الباب الاول

مقدمة فى معالجة مياه الشرب

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

ففي عام ١٨٠٧م أنشئت محطة لمعالجة المياه في مدينة جلاسكو الأستكلندية ،وتعد هذه المحطة من أوائل المحطات في العالم وكانت تعالج فيها المياه بطريقة الترشيح ثم تنقل إلى المستهلكين عبر شبكة أنابيب خاصة . وعلى الرغم من أن تلك المساهمات تعد تطورا تقنيا في تلك الفترة إلا أن الاهتمام آنذاك كان منصبا على نواحي اللون والطعم والرائحة ، أو ما يسمى بالقابلية ، وكانت المعالجة باستخدام المرشحات الرملية المظهر السائد في تلك المحطات حتى بداية القرن العشرين . ومع التطور الشامل للعلوم والتقنية منذ بداية هذا القرن واكتشاف العلاقة بين مياه الشرب وبعض الأمراض السائدة فقد حدث تطور سريع في مجال تقنيات المعالجة حيث أضيفت العديد من العمليات التي تهدف بشكل عام إلى الوصول بالمياه إلى درجة عالية من النقاء ، بحيث تكون خالية من العكر وعديمة اللون والطعم والرائحة ومأمونة من النواحي الكيمائية والحيوية.

معالجة المياه .

لقد كان وباء الكوليرا من أوائل الأمراض التي اكتشفت ارتباطها الوثيق بتلوث مياه الشرب في المرحلة السابقة لتطور تقنيات معالجة المياه ، فعلى سبيل المثال أصيب حوالي ١٧٠٠٠ شخص من سكان مدينة هامبورج الألمانية بهذا الوباء خلال صيف ١٨٢٩م أدى إلى وفاة ما لا يقل عن نصف ذلك العدد . وقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك أن المصدر الرئيس للوباء هو تلوث مصدر المياه لتلك المدينة . يعد التطهير باستخدام الكلور من أوائل العمليات التي استخدمت لمعالجة المياه بعد عملية الترشيح وذلك للقضاء على بعض الكائنات الدقيقة من بكتريا وفيروسات مما أدى إلى الحد من انتشار العديد من الأمراض التي تنقلها المياه مثل الكوليرا وحمى التيفويد . وتشمل المعالجة ، ومن هذه العمليات ما يستخدم لإزالة عسر الماء مثل عمليات التيسير ، أو لإزالة العكر مثل عمليات الترويب .

ونظرا للتقدم الصناعي والتقني الذي يشهد هذا العصر وما تبعه من ازدياد سريع في معدلات استهلاك المياه الطبيعية ، النقية نوعا ما ، ونظرا لما يحدث من تلوث لبعض تلك المصادر نتيجة المخلفات الصناعية ومياه الصرف الصحي وبعض الحوادث البيئية الأخرى فإن عمليات المعالجة قد بدأت تأخذ مسارا جديدا يختلف في كثير من تطبيقات عن مسار المعالجة التقليدية . وفي هذه المقالة سنستعرض بإيجاز طرق المعاجلة التقليدية لمياه الشرب إضافة لبعض الاتجاهات الحالية والمستقبلية لتقنيات المعالجة .

طرق المعالجة التقليدية

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

- التطور في تقنيات تحليل المياه وتقنيات المعالجة.
- اكتشاف محتويات جديدة لم تكن موجودة في المياه التقليدية أو كانت موجودة ولكن لم يتم الانتباه إلى وجودها أو مدى معرفة خطورتها في السابق.
- اكتشاف بعض المشكلات التي تسببها بعض المحتويات الموجودة أصلا في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات المعالجة التقليدية . هذا ويمكن تناول عمليات المعالجة التقليدية المستخدمة للمياه استنادا إلى مصادرها السطحية والجوفية

معالجة المياه السطحية :

تحتوي المياه السطحية (المياه الجارية على السطح) على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية منها ، وهي بذلك بعد مياه يسرة (غير عسرة) حيث تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكر وتغيرا في اللون والرائحة ، وعليه يمكن القول أن معظم طرق معالجة هذا النوع من المياه اقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير . وتتكون المواد العالقة من مواد عضوية وطينية ، كما

يحتوي على بعض الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا . ونظرا لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقي معلقة في الماء ولا تترسب . إضافة إلى ذلك فإن خوصها السطحية والكيميائية باستخدام عمليات الترويب الطريقة الرئيسية لمعالجة المياه السطحية ، حيث تستخدم بعض المواد الكيمائية لتقوم بإخلال اتزان المواد العالقة وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها وإزالتها من أحواض الترسيب .ويتبع عملية الترسيب عملية ترشيح باستخدام مرشحات رملية لإزالة ما تبقى من الرواسب ، ومن المكروبات المشهورة كبريتات الألمنيوم وكلوريد الحد يديك ، وهناك بعض المكروبات المساعدة مثل بعض البوليمرات العضوية والبنتونايت والسليكا المنشطة. ويمكن أيضا استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيرا في طعم ورائحة المياه . تتبع عمليتي الترسيب والترشيح عملية التطهير التي تسبق إرسال تلك المياه إلى المستهلك .

معالجة المياه الجوفية:

تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبيعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم . إلا أن بعض مياه الآبار وخصوصا العميقة منها قد تحتاج ألى عمليات معالجة متقدمة وباهظة التكاليف قد تخرج عن نطاق المعالجة هي إضافة الكلور لتطهير المياه ثم ضخها الى شبكة التوزيع ، إذ تعد عملية التطهير كعملية وحيدة لمعالجة مياه بعض الآبار النقية جدا والتي تفي بجميع مواصفات المياه ، الا أن هذه النوعية من المياه هي الأقل وجودا في الوقت الحاضر ، لذلك فأنه إضافة لعملية التطهير فان غالبية المياه الجوفية تحتاج الى معالجة فيزيائية وكيمائية إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين ، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمغنيز والمعادن المسببة لعسر الماء، وتتم إزالة الغازات الذائبة باستخدام .

عملية التهوية والتي تقوم أيضا بإزالة جزء من الحديد والمنجنيز عن طريق الأكسدة ، وقد يكون الغرض من التهوية مجرد كما يحدث لبعض مياه الآبار العميقة التي تكون حرارتها عالية مما يستدعي تبريدها حفاظا على كفاءة عمليات المعالجة الأخرى . أما إزالة معادن الحديد والمنغنيز فتتم بكفاءة في عمليات الأكسدة الكيمائية باستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم .

ان الطابع العام لمعالجة المياه الجوفية هو إزالة العسر بطريقة الترسيب ، ويتكون عسر الماء بصورة رئيسة من مركبات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة في الماء . ويأتي الاهتمام بعسر الماء نتيجة لتأثيره السلبي على فاعلية الصابون ومواد التنظيف الأخرى ، بإضافة الى تكوين بعض الرواسب في الغلايات وأنابيب نقل المياه. وفيما يلي استعراض موجز للعمليات المختلفة المياه الجوفية في هذا النوع من المحطات .

أ . التيسير (إزالة العسر) بالترسيب

تعني عملية التيسير أو إزالة العسر للمياه (water softening) إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والماغنسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيمائي . وتتم هذه العملية في محطات المياه بإضافة الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم) إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيمائية معينة تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم و هيدروكسيد الماغنسيوم . وقد يتم اللجوء في كثير من الأحيان الى إضافة رماد الصودا (كربونات الصوديوم) مع الجير للتعامل مع بعض صور العسر . وتشمل عملية التيسير على حوض صغير الحجم نسبيا تتم فيه إضافة المواد الكيمائية حيث تخلط مع الماء الداخل خلطا سريعا لتوزيعها في الماء بانتظام ، ثم ينقل الماء الى حوض كبير الحجم ليبقي فيه زمنا كافيا

لإكمال التفاعلات الكيمائية وتكوين الرواسب حيث يخلط الماء في هذه الحالة خلطا بطيا يكفي فقط لتجميع والتصادق حبيبات الرواسب وتهيئتها للترسيب في المرحلة التالية ،

ب . الترسيب

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

غالبا من أحواض خرسانية دائرية أو مستطيلة الشكل تحتوي على مدخل ومخرج للماه يتم تصميميها بطريقة ملائمة لإزالة أكبر كمية ممكنة من الرواسب ، حيث تؤخذ في الاعتبار الخواص الهيدروليكية لحركة الماء داخل الخوض . ومن الملامح الرئيسة لحوض الترسيب احتوائه على نظام لجمع الرواسب (الحمأة) وجرفها إلى بيارة في قاع الحوض حيث يتم سحبها والتخلص منها بواسطة مضخات خاصة .

ج . الموازنة (إعادة الكربنة):

نظرا لأن المياه الناتجة هن عملية التيسير تكون في الغالب مشبعة برواسب كربونات الكالسيوم ، وحيث أن جزءا من هذه الرواسب يتبقى في الماء بعد مروره بأحواض الترسيب فإنه من المحتمل أن يترسب بعضها على المرشحات أو في شبكات التوزيع مما يؤدي إلى انسداد أو الحد من كفاءة المرشحات الشبكات . لذلك فإن عملية التيسير لضمان عدم حدوث تلك الأضرار . ومن

عمليات الموازنة الأكثر استخداما في التطبيق التقليدية هي إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون بكميات محددة بهدف تحويل ما تبقى من كربونات الكالسيوم الى صورة البيكربونات الذائبة .

د . الترشيح :

هو العملية التي يتم فيها إزالة المواد العالقة (العكارة) . وذلك بإمرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل وهذه العملية تحدث بصوره طبيعية في طبقات الأرض عندما تتسرب مياه الأنهار الى باطن الأرض . لذلك تكون نسبة العكر قليلة جدا أو معدومة في المياه الجوفية مقارنة بالمياه السطحية (الأنهار والبحيرات وأحواض تجميع مياه الأمطار) التي تحتوي على نسب عالية من العكر .

تستخدم عملية الترشيح أيضا في إزالة الرواسب المتبقية بعد عمليات الترسيب في عمليات المعالجة الكيمائية مثل الترسيب والترويب .

تعد إزالة المواد العالقة من مياه الشرب ضرورية لحماية الصحة العامة من ناحية ولمنع حدوث مشاكل تشغيلية في شبكة التوزيع من الناحية الأخرى . فقد تعمل هذه المواد على حماية الأحياء الدقيقة من أثر المادة المطهرة ، كما أنها قد تتفاعل كيمائيا مع المادة المطهرة كما أنها قد تتفاعل كيمائيا مع المادة المطهرة مما يقلل من نسبة فاعليتها على الأحياء الدقيقة ، وقد تترسب المواد العالقة في بعض أجزاء شبكة التوزيع مما قد يتسبب في نمو البكتريا وتغير رائحة المياه وطعمها ولونها.تتم عملية الترشيح داخل المرشح الذي يتكون من ثلاث أجزاء رئيسة وهي : صندوق المرشح والتصريف السفلي ووسط الترشيح . يمثل صندوق المرشح البناء الذي يحوي وسط الترشيح ونظام التصريف السفلي ، ويبني صندوق المرشح في العادة من الخرسانة المسلحة ، كما توجد في قاعة . الذي يتكون من أنابيب وقنوات مثقبة . طبقة من الحصى المدرج لمنع خروج

حبيبات الرمل من خلال الثقوب . والغرض من نظام التصريف السفلي تجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل عند إجراء عملية الغسيل للمرشح . أما وسط الترشيح فهو عبارة عن طبقة من رمل السيليكون ، وحديثا أمكن الاستفادة من الفحم المجروش ورمل الجارنت . عند مرور المياه خلال وسط الترشيح تلتصق المواد العالقة في بجدران حبيبات الوسط ، ومع استمرار عملية الترشيح تضيق فجوات الوسط للمياه بحيث يصبح المرشح قليل الكفاءة وعند ذلك يجب إيقاف عملية الترشيح وغسل المرشح لتنظيف الفجوات من الرواسب يتم في عملية الغسيل ضخ ماء نظيف بضغط عال من أسفل المرشح عبر نظام التصريف السفلي ينتج عنه تمدد الوسط وتحرك الحبيبات واصطدم بعضها مع البعض ، وبذلك يتم تنظيفها مما علق بها من رواسب . وتندفع هذه الرواسب مع مياه الغسيل التي تتجمع في قنوات خاصة موضوعة في أعلى صندوق المرشح ، وتنقل الى المكان الذي يتم فية معالجة مخلفات المحطة وتستمر عملية الغسيل هذه لفترة قصيرة من الزمن (٥ –١٠ دقائق) بعدها يكون المرشح جاهزا للعمل .

هـ التطهير :

هو العملية المستخدمة لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (الجراثيم)، وتتم هذه العملية باستخدام الحرارة (التسخين) أو الأشعة فوق البنفسجية أو المواد الكيميائية مثل البروم أو اليود أو الأوزون أو الكلور بتركيزات لا تضر بالإنسان أو الحيوان . وتعد طريقة التسخين الى درجة الغليان أولى الطرق المستخدمة في التطهير ولاتزال أفضلها في حمالات الطوارئ عندما تكون كمية المياه قليلة ، لكنها عير مناسبة عندما تكون كمية المياه كبيره كما في محطات المعالجة نظرا لارتفاع تكلفتها . أما استخدام الأشعة فوق البنفسجية والمعالجة بالبروم واليود فتعد طرقا مكلفة . هذا وقد انتشر استخدام الأوزون والكلور في تطهير مياه الشرب ، حيث راج

استخدام الأوزون في أوربا والكلور في أمريكا . وفي الآونة الأخيرة اتجهت كثير من المحطات في الولايات المتحدة الأمريكية الى استخدام الأوزون بالرغم من عدم ثباته كيمائيا وارتفاع تكلفته مقارنة بالكلور، وذلك لظهور بعض الآثار السلبية الصحية لاستخدام الكلور (الكلورة) في تطهير مياه الشرب يتفاعل الكلور مع الماء مكونا حامض الهيبوكلوروز وأيونات الهيبوكلورايت ثم يتفاعل جزء من حامض الهيبوكلوروز مع الأمونيا الموجودة في الماء مكونا أمنيات الكلور (الكلور المتحد المتبقي) ويطلق على ما تبقى من حامض الهيبوكلوروز وأيونات الهيبوكلورايت الكلور الحر المتبقي وهذه المركبات (الكلور الحر والكلور المتحد)هي التي تقوم بتطهير الماء وقتل الجراثيم الموجودة به ، ولذلك تلجا كثير من محطات المعالجة الى إضافة الكلور بنسب تكفي للحصول على كلور حر متبقي يضمن تطهير الماء الخارج من المحطة بكفاءة عالية ، بل في الغالب تكون كمية الكلور المضاف كافية لتأمين كمية محدود من الكلور الحر المتقي في شبكة توزيع المياه ، وذلك لتطهير المياه من أي كائنات دقيقة قد تدخل في الشبكة .

الباب الثانى

المياه الجوفية

المياه الجوفية هى المياه التى تتجمع فى باطن الأرض من تسرب مياه الأمطار إليها ثم تظهر ثانية بشكل ينابيع أو عيون طبيعية أو يعمل على استخراجها بواسطة الآبار أو الطلمبات و مصدر المياه الجوفية هو مياه الأمطار التى تكون المياه السطحية التى يتسرب جزء منها فى باطن الأرض مكونا المياه تحت الأرضية ويغوص فى الأرض ويكون المياه الغائرة كما هو الحال فى وادى النيل والدلتا وذلك بمرور مياه النهر فى طبقات مسامية (permeable) يسهل مرور المياه فيها ، ويستمر تسرب المياه حتى تصل الى الطبقة السفلى المشبعة بالمياه (saturated zone) ومستوى المياه فى هذه المنطقة يطلق علية المستوى المائى ويكون المنسوب الأعلى لهذه المياه ثابتاً ويعرف بالمنسوب الثابت للمياه الغائرة (Permanent W.T) وينحدر هذا المنسوب فى اتجاه سير المياه . ويتحكم فى مياه هذه المنطقة التركيب الجيولوجى للطبقات ونوع المواد المكونة لهذا الطبقات . فعندما تجرى المياه فى طبقات مسامية ويسهل مرورها دون أن يعوقها عائق فإن هذه المياه تكون حرة فى جريانها ويطلق عليها اسم المياه الحرة (Free Water) .

أما إذا مرت المياه بين طبقتين يصعب مرور المياه بها فإنها تكون مقيدة بهذا الممر وتكون تحت ضغط بحكمة الطرف الأعلى للطبقة الطينية العليا وتسمى بالمياه المقيدة (Confined Water) هذا وتعلو الطبقة المشبعة بالماء منطقة قليلة التشبع (Unsaturated) وهى تتأثر عادة بمياه المرشح ومنسوبها الأعلى غير ثابت ويعرف بالمنسوب المتغير للمياه الغائرة فى الأرض (Fluctuating Water Table)

<u>المياه الجوفية فى مصر</u>

تعتبر المياه الجوفية مصدرا رئيسيا لكثير من موارد المياه العامة. ومصدر المياه الجوفية فى مصر هو مياه الأمطار التى تسقط فى بلاد الحبشة و السودان التى تكون نهر النيل . وعند

سقوط الأمطار يتسرب جزء منها داخل الطبقات تحت السطحية (Subsurface) مكوناً المياه جوفية. وهذه المياه تتكون من منطقتين الأولى طبقة غير مشبعة وهى تعلو الطبقة المشبعة ومياه هذه المنطقة غالبا ما تتأثر بالمياه السطحية والأنهار والقنوات ويتراوح مستواها بين ٦- ١٠ أمتار من سطح الأرض . وقد يصل هذا المستوى الى سطح الأرض فى أوقات الفيضان مسببا تكون برك فى الأماكن المنخفضة ، ومنسوب المياه لهذه المنطقة غير ثابت ويسمى المنسوب المتغير أما الطبقة المشبعة فتمتد تحت الطبقة غير المشبعة وقد سبق الكلام عنها . ويمكن تقسيم المناطق من حيث الانتفاع بالمياه الغائرة فى الأرض الى أربع أقسام:-

١. وادى النيل والدلتا
٢. الصحراء الغربية
٣. الصحراء الشرقية وسيناء
٤. المنطقة الساحلية للبحر الأبيض المتوسط

أولاً – وادى النيل والدلتا :

وهو عبارة عن مجرى متسع محفور فى الصخور الجيرية وهذا المجرى قد حفره النهر لنفسه فى الصخور فى العصور الماضية ثم ملأه برواسبه المتنوعة من الحصى والرمال والطين وغيرها ، ويختلف اتساع هذا المجرى فى الأماكن المختلفة من الوادى وكذا يختلف عمقه .

ومصدر المياه التى تملأ مسام طبقات رواسبه هى من مياهه ، وجزء من المياه التى تصل الى هذه الطبقات عن طريق وديان الصحارى المصرية كوادى قنا والوادى الأسيوطى وغيرهما أو عن طريق الحجر الرملى النوبى (Nubian Sand Stone) الذى يظهر على جانبى الوادى من حدود السودان الى جنوب إسنا والرواسب النهرية لوادى النيل والدلتا عبارة عن مستودع عظيم للمياه التى تصل إليها عن طريق النهر نفسه وهذه المياه تكون كتلاً هائلة متصلة. ومن

ذلك يتضح أنه لا توجد فى وادى النيل والدلتا المياه المقيدة تقيدا مطلقا أى التى تنحصر بين طبقتين غير مسامتين التى ينشأ عنها الآبار الارتوازية التى ترتفع مياهها على سطح الأرض وتتدفق منها بسبب الضغط الواقع عليها . كما يتضح أن تسمية الآبار العميقة الموجودة بوادى النيل والدلتا بالمياه الارتوازية غير صحيحة بالمرة ، ويجب عدم الاستمرار فى هذه التسمية والاستعاضة عنها بتعبير (مياه عميقة تحت التربة) كما يستعاض عن كلمة أبار ارتوازية بكلمة أبار عميقة .

ثانيا الصحراء الغربية :

إن المصدر الرئيسي للمياه فى الصحراء الغربية هو الحجر الرملي النوبي ، وهو مشبع بمياه الأمطار التى سقطت علية فى أواسط السودان حيث يظهر هناك على سطح الأرض . وبحكم انحدار هذا التكوين الجيولوجي الى اسفل كلما اتجهنا شمالا ، كانت المياه بداخلة تحت ضغط الطبقات الجيرية التى تعلوه فى الصحراء الغربية ، فإذا ما وجدت هذه المياه طريقها الى سطح الأرض (على هيئة عيون أو أبار ارتوازية)

سالت وأصبحت موردا هاما لمياه الشرب والرى فى الواحات . وقد ذكرنا هنا كلمة أبار ارتوازية لأن الآبار التى تكون فى هذه المنطقة هى الوحيدة بهذه التسمية لأن **مياهها تكون** محصورة بين طبقتين وتخرج تحت ضغط . وهناك مصدران أخران للمياه فى هذه المنطقة ، إحداهما النيل عند تقابلة مع الحجر الرملى النوبى الذى يسحب من ماء النيل حينئذ ، والأخر مياه الأمطار على الساحل الشمالى غربى الدلتا – ومن أمثلة الأولى مياه أبار وادى النطرون والأديرة واستراحة طريق إسكندرية الصحراوى .

وقد لوحظ أن منسوب المياه فى الصحراء الغربية قد انخفض فى النصف القرن الماضى حوالى ١٠ امتار فى الواحة الداخلية وحوالى ٥ أمتار فى الواحة الخارجية ويعزى ذلك لكثرة عدد الأبار يكون فى واحتى الخارجة والداخلة ، وأقلها فى واحة الفرافرة –أما فى واحتى البحرية وسيوة فهى بين وبين . أما نوع المياه فقد وجد أن اصلحها وأعذابها فى الواحات الخارجة والداخلة والبحرية ويلى ذلك المياه فى واحة الفرافرة –

ثالثا الصحراء الشرقية :–

مصدر الماء الرئيسى هو الأمطار ، وهى تسقط على الجبال الشرقية المحاذية للبحر الأحمر وتسيل منها الى الأودية حيث تختزل فى الرمل الحصى.

منطقة سيناء – أهم مصدر للمياه فى هذة المنطقة هى الأمطار . وهى تتجمع فى الوديان مثل وادى العريش ، فيران ، الطور وقد ينتج من هذه المياه عيون ، كما فى منطقتين (قوس القسيمة والجديرات) حيث تحفر بيارات لخزن المياه المنسابة منها . وقد اتخذت فى بعض المناطق التدابير اللازمة لخزن مياه السيول وذلك ببناء سدود مثل سد العريش ، غير أنها وجد أن هذة السدود كثيرا ما تمتلىء بالرواسب الجروفة بالسيول أو تتحطم أمامها وتفضل البيارات ذات السدود الأرضية فى هذا الشق .

رابعا – السهل الساحلى الشمالى :–

ومصدر المياه فيها هو الأمطار التى تسقط على الكذبان الرملية ، فتكون طبقة من المياه العذبة الطافية فوق المياه الراشحة من البحر . ويمكن الحصول على هذة المياه بعمل أبار ضحلة . وتحتوى المياه على قدر كبير من (الكبريتات الذائبة) وتزداد ملوحتها كلما اتجهنا غربا فى ساحل سيناء نحو بحيرة المنزلة – أما فى وادى العريش ورفح فهى أعذب من ذلك ولكنها بوجة

عام أكثر ملوحة من نظيرتها فى الأبار الضحلة على السهل الساحلى غرب الاسكندرية . وهذا الأخير يحتوى على أبار قديمة ضحلة تسمى الأبار الرومانية يصل قاعها الى طبقة المياه العزبة الطافية ويحفر الأهالى هناك أبارا أخرى وبيارات لخزن مياه الأمطار ويوجد من هذة ما يقرب من الألف بيارة بين الاسكندرية والسلوم .

المناطق التى يتعذر الحصول فيها على مياه صالحة للشرب فى وادى النيل

هناك مناطق فى دلتا النيل لا يتيسرالحصول فيها على مياه جوفية صالحة للشرب نظرا لزيادة الأملاح الذائبة بها وهذة المناطق هى :

١- منطقة الفيوم وذلك لوجود طبقات الصخور الجيرية وهى ذات سمك كبير مما يتعذر معة دق أبار عميقة للوصول الى المياه الغائرة كما أن طبقات الرمل والطين التى تعلو هذة الطبقة الجيرية لا يزيد سمكها على بضعة أمتار وهى تحتوى فقط على مياه الصرف المالحة ولذا لا توجد آبار مياه صالحة.

٢- منطقة شمال الداتا الصحراوية :- وذلك لقربها من البحر الأبيض المتوسط والبحيرات الشمالية وفى هذة المنطقة نجد أن مصدر مياه الشرب هو مياه الأمطار التى تكون طبقة رفيعة لا يزيد سمكها على متر واحد تطفو على المياه المالحة التى تشبع باطن الأرض فى هذة المنطقة .

٣- منطقة قناة السويس وذلك لقربها من قناة السويس والبحيرات المرة وتحتوى طبقاتها على مياه قد تزيد ملوحتها على ملوحة مياه البحر بسبب التبخر وتركيز الأملاح بها

٤- بعض المناطق فى وادى النيل التى تتاخم الصحراء كمناطق الشرقية والبحيرة وبعض المناطق المتفرقة فى الوجة القبلى .

التكوين الطبيعى للمياه الجوفية

لطبيعة تكوين الارض فى أى جهة أثرا كبيرا ليس فى كمية الماء الجوفية التى يمكن الحصول عليها فحسب بل فى نوع هذة المياه وخواصها الكيماوية والبكتريولوجية . ولتفسير ذلك نذكر أن مياه الأمطار عندما تسقط على سطح الارض فانها تحمل بعض المواد التى تسبب عكارتها (Turbidity) كما تلتقط بعض المواد التحللة (Decomposed) التى تحوى عددا كبيرا من البكتريا . وعندما تغوص هذة المياه السطحية فى باطن الارض تقوم طبقات الارض الرملية بحجز المواد العالقة بالمياه ومن ضمنها البكتريا . ولذلك فان المياه المستخرجة من الآبار العميقة تكون غالبا رائقة خالية من العكارة . وهذة العملية الطبيعية للترشيح لها أثر كبير فى حجز البكتريا والتقليل منها ويقل عدد من البكتريا كلما زاد تسرب المياه فى الأرض فى طبقات رملية . وقد قام كابر هل (Cabrhel) سنة ١٩٠٦ بعمل تحاليل وجد منها أن عدد البكتريا فى السنتيمتر المكعب من المياه السطحية قد بلغ عدة ملايين ، ووصل هذا العدد الى بضع مئات على عمق نصف متر من سطح الارض ، ومائة فى كثير من العينات التى أخذت على عمق زيادة عن متر . أما الآبار العميقة فقد وجد أن مياهها تحوى عددا قليلا من البكتريا العادية (أقل من ١٠٠) وهذه الابحاث تؤيدها التحاليل التى يقوم بها قسم المياه بوزارة الصحة لعينات المياه المختلفة التى ترد له يوميا من أنحاء الجمهورية .

أما من الوجهة الكيماوية فاننا نجد أن المياه الجوفية تختلف فى طبيعتها عن المياه السطحية . فنظرا لأن تربة الارض وصخورها تحوى أملاحا قابلة للذوبان ، فان المياه تذيب أثناء تسربها فى باطن الارض نسبة كبيرة من هذة الاملاح مما يسبب زيادتها فى المياه الجوفية عنها فى المياه السطحية . فبينما نجد أن الأملاح الذائبة فى مياه النيل تتراوح من ١٥٠ –

٢٥٠ جزء فى المليون نجد أن الاملاح فى الآبار الجيدة تبلغ حوالى ٢٥٠ الى ٥٠٠ جزء فى المليون وفى بعض الآبار أقل جودة من ٥٠٠ الى ٨٠٠ جزء فى المليون وفى الباقى من ٨٠٠ – ١٠٠٠ وهذا هو الحد الأقصى الذى تسمح به وزارة الصحة فى المياه الصالحة للشرب واذا زادت الاملاح عن ١٠٠٠ يعتبر غير صالح .

ويمكن أن نلخص خواص المياه الجوفية فى الأتى :-

١- أنها رائقة نتيجة لعملية الترشيح التى تحدث لها أثناء تسربها فى باطن الارض . وقد يجدث أن تكون المياه المستخرجة من البئر رائقة ولكنها تتعكر بعد أستخراجها بفترة بسيطة وهذا يرجع الى ترسب الحديد والمنجنيز وكربونات الكالسيوم والمغنسيوم نتيجة فقدان الغازات التى تجعل هذة المواد فى حالة ذائبة (عادة ثانى أكسيد الكربون)

٢- الرائحة – ليس للمياه الجوفية فى العادة رائحة ، ولكن بعضها قد يكون محملا بالهيدروجين المكبرت ويكسب المياه رائحة وطعما خاصين ، كما أن الآبار الملوثة تكون للمياه المستخرجة منها رائحة كريهة وغير مستحبة .

٣- الطعم – يتأثر طعم المياه الجوفية بما يكون زائدا فيها من الغازات والأملاح فالمياه التى بها نسبة عالية من الحديد والمنجنيز يكون لها طعما قابضا. كم أن المياه ذات النسبة العالية من الأملاح خاصة كلوريد الصوديوم يمكن تمييز طعمها بالمذاق . والى جانب ذلك فان عسر الماء يمكن تميزة بالمذاق خاصا اذا كانت كمية أملاح الماغنسيوم كبيرة

٤- المياه الجوفية غالبا باردة فى الصيف دافئة فى الشتاء .

٥- والى جانب ذلك قد تحوى المياه الجوفية على مواد عضوية ووجود هذة المواد العضوية فى المياه أمر غير مرغوب فية لأنة دليل على وجود مصدر للتلوث – والمواد العضوية التى توجد فى التربة الأرضية والتى تتسرب مع المياه الأرضية على نوعين أساسين ، كربونية

وأزوتيه ، والمواد العضوية الكربونية ، يمكن أن تتأكسد الى ثانى أكسيد الكربون أمام المواد العضوية الأزوتيه فتتأكسد الى نتريت ونترات .

تلوث المياه الجوفية

مما لاشك فية أن المياه الجوفية عرضة للتلوث . ويختلف مدى هذا التلوث حسب نوع المصدر وحسب حالة البئر ونوع طبقات الأرض . كما أن مدى تسرب التلوث فى باطن الأرض انما يتوقف على نوعة وقد ثارت عدة أراء حول مدى تأثر البئر بمصادر التلوث القريبة منة وأختلفت الآراء حول مدى تسرب هذا التلوث . واننا نرى أن لكل مورد ظروفة الخاصة حسب حالتة وحسب طبيعة المصدر وحسب طبقات الأرض كما ذكرنا وهذة كلها عوامل يجب أن تؤخذ فى الحسبان عند تقرير صلاحية المورد أو عدم صلاحيتة . فقد يظهر الفحص الكيماوى والبكتريولوجى لمرود ما ، عدم صلاحيتة لوجود ما يشير الى تلوث المياه فى حين يكون البئر بعيدا كل البعد عن مصادر التلوث ثم يتضح ذلك فعلا فى كثير من عمليات المياه الجوفية التى عوينت بمعرفة قسم المياه نظرا لتكرار عدم صلاحية العينات المأخوذة منها .

ويمكن أن نذكر بصفة عامة أن التلوث البكتيري يتسرب إلي مسافة حوالي ١,٥ متراً والتلوث الكيماوي لمسافة ٢,٥متراً من قاع يؤرة التلوث كالمجارير الغير صماء وغيرها بشرط أن يكون ذلك التسرب تحت منسوب مياه الرشح في تربة ناعمة مغمورة دائماً بالمجاري السائلة . كما أن البكتريا تتسرب مع تيار التلوث السائل لاجانبياً ولا ضده . كما أن سير التلوث يزداد في حالة الأرض ذات الحبيبات الكبيرة نوعاً .

ويمكن القول أن التلوث سواء أكان بكتيريا أو كيماوياً يتسرب مع تيار المياه في الارض إلي أسفل ولكنه ينحرف في اتجاهه عند مقابلته تيار المياه الجوفية

وإذا ما قرب منسوب مياه الرشح من سطح الارض تعرضت المياه للتلوث ببكتريا القولون كما أن قدرة التربة علي حجز البكتريا تتوقف علي حجم الحبيبات فاذا كبرت حجماً زاد تغلغل البكتريا فيها والعكس كما أن البكتريا تمكث مدة أطول في الأرض الخشنة عنها في الأرض الناعمة بعد وصولها اليها ، وحينئذ قد تتكاثر تكاثراً يفوق في أثره مدي التلوث السطحي الأول .

أما عن مدي سيري التلوث مع تيار المياه الجوفية فانه بناء علي عدة مشاهدات نذكر أن البكتريا القولونية تتسرب مع المياه الجوفية في اتجاهها الي مسافة ٧ متر قدماً أما تتسرب المواد الكمياوية الذاتية (النوشادر والازوتيت والازوتات) فيكون الي مدي أطول وبسرعة أكبر وتدل التقارير علي امكان تسربها الي مسافة تتراوح بين بضعة أقدام الي عدة أميال . وتشير بعض التجارب التي أجريت أن سير التلوث البكتيري لا يزيد عن ٥ أمتار أما التلوث الكيميائي فقد يصل الي ١٠٠ متر .

تلوث المياه الجوفية في وادي النيل والدلتا :

من المعلوم أن الرواسب النيليه تتكون من طبقات مسامية غير منتظمة شأن جميع الرواسب النهرية وتحمل هذه الطبقات المياه الغائرة التي تسير في مجموعها من الجنوب الي الشمال في طريقها الي البحر وهو المنفذ الطبيعي لها ويمكن تلخيص أنواع هذه الطبقات فيما يلي:-

١- الطبقة العليا تتكون من رواسب نهرية بسمك حوالي ٦ الي ١٠ متراً يمكن للمياه أن تتسرب خلالها ، وهي تختلف في طبيعتها من طبقات طينيه غير مسامية الي طينيه رملية .

٢- يلي هذه الطبقة طبقة أخري من الرمل والرمل الطيني المشبع بالماء بسمك حوالي ١٠الي ١٥ متر . وهي طبقة ذات مسام دقيقة جداً بحيث يصعب سحب المياه منها بالطلمبات بكميات وافره وهي ذات مقدرة كبيرة علي حجز وترشيح البكتريا.

٣- ويلي الطبقة الثانية طبقة ثالثة من الرمل الخشن والزلط التي يمكن سحب المياه بسهولة بواسطة الأبار العميقة .

٤- ومن المعلوم أن منسوب المياه الجوفية علي عمق حوالي ١٠ متراً ويتغير هذا المنسوب صعوداً وهبوطاً تبعاً لمنسوب مياه النيل وقت الفيضان والتحاريق ، وبذلك تنشأ عمليتي ترشيح وتجفيف علي نطاق واسع واذا أمكن حماية الأبار في وادي النيل والدلتا من التلوث السطحي أمتنع تلوثها من مصادر التلوث كالمجارير التي يبلغ عمقها حوالي ١٠ متراً وذلك اذا بلغت هذه الأبار عمقاً يتراوح بين ١٣ و ١٥ متراً أي وصلت الي الطبقة المشبعة بالمياه وتحت منسوبها البكتريا اليها وخاصة مع قصر مدة التخزين في طبقات الأرض الذي هو عامل من عوامل اهلاك البكتريا .

وبناءً علي ذلك فانه لضمان عدم تلوث الأبار يجب أن يكون سحب المياه من أعماق تزيد عن العشرة أمتار وهو متوسط عمق المنسوب للمياه الجوفية .

وهناك عوامل أخري يجب أن ندخلها في اعتبارنا عند دراسة احتمال التلوث كنوع المصدر وعمقه وتصميم البئر ومسامية الأرض ومدي انخفاض مخروط السحب وتأثيره علي المنسوب المائي

الطريقة الصحيحة للحصول علي المياه الجوفية :-

أن الطريقة الصناعية الوحيدة للحصول علي المياه الجوفية هي بواسطة الأبار وهناك اشتراطات يجب أن تتوافر فيه مكان البئر وفي اقامته وتعقيمه وحمايته من التلوث .

وكل مال أو جهد يبذلان في اقامة بئر دون مراعاة الشروط الصحية إنما هو مال ضائع وجهداً بلا نتيجة وهذا يستلزم تعاون المختصين الصحيين والكيماويين والمهندسين الصحيين وغيرهم .

إختيار موقع البئر :

من أهم مايجب مراعاته عند إقامة بئر جديد إختيار موقعه بحيث يكون هذا الموقع ملائماً للغرض الذي أقيم من أجله .ومن الإعتبارات التي يجب مراعاتها في هذا الصدد مايأتي :-

١- أن يكون البئر في جنوب المدينة أو القرية وإذا كان المورد سيتطلب إقامة عدد من الأبار فيجب تصميمها بحيث تكون ممتدة علي خط متجه من الشرق إلي الغرب لا من الجنوب إلي الشمال حتي لا تتأثر مياه البئر الشمالي من السحب من البئر الجنوبي .

٢- ألا يكون البئر في أرض منخفضة حتي لا يكون عرضه لتجمع المياه السطحية حوله ، كما في حالات الأمطار أو الفيضانات .

٣- أن يكون بعيداً عن المساكن وفي وسط مساحة واسعة يمكن إقامة منشآت العملية بها ويكون من اليسر عمل حرم للمأخذ لمنع التلوث .

٤- ألا يكون في منطقة الأرض بها غير سليمة أو بها شقوق .

٥- أن يكفل (وهو المهم) إمداد المنطقة بكميات المياه اللازمة للسكان للشرب والأغراض المنزلية وكذا الأغراض التجارية والصناعية وأغراض البلدية .

حماية البئر من التلوث :-

يجب عند اختيار مكان للبئر أن يكون بعيداً عن مصادر التلوث التي تأثر عليها أو التي يحتمل أن تؤثر عليها في المستقبل فيجب أن يكون البئر بعيداً عن مصادر التلوث بمسافة كافية وهذا البعد يختلف كما ذكرنا فيما سبق بإختلاف الظروف المحلية كما يتوقف علي عدة عوامل منها :-

١- نوع وموقع مصدر التلوث

٢- نوع البئر وتصميمه

٣- مدرج المنسوب المائي

٤- مسامية الأرض وتركيبها

٥- مدي انخفاض مخروط المياه الجوفية أثناء سحب المياه من البئر

فمن ناحية نوع وموقع مصدر التلوث نجد أن التلوث الناتج من صرف متخلفات المراحيض يفوق في أثره التلوث الناتج من منزل قريب للبئر ، كما أن نوع البئر وتصميمه له علاقة وثيقة بالتلوث . فالبئر الذي يسحب مياهه من المنطقة المشبعة (كالأبار العميقة) يكون أقل عرضة للتلوث من بئر يسحب مياهه من المنطقة الغير مشبعة .

ومدرج المنسوب المائي وحركة المياه الجوفية لهما دخل كبير في سير التلوث الأرضي ، وكلما تفدينا المنطقة ذات المنسوب المتغير كلما كان ذلك أضمن و أفضل .

أما مسامية الأرض وتركيبها فتؤثر تأثيراً كبيراً علي مدي سير التلوث أو حجزه وقد سبق أن ذكرنا أنه كلما ذادت مسامية الأرض كلما أدي ذلك إلي سهولة تسرب المياه دون أن يتم ترشيحها الترشيح الكافي وبالتالي حجز ما بها من البكتريا .

أما عن مخروط السحب فلتفسيره نذكر أنه عند تشغيل الطلمبة لسحب المياه من البئر يترتب عليها انخفاض منسوب الماء في البئر ويؤدي ذلك إلي انخفاض مستوي المياه حول البئر وهذا

ما يطلق عليه (Cone of Depression) أي مخروط السحب . ويترتب علي تكون هذا المخروط انحدار المياه نحو البئر من جميع الجهات مما يغير من الإتجاه الطبيعي للمياه الجوفية ، ويسمح للتلوث السطحي الواقع في منطقة السحب بالتسرب بسرعة إلي البئر وكلما ذاد انحدار مخروط السحب نحو المأخذ كلما ذاد احتمال وصول المياه الملوثة إلي البئر . وكلما ذاد تشغيل الطلمبة الساحبة للمياه ، كلما ذاد هذا الإنحدار – وعلي ذلك فإحتمال التلوث يزداد بازدياد السحب في حالة زيادة استهلاك المياه . ويمكن القول عموماً أنه لحماية البئر من التلوث يجب أن تتوافر فيه الشروط الأتية :-

١- أن يكون عمقه ٢٠ متر علي الأقل .

٢- أن يكون بعده عن مصدر التلوث ٢٠ متراً علي الأقل وذلك بالطلمبات الميكانيكية . أما في الطلمبات اليدوية فيمكن أن يكون البعد ١٠ متراً من مصدر التلوث بشرط توفر العمق وبشرط أخذ عينات دورية للفحص البكتريولوجي والكيماوي فإذا ثبت تلوث المياه أوقف إستعمالها .

المصادر االتى تؤدى الى تلوث الأبار :

هناك عدة مصادر يمكن ان يترتب عليها تلوث . يمكن اعتبار المصادر الأتية كمصادر يترتب عليها تلوث الأبار اذا لم تستوف الابعاد والمسافات الواجبة

خزانات المراحيض الغير صماء – بيارات الصرف – أكوام السباخ –حظائر الماشية –المصارف – الجبانات – البرك والمستنقعات – المياه الراكدة حول المأخذ أو بالقرب منة – منازل الفلاحين – مزارع المجارى – الاراضى الزراعية التى تسمد بالسماد العضوى – العيوب التى قد توجد فى التصميم واقامة الآبار (شروخ فى المواسير ، قدمها ، تأكلها) ترنشات الصرف .

ويجب على الذين يعملون فى الميدان الصحى ان يراعوا عند اختبار مورد المياه ، أن يتأكدوا من عدم وجود أحد هذه المصادر أو غيرها على مسافة ٢٠ مترا فى حالة العمليات الميكانيكية أو ١٠ متر فى حالة الطلمبات اليدوية . وأن يذكر فى أورنيك ارسال العينة جميع البيانات عن مصدر التلوث واحتمال تأثيرة على مياه البئر سواء وقت أخذ العينة أو فى المستقبل .

الآبـــــار

الآبار هى الوسيلة الصناعية التى نحصل بها على المياه الجوفية ، وقد عرفت الآبار منذ قديم الازل الا أنها لم تكن متوافرة الشروط الصحية سواء فى أقامتها أو صيانتها . وكانت غالبا من النوع المكشوف الذى تستخرج منة المياه بواسطة الدلو ، وهذا النوع من الآبار المكشوفة مازال موجودا فى بعض القرى الا أن عددا كبيرا منها قد تم ردمه وحلت محله مشروعات المياه الكبرى . وان كان هناك بعض القرى المحرومة من المياه الصالحة للشرب مازال بها عدد من هذة الآبار .

الاحتياطات الواجب اتخاذها اثناء دق الأبار أو اقامتها

يجب اتخاذ كافة الاحتياطات التي تكفل عدم تلوث المياه أثناء دق أو اصلاحة . وفيما يلي نورد هذه الاحتياطات :

١- يجب أن يحرص الأشخاص والعمال القائمين بدق البئر علي عدم تلويث مجاوراته لمسافة ١٠٠ متر حوله . كما يجب عدم استخدام مواسير أو أدوات تكون قد تلوثت بالشحم أو السماد. وأن يتخذوا جميع الاحتياطات الكافيله بدرء التلوث الخارجي عن البئر .

٢- يجب غسل جميع المواسير والقاسون المستعمل بمحلول مركز من هيبوكلوريت الصوديوم ويطلق عليه (جير كلور) قبل انزالها في الأرض .

٣- إذا استعمل الزلط في إقامة البئر فيجب غسله في محلول مركز من هيبو كلوريت الصوديوم (جير الكلور). والنسبة المستعمله في هذه الحالة هي نصف كيلو من هيبو كلوريت الصوديوم إلي ٦ لتر من الماء

٤- بعد الانتهاء من دق البئر وإنزال المواسير المجلفنه يجب تعقيم المياه قبل أخذ العينات وذلك بإستعمال مادة هيبو كلوريت الصوديوم قوة ٢٥% وستذكر فيما يلي طريقة تعقيم البئر .

طريقة تعقيم الأبار

١. يمزج ٥٧ جم من مسحوق جير الكلور قوة ٢٥% في٠ ٢ لتر ماء لكل ٤٠٠ لتر من المياه داخل الماسورة ، ويتم تحضير هذه المادة بأن تضاف كمية بسيطة من الماء إلي كمية جير الكلور ويقلب بهدوء حتي نحصل علي عجينة ، ثم نضيف إليها كمية الماء (٢٠لتر لكل ٤٠٠ لتر من الماء في الماسورة) ويقلب السائل بهدوء لمدة ١٠ إلي ١٥ دقيقة ويترك ليرسب ويأخذ السائل الذي يحتوي علي الكلور الفعال لإستعمالة في التعقيم .

٢. يضاف السائل الناتج من رقم (١) إلي المياه الموجودة في الماسورة ويترك لمدة ٤٨ ساعة وفي خلال هذه الفترة يبدء في إدارة الطلمبه حركة بسيطة تتلوها حركة عكسية دون إخراج الماء وهذه العملية تتيح مزج المطهر بالماء كما يتيح لهذه المياه تعقيم جدران الماسورة الداخلية أثناء صعودها عند إدارة الطلمبه أو نزولها عند إيقاف الإدارة بحركة عكسية ويجب إجراء هذه العملية عدة مرات .

٣. يبدأ بعد مضي الـ ٤٨ ساعة المتقدمة في إدارة الطلمبة إدارة تامة لتفريغ محتويات الماسورة حتي يزول كل أثر الكلور في الماء (تكون فترة الإدارة ٢٤ساعة)

٤. إذا تتطلب الأمر أخذ عينات فتكون علي الأساس الأتي :-

٥. العينة الأولي بعد ٢٤ ساعة إدارة مستمرة من انتهاء فترة التعقيم وتفريغ الماسورة

٦. العينة الثانية بعد إدارة ٢٤ ساعة مستمرة من العينة الأولي .

٧. العينة الثالثة بعد إدارة الطلمبة ٢٤ ساعة بعد العينة الثانية .

حماية موارد المياه الجوفية

من أهم الأعباء التي تقع علي عاتق القائمين بالرقابة علي موارد المياه وصيانتها العمل علي اتخاذ الاحتياطات الكافيله بحماية المورد من التلوث وهذه الاحتياطات متنوعة يمكن أن نلخص بنودها الأساسية في الأتي :-

١- بعد رفع القاسون وانزال المواسير يجب عمل تغطية من الأسمنت أو أي مادة صماء حول الماسورة بحيث تشمل هذه التغطية الجزء غير المخرم منها ويتم عمل هذه التغطية بالأسمنت بطريقة الضغط وتشترط بعض الاشتراطات في الأسمنت المستعمل وفي طريقة تحضيرة بحيث يكون طبقة متماسكة حول الماسورة ولا يكون به شقوق تسمح للمياه السطحية بالتسرب إلي المأخذ .

٢- يستحسن عدم وضع الماكينة فوق ماسورة الغز مباشرةً بل يتم تركيب الماكينة علي مداد من ماسورة الغز وذلك لإمكان إصلاح أي عيب يطرأ علي الماسورة دون حاجة إلي رفع الماكينة .

٣- يجب عمل دكة أسمنت حول ماسورة المأخذ لمسافة دائرة نصف قطرها ٥ أمتار من كل ناحية وتكون هذه الدكه مائله من البئر إلي خارجه بشكل هرمي وذلك لحماية المأخذ من تسرب المياه السطحية حوله .

٤- يجب عمل حرم للبئر لمسافة ٢٠ متر من جميع الجهات وأن يتم عمل سور متين علي هذه المسافة مع إزالة جميع مصادر التلوث التي تكون موجودة في هذا الحرم

٥- يجب عدم وضع مواسير شبكة توزيع المياه أو أي محابس بجانب مواسير المجاري ، بل تكون شبكة مواسير المياه مستقله عنها . مع مراعاة نظافة هذه المواسير قبل وبعد وضعها .

٦- يجب عمل طريقة صرف صحية للمياه المستعمله في تبريد الماكينات أو المياه الفائضة من الصهريج أو المتخلفة من غسيل الصهريج بحيث تصرف هذه المياه بعيداً عن المأخذ .

٧- إذا وجدت مراحيض لموظيفي العمليه أو دورات المياه فيجب تصميم طريقة صرف صحية لها مع مراعاة أن تكون بيارات الصرف أو الترنشات والخزانات علي مسافة لا تقل عن ٢٠ متر من أبار العملية .

خزانات وصهاريج المياه

إن إقامة عمليات المياه العامة يتطلب عمل خزان للمياه وتتوقف ساعة الخزان وحجمة علي نوع العملية وقوتها والإستهلاك اليومي وإعتبارات فنية أخري وتتم إقامة هذا الخزان بحيث يكون أعلي من منزل في المدينة حتي تصل المياه إلي الأدوار العليا من المنازل . ولما كانت المياه قد تبقي في هذا الصهاريج مدة طويلة وبإستمرار الإستعمال يتعرض الخزان للتلوث ويؤدي ذلك بالتالي الي تلوث المياه المستعمله . ولذا وجب علي القائمين علي عمليات المياه والمشرفين مولاة التأكد من حالة هذه الخزانات وعدم تلوثها . ومن الأمور الهامه التي يجب مراعاتها في هذه الخزانات ما يلي :-

١- يجب أن يكون موقع الخزان في مكان نظيف وان يكون الوصول اليه سهلاً

٢- يجب أن يغطي بغطاء محكم لمنع وصول الأتربه إليه .

٣- أن تعمل له ماسورة للمياه الفائضة بحجم مناسب حتي يمكن إبطار تشغيل الماكينة إذا ما إمتلأ الخزان .

٤- يجب أن يصمم الخزان بحيث تسحب المياه من أعلي القاع بقليل ليمكن للرواسب أن تتجمع في هذه المسافة . ويكون من السهل إزالتها عند غسله وتعقيمه .

٥- إذا كان الخزان من الصاج فيجب أن يتم دهانه ببويه مانعة من الصدأ وأن يتم تحليل هذه البويه بمعامل وزارة الصحة قبل إستعمالها للتأكد من خلوها من المواد السامة وإلي جانب هذه الإستراطات العامة فيجب ضرورة تعقيم الخزان بمادة جير الكلور مرتين في العام ما لم يطرأ طارئ يستدعي التعقيم (كما في حالة الأوبئه) وفيما يلي طريقة تعقيم الخزانات :-

طريقة تعقيم الخزانات

١. يجب إعداد جميع مواد النظافة والتعقيم (جير الكلور) قبل البدء في العملية

٢. يفرغ الخزان من المياه مع الإبقاء علي كمية منها بإرتفاع ٤٠: ٥٠ سم تسعمل في تنظيف الخزان ، أرضيته وجدرانه .

٣. العمال الذين يقومون بعملية التنظيف يجب أن يلبسوا أحذيه من المطاط ذات الرقبه الطويله بعد وضعها لبضع دقائق في محلول مخفف من كلورور الجير (واحد في الألف تقريباً) أي بنسبة ملعقه كبيرة في جردل ماء سعته حول ١٠لتر .

٤. بعد إزالة جميع المواد الملتصقة بأرضية وجدران الخزان بالفرش ، تطرد مياه الغسيل بالعادم ثم تمرر كمية مياه جديده وتطرد ، وتكرر هذه العملية حتي لا تبقي أية رواسب بأرضية الخزان.

٥. يعقم الخزان بإستعمال مسحوق جير الكلور الذي قوته ٢٥% (علي الأقل) وذلك باستحلابه بمعدل ١٠ جرام لكل متر مكعب حسب سعة الخزن فمثلاً لتعقيم خزان سعته ١٠٠ متر يستحلب كيلو جرام في جردل علي دفع ويضاف إلي مياهه أثناء ملئه ويترك ساعتين ، ثم يفرغ ويبدء في ملئه للإستعمال .)

٦. في غير فترات غسيل وتعقيم الخزان يمكن عمل طرد من آن لأخر (Periodic flushing) للتخلص من أية رواسب موجودة بأرضية

الخزان وذلك بإدخال كميات قليله من المياه وهو فارغ ثم طردها للعادم دون وصول أي شخص بداخله وفي هذه الحالة لا داعي لتعقيمه .

مزايا المياه الجوفيه

للمياه الجوفيه يمكن أن نلخصها في الأتي : -

١- أن الأمر لا يتطلب فيها إقامة منشأت بنايه كبيرة للمياه لأن الأرض تعتبر مخزن للمياه .

٢- أنها أقل عرضه للتلوث خاصتاً تلك التي نحصل عليها بواسطة الأبار العميقه لأن قدرة الأرض علي ترشيح المياه تكون كافية لصلاحية المياه المسحوبه من البئر إلا في بعض الحالات الأتية:-

أ- إذا كانت طبيعة الأرض مشبعه بالمواد العضوية

ب-إذا كانت هناك خزانات لصرف مجاري أو أي مصادر تلوث أخري قريبة من البئر

ج- إذا كان هناك شقوق في سطح الأرض تتسرب منها المياه السطحية إلي المأخذ

٣- لا يتطلب الأمر إجراء عملية ترسيب أو ترشيح للمياه الجوفية ولاكن قد يحتاج الأمر إلي تعقيمها بالكلور كاإجراء وقائي .

٤-إن أقامة بئر أو عدة أبار للمياه يحتاج إلي مساحة قليله من الأرض كما أن النفقات أقل . ولذلك فهي مفضله في حالة مشروعات المياه التي تهدف إلي تغذية أكبر عدد ممكن بأقل النفقات .

مساوئ المياه الجوفيه

١- إحتمال عدم الحصول علي الكميات الكافية من المياه من الأبار الخاصة في المدن الكبيرة التي يزداد فيها الاستهلاك منما يتطلب ضرورة تدبير موارد أخري .

٢- أن المياه غالباً غسره ولابد من عمل تيسير لها إذا ذاد هذا العسر كما أن طعمها قد يكون ردئ . وإذا كانت المياه الجوفيه ستسعمل في أغراض الصناعه فإن العسر المؤقت يؤدي إلي أملاح كربونات وكبريتات الكالسيوم وهي تؤدي إلي خفض درجة الحرارة في الغلايات وقد يتسبب عنها إنفجار هذه الغليات .

٣- وجود الحديد والمنجنيز بنسبة كبيرة يتطلب ضرورة إزالته حتي لا يكون للماء شكل أو طعم غير مرغوب فيه وذلك علاوه علي تأثير الحديد في الأقمشه .

الباب الثالث

المعالجة التقليدية لمياه الشرب

الهدف من عمليات التنقية :-

يقصد بالتنقية التخلص من كل او بعض المواد الغريبة سواء كانت ذائبة او عالقة او غروية . حيث ان المياه السطحية معرضة لعوامل كثيرة تؤدى الى تلوثها فتصبح غير صالحة للاستعمال الا بعد تنقيتها

عمليات المعالجة

تمر المياه الخام بعدة عمليات لمعالجتها لتكون صالحة للشرب وهى:

١. المعالجة اولية وتنقسم إلى:

- التصفية

- التطهير المبدئى
- المعالجة الكيماوية المبدئية
- الترسيب المبدئى (اختيارى)

٢. المعالجة الرئيسية وهى تلى المعالجة الاولية وتنقسم إلى:

- التر ويب
- التنديف
- الترسيب
- الترشيح
- التطهير/ التعقيم
- التخزين
- الضخ

العمليـــــــــة	الهدف من إجراء العملية
مياه عكرة	
مصافى	إزالة الأوراق والأغصان والأسماك وغير ذلك
الكلور المبدئى	التخلص من معظم الكائنات الحية المسببة للأمراض والتحكم فى الطعم والرائحة
الكيماويات	تجميع الجسيمات الدقيقة جداً لتكوين جسيمات أكبر
المزج السريع	خلط الكيماويات مع المياه العكرة التى تحتوى على الجسيمات الدقيقة التى لم ترسب أو ترشح
الترويب والتنديف	تجميع الجسيمات الدقيقة والخفيفة معاً لتشكيل جسيمات أكبر تساعد فى عمليات الترويق والترشيح
الترسيب	ترسيب الجسيمات الأكبر العالقة
الترشيح	ترشيح الجسيمات العالقة المتبقية
الكلور النهائى	التخلص من الكائنات العالقة المسببة للأمراض وتوفير الكلور المتبقى اللازم لشبكات التوزيع
خزان المياه	توفير وقت تلامس الكلور بغرض التطهير وتخزين المياه لمواجهة الطلب المتزايد
المياه المرشحة	

الترسيب

مقدمة

الغرض من عملية الترسيب هو العمل على ترسيب اكبر نسبة ممكنة من المواد العالقة و التى لها ثقل اكبر من دفع الماء و ذلك عن طريق تركها ترسب تحت تاثير وزنها . و عملية الترسيب اما ان تكون طبيعية ، اى تحت تاثير وزن المواد العالقة بدون اضافة اى مواد و تسمى هذه العملية بالترسيب الطبيعى. او تكون باضافة مواد مساعدة كيماوية للماء لتساعد على تجميع المواد الغير قابلة للترسيب و تسمى هذه العملية بالترسيب بمساعدة المروبات

** العوامل المؤثرة على كفاءة عمليات الترسيب منها:-

١. تركيز المواد العالقة
٢. شكل و حجم و كثافة المواد العالقة
٣. درجة حرارة و لزوجة المياه
٤. مدة بقاء الماء فى الاحوض

نظرية الترسيب الطبيعى

يحدث الترسيب الطبيعى نتيجة هبوط الحبيبات منفردة، و يحدث التؤسيب تحت تاثير وزن الحبيبة فقط و يحدث مقاوة اثناء هبوط الحبيبات المنفردة نتيجة لزوجة المياه و حيث ان قانون نيوتن يوضح انه اذا توازنت القوى المؤثرة على الحبيبات .لا يحدث عجلة تسارع و لكن تحدث سرعة هبوط ثابتة

و تعتمد نظرية الترسيب على تخفيض سرعة المياه الداخلة الى احواض الترسيب الى ادنى درجة بحيث يتم ايقاف الحركة الافقية للحبيبات العالقة و العمل فقط بالحركة الافقية مما يساعد على سرعة الترسيب قبل خروج المياه من احواض الترسيب و دخولها الى المرشحات و التى تقوم بازالة المتبقى من الحبيبات التنى لم يتم اذالتها اثناء عملية الترسيب .

و تقاوم الحبيبات الغير قابلة للترسيب عملية الترسيب لسببين اساسيين هما :-

١. حجم الحبيبات نفسها
٢. القوى الطبيعية بين الجسيمات

أ . حجم الجسيمات

تنقسم الجسيمات من حيث الحجم الى

١. مواد معلقة

٢. مواد غروية
٣. مواد ذائبة

قابلية ترسيب الجسيمات فى المياه

قطر الحبيبات (مم)	النوع	زمن الترسيب*	القابلية للترسيب
١٠	حصى	١ ثانية	قابلة
١	رمل	١٠ ثوان	قابلة
٠,١	رمل ناعم	٢ دقيقة	قابلة
٠,٠١	طمى / طحالب	٢ ساعة	غير قابلة
٠,٠٠١	بكتريا	٨ أيام	غير قابلة
٠,٠٠٠٢	مواد غروية	سنتين	غير قابلة
٠,٠٠٠٠٢	فيروسات	٢٠ سنة	غير قابلة

** زمن الترسيب هو المدة التقريبية للرسوب لمسافة ١ م فى المياه تحت تاثير الجاذبية فقط

أولاً : المواد الصلبة المعلقة:

هى جسيمات ينقلها معه الفعل الطبيعى للمياه الجارية وهى أكبر من (٠,٠٠١ مم) و الجسيمات التى لا تتجاوز(٠,٠١ مم) حجماً لا تترسب بسرعة وهى تسمى فى عمليات معالجة المياه "مواد غير قابلة للترسيب" أما الأكبر حجماً (أكبر من >٠,٠١ مم) فتوصف بانها قابلة للترسيب ، حيث أنها تترسب تلقائيا إلى القاع أو حوض الترسيب فى غضون أربع ساعات

ثانيا: المواد الصلبة الغروية:

هى جسيمات الطمى الدقيق والبكتريا والجسيمات المسببة للون والفيروسات وهذه الغرويات لا تترسب تلقائيا في مدة زمنية معقولة كما هو موضح بالجدول وبالرغم من أنه لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة إلا ان تاثيرها قد يشاهد عند مرورها خلال عمليات المعالجة إذا لم تتروب تندف كما يجب

ثالثاً : المواد الصلبة المذابة:

هى أى مواد عضوية أو غير عضوية "الاملاح والكيماويات التى من أصل نباتى أو حيوانى أو غازات) يمكن ذوبانها فى المياه، والمادة الصلبة المذابة هى جسيمات صغيرة جداً (فى حجم الجزئ) ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة وغالبا تكون المعادن المذابة فى الماء مواد صلبة غير قابلة للترسب، وتسبب مشكلات للصحة العامة ومشكلات أخرى مثل الطعم أو اللون أو الرائحة وما لم تحول إلى مواد مترسبة بواسطة وسيلة كيميائية أو فزيائية فلا يمكن

إزالتها من الماء

ومن الاسباب الرئيسية التى تجعل الجسيمات غير قابلة للترسيب هو صغر حجمها والذى يمكن توضيحة بالمثال التالى:-

مثال:

من المتوقع أن يترسب حجم من رمل خشن على شكل مكعب طول ضلعه ١ مم بحيث يهبط نحو ٠,٣ متر كل ٣ ثوان والآن لنفرض أن حبيبة الرمل قد طحنت إلى عدة جسيمات أصغر، كل منها مكعب طول ضلعه ٠,٠٠٠٠١ مم (هذا الطحن يماثل قوى التعرية الطبيعية) فإن الوزن الاجمالي لكل الجسيمات المطحونة يساوى وزن الحبيبة الاصلية للرمل الخشن.

وبمقارنة المساحة السطحية فى الحالتين نجد انها قد زادت من ١ مم ^{٢} وهى مساحة رأس دبوس كبير إلى ٦ م^{٢} وهذه الزيادة فى المساحة السطحية تسبب زيادة هائلة فى قوى المقاومة والتى تقاوم الترسيب الطبيعى التلقائى وطبقاً للجدول فبدلاً من ان ترسب تلك الجسيمات الدقيقة إلى عمق٣ . ٠ متر فى ٣ ثوان فإنها تستغرق الآن نحو ٠ ٢ سنه لترسب إلى نفس العمق لذلك فمن اللازم لتعجيل الترسيب أن يتم تجميع الجسيمات الدقيقة معاً لتكون جسيمات أكبر يمكن ترسيبها بسهولة وسرعة.

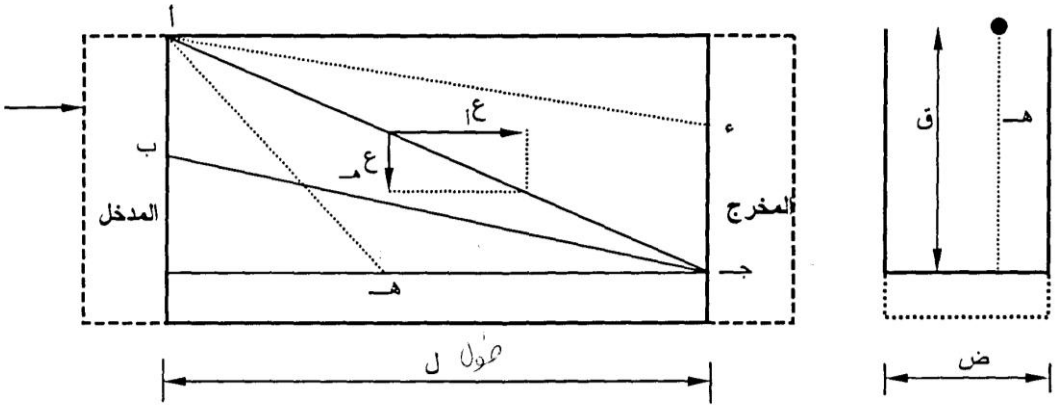
ب . القوى الطبيعة

تحمل عادة الجسيمات الموجودة فى المياه شحنات كهربية سالبة وكذلك فإنه توجد هناك قوة تنافر بين أى جسمين متماثلين فى الشحنة. وفى عملية معالجة المياه تسمى قوة التنافر الكهربية جهد زيتا Zp وهى قادرة على إبقاء الجسيمات الغروية الصغيرة جدا متباعدة بعضها عن بعض ومعلقة فى الماء.

وتوجد قوة أخرى هى قوة فان درفال بين جميع الجسيمات فى الطبيعة وهى تعمل على جذب أى جسمين معا. وقوة الجذب هذه تعمل فى اتجاه مضاد لجهد زيتا وطالما كان جهد زيتا أقوى من قوة فان درفال فإن هذه الجسيمات تظل معلقه.

ومن الناحية النظرية البحتة فإنه يمكن توضيح عملية الترسيب كما هو موضح فى الشكل . كمدخل لتفهم أسس تصميم عملية معالجة المياه. ذلك على أساس أن المواد العالقة متجانسة التوزيع فى الماء. وبفرض أن سرعة المياه بما فيها من مواد عالقة فى الاتجاه الأفقى (ع) وأن تصرف المياه يساوى(ك) وأن عرض الحوض (ض) وعمقه (ق) وتكون مساحة مقطعه (ضXق) وتكون سرعة المياه الافقية = معدل التدفق/ مساحة المقطع.

$$ع = \frac{ك}{ض \times ق}$$



وتكون هى أيضاً السرعة الافقية للمواد العالقة بمختلف أحجامها

ع أ سرعة الأجسام العالقة فى الاتجاه الأفقى

ع هـ سرعة الأجسام العالقة فى الاتجاه الراسى (سرعة الهبوط)

ق عمق الحوض

ض عرض الحوض

ح المساحة السطحية لحوض الترسيب

أء مسار المواد التى لا ترسب وتخرج من الحوض

ب جـ مسار المواد التى لا يرسب منها إلا ما كانت نقطة دخوله بالقرب من القاع

أ هـ مسار الأجسام ذات الكثافة والحجم الأكبر والتى ترسب بسرعة

أما سرعة المواد العالقة فى الاتجاه الرأسى ع أ فتكون مختلفة حسب حجم الجزيئات وكثافتها.

ومن الشكل نستنتج أن:

$$\frac{ع_أ}{ع_هـ} = \frac{ل}{ق}$$

$$\therefore ع_هـ = \frac{ق}{ل} \times ع_أ$$

وحيث أن

$$ع_أ = \frac{ك}{ض \times ق}$$

$$\therefore ع_هـ = \frac{ك}{ض \times ق} \times \frac{ق}{ل} = \frac{ك}{ض \times ل}$$

أى أن:

$$\text{سرعة الهبوط الرأسية للحبيبات} = \frac{\text{معدل التدفق (التصرف)}}{\text{المساحة السطحية لحوض الترسيب}}$$

ويتضح من ذلك أن المواد العالقة التى لها سرعة هبوط رأسية مساوية أو أكثر من ع هـ يتم ترسيبها فى الحوض. وعلى العكس لا ترسب المواد إذا كانت سرعتها الراسية أقل من ع هـ.

ومن ذلك نرى أن المساحة السطحية لحوض الترسيب(ض X ل) لها تاثيرمباشر على كفاءة الترسيب. فكلما ذادت المساحة السطحية قلت ع هـ وزادت كفاءة الحوض معدل التدفق.و تسمى ع هـ بمعدك التحيل اسطحى لحوض الترسيب. وتتخذ كأساس من أمس التصميم لهذه الاحواض. وتكون وحدتها متر/ساعة

ومن الشكل يتبين أن المسار أء هو مسار المواد التى لها سرعة هبوط رأسية أقل من ع هـ وهذه لا ترسب فى الحوض وتخرج منه ، ولا يرسب منها إلا ما يدخل منها قرب قاع الحوض والذى يمثله المسار (ب جـ). أما المسار أ هـ فيبين مسار المواد التى لها كثافة وحجم أكبر، وترسب بسرعة لأن سرعتها الرأسية تكون أكبر من ع هـ

الترسيب بمساعدة المروبات

عندما تبين عدم ملاءمة الترسيب الطبيعى للطلبات المتزايدة على المياه ء وأيضا لعدم جدواه فى ترسيب الحبيبات الدقيقة والخفيفة و خاصة المواد الكلويدية والعوالق الطينية والكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية الناتجة من تحلل النباتات المائية ء وذلك إما لصغر سرعة الترسيب بشكل كبير وبالتالى تحتاج إلى مدة مكث كبيرة .و لأن الجسيمات الموجودة بالماء تحمل شحنة كهربية سالبة وبالتالى يحدث تنافر بينها لتماثل الشحنات فتبقى الجسيمات متباعدة عن بعضها. لذلك تضاف إلى المياه مواد كيماوية (مروبات) تعمل على تجميع هذه الحبيبات الرفيعة ، كما سبق توضيحه . وبعد عمليتى المزج السريع والمزج البطئ تمر المياه فى أحواض الترويق حيث ترسب الندف المتكونة فى احواض الترويق بما جذبت إلى سطحها من مواد عالقة إلى قاع الحوض.

ولا تختلف أحواض الترويق فى تصميمها عن أحواض الترسيب الطبيعى، كما أن العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب فيها لاتختلف عن احواض الترسيب الطبيعى ولكن فى وقت أقل جداً ، وبالتالى تكون أحجام هذه الآحواض أصغر كثيراً. وبالرغم من اختلاف أنواع وطرازات احواض الترويق إلا أنها تتفق فى الاسس الرئيسية للتصميم وان اخلفت فى بعض التفاصيل .

العوامل المؤثرة فى عملية الترسيب

تتاثر عملية الترسيب بعدة عوامل أهمها:-

١. حجم الحبيبات: وطريقة توزيعها، فكلما زاد حجمها ووزنها، ازدادت كفاءة الترسيب .
٢. شكل الحبيبات :- فكلما اقترب شكلها من الشكل الكروى كلما كان ترسيبها اسرع و اكفاء
٣. كثافة الحبيبات: فكلما زادت كثافتها زادت كتلتها بالنسبة لحجمها وزادت سرعة رسوبها وبالتالى كفاءة الترسيب .
٤. درجة حرارة الماء: فكلما ارتفعت درجة حرارته قلت كثافته ولزوحته وبالتالى زادت سرعة رسوب الحبيبات وزادت كفاءة الترسيب .
٥. الشحنة الكهربائية للجسيمات: والتى تكون دائما سالبة الشحنة، وعند معالجة المياه بالشبة موجبة الشحنة ، يحدث تجاذب بين الجسيمات السا لبة والموجبة مما يساعد على ترسيبها وزيادة كفاءة الترسيب .
٦. سرعة سريان الماء فى الحوض: فكلما قلت سرعة الماء ، زادت كفاءة الترسيب، ويفضل ألا تتجاوز السرعة الافقية فى الحوض(٣٠ سم/ دقيقة)

٧. مدة بقاء الماء فى الحوض : مدة المكث فكلما ذادت المدة ذ ادت جودة الترسيب. ومن النواحى الاقتصادية والعملية أن تكون مدة المكث فى حدود ٣ : ٤ ساعات و حيث أن زيادة المدة أكثر من اللازم لا يزيد من كفاءة الترسيب إلا بنسبة بسيطة.

$$\text{مدة المكث} = \frac{\text{حجم حوض الترسيب}}{\text{معدل التصرف خلال الحوض}}$$

النسبة بين طول وعرض حوض الترسيب فى الأحواض المستطيلة. وذلك لاقلال فرص تكون مناطق راكدة أو ميتة عند زيادة عرض الحوض .

عملية الترويب و التنديف

تتكون الشوائب الموجودة فى المياه نتيجة التآكل الأرضى الناتج من احتكاك المياه مع قطاع المجرى المائى، وتتكون الشوائب من دقائق صغيرة كما تلتقط المياه مع الاحتكاك ايضا كميات من الاملاح وبقايا النباتات المتحلله كما توجد شوائب أخرى إضافية ناتجة من التلوث الهوائى ومخلفات المصانع و فضلات الحيوانات. ولذلك فالمياه السطحية تتلوث بتاثير الطبيعة و الانسان. وتحتوى المياه على مواد عالقة ومواد ذائبة عضوية(من اصل نباتى اوحيوانى) وكذلك على المواد غير العضوية وكافة الاشكال البيولوحية(كالبكتريا والنباتات المائية والهائمات) وتسمى هذه المواد" المواد العالقة الصلبة" وتكون قدرأ كبيرأ من مكونات الشوائب. أما الاجزاء الكبيرة الحجم مثل الرمل والطمى الثقيل فيمكن ازالتها من المياه بتركها للترسيب بواسطة الجاذبية الارضية و تسمى هذه المواد بالمواد الصلبة القابلة للترسيب

و يحدث ترسيب للمواد الصلبة طبيعيا عند تخزين المياه فترة كافية فى الخزانات او فى الانهار و البحيرات ذات السرعة البطيئة . لكن الاجزاء الصغيرة جداً مثل المواد الغروية والطمى الدقيق والبكتريا التى لا تترسب بسهولة وتحتاج إلى معالجة لتجعل جزيئاته أكبر وذات قابلية للترسيب. وتسمى هذه المواد بالمواد غير القابلة للترسيب أو المواد الغروية .

الحاجة الى الترويب و التنديف

الغرض من تلك العمليتين هو ازالة المواد الشائبة و خاصة غير القابلة للترسيب الطبيعى و ازالة العكارة من المياه المراد معالجتها

وتعمل المواد الكيماوية (المروبات) على إزالة المواد الغير قابلة للترسيب بعملية الترويب ونلك بأن تجعل هذه الجزئيات تتجمع مع بعضها البعض لتكون الندف الصغيرة ثم تتجمع الندف الصغيرة مع بعضها البعض لتكوين نفدف كبيرة و ثقيلة قادرة على الترسيب. تخلط المواد الكيماوية بالماء العكر الذى يحتوى على جسيمات دقيقة لا تترسب و لا تترشح بسهولة و تعمل على جعل الجسيمات الدقيقة الشديدة الصغر تتجمع وتتكتل معأ فى صورة أجسام أكبر (ندف) للمساعدة فى إتمام عمليتى الترسيب والترشيح ثم ياتى الترسيب بعد ذلك ليرسب الجسيمات العالقة الكبيرة ثم الترشيح ليحتجز ويستخرج الجسيمات العالقة الباقية.

و صف عملية الترويب و التنديف

تؤدى عملية التر ويب/ التنديف إلى تعادل أو تقليل جهد زيتا للمواد الصلبة غير القابلة للترسيب بحيث يمكن لقوة فان درفال أن تبدأ فى جذب الجسيمات معأ وعندئذ تتمكن الجسيمات الغير قابلة للترسب من التجمع فى مجموعات صغيرة من الندف الدقيقة . ورغم أن هذه الجسيمات أكبر من الغروية الأصلية إلا أنها ضعيفة التماسك مع بعضما وتكون الندف الدقيقة الغير مرئية للعين المجردة وتظل غير قابلة للترسيب ويودى فعل التقليب البطىء الذى يحدثه التنديف إلى تجميع الجسيمات الندفية معأ لتكوين جسيمات ندفية كبيرة وثقيلة نسبيأ يمكن ترسيبها .و ترشيحها بسهولة، والجسيمات الندقية الهلامية القوام تكون مرئية فى العادة وتبدو مثل ندف القطن او الصوف.

استخدام المروبات(مواد الترويب)

وحيث أن معظم الجسيمات غير المرغوبة والمطلوب إزالتها من المياه سالبة الشحنة فبالتالى يجب أن تكون المرويات المستعملة فى معالجة المياه ذات شحنه موحبة ، فالشحنات المرحبة تعادل الشحنات السا لبة وتعجل التر ويب .

وتحتوى بعض المروبات على أيونات ذات شحنات موجبة أكثر من البعض الأخر فنجد أن تلك المشتملة على أيونات ثلاثية التكافوء مثل الالمونيوم و الحديد (Fe^{+++}, AL^{+++}) أشد فعالية بمقدار يتراوح من ٧٠٠ - ١٠٠٠ مرة (كمروبات) من الايونات الأحادية التكافو مكر الصوديوم (Na^{+}) وأشد فعالية بمقدار ٥٠- ٦٠ مرة من الأيونات ثانية التكافو ط الكالسيوم (Ca^{++})

ومن المواد الشائعة المستخدمة فى عملية التر ويب هى كبريتات الالمونيوم و اسمها الدارج الشبة $AL_2(SO_4)_3.nH_2O$, و عند ذوبان هذا المروب و تاينه فى الماء فإنه يكون الأيونات ثلاثية التكافو للألومونيوم Al^{+++} وتتراوح نطاق الجرعة من (٥ – 100) مللجم/ لتر .

أولا: التر و يب

تعريف عملية الترويب

توضح كلمة الترويب التأثير الناتج عندما تضاف مواد كيماوية معينة للمياه الخام المحتوية على مواد بطينة الترسيب ومواد لا تترسب طبيعياً ، ويمكن تعرف التر ويب على أنه بداية استجابة الجسيمات بطينة الترسيب فى المياه

الخام لعمل ندف دقيقة عند إضافة المروب للمياه مشكلآ سحابة هلامية ويسلزم ذلك عملية خلط سريع لضمان توزيع متماثل للمادة المروبة .

الخلط السريع

هو مزج المواد المروبة مع المياه الخام والغرض من المزج السريع هو التوزيع المتماثل للمواد الكيماوية المروبة خلال المياه وتحدث هذه العملية فى وقت قصير جداً عدة ثوان لم وتكون النتيجة الأولية لهذه العملية هى تكوين

جزيئات صغيرة جدا. فالتلامس الأول للمروب مع المياه هى الفترة الزمنية الأكثر حرجاً فى عملية التر ويب بأكملها وذلك لأن تفاعل الترويب يحدث بسرعة، وعليه فمن المهم أن يتلامس المروب والجسيمات الغروية فوراً وبعد إضافة المر وب.

وصف العملية الترويبية من الناحية الكيماوية:

تعتبر العملية الترويبية من العمليات المعقدة وهى عملية فيزيائية وكيميانية تحث بين قلوية المياه (وهى قدرة المياه على معادلة الأحماض) الناتجة من وجود مكونات مثل الكربونات والبيكربونات والهدروكسيدات واليورات والسيليكات والفوسفات بالمياه وبين المادة المروبة.

ويساعد تقليل الرقم الهير وحينى للمياه(٨)pH على تهيئة الوسط للشحنة الموجبة وهو المناسب للتفاعل مع الجزيئات و الغرويات السا لبة الشحنة مكوناً ندف غير ذانبة التى تعمل على إزالة الشوائب من المياه.

ويعتبر مدى الرقم الهير وحينى من (٥,٥ - ٧,٥) مدى مناسب لعملية الترويب وتعطى الشبة أفضل نتائج فى هذا المدى حيث أن المادة المروبة تتفاعل مع جزء من القلوية فى الماء، والقلوية

المتبقية بعد التفاعل والموجودة فى المياه تعمل كمنظم تمنع الرقم الهيدروحينى للمياه من التغير وبالتالى تساعد على الترسيب الكامل للمادة المروبة ويمكن تمثيل معادلة التفاعل كالآتى:

كبريتات الألومونيوم (الشبة) + القلوية (بيكربونات الكالسيوم) ←——— هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم + ثانى أكسيد الكربون

وفى حالة عدم وجود القلوية فى المياه يضاف إليها الصودا الكاوية أو الجير المطفأ Ca(OH)2وتكون المعادلة كالتالى :

كبريتات الألومونيوم + الجير ($Ca(OH)_2$) ←—— هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم

وبصفة عامة فإن المشغل لا يستطيع التحكم فى القلوية .و الرقم الهيدروحينى العالى بمصدر المياه ولذلك فمؤشر تقييم نوعية المياه يلعب دوراً رئيسيا فى اختيار نوع المادة المروبة المستخدمة فى معالجة المياه. كما أن الجرعة الزائدة او المنخفضة تؤدى إلى الاقلال من كفاءة عملية الازالة ، ويتم التاكد من إنجاز هذه المهمة بعمل Jar test

العوامل المؤثرة فى انجاز عملية التر ويب

يوجد عدة عوامل يجب اخذها فى الاعتبار لانجاز عملية التر ويب بكفاءة وهى كالتالى:

١. طرق المزج

يجب مزج المواد المروبة (الشبة) مع المياه بأسرع وقت (عدة ثوان)

حيث أن زمن هذا التفاعل قصير ، ثم تتم عملية التفاعل بعد ذلك بعدة طرق منها

منها:

- المزج الهيدروليكى
- المزج الميكانيكى
- المزج بنظام الهواء المضغوط
- المزج بطريقة الحقن فى طلمبات المياه العكرة

لكى تتم عملية الترويب والتنديف فإنه يجب أن يلامس المروب كل اجزاء المواد العالقة ويحدث ذلك بعملية التقليب السريع

ثانيا :- التنديف

تعريف عملية التديف

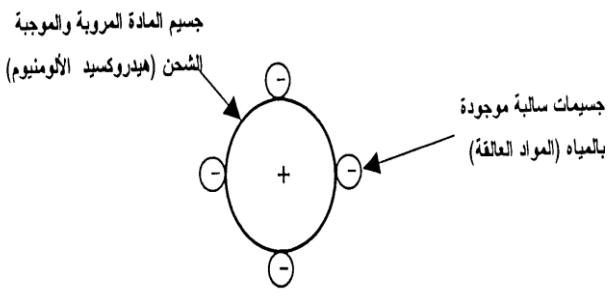
هى عملية مزج بطئ للشبة تعمل على تجميع الحبيبات الصغيرة لتكوين حبيبات أكبر قابلة للترسيب ويستلزم ذلك عمل تقليب بطئ باستخدام الخلاطات الهيدروليكية والميكانيكية لإتاحة فرصة أكبر لعمل تلامس بين الندف الدقيقة لتلتصق ببعضها مشكلة ندف اكبر لترسب ، وتتطلب هذه العملية زمن يتراوح من ١٥ :٢٠ دقيقة .

وصف العملية

يتراوح الحجم الامثل للندف من (١ مم - ٣ مم) ويعتمد ذلك على نوع عملية الازالة المستخدمة سواء كان بنظام الترشيح المباشر أو الترشييح التقليدى ويجب الاخذ فى الاعتبار وقت المزج والطريقة الصحيحة للمزج وشكل أحواض المزج. فالمزج السريع لمدة كبيرة يجعل الندف المتكونة تتباعد عن بعضها البعض وبالتالى تتكون ندف ضعيفة ومفككة بعد ان كانت ملتصقة ببعضها.

فالتنديف عملية أبطأ بكثير من الترويب لذلك فإن حوض التنديف يجب أن يكون أكبر نسبياً ونظراً لأن الندف هشة تماماً فلذلك يجب أن يجرى الخلط بطيئاً كما يجب أن تكون سرعة التصرف خلال الحوض بطيئاً بما يكفل عدم تفتيت جسيمات الندف .و تكسيرها وعلى ذلك يجب أن يكون حوض التنديف كبرا بما يكفى. لتهيئة مدة المكث الملائمة.

ويحمل هيدروكسيد الألومونيوم المتكون شحنة كهربائية موجبة، وبالتالى يحدث تجاذب بينه وبين المواد العالقة والغرويات الدقيقة والبكتريا والمواد الغروية والتى تحمل شحنة سالبة ، فيحدث تعادل كهربائى، وتلتصق ببعضها مكونة حبيبات أكبر تسمى ندف، والتى تزداد حجماً وثقلا أثناء تحولها فى الماء نتيجة تماسك الندف الدقيقة مع بعضهاه مكونة ندفا أكبر واثقل ، قابلة للترسيب بسرعة أكبر. وتسمى هذه العملية بالتندف



و كل جزء فى المليون (جم/ م^3) من الشبه الصلبةيقلل قلوية الماء بنسة٠,٤٥ جزء فى المليون ويزيد ثانى أكسد الكربون بمقدار ٠,٤ جزء فى المليون

تأثير إضافة جرعة شبة قدرها ٣٠ جم/م^3

م	نوع التحليل	مياه عكرة	مياه مرشحة
١	القلوية (ppm) مقاسة ككربونات الكالسيوم	١٨٠	١٦٦
٢	ثانى أكسيد الكربون (ملجم/ لتر)	١,٤	١٢,٦
٣	الرقم الأيدروجينى pH	٨,١	٧,٥
٤	العكارة (NTU)	١٨	٤,٦

العوامل التى تؤثر فى عملية الترويب و التنديف

تتاثر عملية الترويب و التنديف بعولمل مختلفة :-

- تركيز الاس الهيدروجينى (pH) ولكل نوع من المواد المروبة مدى فى الرقم الهيدروجينى. فتتم عملية الترويب بأعلى كفاءة بالنسة للشبة عندما يكون الرقم الهيدروجينى من ٤,٥ إلى ٧,٥ . اما بالنسبة لكبريتات الحديدوز فتحدث عند رقم هيدروجينى أكبر من ٨,٥
- قلوية الماء ،حيث تتم عملية التر ويب اسرع مع القلوية العالية .
- ظروف خلط المادة المروبة، ويفضل أن يكون خلط المادة المروبة بسرعة وبتجاس فى كل حجم المياه الخام .
- نسبة العكارة ، ويفضل ألا تقل عن نسبة معينة ،فإذا كانت قليلة جداً فأحياناً يتم اللجوء إلى إضافة مواد مساعدة لتكوين نواة تتجمع حولها الندف، ويؤدى ذلك إلى الإقلال من المادة المروبة .
- جرعة المادة المروبة ، والمقصود بها عدد جرامات المادة المروبة التى يتم إضافتها للمتر المكعب من الماء الخاما ويعبر عنها بالجرام لكل متر مكعب . و

بجزء فى المليون وذلك لاتمام عملية التر ويب والتندف باعلى كفاءة ولتكوين ندف ذات اكبر كثافة. ويفضل تحديد جرعة المادة المروبة عن طريق التجارب العملية باستخدام اختبار تحديد الجرعات (Jar test)

**ويتناسب حجم الندف طردياً مع جرعة الشبة المضافة وذلك فى حدود معينة، وبالتالى يلزم تحديد جرعة الشبة التى تحقق تكوين الندف فى حجم رأس الدبوس

** ويتم تحديد جرعة الشبة الفعالة معملياً، بواسطة جهاز تحديد الجرعات الشبه (Jar test)

تجهيز اعمال الترويب و التنديف

مقدمة:-

للبدء فى أعمال الترويب والتندف يجب اولاً العناية بتداول وتخزين المواد المروبة ثم بعد ذلك البدء فى تحضير المحاليل الخاصة منها ليتم إضافتها للمياه متى تتم عملية التر ويب والتنديف بكفاءة.

تخزين الكيماويات

تتوفر المروبات فى شكل صلب او مسحوق أو حبيبات او سائل وغالباً ما تكون السوائل اسهل فى الخلط والا ستعمال ويمكن شراء الكيماويات باحجام مختلفة تتر واح من اكياس زنة ١٥ كيلو جرام وأوعية سعة ٢٠ لتر الى سيارات نقل صهريجية زنة ٥٠ طن أو أكثر .

ويجب دائماً تخزين الكيماويات فى منطقة جافة عند درجة حرارة متوسطة ومنتظمة الى حد ماء حيث أن الرطوبة قد تسب تصلد او تجبس الكيماويات الجافة فمن الواجب تخزينها على طبالى خشبية نقالة للسماح بمرور الهواء أسفل الاكياس ومن المفضل ايضاً تخزين الكيماويات الجافة على أرضية تقبع فوق منطقة تحضير المحاليل حتى يمكن تغذيتها بالجاذبية الى المنطقة الخاصة بالتحضير وعلى أية حال فقد لا يكون ذلك عملياً فى المحطات الصغيرة والمتوسطة الحجم لأن حجم الكيماويات المستعملة قد لايعتبر إستثماراً رئيمياً فى معدات تداول الكيماويات .

وتشمل المعدات المستعملة فى تداول الكيماويات العربات اليدوية أو الميكانيكية والأوناش العلوية والمصاعد والناقلات الميكانيكية .

تحضير المحاليل

يتم عادة تخفيف المرويات فى محطة المعالجة الى محاليل ذات تركيز مناسب قبل إضافتها الى المياه الخام وغالباً ما يكون التركيز ١٠ % صلبة

وفى المحطات الصغيرة يمكن إجراء ذلك عن طريق تفريغ الأكياس يدوياً أو تفريغ الكيماويات السائلة عن طريق السيفون، أو الطلمبات الى أحواض التخفيف لتحضير المحاليل المغذية. ومن المهم أن يعتنى المشغل بخلط المادة الجافة أو السائلة خلطاً متساوياً ومتجانساً فى الماء، وفى المحطات الكبيرة يخصص مبنى كامل للتحضير الاتوماتيكى لمحاليل الترويب وقد يشمل مثل هذا المبنى على قوا ديس كبيرة وموازين وناقلات بسيور وأوناش وشبكات من المواسير وطلمبات لمعايرة الكيماويات وصهاريج للتخزين المؤ قت .

ويتكون محلول الشبة من محلول حمضى آكل يتفاعل مع المادة الحاوية له، لذلك يتم إنشاء أحواض تجهيز المحلول من المبانى أو الخرسانة ثم يتم تبطينها بمادة لا تتأثر بالأحماض مثل السيراميك او تدهن بمواد لا تتاثر بالأحماض مثل الإيبوكس والفيبرجلاس اوالألياف الزجا جية

تحضير المحاليل المخففة من الشبة

يتم إضافة مأئة كيلو جرام من الشبة الصلبة (شيكارتين زنة الواحدة ٥٠ كجم) لكل متر مكعب من المياه فى الحوض لتعطى تركيز ١٠ % أما في حالة الشبة السائلة (٥٠ %) ذات كثافة ١,٣٢ فيتم التخفيف الى ٢٠ % من وزنها (ما يعادل ١٠ % صلبة)

مثال : حوض أبعاده ٢ × ٢× ٦ متر (إرتفاع)

سعة حوض التخفيف ٢٤ م^{٣}

كثافة الشبة ٥٠% = ١,٣٢

كتلة الشبة فى الحوض كصلبة (١٠٠%) = $\frac{٢٤ \times ١٠٠}{١٠٠٠}$ = ٢,٤٠٠ طن

كتلة الشبة فى الحوض كسائلة (٥٠%) = ٢,٤ × ٢ = ٤,٨ طن

حجم الشبة فى الحوض كسائلة (٥٠%) = $\frac{٤,٨}{١,٣٢}$ = ٣,٦٣ م^{٣}

أى يضاف ٣٦٣٦ لتر فى حوض سعة ٢٤ م٣ من الشبة (٥٠%) لتعطى تركيز ١٠% وهو يعادل = ٣٦٣٦ × ١,٣٢ = ٤,٨ طن.

حجم محلول الشبة م^{٣}	ارتفاع المياه	حجم المياه م^{٣}	كمية الشبة/طن	حجم الشبة م^{٣}
٢٤,٠	٥,٠٩١	٢٠,٣٦٤	٤,٨	٣,٦٣٦
٢٢,٠	٤,٦٦٦	١٨,٦٦٧	٤,٤	٣,٣٣٣
٢٠,٠	٤,٢٤٢٥	١٦,٩٧٠	٤	٣,٠٣٠
١٨,٠	٣,٨١٨	١٥,٢٧٣	٣,٦	٢,٧٢٧
١٦,٠	٣,٣٩٤	١٣,٥٧٦	٣,٢	٢,٤٢٤
١٤,٠	٢,٩٦٩	١١,٨٧٩	٢,٨	٢,١٢١
١٢,٠	٢,٥٤٥	١٠,١٨٢	٢,٤	١,٨١٨
١٠	٢,١٢١	٨,٤٨٥	٢	١,٥١٥
٨,٠	١,٦٩٧	٦,٧٨٨	١,٦	١,٢١٢
٦,٠	١,٢٧٢	٥,٠٩١	١,٢	٠,٩٠٩
٤,٠	٠,٨٤٨	٣,٣٩٤	٠,٨	٠,٦٠٦

- جدول يوضح كمية وحجم الشبة السائلة اللازمة لتحضير محلول تركيزه يعادل ١٠% صلبة لإرتفاعات مختلفة من الحوض.

تحضير محاليل من الشبه الصلبة و السائلة

يجب تخفيف الشبة الى تركيز مناسب قبل إضافتها الى الماه الخام فى أحواض، ويضاف الماء النقى اليها لتحضير المحلول كما يلى :

أ. فى حالة الشبة الصلبة(شكاير ٥٠ كجم):

بفرض ان سعة حوض الشبة ١٥٤ م^3 (١١ متر طول X٣,٥ عرض X ٤ م إرتفاع) فإنه يتم إسقاط ٣٠٨ شيكارة شبة صلبة فى الحوض للحصول على محلول بتركيز ١٠ % (يتم اسقاط شيكارتين لكل ١ م^3 من حجم الحوض.

ويتم إتباع الخطوات التالية لتجهيز المحلول المطلوب :

١ . يتم إضافة مياه للحوض من المحبس وعندما يصل منسوب المياه لمستوى ريش الخلط يتم تشغيله لتقليب المحلول.
٢ . يغلق محبس إضافة المياه للحوض عند ملئه.
٣ . استمر فى التقليب حتى يتم إذابة كل الشبة.
٤ . إبلاغ المعمل لأخذ عينة فى اليوم التالى.
٥ . يتم السحب من حوض الشبة حتى يصل الى مستوى عوامة أقل منسوب

ب . فى حالة الشبة السائلة(تركيز ٥٠ % من الخزان):

للحصول على محلول شبة تركيز ١٠ % يتم ملء الحوض بالمياه لأى إرتفاع نختاره طبقاً للجدول ثم يفتح محبس دخول الشبة السائلة بتركيز ٥٠ % من الخزان بالارتفاع المناظر له من الجدول مع التقليب بواسطة الخلاط للحصول على محلول شبة تركيز ١٠ %

تحضير محلول شبة بتركيز ١٠% باستخدام شكاير الشبة الصلبة

ارتفاع محلول الشبة ١٠% المطلوب تجهيزه (م)	حجم محلول الشبة ١٠% المطلوب تجهيزه (م^3)	عدد شكاير الشبة •
٤,٠٠	١٥٤,٠٠	٣٠٨,٠٠
٣,٩٠	١٥٠,١٥	٣٠٠,٣٠
٣,٨٠	١٤٦,٣٠	٢٩٢,٦
٣,٧٠	١٤٢,٤٥	٢٨٤,٩
٣,٦٠	١٣٨,٦	٢٧٧,٢
٣,٥٠	١٣٤,٧٥	٢٦٩,٥
٣,٤٠	١٣٠,٩	٢٦١,٨
٣,٠	١٢٧,٠٥	٢٥٤,١
٣,٢	١٢٣,٢	٢٤٦,٤
٣,١	١١٩,٣٥	٢٣٨,٧
٣,٠	١١٥,٥	٢٣١,٠٠
٢,٩٠	١١١,٦٥	٢٢٣,٣٠
٢,٨٠	١٠٧,٨	٢١٥,٦
٢,٧٠	١٠٣,٩٥	٢٠٧,٩
٢,٦	١٠٠,١	٢٠٠,٢
٢,٥	٩٦,٢٥	١٩٢,٥
٢,٤	٩٢,٤	١٨٤,٨
٢,٣	٨٨,٥٥	١٧٧,١
٢,٢٠	٨٤,٧	١٦٩,٤
٢,١	٨٠,٨٥	١٦١,٧
٢,٠	٧٧,٠	١٥٤,٠
١,٩٠	٧٣,١٥	١٤٦,٣
١,٨	٦٩,٣	١٣٨,٦
١,٧	٦٥,٤٥	١٣٠,٩
١,٦	٦١,٦	١٢٣,٢

• وزن شيكارة الشبة الصلبة هو ٥٠ كجم

تحضير محلول شبة يعادل تركيز ١٠ % صلبة باستخدام الشبة السائلة ذات تركيز ٥٠ %*

ارتفاع محلول الشبة المطلوب تجهيزه (م)	ارتفاع المياه المضافة (م)	حجم المياه (م٣)	ارتفاع الشبة ٥٠% المضافة (م)	حجم الشبة ٥٠% (م٣)
٤	٣,٣٩٤	١٣٠,٦٦٩	٠,٦٠٦	٢٣,٣٣٣
٣,٩	٣,٣١	١٢٧,٤٣٥	٠,٥٩٠	٢٢,٧٥
٣,٨	٣,٢٢٥	١٢٤,١٦٢	٠,٥٧٥	٢٢,١٦٦
٣,٧	٣,١٤	١٢٠,٨٩	٠,٥٦٠	٢١,٥٨٣
٣,٦	٣,٠٥٥	١١٧,٦١٧	٠,٥٤٥	٢٠,٩٩٩
٣,٥	٢,٩٧	١١٤,٣٤٥	٠,٥٣٠	٢٠,٤١٦
٣,٤	٢,٨٨٥	١١١,٠٧٢	٠,٥١٥	١٩,٨٣٣
٣,٣	٢,٨٠	١٠٧,٨	٠,٥٠٠	١٩,٢٤٩
٣,٢	٢,٧١٥	١٠٤,٥٢٧	٠,٤٨٥	١٨,٦٦٤
٣,١	٢,٦٣	١٠١,٢٥٥	٠,٤٧٠	١٨,٠٨٣
٣	٢,٥٤٥	٩٧,٩٨٢	٠,٤٥٥	١٧,٤٩٩
٢,٩	٢,٤٦١	٩٤,٧٤٨	٠,٤٣٩	١٦,٩١٦
٢,٨	٢,٣٧٦	٩١,٤٧٦	٠,٤٢٤	١٦,٣٣٣
٢,٧	٢,٢٩١	٨٨,٢٠٣	٠,٤٠٩	١٥,٧٤٩
٢,٦	٢,٢٠٦	٨٤,٩٣١	٠,٣٩٤	١٥,١٦٦
٢,٥	٢,١٢٢	٨١,٦٩٧	٠,٣٧٨	١٤,٥٨٣
٢,٤	٢,٠٣٦	٧٨,٣٨٦	٠,٣٦٤	١٣,٩٩٩
٢,٣	١,٩٥٢	٧٥,١٥٢	٠,٣٤٨	١٣,٤١٦
٢,٢	١,٨٦٧	٧١,٨٧٩	٠,٣٣٣	١٢,٨٣٣
٢,١	١,٧٨٢	٦٨,٦٠٧	٠,٣١٨	١٢,٢٤٩
٢	١,٦٩٧	٦٥,٣٣٤	٠,٣٠٣	١١,٦٦٦
١,٩	١,٦١٢	٦٢,٠٦٢	٠,٢٨٨	١١,٠٨٣

* كثافة الشبة السائلة الخام ١,٣٢ جم / سم٣ في هذا المثال

و يمكن تأكيد تركيز الشبه فى احواض الشبة عن طريق قياس كثافتها و مقارنة القيمة بالجدول الاتى :-

الكثافة بالهيدروميتر	التركيز المقابل لها
١,٠٣	%١٢
١,٠٤	%١٦
١,٠٥	%٢٠
١,٠٦	%٢٢
١,٠٧	%٢٦
١,٠٨	%٣٠
١,٠٩	%٣٤
١,١	%٣٨

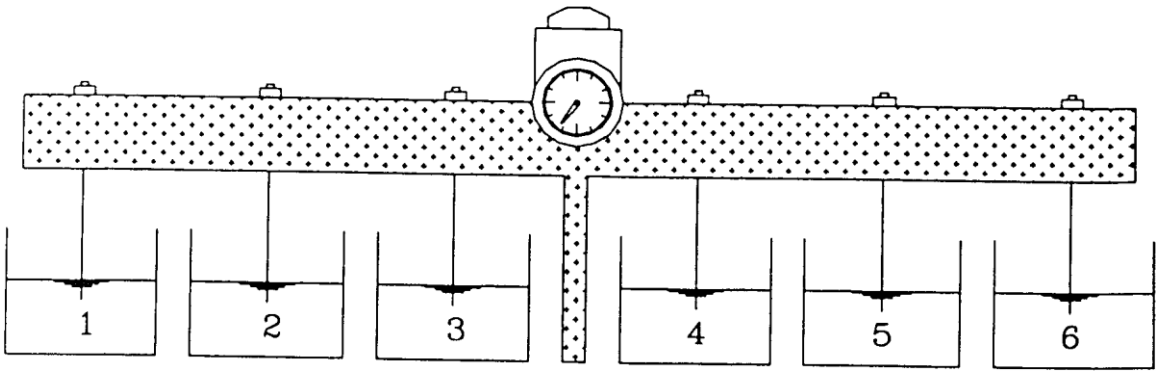
اختبارات التحكم فى التشغيل

مقدمة

للبدء فى إجراءات التحكم فى التشغيل وتحديد إضافة الشبةو فإنه من الضرورى البدء أولاً فى إجراء تجربة اختبار تحديد الجرعات (Jar test) والتى يتم على ضوء نتائجها تحديد جرعة الشبة المطلوبة إضافتها للمياه .

جهاز تحديد جرعات الشبه

يتكون الجهاز، كما هو مبين الشكل من مجموعه من الكؤوس الزجاجية و الذى يستخدم لتحديد جرعة الشبه الفعالة معمليا



ويوجد فى كل كاس قلاب صغير، ويتم إدارة هذه القلابات بواسطة عامود إدارة عن طريق تروس ، ويتم إدارة العامود بواسطة محرك كهربانى صغير .

ويتم دوران القلابات عن طريق التروس بسرعة تماثل سرعة تحرك الماه فى المروقات ويتم التقليب السريع بسرعة ٨٠ -٣٠٠ لفة/ دقيقة لمدة (١٥ -١٢٠) ثانيه تخفض الصرعة إلى (٢٠- ٤٠) لفة/ دقيقة لمدة (١٥- ٤٥) دقيقة بعد إضافة الجرعات المختلفة .

خطوات تجربة تحديد الجرعات

١. تجهيز المحلول

- **فى حالة الشبة السائلة:**

ضع ١٥,٦ ملليلتر من الشبة السائلة (كثافة نوعية ١,٣٢٥) فى قارورة سعة ١٠٠٠ مللى لتر وأكمل القارورة حتى علامة ١٠٠٠ بالماء للحصل على محلول شبة بتركيز ١٠٠٠٠مجم/ لتر (١ %)

ملحوظة:

تغيير الكثافة النوعية للشبة السائلة حسب الشركة المنتجة.

- **فى حالة الشبة الصلبة:**

١. ضع ١٠ جم من الشبة الصلبة سلفات الألومونيوم($Al_2(SO_3)_3.18H_2O$) الى ٦٠٠ مللى لتر مياه فى قارورة سعتها ١٠٠٠ سم^3 وأكمل القارورة حتى علامة ١٠٠٠ سم^3 بالماء. لتحصل على محلول شبة بتركيز ١٠٠٠٠مجم/ لتر (١%)

٢. أجمع ٨ لتر عينة من المياه العكرة.

٣. ضع فى كل كاس من الكئوس الستة كمية مقدارها ١٠٠٠ مللى لتر من المياه العكرة.

٤. ضع الكئوس داخل الجهاز ثم اسقط ريش التقليب فى الكئوس وقلب الماء بسرعة تعادل سرعة المياه بأحواض المحطة.

٥. اضف بحرص وسريعاً بواسطة ماصة جرعة الكلور المقدمة لجميع الكنوس

6. استخدم الماصة فى إضافة جرعات شبه متزايدة بالتوالى لكئوس الاختبار الستة بحرص وبسرعة بقدر الامكان.

7-استمر فى التقليب السريع لمدة حوالى دقيقة واحدة من بداية اضافة الشبة.

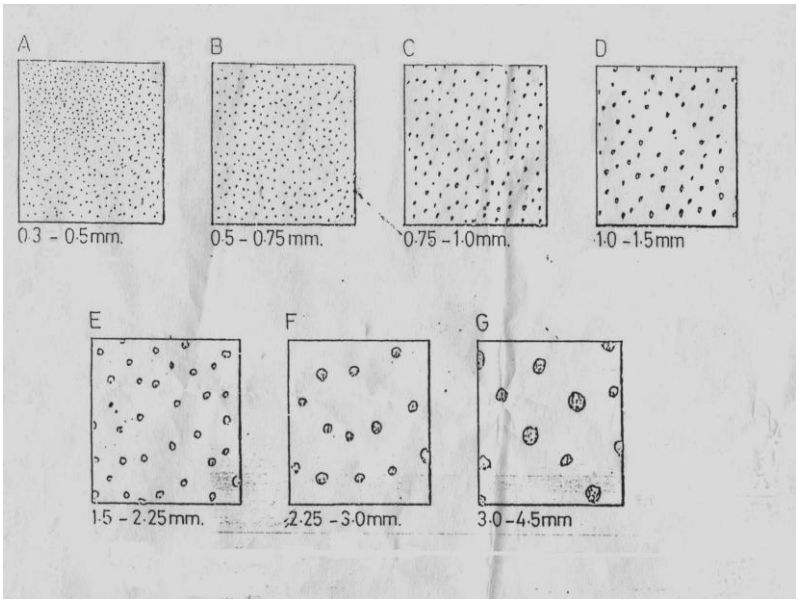
8. قلل من سرعة التقليب لتصل إلى ٢٠ - ٤٠ لفه/ د) واستمر فى تقليب المحلول من

مدة تتراوح من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة .

لاحظ سرعة بداية تكون الندف فى كل كاس وشكلها وحجمها .

١٠. أوقف عملية التقليب ولاحظ ترسيب الندف بالكئوس لمدة ٥ – ١٠ دقيقة. وعادة تشير العينة ذات الغيوم إلى عدم كفاءة الترويب. أما ذات الترويب الجيدة فتبدو رائقة لأحتوائها على ندف مجمعة ثقيلة الوزن

** سجل النتائج بتصنيفها إلى : ضعيفة / مقبولة / جيدة / ممتازة .



١١. اسحب بواسطة سيفون على شكل حرف (S) فى نفس الوقت كمية المياه التى تمثل ارتفاع ٧ سم العلوية من الكاس وهى حوالى نصف لتر تقريباً للكاسات الستة، وجمعها فى عدد ستة مخابير لاجراء باقى الاختبارات عليها كما هو موضح فى الجدول

نموذج تسجيل نتيجة فحص العينات

اسم محطة التنقية:								
اختبار التنديف رقم:							التاريخ:	
الكيماويات المساعدة رقم (١): كبريتات الألومنيوم (الشبة)							الزمن:	
الكيماويات المساعدة رقم (٢): الكلور								
الكيماويات المساعدة رقم (٣):								
العملية	الوحدة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
الشبة بتركيز ١٠ جم/ لتر								
الكلور	ppm							
جودة الندف:								
الحجم								
الكمية	مل							
سرعة الترسيب								
عكارة المياه المروقة	NTU							
الطحالب	عدد/ مل							
الرقم الهيدروجينى								
الكلور المتبقى	PPM							
الروبة %:								
الكمية								
معامل تماسك الروبة								
المياه المرشحة								
العسر	ملجم/ لتر							
القلوية	ملجم/ لتر							
المواد العضوية								
الألومنيوم المتبقى								
الرقم الهيدروجينى								
العكارة	NTU							
أفضل النتائج:								
المادة المساعدة			PPM	المادة المساعدة				PPM
كبريتات الألومنيوم (الشبة)								
كلور								

PPM : جزء فى المليون

الحسابات اللازمة لتجربة JAR TEST

١. تعيين قيمة الG-VALUE للمزج لسريع وتحويلها الى لفة/دقيقة باستخدام الجدول التالى

٢. اذا تم استخدام المأخذ بعد حقن الكلور لابد من تحديد الفترة الزمنية فى المحطة بين اضافة الكلور والشبة

٣. يتم تعيين فترة المكث فى المزج السرع

٤. يتم حساب فترة المكث فى احواض التنديف

فترة المكث= الحجم/التصرف

٥. يتم حساب قيمة ال G-value للتنديف

٦. يتم حساب الحمل السطحى

الحمل السطحى=التصرف/مساحة السطح

مع مراعاة ان تكون مياة الم؟أخذ متساوية فى الكمية والنوعية فى الكاسات وذلك بالتقليب المستمر للمأخذ بين اضافة كل كاس

١. يتم تحضير محلول الشبة وسحب المياة العكرة فى نفس يوم التجربة
٢. يتم قياس العناصر المطلوبة لمياة المأخذ
٣. يتم تحضير الكاسات والادوات التى سيتم سحب العينات بها بعد الترسيب للقياس

علاقة ال G –Value بعدد اللفات للقلاب السريع

م	G-VALUE (S-1)	عدد اللفات rpm
١	3.3	10
٢	9.5	20
٣	18	30
٤	27	40
٥	38	50
٦	61	70
٧	105.5	100
٨	200	150
٩	300	200
١٠	600	300
١١	870	400
١٢	1203	500

وتوجد عدة عوامل هامة فى تقييم نتائج اختبار تحديد الجرعات :

- معدل تكوين الندف
- شكل جزيئات الندف
- شفافية المياه تحت بين الندف
- حجم هذه الندف
- كمية الندف المتكونة
- معدل ترسيب الندف
- شفافية المياه للطبقة الرائقة

وتختلف تركيزات الشبة المستخدمة فى اختبار الكئوس تبعاً لاختلاف درجة عكارة المياه الخام أو بالتالى كمية الجرعة المطلوبه للمعالجة كما هو موضح بالجدول .

تركيز المواد الكيماوية (الشبة) المستخدمة فى إختبار (Jar Test)

الجرعة المطلوبة مللجم / لتر	عدد الجرامات /لتر (التحضير)	١ مللى من المضاف لكل كأس يساوى	تركيز المحلول %
١٠-١	١ جم / لتر	١ مللجم / لتر	٠,١ %
٥٠-١٠	١٠جم / لتر	١٠ مللجم / لتر	١%
٥٠٠-٥٠	١٠٠جم / لتر	١٠٠مللجم / لتر	١٠%

اختبارات التحكم فى التشغيل

توجد خمسة اختبارات تساعد على التحكم فى عملية الترويب/التندف وهى كالآتى:

- **اختيار تحديد الجرعات (Jar test)**
- **اختبار الرقم الهيدروجينى (pH)**
- **قابلية الترشيح**
- **جهد زيتا Zp**
- **الشفافية (أو العكارة)**

الرقم الهيدروجينى

يجب معرفة القائم على التشغيل لدرجة التاين الهيدروجينى المثلى لكل نوع من المرويات ويعطى أفضل نتائج تساعده على اختيار المروب الملائم أو يعمل على تصحيحها وضبطها قبل إجراء عملية التر ويب. كما أن قياس الرقم الهيدروجينى (pH) فى عينات المروق تعطى الدلائل الصحيحة على جودة الترويب .

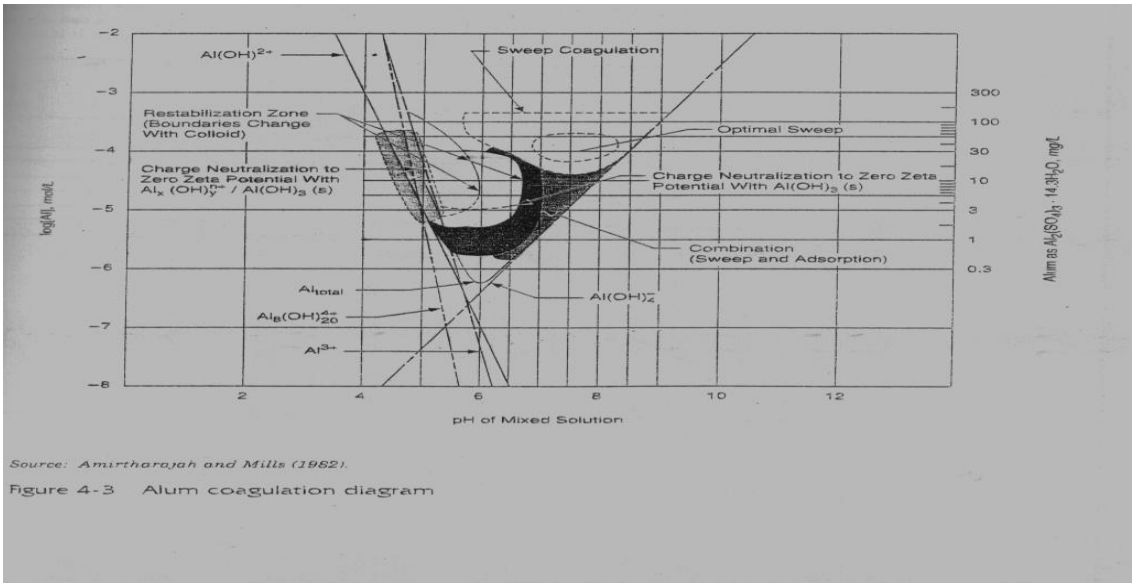


Figure 4-3 Alum coagulation diagram

الشكل السابق هو diagram تم تصميمة لتسهيل فهم عمل الشبة ومن الشكل يتضح الاتى:

- الاس الهيدروجينى والجرعة هما العاملان الرئيسيان المتحكمان فى عمل الشبة مع درجة الحرارة والمواد العضوية والتى تزيد من ذوبان الالمونيوم
- المنطقة خارج حدود المثلث هى منطقة ذوبان للالمونيوم ولا يحدث اى ترويب او تنديف
- المنطقة داخل حدود المثلث هى منطقة عمل الشبة
- مثال :جرعة ١٠٠ جم/م٣ لا تعمل عند pH اعلى من ٩,٥ او اقل من ٤,٥ لتكون الهيدروكسيدات الذائبة بينما تبدأ العمل عند pH اقل من ٩ واعلى من ٤,٥حيث يبدأ تكون الهيدروكسيدات القابلة للترسيب
- بينما جرعة ٣جم/م٣ تبدأ العمل من pH من ٧ – ٥
- كل 1 مجم/لتر شبة صلبة يحتوى على ٠,٠٩ مجم/لتر AL3+(تركيز ١٦-١٧%)
- كل 1 مجم/لتر شبة سائلة يحتوى على ٠,٠٤٥ مجم/لت AL 3+(تركيز ٨%)
- نقطة عدم الذوبان للالمنيوم تحدث عند pH 6-6.2 صيفا وعند pH 6.5-7 شتاءا
- الشبة حمضية وعند اضافتها للماء تؤدى الى انخفاض ال pH

جهد زيتا (Zp)

يستعمل اختبار جهد زيتا للمساعدة على تعيين أفضل د رجة تاين هيدروجينى وأفضل جرعة للمرويات مثل الألومونيوم +++Al لذا يجب مراقبة جهد زيتا (Zp)ليتراوح فى مدى معلوم لانتاج أقل عكارة ويتفاوت هذا المدى من محطة إلى محطة ويتراوح غالباً من 10 – 4 مللى فولت

درجة الترويب فى نطاقات مختلفة لجهد زيتا

متوسط جهد زيتا	درجة الترويب
(٣٠) – (صفر)	الحد الأقصى
(-١) – (-٤)	ممتازة
(-٥) – (-١٠)	متوسطة
(-١١) – (-٢٠)	ضعيفة
(-٢١) – (-٣٠)	معدومة تقريباً

اختبار قابلية الترشيح

يستخدم اختبار قابلية الترشيح كطريقة لاختبار مدى الفاعلية التى يمكن بها ترشيح مياه مروبة، ويقيس الاختبار مقدار المياه المرشحة فى مدة معينة ويجرى عادة بترشيح كمية صغيرة من مياه المحطة المروبة والمندفة فعلا قبل الترسيب فى مرشح قطره ١٥ سم(مرشح استرشادى) ويحتوى على نفس نوع وعمق وسط الترشيح المستعمل فى مرشحات المحطة ويزود هذا المرشح بجهاز لقياس العكاره ليسجل عكارة المياه الخارجية حيث تجرى قياسات مستمرة لعكارة المياه المرشحة ومن مميزات هذا الاسلوب فى التحكم فى الشغيل ما يلى :

- أن الماء المستعمل فى هذا الاختبار هو الماء المروب فعلا بالمحطة وليس لعينة مماثلة يتم تحضيرها فى المعمل.
- أن الماء عند أية نقطة يستغرق نحو ١٠ دقائق للمرور خلال المرشح

ولما كانت مدة المكث فى حوض الترسيب بحجمه الكامل وفى المرشحات الفعلية تستغرق نحو ساعتين إلى ثلاث ساعات لذلك فإن التغيرات فى جرعات المروب يمكن أن تجرى بناء على أداء المرشح قبل حدوث تدهور خطير فيه . وبصفة عامة فإن إجراء اختبارات **(Jar test)** واختبار **(pH)** ودرجة العكارة والشفافية (اختبارات التحكم فى

التشغيل) تعطى دلالة جيدة عن النتائج المتوقعة إلا أن تشغيل المحطة على الواقع قد لا يتطابق مع هذه النتائج ، لذا يجب مراقبة الأداء الفعلى من أجل:

- ملائمة الجرعة المناسبة لنوعية المياه المستخدمة.
- ملائمة الخلط السريع وحسن انشار المادة المروبة.
- ملائمة عملية التنديف البطىء.
- خزانات المياه المروبة والمرشحة.

ويعتمد التنديف الناجح على الخلط السريع والتام ورغم أن التر ويب يحدث فى أقل من ثانية واحدة إلا أن حوض الخلط قد يهيئ مدة مكث تصل إلى ٦٠ ثانية ويجب أن يكون الخلط عن طريق عملية الدوامات التى تحدث فى حركة المياه حتى ينشر المروب فى كل حوض التر ويب .

ويرى البعض أنه خلال العشر ثوان الاولى من نقطة الإضافة يجب أن يخلط المروب اختلاطاً تاماً مع كل قطرة مياه لبدء تكوين ندف فعالة وإلا فإن كفاءة العملية كلها تهبط ويتضح تاثير معظم الاستعمال الخاطئ للمروب عند هذه النقطة. ويمكن تصحيح هذه المشاكل إما بتعديل نقطة الإضافة أو طريقة الخلط .

ضبط جرعة الشبه

يتم ضبط جرعة الشبة طبقاً لنسة العكارة فى المياه ويعاد ضبط جرعة الشبة كلما تغيرت العكارة فى المياه بالتنسيق بين مشرف التشغيل وكيميائى المعمل ولا يتم عملية ضبط الجرعة مرة واحدة بل يلزم المتابعة المستمرة لها حسب توجيهات المعمل لتقليل استهلاكها مع المحافظة على أعلى نسة جودة للمياه ، ولو أمكن مثلا تقليل نسبة استهلاك الشبة، فإن ذلك يوفر كثيرأمن تكاليف التشغيل

طريقة حساب جرعة الشبه

بفرض أن طلمبة الشبة تعطى ٥١٤ جالون/ ساعة عند مشوار ١٠٠ % المكبس
ولنفرض أن المعمل حدد جرعة الشبة ٣٠ جم/م^{٣} لمروق يعطى ٥٠٠٠ م^{٣}/ ساعة

∴ كمية الشبه الصلبة المطلوبة = ٥٠٠٠ X ٣٠ = 15000 جم / ساعة و لكن حيث
الشبة المستخدمة سائلة بتركيز ١٠ % (١٠ جم شبه صلبة / ١٠ مل ماء)

∴ كمية الشبة السائلة المطلوبة = ١٥٠٠٠٠ × $\frac{١٠٠}{١٠}$

= ١٥٠٠٠٠٠ مل/ ساعة
= ١,٥ م^{٣} / ساعة

∴ مكبس الطلمبة يعطى ٥١٤ جالون/ ساعة عند مشوار ١٠٠ %
= ٥١٤ × ٣,٨ لتر/ ساعة
= ١,٩٥ م^{٣} / ساعة

∴ لكى تحصل على جرعة ١,٥ م^{٣}/ ساعة فإنه يلزم ضبط المشوار بنسبة

$$= \frac{١٠٠ \text{ x } ١,٥}{١,٩٥} = ٧٦\%$$

وحيث أن أقصى مشوار للمكبس مقسم إلى ١٠٠ قسم (علامة).

∴ يتم ضبط مشوار للمكبس على العلامة (٧٦).

ملحوظه: جالون أمريكى = ٣,٨ لتر

خطوات حساب جرعة الطلمبات

لحساب كمية الشبة التى يحب إضافتها فى الساعة إلى المياه العكرة باستخدام طلمبة الحقن فإنه يحب تحديد فتحة تصرف الطلمبة كالآتى:

$$\text{فتحة تصريف الطلمبة} = \frac{\text{كمية المياه العكرة (م}^3\text{/س)} \times \text{الجرعة جم/م}^3 \times ١٠٠}{\text{تركيز الشبة (جم/لتر)} \times \text{سعة الطلمبة (أقصى تصريف) (لتر/س)}}$$

وبفرض أن كمية المياه العكرة التى تدخل بيارة التوزيع تساوى ٢٠٠٠ م^3/ساعة وتركيز محلول الشبة المعد للغستخدام ١٠% والجرعة المطلوبة ٢٥جم / م^3، سعة طلمبة الشبة ١٢٠٠ لتر/ س.

$$\therefore \text{تكون كمية الشبة المطلوبة فى الساعة} = \frac{٢٥ \times ٢٠٠٠}{١٠} \times ١٠٠$$

= ٥٠٠,٠٠٠ مل = ٥٠٠ لتر

$$\text{وبالتالى فإنه يتم ضبط الطلمبة على فتحة مقدارها} = \frac{١٠٠ \times ٥٠٠}{١٢٠٠}$$

= ٤١,٦% تقريباً

أى أن الطلمبة تضبط على ٤١,٦% من سعتها لتعطى ٥٠٠ لتر/ ساعة بجرعة قدرها ٢٥ جم/ م^3 لكل ٢٠٠٠ م^3 مياه.

$$Al_2(SO_4)3 + 3Ca(HCO_3)_2 \text{ ------- } 2Al(OH)_3 + 3CaSO_4 + 6CO_2$$

$Al_2 (SO_4)3 + 3 NaCO_3 + 3H_2O$------- $2Al2 (OH)_3 + 3Na2SO_4 + 3CO_2$

$Al2 (SO4)3 + 3Ca (OH)_2$ ---------- $2Al (OH)_3 + 3CaSO_4$

من المعادلة السابقة يتضح ان

- كل ١ مجم/لتر شبة صلبة يقلل القلوية بمقدار ٠,٤٥ مجم/لتر as CaCO3
- كل ١ مجم/لتر شبة سائلة يقلل القلوية بمقدار ٠,٢٢٥ مجم/لتر as CaCO3
- يتم قياس فرق القلوية بين العكرة والمزج السريع او بداية حوض التنديف

المواصفات القاسيه المصرية

٤- ١٩٨٢
كبريتات الالمونيوم (الشبه الصلبة) المستعملة فى عمليات معالجة مياه الشرب

مقدمة

هذه المواصفات تلغى وتحل محل المواصفات القياسية المصرية رقم ٤ لسنة ١٩٥٨ التى سبق قيدها ونشرها بالسجل الرسمى فى ١٨٥٨/١٠/٣.

١. المجال

تحدد هذه المواصفات القياسية خواص كبريتات الألومونيوم (الشبه) المستعملة فى تنقية مياه الشرب التى تنطبق عليها الصيغة الجزئية $(Al_2(SO_4)_3.18H_2O)$ وتحضر بالتعامل الكيمائى بين حمض الكبريتيك مع أحد الخامات الغنية بالألومنيوم مثل البوكسيت (أكسيد الألومنيوم)

٢. الوصف

يجب أن تكون كبريتات الألومنيوم (الشبه) المستعملة فى تنقية مياه الشرب.

- من النوع النقى
- تكون على هيئة قوالب أو قطع صغيرة أو حبيبات
- تكون خالية من المواد الضارة (تحدد ها المعامل المركزية بوزارة الصحة)

٣ . الخواص الطبيعية و الكيميائية :-

- لاتزيد نسبة المواد غير القابلة للذوبان فى الماء على ٠,٥
- لاتقل نسبة أكسيد الألومنيوم عن ١٥,٣ %
- لا تزيد نسة الحديديك ٠,٩ %
- لا يزيد الزرنيخ على ٥٠ جزء فى المليون

٤. اخذ العينات

تقسيم العينة المرسلة بطريقة التربيع ثم يؤخذ منها حوالى ١٠٠ جرام وتطحن ثم تجرى عليها الفحوص اللازمة .

اولا:

أ. اذا كانت كمية الرسالة لا تزيد على ٢٠٠٠٠ عبوة فيؤخذ منها عدداً من العبوات طبق للجدول الأتى:

حجم الرسالة بالعدد		حجم العينة بالعدد
من	إلى	
٢	٨	٢
٩	٢٧	٣
٢٨	٦٤	٤
٦٥	١٢٥	٥
١٢٦	٢١٦	٦
٢١٧	٣٤٣	٧
٣٤٤	٥١٢	٨
٥١٣	٦٢٩	٩
٧٣٠	١٠٠٠	١٠
١٠٠٠	١٠٠٠٠	١١
١٠٠٠٠	٢٠٠٠٠	١٢

ويراعى عند أخذ العبوات أن تكون من مواضع مختلفة من الكمية .

ب. اذا كانت الكمية أكثر من ٢٠٠٠٠ عبوة تقسم الكمية إلى مجموعات كل مجموعة ١٠٠٠ عبوة ويؤخذ من كل منها عشر عبوات (١%) وتجمع العبوات المختارة ويؤخذ منها ٥ % من عددها حسبما اتفق فتكون هذه العبوات هى التى تمثل الكمية .

ثانيا:-

يؤخذ من كل عبوة حوالى نصف كيلو جرام وذلك بعمل ثقب أو فتحة فى العبوة ويراعى اختيار المواضع بحيث تكون غير متشابهة أو متماثلة فى العبوات المختلفة ثم تجمع العينات جميعها وتخلط مع بعضها خلط جيدا ثم تجزأ بطريقة التربيع حتى نحصل على العينة ممثلة وزنها حوالى ثلاثة كيلو جرامات .

ثالثا:-

تقسم العينة الممثلة إلى ثلاث عينات تزن الواحدة منها حوالى واحد كيلو جرام وتوضع كل منها داخل وعاء جاف نظيف من البلاستك أو الزجاج ثم تقفل جميعها قفلا جيدا أو تختم بالشمع الاحمر ويكتب عليها بخط واضح التاريخ الذى أخذت فيه العينة رقم الرسالة وتوقيع المكلف بأخذها وترسل أحداها للمعمل الكيميائى لاجراء التحليل اللازمة عليها ويحتفظ بالثانية لدى المشترى والثالثة لدى المورد وذلك لاحتمال طلب اعادة التحليل من أحد طرفى التعاقد.

٥. طرق الاختبار

طريقة تعين المواد غير القابلة للزوبان فى الماء

يوزن بدقة حوالى ٢٠ جم من العينة وتوضع فى كأس من الزجاج وتذاب فى حوالى ٢٠٠مللي لتر من الماء المقطر الساخن وتقلب لبضع دقائق ثم ترشح خلال بوتقة من الزجاج الملبد رقم ٤ أو بوتقة الالندوم موزونة وزنا دقيقا بعد تجفيفها عند درجة حرارة ١٠٠-١٠٥ مْ إلى أن يثبت الوزن وتحسب النسبة المئوية للمواد غير القابلة للذوبان فى الماء من العلاقة الاتية:

$$\text{النسبة المئوية} = \frac{\text{و}_1}{\text{و}} \times 100$$

حيث:

و_1 = وزن المتبقى فى البوتقة

و = وزن العينة بالجرام

طريقة تعين أكسيد الالمونيوم و الحديد:

ينقل ناتج الترشيح من العملية السابقة بعد أن يبرد لحرارة المعمل إلى قنينة قياس سعتها ١ لتر ثم تكمل بالماء المقطر إلى العلا مة وبواسطة ماصة ٢٥ ملليلتر لتوضع فى كأس من الزجاج سعة ٤٠٠ ملليلتر وتخفف بالماء المقطر ليصير حجمها حوالى ٢٠٠ ملليلتر ثم يضاف اليه حوالى ٥ جم من كلوريد النوشادر.

ويقلب المحلول جيدا حتى الإذابة وبعد ذلك يضاف ١ ملليلتر من حمض الهيدركلوريك المركز وأربع نقط من حمض النيتريك المركز ويقلب المحلول ببط ء لبضع دقائق وذلك لأكسدة الحديد ثم يضاف نقطتان من دليل أحمر الميثيل .

يضاف محلول هيدروكسيد النشادر المخفف بنسبة ١:١ تدريجيا مع التقليب المستمر إلى أن يبدأ الراسب فى الظهور ويستمر فى إضافة النشادر نقطة فنقطة حتى يظهر اللون الأصفر. تغلى محتويات الكأس لمدة دقيقة واحدة يتحول خلالها اللون الأصفر إلى اللون الأحمر الوردى ويرشح المحلول فورا باستعمال ورق ترشيح من النوع سريع الرشح مثل (ورق واتمان ٤١) مع مداومة غسل الراسب على ورق الترشيح بمحلول ٢ فى المائة من كلوريد النشادر الساخن إلى أن يتخلص تماما من الكبريتات من ناتج الترشيح .

ويجب مراعاة عدم زيادة مدة الغلى عن اللازم أو التأخير فى بدء عملية الترشيح. تجفف

ورقة الترشيح بما عليها من راسب بعد ذلك فى فرن هوائى درجة حرارته ١٠٠ مْ ثم تنقل إلى بوتقة من البلاتين موزونة وزنا دقيقا وتحرق با ستعمال اللهب العادى اولا ثم تنقل بعد تمام حرق ورقة الترشيح إلى فرن درجة حرارته حوالى ١٠٠٠ مْ أو با ستعمال البورى لمدة ساعة ثم تنقل البوتقة إلى المجفف وتنزل فيه حتى متبرد .

توزن وتعاد إلى الفرن والمجفف مع تكرار العملية إلى أن يثبت الوزن:-
تحسب النسة المئوية لهذين الا كسيدين من العلاقة الاتية :

$$\text{النسبة المئوية} = \text{و} \times \frac{١٠٠}{\text{و}} \times \frac{١٠٠}{٢٥}$$

و١ = وزن الراسب المتكون

و = وزن العينة بالجرامات

طريقة تعيين أكسيد الحديد

يحضر محلول قياس يحتوى على ٠,١ جم من أكسيد الحديديك من اللتر وذلك بأذابة ٠,٤٩ جم من كبريتات الحديدوز النشادرى فى ٥٠ ملليلتر من الماء المقطر و ٢٠ ملليلتر من حمص الكبريتك المركز ويسخن المحلول تسخينا هينا مع إضافة برمنجنات البوتاسيوم (٠,١ ع نقطة فنقطة إلى أن يتم أكسدة الحديد ويعرف ذلك عند ظهور لون وردى خفيف لا يزول بعد دقيقة واحدة ثم ينقل المحلول إلى قنينة قياس سعتها لتر. ويضاف من الماء المقطر الكمية المناسبة إلى العلامة ويصير كل١ ملليلتر من هذا المحلول محتويا على ٠,١ملليجرام من أكسيد الحديدك (٠,٠٠٠١ جرام أكسيد الحديدك) وباستعمال طريقة التقدير المقارن بالألوان المعروفة يمكن تقدير كمية الحديد وذلك بأخذ ١ ملليلتر من ناتج الترشيح المذكور فى صدر العملية السابقة وتوضع فى انبوبة

نسلر وتخفف إلى ٥ ملليلتر بالماء ويضاف اليها ٢,٥ ملليلتر من حمض الهيدروكلوريك المخفف بنسبة ٣:١ ثم نضع نقط من محلول برمنجنات البوتاسيوم حتى يصير اللون ورديا لمدة ٥ دقائق ثم يكمل بالماء المقطر إلى ٤٥ ملليلتر.

ثم يضاف ٥ ملليلتر من محلول ثيوسيانات البوتاسيوم وفى أنابيب نسلر أخرى مشابهة لها تماما فى السعة والقطر يوضع ٠,٢ ، ٠,٤ ٠,٦ ، ٠,٨، ١,٠ ، ملليلتر .. الخ من محلول أكسيد الحديديك القياسى السابق شرحة فى صدر هذا البند ويضاف اليها نفس نسب الكواشف وتكمل جميعها إلى ٠ ٥ ملليلتر بالماء المقطر وترج محتويات الأنابيب رجأ جيداً وتنقل الأنبوبة التى بها العينة إلى المكان المخصص لها فى جهاز قياس الالوان ثم تنقل إلى الجزء الاخر المخصص للمحاول القياسى الانابيب المذكورة فيما قبل لانتخاب الواحدة منها التى يتماثل لونها مع لونه الانبوبة التى بها العينة .

وتحسب النسبة المئوية لاكسيد الحديديك فى العينة من العلاقة الاتية:

$$\text{النسبة المئوية} = ح \times \frac{١}{١٠٠٠٠} \times \frac{١٠٠٠٠}{و} \times ١٠٠$$

حيث:

ح = حجم محلول الحديد القياسى بالملليلترات فى الأنبوبة المنتخبة

و = وزن العينة بالجرامات

وبطرح هذه النتيجة من النسبة المئوية لاكسيدى الالومنيوم والحديد تنتج النسة المئوية لاكسيد الالومنيوم على حدة .

المواصفات القياسية المصرية
١٧٠٠-١٩٨٩
الشبه السائلة المستخدمة فى عمليات معالجة مياه الشرب

١- المجال

تختص هذه المواصفات القياسية بمواصفات الشبة السائلة المستخدمة فى عمليات معالجة مياه الشرب ، وتحضر بالتعامل الكيميائي بين حمض الكبريتيك مع أحد الخامات الغنية بالألومنيوم مثل الكاولين أو غيره .

٢. الوصف

تكون الشبة السائلة المستخدمة فى عمليات معالجة مياه الشرب:

- من النوع النقى.
- خالية من المواد الضارة بالصحة (تحددها المعامل المركزية بوزارة الصحة)
- شفافة بحيث تسمح بقراءة أجهزة القياس بسهولة.

٣. الخواص الطبيعة والكيميا ئية

الخواص	النسبة المئوية
– المواد غير القابلة للذوبان فى الماء	لا تزيد على ٠,٢ %
– أكسيد الألومنيوم	لا تقل عن ٨ %
– الحديد	لا تزيد على ٠,٣٥ %
– الزرنيخ	لا تزيد على ٠,٠٠٥ %
– الأس الهيدروجينى	لا يقل عن ٣
– المعادن الثقيلة محسوبة كرصاص	لا تزيد على ٠,٠١ %
– النيتروجين محسوب كنيتروجين	لا تزيد على ٠,٠١%
– الوزن النوعى عند 20°م	١,٣%

تكون الخواص الطبيعية والكيميائية للشبة السائله طبقا لما هو مبين بالجدول السابق .

٤. عينات الاختبار

سحب العينات

تسحب عينات عشوائية متجانسة وممثلة بمعرفة الجهات المختصة من كل خزان من خزانات التخزين الموجودة لدى المنتج والمستهلك على السواء وكذا من صهارج

شاحنات النقل وكذلك عند الا ستخدام لدى المستهلك .

حجم العينات

- تسحب العينات بحجم لايقل عن ٢ لتر وتمزج جيدا ويعبأ منها ثلاثة عبوات بحجم لا يقل عن٢/١ لتر فى وعاء زجاجى محكم الغلق غير منفذ للهواء ثم تحرز وتختم بالشمع الاحمر .
- يكتب على كل وعاء بخط واضح التاريخ الذى أخذت فيه العينه ورقم الرسالة وتوقيع المشترى أو المورد أو مندوبيهما .
- ترسل عبوة للمعمل الكيميانى المختص لاجراء التحليل اللازمة عليها .
- تحفظ العبوتان الباقيتان واحدة طرف المورد والأخرى طرف المشترى .

النقل والتخزين

تنقل الشبة السائلة فى صهاريج قياسية مناسبة إلى مكان الا ستخدام وتخزن فى خزانات مناسبة لا تتأثر بالشب ولاتؤثر فيها .

الباب الرابع

تطهير المياه

مقدمة

يعتبر الماء ثانى أهم العناصر الضرورية للانسان بعد الأكسجين الذي نستنشقه من الهواء. وكما أن الماء لازم لاستمرار الحياة فقد يكون سببا في القضاء عليها إذا استعمل ملوثا بجراثيم الأمراض منل التيفود والدوسنتاريا والكوليرا أو غيرها .

والاهتمام بالماء وما ينقله من أمراض ليس وليد العصر الحديث فلقد أوصى به بقراط (اله الطب عند القدماء)
بغلي الماء الذى يستعمل للشرب كما ظهر واضحا على اللوحات الأثرية التى خلفا المصريين القدماء أنهم كانوا يقومون بغلى الماء قبل استخدامه للشرب .

ولقد أصبح من الصعب الحصول على مصدر المياه الآمن نظرا لأن بعض المدن تستعمل المجارى المائية المجاورة لها سواء كانت - انهارا أو بحارا أو مصارف - أو بحيرات لصرف

مخلفاتها السائلة عليها سواء قبل أو بعد علاجها جزئيا أو كليا ، لذلك فان من واجب الحكومات أن تراقب مل هذه الحالات وعليها ايجاد الحلول اللازمة لتحفظ للمجرى المائي سلامته من أي تلوث قد يضر بالصحة العامة أو يؤذى الثروة المائية .

يتضح مما سبق إن تطهير مياه الشرب أمر حيوي وضروري حرصا علي صحة المواطنين وضمانا لسلامتهم. وعملية التطهير في معالجة المياه تهدف في المقام الأول إلى التخلص من كل أنواع الكائنات الحية الدقيقة .

عملية تطهير المياه

عملية تطهير المياه هى أهم خطوة من خطوات معالجة المياه فهى التى تضفى عليه صفة الصلاحية وتؤمنه ضد الأمراض المعدية المنقولة عن طريقه وتتم عملية تطهير المياه بطرق متعددة منها:-

المعالجة الحرارية

وهي أول طريقة تم اكتشافها منذ سنوات عديدة ويتم فيها غليان الماء، باستخدام الغليات، و لا تستخدم هذه الطريقة في إنتاج كميات كبيرة من المياه نظرا لارتفاع تكلفة الطاقة المطلوبة لها وإن كانت تستخدم في تحلية المياه المالحة .

المعالجة الاشعاعية

وتتم عن طريق مرور المياه علي لمبة تنتج أشعة فوق بنفسجية ويجب أن تكون المياه خالية من العكارة وقريبة جدا من اللمبه المشعة لذا لا تستخدم هذه الطريقة إلا فى إنتاج الكميات الصغيرة من المياه

المعالجة الكيماوية

يمكن استخدام العديد من المواد الكيمائية فى تطهير المياه ومنها: الكلور (لكلورة)، ثانى أكسيد الكلورو برمنجانات البوتاسيوم ، الأوزون الجير، البروم، اليود.

الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة :

١. أن تكون قاتلة للجراثيم ولا تؤثر على صحة الإنسان.
٢. أن تكون رخيصة الثمن ومتوفرة محليا أو يسهل استيرادها طوال العام
٣. أن يكون استعمالها سهل ومأمونا.
٤. أن يكون تخزينها سهل وآمناً.

التطهير بالكلور

عملية إضافة الكلور من أكثر الطرق انتشارا في عمليات تطهير المياه وقد كان لظهور عملية الكلوره في أواخر القرن الماضي اثر كبير في القضاء بدرجة كبيرة علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وابسط المعدات واقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفود والتى كان لظهور الكلور واستخدامه الفضل الأكبر فى القضاء عليهما .

ويتميز التطهير بواسطة الكلور بسهولة استعماله، وكذلك سهولة الحكم على مدي فاعليته بالتأكد من بقاء قدرا من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته .

ولا يعرف علي وجه التحديد كيف يعمل الكلورين علي قتل البكتريا في الماء وإن كان المعتقد أن مركبات الكلور التي تتكون عندما يضاف الكلور ين إلى الماء تقضى على بعض الأنزيمات الضرورية للعمليات الحيوية فى هذه الكائنات و لقد تاكد عدم صحة الاعتقاد السائد بان البكتريا تتاكسد نتيجة اضافة الكلورين وذلك لان عملية التأكسد تحتاج الى كميات هائلة من الكلور، في حين أن التطهير الناتج الآن لا يتطلب إلا كميات ضئيلة منه. وهذا لا يمنع أن الكلو رين عابل مؤكسد قوي وعندما يستخدم كميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب فى المرشحات .

والكلور عنصر كيماوي ينتج خلال صناعة الصودا الكاوية ويدخل الكلور في كثير من الصناعات المدنية والحربية منها علي سبيل المثال صناعة البترول والمعادن والورق والمنسوجات والصناعات الكيميائية والصناعات الغذائية كما يستعمل الكلور في معالجة مياه الصرف الصحى وتطهير مياه الثرب .

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور في الصناعة بواسطة التحليل الكهربي لمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام). ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبة حيث تتم إسالته ويحفظ في خزانات كبيرة إلى أن تتم عملية تعبئته في الاسطوانات المستخدمه في محطات المياه ومصانع النسيج و خلافه .

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل أى مادة فى ثلاث صور مختلفة: السائلة، الغازية. الصلبة ولكل منها خصائصه .

غاز الكلور

غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة وهو أثقل من الهواء مرتين و نصف له رائحة مميزة شديدة النفاذية ووزنه الذرى ٣٥,٥

الكلور الغازي ضعيف القابلية للذوبان في الماء (٦,٧ جم/لتر ماء عند ٢٠مْ ،١٤,٨ جم/لتر ماء عند صفر مْ ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب ، كما أن حفظ محلول الكلور في درجة حرارة باردة يحافظ على . تركيزه لفترة طويلة .

وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار، إلا انه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة .

كذلك فإن الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتأكل ، إلا انه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا ما تعرض للرطوبة.

غاز الكلور سام ومهيج للاغشية المخاطية المبطنة للانف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة فى التنفس.

يسال بالتبريد عند -٣٤,١ م ْ، ضغط جوى ا بار(أو يسال تحت ضغط عالي)٧كجم/ سم ٢ ، في درجات الحرارة العادية(ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسصوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين الى ١٠٠٠ كيلوجوام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المياه.

فى حالة وجود تسرب لغاز الكلور فى الجو فإن ٣ جزء فى المليون هى اقل نسبة يمكن حسها بالشم ء وعند ١٥ جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة، ويصبح خطرا إذا ما استشق لفترة من ٣٠ - ٦٠ دقيقه عند تركيز من٤٠ - ٦٠ جزء فى المليون، وإذا زاد التركيز فى الجو ليصل إلى ١٠٠٠ جزء في المليون فإنه يصبح مميت. أما الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو وتكون آمنة لفترة الوردية الواحدة (ثماني ساعات) لا تتجاوز تركيز ١ . ٠ جزء في المليون.

الكلور السائل

عبارة عن محلول نقى كهرماني اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريبا. وللكلور السائل معامل تمد د عالي، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة، حيث يزداد تمدد السائل ليملاء الأسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٦٧,٥ مْ ولذلك يلتزم دائما بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من ٨٥ % من حجمها. وحيث أن الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى، لذلك فهو نادرا ما يرى في صورته السائلة.
وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجوم الواحدة منه تنتج حوالي ٤٥٦ وحدة حجم من الغاز النقى عند درجة حرارة ١٥ مْ وضغط ٧١٠ مم زئبق

و بالتالى عند حدوث تسرب فى اسطوانة الكلور يتحتم تعديل وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب فى اعلاه لكى يتسرب غاز الكلور و ليس السائل

الكلور الصلب

نظرا لان الكور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جدا (-١٠٢ مْ) فهو نادرا ما يوجد في صورته الصلبة ، غير انه يتواجد متحدا مع بعض العناصر الأخرى فى صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات .

مركبات الكلور

بخلاف الكلور النقى يتواجد الكلور علي هيئة مركبات سائلة أو صلبة :

- **محلول الكلور**

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم وهو محلول يحتوي علي حوالي ١٥% من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة، ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط أن لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة على الماء سواء بالصب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة. (لا يستعمل بكثرة بالإضافة إلى آن محلوله يسبب تآكك في المواسير) .

- **مسحوق أو أقراص الكلور:**

ويسمي كيماوياً (هيبوكلوريت الكا لسيوم) و هذه المادة تحتوى علي حوالي ٦٠ – ٧٠ % من الكلور الحر.

ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبان نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات ت ليست بالطويلة. وعند الاستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمه بواسطة أجهزة خاصة .

- **المسحوق المبيض:**

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار، له رائحة قوية نفاذة، الجديد منه يحتوي علي ٣٢ % من وزنة كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ فى النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفظة في عبوات خاصة محكمة القفل ، كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل الاستخدام حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة.

وعموما فإن اسعمال مركبات الكلور اصبح غير شائع فى عمليات التطهيرللمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل فى الحالات الآتية:-

١ . تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها او إصلاحها.

٢ . تطهير مرشحات وخزانات المياه

٣. في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

استخدامات الكلور فى محطات المياه

يستخدم الكلور فى محطات المياه لغرض التطهير و للقضاء على مشاكل الطعم و الرائحة و لاكسدة الشوائب الكيميائية

١. التطهير:

يستخدم الكلور فى محطات مياه الشرب كمادة مطهرة. إذ أن إضافة اكلور تتسبب فى قتل البكتريا الضارة والمسببة للامراض. ولذلك تحدد اشتراطات جهات الصحة المختلفة ضرورة إضافة جرعات وافية من الكلور للماء تكفل توافر الكلور المتبقى حت ى نهايات شبكة التوزيع (فى حدود ٢ . ٠ ملجم/لتر)

٢. القضاء على مشاكل الطعم والرائحة:

قد يستخدم الكلور للقضاء على بعض مشكلات الطعم والرائحة فى مياه الشرب. إذ أن معظم مشاكل الطعم والرائحة تتسبب عن بعض النباتات المجهرية الدقيقة التى تتواجد فى مصادر المياه السطحية. فيتفاعل الكلور كمادة مبيده للطحالب ويقضى على تلك النباتات المسببة للطعم والرائحة. إلا أن هناك أنواع قليلة من الطحالب لا تتفاعل مع الكلور بالشكل المرغوب ويترتب على ذلك زيادة حدة الروائح الطعم غير المقبول للماء.

٣. الأكسدة:

يقوم الكلور بأكسدة عدد من الشوائب الكيميائية الموجودة فى الماء كالحديد.

المنجنيز ، النيترات ، الأمونيا وكبريتيد الهدروجين . وبالتالى ازالتها من الماء. وتتواجد تلك الشوائب عادة فى مصادر المياه الجوفية .

استخدامات الكلور فى معالجة مياه الصرف الصحى

يستخدم الكلور فى معالجة مياه الصرفالصحى لأغراض التطهير والتحكم فى الرائحة والمساعدة على الترسيب وتخفيض الأكسجين الحيوى الممتص وإ زالة الخبث الطافى تكتلات الحمأة والقضاء على ظاهرة تكون البرك وانتشار الذباب فى المرشحات الزلطية .

١. التطهير:

إن المياه المعالجة والتى يتم صرفها فى المجارى المائية ، لابد وأن تخضع أولاً لعملية الكلورة. ويتم ذلك بإضافة الجرعات الكافية من الكلور والتى تكفل بقاء١ ملجم/لتر على الأقل من الكلور المتبقى فى الماء بعد فترة تلامس ٢٠ دقيقة. وذلك لضمان القضاء على المواد العضوية الضارة والمسببة للامراض قبل صرفها على المجرى المائي.

التحكم فى الرائحة:

ترجع الروائح الموجودة فى محطات معالجة مخلفات الصرف عادة إلى التحلل اللاهوائى لمخلفات المواد العضوية. فإذا كانت المخلفات الداخلة لمحطة المعالجة فى حالة تعفن أو تحلل، استلزم ذلك إضافة الكلور إلى التصرف الداخل.

أما المخلفات ذات معدلات الأكسجين الممتص العالية كمخلفات صناعات التعبئة والتغليف، ومعامل تعليب الأطعمة و ومزارع الأ لبان ء والمخلفات الصناعية والتجارية الأخرى. فيجب إضافة الكلور إليها قبل وصولها إلى مجارى الصرف. ويعد توفير ٥٠ % من استهلاك الكلور معدلاً جيداً للقضاء على الروائح الكريهة .

٣. المساعدة على المتر سيب:

فى الأحوال التى تظهر فيها بوادر التحلل أو التعفن في أحواض الترسيب الابتدائي، تفيد عملية كلورة المخلفات الأولية فى تحسين _قدرة المواد الصلبة العالقة على الترسيب. إذ أن المواد الصلة المتحللة تنتج غازات تؤدى إلى زيادة المواد الصلبة العالقة فى المروق.

٤. تخفيض الأكسجين الحيوى الممتص :-

يعد الأكسجين الحيوى الممتص مقياساً لقوة تركيز المخلفات أو لمقدار المواد العضويه الغير مسقره الموجوده بها. ويقوم الكلور بخفض معدل الأكسجين الحيوى الممتص أو بتقيلل تركيز مخلفات الصرف السائلة عن طريق أكسدة بعض المواد العضوية الغير ثابته. وبإضافه١ ملجم/لتر كلور ممكن توقع خفضمعدلالاكسجين الحيوى الممص بمقدار ٢ ملجم/لتر عند الدرجة التى يتوفر فيها الكلور المتبقى.

٥. ازالة الشحم

يمكن استخدام الكلور فى استحلاب الشحوم(تحويلها إلى مستحلب) مما يسمح بكشطها من السطح بعد ذلك. كما يتم استخدام الهواء أحياناً بإدخاله من خلال قاع الحوض/الخزان ليساعد على طفو الشحم المستحلب

٦. ازالة الخبث الطافى و تكتلات الحماءة

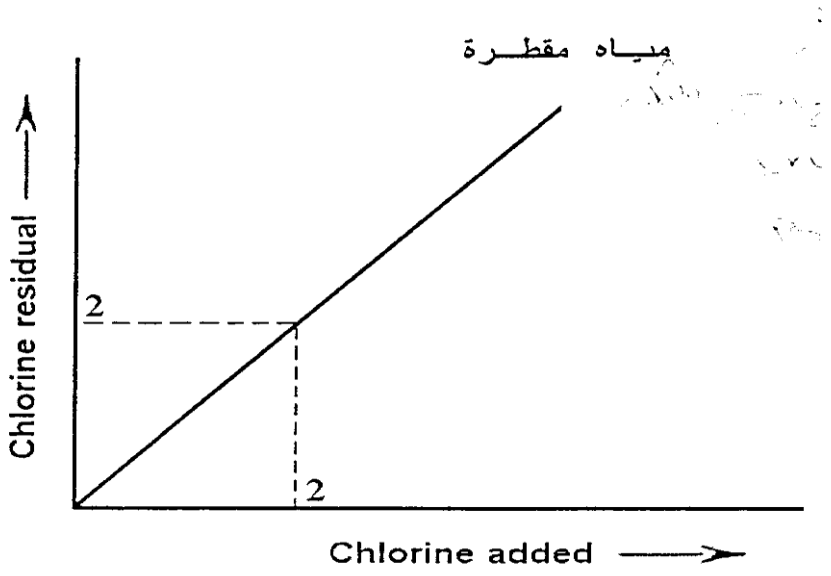
يستخدم الكلور فى بعض الأحيان للتحكم فى الحمأة الطافية داخل محطة الحمأة المنشطة عن طريق كلورتها. كما يمكن أيضا استخدام الكلور فى محطات الحمأة المنشطة للمعادلة فى حالات التحميل الزائد .

٧. القضاء على ظاهرة تكون البرك وانتشار الذباب فى المرشحات الزلطية

قد يستخدم هيبوكلوريت الكالسيوم فى المرشحات الز لطية التى تظهر بها مشكلة تكون البرك)انسداد وسط المرشح وركود المياه (وتنتج هذه الظاهرة عادة عن وجود كثافات كبيرة جداً من المواد الهلامية)كتل هلامية من البكتريا تتشكل عند انتفاخ جدران الخلية نتيجة لامتصاص الماء(. ويؤدى استخدام الكلور إلى قتل هذا النمو الزائد والذى ينسلخ من تلقاء نفسه بعد ذلك وينجرف الى المروق النهائى. هذا بالإضافة إلى أن استخدام الكلور يساعد أيضاً فى القضاء على يرقات الذباب بالمرشح.

نظرية عمل الكلور

لفهم تفاعلات الكلور في المياه الطبيعية . نفرض مبدئياً أن التفاعل سيحدث في مياه مقطرة . فإن كمية الكلور الحر المتبقية تتعلق مباشرة بكمية الكلور المضافة(الجرعة .)



وعلى سبيل المثال: إذا اضيف جرعة كلور بمقدار ٢ مجم/لتر لتلك المياه ستعطى نفس القيمة (٢ مجم/لتر) ككلور متبقى حر بعد انتهاء فترة المكث .

وسيتم التفاعل كالتالى:

كلور + ماء ← حامض الهيبوكلورز + حامض الهيدروكلوريك

$$CL_2 + H_2O \rightarrow HOCl + HCl \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

نواتج التفاعل مركبات ضعيفة لا تلبث ان تتفكك إلى نواتج أخرى كالتالي:

حامض الهيبوكلورز ← أيون الهيبوكلوريت + ايون هيدروجين

(حامض ضعيف يتفكك)

$$HOCl \rightarrow OCl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

وحامض الهيدروكلوريك ← ايون كلور + ايون هيدروجين

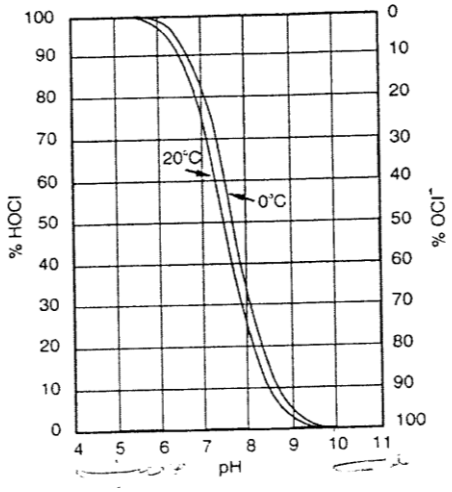
$$HCl \rightarrow Cl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

ويمثل حمض الهيبوكلورز HOCl أحد شكلين من أشكال الكلور الحر المتبقى وهو الأكثر فاعلية في عملية التطهر وعند تحلله كما في المعادله (٢) السابقه ينتج ايون الهيبوكلورت-OCl وهو الشكل الثانى من أشكال الكلور الحر التبقي وتأثيره في عمله التطهير تعادل ١% فقط من تأثنر حمض الهيبوكلورز.

الشكل	فاعلية الكلور مقارنة بحمض الهيبوكلورز
HOCl	1
OCl –	1/100
NCl3	-
NHCl2	1/80
NH2CL	1/150

تأثير pH على التفاعل:

يتأثر التفاعل بالأس الهيدروجيني تأثيرا كبيرا فكلما كان الوسط اقرب للحامضية زاد حامض الهيبوكلوروز وكلما كان الوسط اقرب للقاعدية زادت أيونات الهيبوكلوريت.



فمثلا :-

عند الاس الهيدروجينى ٦,٧ تكون النسبة

٢٠ % ملح هيبوكلوريت +٠ ٨ % حمض هيبوكلوروز

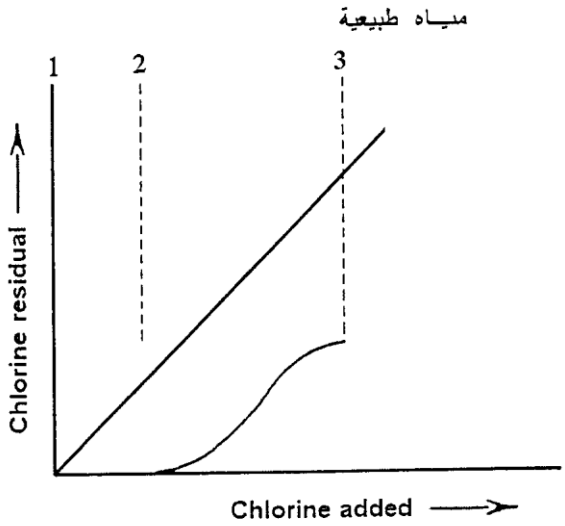
عند الاس الهيدروجينى ٧,٣ تكون النسبة

٤٠ % ملح هيبوكلوريت +٠ ٦ % حمض هيبوكلوروز

عند الاس الهيدروجينى ٨,٣ تكون النسبة

٨٠ % ملح هيبوكلوريت + ٢٠ % حمض هيبوكلوروز

يتبين مما سبق انه قد يوجد كلور بالعينة. ولكن فاعليته تختلف بالزيادة او النقصان تبعا لاختلاف درجة تركيز الأس الهيدروجينى



أما بالنسبة للمياه الطبيعية فكما نعلم أن بها مواد ذائبة وشوائب عالقة وبالتالى فان تفاعل الكلور مع تلك المواد والشوائب سيتداخل ويؤثر على كمية الكلور المتبقى الحر كنتيجة لذلك.

وعلى سبيل المثال: إذا احتوى الماء على حديد، منجنيز، أمونيا، نيتريت ، أو أي مادة عضوية فسوف يتفاعل الكلور المضاف معها ليعطى انحراف في المنحنى يناسب تلك المتفاعلات ودرجة تركيزها بالمياه

من الشكل:- المسافة بين النقطتين ٢ و ١ الكلور المضاف يتحد مباشرة مع الحديد و المنجنيز و النيتريت كمواد مختزلة ولا يظهر تبعا لذلك أي كلور متبقى حتى الانتهاء من أكسدة كل تلك المواد بواسطه الكلور.

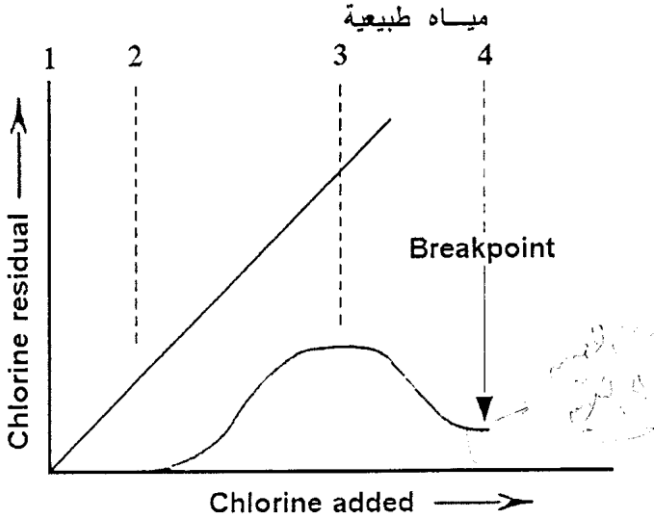
باستمرار إضافة الكلور نلاحظ انه على امتداد المسافة بين النقصتن ٣ ، ٢ يبدأ الكلور في التفاعل مع الأمونيا والمادة العضويه ليشكل مركب الكلورامين والمركبات الكلو وعضوية وهذه النواتج من أشكال الكلور تعرف بالكلور المتبقى المتحد ولكن فاعلة هذه الأ شكال كعامل مطهر تكون اضعف من الكلور الحر.

وفيما بين النقطتين ٣ و ٢ غالبا يكون أحادى الكلورامين هو شكل الكلور المتبقى كناتج التفاعل:

أمونيا + حمض الهيبوكلورز ← أحادى الكلورامين + ماء

$$NH_3 + HOCl \rightarrow NH_2Cl + H_2O \quad (pH > 7) \ldots\ldots (4)$$

يوضح الشكل التالى انه بمتابعة إضافة كلور للمياه ، يبدأ الكلور المتبقى من النقطة ٣ حتى النقطة ٤ في الانخفاض وذلك كنيجة لبدأ أكسدة مركبات أحادى الكلورامين الى مركبات ثاني وثالث الكلورامين و حتى تمام الأكسدة وتكون غاز النيتروجين .



ويوضح ذلك التفاعلات التالية:

في حالة إذا ما كان NH_3 بكمية وفيرة:

$$NH_2Cl + HOCl \rightarrow NHCl_2 + H_2O \quad (4 < pH < 6) \ldots\ldots (5)$$

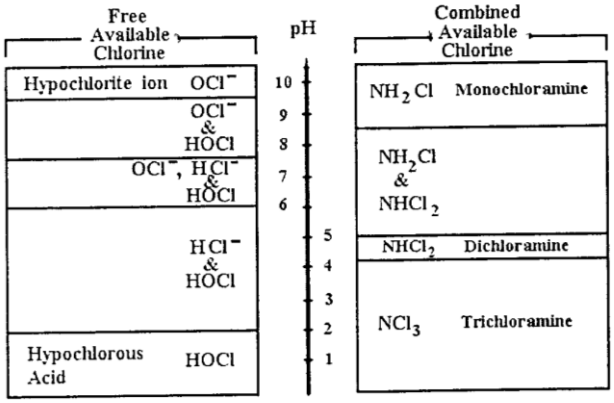
$$NHCl_2 + HOCl \rightarrow NCl_3 + H_2O \quad (pH < 3) \ldots\ldots (6)$$

ونلاحظ من التفاعلات السابقة انه عند pH اكبر من ٧ يتكون أحادى الكلورامين ، وعند pH 6 يبدأ ثاني الكلورامين ببطئ في التكوين ويظهر بوضوح بين ٦ <pH< ٧ أما ثالث الكلورامين فيتكون عند pH أقل من ٣ . كما أن الكلورامين ممكن أن يتك,ن مع أي Amine Organic منل البروتين، حيث يظهر الكلورامين بسرعة أولا ثم يعقبه ببطء ظهور ثاني وثالث الكلورامين مع الاحتياج إلى فترة تلامس أطول حتى يتم التفاعل.

إذا كان كمية NH_3 في الماء كافية فإن التفاعل سيكون ثابت ، وإذا ما كان كمية الكلور المضافة اكبر مع NH_3 فان الكلورامين سيتكسر إلى النير وجين
كما في المعادلة التالية : -

$$2NH_2Cl + HOCl \rightarrow N_2 + 3\,HCl + H_2O \quad \ldots\ldots (7)$$

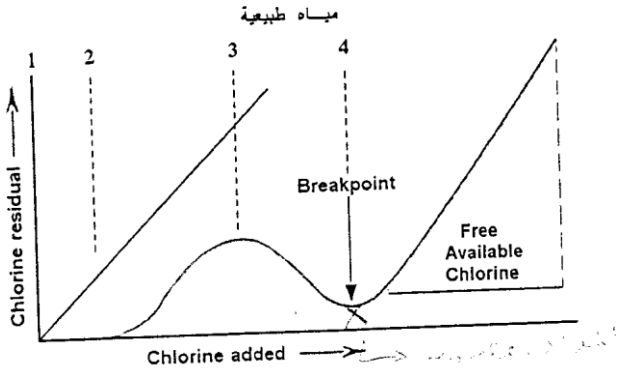
٦٠) يوضح علاقة pH بأشكال الكلـور المحتمـل تواجـدها بالميـاه



ويختلف مفعول كل نوع من مركبات الكلور السابقة عن الآخر في عمليات التطهير حيث يلاحظ أن الكلور الحر اقوي بكثير في قتل البكتريا عن الكلور المتحد. ويلا حظ أيضا أنه يلزم استخدام مقدار من الكلور المتحد اكبر ٢٥ مرة من الكلور الحر لتحقيق نفس القدرة علي القتل في نفس المدة الزمنية

علاوة علي ذلك فان التطهير بالكلورامين عملية بطيئة وتحتاج إلى فترة تلامس اطول.

النقطة ٤ هى أدنى قيمة يصل لها الكلور وتعرف باسم نقطة الانكسار. ثم يبدأ بعدها ظهور كلور حر متبقي ويزيد بزيادة جرعة الكلور المضافة . بمعنى انه بعد نقطة الانكسار أي إضافة للكلور تظهر في صورة كلور حر متبقي، وقيمة الكلور الحر المتبقى يجب أن تمثل ٨٥ ـ ٩٠ % من مجموع الكلور المتبقى (حر + متحد) بالمياه المعالجة .



يجب أن نتذكر أن الكلور المتبقى المتحد يمثل مركات ثنائى و ثلاثى الكلورامين والمركبات الكورو- عضوية)As THMs

العوامل المؤثره فى عملية التطهير(فاعلية الكلور)

تتوقف فاعلية الكلور في قتل البكتريا علي العوامل الآتية:-

١. جرعة الكلور:

بديهي إن فاعلية الكلور فى القضاء علي البكتريا تزيد بازدياد جرعة الكلور المضافة الى المياه.

٢. مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

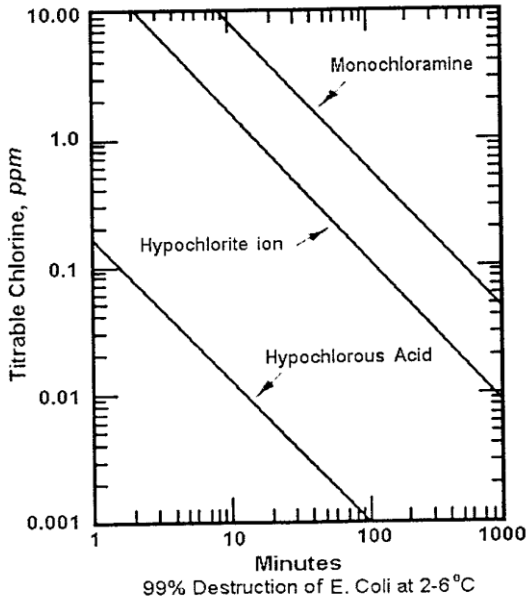
تزيد فاعلية الكلور كلما طال من التلامس . و نظرا لان مقاومة البكتريا للكلور باختلاف أنواعها . فوجد انه يجب أن تمر ثلاثين دقيقة على الأقل من إضافة الكلور وحتى استعمال الماء كفترة تلامس. وقد وجد أن قدرة الكلور على قتل البكتريا بالماء تتأثر تأثراً كبيراً بالعاملين السابقين (الجرعة، ووقت التلامس) طبقا للعلاقة التالية:

$$\text{Kill} \propto \text{CXT}$$

ويؤثر كل منهما على الآخر فبزيادة تركيز الكلور يقل الوقت اللازم للقتل والعكس بالعكس.مع الأخذ في الاعتبار أن الكلور المتحد تأثيره اقل من الحر في عملية التطهير ولذلك يلزمه فترة تلامس أطول لإتمام عملية قتل البكتريا الموجودة بالماء.

من المهم معرفة فترة التلامس الملائمة لنوع الكلور المتبقى الموجود بالماء ، فمثلا نعتمد على الكلور الحر المتبقى في التطهير عندما يكون الوقت المقطوع من نقطة إضافة الكلور حتى نقطة استهلاكه قصير. الشكل (يبين العلاقة بين الوقت اللازم لقتل بكتريا E Coli بنسبة ٩٩ % عند درجة حرارة ٢ - ٦ م° ونوع الكلور المتبقى بالماء .

تذكر انه : يجب أن يتوفر ٢ . ٠ مجم/لتر كلور حر فى أطراف الشبكة التى تتغذى من محطة المعالجة.



٣. درجه الحراره:

بالرغم من أن درجة حرارة المياه المنخفضة تحتفظ أكثر بالكلور إلا أن الحرارة العالية أكثر فاعلية، ولذلك يجب تغيير جرعة الكلور مع تغير الفصول للحفاظ على نسبة الكلور المتبقى بالمياه، بمعنى إن جرعة الكلور تزيد بانخفاض درجة الحرارة للحصول علي نفس كفاءة التطهير.

٤. درجة تركيز أيون الهيدروجين:

لقد تبين أن المياه ذات التركيز الهيدروجيني المنخفض تلزهما جرعات كلور اصغر من المياه ذات التركيزالهيدروجين المرتفع للحصول علي نفس كفاءة التطهير.وتفسير ذلك ان الأس الهيدروجيني هو الذي يحدد النسبة بين تركيزي كل من -HOCl - OCl ويوضح الشكل السابق

تلك العلاقة. لاحظ من الشكل أيضاً أن درجة الحرارة تأثيرها ضعيف على نسبة التحلل بالمقارنة بتأثير الأس الهيدروجيني.

استخدام مركبات الهيبوكلوريت في عمليات التطهير ترفع من قيمة pH قليلا أما استخدام غاز الكلور فيخفض من pH ، ولذلك من الأهمية متابعة القياس والتحكم في درجة الأس الهيدروجيني للمياه للمحافظة على درجة تأثير الكلور في عملية التطهير .

٥. عكارة الماء:

كلما زادت عكارة الماء زادت جرعة الكلور اللازمة إذ أن الميكروبات قد تحتمي بالمواد المسببة للعكارة من تأثير الكلور.

٦. قلوية وحامضية الماء:

وتقل فاعلية الكلور بزيادة قلوية الماء ولذلك يلزم استخدام جرعات كلور عالية كلما ارتفعت قلوية الماء.

٧. وجود المركبات الآزوتية في الماء:

عند تواجد مركبات الأمونيا في المياه تقل فاعلية الكلور في قتل الكائنات الحية في الماء ولذا يلزم إضافة جرعات اكبر أو إطالة وقت التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

٨. وجود مركبات الحديد والمنجنيز:

وهذه أيضا تحد من فاعلية الكلور في قتل البكتريا.

اضافة الكلور

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين:

- إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الراند.
- إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية الدقيقة.

أولاً: إضاقة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائد :-

والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب، وبهذا نضمن الحصول على كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير وممكن أن نضطر إلى ذلك فى حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه.

و تتميز هذه الطريقة بالاتى :-

- كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور علي البكتريا.
- أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد في الماء.

- الحد من الطعم والرائحة التي قد توجد في الماء.
- إبادة الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الجرعات العادية للكلور، علي انه يلزم إزالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور للبكتريا.

وطرق إزالة الكلور الزائد :

١- إضافة ثاني أكسيد الكبريت إلى الماء بجرعات حوالي ١,٥ جزء فى المليون لكل جزء في المليون من الكلور المراد إزالته وفي هذه الحالة يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

$$SO_2 + H_2O + Cl_2 \rightarrow 2HCl + H_2SO_4$$

كميات حامض الكبريتيك وحامض الهيدروكوريك الناتجة من التفاعل ضئيلة جدا ولا أهمية لها كما يجب أن تمر حوالي ١٥ دقيقة بعد إضافة ثانى اكسيد الكبريت قبل استعمال المياه.

٢- إضافة ثيوسلفات الصوديوم إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة :

$$2\ Na_2S_2O_3 + Cl_2 \rightarrow Na_2S_4O_6 + 2\ NaCl$$

٣- إضافة كبريتيت الصوديوم إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

$$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + 2\ HCl$$

٤- تخزين الماء في أحواض مكشونة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الا ستعمال وفي هذه الفترة يتصاعد الكلور الزائد فى الجو .

٥- ترشيح الماء فى طبقة من الكربون المنشط الذى يمتص الكلور الزائد

٦- مزج المياه المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يضاف إليها الكلور فتتعادلان .

ثانيأ: إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية

تحديد احتياج الكلور باختبار Break point

احتياج الكلور هو مقياس لمقدار الكلور الواجب إضافته لوحدة الحجوم من المياه تحت شروط محدودة للاس الهيدروجينى ودرجة الحرارة وفترة التلامس حتي يتم التفاعل الكامل بجميع مواد الكلور القابلة للتفاعل فى الماء ويحقق كلور حر متبقي، ويحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقى في المياه عند فترة التلامس

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

جرعة الكلور

تعرف جرعة الكلور بأنها اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفى للقضاء على اللكائنات الحية، وينتج عنها كلور متبتقى في حدود معينة (٠,٢ مجم/لتر)

ووحدة الجرعة ملجم كلور/لترماء أو جم كلور/ م^{٣}ماء.
و يتم تحديد الجرعة المثلى للكلور عن طريق تجارب معملية حسب نوعية المياه المراد تنقيتها

كمية الكلور المطلوب اضافتها للماء

هى حاصل ضرب جرعة الكلورX كميه المياه وهى غالباً تحدد فى الساعة ووحدتها كجم/ساعة

مثال:

ما هى كمية الكلور المطلوب إضافتها تكفى لتطهير ٢٠٠٠ م ^{٣} / س بجرعة ٥ جم/ م^{٣}

$$\text{كمية الكلور المطلوبة} = \frac{٢٠٠٠٠\text{م}^{٣}/\text{س} \times ٥\text{جم}/\text{م}^{٣}}{١٠٠٠} = ١٠٠\text{كجم}/\text{س}$$

وفى حالة إضافة هيبوكلوريت الكالسيوم تركيز ٦٥% بدلاً من الكلور دون حدوث أى تأثير على المياه، فإنه يلزم أولاً معرفة كمية الكلور المطلوب إضافتها.

كمية الهيبوكلوريت التى تعوض كمية الكلور =

$$\frac{\text{كمية الكلور} \times ١٠٠}{\text{نسبة تركيز الهيبوكلوريت}}$$

مثـــال:

ما هى كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥%) التى تضاف إلى المياه بدلاً من ١٠٠ كجم كلور.

$$\text{كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥\%)} = \frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٦٥} = ١٥٣,٨٥ \text{ كجم}$$

الكلور المستهلك

يعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الحر أو المتحد المتبقى في الماء فى فترة تلامس محددة

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

مثال:

ما هى كمية الكلور المستهلك إذا كان الكلور المتبقى ٢ . ٠ جم/ م^٣ بعد إضافة ١٠٠ كجم كلور لكمية مياه مقداره ٢٠٠٠٠ م^٣ ؟

الحل

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

كمية الكلور المتبقى =٢ . ٠ جم/ م^{٣}X ٢٠٠٠٠ م^٣ = ٤٠٠٠ جم = ٤ كجم

اذا الكلور المستهلك = ١٠٠ – ٤ = ٩٦ كجم

هذه الكمية استهلكت بواسطة الكائنات الحية والمواد العضوية وغير العضوية والشوائب.. إلخ. ولابد من وجود كلور متبقى بعد كل هذه الاستهلاكات. وهذا دليل على أنه لم يعد هناك أى كائنات حية أو خلافه وأن الماء اصبح خاليا منها و معقم تماما

الكلور المتبقى

هناك نوعان من الكلور المتبقى

١. الكلور المتبقى المتحد:

ينتج عن إضافة قدر من الكلور يكفى فقط للاتحاد مع الامونيا الموجودة بالماء . وبرغم أن تلك البقايا المتحدة تحمل قدرات أكسده تفوق قدرة الكلور الحر إلا أن فعاليتها كمادة مطهرة تقل عن فاعلية الكلور الحر. وللحصول على الكلور المتبقى المتحد لا يضاف إلى الماء إلا قدر الكلور الذى يكفى

للاتحاد مع الأمونيا الموجودة فى الماء ، فإذا كان الماء يحتوى على قدر ضئيل من الأمونيا لا يكفى للاتحاد مع الكلور فإنه يتم إضافة الأمونيا أيضاً إلى. الماء .

٢. الكلورالمتبقى الحر:

ينتج عن إضافة الكلور إلى الماء بالقدر الذى يكفى لاستهلاك الأمونيا الموجودة فى الماء والقضاء عليها. والكلور المتبقى الحر كما ذكرنا قبل هذا أكثر فعالية من الكلور المتبقى المتحد كمادة مطهرة.

اماكن إضافة الكلور في محطات التنقية

يمكن إضافة الكلور إلى الماء في أكثر من موقع في محطات التنقية تبعا لحالة كل محطة وكذلك تبعا لصفات الماء المعالج في كل حالة وتبعا لتجارب وخبرات المشرف علي التشغيل.

١. اضافة الكلور المبدئى

اى حقن الكلور بعد عملية الحصول على المياه من المصد ر مباشرة وقبل الدخول الى عملية التنقية (المروقات والمرشحات)

تتميز هذه الطريقة بالاتى :-

- خفض تعداد. البكتريا في الماء قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيرى على المرشح.
- تطهير رمل المرشح نظرا لمرور المياه بما فيها من كلور فى مسام الرمل أثناء عمله الترشح.
- كفاءه عاليه في إزاله اللون من الماء.
- نقص في كميات الكيماويات المروبه إذا أضيف الكلور قبل أحواض الترسيب.
- كفاءة عايله في إزاله الطعم والرائحه من الماء.
- الحد من نمو الكائنات الحيه الدقيقة داخل المرشح.

٢. **اضافة الكلور النهائى**

أي إضافة الكلور إلى الماء بعد مرحلة الترشيح أي عند مدخل خزان المياه النقية ، وهي طريقة سهلة في تشغيلها ويكون الكلور أكثر فاعلية علي البكتريا بسبب خلو الماء من أي عكارة أو شوائب.

يضاف جرعة زائدة من الكلور النهائي في الخزانات الملحقة بالمحطات وذلك لضمان خروج الكلور بنسبة معينة مطلوبة إذا كانت شبكات مواسير التوزيع تمتد الى مسافات بعيدة ويخشى من تواجد البكتريا فى الأطراف البعيدة منها وحتى يصل الكلور ولو بنسبة ضئيلة إلى آخر متر في الشبكة.

٣. . إضافة الكلور في اكثر من موقع

وهذه الطريقة تتبع إذا كانت المياه رائقة والتلوث البكتيري عالي نسبيا إذ يحسن في هذه الحالة إضافة الكلور في أكثر من نقطة علي مسار الماء في محطة التنقية لضمان كفاءة عملية الكلوره كما تستعمل هذه الطريقة إذا خزنت المياه المرشحة في خزانات مكشو فةففى مثل هذه الحالة يجب إضافة الكلور في مخارج المياه من الخزانات .

** تذكر انه من نتائج أضافه المواد المؤكسدة (الكلور) للمياه :

١. تكسير أغلب المركبات المسببة للون .
٢. أكسدة الحديد والمنجنيز ومعظم المركبات الكبريتية
٣. تكسير بعض المركبات المسببه للرائحه .
٤. تكسير بعض المر كبات الحلقية .
٥. القضاء علي عدد كبير من البكتريا .