبادل الآن أيونى سيتم بتمرير محلول مخفف لقلوى قوى مثل الصودا الكاوية خلال طبقة الراتبخ الذى استهلك نشاطه. التفاعلات هي:

مبادل أن أيونى ضعيف القلوية



مبادى أن أيونى قوى القلوية



كما ذكر سابقا، فإن المبادل القاعدى شديد القلوية يمكن أن يزيل الآن أيونات لكل من الأحماض القوية والضعيفة. ولكن عادة مكلف وله قدرة محدودة على التبادل عن المواد ضعيفة القلوية. ولهذا، فإنها تستخدم على نطاق واسع لإزالة أحماض السيليكا (Silicic Acid) فى المرحلة الثانية لعملية إزالة الأملاح. ولهذا تستخدم مجموعتين من المواد عند الحاجة الى الإزالة الكاملة للأملاح (Demineralization).

ج- طبقات الراتبخ القاعدية والحامضية : Mixed Beds

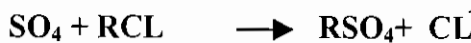
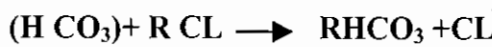
فى حالة تمرير المياه التى عولجت بنظام التبادل القاعدى والحمضى خلال وحدتين مشابھتين تعملان على التوالى، عندئذ يمكن زيادة التحسن فى نوعية المياه. فى جهاز الطبقة المزدوجة والتى تشمل خليط من راتبخ المبادل الكاتأيونى والآن أيونى. عندئذ فإن عدد لا نهائى من الكاتأيونات والآن أيونات تعمل بالتوازي، والنتيجة هو الحصول على مياه معالجة ذات نوعية عالية.

٤- معدات واستعمالات إزالة الملوحة :

تستخدم عملية إزالة الملوحة من المياه وذلك لتوفير المياه اللازمة للتعويض (MakeUp Water) وخاصة في حالة المياه الخالية تماما من الأملاح المذابة للغلايات ذات الضغط العالي. هذا بالإضافة الى استخدام هذه المياه في المنتجات الدوائية والكيمائية وبعض عمليات في صناعة المنسوجات وفي تفضيض الزجاج (Silvering) وفي بعض عمليات الترسيب الكيماوى الكهربى. المعدات المستخدمة فى إزالة الأملاح تشابه تلك المستخدمة فى إزالة العسر بالزبوليت. حامض الكربونيك الناتج من المبادل الكاتايونى (القاعدى) غير ثابت فى محلول الماء يتحلل إلى الماء وثنائى أكسيد الكربون الذى يمكن أن يزال بعملية إزالة الغازات (Degasification). الجهاز المستخدم فى إزالة الأملاح المذابة شكل (١٠٣).

٥- إزالة القلوية : Dealkilation

المياه التى أزيل عسرها باستخدام زبوليت الصوديوم عادة تحتوى على كمية كبيرة من بيكربونات الصوديوم زيادة عن المقبول فى مياه تغذية الغلايات. فى الغلايات تتحلل بيكربونات الصوديوم إلى كربونات الصوديوم وثنائى أكسيد الكربون، بالإضافة الى أن بعض كربونات الصوديوم تتحلل الى الصودا الكاوية وثنائى أكسيد الكربون. وثنائى أكسيد الكربون هذا يمر مع البخار ويشكل مصدر وسبب للتآكل فى شبكة البخار. والفائدة من عملية إزالة القلوية تقع على خفض قلوية البيكربونات فى المياه المعالجة بدون استخدام حامض. وفى وحدة إزالة القلوية يستخدم راتنج أن أيونى عالى القلوية. عند مرور المياه فى خلال الراتنج فإن أملاح الصوديوم المذابة مثل بركربونات الصوديوم وكبريتات الصوديوم تتحول الى الكمية المكافئة من كلوريد الصوديوم. تفاعلات مبادل الكلوريد القاعدى كالاتى:

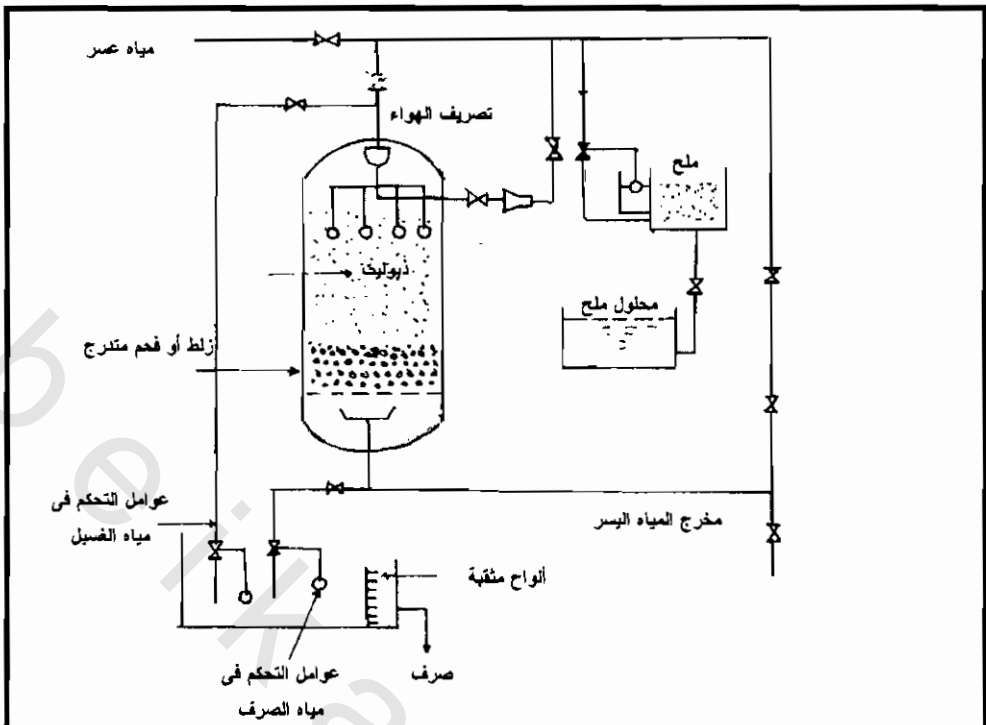


يتم التنشيط للراتنج باستخدام كلوريد الصوديوم كالآتي :

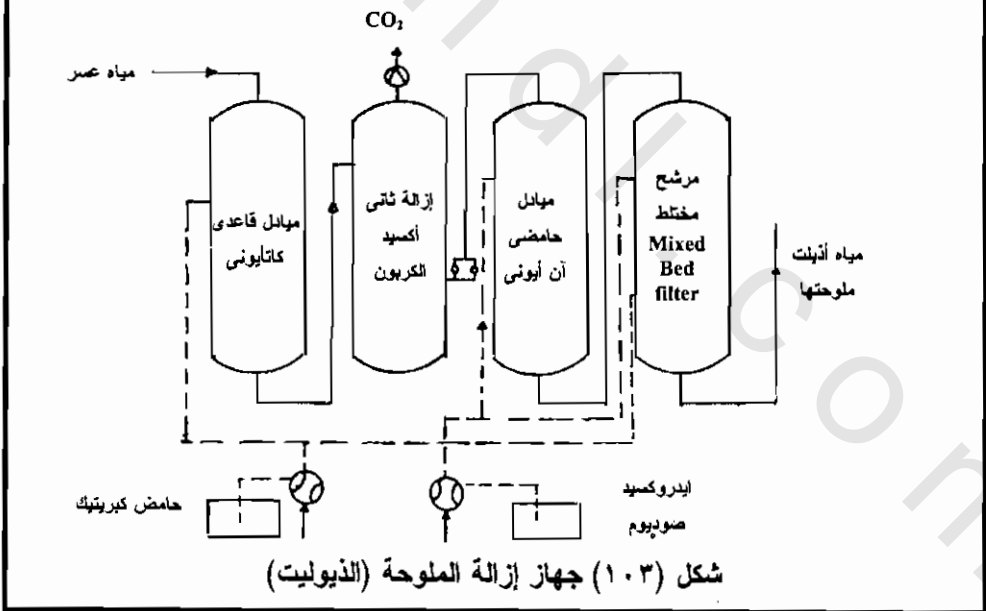


مبادل القاعدي بالكوريد (Chloride Anion Exchanger) يشبه في إنشائه جهاز زيوليت الصوديوم ومجهز بنفس التجهيزات اللازم للتنشيط يوصى بسمك طبقة الراتنج من ٧٥ - ٩٥ سم. مع إزالة القلوية فإن الأملاح الكلية المذابة تقل بنسبة عسر القلوية (Alkaline Hardness). الجدول التالي (١٣) يوضح مثال تقريبي لنوعية المياه بعد عمليات المعالجة المختلفة لإزالة العسر على عينة من الماء العسر والأرقام بالجزء في المليون.

الأملاح الكلية	أملاح الصوديوم	سيلكا	العسر		طرق المعالجة
			غير قلوي	قلوي	
٣١٠	٥٠	١٠	٥٠	٢٠٠	الماء الخام
١٣٨	٥٠	٨	٥٠	٣٠	الجير
١٣٨	١٠٠	٨	صفر	٣٠	الجير - الصودا
١٣٨	١٢٥	٨	صفر	٥	الجير - الصودا - الزيوليت
٣١٠	٢٩٥	١٠	صفر	٥	الزيوليت
١١٥	٥٠	١٠	٥٠	٥	إزالة القلوية
١٢٥	١٠٠	١٠	صفر	٥	الزيوليت + إزالة القلوية
٣	٢	أثار	صفر	١	إزالة الأملاح



شكل (١٠٢) إزالة العسر بالذبوليت



شكل (١٠٣) جهاز إزالة الملوحة (الذبوليت)

obeikandi.com

القسم الثالث

التهوية : Aeration

التهوية هي عملية الألتصاق بين الماء والهواء بغرض زيادة الأكسجين المذاب في الماء وتقليل ثاني أكسيد الكربون المذاب وإزالة كبريتيد الهيدروجين وبعض المركبات العضوية المسببة للمذاق والرائحة. مذاق المياه وقابليتها للشرب بتحسين بإزابة الأكسجين في الماء وإزالة كبريتيد الهيدروجين. وإن كان إزالة ثاني أكسيد الكربون يحول البيكربونات الي كربونات بما يسبب تكون راسب من كربونات الكالسيوم التي قد تسبب بعض المشاكل. تستخدم التهوية علي نطاق واسع لمعالجة مياه الأبار المحتوية علي نسب عالية من الحديد والمنجنيز. وهذه المواد تسبب المرارة في المذاق للمياه كما تسبب التغير في لون الأرز عند أعداده للطعام وكذلك تكون بقع سوداء عند استخدام هذه المياه في غسل الأنية والملابس. وعند التصاق أكسجين الهواء الجوي بالماء في عملية التهوية فإنه يتفاعل مع مركبات الحديد والمنجنيز ثنائية التكافؤ المذابة في الماء (Ferrous & Manganous) وتتحول الي الأكاسيد ثلاثية التكافؤ الغير مذابة (Ferric & Manganic) وهذه يمكن إزالتها بالترسيب والترشيح.

درجة تشبع المياه الملامسة للهواء الجوي المشبع ببخار الماء عند منسوب سطح البحر، وفي درجة حرارة ١٠ م وضغط جوي واحد هو: نيتروجين ١٧،٩ ملجرام / لتر، أكسجين ١١،٤ ملجرام / لتر، ثاني أكسيد الكربون ٠،٧ ملجرام / لتر وقد استخدمت التهوية لأزالة الملوثات من المواد العضوية المتطايرة من الماء

والتي هي من مسببات بعض الأمراض. وفي محطات المعالجة عند التصاق الماء بالهواء لإزالة مادة من الماء تسمى هذه العملية الكسح (Stripping Or Disorbtion) والتي حد ما استخدمت التهوية لنقل غاز الي الماء وهذه العملية تسمى الأدمصاص (Adsorbition) مثال ذلك إضافة أكسجين الهواء الجوي الي الماء أو إضافة الأوزون الي الماء والعملية كلها تسمى التصاق المياه بالهواء لنقل الغازات ما بينهما. وكلمة غاز هنا معناها المواد التي تكون في الحالة الغازية في درجة الحرارة العادية والضغط العادي، وكذلك المركبات التي تكون في حالة السوائل المتطايرة. وفي أي الحالات فان النقل يكون في الشكل الغازي. ولتحقيق الانتقال فإنه يلزم وجود تدرج في تركيز الغاز ما بين السائل (الماء) والهواء الجوي، حتي الوصول الي حالة الأتزان (Equilibrium) ما بين الماء والهواء وعندئذ ولا يحدث انتقال.

١- نظرية إنتقال الغازات : (Theory Of Gas Transfer)

الإتزان : Equilibrium

عند مناقشة كمية الغاز أو المعدل الذي ينتقل به الغاز من والي الماء فإنه يلزم الأخذ في الاعتبار الغازات التي تذوب في الماء والعوامل التي تؤثر علي إذابتها. توجد غازات تتفاعل مع الماء مثل كبريتيد الهيدروجين والنشادر وثاني أكسيد الكربون وغازات لا تتفاعل مع الماء مثل الأكسجين والميثان والكلوروفورم. في حالة عدم حدوث تفاعل فإن إذابة الغاز في الماء يتم بطاقة ديناميكية حرارية تسمى الأنتروبي (Entropy) مثل حالة الأكسجين والماء. والزيادة في قوة الأنتروبي تقاوم بقوة الجذب بين جزيئات الماء ببعضها البعض. وليمكن زيادة الغاز في الماء فإنه يلزم التغلب علي قوة الجذب لجزيئات الماء لبعضها ولقد عرف أن جزيئات الماء تنجذب لبعضها بواسطة الربط الهيدروجيني (Hydrogen - Bonding) ولزوبان الغازات في الماء فإنه يجب أن يكون أكثر إنجذابا بالماء من انجذاب جزيئات الماء لبعضها. فإذا كان الهواء يحتوي علي غاز الأكسجين ووضع في إناء

مقفل به ماء خالي من الأكسجين فإن الأكسجين يبدأ في الانتقال الي الماء وإذا تم ضخ أكسجين زيادة في الهواء أي زيادة نسبة جزيئات الأكسجين في الهواء عندئذ يحدث إنتقال للأكسجين الي الماء حتى الوصول إلى حالة اتزان جديدة في الماء. وفي حالة معالجة المياه فان إزابة الغازات تتأثر بالضغط ودرجة الحرارة وأن كلن التغير في الضغط يحدث عند التغير في درجات الحرارة وتطبق المبادئ التالية في نظم الماء والغازات.

* عند الوصول الي حالة الأتزان (Equilibrium) لا يحدث إنتقال للغاز ما بين الماء والهواء.

* عند عدم الوصول إلى حالة الإتزان يحدث إنتقال للغاز لحين الوصول إلى حالة الإتزان وزمن الوصول إلى حالة الإتزان قد يستغرق وقت كبير أو يكون فوري.

* لكل غاز، ضغط كلي، درجة حرارة. تحدث حالات من الأتزان. كلما زادت درجة الحرارة قلت الازابة وكلما زاد الضغط الكلي زادت الإذابة.

معدل إنتقال الغاز: Mass Transfer.

أن معدل وصول الماء والهواء الي حالة اتزان يوفر القوة الدافعة لحركة الغاز (Diffusion) ولحدوث ذلك يلزم وجود تدرج في التركيز في اتجاه إنتشار الغاز في كل من الماء والهواء. يمكن توضيح ذلك من الشكل رقم (١٠٤). عند درجة حرارة ٢٠م^٢ وعند منسوب سطح البحر وعندما تكون المياه في حالة إتزان مع الهواء الجوي ستحتوي المياه على ١٥,٨ مليجرام / لتر نيتروجين، ٩,٤ مليجرام / لتر أكسجين، ٠,٥ مليجرام / لتر ثاني أكسيد الكربون وكمية صغيرة لا تقاس من كبريتيد الهيدروجين.

كلا من ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين قابل للذوبان في الماء فعند ٢٠م^٢ ومنسوب سطح البحر يذوب ثاني أكسيد الكربون بمعدل ١٧٠٠ مليجرام / لتر، كبريتيد الهيدروجين ٣٥٠٠ مليجرام / لتر. الضغط الجزئي لكل من هذه الغازات في الهواء الجوي عمليا صفر. ولهذا فإنه عند حدوث حالة الأتزان، ما بين

الماء والهواء بواسطة التهوية سينتج عنه تشبع الماء بغازات النيتروجين والاكسجين والتخلص تماما من غازات ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين من الماء بالتهوية. الأساس في إزالة الغازات بالتهوية هو تحقيق حالة الأتزان ما بين الغازات في الماء والغازات الموجودة في الهواء الجوى المحيط. يساعد على إزالة الغازات بالتهوية إرتفاع درجة الحرارة، زمن التهوية، حجم الهواء الملاصق للماء، مساحة سطح الماء المعرض للهواء. وتزداد كفاءة الإزالة كلما زادت نسبة تركيز الغاز في الماء عنه في الهواء. فمثلا كفاءة التهوية تكون عالية للماء المحتوى على 100 ملليجرام / لتر ثاني أكسيد الكربون عنه في الماء المحتوى على 10 ملليجرام / لتر.

٢- أنواع تجهيزات التهوية: Aerators Types

المعدات المستخدمة في التهوية يمكن أن تقسم إلى التهوية بالتدفق الهابط للمياه (Water Fall Aerators) والتي هي نافورات البثق (Spray Nozzles)، تدفقات المياه من أعلى إلى أسفل لتلتصق بالهواء (Cascades)، الصواني المتعددة (Multiple Trays)، التهوية بالفقاعات (Diffusion Or Bubble Aerators) والتي تضخ الهواء في شكل فقاعات خلال الماء، التهوية الميكانيكية (Mechanical Aerators). واجهزة التهوية بالتدفق الهابط للمياه تسبب التهوية بسبب نزول المياه في شكل رزاز (Drops) أو في شكل طبقات رقيقة جدا من المياه (Thin Films) بمايزيد من مساحة الماء المعرض لوحدة الحجم. أما التهوية بالفقاعات فتحدث تأثير أقل وذلك بضخ فقاعات الهواء الى الماء باستخدام تجهيزات ضخ الهواء (Air Lnjector Devices). وبالنسبة للتهوية الميكانيكية فهي تتم باستخدام مراوح أو ريش تدار بمحركات منفردة أو يستخدم معها تجهيزات لحقن الهواء، وتستخدم هذه على نطاق واسع في معالجة مياه الصرف.

العلاقة ما بين الحجم والمساحة والزمن: (Area Volume and Time) Relation).

العلاقة العكسية ما بين المساحة المعرضة لوحدة الحجم (A/V) والزمن (T)، فعند ثبات ناتج (A/V) والزمن (T) فإن كفاءة جهاز التهوية تظل ثابتة. ولذلك فإن الزمن (T) يمكن أن يزداد على حساب العلاقة (A/V) والعكس صحيح بدون الفقد

في الكفاءة. وهذه العلاقة العكسية تستخدم في الأنواع المختلفة لأجهزة التهوية. فميزه التهوية بالتدفقات الهابطة للمياه عموماً هو النسبة العالية بين المساحة إلى الحجم (A/V) نتيجة إنتاج المياه في شكل رزاز أو طبقات رقيقة جداً. أقصى مساحة يمكن إنتاجها باستخدام جهاز النافورات بالبتق (Spray Nozzles) ولكن زمن التعرض سيكون قليلاً جداً إلا في حالة توفير قوة ضغط عالية لدفع المياه إلى أعلى في الهواء. وعلى الجانب الآخر فإن التهوية بالمصاطب المتدرجة (Cascade Aerators) تنتج مساحة تعرض أقل ولكن زمن التعرض يكون كبيراً.

والتهوية باستخدام ناشرات الهواء (Diffusion Types Aerators) توفر زمن أكبر فمثلاً المياه في نافورة ناشرات الهواء بارتفاع ١٠ متر عمودي وعودة عامود المياه ثانياً بمعدل تقريبي ١٣ قدم في الثانية بما يوفر زمن تعرض أقل من ٢ ثانية. وعلى الجانب الآخر فإن فقاعة الهواء بالحجم المستخدم عادة في ناشرات الهواء لها سرعة حوالي ١ قدم في الثانية وبالتالي زمن التصاق ١٠ ثانية في حوض عمق فيه ١٠ قدم. تفيد التهوية تحت الضغط في خزان مغلق في تحقيق كفاءة في ادمصاص الأوكسجين ولكن ليست ذات كفاءة في إزالة ثاني أكسيد الكربون والذي يزال بالهواء الجوي. ولكن للتخلص من غاز في خزان مغلق يمكن خفض الضغط الكلي للهواء ولذلك استخدمت وحدات التهوية التي تعمل بالتفريغ (Vacuum Deaerating Systems). التهوية الجيدة مهمة لإزالة غازات مثل ثاني أكسيد الكربون الخانق، أو غاز الميثان الذي يسبب الانفجار أو كبريتيد الهيدروجين شديد السمية. في درجة حرارة المياه العادية ما بين صفر إلى ٣٠°م فإن المركبات التي تغلى عند درجة حرارة أعلى من صفر درجة مئوية لا يمكن أن تزال بالتهوية. كمثال ثاني أكسيد الكربون له درجة غليان - ٧٨°م ولذلك فإنه شديد التطاير عند درجة الحرارة العادية ويمكن إزالته بالتهوية، وعلى الجانب الآخر فإن الفينول له درجة غليان عالية وضغط بخار منخفض عند درجة الحرارة العادية، ونظراً لانخفاض ضغطه الجوي فليس من المناسب إزالته بالتهوية العادية.

إذا أمكن التعرف على المركبات المسببة للمذاق والرائحة وتحديد الإذابة وضغط البخار يمكن تقدير درجة إزالتها بالتهوية. وعموماً فإن قليلاً من المواد المسببة للمذاق والرائحة يمكن إزالتها بالتهوية باستثناء كبريتيد الهيدروجين.

إزالة كبريتيد الهيدروجين :

يمكن إزالة كبريتيد الهيدروجين بالتهوية ولكن إذا كان التركيز عالى فإن ذلك يتطلب احتياطات خاصة. والخاصية العامة لكبريتيد الهيدروجين هي إزابته العالية مقارنة بثانى أكسيد الكربون. وكذلك فإن كبريتيد الهيدروجين يتأين فى الماء، فهو حامض ضعيف ومعادلة تأينه كالاتى:



فعند تهوية المياه المحتوية على كل من ثانى أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين فإن ثانى أكسيد الكربون الأقل إزابة يزول بسرعة وإزالته تقلل من تركيز أيون الهيدروجين (حامض ضعيف بتأين) حيث يرتفع الرقم الهيدروجين للماء. وبذا يتحرك التفاعل لتأين كبريتيد الهيدروجين فى اتجاه زيادة التركيز للمركب H،HS ولذا لا يمكن إزالة بالتهوية. وعامل آخر فى أن التهوية تعمل على أدمصاص الماء بالأكسجين والذى يتفاعل مع كبريتيد الهيدروجين مكوناً ماء وكبريت حر. وهذا التفاعل يقلل من تركيز كبريتيد الهيدروجين ولكن بالتفاعل الكيماوى وليس بانتقال الغاز الى الهواء الجوى، وأن لم يزال الكبريت الحر فإنه يسبب مشاكل فى معالجة المياه.

يمكن زيادة كفاءة الإزالة لكبريتيد الهيدروجين بالتهوية فى جو يحتوى على ثانى أكسيد الكربون أكثر من العادى باستخدام غازات الحريق. تهوية الماء فى جو يحتوى على ١٠% ثانى أكسيد الكربون يوفر الظروف للرقم الهيدروجين ليظل كبريتيد الهيدروجين (H₂S) محافظاً على تركيزه فى الماء. وهذا يساعد على نقله من الماء إلى الحالة الغازية. يعد ذلك يمكن إزالة ثانى أكسيد الكربون بعملية تهوية عادية.

٣- مبادئ التصميم :

من واقع نظريات التهوية فإن إنتقال المواد المتطايرة من وإلى الماء بالتهوية يتوقف على عدة عوامل كثير منها متعارض. والمصمم قد يمكنه التحكم وقد لا يستطيع التحكم فى بعض هذه العوامل. وأساساً بالنسبة للاضطراب (Turbulence) والعلاقة بين المسافة والحجم وزمن التعرض. وفى الحدود يمكن التحكم فى جو جهاز التهوية وفى تصميم وحدة التهوية قد يفضل عامل على الآخر. يلزم الاهتمام بالعامل الاقتصادى والقرار الأخير هو نوع عملية التهوية التى تنفذ أو مدى ملاءمة استخدام التهوية عموماً والذى يحدد طبقاً للقواعد الطبيعية والاقتصادية. وعامل آخر هام جوا هو الشكل المعمارى والجمالى لوحدة التهوية بما يدعو إلى الابتهاج والسرور وتقبل نوعية المياه المعالجة للشرب.

انواع تجهيزات التهوية : Aerators Types أشكال (١٠٦ إلى ١١٢)

٤- التهوية بالرش او التريز: Spray Aerators شكل (١٠٩، ١١١)

فى هذا النظام تدفع المياه لأعلى إما عمودياً أو بزاوية مائلة بطريقة تجعل المياه تترز إلى نقط صغيرة جداً. ويتكون المنشأ عادة من نافورات مثبتة (Fixed Nozzles) على شبكة مواسير متصالبة. التهوية بالتريزات ذات كفاءة بالنسبة لنقل الغازات (إزالة ثاني أكسيد الكربون أو إضافة الأوكسجين) ولها تأثير على استساغة المياه. ولكنها تحتاج إلى مساحة كبيرة.

ويتوقف زمن التعرض لكل نقطة على سرعتها الأولية ومسارها. حجم النقط والنسبة بين المساحة والحجم هو دليل على تريز النافورة. السرعة الأولية للنقطة الخارجة من النافورة أو الثقب تقدر بـ

$$2gh\sqrt{V} = Cv$$

$$Q = cdA\sqrt{2gh}$$

والتصرف بالمعادلة

$$\text{Total Head} = h$$

الضغط الرأسي على النافورة

$$g = \text{عجلة الجاذبية}$$

$$A = \text{مساحة الثقب}$$

$$cv = \text{معامل السرعة}$$

$$cd = \text{معامل التصرف (حيث } ce \times cv = cd \text{ معامل الانكماش)}$$

معاملات السرعة والانكماش والتصرف تتغير طبقاً للشكل والخواص الأقوى للنافورة أو الثقب.

ومسار التريز قد يكون عمودياً أو مائلاً. إذا كانت θ هي الزاوية بين محصلة السرعة الأولية والأفقية فإن زمن التعرض لنقط المياه يكون.

$$T = 2Cv \sin \theta \sqrt{2g/h}$$

ونظراً لأن جيب الزاوية أقل من 90° درجة (أقل من 1)، فإن التريز العمودي يعطي أطول زمن تعرض لقيمة (h). والتريز المائل له ميزه وهي طول المسار وعدم التداخل بين النقاط المتساقطة. وتؤثر الرياح على مسار النقاط الصاعدة والهابطة مما يتطلب أخذ ذلك في الاعتبار.

وتصميم النافورات هام لتوفير أقصى انتشار للماء. ومن بين هذه التصميمات النافورة القاذفة (Riffled Nozzle)، النافورة بالطرد المركزي، الأقماع الطافية. والنافورة الدوارة. يتوقف العدد والفواصل بين النافورات على الضغط ومساحة التهوية والتداخل بين الرشاشات المتجاورة. وعملياً يجب تجنب النافورات الصغيرة جداً لمنع الانسداد.

من أشكال التهوية بالرش حيث تريز المياه يتم من خلال فوهة مثبتة متصلة بلوحة منقبة للتوزيع حيث تنتشر من خلالها المياه إلى الهواء الجوي بسرعة 3-5 متر في الثانية. وشكل آخر حيث المياه تتدفق لأسفل خلال قطع قصيرة من

المواسير بطول ٢٥ سم وقطر ١٥-٣٠ سم. والتي تتغذى من ماسورة توزيع رئيسية تحمل المياه تحت ضغط عامود مائي من ٢-٨ متر. ويوضع قرص مستدير زجاجي أسفل نهاية كل ماسورة. وأحيانا توضع المواسير الفرعية مائلة لمنع التصادم بين قطرات المياه المتساقطة والمنعكسة. ولمنع تلوث المياه يلزم عمل تهوية صناعية وتحديد مستمر لتيار الهواء.

ونوع آخر من التهوية بالرش والذي يستخدم فوهات لماسورة تغذية حيث المياه تتدفق لأعلى (شكل ١١١). عادة فإن تجهيزات التهوية بالرش توضع فوق حوض الترسيب أو وحدة الترشيح لتوفير المساحة الأرضية ولعدم الحاجة إلى توفير حوض تجمع للمياه المهواه. ولمنع الانسداد يجب أن تكون فتحة خروج المياه كبيرة نسبياً أى أكبر من ٥ ملليمتر (شكل ١٠٩). وفى نفس الوقت يجب أن توفر هذه التجهيزات التركيز للمياه إلى نقاط صغيرة جداً. وتوجد تصميمات كثيرة لتوفير هذه الاشتراطات منها جهاز التهوية البسيط الذى يستخدم عائق شكل (١١١). التهوية بالنافورات تزيل أكثر من ٧٠% من ثانى أكسيد الكربون المذاب حتى ٩٠%.

٥- التهوية بتساقط المياه :

أ- التهوية بالصوانى المتعددة (Multiple Tray Aeration) شكل (١٠٦)

وهذه طريقة سهلة وغير مكلفة وتشغل حيز صغيره. وهذا النوع من أبراج التهوية يتكون من ٤-٨ صوانى متقبة بفواصل ٣٠-٦٠ سم. وتمر المياه من أعلا البرج خلال مواسير متقبة للتوزيع بانتظام على أسطح الصوانى العليا، ثم تتدفق الى اسفل بمعدل ٠.٢ و ٠.٣ م^٣/ث / المتر المربع من مسطح الصانوية. نقاط المياه تنتشر ثم تتجمع عند كل صانوية تالية. هذه الصوانى تصنع من الاسبستوس أو البلاستيك أو الخشب الأحمر البحرى المقاوم للمياه أو من المواسير البلاستيك صغيرة القطر. ولزيادة تشتت المياه يمكن ملئ الحوض بالزلط الفاير بسمك ١٠ سم وقد يستخدم فحم الكوك أو كسر الأحجار أو قطع السيراميك أو الدولوميت. ولهذه المواد فائدة فى حجز الرواسب والتخلص منها أولاً بأول. كما تفيد فى تحويل

المياه إلى قطرات صغيرة بما يزيد من مساحة الأسطح المعرضة للهواء ويرفع من قيمة معامل الانتقال للغازات وبذا تتحسن نوعية المياه بإزالة ثاني أكسيد الكربون وإزالة الأكسجين في الماء. وتمتاز هذه الطريقة بصغر المساحة التي تتراوح ما بين ١٥-٤٥ متر لكل ١٠٠٠ متر مكعب من المياه في الساعة. كما يلزم من أن لآخر تنظيف أو تغيير طبقة الفحم وإلا تعطل مرور المياه وتوقفت العملية كلها. وفي كثير من الحالات تغطي هذه الأعمال بالإنشآت المسقوفة وبالتالي ضرورة الانتقال إلى التهوية الصناعية. وبالنسبة للتجمعات الصغيرة ذات الاستهلاك المحدود من المياه يستخدم برج التهوية اليدوي مع الترشيح للمياه المحتوية على نسب عالية من الحديد والمنجنيز شكل (١٠٦).

ب - التهوية بالمصاطب المتدرجة : Cascade Aerators شكل (١٠٧، ١٠٨)

في التهوية بالمصاطب المتدرجة يتوفر زيادة زمن التعرض وكذلك زيادة نسبة المساحة إلى الحجم وذلك بتدفق المياه لأسفل خلال عدد من المصاطب أو العوائق. وأبسط أنواع المصاطب المتدرجة هو المصاطب الخرسانية والتي تجعل المياه تتساقط في رقائق من منسوب إلى آخر. يمكن زيادة زمن التعرض بزيادة عدد المصاطب، كما يمكن زيادة نسبة المساحة إلى الحجم بإضافة عوائق (هدارات) لا حدات الاضطراب (Turbulence). والضغط المطلوب من ٣-٥ قدم. إزالة ثاني أكسيد الكربون تتم بنسبة ٢٠-٤٥%. ويتراوح عدد المصاطب بين ٣-٥ حسب الجودة المطلوبة للمياه من عملية التهوية. وتبلغ مسافة سقوط المياه من ١٥-٣٠ سم، كما يبلغ معدل التصريف ٢٠ إلى ١٠٠٠ متر مكعب في الساعة لكل متر طولي من الهدار (عرض الحوض)، على أن تكون الهدارات مزودة بإطراف على هيئة سن المنشار لتوزيع المياه وتفكيكها على هيئة قطرات يسهل تهويتها وقد وجد أن المساحة المطلوبة لهذا العملية تبلغ حوالي ٣٠ متر مسطح لكل ١٠٠٠ م^٣ مياه في الساعة. وإن كانت هذه الطريقة قد أثبتت كفاءة عالية في زيادة نسبة الأكسجين المذاب في المياه إلا أنها لم تعط نتائج جيدة لإزالة ثاني أكسيد الكربون. ومقارنة ببرج التهوية ذو الصواني (Tray Aerators) فإن المساحة المطلوبة للتهوية بالمصاطب أكبر وإن كان الفقد في الضغط أقل، إلا أنه لا يحتاج إلى صيانة. نوع

آخر من حوض التهوية متعدد الأرضية (Multiple Platform Aerator) شكل (١٠٨) حيث تستخدم ألواح لنزول المياه إلى أسفل بما يعرض المياه بالكامل للهواء. وفي المناخ البارد يجب أن تكون هذه المصاطب في مبنى مغلق كما يجب عمل إجراءات تحسين التهوية وكذلك الاحتياط لتجنب التآكل وتكوين الطحالب والمواد الهلامية.

٦- التهوية بفقاعات الهواء : Bubble Aerators

كمية الهواء للتهوية بالفقاعات صغيره ولا تزيد عن ٠,٣ - ٠,٥ متر مكعب من الهواء لكل متر مكعب من الماء. وهذه الأحجام يمكن توفيرها بسهولة بشفط الهواء الى الداخل (Sucking- In Of Air). يمكن توفير ذلك باستخدام التهوية بالفنتورى (Venture) شكل (٥) حيث يوضع جهاز التهوية أعلا من الماسورة الحاملة للمياه. فى فتحة الفنتورى تكون سرعة المياه عالية حيث فى المقابل يقل ضغط الماء إلى اقل من الضغط الجوى ولذا فان الهواء يجذب (Sucked) إلى الماء. وبعد المرور فى فتحة الفنتورى تتدفق المياه خلال ماسورة متسعة المقطع ونقل سرعة المياه مع ما يقابلها من زيادة ضغط الماء. تختلط فقاعات الهواء الصغيرة جدا مع الماء ويمتص الأوكسجين من الهواء إلى الماء. ويعتبر التخلص من ثانى أكسيد الكربون فى هذا النوع من التهوية غير مؤثر نظرا لأن حجم الهواء فى الفقاعات صغير نسبيا. وكذلك التخلص من باقى الغازات غير مجدي فى هذه الطريقة.

٧- التهوية بالهواء المضغوط (الحقن) : Injection Aerators

شكل (١٠٥- أ، ب، ج)

فى هذه الطريقة يتم ضغط الهواء داخل المياه المطلوب تهويتها فيخرج الهواء على هيئة فقاعات تمد المياه بالأوكسجين اللازم. وهذه الطريقة غير مجدية فى إزالة النسب العالية من ثانى أكسيد الكربون، ألا أنها لا تتأثر بالتقلبات الجوية والرياح كما فى الطرق السابقة. وللهوية بالهواء المضغوط عدة طرق أهمها شكل (١٠٥).

وفى هذه الطريقة تتم التهوية فى حوض مستطيل من الخرسانة المسلحة مزود بناشرات هواء قرب قاعة. وهى عبارة عن أنابيب مثقبة أو مسامية ينفذ خلالها الهواء المضغوط وتنتشر على هيئة فقاعات هوائية تتخلل المياه فتحدث التهوية شكل (أ) والسرعة الرأسية المناسبة لصعود هذه الفقاعات لا تزيد عن ٣٠ سم/ث، وذلك بفصد إطالة زمن التلامس لفقاعات الهواء مع الماء وإمكان حصول المياه على الأكسجين من هذه الفقاعات. ويبلغ عمق الحوض ٣-٤,٥ فإذا نقص عن ذلك إنخفض زمن التلامس وقلت الاستفادة من الهواء المضغوط. أما إذا زاد عمق الحوض فإن ذلك يتطلب طاقة كبيرة لضغط الهواء دون أن يقابل ذلك تحسن فى التهوية. يجب ألا يزيد عرض الحوض عن ضعف عمقه. ويحدد الطول اللازم للحوض بعد تحديد سعة وهذه تصمم لزمن مكث ما بين ١٠ الى ٢٠ دقيقة. المساحة اللازمة لهذه الأحواض تتراوح ما بين ٤٠ الى ١٢٠متر مربع لكل ١٠٠٠متر مكعب من المياه فى الساعة. وتختلف كمية الهواء المطلوب من عملية أخرى ولكنها عادة تتراوح بين ٤٠%، ٨٠% من كمية المياه المطلوب تهويتها. وفى هذه الطريقة كلما صغر حجم فقاعات الهواء كلما زادت أسطح التلامس وتحسنت التهوية. ونظرا لأن حجم فقاعات الهواء يبلغ تقريبا عشرة أضعاف حجم الفتحة التى خرجت منها فإن الحصول على فقاعات صغيرة يتطلب ناشرات هواء ذات مسام صغيرة وهذه تكون سريعة الانسداد، ولتفادى ذلك يفضل ترشيح المياه قبل التهوية للتخلص من المواد العالقة التى تسبب انسداد ناشرات الهواء. كما أن تقليب المياه باستمرار يحسن التهوية ولتحقيق ذلك توضع ناشرات الهواء على جانب واحد من قاع الحوض لاعطاء الماء حركة حلزونية والتى تساعد على بقاء الفقاعات فى الحوض فترة من الزمن ومنع هروبها بسرعة إلى السطح شكل (ب) وبين الشكل (ج) حوض تهوية يعمل بنفس النظرية ولكن باستعمال أنابيب مثقبة أو مسامية توضع عند منتصف عمق الحوض، وبالحوض أيضا حوائط حائلة لاعطاء المياه حركة حلزونية.

وتصمم هذه الأحواض على أساس ٣٠ متر مكعب فى الساعة لكل متر مسطح واستهلاك الهواء يقدر بحوالى متر واحد من الهواء لكل متر مكعب من المياه وهذه

تحتاج الى طاقة عالية نسبيا. وللحوض قاع مخروطي لجمع الرواسب وتصريفها في ماسورة خاصة.

٨- ضوابط استعمالات التهوية : Limitation For Aeration :

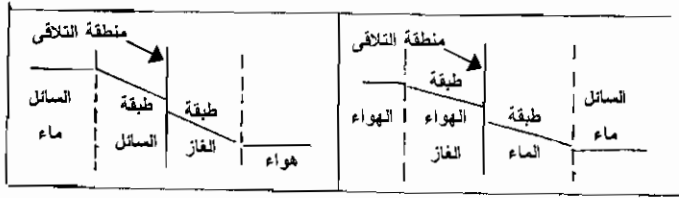
- * أكثر التطبيقات العملية للتهوية تتم بغرض إدمصاص الغازات والتخلص من الغازات أساسا بالنسبة للأكسجين وثنائي أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين. عند تهوية المياه فإن المحتوى من الأكسجين المذاب يزداد بما يجعل المياه أكثر عدوانية للتآكل. وإن كان هناك إجراءات لتجنب هذه المشكلة.
- * إن استخدام عمليات التهوية بعد الترشيح أو لمعالجة مياه الآبار كعملية وحيدة تشكل بعض السلبيات نظرا لتعرض المياه للهواء المحمل بالملوثات وذلك عند التهوية قبل الضخ المباشر في شبكة التوزيع. وكذلك فإن التهوية الزائدة قد تحدث أثر سلبي عند إزالة الحديد والمنجنيز وذلك عند وجود هذه العناصر متحدة مع المواد العضوية وفي هذا الحالة إذا كان المصدر المائي من المجارى السطحية العذبة يتم التخلص من الحديد والمنجنيز في مراحل المعالجة بالمروبات والترسيب والترشيح حيث تزال كذلك المواد العضوية. وعندما يكون المصدر هو مياه الآبار فضل عمل تهوية بسيطة أو استخدام مواد الأكسدة من الكلور ويرمنجات البوتاسيوم.
- * معظم المشاكل الخاصة بالمذاق والرائحة لمصادر المياه يكون سببها كميات صغيرة من المواد العضوية، وكثير من هذه المواد العضوية ليس لديها القدرة الكافية على التطاير (التبخار) لتتجاوب مع عمليات التهوية التقليدية. ولهذا فإن عمليات التهوية التقليدية ليست مؤثرة في إزالة المذاق والرائحة في جميع الحالات. ولكن هناك استثناءات من هذا التعميم فعند التهوية باستخدام الضغط المرتفع أثبتت تقليل الرائحة بنسبة ٩٨% عند استخدام ضغط ٧-٨ كج /سم^٢ عند فتحات الفنى (Nozzles). ولكن مشكلة استخدام الضغط المرتفع للتهوية يسبب البرى والتلف للريش الدافعة لفتحات الفنى وأن كان هذا التلف يرجع للعكارة في المياه المعالجة في حالة وجودها.

* بالنسبة لإزالة ثاني أكسيد الكربون وبعض الغازات الأخرى فعند استخدام التهوية التي تعمل بتدفقات المياه فإن الضغط المطلوب هو حوالي ٤ متر والاحتياجات من المعدات لضغط الهواء هي تقريبا المطلوبه لعمليات بثق الهواء (Air Diffusion). أى أن الطاقة المطلوبة فى الحالتين تقريبا متساوية . وقد بثت أنه فى حالة تركيز ثانى أكسيد الكربون فى الماء ١٠ جزء فى المليون أو قل فإنه يتم إزالة ثانى أكسيد الكربون بالتعادل الكيميائى باستخدام الجير (Lime) وليس بالتهوية. ويعتبر إزالة ثانى أكسيد الكربون من المياه الجوفية ذو أهمية خاصة عند معالجة المياه لإزالة العسر بطريقة الجير - الصودا (Soda-Lime Process). كما أن التهوية تضيف الأوكسجين الى الماء الذى يتم به أكسده الحديد والمنجنيز والتهوية تزيل كبريتيد الهيدروجين من المياه الجوفية حيث يمكن إزالة تركيزات من ١-٢ جزء فى المليون والتي لها تأثير على الرائحة. ولكن التركيزات الأعلى يمكن إزالتها بزيادة زمن التهوية أو باستخدام التهوية فى مجال جوى به ضغط جزئى عالى من ثانى أكسيد الكربون أو إضافة قلوئى إلى الماء.

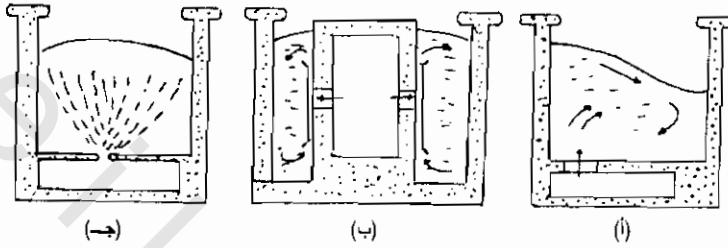
* الأبراج للتهوية ذات الحشو : Packed Towers شكل (١١٢)

لقد استخدمت فى عمليات الكسح (Stripping) للملوثات شديدة التطاير مثل كبريتيد الهيدروجين. ولكن توجد مجموعة من الكيماويات العضوية المتطايرة (Volatile Organic Chemicals) بالإضافة الى مركبات الترايها لوميتان أقل فى التطاير والتبخر مما يتطلب استخدام أكثر كفاءة لإزالتها.

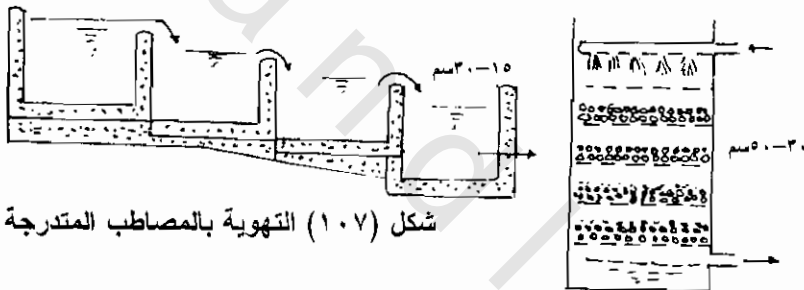
البرج ذو الحشو النموذجى يتكون من جسم أسطوانى به قرص لحمل مادة الحشو (Packing Material). مادة الحشو تكون من قطع عشوائية فى البرج. ويصنع جسم البرج من الصلب أو السيراميك أو البلاستيك. وتستخدم التهوية فى هذه الأبراج بالتدفق المعاكس حيث تتدفق المياه الى أسفل داخل البرج ويمر الهواء الى أعلا. ويمكن كذلك تصميم الأبراج بالتدفق الموازى والتدفق المتقاطع



شكل (١٠٤) التدرج في إنتشار الغاز في الماء والهواء

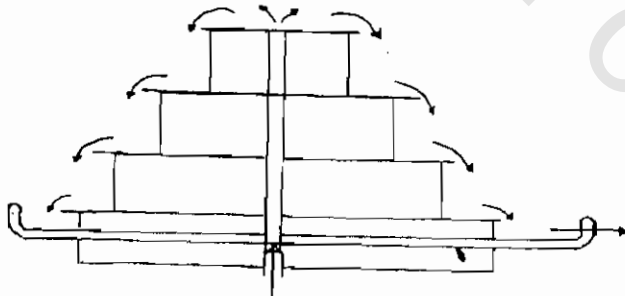


شكل (١٠٥) التهوية بالهواء المضغوط (أ، ب، جـ)

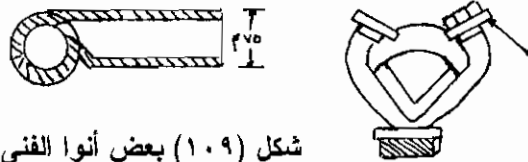
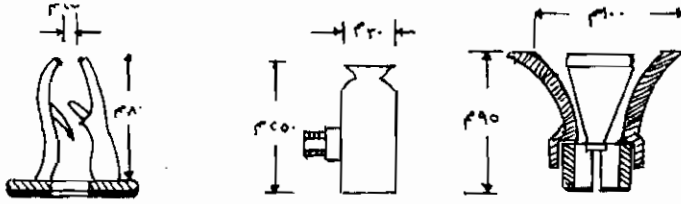


شكل (١٠٧) التهوية بالمصاطب المتدرجة

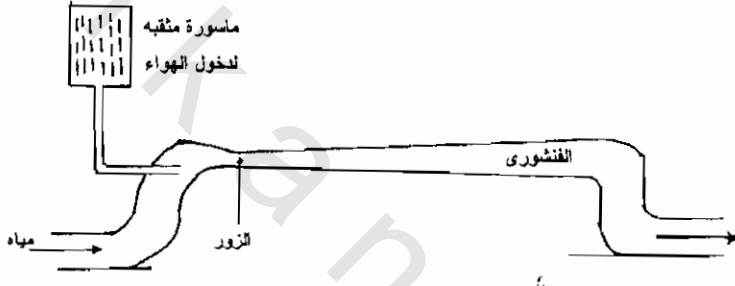
شكل (١٠٦) التهوية بالصواني المنقبة



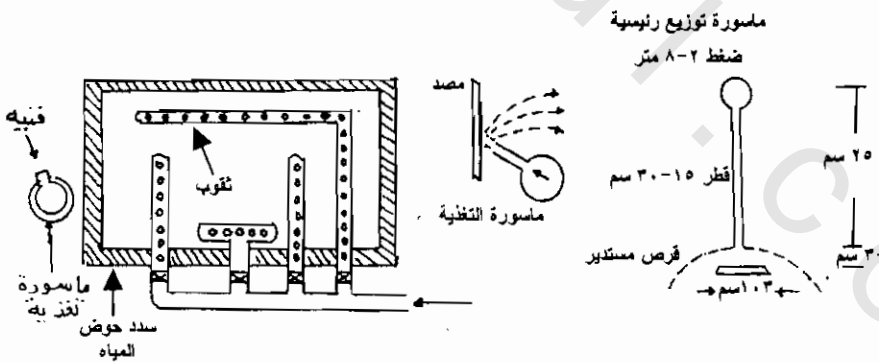
شكل (١٠٨) التهوية بالمصاطب المستديرة



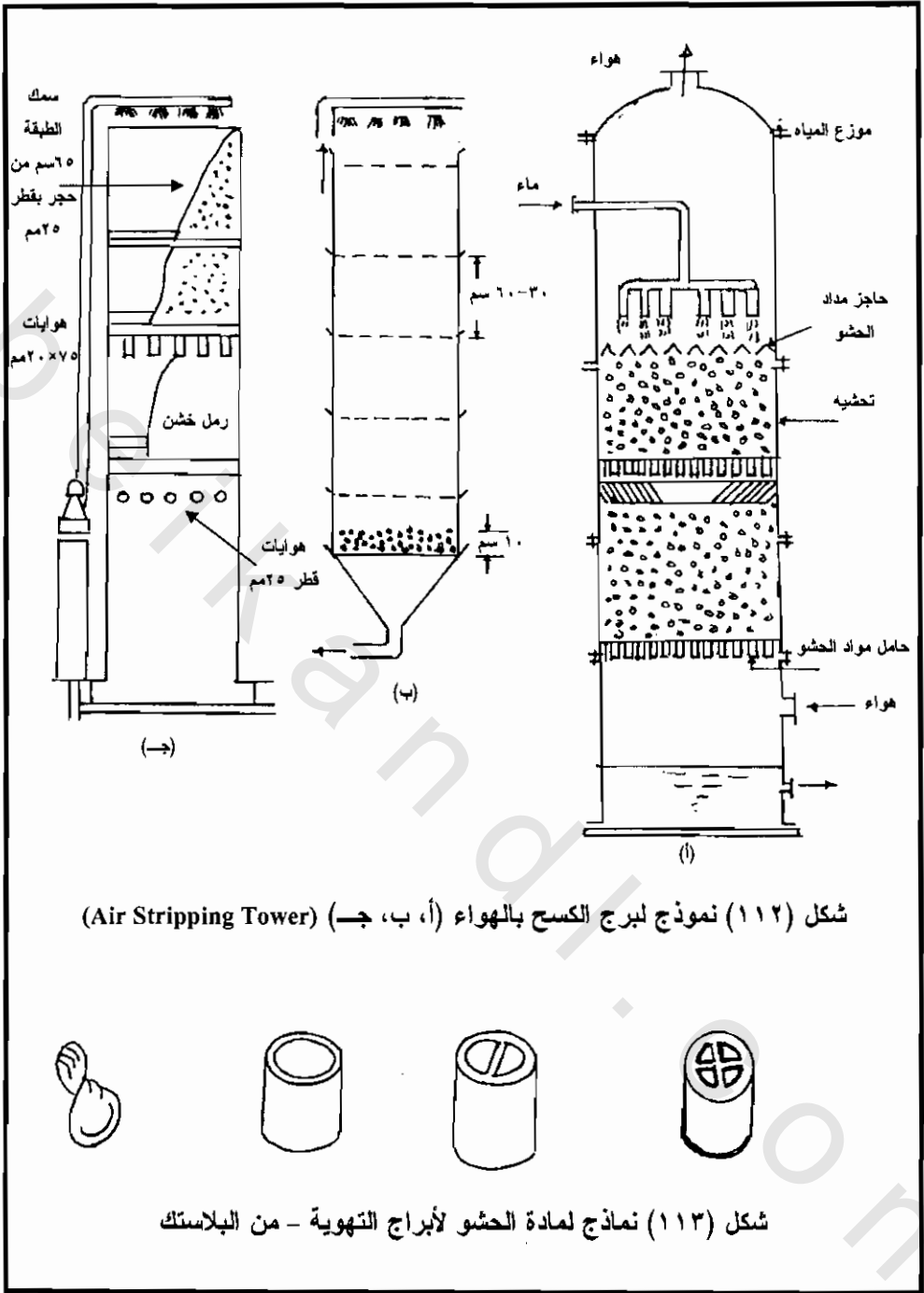
شكل (١٠٩) بعض أنواع الفنى لتهوية المياه بالترزيز



شكل (١١٠) التهوية بالفنشورى (Venture Aerator)



شكل (١١١) التهوية بالترزيز



obeikandi.com

القسم الرابع

إزالة الحديد والمنجنيز من مياه الشرب والاستخدام المنزلى

مقدمة :

مركبات الحديد والمنجنيز بالإضافة إلى مركبات الكالسيوم والمغنيسيوم والألومنيوم من مسببات العسر فى المياه. يوجد الحديد والمنجنيز فى صخور وأملاح التربة فى شكل مركبات الكربونات والأكاسيد والكبريتيد (Sulphides)، كما يوجد فى الطفلة وفى أنسجة الكائنات الحية. الحديد والمنجنيز من الملوثات الغير مقبولة فى مياه الشرب والاستخدام المنزلى.

١- الحديد والمنجنيز فى مصادر المياه الجوفية والسطحية :

أ- فى مصادر المياه الجوفية :

يوجد الحديد والمنجنيز فى كثير من مصادر المياه الجوفية ويوجد المنجنيز عادة مع الحديد ولكن بنسب اقل. المياه الجوفية عادة تحتوى على نسب عالية من ثانى أكسيد الكربون ونسب قليلة من الأوكسجين المذاب ويرجع تكون ثانى أكسيد الكربون إلى تحلل المواد العضوية فى التربة لا هوائيا وفى هذه الظروف فان أملاح الحديد والمنجنيز فى الشكل عالى التكافؤ تكون غير مذابة وعند توفر ثانى أكسيد الكربون وغيبية الأوكسجين تتحول هذه الأملاح الغير مذابة الى المركبات

المذابة ثنائية التكافؤ مثل ايدروكسيد وبيكربونات الحديدوز والمنجنيز ثنائى التكافؤ (Manganous). (Mn^{++} , Fe^{++}). وكذلك توجد الكبريتات المذابة فى المياه الجوفية وكذلك يوجد الايون الثنائى التكافؤ للحديد والمنجنيز محتوى على كبريتيد الهيدروجين.

كما يوجد الحديد والمنجنيز مرتبط بالمركبات العضوية الناتجة عن تحلل الكائنات الحية (النباتات والحيوانات) والتي تسمى بالحامض الاصفر فى المياه (Yellow Acid) والذي يتحد مع مركبات الحديدوز مكونا مركبات عضوية وهذه مواد ملونة معقدة (Complex).

ويوجد الحديد فى المياه الجوفية بنسب حتى ٢٥ جزء فى المليون وقد يزيد عن ذلك أو يقل كما أن المنجنيز يوجد عادة بنسب اقل من واحد جزء فى المليون. الملاحظة العامة ان المياه ذات القلوية العالية بها نسب اقل من الحديد والمنجنيز عن المياه ذات القلوية المنخفضة وكذلك فان تركيز الحديد فى المياه الجوفية حيث التربة الحاملة تكون زلطية يكون اقل منه فى التربة الحاملة الصخرية مركبات الحديد المتحدة مع مواد عضوية (Colloidal) أو الغير مذابة تزال بفعل الترشيح للتربة الحاملة للمياه الجوفية أثناء ضخ المياه من البئر الجوفى.

ب - الحديد والمنجنيز فى مصادر المياه السطحية :

يوجد الحديد فى مصادر المياه السطحية المحتوية على الأوكسجين فى أشكال مختلفة من الحديد الثلاثى التكافؤ (الحديديك - Ferric Iron) فقد يوجد فى مستحلب الطفلة والطين، والأجسام العالقة الصغيرة من أكسيد الحديد المائى تكون فى شكل جيلاتينى (Colloidal) أو فى شكل مركب عضوى معقد ملون أو فى شكل أجسام محاطة بمواد مانعة لظهور اللون (Chelated) كما يوجد فى شكل مواد ومركبات غير عضوية أو مركبات مع مواد عضوية عالقة. فى العينات المرشحة من المياه المحتوية على أوكسجين نادرا ما تزيد نسبة الحديد عن واحد جزء فى المليون. أما المنجنيز فانه يوجد فى المياه السطحية فى شكل مركبات عضوية عالقة محتوية على المنجنيز رباعى التكافؤ وكذلك فى شكل مركبات ثلاثية التكافؤ المعقدة القابلة

للذوبان نسبياً وفي المركبات المعقدة الغير عضوية. وفي الحالة المذابة كأيون المنجنيز ثنائى التكافؤ نادر ما تزيد نسبة المنجنيز فى المياه السطحية عن واحد جزء فى المليون وغالبا ما يوجد المنجنيز بنسبة من ٠,١ الى ١ جزء فى المليون وتصل نسبة المنجنيز من ثلث الى نصف نسبة الحديد.

ج- المشاكل التى يسببها وجود الحديد والمنجنيز فى المياه :

يحدث عند غسل الملابس أو الأواني أو أى أجسام تلامسها المياه المحتوية على الحديد والمنجنيز وجود بقع ملاصقة قبيحة المنظر غير قابلة للذوبان ذات لون الصدأ البنى والأصفر والرمادى والأسود. المنجنيز لاذع فى حالة زيادة نسبته فى مياه الشرب والحديد والمنجنيز يحول مشروب الشاي الى اللون الأسود ويغمق لون الخضراوات المغلية كما انه غير صالح لإعداد الأطعمة من بعض البقول مثل العدس ويعطى الحديد مذاق معدنى ما بين المر والحلو ويمكن اكتشافه بواسطة الذواقة عند تركيز ١-٢ ملليجرام فى اللتر ويشكل كل من الحديد والمنجنيز مشاكل فى العمليات الصناعية التى تدخل فيها المياه.

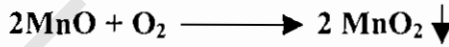
ويساعد وجود الحديد والمنجنيز على نمو وتكاثر البكتريا والذى يسبب الانسداد للمواسير والوصلات والمحابس بما يزيد استهلاك الطاقة كما أن البكتريا المؤكسدة للحديد تعمل على ترسيب الحديد فى شبكة التوزيع والسباكة المنزلية بما يسبب اللون الأحمر للمياه وبما يزيد من تراكم الترسبات. بالإضافة إلى ذلك فإنه عندما تتحلل البكتريا فإنها تسبب مذاق ورائحة غير مقبولة للمياه بما يجعله غير مناسب للشرب. وعند تحلية المياه بطريقة التبادل الأيوني أو باستخدام الأغشية (Membranes) فإنه يلزم التخلص من الحديد والمنجنيز لتجنب الترسيب والانسداد مما يتطلب التنظيف بصفة مستمرة للمحافظة على كفاءته.

وقد وجد من الخبرة ان الحديد غير مقبول بنسبة اكبر من ٠,٢ جزء فى المليون والمنجنيز بنسبة ٠,١ جزء فى المليون وللأغراض الصناعية فان الحديد قد يصل إلى ٠,١ جزء فى المليون والمنجنيز ٠,٠٥ جزء فى المليون. وقد أجازت وزارة الصحة نسب الحديد حتى ٠,٥ ملليجرام / لتر والمنجنيز حتى ٠,٣ ملليجرام /

لتر في قانون البيئة ٤ / ٩٤ في حالة استخدام المياه لأغراض الشرب الاستخدام المنزلي.

د- إزالة الأشكال المختلفة للحديد والمنجنيز :

رغم إن الحديد والمنجنيز سواء المذاب أو الغير مذاب يوجد في أشكال متعددة في مصادر المياه السطحية المحتوية علي الأكسجين المذاب فإن وجودهم في المياه المرشحة محدود إلي درجة كبيرة بما لا يزيد عن ١ ملليجرام وذلك لإزالتهم في عمليات المعالجة بالمرشحات. ولكن لا يعتمد عليها في إزالة المنجنيز المذاب. المعالجة الأولية بواحد أو أكثر من العوامل المؤكسدة يؤكد المنجنيز المذاب إلي ثاني أكسيد المنجنيز الغير قابل للذوبان في الماء.



وجود غطاء من ثاني أكسيد المنجنيز الغير مذاب علي حبيبات الرمل في المرشح لا يساعد فقط في خفض المنجنيز إلي المستوي المطلوب ٠,٥ ملليجرام / لتر ولكن يساعد في الحصول علي مياه مرشحة تحتوي علي حوالي ٠,٠١ ملليجرام / لتر منجنيز وهي الحالة المثالية لنوعية المياه.

اللون العضوي في المياه السطحية مرتبط عادة بالمياه ذات القلوية الضعيفة أو المنعدمة ويزال اللون عند استخدام الشبة كمروب. كما أن استخدام كبريتات الحديدك كمروب ممتاز في مجال رقم هيدروجيني من ٦,٥ - ٨,٥. عند إزالة العسر للمياه من المصادر السطحية المحتوية علي الأكسجين المذاب بواسطة عملية الجير - الصودا (Soda - Lime) فإنه يتم إزالة الحديد والمنجنيز المذاب والغير مذاب مع باقي أملاح العسر. وتعتبر هذه الطريقة مؤثرة في إزالة المنجنيز نظرا لارتفاع الرقم الهيدروجيني.

يوجد ثلاث أشكال للحديد والمنجنيز في المياه الجوفية والتي يلزم إزالتها

* أيونات الحديدوز عادة مع مركبات عضوية ملونة وكذلك المنجنيز ثنائي التكافؤ مع مركبات عضوية ملونة ثم اللون حيث جزء بسيط منه متحد مع الحديد وكذلك يحتمل مع المنجنيز .

* المياه الملوثة ليست بالضرورة مياه سطحية، اللون العضوي في المياه الجوفية مرتبط عادة بالمياه العسر في الآبار الضحلة.

عندما تحتوي المياه الجوفية الملونة علي ٥ - ١٠ ملليجرام / لتر من الحديد يوجد ثلاث أنواع من معالجات يمكن عملها.

* المعالجة الأولية بالتهوية ثم الترويب والترسيب والترشيح.

* المعالجة الأولية بالتهوية ثم الأكسدة بالكلور أو ثاني أكسيد الكلور أو الأوزون.

* الترويب والترسيب مع إضافة ١ - ٣ ملليجرام / لتر من كبريات الحديد كعامل تزغيب في حالة تركيزات الحديد القليلة.

كما يمكن إزالة أيون الحديدوز والمنجنيز ثنائي التكافؤ سوياً مع باقي أيونات العسر من المياه الجوفية باستعمال الزيوليت الخاص بإزالة العسر، وذلك مع الحرص من دخول الهواء الي المبادل الأيوني حتي لا يرسب الحديد المؤكسد ويسبب الأنسداد أو التلف لطبقة التبادل الأيوني. وقد أصبح المألوف حالياً إزالة الحديد والمنجنيز بالتهوية مع استخدام مفاعل طبقة الحماة (Sludge Blanket) من أكاسيد الحديد والمنجنيز الرباعي ثم الترشيح وذلك قبل استخدام التبادل الأيوني لإزالة الملوحة. نقل إزالة أيون الحديد والمنجنيز عند أكسدة الحديد الي الثلاثي التكافؤ والمنجنيز الي الرباعي التكافؤ حيث يحدث ترسيب وأنماج مما يسهل إزالتهم بالترشيح.

هـ - التفاعل مع المؤكسدات :

عند أكسدة الحديد الثنائي الي الثلاثي التكافؤ فإن هذه الأكسدة تزيد الحديد بمكافئ واحد وفي حالة أكسدة المنجنيز الثنائي الي المنجنيز الرباعي التكافؤ فإن الأكسدة للمنجنيز تزيد بمعدل ٢ مكافئ

لذلك فإنه يصرف النظر عن الوزن الذري للحديد والمنجنيز فإن المنجنيز الثنائي يتطلب عملياً ما يعادل حوالي ضعف المؤكسد الذي يتطلبه الحديد الثنائي. يهتم المصمم بإيجاد الحديد والمنجنيز في الشكل الغير مذاب أثناء عملية الأكسدة مع إزالة الرواسب في العمليات التالية. ويلاحظ أنه بزيادة سرعة الأكسدة يتكون راسب الأيدروكسيد ومع بطئ تفاعل الأكسدة تتكون الكربونات. العوامل المؤكسدة عادة والتي تشمل الكلور وثاني أكسيد الكلور وبرمنجات البوتاسيوم. يظهر في الجدول التالي كمية المؤكسد المطلوب والقلوية المستهلكة وتقدير للراسب المتكون.

الرواسب المتكونة تكون أساساً من إيدروكسيد الحديدك وثاني أكسيد المنجنيز (Fe (OH)₃ & MnO₂) مع احتمال تكون كربونات الحديد وفورمات المنجنيز المتحد مع ثاني أكسيد المنجنيز MnO₂ (Mn(OOH)₂) - .

أكسدة الحديد:

التفاعل	(المؤكسدة) مليجرام / مليجرام حديد ثنائي	(القلوية المستخدمة) مليجرام / مليجرام حديد ثنائي
أ - الأكسجين $Fe(HCO_3)_2 + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3 + 8CO_2$	٠ , ١٤	١ , ٨
ب - الكلور $2Fe(HCO_3)_2 + Ca(HCO_3)_2 + Cl_2 = 2Fe(OH)_3 + CaCl_2 + 6CO_2$	٠ , ٦٤	٢ , ٧
ج - البرمنجات $3Fe(HCO_3)_2 + KmnO_4 + 2H_2O = 3Fe(OH)_3 + MnO_2 + KHCO_3 + 5CO_2$	٠ , ٩٤	١ , ٥
د - ثاني أكسيد الكلور $Fe(HCO_3)_2 + NaHCO_3 + ClO_2 = Fe(OH)_3 + NaCl + 3CO_2$	١ , ٢١	٢ , ٧

أكسدة المنجنيز :

التفاعل	(المؤكسد) مليجرام / مليجرام منجنيز ثنائي	(القلوي المستخدم) مليجرام / مليجرام منجنيز ثنائي
أ - الأكسجين $2 \text{MnSO}_4 + 2 \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{O}_2 = 2 \text{MnO}_2 + 2 \text{CaSO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{CO}_2$	٠, ٢٩	١, ٨
ب - الكلور $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{Cl}_2 = \text{MnO}_2 + \text{CaCl}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{CO}_2$	١, ٢٩	٣, ٦٤
ج - ثاني أكسيد الكلور $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2 + 2 \text{NaHCO}_3 + 2 \text{ClO}_2 = \text{MnO}_2 + 2 \text{NaClO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{CO}_2$	٢, ٤٦	٣, ٦
د - برمنجنات البوتاسيوم $3 \text{Mn}(\text{HCO}_3)_2 + \text{KmnO}_4 = 5 \text{MnO}_2 + 4 \text{HCO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} + 4 \text{CO}_2$	١, ٩٢	١, ٢١

٣- ديناميكا التفاعل مع الأكسجين :

إن معدل أكسدة الحديدوز في أي رقم هيدروجيني هو دلالة لتركيز الحديدوز في حالة توفير الأكسجين حيث يقل معدل الأكسدة كلما قل التركيز. ومن ناحية أخرى فإن معدل أكسدة الحديدوز يتوقف على الرقم الهيدروجيني بدرجة كبيرة حيث يزداد بمائة مرة لكل زيادة واحدة في الرقم الهيدروجيني عند ثبات درجة الحرارة. وتأثر الأكسدة بدرجة الحرارة أقل حيث تزداد عشرة مرات لكل ارتفاع في درجة الحرارة مقداره ٨ درجات مئوية. في المياه المحتوية على البيكربونات وعند درجة حرارة ١٦°م فإن الأكسدة تتم ببطء شديد جدا عند رقم هيدروجيني ٦,٥ ولكن عند رقم ٦,٩ & ٧,٢ فإن الوقت اللازم لإكمال التفاعل بنسبة ٩٠% هو تقريبا ٤٨ دقيقة، ٨ دقائق وأقل من دقيقة عند نفس درجة الحرارة ورقم هيدروجيني ٧,٩. القلوية المرتفعة تساعد كذلك على أكسدة أيون الحديدوز. وللحصول على أكسدة فورية لأيون الحديدوز في المياه الجوفية ذات القلوية

المنخفضة، فإنه من الضروري رفع قلوية البيكربونات إلي ١٠٠ - ١٣٠ ملليجرام / لتر مقيمة ككربونات كالسيوم.

قد تكون التهوية غير مؤثرة في المياه المحتوية علي مركبات عضوية مركبة وذلك لأن الحديدوز يمكن أن يكون مركبات عضوية مركبة مع هذه المواد العضوية ومنها أحماض التينك (Tannic Acids) وهذه المركبات يمكن أن تعيق تماما أكسدة الحديدوز لعدة أيام حتي عند توفر الأوكسجين. أيون النحاس ثنائي التكافؤ (Cu^{++}) يؤثر علي سرعة أكسدة أيون الحديدوز كعامل وسيط حتي ان الكميات الصغيرة جدا (Traces) لها تأثيرها علي معدل التفاعل ولا يتأثر هذا العامل الوسيط بدرجة الحرارة أو في حالة تكوينها لمركبات معقدة مع المواد العضوية ومن العوامل المساعدة لسرعة أكسدة الحديد والمنجنيز ايونات الفسفور ثنائية الهيدروجين (H_2PO_4) لاتحادها مع المنجنيز ثنائي التكافؤ والحديد ثلاثي التكافؤ لتكون مركبات معقدة. وكذلك أيون الميتافوسفيت أحادي التكافؤ (P_2O_5) يمكنه العمل كعامل وسيط لإسراع عملية الأكسدة للحديدوز وكذلك السيلكا تعمل كعامل وسيط في تفاعل الأكسدة.

أكسدة المياه المحتوية علي المنجنيز الثنائي والرابعي يؤدي الي ترسيبه في شكل ثنائي أكسيد المنجنيز أو إزالته من المياه. وتتوقف أكسدة المنجنيز مثل الحديد علي الرقم الهيدروجيني حيث يقل معدل الأكسدة عند رقم هيدروجيني أقل من ٩ وعند الوصول الي رقم هيدروجيني ٩,٥ يزداد على الرقم الهيدروجيني فقط معدل الأكسدة بوضوح. ولا يتوقف معدل الأكسدة للمنجنيز على الرقم الهيدروجيني فقط بل كذلك على ثاني أكسيد المنجنيز وقد ثبت أن ثاني أكسيد المنجنيز يقوم بامتصاص المنجنيز ثنائي التكافؤ. امتصاص ثاني أكسيد المنجنيز يزداد بمعدل ٢,٥ مرة من ٠,٣ جرم منجنيز ثنائي لكل واحد ملليجرام ثاني أكسيد المنجنيز عند رقم هيدروجيني ٧ إلى ٠,٧٥ ملجرام منجنيز ثنائي لكل واحد ملليجرام ثاني أكسيد المنجنيز عند رقم هيدروجيني ٨. وذلك يعني أنه يمكن إزالة المنجنيز الثنائي من المياه بامتصاصه علي ثاني أكسيد المنجنيز في مجال رقم هيدروجيني الموضح في الشكل (١١٤). وبدون رفع الرقم الهيدروجيني فإنه بزيادة ترسيب ثاني أكسيد

المنجنيز المؤكسد يمكن زيادة إدمصاص المنجنيز الثنائي التكافؤ الموجود في الماء. ويمتص كذلك المنجنيز الثنائي علي أكسيد وإيدروكسيد الحديديك.

يتوقف كذلك امتصاص المنجنيز الثنائي علي الرقم الهيدروجيني فكلما زاد الرقم الهيدروجيني وخاصة عند رقم هيدروجيني أكبر من ٨,٢ كما في الشكل (١١٥). يزداد امتصاص المنجنيز الثنائي علي إيدروكسيد الحديديك ثلاث مرات عند ارتفاع الرقم الهيدروجيني من ٨,٢ إلي ٨,٧. وهذا يعني أنه يمكن إزالة المنجنيز الثنائي من المياه بالإمتصاص علي أيدروكسيد الحديديك أو أكسيد الحديديك المائي في مجال الرقم الهيدروجيني الموضح بالشكل (١١٥). وذلك بدون رفع الرقم الهيدروجيني إلي درجة غير عملية. ولذا فان الرقم الهيدروجيني الأكثر مناسبة لترسيب إيدروكسيد الحديديك أو أكسيد الحديديك بالأكسدة هو نفس المجال للرقم الهيدروجيني لامتصاص المنجنيز الثنائي علي كل من إيدروكسيد الحديديك أو أكسيد الحديديك أو ثنائي أكسيد المنجنيز.

ودراسة معدل الأكسدة في مجال رقم الهيدروجيني مرتفع أظهرت أن ١٠ مليجرام / لتر من أيون المنجنيز الثنائي بدون خلط والذي يقلل من امتصاصه لأقل حد ، فإن كفاءة التفاعل هي ٩٠% في زمن ١٥ دقيقة عند رقم هيدروجيني ٩,٩٥، أن المنجنيز الثنائي يمكن أن يقل عند رقم هيدروجيني ١٠,١ الي ٠,٥ مليجرام / لتر أو أقل في بضع دقائق.

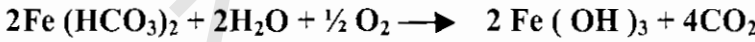
مركبات المنجنيز الثنائي والرباعي مثل الحديد الثنائي يمكن ان يكون مركبات عضوية معقدة غالبا ملونة مع أحماض الهيوميك (Humic Acids) ومواد أخرى نتيجة تحلل النباتات وهذه المركبات مثل مركبات الحديدوز تؤخر عملية الأكسدة لمركب المنجنيز الثنائي والرباعي.

٣- استخدام الهواء الجوي :

التهوية تعتبر الخطوة الأولى الضرورية لإزالة الحديد والمنجنيز من المياه المعزولة عن الهواء (المياه الجوفية). التهوية تحقق السرعة في امتصاص الأكسجين من الهواء والتخلص من ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين.

التخلص من ثاني أكسيد الكربون يعمل علي رفع الرقم الهيدروجيني للمياه وهذا يساعد علي التخلص من كبريتيد الهيدروجين وكذلك علي ترسيب الحديدوز الي أيدر وكسيد حديديك او أكسيد الحديديك وكربونات الحديديك التهوية في الأبراج المفتوحة لا تزيل كل ثاني أكسيد الكربون كما ان ازالة ثاني أكسيد الكربون تقل كلما زادت القلوية او كمونها (Buffer).

تهوية المياه المحتوية علي الحديد والمنجنيز هي عملية عادية حيث أن بيكربونات الحديدوز المذابة في الماء ليس لها لون بينما أيدر وكسيد الحديديك له درجة إذابة ضعيفة (أقل من ٠,١ جزء في المليون). ونتيجة لذلك، فعند أكسدة بيكربونات الحديدوز فإن محتوى الماء من الحديد يرسب في شكل أيدروكسيد حديديك. عملية الأكسدة هذه تكون تامة وسريعة عند رقم هيدروجيني ٧ فاعلي أما عند رقم هيدروجيني أقل فإنها تكون بمعدل بطيء جداً والتفاعل كالاتي:



أكسدة بيكربونات المنجنيز الذي نادرا ما يوجد في الماء مشابه لبيكربونات الحديدوز إلا أن الرقم الهيدروجيني يجب أن يرتفع كما أن الزمن اللازم لإتمام التفاعل اكبر. لذلك عندما يكون كلا من الحديد والمنجنيز مذاب في الماء فإنه ومن الضروري رفع الرقم الهيدروجيني إلي ١٠. حيث عند رقم هيدروجيني أقل فإن الحديد يترسب والمنجنيز يظل مذاب في الماء عند الماء الأكسدة بالهواء الجوي. ويرفع الرقم الهيدروجيني بإضافة لبن الجير، والصودا الكاوية أو الصودا أش، وإزالة الحديد فقط فإنه ليس ضرورياً إضافة قلوئ لأن التهوية تزيل جزيئات ثاني أكسيد الكربون بما يعمل علي رفع الرقم الهيدروجيني. رغم هذا فإن الزيادة في الرقم الهيدروجيني قد لا تكون كافية دائماً لإزالة الحديد، عندئذ فإنه يلزم إضافة قلوئ.

المعدات المستخدمة في التهوية :

نوع جهاز التهوية المستخدم يتوقف علي عدة عوامل وهي المحتوي من ثاني أكسيد الكربون، الإزالة للحديد والمنجنيز وكبريتيد الهيدروجين، درجة الإزالة المطلوبة، وحجم المياه التي سيتم معالجتها.

المستخدم عادة في تصميم معدات التهوية وهو جهاز الهواء الذي يعمل بضغط الهواء والألواح الخشبية أو يرج التهوية المملوء بمادة تحشبية (Tower Packed). نموذج برج التهوية وتوزيع الهواء المضغوط لسحب الغازات في الشكل (١١٦) ويتكون من منشأ مغلق دائري أو مربع محتوياً علي عدد من الصواني ذات الألواح الخشبية حيث الفواصل بين الألواح غير متعامدة ما بين العليا والتي تليها. المياه تدخل من أعلا برج التهوية وتوزع بانتظام. نظراً لعدم تعامد الألواح الخشبية المكونة للصواني علي بعضها البعض فان طبقة المياه الرقيقة التي تسقط علي الأطراف لأحد هذه الألواح تسقط علي وسط اللوح في الصينية التي أسفلها. وعند قاع البرج فان المياه التي يتم تهويتها تتدفق بمعزل عن الهواء إلي حوض تجميع. تتم التغذية بالهواء إلي قاع البرج بواسطة جهاز دفع الهواء (Aerator) والذي يدفعه إلي أعلا خلال برج التهوية وفي اتجاه معاكس لسقوط المياه بمعدل قدم مكعب من الهواء في الدقيقة لكل جالون في الدقيقة من المياه (بما يعادل ٣٠ لتر من الهواء في الدقيقة لكل ٣,٧٨٥ لتر من المياه). في الجزء العلوي من برج التهوية فإن الهواء مضافا إليه المحتوي من الغازات التي أزيلت يتم سحبه من خلال عوائق هوائية (Air Baffles) إلي الجو فوق صينية الموزع والذي يخرج منها الهواء إلي الجو.

الكفاءة العالية لهذا النوع من الهوايات يرجع إلي التحكم العكسي لكل من الهواء والماء بالإضافة إلي عمل عدد كبير من ألواح الصواني وما توفره من طبقات متجددة من المياه وتقيط للمياه. المعدل التطبيقي المستخدم لتصميم هذا النوع من الأبراج هو ٣٠ - ٤٠ جالون في الدقيقة لكل قدم مربع. كثير من الهوايات (Aerators) القديمة والتي سميت فيما بعد بهوايات التلامس (Contact Aerators) كانت تتكون من صواني محتوية علي فحم مجروش و يرش فوقها المياه المحملة بالحديد علي طبقات الفحم بعمق من ٦ - ١٠ قدم وكانت تسمى المرشحات (Tricklers). وللحصول علي اكبر سطح للتلامس فإن الوسط الترشيحي في جهاز التهوية يتكون عادة من فحم النباتي، الزلط، الرخام، الحجر الجيري حيث يتم الترشيح بعد التهوية في مرشح التلامس. وبذلك أصبح إمكان إزالة الحديد والمنجنيز باستخدام الهوايات. مرشح التلامس يستخدم فيه عادة فحم الكوك ذو أحجام كبيره نسبياً يليه أحواض الترسيب ثم الترشيح.

وعند استخدام مادة ناعمة في جهاز التهوية بالتلامس يتم توفير مساحة كبيرة. بما يوفر فراغ كافي لاحتواء الحديد المرسب. ويستخدم في هذا المرشح فحم نباتي لحجز المواد العالقة بما يترتب عليه عدم الحاجة الي استخدام الترسيب والترشيح. اما الهوايات بالصواني ذات الثقوب الغير متعامدة علي بعضها البعض (Staggard Slot Trays) فقد استخدمت لانالته الحديد والمنجنيز في التهوية ثم الترشيح. والهوايات ذات الضغط (Pressure and Forced draft) فقد انتشر استخدامها في التهوية حيث أن أيروكسيد الحديد الراسب في وحدات التهوية التي تستخدم سحب او ضغط الهواء (Pressure or Forced draft) سوف يمكنها إدمصاص كميات صغيرة من المنجنيز الموجود في الماء.

أجهزة التهوية والترشيح واجهزة التهوية والمكث (Detention) والترشيح تستخدم عند احتواء المياه الجوفية علي ٥ - ١٠ ملليجرام / لتر من الحديد ومازالت التهوية بالصواني المتعاقبة التي بها مادة التلامس تستخدم حتي الآن. كما أدخلت نظم سرعة الترسيب للحديد بإضافة الجير - الصودا آس في حوض المكث بعد التهوية لرفع القلوية إلي ١٠٠ - ١٣٠ ملليجرام / لتر.

وفي حالة إضافة ايون النحاس (كبريتات النحاس $CuSO_4 \cdot 2H_2O$) كعامل بسيط للأكسدة قبل التهوية مباشرة حيث ثبت في أحد وحدات المعالجة أن أيون الحديدوز لكي يتأكد إلى الحديدك إنخفض زمن المكث من ٩٠ دقيقة إلى ١٨ دقيقة بإضافة ٠,١ ملليجرام / لتر نحاس (كبريتات النحاس المائية تزن ٣,٩٣ ضعف النحاس).

إذا كان التركيز الحديد في المياه الجوفية من ٥ - ١٠ ملليجرام / لتر فإن المعالجة بالتهوية يمكن ان يليها الترويب والترغيب ثم الترسيب والترشيح. حيث بدون الترويب والترغيب فان الحديد المؤكسد يمكن ان يتطلب من ١٢ - ٢٤ ساعة أو أكثر ليرسب تماما بينما في حالة الترسيب بالمروبات يتطلب زمن ٢ ساعة في حالة وجود المنجنيز الثنائي يلزم الأكسدة بواحد أو أكثر من المؤكسدات بجانب إزالة المنجنيز بالإدمصاص فإنه يزال كذلك بالترشيح خلال مرشح رملي حيث تتكون طبقة من ثاني أكسيد المنجنيز علي حبيبات الرمل.

بعد التزغيب والترويب تمر المياه إلى أعلا خلال طبقة الرواسب بمعدل ارتفاع أو تدفق باللتر / سم² / الثانية من السطح المؤثر. طبقة الراسب الطافي في مثل هذا الاستخدام بها تركيز المواد العالقة حوالي ٠,٠٨ الي ١ % أو ٨٠٠ إلى ١٠٠٠ مليجرام / لتر والتي تتكون معظمها من أيدر وكسيد الحديدك و كربونات الكالسيوم وبعض أكسيد المنجنيز الرباعي المائي. وبهذا يتكون افضل مرشح تلامسي (Contact Filter) حيث لا يوجد انسداد وذو طاقة او إدمصاص لانهاية حيث مع مرور المياه لأعلي خلال طبقة الرواسب (Sludge Blanket) يمتص المنجنيز الثنائي المتبقي والذي لم يحدث له أكسدة أثناء عملية الترويب. وبعض هذه الأيونات الممتصة تحدث لها أكسدة بواسطة الأوكسجين المذاب في الماء وترسب ثاني أكسيد المنجنيز.

٤ - استخدام المؤكسدات :

أ- استخدام الكلور :

في كثير من الحالات فان إضافة الكلور بعد التهوية سواء في حالة التهوية / المكث (Detention). الترشيح او التهوية. الترسيب. الترشيح يساعد علي الأكسدة. ففي حالة الكلوره للمياه فإنها تزيد من كفاءة المرشح.

رغم ان المنجنيز الثنائي المؤكسد إلى الرباعي لا يذوب في الماء ونظرا لأن حبيباته صغيرة جدا ولا ترسب بسهولة وفي البداية يكون لها استعداد جيد للمرور من المرشح. ولكن بعد وقت قصير بعد عملية الكلورة فان حبيبات الرمل في المرشح تصبح سوداء إذا كان الموجود فقط هو المنجنيز ولونه بني قاتم (ما هو جاني) في حالة وجود الحديد كذلك. وهذا يرجع إلى وجود طبقة ثاني أكسيد المنجنيز فقط أو معها أكاسيد الحديدك أو أيدر وكسيد الحد يدك. وعند تغطية حبيبات المرشح كما سبق ذكره فإن المرشح لا يمرر المنجنيز مطلقا وذلك بالإدمصاص والأكسدة. وهذه الرواسب على حبيبات الرمل ضرورية لمنع مرور المنجنيز ولا يتم إزالتها مطلقا.

ب- استخدام برمنجنات البوتاسيوم :

برمنجنات البوتاسيوم لها استخدامان أحدهما كمؤكسد لإزالة الحديد والمنجنيز والآخر كمؤكسد مع مرشح الزيوليت - المنجنيز. مع إضافة البرمنجنات ومادة الترويب في حوض الخلط السريع عند رقم هيدروجيني عادي يعطي نتائج طيبة وذلك لسرعة تفاعل البرمنجنات مع المنجنيز عند رقم هيدروجيني ٦ فأكثر. ويمكن إضافة الكلور أولاً لأكسدة الحديد وكذلك لتوفير جزء من الكلور المطلوب ثم تستكمل الأكسدة بعد ذلك باستخدام البرمنجنات ويعتبر إضافة البرمنجنات بأهمية خاصة عند إزالة المنجنيز، حيث يلزم أن يتطابق العمل في وحدة المعالجة مع التجارب المعملية لتعيين الجرعة المطلوبة. فمثلاً في وحدة معالجة كان النظام أولاً كلور مع زمن مكث ٥-١٠ دقيقة ثم شبة ثم جير، برمنجنات. وتختلف عملية المنجنيز - الزيوليت عن عملية تبادل أيون الصوديوم في أنه بالتحديد إزالة للحديد والمنجنيز وليست عملية تحلية المياه. ويتم تنشيطها باستخدام محلول برمنجنات البوتاسيوم بدلاً من الملح العادي. ويجهز زيوليت المنجنيز من الرمل الأخضر (Green Sand) معد بالمعالجة المتبادلة بمركبات المنجنيز الثنائية وبرمنجنات البوتاسيوم منتجة أكاسيد عالية من المنجنيز داخل وخارج الرمل الأخضر. ونظراً لأن عملية التنشيط تتطلب وقتاً نظراً للإسداد المستمر في المسام فقد استبدلت هذه العملية بنظام التغذية المستمر بالبرمنجنات لإستمرار التنشيط للرمل الأخضر، حيث تم وضع طبقة من الفحم النباتي فوق طبقة الرمل الأخضر لإحتواء الرواسب من أكاسيد الحديد والمنجنيز وبذلك تعمل كلا من طبقة الرمل وطبقة الفحم النباتي كمرشح. وعند تراكم رواسب الحديد والمنجنيز يتم الغسيل العكسي للمرشح طبقاً لما هو متبع في أي مرشح بالإضافة إلى مهمتها الأساسية كطبقة ترشيح فإن المنجنيز - زيوليت يعمل حقيقة كعامل درئي (Buffer) - حيث يتأكسد أي منجنيز ثنائي متبقى أو حديدوز إذا كانت جرعة البرمنجنات ضعيفة إلى حد ما. أما في حالة زيادة الجرعة فإن البرمنجنات تعمل كمنشط لطبقة المرشح من المنجنيز - الزيوليت. مع استخدام مرشح المنجنيز - الزيوليت يفضل رفع الرقم الهيدروجيني للمياه الجوفية إلى القلوية ما بين ٧,٥ إلى ٨ حيث عندئذ يتأكسد ليس فقط الحديدوز

ولكن المنجنيز الثنائي في الحال. ويستخدم المرشح من الزيوليت- المنجنيز على نطاق واسع في مجال ٠,٥ إلى ٥ ملليجرام / لتر من الحديدوز المنجنيز الثنائي، وتوجد استخدامات خاصة لتركيزات أكبر. وقد نجحت عملية أكسدة المنجنيز المتحد مع المواد العضوية باستخدام البرمنجنات.

ج- الأوزون :

يستخدم للتطهير للمياه وأصبح منافس للكلور إلا أنه لا يحقق وجود أوزون متبقى شأن الكلور، نظراً لأنه يتحلل بوجود عامل وسيط مثل الحديد. ويعتبر من المؤكسدات البديلة للحديد والمنجنيز عند رقم هيدروجيني عادي ومتعادل. كما يصبح مؤثر في حالة وجود مواد عضوية مثل أحماض الهيوميك والفولفيك (Humic . Volvic . Acids) - عند زيادة جرعة الأوزون يعطي لون غامق كما يحدث في حالة زيادة جرعة البرمنجنات.

د - ثاني أكسيد الكلور CLO2 :

يتميز ثاني أكسيد الكلور في أنه لا يكون ألترياهالومثيان بالإضافة إلى قدرته على أكسدة الحديد المتحد مع المركبات العضوية وكذا أكسدة المنجنيز.

٥- تصميم وحدة إزالة الحديد والمنجنيز :

سوف يتم توضيح سبعة طرق لهذا الغرض وهي:

- أ - التهوية والترشيح باستخدام الهواء المضغوط.
- ب- التهوية والمكث والترشيح باستخدام الهواء المسحوب.
- ج- التهوية والمكث (الانتظار)؛ الترشيح باستخدام التهوية بالصوانى المتعاقبة.
- د- الزيوليت لإزالة العسر مع الزيوليت المنجنيز على جزء من ممر جانبي.
- هـ- مرشح الزيوليت- المنجنيز.
- و- التهوية والترسيب والترشيح.
- ز- الكلورة والترشيح.

من العوامل لرئيسة لإنجاح عملية إزالة الحديد والمنجنيز هو الترشيح المؤثر. حيث أن الوسط الترشيحي يلزم حسن اختياره. عادة القطر المؤثر يكون أكبر من ١,٥ مم. لا يستخدم الرمل الأخضر إلا في التدفقات الصغيرة. يمكن تكوين طبقة ثانی أكسيد المنجنيز على الوسط الترشيحي بالتغذية المستمرة الأولية بالصودا الكاوية حيث تتكون طبقة غطاء ثانی أكسيد المنجنيز في خلال عدة أشهر قليلة ثم يتوقف بعد ذلك التغذية بالصودا الكاوية.

أ- التهوية والترشيح باستخدام الهواء المضغوط لإزالة الحديد من مياه الآبار:

مع التشغيل وضخ المياه من البئر تمر المياه على فتحة في الخط الرئيسي مع تثبيت جزء من المياه يمر خلال خزان للتشبع بالهواء. ينظم تدفق الهواء من خزان التشبع بالهواء بواسطة جهاز ضبط المنسوب مع التشغيل لضغط الهواء. تندمج تدفقات الماء الهواء بعد الفتحة حتى المرشح بالضغط.

في هذا النظام يتم تشبع جزئي للمياه بالأكسجين (الهواء) كما في الشكل (١١٧).

ب- التهوية بالتلامس (Detention) الترشيح باستخدام الهوائية ذات الضغط (الهواء المسحوب):

يتم توجيه مياه الآبار إلى جهاز التهوية حيث يقوم الهواء (الأكسجين) بأكسدة الحديد والمنجنيز إلى التكافؤ الأعلى. ويتم تغذية جهاز التهوية أما من المضخة الجوفية مباشرة أو من حوض المكث (Detention Basin). وعند مرور الهواء فوق المياه في جهاز التهوية فإنه يزيل كذلك جزء من ثاني أكسيد الكربون ولذا يرتفع الرقم الهيدروجيني للماء بأسرع من أكسدة وترسيب الحديد والمنجنيز في شكل الأيدروكسيدات. ورغم أن التهوية بسحب الهواء (Forced draft Aerator) مع حوض المكث قبل الترشيح يستخدم في إزالة الحديد والمنجنيز إلا أن استخدامها الرئيسي كان للمياه المحتوية على ٥-١٠ ملجرام / لتر شكل رقم (١١٨) حوض المكث مطلوب لتوفير الزمن اللازم للتفاعل نظراً لأن التفاعلات لا تتم في الحال.

كما يجب أن تعرف أن الرقم الهيدروجيني له تأثير علي زمن إتمام التفاعل. وتشتت مواصفات التصميم الحالية زمن تلامس (مكث) من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة في حوض المكث. الحديد المؤكسد الغير قابل للذوبان في الماء. هناك حدود لإمكان إزالته في المرشحات بما يتطلب توفير العوائق في حوض الترسيب لتحقيق زمن التلامس والتأخير المطلوب والترسيب.

في حالة التصميم لإزالة ٥ - ١٠ ملجرام / لتر حديد فان حوض المكث يستبدل بحوض الترسيب الذي تسبقه عملية الترويب والترغيب في حوض التفاعل. ولذا فكلما زاد زمن الترسيب في حوض الترسيب كلما اكتمل التفاعل وكلما ترسبت المواد الغير مذابة بما يقلل من الأحمال علي مرشح الضغط الذي يلي حوض الترسيب.

* في سحب الهواء في جهاز التهوية كما في الشكل السابق (١١٨) يدخل الهواء الي أسفل جهاز التهوية بواسطة جهاز ضغط الهواء، يتدفق الهواء إلى اعلي ملامسا سطح الماء المتدفق من اعلي علي الصواني المتعاقبة. الجهاز مقفل تماما ويعمل عند ضغط من ١ - ٣ بوصة ضغط هواء استاتيكي (Static Air Pressure) الماء يتساقط من اعلي خلال موزع بحوائط مانعة حيث يسمح للهواء بالخروج مع استمرار المحافظة علي الضغط (Baffled distribution System).

* والبدل لهذه الوحدة هو دفع الهواء لوحدة التهوية وفي هذه الحالة يتم وضع جهاز ضغط الهواء اعلي برج التهوية حيث يدفع الهواء إلى أعلا من خلال مداخل مثقبة سفلية. جهاز التهوية بالضغط أو بالدفع له شكل مربع أو مستطيل مع وجود جانب يمكن سحبه او فكه في حالة الحاجة إلى عمل النظافة. في الأصل كانت الصواني من الخشب الأحمر ولكنها الآن من الألومنيوم أو البلاستيك. الجزء الخارجي يمكن تصنيعه من الخشب البحري أو الصلب المغطى أو الألومنيوم او من الفيبير جلاس المقوي. يعتبر التهوية بالضغط أو بالدفع أكثر كفاءة من الصواني المتعاقبة او وحدات صواني الكوك بالإضافة إلى ان وحدات التهوية بالهواء المضغوط او المسحوب تعمل بكفاءة أكثر من ٥٠ %

تدفق عن الصواني المتعاقبة أو بفحم الكوك. مما يترتب عليه إمكان صغر حجم الوحدات.

ج- التهوية، التلامس (التأخير)، الترشيح باستخدام التهوية بالصواني المتعاقبة:

Aeration, Detention, and Filtration using Multiple Tray Aerators

هذا النظام مثل النظام السابق عدا وحدة التهوية. وهو عادة ما يستخدم لإزالة الحديد والمنجنيز عندما تكون نسبتهم من ٥ إلى ١٠ ملليجرام / لتر. التهوية بوحدة الصواني وفحم الكوك كما في الشكل (١١٩) ما زالت تستخدم حتى الآن. حيث تدفق المياه إلى أسفل خلال صواني التوزيع والتي تملا عادة إلى سمك ١٠ إلى ١٥ سم بقطع من فحم الكوك بسمك ٥ إلى ١٠ سم أو بسبخ الحديد بدلا من الكوك - الثقوب في قاع صواني الكوك تسمح للمياه بالتدفق إلى أسفل حوض التجميع أسفل وحدة التهوية. وحدة التهوية إما مربعة أو مستديرة وتتكون من ٣-٥ صواني. الهواء المار فوق الصواني ملاصقا لسطح الماء الرقيق فوق فحم الكوك يؤكسد الحديد والمنجنيز الثنائي. وبعد فترة تشغيل تتكون طبقة على سطح فحم الكوك والتي تساعد في عملية الأكسدة. ولذا فإن نواتج الأكسدة يمكن أن تحدث انسداد في التصريف للمياه مما يتطلب تنظيفها أو استبدال الكوك كما في الشكل رقم (١١٩).

د - إزالة العسر بالزيوليت باستخدام المنجنيز - الزيوليت

Zeolite Softener with Manganese Zeolite On By Pass portion

هذا النظام يحقق إزالة العسر الي الحد المقرر سبقا. ولكن بإزالة عسر الحديد والمنجنيز. حيث يتم التحكم في تدفقات المياه من البئر الي جهاز الزيوليت لإزالة العسر علي أساس نسبة إزالة العسر المطلوبة. نظرا لأن جهاز إزالة عسر الزيوليت يزيل كاتأيونات العسر ومنها كاتأيونات الحديد والمنجنيز مما يتطلب عدم تعرض المياه للمؤكسدات أو الهواء الجوى أو كيماويات المعالجة قبل دخولها الى جهاز إزالة العسر حتى لا يحدث انسداد بواسطة نواتج الأكسدة. والجزء الآخر من المياه الخارجة من البئر يتم توجيهها مع تدفقات الكيماويات من البرمنجنات والقلوى الى وحدة المعالجة لإزالة الحديد والمنجنيز بما يحدث تأثير قليل على

كاتأيونات العسر. يتم خلط المياه الخارجة من وحدة إزالة العسر مع المياه المعالجة في وحدة إزالة الحديد والمنجنيز باستخدام زيوليت المنجنيز في الترشيح. عندئذ تكون المياه بالعسر المطلوب مع خلوها تماما من الحديد و المنجنيز. شكل (١٢٠).

هـ- نظام الترشيح باستخدام زيوليت المنجنيز :

يتم التغذية ببرمنجنات البوتاسيوم وقلوي (عند الحاجة لرفع الرقم الهيدروجيني) علي أساس المتوسط من مطالب البرمنجنات. نظام التغذية بالكيماويات متصل بنظام تحكم تشغيل البئر. تتم الأكسدة للحديد والمنجنيز في الخط في طريقها إلى المرشحات. نقطة التغذية بالكيماويات تكون قريبة ما أمكن من البئر لتوفير الزمن اللازم للتفاعل شكل (١٢١). ترسب نواتج الأكسدة علي سطح طبقة الترشيح من الفحم النباتي ذات الحجم الكبير حيث بذلك تحتجز هذه الرواسب. ونظرا لأن البرمنجنات تغذي طبقا لمتوسط المطلوب فان الزائد منها يتم امتصاصه بواسطة زيوليت المنجنيز. زيوليت المنجنيز عبارة عن مادة في شكل حبيبات سوداء ذات قطر منخل ١٦ - ٥٠ (50 Mesh - 16) والوزن ٩٨ رطل / القدم المكعب. كل قدم مكعب له طاقة ٠,٠٩ رطل من الحديد والمنجنيز. ظروف التشغيل توفر تدفق المرشح من ٣ إلى ٥ جالون في الدقيقة / القدم المربع مع معدل غسيل عكسي من ٨ - ١٠ جالون في الدقيقة / القدم المربع. عادة يكون الهواء مطلوب للغسيل عندما يزيد تركيز الحديد الداخل عن ٣ - ٥ مليجرام / لتر. معدلات التدفق الأعلى للموحدات مزدوجة، وذلك عندما تكون أحد الوحدات في الغسيل العكسي أو التنشيط في التشغيل تكون المياه المنتجة للرشح الذي تم ضبط أدائه لا يكون لها لون يظهر عدم التفاعل للبرمنجنات.

كما يوفر النظام ميزة نظام التشبع بالهواء المضغوط بمضخة واحدة. بالإضافة وطبقا لتركيز الحديد الموجود يمكن ان تعمل الوحدات بمعدل حتى ٥ جالون / الدقيقة للقدم المربع. ونظرا لأن معدل الغسيل العكسي المطلوب هي ٨٠% بالنسبة للمرشح الرملي، لذلك فان مياه الغسيل العكسي تكون اقل. عادة فان رمل الزيوليت الأخضر يتم إنتاجه من المحاجر ثم تنظيفه وتدرجه، ثم تنشيطه باستخدام

كلوريد المنجنيز (Manganous Chloride) لتحويلها الي زيوليت المنجنيز. كما هو موضح بالشكل رقم (١٢١).

و- التهوية / الترسيب / الترشيح : شكل رقم (١٢٢) Aeration ,Settling,And Filteration

عندما تكون كميات الحديد أو المنجنيز أو كليهما مرتفعة (١٠ ملليجرام / لتر أو أكثر) يتم إزالتها بنظام التهوية ثم الترشيح . فى هذا النظام تمر المياه المتدفقة من البئر خلال جهاز التهوية. التهوية بفحم الكوك مبين فى الشكل التالى (١٢٢) حيث استخدام صوانى فحم الكوك أو الصوانى المتعاقبة محدود للمياه المحتوية على اقل من ٣٠-٤٠ ملليجرام / لتر من ثانى أكسيد الكربون. أما التهوية بسحب أو ضغط الهواء وأن كانت اقل من التهوية بصوانى فحم الكوك أو الصوانى المتعاقبة إلا أنها اكثر كفاءة فى عملية الأكسدة وإزالة ثانى أكسيد الكربون بما يعمل على رفع الرقم الهيدروجينى وبالتالي يزيد من تكون وترسيب هيدروكسيدات الحديد والمنجنيز.

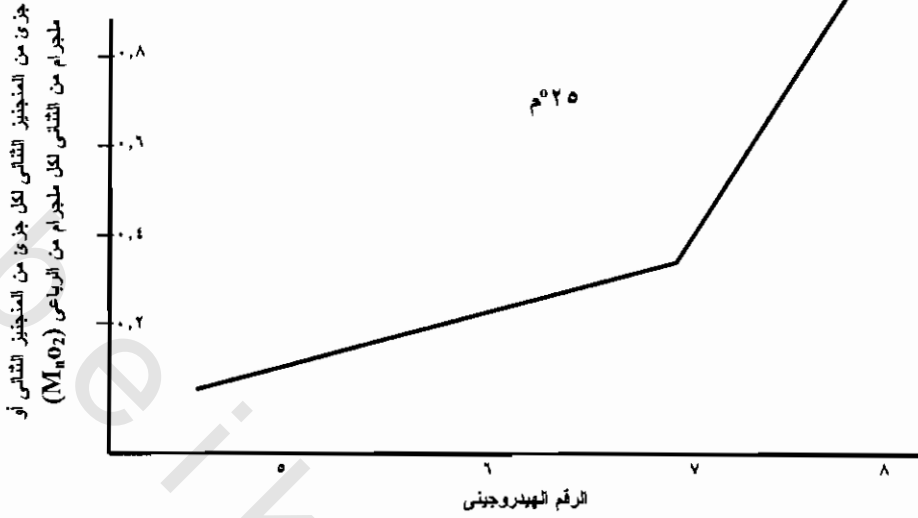
يتم توجيه المياه من وحدة التهوية إلى وحدة الترويق الذى يعمل بطريقة امتصاص المواد الصلبة (Solids Contact Clarifier) حيث زمن المكث فى وسط غرفة التفاعل (الترويب - التزغيب) لا يقل عن عشرين دقيقة. تزداد القلوية للمياه ليس فقط فى جهاز التهوية ولكن بإضافة قلووى ويفضل ان يكون الجير المطفى أو لين الجير (Lime). معدل الصعود المؤثر للمياه هو ٣ لتر / ق / ٠,١ متر مربع من المساحة المؤثرة والذى يمثل زمن مكث يعادل ٢ ساعة. بعض المصممين يحدد معدل الارتفاع فى منطقة فصل الراسب بما لا يزيد عن ٣,٢ لتر / ق / ٠,١ متر مربع. والعمق الجانبى للمياه من ٣-٤ متر وأقصاه هو ٥ متر، كما يتم توفير مساحة اكبر لصعود المياه فى المروب بما يوفر طبقة متسعة من الراسب. نظرا لان كل المياه تمر من خلال هذه الطبقة للراسب فانه تتحقق الاستفادة من الكيماويات وكذلك الاستفادة بالعامل المساعد من الرواسب المتكونة. ثم تسحب المياه من مأخذ علوى. مع تراكم الراسب يصبح اكثر كثافة ويرسب الى قمع تجميع الرواسب. تدفع المياه من حوض تجميع المياه فى المروق بفرق المنسوب او

بواسطة مضخة. ثم تضخ المياه إلى مرشح الضغط أو مرشح الجاذبية كما فى الشكل (١٢٢). تضخ المياه المتجمعة اسفل المرشح إلى الخدمة.

يتم التحكم فى سحب الراسب من خلال مخرج للسحب بواسطة محبس يعمل بالتحكم الموقوت. وعند تكون كميات كبيرة من الراسب فان نظام سحب الراسب يعطى دفعة مياه مرشحة إلى حوض غسيل المياه بعد كل استخدام بدون حدوث أى تدخلات أو إعاقة.

ز- الكلورة والترشيح : Chlorination And Filtration

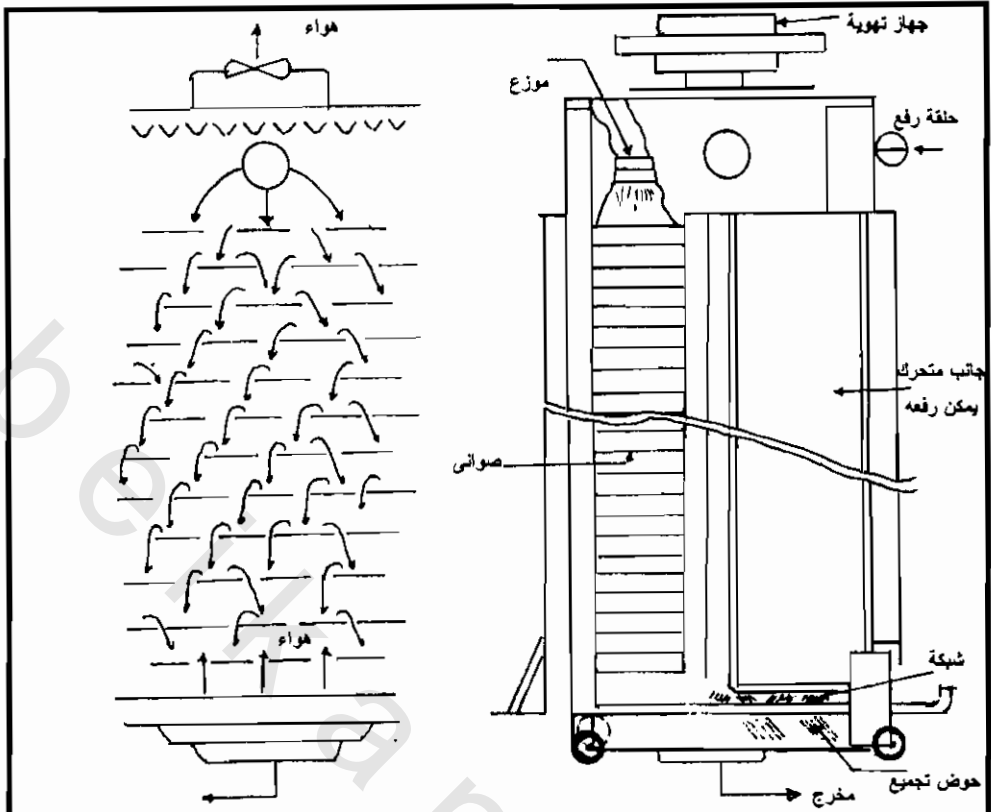
توجد طرق أخرى بديلة لما سبق ذكره. من هذه الطرق المستخدمة عادة هي الكلورة ثم الترشيح فى مرشح ذو وسط ترشيحي واحد. يتم ضبط الرقم الهيدروجيني لتحقيق أقصى أكسدة وترسيب بإضافة لبن الجير مع زمن مكث ١٠ - ٣٠ دقيقة. الوسط الترشيحي المناسب هو الفحم النباتي شكل (١٢٣).



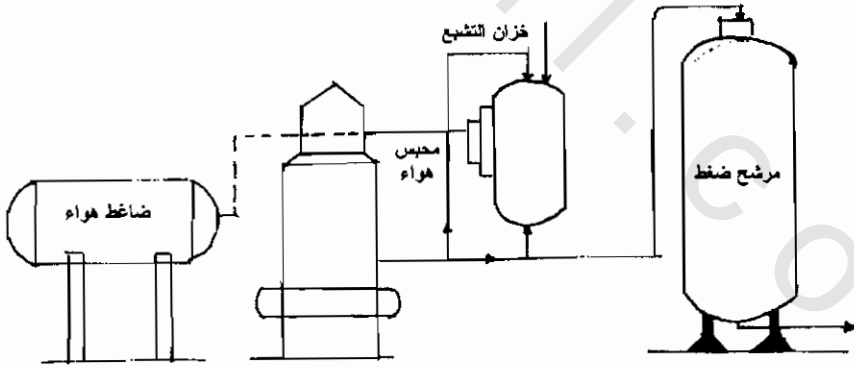
شكل (١١٤) معدل إدمصاص المنجنيز الثنائي بواسطة ثاني أكسيد المنجنيز بدلاً من الرقم الهيدروجيني



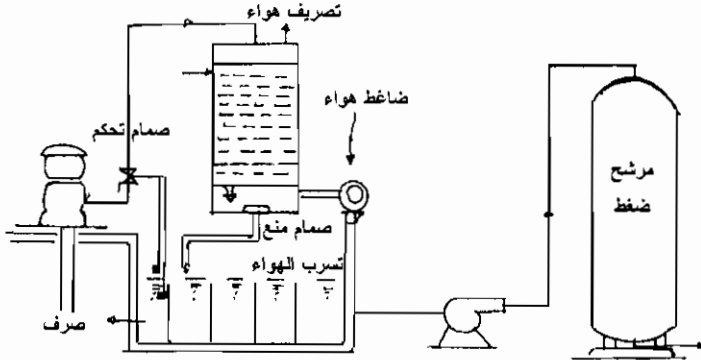
شكل (١١٥) معدل إدمصاص المنجنيز الثنائي بواسطة إيدروكسيد الحديدية $Fe(OH)_3$



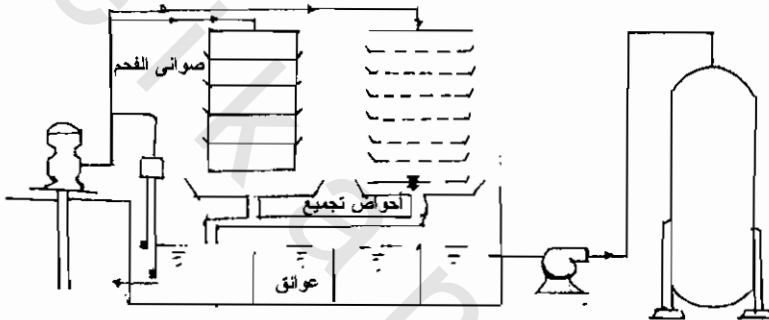
شكل (١١٦) مكونات برج التهوية من صواني الألواح الخشبية لعمل التهوية وإزالة الغازات المذابة



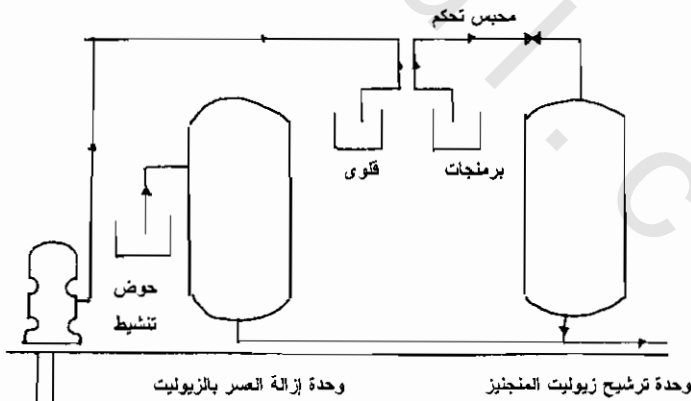
شكل (١١٧) التهوية والترشيح باستخدام الهواء المضغوط لإزالة الحديد



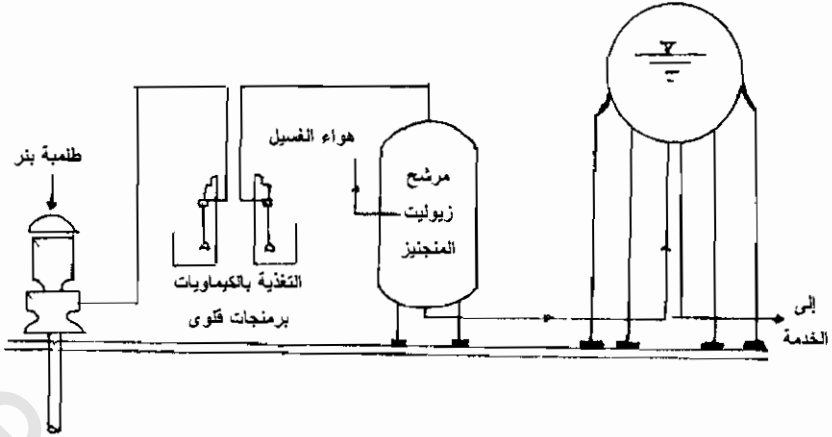
شكل (١١٨) التهوية / الإلتصاق / الترشيح باستخدام الهواء المضغوط



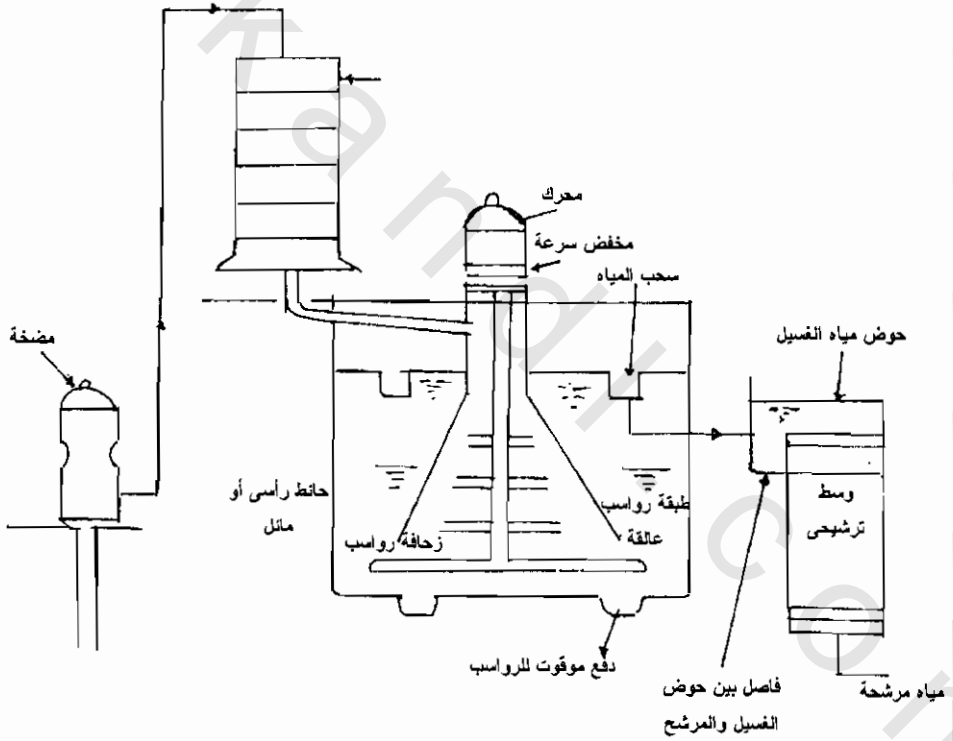
شكل (١١٩) إزالة الحديد والمنجنيز بالتهوية / الإلتصاق / الترشيح



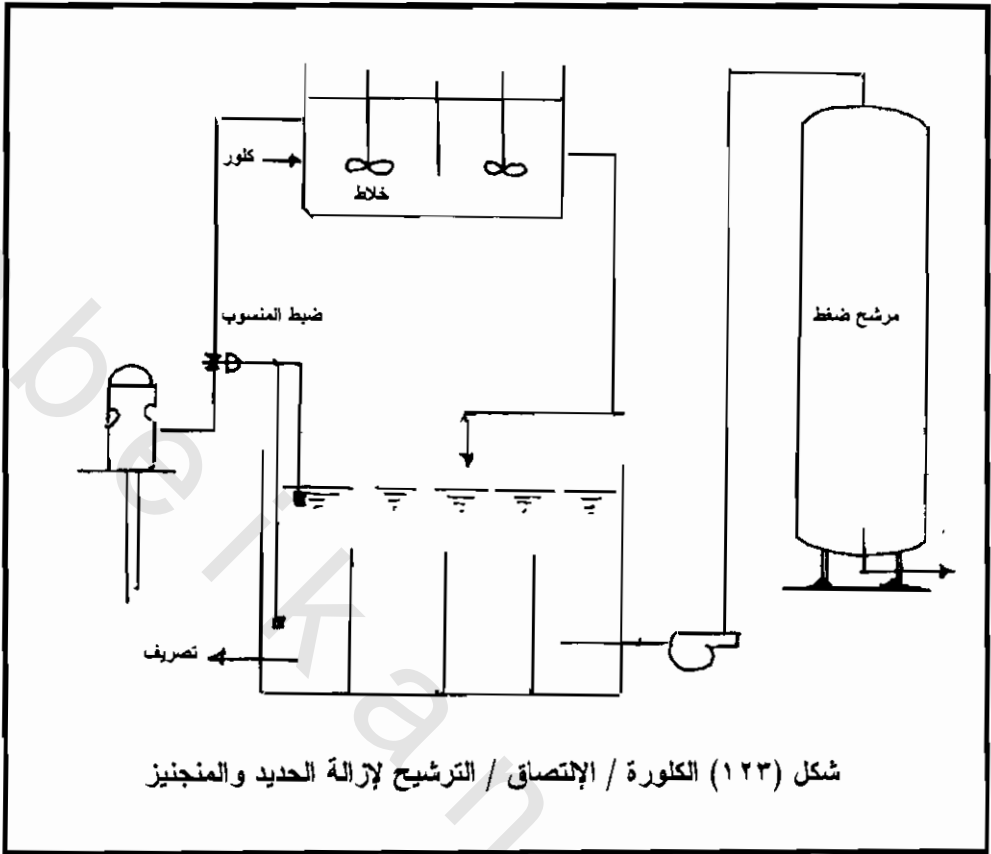
شكل (١٢٠) إزالة الحديد والمنجنيز مع الإزالة الجزئية للعسر



شكل (١٢١) مرشح زيوليت المنجنيز لإزالة الحديد والمنجنيز



شكل (١٢٢) التهوية / الترسيب / الترشيح لإزالة الحديد والمنجنيز لأكثر من ١٠ ملجم/لتر



القسم الخامس

التخلص من المواد

المشعة والكيماوية ذات التركيز المنخفض جدا

١- إزالة الملوثات من المواد المشعة : Removal Of Radioactive Contaminants

يعتبر الراديوم المستحضر المشع السائد في بعض مصادر المياه الجوفية حيث التربة الحاملة للخزان الجوفي تكون محتوية على هذا العنصر. كما ان مصادر التلوث بالمواد المشعة من صنع الانسان مثل التريسيوم والاسترنشيوم ٩٠ والتى تلوث المجارى السطحية فى حالة الصرف العشوائى الغير معالج. وبترز خطورة هذه الملوثات على الصحة العامة فى حالة زيادة تركيزها عن ٥ كورى (5PCi). توجد ثلاث طرق لإزالة المواد المشعة من مصادر المياه السطحية أو الجوفية وهى.

. إزالة العسر بالجير أو بالجير الصودا (Lime Or Lime Soda).

. إزالة العسر بالتبادل الأيونى.

. التناضح العكسى Reverse osmosis.

يمكن بهذه الطرق إزالة المواد المشعة من المجارى السطحية بنسبة ٩٠% كما إن المعالجة لأي من هذه الملوثات (من المصادر السطحية أو الجوفية) بطريقة

إزالة العسر بالجير يمكن أن يزيل حتى ٩٠% من الراديوم في الماء إذ كان تركيزه حتى ٢٥ كوري (25pci) عندما يكون الرقم الهيدروجيني أكبر من ١٠ أما التبادل الأيوني فيمكن أن يزيل حتى ٩٥%، التناضح العكسي يزيل ٩٥%، من الراديوم جنباً إلى جنب مع إزالة النسبة العالية من الملاح الكلية المذابة.

يتم التخلص من مياه الصرف بأى من تقنيات المعالجة ليس فقط بسبب المواد المشعة ولكن بسبب المحتوى العالى من الأملاح. عندئذ يمكن التخلص باستخدام آبار الحقن الجوفى (Ingection Wells) بحيرات البخر (Evaporation Lagoons) أو باستخدام نظام باستخلاص هذه المواد.

٢- تقنيات المعالجة لخفض تركيز الملوثات لبعض الكيماويات فى

المياه :

الجدول (١٨) يبين تقنيات المعالجة للتلوث المفاجئ للمياه عند عدم وجود بديل للاستخدام.

الجدول (١٩) بين عدد المعالجات الست لمعالجة الملوثات من المصادر الجوفية أو السطحية وهى الكلورة، إزالة العسر بالتبادل الأيوني، الترشيح، التناضح العكسي، التقطير، الأشعة فوق البنفسجية.

جدول (١٨) إزالة وخفض الملوثات المؤثر من مياه الشرب

المعالجة	المشكلة العامة من الكيماويات
٢	١
الترسيب بكبريتات الحديد مع رفع الرقم الهيدروجيني بالجدد إلى ٦,٨ ثم الترسيب والترشيح.	مركبات الزرنيخ بتركز حتى ١٠٠ ملجم/لتر
الكلورة مسبقة لتوفير الكلور الحر عند رقم هيدروجيني ٧ ثم الترويب والترسيب والترشيح يلزم مراعاة التهوية. مع ملاحظة أن الترسيب باستخدام أملاح الحديد أو الحديدوز لتكوين أزرق بروسيا (Brussian Blue) وهو (Iron ferric cyanide) ثم الترويب والترسيب والترويق. طالما أن هناك زيادة في إضافة الحديد فإن المياه المرشحة لا تكون سامة حتى ولو كان لونها أزرق.	مركبات السيانيد؛ الاسيتون سيانو هيدروين كلوريد السيانوجين
الكلورة العالية عند رقم هيدروجيني ٧ لتوفير ما لا يقل عن ٤٠ ملجم/لتر كلور متبقى مع زمن مكث والتصاق ٣٠ ق تم إزالة الكلور ثم الترويق العادي	مواد الأعصاب (مركبات الفسفور العضوية)
الكلورة الذائدة عن رقم هيدروجيني ٧ قلوياً بإضافة الجير أو الصودا أَس لتوفير كلور حر. يلزم ٢ جزء من الكلور للتفاعل مع ١ جزء LSD	مركبات عضوية أخرى LSD (Lysergic Acid Derivatives)
الإدمصاص على الفحم المنشط ثم الترويب والترسيب والترشيح	مبيدات الحشرات: Pesticides: ٢، ٤- دا يكورو فيتول
الترويب والترسيب والترشيح	DDT بتركز ١٠ جرام/لتر
الترويب والترسيب والترشيح قد يكون من الضروري عمل معالجة إضافية بالفحم المنشط مثل الدابا لدرين	الدابا لدرين ١٠ جرام/لتر
استخدم الفحم المنشط ثم الترويب والترسيب والترشيح	اللندين ١٠ جرام/لتر
قد يكون من الضروري الإدمصاص على الفحم المنشط. لا تستخدم الكلورة المسبقة نظراً لتفاعل الكلور مع البارايثون ليكون البار أكسون والذي هو أشد سمية من البارايثون	بارايثون ١٠ جرام/لتر

جدول (١٩) المعالجات لإزالة الملوثات من المواد الصلبة المذابة

الإشعة البنفسجية	الغليان والتبخير	تناضح عكسي	الترشيح بالفحم	الترشيح	الكلورة	تبادل كتأيوني	الملوثات من المواد الصلبة المذابة	المشكلة العامة للمياه
	x			x			رمل	جسيمات عالية
	x			x			طفلة	جسيمات عالقة
	x			x			جسيمات صدا	
	x	x				x	زرنوخ	مواد غير
	x	x				x	الباريوم	عضوية
	x	x				x	كادميوم	
	x	x				x	كاليوم	
	x	x				x	كروم	
	x	x				x	نحاس	
	x	x				x	حديد	
	x	x				x	رصاص	
						-	مغنيسيوم	
						x	منجنيز	
	x	x				x	زئبق	
	x	x					راديوم ٢٢٨؛ ٢٢٦	
	x	x					سيلينيوم	
	x	x					فضة	
	x	x					صوديوم	
	x	x					إسترنشيوم ٩٠	
	x	x				x	زنك	
	x	x					كلوريدات	
	x		x				الكلور	
	x						فلوريدات	
	x						نترات	
	x	x					كبريتات	
	x	x					كبريتيد	
	x	x	x				بنزين	
	x	x	x				الترايهاالوميثان	
	x	x	x				مذيبات بترولية	
	x	x	x				مبيدات حشرية	
	x	x					تاينن(مواد هيوميك)	
	x	x					رائحة	
	x	x					مذاق	
x	x	x					طحالب	
x	x	x			x		بكتريا	
x	x	x			x		فيروسات	

بيولوجي

٣- إزالة الملوثات من المواد الغير عضوية :-

يمكن أن توجد الملوثات من المواد الغير عضوية في مصادر المياه في الشكل الكاتيوني أو الآن أيوني وفي حالات مختلفة من الأكسدة الكيماوية (التكافؤ) أو في شكل مركبات مركبة تكونت مع مركبات عضوية.

تعتبر حالة التكافؤ والحالة الأيونية للملوثات الغير عضوية مهمة حيث أنها عادة تؤثر على الإذابة وكذلك المعالجة بطرق المعالجة المختلفة. كثير من المعادن الثقيلة التي توجد كإيدروكسيد أو كربونات معقدة (كاتأيونات) تكون قابليتها للذوبان قليلة وبذلك تزال بسرعة بالمعالجة التقليدية. أما الشكل الآن أيوني مثل الزرنيخ والسلينيوم يصعب معالجتها ويتوقف إزالتها على حالة التكافؤ التي بها الآن أيون. الجدول (٢٠) يوضح معظم الأشكال الأيونية التكافؤ المصادر الرئيسية احتمالات حدوث الملوثات الغير عضوية.

جدول (٢٠) الأشكال الرئيسية ومصادر الملوثات الغير عضوية

الملوثات	التكافؤ	الشكل الرئيسي في الماء	المصادر	احتمالات الوجود
الزرنيخ	زرنيخ ثلاثي 3	آن أيون AsO_2	التربة	مياه جوفية
الباريوم	زرنيخ خماسي 5	آن أيون AsO_4	الصناعة	مياه سطحية
الكاديوم	ثنائي	كاتأيون Ba^{++}	التربة	مياه جوفية
	ثنائي	كاتأيون Cd^{++}	نواتج التآكل	شبكة التوزيع
النحاس	ثنائي	كاتأيون Cu^{++}	الصناعة	مياه سطحية
			نواتج التآكل	شبكة التوزيع
الفلوريد	أحادي	آن أيون F^-	الصناعة	المياه السطحية
الرصاص	ثلاثي	كاتأيون Pb^{+++}	المناجم	المياه الجوفية شبكة التوزيع
			التآكل	المياه السطحية
			الصناعة	المياه السطحية
الزئبق	ثنائي (عضوي وغير عضوي)	كاتأيون Hg^{++}	الصناعة	مياه جوفية
		كاتأيون $CH_3 Hg^+$	الزراعة	مياه جوفية
النترات	أحادي	آن أيون NO_3	مناجم	مياه جوفية
الراديو م ٢٢٦	ثنائي	كاتأيون Ra^{++}		
السيلينيوم	رباعي	آن أيون SeO_3		
	سداسي	آن أيون SeO_4	الصناعة	المياه السطحية
الفضة	أحادي	كاتأيون Ag^+	معالجة المياه	المياه المعالجة بالبكتيريا لإزالة الفضة
الزنك	ثنائي	كاتأيون Zn^{++}	نواتج التآكل	شبكة التوزيع

مبادئ التصميم لعمليات المعالجة للمواد الغير عضوية :

عدا عمليات التقطير والتحلية المستخدمة في معالجة مياه الشرب في الدول الغنية، فإنه لا توجد عملية معالجة منفردة ومؤثرة في إزالة كل الملوثات من المواد الغير عضوية. ولكن لحسن الحظ كثير من هذه الملوثات يمكن إزالتها في عمليات ترويب المياه أو في عمليات إزالة العسر والتي يتوقف قدرتها في الإزالة على الرقم الهيدروجيني، المروب المستخدم، جرعة المروب، التركيز الأولي للملوث، وشكل وحالة التكافؤ للملوث. من أهم هذه المتغيرات الرقم الهيدروجيني للمياه المعالجة.

التبادل الأيوني يمكن أن يكون مؤثرا في حالة عدم إمكان إزالة الملوث بطريقة الترويب التقليدية أو بإزالة العسر بواسطة الجير. عمليات الأغشية مثل التناضح العكسي والأليكترودياليسيس رغم ارتفاع تكلفتها إلا إنها مؤثرة في إزالة الملوثات من المواد الغير عضوية. إزالة الملوثات الغير عضوية من مصادر المياه لأغراض الشرب يمكن أن تختلف كثيرا من مصدر إلى مصدر آخر. أي عملية معالجة يجب أن تختبر معمليا أو على المستوى النصف صناعي (Pilot-Scale)، على استخدام المياه الحقيقية المطلوب معالجتها وذلك قبل البدء في التصميم الفعلي لعملية المعالجة. الجدول (٢١) يوضح العمليات القابلة للتنفيذ والملوثات القابلة لأزاله بهذه العمليات.

جدول (٢١) التقنيات القابلة للتطبيق في إزالة الملوثات الغير عضويه

الترويب باستخدام أملاح الحديد أو الألمنيوم	إزالة العسر بالجير - الصودا	التبادل الأيوني	منع التآكل	التناضح العكسي	الفحم المنشط
الزرنبيخ، الكاديوم (أملاح الحديد)، الكروم الثلاثي، الكروم السداسي، (أملاح الحديد)، الزئبق (غير عضوي)، السيلينيوم، الفضة.	الزرنبيخ، الباريوم، الكاديوم، الرصاص، الراديوم، الفضة.	الباريوم، الكاديوم، الفلور، النترات، السيلينيوم الرباعي.	مؤثر في إزالة النحاس الرصاص الزنك الكاديوم.	يزيل كل المكونات الغير عضويه بما فيها المشعة.	يزيل الزئبق الكروم المركب مع مواد عضوية.

يمكن تعريف المعالجة التقليدية بأنها الترويب الكيماوي باستخدام أملاح الألومنيوم أو الحديد وكذلك إزالة العسر بالجير أو الجير - الصودا. وتشمل عملية المعالجة التقليدية الخلط، الترويب، الترسيب، الترشيح وسبق شرح مراحلها.

إزالة الملوثات الغير عضوية في المعالجة التقليدية يمكن أن تكون إما يترسب المواد الغير مذابة من الأيدروكسيدات أو الكربونات لهذه المعادن أو بالترسيب مع أيدروكسيد الحديد أو الألومنيوم أو بالادمصاص مع العكارة الطبيعية أو على جسيمات الزغبات المتكونة نتيجة تميؤ أملاح الترويب مع الماء. ترسيب الكاديوم والرصاص والفضة يحدث بسرعة أثناء المعالجة التقليدية في حالة التحكم في الرقم الهيدروجيني.

الترسيب للملوثات العضوية التي تكون مركبات معقدة لا تذوب ترسب مع المرويات، الحديد والألومنيوم (Coprecipitation). أملاح الحديد عموما أكثر تأثيرا في إزالة الملوثات الغير عضوية في المحلول والرقم الهيدروجيني هام عند تقرير الإزالة بالترسيب بالالتصاق مع المواد المروية.

فمثلا الزرنيخ يمكن إزالته عند التكافؤ الخماسي ولكن تقل إزالته كثيرا عند التكافؤ الثلاثي.

المعادن مثل الرصاص، الفضة، الزئبق تمتص بسهولة على العكارة للمياه العكرة أو على الزغبات لمواد الترويب. إزالة هذه المعادن تتوقف على العكارة في المياه العكرة، وطبيعة الزغبات المتكونة في عملية الترويب، الإزالة الكلية للعكارة.

٤- إزالة الملوثات من بقايا المواد العضوية: Trace Organics

مشاكل القابلية الخاصة بالمذاق والرائحة واللون معروف إنها نتيجة تأثير المواد العضوية الموجودة طبيعيا بكميات صغيرة جدا وبتراكيزات ضعيفة في مياه الشرب. بالإضافة إلى أن الكيماويات المخلقة من صنع الإنسان من المواد العضوية

في زيادة سريره. ولتوفير مياه شرب مقبولة وخاليه من السمية زاد الاهتمام بازاله هذه الملوثات.

المواد العضوية هي كيمائيات تحتوي على عنصر الكربون تنقسم إلى خمسة أقسام من وجه نظر معالجة المياه وهي:

- مواد عضويه مسببه للرائحة مثل مادة جيوسين (Geosmin).

- مواد عضويه مخلفه مثل المبيدات والمخصبات.

- مواد عضويه تتفاعل مع الكلور مكونه الترايبهاالوميثان.

- مواد عضويه تتفاعل مع الكلور منتجها مواد عضويه مكلوره مثل الأسيون.

- مواد عضويه طبيعيه.

وجود الملوثات العضوية وقياساتها

المياه السطحية عموما هي الأكثر عرضه للتلوث بعيد من بقايا المواد العضوية اكثر من المياه الجوفية وإن كانت المياه الجوفية تتأثر بالمواد العضوية المخلفة المستخدمة في الزراعة كالمخصبات والمبيدات شأنها شأن المياه السطحية.

أ- إزالة الملوثات العضوية بالمعالجة للمياه :

(1) الترسيب والترشيح :

إضافة مواد الترويب لإزالة العكارة أو رفع الرقم الهيدروجيني لإزالة الكالسيوم والماغنسيوم في عمليات إزالة العسر تحقق إزالة لبعض المواد العضوية. ويمكن قياس ذلك بخفض التركيز للكربون العضوي بنسبة تصل إلى ٥٠% في بعض أنواع المياه وكذلك يخفض اللون. وإن كانت المرويات تأثيرها قليل في إزالة المركبات العضوية المكلورة. الترشيح مؤثر في إزالة اللون والعكارة ولكنه قليل التأثير في إزالة المركبات العضوية المكلورة.

(٢) التهوية:

تم مناقشة التهوية لأكسدة الحديد والمنجنيز. ميزه التهوية في إزالة المواد العضوية هي أن المواد العضوية تزال من الماء بدون تكون منتجات جانبية. أما سلبيات التهوية فهو أن هذه الملوثات المزالة تلوث الهواء الجوي. توجد عوامل متعددة ذات تأثير على إزالة المركبات العضوية من الماء بالتهوية. بين هذه العوامل زمن الالتصاق (Contact Time) ونسبه الهواء إلى الماء ودرجة حرارة الماء وضغط البخار وإزابة الملوثات. العاملين الأخيرين يمكن الاستفادة بها في تقدير جدوى التهوية. ولتوضيح ذلك وطبقا لقاعدة هنري (Henry's law) التي تنص على إنه عند إزابة مركب في الماء فان الضغط الجزئي للمركب (Partial Pressure) يتغير طبقا لتركيز المركب في السائل كالمعادلة $P=C$

حيث $p =$ الضغط الجزئي، $c =$ التركيز في السائل

ولهذا $P = HC$ حيث H معامل قاعدة هنري

إن $H = P/C$

مقلوب معامل هنري $1/H$ يسمى معامل التجزئة. وهذا المعامل دليل لأدنى نسبه بين الهواء والماء لإزالة المركبات العضوية المتطايرة. تزداد كفاءة التهوية كلما زادت قيمة المعامل H وهذه تزداد كلما انخفض الوزن الجزئي للمركب العضوي وأفضل أبراج التهوية ذات التحشية الزلطية (Packed Tower).

(٣) الأدمصاص Adsorbtion:

الأدمصاص يتأثر بدرجة الحرارة والرقم الهيدروجيني للماء ويتوقف على خصائص وتركيز المادة العضوية وزمن الالتصاق وطريقة تنفيذ الإدمصاص. ومادة الإدمصاص سواء كانت بودرة الفحم المنشط أو حبيبات الفحم المنشط.

٥- حبيبات الفحم المنشط: (GAC).

يستخدم في هذه الحالة برج تهوية محتوى على عامود من حبيبات الفحم المنشط لإنتاج مياه محتوية على تركيز ضعيف جدا من المواد العضوية. القطر المؤثر ومعامل التجانس لحبيبات الفحم المنشط المناسبة للاستخدام كوسط ترشيحي وكعامل أدمصاص موضح في الجدول (٢٢)

جدول (٢٢) خصائص حبيبات الفحم المنشط المستخدم كوسط ترشيحي لإزالة المواد العضوية

٠,٦	القطر المؤثر بالمليميتر
≥ 19	معامل التجانس
٠,٤٧	الكثافة (للخام)
١١٠٠-١٠٠٠	المساحة السطحية متر مربع/جرام
١٠٥٠-٩٥٠	الرقم اليودي

ويعتبر هذا النظام بديل عن الرمال في العمل كمرشح. ولكن نظرا لأنه وسط ترشيحي واحد فإن حبيبات الفحم المنشط توفر ترشيح سطحي وليس ترشيح بالعمق ولذلك دورة المرشح تكون أكثر من دورة المرشح المحتوى على أكثر من وسط ترشيحي ولكنها تشابه المرشح الرملي. عامود الترشيح في برج التهوية يجب أن يوفر مسافة عليا خالية من حبيبات الفحم بطول ٣٠ إلى ٥٠ % لتلائم التمدد أثناء عملية الغسيل. الفحم المنشط عندما يبتل يصبح شديد العدوانية ولذلك تكون مواد الإنشاء متوفر لها الحماية الداخلية أو تكون من الصلب المقالوم أو الخرسانة المسلحة حيث أسياخ الصلب المغطاة بسمك لا يقل عن ٥ سم من الخرسانة. وكذلك تكون المواسير والوصلات والمحابس وأحواض التخزين وكاشطات الخبث السطحي كلها معرضة للتآكل بما يتطلب حمايتها. الغسيل لحبيبات الفحم المنشط ليس صعبا ولكن يحتاج إلى مراقبة مستمرة من العاملين، حيث الزيادة المفاجئة في الغسيل تسبب الفقد المباشر لخروج المياه والمادة من الأحواض، نظرا للتمدد بنسبة ٣٠ إلى ٥٠ % عند الغسيل بمعدل ٣٥-٩٠ متر مكعب على المتر المربع من سطح الحوض.

حبيبات الفحم المنشط المبللة لها كثافة اقل من كثافة الرمل (١،٤ جرام / سم^٣ مقابل ٢،٦ جرام / سم^٣)، لذلك تستخدم مياه الغسيل ببطيء حيث يكون معدل الزيادة بطيء حتى تمام تمدد طبقة الفحم المنشط، كما يلزم الحرص عمليا لمنع الارتفاع الكامل لطبقة الفحم المنشط ككتلة بما يتلف التجهيزات المثبتة داخل علموذ الترشيح بما يمنع حدوث ذلك بالكشط السطحي والانتباه الكامل. عند الإنشاء لأول مرة يلزم الغسيل لعدة مرات حتى عشرة مرات حتى تكون مياه الغسيل خالية تماما من رماد الفحم المنشط. استخدام مرشح الغشاء (Membrane filter) يفيد في إيقاف تسرب حبيبات الفحم المنشط مع مياه الغسيل. البعض يرى أن ترشيح مياه الصرف للغسيل لعدة دقائق بعد الغسيل يمنع تراكم رماد الفحم المنشط في شبكة التوزيع ويقلل من مشاكل النمو البيولوجي. استخدام وحدات الادمصاص المنفصلة بعد الترشيح يوفر المرونة في تداول حبيبات الفحم المنشط والتغير في ظروف الادمصاص مثلا، زمن الالتصاق، معدل التدفق العلوي مقابل التدفق لأسفل. وحدات الادمصاص تصمم عادة بنسبة العمق إلى القطر لمادة الادمصاص ١،٥ أو اكثر لتأكيد التوزيع الجيد للتدفق. يكون قاع التحمل من سطح مثقب أو من لوح من الصلب المقاوم ٣١٦، كما يمكن استخدام بلوكات السيراميك المثقب المغطاة بالزلط أو الرمل ولكن في هذه الحالة يكون من الصعوبة فصل الوسط في حالة الحاجة إلى تنشيط الفحم المنشط من أن إلى آخر.

التنشيط : Reactivation

أثناء الاستخدام، يصبح السطح الكبير الداخلي لحبيبات الفحم المنشط مشبع بالمواد التي تم ادمصاصها. عندئذ تسمى حبيبات الفحم المنشط أنها إستنفذت طاقتها في الادمصاص مما يتطلب إما استبدالها أو تنشيطها. أما التخلص من المادة بالدفن في التربة فهو البديل الثالث ولكن من الناحية الاقتصادية يعتبر التنشيط هو الأفضل وذلك في حالة استنفاد قدرة الفحم المنشط على الادمصاص خلال ٦ إلى ١٢ شهر.

التنشيط: هو عملية إزالة المواد العضوية التي تم ادمصاصها واستعادة خاصية الادمصاص للفحم المنشط ثانيا.

يمكن تنفيذ عملية التنشيط كيميائيا أو حرارية. التنشيط الكيمياوي باستخدام مذيب يستخدم في بعض الصناعات ، ولكون استخدامه في مجال معالجة مياه الشرب محدود جدا. التنشيط الحراري يوفره موردو حبيبات الفحم المنشط أو يتم في الموقع كالاتي :

- يتم الغسيل لحبيبات الفحم المشبع والتنظيف بالهواء.
- توضع حبيبات الفحم في فرن وتعرض إلى جو من البخار والأكسجين يتم التحكم فيه وعند درجة حرارة حوالي 1000 درجة مئوية. الغازات الخارجة يجب أن لا تسبب تلوث للهواء الجوى المحيط.
- يتم إطفاء حرارة الفحم المعاد تنشيطه بالماء ثم نقله هيدروليكيًا إلى الملامس (Contractor) أو إلى التخزين.
- يتم إضافة حبيبات فحم خام لتعويض الفقد.

تكوين مساحة النقل الهيدروليكي للفحم المنشط قصيرة ، ما أمكن مع تجنب الانحناءات كلما أمكن ذلك وتكون السرعة ما بين 1,5 إلى 3 متر في الثانية ويستخدم للتخزين أحواض من الصلب المقاوم (درجة 316) وكذلك في حالة الانحناءات. أما في حالة استقامة خط المواسير يمكن استخدام مواسير بي في سي أو أي نوع آخر بلاستيك. نظرا لاحتمال حدوث انسداد. زيادة نسبة الماء إلى الفحم تخفض الفقد بالاحتكاك.

أنواع الأفران المستخدمة في التنشيط :

توجد أنواع كثيرة من الأفران المستخدمة لتنشيط وإعادة تنشيط حبيبات الفحم المستنقذ طاقته منها الفرن متعدد الغرف الحرارية (Multiple hearth) وهو الأكثر استخداما. حيث يوجد من 4 - 8 غرفة حرارية، مع حدوث التجفيف في الغرفة العليا. زراع التقلب تحرك حبيبات الفحم إلى الداخل والخارج في الغرفة. يسلط النجار عند قاع الفرن وتخرج الغازات خلال مرشح (Scrubber) أو إلى الحرق التالي بعد المرشح. كما توجد أنواع أخرى منها الفرن الدوار. كما يستخدم البخار فقط في إزالة المواد العضوية المكلورة من الفحم المنشط كما في حالة الاستخدا

لانتاج المياه الغازية. يستخدم في هذه الحالة البخار بمعدل $2,4 \text{ م}^3 / \text{م}^2 / \text{الساعة}$. ويتم التكثيف للأبخرة الصاعدة. هذه العملية تستغرق من 18 إلى 24 ساعة.

مراقبة كفاءة التنشيط أو إعادة التنشيط:

الرقم اليودي والكثافة الظاهرة : Iodine number and Density

الرقم اليودي هو كمية 0,2 يود عياري بالمليجرام التي يحدث لها امتصاص بجرام واحد من الفحم المنشط عند التعادل. وكنموذج فإن جليبات الفحم المنشط ذات المساحة السطحية 1000 متر مربع في الجرام لها رقم يودي يقترّب من 1000 مليجرام / جرام من الفحم المنشط.

بودرة الفحم المنشط : Powdered Activated Carbon تصنع حبيبات الفحم المنشط من الفحم البيتوميني أو اللجنين أو الخشب أو من قشور جوز الهند ومن البترول ومن قشور ولحاء الأشجار وتبلغ حجم الحبيبات من 5 إلى 100 ميكرو متر وكثافتها 0,48 جرام / سم³. بودرة الفحم المنشط مؤثرة جدا عند الحقن في أماكن متعددة ما بين المآخذ والمرشحات. في حالة استخدام الكلور لا يضاف الكلور وبودرة الفحم المنشط معا، نظر للاختزال السريع للكلور بواسطة بودرة الفحم المنشط بما يمنع من أداء وظيفته كمطهر. وهذا لا يقلل من تأثير المطهر فقط بل كذلك يؤكسد مادة الفحم. يمكن تعيين جرعة بودرة الفحم المنشط المطلوبة باختبار القيلنه (jar test) كما في حالة تعيين جرعة المرب. ومن بين الملوثات العضوية التي يمكن أن تزال هو مركب التوكسافين والذي يتطلب جرعة 10 مليجرام / لتر. إضافة بودرة الفحم المنشط بالإضافة إلى ما يترتب عليه من تكاليف إضافية إلا أنها تشكل كذلك إضافة عند التخلص من الروبة (sludge).

الراتنجات المختلفة : Synthetic Resins :-

هناك أبحاث ودارسة على هذا النحو كاستخدام البلمرات من الأكليرك وأن كانت طاقتها في امتصاص الكربون العضوي الكلى محدودة. ولم تستخدم هذه الراتنجات في مجال مياه الشرب حتى الآن.

طرق أخرى لخفض وإزالة بقايا الملوثات العضوية :

في هذه الطريقة يتم الاستخدام المزدوج للأوزون والفحم المنشط. فعند استخدام الأوزون مع الفحم المنشط أو استخدام الأوزون مع الترشيح ثم استخدام الفحم المنشط يمكن الحصول على مياه بمحتوى منخفض جداً من إجمالي الكربون العضوي وتكوينان الترايها لوميثان عن استخدام الأوزون فقط أو الفحم المنشط فقط. عند استخدام الأوزون بالجرعة المكافئة لا يحقق معالجة جيدة مشابهة. وذلك لأن الأوزون يعمل على تكسير المواد العضوية الغير قابلة للتحلل منتجا غذاء عضوي يساعد على تكاثر ونمو البكتريا والتي تنتشر في الوسط الحبيبي بعد استخدام الأوزون. جرعة الأوزون ذات التأثير وجد أنها تتراوح ما بين ٠,٥ إلى ٣ مليجرام / لتر لكل ملجرام / لتر من إجمالي الكربون العضوي (TOC). من الناحية الاقتصادية فإن استخدام الأوزون مع الفحم المنشط يكون أفضل وذلك عند إستنفاد طاقة الفحم المنشط في ثلاثة أشهر أو أقل.

الغليان للماء : Boiling :-

في حالة الطوارئ يمكن إزالة بعض من معظم المركبات العضوية المتطايرة من مياه الشرب بالغليان. يراعى عدم استنشاق البخار الصاعد من الغليان. والعمل على صرفه في الهواء. كما يلاحظ أن التبخير قد يعمل على تركيز بقايا الملوثات من المواد الغير عضوية المذابة بما يتطلب إن أمكن الغليان في أوعية ضغط البخار. الجدول (٢٣) يوضح تأثير الغليان على بقايا المواد العضوية الموجودة في مياه الشرب :

جدول (٢٣)

متوسط نسبة المتبقي				زمن الغليان بالدقيقة
د	جـ	ب	أ	
-	٧	١٤	٢	٣
١ >	٣	٧	١ >	٥
١ >	١ >	١	١ >	١٠

أ. تتراكلورو إيثيلين

ب. ترايكلورو إيثيلين

ج. كلور وفورم

د. رابع كلوريد الكربون

كما أنه لا توجد طريقة واحدة لقياس المحتوي من المواد العضوية. فانه كذلك لا توجد طريقة واحدة للتخلص من كل المواد العضوية. ولهذا يلزم المراقبة الجيدة والتحكم في وصول الملوثات إلى المياه العكرة بالإضافة إلى إتقان مراحل عمليات المعالجة لمياه الشرب.

الباب السادس

تطهير المياه

obeyikandi.com

obeikandi.com

الباب السادس

تطهير المياه

Means of Water Disinfection

عملية تطهير المياه تصمم لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض بينما عمليات المعالجة الأخرى باستخدام مواد الترسيب والترسيب والترشيح يمكن أن تقلل منها. المطهرات تشمل الكلور في صورته المختلفة وهي الغاز المسال المعبأ في اسطوانات ومسحوق هيبوكلوريت الكالسيوم ومحلول هيبوكلوريت الصوديوم ومركبات الكلور من الكلورامين وثاني أكسيد الكلور. والهالوجينات الأخرى مثل الفلور واليود والمطهرات الأخرى تشمل الأوزون، والأشعة فوق البنفسجية برمنجنات البوتاسيوم كما تستخدم إمكانيات أخرى مثل الرقم الهيدروجيني المتباعد عند حالة التعادل (Extreme PH,s) وغليان الماء.

obeikandi.com

القسم الأول

الكلور

١- خواص الكلور:

في الحالة الغازية الكلور عادة له لون أخضر - مصفر. ووزنه ٢,٥ مرة وزن الهواء. للأغراض التجارية يعبأ في اسطوانات في شكل سائل مضغوط لونه أحمر ووزنه ١,٥ ضعف وزن الماء. وعند تحرر الكلور السائل من الاسطوانة فإنه يتحول إلى الغاز حيث تنتج وحدة الحجم من الكلور السائل ٤٥٠ ضعف الحجم من غاز الكلور.

الكلور المحتجز في الاسطوانة يمكن أن يكون في شكل غاز أو سائل أو في كليهما. والاعتبارات الخاصة بسائل الكلور تشمل كذلك غاز الكلور. ولهذا فإن ضغط غاز الكلور داخل الاسطوانة هو دلالة لدرجة الحرارة وليس له علاقة بحجم المحتوى من الكلور، فنجد أن مقياس الضغط لأسطوانة الكلور بها واحد كيلو من الكلور هو نفسه مقياس الضغط لأسطوانة بها ١٠٠ كيلو من الكلور تحت نفس الظروف من درجات الحرارة. وعند زيادة درجة حرارة الكلور يزداد الضغط.

الكلور قليل الذوبان في الماء وتصل أقصى نسبة ذوبان الكلور ١% عند درجة حرارة ٥, ٩°م. وعند درجة حرارة أقل من ذلك فإن الكلور يتحد مع الماء ليكون مادة بلورية في شكل الثلج. ونظراً لأن ضغط غاز الكلور يزداد بارتفاع درجة الحرارة فإن ذوبان الكلور بالتالي يقل. فعند درجة حرارة ١٠٠°م لا يذوب الكلور في الماء. وما بين ٥, ٩°م و ١٠٠°م فإن الكلور المذاب في الماء يكون محلول

عدواني (Corrosive Mixture) من أحماض الهيبوكلورس والهيدروكلوريك والذي يسبب مشاكل عند تداوله.

أ - الخواص الكيميائية :

تحت ظروف معينة يتفاعل الكلور مع معظم المعادن وفي بعض الحالات يتم التفاعل بسرعة عالية. نظرا لشراهة الكلور العالية للهيدروجين فإنه يزيل الهيدروجين من بعض مركباته مثل حالة التفاعل مع كبريتيد الهيدروجين. ويتفاعل الكلور مع النشادر أو المركبات الأخرى المحتوية علي النيتروجين ليكون مركبات مختلفة من الكلورامين. ويتفاعل كذلك مع المواد العضوية وفي بعض الحالات يتم ذلك مع حدوث انفجار .

الكلور ليس مشتعل أو مفرقع مثل الأكسجين ولكن يمكنه تنشيط الاشتعال لمواد معينة ولذا يلزم تداوله وتخزينه بعيدا عن الغازات المضغوطة مثل الأمونيا (النشادر) وكذا المواد القابلة للاشتعال. معظم المعادن العادية لا تتأثر في درجات الحرارة العادية بالكلور الجاف سواء غاز أو سائل. الكلور يتفاعل مع الألومنيوم ويحرق الصلب الكربوني عند درجة حرارة أكبر من ٢٥٥°م. ويعتبر الكلور الرطب عدواني لكل المعادن العادية عدا الذهب، الفضة، البلاتين، التيتانيوم وبعض السبائك الخاصة.

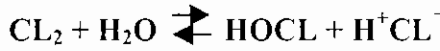
ب - التأثير الفسيولوجي :

غاز الكلور هو غاز خانق ويمكن كشف وجوده في الهواء بالاستنشاق في حالة زيادة تركيزه عن ٣ جزء في المليون. كما يسبب الكلور التهابات بالجلد (خاصة في وجود رطوبة) والجهاز التنفسي وأعشية التنفس وذلك طبقا للتركيز وزمن التعرض وفي الحالات الشديدة يمكن أن تحدث الوفاة بسبب الاختناق . كما أن سائل الكلور يمكن أن يسبب احتراق للعينين والجلد عند التصاقه بهذه الأعضاء. عند وجود سائل الكلور في وعاء غير مغلق فإنه يتبخر بسرعة وينتج نفس التأثير كما في غاز الكلور. التركيز من ٤٠ - ٦٠ ملليجرام / لتر لمدة ٣٠ - ٦٠ دقيقة يعتبر خطير

جدا . والتركيز الأعلى من ذلك يمكن أن يشكل خطورة شديدة ولو في فترة زمنية وجيزة.

ج- تفاعلات الكلور مع الماء :

عند إضافة الكلور إلى ماء نظيف كيميائيا فإنه يكون محلول من كلا من حامض الهيوكلورس وحامض الهيدروكلوريك.

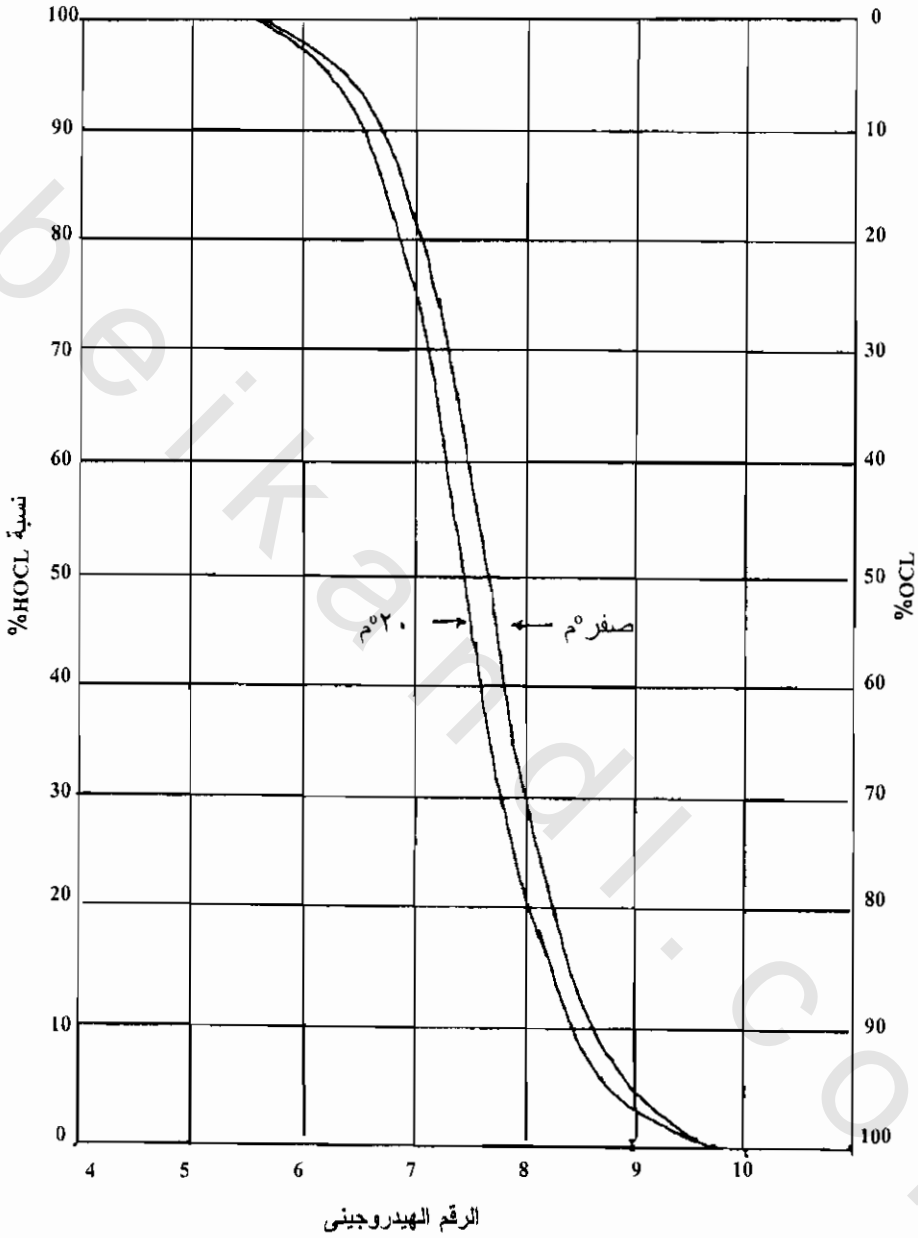


عند درجات الحرارة العادية للمياه فإن هنا التفاعل يتم في ثواني. و عند رقم هيدروجيني ٤ وفي المحلول المخفف فإن التفاعل يميل الى جهة اليمين مع وجود قليل من الكلور في المحلول .

تتوقف قوة الأكسدة للكلور وقدرته على التطهير على تكون حامض الهيدروكلورس (HOCl). يتأين حامض الهيوكلورس في تفاعل لحظي الى الهيدروجين وأيون الهيوكلوريت وهذا التفاعل كذلك عكسي وتتوقف درجة التأين على الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة.



حامض الهيوكلورس هو حامض ضعيف ويتحلل عند رقم هيدروجيني اكبر من ٦. ولذا فإن الكلور يوجد غالبا كحامض هيوكلورس عند رقم هيدروجيني منخفض نسبياً. عند رقم هيدروجيني ما بين ٦ - ٨,٥ يحدث تغير حاد من حامض الهيوكلورس الغير متحلل الى تحلل كامل للحامض. وتزداد نسبة أيون الهيوكلوريت عند رقم هيدروجيني ٩,٥ فاكثر. الشكل (١٢٤)



شكل (١٢٤) توزيع HOCl، OCl⁻ في الماء عند مستويات الرقم الهيدروجيني

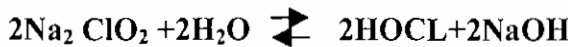
الرقم الهيدروجيني لمياه الشرب المكلورة هو عادة في المجال حيث يكون الكلور في شكل حامض الهيوكلورس وأيون الهيوكلوريت وهذا ما يعرف بالكلور الحر المتاح (Free Available Chlorine). أيون الهيوكلوريت (OCl^-) ينتج كذلك عند تأين المركبات المحتوية على الكلور مثل هيوكلوريت الكالسيوم (70% كلور) $Ca(OCl)_2$ وهيوكلوريت الصوديوم $NaOCl$ في حالة وجودهما في الماء.



ويحقق أيون الهيوكلوريت توازن مع الهيدروجين طبقاً للرقم الهيدروجيني كما في المعادلة



لذا فإن نفس حالة الاتزان (Equilibrium) تتوفر في المياه سواء استخدم الكلور أو مركبات الهيوكلوريت. يميل الكلور إلى خفض الرقم الهيدروجيني وتميل مركبات الهيوكلوريت لزيادتها. من المعادلة الآتية فإن حامض الهيوكلورس الناتج وكذا أيون الهيدروجين يعمل على خفض الرقم الهيدروجيني ومن ثم خفض القلوية وزيادة الحموضة. كل جزئ من الكلور يتعادل مع 0.7 جزئ من القلوية مقيماً ككربونات كالسيوم وقد تصل درجة التعادل إلى 1.4 طبقاً لدرجة التأين نحامض الهيوكلورس وطبيعة استهلاك الكلور بالمواد الموجودة في الماء. والعسر الموجود في الماء من أملاح كربونات أو بيكربونات الكالسيوم والمغنيسيوم يقوم بالتعادل مع التغير في الرقم الهيدروجيني للمياه بما يمنع حدوث إضافة قليلة من الحموضة أو القلوية للمياه. وعند إضافة كميات كافية من الكلور لخفض القلوية الطبيعية عندئذ يتم تصحيح القلوية الطبيعية بمعالجة ثانوية. أملاح الهيوكلوريت تحتوي عادة على زيادة في القلوية وتميل إلى رفع الرقم الهيدروجيني.



٣- مركبات الكلور :

أ- الهيبوكلوريت : Hypochlorites

وهي أملاح حامض الهيبوكلورس (HOCL) ويمكن ان تكون جافة أو سائلة طبقاً لتوفرها تجارياً. محلول الهيبوكلوريت يحتوى على زيادة فى القلوى الذى يزيد من الرقم الهيدروجينى وبالتالي يؤثر على نسبة كلاً من حامض الهيبوكلورس وأيون الهيبوكلوريت. تستخدم مركبات الهيبوكلوريت فى الحالات الحرجة وفى عمليات تطهير المياه الميدانية وفى العمليات الصغيرة.

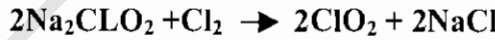
* هيبوكلوريت الكالسيوم المستخدم فى تطهير مياه الشرب يختلف كثيراً عن المادة التى استخدمت لسنوات طويلة كمسحوق لتبيض قماش الدمور. وهو كلوريد الجير أو الجير المطفى المكثور والذى يتكون من مركبات غير مستقرة معظمها من اكسيكلوريد الكالسيوم $Ca(OCl_2)$. ولكن الهيبوكلوريت الذى نعيه هو هيبوكلوريت الكالسيوم عالى الجودة يحتوى على ٦٥-٧٠% كلور وذو لون أبيض وغير شره لامتصاص الماء وهو عبارة عن حبيبات ذات رائحة كلور قوية أو فى شكل بودرة أو أقراص ويذوب سريعاً فى الماء.

* هيبوكلوريت الصوديوم يوجد عادة فى الشكل السائل والمحلول يكون بتركز ما بين ٥ - ١٥% عادة وهو محلول صافى يميل إلى اللون الأصفر شديد القلوية عدواني وله رائحة كلور شديدة.

* ثبات مركبات الهيبوكلوريت (Hypochlorites): الهيبوكلوريتات عالية الجودة ذات قوة أكسدة ونشطة. عند التخزين فى درجة حرارة ٣٠م لمدة عام يقل المحتوى من الكلور بنسبة ١٠%. التخزين فى الأماكن الباردة يقلل من التلف والتحلل. معظم محاليل الهيبوكلوريت أقل ثباتاً من مساحيق الهيبوكلوريت. وأقصى عمر للتخزين قبل الاستعمال هو ٦٠ - ٩٠ يوم. الضوء والحرارة تعجلان من تحلل محلول الهيبوكلوريت ويقل التحلل عند التخزين فى أماكن جافة رطبة مظلمة أو فى أنية معزولة عن الضوء.

ب - ثاني أكسيد الكلور (CLO 2 – Chlorine Dioxide) :

ثاني أكسيد الكلور لم يستخدم في تطهير مياه الشرب رغم أنه شديد المفعول في القضاء علي الكائنات الحية الدقيقة جميعها مثل حامض الهيوكلورس. ولا يتأثر بالرغم الهيدروجيني في المجالات العادية من ٦ - ٩ وكذلك لا يتأثر بوجود النشادر. يمكن إنتاجه واستخدامه فوراً كما يمكن قياسه بسهولة وهو مستقر إلى حد ما. في معظم الحالات يعتبر ثاني أكسيد الكلور متفوق علي الكلور في حالة إحكام استخدامه. ولكن تظهر ضرورة إنتاج ثاني أكسيد الكلور في الموقع في شكل محلول ثاني أكسيد الكلور. ويصنع هذا المحلول من محلول هيبوكلوريت الصوديوم والكلور. وهذا يعني بالنسبة للجرعات المتساوية من كل من الكلور وثاني أكسيد الكلور يصبح الأخير مكلف جداً.



ولكن تظهر أهمية ثاني أكسيد الكلور في التطهير في حالة وجود نيتروجين الأمونيا مع كميات من مركبات الفينول حيث أن إنتاج المياه عالية النقاوة بالكلور فقط يعتبر أمراً صعباً.

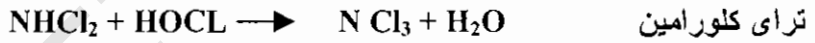
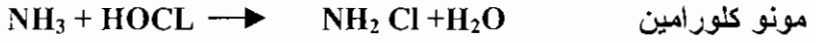
رغم أن ثاني أكسيد الكلور يستخدم عادة منفرداً فإنه قد يستخدم مع أو يسبق أو يلي الكلور. ففي حالة استخدامه لتدمير الكلوروفينول فإنه يستخدم مع الكلور في عمليات الكلورة المسبقة. وفي حالة استخدامه لأكسدة الحديد والمنجنيز فإنه يستخدم قبل الترويب والترسيب والترشيح يلي ذلك استخدام الكلور لأغراض التطهير في الشبكة.

ج- تفاعلات الكلور مع الأمونيا :

تفاعلات الكلور مع المواد النيتروجينية الغير عضوية مثل الأمونيا (النشادر) له أثر كبير في عمليات الكلورة عند التطهير فعند إضافة الكلور إلى الماء الذي يحتوي أو مضاف إليه أمونيا. أيون الأمونيا يوجد في حالة إتزان بين الأمونيا (النشادر) وأيون الهيدروجين.



تتفاعل الأمونيا مع حامض الهيوكلورس لتكون مجموعة من مركبات الكلورامين والتي هي مثل حامض الهيوكلورس تبطئ عملية الأكسدة للكلور. ويمكن توضيح التفاعل ما بين الكلور والأمونيا كالأتي: حيث يتكون كلاً من مونو، داي وتراي كلورامين.



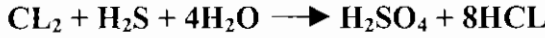
وتتوقف نواتج التفاعل علي درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني والوقت والنسبة بين كلاً من الكلور إلى الأمونيا ($\text{Cl}_2:\text{N H}_3$) انخفاض درجة الحرارة وزيادة نسبة الكلور إلى الأمونيا وانخفاض الرقم الهيدروجيني يساعد في تكوين الداي كلورامين.

ويوضح الشكل (١٢٥) بنسبة الكميات بالوزن من المونو كلورامين والداي كلورامين التي تتكون عند الحالات المختلفة للرقم الهيدروجيني وذلك عند نسبة الكلور إلى الأمونيا ٥ : ١ ($\text{Cl}_2 : \text{NH}_3$).

ويتفاعل الكلور كذلك مع المواد النيتروجينية العضوية لتتكون مركبات كلورامين العضوي. الكلور الموجود في الماء والمتحد مع نيتروجين الأمونيا أو النيتروجين العضوي يسمى الكلور الحر المتحد (Free Combined Chbrine). قوة الأكسدة لمحاليل الكلور تتغير طبقاً للرقم الهيدروجيني نظراً للتغير في نسبة HOCl OCl^- والتي تقل عند ارتفاع الرقم الهيدروجيني حيث تزداد نسبة أيون (OCl^-) . الكلورامين أقل قدرة في النشاط والتطهير عن الكلور الحر.

د - تفاعلات الكلور الأخرى :

التفاعل بين كبريتيد الهيدروجين والكلور يتم عموماً بسرعة مثل التفاعل الذي يحدث بين الكلور والمواد المختزلة الأخرى



أيون الكلور المختزل ($\text{HCl} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{Cl}^-$) لا يحقق قدرة الأكسدة للكلور. من الناحية النظرية فإن جزئ واحد من كبريتيد الهيدروجين يحتاج إلى ٥ , ٨ جزء من الكلور وعند حدوث هذا التفاعل يحدث بجانبه استهلاك لعشرة أجزاء من عسر الكالسيوم (AsCa CO_3) عند رقم هيدروجيني ٠.٩. كما أن التفاعل مع الحديد والمنجنيز يؤثر كذلك على عملية الكلورة. فعند زيارة الرقم الهيدروجيني في وجود الكلور تتأكسد مركبات الحديدوز والمنجنيز (Manganous) الثنائي بسرعة إلى الأيدروكسيد الغير مذاب في الماء ولا يتدخل الكلورامين في تفاعلات الأكسدة. الكلور الحر المتاح وليس الكلور المتحد مطلوب لأزالة الحديد المذاب عند رقم هيدروجيني ٧ أو أكثر والمنجنيز المذاب عند رقم هيدروجيني ١٠ حيث يلزم للحديد ٦ , ٠ جزء وللمنجنيز ٣ , ١ جزء من الكلور لكل جزء من الحديد والمنجنيز المطلوب إزالته وكذلك يستهلك ٤ , ٣ أجزاء من الكلور لأكسدة عسر الكالسيوم (مقيم ككربونات كالسيوم).

ويوجد النيتريت في بعض المياه وخاصة الملوثة بمياه الصرف الصحي وبعض مياه الصرف الصناعي. النيتريت يتأكسد بسرعة بالكلور وخاصة الكلور الحر حيث يستهلك كل جزئ من النيتريت ٥ , ١ جزء من الكلور. وقد توجد بعض المواد العضوية المختزلة في بعض مياه الشرب ولكن تركيزها عادة منخفض. وطبقاً لتركيز الكلور المتوفر وزمن التفاعل فإن بعض المواد العضوية المذابة تتفاعل مع الكلور وإن كان الزمن اللازم لإتمام التفاعل مع المواد العضوية المذابة عدة ساعات إلا أن بعض المواد العضوية المذابة تتفاعل بسرعة مع الكلور. وفي بعض الظروف تتكون مركبات جديدة نتيجة إضافة أو استبدال الكلور. وفي بعض الحالات الأخرى تتأكسد المركبات العضوية تماماً. المركبات العضوية مع الكلور

لها قدرة ضعيفة في القضاء علي البكتريا كما ان لها علاقة بعملية الكلورة لاستهلاكها للكلور وكذا لانتاج الطعم والرائحة.

٣ - الأثر البيولوجي والكيمائي للكلور في الماء :

أ - أثر السمية :

يقضي علي بكتريا الكوليفورم والبكتريا المسببة للأمراض والكائنات الحية الدقيقة كما يحد من أضرار البكتريا، يقلل من أثر الطعم والرائحة.

ب - الأثر الكيمائي :

الأكسدة : يؤكسد الحديد والمنجنيز والنترات ومركبات الكبريت الي الكبريتات. يتحد مع الأمونيا ويكون الكلورامين ومع النيتروجين العضوي ويكون الكلورامين العضوي ومركبات الكلور ومركبات استبدال الكلور.

٤ - عمليات الكلورة : (Chlorination Practices)

كانت عمليات الكلورة تتم بغرض التطهير وأدخلت عملية المعالجة بالكلور الأمونيا وذلك للحد من المذاق والرائحة المصاحبة عادة لعملية التطهير بالكلور. وتلا ذلك زيادة الكلورة (Superchlorination) لغرض آخر وهو تدمير وتحلل المواد المنتجة للرائحة والطعم المصاحبة عادة للمواد العضوية المحتوية علي الكلور ثم كانت معرفة نقطة الانكسار للكلورة (Break Point) ومعرفة أن الكلور المتبقي يمكن أن يكون في صورتين مع عملية الكلورة وهما الكلور الحر المتبقي او الكلور المتحد المتبقي.

أ- الكلور الحر المتبقي : Free Residuel Chlorine

عملية إنتاج الكلور الحر المتبقي تشمل حقن الماء بالكلور لإنتاج كلور حر متبقي إما مباشرة أو من خلال تحلل وتكسير الأمونيا الموجودة طبيعيا في المياه

(حتى لا تتحد الأمونيا مع الكلور مكونة كلور متحد متبقي من الكلورامين) مع استمرار هذا الكلور الحر المتبقي خلال مرحلة أو كل نظام المعالجة المياه. الكلور الحر المتبقي له قدرة أكسدة أكثر من المتحد. ولذا فعند الرغبة في إنتاج كلور حر غير متحد فان خصائص المياه هي التي تحدد أسلوب التنفيذ.

* في حالة عدم احتواء المياه علي امونيا (أو مركبات نيتروجينية أخرى) فان استخدام الكلور سينتج عنه توفر الكلور الحر المتبقي.

* في حالة وجود الأمونيا في المياه والتي ينتج عنها كلور متحد متبقي (كلورامين) فإنه يلزم تدميره بواسطة الكلورة الزائدة.

ب - نقطة الانكسار للكلورة : (Break Point Chlorination) شكل (١٢٦)

التركيز الجزئ $NH_3 : Cl_2$ (كنتروجين) حتى ١ : ١ يكون مونيو كلورامين ودايكلورامين. الكلورامين المتبقي يبلغ أقصاه عند تساوي التركيز الجزئي لكل من الكلور والامونيا. اي زيادة في تركيز الكلور عن الامونيا ينتج عنها أكسدة للأمونيا واختزال للكلور. تفاعل الأكسدة والاختزال يكتمل عند إضافة ٢ جزئ من الكلور لكل جزئ من الامونيا مع توفر الزمن اللازم للمكث. عندئذ يقل الكلورامين المتبقي الى اقل قيمة "نقطة الانكسار" عندما تكون نسبة الكلور الى الامونيا ١:٢ حيث تفاعل الأكسدة - الاختزال. إضافة كلور زائد ينتج عنه كلور حر متبقي. ولذلك فان الكلورامين المتكون بإضافة الكلور الى الماء المحتوى على امونيا يظل كما هو طالما أن نسبة الامونيا عالية، ولكن يبدأ الكلورامين في التحلل والتكسير عندما تزيد نسبة الكلور وقبل نقطة الانكسار فان حامض الـهيبوكلورس (HOCl) الغير متفاعل يظل في المحلول. المعادلات التالية تعطى تصور للتفاعلات التي قد تحدث لتحلل الكلور.

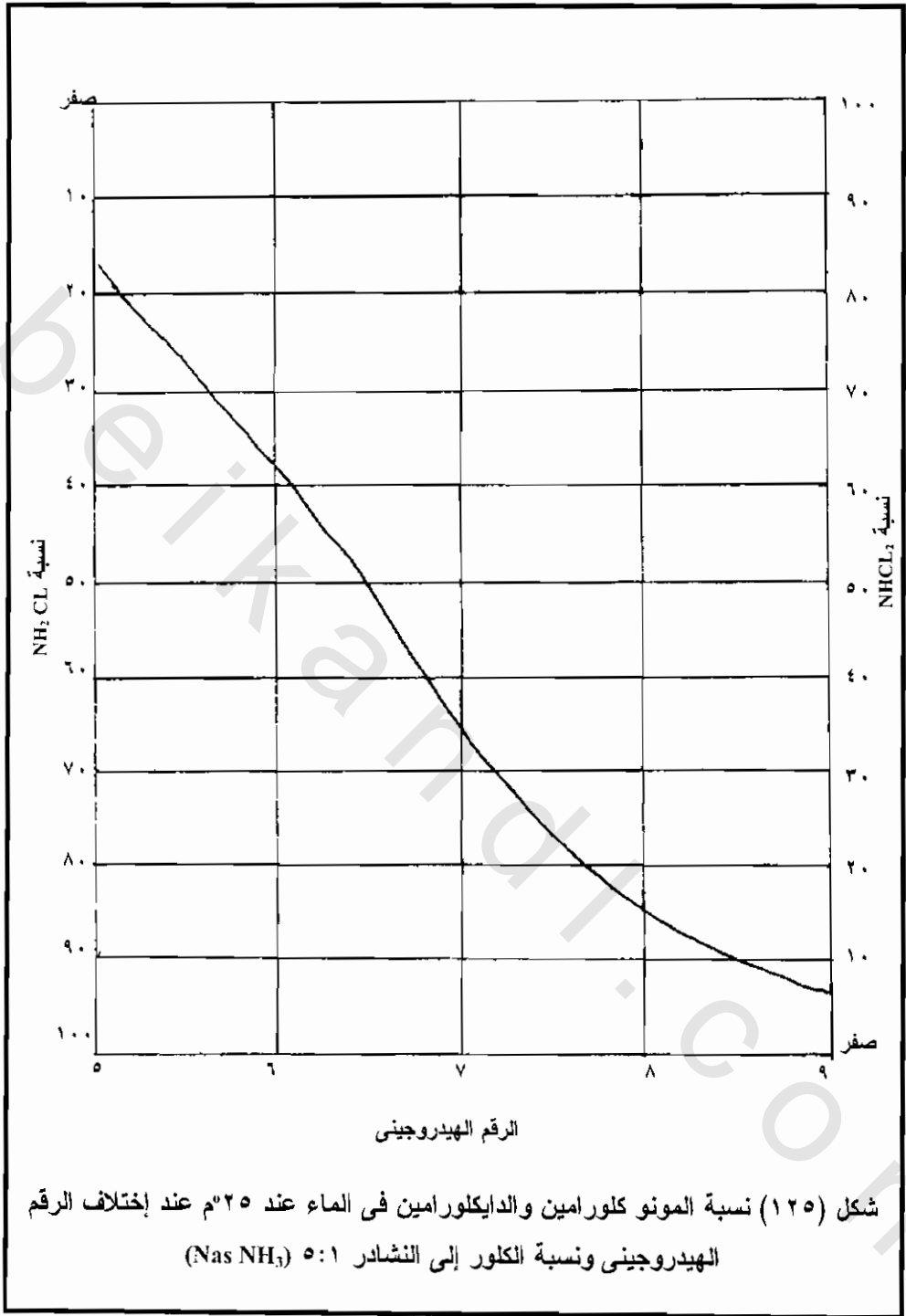


وهذه المعادلات توضح جرعة الكلور اللازمة للحصول على كلور حر متبقى.
الجدول التالي يوضح الجرعة النظرية من الكلور - الأمونيا لحدوث التفاعل.

جرعة الكلور اللازمة لتفاعلات الكلور - الأمونيا

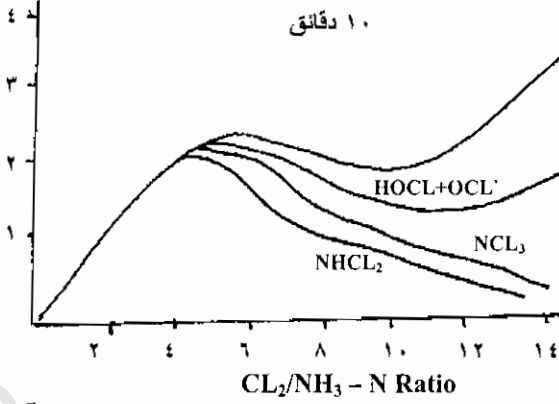
التفاعل	ملجرام كلور/ ملجرام أمونيا	التفاعل	ملجرام كلور /ملجرام/ أمونيا
مونو كلورامين NH_2Cl	٤,٢	نيتروجين N_2	٦,٣
دايكلورامين $NHCl_2$	٨,٤	نترات NO_3	١٦,٧
تراي كلورامين NCl_3	١٢,٥	ونيتريت	
الجرعة التصميمية للحصول على كلور حر متبقى ٩ ملجرام كلور/ملجرام أمونيا			

يلاحظ أن كم كبير من الكلور لازم لإنتاج النترات و أقل منه قليلا لازم لتكوين الكلورامين. ولكن نسبة الكلور الي الأمونيا بالوزن لتكوين النيتروجين أقل من اللازم لتحويل كل الأمونيا إلى الدايلكلورامين. وقد ثبت أن النيتروجين هو الناتج الرئيسي عند تفاعل المتبقي الحر. ولكن الخبرة العملية تتطلب ٨ ملجرام كلور / ملجرام نشادر ولكن الجرعة ٩ - ١٠ ملجرام كلور / ملجرام نشادر مطلوبة لأغراض التصميم. ومن الناحية العملية فان تركيز التراكلورامين يزداد بسرعة مع زيادة جرعة الكلور عن أقصاها ولذا فإن الزيادة في جرعات الكلور يلزم تجنبها وهذا مبين في الشكل (١٢٦). وعمليا نظرا لوجود المواد العضوية والمواد الأخرى النشطة مع الكلور قد يتطلب حتى ٢٥ من الكلور ضعف نيتروجين الأمونيا للوصول إلى هذه النقطة. بعد عملية الكلورة والحصول على الكلور المتبقى الذي يلي نقطة الانكسار فإن الكلور المتبقى الناتج يتكون من ٩٠% كلور متبقى حر وبنسبة قليلة من الكلور المتبقى المتحد. شكل (١٢٧)

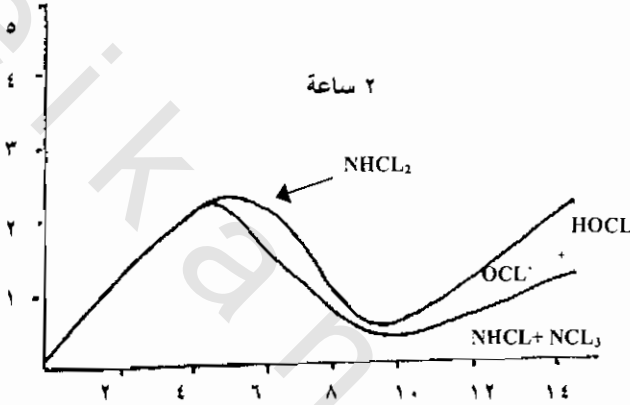


شكل (١٢٥) نسبة المونو كلورامين والدايكلورامين في الماء عند ٢٥°م عند إختلاف الرقم الهيدروجيني ونسبة الكلور إلى النشادر ٥:١ (Nas NH₃)

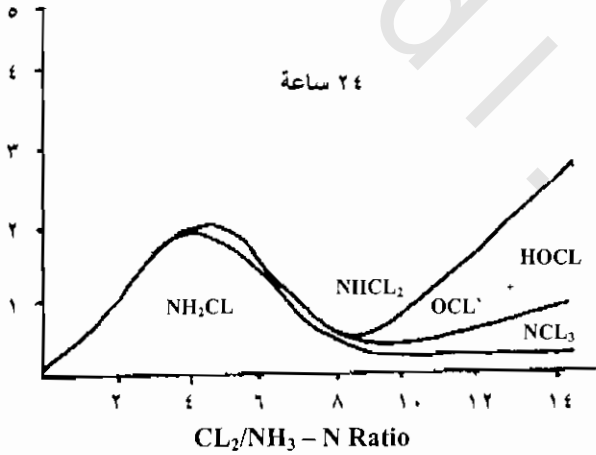
الكلور المتبقى ملجرام/لتر



الكلور المتبقى ملجرام/لتر



الكلور المتبقى ملجرام/لتر



شكل (١٢٦) منحنيات الكلور الحر المتبقى

استخدام الكلورة المتبقية الحرة أو كلورة نقطة الأنكسار مناسب في الحالات الآتية:

- * عندما تكون نوعية المياه رديئة مع ملاحظة عدم القدرة على إيقاف نشاط الفيروسات الضارة.

- * لأكسدة الحديد والمنجنيز.

- * عندما يكون زمن المكث غير كافئ لتحقيق التطهير لتوفير التطهير بالكلور المتحد العادي.

- * عندما يكون هناك مذاق غير مقبول للمياه وكذا الرائحة الغير مقبولة.

- * للحد من نمو الطحالب على المرشحات وإطالة دورات الترشيح.

- * للقضاء على البكتريا المقاومة للكلور وكذا نمو البكتريا في شبكة التوزيع.

د- الكلور المتحد المتبقى : (Combined Residual Chlorine)

عملية الكلور المتحد المتبقى هو كلورة المياه مع الأمونيا الطبيعية سواء كانت موجودة أصلا في الماء أو مضافة للحصول على الكلور المتحد المتبقى واستمراره خلال وحدة المعالجة أو شبكة التوزيع. الكلور المتحد المتبقى له قدرة أكسدة أقل من الكلور الحر المتبقى وكذا أقل قدرة في عملية التطهير وقتل الكائنات الحية الدقيقة. حيث أن ما يعادل ٢٥ ضعف من الكلور المتحد المتبقى للحصول على نفس النتيجة تحت الظروف المتساوية من الحرارة والرقم الهيدروجيني وزمن المكث مقارنة بالكلور الحر.

خصائص المياه هي التي تحدد الحصول على كلور متحد متبقى وذلك في الحالات الآتية:

- * إذا أحتوى الماء على الأمونيا الكافية لإنتاج الكلور المتحد المتبقى بالقدر المطلوب فإن إضافة الكلور فقط تكفى.

- * في حالة احتواء المياه على أمونيا قليلة جدا أو عدم وجود أمونيا بالمياه فإن إضافة الأمونيا والكلور قد تكون مطلوبة في حالات خاصة.

- * في حالة احتواء الماء على كلور حر متبقى فإن إضافة الأمونيا سوف تحول الكلور الحر المتبقى الى كلور متحد متبقى.

عملية الكلورة التي تحقق كلور متبقى متحد تتم بعد الترشيح للقضاء على الطحالب والبكتريا بعد نموها وتقلل من المياه الحمراء في النهايات الميتة لشبكات المياه كما أنها توفر الكلور المتبقى خلال الشبكة حتى صنبور المستهلك. عادة الكلورة لإنتاج الكلور الحر تسبق الكلورة لإنتاج الكلور المتحد (التي تتم بعد الترشيح) وذلك للحصول على مذاق جيد للمياه إلا في حالة توفير زمن مكث أكبر.

٥ - التطهير البيولوجي : Biological Control

يبني التطهير بالكلور على أساس الحصول على كمية محددة وذات نوعية خاصة من الكلور المتبقى بعد تمام المعالجة لتأكيد صلاحية المياه للشرب.

المياه المحملة بالميكروبات هي المتعلقة بميكروبات حمى التيفود والدوسنتاريا والإضرابات المعوية المختلفة والبكتريا الخاصة بهذه الأمراض هي من نوع السلمونيلا والشيجيلا. ويمكن تحديد فعالية التطهير باختبار وجود كائنات الكوليفورم. وذلك حيث أن بكتريا حمى التيفود وغيرها هي على الأقل لها مقاومة مثل الكوليفورم وأن عدوانيتها تتمثل في المياه الحاملة لبكتريا السلمونيلا والشيجيلا. من المعلوم أن الفيروسات المعوية تختلف في حساسيتها ومقاومتها للكلور وكذلك فإن الفيروسات أكثر مقاومة للكلور من الكوليفورم والبكتريا المعوية الأخرى.

أ- الجرعات من المطهر اللازمة للتطهير :

أقل كمية من الكلور المتبقى عند درجات حرارة ٢٠-٢٥°م باستخدام زمن مكث ١٠ ق مع التعرض للكلور الحر المتبقى عند رقم هيدروجيني ٦-٨ هي كلور حر متبقى لا يقل عن ٠,٢ مليجرام /لتر وعند رقم هيدروجيني ٨-٩ لا يقل عن ٠,٤ مليجرام /لتر. وفي حالة الكلور المتحد المتبقى وزمن مكث ٦٠ ق وعند رقم هيدروجيني ٧-٨ لا يقل الكلور المتحد المتبقى عن ١,٥ مليجرام /لتر وعند رقم هيدروجيني ٨-٩ لا يقل عن ١,٨ مليجرام / لتر. وهذه القيم لا تناسب جميع أنواع المياه وخاصة المياه العكرة وعند درجة حرارة أقل من ٢٠°م.

وبالنسبة لإبادة الحويصلات (الجارديا) وهي جرعة تقتل كل البكتريا وهي مالا يقل عن ٠,٥ ملليجرام / لتر للكلور الحر المتبقى، ٢,٥ ملليجرام / لتر للكلور المتحد المتبقى مع زمن مكث ٣٠ دقيقة ودرجة حرارة ٢٢-٢٥°م. لإزالة الفيروسات نتيجة التلوث بمياه الصرف أو المخلفات الأدمية فإن التطهير المناسب هو بتعقيم المياه (غلي المياه عند درجة حرارة ١٠٠°م). ولا يقاف نشاط الفيروسات فإن حامض الهيبيوكلورس (HOCl) يعتبر المؤثر في إيقاف نشاطها حيث يلزم ٠,٥ ملليجرام / لتر من الهيبيوكلورس مع زمن مكث ٣٠ق. ولذلك فإنه في حالة تلوث المياه بالفيروسات يلزم توفر كلور حر متبقى في مجال رقم هيدروجيني مناسب لإنتاج حامض الهيبيوكلورس. ونظرا لأن مثل هذه المياه بها نيتروجين أمونيا بكميات كبيرة فإنه يلزم توضيح نقطة الانكسار للكلور (حيث حامض الهيبيوكلورس الذي يتكون أثناء عملية نقطة الانكسار وكذلك الذي يتكون بعد أكمال تفاعلات الانكسار يكون مناسب لإيقاف نشاط الفيروسات). المياه المحتوية على نيتروجين الأمونيا من ٠,١ إلى ١ ملليجرام / لتر فإن أفضل رقم هيدروجيني للكلور الحر المتبقى لإنتاج مياه خالية من الفيروسات هو ٧,٥ في هذا المجال ستتواجد نسبة كبيرة من حلمض الهيبيوكلورس مع عدم احتمال تكون ثلاثي كلوريد النيتروجين عنه في المياه الأشد حموضة.

ب- أماكن ونقاط استخدام الكلور :

(١)- الكلورة المسبقة : Prechlorination :

وهي استعمال الكلور قبل أي عملية معالجة، وهي تحقق زيادة كفاءة الترشيح للمياه بتقليل حمل البكتريا والطحالب والفطريات وتحسن عملية الترويب وتقليل آثار المذاق والرائحة والمواد المسببة للألوان بأكسدتها وتوفير عوامل الأمان لتطهير المياه شديدة التلوث مع الاحتفاظ بالكلور المتبقى في شبكة التوزيع أقل ما يمكن. وعند استعمال الكلورة المسبقة فإنه يمكن الحصول على زمن مكث أطول ما يمكن وذلك يحقن الكلور في مأخذ السحب للمياه العكرة لتوفير الالتصاق الجيد بين الكلور والماء خلال مراحل الترويق للمياه. وطبيعي فإن الجرعة تتوقف على الهدف. ففي

بعض الحالات يلزم توفير الكلور الحر المتبقي وفي حالات أخرى يكتفي بالكلور المتحد المتبقي مع الاهتمام بتوفير الكلور المتبقي الضروري لتحقيق الهدف.

(٢) - الكلورة التالية : (PostChlorination)

وهي كلوره المياه بعد أي عملية من عمليات المعالجة وأهم عمليات الكلورة التالية هي التي تلي عملية الترشيح بغرض التطهير للحصول على كلور حر متبقي أو كلور متحد متبقي في كل شبكة التوزيع. ويؤخذ في الاعتبار زمن المكث حيث يضاف الكلور للمياه الخارجة من المرشح (زمن المكث في الخزانات العلوية أو الأرضية بعد المرشح). وعندما تلي الكلورة التالية الكلورة الأولية وتسبق عملية الترشيح يتم الحصول على كفاءة ترشيح عالية.

(٣) - إعادة الكلورة : (Rechlorination)

وهي حقن الكلور في الماء بعد معالجة المياه ويتم ذلك في نقطة أو أكثر في شبكة التوزيع حيث يتكون كلور حر متبقي أو كلور متحد متبقي. ويتم ذلك عادة عندما تكون شبكة التوزيع طويلة جدا ومعقدة وعندما يكون الكلور المتبقي من محطة المعالجة غير كافي للقضاء على البكتريا والطحالب التي تنمو... الخ. يمكن حقن الكلور في نهاية خط التغذية الرئيسي الطويل في شبكة التوزيع. وفي منطقة التوزيع ومن الخط الرئيسي الي تجمع سكني بعيد او في بعض الأماكن كالخزانات والمواسير الرئيسية او محطات الضخ.

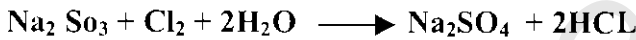
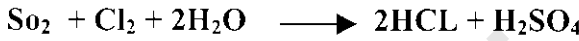
(٤) - إزالة الكلورة : (Dechlorination)

إن المحافظة على كمية ثابتة من الكلور الحر المتبقي أو الكلور المتحد المتبقي تعمل فقط كدليل عملي لتطهير المياه ولا يمكن استبدالها بالتحاليل البيولوجية أو التحاليل الميكروسكوبية. حيث إن تأكيد خلو المياه من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض سيظل الوسيلة الوحيدة لتحقيق صلاحية المياه للشرب. وعند استخدام الكلور الحر أو المتحد المتبقي مع استمرار التطهير. إلا أنه في بعض الحالات يكون المتبقي غير مرغوب فيه مما يتطلب إزالته. في حالة زيادته وخاصة في

حالة زمن المكث قليل (بين الماء والكلور) جدا. حيث تجرى الكلورة المسبقة في وحدة المعالجة أو الكلورة البسيطة في خط المواسير تليها إزالة الكلور مع أهمية وجود كلور حر متبقي ٠,١ ملليجرام / لتر في صنوبر آخر مستهلك في الشبكة. يعتبر استخدام ثاني أكسيد الكبريت مناسب واقتصادي. أساس عمل مواد الأختزال أو مزيلات الكلور (Dechlor) هو إمكان استخدامها بعد الكلورة البسيطة كما يستخدم سلفيت الصوديوم (Na₂ S) وإن كان ثاني أكسيد الكبريت أكثر ثباتا واقل في التكلفة. ويستخدم ثيوسلفيت الصوديوم لإزالة الكلور عند عمل التحليل البيكتريولوجية (Na₂ S₂ O₃) للمياه، كما يستخدم كذلك في معالجة المياه للأغراض الصناعية. وقد يستخدم الفحم المنشط.

جدول (١٤) الكيماويات المستخدمة لازالة الكلور

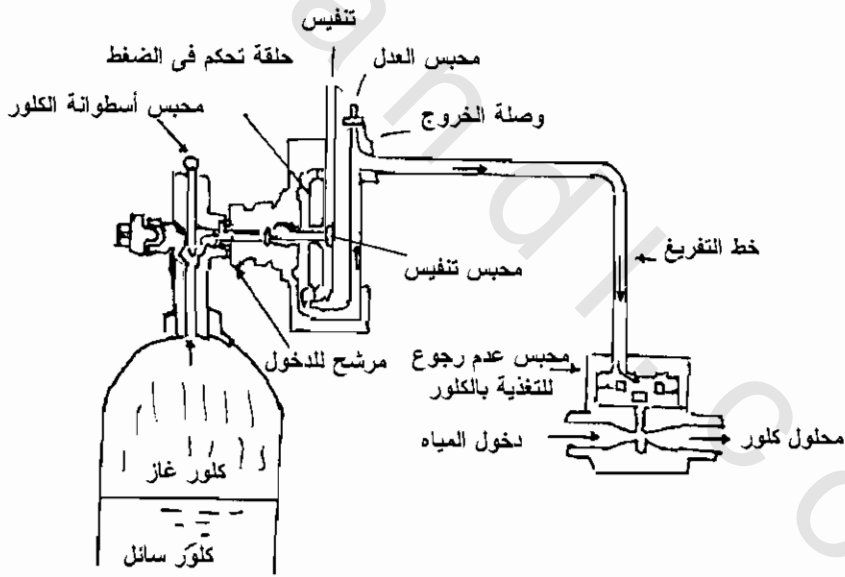
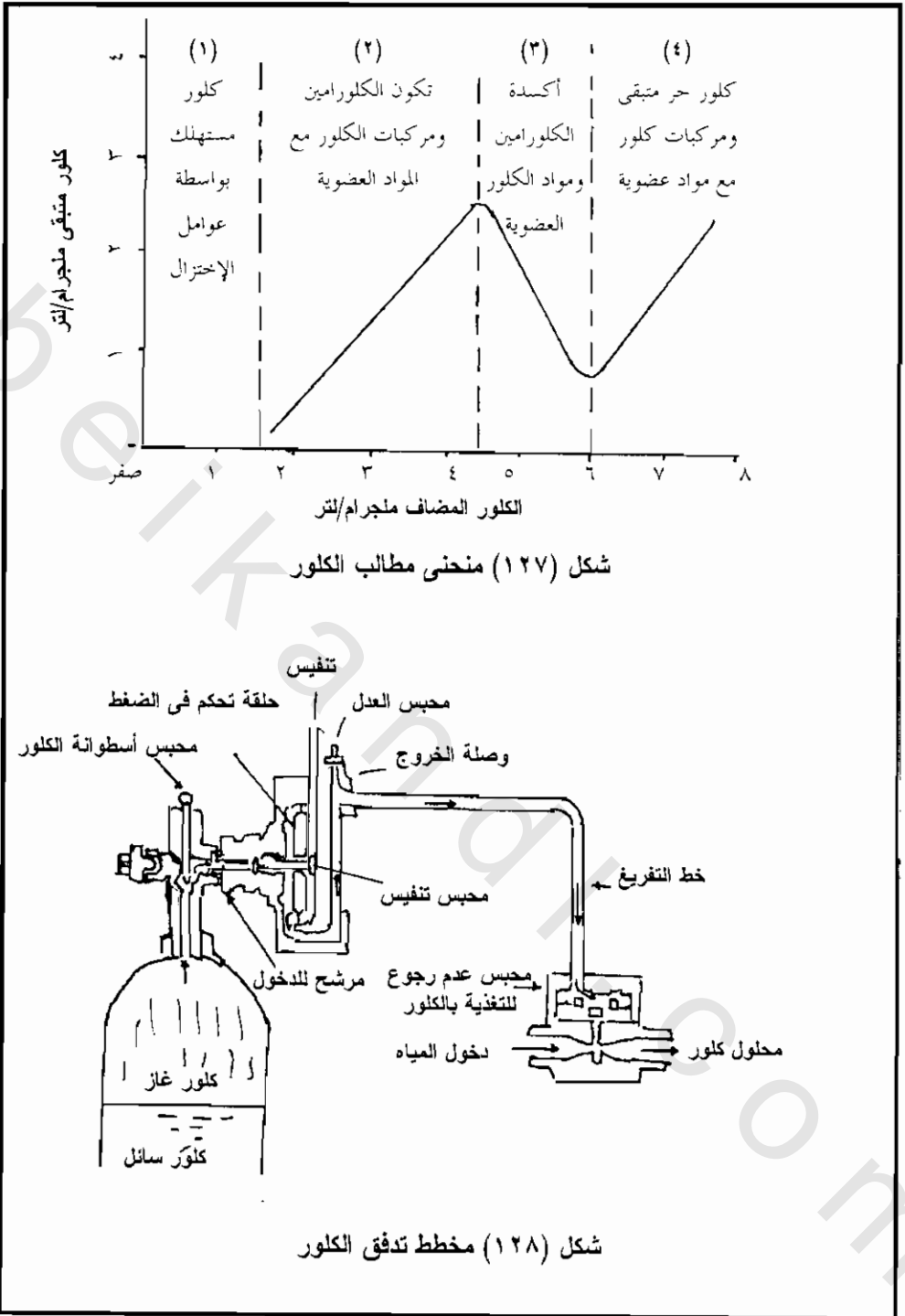
المادة	جزء مطلوب لازالة جزء من الكلور	القلوية المستهلكة ككربونات كالسيوم
ثاني أكسيد الكبريت SO ₂	٠,٩	٢,٨
سلفيت الصوديوم (Na ₂ SO ₃)	١,٤٦	١,٣٨
ثيوسلفيت الصوديوم (Na ₂ S ₂ O ₃)	١,٧٧	١,٣٨
الفحم المنشط	٠,٠٨٥	٢,١



تخزين المياه المحتوية علي الكلور لفترة طويلة في وجود أشعة الشمس يعمل علي الاختفاء التدريجي للكلور المتبقي.

٦- اعتبارات هندسية :

بالإضافة إلى الاعتبارات الكيماوية الخاصة بكفاءة التطهير. فإن الاعتبارات الهندسية لها أهميتها. حيث يلزم الخلط السريع والجيد للكلور مع الماء الجاري تطهيره بما يمكن من قتل حوالي ٩٠% من الكائنات الدقيقة في وقت قصير جدا قبل أن يتمكن الكلور المضاف من التفاعل مع المواد النيتروجينية الموجودة. وذلك لأن الخلط الغير جيد يساعد علي تكوين الكلورامين في بعض أجزاء من المياه قبل الالتصاق بالكائنات الدقيقة في أجزاء أخرى. ولهذا يمكن رفع كفاءة التطهير بوحدات الخلط السريع جدا. كما أن تصميم خزانات المكث للكلور مع الماء هام جدا وذلك من ناحية شكل الخزان والعوائق (Baffles) المناسبة يعتبر حساس وهام.



٧- كلورة شبكة التوزيع :

أ- الإنشاءات الجديدة :

يلزم الحرص في تطهير شبكة التوزيع المنشأة والجاري إنشائها فمن بين مصادر التلوث التسرب لمياه الصرف وكذا التربة الملوثة في خنادق الحفر والتلوث بفعل عمال الإنشاءات أو من معدات الإنشاء وكذا التلوث من المواد الغريبة في الخندق أثناء الإنشاء. ولذلك يكون من المهام الأساسية لعمال الإنشاءات تجنب التلوث للمهمات أثناء العمل حيث يلزم وضع المواسير علي أماكن مرتفعة قبل التركيب، كما يجب سحب المياه من الخندق قبل تركيب المواسير مع الاهتمام بتغطية فتحات المواسير لمنع دخول المياه. كما يجب فحص كل ماسورة، محبس، ووصلة وتنظيفها قبل التركيب.

بعد اختبار الضغط للشبكة يتم ضخ المياه فيها بسرعة مناسبة لإزالة كل المواد الغريبة. وعند اكتمال هذه العملية يمكن إجراء التطهير باستخدام الكلور السائل أو هيبوكلوريت الصوديوم أو الكالسيوم بأحد الطرق الآتية:

ب- التغذية المستمرة :

في هذه الطريقة يتم التغذية بالمياه المعالجة والكلور (سائل الكلور أو محلول الهيبوكلوريت) بمعدل ثابت وبتركيز لا يقل عن ٥٠ مليجرام / لتر من الكلور حتي امتلاء المصدر. تظل المياه لمدة لا تقل عن ٢٤ ساعة حيث خلال هذه الفترة يلزم تشغيل المحابس ومحابس التصريف... الخ حتى يمكن تطهيرها. وبعد انقضاء ٢٤ ساعة فإنه يجب ألا يقل الكلور المتبقي عن ٢٥ مليجرام / لتر في المصدر الجديد. شكل (١٢٨)

ج- الطريقة البطيئة :

وفي هذه الطريقة تجري التغذية المستمرة بجرعة ثابتة كما في الحالة الثابتة وبالمعدل الذي يعطي جرعة كلور لا تقل عن ٣٠٠ مليجرام / لتر. مع استمرار

التغذية بالكور لمدة زمنية تسمح بتلامس المياه المكلورة الي الأسطح الداخلية للمصدر لمدة لا تقل عن ٣ ساعات. مع مرور المياه المكلورة خلال المحابس والقطع والتقاطعات... الخ كما يجب تشغيل المحابس لضمان التطهير. وتستخدم هذه الطريقة للأقطار الكبيرة حيث التغذية المستمرة تكون غير عملية.

د- طريقة الأقراص : (Tablet Method)

لا يستخدم الغمر في هذه الطريقة رغم أنها تستخدم عادة في المواسير ذات الأقطار الصغيرة. في هذه الطريقة توضح حبيبات هيبوكلوريت الكالسيوم في أجزاء من الماسورة والمحابس والقطع. ثم يتم الملى البطئ بالماء بسرعة في حدود ٣٠ سم / الثانية وذلك لعدم كسح الهيبوكلوريت الي نهاية المصدر. المحلول الأخير يجب ان يحتوي علي كلور متبقي لا يقل عن ٥٠ ملليجرام / لتر وان يظل زمن المكث لمدة لا تقل عن ٢٤ ساعة. وبطرف النظر عن الطريقة المستخدمة. بعد زمن المكث يتم صرف المياه التي بها الكلور متبقي مع عمل الاختبارات البكتريولوجية وفي حالة عدم مطابقة التحليل للمواصفات يتم إعادة خطة التطهير مع اختبار النتائج قبل وضع مصدر المياه في الخدمة.

هـ- التطهير لعمليات الإصلاح :

أعمال التلف في الشبكات يمثل اكبر المشاكل المسببة للتلوث. حيث ينتج التلوث في منطقة التلفيات بالإضافة إلى ان الإسراع الضروي لعملية الإصلاح يزيد من التلوث. لذلك مع تتبع التلف وتحديد الكسر المعرض للتلوث يلزم العمل علي عزل مياه الصرف وأي مصادر تلوث أخرى. في حالة توفر الوقت يستمر ضخ المياه في الخط وسحب المياه وضخها من الخندق. وهذه الطريقة سوف تزيل كثيرا من الملوثات التي اندفعت الي المواسير. واصل قدرة من التطهير تشمل غسل الماسورة الجديدة والوصلات بمحلول الهيبوكلوريت ٥% قبل التركيب وعندما تسمح الظروف يتم عزل منطقة التلفيات التي تم إصلاحها مع تعرضها للتطهير بأحد الطرق السابقة للمنشآت الجديدة وذلك مع زيادة الجرعة الي ٥٠٠ ملليجرام /

لتر وزمن المكث لا يقل إلى ٣٠ ق. يتم التحليل البكتريولوجي للعينات بعد التطهير لاختبار عملية التطهير.

و- تطهير الخزانات ومستودعات المياه :

يتم عمل خطة للتنظيف والتطهير للخزانات، حيث يمكن تطهير الخزانات بطرق مختلفة. أحد هذه الطرق هو الإضافة المباشرة للكلور مع المياه لملي الخزان، أو إضافة محلول هيبوكلوريت للمياه، أو إضافة مسحوق هيبوكلوريت الكالسيوم الي الخزان بعد ملئه بالمياه وذلك بالرش والتوزيع علي سطح المياه أو الإزابة المسبقة ثم الرش علي سطح المياه في الخزان. وفي جميع الحالات يلزم توفير ٥٠ مليجرام / لتر كلور متبقي لمدة لا تقل عن ٦ ساعات. كما يمكن استخدام طرق أخرى حيث بعد الغسيل الحوائط والأسطح الداخلية للخزان يمكن رشها بمحلول به ٥٠٠ مليجرام / لتر من الكلور وذلك للتطهير السريع للخزان بدون إلحاق أضرار للدهانات الداخلية للخزان.

ز- تطهير الآبار :

مثل حالات الشبكات والخزانات توجد خطورة من تلوث المعدات والمهمات والمياه السطحية أثناء عملية الإنشاء والإصلاح للبتنر. حيث يلزم عمل التطهير بالكلور أو بأي مادة من مواد الكلور مع توفير من ٥٠ - ١٠٠ مليجرام / لتر كلور حر متبقي لمدة ١٢ ساعة لضمان التطهير المطلوب.

لتطهير بئر محفور قبل تركيب مكوناته (Dug Well) يتم غسل القيسون أو الدهان الداخلي (السطح الداخلي) بمحلول كلور قوي (٥٠ مليجرام / لتر) وكذا ظلمبة الأعماق وماسورة السحب. يتم تشغيل ظلمبة الاختبار المؤقتة لملي البئر ثم ترفع ظلمبة السحب المؤقت ثم تضاف جرعة كلور ٥٠ مليجرام / لتر لكل المياه في البئر وحول المصفاه (في التربة الجاملة) لمسافة مناسبة بما يعادل ضعف المياه في البئر تقريباً. تركيب الظلمبة وماسورة السحب ويغطي البئر ليظل محلول الكلور في البئر لمدة لا تقل عن ١٢ - ٢٤ ساعة قبل الضخ وصرف المياه المحملة بالكلور.

أما في حالة البئر المتدفق أو الأرتوازي فإنه من الضروري الحد من التدفق المستمر للمياه للمحافظة علي كلور متبقي لها حيث يضاف محلول الكلور الي قاع البئر باتباع نفس الطريقة المستخدمة في البئر الجوفي ويتم ذلك باستخدام ماسورة حقن وهذا لعمل خلط ما بين الماء والكلور ما أمكن ثم مع تدفق البئر يوفر كلور متبقي ٥٠ مليجرام / لتر. ثم يغلق البئر تماما لمدة ١٢ ساعة ثم يفتح ويعاد ضخ المياه من البئر الي الصرف.

الاحتياطات: يلزم توفير وسائل ومهمات الأمان للعاملين في تداول الكيماويات وكذا تأمين الكائنات المائية من صرف المياه المكلورة بما يتطلب إزالة الكلور قبل صرفها.

ح- تنظيم إضافة الكلور : (Chlorination Control)

(١) مطالب الكلور Chlorine Demand

تختلف خصائص المياه طبقا للمصدر، وقد تختلف خصائص المياه لنفس المصدر من وقت لآخر. وتتأثر كمية الكلور المضافة طبقا لهذه الاختلافات ولهذا يلزم ضبط معدل الكلور ليس فقط طبقا لمعدل تدفق المياه ولكن كذلك لمواجهه التغير في نوعية المياه. من المواد النشطة والتي تتفاعل بسرعة مع الكلور المواد الغير عضوية المختزلة من الحديد والمنجنيز والأمونيا. وكذلك تتفاعل المواد العضوية وتستهلك الكلور ولكن ببطئ مثل البروتينات والأحماض الأمينية والمواد الكربونية. هذه المواد العضوية والغير عضوية تستهلك الكلور الذي تحقق به المياه كما ان بعض التفاعلات وخاصة مع المواد الغير عضوية قد تحدث قبل إتلم عملية التطهير والقتل لكل الكائنات الحية الصغيرة وان كانت هذه الكائنات هي الأسرع في استهلاك الكلور ولهذا فان المواد التي تؤثر علي مطالب الكلور تعقد استخدام الكلور في عملية التطهير نظرا لوجوب استخدام الكلور الكافي ليس فقط لقتل الكائنات الدقيقة ولكن لتعويض الكلور المستهلك. التفاعلات مع المواد الغير عضوية سريع جدا والتفاعل مع المواد العضوية بطئ عموما وتتوقف معدلات التفاعل علي تركيز ونوع الكلور المستخدم عندما تكون إضافة الكلور بهدف معالجة

الخصائص الكيميائية للمياه مثل معالجة المذاق والرائحة من اثر المواد العضوية فان عملية الكلورة تكون حساسة. فعند إضافة الكلور لتحقيق كلور متبقي يكون الكلور المتبقي السائل هو الكلور المتحد المتبقي. وعند إضافة كلور لتوفير كلور حر متبقي عندئذ ستعود تفاعلات الأكسدة للمواد العضوية المسببة للرائحة والمذاق وذلك بتغيير هذه المواد أو تدميرها تماما وتحويلها الي مواد لا تسبب مذاق أو رائحة.

يعرف الكلور المطلوب بالفرق بين كمية الكلور المضافة الي الماء وكمية الكلور الحر أو المتحد أو اجمالي الكلور المتبقي حر ومتحد بعد فترة مكث (التصاق) محدودة. ولنوع معين من المياه فان مطالب الكلور تختلف طبقا لكمية الكلور المستخدم وزمن المكث ودرجة الحرارة.

(٢) الكلور المتبقي (Residual Chlorine)

نوع وكمية الكلور المتبقي المطلوبة لحالة تطبيقية معينة ترتبط بالغرض من المعالجة وتختلف من وقت لآخر ومن مكان لآخر. عندما يكون الهدف هو التطهير عندئذ يؤخذ في الاعتبار الرقم الهيدروجيني ودرجة الحرارة ومطالب الكلور وكذا حساسية الكائنات الدقيقة أو مقاومتها للكلور. ففي حالة طول زمن المكث والالتصاق بين الماء والكلور يكفي تركيز قليل من مادة التطهير بينما زمن المكث القليل يتطلب تركيز عالي لتحقيق نفس المعدل الكافي من التطهير. وكذلك زيادة قدرة التطهير وقتل الكائنات الدقيقة تزداد بزيادة درجة الحرارة. بينما يقل اثر الكلور كلما زاد الرقم الهيدروجيني.

ط- معدات الكلورة (Chlorination Equipment) شكل (١٢٨)

يجب أن تحقق معدات الحقن بالكلور الآتي:

* طرق تحديد والتحكم في التغذية الدقيقة بالكلور.

* نظام التحكم بالتفريغ لمنع تسرب الغاز مع القفل الآلي تحت أي ظروف في التشغيل.

- * حاقن لعمل التفريغ المطلوب وحقن المحلول لتأمين الاستخدام الكفؤ لتدفقات المياه المستهدفة تطهيرها.
- * مقياس لقياس معدل التغذية بالكلور.
- * طريقة مناسبة لتحديد والتحكم في معدل التدفق.
- * وسيلة آمنة لتسرب الغاز الي الجو في حالة تلف محابس قفل الغاز.
- * محبس عدم رجوع لمنع ارتداد المياه أثناء القفل بالإضافة إلى أجهزة قفل الغاز ومحابس التفريغ.

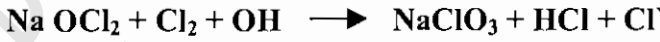
٨- ثاني أكسيد الكلور (CLO₂):

في بعض الحالات يعتبر ثاني أكسيد الكلور البديل المناسب لتطهير مياه الشرب. فهو مؤثر في تدمير الفينولات (Phenols) ولا يكون مركبات الترايها لومثيان بكميات مؤثرة وكذلك خصائصه في التطهير لا تتأثر بارتفاع الرقم الهيدروجيني كما في حالة الكلور الحر المتبقي وبالتالي فهو مطهر سريع في الرقم الهيدروجيني المرتفع. ولهذا يستخدم كمطهر في البلاد التي تستخدم مصادر المياه الملوثة من المجاري السطحية لأغراض الشرب. وفي هذه الأماكن يستخدم عادة ثاني أكسيد الكلور بعد استخدام التطهير بالأوزون. ثاني أكسيد الكلور لا يتفاعل مع المواد العضوية المذابة في الماء لتكوين الترايها لومثيان ولا يتفاعل مع الأمونيا ليكون الكلورامين. ولهذا فإن استمرار ثاني أكسيد الكلور في الماء أطول من الكلور الحر المتبقي في نفس الظروف. ولكن ثاني أكسيد الكلور مثل الكلور حساس للضوء ولكن نظرا لأنه لا يتفاعل مع الماء مثل الكلور فإن المتبقي منه يمكن إزالته بالتهوية. ناتج التفاعل لثاني أكسيد الكلور يشمل (Aldhydes, Ketones and Carboxylic) أما المركبات الغير عضوية فتشمل الكلوريد والكلوريت (CLO₃) وقد ثبت أن هذه المركبات من مسببات تكون ميثو مجلو بين الدم (Methemoglobin) ولذلك فقد أوصت منظمة البيئة (EPA) بالا تزييد نسبة نواتج التفاعل مع الماء مع المركبات الغير عضوية التي ذكرت عن ١ جزء في المليون.

ينتج ثاني أكسيد الكلور لمعالجة مياه الشرب من كلوريت الصوديوم (NaOCl_2) مع الكلور (الغاز أو في شكل محلول) وذلك بالخلط ويكون التفاعل كالاتي :



وبالإضافة إلى تكون ثاني أكسيد الكلور فإنه قد يتكون أيون الكلوريت (ClO_3^-) كمنتج ثانوي كالاتي:



القسم الثاني

الأوزون (OZONE)

لقد تطابق استخدام الأوزون في معالجة المياه لأغراض الشرب مع استخدام الكلور في توقيت واحد، وإن كان حالياً قل استخدامه عدا في بعض الدول وخاصة في ألمانيا، وفرنسا، وكندا. كما ازداد اهتمام الولايات المتحدة باستخدام الأوزون وذلك نظراً لاحتمال التأثير المسرطن لمركب الترايها لوميثان الناتج عند استخدام الكلور. الأوزون غاز نشط جداً، ورائحته نفاذة. واستخدام الأوزون في معالجة المياه يتطلب الفهم الجيد لخصائصه الطبيعية والكيميائية. كما تعتبر الخصائص الطبيعية ذات أهمية خاصة نظراً لأن إذابته في الماء ونشاط وتحلله، وثباته يتأثر بعدة عوامل معقدة. والأوزون غاز عديم اللون (O_3) يتم إنتاجه في الموقع ويتم تداوله في الألومنيوم والزجاج والسيراميك. ويتآكل الأوزون المتبقي في الماء سريعاً ولكنه يستمر لمدة أطول في الرقم الهيدروجيني المنخفض وفي المياه ذات قدرة الدريء العالية (Highly Buffered Waters) فعند رقم هيدروجيني ٨ فإن نصف العمر للأوزون (Half Life) حوالي ٢٣ دقيقة. ويتوقف نصف العمر للأوزون على نوعية المياه (الكربون العضوي الكلي (TOC)، الكربونات) وكذا على جرعة الأوزون المستخدمة. والأوزون مؤثر في إيقاف نشاط الفيروسات، وقتل البكتيريا، وأكسدة الخلايا الملونة (Chromophores) بما يعمل على إزالة الألوان. وفي حالات كثيرة فإن الأوزون يقلل من استعدادات المياه لتكوين مركبات الترايها لوميثان. والأوزون يعتبر مزيل للمذاق والرائحة، ويؤكسد الفينول والأوزون لا يكون الترايها لوميثان حتى في وجود البروميد بتركيز يصل إلى ٠,٥ ملليجرام/لتر. ويتفاعل الأوزون مع السيانيد (Cyanides) بمعدل سريع جداً. وتنشط عملية الأكسدة

في حالة وجود مركبات النحاس مع السيانيد كوسيط (Copper Complexes of Cyanides) ولكن التفاعل يثبط في حالة وجود مركبات الحديد المعقدة (Iron Complexes) وبمجرد دخول الأوزون في المحلول، فإنه يسلك طريقين للتفاعل. الأكسدة المباشرة والتي هي بطيئة نسبياً ولكنها اختيارية بدرجة كبيرة، والتفكك الآلي (Auto Decomposition) الي الأيدروكسيد، وهذا التفاعل نشيط في وجود شق الأيدروكسيد أصلاً في الماء، أو شق عضوي أو ثاني أكسيد الهيدروجين أو الأشعة فوق البنفسجية أو التركيز العالي لأيون الأيدروكسيد. وشق الأيدروكسيد سريع التأثير في أكسدة المواد العضوية بدون تمييز، ولكن في نفس الوقت، فإنه يزال بأيونات الكربونات والبيكربونات مكوناً شق الكربونات والبيكربونات، وهذه المركبات ليس لها نتيجة في التفاعلات العضوية. ولهذا فإن الرقم الهيدروجيني المنخفض يساعد علي بطئ تفاعلات الأوزون المباشرة في الأكسدة، أما ارتفاع الرقم الهيدروجيني أو زيادة تركيز المواد العضوية ينشط التفكك الآلي:

والتركيز العالي لعامل الدري (Buffer) من الكربونات أو البيكربونات وخاصة دري الكربونات يقلل من معدل التفكك الآلي بإزالة شق الأيدروكسيد.

وهذا يعني أن الأوزون المتبقي (Ozone Residuals) يستمر أكثر في الرقم الهيدروجيني المنخفض وكذا في المياه ذات الدري العالي (Highly Buffered) الأتي يوضح مسار تفاعلات الأوزون في الماء.

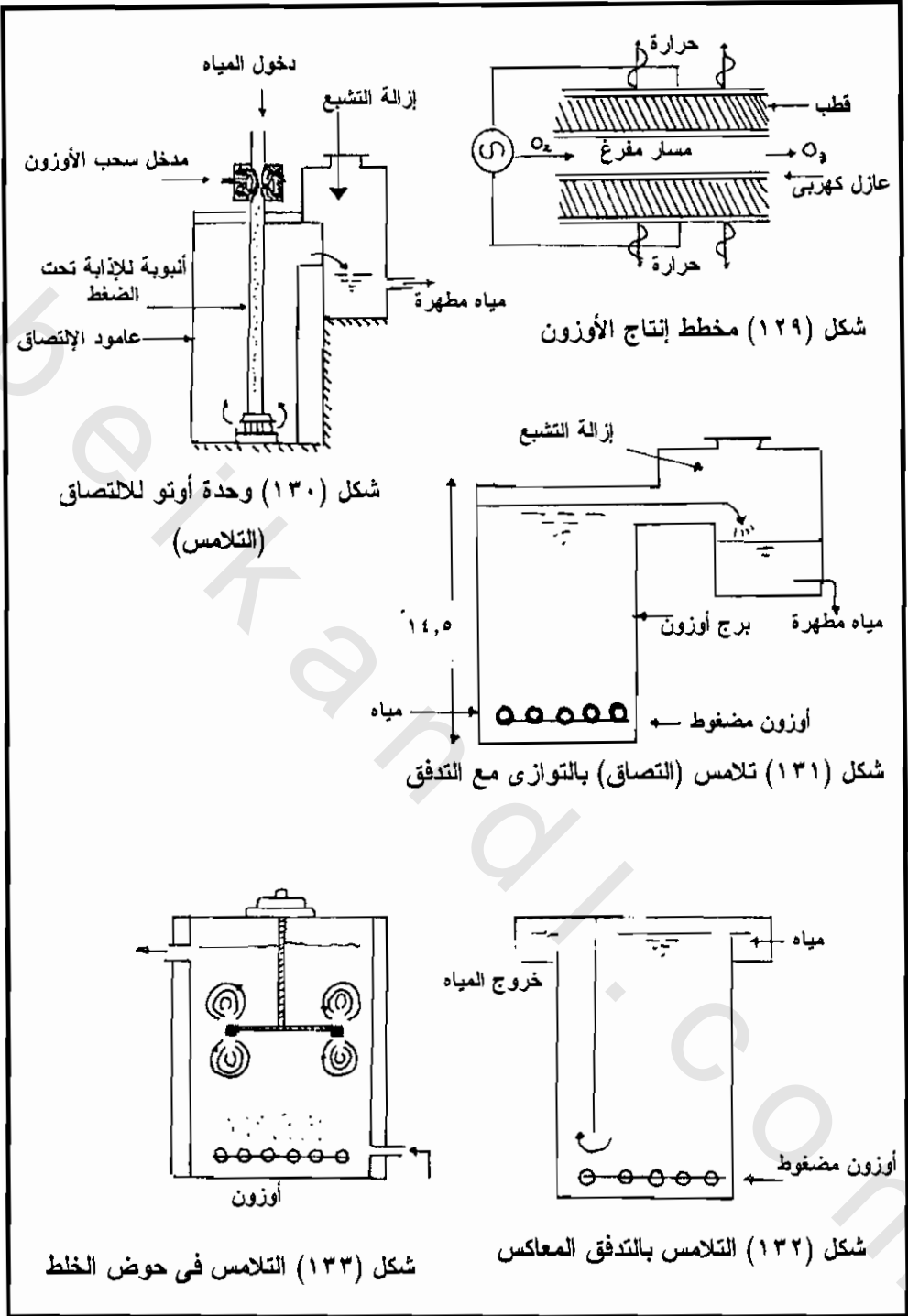
* تفاعل بطئ إنتقائي بالأكسدة المباشرة للمواد ذات القاعدة العضوية، والكائنات الدقيقة والنشادر.

* تفاعل سريع مع الأيدروكسيد أو الشق العضوي مكوناً شق الأيدروكسيد:

* أكسدة الخمائر العضوية، والكائنات الدقيقة، النشادر وهو تفاعل سريع انتقائي.

* أكسدة أيون البيكربونات مكوناً شق البيكربونات. وهو تفاعل متوسط.

* أكسدة أيون الكربونات مكوناً شق الكربونات وهو تفاعل سريع.



الإنتاج والتخزين والتغذية بالأوزون :

الشكل (١٢٩) يوضح الطريقة الأساسية لإنتاج الأوزون. حيث توفير جهد كهربى (فولت- Electromotive Force) خلال قطبين مع وجود عازل وفاصل بينهما يتم إمرار الهواء خلال المسار المفرغ بين القطبين، حيث يتحول بعض أكسجين الهواء الى الأوزون. ويتوقف الفولت (فرق الجهد) اللازم لتوليد الأوزون على ضغط المسار (Gap Pressure) وعرض المسار. وكذا فإن كفاءة وحدة إنتاج الأوزون تزداد بزيادة التردد، معامل العزل، وتتناسب عكسياً مع سمك العازل (Dielectric).

والعازل يكون قليل السمك ما أمكن ولو أن العازل الرقيق معرض للتلف. ونظراً لأن زيادة الإنتاج تتوقف على مربع فرق الجهد أي أن الجهد العالي مطلوب. وأن تلف العازل يحدث مع الجهد العالي. ولذا فإن التصميمات الحديثة تستخدم نوعية جيدة من العازل وطرق جيدة لإزالة الحرارة من خلية الأوزون. حيث يستخدم الصلب المقاوم أو الخرسانة.

طريقة التلامس بين الماء والأوزون : (Contactor Configuration)

توجد أربعة طرق لتوفير التلامس المستعملة عادة. والشكل العام لهذه الطرق هو استخدام حوض تلامس عميق لتوفير أكبر فرصة لإذابة الأوزون. وأقدم هذه الأشكال هو نموذج (Otto) في الشكل (١٣٠) حيث يتم سحب غاز الأوزون بواسطة شفاط في مدخل المياه المعالجة حيث يحمل المخلوط الى قاع حوض عميق حيث تتدفق المياه والغاز في اتجاه واحد. وعيوب هذه الطريقة هو ان الشفاط لا ينتج فقاعات صغيرة من جرعات الأوزون مع معدل تدفق المياه الداخلة. ونموذج آخر للتدفق الموازي للماء والأوزون كان استخدامه لا يحقق أقصى تلامس للأوزون مع الماء شكل (١٣١) والشكل (١٣٢) يوضح التدفق المعاكس وهو الشكل السائد الاستخدام الآن، حيث تستخدم أكثر من غرفة على التوالي. وفي هذا الشكل يستفاد بأكثر كمية من الأوزون. والشكل (١٣٣) حيث يستخدم التقليل يعتبر مناسب كذلك حيث يحقق أكبر انتقال لكمية الغاز وأقصى التصاق للفقاعات في معالجة

المياه. وغرفة الخلط تصنع عادة من الصلب المقاوم للصدأ للتخلص من الغاز الخارج من وحدة التلامس شكل (١٣٤): (Off Gas Disposal)

أحد مشاكل التصميم الرئيسية في نظام التلامس بالأوزون مع الماء هو التخلص من الغاز الخارج من وحدة التلامس والتي تشكل صعوبة في حلها. يفرض أن ملامسات الأوزون تستخدم من ٩٠ الي ١٠٠ من الأوزون المستخدم، فإن الهواء الخارج من الملامس قد يحتوي علي تركيز أوزون بنسبة مرتفعة تصل إلى ٠,١ من حجم الهواء وهذا يزيد عن مستوي ٠,٠٥ جزء في المليون وهو مستوي الرائحة لمحتوي الهواء من الأوزون، وكذلك يزيد عن المعدل القياسي ٠,١ جزء في المليون طبقا لمعايير الأمان من تركيز الغاز حسب مواصفات المنظمة العالمية (OSHA). ولذلك فإنه لا يمكن التخلص من الهواء المحتوي علي ٠,١% أوزون. وللتخلص من زيادة تركيز غاز الأوزون في الهواء تتبع خمسة طرق رئيسية:

- * إعادة الحقن.
- * التسخين لإحداث التحلل الآلي.
- * الاختزال الكيماوي باستخدام عامل اختزال.
- * الاختزال باستخدام عامل مساعد من أكسيد معدن.
- * التخفيف.
- * وبالنسبة للطريقة الأولى وهي إعادة الحقن فإنها تتطلب إنشاء برجين للتلامس حيث يضخ الأوزون الخام الي التدفق الهابط للمياه، ثم يعاد ضخ الغازات الخارجة وحقنها في حوض التدفق الصاعد. والهواء الخارج في هذه الحالة يحتوي نسبة أوزون حوالي ٠,٠٠١% أو ١٠ جزء في المليون فإن إعادة الحقن فقط لا يحل المشكلة - ولذا فإن إعادة الحقن يجب أن تستخدم مع أحد التقنيات الأخرى.

والطريقة الأخرى هي الاختزال الكيماوي للتخلص من الأوزون المتبقي في الهواء الخارج من الملامس ويتم ذلك بتمرير الهواء الخارج المحتوي علي بقايا الأوزون في تدفق معاكس مع عامل اختزال للأوزون في مدخنة مثل المستخدمة في التخلص من الأدخنة في العمليات الصناعية. ويتحكم في هذه الطريقة اختبار عامل

الاختزال الغير مكلف والذي لا يتأكد بأكسجين الهواء الجوي. وان كان العثور علي عامل الاختزال هذا لم يتحقق حتي الآن.

الأوزون يتحلل بسرعة عند التسخين. ولذا ففي بعض التصميمات يتم التسخين لدرجة حرارة ٢٥٠م. وإن كان سلبيات هذه الطريقة هي كمية الحرارة اللازمة. وفي بعض التصميمات يتم تدوير الهواء الخارج بعد التسخين الي ٢٥٠م لتسخين الهواء الداخل الي مدخنة التحلل. وهذا يقلل من الطاقة اللازمة ، ولكن يضيف في التكاليف الرأسمالية.

الاختزال باستخدام عامل مساعد حيث تمر الغازات علي سطح العامل المساعد الذي يعمل علي تحلل الأوزون الي الأكسجين. ومن بين هذه العوامل المساعدة أكسيد الحديد، وإن كان هناك مواد أخرى كثيرة. ولكن في جميع الحالات يصعب تقويم هذه العوامل المساعدة والتي قد تتلف أو لا تصلح لفترة استخدام طويلة لتحلل الأوزون في الهواء. وهذه الطرق عموما واسعة الانتشار في أوروبا رغم عن مسالبتها. التخفيف (Dilution) طريقة بسيطة جدا. حيث يتم خلط الهواء مع الغازات المخلوطة بالأوزون خلال برج به ركام (Stack) باستخدام مروحة ذات ضغط عالي وحجم قليل. وفي هذه الحالة يلزم أن يكون البرج الخاص بالخلط عالي بما فيه الكفاية.

مميزات استخدام الأوزون :

- * التركيز المنخفض من الأوزون (١ - ٥ جزء في المليون) يقتل الكائنات المسببة للأمراض في أقل من ١٠ دقائق زمن مكث.
- * الأوزون سريع في تفاعلاته عن الكلور ويعتبر أقوى مبيد للكائنات الدقيقة.
- * الأوزون لا يتفاعل مع الكيماويات العضوية ليكون الترايبها لوميثان ويمكن استخدامه بأمان كمؤكسد أولي.

عيوب الأوزون :

الأوزون مركب كيماوي غير مستقر يتحلل بسرعة ولا يوفر متبقي في الماء بعد حقنه حوالي ٢-٥ دقائق. الأوزون مكلف لارتفاع تكاليف إنتاجه مقارنة بالمطهرات الأخرى.

obeikandi.com

القسم الثالث

مواد تطهير أخرى

وهذه تشمل :

١- برمنجنات البوتاسيوم :

برمنجنات البوتاسيوم مادة مؤكسدة وذات تأثير في القضاء علي الطحالب وتستخدم في أكسدة الحديد المنجنيز وكبريتيد الهيدروجين وكذلك لتحسين المذاق والرائحة وذات أثر محدود كمطهر . وهي مادة مكلفة.

٢- اليود :

استخدم اليود كمطهر لمياه الشرب للوحدات العسكرية في المناطق المنعزلة وهو يسبب بقع وينتج عنه مذاق غير مستساغ. اليود يتفاعل مع المواد العضوية في الماء مكونا مادة الترايها لومثيان.

٣- كلوريد البروم :

يصنع كلوريد البروم من البروم والكلور ويعبا في اسطوانات مثل غاز الكلور . البروم مطهر جيد ولكنه شديد العدوانية علي المواد المعدنية ويسبب مذاق دوائي للماء . يستخدم أساساً في حمامات السباحة لكونه لا يسبب حساسية للعين مثل الكلور . ويكون الترايها لومثيان بتفاعله مع المواد العضوية.

٤ - الأشعة فوق البنفسجية : (UV) شكل (١٣٥)

ضوء الأشعة فوق البنفسجية عند طول موجة ٢٥٠٠ وحدة أنجسترم مؤثر في القضاء علي البكتريا. تنتج الأشعة فوق البنفسجية من خلال لمبة زئبقية محكمة الغلق توضع موازية لتدفقات المياه بكثافة ضوئية حوالي ١٦٠٠٠ ميكرو وات ثانية علي السنتمتر المربع عند طول موجة ٢٥٣٧ أنجسترم. العوامل التي تؤثر علي التطهير باستخدام الأشعة فوق البنفسجية هي كثافة الضوء وطول الموجة وزمن التعرض وعمق المياه المارة فوق اللبة الزئبقية وكذلك لون و عكارة المياه وكمية ونوع المواد المذابة والعالقة والتي تؤثر بالسلب علي كفاءة التطهير .

جدول(١٥) تأثير المواد المؤكسدة في معالجة المياه

المعالجة	الكلور	الكلورامين	الأوزون	ثاني أكسيد الكلور	برمنجفات البوتاسيوم	الأكسجين
إزالة الحديد	مؤثر	غير مؤثر	مؤثر	مؤثر	مؤثر	مؤثر
إزالة المنجنيز عند رقم هيدروجيني أكبر من ٧	مؤثر قليلا	غير مؤثر	مؤثر	مؤثر	مؤثر	غير مؤثر
الكبريتيد	مؤثر	غير مؤثر	مؤثر قليلا	مؤثر قليلا	مؤثر قليلا	مؤثر مع كسح الهواء
إزالة المذاق والرائحة	مؤثر قليلا	غير مؤثر	مؤثر	مؤثر	مؤثر قليلا	مؤثر قليلا
اللون	مؤثر	غير مؤثر	مؤثر	مؤثر	مؤثر قليلا	غير مؤثر
مساعادات الترويب	مؤثر	غير مؤثر	مؤثر	غير معروف	مؤثر قليلا	غير مؤثر
الترايبها لوميتان	غير مؤثر	غير مؤثر	مؤثر	مؤثر	مؤثر قليلا	غير مؤثر
المواد العضوية المخلفة	مؤثر قليلا	غير مؤثر	مؤثر قليلا	مؤثر قليلا	مؤثر قليلا	غير مؤثر
النمو البيولوجي	مؤثر	مؤثر قليلا	غير مؤثر	مؤثر	مؤثر قليلا	غير مؤثر
			عدا في حالة الحقن على مرحلتين			

جدول (١٦) معامل القضاء على بعض الكائنات الدقيقة باستخدام بعض المطهرات

المطهر	بكتريا معوية	فيروسات	الجراثيم	حويصلات الأميبا
الأوزون (O_3)	٥٠٠	٥	٢	٠,٥
ثاني أكسيد الكلور (ClO_2)	١٠	١,٥	٠,٦	٠,١
حامض الهيبوكلوروس ($HOCl$)	٢٠	١	٠,٠٥	٠,٠٥
أيون الأكسيكلوريد (OCl)	٠,٢	٠,٠٢	٠,٠٠٥	٠,٠٠٥
مونوكلورامين ($NH_2 Cl$)	٠,١	٠,٠٠٥	٠,٠٠١	٠,٠٠٢

٥- إضافة الفلور الى الماء : Water Flouridation

يضاف الفلور الى مياه الشرب طبقا لمعايير علمية وطبيعية. الفلور موجود بنسب مختلفة في التربة، المياه، النباتات، الحيوان، وفي الأطعمة. أقصى تركيز في الثدييات يكون في العظام والأسنان.

فائدة الفلور للأسنان عند خلطة في مياه الشرب.

عند شرب المياه المحتوية على الفلور فإن ٥٠% من الفلور يتسرب الى عظام الفك والأسنان والباقي (٥٠%) توجه الى المعدة ثم الى جدار المعدة ثم الى مجرى الدم حيث ينتشر في الجسم حيث يزداد تركيزه مع تقدم السن. ونظرا لأن الفلور يعتبر الباحث عن العظام ولذلك فإن كلا من العظام والأسنان تجذب الفلور وتحتفظ به. أما الأنسجة الأخرى لا تحتفظ بالفلور، يتسرب في العظام ما يزيد عن ٩٦% من الفلور في الجسم ويكون امتصاص الاسنان للفلور سريعا في مرحلة تكوين ونمو الاطفال ولهذا يفضل شرب المياه المحتوية على الفلور بالنسبة للأطفال قبل تكوين الاسنان المستديمة.

مستويات الفلور المرتفعة في مياه لها مردود صحي سيئ. الفلور يجعل الاسنان مقاومة للأحماض البكتيرية بالإضافة الى أن الفلور يساعد على بناء المينا.

يوصى بتركيز الفلور في مياه الشرب بتركيز من ٠,٧ - ١ مليجرام / لتر بالنسبة لتلاميذ المدارس يكون التركيز أربع اضعاف ليكون من ٣,٢ - ٤ مليجرام / لتر ويضاف الفلور أما في شكل فلوريد الصوديوم ($Sodium Fluoride$) حيث ٨,٦

كيلو جرام من فلوريد الصوديوم توفر ١ مليجرام / لتر لعدد ٣,٨ مليون لتر من المياه. في حالة إضافة الفلور من مادة صوديوم سيلكون فلوريد (Soduim Silicon Floride) حيث ٦,٣ كيلوجرام تضيف ١ مليجرام / لتر لعدد ٣,٨ مليون لتر من المياه وفي حالة استخدام حامض الهيدروفلورسيسيك (Hydro Flousilicic) بتركيز ٢٣ % فإنه لتوفير ١ مليجرام / لتر لعدد ٣,٨ مليون لتر ماء سيتطلب إضافة ٢٠,٨ كيلوجرام حامض. وقد يستعاض عن إضافة الفلور للماء باستخدام الأقراص أو النفط للتحكم في النسب المضافة طبقاً لدرجات الحرارة أو الحالة العمرية.

جدول (١٧) المزايا والعيوب العامة لمؤكسدات معالجة المياه

المؤكسد	المميزات	العيوب
الكلور	مؤكسد قوي سهل الاستخدام يوفر كلور متبقي استخدم منذ زمن بعيد	منتجات مكثورة يتأثر بالرقم الهيدروجيني يمكن ان يسبب مذاق ورائحة في وجود الفينول
الكلورامين	لا يكون الترايبها لوميثان يوفر كلورامين متبقي سهل الاستخدام	مؤكسد ضعيف يتأثر بالرقم الهيدروجيني يمكن ان يسبب مذاق ورائحة وبعض السميات
الأوزون	مؤكسد قوي لأثرها لوميثان ولا مواد سامة لا مشاكل للمذاق أو الرائحة، بعض نواتج ألا كسده قابلة للتحلل البيولوجي يتأثر قليلا بالرقم الهيدروجيني، مساعد للترويب	استمرارة محدود يتم انتاجه في المواقع يتطلب طاقة بعض نواتج الاكسده قابلية للتحلل البيولوجي عدواني معقد في الانتاج والتغذية مكلف
ثاني اكسيد الكلور	مؤكسد قوي يوفر متبقي نسيا لا يكون تراي هالوميثان لا يتأثر بالرقم الهيدروجيني	يكون مواد سامة ينتج ثانوي من ClO_3 ينتج في الواقع يمكن وجود رائحة من الهيدروكربونات
برمنجنات البوتاسيم	سهل التغذية لا منتجات جانبية غير سام	مؤكسد ضعيف يسبب ناكل وترسياب

الباب السابع

تخلية المياه المالحة

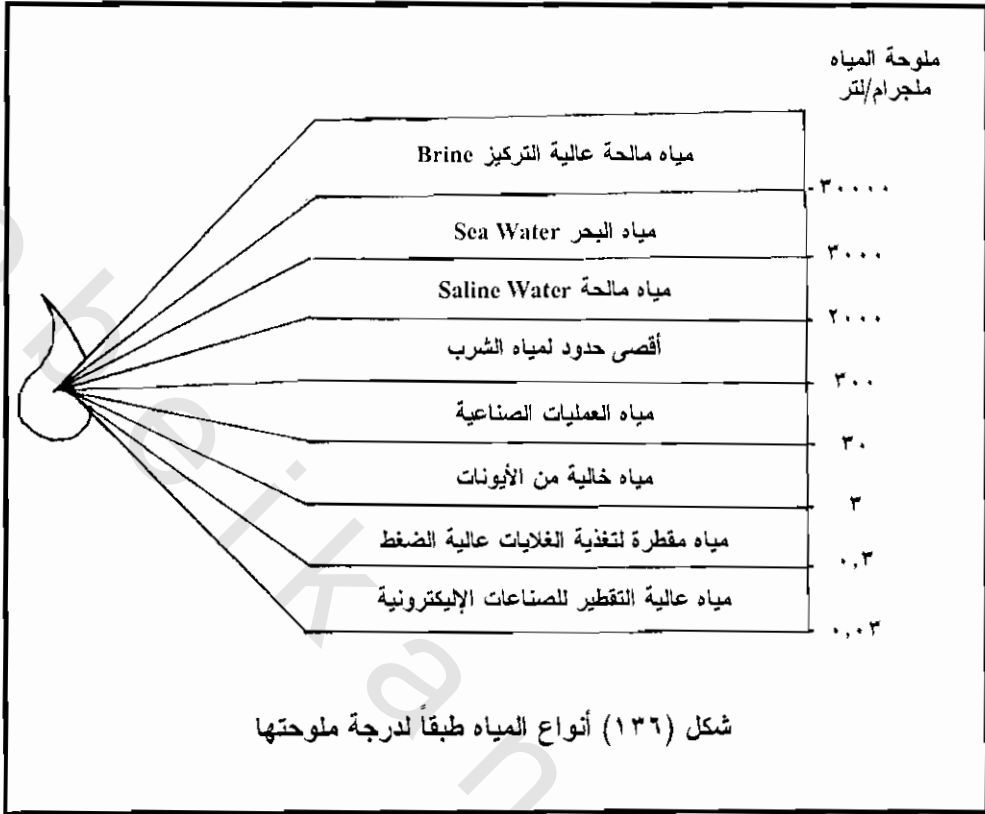
obeikandi.com

القسم الأول

تعريف

١- تحلية المياه بعمليات الغشاء : (Membrane Processes)

إن زيادة معدلات الاستخدام للمياه من المصادر السطحية العذبة مع محدودية هذه الموارد وكذلك تسرب المياه المالحة إلى المياه الجوفية بالإضافة إلى تلوث المياه بالمواد العضوية المعقدة. لهذه الأسباب كان اللجوء إلى استخدام تكنولوجيا الغشاء المتقدمة والذي وفر نوعية ممتازة من مياه الشرب أكثر صلاحية من نظم المعالجة التقليدية وذلك بمعالجة المياه المالحة أو الملوثة. شكل (١٣٦) يوضح تسمية أنواع المياه طبقاً لدرجة ملوحتها. وقد كان التطور في عمليات الأغشية لخفض التكاليف الرأسمالية والصيانة والتشغيل بما جعل عمليات الأغشية منافسة لعمليات المعالجة التقليدية.



* أنواع عمليات الأغشية :- (Types Of Membrane Processes)

توجد أنواع معينة من الأغشية ذات الفتحات المختلفة كما في الشكل (١٣٧) والتي توضح العلاقة بين فتحات الغشاء وحجم الميكروميتر للمواد ووزنها الجزيئي. وفي الشكل (١٣٨) مجال المعالجة بالأغشية ذات العلاقة بالملوحة أو بالأملاح الكلية المذابة. وعمليات الأغشية تشمل فصل الأملاح المذابة باستخدام الغشاء بعده طرق وهي التناضح العكسي (Reverse Osmosis) والأليكترودياليسيس (Electrodialysis). والترشيح بأنواعه المختلفة.

أ- التناضح العكسي : (Reverse Osmosis - RO)

وهي عملية ضغط للمحلول الملحي مقابل غشاء شبه نافذ، حيث تدفع المياه النقية خلال الغشاء وتترك كل الأيونات (الأملاح). الضغط يزيد عن الضغط الأسموزي للمحلول الملحي.

ب- الأليكترودياليسيس : (Electrodialysis - ED)

هي عملية تنتقل فيها الأيونات خلال الأغشية من محلول أقل تركيز إلى المحلول أكثر تركيزاً. تدفق المياه يكون ملامساً لسطح الغشاء بينما تدفق الأيونات يكون عمودي على الغشاء. عملية الأليكترودياليسيس العكسية. EDR (Electrodialysis Reversal) هي عملية تحليل كهربائي حيث يتغير نوع القطب طبقاً لدورة زمنية وبذلك يتغير اتجاه الأيونات في الأغشية.

٣- أنواع الترشيح :

أ- الترشيح الفائق (Ultrafiltration UF)

الترشيح الفائق هو عملية تتم بالضغط لتركيز المحاليل أو تقطيرها (Fractionating) وذلك للمحاليل المحتوية على مواد هلامية (Colloids) ومواد ذات وزن جزئي عالي. الترشيح العالي بحجز المواد الغير متأينة (Non Ionic) وعموماً يمرر المواد المتأينة حسب قدرة الحجز للوزن الجزيئي للغشاء. (Membrane -MWC- Molecular Weight Cut Off A The Membrane – MWC). وقدرة الحجز للغشاء هذه توصف بالوزن الجزيئي الذي يتم حجز ما زاد عنه. ويعتبر الوزن الجزيئي كدليل تقريبي لحجم الجزيء. يقوم صناع الأغشية بتصنيف نسبة الحجز لمحلول معين مع معرفة الوزن الجزيئي للمواد المذابة. وتتوقف نسبة

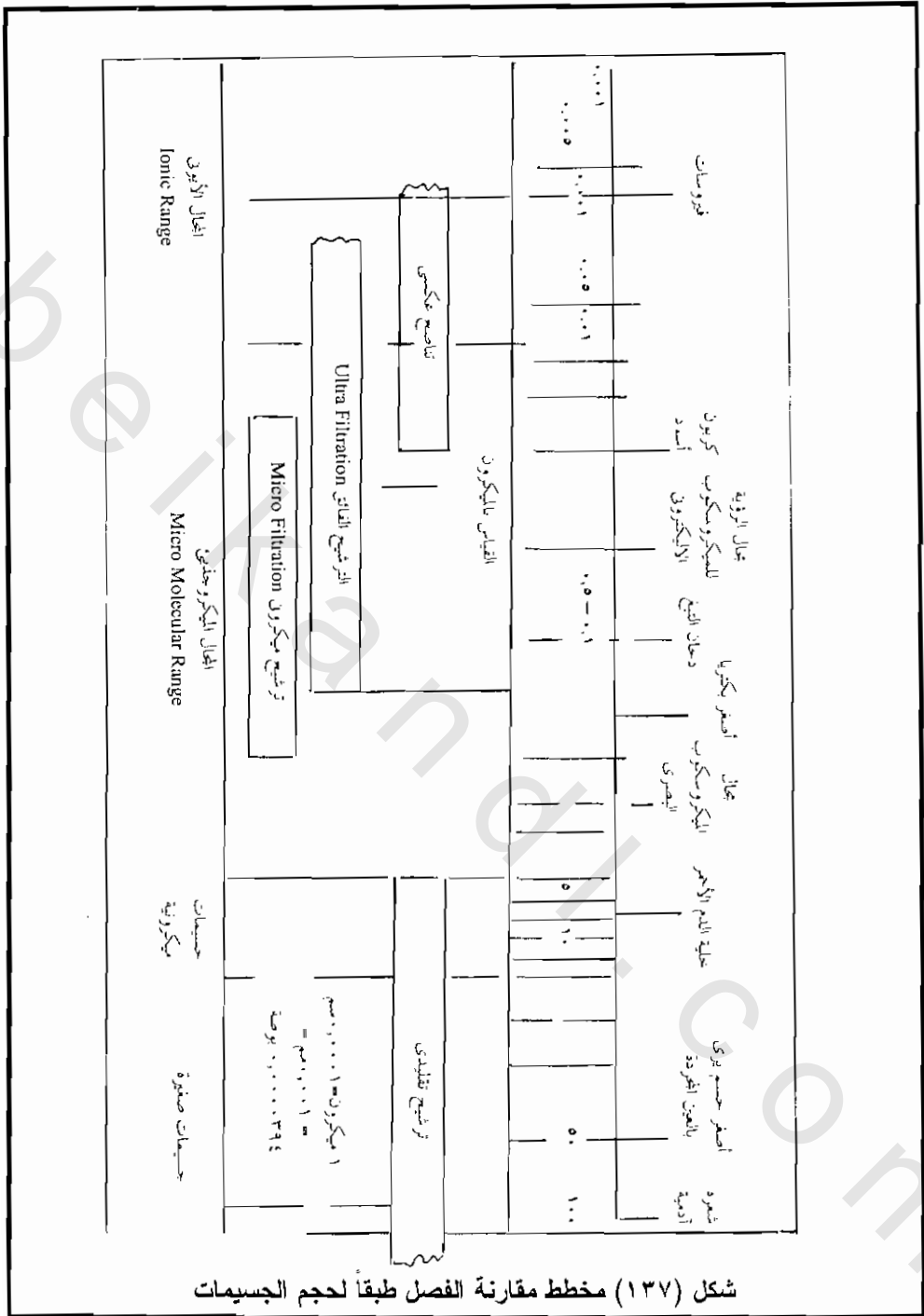
الحجز ليست فقط علي الوزن الجزئ ولكن كذلك علي حجم الجزئ وشكله وشحنته.

ب- ألنا نو فلتر : (Nano Filtration - NF)

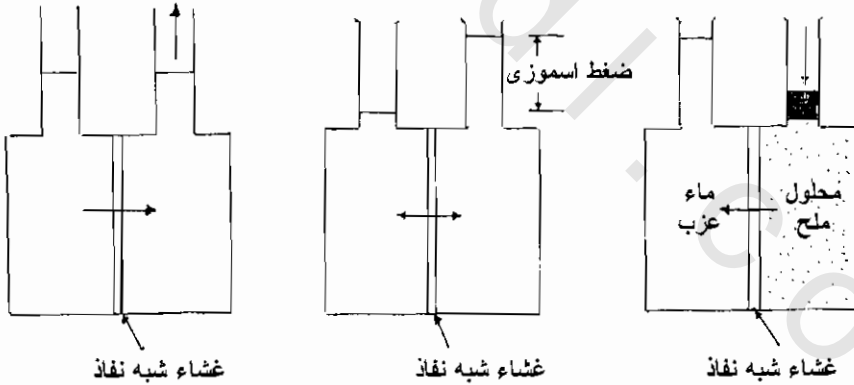
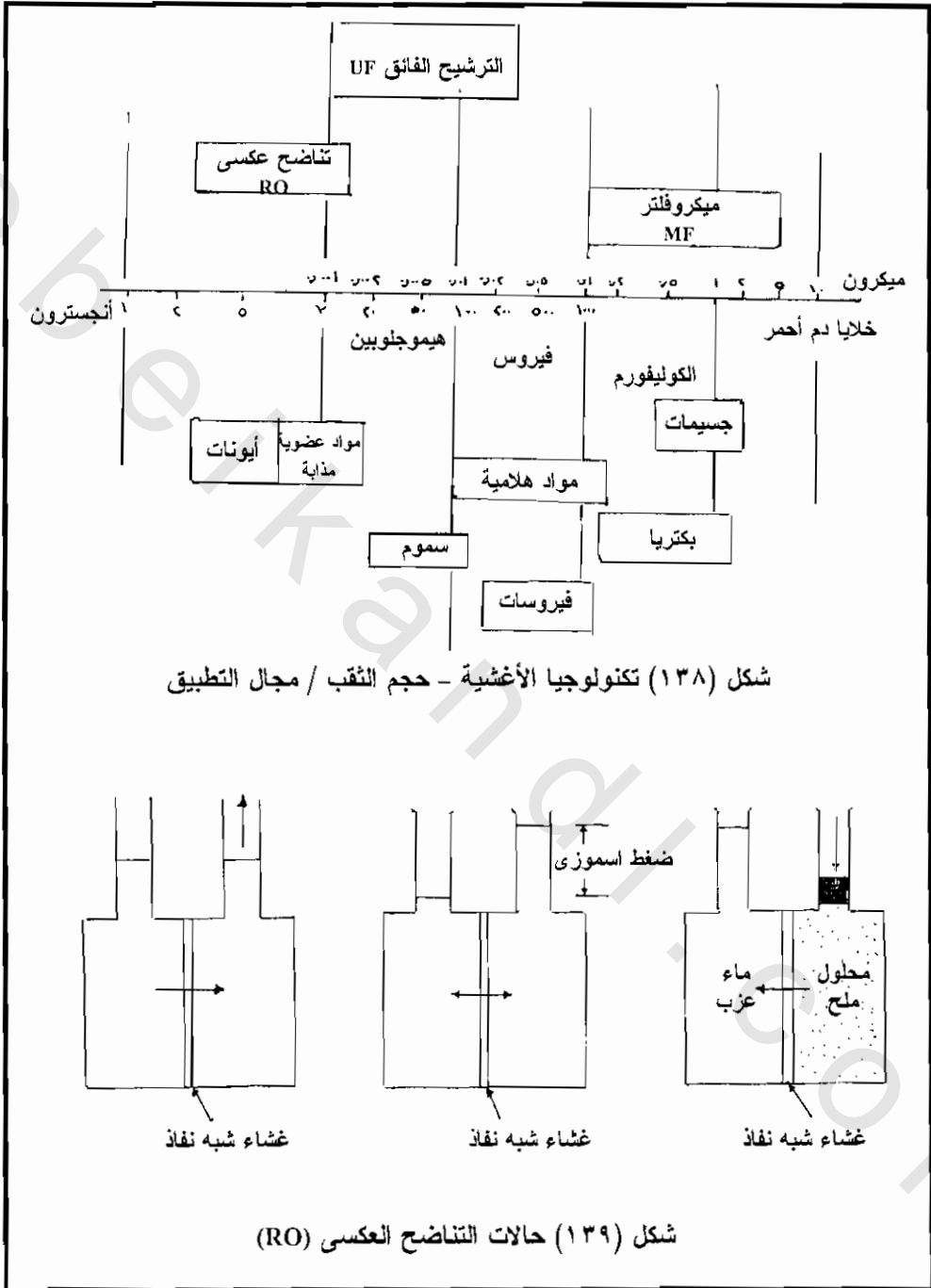
يسمي ألنا نو فلتر غشاء إزالة العسر (Membrane Softening). نانو تعني ١ علي ألف مليون أو (10^{-9}) وتعني في هذه الحالة حجم الثقب للغشاء. النانوفلتر غشاء يعمل بضغط منخفض جدا ويمرر فقط الأجسام أصغر من واحد نانو ملليمتر (10^{-9}) (INM) وبذا تشبه إلى حد ما خصائص كلا من غشاء الترشيح الفائق (UF) وغشاء التناضح العكسي (RO). يعمل غشاء النانوفلتر عموما عند مجال وزن جزئ مرتفع أكثر من التناضح العكسي وبذا فإنه لا يمرر بنسبة عالية الأيونات ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم والمغنيسيوم ولكن النانوفلتر يمرر الأيونات أحادية التكافؤ بنسبة عالية عن الأيونات ثنائية التكافؤ.

ج - الميكروفلتر :- (Micro Filtration)

وهو يمرر الأجسام ذات الحجم الميكرومترى 10^{-6} ملليمتر في محلول عبر مادة الغشاء. الميكروفلتر يعمل علي ترويق المياه والسوائل الأخرى وذلك بحجز الأجسام العالقة والكائنات الدقيقة علي سطح الغشاء أو داخل المرشح بينما يمرر المواد المذابة والماء.



شكل (١٣٧) مخطط مقارنة الفصل طبقاً لحجم الجسيمات



القسم الثاني

التناضح العكسي

(Reverse Osmosis - RO)

أشكال (١٣٩ - ١٤٢)

التناضح العكسي هو عملية الغشاء الذي يعمل كمرشح لجزيئات (Molecules) المواد المذابة، فهو يزيل حتى ٩٠% من كل الأملاح المذابة، حتى ٩٧% من كل المواد العضوية المذابة ويزيل أكثر من ٩٨% من المواد الهلامية (Colloidal) والبيولوجية من الماء والتي تصل تركيزاتها من ٥٠ جزء في المليون حتى ٦٠٠٠٠ جزء في المليون.

١- نظرية التناضح العكسي :

الضغط الأسموزي هو الظاهرة التي تحدث أحيانا عند تدفق الماء (أو أي مذيب آخر) خلال غشاء شبه نفاذ، أي الغشاء الذي يسمح بمرور المذيب وليس المادة المذابة. المحاليل التي تفصل بمثل هذا الغشاء تميل إلى أن تتساوى في التركيز للجزيئات، وبهذا فإن الماء سوف يتدفق من المحلول الأقل تركيزاً إلى المحلول الأكثر تركيزاً. حتى الوصول تقريبا إلى تركيزات متساوية. تدفق المياه خلال الغشاء يولد ضغط يسمى الضغط الأسموزي.

الضغط الأسموزي لمحلول يزداد بتركيب المحلول. الشكل (١٣٩) يوضح العلاقة الأسموزية لثلاث أنيه كل مجهز بغشاء شبه نفاذ كما في الشكل. الإناء في اليسار يوضح النضح (Osmosis) الطبيعي الحدوث. الإناء الأوسط يوضح التعادل الأسموزي أما الإناء علي اليمين فإنه يوضح الضغط الأسموزي العكسي (RO).

ويمكن التعبير عن تدفق الماء خلال الغشاء الشبه نفاذ بالمعادلة :

$$Fw = A(\Delta P - \Delta \pi)$$

حيث Fw = تدفق الماء جرام / سم^٢ في الثانية

A = معامل نفاذية الماء (ثابت) جرام/سم^٢/ثانية عند الضغط الجوي

ΔP = الفرق في الضغط المسلط عبر الغشاء (جوي)

$\Delta \pi$ = الفرق في الضغط الأسموزي المسلط عبر الغشاء (جوي)

يقدر تدفق الملح المذاب (المادة المذابة) خلال الغشاء الشبه منفذ بالمعادلة

الآتية:

$$Fs = B (C_1 - C_2)$$

حيث Fs = تدفق المادة المذابة جرام / سم^٢ في الثانية.

B = نفاذية المادة المذابة في الغشاء سم / ث.

$C_1 - C_2$ = الاختلاف في التركيز عبر الغشاء جرام / سم^٣.

تدفق المياه خلال الغشاء يتوقف علي الضغط المستخدم. فمع زيادة الضغط علي المياه الداخلة أكثر من الضغط الأسموزي للمحلول، فإن تدفق المياه خلال الغشاء يزداد. تدفق الملح يظل أساسا ثابت وان كان يتناسب مع الاختلاف في التركيز. ولهذا تزداد كميات المياه المنتجة مع زيادة الضغط المستخدم. ويقل معدل تدفق المياه مع زيادة ملوحة المياه الداخلة نظرا لزيادة الضغط الأسموزي.

تتوقف نوعية المياه المنتجة علي نسبة الحجز للملح المذاب

الملح المحجوز = ١٠٠ - الملح المار خلال الغشاء.

تركيز المياه الداخلة - تركيز المياه المعالجة (المنتجة)

$$= \frac{100 \times \text{تركيز المياه الداخلة}}{\text{تركيز المياه الداخلة}}$$

معدل الحجز هو النسبة بين تركيز المواد المذابة في المياه الداخلة إلى تركيزها في المياه المنتجة. ويختلف حجز المواد المذابة طبقاً للغشاء المستخدم، تركيز المياه الداخلة، التكافؤ الكيميائي للأيونات وعوامل أخرى. فمثلاً الزرنيخ ثلاثي التكافؤ بحجز نسبة (بمعدل) أقل من الزرنيخ خماسي التكافؤ.

مثال رقم (١)

مياه خام ملوحتها ٢٥٠٠ ملليجرام / لتر أملاح كلية مذابة. المياه المنتجة بعد المعالجة ملوحتها ٨٥ جزء في المليون. ما هي نسبة الحجز للأملاح. ونسبة الأملاح المارة خلال الغشاء.

الحل :

$$\text{نسبة الحجز للأملاح} = \frac{\text{تركيز المياه الخام} - \text{تركيز المياه المعالجة}}{\text{تركيز المياه الخام}} \times 100$$

$$= \frac{2500 - 85}{2500} \times 100 = 96,6\%$$

نسبة الأملاح الغير محتجزة = ١٠٠ - نسبة الأملاح المحتجزة

$$= 100 - 96,6 = 3,4\%$$

كلما زاد معدل الإنتاج يعني زيادة إنتاج المياه من المياه الخام الداخلة ويتوقف زيادة معدل الإنتاج علي نوعية المياه ومدى تشبع الغشاء بالرواسب مثل كبريتات الكالسيوم وكبريتات الأسترنشيوم وكبريتات الباريوم في المحلول المشبع.

مثال (٢)

المياه الداخلة ٢,٥ مليون لتر في اليوم بنظام التناضح العكسي أنتجت ٢ مليون لتر في اليوم ما هي نسبة الإنتاج؟

$$\text{معدل الإنتاج} = \frac{\text{معدل المياه المحجوزة} - \text{معدل المياه الخام}}{\text{معدل المياه الخام}}$$

المياه المحجوزة (شديدة الملوحة) = ٢,٥ - ٢ = ٠,٥ مليون لتر / اليوم

$$\therefore \text{معدل الإنتاج} = \frac{٠,٥ - ٢,٥}{٢,٥} = \frac{٢}{٢,٥} = ٨٠\%$$

٣- مواد الأغشية المستخدمة في التناضح العكسي: (Membrane Material)

تصنع الأغشية من مواد مختلفة مثل أسيتات السليلوز (Cellulose Acetate - CA) وثنائي أسيتات السليلوز (Cellulose diacetate - CDA) وثلاثي أسيتات السليلوز (Cellose Tri Acetate- CTA) والبولي أميد (Poly Amide - PA) ومواد أخرى (Aromatic Polyamide) وقد يستخدم غشاء رقيق من مواد مركبة (Thin Film Composite Membrane - TFC) بالنسبة لكيمياء أسيتات السليلوز (CA) كلما زاد المحتوى من مادة الأسيتيل (Acetyl) كلما زاد حيز الأملاح وقل تدفق المياه. واغشية السليلوز عموماً أقل سعراً ويمكن أن تقاوم الكلور لأقل من ١ ملليجرام / لتر في المياه المعالجة مقيم ككلور حر. ولكن هذا الغشاء له سلبياته فهو معرض للتحلل البيولوجي وكذلك معرض للتحلل الكيماوي بالنتفاعل مع الماء مكون السليلوز وحامض الأستيك (الخليك) وهذا التغير يحدث بسرعة عند الرقم الهيدروجيني المنخفض جداً أو المرتفع، ويزداد هنا التحلل مع زيادة درجة حرارة المياه الخام أو الرقم الهيدروجيني لهذه المياه خارج الحدود من ٥ إلى ٦ ولهذا تتم المعالجة المسبقة بالحامض لجعل المياه الخام عند هذا الرقم الهيدروجيني ٥ إلى ٦.

البولي أميد أو الأغشية من المواد المركبة (TFC) معرضة للتحلل في حالة وجود الكلور أو أي مؤكسد آخر إلا أنها تقاوم التحلل البيولوجي وهذه الأغشية تعمل بكفاءة عند رقم هيدروجيني ٤ إلى ١١.

أحيانا يتغير أداء الغشاء وكفاءته بسبب الانضغاط (Compactness) والترسيبات (Fouling) والملوثات. وانضغاط الغشاء يسبب أحيانا خفض في لتدفق. ويزداد الانضغاط للغشاء مع زيادة الضغط للمياه الخام وكذلك مع زيادة درجة حرارتها. معظم الانضغاط يحدث عادة في السنة الأولى من التشغيل وهو متغير (Irreversible). الأغشية المتاحة تجاريا تعمل في حدود درجة حرارة من ٢١-٣٥°م. كلما كانت درجة حرارة التشغيل في نطاق هذه الحدود (٢١-٣٥°م) كلما زاد معدل إنتاج المياه المعالجة. يحدث التلوث والترسيب علي الغشاء من وجود الترسيبات (Scales) والمواد الهلامية (Colloidal) والأكاسيد والسيليكات العضوية وبعض الملوثات في المياه الخام. وقد يلزم المعالجة المسبقة في بعض الحالات لحماية الغشاء من التلف وتلوث الغشاء ووجود ترسيبات عليه يمكن التعرف عليها من نقص الإنتاج وكذلك زيادة نسبة الأملاح المارة خلال الغشاء. وهذا المؤشر يوجب عمل إجراءات النظافة للغشاء.

٣- أشكال الأغشية : (Membrane Configuration)

توجد أربعة أشكال من تجهيزات الأغشية وهي الحلزونية، والأغشية الرقيقة الجوفاء (Hollowfine Fiber)، والغشاء الأسطواني (Tubular)، الأغشية في شكل ألواح محاطة بإطار (Plate And Frame) ومن بين هذه التجهيزات المستخدمة في تنقية المياه لأغراض الشرب هو تجهيزه الغشاء الحلزونية (Spiral)، الأغشية الرقيقة الجوفاء.

أ- الغشاء الحلزوني شكل رقم (١٤٠) :

يتكون من مسطحين مستويين من الأغشية مفصولين عن بعضهما بواسطة مسطح مثقب حامل (Support) وملحومين من ثلاثة أجناب لتكوين جيب. الجانب

الرابع ملتصق بمادة لاصقة وبه أنبوبة مجوفة من البلاستيك لتجميع الماء المعالج. يتم اللف (Rolled) الحلزوني لهذا الجيب أو السطح حول أنبوبة الماء المعالج شكل (١٤٠ - ب) مع أحاطه الجيب بغطاء خارجي (External Spaces) ليسمح بتدفق المياه الخام. تتدفق المياه الخام خلال الفراغات بين اللغات الحلزونية. تتسرب المياه خلال الغشاء ثم تتدفق من المحيط الداخلي داخل جيب الغشاء الي أنبوبة المياه المعالجة شكل (١٤٠ - ح) يعد تجهيز الوحدة للمعالجة بالتناضح العكسي باستخدام حتى ستة وحدات محاطة بغطاء يتحمل الضغط (Pressure Vessel) ومركبة في صفوف والغطاء المستخدم يكون عادة من الفيبر جلاس.

الغشاء المستخدم في التناضح العكسي لتحلية المياه المالحة من ٣٠٠٠ حتى ٣٠٠٠٠ مليجرام / لتر يكون أستيات السليلوز أو البولي أميد أو من البولي إيثر بولي أميد بولي سلفون.

ب- الأغشية من الشعيرات الرقيقة الجوفاء : (Hollow Fine Fiber Module)

أقوي الأغشية المجهزة هو الغشاء من الشعيرات الرقيقة الجوفاء. الشعيرات سمكها قريبا من سمك الشعر الأدمي من مادة البولي أميد بينما المصنع من مادة السليلوز أسيتات لها ضعف السمك.

الشكل (١٤١ - أ) يوضع الغشاء (B 9 Membrane). الشعيرات كثيفة ورقيقة علي السطح بما يعيق تسرب الملح ويسمح بمرور الماء. وأسفل هذا السطح للشعيرة توجد طبقة مثقبة والتي تعمل كحامل لجلد الغشاء المانع لنفاذ الملح ولوجود الثقوب فإنها تسمح بمرور المياه الي تجريف الشعيرة. في عام ١٩٧٣ أنتج غشاء B - IO لتحلية مياه البحر وله قدرة علي تحمل الضغط وسمك جداره أكبر. القطر الخارجي له سمك ٩٥ ميكروميتر (95 Mm) والقطر الداخلي ٤٢ ميكرو متر. الشعيرة الجوفاء لها قدرة تحمل ذاتية وهي عبارة علي أسطوانة كثيفة الجدار. نظرا لأن النسبة بين القطر الخارجي إلى القطر الداخلي هي ٢ : ١ فإن هذه الشعيرات لها قدرة علي تحمل ضغوط التشغيل العالية بدون تلف. الشكل (١٤١ - ب) يبين

مبادئ التجهيز للشعيرات الجوفاء الأسموزية يشبه أحيانا المبادل الحراري الذي يعمل بالأنابيب. المياه الخام تتدفق خارج وحول الأنابيب. المياه المنتجة تدفع داخل جدار الشعيرات بضغط التشغيل العالي، وتتدفق في الأنابيب الي الخارج والمياه المالحة المركزة تخرج من جانب الجدار الخارجي.

٤ - التغذية بالمياه الخام في التحلية بالضغط الأسموزي : (Feed Water Supply)

المياه الجوفية هي المصدر المفضل لإزالة الملوحة بالضغط الأسموزي وذلك نظرا لثباتها الكيماوي. وقد لوحظ أن من أسباب تلوث وتلف الأغشية هو ترسيبات الحديد والأملاح الناتجة عن تآكل القيسون والطلبة لأبار المياه الجوفية. هذا بالإضافة إلى أنه في حالة تعرض المياه الجوفية للهواء الجوي يتأكسد الحديد المذاب في الماء وكذلك مركبات الكبريت بما يسبب تلف شديد للغشاء. ولهذا تستخدم مواد مقاومة للتآكل مثل الصلب المقاوم أو البلاستيك في إنتاج المياه من الآبار هذا بالإضافة إلى أحكام قفل البئر لعدم تسرب الهواء سواء استخدمت الطلبة الجوفية أو السطحية.

ويعتبر من الأمور الهامة الدقة في اخذ العينات والتحليل للمياه. ويوصي بما لا يقل عن ثلاث تحليلات منفصلة لتأكيد دقة البيانات التصميمية. يشمل التحليل كل الملوثات وكل الأملاح المذابة في الماء. المياه من المصادر السطحية تتطلب معالجة إضافية مسبقه لمواجهة التغيرات الموسمية في مصدر المياه، بالإضافة إلى تأمين المجري المائي من الملوثات كما ان نوعية المياه المنتجة تتغير مع تغيير نوعية المياه المعالجة. وكذلك يلزم ان تكون المهمات والمعدات والمواسير من مواد غير قابلة للصدأ.

المعالجة المسبقة: (Pretreatment)

تعتبر المعالجة المسبقة عامل مهم للمحافظة علي كفاءة واستمرار الأداء الجيد للغشاء. يلزم إزالة العكارة والمواد الصلبة العالقة من المياه الخام قبل وصولها الي

الغشاء. يستخدم جهاز مقياس العكارة أو جهاز التحكم وذلك لمراجعة المياه المعالجة بالنسبة للعكارة مع الإيقاف الآلي في حالة زيادة منسوب العكارة عن الحد المسموح به. المواد العالقة مثل الطين والطفلة والتي يمكن أن تعلق بالغشاء تسبب عدم تجانس توزيع المياه وإذا لم يكن هناك نظافة جيدة يحدث ترسيب وتراكمات علي الغشاء. وتقاس نوعية المياه المعالجة باستخدام مؤشر كثافة الطفلة (Slitdensity Index - SDI) هذا الاختبار أو اختبار التراكمات (Fouling Index) يلزم عمله من أن الي آخر علي إمدادات المياه المعالجة. اختبار مؤشر كثافة الطفلة يبين كميات الجسيمات والمواد الهلامية الموجودة في المياه المعالجة، كما أن هذا الاختبار للمياه المعالجة مسبقا يقدر مسبقا كمية المواد التي يمكن أن ترسب على الغشاء في المياه. عموما فإن الغشاء الحلزوني يمكن ان يتحمل أقصى مؤشر كثافة الطفلة قيمته ٥ بينما أغشية الشعيرات الدقيقة تعمل في حدود أقل من ٣ أو ٤. يلزم دائما إضافة كيمياويات لمنع الترسبات. عادة يضاف حامض الكبريتيك بتركيز ٩٣% (Baumie ٥٦٦) إلى المياه الداخلة للتحلية لمنع ترسيب كربونات الكالسيوم $Ca CO_3$ وكربونات الماغنسيوم ($Mg CO_3$) علي الأغشية. من خلال استعمال طريقة ضبط الرقم الهيدروجيني فإن المياه المملحة (Brackish) يضاف لها الحامض حتى الحصول علي مؤشر لانجيلبير للتشبع لتدفقات المياه المالحة المركزة بعد المعالجة (Concentrate Stream).

يستخدم عموما ٢ مقياس للرقم الهيدروجيني (pH Sensors) أحدهما لمقياس الرقم الهيدروجيني للمياه الخام والأخر لقياس الرقم الهيدروجيني للمياه المعالجة. معدات تغذية الكيماويات بتنسيب معدل التغذية طبقا لتدفق المياه الخام. جهاز ضبط الرقم الهيدروجيني للمياه الخام يتم ضبطه لإعطاء الرقم الهيدروجيني لتدفقات المياه الداخلة. وكذلك يمكن لجهاز التحكم في الرقم الهيدروجيني إيقاف محطة المعالجة في حالة تجاوز حدود الرقم الهيدروجيني وذلك لأمكان حماية الغشاء من الترسبات والتلف. تتم تغذية الكيماويات قبل خرطوشة المرشح وقد تشمل خلاط علي الخط لتأكيد الخلط الجيد قبل وصول المياه الي الغشاء. يمكن كذلك منع ترسيبات كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم بالتبادل الأيوني ولكن هذه الطريقة أكثر

تكلفة من ضبط الرقم الهيدروجيني باستخدام الحامض. مع توقف وحدة التحلية يتم شطف (غسيل Flushed) الأغشية بتدفقات مياه خام حامضية أو بمياه محلاه غير مكلورة لإزالة المياه عالية التركيز (Brine) نتيجة طول الالتصاق مع الأغشية. وفي حالة ترك المياه عالية التركيز ملاصقة للغشاء سيحدث ترسيب. في حالة توقف الوحدة لعدة أيام يتم تطهير الأغشية أو تعقيمها بالمليء بمحلول مطهر مثل الفورمالدهايد أو بايسلفيت صوديوم (Sodium - Metabisulfite) طريقة أخرى هي وضع الوحدة في الإحتياط بدون استخدام مطهرات مع التشغيل اليومي لمدة لا تقل عن ٣٠ دقيقة، عندئذ يتم مراقبة النمو البيولوجي عند استخدام هذه الطريقة.

ترسيب الكبريتات اكثر صعوبة في الحد منها عن ترسيب الكربونات. كلا من كبريتات الكالسيوم والباريوم والأسترلشيوم يمكن ان تسبب مشاكل في أنظمة معالجة المياه متوسطة الملوحة (Brackish) مع مراجعة الحسابات لتأكيد عدم الزيادة عن حدود الإزابه. وعموما لا تعتبر الكبريتات مشكلة في تحلية مياه البحر بالضغط الأسموزي ورغم هذا يلزم عمل الحسابات لعمل حدود الإزابه.

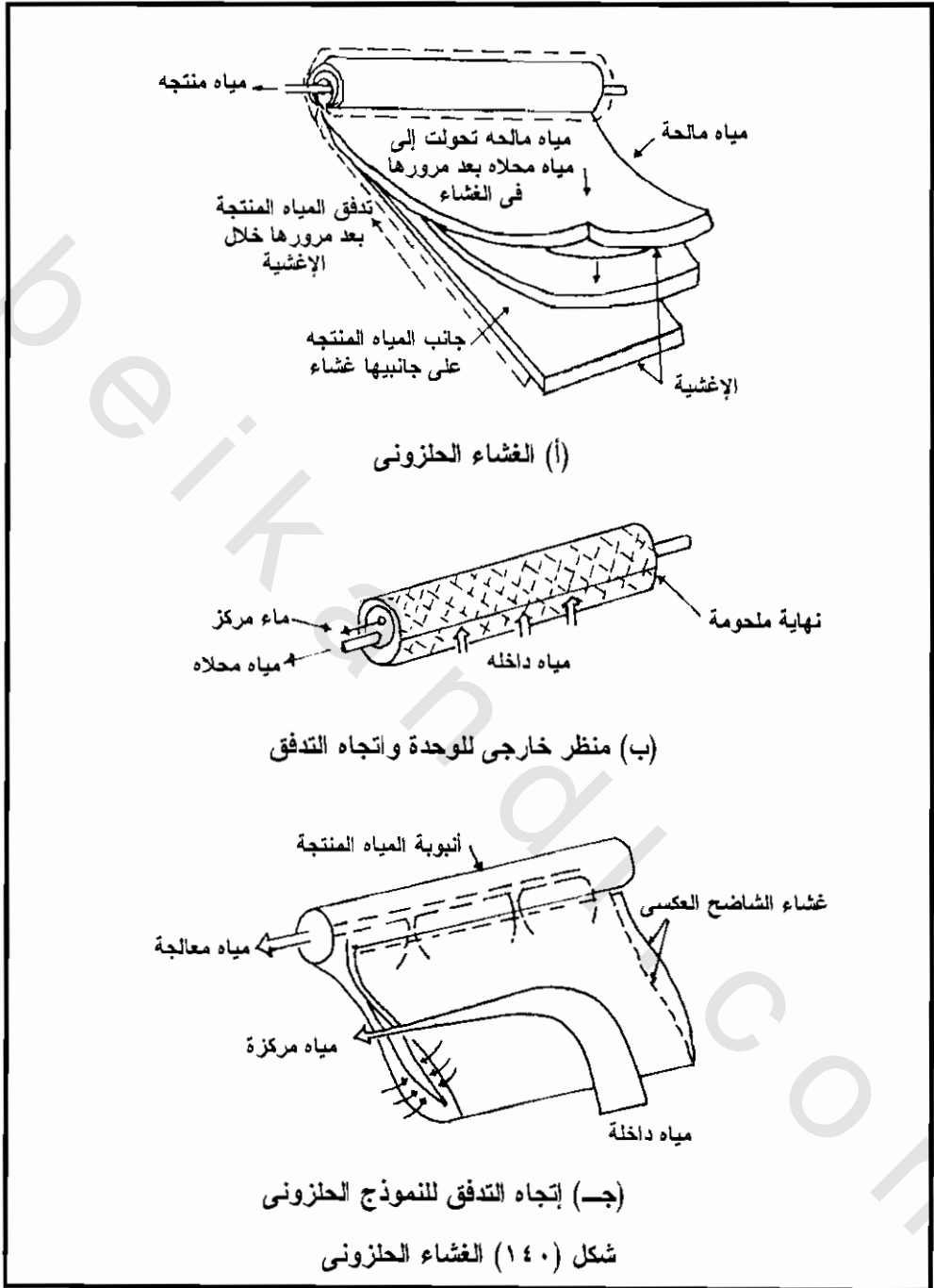
فقد استخدم مركب صوديوم هكساميتا فوسفيت (Sodium Hexa Meta Phosphate) (SHMP) كمادة تغلف (Sequestrant) للحد من ترسيبات الكبريتات. ولقد استخدمت مادة SHMP للحد من ترسيبات الكبريتات عند ضعف مستوى التشبع للمياه المركزة (Concentrate). كلا من الباريوم والأسترلشيوم أقل في الإذابة من كبريتات الكالسيوم. يتم حقن مادة SHMP في مجري التغذية بالمياه الخام بعد الحامض وقبل خرطوشة الترشيح. ويوصي كذلك بتجهيز الخلط بخلاط ثابت لضمان حسن الخلط ويقدر معدل التغذية بـ ٥ - ١٠ ملليجرام / لتر. وعيوب مادة SHMP هي أن المادة تتحلل في الماء مكونة مادة الأورثوفوسفيت وهي مادة غير مؤثرة في منع ترسيب الكبريتات ولهذا يلزم تحضير احتياجات يوم واحد وخطها قبل الاستخدام. حديثا استبدل استخدام مادة SHMP بمواد مانعة للترسبات أو البلمرات عالية الكثافة (Long Chain Polymars) بديلا عن الحامض فان مادة SHMP أو أحد المواد المانعة للترسيب (Antiscalants) يمكن أن تضاف الي المياه الخام (الداخلة) عندئذ فان مؤشر لانجليير للتشبع يمكن إن يرتفع حتى ١,٠٩. وهذا

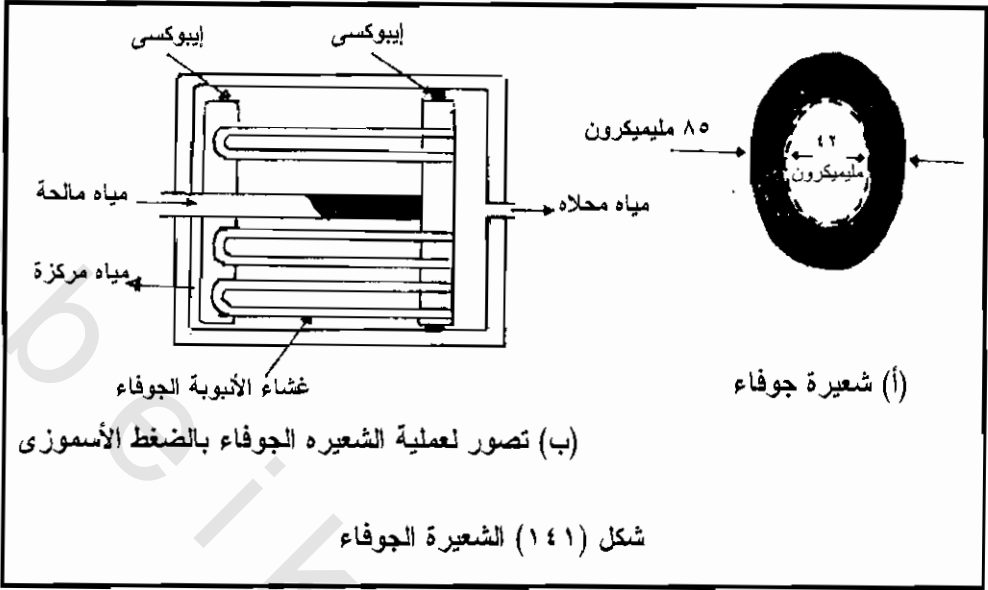
يقلل من الاحتياج إلى الحامض بدرجة كبيرة كما أنه مناسب لكل الأغشية من البولي أميد مع الحجز الجيد عند رقم هيدروجيني متعادل.

الأغشية من أسيتات السليلوز (CelluloseAcetate - CA) تظل تحتاج الي إضافة حامض لمنع التحلل. يعتبر الاختبار التجريبي لمواد التغليف كملحق لاختبار العملية نظرا لأن بعض المواد يمكن إن تعمل بكفاءة مع نوعية معينة من المياه.

تعتبر خرطوشة الترشيح ضرورية لكل من المياه السطحية والجوفية. ويستخدم عادة المرشح ذو الثقوب ٥ ملليمكرون (5 Mm) في وحدات الضغط الأسبوموزي. ويتم تغيير المرشح عندما يكون الفرق في الضغط عبر المرشح حوالي ١٥ رطل / البوصة المربعة وذلك بواسطة أجهزة قياس الضغط عبر المرشح التي تركيب علي مدخل ومخرج المرشح. ويكون غطاء المرشح من الصلب المقاوم أو الفيبر جلاس. المحتوي من المواد العضوية والكائنات الدقيقة يلزم تقديره مسبقا. وهذه الملوثات احتمالاتها في المياه السطحية أكثر منه في المياه الجوفية. والمواد العضوية الغير مذابة في الماء يمكن أن تؤثر علي كفاءة الغشاء. التناضح العكسي يمكن إن يعمل علي مياه تحتوي علي ٢٠ مليجرام / لتر كربون عضوي (Organic Carbon). البكتريا والطحالب يمكن إن تسبب ترسيبات وتلوث للمياه المنتجة وكذلك التحلل البيولوجي للغشاء. يمكن استخدام الكلور مع الأغشية التي تتحمل استخدامه للقضاء علي البكتريا والطحالب. بعض الأغشية لا تتحمل مادة الكلور المتبقي مما يتطلب استخدام المبيدات للقضاء علي البكتريا والطحالب. بعد التخلص من الملوثات يمكن معالجة الغشاء بمادة مبيدات حشرية ثم باستخدام منظف صناعي. المياه السطحية قد تحتاج الي مرور أو بوليمر كاتأيوني قبل الترشيح للتخلص من المواد الهلامية (Colloidal). كلا من كبريتات الألومنيوم وبعض البلمرات الآن أيونية مثال للإضافة الكيماوية التي قد تسبب التلف ولهذا لا يتم استخدامها. المحتوي من الألومنيوم أكثر من ١.٠ مليجرام / لتر (AsAL⁺⁺⁺) يمكن إن يسبب مشكلة لنظام المعالجة بالتناضح العكسي.

كلا من الزيوت والشحوم يمكن أن تؤثر علي كفاءة الغشاء بتكوين طبقة علي سطح الغشاء بما يؤثر علي نوعية الحجز.





٥ - مجموعات وصفوف الأغشية : (Membrane Blocks and Arrays)

تتكون وحدة المعالجة بالضغط الأسموزي من مجموعات كل مجموعة من عدة وحدات في صف، كل وحدة مماثلة للأخرى وذات طاقة مناسبة طبقا للتصميم. في حالة الرغبة في زيادة طاقة محطة المعالجة يمكن تنفيذ ذلك بسهولة. كما يمكن إيقاف مجموعة للنظافة أو التعديل. المجموعة يتم تنظيفها مرة واحدة وهي تتكون إما من وحدة واحدة أو أكثر. وتتوقف المراحل أو عدد المجموعات علي معدل المعالجة (Recovery Rate) والذي يتوقف بالتالي علي نوعية المياه الخام. يمكن تحقيق نسبة معالجة ٥٥% للمياه المملحة (Brackish) في مرحلة واحدة. أما المرحتين فتحقق نسبة ٧٥ - ٨٠% والثلاث مراحل من ٨٥ - ٩٠% في هذا النظام شكل (١٤٢). في النظام متعدد المراحل فإن المرحلة الأولى تكون المياه عالية التركيز المنتجة منها هي المياه الخام للمرحلة الثانية والمياه العالية التركيز من المرحلة الثانية هي المياه الخام للمرحلة الثالثة، وهذا للإستفادة من الضغط المتبقي في المياه المركزة. عند معرفة البيانات التفصيلية لنوعية المياه، وعدد

المراحل والوحدات في كل مرحلة ومعدل المعالجة ونوعية المياه المنتجة يمكن بسهولة عمل التصميم لمحطة المعالجة بالضغط الأسموزي كما تصمم المحطة مع مراعاة كفاءة الغشاء طبقاً لعمره الافتراضي. والعمر الافتراضي التصميمي للغشاء والذي يتراوح ما بين ٣ - ٥ سنوات حيث يحدث بعد ذلك انضغاط تام للغشاء. يحدد الضغط للمياه الداخلة عند التصميم.

أ - الأجهزة المستخدمة : (Instrumentation)

يلزم توفير المطلوب من أجهزة التحكم لتأكيد سلامة التشغيل وعدم التلف للغشاء المستخدم. وهذه الأجهزة تعمل علي توقف المحطة في حالة زيادة ضغط الطلمبة، وضعف ضغط السحب (Low Suction Pressure) وزيادة ملوحة المياه المعالجة (زيادة التوصيل الكهربائي) وزيادة أُنقص معدل التدفق وزيادة الملوحة للمياه المنتجة وضعف تدفق مزيلات الترسيب بالإضافة إلى عوامل أخرى.

ب - نظام المعالجة النهائية : (Post Treatment Systems)

يلزم إزالة الغازات المذابة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين. خفض ثاني أكسيد الكربون يعمل علي رفع الرقم الهيدروجيني للمياه المنتجة وإزالة كبريتيد الهيدروجين يعمل علي إزالة الرائحة الكريهة. يلزم ضبط الرقم الهيدروجيني للمياه المنتجة باستخدام الصودا الكاوية أو الجير، يضاف الكلور للتطهير. نظراً لإزالة كل المواد العضوية من المياه المنتجة فإن الكلور المطلوب يكون قليلاً وعادةً فإن الكلور المضاف يكون كلور حر متبقي.

ج - إستعادة الطاقة : (Energy Recovery)

لقد كانت استعادة الطاقة تعتبر اقتصادية لمعالجة (تحلية) مياه البحر فقط والآن أصبحت مناسبة كذلك للمياه المملحة (Brackish) حيث استخدمت في المحطات ذات الضغط المنخفض وذلك باستخدام طلمبة غاطسة من الصلب المقاوم والمحرك يدور في الإتجاه المضاد. والحركة العكسية للتربين توضع في خط الصرف المضغوط

(Pressurized brine). مع تدفق المياه عالية التركيز تدور التربينات الغاطسة بالعكس وبالتالي تحرك المحرك بالعكس، وبذا تتولد طاقة كهربائية. الطاقة المنتجة تعود إلى مصدر الطاقة الرئيسي للاستخدام في محطة التناضح العكسي.

د- النظافة وتجديد الغشاء :

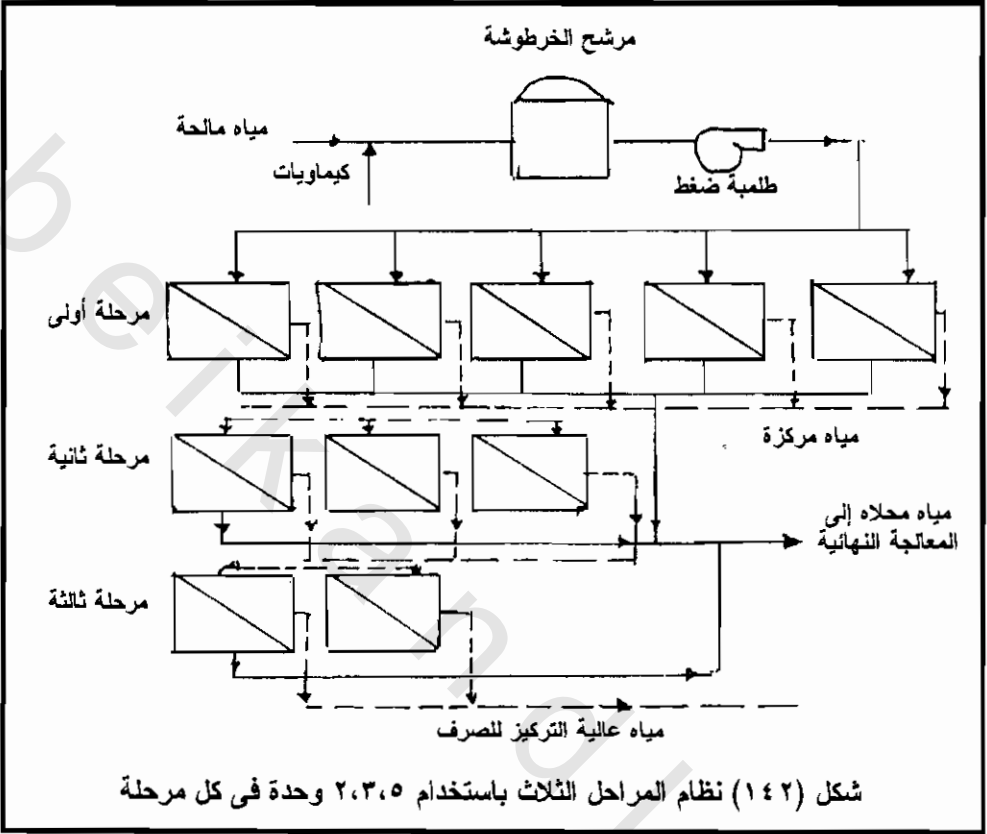
وحدة النظافة تعتبر مكملة لمحطة المعالجة. وتتكون وحدة النظافة من طلمبة من الصلب المقاوم توفر التدفق والضغط المطلوب، حوض من الفيبر جلاس أو من البولي إيثيلين بسعة تخزين ثابتة، مرشح خرطوشة ١ - ٥ ملليمكرون، مواسير غير قابلة للصدأ والتآكل وكذلك المحابس وخلطة.

يلزم إن يكون العاملين علي وعي لظروف التشغيل حيث تعطي إشارة عند الحاجة الي النظافة. ومن هذه الإشارات زيادة مرور الأملاح بنسبة ١٥ % أو أكثر، الانخفاض في الضغط بنسبة ٢٠% أو أكثر، تدفق المياه المحلاة يقل أو يزيد بنسبة ٥%، تغير تدفق المياه المركزة بنسبة ٥% وكذلك وضوح الترسبات. مواد النظافة عادة توصف بواسطة المنتج وذلك للنظافة الكيماوية أو البيولوجية. بعض الكيماويات المستخدمة في النظافة تشمل حامض التنيك (Tannic acid) بولي فينيل ميثيل أثير (Ploy Vinyl Methyl Ether).

٦- إمكانيات المعالجة بالتناضح العكسي :

بالإضافة إلى تحلية مياه البحر والمياه قليلة الملوحة، فإن التناضح العكسي يستخدم في التخلص من المواد العضوية الطبيعية والمخلقة المذابة في الماء. وكلما انخفض الوزن الجزيئي كلما زادت إمكانية الحجز. ويزال كذلك كلا من البكتيريا والفيروسات. وكذلك نسبة الإزالة عالية بالنسبة للمعادن الثقيلة والأملاح المذابة الأخرى. وكذلك يمكن التناضح العكسي من إزالة المواد المشعة (Radionuclide). والاستخدام الرئيسي للتناضح العكسي هو إنتاج المياه للإغراض الطبية ولأغراض الترطيب ولإنتاج البخار في عمليات كي الملابس بالبخار. هذا بالإضافة إلى،

استخدامها في إنتاج مياه الشرب وذلك بعد زيادة ملوحة المياه المعالجة طبقاً للمعايير المقررة.



obeikandi.com

القسم الثالث

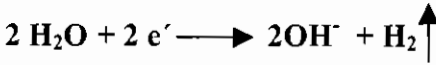
الفصل الكيميائي الكهربى أو الأليكترودياليسيس (Electrodialysis – ED)

أشكال من (١٤٣ - ١٤٧)

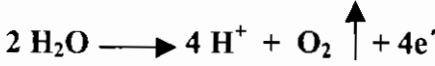
الأليكترودياليسيس هي عملية فصل كهر وكيميائية حيث تنتقل الأيونات التي أغشية أن أيونية وأغشية كاتيونية من محلول أقل تركيز الي محلول أكثر تركيزاً نتيجة لتدفق التيار كهربى ثابت. والفصل الكهربى الكيميائى العكسى (EDR) هو عملية يتم فيها تغيير اتجاه حركة الأيونات في الأتجاه العكسى. وتستخدم طرق ED / EDR في معالجة المياه المملحة لتكون صالحة للشرب أو لإزالة الأملاح أو تركيز لمحاليل بهدف إعادة الإستخدام. وسيتم التعبير عن الفصل الكهروكيميائى أو الأليكترودياليسيس بالرمز (ED) وعن الأليكترودياليسيس العكسى بالرمز (EDR).

١- حركة الأيونات : (Ion Transport)

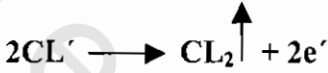
لتفهم ED فإنه يلزم تفهم اثر التيار الثابت على محلول أيونى. بفرض حوض مستطيل مزود بقطب عند كل جانب. الحوض مملوء بمحلول كلوريد الصوديوم شكل (١٤٣) عند مرور تيار ثابت عبر القطبين، فإن الكاتيونات Na^+ تنجذب نحو القطب السالب والذي يسمى الكاثود، بينما الآن أيونات Cl^- تنجذب نحو القطب الموجب والذي يسمى الأنود. وعند الكاثود يحدث تفاعل الاختزال التالى لأيون الهيدروجين نتيجة تحلل المياه..



وعند الأتود يحدث تفاعل الأكسدة التالي لأيون الأيدروكسيد



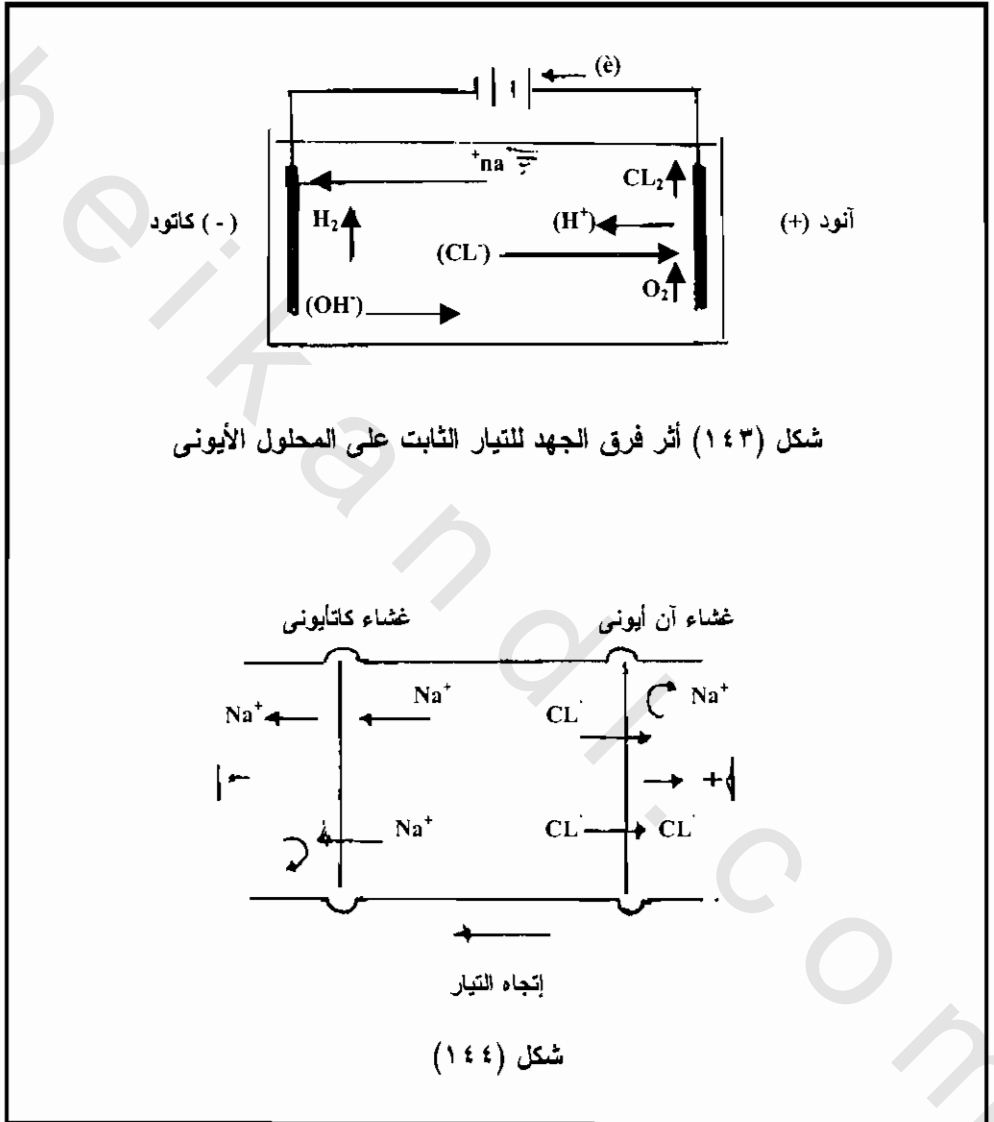
وقد يحدث عند الأتود كذلك تفاعل يشمل تكوين غاز الكلور



أغشية ED هي أساسا راتنجات في شكل رقائق (مسطحة) كاتأيونية أو أيونية أو غير أيونية. ولهذا تسمى غشاء كاتأيوني أو غشاء أن أيوني. وفي عمل مصفوفة ED شكل (١٤٣) فإن الأيونات المذابة والغشاء الكاتأيوني والآن أيوني ومجال التيار الكهربائي الثابت تعمل مع بعضها لإزالة الأملاح أو الأيونات في الماء وكذلك تعمل على تركيز الأيونات المزالة في مجرى المياه المركزة. في مصفوفة الأغشية فإن المياه المحتوية على الأيونات المذابة يتم ضخها بين الغشاء الكاتأيوني والآن أيوني وذلك خلال مجرى من البولي إيثيلين.

الأيونات السالبة تمر خلال الغشاء الآن أيوني بينما الأيونات الموجبة تحتجز. وعلي العكس الأيونات الموجبة تمر خلال الغشاء الكاتأيوني بينما الأيونات السالبة تحتجز. وهذه الأيونات المارة خلال الأغشية الآن أيونية والكاتأيونية تجمع في غرفة التجميع وتكون المحلول الملحي المركز. أغشية ED هي أغشية موصلة للكهرباء وهي غير منفذة للمياه تحت الضغط. وعند تمرير تيار كهربائي ثابت فسي هذه المصفوفة فإن كل الكاتأيونات تتحرك نحو القطب السالب. وفي حالة مقابلة الكاتأيونات للغشاء الأول عندئذ فإن الكاتأيونات تمر إذا كان هذا الغشاء كاتأيوني فإن الأيونات تمر الي غرفة المياه التالية، تاركة خلفها خلية تخفيف أو مزالة كاتأيوناتها. وعلي العكس في حالة مقابلة الكاتأيونات للغشاء الأول ويكون غشاء أن

أيوني، فإن هذا الأيون لا يمر بل ويحتجز في مكانه حيث تصبح هذه غرفة تركيز كما في الشكل (١٤٣) الآن أيونات تمارس الحركة في الاتجاه المضاد حيث تجذب بواسطة القطب الموجب.



٣ - المصفوفة : (The Stack)

في الشكل رقم (١٤٤) الأيونات تترك الغرفة الوسطي خلال الغشائين ويتم إزالة الأملاح من المياه، بينما الغرف الخارجية يزداد تركيزها بالأيونات. في الشكل (١٤٥) فإن هذه الفكرة تم امتدادها لتكوين أغشية متبادلة من الكاتيون والآن أيون، كل بنفس التيار الثابت المار خلالها بالتالي بتكرار نفس النظام المبسط الشكل (١٤٤). في الشكل (١٤٥) فإن الغرف الثانية والرابعة والسادسة (من اليسار) تزال ملوحتها بينما الغرف الأولى والثالثة والخامسة والسابعة تزداد ملوحتها. تجهز المصفوفة بنظام صرف لكل من هذه الغرف المتماثلة مع بعضها. وهذه المصفوفة في الواقع تتكون من عدد من الوحدات المكررة والتي تسمى الخلية المزدوجة. المصفوفة الواحدة تحتوي عادة علي ١٠٠ إلى ٦٠٠ خلية مزدوجة والخلية المزدوجة بين القطبين تكون كهربيا علي التوالي ولهذا تحمل نفس التيار الكهربائي.

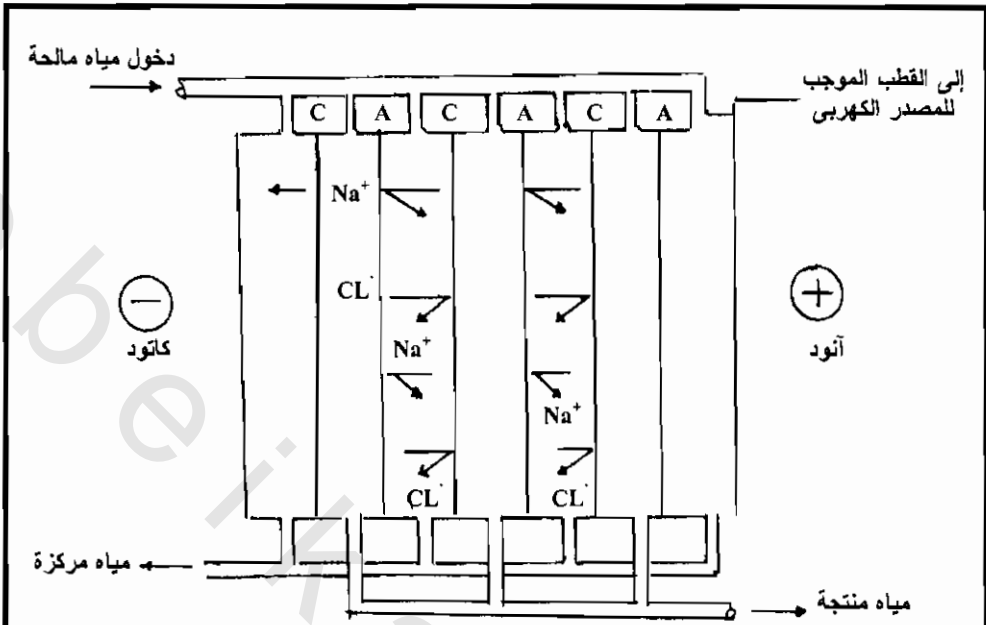
الشكل (١٤٦) يبين بالتفصيل الخلية المزدوجة (Cell Pair) وهي تتكون كهربيا من أربع مقاومات علي التوالي، حيث مقاومة الأغشية الرقيقة والموصلة صغيرة نسبيا. خلية التركيز (Concentrate Cell) محتوياتها عادة جزء من تدوير التدفق، فبالندوير يحدث خفض للصراف وكذلك لزيادة التوصيل الكهربائي للصراف وكذلك تتخفض المقاومة الكهربائية لخلية التركيز الي مستوي منخفض نسبيا. خلية التخفيف أو إزالة الملوحة (Desalting Cell - Dilute Cell) تحتوي علي مياه ذات ملوحة ما بين المياه الداخلة والمياه المنتجة، والتي تقل بالتدريج مع إزالة الأملاح الموصلة من المياه المالحة. وعملية خفض المتدرج للتوصيل (زيادة المقاومة) هي العامل الحاسم في نقاء المياه المنتجة. نظريا التيار يمكن أن يمر خلال المياه حتى إزالة كل الأملاح المذابة (Electrolytes) (ولكن كمية الطاقة الكهربائية اللازمة لاستمرار هذه العملية مع خفض الأليكتروليت كبيرة). عمليا تنقية المياه بطريقة ED ينتهي عندما يكون الأملاح الكلية المذابة TDS للمياه المعالجة (المخفضة - Dilute) مكافئ لحوالي ٥٠٠ جزء في المليون مقيم ككلوريد صوديوم (NaCl). ونوعية المياه هذه تمثل مياه الشرب طبقا لمعايير منظمة الصحة العالمية. وحاليا يزداد

استخدام (ED) في عملية المعالجة المسبقة للمياه قبل عملية التبادل الأيوني بما يقلل من احتياجات لأحماض والقلويات، حيث نقل الملوحة الي ٥٠ جزء في المليون قبل عملية التبادل الأيوني.

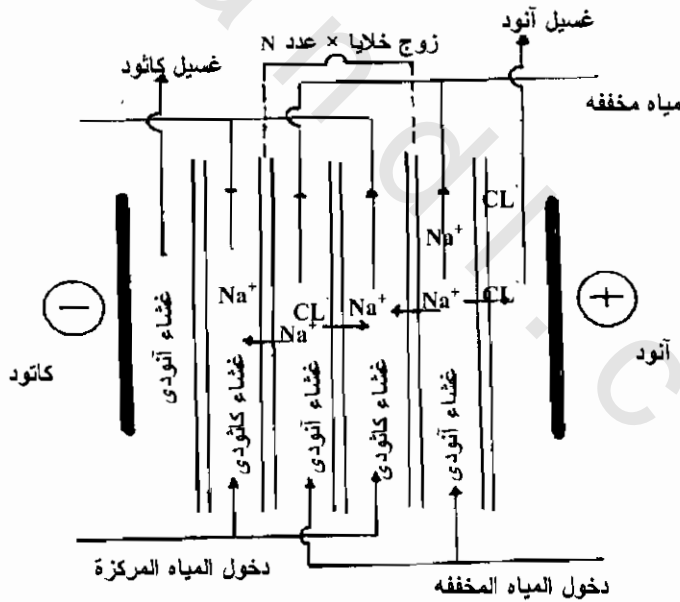
٣- تغيير وتبديل الأقطاب : (Polarity Reversal)

بدلا من ED التقليدي نو الاتجاه الواحد، ففي الأليكتروديا ليسيس العكسي (EDR- Electrolysis Reversal) فإنه يتم عكس الأقطاب طبقا لدورة زمنية محددة، وهي حوالي ١٥ - ٢٠ دقيقة. التغيير في الشحنة الكهربائية للأقطاب عبر منظومة الغشاء تغير في اتجاه الحركة. حيث يحدث تبادل لتدفق الأيونات وكذلك المياه المحلاة والمركزة. ويحدث تغير اتجاه التدفق آليا بواسطة المحابس التي تنقل كلا من مجري الدخول والخروج بحيث تتدفق المياه الداخلة إلى غرف الدخول الجديدة (البديلة) وكذلك المياه المركزة إلى غرفة التركيز الجديدة.

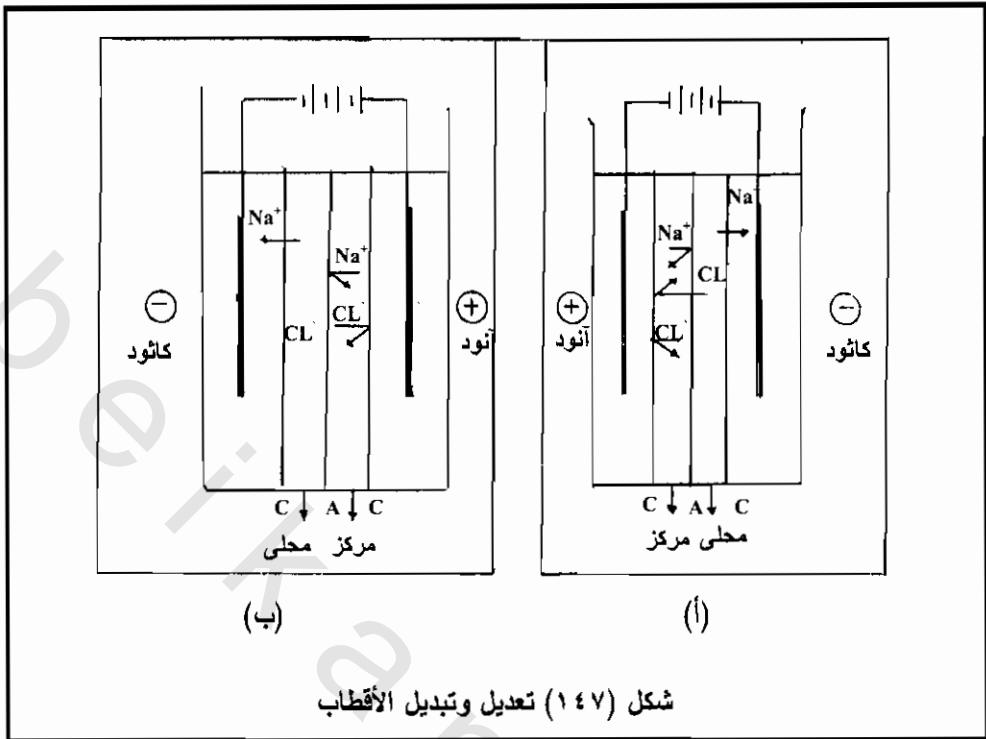
القطبية المعكوسة توفر الغسيل الآلي للمواد المكونة للترسيبات من علي سطح الغشاء. ولهذا فإن القطبية المعكوسة تتطلب معالجة مسبقة صغيرة وقد لا يحتاج لها ذلك لتقليل الترسيب الذي تحدثه المياه الداخلة شكل (١٤٧- أ، ب).



شكل (١٤٥) نظام المصفوفات



شكل (١٤٦) زوج الخلايا



٤- الاستقطاب : Polarization

كثافة التيار هي كمية التيار علي وحدة المساحة من سطح الغشاء. يمكن زيادة كثافة التيار حتى نفاذ كل الأيونات تقريبا القريبة من سطح الغشاء. عند الوصول الي هذا الحد فإنه يتم الوصول الي تركيز الاستقطاب أو حدية كثافة التيار. وهذا الحد يتوقف كذلك علي درجة الحرارة، تدفق المياه، نوع الأيونات وتركيزها ونوع الغشاء. في ED كل الأيونات تنتقل خلال الغشاء بواسطة الانتقال الكهربائي، والباقي يصل الي سطح الغشاء من تدفق المياه وانتشارها. تركيز الأيونات في خلية (غرفة) إزالة الملوحة يصبح غير موجود في الطبقة الرقيقة المجاورة لسطح الغشاء نظرا لانتقال الأيونات من الخلية خلال الغشاء وعند الاستقطاب فإن السائل عند سطح

الغشاء يكون خاليا من الأيونات تماما (Electrolyte) وبذا تحدث زيادة ملحوظة في المقاومة لخلية الغشاء. وهذه الزيادة في المقاومة مع كثافة التيار هي علامة الاستقطاب. عند هذه النقطة فإن الأيونات الناتجة عن تحلل الماء لها تركيز مساو للإلكترونات عند سطح الغشاء. يحمل جزء من التيار الكهربائي خلال الغشاء الآن أيوني بواسطة أيونات الأيدروكسيد الي جانب التركيز، بما ينتج عنه زيادة في الرقم الهيدروجيني وزيادة في ترسيب كربونات الكالسيوم. والتغير في الرقم الهيدروجيني للتدفقات يمكن إن يوضح متي يحدث الاستقطاب.

الاستقطاب يسبب مشاكل منها خفض كفاءة التيار، وزيادة استهلاك الطاقة، وخفض انتقال الأيونات المطلوبة في منطقة الاستقطاب. والقيمة الحدية أو النهائية للتيار (Limiting Current density) يمكن زيادتها بزيادة درجة الحرارة، وسرعة السائل أو تركيز المحلول. وأقصى قيمة حدية للتيار يمكن استخدامها تعادل ٧٠% من القيمة الحدية لنظم ED والذي يسمح بمعامل أمان مناسب.

تخفض الترسبات في نظام ED بعمل الاضطراب المناسب (Turbulence) في مجري المياه القريب من سطح الغشاء، أو بإضافة الكيماويات مثل الأحماض أو مزيل الرواسب (Antiscalant). EDR. تزيل الترسبات بدون الحاجة الي كيماويات.

هناك اعتبارات تصميميه بالنسبة لنظام ED يلزم مراعاتها وهي :

نسبة تركيز الأيونات يلزم إن تظل أقل من ١٥٠ : ١ (المياه المركزة مقابل المياه المحلاة) ويمكن أن تزداد هذه النسبة الي ٢٠٠ : ١ أو ٢٥٠ : ١.

عند استخدام EDR بدون إضافة كيماويات فإن المياه المركزة يجب إن تحتوي علي أقل من ٢٠٠% من تشبع كبريتات الكالسيوم. وعند إضافة الكيماويات إلى المحلول المركز (المياه المركزة) يمكن أن يكون تشبع كبريتات الكالسيوم حتى ٣٥٠%. مؤشر لانجيلير للتشبع يجب إن يظل أقل من ٢,٢.

٥- خصائص الأغشية : (Membrane Properties)

كلا من الأغشية الآن أيونية والكاتأيونية لها مظهر سطح البلاستيك شبه شفاف المقوي بألياف من البلاستيك. والسطح ناعم وأملس والمسطح مستطيل كما أن له عدة أشكال (أحجام) كل الأغشية لها نفس السمك (٠,٥ ملليمتر) معظم الأغشية الآن أيونية شبه شفافة بيضاء بدون أي لون ومختومة بكلمة (Anion). علي جانب الغشاء وخلالها تثبت الشحنة الموجبة في مرحلة التصنيع وهي عبارة عن أيونات الأمونيوم الرباعية والتي تصد الأيونات الموجبة وتسمح للأيونات السالبة بالمرور.

أغشية الكاتأيونات تختلف في اللون من البني الي الأبيض ومختومة بكلمة (CATION) وأثناء التصنيع تثبتت علي جانبي الغشاء وخلالها الشحنات السالبة التي تصد الأيونات السالبة وتسمح للأيونات الموجبة بالمرور خلالها.

وكلا من الأغشية الكاتأيونية والآن أيونية لهم خصائص واحدة فكليةما غير منفذ للمياه تحت الضغط، مقاوم للترسبات، قدرة تحمل عالية، مقاوم للتغير في الرقم الهيدروجيني من ١١ إلي ١٠، شبة صلب، وله مقاومة كهربية منخفضة، ولا يذوب في المحاليل المائية، ويمكن أن يعمل في درجات أكثر من ٤٦ ° م ومقاوم للانتفاخ الأسموزي.

استهلاك الطاقة الكهربائية لضخ المياه الداخلة هو حوالي ٢,٥ كيلووات/ساعة لكل ١٠٠٠ جالون عند الضغط العادي للمحطة ٥ - ٦ جوي. الطاقة اللازمة للأغشية للمنظومة حوالي ٢ كيلو وات ساعة لكل ١٠٠٠ مليمتر / لتر من الأملاح المزالة. الطاقة اللازمة لنظم التحكم والسيطرة هي حوالي ٥% من إجمالي الطاقة.

٦- الاعتبارات التصميمية :

يتم التغذية بمياه المصدر إلى طلمبة التغذية بضغط ٠,٢ الي ٢ جوي. طلمبة التغذية تضخ المياه الي خرطوشة المرشح تحت ضغط ٥-٦ جوي (١٠ ميكروميتر) المياه المنتجة من (ED) لا تمر خلال الغشاء كما في حالات التناضح

العكسي (RO) أو الترشيح الفائق (UF) ولهذا يلزم الأخذ في الاعتبار في نظم المعالجة المسبقة في حالة (EDR / ED) عدم وجود مواد عضوية أو مواد هلامية أو كليهما في المياه الداخلة. المياه الداخلة تتطلب معالجة مسبقة عادة إذا كانت تحتوي علي كلور حر أكثر من ٠,٥ ملليجرام / لتر، حديد أكثر من ٠,٣ ملليجرام / لتر، كبريتيد الهيدروجين أكثر من ٠,٣ ملليجرام / لتر، عكارة أكثر من ٢ نيفيلومتري (2NU) أو منجنيز أكثر من ٠,١ ملليجرام / لتر.

أقصى إزالة للأملاح هي من ٤٠ - ٥٠ % لكل مرحلة هيدروليكية. تستخدم طريقة (ED / E DR) لمعالجة المياه المملحة (Brakish) لإعدادها للشرب، كذلك لإزالة الأملاح ولتنقية المواد الغذائية، وإعادة استخدام مياه الصرف الصناعي.

القسم الرابع

الترشيح الفائق

(Ultra Filtration . U F)

١- الترشيح الفائق يعرف بعملية الفصل باستخدام أغشية شبه نفاذه (Semipermeable Membrane) لفصل جزيئات الأملاح (Macro Molecules) في المحلول. العامل الهام في حجز الجزيئات هو حجمها وشكلها. أغشية الترشيح الفائق لها فتحات أقل في الأحجام من أغشية التناضح العكسي وليس لها شكل محدد بل هي فتحات بين أنسجة البوليمر حيث يمكن حجز جزء صغير من المياه. أغشية الترشيح الفائق لا تحتجز المواد المذابة. مجال الوزن الجزيئي للترشيح الفائق هو من ٧٠٠٠ الي ٧ جوي باستخدام طلمبة الطرد المركزي.

تصنع أغشية الترشيح الفائق من أسيتات السليلوز (CA) أو الأكليرك وبعض البلمرات الأخرى مثل البولي فينيل كلوريد أو البولي أميدز. الخ وشكل الغشاء مشابه لغشاء التناضح العكسي (RO) ويشمل الأسطواني، اللوح والإطار، الحلزوني، الشعيرات الجوفاء.

استخدم الترشيح الفائق للمعالجة المسبقة لمياه البحر قبل التحلية بالتناضح العكسي لإزالة الكربون العضوي (TOC)، العكارة والمواد العالقة من مياه الصرف المعالجة قبل إعادة الإستخدام أو الحقن الجوفي. التناضح العكسي (RO) يزيل معظم المواد العضوية، البكتريا، الجسيمات من الماء وكذلك إزالة الملوثات الغير

عضوية بنسبة ٦٠ - ٩٩ % طبقا لنوعية الملوثات والغشاء المستخدم. أما E D R / فإنها تقلل الأملاح المذابة ولكنها تترك كل المواد الغير متأينة (Nonionic) في المياه المنتجة.

٢- النانو فلتر (Nano filtration - NF) وهي أغشية تستخدم لإزالة العسر، البكتريا والفيروسات، المواد العضوية ذات العلاقة باللون بدون إنتاج ملوثات عضوية مثل الهيدروكربونات الكلورية. وتستخدم هذه الطريقة في المياه ذات الأملاح المذابة المنخفضة لإزالة العسر والمواد العضوية.

القسم الخامس

التحلية الحرارية للمياه المالحة Thermal Desalination

بالإضافة إلى طرق التحلية باستخدام نظم الأغشية مثل عمليات التناضح العكسي والإليكترودياليسيس والترشيح الفائق فإنه يمكن استخدام الطاقة الحرارية لتحلية المياه المالحة وذلك بتحويلها إلى بخار الماء ثم تكثيفها أو بعمليات التجميع (Freezing) أو إنتاج البخار بفعل أشعة الشمس.

١- التحلية الحرارية بتحويل المياه المالحة إلى بخار الماء :

Desalination by Distillation

نظام التحلية المستخدم على نطاق واسع لتحويل المياه المالحة إلى مياه صالحة للشرب هو بالنقطير الحراري. في هذه العملية يتم غلي الماء المالحة للحصول على بخار المياه نقية وسائل متبقى به أملاح مركزه، حيث يتم تكثيف الأبخرة واستخدامها لأغراض الشرب. ولتحقيق الإقتصاد في الطاقة الحرارية المستخدمة يستخدم النظام متعدد التأثير (Multi Effect System)، حيث تدفع أبخرة المياه النقية المنتجة في المرحلة الأولى لغلي الماء المالح بطريقة مناسبة إلى المرحلة الثانية. في هذه المرحلة الثانية عندما يتكثف بخار الماء عندئذ تنطلق الطاقة الحرارية التي تكفي لتحويل المياه المالحة إلى بخار ماء. وباستخدام هذه العملية يمكن إنتاج رطل من المياه المحلاه باستخدام وحدة طاقة حرارية (IBTU/lb of water).

عند استخدام هذا النظام يجب أن يؤخذ في الاعتبار القواعد التطبيقية التي تؤثر على الكفاءة، ومنها عملية الانتقال الحرارى والتي تتوقف على مساحة الانتقال الحرارى ومعامل الانتقال الحرارى. معامل الانتقال الحرارى يتوقف على الفرق فى درجات الحرارة بين السائل الباعث للحرارة والسائل الممتص للحرارة والشكل الهندسى ومساحة ونوع مادة الانتقال الحرارى. لذلك فعند زيادة المساحة ورأو معامل الانتقال الحرارى يزداد معدل الانتقال الحرارى. ونظراً لأن زيادة المساحة تعنى زيادة فى حجم المعدات المستخدمة، لذلك يكون الهدف هو زيادة معامل الانتقال الحرارى.

العامل الأخر هو التخلص من الملوثات فى مياه البحر والتي تؤثر على الانتقال الحرارى. فمياه البحر مخلوط معقد من المواد المذابة الصلبة والغازات والكائنات البحرية. المواد الصلبة المذابة تشكل خطورة فى عملية التقطير نظراً لأن بعضها يرسب على سطح الانتقال الحرارى (Scaling)، كما أن الكائنات البحرية يمكن أن تسبب عزل على أسطح الانتقال الحرارية مكونة ترسيبات عضوية (Fouling). لهذا فإنه يلزم المعالجة المسبقة لمياه البحر فى حالة استخدامها لإزالة وتحييد الأثر السلبى لهذه العوامل.

تستخدم التحلية الحرارية بتقطير المياه المالحة ذات الملوحة العالية ما بين ١٥٠٠٠ إلى ٥٠٠٠٠ جزء فى المليون.

الأنواع الرئيسية الثلاث لتبخير المياه المالحة ذات الملوحة ما بين ١٥٠٠٠ إلى ٥٠٠٠٠ جزء فى المليون (الملوحة العالية) هي:

المبخر السريع متعدد المراحل: (MSF) Multistage Flash Evaporator:
المبخر متعدد التأثير: (ME) Multiple Effect Evaporator: المبخر بإعادة ضغط البخار: (VR) Vapour Recompression Evap

١- المبخر السريع متعدد المراحل : (Multistage Flash Evaporator) : (M S F)

يوضح الشكل (١٤٨ - أ) مبادئ عمل المبخر السريع متعدد المراحل في إزالة الملوحة.

يتم ضخ مياه البحر خلال عدد متتالي من المبادلات الحرارية حيث تتدرج حرارتها في الارتفاع، بتكثيف البخار الناتج في غرف التبخر السريع المقابلة (Flash Chambers) إلى درجة حرارة ٨٠ - ١١٠°م. وبعد التسخين التالي الي درجة حرارة ٩٠ - ١٢٠°م بواسطة مصدر بخار خارجي، فإن مياه البحر تتحرر من الضغط (Flashed) بالتتالي خلال عدد من المراحل حيث ينخفض ضغط البخار بالتدرج الي ١٠ كيلو بار. يحدث غليان وتبخر جزئي في كل مرحلة، البخار الذي يتكثف علي المبادل الحراري المقابل والذي يتجمع في قنوات كمياه مقطرة، وهذا البخار يستمر إنتاجه في كل مرحلة بالتوازي مع المياه المالحة (Brine) وذلك حتى إنتاج كلا من المياه المقطرة والمياه المالحة من آخر مرحلة عند درجة حرارة حوالي ٤٠°م. تجهز غرف التبخير السريع لتخفيف الضغط (Vacuum) باستخدام بانق البخار (Steam Ejectors) للمحافظة علي استمرار الانخفاض المطلوب في الضغط خلال المبخر. المبخر السريع متعدد المراحل (MSF) يتطلب في تصميمه نسبة عالية من مياه البحر لكل وحدة من المياه المقطرة والتي قد تصل الي ٨ : ١٠. ولهذا السبب فان طاقة الضخ المطلوبة تكون كذلك عالية حيث تصل الي ٣-٥ كيلوات ساعة / متر المكعب من المياه المقطرة.

٣ - المبخر متعدد التأثير : (M E) {Multiple Effect Evaporator}

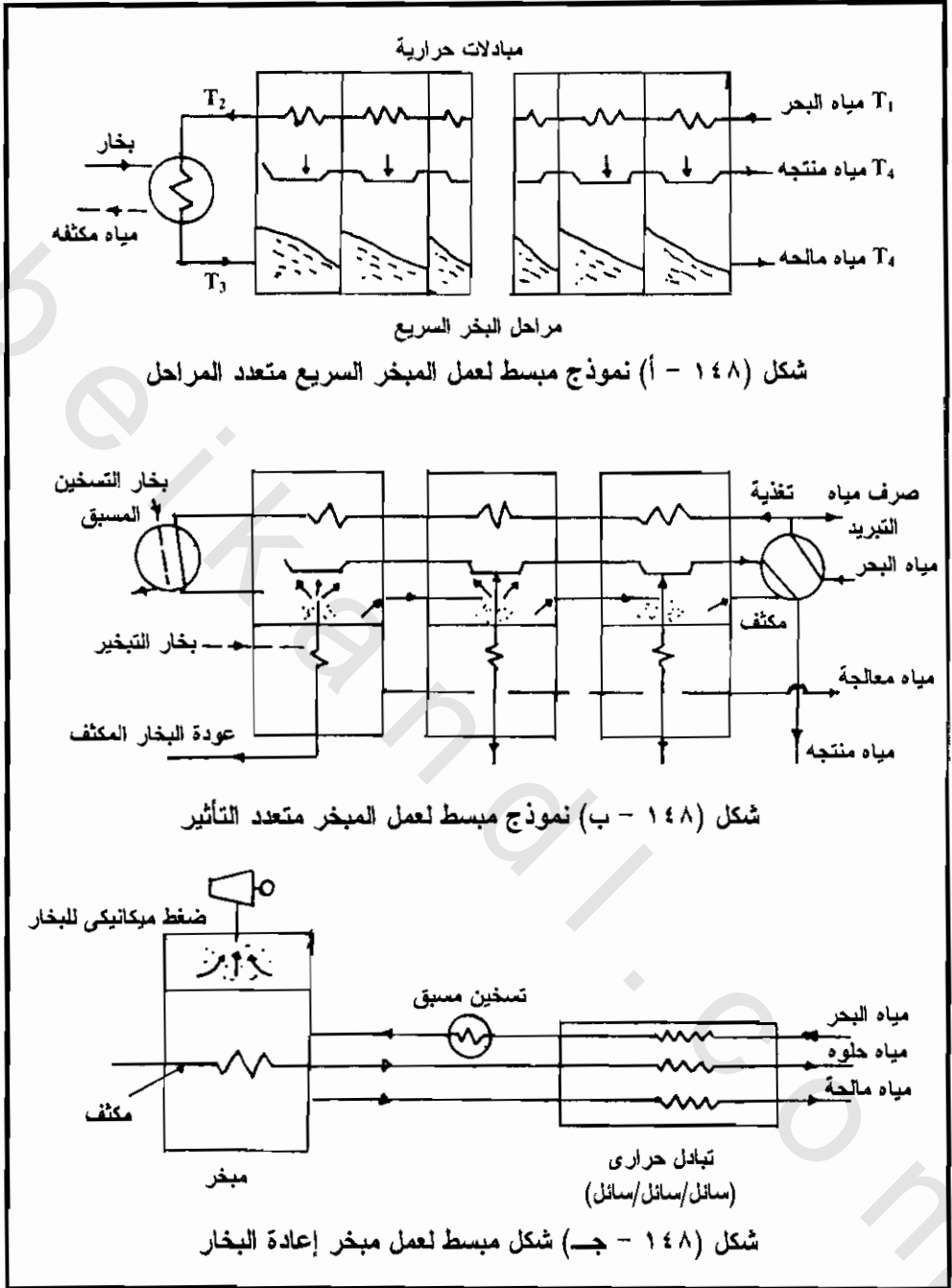
طريقة العمل للمبخر متعدد التأثير موضحة في الشكل (١٤٨ - ب) مياه البحر يتم تسخينها بالتدرج بطريقة المبادلات الحرارية بواسطة تكثيف البخار من عدد مساو من غرف التبخير. مياه البحر التي تم تسخينها تدخل غرف التبخير الأكثر سخونة عند درجة حرارة ما بين ٦٠ - ١٠٠°م عادة ثم تبخر جزئياً بواسطة بخار

من مصدر خارجي. البخار الناتج يمر الي المؤثر التالي بعد سحب البخار المكثف (المستخدم في التسخين المسبق). في نفس الوقت فان مياه البحر التي لم تتبخر من المؤثر الأول يدفع (Flashed) الي المؤثر الثاني، وينخفض درجة حرارته تحت تأثير مكثف التبريد بمياه البحر بعد المؤثر الأخير. يحدث تبخير آخر في المؤثر الثاني ما بين البخار الداخل والمياه المالحة المحررة من الضغط (Flashed Brine) ثم يكرر العمل في كل من المؤثرات التالية والتي يصل عددها الي ٢٠ أو أقل من ١٠، وذلك قبل تكثيف بخار آخر مؤثر وسحب المياه المالحة (المركزة).

طاقة الضخ اللازمة للمبخر المتعدد التأثير (ME) أصغر من تلك اللازمة لمتعدد المراحل (MSF) وهي عادة ما بين ٢ - ٣ كيلو وات سعة / المتر المكعب.

٣ - مبخر إعادة ضغط البخار: {Vapour Recompression Evap} (VR)

طريقة عمل مبخر إعادة الضغط (VR) موضحة في الشكل (١٥٠). يتم تسخين مياه البحر بالتبادل الحراري مع المياه المقطرة والمياه المالحة المركزة للصرف وذلك في واحد أو أكثر من المبادلات الحرارية الي درجة حرارة من ٦٠ الي ١٠٠م. ولغرض البدء في التشغيل وللمحافظة علي ظروف التشغيل العادية تعد بعض المحطات بسخان لعمل التسخين المسبق للمياه وذلك للحصول علي درجة الغليان المطلوبة في المبخر، وفي ابسط صورة يكون هذا السخان ذو مرحلة التأثير الواحدة أو الأكثر من مرحلة (Single Effect Or More) البخار الناتج من المبخر يتم ضغطه أما ميكانيكيا أو بالضغط الحراري (Thermo Compression) وذلك قبل العودة الي التكثيف للبخار في المبادل الحراري. عملية الضغط تعمل علي رفع ضغط التشبع لبخار الماء، وهذا يوجد فرق في الحرارة مستمر بين المياه المكثفة والمياه المالحة (Brine) وهذا يعمل علي استمرار عملية التبخير. البخار المكثف (المقطر) والمياه المالحة الزائدة يتم صرفهم خلال مبادلات حرارية (سائل / سائل) ولا توجد حاجة الي مكثف منفصل.



إزالة الترسيبات : (Scale Removal)

كل المياه المالحة تحتوي علي كل من العسر المؤقت والعسر المستديم وذلك لوجود أيونات الكالسيوم والماغنسيوم والبيكربونات والكبريتات.

عند تسخين مياه البحر، تتحلل البيكربونات وتتكون كربونات الكالسيوم كراسب (Scale) وهي عسر مؤقت علي أسطح التسخين. وفي حالة عدم إجراء منع ترسيبها فإن كفاءة الانتقال الحراري تنخفض، بما ينتج عنه خفض في إنتاج المياه المقطرة وفي الحالات الشديدة يمكن حجز تدفق المياه. أما الرواسب من كبريتات الكالسيوم (العسر المستديم) علي الجانب الأخر هي ببساطة نتيجة خفض الأرابية لكبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$) بالحرارة. يمكن تجنب ترسيب كبريتات الكالسيوم العسر المستديم في التصميم والتشغيل بعدم تعدي حد الإزابة للأشكال المختلفة لبلورات كبريتات الكالسيوم (كبريتات الكالسيوم قليلة الذوبان في الماء في حدود 1-2 مليجرام / لتر). أما عن ترسيب الكربونات فإنه يلزم إتخاذ إجراءات إيجابية لمنع حدوثها أو علي الأقل خفض مستواها الي الحد الذي يمنع حدوث الترسيبات.

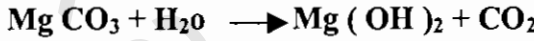
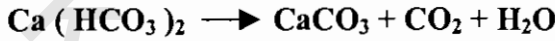
أ- ترسيبات كبريتات الكالسيوم : ($Ca SO_4$ Scales)

حدود الإزابة لكبريتات الكالسيوم هي دلالة لدرجة الحرارة والتركيز وذلك بالنسبة لمياه البحر ذات الملوحة القياسية (35000 مليجرام / لتر). فقد لوحظ أن مع تركيز مياه البحر عند درجة حرارة إنتاج البخار 100°م ويحدث تشبع للمياه المالحة بالنسبة لكبريتات الكالسيوم اللامائية ($CaSO_4$) وذلك عند زيادة الملوحة عن 45000. ملجرام / لتر. يمكن تجنب حالة التشبع هذه (Super Saturation) وهذا يتم عادة بالحد من تركيز المياه المركزة المالحة للصرف لتكون أقل من 60000 مليجرام / لتر (أملاح كلية مذابة) في حالة المبخر السريع متعدد المراحل (MSF) حيث يحدث تعدي لهذه النسبة نظرا لحالات تدوير المياه المالحة، ويتم الاعتماد علي بطئي ترسيب بلورات كربونات الكالسيوم في تجنب ترسيبها. كما يمكن البدء بإضافات لتجنب الترسيب مثل إضافة صوديوم هكسا ميتا فوسفيت Soduim Hexa

Meta Phosphate $\text{Na}_6(\text{PO}_4)_5$ ولكن في معظم الحالات يمكن عدم اللجوء الي هذه الإضافات بالنسبة لترسيبات الكبريتات طالما أمكن التحكم في ظروف التبخر بما لا يتعدى حدود الإذابة. كبريتات الكالسيوم بمجرد تكوينها كترسيبات فإنه يصعب إزالتها من الناحية العملية.

ب- الترسيبات القلوية : Alkaline Scales

يمكن أن يرسب كلا من كربونات الكالسيوم وأيدروكسيد المغنيسيوم في مبخرات تحلية مياه البحر وترسيب كربونات الكالسيوم نتيجة تحلل (Decomposition) البيكربونات أما ترسيب أيدروكسيد المغنيسيوم فهو نتيجة تميؤ (Hydrolysis) الكربونات



إزالة الكربونات من المياه الداخلة (Decarbonation of Feed)

(1) في عملية إزالة الكربونات من المياه المالحة قبل التحلية :

في هذه العملية يتم حقن الحامض الي مياه البحر بالتركيز الذي يمكن من تحلل ما لا يقل عن ٩٠% من البيكربونات الموجودة عادة في مياه البحر إلى حد ١٤٠ - ١٥٠ ملجرام / لتر ويتم التخلص من ثاني أكسيد الكربون $2\text{HCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{SO}_4$ في برج تهوية وقد تستخدم أحماض أخرى مثل حامض الهيدروكلوريك وحامض السلفاميك (Sulphamic) أو حتى حامض النيتريك ولكن يفضل حامض الكبريتيك لرخص سعره نسبيا. وبتفكك ٩٠% من البيكربونات في مياه البحر فإن جرعة حامض الكبريتيك اللازمة هي حوالي ١١٠ ملجرام / لتر من مياه البحر (مقيم ٩٨ % حامض الكبريتيك). يجب ملاحظة أن إضافة هذا الحامض سيعمل أولا علي خفض الرقم الهيدروجيني من ٨ إلي ٤,٥ - ٥، يلي ذلك ارتفاع الرقم الهيدروجيني الي ٦,٥ مع التخلص من ثاني أكسيد الكربون. ولكن هناك اتجاه

نحو عدم استخدام حامض الكبريتيك للمحافظة علي مواد المبخرات من التآكل ولكن علي الجانب الآخر فان إزالة الكربونات هي الوسائل الإيجابية الوحيدة لتجنب ترسيب القلويات.

(٢) المعالجات الأولية (Threshold Treatments)

البديل لإزالة الكربونات بواسطة الحامض هو الحقن بمثبط الترسبيات (Scale Inhibitors) للمياه الداخلة للتحلية، عادة بتركيز من ٢ - ١٠ ملجرام / لتر وعمل هذه المثبطات هي تشويه بلورات الكربونات الي درجة تكون حماة لينة فقط (Soft Sludge) وذلك بدلا من الترسبيات الصلبة (Hard Scales) وهذه الحماة اللينة يتم صرفها مع مياه البحر المركزة. حتى عام ١٩٧٠ كان افضل مثبط في حالة مياه البحر هو صوديوم تراي بولي فوسفيت ($Na_5 P_3 O_{10}$) وكان يستخدم عادة كحقن اختراع (Patented) محتويا علي اللجنين ومواد ضد وجود الرغوة (Anti Foaming) وكان مثل هذه المركبات مادة (HA Gevap) لها حدود استخدام حتى ٩٠م نظرا لتحللها الي الأورثوفوسفيت ($Na_3 PO_4$). عند ارتفاع درجة عن ٩٠م. ثم تم تطوير إضافات أخرى من البلمرات كمنثبطات والتي تسمح بدرجة حرارة حتى ١١٠م أو أكثر عند استخدامها. وهذه عادة بلمرات عضوية حامضية مثل (Polymaleic Acid) وحاليا توجد أنواع كثيرة من المركبات منها (-Belgrade E V Ciba Geigy)، (Al BRIVAPDSB)، (Flocon247 من Pfizer) وهذه من أفضل الأنواع. وعموما مهما كان نوع المثبط المستخدم، فإنه يلزم إزالة الترسبيات من المبخر باستخدام جرعة حامض مع مياه البحر علي الأقل مرة كل عام. وعادة فإنه يستخدم الحامض والإضافة كمنثبطات مع بعضهما.

٣- المعالجة النهائية للمياه المقطرة : (Distillate Post Treatment)

كل المياه المنتجة من عمليات التبخير تحتوي عادة علي ١٠-٥٠ ملجرام في اللتر من الأملاح المذابة كما إنها منخفضة العسر ومنخفضة الرقم الهيدروجيني. ولهذا فإنها مياه عدوانية لمواد الإنشاء وبخاصة الخرسانة. وكذلك هي ليست مقبولة

كمياه الشرب. والغرض من المعالجة النهائية هو رفع الرقم الهيدروجيني إلى ٧ - ٨، عسر الكالسيوم الي ١٠٠ ملليجرام / لتر ككربونات كالسيوم وكذلك توفير التهوية الكافية والمواد المذابة من كلوريد الصوديوم وكذلك التخلص من المذاق الغير مقبول المرتبط بالمياه المقطرة. وتوجد وسائل مختلفة للحصول علي المياه المناسبة للشرب. ولكن كلها تشمل إضافة أيونات الكالسيوم والبيكربونات. في المحطات الصغيرة حتي ٥٠٠م^٣ في اليوم يكون من المقبول إضافة كلوريد الكالسيوم وبيكربونات الصوديوم ولكن تكاليف الكيماويات تكون مرتفعة في المحطات الكبيرة وفي هذه الحالة يمكن استخدام نوعين من المعالجة.

أ - الحقن بلبن الجير - ثاني أكسيد الكربون : (Lime - CO₂ Dosing)

وخلاصة المعالجة بهذه الطريقة كالتالي:

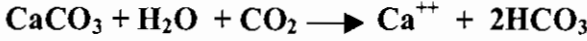


يتم إذابة ثاني أكسيد الكربون تحت الضغط في المياه المقطرة، يخفض الرقم الهيدروجيني (لتكوين حامض الكربونيك)، ثم يضاف مستحلب لبن الجير مع الخلط حتى الوصول إلى العسر المطلوب. يرفع الرقم الهيدروجيني الي ٧ ولكن يمكن زيادته عن ذلك بإضافة الصودا الكاوية في حالة الرغبة في هذا. في حالة عدم إمكان الحصول علي ثاني أكسيد الكربون من الإنتاج الصناعي. (الغازات الصناعية) فإنه ينتج عادة من حرق الزيوت (Hydrocarbon Oil) أو الغاز الطبيعي في مولد خاص ثم تنقية الغاز بالكيماويات.

ب- المعالجة بالجير - ثاني أكسيد الكربون :

(Limestone - Co₂ Treatment)

في هذه العملية فان المياه المركبة (Carbonated Water) تضخ خلال حبيبات الحجر الجيري.



وفي هذه العملية متطلبات ثاني أكسيد الكربون أقل من الطريقة السابقة بالإضافة الي عدم إنتاج وضخ مستحلب لبن الجير. بعض البدائل تستخدم الحجر الجيري من نوع (Dolomitic Limestone)، حيث يضاف كلا من أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم إلى المياه المقطرة. وقريبا ثم اللجوء علي طريقة لاستعادة ثاني أكسيد الكربون الناتج من تحلل البيكربونات الموجودة في مياه البحر في مراحل درجات الحرارة المرتفعة لحقن الإضافات في المبخر السريع متعدد المراحل (MSF).

المعالجة النهائية لإعداد المياه المحلاة للشرب:

إعداد المياه للشرب فان المياه التي تم ضبط عسرها ورقمها الهيدروجيني يتم كلورتها. وفي بعض الحالات يتم إضافة كمية قليلة من مياه البحر المكلورة لزيادة تركيز كلوريد الصوديوم الي المستوي المفضل للاستهلاك.

التحلية بتحويل المياه إلى الجليد (تجميد):

Desalination by Freezing

الحصول على المياه النقية من المياه المالحة باستخدام الحرارة يمكن كذلك تحقيقه باستخدام التبريد وبالتحديد التجميد. تجميد المياه المالحة ينتج عنه بللورات نقية من الثلج من بين المحلول الملحي إزالة هذه البللورات الثلجية وإعادة زوبانها ينتج عنه مياه خالية من الأملاح. مقارنة باستخدام الحرارة فإن عملية التجمد لها مميزاتا وعيوبها. من بين هذه المميزات هي الطاقة الحرارية الصغيرة المطلوبة. الطاقة الحرارية اللازمة للإزابة (Latentheat of Fusion) تعادل ٧/١ من الطاقة الحرارية اللازمة للبخر. كما يمكن من خفض التكلفة عند استخدام عملية التجمد في درجة حرارة منخفضة. ولكن تكاليف الوحدات الحرارية في التبريد أكبر كثيراً عن المستخدمة في التنسيق، بما يتطلب رفع كفاءة العملية. توجد خاصيتين تتميز بهما

عملية التبريد وهما الآثار التي تسببها ارتفاع درجة حرارة المياه المالحة على مواد البناء مثل المعادن من الصلب أو الخرسانة مثل التآكل والتلف وهذه الآثار تنخفض بدرجة كبيرة في حالة درجة حرارة التجمد. وهذا يخفف من تكاليف المواد المستخدمة في الخزانات والمعدات. هذا بالإضافة إلى عدم الحاجة إلى التوقف وذلك لعدم حدوث ترسيبات على أسطح التبادل الحرارى.

يعتبر التبادل الحرارى خلال الأسطح ذو أهمية خاصة في عمليات التحلية المختلفة. تحقيق معامل إنتقال حرارى عالى مكلف في عملية التبريد حتى التجمد الأداء الأولى للإنتقال الحرارى هو الإتصال المباشر للسوائل ذات درجات الحرارة المختلفة. يتجه ذلك، فإن عملية التجمد تحقق معامل إنتقال حرارى عالى، وبذلك تنخفض تكلفة التصميمات الهندسية اللازمة لزيادة معامل الانتقال الحرارى. ولكن توجد سلبيات لعملية التجمد. يتم الحصول على المياه النقية في شكل ثلج، وفصل بللورات الثلج النقي تتطلب خطوة منفصلة.

الطاقة الحرارية لتحويل المياه إلى بللورات (Latent Heat of crystalization) لتحية يمكن استخدامها في إذابة هذا الثلج. وهذا هو الجزء المقابل لحرارة التكتيف في عملية ضغط البخار المستخدم لتوفير الطاقة الحرارية للتبخير (تحويل المياه إلى بخار). كذلك نظام التجميد يحتاج إلى إنشاءات ضخمة لتكون متعددة المراحل ليتمكن إعادة استخدام الطاقة الحرارية الكامنة (Latent Heat) التي أدخلت في تغير حالة الماء. ذلك لأن عملية التجميد يجب أن تتم عند درجة حرارة ثابتة. أحد سلبيات الهامة، خصائص التجمد هو التخلص من المياه المالحة.

تحسين أداء العملية لزيادة تطبيقاتها العملية يتطلب (١) زيادة حجم بللورات الثلج لتسهيل فصلها وخفض الادمصاص بالمياه المالحة عند زيادة المساحة السطحية، (٢) تحسين تداول بللورات الثلج (عموما بقطر ١مم)، (٣) زيادة معدل التجمد. معظم هذه الاعتبارات مرتبطة بالعمليات المنفصلة (Patch Process).

مبادئ التحلية بالتجمد :

عملية الفصل لبلورات الثلج من المحلول الملحي الذي تعرض لعملية تجميد تتوقف على خصائص حالة الاتزان التي تشمل المجال السائل والمجال الصلب، نوعية هذا النظام موضحة في مخطط المجال (Phase Diagram) شكل (١٤٩).

المادة A تمثل الماء، المادة B تمثل الملح. معظم الأملاح مثل كبريتات الصوديوم تكون (Eutectic) الحد الأدنى من الإزابة مع الماء. وهذه عموماً تمثل حالات معينة من التميؤ. في المخطط العام يكون هذا الحد الأدنى ممثلاً بالنقطة C. لأغراض إزالة الملحوة يؤخذ في الاعتبار الجزء من المخطط على اليسار، المنطقة ما بين ١٠٠% مياه نقية (A) والحد الأدنى (C) تمثل بعض من الإتحاد بين الملح والماء. عند أي مكونات كما في الحالة X ما بين الماء النقي A، عند درجة حرارة t، خفض درجة الحرارة إلى t¹ سيسبب انفصال المحلول الملحي إلى مادتين وهما مركب نقي A (الثلج) زائد محلول ملحي ظهور الثلج يمثل ظاهرة التجمد للمياه النقية، طبقاً لقانون الرافعة فإن الكميات النسبية للثلج والمحلول الملحي الناتج عن التجمد إلى درجة حرارة tⁿ تمثل بمقلوب بأطوال الخطوط من النقطة Xⁿ إلى خط التغيير في المجال AC، من النقطة Xⁿ إلى الخط الذي يمثل ١٠٠% ماء (A). إذا كانت درجة حرارة المحلول الملحي ذات مكونات X وانخفضت درجة حرارتها إلى t² عندئذ وطبقاً لقانون الرافعة، عند النقطة X² كمية أكبر من الثلج (مركب ١٠٠% ماء (A) يكون أكثر) يمكن إنتاجه. وهذا يبين الخبرة المعروفة أن إنخفاض درجة الحرارة ينتج تجمد (ثلج) أكثر.

إستخدام المبردات : The Use of Refrigerants

يمكن استخدام الهيدروكربونات المسيلة Liquified Hydrocarbonates كمبردات بالإتصال المباشر مع المحلول الملحي. درجات حرارتها المنخفضة تساعد في تجمد المحلول الملحي. مثال لهذه المواد هو (n. butane). إزابته في المياه المالحة ضعيف ودرجة غليانه عند الضغط الجوي هي تقريبا عند درجة تجمد مياه البحر.

ولذلك عند تبخرها، فإنها تساعد في زيادة تبريد المياه المالحة الجارية معالجتها. لها ميزة إضافية وهي السعر المنخفض، عند إستعراض الكميات الفاقدة أثناء التجمد، ولهذا لاتضيف كثيرا لتكلفة المياه المنتجة. في نظام الألتصاق المباشر يتم خلط البيوتين المثلج مع مياه البحر. يحدث تبادل حرارى، تتجمد المياه، ويسخن الهيدروكربون. يزال البيوتين كبخار يخفض الضغط على إناء الخلط. حرارة تحويل المياه إلى بلورات التى تتطلق عند تكون الثلج تساعد في تبخير البيوتين ولتحقيق كفاءة العملية بهدف زيادة تأثير التجميد بفعل تبخر البيوتين يستخدم ماء البحر الذى سبق تبريده (Prechilled). تزال بلورات الثلج المتكونة من مستحلب الثلج. الماء المالح فى عامود الفصل لفصل الثلج بتدفقات الغسيل العكسية Counter Current شكل (١٥٠-أ). المحلول الملحي الذى أمتز على سطح بلورات الثلج يزال بالغسيل باستخدام مياه نقية. عندئذ تزال بلورات الثلج فى مكثف الإزابة (Melter Condenser) بتحولها إلى مستحلب مع المياه النقية. فى المذيب (Melter) بخار النيوتين عند مقابلته بلورات الثلج التى تذوب يصبح بارد (Chilled) نظرا لأن الثلج يمتص منه الحرارة اللازمة للإزابة. هذه المحافظة على تأثيرات التبريد تعتبر ظاهرة أساسية نحو إقتصاديات الجدوى للعملية. يستفاد كذلك بالمحلول الملحي الذى تم فصله من بلورات الثلج حيث يتم فى المبادل الحرارى حيث المياه المالحة المبردة تقوم بتبريد مياه البحر المعدة للتجميد بواسطة البيوتين السائل.

للحصول على نمو بلورات الثلج مع تجنب الكميات الكبيرة من البللورات الصغيرة، يتم العناية بالتصميم والتشكيل لوحدة التجميد. يقسم المجمد (Freezer) إلى أربع حجرات بواسطة بطاريات مثقبة. هذه التقسيمات تسمح بالتدفق البطئ لبلورات الثلج والمحلول الملحي لنتجه نحو جهاز فصل الثلج (Ice Decanter)، مع خفض التدفق المعاكس وعدم التعرف على إتجاه التسرب فى غيبة هذه الحواجز. الحواجز المثقبة تمتد فقط فوق منسوب السائل بجزء صغير فى جهاز التجميد. وهذا يمكن طبقة البيوتين السائل تخطى الأربع غرف والتدفق فى الإتجاه المعاكس لحركة مخلوط الثلج والمحلول الملحي عند تحركه نحو جهاز الفصل (Decanter).

طبيعي عند التدفق المعاكس يتبخر جزء من البيوتتين. وهذا يخفض درجة حرارة المتبقي من المبرد، ومع تقدم التبخر ستزال في المقابل الحرارة طبقاتاً لمتطلبات حرارة التبخر. هذا الموقف يجب العمل على تجنبه حيث سيزيد من تجمد المحلول الملحي في اتجاه معاكس للتدفق. في حالة حدوث ذلك ستكون هناك كميات كبيرة من البلورات الحبيبية في منطقة دخول المياه المغذية لجهاز التجميد، وهذا عكس الموقف المطلوب. المطلوب هو الزيادة المضطردة في معدل التبريد للمحلول الملحي مع تدفقه ببطئ نحو جهاز فصل الثلج مع نمو البلورات وزيادة كمية الثلج، فإن المحلول الملحي المتبقي سيزداد باضطراد محتواه من الملح المذاب، الخلية القريبة من جهاز الفصل ستصبح الأكثر تركيزاً وبالتالي تكون لها أدنى درجة تجمد بالتالي وبهدف تجنب حالات التبريد الزائد للمبرد (البيوتن) عند لقاءه الأول مع المحلول الملحي الذي يدخل إلى المجمد (Freezer)، فإن درجة غليان (البيوتين) ترتفع باضطراد عند تدفقاته في الاتجاه المعاكس. يحدث هذا بالإضافة القليلة بجزء من النفط (Naphtha - النافتا) إلى البيوتين. مع تدفق البيوتين من خلية إلى أخرى (فوق تقسيمات الخلية المثقبة) يزداد إضافتها بالنافتا أكثر وأكثر حتى آخر خلية ولكنها الأولى التي يدخل إليها المحلول الملحي. هذا الإرتفاع المضطرد في درجة الغليان مادة التبريد يساعد في المقابل على خفض درجة حرارتها في التبريد مع أن عملية التبخير وما يصاحبها من التبريد خلال امتصاص حرارة التبخير تنخفض باضطراد.

مفتاح العملية هو التحكم في درجة غليان البيوتين خلال الخلط بنسبة معلومة مع النافتا ذات درجة الغليان الأعلى. هذا يمكن حدوث التجمد الكافي في الخلية الأولى حيث تدخل المياه المالحة إلى المجمد لإنتاج أدنى مساحة سطحية من البلورات في شكل بلورات حبيبية صغيرة. مع تحرك هذه ببطئ خلال القواطع المثقبة إلى الخلية إلى الناحية الثابتة حتى جهاز فصل الثلج فإنها تقابل طبقة من المبرد الأكثر برودة، حيث البيوتين ذو درجة حرارة الغليان المنخفضة المحتوى على نسبة نافتا قليلة المحلول الملحي الآن أكثر تركيزاً نظراً لفقده للمياه خلال تكون الثلج، وبالتالي له درجة منخفضة، حيث المبرد ذو درجة الحرارة المنخفضة يساعد

نمو بللورات الثلج هذه العملية يتم تكرارها بالتتالي في الخليتين التاليتين، مع خفض المضطرد للنافتا وخفض درجة غليان المد، مع زيادة حجم وكمية الثلج وتركيز المياه المالحة. النتيجة المطلوبة بالخفض المضطرد لدرجات الحرارة للخلايا التالية، هو زيادة وزن وحجم قطع الثلج في حدة الحجم لجهاز التجميد.

الجدوى الاقتصادية لهذه العملية تتطلب أقصى إستفادة للبيوتين والنافتا تدوير محلول البيوتين - النافتا يصمم لتغذية الخلايا حيث درجة حرارة التجمد تتطلب تحسين تأثيرات النافتا وبالتحديد تلك الخلايا الأقرب إلى جهاز فصل الثلج (Ice Decanter) وتلك المحتوية على أقصى تركيز للمياه المالحة (Brine) ولذلك تحتاج إلى أبرد مبرد (Coldest Refregerant). في كل خلية يدخل المبرد خلال رشاشات (Spargers) عند القاع هذا يساعد على خلط المحتوى خلال أداء الفقاعات، وبهذا يتوفر التقليب اللازم للتأثيرات الجيدة للانتقال الحرارى.

بعد إزالة البيوتين بالضخ، يضخ الثلج فى شكل مخلوط من الثلج والماء المالح إلى جهاز فصل الثلج حيث يتم فصل الثلج من المحلول الملحى. (يتم تدوير المحلول الملحى أو التخلص منه طبقاً للحاجة). يتم بعد ذلك غسيل الثلج من المياه المالحة العالقة (يتم تدوير مياه الغسيل) ودفعه فى شكل مستحلب ثلجى من المياه النقية إلى المذيب (Melter) لتحويله إلى مياه نقية منتجة.

عملية التجميد بالضغط : Pressure Freezing Process

قام إثنان من الصينيين فى تايوان بتصميم عملية جديدة للتخلية. وهذه تتوقف على الخاصية الفريدة للماء بالتمدد والتجمد طبقاً لقاعدة لوشالتليير، يذوب الثلج عند تعرضه للضغط. بمعنى آخر عند ضغط واحد جوى تتخفض درجة التجمد للثلج 0.01°C . معظم المواد لها درجة تجمد (أو إزابة) عند الضغوط العالية. الفرق بين سلوك الثلج والهيدروكربونات المجمدة تحت الضغط تعاون كأساس فى تطوير التخلية بالتجميد.

عند تجميد هيدروكربون يغلى فى درجة حرارة مرتفعة وخلطه مع مياه البحر الباردة ينتج خليط من الثلج، الهيدروكربون المجمد، مياه مالحة، وهيدروكربون سائل. يتم فصل الثلج من الخليط (Decanting) بعد إزابة الهيدروكربون المجمد، ثم غسيله من الملح الممتصة. كل ما سبق يتم فى الضغط الجوى بدلاً من الإزابة المباشر للثلج يتم خلطه بسائل الهيدروكربون وتعرضه لضغط ٢٠٠٠ رطل/البوصة المربعة. يتجه لذلك يتجمد الهيدروكربون منتجاً حرارة التبلر وبذلك ترتفع درجة الحرارة ما بين ٢-٣م يتم فصل المياه المنتجة من إزابة الثلج (Decanted) والمخلوط من الهيدروكربون الصلب - السائل يستخدم لتجميد ثلج أكثر من كمية أخرى من مياه البحر المبردة.

توجد فوائد كثيرة من هذه العملية. أولاً باستخدام هيدروكربون ذو درجة عليا ومرتفعة (٢٥٠°) يقلل من المخاطر المصاحبة باستخدام مواد مثل البيوتين الذى له نقطة اشتعال منخفضة (Flash point). ثانياً لا يتطلب جهاز لضغط الغاز لاسالة الهيدروكربون ولا تجهيزه تفريغ لازالته بالتبخير. ولذلك يبدو أن الطاقة المستخدمة فى هذا النظام تكون منخفضة. هذا بالإضافة إلى تكون بللورات من الثلج كبيرة فى هذه العملية بما يخفض من تكاليف الغسيل. نظراً لأن معدل تكون بللورات الثلج العالى ولا توجد خطوة للتبخير فإن المعدات تحتاج إلى حجم صغير نسبياً. ولكن لها سلبياتها. عملية المضايقة فى فصل الثلج وتكلفتها وغسيل الثلج تكون مضاعفة فى هذه الطريقة. وكقاعدة فإن جدوى التحلية تتوقف على عوامل إقتصادية وليست على عوامل فنية فقط. ولذلك لتقدير جدوى التحلية بهذه الطريقة يلزم التقييم على أساس التجارب النصف صناعية.

التبريد ببخار الماء : Refregiration by Water Vapour

بدلاً من استخدام مواد التبريد بالالتصاق المباشر، استخدام بخار الماء نفسه لأحداث أثر التجمد فى مياه البحر. يتم هذا بواسطة عملية (Zarchin Colt Process) للتجميد شكل (١٥٠ - ب).

تضخ مياه البحر الباردة إلى المجمد، حيث يتم خفض درجة حرارتها تحت نقطة التجمد للمياه النقية وتقريباً إلى درجة تجمد المياه المالحة. عند هذه النقطة، يستخدم تأثير التبخير بواسطة ضاغط لضخ بخار الماء من المجمد. أداء الامتصاص من هذا يسبب تكون بخار إضافي لتوفير الاتزان بين الماء والبخار، وبذلك فإن درجة حرارة التبخير المأخوذة من مياه البحر تسبب تجميدها. الوساطة في هذه العملية هو الضاغط الغير مكلف. هذا ويعمل بمحرك ذو طاقة عالية ومناسب للضغوط ونسبة الانضغاط المطلوبة. الضغوط منخفضة قليلاً، ينتج ضغط جوى يساوى ٠,٠٥ فقط عند نقطة تجمد مياه البحر تسمى هذه العملية (Lyphlization).

في عملية التحلية تنتج حبيبات البلورات التي تنمو حتى ٠,٥ ملليمتر في مدة من ٢٠ إلى ٦٠ دقيقة. وتفصل بواسطة جهاز فصل الثلج (Ice Decanter) ثم يتم غسلها، وإزابتها... إلخ. في مرحلة الإذابة بخار الماء الذى يسحب خلال مانع للضباب (Demister) للتخلص من المحلول الملحي العالق، يقابل بلورات الثلج التبادل الحرارى الناتج يساعد ليس فقط فى إذابة الثلج، ولكن كذلك فى تكثيف البخار. وبذلك تزداد كمية المياه المنتجة. يتم ترشيد استخدام الطاقة فى مراحل الأداء الهندسى ما بين مياه البحر والمياه النقية الباردة المنتجة. وقد يساعد على خفض حرارة المياه المالحة قبل تبريدها وتجهيزها.

امكانيات طرق التجميد :

بالنسبة للمياه ذات ملوحة ٣٠٠٠ جزء فى المليون تعتبر عملية التجميد هى المفضلة لإزالة ملوحة المياه. عملية التجميد تحتاج إلى ضواغط وبعض المعدات والأجهزة لتنفيذ العملية. بينما التحلية بالتبخير والتقطير حيث المعدات المستخدمة مؤثرة منذ فترة طويلة ومألوفة، ولذلك فإن التحلية بالتجميد تحتاج إلى تطوير ودراسة.

التحلية باستخدام الطاقة الشمسية للتبخير :

Desalination By Solar Evaporation

تعتبر الطاقة هي أكثر عناصر التكلفة في عمليات التحلية. ولذلك فإن استخدام الطاقة الشمسية يعتبر هاما واقتصاديا. الطاقة الشمسية التي تصطدم بسطح الأرض في الأماكن حيث الأشعة الشمسية تصطدم مباشرة في معظمها (بزوايا طبيعية نحو سطح الأرض) يمكن أن تكون ١٠٠٠٠ وحدة حرارية في اليوم على القدم المربع (10000 BTU/ day / ft²). من الناحية العملية هذه القيمة تنخفض، حيث بعض أشعة الشمس تفقد بواسطة الجو والسحب ... إلخ. ولذلك ففي المتوسط تكون قيمة الطاقة الشمسية التي تصطدم بسطح الأرض ثم حسابها لتكون من ١٠٠ إلى ٢٥٠٠ وحدة حرارية في اليوم / القدم المربع. ولذا وجد أن استخدام الطاقة الشمسية مشجع وخاصة في الأماكن حيث كثافة ضوء الشمس عالية.

الإضافة إلى مميزات استخدام الطاقة الشمسية فإن لتحلية لإنتاج البخار بالطاقة الشمسية يتطلب فقط معدات بسيطة.

نموذج لجهاز التحلية المنزلى في الشكل (١٥١) يبين إنتاجية رطل من المياه العذبة النقية في اليوم / القدم المربع من سطح الحوض.

تمتص الطاقة الشمسية على القاع الأسود للحوض الضحل الذي يحتوى على مياه البحر ترتفع أبخرة المياه لتتكثف على السطح الزجاجى أو من البلاستيك الذى يميل بما يسبب تدفق المياه المتجمعة إلى حوض التجمع نظراً لأن سطح التكتيف يعلو أحواض التبخير فإنه يجب أن يكون شفاف ليسمح بمرور أشعة الشمس إلى القاع المغطى بطبقة سوداء، ولكن بعض أشعة الشمس تفقد بواسطة سطح التكتيف، كما أن ارتفاع درجة الحرارة يثبط بواسطة التبريد الجوى. يزداد الفقد للطاقة الساقطة بالأترربة والأجسام التي تعلق على الجزء العلوى لسطح التكتيف بما يستوجب النظافة باستخدام العمالة.

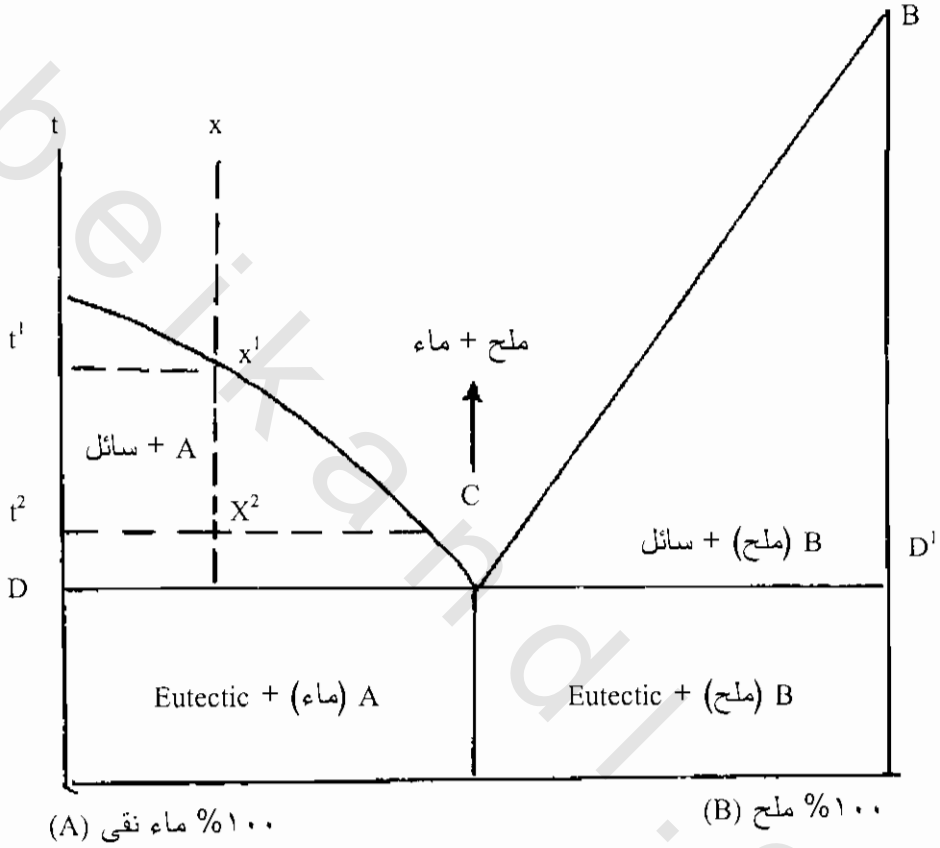
ثم عمل عدة تصميمات هندسية لزيادة كفاءة الحصول على الطاقة الشمسية وخاصة تخفيض الفقد نتيجة الانعكاس ولذلك استخدمت أسطح دائرة وكذلك أسطح دوارة، كما تمت محاولة للتسخين المسبق للمياه المالحة واستخدام جهاز التحلية متعدد التأثير (Multiple Effect).

في المناطق ذات المناخ الحار مثل شمال أفريقيا والهند أمكن تحقيق ٠,٤ إلى ٠,٨ جالون في اليوم / القدم المربع خلال العام. وهذا يعني أن الطاقة الحرارية التي تصل إلى الجهاز تكون في حدود ٥٠% من الطاقة الشمسية التي تصل إلى الجهاز. ولذا فإن الاعتبارات العملية قيدت الوصول إلى قيم أعلا.

في اليونان أنشئ على مساحة ١٣٠٠٠٠ قدم مربع مساحة للتبخير قدرها ٩٣٠٠٠ قدم مربع هذه المساحة تتكون من خجان مزدوجة ذات مساحة ١٠ قدم × ١٣١ قدم أحواض التقطير من الألومنيوم المبطن بالمطاط الأسود (Black Butyl Rubber) سطح المكثف من زجاج النوافذ بسمك أقل قليلاً من ٨/١ بوصة وبميل ١٢° نحو الجنوب. الأحواض ملئت بالمياه المالحة. المياه المركزة تزال من آن إلى آخر طبقاً لمعدل التبخير وهو أسبوعياً في الشتاء وكل يومين في الصيف. كانت الحصيلا ٢٧ جالون في العام / القدم المربع من المياه المقطرة، وهذا يعادل ٧٠٠٠ جالون في اليوم.

بغرض الإنتاج اليومي بمعدل ١٠٠٠ جالون يلزم من ٥٠٠٠ إلى ١٥٠٠٠ قدم مربع من سطح التبخير والتكثيف. وهذا يعني كبر حجم الجهاز بالإضافة إلى باقي المهمات والمعدات اللازمة.

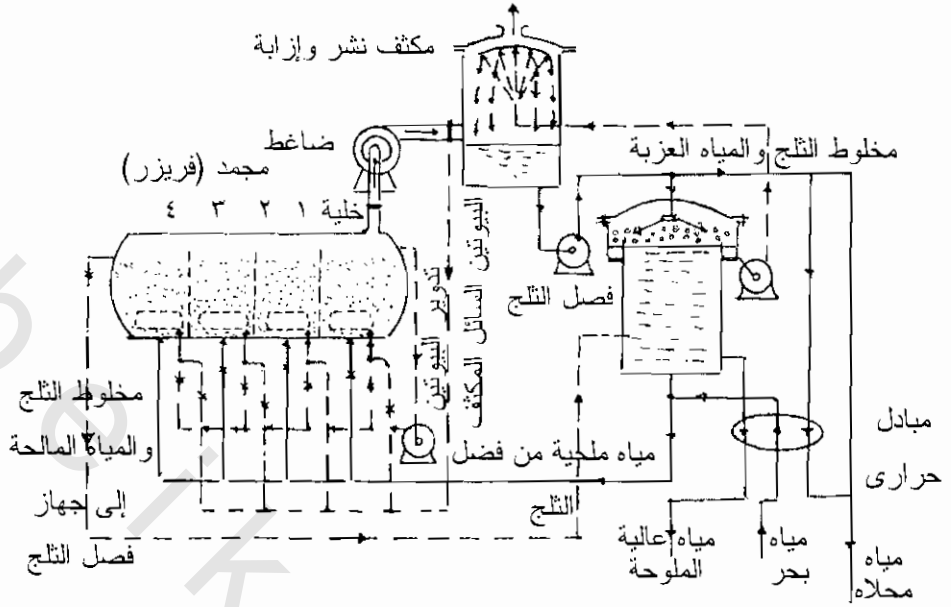
بالإختصار يبدو أن التحلية للمياه المالحة باستخدام الطاقة الشمسية تكون مناسبة لإنتاج عدة جالونات في اليوم وليس لعدة آلاف من الجالونات. بهذا يمكن خفض تكلفة المعدات واستغلال للطاقة الشمسية وتبدو مناسبة هذه الطريقة في المناطق الغير صناعية حيث تكاليف الطاقة مرتفعة كما أنها مناسبة لتلبية حاجات أسرة صغيرة.



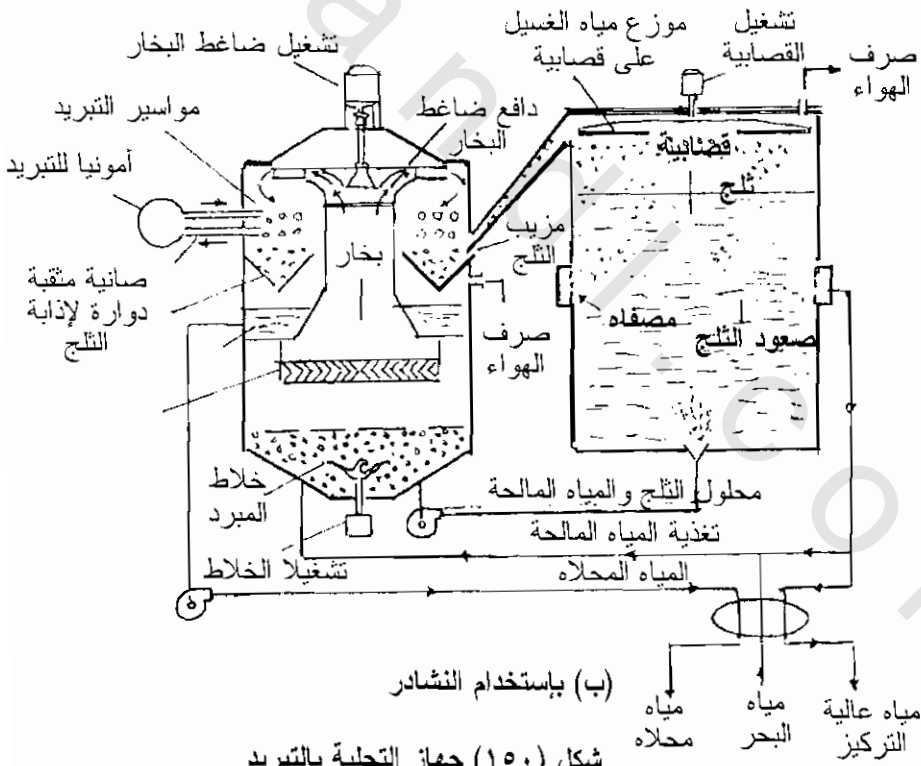
(A) ١٠٠% ماء نقي

(B) ١٠٠% ملح

شكل (١٤٩) مخطط الإتران بين الملح والماء عند التبريد Eutectic تعنى أدنى نقطة إنصهار للمخلوط

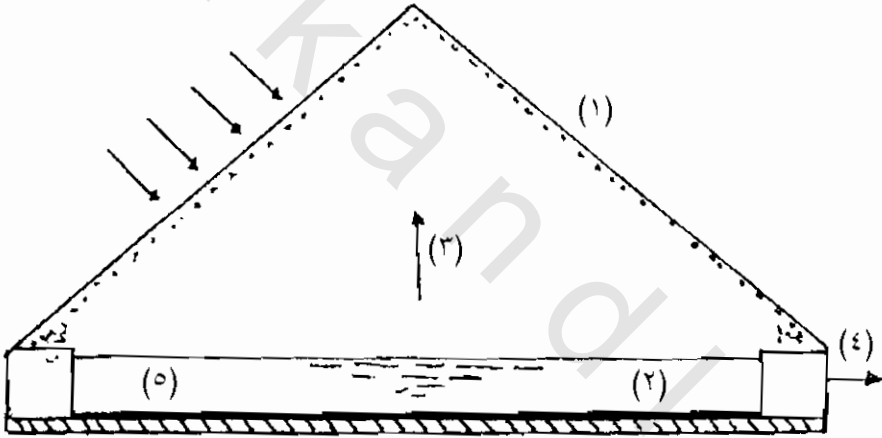
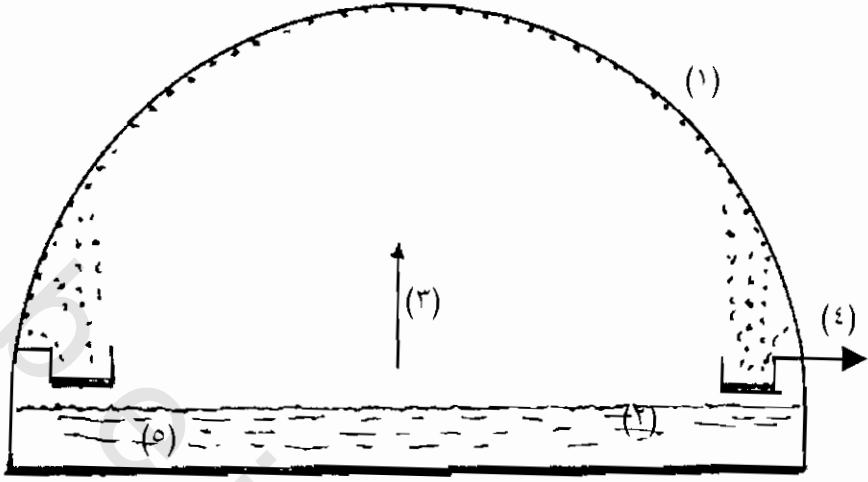


(أ) باستخدام البيوتين



(ب) باستخدام النشادر

شكل (١٥٠) جهاز التحلية بالتبريد



شكل (١٥١) نموذجين لجهاز صغير لتحلية المياه المالحة بالطاقة الشمسية

(١) غطاء شفاف من الزجاج أو البلاستيك.

(٢) مياه مالحة.

(٣) بخار الماء الصاعد.

(٤) مياه محلاة.

(٥) سطح مغطى بطبقة دهان سوداء للإحتفاظ بحرارة الشمس ومن مادة لاتسيل ولا تلتوث المياه.

كفاءة نظم المعالجة المختلفة في إزالة مختلف أنواع الملوثات

يوضح الجدول التالي بيان الملوثات وعمليات المعالجة للمياه ومدى كفاءة الإزالة لهذه الملوثات.

وقد قسمت الملوثات الي ملوثات أولية وهذه لها معايير إجبارية لما لها من تأثير علي الصحة العامة. الملوثات الثانية وهي لها معايير ولكن ليست إجبارية لما لها من تأثير علي قابلية المياه للشرب والاستخدام المنزلي. أما الملوثات المقترحة فنها معايير مخططة مستقبلا. وتعرف كفاءة المعالجة طبقاً للمستويات التالية.

ممتازة حيث نسبة الإزالة	٩٠% - ١٠٠%
جيدة حيث نسبة الإزالة	٦٠% - ٩٠%
مقبولة حيث نسبة الإزالة	٢٠% - ٦٠%
ضعيفة حيث نسبة الإزالة	صفر - ٢٠%

بعض الملوثات تعالج بنسب متفاوتة. وقد لا تحقق طريقة واحدة الإزالة للتلوث ولذلك يستخدم كثير من هذه الطرق معا للحصول علي إزالة مؤثرة للتلوث.

كفاءة تقنيات المعالجة المختلفة في إزالة الأنواع المختلفة من الملوثات:

ممتاز (م) حيث نسبة الإزالة من	٩٠ - ١٠٠%
جيد (ج) حيث نسبة الإزالة من	٦٠ - ٩٠%
متوسط (س) حيث نسبة الإزالة من	٢٠ - ٦٠%
ضعيف (ض) حيث نسبة الإزالة من	صفر - ٢٠%

إزالة العسر بالجير	الأمصاص			الأكسدة الكيماوية / التطهير	عمليات الأغشية			التبادل الأيوني		الترويب / الترسيب / الترشيح	التهوئة	الملوثات
	الأونيا المنشطة AAL	بودرة الفحم المنشط PAC	حببات الفحم المنشط GAC		البكتروايدياليسيس Ed	الترشيح العالي UF	تناضح عكسي RO	كاتايوني	آن أيوني			
المكونات الأولية (ذات التأثير على الصحة العامة)												
أ- الميكروبات والعكارة												
	ض	ض	ض	م	-	م	م	ض	م-ج	م-ج	ض	الكوليفورم الكلي
	ض	ض	ض	م	-	م	م	ض	م-ج	م-ج	ض	الجارديا لامبيا
	ض	ض	ض	م	-	م	م	ض	م-ج	م-ج	ض	الفيروسات
	ض	ض	ض	م	-	م	م	ض	م-ج	م-ج	ض	ليجيونلا
	ض	ض	ض	ض	-	م	م	ض	ج	م	ض	العكارة
ب- الغير عضوية												
	ض	ض	ض	ض	س-ج	-	س-ج	ض	م-ج	س-ج	ض	الزرنخ ثلاثي التكافؤ
	ض	ض	ض	ض	س-ج	-	ج-م	ض	م-ج	م-ج	ض	الزرنخ الخماسي التكافؤ
	-	-	-	ض	-	-	-	-	-	م-ج	ض	الأسبتوس
	ض	ض	ض	ض	ج-م	-	م	م	ض	ض-س	ض	الباريوم
	ض	ض	ض	ض	م	-	م	م	ض	م-ج	ض	الكاديوم
	ض	ض	س	ض	س-ج	-	م	م	ض	م-ج	ض	الكروم ثلاثي التكافؤ
	ض	ض	س	ض	ج-م	-	ج-م	ض	م	ض	ض	الكروم السداسي
	-	-	-	ض	ج	-	ج	-	-	-	ض	السيانيد
	ض-س	ض	ض	ض	م	-	م	ض	ض-س	س-ج	ض	الفلوريد
	ض	ض	ض	ض	م	-	م	ض	ض	م	ض	الرصاص
	ض	ض	س	ض	ج-م	-	س-ج	ض	ض	س-ج	ض	زئبق غير عضوي
	ض	ض	ض	ض	م	-	م	م	ض	س-ج	ض	النيكل
	ض	ض	ض	ض	ج	-	ج	ض	م-ج	ض	ض	النترات
	ض	ض	ض	ض	ج-م	-	ج	ض	م-ج	ض	ض	الذيريت

١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
ض-س	ض-س	ض	ض-س	ض	ج-م	-	م	م	ض	ض-س	ض	الراديوم
ج-م	ج-م	ض	ض	ض	م	-	م	ض	ج-م	س	ض	السلينيوم سداسي التكافؤ
س	ج-م	ض	ض	ض	م	-	م	ض	ج-م	ج-س	ض	السلينيوم الرباعي
ج- المواد العضوية												
ض-س	ض	ض-ج	ض-م	ض-ج	ض-م	ض-م	ض-م	ض	ض	ض	ج-م	كيموايات عضوية Volatile Organic Chemicals (Vocs)
ض-س	ج-س	ض-م	ض-م	ض-ج	ض-م	ض-م	ض-م	ض	ض	ض-ج	ض-س	كيموايات عضوية Synthetic Organic (SoCs)
ض-س	ض-ج	ج-م	ج-م	ض-ج	ض-م	ض-م	ض-م	ض	ض	ض-ج	ض-س	المبيدات
ض	ض	ض-س	ض-م	ض-ج	ض-س	ض-س	ض-س	ض	ض	ض	ج-م	الترايها لوميثانات
ض-س	ض-س	ض-س	ض-م	ض-ج	ض-م	ض-م	ج-م	-	ج-م	ج-س	ض	نواتج الترايها لوميثانات
٢- الملوثات الثانية (ذات التأثير على الأستساغة والقابلية للشرب)												
م	ض	ض	ض	ض	م	ج-س	م	م	ض	ض	ض	العسر
م	ض	ض	ض	ج-م	ج-م	ج	ج-م	ج-م	ض	ض-م	ض-س	الحديد
م	ض	ض	ض	ض-م	ج-م	ج	ج-م	ج-م	ض	ض-س	ض-س	المنجنيز
ج-س	ج	ج-م	م	ض-م	-	-	-	-	ض-ج	ض-س	ض	اللون
ض-س	ض-س	ض-م	ج-م	ض-م	-	-	-	-	ض-س	ض-س	ض-م	المذاق والرائحة
ض-س	ض	ض	ض	ض	ج-م	ض-س	ج-م	ج-م	ض	ض	ض	الأملاح الكلية المذابة
ض	-	ض	ض	ض	ج-م	ض	ج-م	ج-م	ض-س	ض	ض	الكوريد
ج-س	-	ض	ض-س	ض-س	م	-	م	م	ض	ج	ض	النحاس
ض	ج-م	ض	ض	ض	م	ض	م	م	ج-م	ض	ض	الكبريتات
ج-م	-	-	-	ض	م	-	م	م	ض	ج-م	ض	الزنك
ج	-	ض-س	س	ض-س	ض-س	ج-م	ج	ج	-	ض-س	س	إجمالي الكربون العضوي
م	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض-س	ج-م	ثاني أكسيد الكربون
ج-س	ض	ض	ج-م	ض-م	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض-م	كبريتيد الهيدروجين
ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض-م	ج-م	الميثان

٣ - ملوثات مقترحة (ليس لها معايير إجبارية)

١٣	١٢	١١	١٠	٩	٨	٧	٦	٥	٤	٣	٢	١
ض-س	ض	ض-ج	س-م	ض-ج	س-ج	م-س	س-م	س-م	ض	ض	ج-م	Voc s
ض-س	ج-ض	ض-ج	س-م	ض-ح	س-م	م-س	س-م	س-م	ض	ج-ض	ض-س	Soc s
ض-س	-	ض-ج	س-م	س-ج	س-ج	س-ج	ض	ض	ض-س	ض-م	-	نواتج التطهير
ض	ض	ض-س	م	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ض	ج-م	الرادون
ج-م	ج-س	ض-س	س	ض	م	-	م	م	م	ض-م	ض	اليورانيوم
س-ج	-	-	-	ض	م	-	م	م	ض	س	ض	الألومنيوم
ض	-	-	ض-ج	س-ج	ض	-	-	-	ج	ج-م	س-ج	الفضة

المراجع References

- 1- Water Treatment Plant design second Edition- McGraw-Hill-1994;
- 2- Water Treatment Handbook, 5th ed., Degrement, France, 1979;
- 3- Hand Book of water Resources And Pollution Control –Harry W-GAnd Jacob Bregman, 1979;
- 4- Douglas Considine, Chemical and Process Technology Encyclopecia, McGraw Hill, 1975;
- 5- Water conditioning and waste water treatment (BSP-Indian Publications);
- 6- Hand book of water purification-second edition-Walter Lorch-the Lorch foundation university of Buckingham;
- 7- Unit Treatment Processes In Water and Waste water Engineering— I.J.Casey Welly series in water resources Engineering I – J – Casey > Welly Series;
- 8- Publications of the world health organization (WHO) about guidelines of Drinking water;
- 9- Publications of the American water works Association (AWWA) about drinking water Science and Technology;
- 10- Water Lorch (The Lorch foundation) University of Buckingham- Hand book of Water Purification, Second ed., Ellis HORWood Limited Publisher;
- 11- I.W.Ellms, Water Purification, McGraw-Hill, Newyork, 1982;
- 12- J.W.Ellms, Water Purification, McGraw-Hill, Newyork, 1928;
- 13- W.L.Barham, J.L. Matherne, and A.G.Keller, Clarification, Sedimentation and Thickening Equipment – A Patent Review, Bulletin

- no.54, Engineering Experimental Station, Louisiana State University, Baton Rouge, La., 1956;
- 14- K.Kinosita, "Sedimentation in Tilted Vessels," J.Colloid. Sci., vol. 4, 1949;
- 15- H.O.Hartung, "Committee Report : Capacity and Loadings of Suspended Solids Contact Units." J.AWWA, vol.43, no. 4, April 1951;
- 16- R.Gregory and M. Hyde, The Effects of Baffles in Floc Blanket Clarifiers, TR 7, Water Research Center, Medmenham, United Kingdom, 1975;
- 17- V.S.Patwardham and Tien Chi, "Sedimentation and Liquid Fluidization of Solid Particles of Different Sizes and Densities," Chem. Eng. Sci., vol. 40, 1985;
- 18- K.M.Yao, "Theoretical Study of High-Rate Sedimentation," J.Water Pollut. Control Fed., vol. 42, 1970;
- 19- C.Matter-Muller et.al., "Transfer of Volatile Substances from water to the Atmosphere," Water Research, vol. 15, 1981;
- 20- L.J.Bilello and J.E.Singley, "Removal of Trihalomethanes by Packed-Column and Diffused Aeration," Journal AWWA, vol. 78, no. 2, Feb. 1986;
- 21- J.E.Crittenden et.al., An Evaluation of the Technical and Economic Feasibility of the Air Stripping Solvent Recovery Process, AWWA Research Foundation, Denver Colo., 1987;
- 22- P.V.Roberts and J.A,Levy, "Energy Requirements for Air Stripping Trihalomethanes," Journal AWWA, vol. 77, no. 4, April 1985;
- 23- J.A.Coyle et.al., Control of Volatile Organic Contamination in Groundwater by Inwell Aeration, USEPA, April 1988.
- 24- قانون البيئة ٤ / ٩٤ .
- 25- دراسات المجالس القومية القومية المتخصصة شعبة البيئة-