الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

برنامج

تجارب التشغيل

كيميائي مياه- الدرجة الثالثة

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المشاريع

تم إعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي
الإصدار الثانى - 2019.

Table of contents

1. **المقدمة.....5**
2. **تجارب التحكم فى جرعات الشبة.....6**
3. **تجارب التحكم فى جرعات الكلور 33**
4. **تجارب التحكم فى تشغيل المرشحات 59**

مقدمة الإصدار الثانى

تهدف مجموعة البرامج التدريبية المعدة من إدارة المسار الوظيفى بالشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى إلى رفع كفاءة الكيميائين العاملين بالشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى والشركات التابعة لها وتنمية مهاراتهم ومعارفهم بالشكل الذى يضمن الوصول إلى كوب مياه نظيف وبيئة آمنة يرضى متطلبات وإحتياجات العملاء الكرام.

ويعتبر الإصدار الثانى من برامج المسار الوظيفى لوظيفة كيميائى مياه الشرب هو ثمرة جهود الكيميائيين العاملين بمعامل الشركات التابعة والمعمل المرجعى لمياه الشرب بالشركة القابضة بما تحمله من مزيج متجانس من الخبرات والكفاءات الذين لم يدخروا جهدا حتى يخرج هذا العمل بالطريقة اللائقة.

وجدير بالذكر أن هذا الإصدار يعتبر مكتبة مرجعية وافية وشاملة لجميع الجدارات المتضمنة المهارات والمعارف التي تجعل الكيميائى كفؤا لوظيفته.

ومما تجدر الإشارة إليه بأنه تم الاعتماد على منهجية للمسار التدريبى بحيث يكون المتدرب قد تلقى الدورات الحقلية بداية من التعرف على مراحل التنقية والمعالجة ثم الانتقال إلى الدورات المعملية داخل معمله طبقا للإطار الزمنى المحدد للمدد البينية لكل درجة وظيفية.

ولقد اعتمدنا على وضع معايير لكل مرحلة فى إعداد هذا الاصدار وكان من أهم هذه المعايير:

- المشاركة الفعالة للخبرات والكفاءات التدريبية بالشركات التابعة فى وضع المناهج بما يناسب عموم الكيميائيين على مستوى الجمهورية.
- عقد ورشة عمل متخصصة لكل مادة تدريبية يشارك بها جميع المدربين ذوى التخصص والخبرات سواء من المعمل المرجعى أو معامل الشركات فضلا عن أن يكون المدرب قد قام بتدريس هذه المادة مرات عديدة.
- استخدام وسيلة اتصال غير تزامنى بين جميع المدربين المعتمدين لكل مادة على حدة من خلال انشاء جروب على الفيس بوك لكل مادة على حده (مذكور فى دليل المدرب).
- وضع حقيبة تدريبية كاملة لكل برنامج معدة طبقا لأحدث النظم والمعايير العالمية تحتوى على (دليل المتدرب- شرائح العرض- ملحقات مقروءة ومرئية- دليل المدرب- بنك الأسئلة).
- بناء المحتوى لكل برنامج تدريبى طبقاً لأحدث المراجع العالمية ومن أهمها كتاب الطرق القياسية لتحليل مياه الشرب والصرف الصحى (الإصدار رقم 23) وبما يتوافق مع متطلبات آخر إصدارات الايزو(17025)، مع مراعاة التحديثات الخاصة بالتشريعات والقوانين ذات الصلة.

وجدير بالذكر أن الإصدار الثانى من البرامج التدريبية اعتمد فى تصميمه على عرض مبسط للمعلومات قدر الامكان طبقاً للأسس العلمية مع حذف المواضيع المكررة والإسهاب الزائد طبقاً للجدارات المعتمدة على تحديد أهداف واضحة وصريحة لتدريب المتدربين، وتشتق تلك الجدارات من الفهم الواضح لدور المتدرب طبقا لبطاقة الوصف الوظيفى، وتتضمن معارف ومهارات وسلوك. مما يضمن إكساب المتدرب مهارات سلوكية بالإضافة إلى المواد التخصصية.

كما تم تصميم العديد من ورش العمل على أساس تسهيل و تسريع عمليتي التعلم و كسب المهارات بما يسمح بتعظيم الفائدة من العملية التدريبية.

كذلك تم استخدام أساليب التدريب الحديثة والاعتماد على التدريب التفاعلى والتركيز على الجوانب التطبيقية في استخدام الوسائل والأساليب المختلفة ، كما تم استخدام الطرق الحديثة للتعليم التفاعلي والغير تزامني كمصادر مساندة للتعلم من خلال انشاء جروب على الفيس بوك للمدربين المعتمدين **(HCWW Trainers)** .

وفى الختام نرجوا من الله أن يتقبل منا هذا العمل كما نأمل أن يكون هذا العمل علما نافعا للعاملين بقطاع المعامل بالشركة القابضة والشركات التابعة لما يشمله من معلومات فنية قيمة وأن يفيد العاملين الجدد بها ليصبحوا قادرين على تنفيذ مهامهم الوظيفية بالشكل الأمثل .

والله ولي التوفيق.

المقدمة

مما لاشك فيه ان تجارب تشغيل محطات تنقية مياه الشرب من اهم الموضوعات اللازم تناولها بالنسبة لمشـــغلى محطات التنقية لما تحوية من الاجابة على كافة الاســـئلة المتعلقة بالكيماويات المضـــافة فى عمليات التنقية وكيفية حساب الجرعات اللازمة منها مع متابعة الجرعات وكذلك توصيف تشغيل مراحل التنقية المختلفة وخصوصاً المرشحات للتأكيد على كفاءتها وقدرتها على التنقية .

لذا وجب الاشارة فى هذه المادة التدريبة عن الاتى :

- تجارب التحكم فى جرعات المواد الكيميائية
- كيمياويات التنقية : (الشبة – الكلور)
- تجارب التحكم فى تشغيل المرشحات

1. تجارب التحكم فى جرعات الشبة

وبداية نبدا بالتعريف بمروب الشـــبة كاحدى واهم الكيماويات المســـتخدمة فى عمليات التنقية كمدخل لتجارب التحكم فى التشغيل.

1.1. المروب (الشبة)

الترويب باستعمال كبريتات الألومنيوم (Aluminum sulphate) وتعرف تجاريا باسم الشبة(Alum) وتركيبها الكيميائي $Al_2(SO_4)_3.nH_2O$

التعريـف والخواص:

الشبة هو مصطلح تجاري لمادة كبريتات الألومونيوم, وقد أُخذ هذا المصطلح من أملاح الشب وهي الأملاح المزدوجة التي تتكون من ملحين متبلورين معا مثل:

- كبريتات الألومونيوم وكبريتات البوتاسيوم
- كبريتات الألومونيوم وكبريتات الصوديوم
- كبريتات الألومونيوم وكبريتات الأمونيوم.

ولكن الشبة التجارية التي نستخدمها في معالجة المياه تتكون من ملح واحد وهو كبريتات الألومونيوم.

ويتم استخدام الشبة طبقاً لـ:

المواصفات القياسية المصرية رقم 4/2008 شبة صلبة

المواصفات القياسية المصرية رقم 1700/2008 شبة سائلة

البند	شبة سائلة	شبة صلبة
الكثافة عند 20مº	1.3 جم/سم^3	-
أكسيد الالومنيوم (Al_2O_3)	8 % (حد ادني)	15.3 % (حد ادني)
الحديد (Fe)	0.35 % (حد أقصي)	0.9 % (حد أقصي)
المواد غير القابلة للذوبان في الماء	0.2 % (حد أقصي)	0.5 % (حد أقصي)
الرقم الهيدروجيني لمحلول 2% (2 جرام شبة سائلة +98 مل ماء)	3 (حد ادني)	-
التركيب الكيميائي	$Al_2(SO)_3+nH_2O$	$Al_2(SO)_3.18\,H_2O$

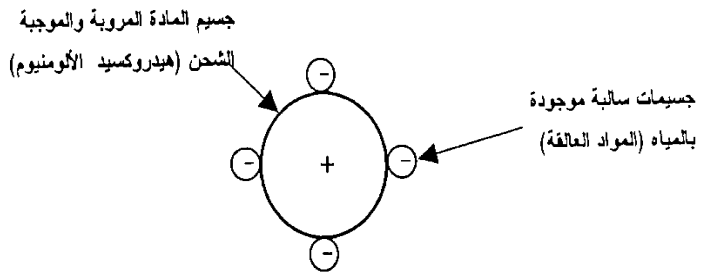
جدول(1) المواصفات القياسية المصرية للشبة الصلبة والسائلة

1.1.1. كيفية عمل الشبة

حيث أن الشبة هي الأكثر استعمالا في مصر الآن، فمن الضروري تفهم الكيفية التي تنجح بها في عملية الترويب:

1. تتفاعل الشبة المضافة مع القلوية الموجودة طبيعيا في المياه لتكوين ندف هلامية القوام تتكون من هيدروكسيد الألومنيوم $Al(OH)_3$.
2. يكون ترسيب هيدروكسيد الألومنيوم كاملا عند تركيز معين من أيون الهيدروجين فى المياه pH وإذا زاد أو قل عن ذلك يبدأ فى الذوبان
3. يعادل أيون الألومنيوم (ثلاثي التكافؤ والموجب الشحنة) الجسيمات السالبة الشحنة للعكارة، ويحدث هذا خلال ثانية أو ثانيتين بعد إضافة المروب.

4. تبدأ الندف في التجمع لتكوين ندف أكبر حجما حتى تصبح متعادلة الشحنة.



شكل (1) تكوين الندف

$$Al_2(SO_4)_3.18H_2O + 3\ Ca(HCO_3) \rightarrow 3\ CaSO_4 + 2\ Al(OH)_3 + 6\ CO_2 + 18\ H_2O$$

$$Al(OH)_3 == Al^{3+} + 3OH^-$$

وعادة ما يتواجد ايون الالومنيوم ثلاثى التكافؤ فى شكل متراكب مع جزيئات المياه وايون الهيدروكسيد

هناك العديد من المواد الكيماوية التي تستخدم كمروبات من أهمها :-

- **ك**بريتات الألمونيوم (الشبة) $Al_2(SO_4)_3 . nH_2O$
- بولي كلوريد الألمونيوم $Al(OH)x(Cl)y$
- **ك**لوريد الحديديك $FeCl_3$
- كبريتات الحديديك $Fe_2(SO_4)_3$
- **ك**بريتات الحديدوز مع الجير المطفأ $FeSO_4+Ca(OH)_2$

مميزات استعمال الشبة في عملية الترويب

1. ارخص في التكلفة وتوجد خاماتها بكثرة في الطبيعة ومحليا.
2. يسهل الحصول عليها بأكثر من صورة (صلبة & سائلة).
3. تعمل بكفاءة عالية في عملية الترويق.
4. تتوافق مع التطهير بالكلور حيث أن كلاً منهما يكمل عمل الآخر.

1.2. كيفية إضافة الشبة Alum Addition

يجب تخفيف الشبة إلى محاليل ذات تركيز مناسب قبل إضافتها إلى المياه الخام، وذلك عن طريق تفريغ أجوله الشبه الصلبة على ألواح خشبية بها فراغات طوليه معلقة داخل أحواض إذابة ذات أحجام معروفة، ويتم بعدها فتح المياه أعلى الألواح الخشبية خلال رشاشات، ويتم بعدها تشغيل قلابات مروحية كهربائية لإتمام عملية الإذابة.

وفي حالة الشبه السائلة يتم نقلها من أحواض التخزين بواسطة طلمبات خاصة إلى داخل أحواض الإذابة خلال مواسير من الـ PVC.

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

1.3. الاختبارات التي تساعد المشغل علي التحكم في عملية الترويب/التنديف والترسيب

وهي:-

1) اختبار الجار Jar test
2) اختبار الأس الهيدروجيني pH test
3) اختبار العكارة Turbidity test
4) اختبار قابلية الترشيح Filterability test
5) اختبار جهد الزيتا Zeta potential test
6) اختبار مرور التيار الكهربي Streaming Current test
7) اختبار عد الجسيمات العالقة Particle counting test

1.3.1. اختبار الجار:-

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 بكتيب (انظر المحلقات فصل 16 صفحة 119):

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

1.3.2. اختبار الرقم الهيدروجيني :-

جميع المروبات المستخدمة تعمل بكفاءة داخل مدي أس هيدروجيني محدد فمثلا أملاح الألومونيوم تعمل في المدى من 5.5-7.5 وأملاح الحديديك في المدى 5-8.5 ، وبالتالي يجب أن يكون القائم علي التشغيل علي معرفة بدرجة التأين الهيدروجيني المثلي لنوع المروب المستخدم ويعمل علي تصحيحها وضبطها قبل أجراء عملية الترويب كما أن متابعة قياس الرقم الهيدروجيني في عينات المروقات تعطي الدلائل الصحيحة علي جودة الترويب .

1.3.3. اختبار العكارة :-

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

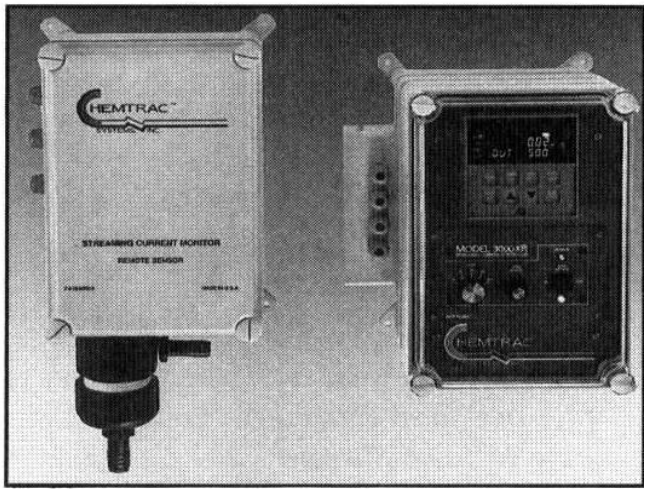
1.3.4. اختبار قابلية الترشيح :-

يستخدم اختبار قابلية الترشيح كطريقة لاختبار مدي الفاعلية التي يمكن بها ترشيح مياه مروبة (قبل الترسيب) ويقيس الاختبار مقدار المياه المرشحة في مدة زمنية معينة ، ويجرى عادة بترشيح كمية صغيرة من مياه المحطة المروبة والمندفة فعلا (قبل الترسيب) في مرشح أسطواني ذو قطر صغير (15سم) ويطلق علية اسم مرشح استرشادي (Pilot Filter) ويحتوي علي نفس نوع وعمق وسط الترشيح المستعمل في مرشحات المحطة ، ويزود هذا المرشح بجهاز لقياس وتسجيل عكارة المياه الخارجة منه (المياه المرشحة) بقياسات مستمرة ، ويمكن ربط علاقة بين كمية المياه الخارجة من المرشح الاسترشادي (من بداية الترشيح) وحتي نقطة اختراق العكارة الكامل لطبقة الترشيح 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 (10 دقائق) لمروره من المرشح ، ولما كانت مدة المكث في حوض الترسيب الفعلي بحجمه الكامل وفي المرشحات الفعلية تستغرق من ساعتين إلي ثلاث ساعات ، فإن التغيرات في جرعات المروب يمكن أن تجري بناء علي أداء المرشح الاسترشادي قبل حدوث تدهور خطير في الموقف .

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 } .

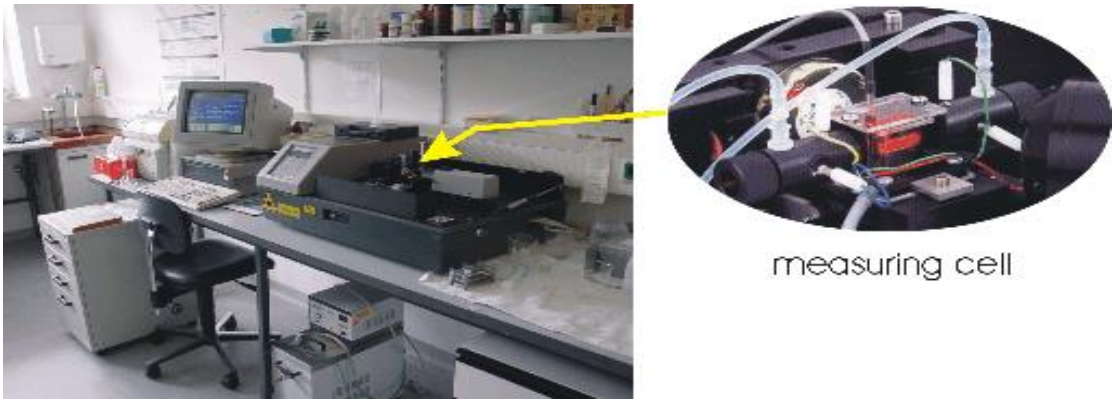


1.3.5. اختبار مرور التيار الكهربي:-

يستخدم لهذا الاختبار جهاز يقيس كفاءة المادة المروبة عن طريق قياس درجة مقاومة المياه لمرور التيار الكهربي بنفس فكرة عمل جهاز الزيتا {ELECTROMOTIVE PRINCIPLE} ويعتمد في قياسه هذا علي محصلة الشحنات الكهربية الأيونية والشحنات السطحية لجسيمات الغروى العالقة بالمياه ومن مميزات هذا الجهاز أنه يعتبر أداة تحكم مستمر ،حيث يركب علي خط المياه المروقة ليسمح بتسجيل قياسات مستمرة تتيح للمشغل مراقبة مستمرة لتعقيم التغير في الجرعات ،وأيضا هناك ميزة أخري هي إمكانية التحكم الأتوماتيكي في تغيير جرعة المروب مع تغير طبيعة أو درجة نقاوة المياه الخام أو أي عوامل أخري لتلائم النتائج المرجوة من عملية الترويب ، ويتم ذلك عن طريقة إرسال إشارة كهربية لطلمبة حقن المروب (الشبة) لزيادة أخري لتقليل مشوار السحب للطلمبة .

1.3.6. 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 4 –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 .



متوسط جهد الزيتا	درجة كفاءة الترويب
+3 — صفر	الحد الأقصى
-1 — -4	ممتازة
-5 — -10	متوسطة

11- — 20-	ضعيفة
21- — 30-	معدومة تقريباً

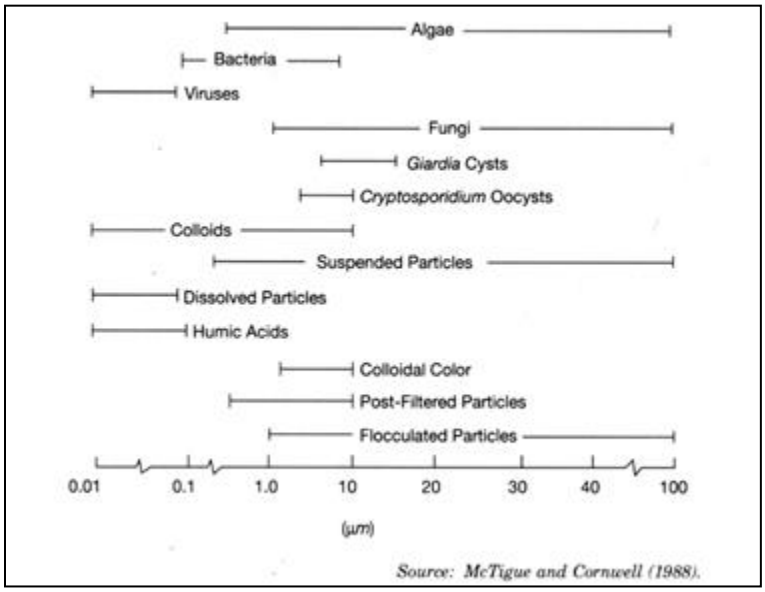
جدول رقم (2) كفاءة الترويب في نطاقات مختلفة لجهد الزيتا

1.3.7. اختبار عد الجسيمات :-

هناك اهتمام متزايد لتحسين جودة المياه وخلوها من الكائنات الممرضة ،وبالتالي زاد الاهتمام بتحسين أداء عمليات الترويب والتنديف وأيضا الترشيح ، والطريقة العملية الوحيدة في الوقت الحاضر لإنجاز هذا هي التحكم في حجم ونسبة الجسيمات الدقيقة العالقة بالمياه المعالجة.

قياسات العكارة غير مناسبة لهذا الغرض نظرا لأن حويصلات { cysts} بعض الباثوجينات كطفيل الجارديا (Guardia lamblia) وطفيل الكربتوسبورديوم (Cryptosporidium) قد تتجاوز القيم القياسية وتتواجد بتركيزات غير مُرضية في مياه مرشحة معالجة ذات درجات عكارة منخفضة أو مقبولة . بالإضافة إلى أن قياسات العكارة لا تدل علي حجم الجسيمات العالقة وليس هناك علاقة مباشرة بين درجة العكارة وعدد الجسيمات العالقة .

وحالياً متاح أجهزة قادرة علي عد الجسيمات العالقة بالمياه وتصنيفها حجمياً ، وبالتالي يمكن التعرف علي نوع العوالق المحتمل تواجدها (شكل رقم 3-3) . غير أن هذه الأجهزة غير منتشرة حاليا نظرا لارتفاع ثمنها وشدة حساسيتها واحتياجها لمشغلين مدربين جيدا للعمل عليها.



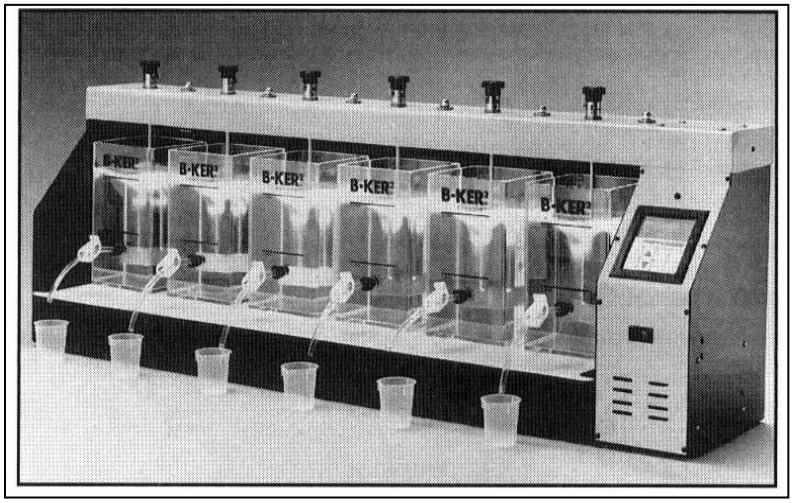
وبناءً عليه يعتبر هذا الاختبار هو أكثر الاختبارات دقة وحساسية ، خاصة إذا ما استخدم لتحسين جودة المياه المرشحة الخارجة من المرشحات .

شكل رقم (3) الجسيمات العالقة في المياه الخام والمياه المعالجة

1.4. اختبار تحديد الجرعات اختبار الكؤوس (Jar Test)

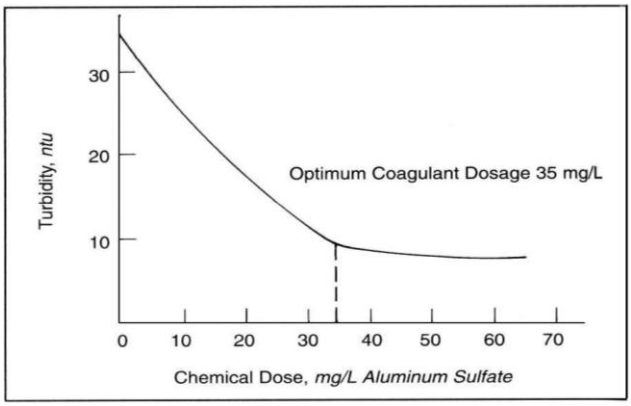
يستخدم لتحديد جرعة الشبة الفعالة معمليا ، يتكون الجهاز كما هو مبين بالشكل (4) التالي من مجموعة من الكؤوس الزجاجية ، ويوجد في كل كأس قلاب صغير ، ويتم إدارة هذه القلابات بواسطة عامود إدارة عن طريق تروس، ويتم إدارة العامود بواسطة محرك كهربائي صغير ، ويتم دوران القلابات عن طريق التروس ، وبسرعة تماثل سرعة تحرك الماء فى المروقات وعادة تتراوح سرعة التقليب من 80- 200 لفة / دقيقة لمدة (20-60 ثانية) ثم تخفض السرعة إلى 20 – 40 لفة / دقيقة لمدة (10- 60 دقيقة) بعد إضافة الجرعات المختلفة ،

ويستعان بالمصممين أو بكتيب التشغيل الخاص بالمحطة للاستدلال على هذه القيم .



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 العينة، كما يجب تهيئة الظروف الطبيعية لمياه العينة محاكاة لنفس ظروف تنقية المياه المعالجة بالمحطة تماما من حيث سرعة التقليب ووقت المكث لمرحلة الترويب والتنديف ثم الترسيب.

ومن المشاهدة العينية للندف بالإضافة إلى قياس العكارة لمياه العينات المروقة في نهاية التجربة نحصل علي النتائج اللازمة للتقييم. وجهاز الجار المستخدم في هذه التجربة متاح بداية من الجهاز البسيط الذي يتحكم فيه يدوياً وحتى الأجهزة المتحكم بها كمبيوترياً. والشكل البياني التالي يوضح العلاقة بين الجرعة ودرجة العكارة كنتيجة لاختبار علي عينة مياه باستخدام مروبات مختلفة، ومن الشكل (5) نلاحظ أن الجرعات فوق 35 جم/م^3 تعطى تحسن طفيف في درجات العكارة لا تتناسب وكميات المروب المستهلكة من الناحية الاقتصادية. لذا فإن الجرعة 35 جم/م^3 هي الجرعة المثالية في مثل هذه الحالة.



شكل رقم (5) علاقة بين درجة العكارة وجرعة الشبة

1.4.1. خطوات تجربة تحديد الجرعات

يتم إتباع الخطوات التالية لإجراء تجربة تحديد جرعات الشبة المطلوب إضافتها للمياه، ونبدأ أولا بتجهيز محلول الشبة قبل متابعة باقي خطوات التجربة.

1. تجهيز المحلول:

أ- في حالة الشبة الصلبة:

يتم تحضير محلول 1% باذابة ا جم من الشبة الصلبة في 100 مل ماء مقطر

ب- في حالة الشبة السائلة: تركيزها حوالي تقريب 50% من الشبة الصلبة

يتم تحضير محلول 1% باذابة 2 جم من الشبة السائلة في 100 مل ماء مقطر

ملحوظة

- في المحطات التي تستخدم الشبة السائلة يتم تحضير الشبة السائلة باذابة 1 جم من الشبة السائلة في 100 مل ماء مقطر

- تتغير الكثافة النوعية للشبة السائلة حسب الشركة المنتجة.

التوضيح

لتحضير 1% من الشبة الصلبة أي 1 جرام/100مل أو 10جرام لكل 1000 مل (نقوم بإذابة 10جرام شبة صلبة في لتر من مياه الطرد لعمل محاكاة للمحطة) أما في حالة الشبة السائلة (50%) فنحتاج إلي 20 جرام بإستخدام الكثافة 1.325 جم/سم^{3}

ومنها الحجم الذي يتم إضافته من الشبة السائلة = الكثافة / الكتلة =15.1 مل.

ومن هذا المحلول 1 جرام شبة ——في—— 100 مل ماء مقطر

∴ كل 1 مل من هذا المحلول يحتوي علي 0.01 جرام شبة.

أو كل 1 مل من هذا المحلول يحتوي علي 10 ملجرام شبة.

ملحوظة:

تختلف تركيزات الشبة المستخدمة في اختبار الكؤوس تبعا لإختلاف درجة عكارة المياه الخام أو تبعاً لكمية الجرعة المتوقعة للمعالجة كما هو موضح بالجدول التالي:

تركيز المحلول٪	1 مل من المضاف لكل كأس	عدد الجرامات / لتر(التحضير)	الجرعة المطلوبة ملجم / لتر
٪0.1	1ملجم /لتر	1 جم / لتر	10-1
٪1	10 ملجم /لتر	10جم / لتر	50- 10
٪10	100ملجم /لتر	100جم / لتر	500-50

جدول (3) تركيز الشبة المستخدمة في اختبار (JAR Test)

2. خطوات ما بعد تجهيز المحلول:

- اجمع حوالي 7 لتر عينة من المياه العكرة.

- ضع في كل كأس من الكؤوس الستة كمية مقدارها 1000 مل من المياه العكرة.
- ضع الكؤوس داخل الجهاز ثم اسقط ريش التقليب في الكؤوس وقلب الماء بسرعة ولتكن 200 لفة/دقيقة (أو حسب الإرشادات التصميمية للمحطة).
- أضف بحرص وسريعا بواسطة ماصة جرعة الكلور (يمكن إضافتها بشكل سريع عن طريق استخدام بيكر) المقدرة لجميع الكؤوس.
- استخدم الماصة في إضافة جرعات شبة متزايدة بالتوالي لكئوس الإختبار الستة، بحرص وبسرعة بقدر الإمكان.
- استمر في التقليب السريع لمدة دقيقة واحدة من بداية إضافة الشبة.
- قلل من سرعة التقليب لتصل إلى 30 لفة/دقيقة، واستمر في تقليب المحلول لمدة من 20 إلى 30 دقيقة (أو حسب إرشادات التصميم للمحطة).
- لاحظ سرعة بداية تكون الندف في كل كأس وشكلها وحجمها.
- أوقف عملية التقليب وارفع القلابات سريعا ولاحظ ترسيب الندف بالكؤوس لمدة 5–10 دقيقة.
- يستدل على الجرعة المناسبة ذات الترويب الجيد بأنها تحتوي على ندف ثقيلة الوزن نسبيا.
- أسحب بواسطة سيفون على شكل حرف S في نفس الوقت تقريبا كمية المياه التي تمثل ارتفاع 7 سم العلوية من الكأس وهى حوالي نصف لتر تقريبا للكاسات الستة وجمعها في عدد ستة مخابير لإجراء باقي الإختبار عليها. (أو حسب إرشادات التصميم للمحطة).

ملحوظة :- يجب متابعة جميع خطوات تشغيل اختبار الكؤوس اثناء تشغيل الجهاز (فحص بصري)

1.4.2. عوامل تقييم نتائج اختبار تحديد الجرعات

توجد عدة عوامل هامة في 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.

وبصفة عامة فإن إجراء اختبارات التحكم في التشغيل (Jar test) 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:

1. الخلط السريع الملائم (القلاب السريع أو الهدارات)
2. التنديف البطيء
3. عملية التنديف الملائمة
4. خزانات المياه المرشحة

حيث يعتمد التنديف الناجح علي الخلط السريع والتام ورغم أن الترويب يحدث في أقل من ثانية واحدة إلا أن حوض الخلط قد يهيئ مدة مكث تصل إلي 60 ثانية ويجب أن يكون الخلط عن طريق عمل الدوامات التي تحدث في حركة المياه حتي ينتشر المروب في كل حوض الترويب. ويرى البعض أنه خلال الثواني العشرة الأولى من فترة المكث يجب أن يخلط المروب أختلاطا تاما مع كل قطرة مياه لبدء تكوين ندف فعلية وإلا فإن كفاءة العملية كلها تهبط وتتناقص أبتداء من هذه النقطة، ويتضح تأثير الأستعمال الخاطئ للمروب عند هذه النقطة، ويمكن تصحيح هذه المشكلة إما بتعديل نقطة الإضافة أو طريقة الخلط.

1.4.3. عوامل نجاح نتائج أختبار تحديد الجرعات

بالإضافة للعوامل التقليدية المعروفة لدى أغلب المشغلين مثل: بدء إجراء التجربة فور جمع العينة مباشرة، وإحاطة جو العينة بدرجة حرارة مماثلة للحقيقة، وتوحيد زمن إضافة الكيماويات وأيضا زمن سحب العينات لجميع الكؤوس، إلى استخدام أجهزة وأدوات قياس تناسب الغرض مثل أجهزة جار ذات قلابات مجدافي. وذات سرعات مناسبة، وكؤوس مربعة Gator Jar أو أسطوانية Hudson Jar، كما بالشكل. يكون أهم شيء بالنسبة لمشغلي المحطات هو كيفية محاكاة المراحل المختلفة في محطة التنقية.

ومن خطوات المحاكاة اختيار شكل الكؤوس المستخدمة في جهاز الجار فهو يختلف حسب شكل المروق وإبعاده.

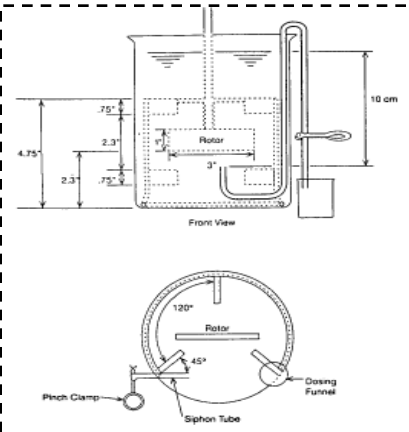


Figure 1
Hudson Jar

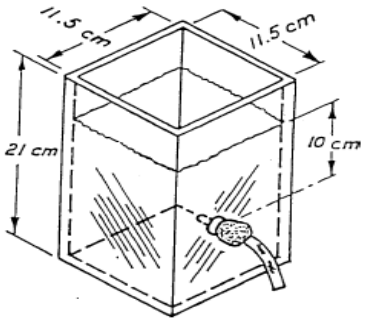


Figure 2
Gator Jar

- **معدل الإنحدار في السرعة Gradient Velocity (G)**

سرعات المزج السريعة والبطيئة اللازمة لإجراء التجربة تحدد بناءً على الوضع التصميمي وظروف التشغيل الخاصة بأحواض الترويب والتنديف بالمحطة. وهناك علاقة بيانية بين قيمة(G) الخاصة بأحواض

الترويب/التنديف (التي يمكن معرفتها من كتيب التشغيل الخاص بالمحطة أو حسابها بواسطة المتخصصين) وبين سرعة الخلط لجهاز الجار (rpm).

The Velocity Gradient (G) is a measure of the mixing energy (S^{-1}) that is present during both the flash mix and the flocculation stages of water treatment velocity gradient (G)=(P/μV)1/2 For

Where;

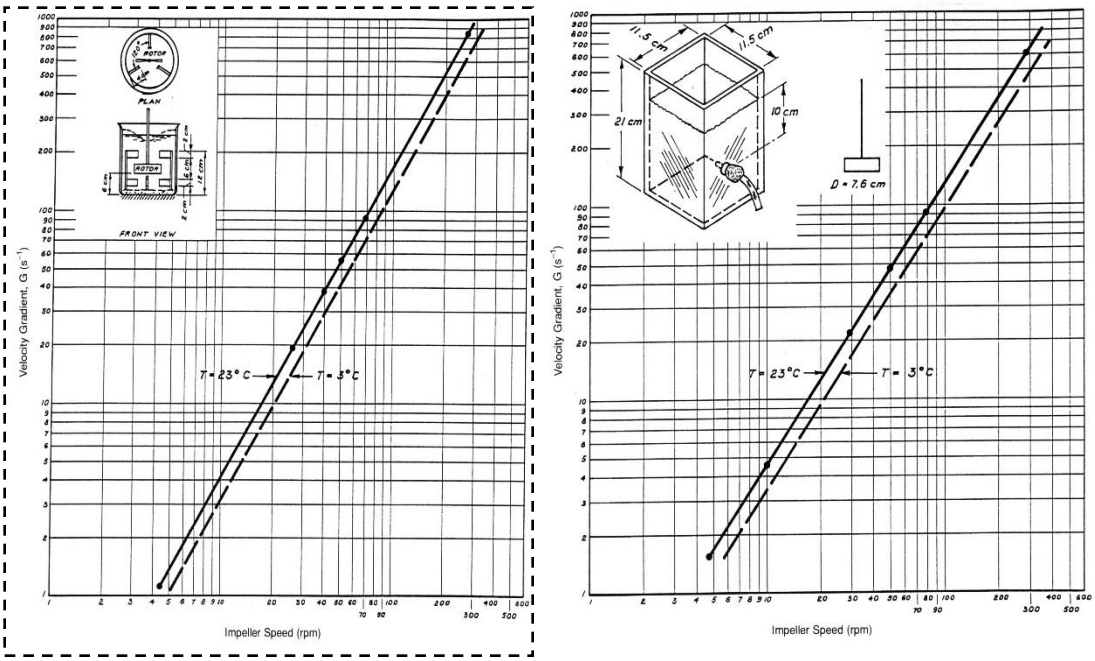
P = power dissipated.

μ = water viscosity.

V = volume of the raw water.

والمنحني الاتي يوضح العلاقة بين(انحدار السرعة) velocity gradient و(سرعة القلاب) impeller speed في درجات الحرارة المختلفة (منحنى G للبدلات المجدافية المسطحة في الكأس المستدير (Hudson Jar

من



الاشكال البيانية السابقة وبمعلومية ال G value بوحدة S^{-1} يمكن حساب سرعة اللفات المقابلة لها من الرسم حسب نوع الكأس المستخدم (دائري أو مربع).

زمن المزج السريع والبطىء :

يجب محاكاة أزمنة المزج السريع والبطيء للتجربة للأزمنة الحقيقية بالمحطة، ويمكن معرفتها من بيانات المحطة أو حسابها بقسمة سعة الحوض على معدل التدفق. فمثلاً إذا كان سعة حوض الترويب 50 م^3 (المساحة المحددة للتقليب السريع) ومعدل التدفق للمياه الخام خلال هذا الحوض 6000 م^3/س فيكون زمن التقليب السريع 30 ث، وبالمثل يتم حساب زمن التقليب البطيء. أو يمكن حسابها بطريقة أخري وهي:

بما أن معدل التدفق 6000 م^3 ⟵ ساعة (60*60)= 3600 ث

س م^3 ⟵ 1 ث

∴ معدل التدفق للثانية هو 3600/6000= 1.6667م^3/ث

لملء حوض سعة(حوض التقليب السريع) 50 م^3 نحتاج

1 ثانية ⟵ 1.6667 م^3

س ثانية ⟵ 50م^3

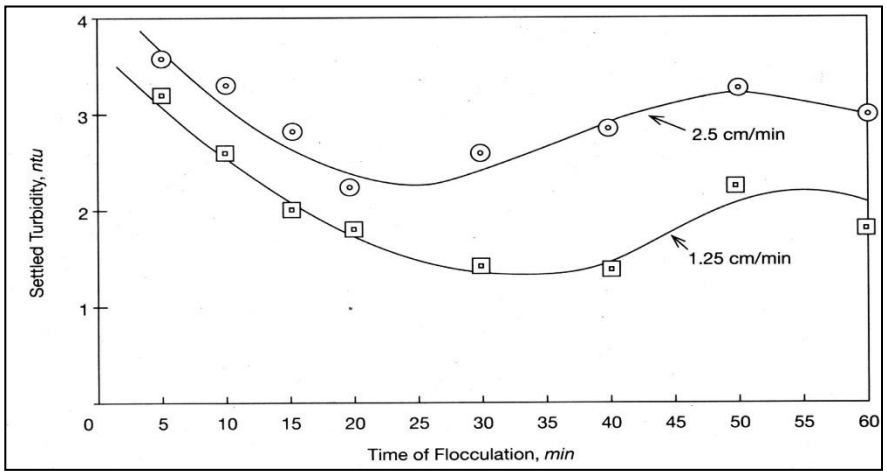
الوقت الازم لملء حوض سعه 50 م^3= 1.6667/50 =30 ثانية.

فيكون ضبط زمن التقليب السريع المستخدم في الجار هو 30 ثانية.

العلاقة بين وقت التنديف وبين العكارة

التنديف هو تكوين الندف (كما سبق الإشارة إليها) ويتم ذلك عن طريق التقليب البطيء في حوض الترويب وتكون سرعة التدفق من الحوض بطيئة بما يكفل عدم تفتت الندف وتتراوح مدة المكث في الحوض من 20 إلي 40 دقيقة وهو الفترة اللازمة للتنديف، وتؤخذ عادة في التصميم 36 دقيقة وتنتقل المياه بعد تكون الندف إلي أحواض الترويق.

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



زمن وسرعة الترسيب Settling Time & Velocity:

من الأخطاء الشائعة في إجراء تجربة الجار هى عدم الدقة في تحديد زمن الترسيب. فمثلاً الوقت الطويل يعطى نتائج جيدة على غير المفروض (أي أن جميع الجرعات متقاربة في النتيجة) من محاكاة الزمن الحقيقي بالمحطة.

فنلاحظ أنه بعد مرور 30 ق تتقارب درجات العكارة في جميع الكاسات من بعضها في تجربة لتقييم الجرعات المختلفة مما يصعب معه التقييم. ولحساب زمن الترسيب المناسب يجب أولاً معرفة معدل التحميل السطحي (Surface Loading Rate) لحوض الترسيب أو حسابه، ومن ثم يمكن حساب سرعة الهبوط أو الترسيب وبالتالي حساب الوقت اللازم لهبوط مسافة 10 سم بالإستعانة بالجدول.

تقدير زمن وسرعة الترسيب فى حالة معرفة معدل التحميل السطحى		
الوقت اللازم لهبوط 10 سم (دقيقة)	سرعة الهبوط (سم/دقيقة)	معدل التحميل السطحي (متر/ساعة)
20	0,5	0,3
10	1,0	0,6
5	2,0	1,2
2,5	4,0	2,4
1	10,0	6,0

- **كيفية حساب معدل التحميل السطحي:**

1. بالطريقة الحسابية المباشرة:

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

معدل التحميل السطحى (م/س)= التصرف م3/س/ المساحة السطحية م2

مثال:

بفرض أن معدل التدفق لحوض الترسيب =1080م٣/س

والمساحة السطحية للمروق= الطول(م)*العرض(م) مع مراعاه طرح المساحات المأخوذة للمكونات المختلفة للمروق م٢=458 م٢

∴ معدل التحميل السطحي= 458/1080=2.35م/ س

ويتم تحويلها إلي سم/د بالضرب *1.6=2.35*1.6= 3.7 سم/ د

اذن الوقت الازم لترسيب 16 سم (طول البيكر)

3.7 سم ~~1 دقيقة~~

16 سم ~~س دقيقة~~

∴ 3.7/16= 4 دقيقة و18 ثانية

2. عن طريق أخذ عينة من المياه المندفة

يمكن أخذ عينة مياه مندفة من المروق أو تجمع عينة مناسبة من الجار في مخبار مدرج، ونحسب الوقت المار لترسيب حوالى 80٪ من الندف لمسافة 10 سم، فيكون هذا الزمن مناسب لتطبيقه في اختبار الجار.

1.5. المتابعة الحقلية لمعدلات ضخ وإضافة محلول الشبة

يجب المتابعة الحقلية الدورية لكل من:

1. قياس تركيز الشبة.
2. معايرة وضبط طلمبة الشبة.
3. ملاحظة موزع الشبة.
4. قياس التصرف لطلمبات المياه الخام
5. قياس الجرعة الفعلية المطبقة للحقل .

وذلك بعدة طرق (طريقة فرق القلوية للمياه الخام والمروقة مع الاخذ فى الاعتبار تأثير الكلور فى خفض القلوية – طريقة الكبريتات) .

1.5.1. قياس تركيز الشبة:

من المهام الأساسية لكيميائي التشغيل بالمحطة متابعة تركيز محلول الشبة وأيضا الكميات المضافة وذلك للتأكد من أن الجرعة المضافة هي نفسها المحسوبة بواسطة اختبار الجار.

يجب متابعة قياس نسبة تركيز محلول الشبة في أحواض الإذابة أو التخفيف الجاري استعمالها وتعديل معدلات ضخ طلمبة الشبة لتلائم الجرعة المطلوب تحقيقها ويمكن قياس تركيز محلول الشبة بأكثر من طريقة نذكر منها الأتي:

أ- بإستخدام المعايرة مع محلول NaOH (0.2N)

- قم بأخذ 10 مل من محلول (0.2N NaOH) وضعهم في دورق مخروطي.
- قم بإضافة كاشف الفينول فثإلين ويتلون للون الوردى
- قم بالمعايرة بإستخدام محلول الشبة المراد قياس تركيزه حتى انعدام اللون.

- قم بإستخدام الحسابات آلاتية:

$(N\times V)_{Alum}=(N\times V)_{NaOH}$ $\qquad$ $\mathbf{N_{Alum}= (10\times 0.2)/ V_{ALUM}}$

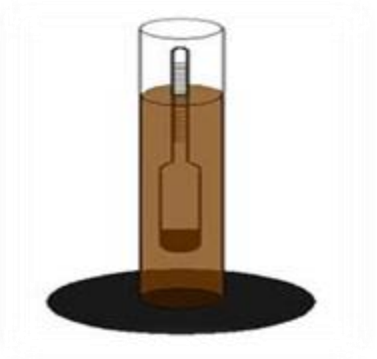
$$\text{Eq.wt.}_{\text{Alum}} \times N_{Alum}\ (g/l) = \text{Conc}$$

$$\text{Conc}_{\text{Alum}}\ (g/l) = (10\times 0.2) \times (666.6/6) \times (1/V)$$

$$10/\text{Conc.}_{\text{Alum}}\ (g/l) = (g/100ml)\ \text{Conc.}_{\text{Alum}} = 22.2/V_{alum}$$

ب- بإستخدام الهيدرومتر

- تختلف كثافة محلول الشبة مع تركيز المحلول (كلما زاد التركيز تزيد كثافة محلول الشبة)
- وبالتالي يمكن عمل علاقة بين تركيز محلول الشبة والكثافة.
- قم بتحضير تركيزات مختلفة من محلول الشبة مثلا 5 و10 و20 و.....
- قم بقياس الكثافة بإستخدام الهيدروميتر.
- قم برسم علاقة بين الكثافة والتركيز.
- من هذه العلاقة يمكن استنتاج تركيز محلول شبة بإستخدام كثافته.



1.5.2. معايرة وضبط طلمبة الشبة:

أولاً: معايرة طلمبة الشبة

هناك دائما فرق يظهر مع تشغيل طلمبات حقن محلول الشبة وعليه يلزم من حين لآخر إجراء عملية معايرة لها لضمان التحكم في إضافة الجرعات المناسبة للشبة, هذا الفرق قد يزداد مع الوقت لظروف مختلفة.

وهناك تدريجات مختلفة على طلمبات الحقن تدل على معدلات التصرف المختلفة بعض منها يتراوح بين صفر إلى 100% من التصريف وبجانبه معدل التصريف الأقصى للطلمبة. والبعض الآخر مدرج بين صفر إلى رقم نهائي معين وبجانبه معدل تصريف لكل درجة من التدريج (مثلا كل شرطه تمثل عدد معين من اللترات في الدقيقة).

ولإجراء المعايرة الدورية يتم تشغيل الطلمبة (أو فرع من الطلمبة) على درجات مختلفة تبدأ من 10% إلى 20% إلى 30% وهكذا حتى نهاية التدريج وحساب التصريف القسمى لكل منها وقياس تصرفها وذلك بتجميع محلول الشبة الذى تضخه الطلمبة من الحوض فى وعاء ذو سعة معروفة وقياس الزمن اللازم لملء هذا الوعاء بإستخدام ساعة إيقاف Stop Watch ويكون التصرف مساويا لحجم الوعاء مقسوما على الزمن اللازم لملئه (لتر /ثانية) أو باستخدام مقياس مناسب يقيس الكمية بالمتر المكعب فى زمن

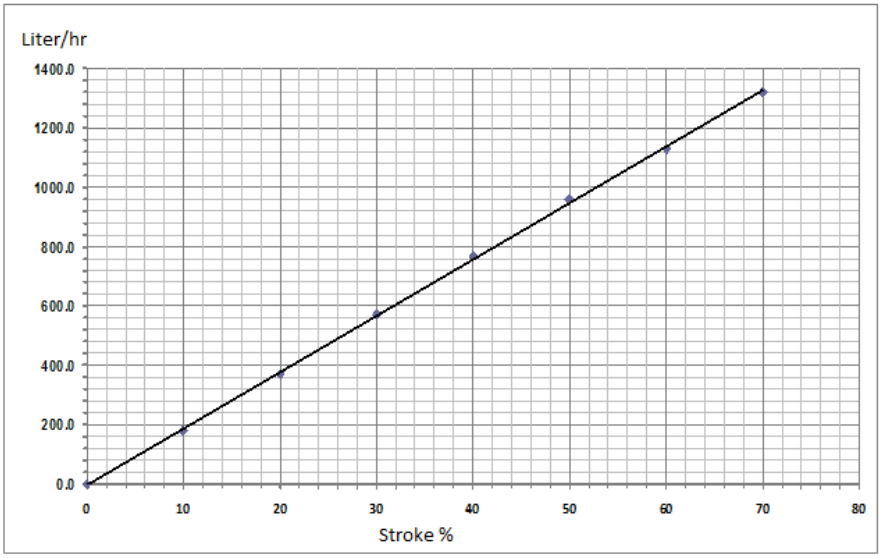
معين ثم يحسب التصرف (لتر /ثانية). وتسجل القراءات الفعلية أمام كل تدريج ويمكن رسم منحنى بياني لكل فرع (بستم) من الطلمبة أو عمل جدول يبين تدريج الطلمبة والتصريف المقارن لكل درجة.

وعلي سبيل المثال:

إذا وجدنا أن عند تدريج 32 من الطلمبة وهو ما يوازي 20 لتر/ دقيقة نظريا، يعطى تصريفا قدرة 18.5 لتر / دقيقة فقط فيسجل في الجدول تدريجات مختلفة وأمام كل تدريج قراءة فعلية تسهل علي القائم بالتشغيل سرعة ضبط الكميات المطلوبة بدقيقة.

مثال عملي لمعايرة إحدى طلمبات الشبة:

القسمة %	0	10	20	30	40	50	60	70
كمية الشبة (لتر/ساعة)	0	180	370	570	770	960	1130	1320



ثانياً: ضبط طلمبة حقن الشبة

ولضبط طلمبة حقن الشبه يجب أن تتوافر المعلومات الآتية:

1. تركيز محلول الشبه (10-20%).

2. كمية تصرف المياه الخام.

3. أقصي تصرف لطلمبة حقن الشبه.

4. الجرعة المراد إضافتها.

يتم التعويض في القانون التالي لمعرفة مشوار طلمبة الشبه الواجب ضبط الطلمبة عليه للحصول على الجرعة المطلوبة.

$$\text{Stroke\%} = \frac{\text{Flowerate (m}^3\text{/hr)} \times \text{dose (gm/m}^3\text{)}}{\text{(Concentration (\%)} \times 10\text{) (g/l)}} \quad X \quad \frac{\text{Stroke increments}}{\text{pump max output}}$$

المشوار % = كمية الشبة (لتر /ساعة) X (اجمالى عدد القسمات / اقصى تصرف لطلمبة الشبة (لتر/س))

$$\text{\% المشوار} = \frac{\text{تصريف العكرة (م}^3\text{/ س)} \times \text{الجرعة (جم/ م}^3\text{)}}{\text{(تركيز محلول الشبة (\%)} \times 10\text{) (جم/لتر)}} \times \frac{\text{(عدد القسمات)}}{\text{اقصى تصرف فى الطلمبة}}$$

1.5.3. ملاحظة موزع الشبة:

في حالة ما إذا كانت طلمبة الشبة الواحدة تعطى أكثر من مروق، فيكون هناك موزع يفيض منه محلول الشبة بمنسوب ثابت لجميع المروقات. ويجب مراقبة ومعايرة هذا الإتزان على فترات، وذلك لضمان كفاءة وسلامة توزيع محلول الشبة من الموزع إلى المياه الخام بأحواض الترويب بنفس الجرعة. من خلال التأكد أن الاحجام الموزعة علي هذه المروقات متساوية.

1.5.4. قياس التصرف:

يستعمل القائمون على تشغيل محطات تنقية المياه عدادات لقياس التصرف من أجل التحكم في 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:

1. عدادات التباين الضغطي Differential pressure flow meter or Orifice plate
2. عدادات السرعة Velocity flow meter
3. عدادات التصرف المغناطيسية Magnetic flow meter
4. عدادات التصرف بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic flow meter

2. تجارب التحكم فى جرعات الكلور

2.1. التطهير بالكلور

من أكثر الطرق شيوعا في عمليات تطهير المياه هي إضافة الكلور وكان لظهور عملية الكلوره في أواخر القرن الماضي أثر كبير في القضاء بدرجة كبيرة علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وأبسط المعدات وأقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفود مثلما كان الأمر منذ مائة عام.

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

وتشير بعض الابحاث الى ان طريقة عمل الكلور على البكتريا تتم من خلال تأثير الكلور على بعض الانزيمات المسئولة عن تخليق الطاقة (ATP Dehydrogenase) مما يسبب تضرر الكائن وموته.

تفسير تكون الصقيع (الثلج) وتجمد الغاز :

عندما يتعرض ا لغاز داخل الاسطوانة لسحب شديد نتيجة لفتح محبس اسطوانة فجأة ليعطى اكبر كمية من الغاز هذا يعرض الغاز للتمدد لزيادة الحجم الفجائى الذى حدث نتيجة السحب الشديد الفجائى ويحدث تبريد ، هذا التبريد يعمل على تبريد جسم الاسطوانة التى تحويه و بالتالى تُبرد الاسطوانة الهواء الجوى من حولها فيتكثف بخار الماء الموجود في الهواء ويتجمد حول سطح الاسطوانة ويكون السقيع او الثلج ونلاحظ ان الثلج المتكون على الاسطوانة يتكون فقط على الاسطوانة في الجزء الذى به الكلور اما الجزء الفارغ في الاسطوانة لا يتكون عليه الثلج .

الكلور المسال تحت ضغط:

عبارة عن محلول نقى كهرمانى اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريباً، وللكلور السائل معامل تمدد عالى، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة، حيث يزداد تمدد السائل ليملأ الاسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٥,٦٧ درجة مئوية، ولذلك يلتزم دائماً بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من ٨٥ % من حجمها .وحيث أن الكلور السائل

يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى، لذلك فهو نادراً ما يرى فى صورته السائلة.

وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجوم الواحدة منه تنتج حوالى ٤٥٦ وحدة حجم من الغاز النقى عند درجة حرارة ١٥ درجة مئوية، وضغط ٧٦٠ مم زئبق(1 ضغط جوى)، وبالتالى فإنه عند وجود تسرب فى اسطوانة الكلور، يتحتم تعديل وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب فى أعلاها لكى يتسرب غاز الكلور وليس السائل.

الكلور المجمد:

نظراً لأن الكلور السائل يتجمد عند درجة حرارة منخفضة جداً (-١٠٢ درجة مئوية) فهو نادراً ما يوجد فى صورته الصلبة، غير أنه يتواجد متحداً مع بعض العناصر الأخرى فى صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات.

2.2. مركبات الكلور

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

2.2.1. محلول الكلور (الكلور السائل):

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم) وتركيبة الكيماوي هو NaOCl وهو محلول يحتوي علي حوالي 15٪ من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء وتركيزات مختلفة، ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط أن لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة على الماء سواء بالصب المباشر من وعاء أو بإستعمال مضخة مناسبة. لا يستعمل بكثرة بالإضافة إلى أن محلوله يسبب تآكلا في المواسير.

2.2.2. الكلور الصلب (مسحوق أو أقراص الكلور):

ويسمي كيماوياً (هيبوكلوريت الكالسيوم) وتركيبة الكيماوي هو $Ca(OCl)_2.4H_2O$ وهذه المادة تحتوي علي حوالي 60–70٪ من الكلور الحر.

ويمتاز عن المسحوق المبيض بإرتفاع نسبة الكلور الفعال وبأن نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات ليست بالطويلة. وعند الأستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة خاصة.

2.2.3. 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 أبيض مائل للإصفرار، له رائحة قوية نفاذة، الجديد منه يحتوي علي 32٪ من وزنة كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ في النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفظه في عبوات خاصة محكمة القفل، كما يجب إختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل كل أستعمال حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة، وبعد تقدير تركيز المسحوق المبيض تعمل عجينه سميكة

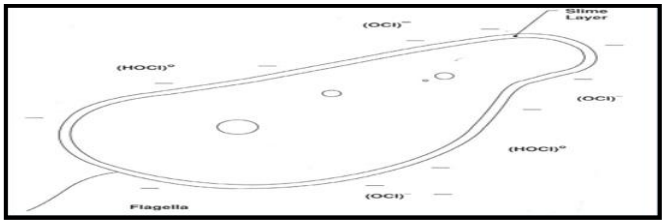
تخفف تدرجيا حتى تصير مستحلب بنسبة 1: 100 وهذا المستحلب يمزج جيدا ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفي لإزالة ما به من رواسب ثم يضاف إلى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة.

عموماً تستعمل مركبات الكلور في الحالات الآتية:

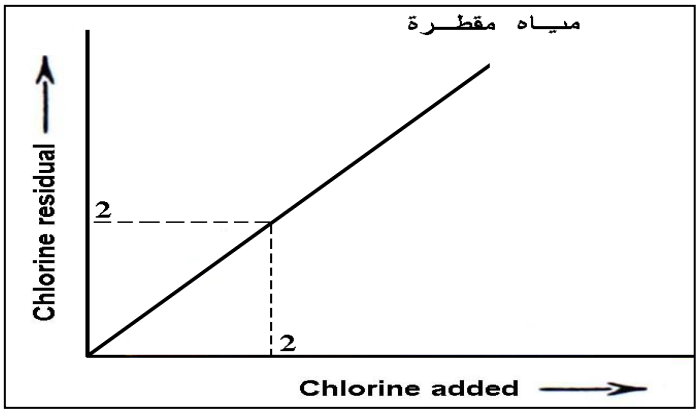
1. تطهير شبكات مواسير توزيع المياه بعد إنشائها أو إصلاحها.
2. تطهير مرشحات وخزانات المياه.
3. في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

2.3. كيفية عمل الكلور في تطهير المياه

حينما يضاف الكلور للمياه يتكون كل من حمض الهيبوكلوروز وأيون الهيبوكلوريت والفرق بينهما هو أن حمض الهيبوكلوروز لا يحمل أي شحنة (متعادل) ولكن أيون الهيبوكلوريت يحمل شحنة سالبة, و لأن الجراثيم الموجودة في المياه تحمل معظمها شحنة سالبة علي سطحها ولذلك فأن أيون الهيبوكلوريت يلاقي تنافرا مع سطح الجراثيم بينما يستطيع حمض الهيبوكلوروز الإختراق بسهولة قاتلا هذه الكائنات الميكروسكوبية كما يوضحه الشكل الاتي:



لفهم تفاعلات الكلور في المياه الطبيعية، نفرض مبدئياً أن التفاعل سيحدث في مياه مقطرة وبالإستعانة بالشكل الأتي فإن كمية الكلور الحر المتبقية تتعلق مباشرة بكمية الكلور المضافة (الجرعة). وعلى سبيل المثال: إذا أضيف جرعة كلور بمقدار 2 ملجم/لتر لتلك المياه ستعطى نفس القيمة (2 ملجم/لتر) ككلور متبقى حر بعد انتهاء فترة المكث.



و يتم التفاعل كالتالي:

كلور + ماء ← حامض الهيبوكلورز + حامض الهيدروكلوريك

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

حامض الهيبوكلورز (حامض ضعيف يتفكك) ← أيون الهيبوكلوريت + أيون هيدروجين

و نواتج التفاعل مركبات ضعيفة لا تلبث أن تتفكك إلى نواتج أخرى كالتالي:

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

أيون كلور + أيون هيدروجين←حامض الهيدروكلوريك

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

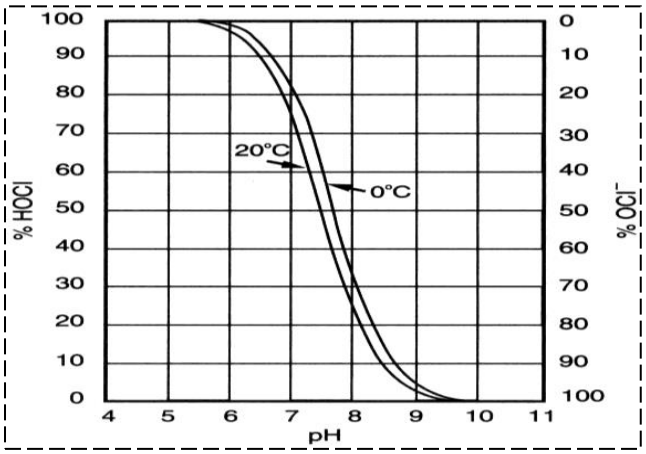
حمض الهيبوكلورز HOCl أحد شكلين من أشكال الكلور الحر المتبقى، وهو الأكثر فاعلية في عملية التطهير وعند تحلله كما في المعادلة (2) السابقة ينتج أيون الهيبوكلوريت (OCl^-) وهو الشكل الثانى من أشكال الكلور الحر المتبقي، وتأثيره في عملية التطهير تعادل 1٪ فقط من تأثير حمض الهيبوكلورز. والجدول التالي يوضح فاعلية أشكال الكلور المتبقي المختلفة في عملية التطهير

الشكل الكيميائي	فاعلية الكلور مقارنة بحمض الهيبوكلورز
HOCl	1
OCl^-	100/1
NCl_3	–
$NHCl_2$	80/1
NH_2CL	150/1

تأثير pH علي التفاعل:

يتأثر التفاعل بالأس الهيدروجيني تأثير كبير فكلما كان الوسط اقرب للحامضية زاد حامض الهيبوكلوروز وكلما كان الوسط أقرب للقاعدية زادت أيونات الهيبوكلوريت (حسب قاعدة لوشاتيليه)، كما هو مبين بالشكل.

فمثلا:



عند الأس الهيدروجيني 6.7 تكون النسبة:

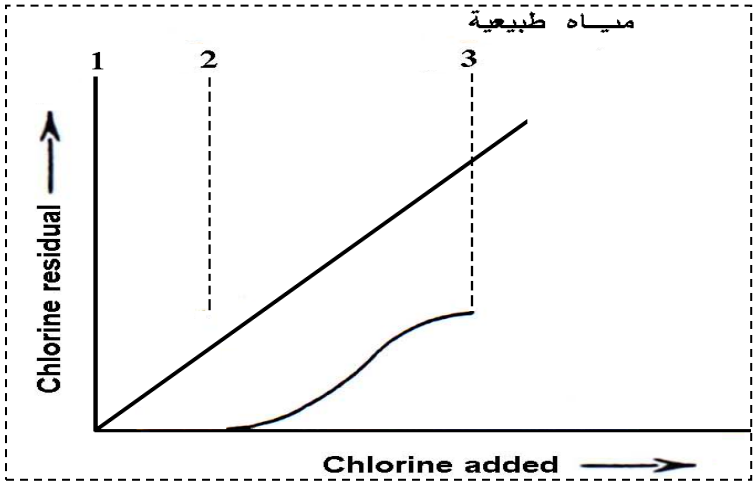
- 20٪ ملح هيبوكلوريت + 80٪ حمض هيبوكلوروز
- عند الأس الهيدروجيني 7.3 تكون النسبة:
- 40٪ ملح هيبوكلوريت + 60٪ حمض هيبوكلوروز
- عند الأس الهيدروجيني 8.3 تكون النسبة:
- 80٪ ملح هيبوكلوريت + 20٪ حمض هيبوكلوروز

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

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

وعلى سبيل المثال:

إذا احتوى الماء على حديد، منجنيز، أمونيا، نيتريت، أو أي مادة عضوية فسوف يتفاعل الكلور المضاف معها ليعطي انحراف في المنحنى يناسب تلك المتفاعلات ودرجة تركيزها بالمياه كما هو معبر عنه بالشكل التالي.



الشكل يبين الفرق بين تفاعل الكلور مع المياه المقطرة (2) والمياه الطبيعية (3)

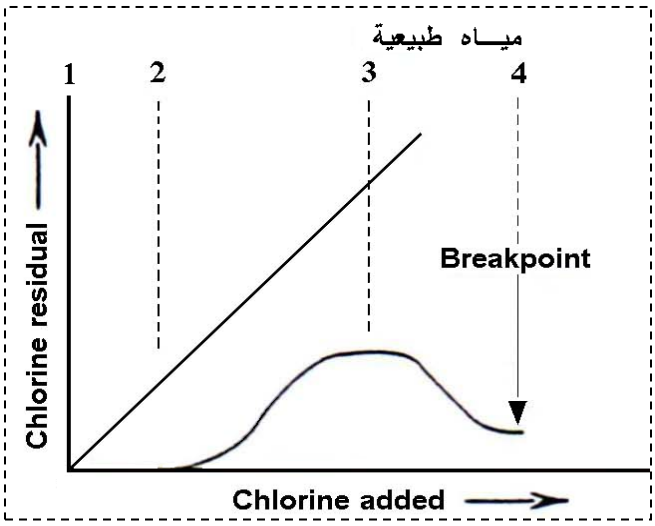
من الشكل: المسافة بين النقطتين 1، 2، الكلور المضاف يتحد مباشرة مع الحديد، المنجنيز والنيتريت كمواد مختزلة (مواد سريعة الأكسدة) ولا يظهر تبعاً لذلك أي كلور متبقي حتى يتم الإنتهاء من أكسدة كل تلك المواد بواسطة الكلور.

بإستمرار إضافة الكلور نلاحظ أنه على امتداد المسافة بين النقطتين 2، 3 يبدأ الكلور في التفاعل مع الأمونيا والمادة العضوية ليشكل مركب الكلورامين، والمركبات الكلوروعضوية وهذه النواتج من أشكال الكلور وتعرف بالكلور المتبقي المتحد، ولكن فاعلية هذه الأشكال كعامل مطهر تكون أضعف من الكلور الحر كما سبق وأشرنا لذلك.

وفيما بين النقطتين 2، 3 غالبا يكون أحادي الكلورامين هو شكل الكلور المتبقي كناتج التفاعل:

أمونيا + حمض الهيبوكلورز ← أحادي الكلورامين + ماء

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



يوضح الشكل الأتي أنه بمتابعة إضافة كلور للمياه، يبدأ الكلور المتبقي من النقطة 3 حتى النقطة 4 في الإنخفاض وذلك كنتيجة لبدء أكسدة مركبات أحادي الكلورامين إلى مركبات ثاني وثالث الكلورامين أو حتى تمام الأكسدة وتكون غاز النيتروجين.

ويوضح ذلك التفاعلات التالية:

في حالة إذا ما كان NH_3 بكمية وفيرة:

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

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

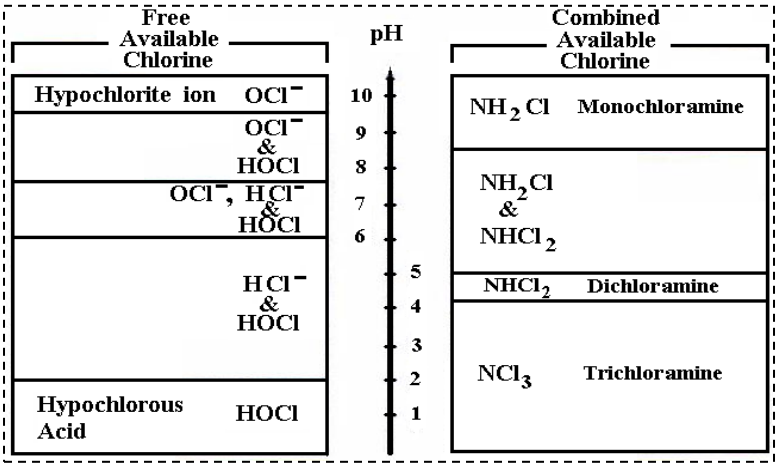
ونلاحظ من التفاعلات السابقة انه عندpH اكبر من 7 يتكون أحادى الكلورامين، وعند pH 6 يبدأ ثاني الكلورامين ببطيء في التكوين ويظهر بوضوح بين (4 < pH < 6)، أما ثالث الكلورامين فيتكون عند pH أقل من 3.

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 أكبر مع NH_3 فإن الكلورامين سيتكسر إلى النيتروجين كما في المعادلة التالية:

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

ويوضح الشكل علاقة pH بأشكال الكلور المحتمل تواجدها بالمياه المعالجة.

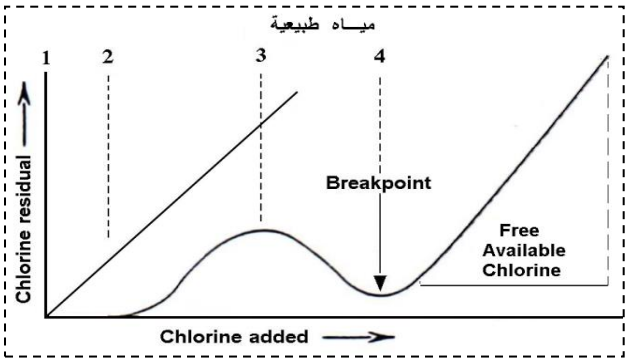


ويختلف مفعول كل نوع من مركبات الكلور السابقة عن الآخر في عمليات التطهير حيث يلاحظ أن الكلور الحر أقوي بكثير في قتل البكتريا عن الكلور المتحد. ويلاحظ أيضا أنه يلزم استخدام مقدار من الكلور المتحد أكبر 25 مرة من الكلور الحر لتحقيق نفس القدرة علي القتل في نفس المدة الزمنية علاوة علي ذلك فإن التطهير بالكلورامين عملية بطيئة وتحتاج إلى فترة تلامس أطول.

جدول يوضح الفرق في زمن التلامس لمركبات الكلور المختلفه

	Escherichia coli			Heterotrophic bacteria		
Disinfectant	pH	Temp (°C)	CT mg.min.l^{-1}	pH	Temp (°C)	CT mg.min.l^{-1}
Hypochlorous acid	6.0	5	0.04	7.0	1–2	0.08 ± 0.02
Hypochlorite ion	10.0	5	0.92	8.5	1–2	3.3 ± 1.0
Chlorine dioxide	6.5	20	0.18	7.0	1–2	0.13 ± 0.02
	6.5	15	0.38	8.5	1–2	0.19 ± 0.06
	7.0	25	0.28			
Monochloramine	9.0	15	64	7.0	1–2	94.0 ± 7.0
				8.5	1–2	278 ± 46.0

النقطة 4 هي أدنى قيمة يصل لها الكلور وتعرف بإسم "نقطة الإنكسار". ثم يبدأ بعدها ظهور كلور حر متبقي ويزيد بزيادة جرعة الكلور المضافة، كما هو موضح بالشكل التالي. بمعنى أنه بعد نقطة الإنكسار أي إضافة للكلور تظهر في صورة كلور حر متبقي، وقيمة الكلور الحر المتبقى يجب ان تمثل 85 – 90 ٪ من مجموع الكلور المتبقى (حر + متحد) بالمياه المعالجة.



نقطة الإنكسار

عند هذه النقطة الكلور المتبقى المتحد يتمثل فى مركب ثنائى كلورامين (NHCl2) حيث يتكون عندما تزيد نسبة الكلور عن الامونيا فيستهلك الكلور ثم يتحلل مركب ثنائى كلورامين لانه مركب غير ثابت وسريع التحلل وعندها ينخفض الكلور ويضاف الكلور بكمية تتعدى نقطة الانكسار .

يجب أن نتذكر أن الكلور المتبقي المتحد يمثل مركبات ثنائي وثلاثي الكلورامين والمركبات الكلورو–عضوية (as THM).

2.4. طرق تحديد جرعة الكلور

2.4.1. تجربة إحتياج الكلور (Chlorine demand) (الفرق بين الكلور المضاف والكلور المتبقى).

1. قم بإحضار 10 لتر من المياه الخام المراد حساب جرعة الكلور لها.
2. قم بعمل محلول من الكلور الخام وحفظة بطريقة سليمة كالاتى :

يتم حفظ المحلول في زجاجية بنية محكمة الغلق في الثلاجة لمدة مناسبة .

ويمكن عمله بطريقتين:

أ. من الكلور الغاز وذلك بوضع كمية من الغاز في حجم ما من الماء المقطر وقياس تركيزه.

ب. من مسحوق الكلور أو الكلور السائل وذلك بإذابة كمية من الكلور في حجم معين من الماء المقطر وقياس تركيزه (فى حالة عمل المحطة بمسحوق الكلور أو الكلور السائل).

كما يمكن حساب تركيز الكلور بأكثر من طريقة ومنها:

بإستخدام الـ Iodmetric method (SMWW 4500−Cl –B)

- بإستخدام محلول $Na_2S_2O_3$ (N 0.01) للمعايرة
- نأخذ 10 مل من محلول الكلور السابق في دورق مخروطي
- قم بإضافة 2مل من Glacial acetic acid لجعل pH=7
- قم بإضافة 1جرام من KI (يوديد البوتاسيوم)
- قم بالمعايرة بإستخدام محلول $Na_2S_2O_3$ (N 0.01) حتي الوصول إلي اللون الأصفر القشي
- قم بإضافة 1 مل من محلول Starch حتي يتحول إلي اللون الأزرق
- قم بالمعايرة بإستخدام محلول $Na_2S_2O_3$ (N0.01) حتي الوصول إلي إنعدام اللون ثم قم بتسجيل قراءة الحجم V_x
- قم بعمل الحسابات الأتية:

- $(N\times V)_{Na2S2O3} = (N\times V)_{Cl2}$
- $0.01\times V_x = N_{Cl2} \times 10$
- $N_{Cl2} = (0.01\times V_x) /0.01$
- $CONC._{Cl2} = (0.01\times V_x)/0.01\times 35.5 =$ x g/l

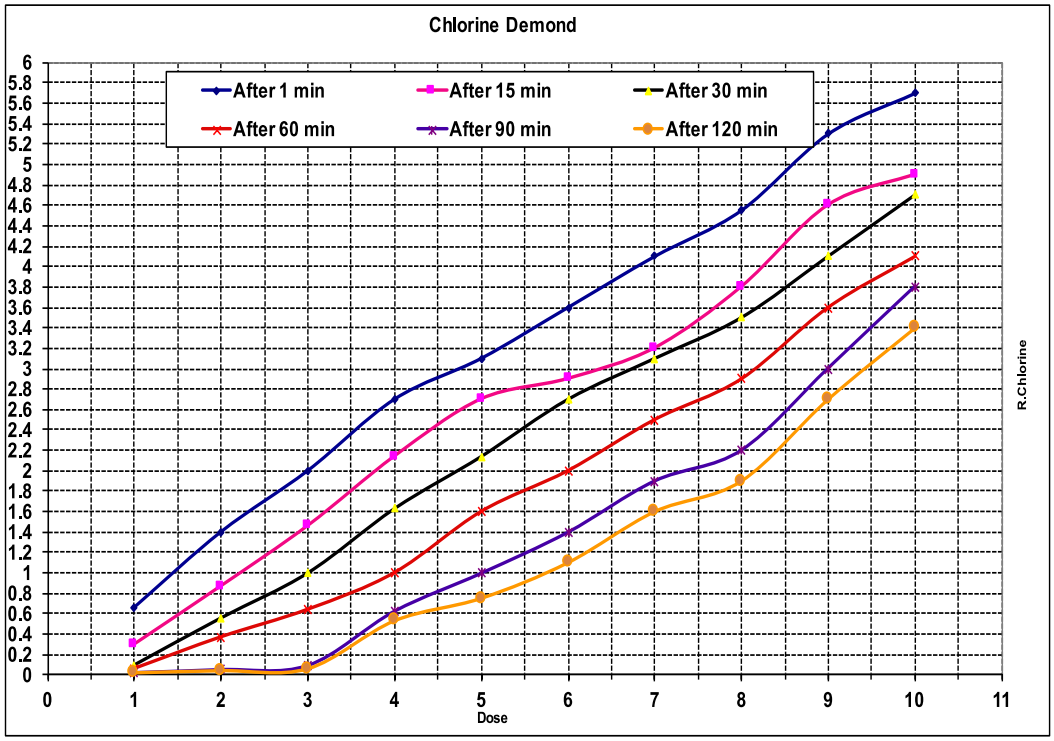
- ومنها يمكن حساب تركيز الكلور بالملجرام في الملتر الواحد mg/ml

3. قم بتوزيع المياه الخام في عشرة زجاجات بنية اللون بحجم 1 لتر لكل زجاجة.
4. قم بإضافة الكلور لكل الزجاجات بالتركيزات المختلفة الأتية: 1,2,3,.....,10ppm (ملجم/لتر) تحت سطح المياه الخام.
5. قم بالتقليب كل 10 دقائق للزجاجات كلها لمدة ساعتين (أو حسب فترة المكث بالمحطة)
6. قم بقياس الكلور الحر. (ppm) في أزمنة مختلفة.
7. قم برسم المنحنى الثلاثي (جرعة كلور & زمن & كلور متبقي) كما هو مبين بالمثال التالي.
8. يتم اختيار جرعة الكلور التي تعطي نسبة الكلور الحر المطلوبة (2ppm) والتي تكفي وجود نسبة من الكلور الحر لا تقل عن 0.4 ppm في نهاية الشبكة.

مثال عملي لتعيين جرعة الكلور المطلوبة

Dose	Residual Chlorine after					
	1 min	15 min	30 min	60 min	90 min	120 min
1	0.66	0.3	0.1	0.06	0.03	0.02
2	1.4	0.87	0.56	0.37	0.06	0.04
3	2	1.46	1	0.64	0.1	0.06
4	2.7	2.14	1.63	1	0.63	0.53
5	3.1	2.7	2.14	1.6	1	0.75
6	3.6	2.9	2.7	2	1.4	1.1
7	4.1	3.2	3.1	2.5	1.9	1.6
8	4.55	3.8	3.5	2.9	2.2	1.9
9	5.3	4.6	4.1	3.6	3	2.7
10	5.7	4.9	4.7	4.1	3.8	3.4

المنحنى الثلاثي لتعيين جرعة الكلور المطلوبة



2.4.2. تجربة نقطة انكسار الكلور (break point):

- يتم اعادة نفس الخطوات السابقة فى تجربة احتياج الكلور.
- قم بقياس الكلور الكلي المتبقي بإستخدام أقراص الـDPD سواء كلور الحر المتبقى او الكلور الكلى المتبقى طبقاً لـStandard method.
- قم بعمل رسم بياني للعلاقة بين جرعة الكلور والكلور المتبقي.
- ويكون الرسم البياني كالأتي **(في حالة وجود نسب قليلة من الأمونيا)**
- يتم حساب نقطة الإنكسار وإضافة جرعة كلور بالمحطة بحيث تكون نهاية الشبكات المتصلة بالمحطة تحتوي علي 0.5ppm
- إذا تم حساب الجرعة علي أنها 6ppm مثلا وكانت كميه المياه العكرة الداخلة للمحطة 100 لتر/ث
- إذن تكون كمية المياه الداخلة للمحطة هي 100×60×60= 360000 لتر/س

وبما أن:

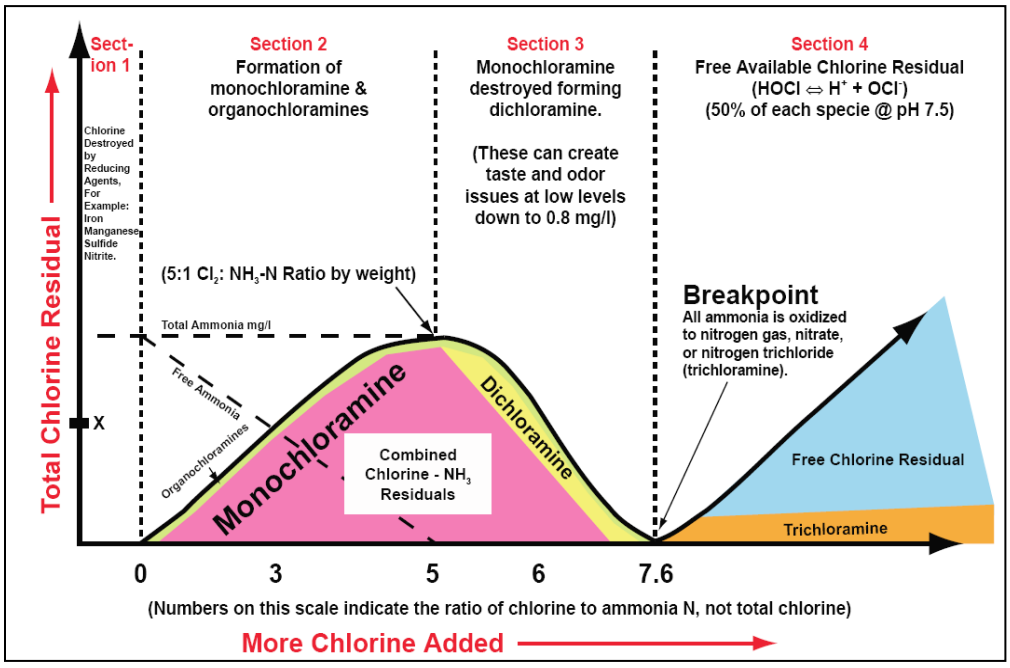
6 ملجرام ⟵ 1 لتر

س ⟵ 360000 لتر

س = (6×360000)/1= 2160000 ملجرام يتم إضافتها في الساعة أي

2160000/1000000=2.16كجم/س

- قم بضبط الجهاز علي 2.16 كجم/ساعة



2.5. المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

- **جرعة الكلور:**

تعرف جرعة الكلور بأنها أقل كمية تضاف إلي حجم من الماء تكفي للقضاء علي الكائنات الحية، وينتج عنها كلور متبقي في حدود معينة (2 ملجم / لتر) ووحدة الجرعة (ملجم / لتر) أو (جم كلور / م^3).

ويتم تحديد الجرعة المثلي للكلور عن طريق تجارب معملية حسب نوعية المياه المراد معالجتها

كمية الكلور المطلوب إضافتها للماء المطلوب معالجته و يتم تحديدها بوحدة (كجم / س).

مثال:

ما هي كمية الكلور المطلوب إضافتها لمعالجة 20000 م^3 / س بجرعة 5 جم/م^3

الحل:

في حالة الكلور الغاز :

كمية الكلور المطلوب إضافتها = 20000 X 5 /1000 = 100 كجم /س

في حالة الكلور الصلب (هيبو كلوريت الكالسيوم)

وفي حالة إضافة هيبوكلوريت الكالسيوم تركيز 65% بدلا من الكلور دون حدوث أي تأثير علي المياه المعالجة فإنه يلزم أولا معرفة كمية الكلور المطلوب إضافتها.

$$\text{كمية الهيبوكلوريت التي تعوض كمية الكلور} = \frac{\text{كمية الكلور(غاز)} \times 100}{\text{نسبة تركيز الهيبوكلوريت}}$$

مثال:

ما هي كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (65%) التي تضاف إلي المياه بدلا من 100 كجم كلور.

كمية الهيبوكلوريت التي تعوض كمية الكلور = (100 × 100) / 65 = 153.85 كجم

- **الكلور المستهلك**

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

الكلور المستهلك= كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقي

مثال:

ما هي كمية الكلور المستهلك إذا كان الكلور المتبقي 0.2 جم / م^3 بعد إضافة 100 كجم كلور لكمية مياه مقدارها 20000 م^3

الحل:

الكلور المستهلك= الكلور المضاف – الكلور المتبقي

كمية الكلور المتبقي = 0.2 جم /م^3 × 20000 م^3 = 4000 جم = 4 كجم

∴ الكلور المستهلك = 100 –4 = 96 كجم

هذه الكمية استهلكت بواسطة الكائنات الحية والمواد العضوية وغير العضوية والشوائب الموجودة بالماء و لابد من وجود كلور متبقي بعد كل هذه الأستهلاكات وهذا دليل على أنه لم يعد هناك أي كائنات حية أو خلافه وأن الماء أصبح خاليا منها ومعقما تماما.

- **الكلور المتبقي:**

أ. الكلور المتبقي المتحد:

ينتج عند إضافة قدر من الكلور يكفي فقط للاتحاد مع الأمونيا الموجودة بالماء وبرغم أن تلك البقايا المتحدة تحمل قدرات أكسدة تفوق قدرة الكلور الحر، إلا أن فاعليتها كمادة مطهرة تقل عن فاعلية الكلور الحر وللحصول علي الكلور المتبقي المتحد لا يضاف إلي الماء فإذا كان الماء يحتوي علي قدر ضئيل من الأمونيا لا يكفي للاتحاد مع الكلور فإنه يتم إضافة الأمونيا أيضا إلى الماء.

ب. الكلور المتبقي الحر:

ينتج عند إضافة الكلور إلى الماء بالقدر الذي يكفي لاستهلاك الأمونيا الموجودة في الماء والقضاء عليها. الكلور المتبقي الحر، كما ذكرنا قبل ذلك، أكثر فعالية من الكلور المتبقي المتحد كمادة مطهرة.

هذا وتتوقف كمية الكلور المتبقي علي:

1. درجة الحرارة
2. زمن التلامس
3. جرعة الكلور
4. الآس الهيدروجيني
5. كمية المواد والشوائب التي قد تتواجد في الماء.

2.6. العوامل التى تؤثر على كفاءة عملية التطهير

- جرعة الكلور
- مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)
- درجة الحرارة
- درجة تركيز أيون الهيدروجين
- عكارة الماء
- قلوية وحامضية الماء
- وجود المركبات الآزوتية في الماء

- وجود مركبات الحديد والمنجنيز
- نوع وعدد البكتريا المراد القضاء عليها

- **جرعة الكلور:**

بديهى أن فاعلية الكلور في القضاء علي البكتريا تزيد بإزدياد جرعة الكلور المضافة إلى الماء.

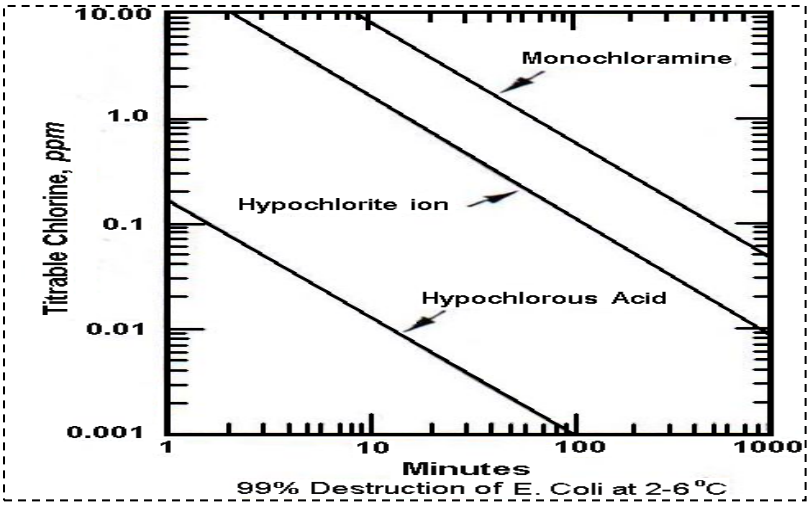
- **مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس):**

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

$$\text{Effective of chlorine } \alpha\ C\ (\text{Conc.}) \times T\ (\text{TIME})$$

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

من المهم معرفة فترة التلامس الملائمة لنوع الكلور المتبقي الموجود بالماء، فمثلا نعتمد على الكلور الحر المتبقي في التطهير عندما يكون الوقت المستقطع من نقطة إضافة الكلور حتى نقطة استهلاكه قصير. الشكل الاتي يبين العلاقة بين الوقت اللازم لقتل بكتريا E–coli بنسبة 99٪ عند درجة حرارة 2–6°م، ونوع الكلور المتبقي بالماء.



العلاقة بين بكتيريا القولون ونوع الكلور المتبقي بالمياه

- **درجة الحرارة:**

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

- **درجة تركيز أيون الهيدروجين:**

لقد تبين أن المياه ذات التركيز الهيدروجيني المنخفض تلزمها جرعات كلور أصغر من المياه ذات التركيز الهيدروجين المرتفع للحصول علي نفس كفاءة التطهير. وتفسير ذلك أن الأس الهيدروجيني هو الذي يحدد النسبة بين تركيزي كل من: $HOCl$ ، OCl^-.

استخدام مركبات الهيبوكلوريت في عمليات التطهير ترفع من قيمة الـpH 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.

pH range	CT in mg.min.l^{-1} 0–5°C	10°C
7.0–7.5	12	8
7.5–8.0	20	15
8.0–8.5	30	20
8.5–9.0	35	22

- **عكارة الماء:**

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

- **قلوية وحامضية الماء:**

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

- **وجود المركبات النيتروجينية 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)

- **وجود مركبات الحديد والمنجنيز:**

وهذه أيضا تحد من فاعلية الكلور في قتل البكتريا، حيث تتفاعل مع الكلور لتتحول من صورة ذائبة إلى صورة غير ذائبة.

- **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 بالإنقسام تكون في العادة أقل مقاومة من البكتريا التي تتكاثر بالإنقسام، كذلك فإن 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 أن إضافته كغاز أكثر فاعلية من إضافته كمحلول أو مسحوق لأحد مركباته.

2.7. الكشف عن وجود تسرب 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 لوجود 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 أنتشر في مكان التسريب حيث يتم العمل علي إيقاف التسرب الذي حدث.

2.8. سعة تخزين أسطوانات الكلور:

تراعي محطات المياه أن يكون لديها سعة تخزين مناسبة تكفيها لمدة شهر أو أسبوعين علي الأقل وقد وضعنا في الأعتبار أن نوضح كيفية حساب هذه الكمية وهي كالتالي:

بإستخدام جرعة كلور مبدئي = 6 جرام / متر^{٣}

بإستخدام جرعة كلور نهائي = 2 جرام / متر^{٣}

مثال:

حساب كمية الكلور اللازمة في اليوم لمحطة مياه تصرفها 10000 م^{٣}/يوم

كمية المياه الخام = 11000 م^{3}/يوم

كمية المياه المنتجة = 10000 م^{3}/يوم (10% فاقد)

كمية غاز الكلور اللازمة في اليوم= (كمية المياه العكرة في اليوم × جرعة الكلور المبدئي) + (كمية المياه المرشحة × جرعة الكلور النهائي).

كمية غاز الكلور اللازمة في اليوم =(11000 x 6) + (10000 X 2)/1000=86كجم /يوم

حساب عدد أسطوانات الكلور

باستخدام أسطوانات كلور سعة (1طن) تعبئة 800 كجم:

يلزم للتخزين لمدة أسبوعين (14) يوما عدد 2 أسطوانة.

نستخدم عدد 1 أسطوانة في الكلور المبدئي

عدد 1 أسطوانة في الكلور النهائي و 2 أسطوانة في احتياطي للتخزين.

إجمالي عدد الاسطوانات (4) سعة (1) طن.

2.9. معايرة جهاز الكلور:

يضيف جهاز الكلور الغاز بالكيلو جرام / ساعة ولمعرفة هل كفاءة الجهاز جيدة أم لا نستخدم أي من الطرق الآتية:

- **طريقة وزن الاسطوانة:**

1. يتم وزن الأسطوانة قبل التشغيل.....ك$_1$
2. يتم تشغيل جهاز الكلور وضبطه علي الجرعة المطلوبة....كجم /ساعة
3. يتم وزن الأسطوانة بعد وقت مثلا 10 دقيقة.....ك$_2$
4. عن طريق حساب فرق الوزن يمكن منها حساب كفاءة الطلمبة كالأتي:
5. مثلا لو فرضنا أن الطلمبة علي 6 كجم /ساعة

- إذن في الدقيقة 60/6= 0.1 كجم.....إذن في 10 دقائق 1 كجم
- فرق الوزن =وزن الأسطوانة في البداية ك$_1$–وزن الأسطوانة بعد 10 دقائق ك$_2$= كجم
- فرق الوزن النظري = 1طن
- يمكن حساب الكفاءة = (كجم/ طن)×100

- **الطريقة المعملية (باستخدام المنحنى الثلاثي للكلور):**

1. قم بعمل منحنى ثلاثي حديث للكلور.
2. بمساعدة مسئولي التشغيل يتم التأكد من جاهزية منظومة الكلور للعمل وأنه لا توجد أي اعطال أو مشاكل بأي جزء من المنظومة وأنه لا توجد تصفية للإسطوانات.
3. يتم التأكد من ثبات كمية العكرة أثناء اجراء التجربة.
4. يتم قياس الكلور المتبقي في بئر التوزيع.
5. يتم مقارنة هذه القراءة على منحنى الكلور الثلاثي لمعرفة الجرعة.
6. يتم قسمة الجرعة المقابلة للكلور المتبقي من المنحنى على كمية العكرة للحصول على عدد الكيلو جرامات من الكلور الفعلية ثم يتم مقارنتها بقراءة تدريج الجهاز.
7. إذا كانت القراءة متطابقة فهذا يعني أن الجهاز سليم.
8. إذا كان هناك اختلاف قم باعادة التجربة مرة أخرى أكثر من مرة مع رفع جهاز الكلور بشكل تدريجي وقياس الكلور المتبقي في بئر التوزيع ومقارنته بالمنحنى الثلاثي وذلك للتأكد من أن زيادة الكلور من خلال الجهاز تؤدي لزيادة الكلور المتبقي.

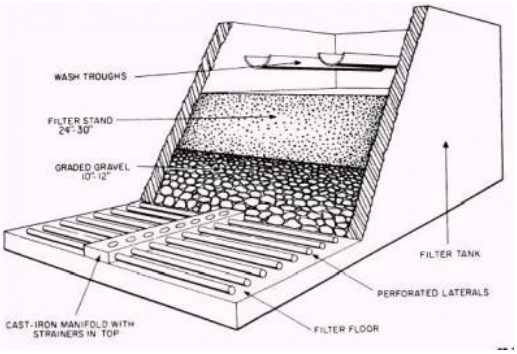
9. قم بقسمة الجرعة المقابلة للكلور المتبقي من المنحنى على كمية العكرة للحصول على عدد الكيلو جرامات من الكلور الفعلية ثم يتم مقارنتها بقراءة تدريج الجهاز.

10. إذا تم التأكد من الاختلاف يتم اعادة تدريج زجاجة البيان الخاصة بجهاز الكلور.

3. تجارب التحكم فى تشغيل المرشحات

3.1. المرشحات

الترشيح هو عملية فيزيائية تشتمل إزالة المواد العالقة (suspended solids) في محلول ما عن طريق إمراره خلال وسط مسامي يسمح بنفاذ المحلول دون المواد العالقة.



إذن فعملية الترشيح هي فصل فيزيائي حيث لا يحدث أي تفاعل كيميائي خلال عملية الفصل وتتم عملية الفصل بين طورين :

الطور السائل: وهو المحلول (liquid phase)

الطور الصلب: وهو المواد العالقة (Solid phase)

وفي حالة معالجة مياه الشرب فان الطور السائل هو الماء و الطور الصلب هو الشوائب المعلقة. وأهم ما يميز عملية الترشيح أنها تقوم بفصل المواد العالقة (suspended solids) دون المواد الذائبة (dissolved solids) والتي تمر مع الماء من خلل الوسط المسامي.

الترشيح مطلوب في معظم أنظمة المعالجة والمرشح لابد وأن يقوم بتقليل العكارة لأقل من NTU 0.5 في 95% من القياسات علي مدار شهر كامل والمياه المنتجة لابد أن لا تزيد فيها العكارة عن NTU 1 في أي من العينات.

من الخلفية العلمية العكارة ليس لها أي تأثير علي الصحة العامة ولكن لماذا كل هذه المتطلبات بالنسبة للعكارة، وذلك لأن المياه ذات العكارة العالية صعبة التطهير وذلك لأسباب كثيرة:

1. أن الكائنات الدقيقة يمكنها أن تحتمي بجزيئات العكارة.
2. الكلور يمكنه التفاعل مع بعض الجزيئات العالقة وبالتالي تؤثر علي فاعلية الكلور.
3. تؤثر علي نسبة الكلور الحر في الشبكات نتيجة استهلاكها في المرشحات.
4. جزيئات العكارة أيضا تقوم بالترسيب في الشبكات مسببة مشكلة طعم ورائحة ونمو بكتيري.
5. العكارة يمكن إستخدامها كمؤشر علي وجود الكائنات الدقيقة لأن من الصعب إختبار وجود مثل هذه الكائنات وبالتالي وضع تشديدات علي نسب العكارة الناتجة من المحطات لضمان عدم مرور أي من هذه الكائنات إلي الشبكات.

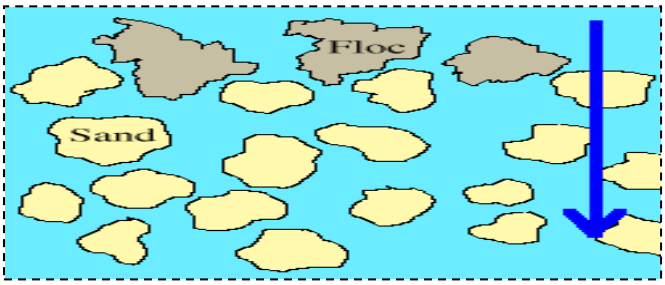
3.2. أنواع المرشحات الرملية :

1. المرشح الرملى البطيء
2. المرشح الرملى السريع (بالجاذبية , بالضغط)

3.3. نظريات عمل المرشحات:

3.3.1. التصفية الميكانيكية (straining)

بتمرير المياه خلال الوسط الترشيحي (الذي يعمل كمصفاه نتيجة للمسام الموجودة بين الرمل) يقوم باحتجاز الجزيئات الكبيرة الأكبر من المسام وتمر المياه من خلال المسام تاركه هذه الجزيئات خلفها ويمكن توضيحه بالشكل الآتي:



ولكن في بعض الأحيان تكون المسام بين جزيئات الرمل أكبر من الجزيئات العالقة ومع الوقت فإن الجزيئات العالقة التي يتم احتجازها علي السطح جاعلة المسام أصغر ومع هذا فإن المرشح الجديد يقوم بإنتاج مياه نقية فلذا لابد من نظرية أخرى لتفسير عمل المرشح.

3.3.2. الإمتزاز

هو إلتصاق جزيئات الغازات و السوائل و الجزيئات الذائبة علي سطح مادة أخري بواسطة قوي فاندرفال Van Der Waals (الجزيئات تصبح ملتصقة علي سطح الرمل) وبالتالي يمكن للإمتزاز أن يزيل الجزيئات الصغيرة جدا.

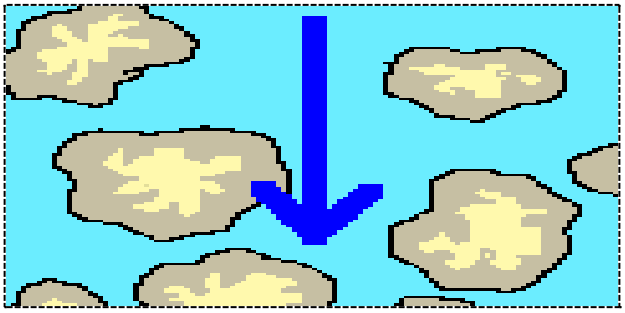
3.3.3. التفاعلات البيولوجية

يتم فيها تكسير المواد المختلفة الموجودة في المياه بواسطة الكائنات الدقيقة وبالتالي إزالتها وتحويلها إلي شكل أخر غير ضار ولكن هذه الظاهرة تعتمد علي مده تواجدها في المرشح أي كلما زادت نسبة الإزالة وبالتالي فهي ذات أهمية في المرشحات الرملية البطيئة نظرا لطول بقاء الماء بالمرشح.

3.3.4. المسام بين الحبيبات تعمل كأحواض ترسيب متناهية في الصغر

Voids act as minute settling tank

هذه النظرية تفسر سبب حجز المواد العالقة الغروية والبكتريا التي يصغر حجمها عن حجم المسام إذ لترسب هذه المواد علي سطح الرمل عندما تهبط من أعلي إلى أسفل وتخرج المياه خلال طبقة المرشح خالية منها .



3.3.5. التفاعلات الكهربائية

تحمل كل حبيبات الرمل عندما تكون نظيفة وكذلك المواد العالقة بالمياه شحنات كهربائية مختلفة في النوع فيحدث تجاذب بينهما مما يسبب التصاق المواد العالقة بالرمل وتراكم المواد العالقة علي سطح الحبيبات فتتعادل الشحنات الكهربائية علي سطح كلا منهما وعند ذلك يجب غسيل المرشحات لتجديد الشحنات الكهربائية للرمل.

3.4. العوامل المؤثرة علي عملية الترشيح :

1. مواصفات الوسط الترشيحي

2. معدل الترشيح
3. جودة المياه المروقة
4. جرعة المادة المروبة المستخدمة
5. ارتفاع الوسط الترشيحي

3.4.1. مواصفات الوسط الترشيحي:

حجم الحبيبات وتدرجها والمقصود بتدرج الحبيبات أن العينة المأخوذة من الرمل تحتوي على حبيبات ذات أقطار مختلفة وللتعرف علي أهمية التوزيع الحجمى لحبيبات الوسط الترشيحي يمكن أن نتخيل وسط ترشيحي ذو تدرج كبير بين الحبيبات عند غسيل الوسط الترشيحي ترتفع الحبيبات الصغيرة إلي أعلى وتسقط الحبيبات الكبيرة إلي أسفل وعند بدء الترشيح مرة أخري نجد أن الطبقة العليا من المرشح ذات كفاءة ترشيح أعلى بينما لا تؤثر الطبقات السفلي علي جودة المياه المرشحة مما يعجل بإنسداد المرشح وقصر فترة تشغيل المرشح. و يجب اختيار الوسط الترشيحي حسب التعليمات الواردة بكتيب تصميم المحطة و التي تحدد الحجم الفعال و معامل الانتظام الخاص بالمحطة.

3.4.2. معدل الترشيح:

معدل الترشيح = كمية المياه التي تدخل المرشح (م^3/س) / مساحة السطحية م^2

ويختلف معدل الترشيح تبعاً لنوع الوسط الترشيحي ونوع المرشح ففي المرشحات الرملية البطيئة يكون الترشيح 0.1 م/ساعة بينما في المرشحات الرملية السريعة يكون معدل الترشيح في حدود 4: 6 م/ساعة ويمكن زيادة معدل الترشيح إلى 8 م/ساعة في حالة جودة المياه المروقة. وقد تصل سرعة الترشيح في

مرشحات الترشيح من أسفل إلي أعلي إلي 18 م/ساعة وقد تزيد علماً بأنها قد تستخدم كمعالجة إبتدائية للمياه.

3.4.3. جودة المياه المروقة:

والمقصود هي المياه الداخلة إلي المرشح حيث تؤثر جودة المياه الداخلة علي سرعة أنسداد المرشح وجودة المياه المرشحة. بالنسبة للمرشحات الرملة السريعة ذات الوسط الترشيحي ذو الحجم الفعال 0.8 مم يجب أن يسبق الترشيح عملتي تنديف وترسيب حتى يتم التخلص من معظم المواد العالقة والشوائب للحصول علي فترة تشغيل اقتصادية للمرشح. بينما في محطات الترشيح المباشر لا توجد عملية الترسيب التى تسبق الترشيح ولذا يجب ألا تزيد عكارة المياه الداخلة إلي المرشح عن5 NTU للحصول علي فترة تشغيل اقتصادية للمرشح.

3.4.4. جرعة المادة المروبة المستخدمة:

وهي من أهم العوامل التي تؤثر على عملية الترشيح إذ أن الترويب والتنديف الجيد والجرعة المناسبة هي العصا السحرية لعملية المعالجة و تعمل الشبة علي تكوين ندف ذات حجم مناسب يمكن ترسيبها بسهولة وبالتالي تتحسن جودة المياه المروقة. وفي محطات الترشيح المباشر تكون جرعة الشبة هامة جداً إذ أن جرعة الشبة الكبيرة تقوم بتكوين ندف كبيرة مما يؤدي إلي أنسداد المرشح بينما جرعة الشبة المناسبة لمحطات الترشيح المباشر كما ذكرت الكتب المتخصصة والدارسين يفضل أن تكون في حدود 20 جم / م^{3}1.

3.4.5. ارتفاع الوسط الترشيحي:

عمق المرشح هو المكان الذي يتم فيه حجز الشوائب وهو أحد العوامل المؤثرة على جودة الترشيح إذ أن مع زيادة عمق المرشح تزداد الفترة التي يتم بها حجز الشوائب وبالتالي تزداد جودة المياه المرشحة.

ومن خلال خبرات العاملين يمكن القول أنه توجد علاقة بين الحجم الفعال للوسط الترشيحي وأرتفاع الوسط الترشيحي حيث مع صغر الحجم الفعال يفضل أن يكون الوسط الترشيحى ذو أرتفاع صغير وبالعكس مع وسط ترشيحي ذو حجم فعال كبير يفضل أن يكون أرتفاع الوسط الترشيحي كبير للحصول علي جودة عالية للمياه المرشحة وفي نفس الوقت فترة تشغيل اقتصادية للمرشح. ويمكن القول أن العلاقة بين أرتفاع الوسط الترشيحي والحجم الفعال هي:

$$(L/d = 1000)$$

عمق الوسط الترشيحى سم =L

قطر حجم الحبيبات سم =d

3.5. إختبارات التحكم في الترشيح

3.5.1. تجربة اختيار الوسط االترشيحي (الرمل)

طريقة أخذ العينة:

1. تؤخذ ثلاثة أجزاء متفرقة من الرمال وتخلط لتكون عينة الإختبار.
2. لا تقل العينة عن نصف كيلو.

طريقة التحليل:

1- تستخدم المناخل التي يتراوح قطرها من 0.6 إلى1.4 مم وتوضع المناخل بالترتيب بحيث القطر الأكبر للمناخل بالأعلى والقطر الأصغر بالأسفل.

2- توضع 100جم من الرمل على المناخل على دفعات ويشغل الهزاز الميكانيكي لمدة ربع ساعة.

3- يجب عدم دفع الرمال المتبقية للمرور خلال الفتحات.

4- يتم وزن الرمال المتبقية على كل منخل على حدة.

5- يتم تحديد النسبة المئوية لمطابقة العينة.

في حالة إختبار تعيين قطر الزلط يتم إستبدال المناخل بأقطار تتراوح بين 2 إلى 5 مم.

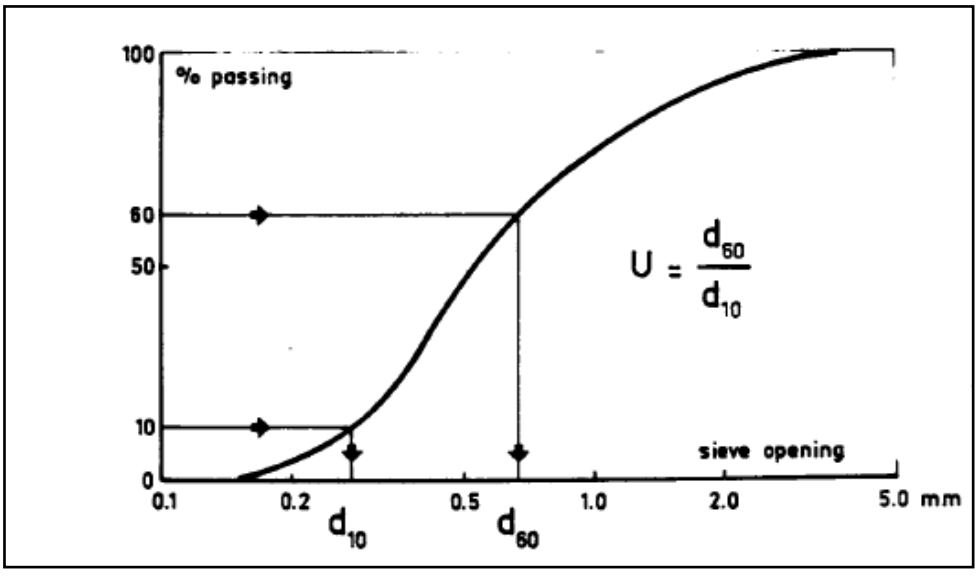
إختبار الشوائب:

1. توضع 100 جم من الرمل ويتم إذابتها في HCl (20%) وتركها لمدة 24 ساعة.
2. يتم غسل العينة بالماء المقطر جيدا وتجفيفها في الفرن.
3. توزن العينة بعد التجفيف وتحسب نسبة الشوائب بالنسبة للعينة الكلية.

ملاحظات:

1. يجب ألا يزيد نسبة الرمل الخشن عن 5 %
2. يجب ألا يزيد نسبة الرمل الناعم عن 5 %
3. يجب ألا تزيد نسبة الشوائب عن 3,5 %.

يتم تسجيل النتائج التي تم الحصول عليها من التجربة في جدول و رسم المنحني البياني كالتالي:



ويتم رسم المنحني وتحديد الحجم الفعال ومعامل الأنتظام

حيث أن:

أ- الحجم الفعال:

هو مقياس فتحة المنخل التي تمرر 10% من وزن العينة أو هو مقاس المنخل الذي يحجز 90% من وزن العينة، و يعتمد علي معرفة الحجم الفعال في الحسابات الخاصة بالترشيح بقيمه حيود ±5% طبقا للمواصفة المصرية.

ب–معامل الأنتظام:

ويعرف بأنه هو نسبة مقاس المنخل الذي يمرر 60% من وزن العينة إلى مقاس المنخل الذي يمرر 10% من وزن العينة ويتراوح مابين(1.35–1.5)

$(U = d_{60}/d_{10})$

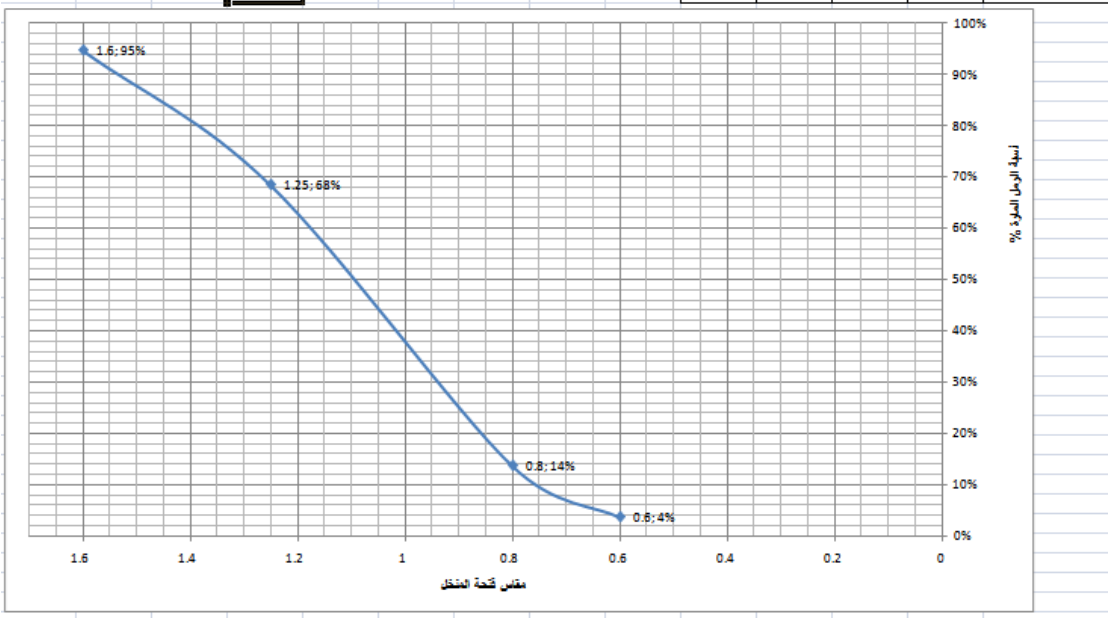
ج– المسامية:

وهي نسبة حجم الهواء داخل الوسط الترشيحي إلي الحجم الكلي للعينة و(مسامية الرمل ذات الحجم الفعال 0.8 مم = 40% تقريباً وتختلف تبعاً لمعامل الأنتظام) وهي أحد الخواص الهامة التي تؤثر على معدل الترشيح وجودة المياه المنتجة وكفاءة المرشح وكذلك على إجراءات التشغيل .

د– **الكثافة:** وهي وزن حجم 1م^{3} من العينة مقاساً بالكيلو جرام.

مقاس فتحة المنخل	1.6	1.25	0.8	0.6
الكمية المحجوزة	52.8	262.94	548.16	99.75
الكمية المارة	947.2	684.26	136.1	36.35
Pass %	95%	68%	14%	4%

طيطا ٢					
60%	1.15		يزيد عن ١.٦	5	
10%	0.66	1.74242	يقل عن ٠.٧	6	



3.5.2. تجربة تحليل عكارة مياه الغسيل (الزمن الأمثل لغسيل المرشح)

الغرض:

لحساب الزمن الأمثل لغسيل المرشح. ويمكن تعريف هذا الزمن بالزمن اللازم لكي تصل عكارة مياه الغسيل حتى (10 – 15) NTU.

ملاحظة هامة:

لا يستمر الغسيل حتى تكون مياه الغسيل ذات عكارة قليلة وذلك لأن جزيئات العكارة الموجودة في مياه الغسيل نحتاجها لتكوين طبقة (Biological film) بسرعة وحتى لا تستهلك طاقة ومياه وكيماويات دون عائد يذكر.

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	

الأدوات:

1. ساعة إيقاف
2. ساحب عينات (Grab Sampler)
3. جهاز قياس عكارة
4. عدد 30 زجاجة عينات 100 مل
5. نموذج عمل (مرفق)
6. ورق رسم بياني

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

الخطوات:

1. قم بترقيم الزجاجات من (1-30)
2. خصص أحد الأفراد ليقوم بحساب الوقت وإخبارك لرفع عينة كل دقيقة

3. قم ببدء عملية الغسيل

4. قم بسحب العينة عند بداية خروج المياه من المرشح إلي الصرف (من مجري مياه الصرف) يفضل أخذ العينة من مكان تجمع مياه الغسيل

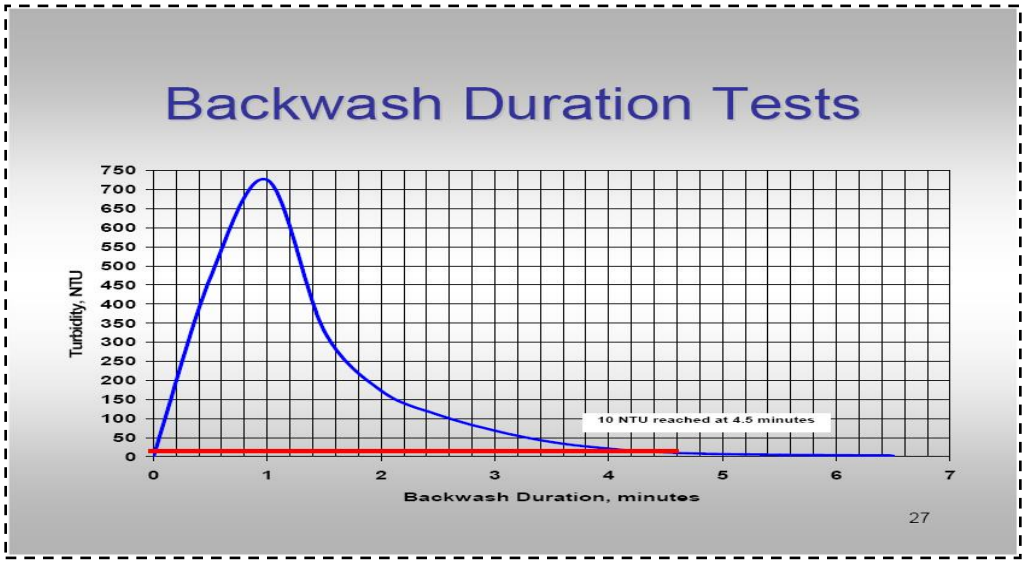
5. قم بسحب عينة كل دقيقة في زجاجات أحد العينات حتي أنتهاء عملية الغسيل ويفضل مد فترة الغسيل الطبيعية من 3 – 5 دقيقة أثناء هذه التجربة

6. قم بقياس العكارة للعينات المرفوعة.

7. قم برسم علاقة بين الزمن بالدقيقة والعكارة ب (NTU)

8. لاحظ متي كانت عكارة مياه الغسيل 10 – 15 (NTU)

و الشكل البياني التالى يوضح أمثلة لغسيل المرشحات.



3.5.3. تجربة المحتوى الطيني للمرشحات (الحد الأقصى 12 كجم/م^3)

يتم قياس المحتوى الطينى للمرشح بهدف تحديد العمر التشغيلى للمرشح و تقييم كفاءة عمليات التنقية (الترويق – الترشيح) و تقييم أسلوب غسيل المرشحات.

الكيماويات والكواشف :

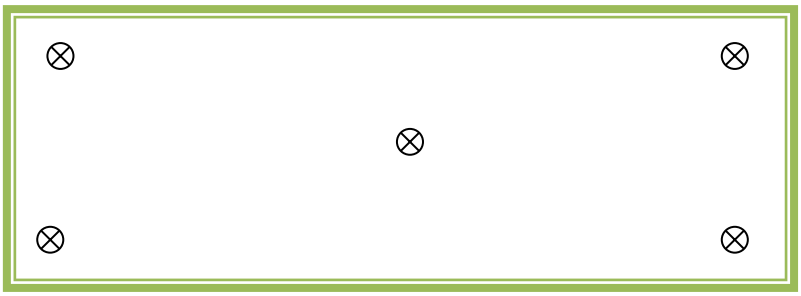
حمض الهيدروكلوريك المخفف (1%) .

المعدات:

ميزان حساس – جفنة .

خطوات التجربة :

- يتم إجراء القياس بعد عدد ساعات تشغيل (24 ساعة تشغيل) .
- تؤخذ عينات من رمل المرشح من على السطح وعلى بعد لا يذيد عن 40سم من سطح الرمل طبقا" للشكل الموضح التالى، ثم يوضع 100 سم3 من كل عينة فى جفنة. وتجفف ثم توزن فيكون الوزن بالجرام هو وزن الرمل + وزن المحتوى الطينى الموجود بالرمل



- يغسل الرمل بالماء المقطر وحامض الأيدروكلوريك المخفف ثم يجفف ويوزن فيكون الوزن الناتج (بالجرام) هو وزن الرمل فقط.
- الفرق بين الوزنين السابقين هو وزن الطين الموجود فى 100 سم3 (بالجرام) ويتم حساب وزن الطين الموجود فى المتر المكعب .

التقرير :

$$\text{كجم/م3} = \frac{\text{وزن الطين السابق (بالجرام)} \times 1000000}{1000 \times 100}$$

المرجع :

الكود المصرى للتشغيل والصيانة

3.5.4. تجربة قياس عمق الوسط الترشيحي Evaluation of Bed Depth

الغرض:

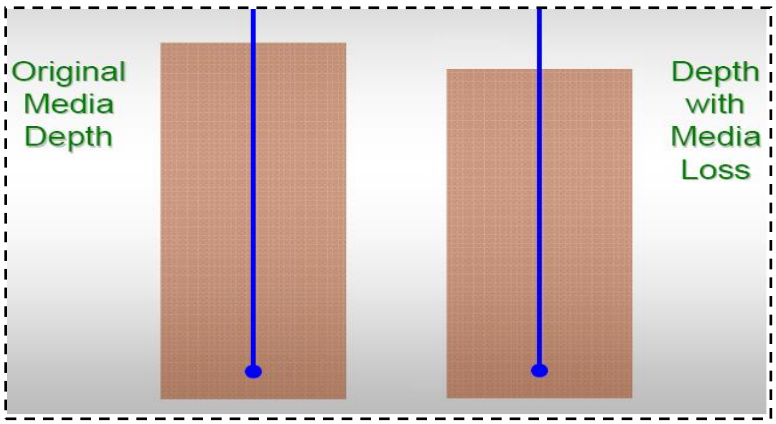
هو معرفة عمق الوسط الترشيحي لمعرفة هل يوجد فاقد في الرمل أم لا.

الأدوات:

1. حربة
2. مسطرة مدرجة
3. لوح خشبي

الخطوات:

1. قم بتفريغ المرشح من المياه ولكن لمستوي أسفل سطح الوسط الترشيحي مباشرة.
2. قم بوضع اللوح الخشبي علي سطح المرشح لتقف عليه ولعدم تعرض الوسط الترشيحي للتلوث.
3. قم بغرز الحربة في الوسط الترشيحي حتي تقف.
4. قم بقياس العمق الذي وصلت له الحربة (=عمق الوسط الترشيحي) ويمكن إيضاحه بالشكل التالي:



3.5.5. تجربة قياس معدل الترشيح (filtration rate analysis)

الغرض

قياس معدل الترشح الخارج من المرشح م٣/م٢/د

الأدوات

1. ساعة إيقاف
2. مسطرة خشبية مدرجة
3. نموذج حساب التصرف الفعلي لمياه الترشيح(مرفق)
4. آلة حاسبة

الخطوات

1. قم بتثبيت المسطرة الخشبية علي سطح المرشح
2. قم بغلق محبس الترشيح
3. لاحظ مستوي المياه من علي تدريج المسطرة الخشبية
4. قم بفتح محبس الترشيح وحساب الوقت اللازم لهبوط مستوي المياه 15 سم، الزمن (ز) بالدقيقة.
5. قم بحساب مساحة سطح المرشح مطروحا منها أي زيادات

الحسابات

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 ❑

حجم المياه المتدفقة (مساحة المرشح م^2 x 0.15م)

معدل تدفق المياه المرشحة م^3/م^2/د = ____

مساحة المرشح م^2

ومنها يمكن حساب معدل الترشيح للدقيقة الواحدة

- ويكون معدل الترشيح المسموح به لكلا من:
- المرشح الرمل البطئ من 0.003-0.002 م^3/م^2/د
- المرشح الرمل السريع من 0.13-0.08 م^3/م^2/د

3.5.6. تجربة معدل تدفق مياه الغسيل Back wash flow rate analysis

الغرض:

هو حساب التصرف لمياه الغسيل الفعلي

الأدوات:

1. ساعة إيقاف
2. مسطرة خشبية مدرجة
3. نموذج حساب التصرف الفعلي لمياه الغسيل(مرفق)
4. آلة حاسبة

لخطوات:

1. قم بغلق مياه الدخول علي المرشح
2. قم بصرف المياه الموجودة في المرشح حتى 5 سم فوق سطحه فقط
3. قم بحساب طول وعرض المرشح من أعلي وأسفل وحذف الزيادات
4. قم بتثبيت المسطرة الخشبية علي سطح الوسط الترشيحي
5. قم بأخذ قراءة المسطرة L_1
6. قم بفتح محبس الغسيل بالمياه
7. قم بحساب الوقت اللازم لرفع المياه 25سم حتى L_2 ((L_1 + 15cm) .....(ز)
8. قم بتكرار العملية

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 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 ☐

الحسابات:

ومنها يمكن حساب حجم المياة المتدفق في الدقيقة

3.5.7. تجربة معدل تمدد الوسط الترشيحي Back wash Bed Expansion

الغرض:

حساب هل معدل تمدد الوسط الترشيحي كافي لتنظيف الوسط الترشيحي والتخلص من الملوثات.

الأدوات:

1. أسطوانة سشيسي (Secchi Disc)
2. شريط لتوصيلة بالأسطوانة
3. مسطرة 200سم
4. نموذج معدل تمدد الوسط الترشيحي

الخطوات:

1. قم بوضع الـ Secchi Disc علي سطح الرمل والمرشح متوقف وتم إخلاءه من المياه
2. قم بقياس طول الشريط
3. قم بتشغيل الغسيل بالمياه
4. قم بحساب الطول الذي يرتفعة ال Disc بحساب المرتخى في الشريط بإستخدام المسطرة
5. قم بحساب نسبة التمدد للمرشح وذلك بمعرفة عمق الوسط الترشيحي (120سم)

الحسابات:

$$\text{Expansion Percentage} = \frac{\text{طول الفائض في الشريط نتيجة لارتفاع الرمل}}{\text{عمق الوسط الترشيحي الفعلي}}$$

.

قم بمقارنتها بالجدول الأتي:

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

3.5.8. تجربة نسب الرواسب المحتجزة في المرشح Sludge retention profile

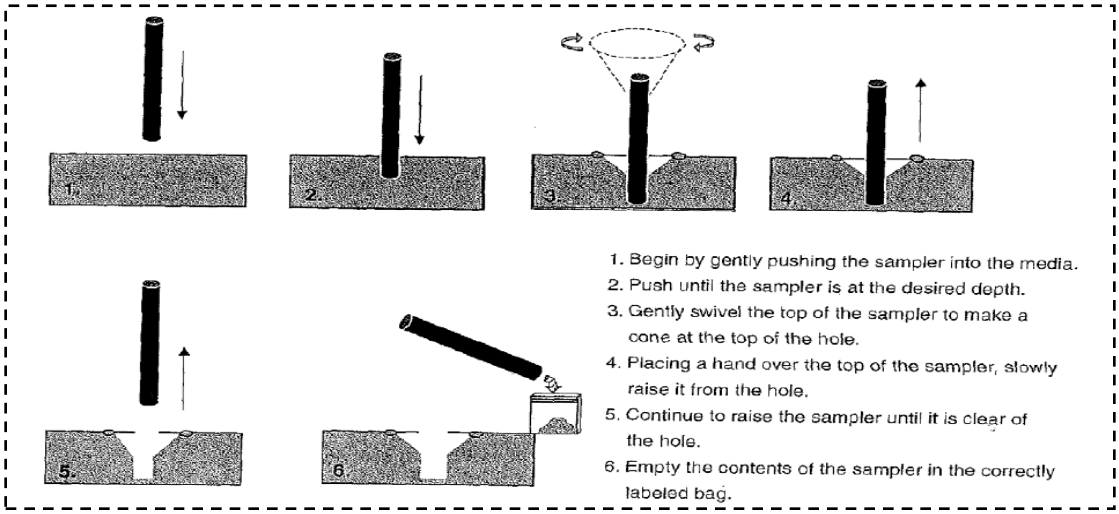
الغرض:

هي طريقة لحساب كمية الرواسب المتبقية علي المرشح فلا بد أن تكون كمية الرواسب المحتجزة علي المرشح مع أنتهاء فترة الغسيل من (30 – NTU60) ويمكن أستخدامها في معرفة هل يوجد إختراق لجزيئات العكارة بداخل الوسط الترشيحي.

الأدوات:

1. عدد 36 كيس بلاستيكي كبير
2. ماسورة لسحب عينات من الرمل قطر 2– 3 بوصة طول 25 بوصة ومدرجة
3. أسطوانة عيارية 100 مل و 1000 مل measuring cylinder 1000ml,100ml
4. كأس زجاجى سعة 1 لتر
5. كأس زجاجى سعة 50 مل
6. جهاز قياس عكارة
7. دورق مخروطي 1 لتر & 500 مل
8. نموذج عمل (مرفق)

الشكل التالي يوضح طريقة سحبها.



الخطوات:

1. نقوم بتفريغ المرشح من المياه تماما بعد ساعة واحدة من أنتهاء دورة الغسيل
2. بإستخدام الماسورة قم بغرسها في الرمل ونسحب منها عينة ونضعها في الكيس البلاستيكي وقم بقياس البعد الذي تم أخذ العينة منه بإستخدام تدريج الماسورة (العينة = 50 مل رمل)
3. قم بعمل مخروط في الرمل بواسطة تحريك الماسورة في الوسط الترشيحي بحركة دائرية.
4. قم بتكرار هذه العملية لأكثر من بعد بعمق الوسط الترشيحي.
5. قم بوضع 50 مل من الرمل (العينة) في دورق مخروطي 500 مل وأضف عليها 100 مل من مياه الطرد
6. قم بالتقليب بشدة
7. ضع 100 مل (المياه التي تم بها غسيل العينة) في مخبار 1 لتر
8. قم بتكرار العمليات (5& 6& 7) لـ 5 مرات
9. قم بالتخفيف لـ 1 لتر
10. قم بقياس العكارة وأضرب الناتج x 2

11. قم بتكرار العملية (5,6,7,8,9,10) للعينات كلها

12. قم بعمل علاقة بين العكارة والعمق الذي أخذ منه العينة

13. أرسم العلاقة بين العكارة والعمق الذي أخذ منه العينة

قم بمقارنة الرسم البياني الناتج مع الرسومات الأتية وذلك لمعرفه هل يوجد إختراق لجزيئات العكارة بداخل الوسط الترشيحي

Sludge Retention Profile Analysis Form

Date:_____ Filter I.D.: _____

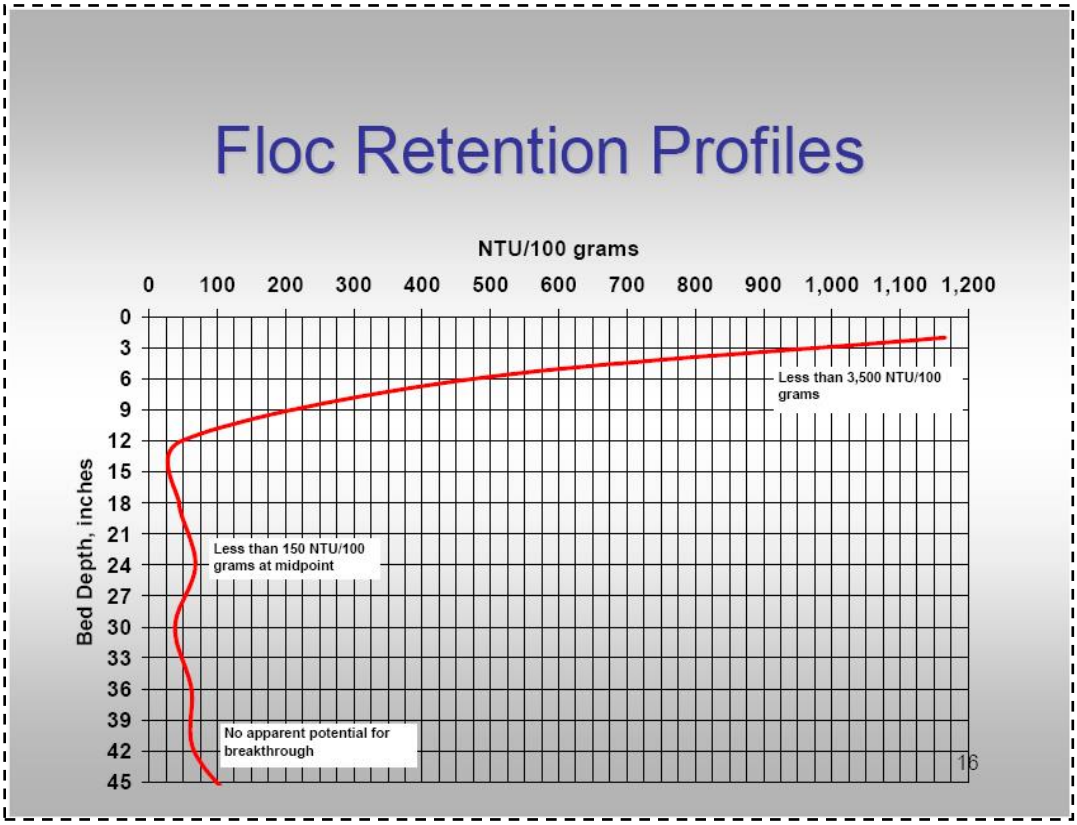
Evaluator:_____ Evaluator: _____

Evaluator:_____ Evaluator: _____

Evaluator:_____ Evaluator: _____

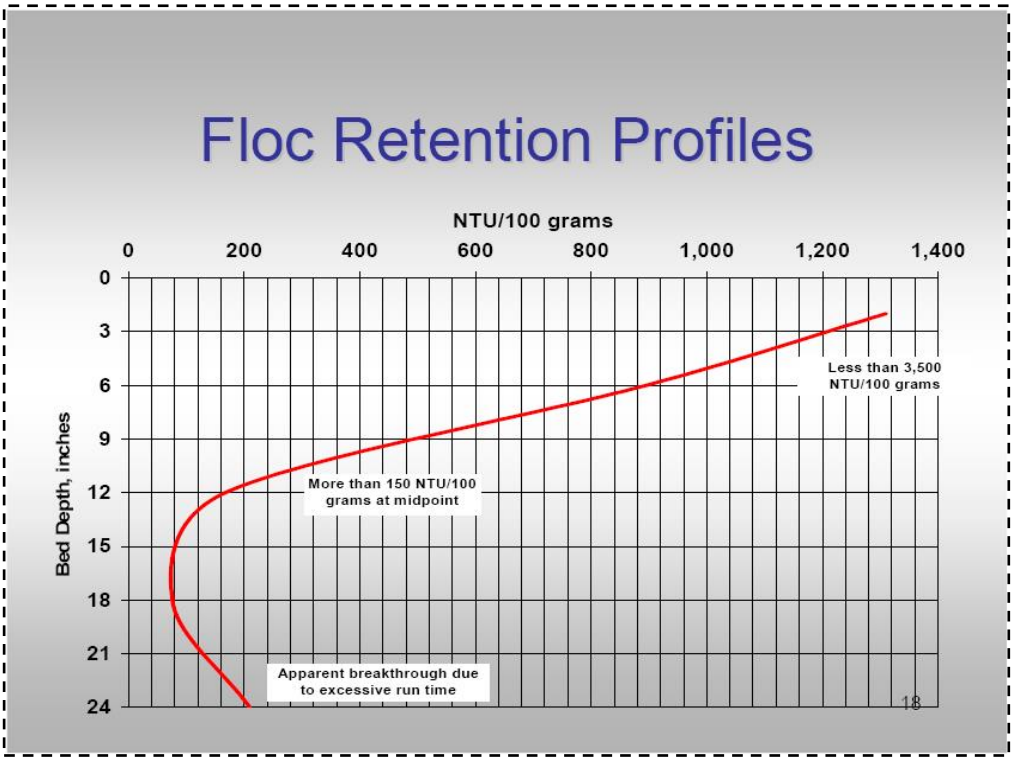
Data

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



الشكل يوضح عدم وجود إختراق لجزيئات العكارة داخل الوسط الترشيحي

الشكل يوضح وجود اختراق لجزيئات العكارة داخل الوسط الترشيحي



3.5.9. تجربة تحليل كرات الطين Mud ball analysis

الغرض:

هو تقييم حالة المرشح لمعرفة وجود كرات طين أم لا.

الأدوات:

1. منخل رقم (12) قطر 10 مم
2. ساحب عينات لكرات الطين وهو عبارة عن ماسورة قطر 2.5 بوصة بطول 15 سم
3. أكياس بلاستيك
4. مخبار عياري 25 مل

الخطوات:

1. قم بأخذ عينة بإستخدام Mud ball sampler الموضح بالرسم بعد غسيل المرشح وتفريغه من المياه تحت السطح مباشرة
2. يتم أخذ العينة من 5 أماكن متفرقة علي سطح المرشح وبغرس Mud ball sample لمسافة تقريبا 15 سم في الوسط الترشيحي
3. قم بدفع Mud ball sampler في مستوي أفقي ولا تقوم بتغيير هذا الوضع
4. فرغ محتوي Mud ball sampler في كيس بلاستيك
5. كرر هذه الخطوات 7 مرات ونضعهم في نفس الكيس
6. قم بقياس حجم هذه العينة قبل عملية النخل بوضعها في مخبار مدرج 1000 مل به 500 مل $(V_i)s$ من المياه وقياس الأرتفاع الجديد بعد وضع العينة $(V_f)s$
7. قم بغمر المنخل حتي منتصفه في المياه

8. قم بوضع العينة برفق علي المنخل

9. قم برفع وخفض المنخل في المياه حتي يتم غسيل الوسط الترشيحي

10. كرر هذه الخطوات حتي يتم تنقية كل العينة

11. قم بملء المخبار المدرج 250 مل حتي 200 مل بالمياه $m(V_i)$

12. قم بوضع الكور الطينية المتبقية علي المنخل برفق في المخبار المدرج

13. سجل الحجم الجديد $m(V_f)$

الحسابات:

قم بحساب نسبة كرات الطين بإستخدام العلاقة الأتية

ومن هذه النسبة يمكن معرفة جودة المرشحات عن طريق الجدول الأتي:

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

3.5.10. تجربة تحليل العكارة Turbidity analysis

الغرض:

مقارنة نسب العكارة المنتجة مع التشغيل

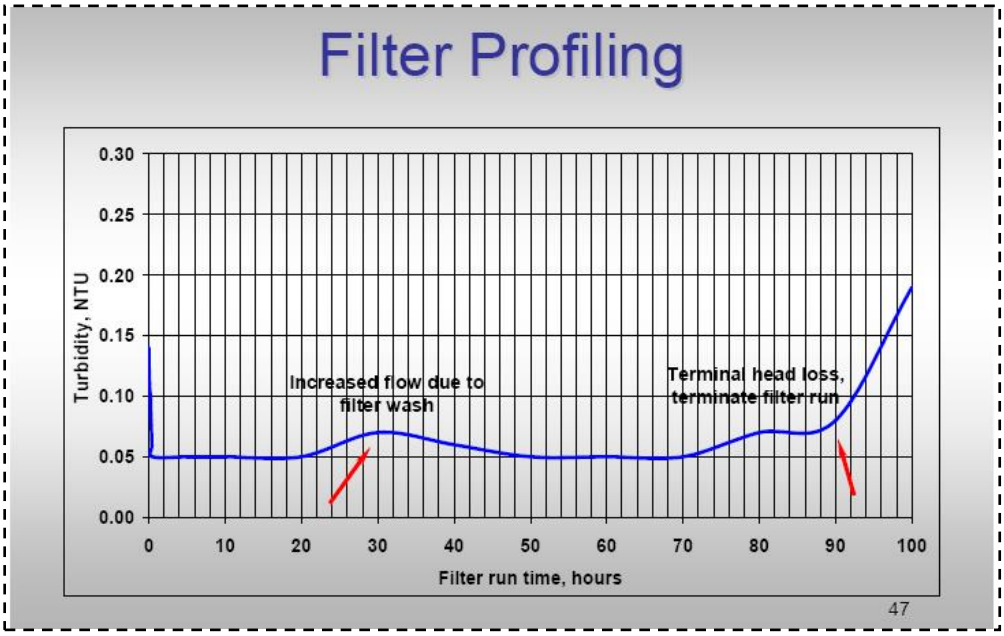
الأدوات:

1. جهاز قياس عكارة.
2. من 85 الـ 150 زجاجة عينات (100 مل)
3. مياة مقطرة.
4. ورقة رسم بياني أو قم بالرسم بإستخدام برنامج كمبيوتر.

الخطوات:

1. قم بقياس العكارة كل ساعتين الخارجة من المرشح.

قم برسمها مع الزمن.


Filter Profiling
Turbidity, NTU
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
Increased flow due to filter wash
Terminal head loss, terminate filter run
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Filter run time, hours
47

3.5.11. تجربة تأثير درجة الحرارة علي معدل مياه الغسيل

يلاحظ أنه في فصل الشتاء تقل درجة الحرارة وبالتالي تكون المياه كفاءتها أكبر في الغسيل وبالعكس في فصل الصيف فإن درجة الحرارة تزيد وبالتالي تكون كفاءه المياه للغسيل أصغر ,

وكل تغير فى درجة حرارة بمقدار (1°م) يؤثر علي معدل الغسيل بنسبة 2% ويمكن توضيحه بالجدول

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

3.5.12. تجربة حساب كفاءة المرشح

يمكن حساب كفاءة المرشح بهذه العلاقة:

$$100 \times \frac{(\text{الكمية المرشحة} - \text{الكمية المستخدمة للغسيل})}{\text{الكمية المرشحة}} = \text{كفاءة المرشح} = 153{,}85 \text{ كجم} = \frac{100 \times 100}{65} =$$

كمية هيبوكلوريت الكالسيوم(65%)

$$\text{كفاءة المرشح} = \frac{(\text{الكمية المرشحة} - \text{الكمية المستخدمة للغسيل})}{\text{الكمية المرشحة}} \times 100$$

3.5.13. تجربة الفترة المثالية لتشغيل المرشح

الغرض:

هو حساب الفترة المثالية لتشغيل المرشح وذلك لأن:

من المعروف أن المتر المكعب 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.

الخطوات:

ولمعرفة زمن تشغيل المرشح المثالي يلزم معرفة الآتي:

1. معدل تدفق المياه من المروق.
2. حساب سعة المرشح من الروبة.
3. حساب معدل تدفق الروبة من المروق(sludge by weight)
4. وزن ما تحتويه الندف والمواد العالقة من مادة صلبة (حجم/لتر):

5. وذلك بإتباع الخطوات الآتية:

- أخذ عدة عينات من روبة المرشح أثناء غسيله ومزج هذه العينات لتكوين عينة مركبة (1000مل).
- تجفيف هذا الحجم في فرن التجفيف عند درجة حرارة 100 °م لمدة ساعة.
- وزن المادة الجافة بعد تبريدها (جم/لتر).
- بمعرفة معدل ترشيح المتر المكعب لرمل المرشح من واقع تشغيل المحطة.
- ومن ثم يمكن تطبيق المعادلة التالية لمعرفة زمن تشغيل المرشح حتى إمتلاء الفراغات (110 لتر):

زمن تشغيل المرشح =

زمن ما تحويه الندف والمواد العالقة من مادة صلبة في 110 لتر (جم/لتر)

وزن المادة الصلبة والمواد العالقة للمياه المروقة (جم/لتر) x معدل ترشيح المتر المكعب لرمل المرشح

مثال: جاءت النتائج كالآتي:

1. وزن ما تحويه مياه الغسيل من مادة صلبة = 66,632 جم/لتر
2. وزن المادة الصلبة لندف المياه المروقة = 26,8 جم/لتر

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

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

حقوق الطبع محفوظة
الإدارة العامة للمسار الوظيفي - إدارة التدريب
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي

قام بإعداد الإصدار الثانى من هذا البرنامج:

كيميائى/ عاصم عبدالرحمن إسماعيل	المعمل المرجعى لمياه الشرب- الشركة القابضة
كيميائى/ قدري عبد الشافي	شركة مياه البحيره
كيميائى/ صابر داوود عبد الله	شركة مياه الفيوم
كيميائى / سعيد أحمد عباس الضاحى	شركة مياه الغربيه
كيميائى/ محمود أحمد السيد عز العرب	شركة مياه سوهاج

قام بالمشاركة وابداء الرأى لهذا البرنامج :

كيميائى/ أحمد عبد الفتاح حسانين	شركة مياه مدن القناة
كيميائى/ أحمد محمد شعبان	شركة مياه المنوفية
كيميائى/ الحسن الصادق	المعمل المرجعى لمياه الشرب- الشركة القابضة
كيميائية/ إيمان ابراهيم العزبى	شركة مياه دمياط
كيميائى/ باسم محمود سعد الدين جمعه	شركة مياه المنوفية
كيميائى/ بلال محمد حريشة	شركة مياه القاهرة
كيميائى/ خالد عرفة صديق	شركة مياه الفيوم
كيميائية/ عزة محمد عبد الحى	شركة مياه الدقهلية
كيميائى/ عماد زيدان	شركة مياه الاسكندرية
كيميائى/ عمر محمد حلمى	شركة مياه القاهرة
كيميائى/ مايكل داوود	شركة مياه الاسكندرية
كيميائى/ محمد إبراهيم	شركة مياه الشرقية
كيميائى/ محمد رفعت محمود	شركة مياه الجيزة
كيميائى/ محمد طه عبدالفتاح	شركة مياه الدقهلية
كيميائى/ محمود عمر رجب	شركة مياه سوهاج
كيميائى/ مصطفى محمود مصطفى	شركة مياه الجيزة
كيميائى/ مكاوى فرج المكاوى بعير	شركة مياه الغربية

قام بالتنسيق الفني والإخراج لهذا الإصدار:

كيميائى/ محمود جمعه	المعمل المرجعى لمياه الشرب- الشركة القابضة