USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

دليل تدريب المدربين
على الإستخدام الأمثل للكيماويات
لشركات مياه الشرب و الصرف الصحي بمصر

مارس ٢٠١١

تم إعداد هذا الدليل بواسطة مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

دليل تدريب المدربين
على الإستخدام الأمثل للكيماويات
لشركات مياه الشرب و الصرف الصحى بمصر

مشروع دعم قطاع مياه الشرب والصرف الصحي

ممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

Contract No. EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3

M-2011.3.90

تقديم

فى إطار تنفيذ أعمال المكونات المختلفة لمشروع دعم قطاع مياه الشرب والصرف الصحى فى مصر، والذى تموله الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية USAID وتنفذه شركة "كيمونكس الدولية"، يأتى هذا الدليل كعنصر من عناصر تنفيذ الدورة التدريبية عن "الاستخدام الأمثل للكيماويات" كواحدة مـن الـدورات العديدة التى تضمنتها خطة التدريب، ضمن أعمال بناء قدرات العاملين فى قطـاع الميـاه والصـرف الصحى، فى المجالات التى تناسب وتخدم أهداف المشروع، وإضافة خبرات جديدة فـى الآداء العـام للمرافق والعاملين بها.

والاستخدام الأمثل للكيماويات داخل محطات تنقية المياه السطحية وهو أحد الأساليب الأساسية للإدارة المثلى لمحطات تنقية مياه الشرب. ويهدف إلى تقييم الممارسات القائمة لاستخدام المواد الكيميائية داخل المحطات محل الدراسة، وتقديم أفضل الممارسات الملائمة لمعايير التشغيل التي يمكن تطبيقهـا فـي عمليات المعالجة، وأيضاً تقديم اقتراحات حول تحسينات في عملية التشغيل، وإعداد متدرب يكون علي دراية تامة بالخطوات الأساسية لعملية تنقية مياه الشرب وبطرق التحكم في التشغيل الأمثل لمحطـات تنقية المياه وثقل المهارات الفردية من خلال المشاهدة والممارسة للتجارب العملية والزيارات الميدانية التي تخدم البرنامج.

ويمكن تعريفه كما يلي:

- الحصول على أعلى جودة من المياه بصفة مستمرة.
- الوصول إلى أعلى مستوى من الفعالية والكفاءة في التشغيل.
- تقليل الفاقد وترشيد الإنفاق.

الإجراءات المتبعة (المنهجية):

- استخدام الفطرة السليمة.
- اتجاه المشاركة الذي يتضمن الفنيين في المعمل وموظفي التشغيل والصيانة.
- تجميع المعلومات والاستفادة منها:

– الملاحظات المرئية وتجميع البيانات (يومياً – أسبوعياً وإعداد تقارير شهرية).

- فحص معايير تصميم المحطة "الموقف الحالي".
- تقييم الأداء الخاص بالجرعات الكيماوية والترسيب والترشيح.
- القياسات الميدانية التكميلية المتعلقة بعملية "التقييم والاستخدام الأمثل".
- تبادل الخبرات بين محطات المعالجة.

- اتخاذ القرار

- سوف تتطلب عملية الاستخدام الأمثل "التفويض" بتعديلات مؤقتة في عمليات محطة المعالجة و عمل اختبارات ميدانية إضافية قبل تقديم الأدلة.
- سوف تتطلب عملية الاستخدام الأمثل اتخاذ قرار في مرحلة لاحقة.

- التدريب

- تقديم فهم أفضل لأسلوب عمل محطات المعالجة عن طريق تعريف المشكلات الشائعة والبحث في الحلول الفنية.
- تقديم معلومات حول المتابعة المطلوبة لاتخاذ قرار مرضي حول تقييم ورفع كفاءة محطات المعالجة.
- تقديم دعم لتشخيص المشكلة وتحديد الحلول الممكنة.

ويشتمل هذا البرنامج علي:

- التعريف بخصائص الكلور، والعوامل المؤثرة فى عملية التعقيم بالكلور، كيفية تحديد جرعة الكلور المناسبة لنوعية المياه الخام.
- تطبيق جرعة الكلور المقترحة وكيفية التعامل مع أجهزة حقن الكلور حقلياً داخل الموقع كخطوة من خطوات تنقية مياه الشرب.
- التعريف بطرق التجهيز لأعمال الترويب والتنديف، واختبارات تحديد جرعة الشبة المناسبة لنوعية المياه الخام وأسلوب التحكم فى التشغيل.
- التعريف بمنظومة حقن الشبة ويشرح خطوات بدء التشغيل والتحكم فى ضبط معدل تدفق محلول الشبة لتطبيق جرعة الشبة المقترحة.
- التعريف بنظام الترشيح الرملى السريع وأسلوب التحكم الأمثل فى التشغيل.

منهجية التدريب:

تعتمد فلسفة تنفيذ البرنامج في تحقيق ما سبق علي عدة مداخل أهمها:

١- التدريب ليس من جانب واحد فقط كمصدر للمعلومات، ولكن يتم بالمشـاركة، أي نقـل المعلومات يتم من خلال قناتين رئيسيتين: بـين المـدرب والمشـارك وبـين مشـارك ومشارك، فضلاً عن قناة ثالثة من المشارك إلى المدرب (تغذية عكسية).

٢- التأكيد علي الجانب التطبيقي باستخدام تدريبات عملية مستقاة من مضمون المادة العلمية المقدمة هنا بتمارين يتم حلها بواسطة المشاركين ومن واقع العمل.

٣- تكامل الخبرات المتداولة فى برنامج الدولة من خلال المعاونة التي يوفرها المشـاركون بما يتناسب مع خبراتهم، وهذا يضع أسس المخرجات النهائية المطلوبة من البرنامج.

٤- تشجيع روح الفريق وإدراك أهمية العمل الجماعي لإنجاز المطلوب.

٥- الحرص علي تقييم البرنامج تقييم موضوعي لضمان ملائمة المـادة التدريبيـة للواقـع العملي، والعمل علي تحسينها بما يخدم أهداف التدريب مستقبلاً.

محتويات الدليل:

يحتوي هذا الدليل علي مواضوعات البرنامج التدريبي "**الأستخدام الأمثل للكيماويات**". ويتكون من ثلاثة فصول، **الفصل الأول** يتناول تطهير المياه وخصائص الكلور النقي ومركباته ونتـائج إضافة الكلور للمياه، كما يتطرق إلي كيفية تحديد جرعة الكلور معمليا وتطبيقها حقليـا، أمـا **الفصل الثاني** فيتناول مفهوم الترويب والتنديف، طرق تجهيز المحاليـل المرويـة بـأحواض التجهيز المعدة لذلك، اختبارات التحكم فى التشغيل وتحديد الجرعات، كما يتنـاول التعريـف بطلمبات إضافة الجرعات ضمن نظام حقن المادة المروبة وكيفية تحقيق الجرعـة المطلوبـة. وأخيرا **الفصل الثالث** والذى يتناول الوسط الترشيحى وما يتعلق به من مكونات الـتحكم فـى الترشيح والغسيل العكسى ومراقبة التشغيل وتحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح.

المحتويات

الفصل الأول: تطهير المياه

مقدمة ١-٢
التطهير بالكلور ١-٣
خصائص الكلور ١-٤
مركبات الكلور ١-٦
نظرية عمل الكلور ١-٧
العوامل المؤثرة في عملية التطهير ١-١٤
إضافة الكلور ١-١٧
المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور ١-٢٠
أماكن إضافة الكلور في محطات التنقية ١-٢١
الكشف عن وجود غاز الكلور ١-٢٣
نقاط الحقن والجرعات ١-٢٣

الفصل الثاني: عمليات الترويب والتنديف

مقدمة ٢-٢
الحاجة إلى الترويب والتنديف ٢-٢
وصف عملية الترويب والتنديف ٢-٣
استخدام المروبات (مواد الترويب) ٢-٣
الترويب ٢-٤
التنديف ٢-٦
العوامل المؤثرة فى عملية الترويب والتنديف ٢-٧
تخزين الكيماويات ٢-٨
بعض المفاهيم الكيميائية ٢-٩
تعريفات عامة ٢-١٥
تجهيز أحواض الشبة ٢-١٦
أمثلة لتحضير المحاليل المخففة من الشبة ٢-١٧

اختبارات التحكم فى التشغيل ٢-٢٠
جهاز تحديد الجرعات (Jar test) ٢-٢٦
المتابعة الحقلية لمعدلات ضخ وإضافة محلول الشبة..... ٢-٣٦

الفصل الثالث: المرشحات

مقدمة..... ٣-٢
الهدف من البحث..... ٣-٤
طريقة العمل والمواد المستخدمة..... ٣-٤
النتائج والمناقشة ٣-٨
رفع كفاءة عملية الترويق..... ٣-٩

الملحق الأول: محددات التشغيل لمحطة تنقية مياه الشرب

مقدمة م١-١
محطة مياه الشرب م١-١
الكلورة المبدئية..... م١-١
الترسيب م١-٢
الترشيح م١-٢
الكلورة النهائية..... م١-٣
الجرعة الكيماوية..... م١-٤

الملحق الثانى: المواصفات القياسية المصرية لسنة ٢٠٠٨ لكبريتات الألومنيوم (الشبة) المستعملة فى تنقية مياه الشرب

مقدمة م٢-١
الشبة السائلة المستخدمة فى تنقية مياه الشرب..... م٢-١٠

الفصـل الأول
تطهيــر الميــاه

الفصل الأول

تطهير المياه

بانتهاء أعمال التدريب على هذا الفصل، ينبغى أن يكون المشارك قادراً على أن:

- يذكر ثلاثة طرق لتطهير المياه وشروط المواد المطهرة وأكثر الطرق شيوعاً ومميزاتها مقارنة بغيرها من الطرق.
- يشرح كيفية تحضير الكلور فى الصناعة وخصائص الكلور وأهم مركباته وأشكاله المستخدمة فى تطهير مياه الشرب.
- يشرح نظرية عمل الكلور وتفاعلاته ونواتجها وتأثيرات هذه التفاعلات على خصائص المياه ودورها فى التنقية.
- يقارن بين تأثيرات العوامل المرتبطة باستخدام الكلور فى التطهير والعلاقات بينها وبين خصائص المياه المختلفة.
- يشرح العلاقة بين طرق إضافة الكلور المختلفة وأسس الاستخدام الأمثل له كمادة كيماوية فى عمليات التنقية.
- يذكر أماكن إضافة الكلور فى محطات التنقية ونقاط الحقن والجرعات والتحكم الآلى فى ذلك وعلاقته بالاستخدام الأمثل.
- يحدد على الرسومات المناسبة طرق الحقن بالوحدات المفتوحة وطرق الحقن بالمواسير والفارق بينها على الرسم.

الفصل الأول

تطهير المياه

مقـــدمة عملية تطهير المياه هى أهم خطوة من خطوات معالجة المياه فهى التى تضفى عليه صفة الصلاحية وتؤمنه ضد الأمراض وليدة المياه Waterborne diseases وتتم عملية تطهير المياه بطرق متعددة منها:

المعالجة الحرارية وهي أول طريقة تم اكتشافها منذ سنوات عديدة ويتم فيها غليان الماء باستخدام الغلايات، ولا تستخدم هذه الطريقة في إنتاج كميات كبيرة من المياه نظرا لارتفاع تكلفة الطاقة المطلوبة لذلك وتستخدم هذه الطريقة في تحلية المياه المالحة.

المعالجة الإشعاعية وتتم عن طريق مرور المياه علي لمبة تنتج أشعة فوق بنفسجية ويجب أن تكون المياه خالية من العكارة وقريبة جدا من سطح اللمبة المشعة، لذا لا تستخدم هذه الطريقة إلا في إنتاج الكميات الصغيرة من المياه.

المعالجة الكيمائية يمكن استخدام العديد من المواد الكيمائية بهدف تطهير المياه ومنها: الكلور (الكلورة)، ثاني أكسيد الكلور، برمنجانات البوتاسيوم، الأوزون، الجير، البروم، اليود. ومما سبق يتضح أن أغلب المواد المطهرة مواد كيماوية يجب توفر بعض الشروط به.

الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة:

١. أن تكون قاتلة للجراثيم.
٢. ألا تؤثر علي صحة الإنسان.

٣. أن تكون رخيصة الثمن.
٤. أن يكون استعمالها سهلا ومأمونا.
٥. أن تكون متوفرة محليا أو العمل علي استيرادها طوال العام.
٦. أن يكون تخزينها سهلا وآمناً.

التطهير بالكلور

من أكثر الطرق شيوعا في عمليات تطهير المياه هي إضافة الكلـور وكـان لظهور عملية الكلوره في أواخر القرن الماضي اثر كبير في القضاء بدرجة كبيرة علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وابسط المعـدات واقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت اوبئه الكوليرا والتيفود مثلما كان الأمر منذ مائة عام.

ويتميز التطهير بواسطة الكلور بسهولة استعماله، وكذلك سهولة الحكم علـي 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 المـاء والمعتقد أن مركبات الكلور التي تتكون عندما يضاف الكلورين إلى الماء تقضي علي بعض الأنزيمات الضرورية للعمليات الحيوية في هذه الكائنات ولـم يعـد أحدا يعتقد مثلما كانوا يعتقدون في الماضي بان البكتريا تتأكسد نتيجـة إضـافة الكلورين وذلك لان عملية التأكسد تحتاج إلى كميات هائلة من الكلور، في حين أن التطهير الناجح الآن لا يتطلب إلا كميات ضئيلة منه. ومع هذا فإن الكلورين عامل مؤكسد قوي وعندما يستخدم بكميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب فـي المرشحات.

الكلور عنصر كيماوي ينتج خلال صناعة الصودا الكاوية ويدخل الكلور في كثير من الصناعات الحربية والمدنية، نذكر منها علي سبيل المثال صـناعة البترول والمعادن والورق والمنسوجات والصناعات الكيميائية والصـناعات الغذائية كما يستعمل الكلور في معالجة مياه الصرف الصحى وتطهير ميـاه الشرب.

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور في الصناعة بواسطة التحليل الكهربي لمحلـول كلوريـد الصوديوم (ملح الطعام)، ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبة حتى تتم إسالته ويحفظ في خزانات كبيرة إلى ان يتم عملية تعبئته في الاسطوانات المستخدمة في محطات المياه ومصانع النسيج وخلافه.

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل اى مادة فى ثلاث صور مختلفة: السـائلة، الغازية، الصلبة ولكل منهم خصائصه.

غاز الكلور

غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة، وهو أثقل من الهواء مرتين ونصف، له رائحة مميزة شديدة النفاذية، ووزنه الذري ٣٥.٥. والكلور الغازي ضعيف القابلية للذوبان في الماء(٦.٧ جم/لتر ماء عند ٢٠°م، ١٤.٨ جم/لتر ماء عند صفر°م)، ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب، كمـا ان حفـظ 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 للتآكل، إلا انه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا ما تعرض للرطوبة.

غاز الكلور سام ومهيج للأغشية المخاطية المبطنة للأنـف والعـين والجلـد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة فى التنفس. يسال بالتبريد (عند -٣٤.١°م ، ضغط جوى ١ بار) أو يسال تحت ضغط عالي (حوالي ٧كجم/ سم٢، فـي درجات الحرارة العادية) ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضـغط في اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين إلـي ألـف كيلـوجرام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المياه.

في حالة وجود تسرب لغاز الكلور فى الجو فإن ٣ جزء في المليون هى اقل نسبة يمكن حسها بالشم، وعند ١٥ جزء في المليون يصبح تأثيرهـا مهـيج

للعين والرئة، ويصبح خطرا إذا ما استنشق لفترة من ٣٠ –٦٠ ق عند تركيز من ٤٠ -٦٠ جزء في المليون، وإذا زاد التركيز في الجو ليصل إلى ١٠٠٠ جزء في المليون فيصبح مميت ،حيث يصاب الفرد الذى يتعرض لهذه الجرعة بالاختناق والوفاة مباشرة. 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 هو عبارة عن محلول نقى كهرماني اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريبا. وللكلور السائل معامل تمدد عالي، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة، حيث يزداد تمدد السائل ليملئ الأسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٦٧.٥°م، 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 من الكلور السائل تنتج حوالي ٤٥٦ وحدة حجم من الغاز النقي عند درجة حرارة ١٥°م، وضغط ٧٦٠ مم زئبق. وبالتالي فإنه عند وجود تسرب في اسطوانة الكلور، يتحتم تعديل وضع الأسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب في أعلاها لكي يتسرب غاز الكلور وليس السائل.

الكلور الصلب نظرا لأن الكلور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جدا (-١٠٢°م) 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:

١- محلول الكلور:

ويسمي كيماويا (هيبو كلوريت الصوديوم) وتركيبة الكيمـاوي هـو NaOCl وهو محلول يحتوي علي حوالي ١٥% من الكلور الحر ويباع في المحـلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة ، ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط ان لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة على المـاء سـواء بالصب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة. لا يسـتعمل بكثـرة بالإضافة إلى ان محلوله يسبب تآكلا في المواسير.

٢- مسحوق أو أقراص الكلور:

ويسمي كيماوياً (هيبـو كلوريـت الكالسـيوم) وتركيبـة الكيمـاوي هـو $Ca(OCl)_2.4H_2O$ وهذه المادة تحتوي علي حـوالي ٦٠-٧٠٪ مـن الكلـور الحر. ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبان نسـبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات ليست بالطولية. وعنـد الاسـتعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمة بواسـطة أجهزة خاصة.

٣- المسحوق المبيض:

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور) وتركيبة الكيماوي هو مزيج من (كلوريد كالسيوم قاعدي $CaCl_2Ca(OH)_2$، هيبوكلوريت كالسيوم قاعـدي $Ca(OCl)_2Ca(OH)_2$)، وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار، له رائحة قويـة نفاذة ،الجديد منه يحتوي علي ٣٢٪ من وزنة كلور فعال. إلا أن هذه النسـبة تأخذ في 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 كل استعمال حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطـي جرعـة الكلور المطلوبة، وبعد تقدير تركيز المسحوق المبيض تعمل عجينه سـميكة

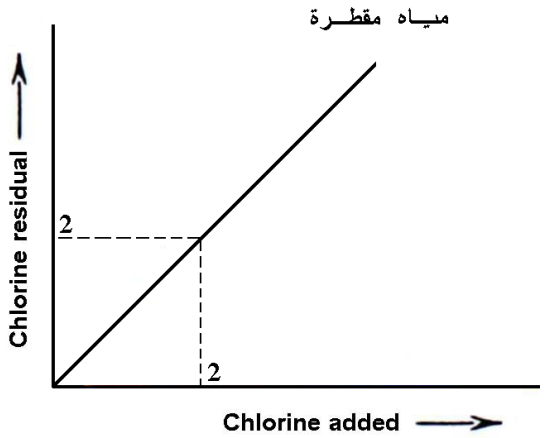
تخفف تدرجيا حتى تصير مستحلب بنسبة ١: ١٠٠ وهذا المستحلب يمـزج جيدا ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفي لإزالة ما به من رواسب ثم يضاف إلـى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة.

وعموما استعمال مركبات الكلور أصبح غير شائع في عمليات التطهير الكبرى للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل في الحالات الآتية:

١. تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها أو إصلاحها.
٢. تطهير مرشحات وخزانات المياه.
٣. في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

نظرية عمل الكلور

لفهم تفاعلات الكلور في المياه الطبيعية، نفرض مبدئياً أن التفاعل سـيحدث في مياه مقطرة وبالاستعانة بالشكل رقم (١-١) فان كميـة الكلـور الحـر المتبقية تتعلق مباشرة بكمية الكلور المضافة (الجرعة). وعلى سبيل المثـال: إذا أضيف جرعة كلور بمقدار ٢ مجم/لتر لتلك المياه ستعطى نفس القيمة (٢ مجم/ل) ككلور متبقى حر بعد انتهاء فترة المكث.



شكل رقم (١-١)
العلاقة بين كمية الكلور المضافة وكمية الكلور الحر المتبقية

وسيتم التفاعل كالتالى:

كلور + ماء ← حامض الهيبوكلورز + حامض الهيدروكلوريك

$Cl_2 + H_20 \rightarrow HOCl + HCl$ ….. (1)

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

حامض الهيبوكلورز ← أيون الهيبوكلوريت + ايون هيدروجين

(حامض ضعيف يتفكك)

$HOCl \rightarrow OCl^- + H^+$ ….. (2)

و

حامض الهيدروكلوريك ← ايون كلور + ايون هيدروجين

$HCl \rightarrow Cl^- + H^+$ ….. (3)

حمض الهيبوكلورز HOCl أحد شكلين من أشكال الكلور الحر المتبقى، وهو الأكثر فاعلية في عملية التطهير وعند تحلله كما في المعادلة (٢) السابقة ينتج أيون الهيبوكلوريت OCl^- وهو الشكل الثانى من أشكال الكلور الحر المتبقي، وتأثيره في عملية التطهير تعادل ١٪ فقط من تأثير حمض الهيبوكلورز. والجدول (١-١) يوضح فاعلية أشكال الكلور المتبقي المختلفة في عملية التطهير.

جدول (١-١)

فاعلية الكلور مقارنة بحمض 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 تأثير كبير فكلما كان الوسط اقرب للحامضية زاد حامض الهيبوكلوروز وكلما كان الوسط اقرب للقاعدية زادت أيونات الهيبوكلوريت، كما هو مبين بالشكل رقم (١-٢).

فمثلا:

عند أس هيدروجيني ٦.٧ تكون النسبة:

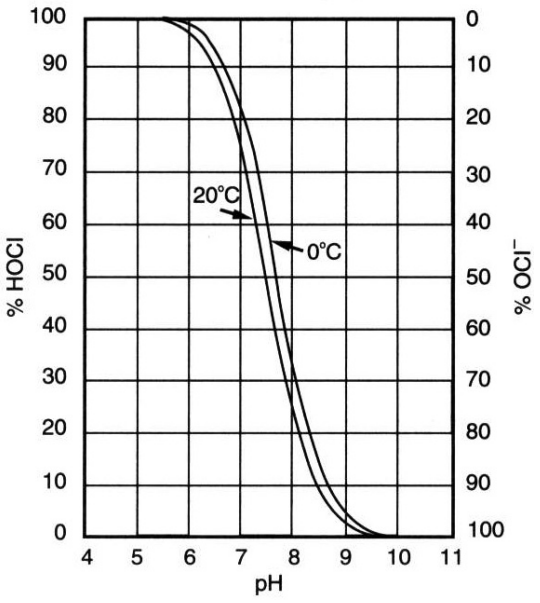
٢٠٪ ملح هيبوكلوريت + ٨٠٪ حمض هيبوكلوروز

أما عند أس هيدروجيني ٧.٣ تكون النسبة:

٤٠٪ ملح هيبوكلوريت + ٦٠٪ حمض هيبوكلوروز

عند أس هيدروجيني ٨.٣ تكون النسبة:

٨٠٪ ملح هيبوكلوريت + ٢٠٪ حمض هيبوكلوروز

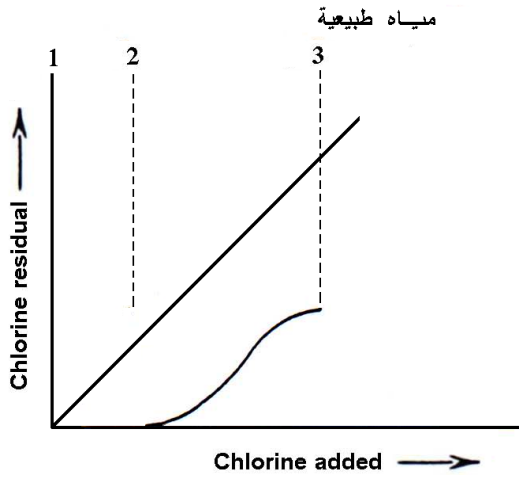


شكل رقم (١-٢)
تأثير pH علي التفاعل

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

أما بالنسبة للمياه الطبيعية فكما نعلم ان 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 كما هو معبر عنه بالشكل (١-٣).



شكل رقم (١-٣)
تأثير الكلور المضاف

من الشكل: المسافة بين النقطتين ١، ٢ الكلور المضاف يتحد مباشرة مع الحديد، المنجنيز والنيتريت كمواد مختزلة ولا يظهر تبعاً لذلك أي كلور متبقي حتى يتم الانتهاء من أكسدة كل تلك المواد بواسطة الكلور.

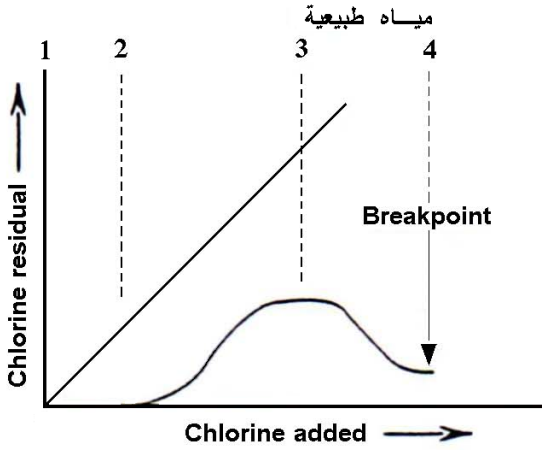
باستمرار إضافة الكلور نلاحظ انه على امتداد المسافة بين النقطتـين ٢، ٣ يبدأ الكلور في التفاعل مع الأمونيـا والمـادة العضـوية ليشـكل مركـب الكلورامين، والمركبات الكلورو-عضوية وهذه النواتج من أشـكال الكلـور وتعرف بالكلور المتبقى المتحد، ولكن فاعلية هذه الأشكال كعامـل مطهـر تكون أضعف من الكلور الحر كما سبق وأشرنا لذلك.

وفيما بين النقطتين ٢، ٣ غالبا يكون أحادى الكلورامين هو شـكل الكلـور 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 (١-٤) انه بمتابعة إضافة كلور للمياه، يبدأ الكلور المتبقى من النقطة ٣ حتى النقطة ٤ في الانخفاض وذلك كنتيجة لبدء أكسـدة مركبـات أحادى الكلورامين الى مركبات ثاني وثالث الكلورامين أو حتى تمام الأكسدة وتكون غاز النيتروجين.



شكل رقم (١-٤)
العلاقة بين الكلور المضاف والكلور المتبقى

ويوضح ذلك التفاعلات التالية:
في حالة إذا ما كان NH3 بكمية وفيرة:

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

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

ونلاحظ من التفاعلات السابقة انه عند pH اكبر من ٧ يتكون أحادى الكلورامين، وعند pH ٦ يبدأ ثاني الكلورامين ببطيء في التكوين ويظهر بوضوح بين ٦ > pH > ٤، أما ثالث الكلورامين فيتكون عند pH أقل من ٣.

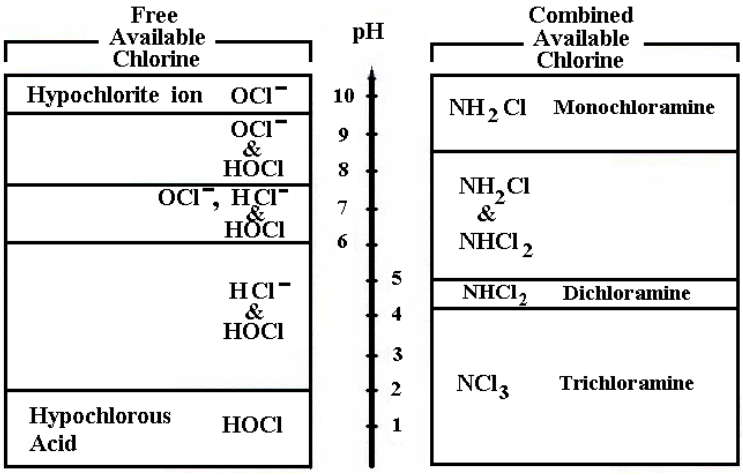
كما أن الكلورامين ممكن أن يتكون مع أي Amine organic مثل البروتين، حيث يظهر الكلورامين بسرعة أولا ثم يعقبه ببطء ظهور ثاني وثالث الكلورامين مع الاحتياج إلى فترة تلامس أطول حتى يتم التفاعل.

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 النيتروجين كما في المعادلة التالية:

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

ويوضح الشكل رقم (١-٥) علاقة pH بأشكال الكلور المحتمل تواجدها بالمياه المعالجة.

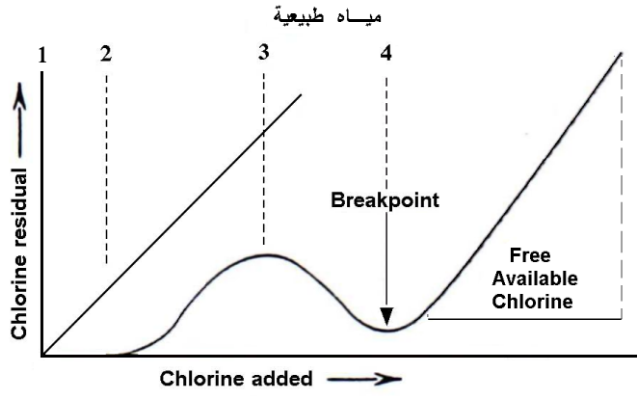
ويختلف مفعول كل نوع من مركبات الكلور السابقة عن الآخر في عمليات التطهير حيث يلاحظ أن الكلور الحر اقوي بكثير في قتل البكتريا عن الكلور المتحد. ويلاحظ أيضا أنه يلزم استخدام مقدار من الكلور المتحد اكبر ٢٥مرة من الكلور الحر لتحقيق نفس القدرة علي القتل في نفس المدة الزمنية (جدول١-٢). علاوة علي ذلك فان التطهير بالكلورامين عملية بطيئة وتحتاج إلى فترة تلامس أطول.



شكل رقم (١-٥)

علاقة pH بأشكال الكلور فى معالجة المياه

النقطة ٤ هى أدنى قيمة يصل لها الكلور وتعرف بأسم "نقطة الانكسار". ثم يبـدأ بعدها ظهور كلور حر متبقي ويزيد بزيادة جرعة الكلور المضـافة، كمـا هـو موضح بالشكل رقم (١-٦). بمعنى انه بعد نقطة الانكسار أي إضـافة للكلـور تظهر في صورة كلور حر متبقي، وقيمة الكلور الحر المتبقى يجب ان تمثل ٨٥ – ٩٠ ٪ من مجموع الكلور المتبقى (حر + متحد) بالمياه المعالجة.



شكل رقم (١-٦)

نقطـة الانكسـار

يجب ان نتذكر ان الكلور المتبقى المتحد يمثـل مركبـات ثنـائي وثلاثـى الكلورامين والمركبات الكلورو-عضوية (as THM).

العوامل المؤثرة في عملية التطهير (فاعلية الكلور)

تتوقف فاعلية الكلور في قتل البكتريا علي العوامل الآتية:

١. جرعة الكلور:

بديهي إن فاعلية الكلور في القضاء علي البكتريا تزيد بازديـاد جرعـة الكلور المضافة إلى الماء.

٢. مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس):

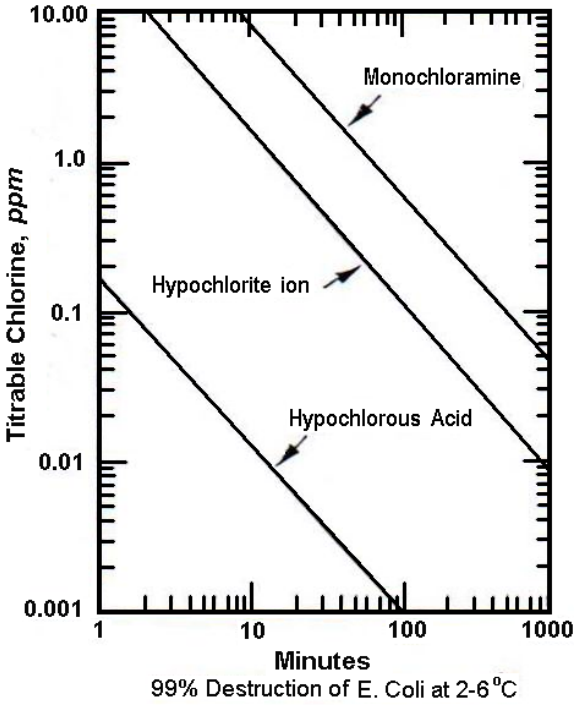
تزيد فاعلية الكلور كلما طال زمن التلامس، ونظرا لاختلاف مقاومـة البكتريا للكلور باختلاف أنواعها، فوجد انه يجب أن تمر ثلاثين دقيقـة على الأقل من إضافة الكلور وحتى استعمال الماء كفترة تلامس .وقـد وجد ان قدرة الكلور على قتل البكتريا بالماء تتأثر تأثراً كبيراً بالعاملين السابقين (الجرعة، ووقت التلامس) طبقا للعلاقة التالية:

$$Kill \ \alpha \ C \times T$$

ويؤثر كل منهما على الآخر فبزيادة تركيز الكلور يقل الوقـت الـلازم للقتل والعكس بالعكس. مع الأخذ في الاعتبار ان الكلور المتحـد تـأثيره اضعف من الحر في عملية التطهير ولذلك يلزمه فترة تلامـس أطـول لإتمام عملية قتل البكتريا الموجودة بالماء.

من المهم معرفة فترة التلامس الملائمة لنوع الكلور المتبقـى الموجـود بالماء، فمثلا نعتمد على الكلور الحر المتبقى في التطهير عندما يكـون الوقت المقطوع من نقطة إضافة الكلور حتى نقطة اسـتهلاكه قصـير. الشكل رقم (١-٧) يبين العلاقة بين الوقت اللازم لقتـل بكتريـا E-coli بنسبة ٩٩٪ عند درجة حرارة ٢-٦°م، ونوع الكلور المتبقى بالماء.

تذكر أنه: يجب ان يتوفر ٠,٢ مجم/لتر كلور حر في اطراف الشبكة التى تغذيها محطة المعالجة.



شكل رقم (١-٧)

العلاقة بين بكتيريا القولون ونوع الكلور المتبقى بالمياه

٣. درجة الحرارة:

بالرغم من ان 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 ان جرعة الكلور تزيد بانخفاض درجة الحرارة للحصول على نفس كفاءة التطهير.

٤. درجة تركيز أيون الهيدروجين:

لقد تبين أن المياه ذات التركيز الهيدروجيني المنخفض تلزمها جرعات كلور اصغر من المياه ذات التركيز الهيدروجين المرتفع للحصول علي

نفس كفاءة التطهير. وتفسير ذلك ان الأس الهيدروجيني هو الذي يحدد النسبة بين تركيزي كل من: HOCl ، OCl^-. ويوضح الشكل رقم (١-٢) 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 الـ 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 الماء 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.

٩. نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها:

بما أن لكل ميكروب درجة مقاومة معينة لفعل الكلور، لذا يلزم اختبار الماء لمعرفة أنواع الميكروبات التي يراد التخلص منها. البكتريا التي لا تتكاثر بالانقسام تكون في العادة اقل مقاومة من البكتريا التي تتكاثر بالانقسام، كذلك فان الطفيليات والفيروسات تكون ذات مقاومة عالية لبعض أنواع المواد التي تستخدم في التطهير ومنها الكلور. كما أن لعدد البكتريا الموجودة في الماء تأثيرا علي جرعة الكلور الواجب أضافتها فكلما زاد العدد زادت الجرعة اللازمة.

طرق إضافة الكلور

يمكن إضافة الكلور علي هيئة غاز أو محلول أو مسحوق لأحد مركباته ولقد وجد ان إضافته كغاز أكثر فاعلية من إضافته كمحلول أو مسحوق لأحد مركباته.

استخدام الكلورامين لتطهير المياه

وهو ما يسمي أحيانا (Chloramination) وفي هذه الحالة يضاف النشادر (الأمونيا) إلى الماء قبل إضافة الكلور وتكون جرعة النشادر حوالي ٠.٠٦ جزء في المليون، بينما تكون جرعة الكلور حوالي ٠.٢٥ جزء في المليون، ويضاف النشادر بأجهزة خاصة تسمي "Amoniators" وهي تشبه إلى حد كبير أجهزة إضافة غاز الكلور علي أن تضاف الأمونيا في الماسورة الرئيسية للمياه قبل دخولها إلى خزان المياه النقية ويعقبها بمسافة (حوالي عشرة أمتار) إضافة الكلور.

وهذه الطريقة تتميز بالآتي:

- الحد من توليد الطعم والرائحة في الماء.
- كفاءة عالية في التطهير عند تواجد كميات كبيرة من المواد العضوية.
- يستمر تأثير الكلور مدة طويلة.
- توفير في جرعة الكلور (حوالي ثلث الجرعة) ونظرا لارتفاع ثمن الكلور بالنسبة للنشادر فإن ثمن الخليط يكون اقل من ثمن الكلور في حاله استعماله وحده.

- عدم تهيج الجلد والعين من الكلورامين بينما يتهيج الجلد والعين باستعماله جرعات عالية نسبيا من الكلور واثر هذا يبدو واضحا في حمامات السباحة.
- لا يوجد خطورة عند الخطأ في التشغيل بإضافة جرعات عالية من الكلورامين.

إضافة الكلور

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين:

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

أولاً: إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائدة:

والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب ,وبهذا نضمن الحصول علي كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير وممكن أن نضطر إلى ذلك في حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه (أثناء الحرب مثلا). أو انتشار وباء معين (مثل الكوليرا). وتتميز هذه الطريقة بالآتي:

- 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.

طرق إزالة الكلور الزائد:

١. إضافة ثاني أكسيد الكبريت:

يضاف إلى الماء بجرعات حوالي ١.٥جزء في 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 الهيدروكلوريك الناتجة من التفاعل ضئيلة جدا ولا أهمية لها كما يجب أن تمر حوالي ١٥ دقيقة بعد إضافة ثاني أكسيد الكبريت قبل استعمال المياه.

٢. إضافة ثيوسلفات الصوديوم:

يضاف 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:

يضاف 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:

يخزن الماء في أحواض مكشوفة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الاستعمال وفي هذه الفترة يتصاعد الكلور الزائد في الجو.

٥. ترشيح الماء:

يرشح الماء في طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور الزائد.

٦. مزج المياه المضاف:

يمزج الماء المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يضاف إليها الكلور فتتعادلان.

ثانياً: إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية:

"تحديد احتياج الكلور بإختبار Break Point"

احتياج الكلور هو مقياس لمقدار الكلور الواجب إضافته لوحدة الحجوم من المياه تحت شروط محدودة للأس الأيدروجينى ودرجة الحرارة وفترة التلامس حتي يتم التفاعل كاملا بجميع مواد الكلور القابلة للتفاعل في الماء

ويحقق كلور حر متبقي، ويحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقي في المياه عند نهاية فترة التلامس.

ومن المهم القيام دورياً باختبار احتياج الكلور في المعمل لتحديد كمية الكلور الواجب إضافتها بغرض التطهير ولتحقيق نسبة كلور متبقي بالمـاء، وهـذه الجرعة تتغير بتغير نوعية المياه ونسبة الملوثات بها.

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

يوجد العديد من المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور والتى تستخدم فى محطات مياه الشرب وسوف نعرض بعضها فيما يلى:

الكلور المستهلك

عند إضافة الكلور للمياه التي تحتوي علي مواد عضوية وغير عضوية فانه يتفاعل معها ويؤكسدها "ويطلق علي هذه العملية حد الطلب للكلورين".

ويعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضافة للماء وكميـة الكلور المتبقي (الحر والمتحد) في الماء بعد انتهاء فترة التلامس.

جرعة الكلور

تعرف جرعة الكلور بأنها اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من المـاء تكفى للقضاء على الكائنات الحية ، وينتج عنها كلور متبقي فى حدود معينـة (٠.٢ ملجم /لتر ماء).

ويتم تحديد الجرعة المثلى للكلور عن طريق تجارب معملية حسـب نوعيـة المياه المراد معالجتها. ويمكن القول أنه: إذا أضفنا كمية الكلورين اللازمـة لحد الطلب + كمية الكلورين اللازمة للتطهير فأننا نحصل علي مـا يسـمي بجرعة الكلور.

الكلور المتبقي

هناك نوعان من الكلور المتبقي:

١- الكلور المتبقي المتحد:

ينتج عن إضافة قدر من الكلور يكفى فقط للاتحاد مع الأمونيا الموجودة بالماء . وعلى الرغم من ان تلك البقايا المتحدة لها قدرة أكسدة تفوق قدرة الكلور الحر، إلا أن فعاليتها كمادة مطهرة تقل عن فعالية الكلور الحر.

٢- الكلور المتبقي الحر:

ينتج عن إضافة الكلور إلى الماء بالقدر الذي يزيد عن الكلور المتحد وهو أكثر فعالية كمادة مطهرة.

وتتوقف كمية الكلور المتبقي علي عدة عوامل أهمها:

١- درجة الحرارة ٢- الزمن الذي مضي بعد إضافة الكلور

٣- جرعة الكلور ٤- درجة تركيز الأس الهيدروجينى

٥- كمية المواد والشوائب التي قد تتواجد في الماء

أماكن 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.

أ- إضافة الكلور المبدئي Prechlorination:

أي حقن الكلور بعد عملية تجميع المياه من المصدر مباشرة وقبل الدخول الى عملية التنقية (المروقات والمرشحات).

وتتميز هذه الطريقة بالآتي:

- خفض تعداد البكتريا في الماء قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيري علي المرشح.
- تطهير رمل المرشح نظرا لمرور المياه بما فيها من كلور في مسام الرمل أثناء عملية الترشيح.

- كفاءة عالية في إزالة اللون من الماء.
- نقص في كميات الكيماويات المروبة إذا أضيف الكلور قبـل أحـواض الترويب.
- كفاءة عالية في إزالة الطعم والرائحة من الماء.
- الحد من نمو الكائنات الحية الدقيقة داخل المرشح.

ب- إضافة الكلور النهائي Postchlorination:

أي إضافة الكلور إلى الماء بعد مرحلة الترشيح أي عند مدخل خزان الميـاه النقية، وهي طريقة سهلة في تشغيلها ويكون الكلور اكثر فاعلية علي البكتريا بسبب خلو الماء من أي عكارة أو شوائب. وتضاف جرعة زائدة من الكلور النهائي في الخزانات الملحقة بالمحطات وذلك لضمان خروج الكلور بنسـبة معينة مطلوبة إذا كانت شبكات مواسير التوزيع تمتد إلـى مسـافات بعيـدة ويخشي من تواجد البكتريا في الأطراف البعيدة منها وحتى يصل الكلور ولو بنسبة ضئيلة إلى آخر متر في الشبكة.

جـ- إضافة الكلور في اكثر من موقع Multiple Chlorination:

وهذه الطريقة تتبع إذا كانت المياه رائقة والتلوث البكتيري عـالي نسـبيا إذ يحسن في هذه الحالة إضافة الكلور في اكثر من نقطة علي مسار الماء فـي محطة التنقية لضمان كفاءة عملية الكلوره كما تسـتعمل هـذه الطريقـة إذا خزنت المياه المرشحة في خزانات مكشوفة ففي مثل هذه الحالة يجب إضافة الكلور في مخارج المياه من الخزانات المكشوفة.

تذكر أنه من نتائج أضافة المواد المؤكسدة (الكلور) للمياه:

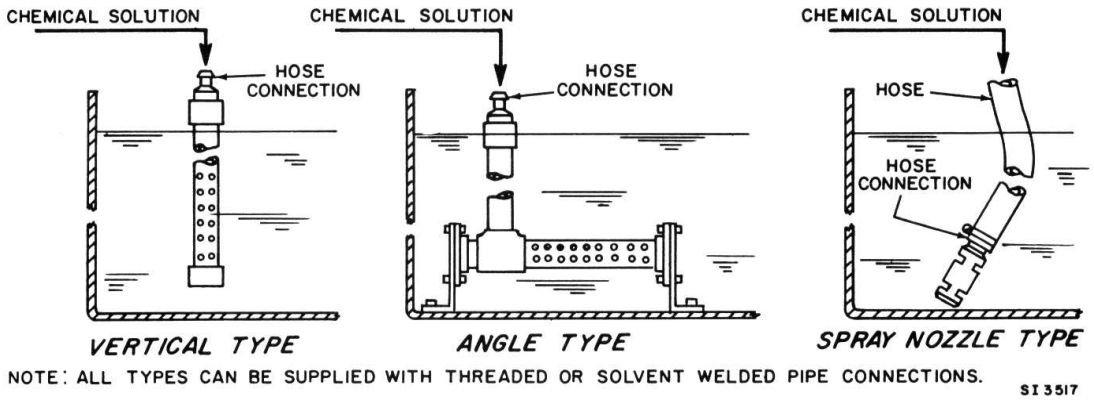
١. تكسير أغلب المركبات المسببة للون.
٢. أكسدة الحديد والمنجنيز ومعظم المركبات الكبريتية.
٣. تكسير بعض المركبات المسببة للرائحة.
٤. تكسير بعض المركبات الحلقية.

الكشف عن وجود غاز الكلور

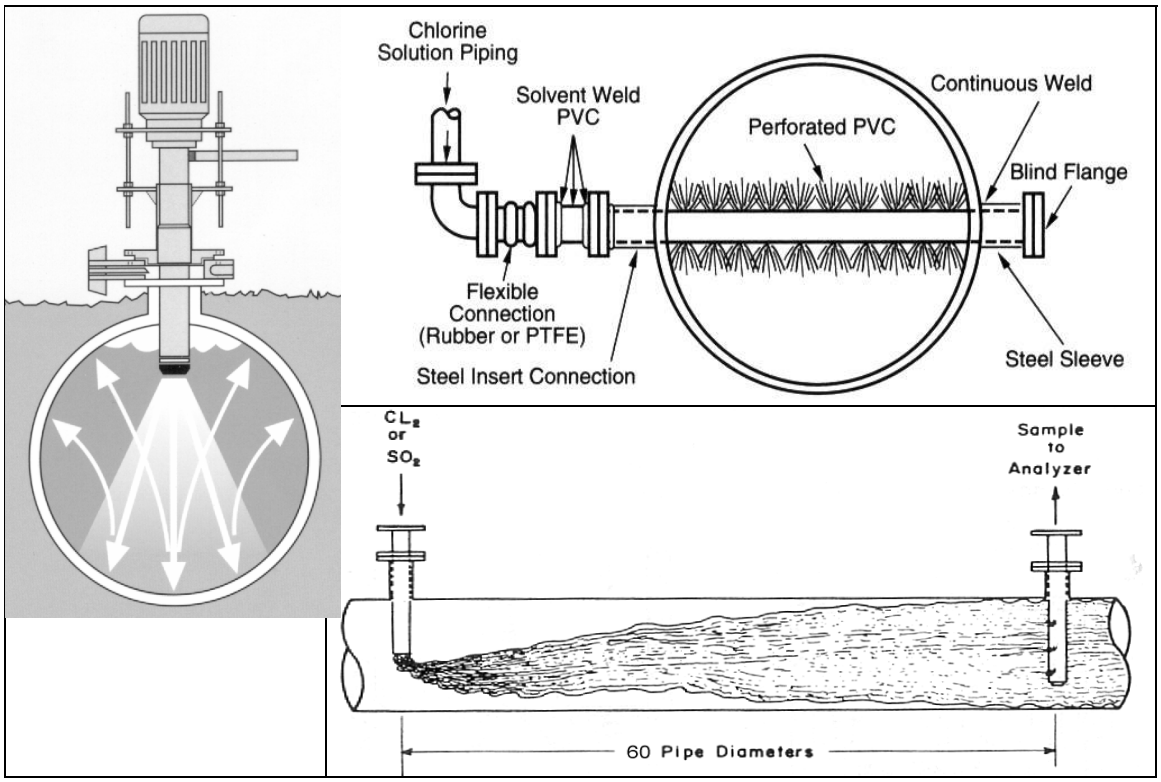
يمكن الكشف عن وجود الغاز بسهوله إذا كان موجودا في مكان ما حيث يمكن تمييزه برائحته النفاذة القوية لأي شخص عادي. أما الدليل الكيماوي لوجـود الكلور فهو النشادر حيث يتحد مع الكلور ويعطي دخان أبيض كثيف، وهذا دليل مهم جدا فبمجرد فتح غطاء زجاجة بها نشادر في مكان به كلور متسرب ستجد الدخان الأبيض انتشر في مكان التسريب حيث يتم العمل علي إيقاف التسـرب الذي حدث.

نقاط الحقن والجرعات

نقطـة الحقن هى آخر نقطة في النظام، وتنتهى عند التقاء نهاية خط التغذية (محلول الكلور) بالمياه المراد تطهيرها. وهي طرف يختلـف فـي شـكله باختلاف مكان الإضافة، فمثلاً إذا كانت وحدة مفتوحة (مثل بيارة المأخـذ أو موزع المروقات أو قنوات نقل المياه من مرحلة لأخـرى) يسـتخدم لـذلك ماسورة توزيع تغمر في المياه لعمق يسمح بالخلط الجيد بين محلول الكلـور والمياه، ويبين الشكل رقم (١-٨) طرق الحقن بالوحدات المفتوحة. أمـا إذا كانت وحدة مغلقة كخطوط المواسير فتحقن تحت ضغط ويستخدم لذلك حاقن يدفع المياه في قلب الماسورة بضغط اكبر من ضغط المياه داخلهـا. ويبـين الشكل رقم (١-٩) طرق الحقن بالمواسير.



الشكل رقم (١-٨)
طرق الحقن بالوحدات المفتوحة



الشكل رقم (١-٩)
طرق الحقن بالمواسير

وغالبا ما يتم حقن الكلور في ثلاثة أماكن داخل محطة التنقية هم:

نقطة حقن الكلور الابتدائي Pre-chlorination:
وفيها يتم حقن الكلور في ماسورة دخول المياه العكرة للموزع ويفضل عـدم الحقن في موزع المروق حتى نحافظ علي كمية الكلور من التسرب وإعطاء فترة المكث للكلور لقتل البكتريا.

نقطة حقن الكلور المتوسط Medium- chlorination:
وفيها يتم حقن الكلور في مجرى دخول الميـاه المروقـه إلـى المرشـحات للتخلص من اى كائنات حية متبقية وذلك بعد أخذ عينة وتحليلهـا بالمعمـل لمعرفة كمية الكلور المطلوبة إذا لزم الامر.

نقطة حقن الكلور النهائي Post- chlorination:

وفيها يتم حقن الكلور في نهاية الخزان الأرضي للمياه المرشحة وقبل ببـارة سحب طلمبات المياه المرشحة لضمان وصول المياه الـي منـاطق الخدمـة معقمة وآمنة.

التحكم آلياً في جرعة الكلور النهائي:

يقاس تدفق المياه المعالجة إلى الخزان الأرضي بواسطة هدار أو جهاز قياس تصرف ويتم إرسال إشارة تحكم إلى لوحة جهاز الحقن لتشغيل موتور ضبط الجرعة عند صمام الفتحة (v) المتغيرة المساحة وبهذا يمكـن الـتحكم فـي جرعة الكلور النهائي. كما يوجد جهاز آخر قبل ضخ المياه المرشحة للمدينة يسمي جهاز الكلور المتبقي ويقوم بتسجيل كمية الكلور الفعليـة فـي المـاء ويعتبر مرجعا أخر من أجل التحكم في جرعة الكلور النهائي.

الفصل الثانـــى
عمليات الترويب والتنديف

الفصل الثانى

عمليات الترويب والتنديف

بانتهاء أعمال التدريب على هذا الفصل، ينبغى أن يكون المشارك قادراً على أن:

- يذكر أسباب الحاجة إلى الترويب والتنديف فى تنقية مياه الشرب ووصف عملية الترويب/ التنديف والمواد المستخدمة بصفة عامة.
- يشرح كيفية استخدام المروبات وأنواع المروبات والمروبات المساعدة ودور كل منها فى عملية تنقية مياه الشرب.
- يربط بين عمليتى الترويب والتنديف من خلال تعريف كل منهما وشرح الخلط السريع والعوامل التى تؤثر فى عملية الترويب والتنديف.
- يشرح الأسس السليمة لتخزين الكيماويات ثم الخصائص الطبيعية لأهم المواد الكيماوية المستخدمة فى عمليات تنقية مياه الشرب.
- يصف ويمارس عملياً المزج وإضافة الجرعات وتجهيز المنشآت والأجهزة المستخدمة لهذه الأغراض باستخدام الجداول وإجراء الحسابات.
- يجرى اختبارات التحكم فى التشغيل ويستخاص علاقاتها بالاستخدام الأمثل للكيماويات ويصف أجهزتها ويستخدم النماذج المرتبطة بها.
- يشرح عوامل تقييم نتائج احتبارات تحديد الجرعات وعوامل نجاحها على الرسومات البيانية وطرق حساب الجرعات والمتغيرات المستخدمة فى ذلك.

الباب الثانى

عمليات الترويب والتنديف

مقـدمة

تتكون الشوائب الموجودة فى المياه نتيجة التآكل الأرضي الناتج عن احتكاك المياه مع قطاع المجري المائي، وتتكون الشوائب من دقائق صغيرة من الأملاح وبقايا النباتات المتحللة كما توجد شوائب أخري إضافية ناتجة من التلوث الهوائي ومخلفات المصانع وفضلات الحيوانات، ولذلك فالمياه السطحية تتلوث بتأثير الطبيعة والإنسان وتحتوي المياه على مواد عالقة ومواد ذائبة عضوية (من أصل نباتي أو حيواني) وكذلك على المواد غير العضوية وكافة الأشكال البيولوجية كالبكتريا والنباتات المائية والهائمات (plankton) وتسمي هذه المواد "المواد العالقة الصلبة" وتكون قدراً كبيراً من مكونات الشوائب أما الأجزاء الكبيرة الحجم مثل الرمل والطمي الثقيل (Heavy Silt) فيمكن إزالتها من المياه بتركها لترسب بواسطة الجاذبية الأرضية وتسمي هذه المواد "المواد الصلبة القابلة للترسيب".

ويحدث ترسيب للمواد الصلبة طبيعيا عند تخزين المياه فترة كافية من الزمن فى خزان أو فى الأنهار والبحيرات ذات السرعة البطيئة .لكن الأجزاء الصغيرة جداً مثل المواد الغروية والطمي الدقيق والبكتريا التي لا تترسب بسهولة وتحتاج إلى معالجة لتجعلها جزيئات أكثر قابلية للترسيب وتسمي هذه المواد غير القابلة للترسيب أو المواد الغروية.

الحاجة إلى الترويب والتنديف

الغرض من هاتين العمليتين هو إزالة المواد الشائبة وخاصة غير القابلة للترسيب الطبيعي وإزالة العكارة من المياه المراد معالجتها. وتعمل المواد الكيماوية (المُرَوِّبات) على إزالة المواد غير القابلة للترسيب بعملية الترويب

(Coagulation) وذلك بأن تجعل هذه الجزئيات تتجمع مع بعضها البعض(Clump together) لتكوين الندف (Flocs).وتتجمع الندف الصغيرة مع بعضها لتكوين ندف كبيرة وثقيلة قادرة على الترسيب. وتخلط المواد الكيماوية بالماء العكر الذي يحتوي على جسيمات دقيقة لا تترسب بسهولة فى الماء ولتجعل الجسيمات الدقيقة الشديدة الصغر تتجمع وتتكتل معا فى صورة أجسام أكبر (ندف) للمساعدة فى إتمام عملية الترسيب بنجاح.

وصف عملية الترويب/ التنديف

تؤدي عملية الترويب والتنديف إلى تعادل أو تقليل جهد زيتا للمواد الصلبة غير القابلة للترسيب بحيث يمكن لقوة "فان درفال" أن تبدأ فى جذب الجسيمات معاً وعندئذ تتمكن الجسيمات الغير قابلة للترسيب من التجمع فى مجموعات صغيرة من الندف الدقيقة. ورغم أن الجسيمات أكبر من الغروية الأصلية إلا أنها ضعيفة التماسك مع بعضها وتتكون الندف الدقيقة الغير مرئية للعين المجردة وتظل غير قابلة للترسيب ،ويؤدي فعل التقليب البطئ الذي يحدث اثناء مرحلة التنديف إلى تجميع الجسيمات الندفية معا لتكوين جسيمات ندفية أكبر وثقيلة نسبياً يمكن ترسيبها أو ترشيحها بسهولة، والجسيمات الندفية الهلامية القوام تكون مرئية فى العادة وتبدو مثل ندف القطن أو الصوف.

استخدام المُرَوِّبات (مواد الترويب)

وحيث أن معظم الجسيمات غير المرغوبة والمطلوب إزالتها من المياه سالبة الشحنة فبالتالى يجب أن تكون المُرَوِّبات المستعملة فى معالجة المياه ذات شحنة موجبة، فالشحنات الموجبة تعادل الشحنات السالبة وتعجل الترويب.

وتحتوي بعض المُرَوِّبات على أيونات ذات شحنات موجبة أكثر من البعض الآخر فنجد أن المشتملة على أيونات ثلاثية التكافؤ مثل الألمونيوم والحديد (Al^{+++}, Fe^{+++}) أشد فاعلية بمقدار يتراوح من ٧٠٠ – ١٠٠٠ مرة من الأيونات الأحادية التكافؤ مثل الصوديوم (Na^{-})، وأشد فاعلية بمقدار ٥٠ - ٦٠ مرة من الأيونات ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم (Ca^{++}).

أنواع المُرَوِّبات

هناك العديد من المواد الكيماوية التى تستخدم كمروبات من أهمها:

- كبريتات الألومنيوم (الشبة) $Al_2(SO_4)_3 . nH_2O$
- بولي كلوريد الألومنيوم $Al(OH)_x(Cl)_y$
- كلوريد الحديديك $Fe\ Cl_3$
- كبريتات الحديديك $Fe(SO_4)_3$
- كبريتات الحديدوز مع الجير المطفأ $Fe(SO_4)_2+Ca(OH)_2$

المُرَوِّبات المساعدة

هي مواد تستعمل كمساعدات للترويب من أهمها:

- السيليكيا النشطة (سليكات صوديوم)
- عوامل تثقيل (مثل طمي البانتونايت)
- البولي الكتروليتات (مثل البولى اكريلاميد ومشتقاته)

ومن المواد الشائعة المستخدمة فى عملية الترويب والتى سوف نتناولها بشئ من التفصيل هى: كبريتات الألومنيوم وأسمها الدارج هو الشـبة وصـيغتها الكيميائية هى $Al_2(SO_4)_3.nH_2O$ وعند ذوبان هذا المُرَوِّبْ وتأينه فى المـاء فإنه يكون أيونات الألومنيوم ثلاثية التكافؤ Al^{+++} ويتراوح نطاق الجرعة من ١٥- ١٠٠ ملليجم/لتر. وحيث أن الشبة هى الأكثر استعمالا لتعجيل حـدوث الترسيب الطبيعي عن طريق الترويب/التنديف، لذلك فإنه من المهـم تفهـم الكيفية التي تعمل بها عملية الترسيب للمساعدة على إزالة البكتريا الممرضة والجسيمات الأخرى التي تسبب العكارة والطعم والرائحة.

الترويب

توضح كلمة الترويب التأثير الناتج عندما تضاف مواد كيماوية معينة للميـاه الخام المحتوية على مواد بطيئة الترسيب ومواد لا تترسـب طبيعيـاً،ويمكن تعريف الترويب على أنه بداية استجابة الجسيمات بطيئة الترسيب فى الميـاه الخام لعمل ندف دقيقة عند إضافة المُرَوِّبْ للمياه مشـكلة سـحابة هلاميـة ويستلزم ذلك عملية خلط سريع لضمان توزيع متماثل للمادة المُرَوِّبة.

الخاط السريع

الخاط السريع هو (Flash mixing) مزج المواد المُرَوِّبة مع المياه الخام والغرض من المزج السريع هو التوزيع المتماثل للمواد الكيماوية المُرَوِّبة خلال المياه وتحدث هذه العملية فى وقت قصير جدا (عدة ثوان) وتكون النتيجة الأولية لهذه العملية هى تكوين جزيئات صغيرة جداً. فالتلامس الأول للمُرَوِّبْ مع المياه هى الفترة الزمنية الأكثر حرجاً فى عملية الترويب بأكملها وذلك لان تفاعل الترويب يحدث بسرعة، ولذا فمن المهم أن يتلامس المُرَوِّبْ والجسيمات الغروية فوراً وبعد إضافة المُرَوِّبْ.

وصف العملية الترويبية من الناحية الكيماوية:

تعتبر العملية الترويبية من العمليات المعقدة وهى عملية فيزيائية وكيميائية تحدث بين قلوية المياه الناتجة من وجود مكونات مثل الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيدات واليورات والسيليكات والفوسفات بالمياه (وهى قدرة المياه على معادلة الأحماض) وبين المادة المُرَوِّبة. ويساعد تقليل الرقم الهيدروجيني للمياه (pH) على تهيئة الوسط للشحنة الموجبة وهو المناسب للتفاعل مع الجزيئات والغرويات السالبة الشحنة مكوناً ندف غير ذائبة والتي تعمل على إزالة الشوائب من المياه. ويعتبر مدي الرقم الهيدروجيني (٥,٥ – ٧,٥) مدي مناسب لعملية الترويب وتعطي الشبة أفضل نتائج فى هذا المدى، حيث أن المادة المُرَوِّبة تتفاعل مع جزء من قلوية الماء والقلوية المتبقية بعد التفاعل والموجودة فى المياه تعمل كمنظم (Buffer) تمنع الرقم الهيدروجيني للمياه من التغير وبالتالى تساعد على الترسيب الكامل للمادة المُرَوِّبة ويمكن تمثيل معادلة التفاعل كالآتي:

كبريتات الألومنيوم + القلوية ← هيدروكسيد الألومنيوم + كبريتات الكالسيوم + ثاني أكسيد الكربون
(الشبة) (بيكربونات الكالسيوم) (الندف)

وفى حالة عدم وجود القلوية الكافية فى المياه يضاف إليها الصودا الكاوية أو الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$) كما بالمعادلة التالية:

هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم ← كبريتات الألومونيوم + هيدروكسيد كالسيوم

وبصفة عامة فإن المشغل لا يستطيع التحكم فى القلوية أو الرقم الهيدروجيني العالى بمصدر المياه ولذلك فمؤشر تقييم نوعية المياه يلعب دوراً رئيسياً فى اختيار نوع المادة المُرَوِّبة المستخدمة فى معالجة المياه كما أن الجرعة الزائدة أو المنخفضة تؤدي إلى الإقلال من كفاءة عملية الإزالة ، ويتم التأكد من إنجاز هذه المهمة بعمل اختبار الكؤوس "Jar test".

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

وصف عملية التنديف يتراوح الحجم الأمثل للندف من (١- ٣ مم) ويعتمد ذلك على نوع عملية الإزالة المستخدمة سواء كان بنظام الترشيح المباشر أو الترشيح التقليدي (Conventional) ويجب الأخذ 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 ومفككه بعد أن كانت ملتصقة ببعضها. فالتنديف عملية أبطأ بكثير من الترويب لذلك فإن حوض التنديف يجب أن يكون أكبر نسبيا. ونظرا لأن الندف هشة تماما فلذلك يجب أن يجري الخلط بطيئا كما يجب أن تكون سرعة التصرف خلال الحوض بطيئة بما يكفل عدم تفتيت جسيمات الندف أو تكسيرها، وعلى ذلك يجب أن يكون حوض التنديف كبيراً 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 والتي تحمل شحنة سالبة فيحدث تعادل كهربائي، وتلتصق ببعضها مكونة حبيبات أكبر تسمي ندف (Flocs) والتى تزداد حجما وثقلاً أثناء تجولها فى الماء نتيجة تماسك الندف الدقيقة مع بعضها مكونة ندفاً أكبر

وأثقل، قابلة للترسيب بسرعة أكبر وتسمي هذه العملية بالتنديف (Flocculation).

العوامل المؤثرة فى عملية الترويب والتنديف

تتأثر عملية الترويب والتنديف بعوامل مختلفة أهمها:

- تركيز الأس الهيدروجيني pH ولكل نوع من المواد المُرَوِّبة مدي فى الرقم الهيدروجيني فتتم عملية الترويب بأعلى كفاءة بالنسبة للشبة عندما يكون الرقم الهيدروجيني من ٤.٥ إلى ٧.٥ أما بالنسبة لكبريتات الحديدوز فتحدث عند رقم هيدروجيني أكبر من ذلك قد يصل إلى ٨.٥.
- قلوية الماء حيث تتم عملية الترويب أسرع مع القلوية العالية.
- ظروف خلط المادة ويفضل أن تكون خلط المادة المُرَوِّبة بسرعة وبتجانس فى كل حجم المياه الخام.
- نسبة العكارة ويفضل ألا تقل عن نسبة معينة ،وأحياناً إذا كانت قليلة جداً يتم اللجوء إلى إضافة مواد مساعدة لتكوين نواة تتجمع حولها الندف ويؤدي ذلك إلى الإقلال من المادة المُرَوِّبة.
- جرعة المادة المُرَوِّبة (Dose) والمقصود بها عدد جرامات المادة المُرَوِّبة ، التي يتم إضافتها للمتر المكعب من الماء الخام ويعبر عنها بالجرام لكل متر مكعب أو بجزء فى المليون – وذلك لإتمام عملية الترويب والتنديف بأعلى كفاءة ولتكوين ندف ذات أكبر كثافة، ويفضل تحديد جرعة المادة المُرَوِّبة عن طريق التجارب العملية باستخدام اختبار الجرعات (Jar test).

ويتناسب حجم الندف طرديا مع جرعة الشبة المضافة وذلك فى حدود معينة وبالتالى يلزم تحديد جرعة الشبة التي تحقق تكوين الندف فى حجم رأس الدبوس. ويتم تحديد جرعة الشبة الفعالة معملياً بواسطة جهاز تحديد الجرعات (Jar test) كما سيتم شرحه لاحقاً فى هذا الكتيب.

تخزين الكيماويات

للبدء فى أعمال الترويب يجب أولا العناية بتداول وتخزين المواد المُرَوِّبة. حيث تتوفر المُرَوِّبات فى شكل صلب (مسحوق أو حبيبات) أو سائل وغالبا ما تكون السوائل أسهل فى الخلط والاستعمال ويمكن شراء الكيماويات بأحجام مختلفة تتراوح من أكياس زنة ٢٥ كيلو جرام وأوعية سعة ٢٠ لتر إلى سيارات نقل صهريجيه زنة ٥٠ طن أو أكثر.

ويجب دائما تخزين الكيماويات فى منطقة جافة عند درجة حرارة متوسطة ومنتظمة إلى حد ما، حيث أن الرطوبة قد تسبب تصلد أو تجبس الكيماويات الجافة فمن الواجب تخزينها على "طبالى" خشبية نقالة للسماح بمرور الهواء أسفل الأكياس، ومن المفضل أيضا تخزين الكيماويات الجافة على أرضية تقع فوق منطقة تحضير المحاليل حتى يمكن تغذيتها بالجاذبية إلى المنطقة الخاصة بالتحضير، وعلى أية حال فقد لا يكون ذلك عملياً فى المحطات الصغيرة والمتوسطة الحجم لأن حجم الكيماويات المستعملة قد لا يعتبر استثمارأ رئيسيا فى معدات تداول الكيماويات.

وتشتمل المعدات المستعملة فى تداول الكيماويات العربات إليدوية أو الميكانيكية والأوناش العلوية والمصاعد والناقلات الميكانيكية والناقلات بالهواء المضغوط وتتباين طرق التخزين والتدويل وفقاً لنوع ومقدار المادة الكيميائية المستعملة.

وتخزن الكيماويات غالباً بحالة جافة أو سائلة فى منطقة تخزين خاصة ومحمية الجوانب وتتاح التعليمات عن التخزين المناسب للمُرَوِّبات من مورد الكيماويات كما يمكن الإطلاع على الطرق السليمة لتداول وحفظ الكيماويات من خلال المواصفات القياسية المصرية الخاصة بالتداول والتخزين بكل نوع من هذه المُرَوِّبات.

بعض المفاهيم الكيميائية

عندما نتكلم عـن المحاليل المروبة وتحضيراتها بتركيزات مخففة من أشكالها المركزة، فمن الضرورى أن نعرف شيئا عن خصائصها الطبيعيـة كمـواد كيميائية ، مثل الصيغ الكيميائية والتفاعلات الأساسية لهذه المروبـات فـى المياه ، وكيفية حساب الأوزان الذرية لهذه التفاعلات فى معادلات كيميائيـة رمزية موزونة.

ويبين الجدول رقم (٢-١) الأوزان الذرية والتكـافؤات لـبعض العناصـر والمجموعات التى سوف نتعرض لها كثيراً فى عمليات معالجة المياه.

الخصائص الطبيعية للمواد الكيميائية

المـواد الكيميائـية المستخدمة فى معالجة المياه تتفاوت كثيرا فى خصائصها الطبيعية من المواد الحمضية إلى المواد القلوية، ومن المواد سريعة الـذوبان فى الماء إلى المواد التى لا تذوب ولهذا فكل منها يحتـاج إلـى الأسـاليب المناسبة فى عمليات الخلط والإضافة.

١- كبريتات الألومنيوم:

تعرف عادة باسم الشبة، وحتى يكون التعبير دقيقا فهى خليط من الكبريتـات المعدنية المتنوعة-يصل وزنها إلى ٤٨٠ كجم/م^3 ويمكن الحصول عليها فى أكياس تزن من ٤٠-٥٠ كجم ،على شكل كتل أو حبيبات أو مسحوق.

وتحتوى الشبة المستخدمة فى محطات المياه علـى ١٤-١٦٪ مـن أكسـيد الألومنيوم، بالإضافة إلى ماء التبلور، ولهذا فإن كبريتات الألومنيوم الفعالـة تكون نسبتها فى الوزن ٨٤-٨٦٪. والشبة سريعة الذوبان فى الماء، وينـتج محلول حمضى يتطلب استخدام المواد المقاومـة للتآكـل فـى الأحـواض والمضخات وشبكات المواسير. وللتوصل إلى مزج سليم يفضل أن لا تزيد قوة تركيز المحلول فى الجرعات المضافة عن ١٠٪.

جدول رقم (٢-١)
الأوزان الذرية والتكافؤات

العنصر	الرمز الذرى	الوزن الذرى	التكافؤ
الألومنيوم	Al	٢٦.٩٨	٣+
الكالسيوم	Ca	٤٠.٠٨	٢+
الكربون	C	١٢.٠١	٤+
الكلور	Cl	٣٥.٤٦	١-
النحاس	Cu	٦٣.٥٤	٢+
الهيدروجين	H	١.٠٠٨	١+
اليود	I	١٢٦.٩١	١-
الحديد	Fe	٥٥.٨٥	٣+
الماغنسيوم	Mg	٢٤.٣٢	٢+
المنجنيز	Mn	٥٤.٩٣	متعدد
النيتروجين	N	١٤.٠١	متعدد
الأكسجين	O	١٦.٠٠	٢-
البوتاسيوم	K	٣٩.١٠	١+
الصوديوم	Na	٢٣.٠٠	١+
الكبريت	S	٣٢.٠٦	متعدد
البيكربونات	HCO_3	٦١.٠١	١-
الكربونات	CO_3	٦٠.٠١	٢-
الهيدروكسيل	OH	١٧.٠٠	١-
النترات	NO_3	٦٢.٠١	١-
النيتريت	NO_2	١.٤٦	١-
الفوسفات	PO_4	٩٤.٩٨	٣-
السيليكات	SiO_3	٧٦.١٠	٢-
الكبريتات	SO_4	٩٦.٠٦	٢-

الوزن الذرى = عدد البروتونات + عدد النيترونات لذرة العنصر المشار إليه.
الوزن الجزيئي = مجموع الأوزان الذرية لذرات العناصر التى يشتمل عليها الجزيئ (المجموعة المشار اليها).
التكافؤ = هو عدد الالكترونات التى يكتسبها أو يفقدها أو يشارك بها ذرة العنصر فى التفاعلات الكيميائية.

وتتفاعل كبريتات الألومنيوم مع القلوية الطبيعية فى الماء وإذا كانت هذه القلوية غير كافية فإننا نعمل على زيادتها بإضافة الجير لتكوين ندف من هيدروكسيد الألومنيوم، وفيما يلى المعادلة بالرموز ثم بالأوزان الذرية:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca\,SO_4 + 6CO_2 \ldots\ldots (1)$$
$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca\,SO_4 \ldots\ldots\ldots (2)$$

وفى كلتا الحالتين يتكون هيدروكسيد الألومنيوم الغير قابل للذوبان، وهو الأساس فى عملية الترويب. وتأتى كبريتات الألومنيوم عادة على شكل حبيبات مبلورة وتحتوى على ماء التبلور وتركيبها الكيميائى: $Al_2(SO4)_3.14H_2O$، ولا بد ان نأخذ هذا الماء (ماء التبلور) فى الاعتبار عند حساب الأوزان في المعادلة.

تمرين رقم (١):

قم بحساب الأوزان فى المعادلة التالية، باستخدام الجدول رقم (٢-١):

$$Al_2(SO_4)_3 + 18H_2O + 3Ca(OH)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca\,SO_4 + 18H_2O$$

وتوضح النتيجة أن كل ٦٦٦.١٤ جم من كبريتات الألومنيوم (الشبة) تتحد مع ٢٢٢.٢٤ جم من الجير لإنتاج ١٥٥.٩٦ جم من هيدروكسيد الالومنيوم. كما تبين المعادلة ان ١جم من الشبة مع ٠.٣٣ جم من الجير ينتج ٠.٢٣ جم من هيدروكسيد الألومنيوم. بالإضافة إلى ان كل جزء فى المليون (جـم/م^3) من كبريتات الألومونيوم الصلبة، يقلل قلوية الماء بنسبة ٠.٤٥ جزء فى المليون، ويزيد ثاني أكسيد الكربون بمقدار ٠.٤ جزء فى المليون. ويوضح الجدول رقم (٢-٢) مثال لتغير نسبة كل من القلوية وثاني أكسيد الكربون والرقم الهيدروجينى عند إضافة جرعة شبة قدرها ٣٠ جم/م^3.

جدول رقم (٢-٢)
تأثير إضافة جرعة شبة قدرها ٣٠ جم / م^3

م	نوع التحليل	مياه عكرة	مياه مروقة
١	القلوية مقاسه ككربونات كالسيوم (ملليجم /لتر)	١٨٠	١٦٦
٢	ثاني أكسيد الكربون (ملليجم /لتر)	٠,٤	١٢.٦
٣	الرقم الايدروجيني pH	٨,١	٧,٥
٤	العكارة {NTU}	٨	١,٢

ويوضح الملحق رقم ٢ فى نهاية هذا الكتيب المواصفات المصرية الخاصة بالشـبة الصـلبة والشبة السائلة المستخدمة فى عمليات معالجة مياه الشرب.

٢- كلوريد الحديد:

يمكن الحصول على كلوريد الحديد فى أشكال مشابهه للشـبة ولكـن نظـرا لتأثيراته الحمضية القوية في حالة الرطوبة فهو يورد عادة فى براميـل قـد تصل سعة البرميل الواحد منها ١٩٨ كجم .نسبة كلوريد الحديد فـى حالتـه البللورية تصل إلى ٦٠٪ بالوزن.

أما كلوريد الحديد اللامائى الخالى من ماء التبلور يورد فى براميل معدنيـة محكمة الغلق تبلغ سعة ٤٥ كجم ولا بد من استخدام جميع محتويات البرميل فور فتحه لأن بتعرضه للهواء يمتص الرطوبة ويتكون الحـامض ذو الأثـر الشديد فى التآكل. ويتفاعل كلوريد الحديد مع القلوية الطبيعيـة فـى المـاء أو بإضافة الجير لتكوين ندف من هيدروكسيد الحديد وهو هيدروكسيد غير قابـل للذوبان يؤدى نفس الوظيفة التى يؤديها استخدام الشبة.

وفيما يلى المعادلة بالرموز ثم بالأوزان الذرية:

تمرين رقم (٢):

قم بحساب الأوزان فى المعادلة التالية:

$$2Fe\,Cl_3 + 3Ca(OH)_2 \leftrightarrow 2Fe(OH)_3 + 3Ca\,Cl_2$$

وتبين المعادلة انه يلزم ١جم من كلوريد الحديد مع ٠,٦٨ من الجير لإنتـاج ٠,٦٥ جم من هيدروكسيد الحديد. وبمقارنة هذا بالشبة نجد إننا نحتاج فقـط إلى أقل من نصف الكمية من كلوريد الحديد لإنتـاج نفـس المقـدار مـن الهيدروكسيد الذي لا يقبل الذوبان فى الماء. ومع هذا فان قـرار اسـتخدام الشبة أو كلوريد الحديد يتوقف على التكاليف وعلى سهولة الحصول علـى المادة المتاحة. ولا تختلف قوة تركيز المحلول فى كلوريد الحديد ولا المعدات المستخدمة فى إضافة الجرعات عما يستخدم فى حالة الشبة.

٣- الجير:

أكثر المواد القلوية استخدام هي مادة الجير وهى تأتى في العادة على شـكل مسحوق جاف ابيض من الجير المطفئ (المسقى بالماء) وهو ما يعرف باسم هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$. وحسب نوع الجير المطفئ تتراوح نسـبة هيدروكسيد الكالسيوم النقي في هذا الجير بين ٨٠٪ ، ٩٩٪ ولابد من معرفة النوع ونسبة النقاء قبل الاستخدام حتى يمكن تحديد الجرعة الصحيحة.

ولما كان الجير المطفى لا يذوب سريعا في الماء فلابد من تحريك الخلـيط باستمرار في حوض الإذابة. وتحدث المشاكل عند استخدام مضخات الكـبس في إضافة جرعات الجير ولهذا السبب فهو يضاف عادة على هيئة مسـحوق بمعدل منتظم بواسطة مغذى خاص مع إنها اقل دقـة مـن مضـخة كـبس المحلول.

٤- الكربون النشط:

قد تتسرب إلى المياة السطحية روائح كريهة أو تأثيرات منفرة فـي الطعـم نظرا لوجود أنواع معينة من الطحالب أو النباتات أو الكائنات الدقيقة فهـذه الكائنات تطلق مواد طيارة ذات رائحة تذوب في الماء ومـع إن التـأثيرات الناتجة في طعم الماء لا تسبب إضرار صحية إلا أنة يجب إزالتها إرضـاء لأمزجة المستهلكين، وكل عمليات الترويب والتنديف والترسيب والترشيح فى مرشحات الرمل لن تزيل الروائح التي تسببها تلك المواد الذائبة في المـاء.

واستخدام حبيبات الكربون كوسط ترشيحي عملية معروفة منذ القرن التاسع عشر ومازالت تستخدم كوسيلة لإزالة الروائح غير المرغوبة.

والكربون المنشط يكون على هيئة مسحوق ناعم مما يسمح بمساحة سطحية كبيرة قادرة على الامتصاص وهو غير قابل للذوبان ويضاف إلى الماء على هيئة مسحوق باستخدام نفس المعدات المجهزة لإضافة مسحوق الجير. وتضاف الجرعات بنسبة تتراوح بين ٣-١٥ مجم /لتر تبعا لاحتياجات التحكم في الطعم والرائحة. ويضاف الكربون النشط قبل وصول المياه إلى المرشحات ويكون ذلك عادة في نفس الوقت الذي يضاف فيه الجير والشبة حتى يتاح الوقت الكافي لاستكمال التفاعل مع المواد التي تسبب الروائح قبل التخلص من الكربون في أحواض الترسيب.

٥- المروبات المساعدة:

لم نناقش حتى الآن سوى الأثر الناتج عن إضافة الشبة وحدها فى تفاعلاتها كمادة مروبة ومع هذا فقد استخدمت على مر السنين أنواع مختلفة من المواد الكيميائية التي تضاف في جرعات صغيرة وهى تساعد في عمليات التنديف كما توفر وتقلل من كميات الشبة المطلوبة٠ وهذه المواد المساعدة في الترويب هي البولي اليكتروليتات وهي مجموعة من المركبات الطبيعية أو الصناعية التي تجمع بين خصائص البوليمرات (المركبات ذات السلاسل الطويلة) وبين خصائص الاليكتروليتات. ومن الأنواع الطبيعية هناك بعض المركبات الطبيعية المستخلصة من السليولوز ونشا البطاطس ومن أهم مميزات هذه المركبات الطبيعية إنها تستخدم أيضا فى إنتاج الأغذية وعلى هذا فيمكن الاطمئنان إلى أنها لا تحتوى على أى مواد سامة.

وهناك عدد اكبر من البولى اليكتروليتات الصناعية التى تختلف فى تركيباتها والتى لا نعرف عنها الكثير حيث ان تركيباتها فى أكثر الأحيان تكون من الأسرار الصناعية. ولما كانت هذه المركبات الصناعية تختلف كثيرا فى تركيبها كما ذكر فإنه لا يمكن التحقق من مميزات اى مركب منها؛ إلا

بتجربته قبل اتخاذ القرار باستخدامه. وتستخدم البولى اليكتروليتات بجرعات ذات مقادير صغيرة للغاية فى حدود ٠,٥مجم/ل، وحتى يمكـن اسـتخدامها بنجاح فلابد من السيطرة على نسـبة الجرعـات بدقـة وعناية،فاسـتخدام البوليمرات بمقادير كبيرة لن يؤدى إلى اى نتائج مفيدة فضلا عن أنها غاليـة الثمن .كما ان قوة تركيز المحلول يجب ان تكون اقل بكثير مـن المروبـات العادية ـ عادة تتراوح بين ١-٢,٥٪.

المزج وإضافة الجرعات فى التحاليل الكيميائية فى مجال معالجة مياه الشـرب تقـاس قـوة تركيـز المحاليل عادة بتقدير وزن المادة الذائبة بالملليجرامات فى وحـدة الحجـوم للسائل (الماء) باللترات، أي مجم /لتر أو جزء فى المليون (ppm).

وفى عملية تجهيز محاليل الكيماويات المستخدمة فى الترويـب والمعالجـة تقاس قوة تركيز المحاليل عادة بتقدير وزن المادة المذابة بالجرامـات فـى وحدة الحجوم للسائل (الماء) باللترات، أي جم /لتر أو جزء فى المائـة (٪) (جم/١٠٠مل). أما عند إضافة جرعات المواد الكيماوية للمياه فتحدد الجرعة بتقدير وزن المادة المضافة بالجرامات إلى وحدة الحجـوم للسـائل (المـاء) بالمتر المكعب، أي جم /م^{٣}. وقد تم استنباط تلك التقديرات على أسـاس ان : الواحد ديسمتر مكعب من الماء يزن كيلوجرام واحد عند درجة حـرارة ٤^{o}م (وعند درجة حرارة ٢٥^{o}م يكون نسبة الخطأ ١٪) وبالتالى يمكن اعتبار ان : ١م^{٣} من المياه حجماً ≡ ١طن وزناً.

تعريفات عامة

التركيز:

يقاس التركيز بكمية المادة المذابة وزناً بالجرامات فى كمية المـذيب حجمـاً باللترات..(أى جم/لتر)، وإذا ما قسم التركيز على ١٠ تعطي التركيز كنسبة مئوية (التركيز٪)

الجرعة:

تقاس الجرعة بكمية المادة المضافة وزناً بالجرامات فى كمية الماء المعـالج حجماً بالمتر المكعب ...(أى جم/م^{٣}).

كمية المياه الخام:

يقاس معدل تدفق المياه الخام بعدد المترات المكعبة المارة الى وحدات التنقية فى الساعة الواحدة .. (أى م^3/س).

تصريف طلمبة الشبة:

يقاس معدل تصرف محلول الشبة بعدد اللترات المتدفقة الى وحدات التنقيـة (عند نقطة الإضافة) فى الساعة الواحدة . ..(أى لتر/س).

القسمات:

يد أو أداة فى الطلمبة ،مقسمة إلى شرط أو درجات ،ويمكن إدارتها، يـدويا، يتم بواسطتها التحكم فى طول مشوار ذراع المكبس وبالتالى فقيمتهـا تمثـل حالة معدل التصرف للطلمبة . علما بان تدريج القسمات لأغلـب الطلمبـات يكون من صفر-١٠٠ درجة، إلا أن البعض الآخر قد يكون مختلف (صفر-٣٠ ...الخ)، وأقل تدريج (عند الصفر) يعنى ان مشوار ذراع السحب يساوي صفراً بمعنى ان الطلمبة لا تضخ محلول، أما أقصى تدريج (١٠٠) يعنى ان الطلمبة تعمل عند أقصى تصريف لها وهى القيمة التى يعوض عنهـا فـى معادلة حساب القسمات التى سيرد ذكرها.

تجهيز أحواض الشبة

محلول الشبة محلول حمضي آكال يتفاعل مع المادة الحاوية له لـذلك يـتم إنشاء أحواض تجهيز المحلول من المباني أو الخرسانة ثم يتم تبطينها بمـادة لا تتأثر بالأحماض مثل السيراميك أو تدهن بمواد لا تتأثر بالأحماض مثـل الايبوكسي.

ويتم عادة تخفيف المُرَوِّبات فى محطة المعالجة إلى محاليل ذات تركيـزات مناسبة قبل إضافتها إلى المياه الخام ، وغالباً ما يكون قوة تركيز محلول الشبة المستخدم يتراوح من ٥-١٠٪ للمياه ذات العكارة المنخفضة، مـن ١٠-٢٠٪ للمياه ذات العكارة المرتفعة. على أن هناك بعض اعتبارات الأخرى قد تتداخل فى تحديد هذا التركيز مثل: كمية المياه الخام، سعة أحـواض الإذابـة، قـدرة

تصرف طلمبة الشبة، فمثلاً إذا فرضنا أن سعة حوض الإذابة لمحطة مـا ..! هو ٥٠ م^3 والمطلوب تجهيزه بمحلول شبة تركيزه ١٠٪ فيكون وزن الشـبة الصلبة المطلوب هو 5 طن.

وللحصول على درجة التركيز الصحيحة فمن الضرورى أولاً ان نضع الشبة بعد التحقق من وزنها فى الشيالات الخاصة بها فى حوض الإذابة ثم يضاف الماء بحيث يكون الحجم الكلى النهائى ٥٠ م^3 ويمكن التعرف على هذا الحجم المطلوب عندما يصل سطح الماء إلى علامة الـ ٥٠ م^3 الموجـودة علـى البيان الزجاجى الخاص بمبين منسوب حوض الإذابة، ثم يتم إذابة المـروب اما بالهواء أو بالقلابات الميكانيكية وذلك حسب تجهيز الحوض وينبغـى ان يستمر التقليب لفترة كافية حتى نضمن تمام الإذابة. وفى المحطات الصغيرة يمكن إجراء ذلك عن طريق تفريغ الأكياس يدويا أو تفريغ الكيماويات السائلة عن طريق السيفون، أو الطلمبات إلى أحواض التخفيف لتحضـير المحاليـل المغذية.

أما فى المحطات الكبيرة فيخصص مبني كامل للتحضير الأتوماتيكي لمحاليل الترويب وقد يشمل مثل هذا المبني على قواديس كبيرة ومـوازين ونـاقلات بسيور وأوناش وشبكات مـن المواسـير وطلمبـات لمعـايرة الكيماويـات وصهاريج للتخزين المؤقت. ومن المهم أن يعتني المشغل بخلط المادة الجافة أو السائلة خلطا متساويا ومتجانسا فى الماء، ثم ترفع عينة من قبل المعمـل للتأكد من التركيز ، فإذا كان التركيز ١٠٪ فإنه يعنى ١٠٠ كجم من الشـبة فى المتر المكعب.

أمثلـة لتحضـير المحاليل المخففة من الشبة

يتم إضافة مائة كيلو جرام من الشبة الصلبة (شيكارتين زنة الواحدة ٥٠ كجم) لكل متر مكعب من المياه فى الحوض لتعطي تركيز ١٠٪، أما فى حالة الشبة السائلة (٥٠٪) ذات كثافة ١.٣٢ جم/سم^3 فيتم التخفيف بإضافة ضعف الوزن (٢٠٠ كجم) لتعطي نفس تركيز محلول الشبة الصلبة ١٠٪ .

تمرين رقم (٣):

يرجع إلى الجدول رقم (٢-٣) وتستخدم بياناته فى متابعة بيان عملـى فـى الحالتين التاليتين:

فى حالة الشبة الصلبة (شكاير ٥٠ كجم):

بفرض أن سعة حوض الشبة ١٥٤م^{٣} (١١م طول × ٣,٥م عرض × ٤م إرتفاع) فإنه يتم إسقاط عدد ٣٠٨ شيكارة شبة صلبة فى الحوض للحصول على محلـول بتركيز ١٠ ٪ (يتم إسقاط شيكارتين لكل ١ م^{٣} من حجم الحوض) (ويعتبر كل ١م أرتفاع ≡ ٣٨,٥ م^{٣} حجماً).

ويتم إتباع الخطوات التالية لتجهيز المحلول المطلوب:

١. يتم إضافة مياه للحوض من المحبس وعندما يصـل منسـوب الميـاه لمستوي ريش الخلاط يتم تشغيله لتقليب المحلول.
٢. يغلق محبس إضافة المياه للحوض عند ملئه.
٣. استمر فى التقليب حتي يتم إذابة كل الشبة.
٤. إبلاغ المعمل لأخذ عينة فى اليوم التالى لضمان تمام الإذابة.
٥. يتم السحب من الحوض الشبة حتي يصل إلى مسـتوي عوامـة أقـل منسوب.

ويوضح الجدول رقم (٢-٣) معدلات ارتفاع المياه وحجمها بالخزان وعـدد شكاير الشبة الصلبة المطلوب إضافتها للحصول على محلول شـبة بنسـبة تركيز ١٠ ٪.

فى حالة الشبة السائلة (تركيز ٥٠٪ من الخزان):

للحصول على محلول شبة تركيز ١٠ ٪ يتم ملء الحوض بالمياه لأي ارتفـاع نختاره طبقا للجدول رقم (٢-٣) ثم يفتح محبس دخول الشبة السـائلة بتركيـز ٥٠٪ من الخزان بالارتفاع المناظر له من الجدول مع التقليب بواسطة الخـلاط للحصول على محلول شبة تركيز ١٠ ٪.

جدول رقم (٢-٣)

تحضير محلول شبة بتركيز ١٠٪ فى حوض سعة [١١ل×٣,٥ض×٤ع] متر

الشبة (السائلة)*		الشبة (الصلبة)		حجم المحلول الكلى م³	ارتفاع المحلول المطلوب (م)
حجم الشبة (الوزن ÷ الكثافة*)	وزن الشبة (طن)	عدد الشكاير	وزن الشبة (طن)		
٢٠,٣٢٨	٣٠,٨٠٠	٣٠٨,٠	١٥,٤٠٠	١٥٤,٠٠	٤,٠٠
١٩,٨٢	٣٠,٠٣٠	٣٠٠,٣	١٥,٠١٥	١٥٠,١٥	٣,٩٠
١٩,٣١	٢٩,٢٦٠	٢٩٢,٦	١٤,٦٣٠	١٤٦,٣٠	٣,٨٠
١٨,٨٠	٢٨,٤٩٠	٢٨٤,٩	١٤,٢٤٥	١٤٢,٤٥	٣,٧٠
١٨,٢٩	٢٧,٧٢٠	٢٧٧,٢	١٣,٨٦٠	١٣٨,٦٠	٣,٦٠
١٧,٧٨	٢٦,٩٥٠	٢٦٩,٥	١٣,٤٧٥	١٣٤,٧٥	٣,٥٠
١٧,٢٧	٢٦,١٨٠	٢٦١,٨	١٣,٠٩٠	١٣٠,٩٠	٣,٤٠
١٦,٧٧	٢٥,٤١٠	٢٥٤,١	١٢,٧٠٥	١٢٧,٠٥	٣,٣٠
١٦,٢٦	٢٤,٦٤٠	٢٤٦,٤	١٢,٣٢٠	١٢٣,٢٠	٣,٢٠
١٥,٧٥	٢٣,٨٧٠	٢٣٨,٧	١١,٩٣٥	١١٩,٣٥	٣,١٠
١٥,٢٤	٢٣,١٠٠	٢٣١,٠	١١,٥٥٠	١١٥,٥٠	٣,٠٠
١٤,٧٣	٢٢,٣٣٠	٢٢٣,٣	١١,١٦٥	١١١,٦٥	٢,٩٠
١٤,٢٣	٢١,٥٦٠	٢١٥,٦	١٠,٧٨٠	١٠٧,٨٠	٢,٨٠
١٣,٧٢	٢٠,٧٩٠	٢٠٧,٩	١٠,٣٩٥	١٠٣,٩٥	٢,٧٠
١٣,٢١	٢٠,٠٢٠	٢٠٠,٢	١٠,٠١٠	١٠٠,١٠	٢,٦٠
١٢,٧٠	١٩,٢٥٠	١٩٢,٥	٩,٦٢٥	٩٦,٢٥	٢,٥٠
١٢,١٩	١٨,٤٨٠	١٨٤,٨	٩,٢٤٠	٩٢,٤٠	٢,٤٠
١١,٦٨	١٧,٧١٠	١٧٧,١	٨,٨٥٥	٨٨,٥٥	٢,٣٠
١١,١٨	١٦,٩٤٠	١٦٩,٤	٨,٤٧٠	٨٤,٧٠	٢,٢٠
١٠,٦٧	١٦,١٧٠	١٦١,٧	٨,٠٨٥	٨٠,٨٥	٢,١٠
١٠,١٦	١٥,٤٠٠	١٥٤,٠	٧,٧٠٠	٧٧,٠٠	٢,٠٠
٩,٦٥	١٤,٦٣٠	١٤٦,٣	٧,٣١٥	٧٣,١٥	١,٩٠
٩,١٤	١٣,٨٦٠	١٣٨,٦	٦,٩٣٠	٦٩,٣٠	١,٨٠
٨,٦٤	١٣,٠٩٠	١٣٠,٩	٦,٥٤٥	٦٥,٤٥	١,٧٠
٨,١٣	١٢,٣٢٠	١٢٣,٢	٦,١٦٠	٦١,٦٠	١,٦٠

* كثافة الشبة السائلة الخام ١,٣٢

اختبارات التحكم في التشغيل

للبدء فى إجراءات التحكم فى التشغيل وتحديد إضافة الشبة، فإنه من الضروري البدء أولا فى التعرف على أنواع الاختبارات المختلفة المستخدمة لهذا الغرض من قبل المشغلين بحقل المياه ثم التركيز على خطوات إجراء اختبار الجار (Jar Test) بشيء من التفصيل، والتي يتم على ضوء نتائجها يتم تحديد جرعة الشبة المطلوب إضافتها للمياه.

الاختبارات تساعد المشغل علي التحكم في عملية الترويب / التنديف وهي:

١) اختبار الكأس (الجار)	Jar test
٢) اختبار الأس الهيدروجيني	pH test
٣) اختبار العكارة	Turbidity test
٤) اختبار قابلية الترشيح	Filterability test
٥) اختبار جهد الزيتا	Zeta potential test
٦) اختبار مرور التيار الكهربي	Streaming Current test
٧) اختبار عد الجسيمات العالقة	Particle counting test

١- اختبار الجار (الكأس):

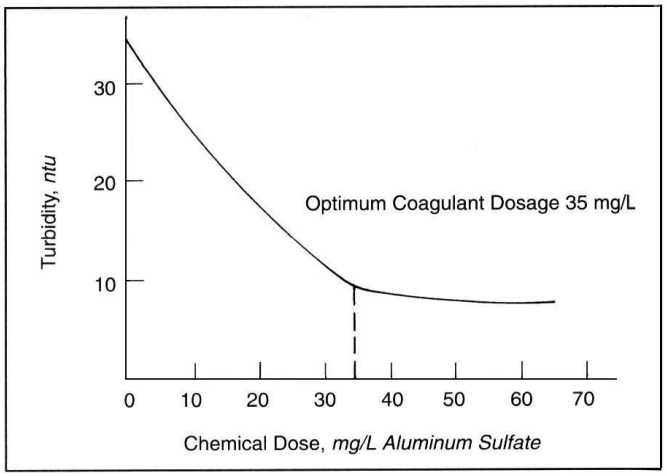
تمرين رقم (٤): (بيان عملى بالمعمل).

هو اختبار شائع منذ سنوات عديدة ، يستخدم له جهاز متوفر لأغلب المشغلين في حقل معالجة المياه، وذلك لاختيار أو لتحديد الجرعة المثالية (Optimum doses) للكيماويات المستخدمة في عملية الترويب والتنديف، كما انه يساعد في تقييم المروبات الجديدة والمفاضلة بينها وبين المروبات المتاحة من ناحية الكفاءة والتكلفة وليس هناك طريقة قياسية لإجراء التجربة ولكن هناك خطوات نموذجية يمكن الاسترشاد بها وهي واردة بالمرجع التالى:

(AWWA) Manual M12 {Simplified procedures for Water Examination}

وتتلخص الطريقة كالتالي: تجميع عينة من الماء الخام وتصب في عدة كاسات ثم يضاف لها جرعات متدرجة الزيادة من المروب الكيميائي، مع ملاحظة أن يجرى الاختبار فور جمع العينة لتجنب الأثر الناتج عن تغير درجة حرارة مياه العينـة، كما يجب تهيئة الظروف الطبيعية لمياه العينة محاكاة لنفس ظروف المياه المعالجة بالمحطة تماما من حيث سرعة التقليب ووقت المكث لمرحلة الترويب والتنديف ثم الترسيب.

ومن المشاهدة العينية للندف بالإضافة إلى قياس العكارات لمياه العينات المروقـة في نهاية التجربة نحصل علي النتائج اللازمة للتقييم. وجهاز الجار المستخدم فـي هذه التجربة متاح بداية من الجهاز البسيط الذي يتحكم فيه يدوياً وحتي الأجهـزة المتحكم بها كمبيوترياً. والشكل البيانى رقم (٢-١) يوضح العلاقة بين الجرعـة ودرجة العكارة كنتيجة لاختبار علي عينة مياه باستخدام مروبات مختلفـة، ومـن الشكل نلاحظ أن الجرعات فوق ٣٥ جم/م^3 تعطى تحسن طفيف فـي درجـات العكارة لا تتناسب وكميات المروب المستهلكة من الناحية الاقتصادية. لـذا فـان الجرعة ٣٥ جم /م^3 هي الجرعة المثالية فى مثل هذه الحالة.



شكل رقم (٢-١)

العلاقة بين جرعة الشبة ودرجة العكارة

٢- اختبار الرقم الهيدروجيني:

جميع المروبات المستخدمة تعمل بكفاءة داخل مدي أس هيدروجيني محـدد فمثلا أملاح الألومنيوم تعمل في المدي من ٥,٥-٧,٥ (٧) وأملاح الحـديك في المدي ٥-٨,٥ (٧,٥)، وبالتالي يجب أن يكون القائم علي التشغيل علـي معرفة بدرجة التأين الهيدروجيني المثلي لنوع المروب المستخدم ويعمل علي تصحيحها وضبطها قبل أجراء عملية الترويب كما أن متابعة قيـاس الـرقم الهيدروجيني في عينات المروقات تعطي الدلائل الصـحيحة علـي جـودة الترويب.

٣- اختبار العكارة:

قياسات العكارة في اختبار الجار تمدنا بقياس أكثر دقة من الرؤيـة بـالعين المجردة في الحكم علي درجة التنديف والترويق، واختبارات العكاره تتم علي عينة المياه الخام وعينات المياه المروقة (المياه الخارجة من المـروق الـي المرشحات بعد انتهاء فترة الترسيب) وتقارن النتائج بنتائج العكارة السـابق الحصول عليها من اختبار الجار لنفس الجرعة المستخدمة. وبالتالي الوقوف علي الكفاءة في نسبة إزالة العكاره ومدي مطابقتها للمطلوب.

٤- اختبار قابلية الترشيح:

يستخدم اختبار قابلية الترشيح كطريقة لاختبار مدي الفاعلية التي يمكـن بهـا ترشيح مياه مروبة (قبل الترسيب) ويقيس الاختبار مقدار المياه المرشحة فـي مدة زمنية معينة، ويجرى عادة بترشيح كمية صغيرة من مياه المحطة المروبة والمندفه فعلا (قبل الترسيب) في مرشح أسطواني ذو قطر صـغير (١٥سـم) ويطلق علية اسم مرشح استرشادي (Pilot Filter) ويحتوي علي نفـس نـوع وعمق وسط الترشيح المستعمل في مرشحات المحطة، ويزود هـذا المرشـح بجهاز لقياس وتسجيل عكارة المياه الخارجة منه (المياه المرشـحة) بقياسـات مستمرة، ويمكن ربط علاقة بين كمية المياه الخارجة من المرشح الاسترشادي (من بداية الترشيح) وحتي نقطة اختراق العكارة الكامـل لطبقـة الترشـيح

خروجا مع المياه المرشحة وبين ساعات عمل مرشحات المحطة (كفاءة التشغيل) التي تعمل تحت نفس ظروف جرعة المروب المستخدمة.

ومن مميزات هذا الأسلوب إذا ما استخدم في التحكم في التشغيل ما يلي:

- أن الماء المستعمل في هذا الاختبار هو الماء المروب فعلا بالمحطة وليس لعينة مماثلة يتم تحضيرها في المعمل.
- أن الماء عند أي نقطة يستغرق نحو ١٠ ق لمروره من المرشح، ولما كانت مدة المكث في حوض الترسيب الفعلى بحجمه الكامل وفي المرشحات الفعلية تستغرق من ساعتين الي ثلاث ساعات، فإن التغيرات في جرعات المروب يمكن أن تجري بناء علي اداء المرشح الاسترشادي قبل حدوث تدهور خطير في الموقف.

وعامة ليس هناك طريقة قياسية لهذا الاختبار، كما أن هناك طرق تستخدم نماذج أخري للمرشح الاسترشادي مثل ورق الترشيح أو نسيج ترشيحي أو أغشية ترشيح وتزود بمستلزمات من أدوات وجداول تقييم خاصة بالشركات المصنعة (Filterability index).

٥- اختبار جهد الزيتا:

الترويب والتنديف عملية كهروكيميائية، يتم خلالها خفض درجة المقاومة الكهربية بين الجسيمات العالقة في الماء (Colloids) للدرجة التي تجعلهم يلتصقوا ببعضهم ويرسبوا كندف ثقيلة.

العديد من محطات المياه بالولايات المتحدة الأمريكية ودول أخري تستخدم جهاز الزيتا في تقييم أثر الجرعات المروبة علي خفض حدة التنافر بين الجسيمات وبعضها. وبالتالي يمكن تحديد أفضل جرعة للمروب، كما تستخدم بنفس الطريقة في تعيين أفضل درجة أس هيدروجيني يعمل عندها المروب المستخدم، لذا يجب مراقبة جهد الزيتا ليتراوح في مدي معلوم (غالبا من -٤ إلى -١٠

مللي فولت) لإنتاج أقل عكاره، وعادة يتفاوت هذا المدى من محطة لأخـرى، وكلما أقترب هذا الجهد من الصفر كان ميل الجسيمات للترسيب أسرع بمعنـي أن كفاءة الترويب تكون أكبر.

ويبين الجدول رقم (٢-٤) كفاءة الترويب التي تحدث في نطاقـات مختلفـة لجهد زيتا (ZP).

جدول رقم (٢-٤)
كفاءة الترويب في نطاقات مختلفة لجهد الزيتا

درجة كفاءه الترويب	متوسط جهد الزيتا
الحد الأقصى	+٣ - صفر
ممتازة	-١ - -٤
متوسطة	-٥ - -١٠
ضعيفة	-١١ - -٢٠
معدومة تقريباً	-٢١ - -٣٠

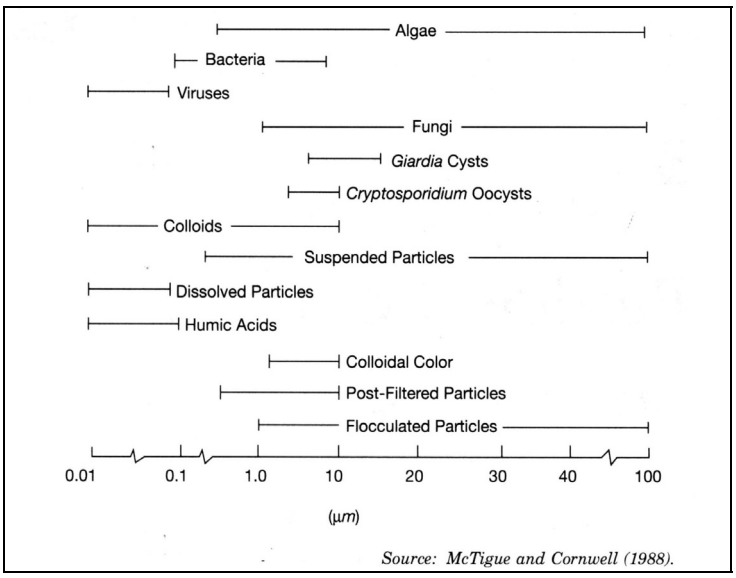
٦- اختبار مرور التيار الكهربي (SCD):

يستخدم لهذا الاختبار جهاز يقيس كفاءة المادة المروبة عـن طريـق قيـاس درجة مقاومة المياه لمرور التيار الكهربي بنفس فكرة عمـل جهـاز الزيتـا (Electromotive Principle) ويعتمد في قياسه هذا علي محصـلة الشـحنات الكهربية الأيونية والشحنات السطحية لجسيمات الغروى العالقة بالمياه ومـن مميزات هذا الجهاز أنه يعتبر أداة تحكم مستمر، حيث يركب علي خط المياه المروقة ليسمح بتسجيل قياسات مستمرة تتيح للمشغل مراقبة مستمرة لتعقـيم التغير في الجرعات، وأيضا هناك ميـزة أخـري هـي إمكانيـة الـتحكم الأتوماتيكي في تغيير جرعة المروب مع تغير طبيعة أو درجة نقاوة الميـاه الخام أو أي عوامل أخري لتلائم النتائج المرجوة من عملية الترويب، ويـتم ذلك عن طريقة إرسال إشارة كهربية لطلمبة حقن المروب (الشـبة) لزيـادة أخري لتقليل مشوار السحب للطلمبة.

٧- اختبار عد الجسيمات:

هناك اهتمام متزايد لتحسين جودة المياه وخلوها من الباثوجينـات الممرضـة، وبالتالي زاد الاهتمام بتحسين اداء عمليات الترويب والتنديف وايضا الترشـيح، والطريقة العملية الوحيدة في الوقت الحاضر لإنجاز هذا هي التحكم في حجـم ونسبة الجسيمات الدقيقة العالقة بالمياه المعالجة. وقياسات العكارة غير مناسبة لهذا الغرض نظرا لأن حويصلات cysts بعض الباثوجينات كطفيل الجارديا (Guardia lamblia) وطفيـل الكربتوسـبوريديوم (Gryptosporidium) قـد تتجاوز القيم القياسية وتتواجد بتركيزات غير مُرضية فـي ميـاه مرشـحة معالجة ذات درجات عكارة منخفضة أو مقبولة. بالإضافة إلـى أن قياسـات العكارة لا تدل علي حجم الجسيمات العالقة وليس هناك علاقة مباشرة بـين درجة العكارة وعدد الجسيمات العالقة.

وحالياً متاح أجهزة قادرة علي عد الجسيمات العالقة بالمياه وتصنيفها حجميـاً، وبالتالي يمكن التعرف علي نوع العوالق المحتمل تواجدها (شكل رقـم ٢-٢). غير أن هذه الأجهزة غير منتشرة حاليا نظرا لارتفاع ثمنها وشدة حساسـيتها واحتياجها لمشغلين مدربين جيدا للعمل عليها. وبناءً عليه يعتبر هذا الاختبـار هو أكثر الاختبارات دقة وحساسية، خاصة إذا ما استخدم لتحسين جودة المياه المرشحة الخارجة من المرشحات.

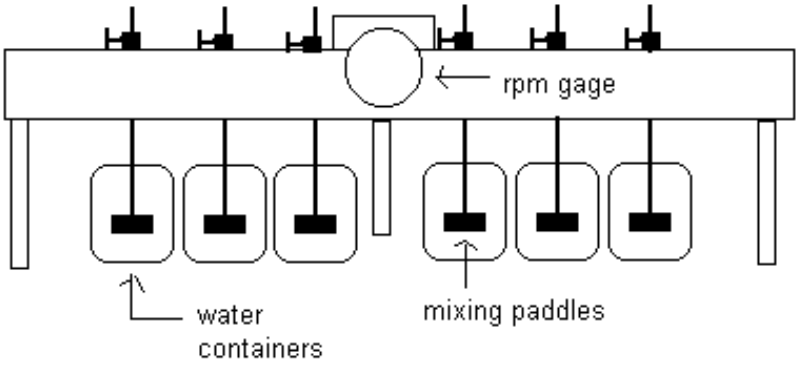


شكل رقم (٢-٢)

الجسيمات العالقة فى المياه الخام والمياه المعالجة

جهـاز تحـديد الجـ ـرعات (Jar Test)

يستخدم هذا الجهاز لتحديد جرعة الشبة الفعالة معملياً، ويتكون كما هو مبين بالشكل رقم (٢-٣) من مجموعة من الكؤوس الزجاجية، ويوجد فى كل كأس قلاب صغير، ويتم إدارة هذه القلابات بواسطة عـامود إدارة عـن طريـق تروس، ويتم إدارة العامود بواسطة محرك كهربائي صـغير، ويـتم دوران القلابات عن طريق التروس ، وبسرعة تماثل سـرعة تحـرك المـاء فـى المروقات وعادة تتراوح سرعة التقليب من ٨٠- ٢٠٠ لفـة / دقيقـة لمـدة (٢٠-٦٠ ثانية) ثم تخفض السرعة إلى ٢٠ – ٤٠ لفة / دقيقة لمـدة (١٠-٦٠ دقيقة) بعد إضافة الجرعات المختلفة، ويستعان بالمصـممين أو بكتيـب التشغيل الخاص بالمحطة للاستدلال على هذه القيم.



شكل رقم (٢-٣)
جهاز تحديد الجرعات (Jar Test)

تمرين رقم (٥):

بيان عملى، وفقاً لتوافر الخامات والمساحات فى المعمل للدارسـين، سـيتم إجراء هذه التجربة بواسطة الدارس أو يجرى بيانها العملى بواسطة المدرب.

خطـوات تجربة تحديد الجرعات

يتـم إتبـاع الخطوات التالية لإجراء تجربة تحديد جرعات الشبة المطلوب إضافتها للمياه، ونبدأ أولا بتجهيز محلول الشبة قبل متابعة بـاقي خطـوات التجربة.

تجهيز المحلول:

أ – فى حالة الشبة السائلة:

ضع ١٥.٦ مللي لتر من الشبة السائلة (كثافة نوعية ١.٣٢٥) فى قـارورة سعة ١٠٠٠مللي لتر وأكمل القارورة حتي علامـة ١٠٠٠ بالمـاء المقطـر لنحصل على محلول شبة بتركيز ١٠٠٠٠ مجم/ لتر (١٪).

ملحوظة:

تتغير الكثافة النوعية للشبة السائلة حسب الشركة المنتجة.

ب- فى حالة الشبة الصلبة:

ضع ١٠ جم من الشبة الصلبة (سلفات الالومنيـوم $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$) علـى ٦٠٠مللي لتر مياه مقطرة فى قارورة سعتها ١٠٠٠ مل، وأكمل القارورة حتي علامة ١٠٠٠ مل بالماء المقطر لتحصل على محلول شـبة بتركيـز ١٠٠٠٠ مجم/ لتر (١٪).

ملحوظة:

تختلف تركيزات الشبة المستخدمة فى اختبار الكؤوس تبعا لاختلاف درجـة عكارة المياه الخام أو تبعاً لكمية الجرعة المتوقعة للمعالجة كما هو موضـح بالجدول رقم (٢-٥).

الجدول رقم (٢-٥)

تركيز الشبة المستخدمة فى اختبار {JAR Test}

تركيز المحلول ٪	١ مللي من المضاف لكل كأس يساوي	عدد الجرامات / لتر (التحضير)	الجرعة المطلوبة مللجم / لتر
٠.١٪	١مللجم /لتر	١ جم / لتر	١-١٠
١٪	١٠ مللجم /لتر	١٠جم / لتر	١٠ -٥٠
١٠٪	١٠٠مللجم /لتر	١٠٠جم / لتر	٥٠-٥٠٠

خطوات ما بعد تجهيز المحلول:

١. أجمع حوالى ٧ لتر عينة من المياه العكرة.
٢. ضع فى كل كأس من الكئوس الستة كمية مقدارها ١٠٠٠ مللي لتـر من المياه العكرة.
٣. ضع الكئوس داخل الجهاز ثم اسقط ريش التقليب فى الكئوس وقلـب الماء بسرعة ولتكن ٢٠٠ لفة/دقيقة (أو حسب الإرشادات التصميمية للمحطة).
٤. أضف بحرص وسريعا بواسطة ماصة جرعة الكلور المقدرة لجميـع الكئوس.
٥. استخدم الماصة فى إضافة جرعات شبة متزايدة بـالتوالى لكئـوس الاختبار الستة، بحرص وبسرعة بقدر الإمكان.
٦. استمر فى التقليب السريع لمدة دقيقة واحدة (Detention time) من بداية إضافة الشبة.
٧. قلل من سرعة التقليب لتصل إلى ٣٠ لفة /دقيقة، واستمر فى تقليـب المحلول لمدة من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة (أو حسب إرشـادات التصـميم للمحطة).
٨. لاحظ سرعة بداية تكون الندف فى كل كأس وشكلها وحجمها.
٩. أوقف عملية التقليب ولاحظ ترسيب الندف بـالكئوس لمـدة ٥ -١٠ دقيقة. وعادة تشير العينة ذات الغيوم إلى عدم كفاءة الترويب أما ذات الترويب الجيدة فإنها تحتوي على ندف ثقيلة الوزن نسبيا.
١٠. أسحب بواسطة سيفون على شكل حرف S فى نفس الوقـت تقريبـا كمية المياه التي تمثل ارتفاع ٧ سم العلوية من الكأس وهى حـوالى نصف لتر تقريبا للكاسات الستة وجمعها فى عدد ستة مخابير لإجراء باقي الاختبار عليها. وسجل النتائج فى النموذج الخاص بذلك كما هو موضح فى الجدول رقم (٢-٦).

تمرين رقم (٦):

استخدم الجدول التالى فى تسجيل نتائج فحص العينات بعد إختبار التنديف.

جدول رقم (٢-٦)
نموذج تسجيل نتيجة فحص العينات

اسم محطة التنقية:									
التاريخ : / /	**اختبار التنديف رقم:**		**الزمن:**						
الكيماويات المساعدة رقم (١): كبريتات الألمونيوم (الشبة)			**الكيماويات المساعدة رقم (٢): الكلور**						
الكيماويات المساعدة رقم (٣):									
العملية	**الوحدة**	**العكرة**	**١**	**٢**	**٣**	**٤**	**٥**	**٦**	
الكيماويات المضافة:									
الشبة بتركيز ١٠ جم / لتر	ppm								
الكلور	ppm								
جودة الندف:									
الحجم	درجة /١٠								
الكمية	مل								
سرعة الترسيب	ترتيب								
عكارة المياه المروقة	NTU								
عدد الطحالب	عدد /مل								
الرقم الهيدروجيني	pH								
الكلور المتبقي	ppm								
الروبة ٪:									
الكمية	٪								
معامل تماسك الروبة									
المياه المرشحة:									
العسر	ppm								
القلوية	ppm								
المواد العضوية	ppm								
الألمونيوم المتبقي	ppm								
الرقم الهيدروجيني	pH								
العكارة	NTU								
أفضل النتائج:									
كبريتات الألمنيوم (الشبة)	ppm								
كلور	ppm								
المادة المساعدة	ppm								

ppm: جزء فى المليون

عوامل تقييم نتائج اختبار تحديد الجرعات:

توجد عدة عوامل هامة فى تقييم نتائج اختبار تحديد الجرعات:

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

وبصفة عامة فإن إجراء اختبارات الـتحكم فـي التشـغيل (Jar test, ZP,..) تعطي دلالة جيدة عن النتائج المتوقعة إلا أن تشغيل المحطة علي الواقع قد لا يتطابق مع هذه النتائج، لذا يجب مراقبة الأداء الفعلي لكل من:

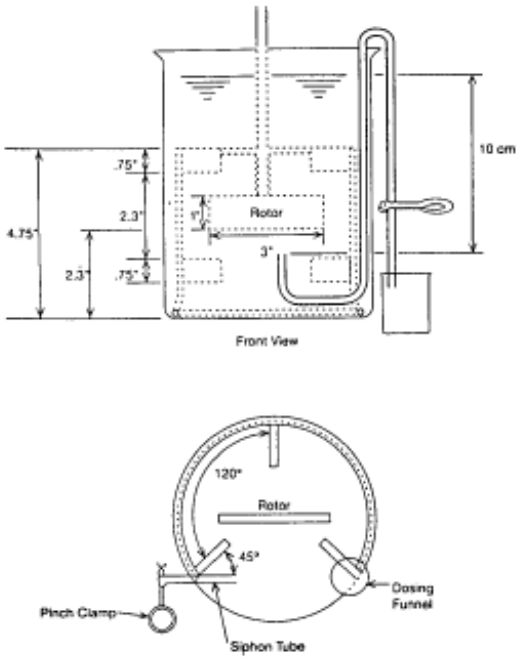
- الخلط السريع الملائم
- التنديف البطئ
- عملية التنديف الملائمة
- خزانات المياه المرسبة والمرشحة

حيث يعتمد التنديف الناجح علي الخلط السريع والتـام ورغـم أن الترويـب يحدث في اقل من ثانية واحدة ألا أن حوض الخلط قد يهيئ مدة مكث تصـل الي ٦٠ ثانية ويجب أن يكون الخلط عن طريق عملية الدوامات التي تحـدث في حركة المياه حتي ينتشر المروب في كل حوض الترويب.

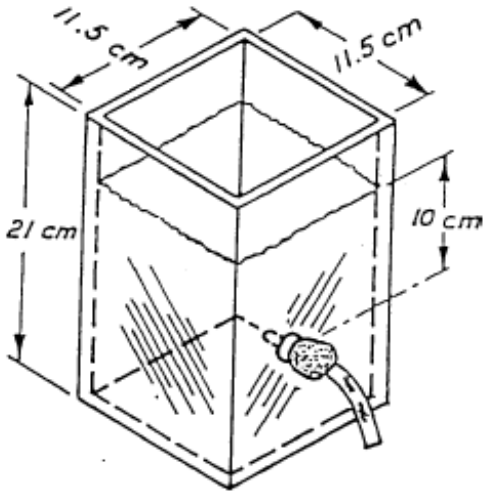
ويري البعض أنه خلال الثواني العشرة الأولى من فترة المكـث يجـب أن يخلط المروب اختلاطا تاما مع كل قطرة مياه لبدء تكوين ندف فعلية والا فان كفاءة العملية كلها تهبط وتتناقص ابتداء من هذه النقطـة، ويتضـح تـأثير الاستعمال الخاطئ للمروب عند هذه النقطة، ويمكن تصحيح هذه المشكلة إما بتعديل نقطة الإضافة أو طريقة الخلط.

عوامل نجاح نتائج اختبار تحديد الجرعات:

بالإضافة للعوامل التقليدية المعروفة لدى أغلب المشغلين مثل : بدء إجـراء التجربة فور جمع العينة مباشرة، وإحاطة جو العينة بدرجة حـرارة مماثلـة للحقيقة، وتوحيد زمن إضافة الكيماويات وايضاً زمن سحب العينات لجميـع الكؤوس، إلى استخدام أجهزة وأدوات قياس تناسب الغرض مثل أجهزة جار ذات قلابات مجدافية ..وذات سرعات مناسبة، وكؤوس مربعة Gator Jar أو أسطوانية Hudson Jar، كما بالشكل رقم (٢-٤).



(a) Figure 1 Hudson Jar



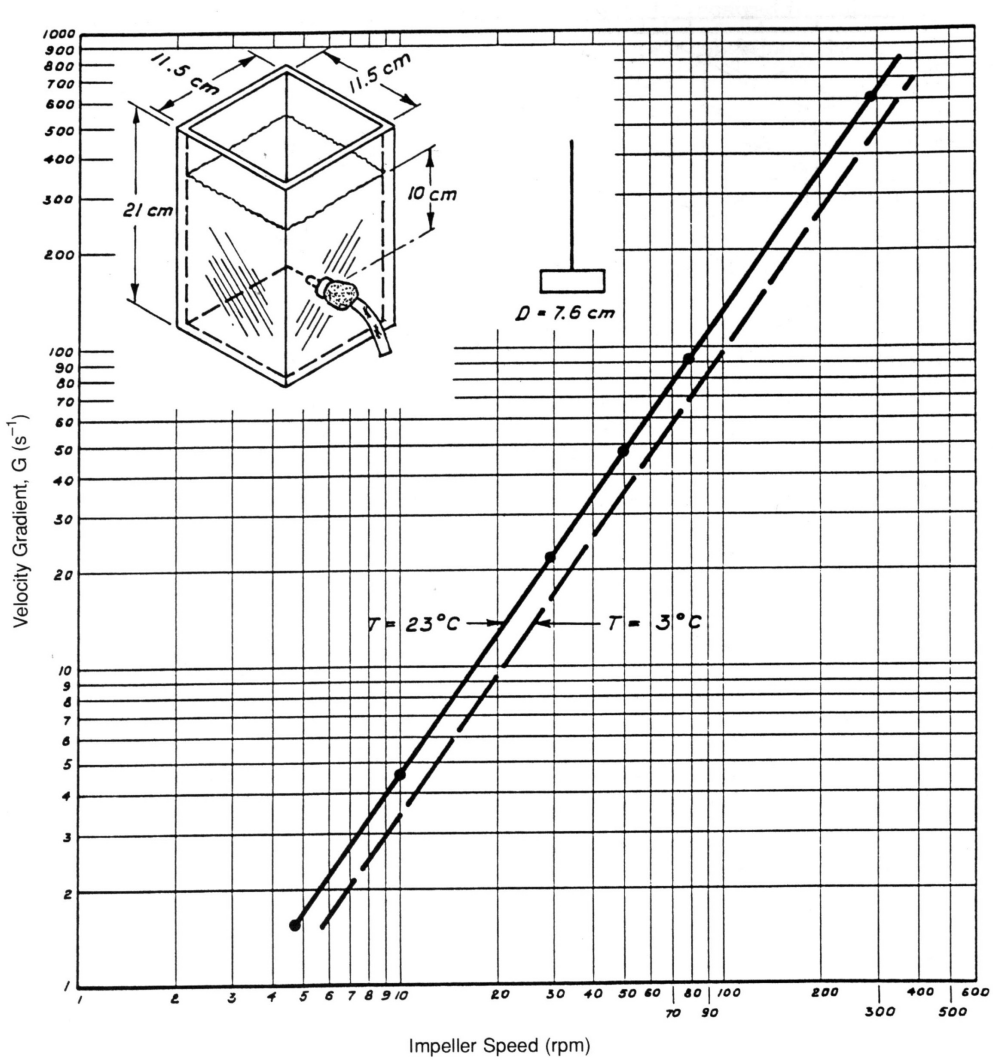
(b) Figure 2 Gator Jar

شكل رقم (٢-٤)
الأنواع المختلفة لكؤوس الجار

هناك عوامل أخرى لازمة للحصول على نتائج قريبة إلى حـد كبيـر مـن الحقيقة. بحيث يتم من خلالها محاكاة ظروف إجراء التجربة بنفس الظروف الحقيقية للمحطة وهى:

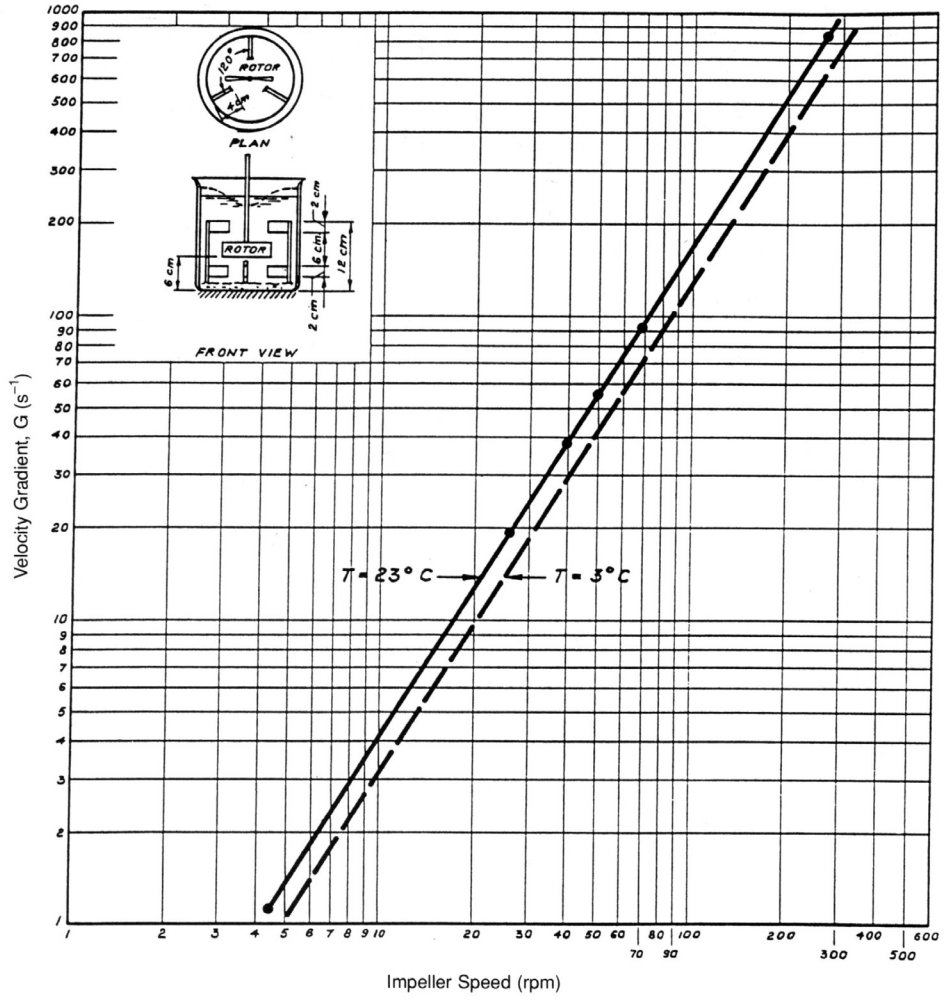
١- معدل الانحدار فى السرعة Gradient Velocity (G):

سرعات المزج السريعة والبطيئة اللازمة لاجراء التجربة تحدد بناءً على الوضع التصميمى وظروف التشغيل الخاصة بأحواض الترويب والتنديف بالمحطة. وهناك علاقة بيانية بين قيمة (G) الخاصة بأحواض الترويب/التنديف (يمكن معرفتها من كتيب التشغيل الخاص بالمحطة أو حسابها بواسطة المتخصصين) وبين سرعة الخلط لجهاز الجار(rpm). الشكل رقم (٢-٥)، (٢-٦) يوضح تلك العلاقة.



شكل رقم (٢-٥)

منحنى G للبدلات المجدافية المسطحة فى الكأس المربع Gator Jar



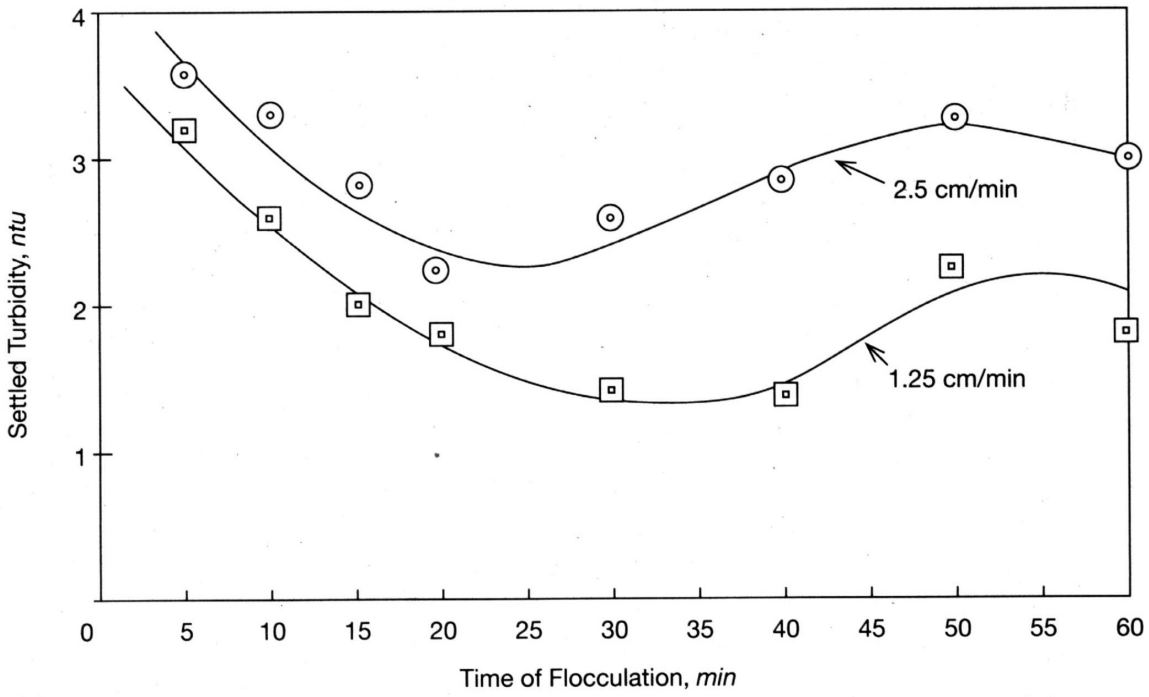
شكل رقم (٢-٦)

منحنى G للبدلات المجدافية المسطحة فى الكأس المستدير Hudson Jar

٢- زمن الخلط Retention time:

يجب محاكاة أزمنة المزج السريع والبطـيء للتجربـة للأزمنـة الحقيقيـة بالمحطة، ويمكن معرفتها من بيانات المحطة أو حسابها بقسمة سعة الحوض على معدل التدفق. فمثلاً إذا كان سعة حوض الترويب ٥٠ م^{٣} ومعدل التدفق للمياه الخام خلال هذا الحوض ٦٠٠٠ م^{٣}/س فيكون زمـن المكـث (زمـن التقليب السريع) ٣٠ ث، وبالمثل يتم حساب زمن التقليب البطيء.

أحياناً زيادة زمن التنديف تعطى نتائج عكسية. ويوضح الشكل رقـم (٢-٧) العلاقة بين وقت التنديف وبين العكارة.

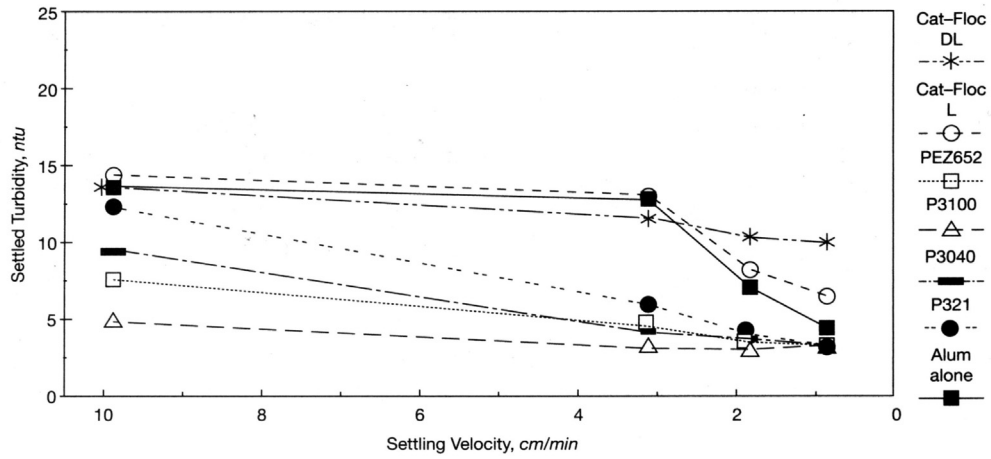


الشكل رقم (٢-٧)
العلاقة بين وقت التنديف وبين العكارة

٣- زمن وسرعة الترسيب Settling Time & Velocity:

من الأخطاء الشائعة فى إجراء تجربة الجار هى عدم الدقة فى تحديـد زمـن الترسيب. فمثلاً الوقت الطويل يعطى نتائج جيدة على غيـر المفـروض مـن محاكاة الزمن الحقيقى بالمحطة.

وكذلك الحال بالنسبة لسرعة الترسيب حيث يتضح ذلك من الشكل رقم (٢-٨) الذى يوضح العلاقة بين سرعة الترسيب والعكارة باستخدام مساعدات ترويب مختلفة.



Test Conditions:

Alum	=	25 mg/L
Polymer	=	1 mg/L
pH Adjustment	=	Lime
Rapid Mix	=	14 s @ 400 1/s
Flocculation	=	14.7 min @ 18 1/s
Raw Turbidity	=	11.3 NTU
Raw pH	=	7.2
Settled pH	=	7.0

Source: Environmental Engineering & Technology, Inc. (1989).

شكل رقم (٢-٨)
العلاقة بين سرعة الترسيب والعكارة
باستخدام مساعدات ترويب مختلفة

فنلاحظ انه بعد مرور ٣٠ ق تتقارب درجات العكارة فى جميع الكاسات مـن بعضها فى تجربة لتقييم طرق معالجة مختلفة مما يصعب معه التقييم.ولحساب زمن الترسيب المناسب يجب أولاً معرفة معدل التحميل السـطحى (Surface Loading Rate) لحوض الترسيب أو حسابه، ومن ثم يمكن حسـاب سـرعة الهبوط أو الترسيب وبالتالى حساب الوقت الـلازم لهبـوط مسـافة ١٠ سـم بالاستعانة بالجدول رقم (٢-٧).

يمكن أخذ عينة مياه مندفة من المروق أو تجمع عينة مناسبة من الجار فـى مخبار مدرج، ونحسب الوقت المار لترسيب حوالى ٨٠٪ من الندف لمسـافة ١٠ سم، فيكون هذا الزمن مناسب لتطبيقه فى اختبار الجار.

جدول (٢-٧)
الوقت اللازم للترسيب فى اختبار الجار

الوقت اللازم لهبوط ١٠ سم (دقيقة)	سرعة الهبوط (سم/دقيقة)	معدل التحميل السطحى (متر/ساعة)
٢٠	٠,٥	٠,٣
١٠	١,٠	٠,٦
٥	٢,٠	١,٢
٢,٥	٤,٠	٢,٤
١	١٠,٠	٦,٠

المتابعة الحقلية لمعـدلات ضخ وإضافة محلول الشبة

قياس تركيز الشبة:

يجب متابعة قياس نسبة تركيز محلول الشبة فى أحواض الإذابة أو التخفيـف الجاري استعمالها وتعديل معدلات ضخ طلمبة الشبة لتلائم الجرعة المطلوب تحقيقها.

معايرة وضبط طلمبة الشبة:

هناك دائما فرق تصريف يظهر مع تشغيل طلمبات حقن محلول الشبة، وهذا الفرق قد يزداد مع الوقت وعليه يلزم من حين لآخر إجراء عمليـة معـايرة لطلمبات الضخ لضمان التحكم فى إضافة الجرعات المناسـبة مـن الشـبة. وطلمبات حقن الشبة لها معدلات تصريف مختلفة يتم التحكم بها بـادراه يـد عليها تدريج (عادة من صفر – ١٠٠) لتعطي المعدل المطلوب (كل شـرطه تمثل عدد معين من اللترات فى الدقيقة). ولإجراء المعـايرة الدوريـة يـتم تشغيل الطلمبة على درجات تصريف مختلفة لتمثل مشوار المكـبس كلـه. وحساب التصريف الاسمي لكل منها وقياس كمية التصريف الفعلية بواسـطة تجميع محلول الشبة فى مخبار مدرج عند نقطة الإضافة فى خـلال زمـن قياسي محدد باستخدام ساعة إيقاف وتسجيل القراءات الفعلية لكـل درجـة ، ويمكن رسم منحني بياني لكل طلمبة يبين للعلاقـة بـين تـدريج الطلمبـة والتصرف المقارن لكل درجة.

وعلى سبيل المثال: إذا كان المطلوب إضافة جرعة تعادل ٢٠ لتـر /دقيقـة، ومن التصريف الأسمى للطلمبة وجدنا أن تدريج ٣٠ للطلمبة [ما يـوازي ٢٠ لتر/دقيقة] اسميا، ولكن بعد المعايرة عمليا وجد أن هذا المشوار يعطي تصريفا قدره ١٨,٥ لتر/دقيقة. فيجب إذاً تعديل المشوار من الرسم البياني ليلائم معدل الإضافة المطلوب فعليا.

ملاحظة موزع الشبة:

فى حالة ما إذا كانت طلمبة الشبة الواحدة تعطى أكثر من مـروق، فيكـون هناك موزع عبارة عن خزان متزن المنسوب مقسـم لحجـرات ،حجـرة مركزية تستقبل المحلول ويفيض منها لحجرات بعدد المروقات المغذية بحيث يفيض محلول الشبة لكل منها بنفس المنسوب. ويجب مراقبة ومعـايرة هـذا الاتزان على فترات ،وذلك لضمان كفاءة وسلامة توزيع محلول الشبة مـن الموزع إلى المياه الخام بأحواض الترويب بنفس الجرعة.

قياس التصرف:

يستعمل القائمون على تشغيل محطات معالجة المياه عدادات لقياس التصرف من أجل التحكم فى معدل التصرف إلى كل عملية معالجة ،ضـبط معـدلات التغذية بالمواد الكيماوية علاوة على تحديد كفاءة وحـدات طلمبـات الميـاه ومراقبة كميات المياه المعالجة وحساب تكلفة وحدة المعالجة ويستخدم لـذلك عدة أنواع من أجهزة قياس التصرف بدقة لا تتجاوز ± ٢٪ ومنها:

- عدادات التبـاين الضـغطي Differential pressure flow meter or Orfice plate
- عدادات السرعة Velocity flow meter
- عدادات التصرف المغناطيسية Magnetic flow meter
- عدادات التصرف بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic flow meter

تشغيل الطلمبة وضبط الجرعة:

عند تشغيل الطلمبة يتم ضبط جرعة الشبة تبعاً لاختبار الجرعات ،ويعاد ضبط جرعة الشبة كلما تغيرت جودة المياه بالتنسيق بين مشرف التشغيل

وكيميائي المعمل. ولا يتم عملية ضبط الجرعة مرة واحـدة بـل يلـزم المتابعة المستمرة لها حسب أوامر المعمل لتقليل استهلاكها مع المحافظة على أعلى نسبة جودة للمياه ،ولو أمكن مثلا تقليل نسبة استهلاك الشـبة ١٠ ٪ فان ذلك يوفر كثيرا من تكاليف التشغيل .

تمرين رقم (٧): طريقة حساب جرعة الطلمبة:

بفرض أن طلمبة الشبة تعطي ٥١٤ جالون/ ساعة عند مشـوار ١٠٠٪ من المكبس ولنفرض أن المعمل حدد جرعة الشبة ٣٠ جم / م^{٣} لمروق يعطي ٥٠٠٠ م^{٣}/ ساعة.

∴ كمية الشبة الصلبة المطلوبة = ٥٠٠٠ × ٣٠ = ١٥٠٠٠٠ جم/ ساعة

وحيث ان الشبة المستعملة سائلة بتركيز ١٠ ٪ (١٠ جم شبة صلبة +٩٠ جم ماء = ١٠٠جم شبة سائلة).

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

= ١٥٠٠٠٠٠ سم ^{٣} / ساعة

= ١,٥ م ^{٣} / ساعة

∴ مكبس الطلمبة يعطي ٥١٤ جالون / ساعة عند مشوار ١٠٠٪

= ٥١٤ × ٣,٨ لتر / ساعة

= ١,٩٥ م^{٣} /ساعة

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

= $\frac{١٥ \times ١٠٠}{١.٩٥}$ = ٧٦ ٪

وحيث أن أقصي مشوار للمكبس مقسم إلى ١٠٠ قسمة (علامة)

∴ يتم ضبط مشوار للمكبس على العلامة (٧٦)

** ملحوظة: جالون أمريكي = ٣٧٨٥ سم^{٣} ≡ ٣,٨ لتر تقريباً.

تمرين رقم (٨): خطوات حساب جرعة الطلمبات:

لحساب كمية الشبة التي يجب إضافتها فى الساعة إلى المياه العكرة باستخدام طلمبة الحقن فانه يجب تحديد فتحة تصريف الطلمبة كالأتي:

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

ويفرض أن كمية المياه العكره التي تدخل بيارة التوزيع تسـاوي ٢٠٠٠ م^3/ ساعة و تركيز محلول الشبة ١٢%.

∴ الجرعة المطلوبة من الشبة = ٢٥ جم/م^3

سعة الطلمبة = ١٢٠٠ لتر/ساعة

$$\therefore \text{تكون كمية الشبة المطلوبة فى الساعة} = \frac{٢٥ \times ٢٠٠٠}{١٢٠}$$

= ٤١٦ لتر/ساعة

$$\text{وبالتالى فانه يتم ضبط الطلمبة على فتحة مقدارها} = \frac{١٠٠ \times ٤١٦}{١٢٠٠}$$

= ٣٤,٧ ٪ تقريبا

أي أن الطلمبة تضبط على ٣٥٪ من سعتها لتعطي ٤١٦ لتر/ساعة بجرعـة قدرها ٢٥ جم/م^3 لتكفى كمية مياه عكرة قدرها ٢٠٠٠ م^3.

الفصل الثالــث

المرشحـــات

الفصل الثالث

المرشحات

بانتهاء أعمال التدريب على هذا الفصل، ينبغى أن يكون المشارك قادراً على أن:

- يشرح الدور الرئيسى الذى تقوم به المرشحات والمشاكل التى ترتبط بزيادة المحتوى الطينى لرمل المرشحات وعلاقتها بآداء المرشحات.
- يجرى بحثاً مع زملائه من خلال دراسة حالة عن خطوات التعامل مع مشكلة تجمع كرات الطمى فوق سطح المرشحات بمحطة التنقية.
- يشرح طرق معالجة المرشحات بالصودا الكاوية ورفع كفاءة عملية الترويق وكيفية حساب كمية الروبة الخارجة من المروق.
- يشرح كيفية تحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح وحسابها وإجراء مقارنة لتحديد مدى تأثير الصودا الكاوية فى إزالة المحتوى الطينى.
- يجرى حسابات كمية الروبة التى تدخل المروق من خلال وردية واحدة (٨ ساعات) وكمية الروبة الخارجة خلال ساعة واحدة.

الفصل الثالث

المرشحات

مقـدمة من المعروف أن الدور الرئيسي الذي تقوم به المرشحات هو حجز المـواد العالقة الندف الهاربة من عملية الترويق والتي لم يكن أملها متسع من الوقت لكي ترسب في أحواض الترويق وفي نهاية فترة تشغيل المرشح تتكون طبقة من المواد التي تم حجزها فوق سطحه وجزئيات هذه الطبقة قد تكون ملتصقة بعضها ببعض بقوة لدرجة ان مياه الغسيل قد تكون غير قادرة علي التخلص من هذه الطبقة بأكملها بل تتبقي أجزاء من هذه الطبقة في رمل المرشح علي هيئة كرات صغيرة من الطمي.

وبتكرار عملية تشغيل المرشح تزداد كمية الكرات الصغيرة وتكبر في الحجم وتلتصق بها بعض حبيبات الرمل التي تزيد من كثافتها النسبية وبذلك تجـد طريقها الي داخل رمل المرشحات.

ومشكلة زيادة المحتوي الطيني لرمل المرشحات هـي بدايـة لسلسـة مـن المشاكل أكثر خطورة والتي تؤدي في النهاية إلي شلل الوسـط الترشـيحي وحينئذ فلا مفر من تغييرات رمل المرشحات أو رفع الرمل ومعالجتـه فـي أحواض خاصة ليعاد استعماله مرة أخري.

الأمر الذي يتطلب تكلفة وجهودا كبيرا علاوة علي تعطيل الوحدات لفتـرات يحتاج إليها إنتاج مياه الشرب وهناك بعض المشاكل المترتبة علـي زيـادة المحتوي الطيني لرمل المرشحات كالتالية:

١. انسداد المرشحات الرملية نتيجة تلاصق حبيبات الرمل يعقبه انكماش مكونا شقوقا وخاصة بجانب جدران المرشح.
٢. خروج الطحالب والمواد العالقة بكميات كبيرة بعد نفاذها من خلال الشقوق إلي شبكة التوزيع وفي هذا الضرر كله من حيث التأثير علي معدن المواسير وسعتها في توصيل المياه علاوة علي ما يحدث من تغيير في صفات المياه البيولوجية والبكتريولوجية نتيجة لوجود الطحالب.
٣. زيادة حجم حبيبات الرمل، وهذا يحدث نتيجة لالتصاق حبيبات الرمل ببعض المواد التي تترسب عليها ومن ثم يتغير الحجم الفعال ومعامل التناسق للرمل.
٤. فقد الرمل مع مياه الغسيل، وذلك يتم بترسيب مواد علي حبيبات الرمل تؤدي الي نقص الكثافة النسبية لحبة الرمل وبذلك يسهل حملها بمياه الغسيل لتجد طريقها خارج المرشح.

تمرين رقم (٩):

لوحظ فى احد محطات تنقية المياه تجميع بعض كرات الطمي فوق سطح رمل المرشحات بالمحطة فكان ذلك بمثابة جرس الإنذار المعبر عن زيادة المحتوي الطيني وحرصا علي عدم تفاقم المشكلة والدخول في المضاعفات الخطيرة سالفة الذكر قام المعمل بأخذ عينات من كرات الطمي وأجريت عليها اختبارات معملية لتحديد جرعة الصودا الكاوية الفعالة في تفتيت وإزلة كرات الطمي والتي يمكن تطبيقها بأمان في علاج الرمل وهو بداخل المرشحات وقد وجد ان استخدام الصودا الكاوية بتركيز ٠,١% يمكن أن يفي بهذا الغرض.

وبالفعل تم توفير وتجهيز كمية الصودا الكاوية اللازمة لهذا الغرض ووضعت خطة عمل لعلاج جميع مرشحات المحطة. وبعد الانتهاء من علاج جميع المرشحات بالصودا الكاوية أجريت التجارب اللازمة لرفع كفاءة المروقات إلي أقصي حد ممكن حتي يمكن المحافظة علي نظافة المرشحات

وكفاءتها وأجريت أيضا التجارب اللازمة لمعرفة الفترة المثالية لتشغيل المرشح.

الهدف من البحث

يمكن إيجاز الهدف من البحث فى النقاط التالية:

١. إزالة المحتوي الطيني من الوسط الترشيحي للمرشحات.
٢. رفع كفاءة المروقات لتخفيف العبء عن المرشحات والمحافظة علي نظافتها وكفاءتها.
٣. تحديد فترة عمل المرشح المثالية نظرا لتعطل أجهزة فاقد الضغط.
٤. معرفة الجدوى الاقتصادية للنتائج التي تم التوصيل إليها.

طريقة العمل والمواد المستخدمة

أولا: معالجة المرشحات بالصودا الكاوية:

جري العمل بإضافة الكمية المطلوبة من الصودا الكاوية وجمع ثلاث عينات للمرشح الواحد قبل الغسيل، بعد الغسيل، وبعد المعالجة بالصودا ثم تحديد نسبة المحتوي الطيني علي النحو التالي:

أ. تهيئة المرشح:

كان من الضروري تهيئة المرشح قبل معالجته بالصودا وذلك بغسيله غسيلا عاديا لإزالة جميع الرواسب التي يمكن أزالتها بهذا الغسيل والتي لو استمرت في المرشح أثناء المعالجة لاستهلكت جزاء من الصودا المضافة بدون داعي يتم ضبط منسوب المياه فوق رمل المرشح بحوالي ١٠ سم فقط. تم أخذ خمس عينات من رمل المرشح من ارتفاعات مختلفة مبتدأً من السطح ومتجها إلي القاع مرتان قبل الغسيل وبعد الغسيل.

ب. إضافة الصودا الكاوية:

يتم إضافة ٥٠ كجم من الصودا الكاوية لكل مرشح علي هيئتها الصلبة ووزعت بانتظام في جميع أنحاء المرشح واستعمل هواء الغسيل في

تقليب رمل المرشح لضمان ذوبان الصودا ومزجها مع الرمل وبعد ذلـك رفع منسوب المياه تدريجيا ١٠٠٠ جزء في المليون (١٠٠٪).

وقد ربط المرشح بعد ذلك لمدة ٢٤ ساعة، وملاحظة المرشح خلال هذه الفترة حيث تكونت طبقة مرئية من الرواسب التي تفككت بفعل الصـودا فوق رمل المرشح وهذه الطبقة تم إزالتها بغسيل المرشح غسيل عكسى. تم أخذ خمس عينات من رمل المرشح من ارتفاعات مختلفة مبتـدأً مـن السطح ومتجها إلي القاع.

ج. قياس نسبة المحتوي الطيني:

١. جمعت العينات من المراحل الثلاث في أطباق بتري ثم وضعت فـي فرن بحيث لا تتعدي درجة حرارته ١٠٠ ^{o}م لمـدة سـاعة وذلـك بغرض التخلص من الماء والرطوبة في العينات.
٢. أخذ من كل عينة حجم معلوم (٧٠ سم^{٣}) ثم وزن هذا الحجم أيضـا. وعندئذ تم غسيل هذا الحجم جيدا بالماء وذلك لفصل المحتوي الطيني عن رمل العينة فصلا كبيرا
٣. وضع رمل العينة الذي تم غسله في الفرن عند درجة حرارة ١٠٠ ^{o}م حتي تمام تجفيفه.
٤. وزن رمل العينة بعد تبريده والفرق بين الوزنتين يكون معبرا عـن المحتوي الطيني للعينة
٥. لمعرفة المحتوي الطيني للمرشح تم أخذ المتوسط الحسابي للمحتـوي الطيني للعينات الخمس التي أخذت من أعماق مختلفة من المرشح.

ثانيا: رفع كفاءة عملية الترويق:

لا شك أن عملية الترويق تؤدي فاعليتها بتكوين ندف كبيرة الحجم ومتماسكة وذات كثافة نسبية عالية لسهولة ترسيبها وبالتالى سهولة تصريفها من قـاع المروق (الروبة) علي فترات مناسبة حتي تظل المروقات نظيفة ومـن هنـا لزم معرفة الآتي:

أ. كمية الروبة التي تدخل المروق خلال فترة زمنية معلومة:

١. عولجت كمية كبيرة من المياه الخام (العكرة) بنفس جرعات الشـبة والكلور المستعملة حقليا في المحطة وذلك باستعمال جهاز اختبـار الجرعات.

٢. بعد تمام عمليه الترويق تم فصل ومعرفة حجم الروبـة المترسـبة وهذه هي كمية الروبة التي تحتويها كمية المياه الخام المستعملة في التجربة.

٣. أمكن من الخطوة السابقة معرفة مقدار ما يحتويه متر المياه الخـام من روبة ومن ثم معرفة كمية الروبة التي تدخل المـروق خـلال ساعة واخيرا مقدار الروبة التي تدخل المروق خلال فترة زمنيـة محددة.

ب. كمية الروبة الخارجة من المروق أثناء فتح بلف الروبة:

نظرا لصعوبة تجميع الحجم الهائل من مياه الروبة والتي تصـل الـي حوالي ٦٠٠ م^3/ساعة لمعرفة مقدار ما تحتويه من روبـة فقـد لجـأ المعمل للاتي:

١. أخذ عينة مركبة وهي عبارة عن أخذ حجم معلوم (٢٥٠سم^3) علي فترات متساوية ومنتظمة (كل دقيقة واحـدة) مـن ميـاه الروبـة الخارجة بصفة مستمرة من بداية غسيل الروبة وحتـي قفلهـا ثـم تجميع هذه العينات علي بعضها لتعطي العينة المركبة التي تماثـل نوعية وخصائص من مياه الروبة المنصرفة.

٢. قياس تدفق ماسورة خروج الروبة (Q) ولمعرفة هذا التـدفق تـم قياس ارتفاع منسوب مياه المروق أعلـي الماسـورة (h) مسـاحة مقطع الماسورة (S) ثم التعويض في المعادلة:

$$Q = K\,S\sqrt{2gh}$$

٣. وبمعرفة مقدار ما تحتويه العينة المركبة من الروبة ومعرفة كميـة المياه المتدفقة من ماسورة الروبة يمكن تقدير كمية الروبة الخارجة من المروق أثناء فتح بلف الروبة.

ثالثاً: تحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح:

من المعروف أن المتر المكعب من الرمل يحتوي علي فراغات بين حبيباتـه تعادل ٤٥٠ لتر بصرف النظر عن حجم حبيبات الرمـل والفتـرة المثاليـة لتشغيل المرشح هي الفترة التي يمتلأ فيها ١١٠ لتر من هذا الفراغات بالندف والمواد العالقة. ولمعرفة زمن تشغيل المرشح المثالى يلزم معرفة الآتي:

أ. <u>وزن ما تحتويه الندف والمواد العالقة من مادة صلبة (جم/لتر):</u>

وذلك بإتباع الخطوات الآتية:

١. أخذ عدة عينات من روبة المرشح أثناء غسيله ومزج هذه العينات لتكوين عينة مركبة.
٢. تجميع حجم معلوم من الندف والمواد العالقة الموجودة في العينة المركبة.
٣. تجفيف هذا الحجم في فرن التجفيف عند درجة حـرارة ١٠٠ ^{o}م لمدة ساعة.
٤. وزن المادة الجافة بعد تبريدها (جم/لتر).

ب. <u>معرفة معدل ترشيح المتر المكعب لرمل المرشح مـن واقـع تشـغيل المحطة.</u>

ومن ثم يمكن تطبيق المعادلة التالية لمعرفة زمن تشغيل المرشـح حتـى امتلاء الفراغات (١١٠ لتر):

$$\text{زمن تشغيل المرشح} = \frac{\text{وزن ما تحويه الندف والمواد العالقة من مادة صلبة في ١١٠ لتر (جم/لتر)}}{\text{وزن المادة الصلبة والمواد العالقة للمياه المروقة (جم/لتر)} \times \text{معدل ترشيح المتر المكعب لرمل المرشح}}$$

النتائج والمناقشة عولجت جميع مرشحات المحطة ٢٠ مرشح بإضافة الصودا الكاوية بواقـع ٥٠ كجم / للمرشح وقد تم التحكم في كمية مياه المرشح حتي أصبح تركيـز الصودا ٠.١٪ واختار المعمل هذا التركيز دون غيره وذلك للأسباب التالية:

١. أثبتت التجارب المعملية أن هذا التركيز فعال فـي إذابـة كـرات الطـين وتفتيتها.
٢. أمكن استعمال هذا التركيز بأمان مطلق حيث أن مياه طرد المحطة لم تتأثر مطلقا بكمية الصودا التي قد تتسرب إلي مياه الطرد نتيجة لعدم أحكام قفـل بعض بلوف الترشيح لمرشحات المحطة.
٣. هذا التركيز ليس له فعل تآكلي علي خامات المرشح.

وقد تم اختبار عدد (٦) مرشحات لأخذ عينات المحتوي الطيني قبـل وبعـد المعالجة لكي تتحدث الأرقام عن مدي تأثير الصـودا الكاويـة فـي إزالـة المحتوي الطيني من المرشحات:

١. المرشحان رقم ٥ ، ٩ زاد فيهما المحتوي الطيني بعد الغسيل عن مـا قبل الغسيل وذلك يدل علي وجود كرات الطين بكميات كبيرة في رمل هذا النوع من المرشحات.
٢. أنخفض المحتوي الطيني بجميع المرشحات بعد المعالجة بالصودا عـن قبل المعالجة مؤكدا الدور المباشر الذي تلعبه الصودا في إذابة وتفتيت كرات الطين وجعلتها علي هيئة مستحلب جلاتيني ذو لون ترابي يميل للاصفرار، وقد شوهدت هذه المواد بالعين المجـردة أثنـاء خروجهـا بغسيل المرشح وتفسير ما حدث كيميائيا هو ذلك التفاعل الـذي حـدث بين الصودا وبين هيدروكسيد الالومنيوم $Al(OH)_3$ وهو النـواة التـي ترتبط محتويات الندف مع بعضها مكونا الومينات الصوديوم التي تذوب في الماء وبهذا اصبحت محتويات الندف غير مترابطة ومفككه علـي هيئة مستحلب غروي يسهل إزالته بغسيل المرشح.
٣. تباين النسبة المئوية لإزالة المحتوي الطيني فكانت أقل نسـبة (٥٥ ٪) في المرشح رقم ٨ وأعلي نسبة ٧٨.٣ ٪ في المرشح رقم ٥ ويرجـع

هذا التباين إلي أن إذابة وتفتيت كرات الطمي بفعل الصـودا يخضـع للعديد من العوامل التي تتحكم في هذه العملية مثل قوة تماسك محتويات كرات الطين مع بعضها البعض وحجم وعدد كرات الطـين بطريقـة غسيل المرشح بعد عملية المعالجة.

٤. يرجع السبب في انخفاض نسبة إزالة المحتـوي الطينـي ٥٥ ٪ فـي المرشح رقم ٨ إلي أن عملية غسيل المرشح بعد المعالجة لم تكن مكثفة أما بقية المرشحات فقد تم غسيلها غسيلا مكثفا بحيث ظل الغسيل بالماء والهواء معا في آن واحد مرة لا تقل عن ١٥ دقيقة.

٥. أثبت التحليل الإحصائي للنتائج أن عملية المعالجة هذه فعالة في إزالـة ٧٢.٣ ٪ من المحتوي الطيني لرمل المرشح.

رفـع كـفاءة عملية الترويق

لا شك أن عملية الترويق تزداد كفاءتها بتكوين ندف كبيرة الحجم ومتماسكة وذات كثافة نسبية عالية لسهولة ترسيبها وبجانب ذلك تصريف الروبة علـي فترات مناسبة لكي تظل المروقات نظيفة.

وقد أمكن الحصول علي ندف كاملة التكوين وذلك بتشغيل عمليـة التقليـب البطئ في المروب لمدة ٢٤ ساعة وقد كان يعمل ساعة واحدة في كل وردية وبذلك تجمعت الندف الصغيرة مع بعضها في صورة ندف أكبر. وقبل تحديد الفترة المناسبة لتصريف الروبة - لا بد من معرفة كمية الروبة التي تـدخل المروق والتي تخرج من كل وردية وجاءت النتائج كالآتي :

تمرين رقم (١٠):

حساب كمية الروبة التي تدخل المروق خلال وردية واحدة ٨ ساعات:

١- كمية الماء الخام التي تم معالجتها بجهاز اختبار الجرعات = ٢٦ لتر

٢- كمية الروبة التي ترسبت من الماء الخام =٢٩ سم^{٣}

∴ المتر المكعب من المياه الخام يحتوي علي كمية روبة = $\frac{١٠٠٠ \times ٢٩}{٢٦}$ = ١١١٥.٣٨ سم^{٣}

= ١.١٢ لتر

٣- كمية المياه الخام التي تدخل المروق خلال ٨ ساعات = ٢٠٥٣٣.٣٣م^{٣}

∴ كمية الروبة التي تدخل المروق خلال ٨ ساعات = $\frac{٢٠٥٣٢.٣٣ \times ١.١٢٢٦}{١٠٠٠}$ = ٢٢.٩٩م^{٣}

تمرين رقم (١١):

حساب كمية الروبة التي تخرج من المروق عند فتح الروبة لمدة ساعة تقريبا (بعد فترة عمل للمروق تساوي ٨ ساعات):

١- حجم العينة المركبة التي أخذت من الروبة = ١٦,٥٠ لتر

٢- حجم الروبة المترسبة من العينة المركبة =٣٩٥ سم^{٣}

∴ المتر المكعب من مياه الروبة يحتوي علي كمية روبة = $\frac{١٦.٥}{٣٩٥ \times ١٠٠٠}$ =٢٣٩.٣٩سم^{٣}

=٢٣.٩٤ لتر

٣- كمية مياه الروبة المتدفقة خلال ساعة =٦٥٠ م^{٣}

∴ كمية الروبة الخارجة خلال ساعة واحدة = $\frac{١٠٠٠}{٢٣.٣٣٩ \times ٦٥٠}$ =١٥.٥٦م^{٣}

من خلال النتائج السابقة يتضح أن عملية إزالة الروبة بتشغيل الكوبري دورة واحدة (لمدة ساعة) في كل وردية كما كان متبع قبل إجراء هذه الدراسة لا تطرد الروبة المترسبة بأكملها بل تترك حوالي ٧م^{٣} روبة في كل وردية ومعظم هذه الكمية قد تجد طريقها للمرشحات لأن الروبة في خلال فترة الوردية (٨ ساعات) قد تصبح في صورة هلامية غير متماسكة وبذلك تجد سهولة في الهروب مع المياه المروقة.

وقد وجد أنه من الأفضل عدم إزالة الروبة في الورديتين الأولي والثانية علي أن يتم إزالتها في الوردية الثالثة (الليلية) وذلك بتشغيل الكـ وبري دورتـين كاملتين (أي لمدة ساعتين تقريبا وعلي أثر هذا التشغيل زادت كفـاءة إزالـة الروبة ومن ثم انخفضت كمية الروبة التي تهرب إلي المرشحات في صورة ندف.

تحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح:

جاءت النتائج كالآتي:

١- وزن ما تحويه الندف من مادة صلبة = ٦٦.٦٣٢جم/لتر

٢- وزن المادة الصلبة لندف المياه المروقة = ٢٦.٨ مجم/لتر

٣- معدل ترشيح المتر المكعب لرمل المرشح = ٨.٣ م^{٣}/ساعة

٣) مدة تشغيل المرشح = $\frac{١١٠ \times ٦٦.٦٣٢}{٨.٣ \times ٢٦.٨}$ = ٣٢.٩٥ ساعة

وبذلك أمكن تشغيل المرشح لمدة ٣٢ ساعة أي بزيادة قدرها ٨ ساعات عـن ما قبل ذلك.

الملحــق الأول

محددات التشغيل

لمحطة تنقية مياه الشرب

الملحق الأول

محددات التشغيل لمحطة تنقية مياه الشرب

مقـدمة هناك العديد من محددات التشغيل لمحطات تنقية مياه الشرب، وتختلف هـذه المحددات باختلاف وظيفة كل عملية من عمليات التنقية، ونعرض فيما يلـى بعضاً من هذه المحددات والتى يوصى باتباعها.

محطة مياه الشرب هناك بعض المحددات التى تتعلق بمحطة مياه الشرب وهى:

- كفاءة معالجة المياه ..... الهدف هو ٩٠٪.
- متابعة تشغيل طلمبات المياه الخام (زمن التشغيل) – تخمـين التـدفق (القدرة التصميمية – تقدير سعة الضخ بواسطة الزمن وحجم معلوم).
- المتابعة (إذا أمكن) لتشغيل طلمبات مياه الشرب (وقـت التشـغيل) – التدفق المقدر (القدرة التصميمية – تقدير سعة الضخ وحجم معلوم).
- استهلاك الطاقة.
- وجود عداد كهرباء، فإذا لم يكن موجودا يتم حسـاب وقـت التشـغيل واستهلاك الطاقة حسب التصميم.
- تشغيل وصيانة المعدات.
  - مدة التشغيل ..... الهدف: ٨ ساعات/ الدورة.
  - المتابعة (الإصلاحات، .... الخ).

الكلاورة المبدئية تحتاج عملية الكلورة المبدئية لبعض الإجراءات التى يجب اتباعها، وهى:

- الكلورة حسب الجرعات المثالية المحددة معمليا (وفق اختبـار تحديـد الجرعة المثالية Jar Test).
- تحديد مدة التلامس وتحسينها إذا أمكن.

- التحكم في الجرعة (كجم/ ساعة) بين خطوط العمليات المختلفة.
- متابعة الاستهلاك الشهري.
- الكلور الحر المتبقي عند مخرج أحواض الترسيب..... الهـدف: ٠.٢ – ٠.٥ مليجرام/ لتر.
- تجنب تسرب الكلور الحر المتبقي إلى الجو. زد من الـجرعة إذا كانت هناك حاجة ("C*t" ليس كافيا للقضاء على الكائنـات المقاومـة). أو نظف حوض الترسيب بطريقة منتظمة بمحلول كلور مركز.
- الحد الأدنى للكلور الحر المتبقي عند مخرج وحدات الترشـيح ..... الهدف: ٠.٥ ملليجرام/ لتر.
- التحكم في الطعم والرائحة – ارجع إلى الطريقة القياسية.

الترسيب

يوجد بعض المحددات الواجب مراعاتها، وهى:

- التحقق من محددات التصميم.
- التحقق من وقت المكث والتحكم في دوائر القصر المحتملة.
- التحقق من أداء عملية الترسيب..... الهـدف: وحـدة عكـارة واحدة في ٩٥٪ من الوقت إذا كانت عكارة المياه الخام تقـل عـن ٥ وحدات عكارة.
- الحد من تسرب الكلور الحر المتبقي إلى الهواء.
- تعديل الهياكل وفقا لذلك إذا كان ذلك ممكنا.

الترشيح

الترشيح من العمليات الهامة والتى يجب اتبـاع بعـض الإجـراءات أثنـاء العملية، وهى:

- التحقق من محددات التصميم.
- التحكم في التدفق الداخل- توزيع التدفق فيما بـين خطـوط العمليـة المختلفة والمرشحات.
- التحقق من أداء الترشيح ..... الهدف: ٠.٣ وحدة عكارة فـي ٩٥٪ من الوقت. متابعة كل مرشح على حدة. متابعة فتـرات تشـغيل المرشح وتنميتها.

- تجنب عمل تعديل في تدفق محطة معالجة المياه إذا كانت المرشحات موجودة عند نهاية مدة التشغيل. عمل غسيل عكسي للمرشحات عند الحاجة قبل تعديل التدفق.
- تدفق ثابت – مستوى متباين: الاحتفاظ بمقدار ٢٠ سم من المياه على الأقل فوق مستوى الرمل بعد الغسيل العكسي. يجب عدم حدوث فقدان للارتفاع عن ٨٠ سم- ١٠٠ سم قبل الغسيل العكسي. يفضل قصر فواقد الارتفاع على الارتفاع الاستاتيكي للمرشح.
- متابعة المرشحات بانتظام.
- الوصول بإجراءات الغسيل العكسي إلى المستوى المثالية. بالنسبة للمرشحات التقليدية – الوسائط القياسية، ابدأ بالغسيل بالهواء لمدة تتراوح بين ٣ دقائق على الأكثر، ثم غسيل بالماء لمدة تتراوح بين 5 دقائق . يراعي تكرار الإجراء عند الحاجة.
- متابعة تطور فواقد ارتفاع الرمل النظيف.
- متابعة الوضع العام لعكارة الغسيل العكسي.
- متابعة الوضع العام لمكوث الروبة بعد الوصول بإجراءات الغسيل العكسي إلى الحد الأمثل.

الكلورة النهائية وهى العملية النهائية لتنقية المياه ويطلق عليها التطهير، وهناك بعض الإجراءات الواجب اتباعها أثناء هذه العملية، وهى:

- راجع وقت التلامس عن طريق مستوى المياه في خزان المياه، مع عمل تقييم للـ " C*T".
- التحكم في الجرعة (كجم/ ساعة) والاستهلاك الشهري.
- الكلور الحر المتبقي عند مخرج خزان المياه ..... الهدف: الحد الأدنى ٠.٥ مليجرام/ لتر- الحد الأقصى ١.٥ مليجرام/ لتر عند العملاء الموجودين في أول الخط.
- التحكم في الطعم والرائحة..... ارجع إلى الطريقة القياسية.

الجرعة الكيماوية **إضافة كبريتات الألمونيوم:**

- التحكم في تدفق طلمبات حقن الجرعات (المعايرة).
- التحكم في المحلول المركز لكبريتات الألمونيوم (الكثافة). قم بـإجراء اختبار Jar test للمحلول في الموقع.
- السيطرة على المحددات المعملية فـي محطـة ميـاه الشـرب (الأس الهيدروجيني، والعكارة بصفة رئيسية).
- عمل مقارنة بصرية بين نتائج الاختبار في الموقع ونتائج اختبار تحديد الجرعات.

الملحــق الثانــى

المواصفات القياسية المصرية لسنة ٢٠٠٨
لكبريتات الألومنيوم (الشبة) المستعملة
فى تنقية مياه الشرب

الملحق الثانى

المواصفات القياسية المصرية لسنة ٢٠٠٨ لكبريتات الألومنيوم (الشبة) المستعملة فى تنقية مياه الشرب

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

١- المجال تحدد هذه المواصفات القياسية خواص كبريتات الألومنيوم (الشب) المستعملة فى تنقية مياه الشرب التى تنطبق عليها الصيغة الجزئية لو٣ (كب أ٤)٢ ١٨ يد٢أ وتحضر بالتعامل الكيمائى بين حمض الكبريتيك مع أحد الخامات الغنية بالألومنيوم مثل البوكسيت (أكسيد الألومنيوم).

٢- الوصف يجب أن تكون كبريتات الألومنيوم (الشب) المستعملة فى تنقية مياه الشرب.

٢/١ من النوع النقى

٢/٢ تكون على هيئة قوالب أو قطع صغيرة أو حبيبات

٣/٢ تكون خالية من المواد الضارة (تحددها المعامل المركزية بوزارة الصحة)

٣- الخواص الطبيعية

١/٣ لاتزيد نسبة المواد غير القابلة للذوبان فى الماء على ٠.٥

٢/٣ لاتقل نسبة أكسيد الألومنيوم عن ١٥.٣%

٣/٣ لا تزيد نسبة الحديديك على ٠.٩%

٤/٣ لا يزيد الزرنيخ على ٥٠ جزء فى المليون

٤- أخذ العينات تقسيم العينة المرسلة بطريقة التربيع ثم يؤخذ منها حوالى ٢٠٠ جرام وتطحن ثم تجرى عليها الفحوص اللازمة.

أولاً:

أ - اذا كانت كمية الرسالة لا تزيد على ٢٠٠٠٠ عبوة فيؤخذ منها عدداً من العبوات طبقا 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.

ثانياً:

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.

ثالثاً:

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 اللازم عليها ويحتفظ بالثانية لدى المشترى والثالثة لدى المورد وذلك لاحتمال طلب اعادة التحليل من أحد طرفى التعاقد.

٥- طرق الاختبار

١/٥ طريقة تعيين المواد غير القابلة للذوبان فى الماء

يوزن بدقة حوالى ٢٠ جم من العينة وتوضع فى كأس من الزجاج وتذاب فى حوالى ٢٠٠ ملليلتر 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 درجة مئوية إلى أن يثبت الوزن وتحسب النسبة المئوية للمواد غير القابلة للذوبان فى الماء من العلاقة الاتية:

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

حيث:

$\text{و}_{١}$ = وزن المتبقى فى البوتقة

و = وزن العينة بالجرام

٢/٥ طريقة تعيين أكسيد الألومنيوم والحديد:

ينقل ناتج الترشيح من العملية السابقة (٥-١)، بعد أن يبرد لحرارة المعمل إلى قنينة قياس سعتها التر ثم تكمل بالماء المقطر إلى العلامة 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 ٢ ملليلتر من حمض الهيدركلوريك المركز وأربع نقط من حمض النيتريك المركز ويغلى المحلول ببطء 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°م ثم تنقل إلى بوتقة من البلاتين موزونة وزنا دقيقا وتحرق باستعمال اللهب العادى اولا ثم تنقل بعد تمام حرق ورقة الترشيح إلى فرن درجة حرارته حوالى ١٠٠٠°م أو باستعمال البورى لمدة ساعة ثم تنقل البوتقة إلى المجفف وتنزل فيه حتى تبرد.

توزن وتعاد إلى الفرن والمجفف مع تكرار العملية إلى أن يثبت الوزن.

تحسب النسبة المئوية لهذين الاكسيدين 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

٣/٥ طريقة تعيين أكسيد الحديد:

يحضر محلول قياس يحتوى على ٠.١ جم من أكسيد الحديديك ح٢أ٣ من اللتر وذلك بأذابة ٠.٤٩ جم من كبريتات الحديدوز النشادرى فى ٥٠ ملليلتر من الماء المقطر و٢٠ ملليلتر من حمض الكبريتك المركز ويسخن المحلول تسخينا هينا مع إضافة برمنجنات البوتاسيوم (١٠/١ع) 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 كل ١ ملليلتر من هذا المحلول محتويا على ٠.١ ملليجرام 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 (٢/٥) وتوضع فى انبوبة نسلر وتخفف إلى ٥ ملليلتر بالماء ويضاف اليها ٢.٥ ملليلتر من حمض الهيدروكلوريك المخفف بنسبة ١:٣ ثم نضع نقط من محلول برمنجنات البوتاسيوم ٢% 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 ٥٠ ملليلتر بالماء المقطر وترج محتويات الأنابيب رجاً 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:

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

حيث:

ح = حجم محاول الحديد القياسى بالملليلترات فى الأنبوبة المنتخبة

و = وزن العينة بالجرامات

ويطرح هذه النتيجة من النسبة المئوية لاكسيدى الالومنيوم والحديد بند (٢/٥) تنتج النسبة المئوية لاكسيد الالومنيوم على حدة.

٤/٥ طريقة تعيين الزرنيخ:

١/٤/٥ الجهاز:

يتكون الجهاز من:

أ. قارورة سعة حوالى ١٢٠ ملى ذات فوهة واسعة بها سدادة مثقوبة من المطاط.

ب. أنبوبة زجاجية تخترق سدادة القارورة طولها ٢٠٠ مم وقطرها الداخلى ٦.٥ مم وقطرها الخارجى ٨ مم وحافتها السفلى مسحوبة إلى فتحة قطرها حوالى ١ مم وبقرب الجزء المسحوب ثقب جانبى قطره يقل عن مم.

ج. سدادتان من المطاط (٢٥x ٢٥) مم تقريبا كل منها ذات ثقب عمودى قطره ٦.٥ مم ويمكن تثبيت احداهما فوق الاخرى بأحكام بواسطة رباط من المطاط أو بماسك مناسب ويمكن الاستعاضة عن هاتين السدادتين باستخدام أية وسيلة أخرى مناسبة تفى بالشروط المبينة فى طريقة العمل ويراعى عند ادخال الانبوبة الزجاجية فى سدادة القارورة أنه اذا كان بالقارورة ٧٠ مل من سائل ما أن تكون نهاية الجزء المسحوب من الانبوبة فوق سطح هذا السائل وأن يكون الثقب الجانبى تحت أسفل السدادة.

٢/٤/٥ الكواشف:

(أ) خلات رصاص محلول (١٠% محضر باستخدام ماء حديث الغلى).

(ب) ورقة كلوريد زئبقيك: تستخدم ورقة الترشيح بيضاء ناعمة لا يقل قطرها عن ٢٥ مم تشرب بمحلول مشبع من كلوريد الزئبقيك فى الماء ثم تضغط لازالة الفائض من المحلول وتجفف عند درجة ٦٠°م تقريبا فى الظلام ويجب حفظ ورق كلوريد الزئبقيك فى زجاجة محكمة القفل فى الظلام.
(الورق) الذى يتعرض لضوء الشمس أو البخار النشادر يعطى بقعة أفتح لونا أو لا يعطى بقع اطلاقاً عند استخدامه فى اختبار الزرنيخ.

(ج) يوديد بوتاسيم خال من الزرنيخ

(د) زنك حبيبى خال من الزرنيخ

(هـ) محلول زرنيخ قياس يذاب ٠.١٣٢ جم من ثالث أكسيد الزرنيخ ويخفف إلى ١٠٠ مل يؤخذ من هذا المحلول ١ مل

ويخفف بالماء إلى ١٠٠ مل (١ مل من المحلول المخفف الاخير يحتوى على ٠.٠٠٠٠١ جرام زرنيخ (ز).

(و) حمض هيدروكلوريك مقصدر

ويؤخذ ١٠٠ مل من حمض هيدروكلوريك (وزنه النوعى ١.١٦ – ١.١٨ " خال من الحديد ولا تزيد نسبة الزرنيخ منه على ٠.٠٥ جزء فى المليون. يمزج مع ١ مل من محلول كلوريد القصديروز، لا تزيد نسبة الزرنيخ فيه على جزء فى المليون" محضر كالآتى يضاف ٢٠ مل من الماء إلى ٦٠ مل من حمض هيدروكلوريك وزن النوعى ١.١٦ – ١.١٨ خال من الحديد ولا تزيد نسبة الزرنيخ فيه على ٠.٠٥ جزء فى المليون ثم يضاف ٢٠ جم من القصدير يسخن بلطف حتى ينتهى تصاعد الغاز يضاف ماء حتى يصبح حجم الناتج ١٠٠ مل ويترك القصدير غير الذائب فى المحلول.

٣/٤/٥ طريقة العمل:

تحشى الانبوبة حشوا خفيفا بندف القطن السابق ترطيبه بمحلول خلات الرصاص (أ) وتجفيفة بعد ذلك بحيث تكون المسافة بين السطح العلوى لندف القطن وقمة الانبوبة ٢٥ مم على الاقل يدخل طرف الانبوبة العلوى فى الطرف الضيق لاحد سدادتى المطاط حتى يصير بمحازاة طرفها الواسع توضع قطعة مسطحة من ورقة كلوريد الزئبقيك (ب) فوق قمة السدادة ثم تثبيت السدادتين جيدا بواسطة الرباط أو الماسك بحيث تلتقى فتحتا السدادتين لتكونا أنبوبة قطرها ٦.٥ مم تعترضها ورقة كلوريد الزئبقيك.

ويمكن الاستعاضة عن وضع ورقة كلوريد الزئبقيك على هذا النحو بطرقة أخرى على أن

١- يمر الغاز المتصاعد جميعه خلال الورقة

٢- يكون سطح الورقة المتصلة بالغاز على هيئة دائرة قطرها ٦.٥مم

٣- تكون الورقة بعيدة عن ضوء الشمس أثناء الاختبار : يوضع ١٠ مل من ناتج الترشيح المذكور فى البند (٢/٥) والمحتوى على ٢% من النسب فى القارورة ذات الفوهة الواسعة ويضاف ١٠ مل من حمض هيدروكلوريك مقصدر (و) ويمزج جيدا يضاف ١ مل من يوديد البوتاسيوم (ج) و١٠ مل من زنك (د) وتثبت الانبوبة الزجاجية المجهزة فى مكانها بسرعة ويترك التفاعل ليستمر مدة ٤٠ دقيقة وفى نفس الوقت تجهز بقع زرنيخ قياسية بأن تضاف إلى ٥ مل من الماء ١٠ مل من حمض هيدروكلوريك مقصدر (و) وكميات مختلفة من محلول زرنيخ قياسى (هـ) تتراوح من ٠.٥ مل و ١.٥ مل بمقارنة اللون الناتج من العينة بما تعطية المحاليل القياسية من الزرنيخ ويمكن تقدير الزرنيخ فى العينة.

٥/٥ حفظ العينة

يجب على المعمل الذى أجرى التحليل حفظ العينة التى قام بتحليلها فى وعاء محكم لمدة لا تقل عن شهر من يوم انتهاء التحليل وتقديم التقرير.

الشبة السائلة المستخدمة فى تنقية مياه الشرب

١- المجال

تختص هذه المواصفات القياسية بمواصفات الشبة السائلة المستخدمة فى تنقية مياه الشرب التى ينطبق عليها الصيغة الكيميائية لو٢(كب أ٤)٣ وتحضر بالتعامل الكيميائي بين حمض الكبريتيك مع أحد الخامات الغنية بالألومنيوم مثل الكاولين أو غيره.

٢- الوصف

تكون الشبة السائلة المستخدمة فى تنقية مياه الشرب:

١/٢ من النوع النقى.

٢/٢ خالية من المواد الضارة بالصحة (تحددها المعامل المركزية بوزارة الصحة).

٣/٢ شفافة بحيث تسمح بقراءة أجهزة القياس بسهولة.

٣- الخواص الطبيعية والكيميائية

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 ٢٠°م	١.٣%

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

٤- عينات الاختبار

١/٤ سحب العينات تسحب عينات عشوائية متجانسة وممثلة بمعرفة الجهات المختصة من كل خزان من خزانات التخزين الموجودة لدى المنتج والمستهلك على السواء وكذا من صهاريج شاحنات النقل وكذلك عند الاستخدام لدى المستهلك.

٢/٤ حجم العينات تسحب العينات بحجم لايقل عن ٢ لتر وتمزج جيدا ويعبأ منها ثلاث عبوات بحجم لا يقل عن ½ لتر فى وعاء زجاجى محكم الغلق غير منفذ للهواء ثم تحرز وتختم بالشمع الاحمر.

١/٢/٤ يكتب على كل وعاء بخط واضح التاريخ الذى أخذت فيه العينه ورقم الرسالة وتوقيع المشترى أو المورد أو مندوبيهما.

٢/٢/٤ ترسل عبوة للمعمل الكيميائى المختص لأجراء التحليل اللازم عليها.

٣/٢/٤ تحفظ العبوتان الباقيتان واحدة طرف المورد والأخرى طرف المشترى.

٥- النقل والتخزين تنقل الشبة السائلة فى صهاريج قياسية مناسبة إلى مكان الاستخدام وتخزن فى خزانات مناسبة لا تتاثر بالشب ولاتؤثر فيها.

USAID
FROM THE AMERICAN PEOPLE

Egypt Water and Wastewater Sector Support Project
مشروع دعم قطاع مياه الشرب و الصرف الصحى فى مصر

الدورة التدريبية

الاستخدام الأمثل للكيماويات

كيمونكس مصر

كيمونكس إنترناشيونال

<u>الهدف من البرنامج :</u> تهدف هذه المهمة الوصول إلى النتائج التالية:

- **تحقيق المعايير القياسية للمياه المنتجة خاصة العكارة والكلور والألمونيوم المتبقي.**
- **تحسين جودة المياه المنتجة (الطبيعة، الكيميائية، الميكروبيولوجية)**
- **ترشيد استهلاك الكيماويات (كلور – شبة).**
- **تقليل فاقد الغسيل (طاقة – مياه).**
- **التشغيل الأمثل للوحدات والمعدات المتعلقة بالمهمة (الترويب والترسيب والترشيح).**
- **تطوير أداء العاملين بالمعامل والمحطة على كيفية تحديد الجرعات ومراقبة تطبيقها بالمحطة.**
- **المساعدة في تفعيل خطوات التشغيل والصيانة القياسية لوحدات المحطة المتعلقة بعمليات تنقية مياه الشرب.**

الخطوات التنفيذية:

- معاينة وحدات المحطة المعنية ومراجعة البيانات وتقييم الوضع الراهن.
- تشغيل منظومة الخلط السريع والبطيء وصرف الروبة.
- إجراء تجارب تحديد الجرعات الكيميائية (كلور، شبة) بمعمل المحطة.
- تثبيت نظام واحد لتحضير محلول الشبة يناسب التدفق المطلوب.
- معايرة أجهزة حقن الكلور وطلمبات حقن الشبة.
- تعديل الجرعات الحقلية طبقا للنتائج.
- مراقبة حقلية تشمل المشاهدة، والتوجيه، والتحليل المعملي وتسجيل النتائج.
- تحليل البيانات والنتائج والخروج بالتوصيات وكتابة التقارير.
- المتابعة.

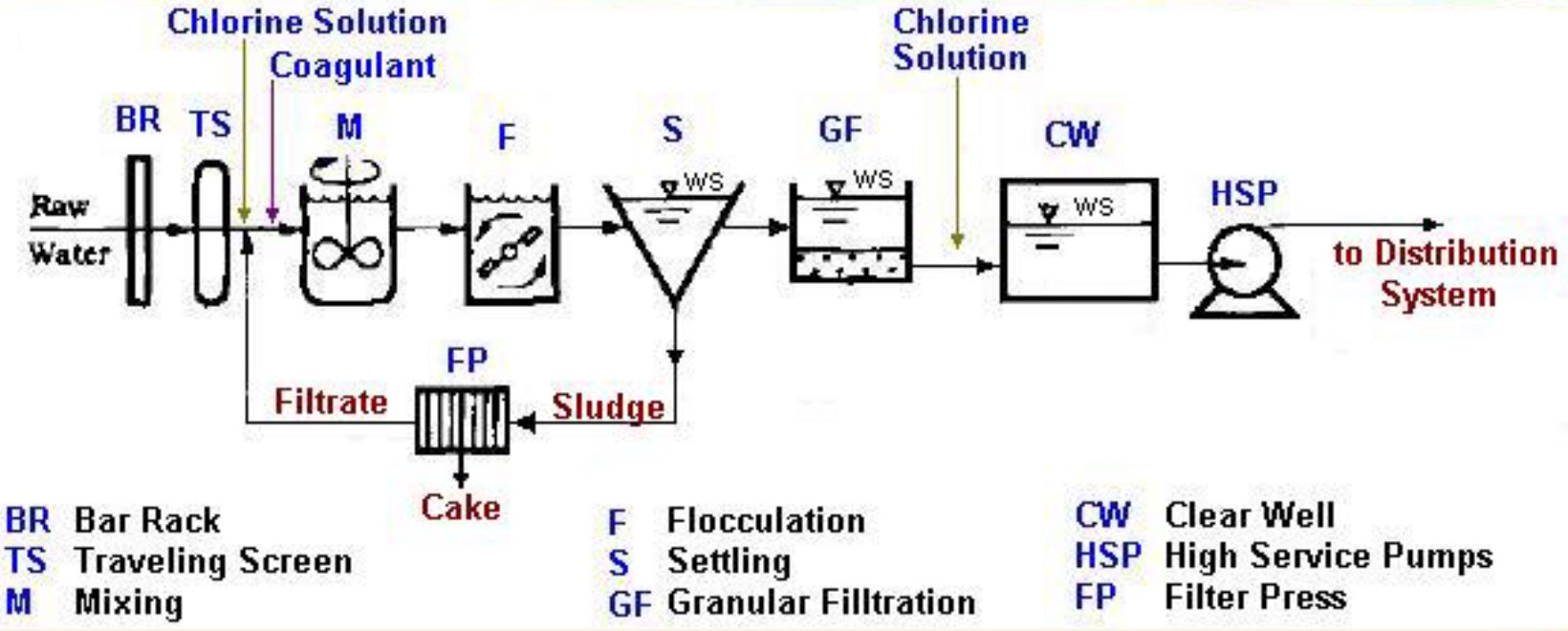
الإجراءات المتبعة (المنهجية)

- استخدام الفطرة السليمة.
- اتجاه المشاركة الذي يتضمن الفنيين في المعمل وموظفي التشغيل والصيانة.
- تجميع المعلومات والاستفادة منها.
- اتخاذ القرار.
- التدريب والدعم.

بإتمام هذه الدورة، ينبغى أن يكون المشارك قادراً على أن:

- يذكر خصائص الكلور، والعوامل المؤثرة فى عملية التعقيم بالكلور، كيفية تحديد جرعة الكلور المناسبة لنوعية المياه الخام.
- يشرح مفهوم جرعة الكلور المقترحة وكيفية التعامل مع أجهزة حقن الكلور حقلياً داخل الموقع كخطوة من خطوات تنقية مياه الشرب.
- يشرح طرق التجهيز لأعمال الترويب والتنديف، واختبارات تحديد جرعة الشبة المناسبة لنوعية المياه الخام وأسلوب التحكم فى التشغيل.
- يستخدم منظومة حقن الشبة ويشرح خطوات بدء التشغيل والتحكم فى ضبط معدل تدفق محلول الشبة لتطبيق جرعة الشبة المقترحة.
- يشرح نظام الترشيح الرملى السريع ومكوناته ووظائفها وأسلوب التحكم الأمثل فى التشغيل.

Treatment Processes



BR Bar Rack
TS Traveling Screen
M Mixing

F Flocculation
S Settling
GF Granular Filltration

CW Clear Well
HSP High Service Pumps
FP Filter Press

Screening ➔ Pre-chlorination ➔ Coagulation ➔ Flocculation ➔ ➔ Sedimentation ➔ Filtration ➔ Post-chlorination

الباب الأول: تطهير المياه

بانتهاء أعمال التدريب على هذا الباب، ينبغى أن يكون المشارك قادراً على أن:

- يذكر ثلاثة طرق لتطهير المياه وشروط المواد المطهرة وأكثر الطرق شيوعاً ومميزاتها مقارنة بغيرها من الطرق.
- يشرح كيفية تحضير الكلور فى الصناعة وخصائص الكلور وأهم مركباته وأشكاله المستخدمة فى تطهير مياه الشرب.
- يشرح نظرية عمل الكلور وتفاعلاته ونواتجها وتأثيرات هذه التفاعلات على خصائص المياه ودورها فى التنقية.
- يقارن بين تأثيرات العوامل المرتبطة باستخدام الكلور فى التطهير والعلاقات بينها وبين خصائص المياه المختلفة.
- يشرح العلاقة بين طرق إضافة الكلور المختلفة وأسس الاستخدام الأمثل له كمادة كيماوية فى عمليات التنقية.
- يذكر أماكن إضافة الكلور فى محطات التنقية ونقاط الحقن والجرعات والتحكم الآلى فى ذلك وعلاقته بالاستخدام الأمثل.
- يقدر جرعة الكلور المثالية للتطبيق معمليا ومقارنتها بالاستهلاكات الفعلية بالمحطة.

تطهير المياه

عملية تطهير المياه هى أهم خطوة من خطوات معالجة المياه فهى التى تضفى عليه صفة الصلاحية وتؤمنه ضد الأمراض وليدة المياه *Waterborne diseases* **وتتم عملية تطهير المياه بطرق متعددة منها:**

<u>المعالجة الحرارية</u>:

وهي أول طريقة تم اكتشافها منذ سنوات عديدة ويتم فيها غليان الماء باستخدام الغلايات، ولا تستخدم هذه الطريقة في إنتاج كميات كبيرة من المياه نظرا لارتفاع تكلفة الطاقة المطلوبة لذلك وتستخدم هذه الطريقة في تحلية المياه المالحة.

<u>المعالجة الإشعاعية</u>:

وتتم عن طريق مرور المياه علي لمبة تنتج أشعة فوق بنفسجية *ويجب* أن تكون المياه خالية من العكارة وقريبة جدا من سطح اللمبة المشعة، لذا لا تستخدم هذه الطريقة إلا في إنتاج الكميات الصغيرة من المياه.

<u>المعالجة الكيمائية</u>:

يمكن استخدام العديد من المواد الكيمائية بهدف تطهير المياه ومنها : الكلور (الكلورة)، ثاني أكسيد الكلور، برمنجانات البوتاسيوم، الأوزون، الجير، البروم، اليود.

ومما سبق يتضح أن أغلب المواد المطهرة مواد كيماوية يجب توفر بعض الشروط بها.

الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة

- أن تكون قاتلة للجراثيم.
- ألا تؤثر علي صحة الإنسان.
- أن تكون رخيصة الثمن.
- أن يكون استعمالها سهلا ومأمونا.
- أن تكون متوفرة محليا أو العمل علي استيرادها طوال العام.
- أن يكون تخزينها سهلا وآمناً.

التطهير بالكلور

- من أكثر الطرق شيوعا في عمليات تطهير المياه هي إضافة الكلور.
- ويتميز التطهير بواسطة الكلور بسهولة استعماله.
- الكلور عامل مؤكسد قوي.
- الكلور عنصر كيماوي ينتج خلال صناعة الصودا الكاوية ،ويدخل في كثير من الصناعات .

التطهير بالكلور

ولا يعرف علي وجه التحديد كيف يعمل الكلورين علي قتل البكتريا في الماء والمعتقد أن مركبات الكلور التي تتكون عندما يضاف الكلورين إلى الماء تقضي علي بعض الأنزيمات الضرورية للعمليات الحيوية في هذه الكائنات ولم يعد أحدا يعتقد مثلما كانوا يعتقدون في الماضي بان البكتريا تتأكسد نتيجة إضافة الكلورين وذلك لان عملية التأكسد تحتاج إلى كميات هائلة من الكلور، في حين أن التطهير الناجح الآن لا يتطلب إلا كميات ضئيلة منه. ومع هذا فإن الكلورين عامل مؤكسد قوي وعندما يستخدم بكميات كافية فإنه يوقف نمو الطحالب في المرشحات.

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور في الصناعة بواسطة التحليل الكهربي لمحلول كلوريد الصوديوم (ملح الطعام)، ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبة حتى تتم إسالته ويحفظ في خزانات كبيرة إلى ان يتم عملية تعبئته في الاسطوانات المستخدمة في محطات المياه ومصانع النسيج وخلافه.

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل اى مادة فى ثلاث صور مختلفة : **الغازية** , **السائلة** ، **الصلبة** ولكل منهم خصائصه .

خصائص غاز الكلور

* غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة.
* اثقل من الهواء مرتين ونصف.
* له رائحة مميزة شديدة النفاذية.
* وزنة الذري 35.5 .
* ضعيف ، القابلية للذوبان في الماء.
*الكلور الرطب مسبب للتآكل.
* غاز الكلور سام ومهيج للأغشية المخاطية.
* يسال تحت الضغط العالي (حوالي 7كجم/ سم2).
* 3 جزء في المليون هى اقل نسبة يمكن حسها بالشم.
* 15 جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة.
* 1 جزء في المليون هى الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو.

خصائص الكلور السائل

- محلول نقى كهرماني اللون .
- أثقل من الماء مرة ونصف تقريبا .
- للكلور السائل معامل تمدد عالي.
- الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى (- 34,1°م), لذلك فهو نادرا ما يرى في صورته السائلة.
- عند تبخر الكلور السائل فإن وحـدة الحجـوم الواحدة من الكلور السائل تنتج حوالـي 456 وحدة حجم من الغاز النقي عند درجة حرارة 15°م ، وضغط 760 مم زئبق.
- وبالتالي فإنه عند وجود تسرب في اسطوانة الكلور ، يتحتم تعديل وضع الأسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب في أعلاها لكي يتسرب غاز الكلور وليس السائل .

الكلور الصلب

نظـراً لأن الكلـور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جـدا (-102°م) 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 (هيبو كلوريت الصوديوم)وتركيبة الكيماوي هو NaOCl وهو محلول يحتوي علي حوالي 15٪ من الكلور الحر .

- **مسحوق أو أقراص الكلور:-**

ويسمي كيماويا (هيبو كلوريت الكالسيوم) وتركيبة الكيماوي هو $Ca(OCl)_2.4H_2O$ وهذه المادة تحتوي علي حوالي 60-70٪ من الكلور الحر .

- **المسحوق المبيض :-**

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور) وتركيبة الكيماوي هو مزيج من (كلوريد كالسيوم قاعدي $CaCl_2Ca(OH)_2$،هيبوكلوريت كالسيوم قاعدي $Ca(OCl)_2Ca(OH)_2$)، وهو مسحوق ابيض مائل للاصفرار، له رائحة قوية نفاذة ،الجديد منه يحتوي علي 32٪ من وزنة كلور فعال .

استعمال مركبات الكلور

استعمال مركبات الكلور اصبح غير شائع في عمليات التطهير الكبرى للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا انه يستعمل في الحالات الآتية :-

1. تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها أو إصلاحها.
2. تطهير مرشحات وخزانات المياه .
3. في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات .

المناقشة

س1 : اذكر أهم الطرق التي تتم بها عملية التطهير ؟

جـ 1- أهم الطرق التى يتم بها تطهير المياه:

- **التطهير بالمعالجة الحرارية**
- **التطهير بالمعالجة الإشعاعية**
- **التطهير بالمعالجة الكيمائية**

المناقشة

س2 : ما هي الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة ؟

جـ 2 : الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة هى:

1. أن تكون قاتلة للجراثيم .
2. ألا تؤثر علي صحة الإنسان .
3. أن تكون رخيصة الثمن .
4. أن يكون استعمالها سهلا ومأمونا.
5. أن تكون متوفرة محليا أو العمل علي استيرادها طوال العام.
6. أن يكون تخزينها سهلا وآمناً.

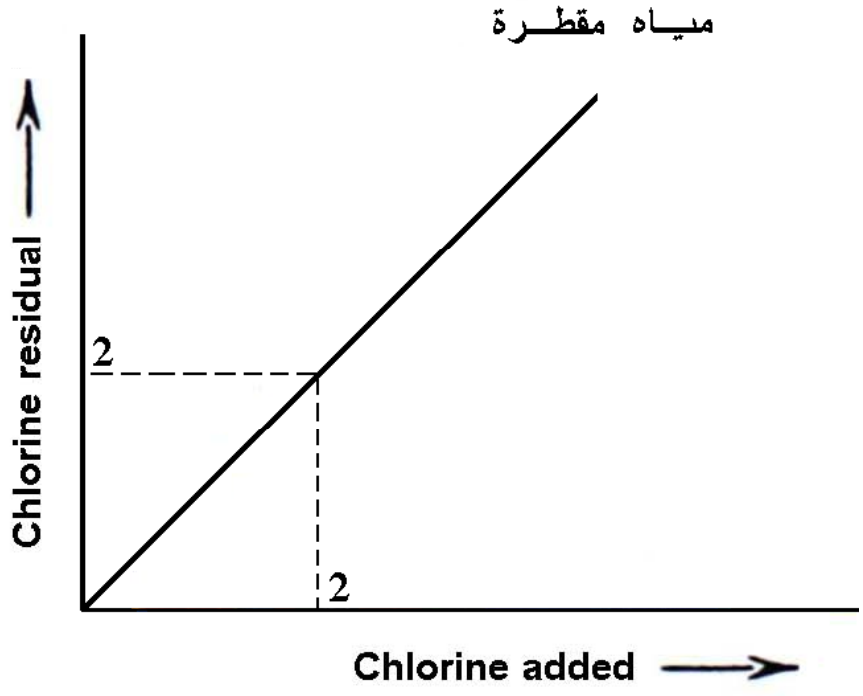
المناقشة

س3 : اذكر بعض خواص غاز الكلور الطبيعية ؟

جـ 3 – خواص غاز الكلور :

- غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة.
- اثقل من الهواء مرتين ونصف.
- له رائحة مميزة شديدة النفاذية.
- وزنة الذري 35.5 .
- ضعيف ، القابلية للذوبان في الماء.
- الكلور الرطب مسبب للتآكل.
- غاز الكلور سام ومهيج للأغشية المخاطية.
- يسال تحت الضغط العالي (حوالي 7كجم/ سم2).

نظرية عمل الكلور



إذا ما أضيف الكلور لمياه مقطرة فإن كمية الكلور الحر المتبقية تتعلق مباشرة بكمية الكلور المضافة (الجرعة).

وسيتم التفاعل كالتالى:

كلور + ماء ← حامض الهيبوكلورز + حامض الهيدروكلوريك

$$Cl_2 + H_20 \rightarrow HOCl + HCl \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

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

حامض الهيبوكلورز ← أيون الهيبوكلوريت + ايون هيدروجين

(حامض ضعيف يتفكك)

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

و

حامض الهيدروكلوريك ← ايون كلور + ايون هيدروجين

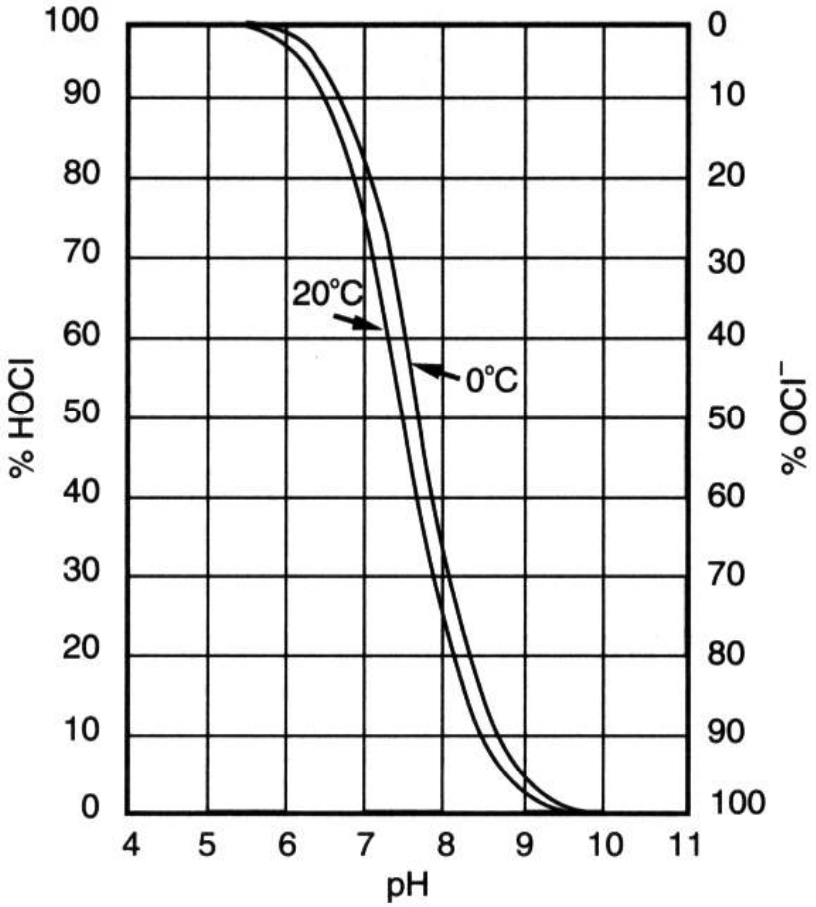
$$HCl \rightarrow Cl^- + H^+ \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

أشكال الكلور المتبقى

- حمض الهيبوكلورز HOCl أحد شكلين من أشكال الكلـور الحـر المتبقى ، وهو الأكثر فاعلية فـي عملية التطهير وعند تحلله كمـا في المعادلة (2) السـابقة ينـتج أيون الهيبوكلوريت OCl^- وهـو الشكل الثانى من أشـكال الكلـور الحر المتبقي ، وتأثيره في عملية التطهير تعادل 1٪ فقط من تـأثير حمض الهيبوكلورز

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

تأثير PH علي التفاعل



عند أس هيدروجيني 6,7 تكون النسبة :

20٪ ملح هيبوكلوريت + 80٪ حمض هيبوكلوروز

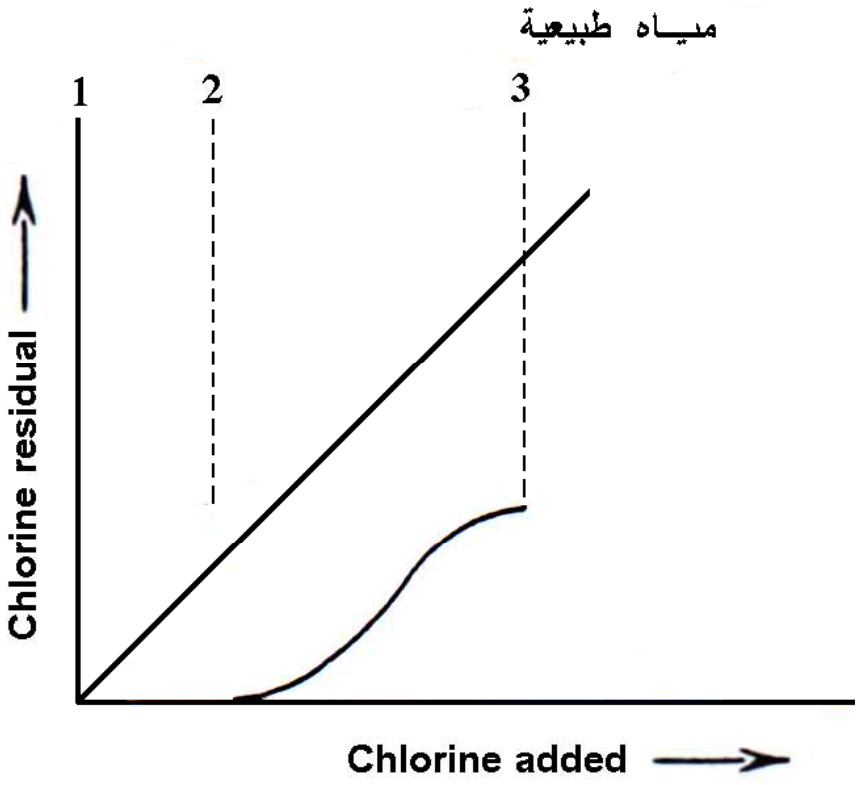
عند أس هيدروجيني 7,3 تكون النسبة:

40٪ ملح هيبوكلوريت + 60٪ حمض هيبوكلوروز

عند أس هيدروجيني 8,3 تكون النسبة:

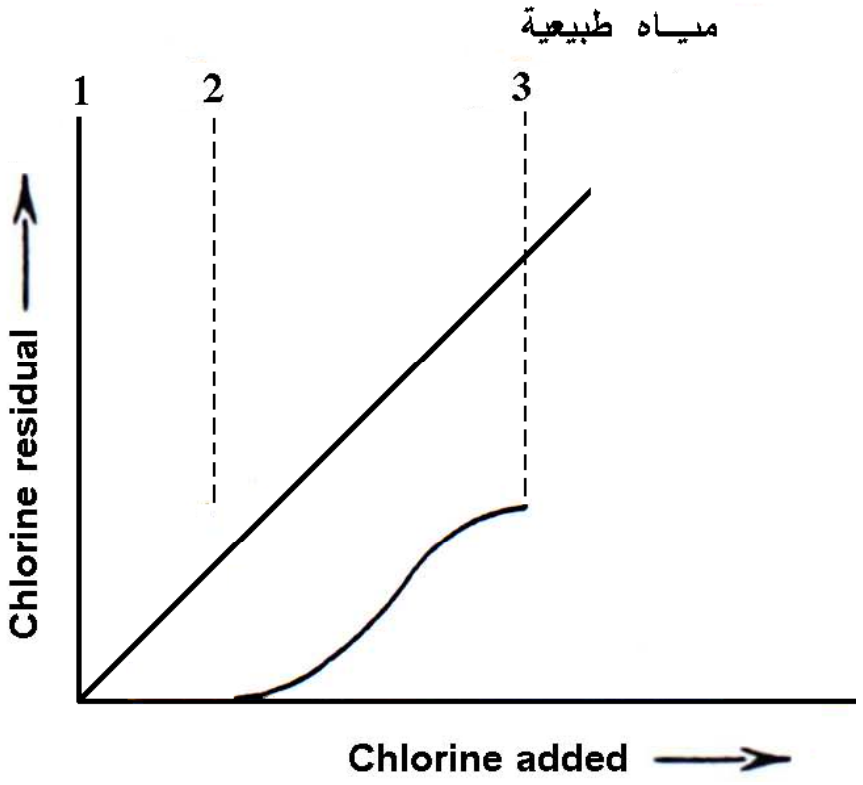
80٪ ملح هيبوكلوريت + 20٪ حمض هيبوكلوروز

نظرية عمل الكلور تابع



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

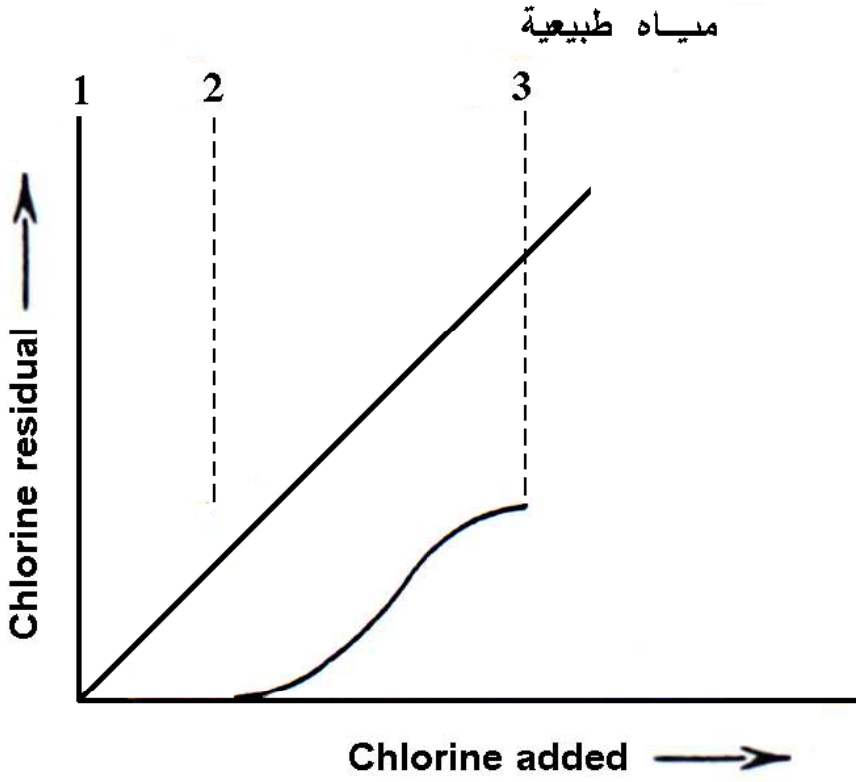
نظرية عمل الكلور تابع



المسافة بين النقطتين 1 ، 2 الكلور المضاف يتحد مباشرة مع الحديد ، المنجنيز والنيتريت كمواد مختزلة ولا يظهر تبعاً لذلك أي كلور متبقي حتى يتم الانتهاء من أكسدة كل تلك المواد بواسطة الكلور .

باستمرار إضافة الكلور نلاحظ انه على امتداد المسافة بين النقطتين 2 ، 3 يبدأ الكلور في التفاعل مع الأمونيا والمادة العضوية ليشكل مركب الكلورامين ، والمركبات الكلورو-عضوية وهذه النواتج من أشكال الكلور وتعرف بالكلور المتبقى المتحد

نظرية عمل الكلور تابع

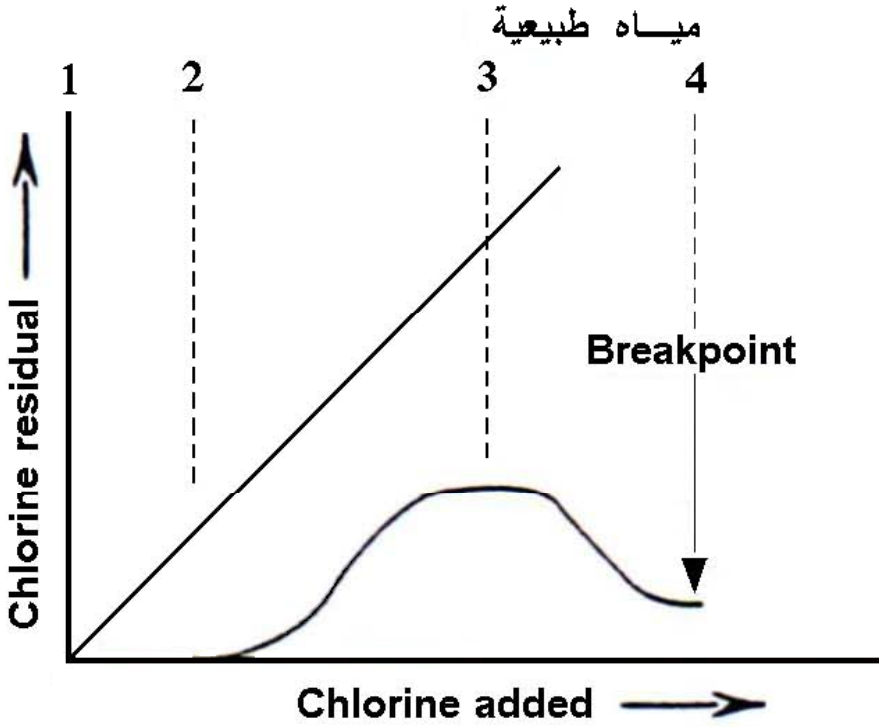


وفيما بين النقطتين 2 ، 3 غالبا يكون أحادى الكلورامين هو شكل الكلور المتبقى كناتج التفاعل:

أمونيا + حمض الهيبوكلورز ← أحادى الكلورامين + ماء

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

نظرية عمل الكلور تابع



يبدأ الكلور المتبقى من النقطة 3 حتى النقطة 4 في الانخفاض وذلك كنتيجة لبدأ أكسدة مركبات أحادى الكلورامين إلى مركبات ثاني وثالث الكلورامين أو حتى تمام الأكسدة وتكون غاز النيتروجين .

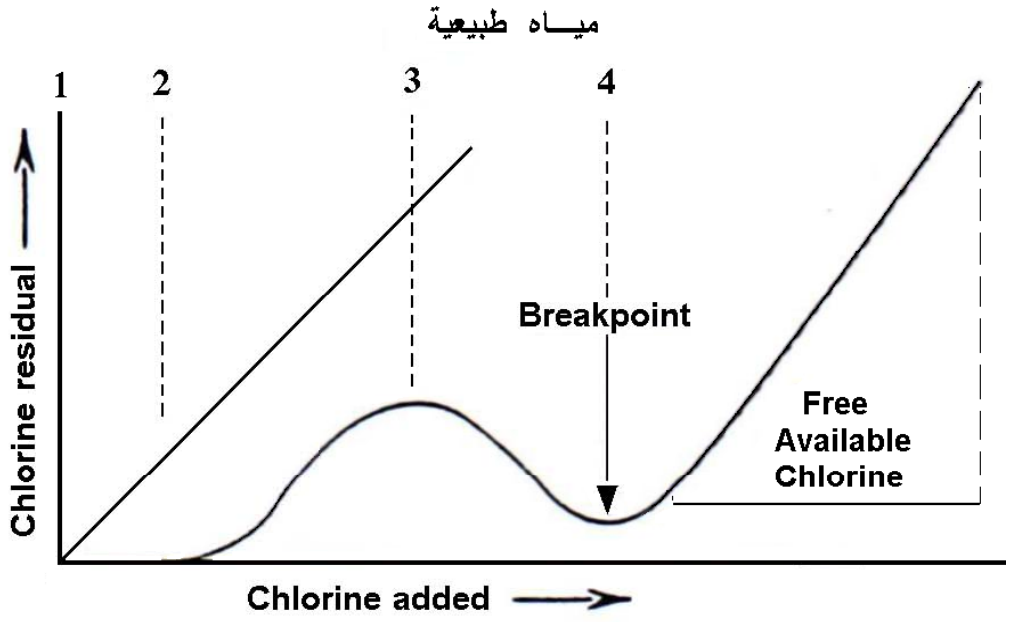
ويوضح ذلك التفاعلات التالية:

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

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

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

نظرية عمل الكلور تابع



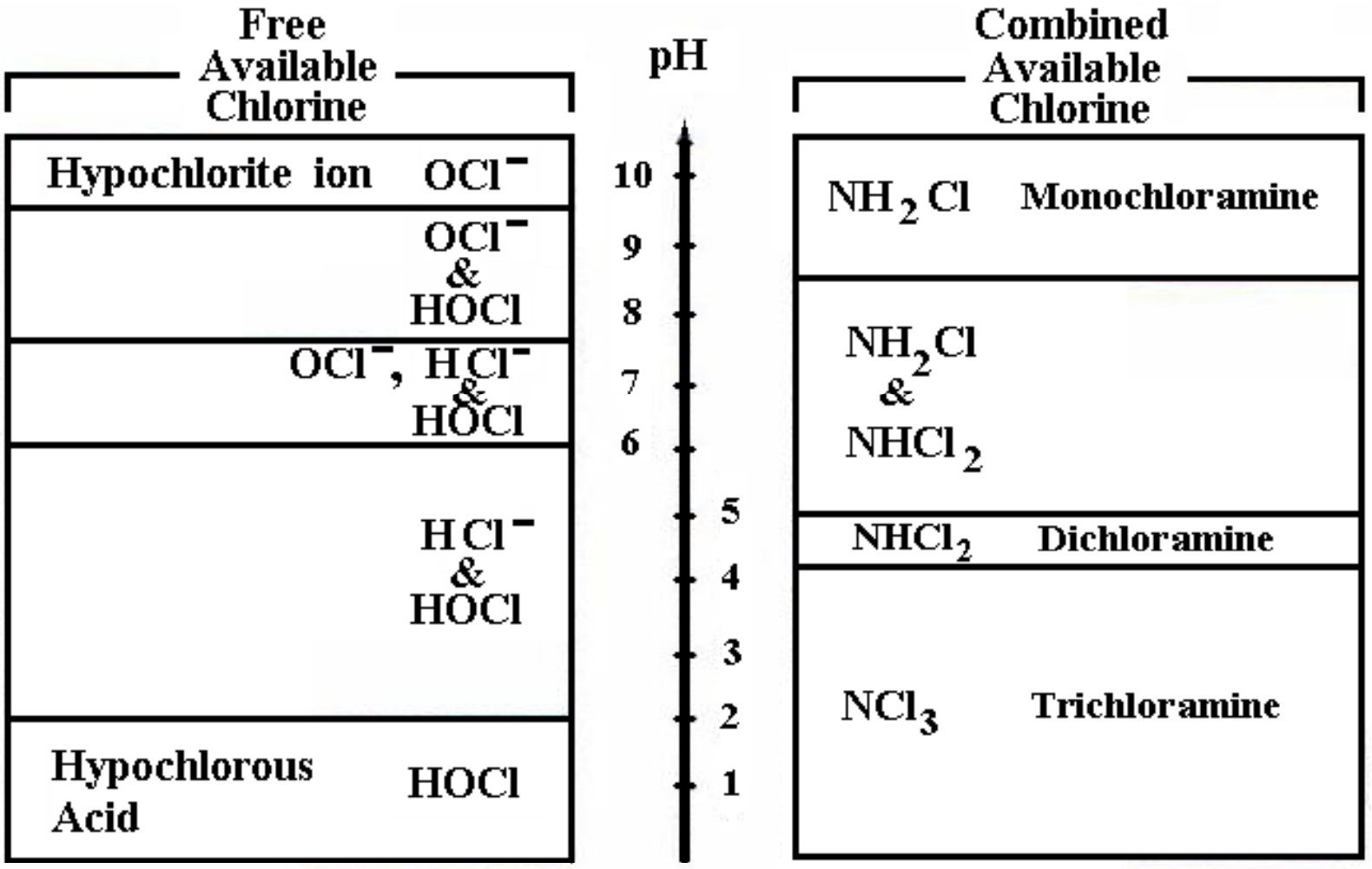
النقطة 4 هى أدنى قيمة يصل لها الكلور وتعرف بأسم " **نقطة الانكسار** " . ثم يبدأ بعدها ظهور كلور حر متبقي ويزيد بزيادة جرعة الكلور المضافة

تذكر ان

قيمة الكلور الحر المتبقى يجب ان تمثل 85 – 90 ٪ من مجموع الكلور المتبقى (حر + متحد) بالمياه المعالجة.

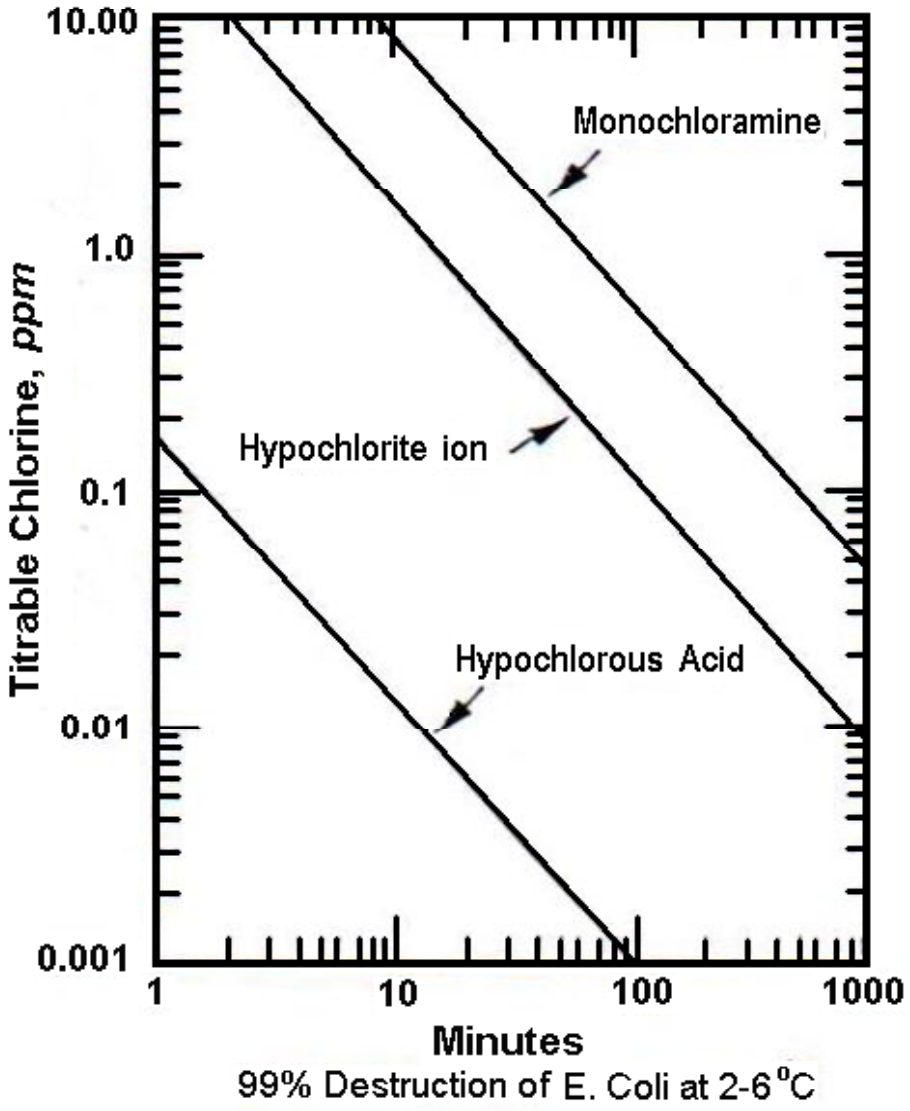
الكلور المتبقى المتحد يمثل مركبات ثنائي وثلاثى الكلورامين والمركبات الكلورو- عضوية (as THM).

علاقة pH بأشكال الكلور المحتمل تواجدها بالمياه المعالجة .



العوامل المؤثرة في عملية التطهير (فاعلية الكلور)

1- جرعة الكلور
2- مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)
3- درجة الحرارة
4- درجة تركيز أيون الهيدروجين
5- عكارة الماء
6- قلوية وحامضية الماء
7- وجود المركبات الآزوتية في الماء
8- وجود مركبات الحديد والمنجنيز
9- نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها
10- طرق إضافة الكلور



الشكل يوضح العلاقة بين الوقت اللازم لقتل بكتريا E-coli بنسبة 99٪ عند درجة حرارة 2-6°م ،وبين نوع الكلور المتبقى بالماء.

استخدام الكلورامين لتطهير المياه

وهو ما يسمي أحيانا *Chloramination* وفي هذه الحالة يضاف النشادر (الأمونيا) إلى الماء قبل إضافة الكلور وتكون جرعة النشادر حوالي 0.06 جزء في المليون ، بينما تكون جرعة الكلور حوالي 0.25 جزء في المليون ، ويضاف النشادر بأجهزة خاصة تسمي *Amoniators*

وهذه الطريقة تتميز بالآتي :-

=الحد من توليد الطعم والرائحة في الماء .

=كفاءة عالية في التطهير .

=يستمر تأثير الكلور مدة طويلة

=توفير في جرعة الكلور

=عدم تهيج الجلد والعين من الكلورامين لا يوجد خطورة عند الخطأ في التشغيل بإضافة جرعات عالية من الكلورامين.

إضافة الكلور

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين :

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

<u>أولاً: إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائدة:</u>

والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب ,وبهذا نضمن الحصول علي كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير وممكن أن نضطر إلي ذلك في حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه (أثناء الحرب مثلا). أو انتشار وباء معين (مثل الكوليرا).

وتتميز هذه الطريقة بالآتي:

- 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.

إضافة الكلور

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين :

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

أولاً:إضافة الكلور بجرعات عالية ثم إزالة الكلور الزائدة

والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب ,وبهذا نضمن الحصول علي كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير وممكن أن نضطر إلى ذلك في حاله الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه (أثناء الحرب مثلا) . أو انتشار وباء معين (مثل الكوليرا).

وتتميز هذه الطريقة بالآتي:-

- 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 .

طرق إزالة الكلور الزائد

1- إضافة ثاني أكسيد الكبريت :

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

2- إضافة ثيوسلفات الصوديوم :

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

3- إضافة كبريتيت الصوديوم :

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

4 - **تخزين الماء** في أحواض مكشوفة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الاستعمال

5 - **ترشيح الماء** في طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور الزائد

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

ثانياً: إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب المعملية

" تحديد احتياج الكلور "

يحسب احتياج الكلور بأنه الفرق بين كمية الكلور المستخدم والكلور المتبقي في المياه عند نهاية فترة التلامس .

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

الكلور المستهلك :-

هو الفرق بين كمية المضافة للماء وكمية الكلور المتبقي (الحر والمتحد) في الماء بعد انتهاء فترة التلامس .

جرعة الكلور :-

هى اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفى للقضاء على الكائنات الحية ، وينتج عنها كلور متبقي فى حدود معينة (0.2 ملجم /لتر ماء).

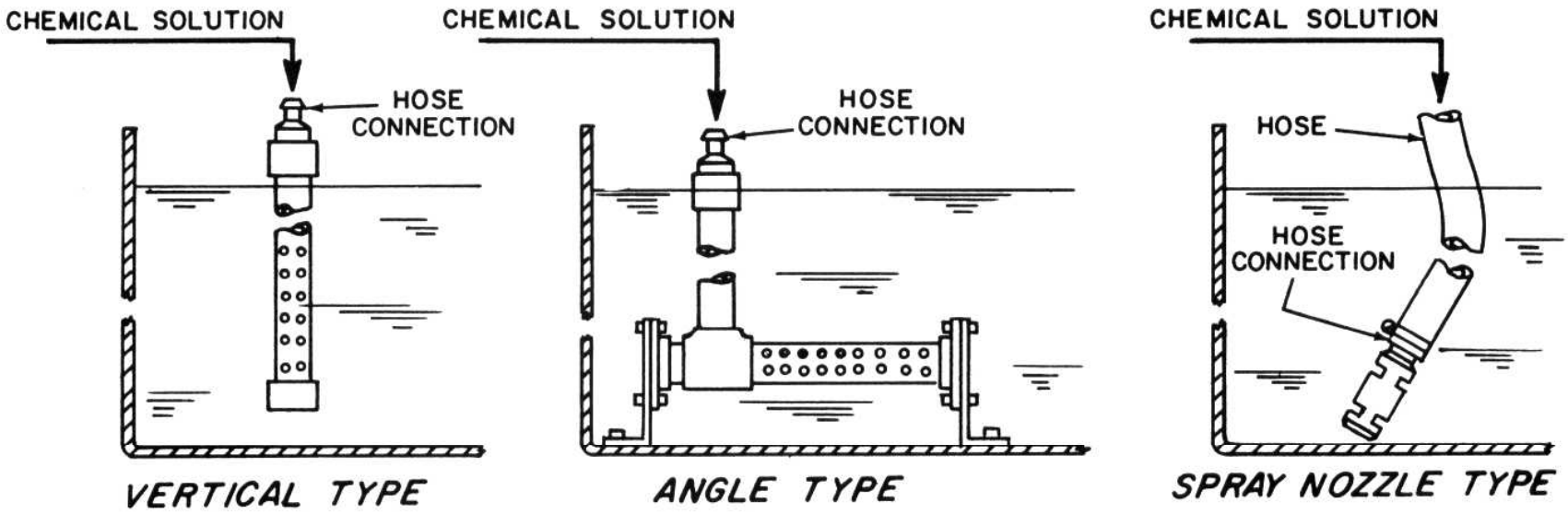
أماكن إضافة الكلور في محطات التنقية

أ- إضافة الكلور المبدئي Prechlorination

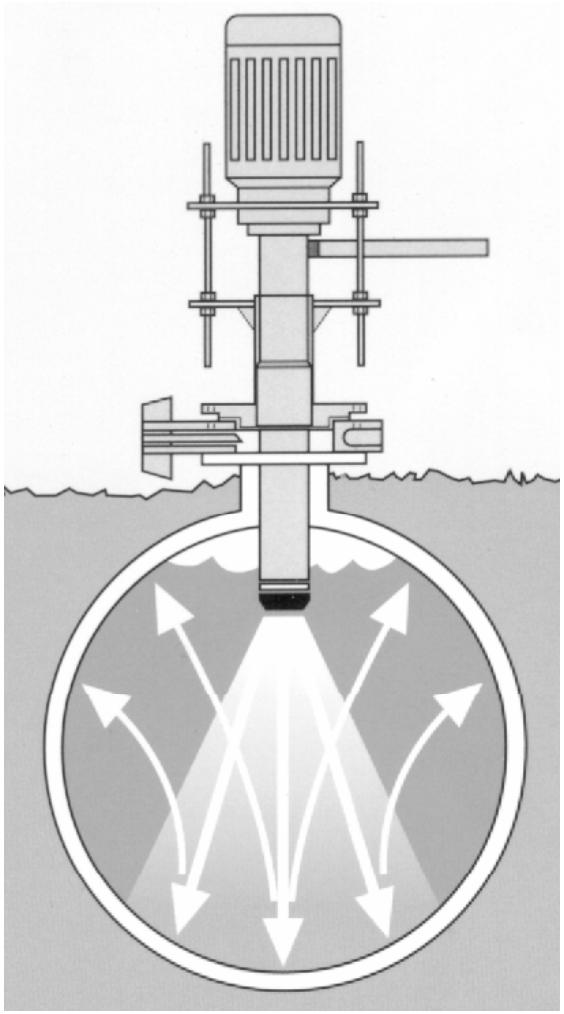
ب- إضافة الكلور النهائي Postchlorination

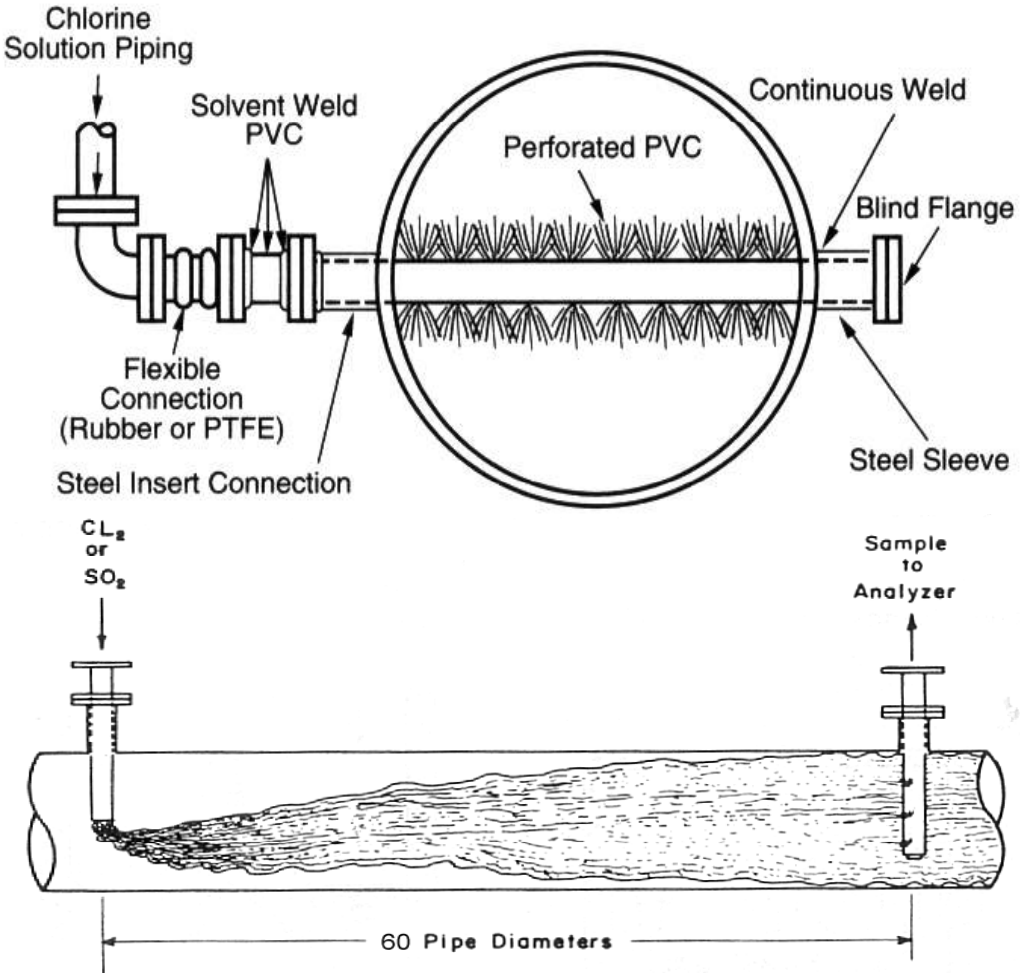
جـ- إضافة الكلور في اكثر من موقع Multiple Chlorination

طرق الحقن بالوحدات المفتوحة



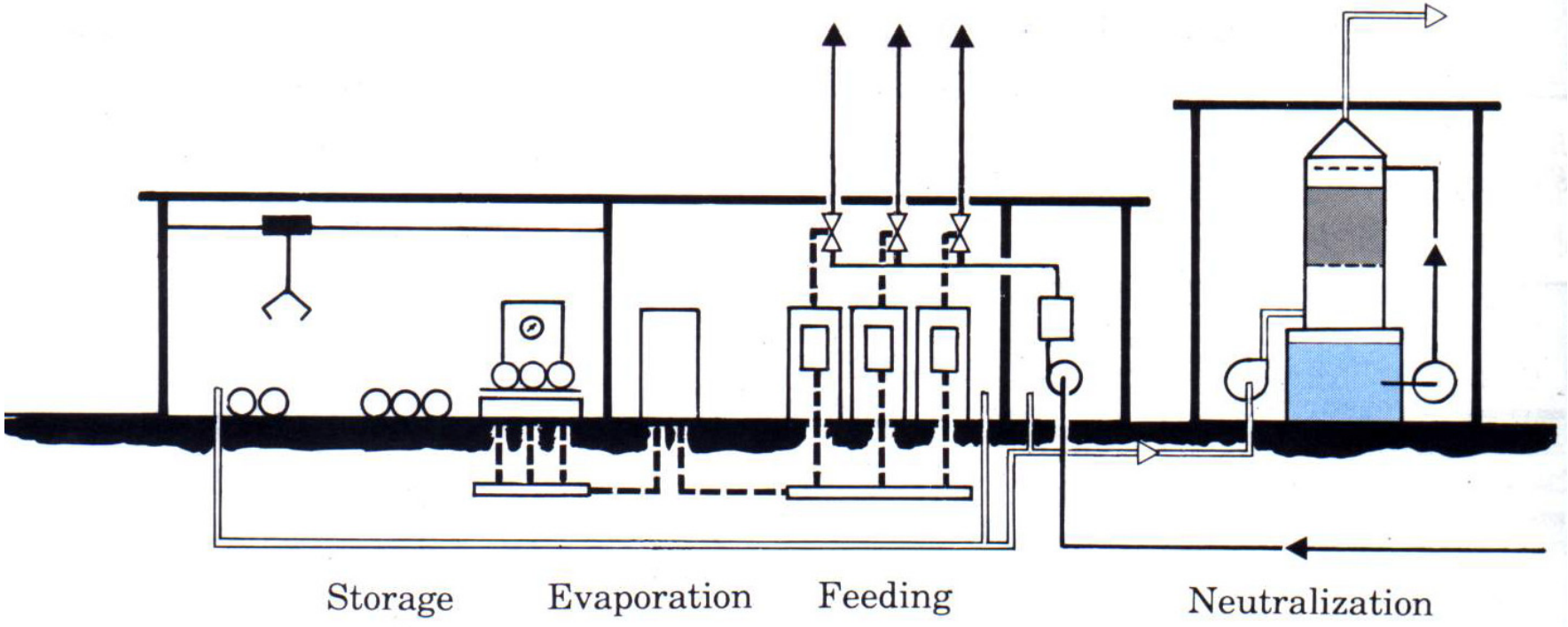
طرق الحقن بالمواسير





شكل رقم (2-31)
طرق الحقن بالمواسير

عنبر الكلور



وكما هو واضح من الرسم التخطيطي أن مكونات النظام تشمل :-

1. مخزن اسطوانات الكلور .
2. غرفة الأجهزة .
3. غرفة التعادل .
4. خطوط الكلور حتى نقاط الحقن .

المناقشة

س1 : ما هى العوامل المؤثرة على عملية التطهير ؟

جـ1-العوامل المؤثرة على عملية التطهير هى :-

1-جرعة الكلور
2-مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)
3-درجة الحرارة
4-درجة تركيز أيون الهيدروجين
5-عكارة الماء
6-قلوية وحامضية الماء
7-وجود المركبات الآزوتية في الماء
8-وجود مركبات الحديد والمنجنيز
9-نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها
10- طرق إضافة الكلور

المناقشة

س2 : ما هى الطرق المتبعة عند إضافة الكلور للمياه الخام ؟

حـ2- يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين :

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

المناقشة

س3 : ما الفرق بين جرعة الكلور والكلور المستهلك ؟

جـ-3:

الكلور المستهلك :-

هو الفرق بين كمية المضافة للماء وكمية الكلور المتبقي (الحر والمتحد) في الماء بعد انتهاء فترة التلامس .

جرعة الكلور :-

هى اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفى للقضاء على الكائنات الحية ، وينتج عنها كلور متبقي فى حدود معينة (0.2 ملجم /لتر ماء).

الباب الثانى: عمليات الترويب والتنديف

بانتهاء أعمال التدريب على هذا الباب، ينبغى أن يكون المشارك قادراً على أن:

- يذكر أسباب الحاجة إلى الترويب والتنديف فى تنقية مياه الشرب ووصف عملية الترويب/ التنديف والمواد المستخدمة بصفة عامة.
- يشرح كيفية استخدام المروبات وأنواع المروبات والمروبات المساعدة ودور كل منها فى عملية تنقية مياه الشرب.
- يربط بين عمليتى الترويب والتنديف من خلال تعريف كل منهما وشرح الخلط السريع والعوامل التى تؤثر فى عملية الترويب والتنديف.
- يشرح الأسس السليمة لتخزين الكيماويات ثم الخصائص الطبيعية لأهم المواد الكيماوية المستخدمة فى عمليات تنقية مياه الشرب.
- يصف ويمارس عملياً المزج وإضافة الجرعات وتجهيز المنشآت والأجهزة المستخدمة لهذه الأغراض باستخدام الجداول وإجراء الحسابات.
- يجرى اختبارات التحكم فى التشغيل ويستخلص علاقاتها بالاستخدام الأمثل للكيماويات ويصف أجهزتها ويستخدم النماذج المرتبطة بها.
- يشرح عوامل تقييم نتائج احتبارات تحديد الجرعات وعوامل نجاحها على الرسومات البيانية وطرق حساب الجرعات والمتغيرات المستخدمة فى ذلك.

الترويب والتنديف

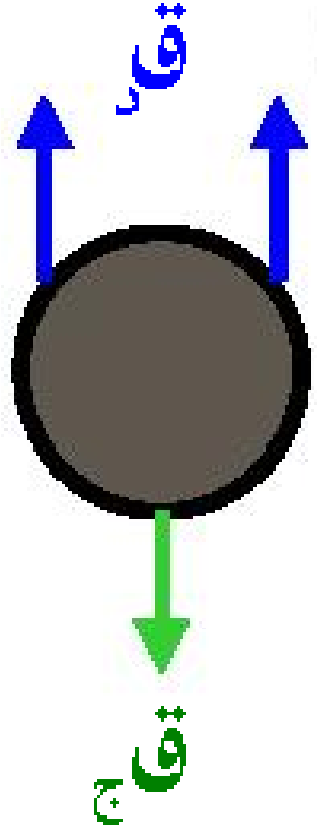
الحاجة إلى الترويب والتنديف:

الغرض من هاتين العمليتين هو المساعدة فى ترسيب المواد العالقة وخاصة غير القابلة للترسيب الطبيعي وإزالة العكارة من المياه المراد معالجتها.

مفهوم الترسيب

- الغرض من عمليات الترسيب هو العمل على ترسيب أكبر نسبة ممكنة من المواد العالقة والتي لها ثقل أكبر من دفع الماء.
- وعملية الترسيب إما أن تكون :
  - طبيعية "الترسيب الذاتي"
  - أو بإضافة مواد مساعدة كيماوية "الترسيب باستعمال المُرَوّبْات"

نظرية الترسيب الطبيعي



يحدث الترسيب الطبيعي نتيجة هبوط الحبيبة المنفردة تحت تأثير وزنها إلى أسفل ومقاومة الماء إلى أعلى.

وحيث أن قانون نيوتن يوضح انه إذا توازنت قوى مؤثرة على حبيبة عالقة فى الماء، فلا توجد عندئذ عجلة تسارع وإنما سرعة هبوط ثابتة منتظمة تسمي **"سرعة هبوط الحبيبة"**

- **الجسيمات غير القابلة للترسيب تقاوم عملية الترسيب لسببين أساسين هما :-**

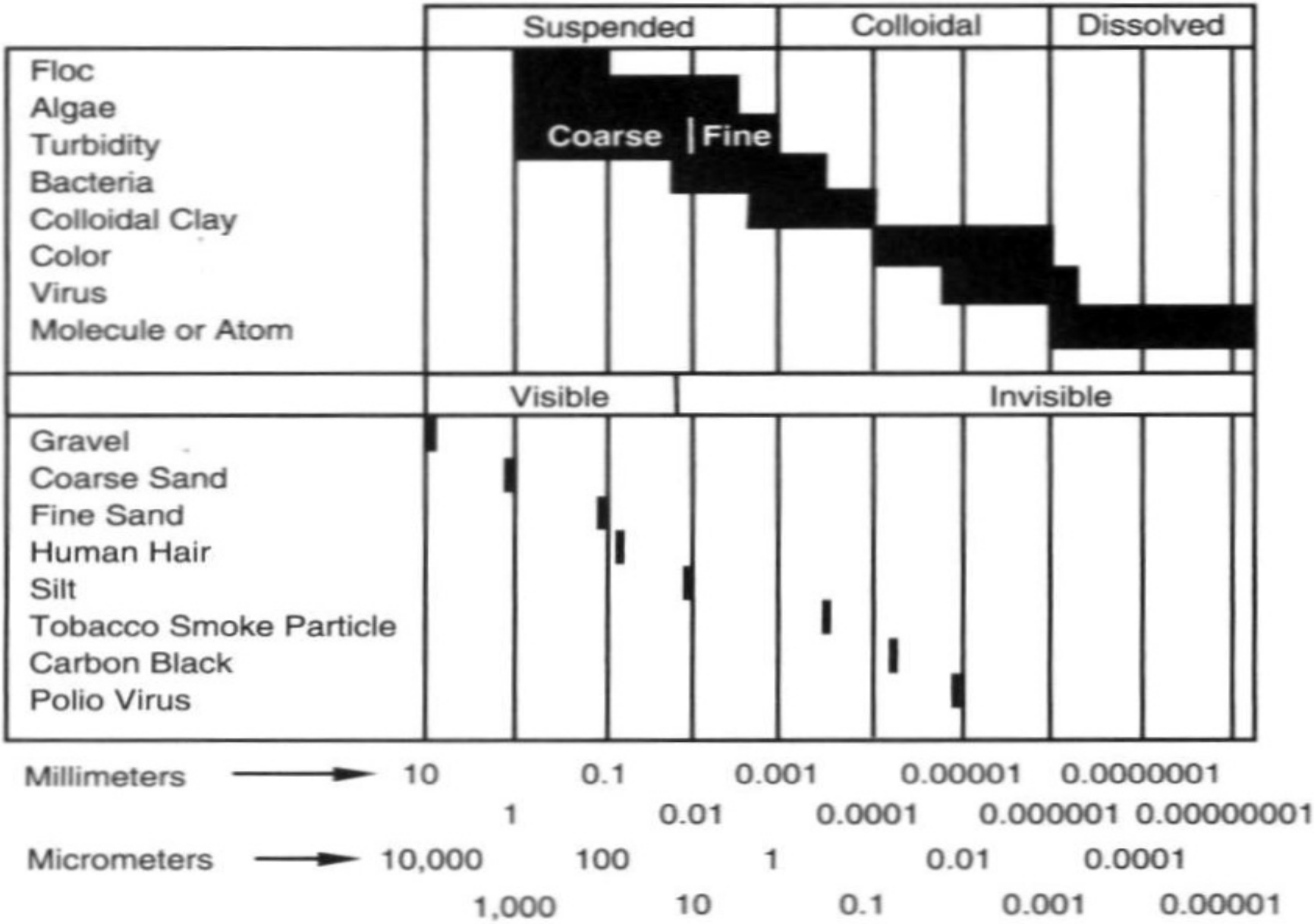
– أولاً: دقة حجم الجسيمات

– ثانياً: قوى التنافر الطبيعية بين الجسيمات

أولاً: دقة حجم الجسيمات

القابلية للترسيب (4 ساعات)	زمن الترسيب لمسافة 1م تحت تأثير الجاذبية فقط	الذوع	قطر الحبيبات (مم)
قابـلة	1 ثانية	حصى	10
	10 ثانية	رمل	1
	2 دقيقة	رمل ناعم	0.1
	2 ساعة	طمي – طحالب	0.01
غير قابلة	8 أيام	بكتريا	0.001
	سنتان	مواد غروية لونية	0.0001
	20 سنه	مواد غروية- فيروسات	0.00001
	أكثر من200 سنه	مواد غروية- مواد ذائبة	0.000001

أحجام المواد الصلبة المتوقع وجودها بالماء



** ومن الأسباب الرئيسية التي تجعل الجسيمات غير قابلة للترسيب هو صغر حجمها والذي يمكن توضيحه بالمثال التالي :

بفرض أن هناك حبيبة رمل على شكل مكعب طول ضلعه 1 مم. فمن المتوقع أن يترسب بحيث يهبط نحو 1متر كل 10 ثوان (الجدول السابق) .

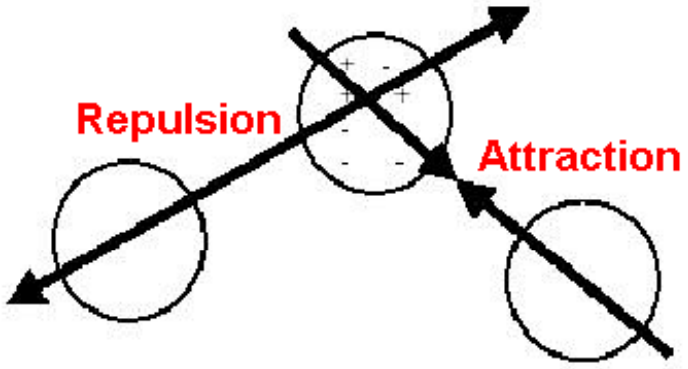
والآن لنفرض أن حبيبة الرمل قد طحنت إلى عدة جسيمات أصغر كل منها مكعب طول ضلعه 1 ميكرومتر.

وبمقارنة المساحة السطحية الكلية فى الحالتين نجد أنها قد زادت من 1 مم2 إلى 6 م2 ، والزيادة فى المساحة السطحية تسبب زيادة هائلة فى قوى المقاومة والتي تقاوم الترسيب الطبيعي التلقائي .

ومن ثم فبدلا من أن ترسب تلك الجسيمات الدقيقة إلى عمق 1 متر فى 10 ثوان فإنها تستغرق الآن أكثر من 20 سنة لترسب إلى نفس العمق.

ثانياً: قوى التنافر الطبيعية بين الجسيمات

تحمل عادة الجسيمات الموجودة في المياه شحنات كهربية سالبة، ونظراً لأنه توجد قوة تنافر بين أي جسمين متماثلين فى الشحنة ، تبقى الجسيمات الغروية الصغيرة جدا المتشابهة فى الشحنة متباعدة عن بعضها البعض ومعلقة فى الماء .

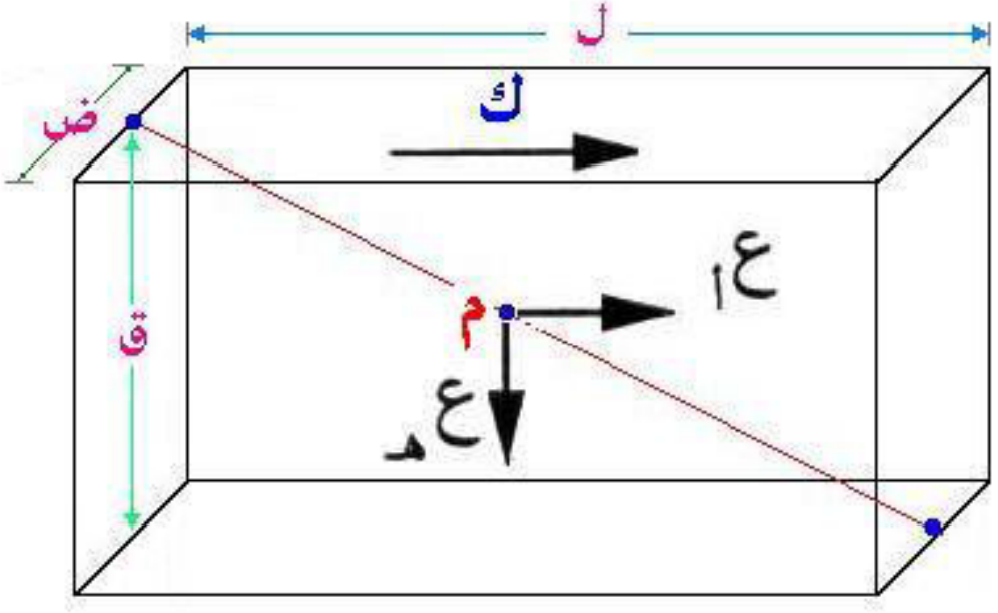


وفى عملية معالجة المياه تعرف قوة التنافر الكهربية هذه بجهد الزيتا (ZP) .

وتوجد قوة أخري تنشأ بين جميع الجسيمات فى الطبيعة هى قوى "فان درفال" وهى تعمل على جذب أي جسمين معاً ، وقوى الجذب هذه تعمل فى اتجاه مضاد لجهد زيتا.

وطالما كان جهد زيتا أقوي من قوة "فان درفال" فإن هذه الجسيمات تظل عالقة فى الماء .

مدخل لتفهم أسس تصميم عملية معالجة المياه



• م جسيم يقع تحت تأثير قوتين :

١- قوة دفع الماء أفقياً

٢ - قوة الجاذبية لأسفل (رأسيا)

الوقت اللازم لوصول الجسيم إلى نهاية الحوض فى الاتجاه الأفقى (فترة المكث)

$$= \frac{\text{حجم الحوض}}{\text{معدل التدفق}} = \frac{\text{ق} \times \text{ض} \times \text{ل}}{\text{ك}} \quad (١)$$

الوقت اللازم لوصول الجسيم إلى نهاية الحوض فى الاتجاه الرأسى

$$= \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}} = \frac{\text{ق}}{\text{ع}_{\text{هـ}}} \quad (٢)$$

لكى يصل الجسيم إلى نهاية الحوض قبل خروج المياه من الحوض :

∴ يجب أن يتساوى زمن الحركة رأسيا وأفقيا :

∴ من المعادلتين السابقتين ١ ، ٢ :

$$\frac{\text{ق} \times \text{ض} \times \text{ل}}{\text{ك}} = \frac{\text{ق}}{\text{ع}_{\text{هـ}}}$$

$$\therefore \text{ع}_{\text{هـ}} = \frac{\text{ك}}{\text{ض} \times \text{ل}} = \frac{\text{معدل التدفق}}{\text{مساحة الحوض السطحية}}$$

وتعرف $\text{ع}_{\text{هـ}}$ بمعدل التحميل السطحى

التطور التاريخي لعملية الترسيب

الترسيب الطبيعى

- أقدم وأبسط طرق ترسيب المواد العالقة بالماء كانت الترسيب الطبيعي (*Plain Sedimentation*)
- وكميات الرواسب والبكتريا التي يمكن التخلص منها بهذا النوع من الترسيب تتراوح بين 60٪ إلى 70٪.
- ووقت الترسيب قد يمتد من بضع ساعات ليصل إلى أيام.
- إلا أن هذا النظام لم يعد مجديا مع التزايد المستمر لكميات المياه المطلوبة.

الترسيب الطبيعى

ويتوقف حجم خزان الترسيب الطبيعي على :-

- كميه المياه المطلوب ترويقها
- حجم المواد العالقة ودرجة قابليتها للرسوب
- درجة النقاوة المطلوبة

الترسيب بمساعدة المروبات

- عندما تبين عدم ملاءمة الترسيب الطبيعي للحاق بطلب المياه المتزايد.
- لجأنا إلى إضافة مواد كيماوية (المُرَوّبْات) تعمل على تجميع الحبيبات الرفيعة فتساعد فى إتمام عملية الترسيب بكفاءة وسرعة.

وقد تطورت أحواض الترسيب بالتقدم العلمى المستمر ولتزايد متطلبات المياه، ونما هذا التطور فى اتجاهين:

- **الأول** هو زيادة سرعة الترسيب، **والثاني** هو زيادة سرعة مرور المياه فى الأحواض لتقليل حجم الأحواض قدر الإمكان كما فى الأحواض النابضة *(Pulsator)* والتى سوف نتعرض لها بشئ من التفصيل.
- وحديثاً اتجهت الأبحاث إلى تعويم الندف بدلا من ترسيبها بطريقة التعويم بالهواء *(Air Floatation)*، وطالما وجد العلم والعلماء فلن تتوقف المحاولات لتحسين الأداء.

مناقشة

س1 : ما هو الغرض من عمليات الترسيب ؟

جـ 1-

- **الغرض من عمليات الترسيب هو العمل على ترسيب أكبر نسبة ممكنة من المواد العالقة.**
- **وعملية الترسيب إما أن تكون :**

– **طبيعية "الترسيب الذاتي"** وهى مرحلة معالجة أولية يقصد بها ترسيب المواد العالقة التي لها ثقل أكبر من دفع الماء.

– **أو بإضافة مواد مساعدة كيماوية "الترسيب باستعمال المُرَوّبْات"** وهى مرحلة معالجة أساسية يقصد بها تجميع وترسيب المواد العالقة الدقيقة التى يصعب ترسيبها بعملية الترسيب الطبيعى.

المناقشة

س2 : الجسيمات العالقة بالمياه تقاوم الترسيب لسببين هما :

(1)..... ، (2)..... ؟

جـ 2 :

- **الجسيمات العالقة بالمياه تقاوم عملية الترسيب لسببين أساسين هما :-**

  - **أولاً: دقة حجم الجسيمات**
  - **ثانياً: قوى التنافر الطبيعية بين الجسيمات**

المناقشة

س3 : ما المقصود بمعدل التحميل السطحي لحوض الترسيب ؟

جـ 3 :

المقصود **بمعدل التحميل السطحي** لحوض الترسيب هو: سرعة هبوط للحبيبات العالقة رأسيا ($ع_{هـ}$) وتتخذ كأساس من أسس التصميم لهذه الأحواض .وتكون وحدتها متر/ ساعة، ويتم حسابها كالتالى:

$$\text{سرعة الهبوط الرأسية للحبيبات } (ع_{هـ}) = \frac{\text{معدل التدفق (التصرف) } \text{م}^3/\text{ساعة}}{\text{المساحة السطحية لحوض الترسيب } \text{م}^2}$$

المناقشة

س4 : أذكر ما هى أهم العوامل التى يتوقف عليها حجم خزان الترسيب الطبيعى ؟

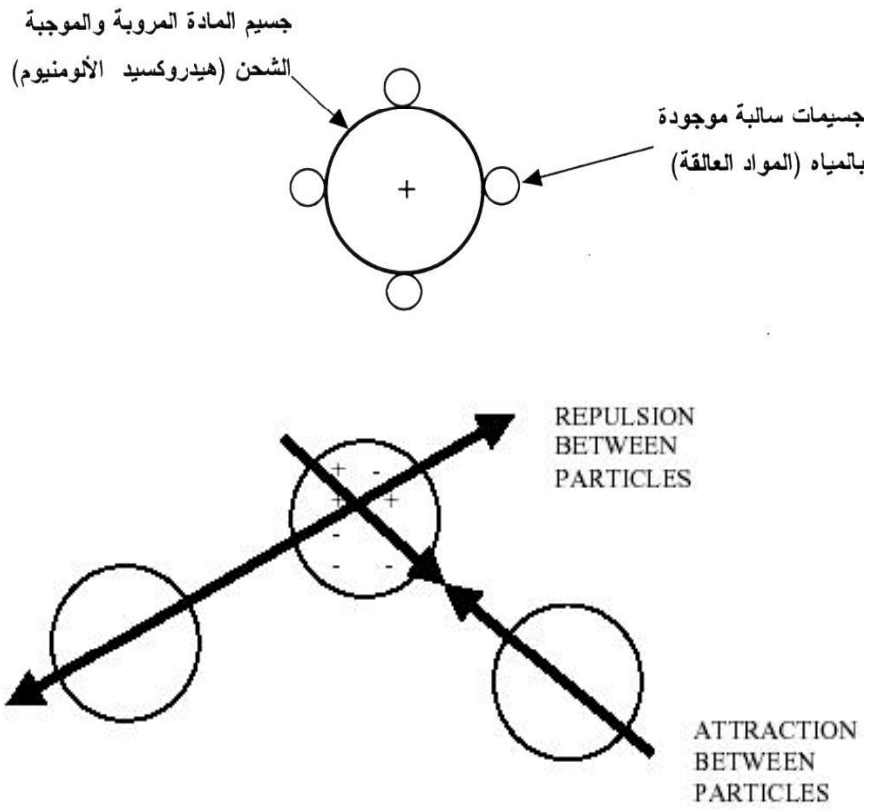
جـ 4 :

يتوقف حجم خزان الترسيب الطبيعي على :-

- كميه المياه المطلوب ترويقها
- حجم المواد العالقة ودرجة قابليتها للرسوب
- درجة النقاوة المطلوبة

وصف عملية الترويب /التنديف

تؤدي عملية الترويب والتنديف إلى تعادل أو تقليل جهد زيتا للمواد الصلبة غير القابلة للترسيب ، بحيث يمكن لقوة " فان درفال " أن تبدأ فى جذب الجسيمات معاً .وعندئذ تتمكن الجسيمات الغير قابلة للترسيب من التجمع فى مجموعات صغيرة من الندف الدقيقة.



استخدام المُرَوِّبات (مواد الترويب)

- وحيث أن معظم الجسيمات غير المرغوبة والمطلوب إزالتها من المياه سالبة الشحنة فبالتالى يجب أن تكون المُرَوِّبات المستعملة فى معالجة المياه ذات شحنة موجبة، فالشحنات الموجبة تعادل الشحنات السالبة وتعجل الترويب.
- وتحتوي بعض المُرَوِّبات على أيونات ذات شحنات موجبة أكثر من البعض الآخر فنجد أن تلك المشتملة على أيونات ثلاثية التكافؤ مثل الألمونيوم والحديد (Al^{+++}, Fe^{+++}) أشد فاعلية بمقدار يتراوح من 700 – 1000 مرة (كمروبات) من الأيونات الأحادية التكافؤ مثل الصوديوم (Na^{-})، وأشد فاعلية بمقدار 50 -60 مرة من الأيونات ثنائية التكافؤ مثل الكالسيوم (Ca^{++}).

أنواع المُرَوِّبات

هناك العديد من المواد الكيماوية التى تستخدم كمروبات من أهمها :

- **كبريتات الألمونيوم (الشبة)** $Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$
- **بولي كلوريد الألمونيوم** $Al(OH)_x(Cl)_y$
- **كلوريد الحديديك** $Fe\ Cl_3$
- **كبريتات الحديديك** $Fe(SO_4)_3$
- **كبريتات الحديدوز مع الجير المطفأ** $Fe(SO_4)_2+Ca(OH)_2$

المُرَوِّبات المساعدة

هي مواد تستعمل كمساعدات للترويب من أهمها:

- **السيليكيا النشطة** (سليكات صوديوم)
- **عوامل تثقيل** (مثل طمي البانتونايت)
- **البولي الكتروليتات** (مثل البولى اكريلاميد ومشتقاته)

كبريتات الألمونيوم

- ومن المواد الشائعة المستخدمة فى عملية الترويب والتى سوف نتناولها بشئ من التفصيل هى كبريتات الألمونيوم وأسمها الدارج هو **الشبة** وصيغتها الكيميائية هى $Al_2(SO_4)_3.nH_2O$ وعند ذوبان هذا المُرَوَّبْ وتأينه فى الماء فإنه يكون أيونات الألومنيوم ثلاثية التكافؤ Al^{+++} ويتراوح نطاق الجرعة من (15- 100) ملجم / لتر .
- وحيث أن الشبة هى الأكثر استعمالا لتعجيل حدوث الترسيب الطبيعي عن طريق الترويب /التنديف، لذلك فإنه من المهم تفهم الكيفية التي تعمل بها عملية الترسيب للمساعدة على إزالة البكتريا الممرضة والجسيمات الأخرى التي تسبب العكارة والطعم والرائحة .

الترويب

تعريف عملية الترويب

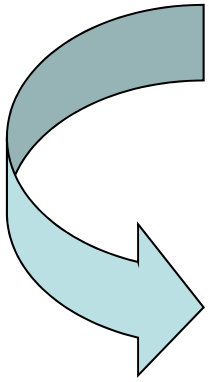
يمكن تعريف الترويب على أنه بداية استجابة الجسيمات بطيئة الترسيب فى المياه الخام لعمل ندف دقيقة عند إضافة المُرَوِّبْ للمياه مشكلة سحابة هلامية ويستلزم ذلك عملية خلط سريع لضمان توزيع متماثل للمادة المُرَوِّبة.

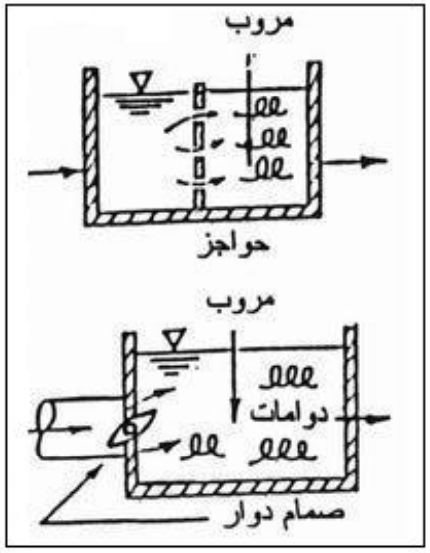
الخلط السريع (Flash mixing)

هو مزج المواد المُرَوِّبة مع المياه الخام والغرض من المزج السريع هو التوزيع المتماثل للمواد الكيماوية المُرَوِّبة خلال المياه وتحدث هذه العملية فى وقت قصير جدا (عدة ثوان) وتكون النتيجة الأولية لهذه العملية هى تكوين جزيئات صغيرة جداً. فالتلامس الأول للمُرَوِّبْ مع المياه هى الفترة الزمنية الأكثر حرجاً فى عملية الترويب بأكملها وذلك لان تفاعل الترويب يحدث بسرعة، ولذا فمن المهم أن يتلامس المُرَوِّبْ والجسيمات الغروية فوراً وبعد إضافة المُرَوِّبْ.

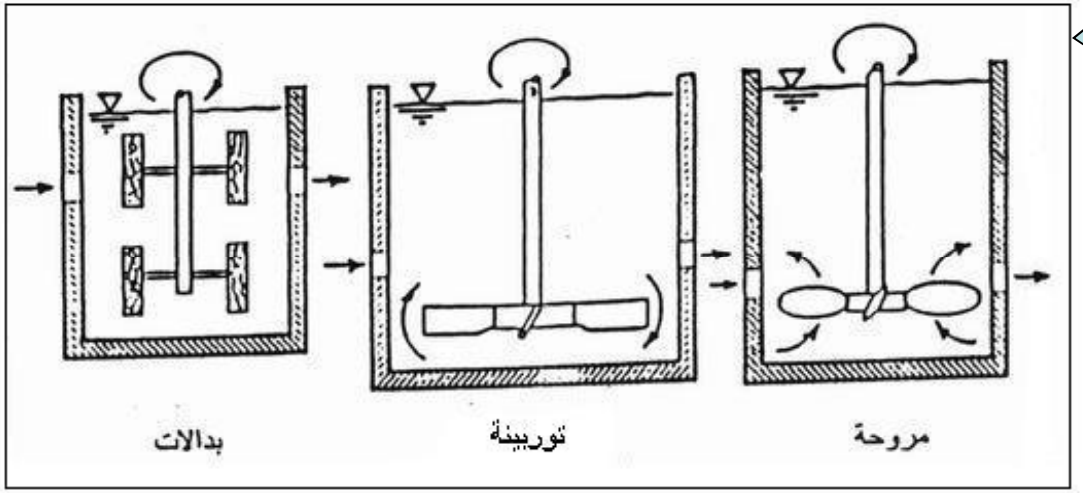
وسائل المزج السريع

- لكى تتم عملية الترويب فإنه يجب مزج المواد المروبة (الشبة) مع المياه بأسرع وقت (عدة ثوان) حيث ان زمن التفاعل قصير وتعرف عملية المزج هذه بعملية المزج السريع (Flash-mix) .ويتم بأحد الوسائل التالية:
- المزج الهيدروليكى
- المزج الميكانيكى
- المزج بنظام الهواء المضغوط
- المزج بطريقة الحقن فى خط المياه العكرة

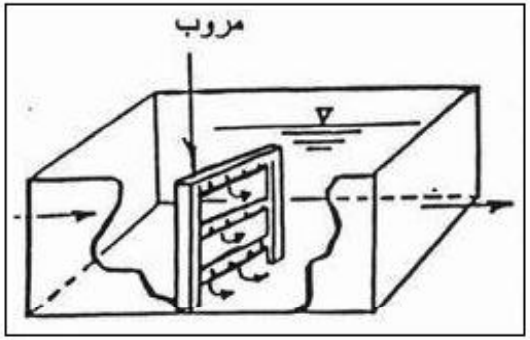




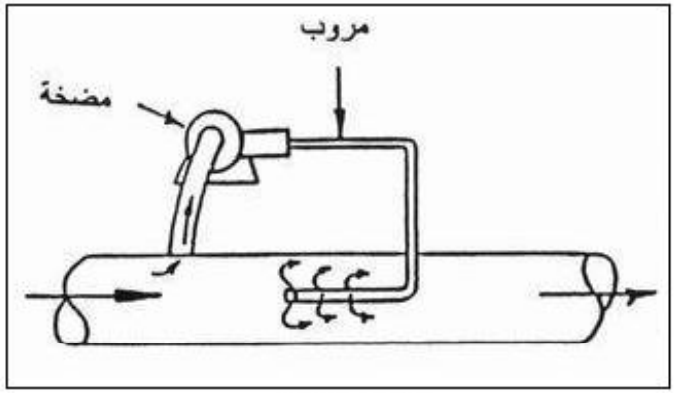
نظام الخلط الهيدروليكى



خلاطات ميكانيكية



الخلط باستخدام الناشر



مضخة تغذية فى الخط

أنواع تجهيزات الخلط السريع

وصف العملية الترويبية من الناحية الكيماوية

- تعتبر العملية الترويبية من العمليات المعقدة وهى عملية فيزيائية وكيميائية تحدث بين قلوية المياه الناتجة من وجود مكونات مثل الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيدات واليورات والسيليكات والفوسفات بالمياه وبين المادة المُرَوَّبْة (وهى قدرة المياه على معادلة الأحماض) .
- ويساعد تقليل الرقم الهيدروجيني للمياه (pH) على تهيئة الوسط للشحنة الموجبة وهو المناسب للتفاعل مع الجزيئات والغرويات السالبة الشحنة مكوناً ندف غير ذائبة والتي تعمل على إزالة الشوائب من المياه.

التفاعلات الكيميائية

- **حيث أن المادة المُرَوّبْة تتفاعل مع جزء من قلوية الماء والقلوية المتبقية بعد التفاعل والموجودة فى المياه تعمل كمنظم (Buffer)تمنع الرقم الهيدروجيني للمياه من التغير وبالتالى تساعد على الترسيب الكامل للمادة المُرَوّبْة ويمكن تمثيل معادلة التفاعل كالآتي:**

كبريتات الألومنيوم + القلويــة ← هيدروكسيد الألومنيوم + كبريتات الكالسيوم + ثاني أكسيد الكربون

(الشبة) (بيكربونات الكالسيوم) (الندف)

- **وفى حالة عدم وجود القلوية الكافية فى المياه يضاف إليها الصودا الكاوية أو الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$) وتكون معادلة التفاعل كالتالى :**

كبريتات الألومونيوم + هيدروكسيد كالسيوم ← هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم

- وبصفة عامة فإن المشغل لا يستطيع التحكم فى القلوية أو الرقم الهيدروجيني العالى بمصدر المياه ، ولذلك فمؤشر تقييم نوعية المياه يلعب دوراً رئيسياً فى اختيار نوع المادة المُرَوَّبْة المستخدمة فى معالجة المياه .
- كما أن الجرعة الزائدة أو المنخفضة تؤدي إلى الإقلال من كفاءة عملية الإزالة ، ويتم التأكد من إنجاز هذه المهمة بعمل اختبار الكؤوس " Jar test ".

التنديف

- **<u>تعريف عملية التنديف :-</u>**
- هى عملية مزج بطئ تعمل على تجميع الحبيبات الصغيرة لتكون حبيبات أكبر قابلة للترسيب ، ويستلزم ذلك عمل تقليب بطئ باستخدام الخلاطات الهيدروليكية والميكانيكية لإتاحة فرص أكبر لعمل تلامس بين الندف الدقيقة لتلتصق ببعضها مشكلة ندف أكبر لترسب وتتطلب هذه العملية زمن يتراوح من 15 – 20 دقيقة .

وصف عملية التنديف

- يتراوح الحجم الأمثل للندف من (1- 3 مم) ويعتمد ذلك على نوع عملية الإزالة المستخدمة سواء كان بنظام الترشيح المباشر أو الترشيح التقليدي (Conventional)
- ويجب الأخذ فى الاعتبار وقت المزج والطريقة الصحيحة للمزج وشكل أحواض المزج.
- التنديف عملية أبطأ بكثير من الترويب لذلك فإن حوض التنديف يجب أن يكون أكبر نسبيا .ونظرا لأن الندف هشة تماما فلذلك يجب أن يجري الخلط بطيئا كما يجب أن تكون سرعة التصرف خلال الحوض بطيئة بما يكفل عدم تفتيت جسيمات الندف أو تكسيرها ،وعلى ذلك يجب أن يكون حوض التنديف كبيراً بما يكفى لتهيئة مدة المكث الملائمة.
- يحمل هيدروكسيد الألومونيوم المتكون شحنة كهربائية موجبة ، وبالتالى يحدث تجاذب بينه وبين المواد العالقة والغرويات الدقيقة والبكتريا والمواد الغروية والتي تحمل شحنة سالبة فيحدث تعادل كهربائي ، وتلتصق ببعضها مكونة حبيبات أكبر تسمي ندف (Flocs) والتى تزداد حجما وثقلاً أثناء تجولها فى الماء نتيجة تماسك الندف الدقيقة مع بعضها مكونة ندفاً أكبر وأثقل ، قابلة للترسيب بسرعة أكبر وتسمي هذه العملية بالتنديف (Flocculation) .

العوامل التي تؤثر فى عملية الترويب والتنديف

تتأثر عملية الترويب والتنديف بعوامل مختلفة أهمها :-

- تركيز الأس الهيدروجيني pH.
- قلوية الماء.
- ظروف خلط المادة المُرَوِّبْة.
- نسبة العكارة.
- جرعة المادة المُرَوِّبْة (Dose).

مناقشة

س1 : ما الفرق بين الترويب والتنديف ؟

جـ 1-

ويمكن تعريف **الترويب** :على أنه بداية استجابة الجسيمات بطيئة الترسيب فى المياه الخام لعمل ندف دقيقة عند إضافة المُرَوَّبْ للمياه .

أما **التنديف** :فهو عملية مزج بطئ تعمل على تجميع الندف الدقيقة لتكون ندف أكبر قابلة للترسيب .

المناقشة

س2 : ما المدى المناسب للأس الهيدروجينى لإنجاز عملية الترويب ؟

جـ 2 :

ويعتبر مدي الرقم الهيدروجيني (4.5 – 7.5) مدي مناسب لعملية الترويب وتعطي الشبة أفضل نتائج فى هذا المدى .

المناقشة

س3 : وضح بالتفاعل دور قلوية المياه فى إتمام عملية الترويب ؟

جـ 3 :

- **حيث أن المادة المُرَوّبْة تتفاعل مع جزء من قلوية الماء والقلوية المتبقية بعد التفاعل والموجودة فى المياه تعمل كمنظم (Buffer)تمنع الرقم الهيدروجيني للمياه من التغير وبالتالى تساعد على الترسيب الكامل للمادة المُرَوّبْة ويمكن تمثيل معادلة التفاعل كالآتي:**

كبريتات الألومنيوم + القلويــة ← هيدروكسيد الألومنيوم + كبريتات الكالسيوم + ثاني أكسيد الكربون

(الشبة) (بيكربونات الكالسيوم) (الندف)

- **وفى حالة عدم وجود القلوية الكافية فى المياه يضاف إليها الصودا الكاوية أو الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$) وتكون معادلة التفاعل كالتالى :**

كبريتات الألومونيوم + هيدروكسيد كالسيوم ← هيدروكسيد الألومونيوم (الندف) + كبريتات الكالسيوم

المناقشة

س4 : أذكر أهم العوامل المؤثرة فى عملية الترويب والتنديف ؟

جـ 4 :

تتأثر عملية الترويب والتنديف بعوامل مختلفة أهمها :-

- تركيز الأس الهيدروجيني pH.
- قلوية الماء.
- ظروف خلط المادة المُرَوِّبْة.
- نسبة العكارة.
- جرعة المادة المُرَوِّبْة (Dose).

تخزين الكيماويات

- تتوفر المُرَوّبْات فى شكل صلب (مسحوق أو حبيبات) أو سائل وغالبا ما تكون السوائل أسهل فى الخلط والاستعمال.
- يجب دائما تخزين الكيماويات فى منطقة جافة عند درجة حرارة متوسطة ومنتظمة إلى حد ما ، على "طبالى " خشبية نقالة للسماح بمرور الهواء أسفل الأكياس.
- من المفضل أيضا تخزين الكيماويات الجافة على أرضية تقع فوق منطقة تحضير المحاليل حتى يمكن تغذيتها بالجاذبية إلى المنطقة الخاصة بالتحضير.
- وتخزن الكيماويات (صلبة أو سائلة) فى منطقة تخزين خاصة ومحمية الجوانب وتتاح التعليمات عن التخزين المناسب لها من مورد الكيماويات.

نبذة عن بعض المفاهيم الكيميائية

- عندما نتكلم عن المحاليل المروبة وتحضيراتها بتركيزات مخففة من أشكالها المركزة ، فمن الضرورى ان نعرف شيئا عن خصائصها الطبيعية كمواد كيميائية ، مثل الصيغ الكيميائية والتفاعلات الأساسية لهذه المروبات فى المياه ، وكيفية حساب الأوزان الذرية لهذه التفاعلات فى معادلات كيميائية رمزية موزونة.

الخصائص الطبيعية للمواد الكيميائية

- المواد الكيميائية المستخدمة فى معالجة المياه تتفاوت كثيرا فى خصائصها الطبيعية من المواد الحمضية إلى المواد القلوية ،ومن المواد سريعة الذوبان فى الماء إلى المواد التى لا تذوب ولهذا فكل منها يحتاج إلى الأساليب المناسبة فى عمليات الخلط والإضافة ،وسوف نتناول منها :

(1) كبريتات الألومنيوم

(2) كلوريد الحديد

(3)الجير

(4)الكربون المنشط

(5) المروبات المساعدة

(1) كبريتات الألومنيوم (الشبة)

- الشبة الصلبة يمكن الحصول عليها فى أكياس تزن من 40-50 كجم ،على شكل كتل أو حبيبات أو مسحوق ،كتلة المتر المكعب منها حوالى 480 كجم.
- أما السائلة فتنقلها سيارات نقل صهريجيه زنة 50 طن أو أكثر، كتلة المتر المكعب منها حوالى 770 كجم.
- الشبة الصلبة المستخدمة فى محطات المياه تحتوى على 14-16 من أكسيد الألومنيوم ،بالإضافة إلى ماء التبلور ، ولهذا فإن كبريتات الألومنيوم الفعالة تكون نسبتها فى الوزن 84-86٪.
- أما السائلة فيكون تركيزها حوالى 50 ٪ من الشبة الصلبة (8% as Al_2O_3).
- الشبة سريعة الذوبان فى الماء ، وينتج محلول حمضى يتطلب استخدام المواد المقاومة للتآكل فى الأحواض والمضخات وشبكات المواسير.

- وتتفاعل كبريتات الألومنيوم مع القلوية الطبيعية فى الماء وإذا كانت هذه القلوية غير كافية فإننا نعمل على زيادتها بإضافة الجير لتكوين ندف من هيدروكسيد الألومنيوم .

وفيما يلى المعادلة بالرموز ثم بالأوزان الذرية:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca\,SO_4 + 6CO_2 \ldots\ldots (1)$$

$$Al_2(SO_4)_3 + 3Ca(OH)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca\,SO_4 \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

وفى كلتا الحالتين يتكون هيدروكسيد الألومنيوم الغير قابل للذوبان ، وهو الأساس فى عملية الترويب .

وتأتى كبريتات الألومنيوم عادة على شكل حبيبات مبلورة وتحتوى على ماء التبلور وتركيبها الكيميائى: $Al_2(SO_4)_3.14H_2O$ ، ولا بد ان نأخذ هذا الماء (ماء التبلور) فى الأعتبار عند حساب الأوزان في المعادلة كالتالى:

$$Al_2(SO_4)_3 + 18H_2O + 3Ca(OH)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca\,SO_4 + 18H_2O$$

$$(26.98\times2)+3(32.06+64)+18(2+16)+3(40.08+34) \equiv 2\,(26.98+51) + 3(40.08+96.06) +18(2+16)$$

$$53.96 + 288.18 + 324 + 222.24 \equiv 155.96 + 408.42 + 324$$

$$666.14 + 222.24 \equiv 888.38$$

$$888.38 \equiv 888.38$$

وتوضح النتيجة أن كل 666.14 جم من كبريتات الألومنيوم (الشبة) تتحد مع 222.24 جم من الجير لإنتاج 155.96 جم من هيدروكسيد الالومنيوم .

كما تبين المعادلة ان 1جم من الشبة مع 0.33 جم من الجير ينتج 0.23 جم من هيدروكسيد الألومنيوم .

وتأتى كبريتات الألمنيوم عادة على شكل حبيبات مبلورة وتحتوى على ماء التبلور وتركيبها الكيميائى: $Al_2(SO_4)_3.14H_2O$، ولا بد ان نأخذ هذا الماء (ماء التبلور) فى الاعتبار عند حساب الأوزان في المعادلة كالتالى:

$$Al_2(SO_4)_3.18H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca\,SO_4 + 18H_2O + 6\,CO_2$$

666.14 + 486.3 ↔ 155.96 + 408.42 + 324 + 264

(300.3 as $Ca\,CO_3$) ↔ (288.18 as SO_4)

1 + 0.73 ↔ 0.234 + 0.61 + 0.486 + 0.396

(0.45 as $Ca\,CO_3$) ↔ (0.432 as SO_4)

وتوضح النتيجة أن كل 666.14 جم من كبريتات الألومنيوم (الشبة) تتحد مع 300 جم من القلوية لإنتاج 155.96 جم من هيدروكسيد الالومنيوم .

كما تبين المعادلة ان 1مجم من الشبة تتفاعل مع 0.45 مجم من القلوية وينتج 0.4 مجم من ثانى اكسيد الكربون، 0.43 مجم كبريتات ذائبة.

م	نوع التحليل	مياه عكرة	مياه مروقة
1	القلوية مقاسه ككربونات كالسيوم (ملجم /لتر)	180	166
2	ثاني أكسيد الكربون (ملجم /لتر)	0.4	12.6
3	الرقم الايدروجيني pH	8.1	7.5
4	العكارة {NTU}	8	1.2

من التفاعل السابق يتضح ان كل جزء فى المليون (جم/م^3) من كبريتات الألومونيوم الصلبة، يقلل قلوية الماء بنسبة 0.45 جزء فى المليون ، ويزيد ثاني أكسيد الكربون بمقدار 0.4 جزء فى المليون.

ويوضح الجدول مثال لتغير نسبة كل من القلوية وثاني أكسيد الكربون والرقم الهيدروجينى عند إضافة جرعة شبة قدرها 30 جم / م^3 .

(2) كلوريد الحديد

- يمكن الحصول على كلوريد الحديد فى أشكال مشابهه للشبة ولكن نظرا لتأثيراته الحمضية القوية في حالة الرطوبة فهو يورد عادة فى براميل قد تصل سعة البرميل الواحد منها 198 كجم .نسبة كلوريد الحديد فى حالته البللورية تصل إلى 60٪ بالوزن .
- أما كلوريد الحديد اللامائى الخالى من ماء التبلور يورد فى براميل معدنية محكمة الغلق تبلغ سعة 45 كجم ولا بد من استخدام جميع محتويات البرميل فور فتحه لأن بتعرضه للهواء يمتص الرطوبة ويتكون الحامض ذو الأثر الشديد فى التآكل.

- ويتفاعل كلوريد الحديد مع القلوية الطبيعية في الماء أو بإضافة الجير لتكوين ندف من هيدروكسيد الحديد وهو هيدروكسيد غير قابل للذوبان يؤدى نفس الوظيفة التى يؤديها استخدام الشبة .
- وفيما يلى المعادلة بالرموز ثم بالأوزان الذرية:

$$2FeCl_3 + 3Ca(OH)_2 \leftrightarrow 2Fe(OH)_3 + 3CaCl_2$$

$$2(162.23) + 3(74.08) \equiv 2(106.85) + 3(111)$$

$$324.46 + 222.24 \equiv 213.7 + 333$$

$$546.7 \equiv 546.7$$

وتبين المعادلة انه يلزم 1جم من كلوريد الحديد مع 0.68 من الجير لإنتاج 0.65 جم من هيدروكسيد الحديد .

- وبمقارنة هذا بالشبة نجد إننا نحتاج فقط إلى أقل من نصف الكمية من كلوريد الحديد لإنتاج نفس المقدار من الهيدروكسيد الذي لا يقبل الذوبان فى الماء.

(3) الجير

- أكثر المواد القلوية استخدام هي مادة الجير وهى تأتى في العادة على شكل مسحوق جاف ابيض من الجير المطفئ (المسقى بالماء) وهو ما يعرف باسم هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$.
- وحسب نوع الجير المطفئ تتراوح نسبة هيدروكسيد الكالسيوم النقي في هذا الجير بين 80- 99٪.
- الجير المطفئ لا يذوب سريعا في الماء فلابد من تحريك الخليط باستمرار في حوض الإذابة ،واحيانا يضاف على هيئة مسحوق بمعدل منتظم بواسطة مغذى خاص مع إنها اقل دقة من مضخة كبس المحلول .

(4) الكربون المنشط

- يستخدم الكربون المنشط لإزالة الروائح الكريهة والطعم غير المستساغ من الماء .ويكون الاضافة على هيئة مسحوق ناعم مما يسمح بمساحة سطحية كبيرة قادرة على الامتصاص. وهو غير قابل للذوبان ويضاف إلى الماء على هيئة مسحوق باستخدام نفس المعدات المجهزة لإضافة مسحوق الجير .
- وتضاف الجرعات بنسبة تتراوح بين 3-15 مجم /لتر تبعا لاحتياجات التحكم في الطعم والرائحة .
- ويضاف الكربون المنشط قبل وصول المياه إلى المرشحات ويكون ذلك عادة في نفس الوقت الذي يضاف فيه الجير والشبة حتى يتاح الوقت الكافي لاستكمال التفاعل مع المواد التي تسبب الروائح قبل التخلص من الكربون في أحواض الترشيح .

(5) المروبات المساعدة

- هى مواد كيميائية تضاف في جرعات صغيرة للمياه كى تساعد في عمليات التنديف كما توفر وتقلل من كميات الشبة المطلوبة0
- وهذه المواد المساعدة في الترويب تكون مركبات بولي اليكتروليتات ،وهي مجموعة من المركبات الطبيعية أو الصناعية التي تجمع بين خصائص البوليمرات (المركبات ذات السلاسل الطويلة) وبين خصائص الاليكتروليتات .
- وتستخدم البولى الكتروليات بجرعات ذات مقادير صغيرة للغاية فى حدود 0.5 مجم/ل، كما ان قوة تركيز المحلول يجب ان تكون اقل بكثير من المروبات العادية ـ عادة تتراوح بين 1-2.5٪.

المزج وإضافة الجرعات

- فى التحاليل الكيميائية فى مجال معالجة مياه الشرب تقاس قوة تركيز المحاليل عادة بتقدير وزن المادة الذائبة بالملليجرامات فى وحدة الحجوم للسائل (الماء) باللترات ،أي مجم /لتر أو جزء فى المليون (ppm) .
- و فى عملية تجهيز محاليل الكيماويات المستخدمة فى الترويب والمعالجة تقاس قوة تركيز المحاليل عادة بتقدير وزن المادة المذابة بالجرامات فى وحدة الحجوم للسائل (الماء) باللترات ،أي جم /لتر أو جزء فى المائة (٪) (جم/100مل) .
- أما عند إضافة جرعات المواد الكيماوية للمياه فتحدد الجرعة بتقدير وزن المادة المضافة بالجرامات إلى وحدة الحجوم للسائل (الماء) بالمتر المكعب {أي جم /م3}.

تعريفات هامة

- **التركيز :**

يقاس التركيز بكمية المادة المذابة وزناً بالجرامات فى كمية المذيب حجماً باللترات..(أى جم/لتر)،وإذا ما قسم التركيز على 10 تعطي التركيز كنسبة مئوية (التركيز٪)

- **الجرعة :**

تقاس الجرعة بكمية المادة المضافة وزناً بالجرامات فى كمية الماء المعالج حجماً بالمتر المكعب . ..(أى جم/م3).

- **كمية المياه الخام :**

يقاس معدل تدفق المياه الخام بعدد المترات المكعبة المارة الى وحدات التنقية فى الساعة الواحدة ..(أى م3/س) .

تابع تعريفات هامة

- **تصريف طلمبة الشبة :**

يقاس معدل تصرف محلول الشبة بعدد اللترات المتدفقة الى وحدات التنقية (عند نقطة الإضافة) فى الساعة الواحدة . ..(أى لتر/س) .

- **القسمات :**

هى طول مشوار ذراع المكبس وبالتالى فقيمتها تمثل معدل التصرف للطلمبة . علما بان تدريج القسمات لأغلب الطلمبات يكون من صفر-100 درجة ،إلا ان البعض الآخر قد يكون مختلف (صفر-30 ...الخ) ، أقصى تدريج(100) يعنى ان الطلمبة تعمل عند أقصى تصريف لها وهى القيمة التى يعوض عنها فى معادلة حساب القسمات التى سيرد ذكرها .

تجهيز أحواض الشبة

الإنشاء:

محلول الشبة محلول حمضي آكال يتفاعل مع المادة الحاوية له لذلك يتم إنشاء أحواض تجهيز المحلول من المباني أو الخرسانة ثم يتم تبطينها بمادة لا تتأثر بالأحماض مثل السيراميك أو تدهن بمواد لا تتأثر بالأحماض مثل الايبوكسي .

تابع تجهيز أحواض الشبة

- **تركيز المحاليل:**

يتم عادة تخفيف المُرَوَّبْات فى محطة المعالجة إلى محاليل ذات تركيزات مناسبة قبل إضافتها إلى المياه الخام ، وغالباً ما يكون قوة تركيز محلول الشبة المستخدم يتراوح من 5-10٪ للمياه ذات العكارة المنخفضة ، من 20-30٪ للمياه ذات العكارة المرتفعة .

مثال (أ) لتركيز حوض

فمثلاً إذا فرضنا أن سعة حوض الإذابة لمحطة ما ..! هو 50 م3 والمطلوب تجهيزه بمحلول شبة صلبة تركيز 10٪ ؟

فيكون وزن الشبة الصلبة المطلوب إذابته هو 5 طن . (بمعنى إضافة 100 كجم من الشبة / متر مكعب)

(1) نضع الشبة بعد التحقق من وزنها فى الشيالات الخاصة بها فى حوض الإذابة الفارغ ثم يضاف الماء بحيث يكون الحجم الكلى النهائى 50 م3 .

(2) ثم يتم إذابة المروب اما بالهواء أو بالقلابات الميكانيكية وذلك حسب تجهيز الحوض وينبغى ان يستمر التقليب لفترة كافية حتى نضمن تمام الإذابة .

مثال (ب) لتركيز حوض

فمثلاً إذا فرضنا أن سعة حوض الإذابة لمحطة ما ..! هو 154م3 (11م طول × 3.5م عرض× 4م إرتفاع) والمطلوب تجهيزه بمحلول شبة صلبة تركيز 10٪ ؟

يتم إسقاط عدد 308 شيكارة شبة صلبة فى الحوض للحصول على محلول بتركيز 10 ٪ (اى يتم إسقاط شيكارتين لكل 1 م3 من حجم الحوض) (ويعتبر كل 1م أرتفاع ≡ 38.5 م3 حجماً) .

ويتم اتباع الخطوات التالية لتجهيز المحلول المطلوب :

- **يتم إضافة مياه للحوض من المحبس وعندما يصل منسوب المياه لمستوي ريش الخلاط يتم تشغيله لتقليب المحلول.**
- **يغلق محبس إضافة المياه للحوض عند ملئه .**
- **استمر فى التقليب حتي يتم إذابة كل الشبة .**
- **إبلاغ المعمل لأخذ عينة فى اليوم التالى لضمان تمام الإذابة.**
- **يتم السحب من الحوض الشبة حتي يصل إلى مستوي عوامة أقل منسوب .**

مثال (جـ) لتركيز حوض

إذا فرضنا أن سعة حوض الإذابة لمحطة ما ..! هو 154م3 (11م طول × 3.5م عرض × 4م إرتفاع) والمطلوب تجهيزه بمحلول شبة سائلة تركيز 10٪ ؟

فى حالة الشبة السائلة (50٪) ذات كثافة 1.32 جم/سم3 فيتم التخفيف بإضافة ضعف الوزن اى 30.8 طن شبة سائلة (200 كجم/م3) لتعطي نفس تركيز محلول الشبة الصلبة 10٪ .

ويتم تحويل هذا الوزن إلى حجم للتحكم فى الإضافة (30.8÷ 1.32 = 20.328 م3)

ارتفاع المياه (م)	حجم المياه $م^3$	الشبة (الصلبة)		الشبة (السائلة)	
		وزن الشبة (طن)	عدد الشكاير	وزن الشبة (طن)	حجم الشبة (الوزن ÷ الكثافة*)
4.00	154.00	15.400	308.0	30.800	20.328
3.90	150.15	15.015	300.3	30.030	19.82
3.80	146.30	14.630	292.6	29.260	19.31
3.70	142.45	14.245	284.9	28.490	18.80
3.60	138.60	13.860	277.2	27.720	18.29
3.50	134.75	134.75	269.5	26.950	17.78
3.40	130.90	13.090	261.8	26.180	17.27
3.30	127.05	12.705	254.1	25.410	16.77
3.20	123.20	12.320	246.4	24.640	16.26
3.10	119.35	11.935	238.7	23.870	15.75
3.00	115.50	11.550	231.0	23.100	15.24
2.90	111.65	11.165	223.3	22.330	14.73

تحضير محلول شبة بتركيز 10٪ فى حوض سعة [11ل×3.5ض×4ع]متر

المناقشة

س1 عرف ما هو الفرق بين الجرعة والتركيز ؟

جـ 1

- **التركيز :**

يقاس التركيز بكمية المادة المذابة وزناً بالجرامات فى كمية المذيب حجماً باللترات..(أى جم/لتر)،وإذا ما قسم التركيز على 10 تعطي التركيز كنسبة مئوية (التركيز٪)

- **الجرعة :**

تقاس الجرعة بكمية المادة المضافة وزناً بالجرامات فى كمية الماء المعالج حجماً بالمتر المكعب . ..(أى جم/م3).

المناقشة

س2 أذكر الخطوات التى يتم اتباعها عند استخدام شبة سائلة لتحضير محلول شبة تركيزه 20٪ (كشبة صلبة) فى حوض سعة 20 م3 ؟

جـ 2

- كل 1 م3 يلزمه ⟵ 200 كجم شبة سائلة(لعمل محلول10٪)
- كل 1 م3 يلزمه ⟵ 400 كجم شبة سائلة(لعمل محلول20٪)
- ∴ 20م3 يلزمهم ⟵ ؟

» 8000 كجم شبة سائلة

وبمعلومية كثافة الشبة الخام (1.32 جم/سم3)

∴ حجم الشبة المطلوب لتركيز الحوض= 8 طن ÷1.32=6 م3

اختبارات التحكم في التشغيل

هى الاختبارات التى تساعد المشغل علي التحكم في عملية الترويب / التنديف وهي :-

- اختبار الجار Jar test
- اختبار الأس الهيدروجيني pH test
- اختبار العكارة Turbidity test
- اختبار قابلية الترشيح Filterability test
- اختبار جهد الزيتا Zeta potential test
- اختبار مرور التيار الكهربي Streaming Gurrent test
- اختبار عد الجسيمات العالقة Particle counting test

(1) اختبار الجار

اختبار شائع منذ سنوات عديدة ، يستخدم له جهاز متوفر لدى أغلب المشغلين في حقل معالجة المياه ، وهو يستخدم :

- **لاختيار أو لتحديد الجرعة المثالية (Optimum doses) للكيماويات المستخدمة في عملية الترويب والتنديف .**
- **لتقييم المروبات الجديدة والمفاضلة بينها وبين المروبات المتاحة من ناحية الكفاءة والتكلفة .**

طريقة إجراء التجربة

- **ليس هناك طريقة قياسية لإجراء التجربة ولكن هناك خطوات نموذجية يمكن الاسترشاد بها وهي واردة بكتيب :**

***(AWWA)* Manual M12** {Simplified procedures for Water Examination }

<u>ملخص الطريقة :</u>

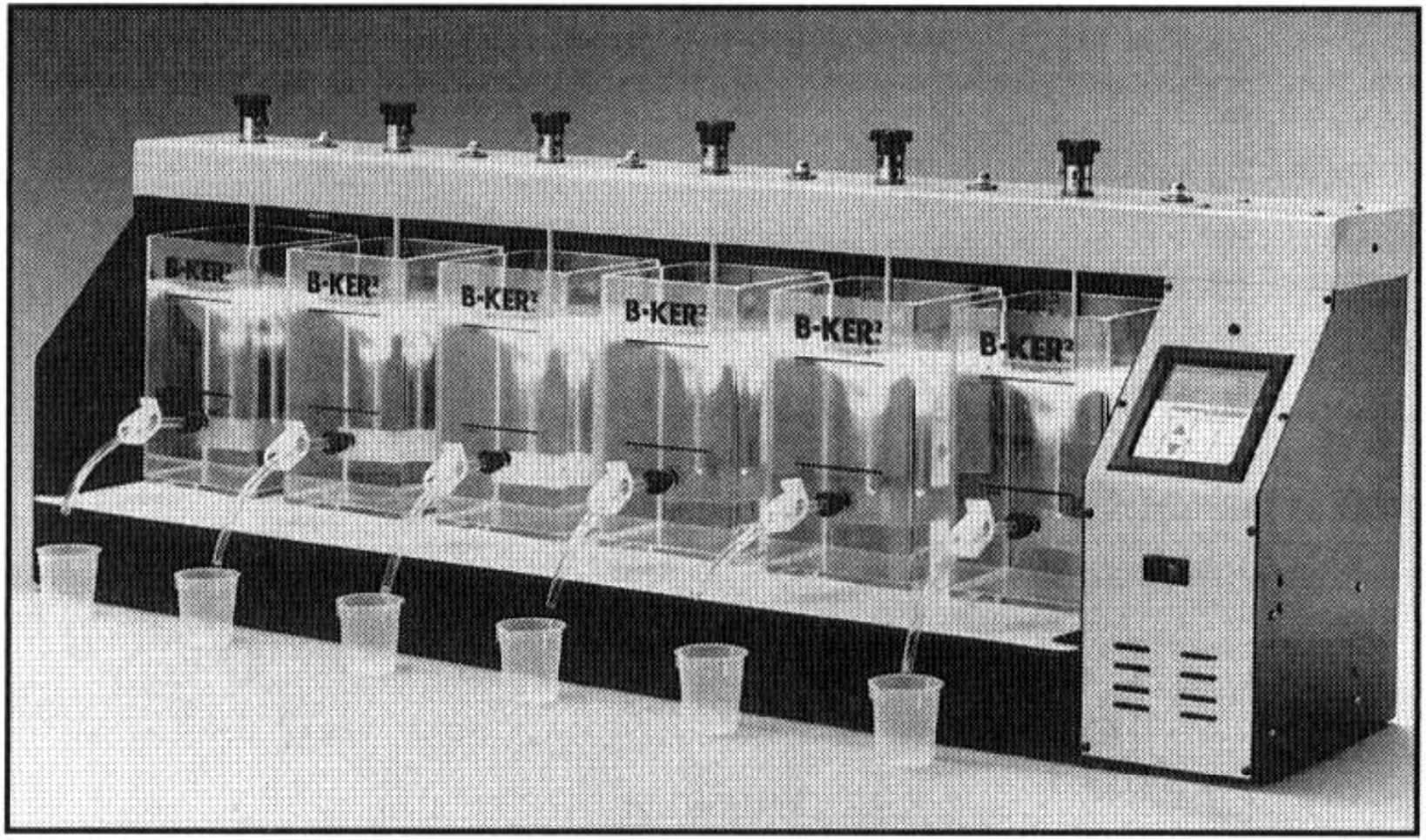
تتلخص الطريقة كالتالي : تجميع عينة من الماء الخام وتصب في عدة كاسات ، ثم يضاف لها جرعات متدرجة الزيادة من المروب الكيميائي ، مع مراعاة أن يجرى الاختبار فور جمع العينة لتجنب الأثر الناتج عن تغير درجة حرارة مياه العينة ، كما يجب تهيأة الظروف الطبيعية لمياه العينة محاكاة لنفس ظروف المياه المعالجة بالمحطة تماما من حيث سرعة التقليب ووقت المكث لمرحلة الترويب والتنديف ثم الترسيب .

STUART
SCIENTIFIC
FLOCCULATOR SW1

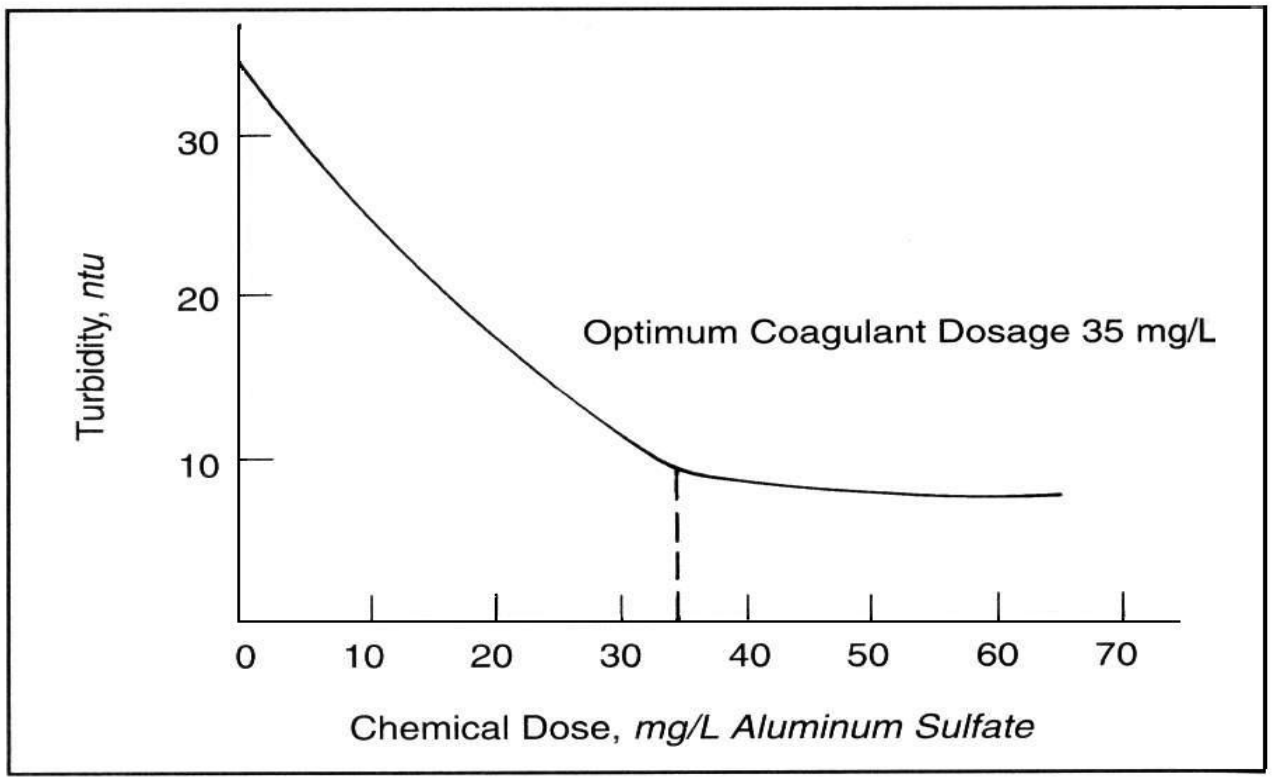
نماذج أخرى لأجهزة الجار

OFF
START
OFF
START
1 INDEPENDENT
2 COMMON START
3 COMMON TIMER
1 LITRE
1 LITRE
MIXER RPM
SPEED CONTROL
POWER
MIXER
LIGHT

dissolved air flotation
batch tester
POWER
MIXER
LIGHT



Courtesy of Phipps & Bird.



والشكل البيانى يوضح العلاقة بين الجرعة ودرجة العكارة كنتيجة اختبار علي عينة مياه باستخدام مروبات مختلفة.

ومن الشكل نلاحظ أن الجرعات فوق 35 جم / م3 تعطي تحسن طفيف في درجات العكارة لا تتناسب وكميات المروب المستهلكة من الناحية الاقتصادية .

لذا فان الجرعة 35 جم /م3 هي الجرعة المثالية فى مثل هذه الحالة.

(2) اختبار الرقم الهيدروجيني

جميع المروبات المستخدمة تعمل بكفاءة داخل مدي أس هيدروجيني محدد فمثلا أملاح الألومنيوم تعمل في المدي من 7.5-5.5 (7) وأملاح الحدديك في المدي 8.5-5 (7.5)

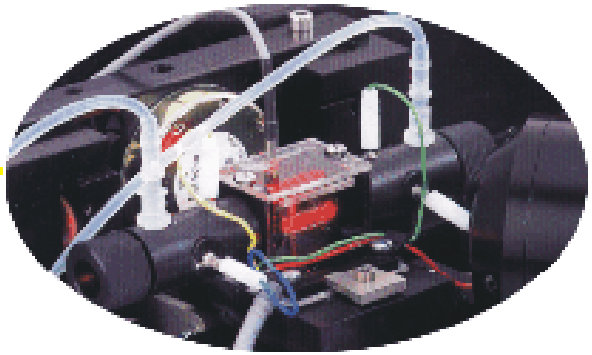
(3) اختبار العكارة

قياسات العكارة في اختبار الجار تمدنا بقياس أكثر دقة من الرؤية بالعين المجردة في الحكم علي درجة التنديف والترويق ، وكذا الوقوف علي درجة الكفاءة في نسبة إزالة العكاره ومدي مطابقتها للمطلوب .

(4) اختبار قابلية الترشيح

يستخدم اختبار قابلية الترشيح خلال مرشح استرشادي (Pilot Filter) كطريقة لاختبار مدي الفاعلية التي يمكن بها ترشيح مياه مروبة (قبل الترسيب) ، حيث يقيس الاختبار مقدار المياه المرشحة في مدة زمنية معينة.

(5) اختبار جهد الزيتا

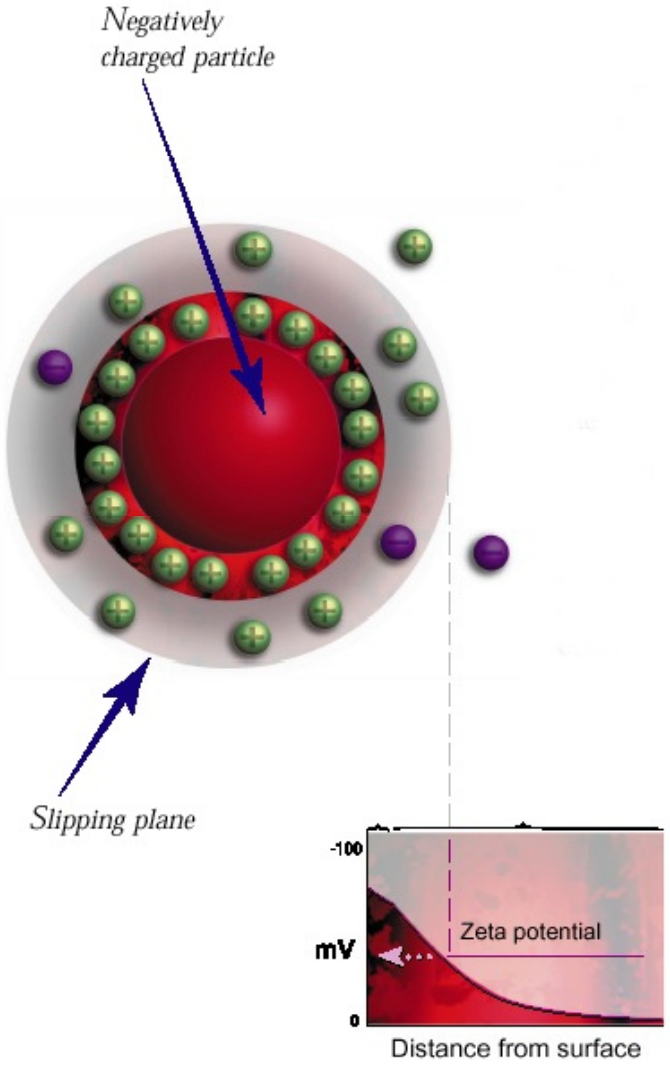


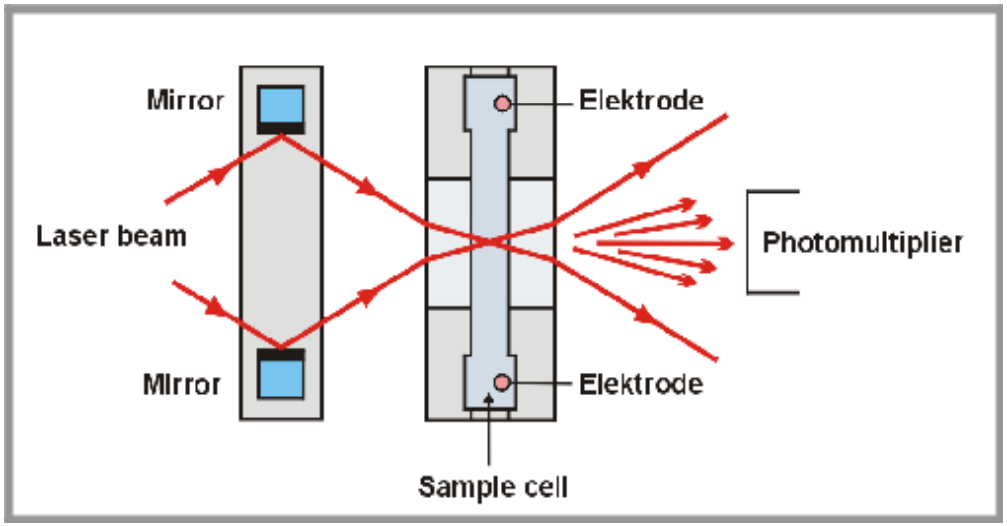
measuring cell

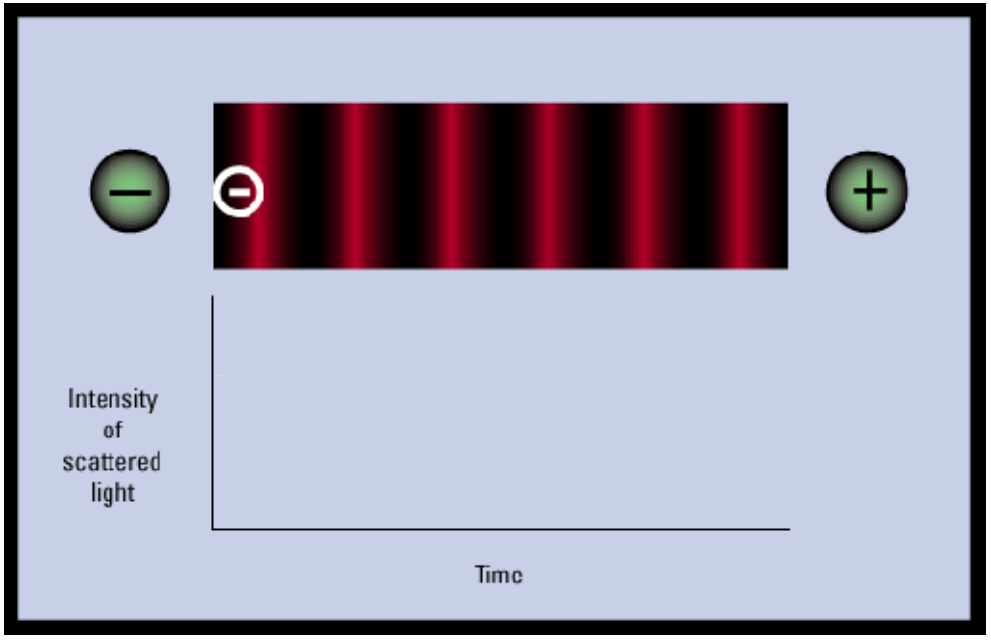
يستخدم جهاز الزيتا في تقييم أثر الجرعات المروبة علي خفض حدة التنافر بين الجسيمات وبعضها . وبالتالي يمكن تحديد أفضل جرعة للمروب .

كما يستخدم في تعيين أفضل درجة أس هيدروجيني يعمل عندها المروب المستخدم .

جهد الزيتا


Negatively
charged particle
Slipping plane
-100
mV
0
Zeta potential
Distance from surface


Mirror
Laser beam
Mirror
Elektrode
Elektrode
Photomultiplier
Sample cell


Intensity
of
scattered
light
Time

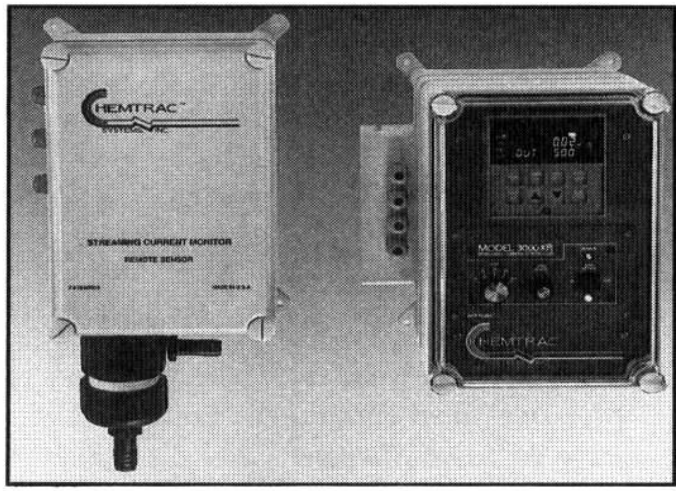
كفاءة الترويب التي تحدث في نطاقات مختلفة لجهد زيتا {ZP}

درجة كفاءه الترويب	متوسط جهد الزيتا
الحد الأقصى	+3 — صفر
ممتازة	-1 — -4
متوسطة	-5 — -10
ضعيفة	-11 — -20
معدومة تقريباً	-21 — -30

- يجب مراقبة جهد الزيتا ليتراوح في مدي معلوم (غالبا من -4 إلى -10 مللي فولت) لإنتاج أقل عكاره ، وعادة يتفاوت هذا المدى من محطة لأخرى ، وكلما أقترب هذا الجهد من الصفر كان ميل الجسيمات للترسيب أسرع بمعني أن كفاءة الترويب تكون أكبر .

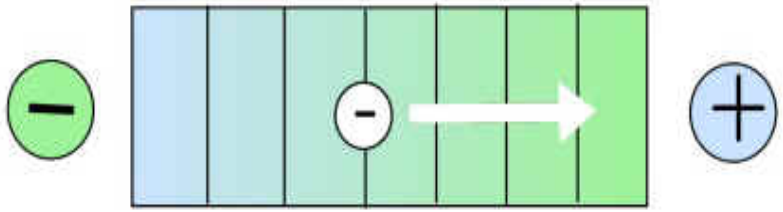
(6) اختبار مرور التيار الكهربي (SCD)

- يستخدم لهذا الاختبار جهاز يقيس كفاءة المادة المروبة عن طريق قياس درجة مقاومة المياه لمرور التيار الكهربي ومن مميزات هذا الجهاز أنه يعتبر أداة تحكم وتسجيل مستمرة ، علاوة علىإمكانية التحكم الأتوماتيكي في تغيير جرعة المروب مع تغير طبيعة المياه .



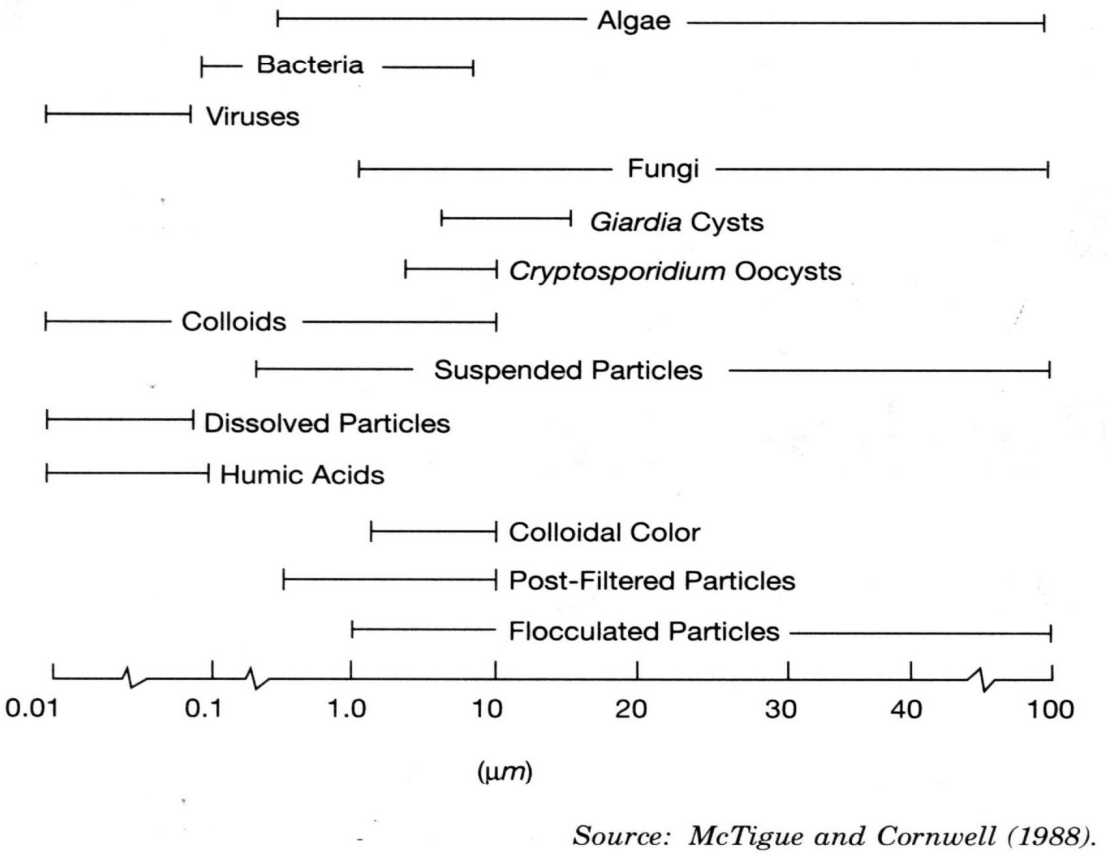
Streaming current detector with remote sensor

Courtesy of Chemtrac Systems, Inc



(7) اختبار عد الجسيمات

- أجهزة قادرة علي عد الجسيمات العالقة بالمياه وتصنيفها حجمياً، وبالتالي يمكن التعرف علي نوع العوالق المحتمل تواجدها.



Source: McTigue and Cornwell (1988).

عوامل تقييم نتائج اختبار تحديد الجرعات

توجد عدة عوامل هامة فى تقييم نتائج اختبار تحديد الجرعات:

1. معدل تكوين الندف
2. شكل جزيئات الندف
3. شفافية المياه بين الندف
4. حجم هذه الندف
5. كمية الندف المتكونة
6. معدل ترسيب الندف
7. شفافية المياه للطبقة الرائقة

عوامل نجاح نتائج اختبار تحديد الجرعات

لضمان فاعلية الاختبار (Reliability) يجب محاكاة:

1. معدل الانحدار فى السرعة : Gradient Velocity (G)
2. زمن الخلط : Retention time
3. زمن الترسيب : Settling time

1- معدل الانحدار فى السرعة : Gradient Velocity (G)

سرعات المزج السريعة والبطيئة اللازمة لإجراء التجربة تحدد بناءً على الوضع التصميمى وظروف التشغيل الخاصة بأحواض الترويب والتنديف بالمحطة . وهناك علاقة بيانية بين قيمة (G) الخاصة بأحواض الترويب/التنديف (التى يمكن معرفتها من كتيب التشغيل الخاص بالمحطة أو حسابها بواسطة المتخصصين) وبين سرعة الخلط لجهاز الجار (rpm).

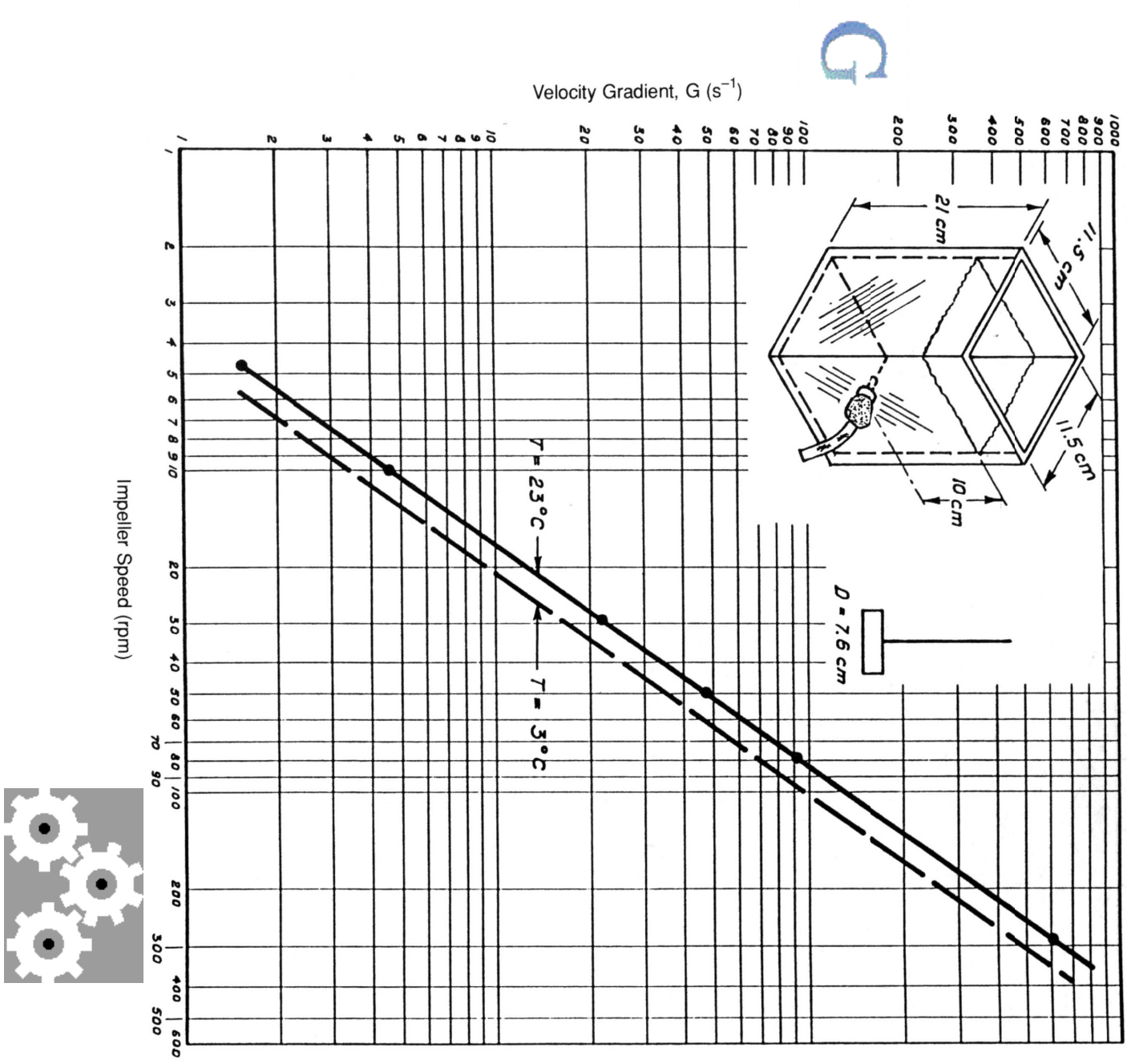
Velocity Gradient

The Velocity Gradient (G) is a measure of the mixing energy (measured in S^{-1}) that is present during both the flash mix and the flocculation stages of water treatment.

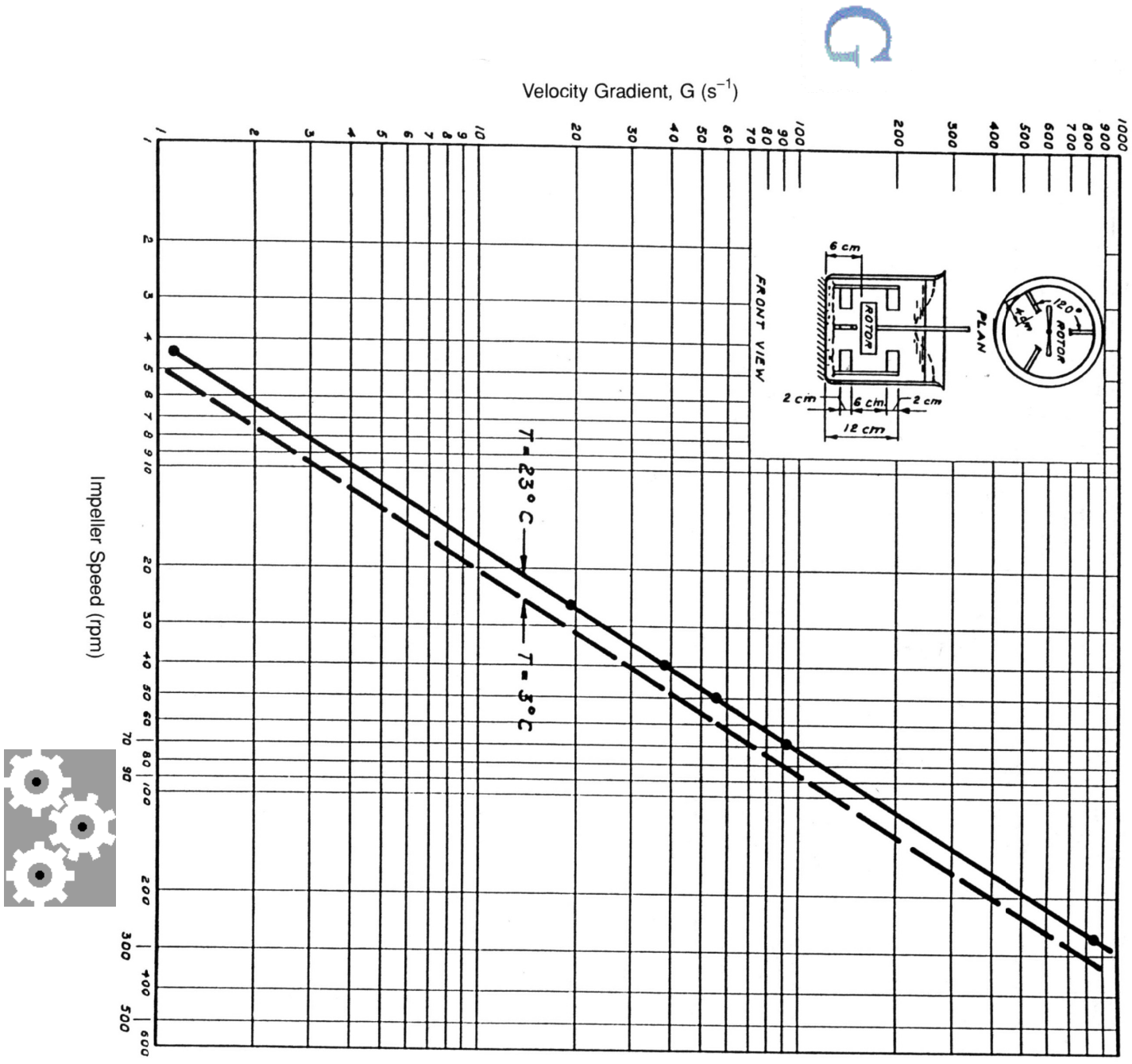
velocity gradient $(G)=(P/\mu V)^{1/2}$

Where; **P** - power dissipated, **μ** - water viscosity, **V** - volume-

منحنى G للبدلات المجدافية المسطحة فى الكأس المربع Gator Jar



منحنى G للبدلات المجدافية المسطحة فى الكأس المستدير Hudson Jar



2- زمن الخلط : Retention time

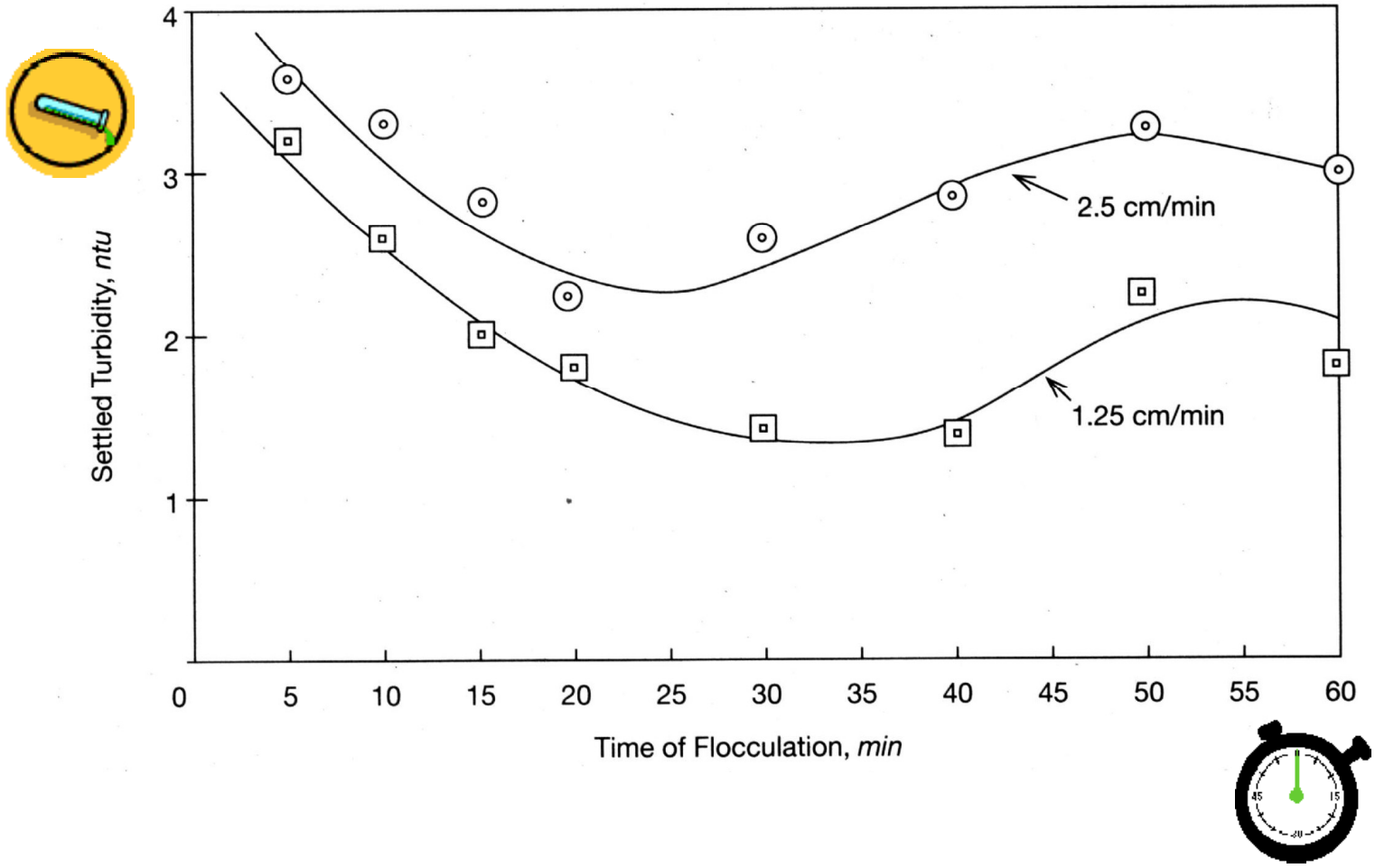
يجب محاكاة أزمنة المزج السريع والبطيء للتجربة للأزمنة الحقيقية بالمحطة ، ويمكن معرفتها من سجلات المحطة.

أو حسابها بقسمة سعة الحوض على معدل التدفق.

فمثلاً إذا كان سعة حوض الترويب **50 م3** ومعدل التدفق للمياه الخام خلال هذا الحوض **6000 م3/س** فيكون زمن المكث (زمن التقليب السريع) **30 ث** ، وبالمثل يتم حساب زمن التقليب البطيء.

العلاقة بين وقت التنديف وبين العكارة

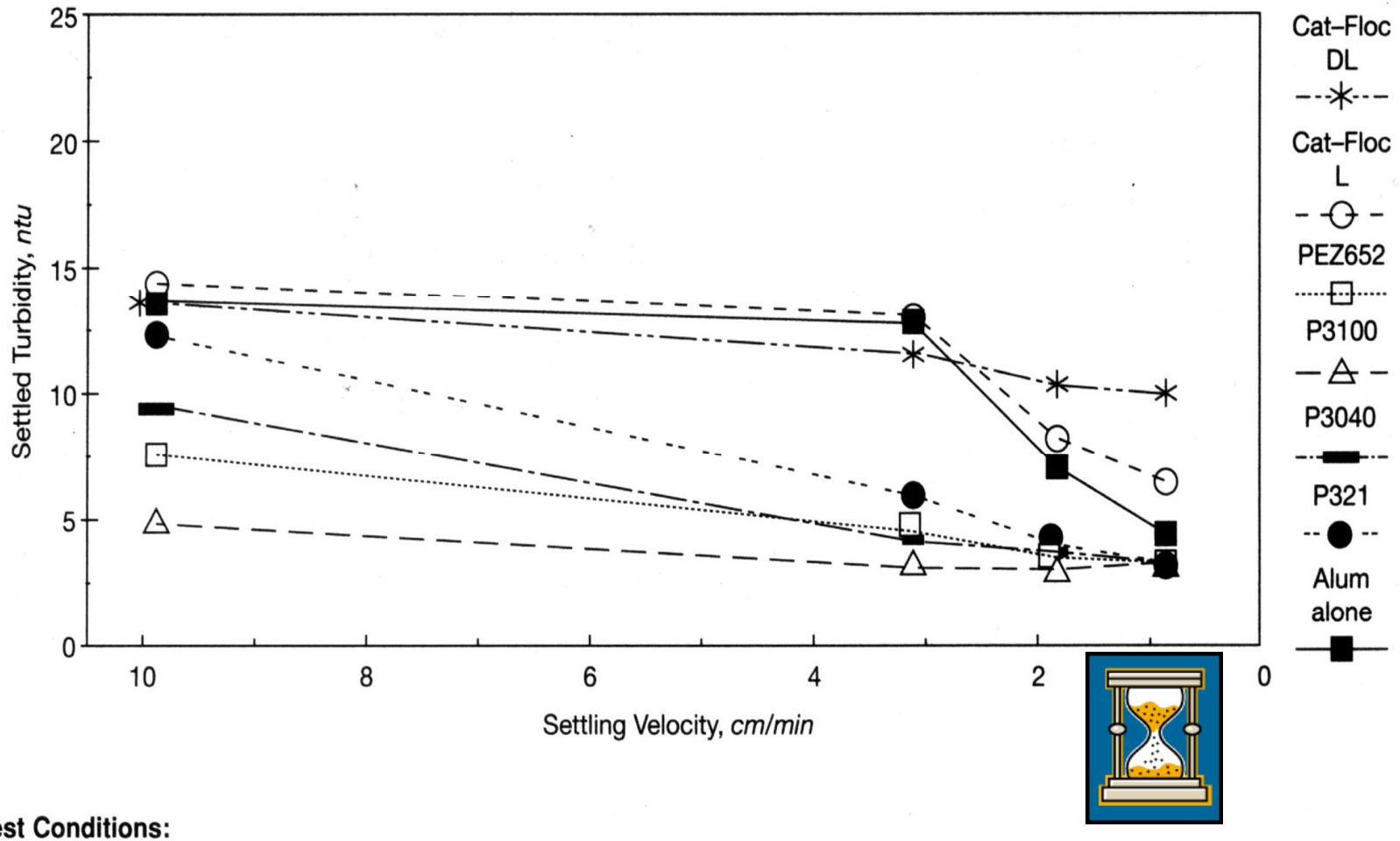
أحياناً زيادة زمن التنديف تعطى نتائج عكسية . ويوضح الشكل العلاقة بين وقت التنديف وبين العكارة .



3- زمن وسرع الترسيب : Velocity& Settling time

- من الأخطاء الشائعة فى إجراء تجربة الجار هى عدم الدقة فى تحديد زمن الترسيب...فمثلاً الوقت الطويل يعطى نتائج جيدة على غير المفروض من محاكاة الزمن الحقيقى بالمحطة .

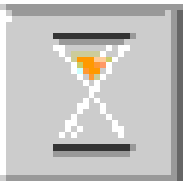
فى تجربة جار نلاحظ انه بعد مرور 30 ق تتقارب درجات العكارة فى جميع الكاسات من بعضها مما يصعب معه التقييم.



Test Conditions:

Alum	=	25 mg/L
Polymer	=	1 mg/L
pH Adjustment	=	Lime
Rapid Mix	=	14 s @ 400 1/s
Flocculation	=	14.7 min @ 18 1/s
Raw Turbidity	=	11.3 NTU
Raw pH	=	7.2
Settled pH	=	7.0

الشكل البيانى يوضح العلاقة بين سرعة الترسيب والعكارة لبوليمرات مساعدة مختلفة.



ولحساب زمن الترسيب المناسب لإجراء التجربة يجب أولاً معرفة معدل التحميل السطحى (Surface Loading Rate) لحوض الترسيب أو حسابه:

$$\text{معدل التحميل السطحى } \frac{\text{م}}{\text{س}} = \frac{\text{معدل التدفق (التصرف)} \quad \text{م}^3/\text{س}}{\text{المساحة السطحية لحوض الترسيب} \quad \text{م}^2}$$

ومن ثم يمكن حساب سرعة الهبوط (سم/دقيقة) وبالتالى حساب الوقت اللازم لهبوط مسافة 10 سم بالاستعانة بالجدول التالى.

$$\frac{100}{60} \times \Delta ح$$

$$\frac{10}{ع_{ه}} \times ع_{ه}$$

معدل التحميل السطحى $\Delta ح$ (متر/ساعة)	سرعة الهبوط $ع_{ه}$ (سم/دقيقة)	الوقت اللازم لهبوط 10 سم $ن_{ه}$ (دقيقة)
0.3	0.5	20
0.6	1.0	10
1.2	2.0	5
2.4	4.0	2.5
6.0	10.0	1

طريقة أخري لحساب
زمن الترسيب

**يمكن أخذ عينة مياه مندفة من المروق أو تجمع عينة مناسبة من الجار فى مخبار مدرج ، ونحسب الوقت اللازم لترسيب حوالى 80٪ من الندف لمسافة 10 سم ،فيكون هذا الزمن هو زمن الترسيب المناسب لتطبيقه فى اختبار الجار .

المتابعة الحقلية لمعدلات ضخ وإضافة محلول الشبة

يجب المتابعة الحقلية الدورية لكل من :

- قياس تركيز الشبة
- معايرة وضبط طلمبة الشبة
- ملاحظة موزع الشبة
- قياس التصرف

1. قياس تركيز الشبة

يجب متابعة قياس نسبة تركيز محلول الشبة فى أحواض الإذابة (أو التخفيف) الجاري استعمالها وتعديل معدلات ضخ طلمبة الشبة لتلائم الجرعة المطلوب تحقيقها .

2. معايرة وضبط طلمبة الشبة

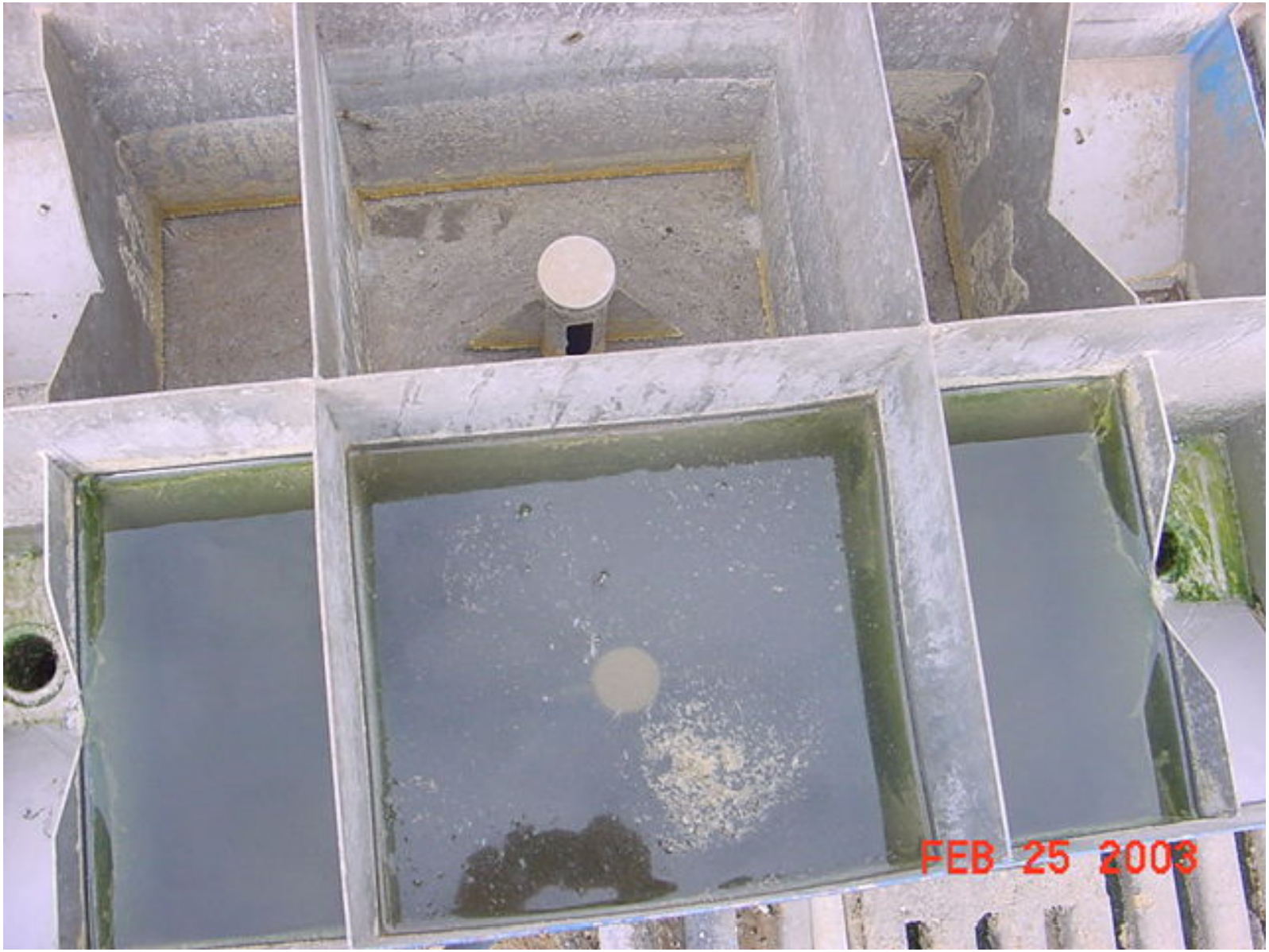
هناك دائما فرق تصريف يظهر مع تشغيل طلمبات حقن محلول الشبة ، وهذا الفرق قد يزداد مع الوقت وعليه يلزم من حين لآخر إجراء عملية معايرة لطلمبات الضخ لضمان التحكم فى إضافة الجرعات المناسبة من الشبة .

3. ملاحظة موزع الشبة

فـى حالـة مـا إذا كانـت طلمبـة الشـبة الواحـدة تعطـى أكثـر مـن مـروق ، فيكـون هنـاك مـوزع يفـيض منـه محلــول الشــبة بمنســوب ثابــت لجميع المروقات .

ويجـب مراقبـة ومعـايرة هـذا الاتـزان علـى فتـرات، وذلـك لضـمان كفـاءة وسـلامة توزيـع محلـول الشـبة مـن الموزع إلى الميـاه الخـام بـأحواض الترويب بنفس الجرعة .

FEB 25 2003

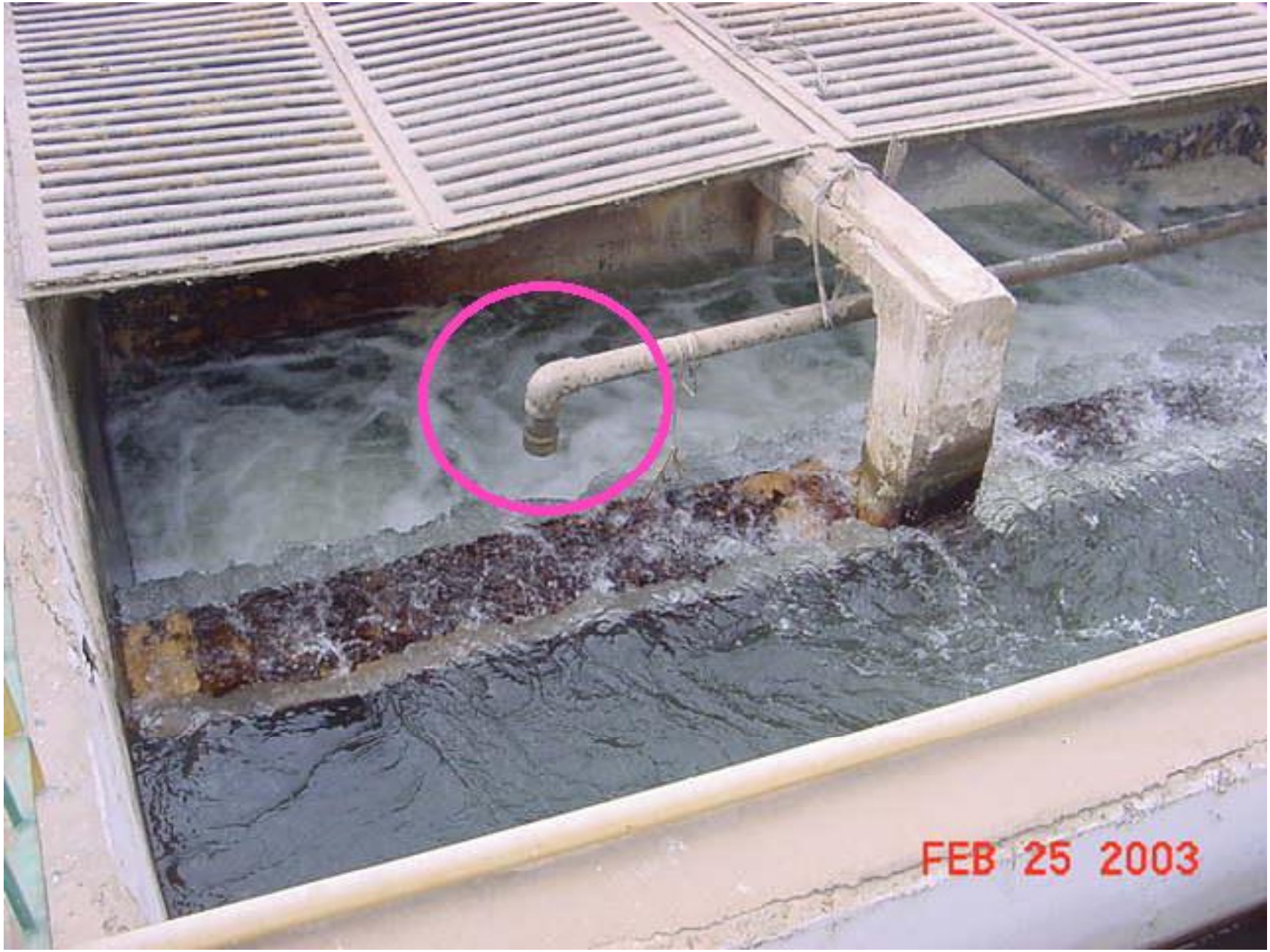

FEB 25 2003

FEB 25 2003

علاوة على ان بعض المروقات تكون الاضافة فيها من خلال مجرى طولية ينساب من جانبيها أو من خلالها محلول الشبة بإنتظام على امتداد سطح دخول المياه الخام .ويجب ملاحظة وضبط هذا الاتزان ايضا ، لضمان امتزاج المروب بجسم المياه كليا بصورة متجانسة .

FEB 25 2003

FEB 25 2003


FEB 25 2003

علاوة على ان بعض المروقات تكون الاضافة فيها من خلال مجرى طولية ينساب من جانبيها أو من خلالها محلول الشبة بإنتظام على امتداد سطح دخول المياه الخام .ويجب ملاحظة وضبط هذا الاتزان ايضا ، لضمان امتزاج المروب بجسم المياه كليا بصورة متجانسة .

4. قياس التصرف

يستعمل القائمون على تشغيل محطات معالجة المياه عدادات لقياس التصرف من أجل التحكم فى معدل التصرف إلى كل عملية معالجة ،ضبط معدلات التغذية بالمواد الكيماوية علاوة على تحديد كفاءة وحدات طلمبات المياه ومراقبة كميات المياه المعالجة وحساب تكلفة وحدة المعالجة ويستخدم لذلك عدة أنواع من أجهزة قياس التصرف بدقة لا تتجاوز ± 2٪ ومنها :

عدادات التباين الضغطي Differential pressure flow meter or Orfice plate

عدادات السرعة Velocity flow meter

عدادات التصرف المغناطيسية Magnetic flow meter

عدادات التصرف بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic flow meter

المناقشة

س1 صف باختصار الخطوات المتبعة لإجراء تجربة تحديد جرعة الشبة المثلى ؟

جـ 1

(1) تجهيز المحلول
(2) أجمع حوالى 7 لتر عينة من المياه العكرة .
(3) ضع فى كل كأس من الكئوس الستة كمية مقدارها 1000 مللي لتر من المياه العكرة .
(4) ضع الكئوس داخل الجهاز ثم اسقط ريش التقليب فى الكئوس وقلب الماء بسرعة ولتكن 200 لفة/دقيقة (أو حسب الإرشادات التصميمية للمحطة) .
(5) أضف بحرص وسريعا بواسطة ماصة جرعة الكلور المقدرة لجميع الكئوس .
(6) استخدم الماصة فى إضافة جرعات شبة متزايدة بالتوالى لكئوس الاختبار الستة ، بحرص وبسرعة بقدر الامكان .
(7) استمر فى التقليب السريع لمدة دقيقة واحدة (Detention time) من بداية إضافة الشبة .
(8) قلل من سرعة التقليب لتصل إلى 30 لفة /دقيقة ، واستمر فى تقليب المحلول لمدة من 20 إلى 30 دقيقة (أو حسب إرشادات التصميم للمحطة).
(9) لاحظ سرعة بداية تكون الندف فى كل كأس وشكلها وحجمها .
(10) أوقف عملية التقليب ولاحظ ترسيب الندف بالكئوس لمدة 5 -10 دقيقة .وعادة تشير العينة ذات الغيوم إلى عدم كفاءة الترويب أما ذات الترويب الجيدة فإنها تحتوي على ندف ثقيلة الوزن نسبيا .
(11) أسحب بواسطة سيفون على شكل حرف S فى نفس الوقت تقريبا كمية المياه التي تمثل ارتفاع 7 سم العلوية من الكأس وهى حوالى نصف لتر تقريبا للكاسات الستة وجمعها فى عدد ستة مخابير لإجراء باقي الاختبار عليها . وسجل النتائج فى النموذج الخاص بذلك

المناقشة

س2 ما هى المعايير الأساسية التى تستخدم عند تقييم اختبار الجار ؟

جـ 2

- **توجد عدة عوامل هامة فى تقييم نتائج اختبار تحديد الجرعات:**
- معدل تكوين الندف
- شكل جزيئات الندف
- شفافية المياه بين الندف
- حجم هذه الندف
- كمية الندف المتكونة
- معدل ترسيب الندف
- شفافية المياه للطبقة الرائقة

الباب الثالث: المرشحات

بانتهاء أعمال التدريب على هذا الباب، ينبغى أن يكون المشارك قادراً على أن:

- يشرح الدور الرئيسى الذى تقوم به المرشحات والمشاكل التى ترتبط بزيادة المحتوى الطينى لرمل المرشحات وعلاقتها بآداء المرشحات.
- يجرى بحثاً مع زملائه من خلال دراسة حالة عن خطوات التعامل مع مشكلة تجمع كرات الطمى فوق سطح المرشحات بمحطة التنقية.
- يشرح طرق معالجة المرشحات بالصودا الكاوية ورفع كفاءة عملية الترويق وكيفية حساب كمية الروبة الخارجة من المروق.
- يشرح كيفية تحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح وحسابها وإجراء مقارنة لتحديد مدى تأثير الصودا الكاوية فى إزالة المحتوى الطينى.
- يجرى حسابات كمية الروبة التى تدخل المروق من خلال وردية واحدة (8 ساعات) وكمية الروبة الخارجة خلال ساعة واحدة.

المرشحات

- من المعروف أن الدور الرئيسي الذي تقوم به المرشحات هو حجز المواد العالقة الندف الهاربة من عملية الترويق والتي لم يكن أملها متسع من الوقت لكي ترسب في أحواض الترويق وفي نهاية فترة تشغيل المرشح تتكون طبقة من المواد التي تم حجزها فوق سطحه وجزئيات هذه الطبقة قد تكون ملتصقة بعضها ببعض بقوة لدرجة ان مياه الغسيل قد تكون غير قادرة علي التخلص من هذه الطبقة بأكملها بل تتبقي أجزاء من هذه الطبقة في رمل المرشح علي هيئة كرات صغيرة من الطمي وبتكرار عملية تشغيل المرشح تزداد كمية الكرات الصغيرة وتكبر في الحجم وتلتصق بها بعض حبيبات الرمل التي تزيد من كثافتها النسبية وبذلك تجد طريقها الي داخل رمل المرشحات

- مشكلة زيادة المحتوي الطيني لرمل المرشحات هي بداية لسلسة من المشاكل أكثر خطورة والتي تؤدي في النهاية إلي شلل الوسط الترشيحي وحينئذ فلا مفر من تغييرات رمل المرشحات أو رفع الرمل ومعالجته في أحواض خاصة ليعاد استعماله مرة أخري الأمر الذي يتطلب تكلفة وجهودا كبيرا علاوة علي تعطيل الوحدات لفترات يحتاج إليها إنتاج مياه الشرب.

المرشحات

هناك بعض المشاكل المترتبة علي زيادة المحتوي الطيني لرمل المرشحات:

1. انسداد المرشحات الرملية نتيجة تلاصق حبيبات الرمل يعقبه انكماش مكونا شقوقا وخاصة بجانب جدران المرشح.
2. خروج الطحالب والمواد العالقة بكميات كبيرة بعد نفاذها من خلال الشقوق إلي شبكة التوزيع وفي هذا الضرر كله من حيث التأثير علي معدن المواسير وسعتها في توصيل المياه علاوة علي ما يحدث من تغيير في صفات المياه البيولوجية والبكتريولوجية نتيجة لوجود الطحالب
3. زيادة حجم حبيبات الرمل، وهذا يحدث نتيجة لالتصاق حبيبات الرمل ببعض المواد التي تترسب عليها ومن ثم يتغير الحجم الفعال ومعامل التناسق للرمل.
4. فقد الرمل مع مياه الغسيل، وذلك يتم بترسيب مواد علي حبيبات الرمل تؤدي الي نقص الكثافة النسبية لحبة الرمل وبذلك يسهل حملها بمياه الغسيل لتجد طريقها خارج المرشح.

أولا: معالجة المرشحات بالصودا الكاوية

يتم العمل بإضافة الكمية المطلوبة من الصودا الكاوية وجمع ثلاث عينات للمرشح الواحد قبل الغسيل، بعد الغسيل، وبعد المعالجة بالصودا ثم تحديد نسبة المحتوي الطيني علي النحو التالي:

أ) تهيئة المرشح:

من الضروري تهيئة المرشح قبل معالجته بالصودا وذلك بغسيله غسيلا عاديا لإزالة جميع الرواسب التي يمكن أزالتها بهذا الغسيل والتي لو استمرت في المرشح أثناء المعالجة لاستهلكت جزاء من الصودا المضافة بدون داعي يتم ضبط منسوب المياه فوق رمل المرشح بحوالي 10 سم فقط. ثم أخذ خمس عينات من رمل المرشح من ارتفاعات مختلفة مبتدأً من السطح ومتجها إلي القاع مرتان قبل الغسيل وبعد الغسيل.

أولا: معالجة المرشحات بالصودا الكاوية

ب) إضافة الصودا الكاوية:

يتم إضافة 50 كجم من الصودا الكاوية لكل مرشح علي هيئتها الصلبة وتوزع بانتظام في جميع أنحاء المرشح واستعمل هواء الغسيل في تقليب رمل المرشح لضمان ذوبان الصودا ومزجها مع الرمل وبعد ذلك رفع منسوب المياه تدريجيا 1000 جزء في المليون (0,1٪).

يتم ربط المرشح بعد ذلك لمدة 24 ساعة، وملاحظة المرشح خلال هذه الفترة حيث تكونت طبقة مرئية من الرواسب التي تفككت بفعل الصودا فوق رمل المرشح وهذه الطبقة تم إزالتها بغسيل المرشح غسيل عكسى. تم تؤخذ خمس عينات من رمل المرشح من ارتفاعات مختلفة تبدأ من السطح ومتجها إلي القاع.

أولا: معالجة المرشحات بالصودا الكاوية

ج) قياس نسبة المحتوي الطيني:

1- تجمع العينات من المراحل الثلاث في أطباق بتري ثم توضع في فرن بحيث لا تتعدي درجة حرارته 100 ^{5}م لمدة ساعة وذلك بغرض التخلص من الماء والرطوبة في العينات.

2- يؤخذ من كل عينة حجم معلوم (70سم^3) ثم يوزن هذا الحجم أيضا. وعندئذ يتم غسيل هذا الحجم جيدا بالماء وذلك لفصل المحتوي الطيني عن رمل العينة فصلا كبيرا.

3- يوضع رمل العينة الذي تم غسله في الفرن عند درجة حرارة 100 ^{5}م حتي تمام تجفيفه.

4- يوزن رمل العينة بعد تبريده والفرق بين الوزنتين يكون معبرا عن المحتوي الطيني للعينة

5- لمعرفة المحتوي الطيني للمرشح يتم أخذ المتوسط الحسابي للمحتوي الطيني للعينات الخمس التي أخذت من أعماق مختلفة من المرشح.

ثانيا: رفع كفاءة عملية الترويق

لا شك أن عملية الترويق تؤدي فاعليتها بتكوين ندف كبيرة الحجم ومتماسكة وذات كثافة نسبية عالية لسهولة ترسيبها وبالتالى سهولة تصريفها من قاع المروق (الروبة) علي فترات مناسبة حتي تظل المروقات نظيفة ومن هنا لزم معرفة الآتي:

أ) كمية الروبة التي تتكون بالمروق خلال فترة زمنية معلومة:

1- عولجت كمية كبيرة من المياه الخام (العكرة) بنفس جرعات الشبة والكلور المستعملة حقليا في المحطة وذلك باستعمال جهاز اختبار الجرعات.
2- بعد تمام عمليه الترويق تم فصل ومعرفة حجم الروبة المترسبة وهذه هي كمية الروبة التي تحتويها كمية المياه الخام المستعملة في التجربة.
3- أمكن من الخطوة السابقة معرفة مقدار ما يحتويه متر المياه الخام من روبة ومن ثم معرفة كمية الروبة التي تدخل المروق خلال ساعة واخيرا مقدار الروبة التي تدخل المروق خلال فترة زمنية محددة.

ثانيا: رفع كفاءة عملية الترويق

ب) كمية الروبة الخارجة من المروق أثناء فتح بلف الروبة:

نظراً لصعوبة تجميع الحجم الهائل من مياه الروبة والتي تصل الي حوالي 600 م^3/ساعة لمعرفة مقدار ما تحتويه من روبة فقد يلجأ المعمل للآتى:

1- أخذ عينة مركبة وهي عبارة عن أخذ حجم معلوم (250سم ^{3}) علي فترات متساوية ومنتظمة (كل دقيقة واحدة) من مياه الروبة الخارجة بصفة مستمرة من بداية فتح محبس الروبة وحتي قفلها ثم تجميع هذه العينات علي بعضها لتعطي العينة المركبة التي تماثل نوعية وخصائص من مياه الروبة المنصرفة.

2- قياس تدفق ماسورة خروج الروبة (Q) ولمعرفة هذا التدفق تم قياس ارتفاع منسوب مياه المروق أعلي الماسورة (h) مساحة مقطع الماسورة (S) ثم التعويض في المعادلة: $Q = K \ S \sqrt{2gh}$

3 – وبمعرفة مقدار ما تحتويه العينة المركبة من الروبة ومعرفة كمية المياه المتدفقة من ماسورة الروبة يمكن تقدير كمية الروبة الخارجة من المروق أثناء فتح بلف الروبة.

ثالثا: تحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح

متر مكعب من الرمل يحتوي علي فراغات بين حبيباته تعادل 450 لتر بصرف النظر عن حجم حبيبات الرمل والفترة المثالية لتشغيل المرشح هي الفترة التي يمتلأ فيها 110 لتر من هذا الفراغات بالندف والمواد العالقة. ولمعرفة زمن تشغيل المرشح المثالى يلزم معرفة الآتي:

أ) وزن ما تحتويه الندف والمواد العالقة من مادة صلبة (حجم/لتر) وذلك بإتباع الخطوات الآتية:

1. أخذ عدة عينات من روبة المرشح أثناء غسيله ومزج هذه العينات لتكوين عينة مركبة.
2. تجميع حجم معلوم من الندف والمواد العالقة الموجودة في العينة المركبة.
3. تجفيف هذا الحجم في فرن التجفيف عند درجة حرارة 100 5 م لمدة ساعة.
4. وزن المادة الجافة بعد تبريدها (جم/لتر).

ب) معرفة معدل ترشيح المتر المكعب لرمل المرشح من واقع تشغيل المحطة.
ومن ثم يمكن تطبيق المعادلة التالية لمعرفة زمن تشغيل المرشح حتى امتلاء الفراغات (110 لتر):

$$= \frac{\text{وزن ما تحويه الندف والمواد العالقة من مادة صلبة في 110 لتر (جم/لتر)}}{\text{وزن المادة الصلبة والمواد العالقة للمياه المروقة (جم/لتر) x معدل ترشيح المتر المكعب لرمل المرشح}}$$

ثالثا: تحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح

- من خلال النتائج السابقة يتضح أن عملية إزالة الروبة بتشغيل الكوبري دورة واحدة (لمدة ساعة) في كل وردية كما كان متبع قبل إجراء هذه الدراسة لا تطرد الروبة المترسبة بأكملها بل تترك حوالي 7م^3 روبة في كل وردية ومعظم هذه الكمية قد تجد طريقها للمرشحات لأن الروبة في خلال فترة الوردية (8 ساعات) قد تصبح في صورة هلامية غير متماسكة وبذلك تجد سهولة في الهروب مع المياه المروقة.

- وقد وجد أنه من الأفضل عدم إزالة الروبة في الورديتين الأولي والثانية علي أن يتم إزالتها في الوردية الثالثة (الليلية) وذلك بتشغيل الكوبري دورتين كاملتين (أي لمدة ساعتين تقريبا وعلي أثر هذا التشغيل زادت كفاءة إزالة الروبة ومن ثم انخفضت كمية الروبة التي تهرب إلي المرشحات في صورة ندف.

ثالثا: تحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح

تحديد الفترة المثالية لتشغيل المرشح:

جاءت النتائج كالآتي:

1) وزن ما تحويه الندف من مادة صلبة = 66,632جم/لتر

2) وزن المادة الصلبة لندف المياه المروقة = 26,8 مجم/لتر

3) معدل ترشيح المتر المكعب لرمل المرشح = 8,3 م^3/ساعة

4) مدة تشغيل المرشح = $\frac{110 \times 66,632}{8,3 \times 26,8}$ = 32,95 ساعة

وبذلك أمكن تشغيل المرشح لمدة 32 ساعة أي بزيادة قدرها 8 ساعات عن ما قبل ذلك.

ملحق1
محددات التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الشرب

- **محطة مياه الشرب**
  - كفاءة معالجة المياه ..... الهدف هو 90٪
  - متابعة تشغيل طلمبات المياه الخام (زمن التشغيل) – تخمين التدفق (القدرة التصميمية – تقدير سعة الضخ بواسطة الزمن وحجم معلوم)
  - المتابعة (إذا أمكن) لتشغيل طلمبات مياه الشرب (وقت التشغيل) – التدفق المقدر (القدرة التصميمية – تقدير سعة الضخ وحجم معلوم)
  - استهلاك الطاقة
  - وجود عداد كهرباء، فإذا لم يكن موجودا يتم حساب وقت التشغيل واستهلاك الطاقة حسب التصميم
  - تشغيل وصيانة معدات الـ تشغيل والصيانة
    - مدة التشغيل ..... الهدف: 8 ساعات/ الدورة
    - المتابعة (الإصلاحات، الخ)

ملحق1
محددات التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الشرب

- **الكلورة المبدئية**

– الكلورة حسب الجرعات المثالية المحددة معمليا (وفق اختبار تحديد الجرعة المثالية Jar Test)
– تحديد مدة التلامس وتحسينها إذا أمكن
– التحكم في الجرعة (كجم/ ساعة) بين خطوط العمليات المختلفة
– متابعة الاستهلاك الشهري
– الكلور الحر المتبقي عند مخرج أحواض الترسيب..... **الهدف: 0.2 – 0.5 مليجرام/ لتر**
– تجنب تسرب الكلور الحر المتبقي إلى الجو. زد من الـجرعة إذا كانت هناك حاجة ("C*t" ليس كافيا للقضاء على الكائنات المقاومة) أو نظف حوض الترسيب بطريقة منتظمة بمحلول كلور مركز.
– الحد الأدنى للكلور الحر المتبقي عند مخرج وحدات الترشيح ..... **الهدف: 0.5 ملليجرام/ لتر.**
– التحكم في الطعم والرائحة – ارجع إلى الطريقة القياسية.

ملحق1
محددات التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الشرب

- **الترسيب**
  - التحقق من محددات التصميم
  - التحقق من وقت المكث والتحكم في دوائر القصر المحتملة
  - التحقق من أداء عملية الترسيب..... الهدف: وحدة عكارة واحدة في 95٪ من الوقت إذا كانت عكارة المياه الخام تقل عن 5 وحدات عكارة.
  - الحد من تسرب الكلور الحر المتبقي إلى الهواء
  - تعديل الهياكل وفقا لذلك إذا كان ذلك ممكنا

ملحق1
محددات التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الشرب

- **الترشيح**
  - التحقق من محددات التصميم.
  - التحكم في التدفق الداخل- توزيع التدفق فيما بين خطوط العملية المختلفة والمرشحات
  - التحقق من أداء الترشيح ..... الهدف: 0,3 وحدة عكارة في 95٪ من الوقت. متابعة كل مرشح على حدة. متابعة فترات تشغيل المرشح وتنميتها.
  - تجنب عمل تعديل في تدفق محطة معالجة المياه إذا كانت المرشحات موجودة عند نهاية مدة التشغيل. عمل غسيل عكسي للمرشحات عند الحاجة قبل تعديل التدفق.
  - تدفق ثابت – مستوى متباين: الاحتفاظ بمقدار 20 سم من المياه على الأقل فوق مستوى الرمل بعد الغسيل العكسي. يجب عدم حدوث فقدان للارتفاع عن 80 سم- 100 سم قبل الغسيل العكسي. يفضل قصر فواقد الارتفاع على الارتفاع الاستاتيكي للمرشح.

ملحق1
محددات التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الشرب

- **الترشيح**
  - متابعة المرشحات بانتظام.
  - الوصول بإجراءات الغسيل العكسي إلى المستوى المثالية. بالنسبة للمرشحات التقليدية – الوسائط القياسية، ابدأ بالغسيل بالهواء لمدة تتراوح بين 3 دقائق على الأكثر، ثم غسيل بالماء لمدة تتراوح بين 5 دقائق . يراعي تكرار الإجراء عند الحاجة.
  - متابعة تطور فواقد ارتفاع الرمل النظيف.
  - متابعة الوضع العام لعكارة الغسيل العكسي.
  - متابعة الوضع العام لمكوث الروبة بعد الوصول بإجراءات الغسيل العكسي إلى الحد الأمثل.

ملحق1
محددات التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الشرب

- **الكلورة النهائية (التطهير)**
  - راجع وقت التلامس عن طريق مستوى المياه في خزان المياه، مع عمل تقييم للـ "C*T"
  - التحكم في الجرعة (كجم/ ساعة) والاستهلاك الشهري
  - الكلور الحر المتبقي عند مخرج خزان المياه ..... الهدف: الحد الأدنى 0,5 مليجرام/ لتر- الحد الأقصى 1,5 مليجرام/ لتر عند العملاء الموجودين في أول الخط
  - التحكم في الطعم والرائحة..... ارجع إلى الطريقة القياسية

ملحق1
محددات التشغيل والصيانة لمحطة معالجة مياه الشرب

- **الجرعة الكيماوية – كبريتات الألمونيوم**
  - **التحكم في تدفق طلمبات حقن الجرعات (المعايرة)**
  - **التحكم في المحلول المركز لكبريتات الألمونيوم (الكثافة). قم بإجراء اختبار Jar test للمحلول في الموقع.**
  - **السيطرة على المحددات المعملية في محطة مياه الشرب (الأس الهيدروجيني، والعكارة بصفة رئيسية).**
  - **عمل مقارنة بصرية بين نتائج الاختبار في الموقع ونتائج اختبار تحديد الجرعات.**

Filter Evaluation and
Optimization

Importance of Filter Optimization

- Optimize filtration and backwash
- Improve filter effluent quality
- Reduce filter ripening time
- Reduce turbidity / particle count spikes
- Meet lower turbidity standards
- Prevent exceptions reporting

Importance of Filter Optimization

- Identify filter operating problems
- Identify current media conditions
- Define proper bed depth
- Establish operating adjustments
- Predict media replacement needs
- Optimize particle/microbial removals

Agenda

1. Filtration Rate Analysis
2. Backwash Flow Rate Analysis
3. Backwash Bed Expansion Analysis
4. Backwash Water Turbidity Analysis
5. Sludge Retention Profile
6. Mudball Analysis
7. Turbidity Analysis

1.Filtration Rate Analysis

Purpose

To determine the actual filtration rate in gal/min/ft^2

Equipment Required

Stopwatch
Hook gauge
Filtration Rate Analysis Form
Calculator

Filter Bay Dimensions	Length (ft)		Date:	
	Width (ft)			
Filter Bed Dimensions	Length (ft)		Area (ft^2)	
	Width (ft)			
Drop Time	T1	T2	T3	Average time
Filtered Water Volume (gallon)	Filter Bay Length, ft x Filter Bay Width, ft x Water Drop, ft x x 7.48			
Filtration Rate (gal/min)	$\text{Filtration Rate, gal/min} = \frac{\text{Volume, gal}}{\text{Average Time, min}}$			
	$\text{Filtration Rate, gal/min/ft}^2 = \frac{\text{Filtration Rate, gal/min}}{\text{Area, ft}^2}$			
Meter Accuracy	$\text{Flow Meter Accuracy, \%} = \frac{\text{Flow Meter Reading, gal/min}}{\text{Calculated Filtration Rate, gal/min}} \times 100\%$			
Allowable Limits? 2.0 gal/min/ft² (5 *m/h)*			Yes ❑	No ❑

Filtration Rate Analysis

Procedure:

1. Secure the hook gauge to the filter.
2. Close the filter influent valve.
3. Record the effluent valve setting and flow meter reading.
4. Start timing when the top hook breaks the water surface.
5. Stop timing when the bottom hook breaks the water surface.
6. Record the time required for the water to drop 6 inches.
7. Refill the filter basin.
8. Repeat steps 3 through 8 two more times.

Filtration Rate Analysis

Calculations

Determine the filtration rate in gallons per minute per square foot (gal/min/ft^2).

$$\text{Filtration Rate, gal/min/ft}^2 = \frac{\text{Filtration Rate, gal/min}}{\text{Area, ft}^2}$$

Allowable Rates:

Rapid Sand Turbidity Removal Filters	*2.0 gal/min/ft2 (5 m/h)*
High Rate Turbidity Removal Filters	*4.0 gal/min/ft2*

2. Backwash Flow Rate Analysis

Purpose

To determine the actual backwash flow rate in gal/min/ft^2

Equipment Required

Stopwatch
Hook gauge
Backwash Flow Rate Analysis Form
Calculator

Filter Bay Dimensions	Length (ft)		Date:	
	Width (ft)			
Filter Bed Dimensions	Length (ft)		Area (ft^2)	
	Width (ft)			
Drop Time	T1	T2	T3	Average time
Backwash Water Volume (gallon)	Filter Bay Length, ft x Filter Bay Width, ft x Water Drop, ft x x 7.48			
Backwash Rate (gal/min)	$\text{Backwash Rate, gal/min} = \frac{\text{Volume, gal}}{\text{Average Time, min}}$			
	$\text{Backwash Rate, gal/min/ft}^2 = \frac{\text{Backwash Rate, gal/min}}{\text{Area, ft}^2}$			
Meter Accuracy	$\text{Flow Meter Accuracy, \%} = \frac{\text{Flow Meter Reading, gal/min}}{\text{Calculated Filtration Rate, gal/min}} \times 100\%$			
Allowable Limits? 18.75 gal/min/ft² (36.8 *m/h*)			Yes ❑	No ❑

Backwash Flow Rate Analysis

Procedure:

1. Drain the filter to within a couple of inches of the media.
2. Measure and record the length and width of the filter bay.
3. Measure and record the length and width of the filter bed.
4. Secure the hook gauge to the filter bay railing.
5. Begin the backwash.
6. When the rising water reaches the lower nail point, start timing the rise.
7. Record the time required to reach the top nail.
8. Lower the water to beneath the bottom nail.
9. Repeat steps 6 through 9 two more times.

Backwash Flow Rate Analysis

Calculations

Determine the backwash rate in gallons per minute per square foot.

$$\text{Backwash Rate, gal/min/ft}^3 = \frac{\text{Backwash Rate, gal/min}}{\text{Area, ft}^2}$$

Allowable Rates:

Design criteria calls for 18.75 gal/min/ft^2 for single media filters.

3. Backwash Bed Expansion Analysis

Purpose

To determine that filter bed expansion during backwash is adequate to clean the filter media.

Equipment Required

Secchi Disc
Tape
5-ft Ruler
Backwash Bed Expansion Analysis Form

Filter Bed Expansion

Step One: Take at least 10 media depth measurements at randomly selected sites. The more measurements taken, the more accurate the results.

Filter Media Depth Measurements			
Measurements	**Media Depth, inches**	**Measurements**	**Media Depth, inches**
1		11	
2		12	
3		13	
4		14	
5		15	
6		16	
7		17	
8		18	
9		19	
10		20	
Sum of Measurements		**Sum of Measurements**	
Total Depth - Add the Sums of the Two Columns of Measurements			
Average Depth - Divide the Total by the Number of Measurements			

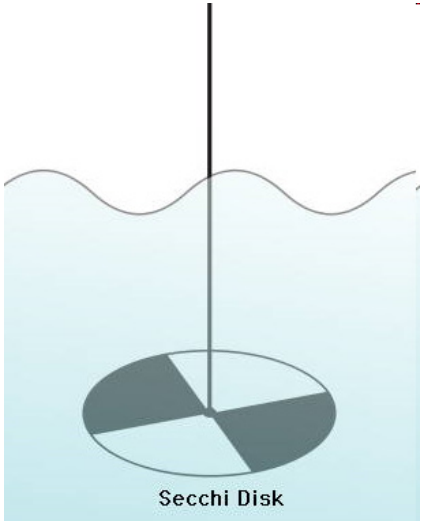
Step Two: Measure the bed expansion in inches. Bed Expansion, Inches = _____ inches

Backwash Bed Expansion Analysis

Procedure:

Calculations

Allowable Rates:



Backwash Flow Rate	Bed Expansion, %	Interpretation
Correct	**< 20 %**	Evaluate media for calcium carbonate scaling or polymer build
Correct	**20-30 %**	No action necessary
Correct	**> 30 %**	Check media effective size and uniformity coefficient

4. Backwash Water Turbidity Analysis

Purpose

To determine the desirable backwash duration. The desirable backwash duration is defined as the time it takes for the backwash water turbidity to drop to the 10-15 NTU range. The target duration is six to eight minutes.

Equipment Required

Stopwatch
grab sampler
Bench-top turbidimeter
Thirty 100-ml sample bottles marked in 1-minute intervals
Backwash Water Turbidity Evaluation Form
Pencil
Straight-edge
Single-cycle, semi-log paper, or two-cycle semi-log paper

Procedure:

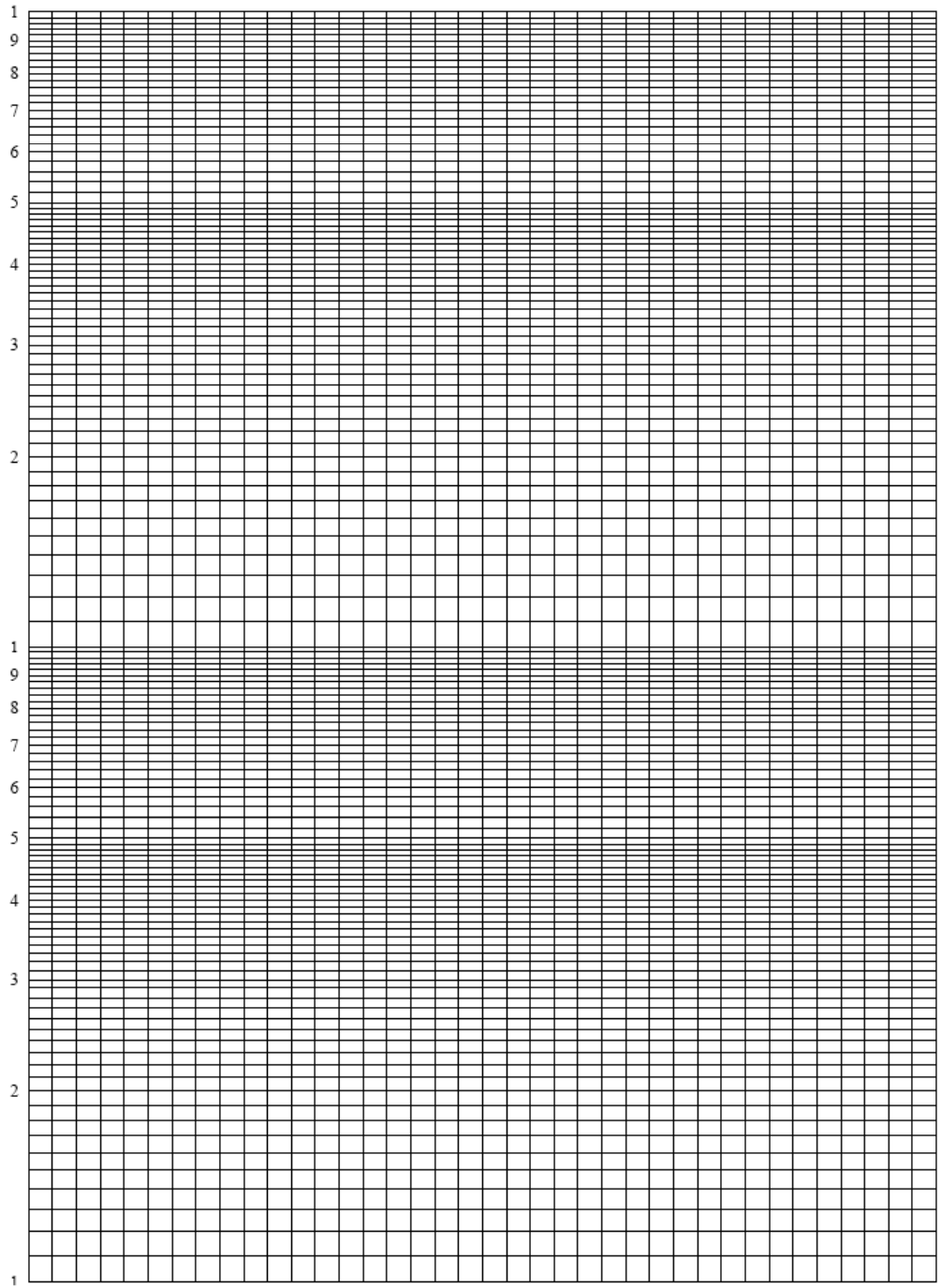
1. Ensure all 100-ml sample bottles are marked in one-minute intervals and in order.
2. Designate one person to keep time during the backwash, and another to sample the backwash water.
3. Start the backwash cycle and the stopwatch.
4. At one-minute intervals sample the backwash water with the bucket.
5. Fill the 100-ml sample bottle to the line with backwash water from the bucket.
6. Dump the remaining backwash water from the bucket into the filter.
7. Repeat this sequence every minute until the normal backwash procedure is completed. It is advisable to extend backwash and sampling for 3 to 5 minutes beyond the normal backwash time.
8. Take the samples to the lab for analysis.
9. Shake each sample thoroughly before analysis.
10. Read the turbidity for each sample and record the results on the form.

Backwash Water Turbidity Analysis Form

Time, minutes	Backwash Water Turbidity	Time, minutes	Backwash Water Turbidity
1		16	
2		17	
3		18	
4		19	
5		20	
6		21	
7		22	
8		23	
9		24	
10		25	
11		26	
12		27	
13		28	
14		29	
15		30	

At what time did the backwash water turbidity fall between 10 NTU and 15 NTU?

_____ minutes **Target: 6 to 8 minutes**


1
9
8
7
6
5
4
3
2
1
9
8
7
6
5
4
3
2
1

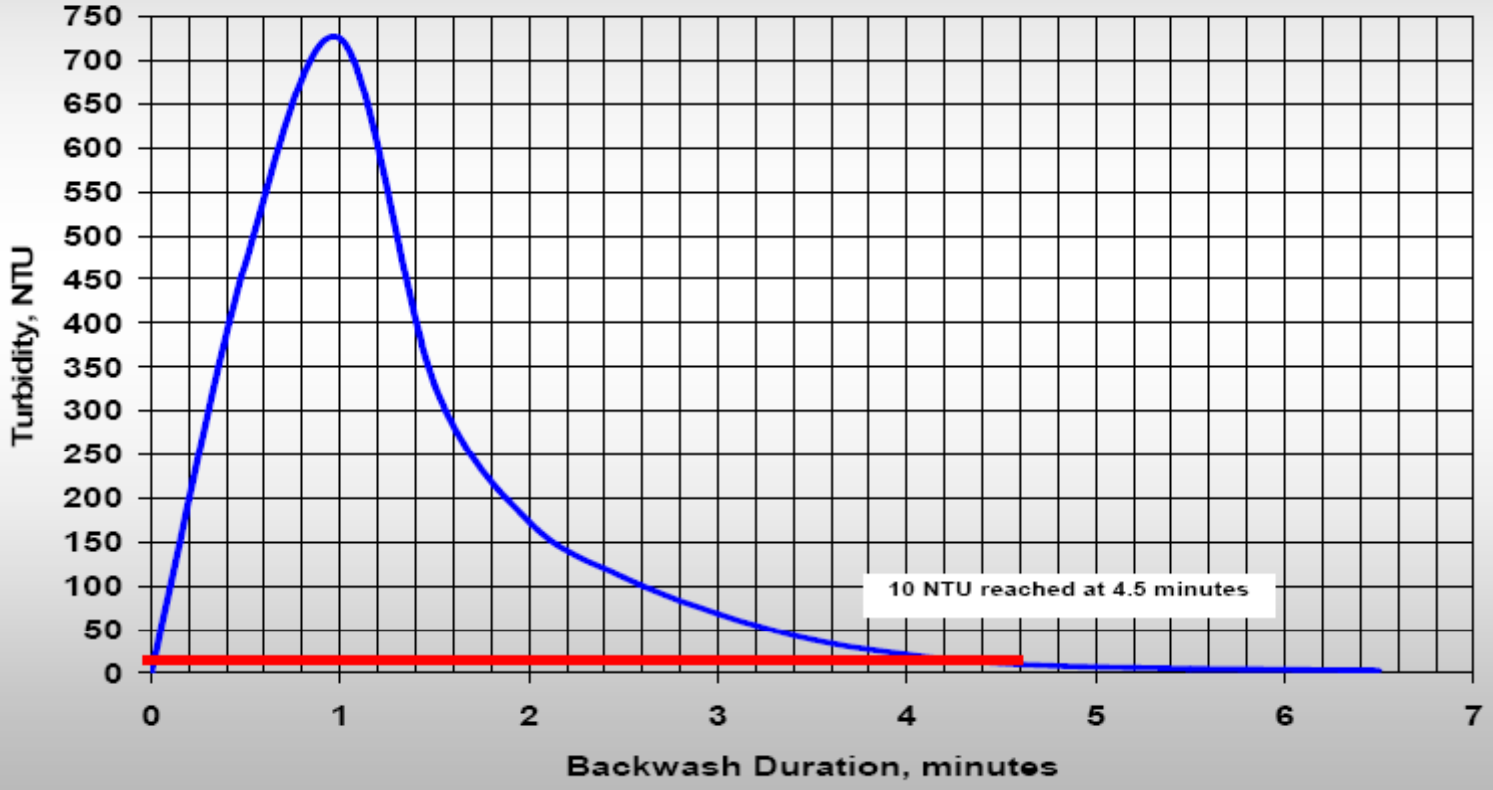
Backwash Water Turbidity Analysis

Procedure:

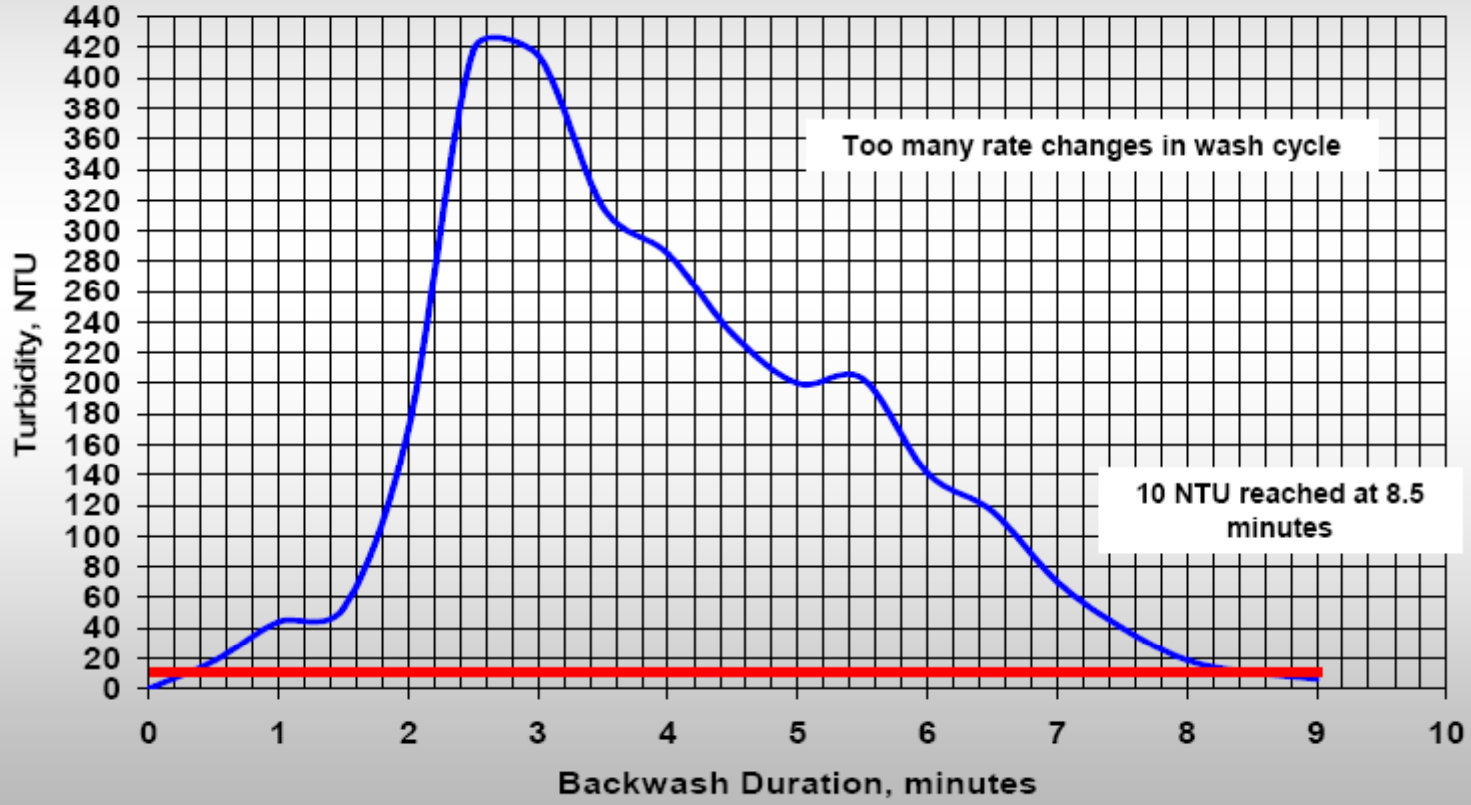
Calculations:

Allowable Rates:

Backwash Duration Tests



Backwash Duration Tests



5. Sludge Retention Profile

Purpose

The Sludge Retention Profile is a way of determining how much sludge remains in the filter.
The retained sludge in a properly backwashed and adequately ripened filter should be in the range of 30 – 60 NTU.

Equipment Required

24 to 36 one-gallon resealable plastic bags
Core sampler
100-ml graduated cylinder
Pint Jar
50-ml beaker
Tap water
Bench-top turbidimeter
1-liter Erlenmeyer Flask

Sludge Retention Profile Analysis Form

Procedure:

1. Measure out 50ml of sample from the “Before Backwash Bag” marked“0-2 in” , using the 100-ml graduated cylinder.
2. Transfer the 50-ml sample to the 500-ml flask.
3. Add 100-ml of the tap water to the sample and shake vigorously for 60 seconds.
4. Pour the turbid water into the 1-liter Erlenmeyer flask.
5. Using the same media sample, repeat step 3 and 4 four more times until there is a total of 500-ml of turbid water in the beaker.
6. Stir the 500-ml sample of the turbid water.
7. Pour the required amount of turbid water into the cell and read the turbidity of the sample.
8. Multiply the turbidity reading by two and record that value on the Sludge Retention Profile Evaluation Form.
9. Repeat steps 2 thru 10 for the remaining samples.
10. Graph the results. Plot turbidity on the x-axis and media depth on the y-axis, for both the before and after backwash samples.

Sludge Retention Profile Analysis Form

Date:_____ Filter I.D.: _____

Evaluator:_____ Evaluator: _____

Evaluator:_____ Evaluator: _____

Evaluator:_____ Evaluator: _____

Data

Before Backwash			
Core Sample Depth	**Measured Wash Water Turbidity**	**X**	**Sludge Retention NTU**
0-2 in		**2**	
2-6 in		**2**	
6-12 in		**2**	
12-18 in		**2**	
18-24 in		**2**	
24-30 in		**2**	
30-36 in		**2**	
Total Retained Sludge			
Average Retained Sludge			

After Backwash			
Level	**Measured Wash Water Turbidity**	**X**	**Sludge Retention NTU**
0-2 in		**2**	
2-6 in		**2**	
6-12 in		**2**	
12-18 in		**2**	
18-24 in		**2**	
24-30 in		**2**	
30-36 in		**2**	
Total Retained Sludge			
Average Retained Sludge			

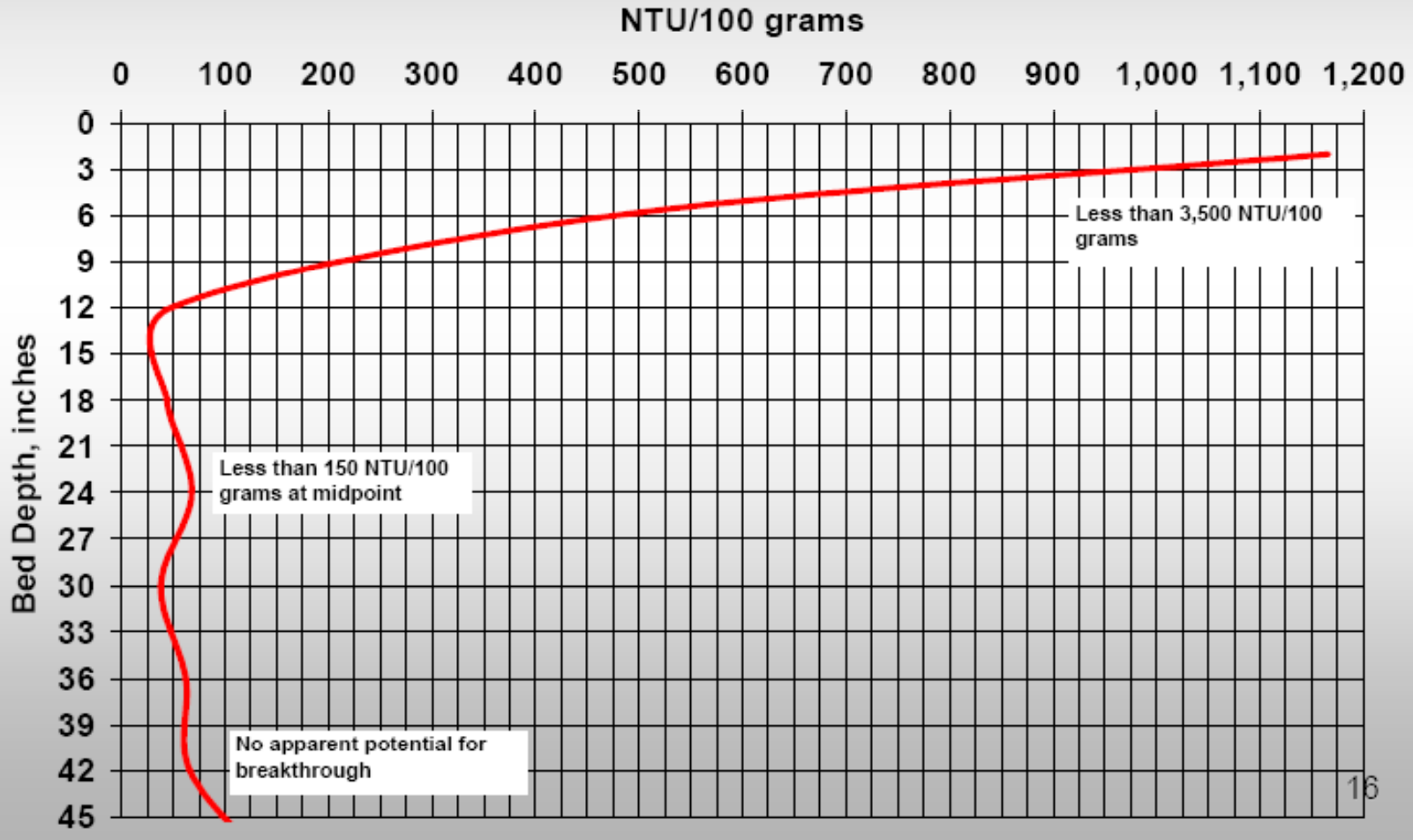
Sludge Retention Profile

Calculations:

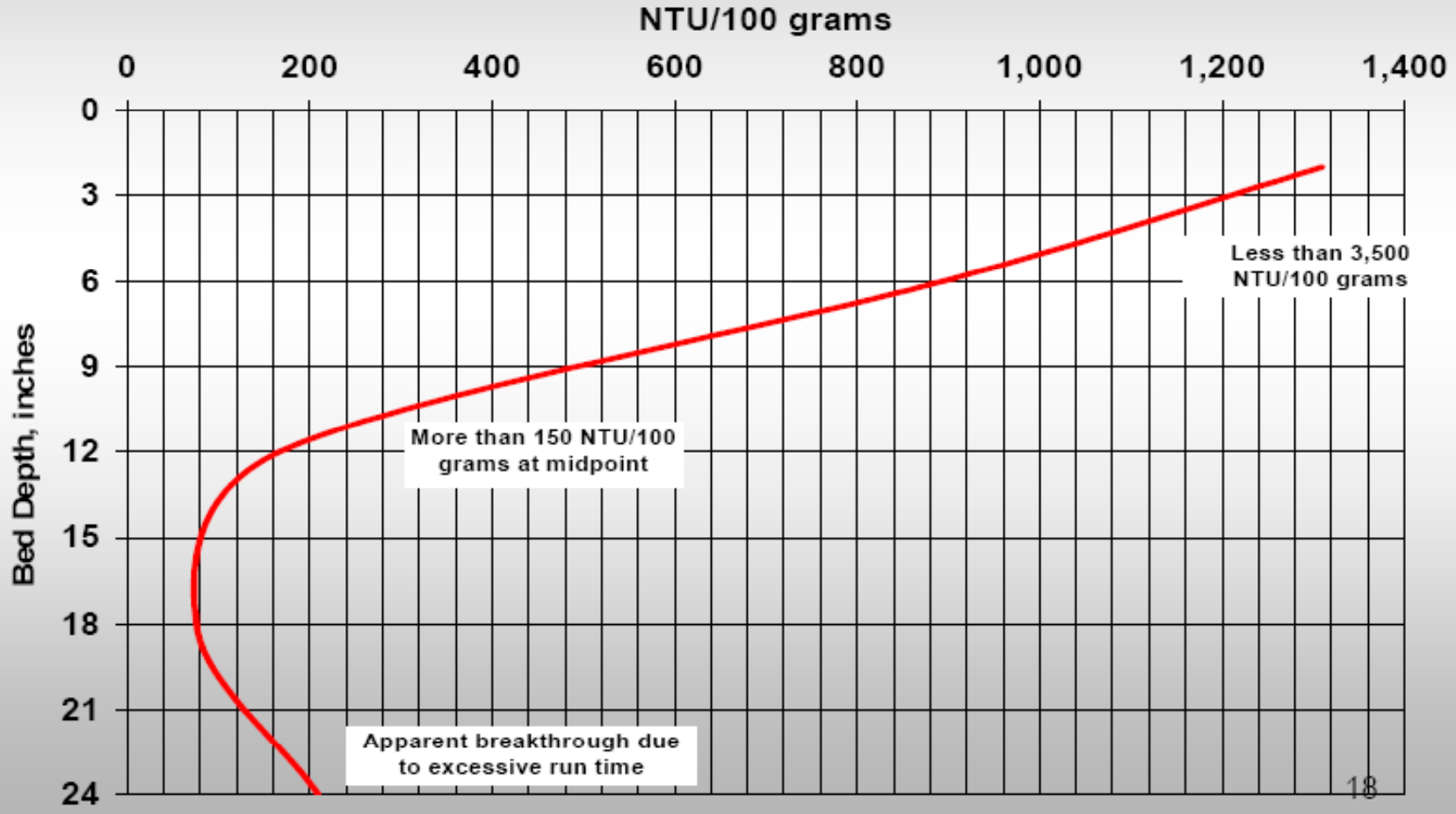
Allowable Rates:

NTU/100 GRAMS	MEDIA CONDITION	ACTIONS NEEDED
Less than 30	Very clean	Bed is too clean – examine the wash rate and duration- this bed will not ripen quickly.
30 to 60	Clean	A well cleaned and ripened bed – no action needed.
60 to 120	Slightly dirty	Slightly dirty bed – reschedule a backwash retention analysis soon.
Greater than 120	Dirty	Dirty bed – re-evaluate the backwash system and operating procedures.
Greater than 300	Mud ball problems	Mud balls are most likely present – consider filter rehabilitation or rebuilding.
Greater than 2,000	Extreme mud ball problems	Bed must be taken off line and rebuilt to new specifications.

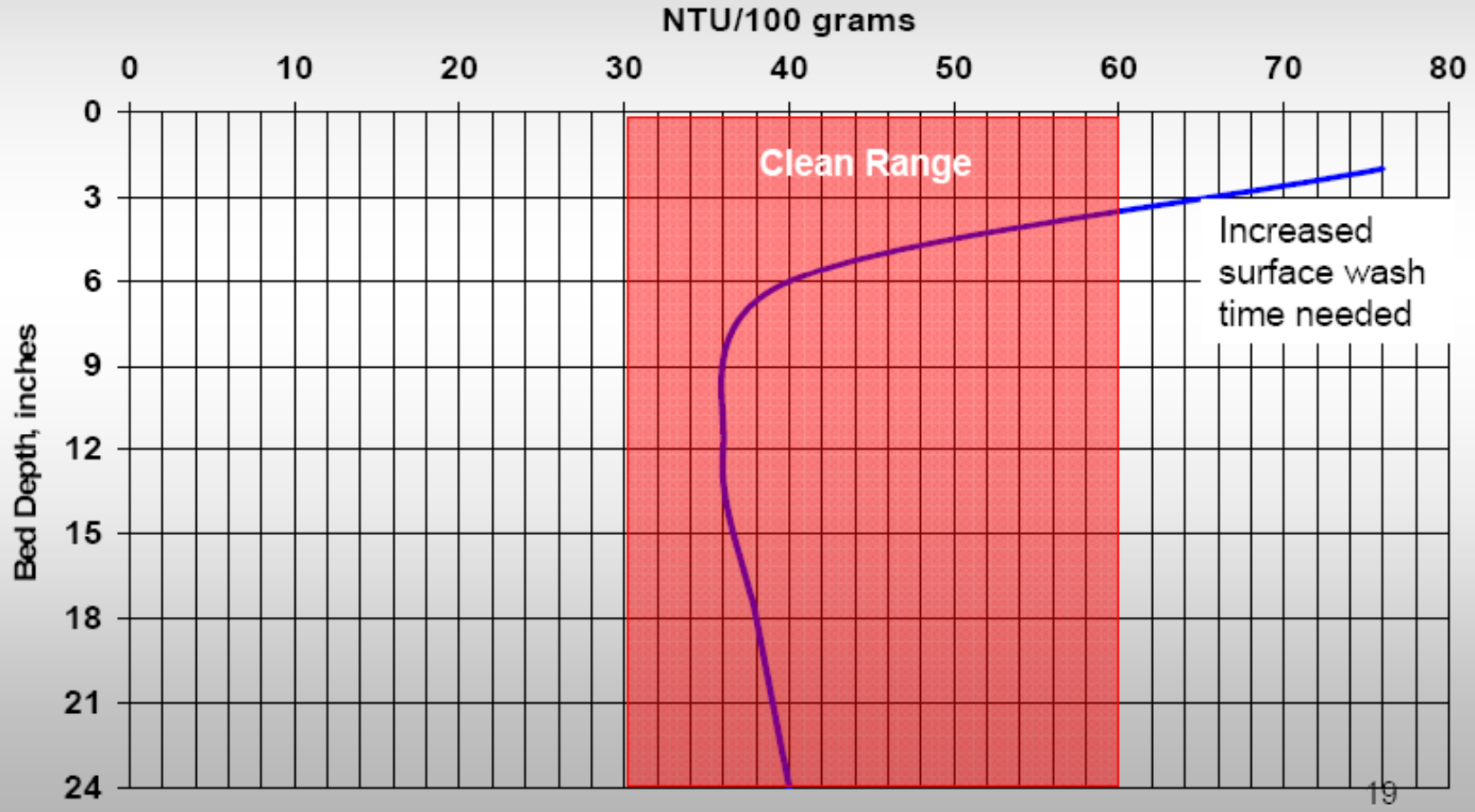
Floc Retention Profiles



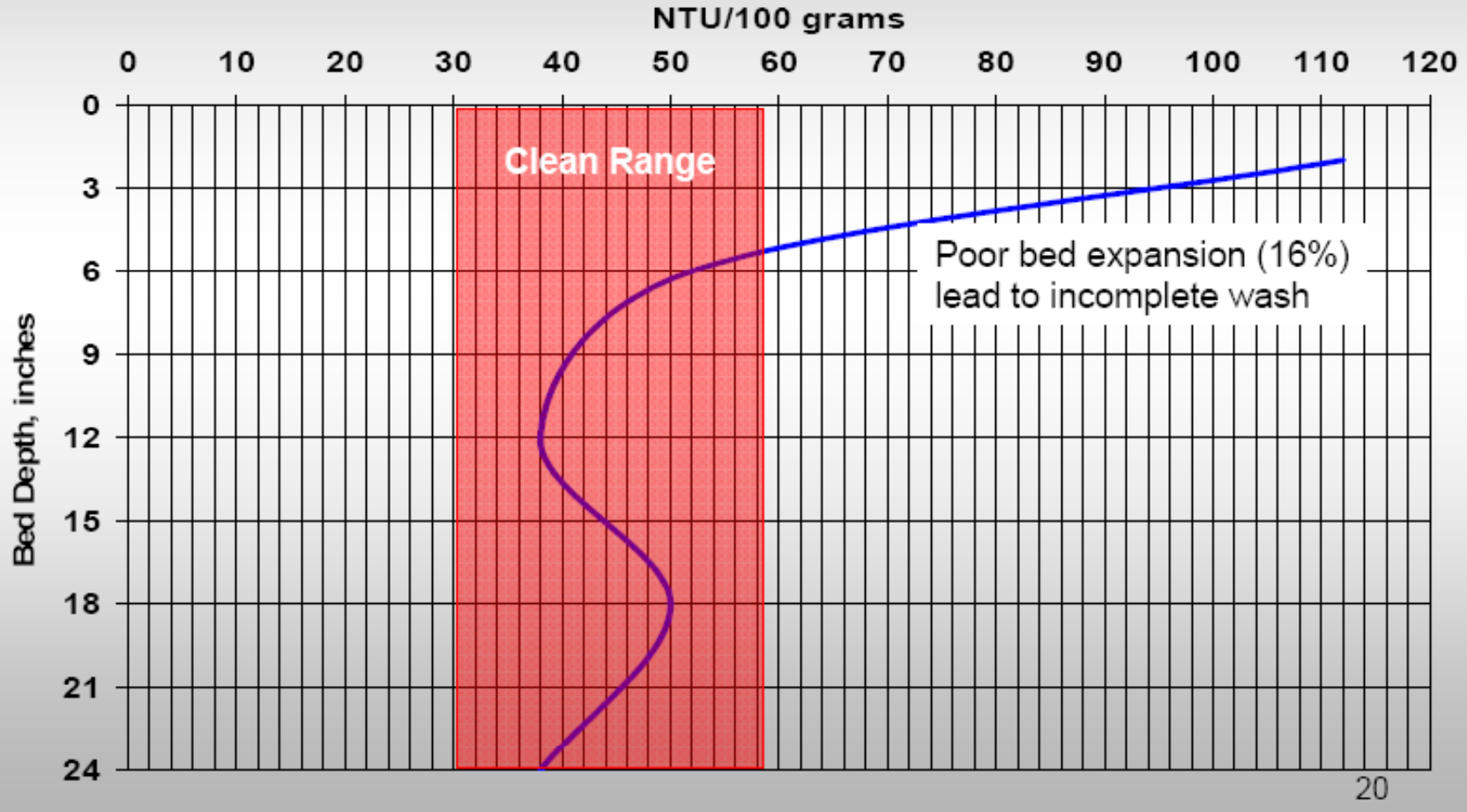
Floc Retention Profiles



Backwash Profiles



Backwash Profiles



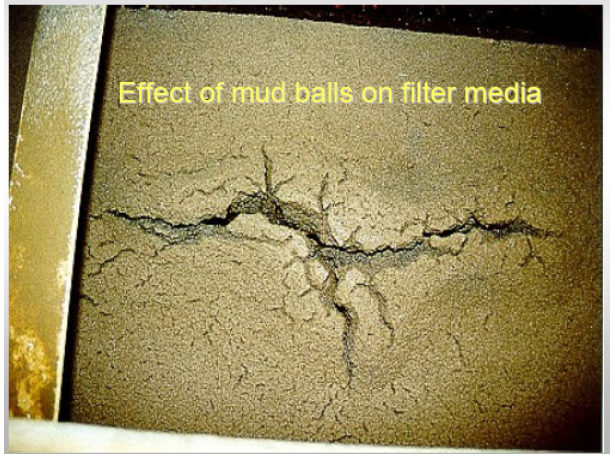
6. Mudball Analysis

Purpose

To determine the condition of a filter as indicated by the presence or absence of mud balls.

Equipment Required

No. 12 (10 mesh) sieve
Mudball sampling device
1-gal resealable plastic bags
5-gal bucket
250-mL graduated cylinder



Mudball Analysis

Procedure:

Calculations:

Allowable Rates:

Interpretation	
% Mudballs	**Filter Condition**
0.0 – 0.1	Excellent
0.1 – 0.2	Very Good
0.2 – 0.5	Good
0.5 – 1.0	Fair
1.0 – 2.5	Fairly Bad
2.5 – 5.0	Bad
>5.0	Very Bad

7. Turbidity Analysis

Purpose

To evaluate startup spikes, filter profiles, and compare turbidity reduction to run time.

Equipment Required

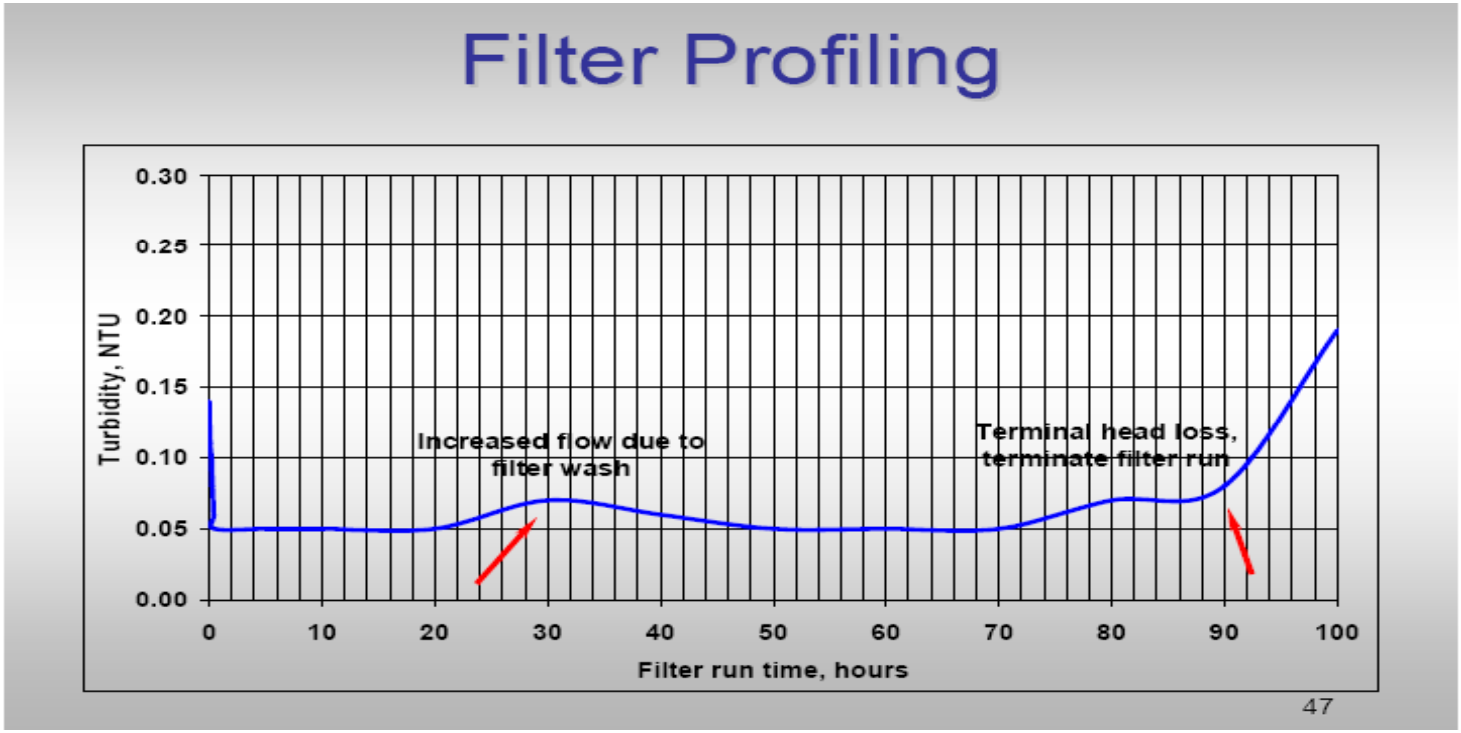
Computer with spread sheet software
Turbidimeter (inline or bench top)
85 to 150 100-ml bottles
Deionized water

Turbidity Analysis

Procedure:

Calculations:

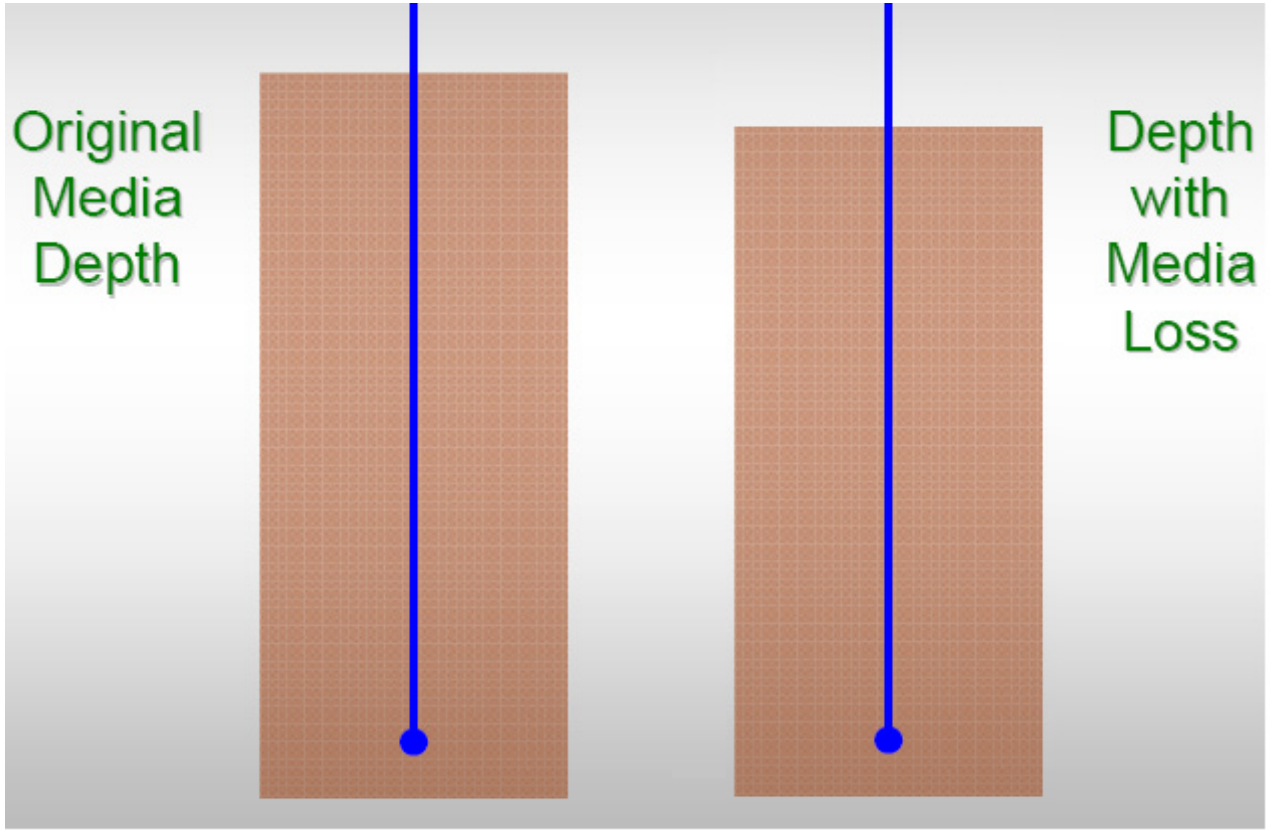
Allowable Rates:



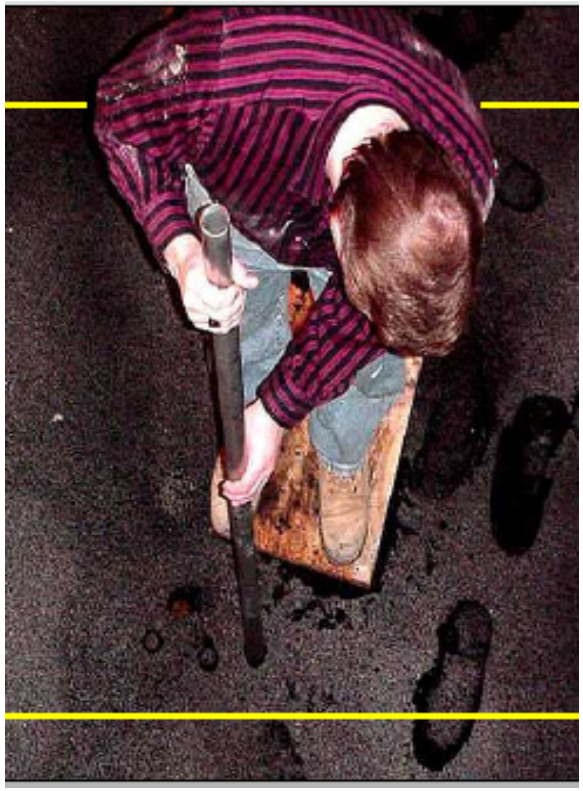
Depth Evaluations Bed

Minimum bed depth

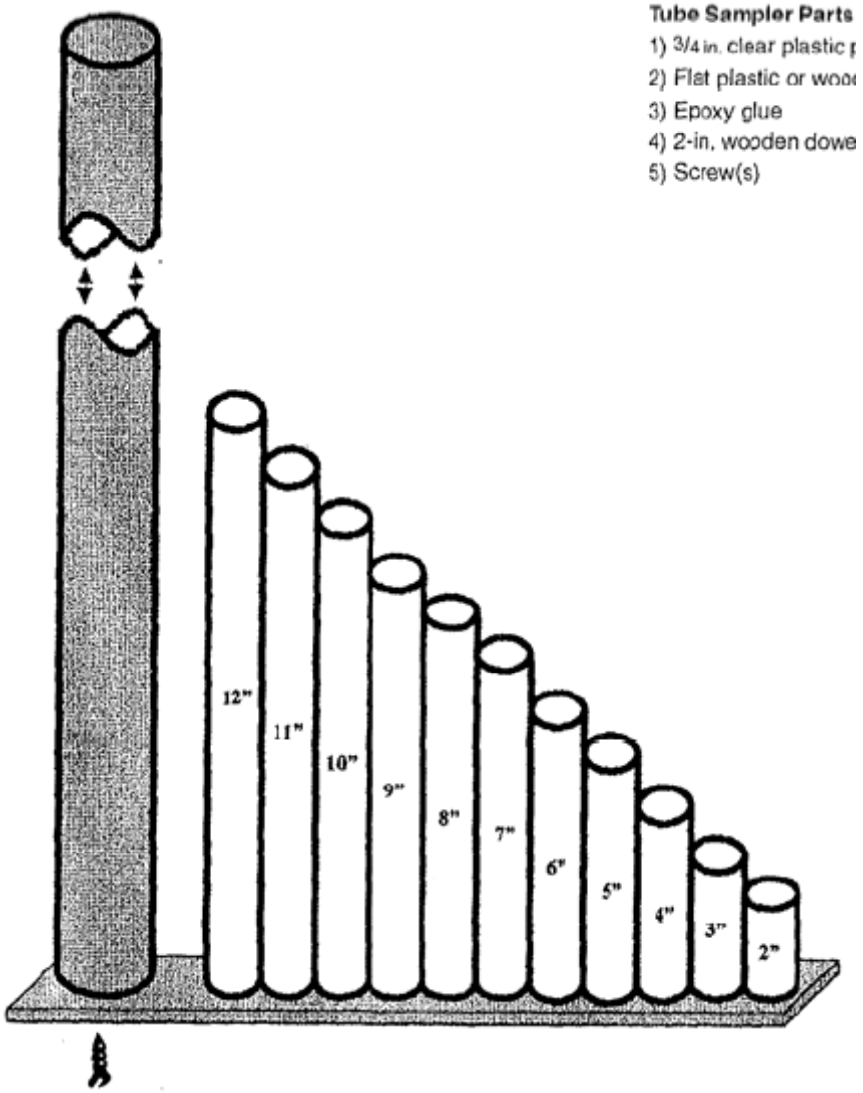
- Mono/dual media L/D10 Ratio 1,000
- Multimedia L/D10 Ratio 1,250
- Provides 15% excess - media loss



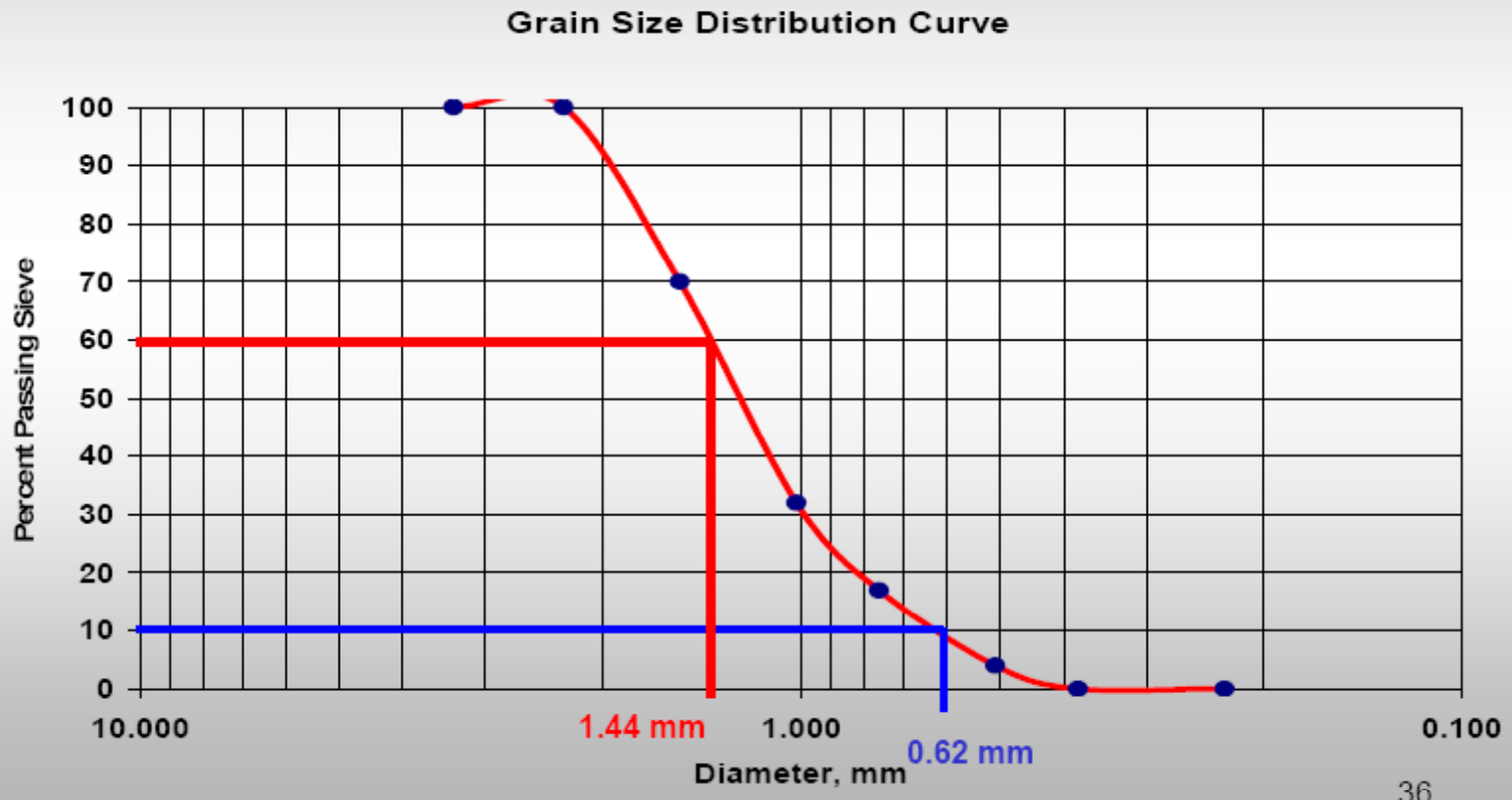
Filter Coring Techniques



Backwash Bed Expansion Analysis



Sieve Analyses



Temperature Effects on Washwater Rate

- Decrease in temperature decreases the effective backwash rate
- Change wash rate 2% for each 1°C change
- Lower rate in winter
- Higher rate in summer
- UC also affects backwash rate

Temperature Effects on Washwater Rate

BACKWASH MODEL FOR RAPID RATE FILTRATION RECOMMENDED MEDIA DESIGN BASED ON MEDIA AVAILABILITY		
	SAND	**SAND**
D_{10}, effective size, mm	**0.45**	**0.45**
D_{60}/D_{10}, uniformity coefficient	**1.50**	**1.50**
D_{90} calculated, cm	0.09	0.09
Media specific gravity	2.6	2.6
Water temp, ^{0}C	2.0	28.0
Water viscosity, g/(cm-s)	0.01676	0.00835
Galileo Number	3,881	15,618
Fluidization Velocity, V_{mf}	0.43	0.80
Desired Bed Expansion, %	30%	30%
Backwash Velocity, V_{mf}	0.56	1.03
Backwash rate, gpm/ft^2 *	**8.2**	**15.2**
Backwash rate, in/min	13.2	24.4

Filter Efficiency Evaluations

- Filter efficiency calculation

$$\frac{Gallons\ \ filtered\ -gallons\ \ backwash}{Gallons\ \ filtered}\ x\ \ 100=\%$$

- Gross Water Production (GWP)

$$Filter\ \ run\ \ time\ *\ \ gpm/\ ft^2\ \ *\ \ 60=gal/\ ft^2\ /run$$

Filter Efficiency Evaluations

- Filter efficiency greater than 95%
- GWP
  - Monomedia 5,000 gal/ft^2/run
  - Dual media 10,000 gal/ft^2/run

Filter Efficiency Evaluations

- Filter run times
  - 48 hrs. monomedia
  - 72 hrs. dual media or multimedia
  - Marvin's maximum - 150 hours
- Washwater usage
  - 2% to 4% raw water pumpage
  - 100 gal / ft^2 to 150 gal / ft^2

التمارين

تمرين رقم (١)

قم بتوضيح التفاعل الذى يحدث عند استخدام الشب كمروب مـع الميـاه الخـام بالمعـادلات الكيميائية مع بحساب الأوزان فى المعادلة:

تمرين رقم (٢)

فى حالة الشبة الصلبة (شكاير ٥٠ كجم):

بفرض أن سعة حوض الشبة ١٥٤م^{٣} (١١م طول × ٣,٥م عرض × ٤م إرتفاع) فكم شيكارة شـبة صلبة يلزم إسقاطها فى الحوض للحصول على محلول بتركيز ٥ ٪ ؟ وماهى الخطوات التى يتم إتباعها لتجهيز المحلول المطلوب؟

تمرين رقم (٣)

أشرح فى خطوات مختصرة الطريقة التى يتم بها تحديد جرعة الكلور فى معملك.؟ ثم أذكـر المؤشر الدال على اختيارك للجرعة المثلى.؟ وبين الكيفية التى يتم بهـا تطبيـق الجرعـة المختارة بمحطتك؟

تمرين رقم (٤)

أشرح فى خطوات مختصرة الطريقة التى يتم بها تحديد جرعة الشبة فى معملك. ثم أذكر أهم المؤشرات الدالة على الجرعة المثلى للتطبيق.؟ وبين الكيفية التى يتم بها تطبيـق الجرعـة المختارة بمحطتك؟

تمرين رقم (٥)

استخدم الجدول التالى فى تسجيل نتائج فحص العينات بعد إختبار التنديف.

نموذج تسجيل نتيجة فحص العينات

اسم محطة التنقية:								
التاريخ : / /	اختبار التنديف رقم:	الزمن:						
الكيماويات المساعدة رقم ١ : كبريتات الألمونيوم (الشبة)	الكيماويات المساعدة رقم ٢: الكلور							
الكيماويات المساعدة رقم ٣:								

العملية	الوحدة	العكرة	١	٢	٣	٤	٥	٦
الكيماويات المضافة:								
الشبة بتركيز ١٠ جم / لتر	ppm							
الكلور	ppm							
جودة الندف:								
الحجم	درجة /١٠							
الكمية	مل							
سرعة الترسيب	ترتيب							
عكارة المياه المروقة	NTU							
عدد الطحالب	عدد /مل							
الرقم الهيدروجيني	pH							
الكلور المتبقي	ppm							
الروبة ٪:								
الكمية	٪							
معامل تماسك الروبة								
المياه المرشحة:								
العسر	ppm							
القلوية	ppm							
المواد العضوية	ppm							
الألمونيوم المتبقي	ppm							
الرقم الهيدروجيني	pH							
العكارة	NTU							
أفضل النتائج:								
كبريتات الألمنيوم (الشبة)	ppm							
كلور	ppm							
المادة المساعدة	ppm							

ppm : جزء فى المليون

تمرين رقم (٦)

بفرض أن طلمبة الشبة تعطي ٥١٤ جالون/ ساعة عند مشـوار ١٠٠٪ مـن المكـبس ولنفرض أن المعمل حدد جرعة الشبة ٣٠ جم / م^{٣} لمروق تدفقـه ٥٠٠٠ م^{٣}/ سـاعة. وباستخدام محلول شبة بتركيز ١٠ ٪ . أحسب معدل تدفق محلول الشبة اللازم لتحقيق تلـك الجرعة؟

تمرين رقم (٧)

أحسب G باستخدام البيانات التالية:

Table I

Water Viscosities & Densities

Temperature		Absolute Viscosity of Pure Water		Density of Pure Water in Air	
°C	°F	poises	lbs/ft-sec	gm/cc	lbs/cu ft
0	32.0	0.017870	0.00120424	0.999	62.351
1	33.8	0.017280	0.00116338	0.999	62.355
2	35.6	0.016710	0.00112407	0.999	62.358
3	37.4	0.016180	0.00108799	0.999	62.360
4	39.2	0.015670	0.00105324	1.000	62.360
5	41.0	0.015190	0.00102059	0.999	62.360
6	42.8	0.014720	0.00098968	0.999	62.359
7	44.6	0.014280	0.0095984	0.999	62.357
8	46.4	0.013860	0.00093135	0.999	62.354
9	48.2	0.013460	0.0090460	0.999	62.350
10	50.0	0.013070	0.0087873	0.999	62.345
11	51.8	0.012710	0.0085427	0.999	62.339
12	53.6	0.012350	0.0084870	0.999	62.333
13	55.4	0.012020	0.0080824	0.999	62.326
14	57.2	0.011690	0.0078681	0.999	62.317
15	59.0	0.011390	0.0076631	0.999	62.309
16	60.8	0.011090	0.0074662	0.999	62.299
17	62.6	0.010810	0.0072761	0.999	62.289
18	64.4	0.010530	0.0070953	0.999	62.278
19	66.2	0.010270	0.0069206	0.999	62.266
20	68.0	0.010020	0.0067533	0.998	62.254
21	69.8	0.009779	0.0065920	0.998	62.241
22	71.6	0.009548	0.0064368	0.998	62.228
23	73.4	0.009325	0.0062883	0.998	62.213
24	75.2	0.009111	0.0061431	0.997	62.198
25	77.0	0.008904	0.0060054	0.997	62.183
26	78.8	0.008705	0.0058710	0.997	62.167
27	80.6	0.008513	0.0057420	0.997	62.150
28	82.4	0.008327	0.0056177	0.996	62.133
29	84.2	0.008148	0.0054967	0.996	62.115
30	86.0	0.007975	0.0053805	0.996	62.097
31	87.8	0.007808	0.0052682	0.995	62.078
32	89.6	0.007647	0.0051600	0.995	62.058
33	91.4	0.007491	0.0050552	0.995	62.038
34	93.2	0.007340	0.0049531	0.995	62.018
35	95.0	0.007194	0.0048550	0.994	61.996
36	96.8	0.007052	0.0047609	0.994	61.974
37	98.6	0.006915	0.0046682	0.994	61.952
38	100.4	0.006783	0.00045788	0.993	61.929
39	102.2	0.006654	0.00044921	0.993	61.907
40	104.0	0.006529	0.00044081	0.992	61.885
41	105.8	0.006408	0.00043268	0.992	61.859
42	107.6	0.006291	0.00042475	0.992	61.833
43	109.4	0.006178	0.00041709	0.991	61.807
44	111.2	0.006067	0.00040970	0.991	61.781
45	113.0	0.005960	0.00040238	0.990	61.756
46	114.8	0.005856	0.00039532	0.990	61.729
47	116.6	0.005755	0.00038853	0.989	61.701
48	118.4	0.005656	0.00038188	0.989	61.674
49	120.2	0.005561	0.00037550	0.988	61.647
50	122.0	0.005468	0.00037138	0.988	61.620
51	123.8	0.005378	0.00036726	0.988	61.591
52	125.6	0.005290	0.00036313	0.987	61.562
53	127.4	0.005204	0.00035715	0.987	61.533
54	129.2	0.005121	0.00035137	0.986	61.504
55	131.0	0.005040	0.00034580	0.986	61.474
56	132.8	0.004961	0.00033908	0.985	61.443
57	134.6	0.004884	0.00033498	0.985	61.412
58	136.4	0.004809	0.00032470	0.984	61.381
59	138.2	0.004736	0.00031979	0.984	61.350
60	140.0	0.004665	0.00031502	0.983	61.319
61	141.8	0.004596	0.00031042	0.993	61.286
62	143.6	0.004528	0.00030575	0.982	61.252
63	145.4	0.004462	0.00030124	0.982	61.220
64	147.2	0.004398	0.00029688	0.981	61.186
65	149.0	0.004335	0.00029264	0.981	61.153
66	150.8	0.004273	0.00028848	0.980	61.119
67	152.6	0.004213	0.00028444	0.980	61.084
68	154.4	0.004155	0.00028048	0.979	61.050
69	156.2	0.004098	0.00027665	0.979	61.015
70	158.0	0.004042	0.00027289	0.978	60.981
71	159.8	0.003987	0.00026919	0.977	60.944
72	161.6	0.003934	0.00026556	0.976	60.908
73	163.4	0.003882	0.00026207	0.976	60.871
74	165.2	0.003831	0.00025864	0.975	60.835
75	167.0	0.003781	0.00025528	0.975	60.798

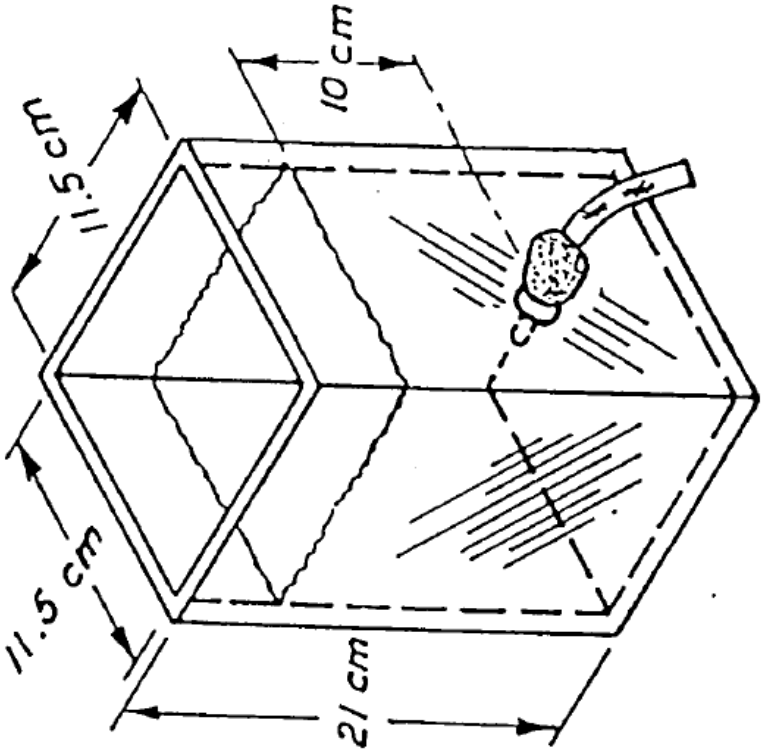
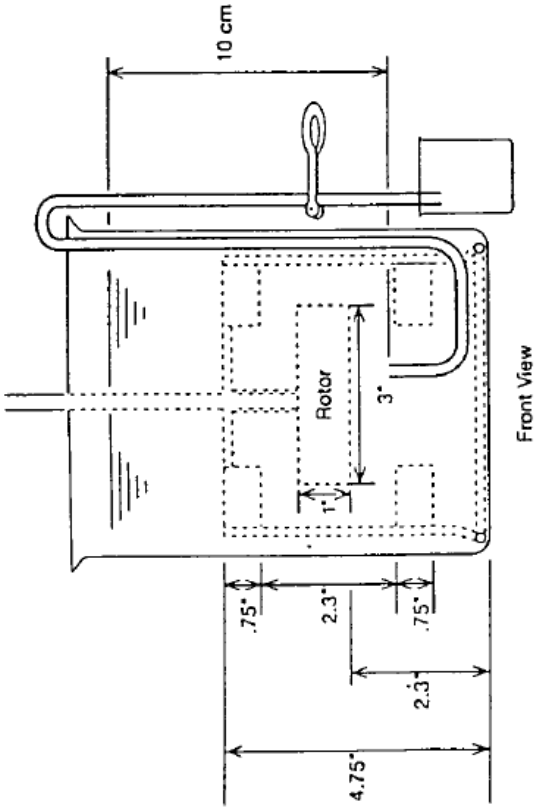


Figure 2
Gator Jar



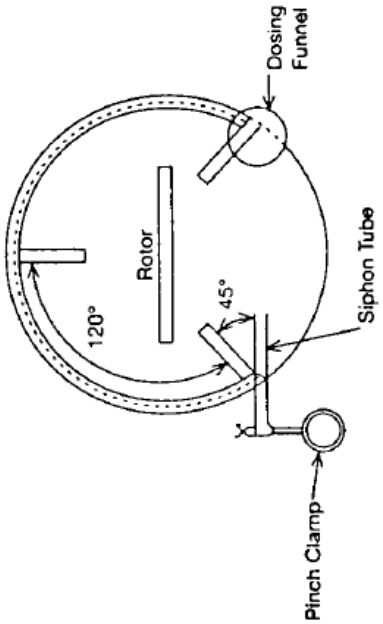


Figure 1
Hudson Jar

الاختبار المبدئى

أولاً : أختر الإجابة الصحيحة من (أ) ، (ب) ، (ج) ،....

١. فاعلية الكلور تتوقف علي أشكال نواتج تفكك الكلور المتبقية بالمياه في عملية التطهير، ويلعب الأس الهيدروجينى pH دورا كبيرا في نسبة تواجد هذه الأشـكال فكلمـا كـان الوسط أقرب للحامضيه ؟
   أ. زاد حامض الهيوكلوروز وقلت أيونات الهيبوكلوريت
   ب. قل حامض الهيبوكلوروز وزادت أيونات الهيبوكلوريت
   ج. انخفضت نواتج التفكك للكلور

٢. جرعة الكلور هي؟
   أ. أقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفي للقضاء علي الكائنات الحية وينتج عنها كلور متبقي في حدود معينه
   ب. كميه الكلورين اللازمة لحد الطلب
   ج. كمية الكلورين اللازمة لأحداث نقطة الانكسار Break point

٣. عند رسم منحني الكلور لتحديد جرعة الكلور المثالية لعينة مياه خام يتم عمـل علاقـة بين؟
   أ. جرعة الكلور والكلور الحر المتبقي
   ب. جرعة الكلور والكلور المتحد المتبقي
   ج. جرعة الكلور والكلور الكلي المتبقي

٤. لتحضير محلول شبه تركيز ١٥٪ من الشبة الصلبة الخام يلزم لكل لتر واحد من المياه حوالى:
   أ. ١٥جم شبة
   ب. ١٥٠ جم شبة
   ج. ١٥٠٠جم شبة
   د. ليس ما ذكر

٥. يتم رفع عينة من خزان الشبة (حوض الإذابة) بعد تمام تجهيزه وقبل الاستخدام لأجل:
أ. معرفة كثافة المحلول
ب. معرفه تركيز المحلول
ج. تحديد جرعة الشبة

٦. يتم تركيب صمام أمان على خط الطرد لطلمبة الشبه لأجل :
أ. تنظيم عملية ضغط المحلول بالخط
ب. منع الطرق المائى فى المواسير
ج. حمايه خطوط المواسير والطلمبة من الضغط الزائد

٧. عندما يتم تحريك مقبض التدريج للطلمبة إلى ١٠٠٪ يعنى ذلك :
أ. وصول عمود الكرنك إلى أقصى ميل له
ب. وصول عمود الكرنك إلى أقل ميل له
ج. يكون وضع الكرنك رأسياً تماماً

٨. من العوامل الهامة للحكم على تحديد جرعة الشبه بتجربة تحديد الجرعات:
أ. الأس الهيدروجين.
ب. درجة العكارة .
ج. سرعة ترسيب الندف.
د. جميع ما سبق .

٩. معدل الترشيح للمرشحات الرملية السريعة:
أ. ٣٠-٥٠م^{٣}/م^{٢}/يوم
ب. ٥-٧ م^{٣}/م^{٢}/يوم
ج. ١٢٠-١٨٠ م^{٣}/م^{٢}/يوم

١٠. غالبا ما يتراوح قطر الرمل المستخدم في المرشحات السريعة:
أ. ٠,٨-١,٢مم .
ب. ١,٤-١,٨مم .
ج. ٠,٤-٠,٦مم .

السؤال الثانى:

١. محطات المياه يجب أن يكون لديها احتياطي سعه تحزين مناسبة لاسـطوانات الكلـور تكفيها لفترة أسبوعين علي الأقل لأغراض التعقيم، وبفرض إن محطة مياه مـا ! لهـا معدل سحب مياه عكرة ٤٨٠٠٠ م^{٣}/يوم ومعدل تصرف المياه الرايقة ٤٣٢٠٠ م^{٣}/يوم، وبناءاً على الاختبارات المعملية تحدد لها جرعة كلور مبدئي ٦جم /م^{٣} ، وجرعة كلـور نهائي ٢جم /م^{٣} - أحسب السعة التخزنيه لتلك المحطة من اسطوانات الكلور (اللازمـة لفترة أسبوعين) ؟

٢. بفرض أن طلمبة شبه تعطى عند أقصى مشوار لها ٢٠٠٠ لتر/ساعة، وكان تركيز محلول الشبه ٢٠٪ وكمية المياه الخام ٤٠٠٠م٣/س .فإذا كانت القسمات (مشوار الطلمبة) مضبوطة عند ٢٥ (ربع المشوار) فما هي جرعة الشبة المستخدمة حالياً ؟

٣. مرشح رملي سريع مساحته الأفقية ٥٠م٢ وتصريفه ٣٠٠م^{٣}/س. أحسب معدل الترشيح وهل هذا المعدل يعتبر من المعدلات الآمنة للمرشح السريع بالجاذبية من ناحية التشغيل الصحيح.

٤. محلول هيدروكسيد صوديوم ٠,٢ عيارى. ما هو تركيزه (% as) ؟

٥. اذا كانت محطة مياه تستخدم جرعة شبة معملية ٢٠ مجم/لتر، وجرعة كلور مبدئى ٣ مجم/لتر وكانت نتائج تحليل عينة المياه الخام والمياه المروقة للمحطة كالتالى:

	المياه الخام	المياه المروقة
القلوية الكلية ($as\ CaCO_3$)	١٢٦	١٢٢
الأس الهيدروجينى pH	٨,١	٧,٦
العكارة NTU	٦	١,٦
الكبريتات	٢٤	٢٧
الكلوريدات	٢١	٢٢

ما رأيك فى تلك النتائج وهل المحطة تعمل بصورة جيدة وما هى توقعاتك؟

السؤال الثالث : ضع علامة (√) أمام الجملة الصحيحة وعلامة (×) أمام الجملة الخطأ.

١. من الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة أن تكون سامه على الكائنات الحية. ( )
٢. يعرف الكلور المستهلك بأنة الفرق بين كمية الكلور المضافة للمـاء وكميـة الكلور المتبقي الحر في الماء بعد انتهاء فترة التلامس. ( )
٣. نقطة الانكسار لمنحنى الكلور هي النقطة التي لايجب تجاوزها عنـد تطبيـق جرعة الكلور. ( )
٤. أيون الهيبوكلوريت OCl^- هو أحد أشكال الكلور الحر. ( )
٥. يعتبر مدى الرقم الهيدروجيني ٧.٥-٨.٥ هو المدى المناسب للشبة فى عملية الترويب. ( )
٦. الزمن المناسب لاتمام عملية التنديف يتراوح من ١٥-٢٠دقيقة. ( )
٧. الحجم الأمثل للندف المتكونه فى علميه التنديف يتراوح من ٠,١-٠,٣ مم. ( )
٨. عملية التنديف هى مزج سريع لا يتعدى ثواني لإتمام تكوين تكـوين النـدف وبدايه الترسيب. ( )
٩. الجرعة المثالية للشبة هى كمية شبة (جم/ م^3) التى تلزم لإعطاء أفضل نتـائج فى عملية الترويب والتنديف. ( )
١٠. يركب كلتم الصدمات لأقرب نقطة فى خط طرد الطلمبة. ( )

الاختبار النهائى

أولاً : أختر الإجابة الصحيحة من (أ) ، (ب) ، (ج) ،....

١. فاعلية الكلور تتوقف علي أشكال نواتج تفكك الكلور المتبقية بالمياه في عملية التطهير، ويلعب الأس الهيدروجينى pH دورا كبيرا في نسبة تواجد هذه الأشـكال فكلمـا كـان الوسط أقرب للقاعدية ؟

أ. زاد حامض الهيوكلوروز وقلت أيونات الهيبوكلوريت

ب. قل حامض الهيبوكلوروز وزادت أيونات الهيبوكلوريت

ج. انخفضت نواتج التفكك للكلور

٢. لتحضير محلول شبه تركيز ١٠٪ من الشبة الصلبة الخام يلزم لكل متر مكعب واحد من المياه حوالى:

أ. ١٠٠٠جم شبة

ب. ١٠٠ جم شبة

ج. ١٠٠كجم شبة

٣. من أهم العوامل للحكم على تحديد جرعة الشبه بتجربة تحديد الجرعات:

أ. الأس الهيدروجين.

ب. درجة العكارة .

ج. سرعة ترسيب الندف.

٤. معدل الترشيح للمرشحات الرملية السريعة:

أ. ٣٠-٥٠م^{٣}/م^{٢}/يوم

ب. ٥-٧ م^{٣}/م^{٢}/يوم

ج. ١٢٠-١٨٠ م^{٣}/م^{٢}/يوم

٥. من احجام الرمل الشائع استخدامها في المرشحات السريعة بالجاذبية:

أ. ٠,٨-١,٢مم .

ب. ١,٢-١,٨مم .

ج. ٠,٤-٠,٨مم .

أسم المتدرب: **بتاريخ:**

السؤال الثانى:

١. محطات المياه يجب أن يكون لديها احتياطي سعه تحزين مناسبة لاسـطوانات الكلـور تكفيها لفترة أسبوعين علي الأقل لأغراض التعقيم، وبفرض إن محطة مياه مـا ! لهـا معدل سحب مياه عكرة ٦٠٠٠٠ م^{٣}/يوم ومعدل تصرف المياه الرايقة ٥٠٠٠٠ م^{٣}/يوم، وبناءاً على الاختبارات المعملية تحدد لها جرعة كلور مبدئي ٥ جم /م^{٣} ، وجرعة كلور نهائي ١جم /م^{٣} - أحسب السعة التخزنيه لتلك المحطة من اسـطوانات الكلـور-مـع اعتبار ان سعة الاسطوانة ٨٠٠ كجم كلورين) ؟

٢. بفرض أن طلمبة شبه تعطى عند أقصى مشوار لها ١٠٠٠ لتر/ساعة، وكان تركيز محلول الشبه ١٠٪ وكمية المياه الخام ٢٠٠٠م٣/س .فإذا كانت الجرعة المطلوب تطبيقها ٢٠ جم/م^{٣} . فما هي القسمات التى يجب ضبط طلمبة الشبة المستخدمة عندها ؟

٣. مرشح رملي سريع مساحته الأفقية ٥٠م٢ وتصريفه ٣٠٠م^{٣}/س. أحسب معدل الترشيح وهل هذا المعدل يعتبر من المعدلات الآمنة للمرشح السريع بالجاذبية من ناحية التشغيل الصحيح أم لا ؟.

٤. اذكر باختصار كيف يتم اختيار جرعة الكلور المناسب تطبيقها من منحنى BP ؟

٥. اذكر باختصار كيف يتم اختيار جرعة الشبة المناسب تطبيقها من منحنى العكارة ؟

أسم المتدرب: **بتاريخ:**

السؤال الثالث : ضع علامة (√) أمام الجملة الصحيحة وعلامة (×) أمام الجملة الخطأ.

١. من الشروط الواجب توافرها فى المواد المطهرة أن تكون قاتلة للجراثيم ( )
٢. يعرف الكلور المستهلك بأنة الفرق بين كمية الكلور المضافة للمـاء وكميـة الكلور المتبقي في الماء بعد انتهاء فترة التلامس. ( )
٣. أيون الهيبوكلوريت OCl^- يعد اقوى أشكال الكلور تطهيرا. ( )
٤. الزمن المناسب لاتمام عملية الترويب يتراوح من ١٥-٢٠دقيقة. ( )
٥. الحجم الأمثل للندف المتكونه فى علميه التنديف يتراوح من ١-٣ مم. ( )