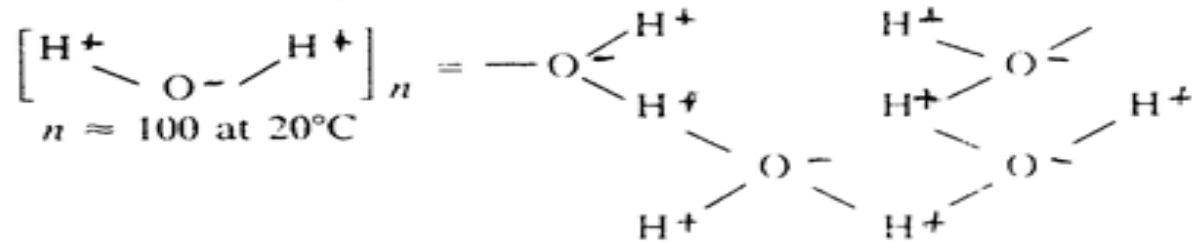




معالجة مياه الشرب (١)



صفات المياه الطبيعية والمعايير العالمية لمياه الشرب والمياه الصناعي



الماء وملوثاته

وإن الحكم على مدى صلاحية المياه للشرب يتوقف على نتائج تحاليل هذه المياه من الناحية الفيزيائية والكيميائية و البكتريولوجية ، وعلى مطابقة هذه النتائج للشروط العالمية الواجب توفرها في مياه الشرب .

تتضمن التحاليل الفيزيائية لمياه الشرب

أخذ العينات

يجب أخذ العينات بعدد كاف لإظهار التغيرات في المعطيات ، وإن الالتقاط الصحيح للينة في الزمان والمكان الصحيحين هام جداً ، فقد يحكم على مصدر جيد للماء بأنه غير صالح للاستخدام بسبب إصبع ملوثة في فم زجاجة الينة ، أو بسبب جمع كمية من المادة الطافية على السطح أو جمع مواد مترسبة من القاع



التحليل الفيزيائي

يشمل اللون والعكارة والرائحة والطعم والناقلية النوعية

الحرارة :

إن المجال المرغوب لدرجة الحرارة من أجل الإمداد العام من ٤ الى ١٠ درجات مئوية

اللون

لا يملك لون الماء أهمية خاصة ، ما عدا أنه ربما وضح لنا مصدر الماء ، ولكن اللون غير مستحب من الناحية الجمالية

الرائحة والطعم

- تنتج رائحة وطعم الماء عن أحد العوامل التالية مجتمعة أو منفردة : وجود عضويات دقيقة
- أو وجود غازات منحلة
- وجود مواد معدنية

الناقلية النوعية

تعرف الناقلية النوعية بأنها عكس المقاومة مقدرة بالاووم

العكارة

يحصل تعكر الماء بوجود أجسام صلبة معلقة في الماء ، وتقاس العكارة بمقدار مقاومة الماء لمرور حزمة ضوئية من خلاله ثم مقارنة العينة مع محاليل عيارية

الأجسام الصلبة الإجمالية

يمكن قياس كمية الأجسام الصلبة الإجمالية بتبخير عينة من الماء ووزن الفضالة المتبقية

الحمضية

•
للماء الحمضي قيمة لـ (PH) أصغر من (7) ومعظم أسباب الحمضية تعود إلى وجود ثاني أكسيد الكربون في الماء أو الحموض المعدنية أو الحموض العضوية أو أملاح الحموض القوية التي تعطى بالحمهة شوارد الهيدرونيوم للمحلول

القلوية

إن سبب القلوية هو وجود البيكربونات والكربونات وهيدروكسيدات الكالسيوم و المغنزيوم والبوتاسيوم والصوديوم وأحياناً السيليكات والفوسفات والأكثر شيوعاً من هذه المركبات هو بيكربونات الكالسيوم

الألمنيوم

يمكن أن ينشأ تآكل الألمنيوم بالماء الحامل للنحاس ولو كانت كمية النحاس صغيرة جداً

النحاس

يمكن أن يدخل إلى ماء التغذية من جراء استعمال الأنابيب النحاسية ، أو من معالجة مياه الخزانات بكبريتات النحاس من أجل إنقاص الطحالب .

الحديد

غالباً ما يوجد الحديد في الماء غير المعالج ، ويمكن أن يوجد بكمية قليلة في المياه المنقولة إلى المستهلك عندما يكون الماء بتماس مع الأنابيب الحديدية

المنغنيز

يندر وجود المنغنيز في مياه الطبيعة بالمقارنة مع الحديد ، وسلوكه مشابه لسلوك الحديد فهو يميل إلى الترسيب من الماء بوجود الأكسجين أو عند إضافة الكلور

الكروم

إن وجود الكروم يشير إلى التلوث بمخلفات صناعية

كالسيوم

يوجد الكالسيوم في الماء على شكل بيكربونات أو على شكل كلوريدات أو كبريتات أو نترات ، ومن الناحية العملية فإن كربونات الكالسيوم قليلة الانحلال في الماء وتكون على الأغلب في حالة مترسبة إن وجدت

المغنزيوم

في معظم المياه العسيرة فإن نسبة العسرة التي تسببها مركبات المغنزيوم هي أقل بكثير من العسرة التي تسببها مركبات الكالسيوم

عسرة الماء

تحدد عسرة الماء الكلية بمجموع شوارد الكالسيوم والمغنزيوم الموجودة فيه ويمكن أن تتشكل عسرة الماء من مركبات بيكربونات الكالسيوم والمغنزيوم ونسميها عسرة كربونية (عسرة مؤقتة) أو من مركبات الكلوريدات أو الكبريتات أو النترات مع الكالسيوم والمغنزيوم ونسميها عسرة لا كربونية (عسرة دائمة) .

• الكلورايد

عندما يكون محتوى الكلورايد في الماء مرتفعاً إلى حد ما فإنه يكون عادة مرتبطاً بالصوديوم وبذلك يمكن أن يعتبر كملح عادي هو بشكل عام غير ضار .

• الكلور

لا يوجد غاز الكلور منحلأ في مياه الطبيعة ، وإنما يعود وجوده إلى عمليات التعقيم بواسطة الكلور . وأن الكمية الأعظمية للكلور الحر التي يمكن أن يسمح لها بالبقاء في ماء الامداد العام تعتمد على الطعم والرائحة والحت الكيميائي الذي يمكن أن ينتج عن وجود الكلور

• الفلورايد

• اليود

• البروم

• البوتاسيوم

• الصوديوم

• البورون

• الفوسفات

• – مركبات النشادر

النشادر الحر

النشادر شبه الزلالي أو النشادر الالبوميني

• النتريت والنترات

• الكبريتات

• كبريت الهيدروجين

• السيليكا

• التوتياء



التحليل الكيميائي للمياه

الأكسجين

سنبحث فيما يتعلق بموضوع

- الأكسجين كلا من الأكسجين المنحل في الماء
- والأكسجين اللازم للأكسدة الكيميائية الحيوية
- والأكسجين المستهلك في عمليات الأكسدة بالبرمنغنات
- والأكسجين المستهلك في عمليات الأكسدة بثنائي الكرومات.
- غاز الميثان
- قيمة PH

التحاليل الكيميائية للمياه

• صفة الحت

تتعلق قابلية الماء للحت بعوامل كثيرة منها ما يخص الماء نفسه ومنها ما يخص المواد التي يلامسها الماء ، هذه العوامل هي التي تحدد ما إذا كان الحت سيحدث أم لا ، ويجب فحص كل حالة على حدة . وبالرغم من ذلك فمن بين الأسباب المتعددة للحت ، فإنه يوجد ثلاث صفات للماء يمكن أن تقودنا إلى توقع حدوث الحت المتسلسل للمعادن في الاستعمال العام في طريق سير المياه ، وهذه الصفات هي :

أ - القيمة المنخفضة لـ (PH) ، مثل مياه المستنقعات وبعض الآبار قليلة العمق .

ب - المحتوى المرتفع لغاز ثاني أكسيد الكربون الحر المنحل في الماء كالمياه الجيرية .

ج - عدم وجود العسرة المؤقتة ووجود العسرة الدائمة .

• المواد المشعة

يتألف البوتاسيوم في الطبيعة بشكل رئيسي من عنصر لا إشعاعي (K^{39}) ولكنه يحتوي أيضاً على نسبة حوالي ($1/10000$) من نظير إشعاعي (K^{40}).

يتضمن الإشعاع في البوتاسيوم (K^{40}) كلا من أشعة بيتا وغاما . من أجل الماء الذي يحتوي على كمية نموذجية من البوتاسيوم حوالي (5 mg/l) فإن الإشعاع الذي يسببه النظير الإشعاعي (K^{40}) هو (4) بيكوكوري/ل (البيكوكوري هو 10^{-12} كوري أي ميكروميكروكوري) . إن هذه التراكيز المنخفضة المتواجدة في ماء الشرب ليس لها أهمية على الصحة .

الكائنات الحية في الماء

يمكن أن تسبب الكائنات الحية في الماء كالبكتيريا الممرضة والفيروسات والأوليات والديدان أمراضاً مختلفة للإنسان ، كما يمكن للماء أن ينشط نمو العائل الوسيط كالحلزونات والأسماك والنباتات المائية ، أو ينشط توالد نواقل الأمراض كالبعوض والحشرات القارضة .

الأمراض البكتيرية التي تنتقل عبر الماء

الكوليرا

الحمى التيفية

الحميات نظيرة التيفوئيد

الزحار

العصوي

اسهالات الرحالة

داء اللولبيات



أمراض الطفيليات وحيدات الخلية

أهمها الإصابة بالاميبا والزحار الأميبي
والمسبب هو وحيد الخلية

الذي يعيش في الأمعاء الغليظة للإنسان مولداً أكياساً تمثل
الأشكال المعدية الوحيدة التي تعبر إلى البراز ، وتتم العدوى عن
طريق ابتلاع تلك الأكياس عن طريق اليد أو الذباب ونادراً ما
تنتقل عبر الماء عدا في حالة استعمال الماء غير المعالج .

أمراض الفيروسات

شلل الأطفال

يستقر هذا الفيروس في أمعاء الأشخاص المصابين بالعدوى ومن المحتمل أن تتم العدوى عن طريق الأصابع مباشرة أو عن طريق الطعام.

التهاب الكبد الانتاني

يسببوا العدوى لفترات. يستقر هذا الفيروس في المعى ويطرح مع البراز ، ويمكن لحملة الفيروس أن طويلة

الأمراض الدودية

داء منشقات الجسم (بلهارسيا)

يسبب داء منشقات الجسم مجموعة من الديدان المنبسطة وهي ذات ثلاثة أنواع : منشقات الجسم المعدية ، ومنشقات الجسم الدودية ، ومنشقات الجسم اليابانية

التهاب الجلد بمنشقات الجسم

يتسبب نتيجة مجموعة من المنشقات الخاصة بالطيور التي تتمكن أجنحتها الصادرة عن حلزونات معينة أن تخترق جلد الإنسان ولكنها لا يمكن أن تتطور أكثر من ذلك داخل جسم الإنسان

الصعوبات في تحديد الجراثيم الممرضة

بشكل عام فإنه من الصعب اكتشاف الجراثيم الممرضة وغيرها من المتعضيات في المياه العذبة بسبب قلة أعدادها. حتى في مصبات مياه المجاري أو في ماء نهر ملوث يمكن لها أن توجد أحياناً فقط وذلك في فترات زمنية غير منتظمة بالاعتماد على وجود حامل للمرض يطرح هذه البكتيريا.

لذا فإن البحث عن الجراثيم الممرضة مباشرة ليس مأموناً من الناحية العملية من أجل ماء التغذية.

انتشار الاشريكية الكولونية

يصل عدد البكتريا في براز الإنسان الحيوان حتى آلاف الملايين في الغرام وتشكل الأشريكية الكولونية الغالبية العظمى منها وهي تستوطن الأمعاء بشكل طبيعي ولكن عدد الجراثيم الممرضة منها يكون في الحالة الطبيعية صغيراً .

للحصول على ماء خال من الأشريكية الكولونية يجب التأكد من عدم وجود تلوث للماء بالبراز ، أو من إزالة هذا التلوث

الاختبارات الروتينية من أجل التلوث البكتيري للماء

تجرى الاختبارات الروتينية من أجل التلوث البكتيري كما يلي :

أ - تعداد صفيحة الآغار عند درجة حرارة (٢ - ٢٢) ° م ، هذا الاختبار يحدد أعداد البكتيريا (غالباً غير الممرضة) التي تحدث وغالباً ما يكون مصدرها التربة والغبار والخضار وغيرها. (الآغار هو مادة هلامية تستخرج من الطحالب البحرية).

ب - تعداد صفيحة الآغار عند درجة حرارة (٣٧) ° م ، يحدد هذا الاختبار أعداد البكتيريا التي تنشط عند درجة حرارة جسم الإنسان وبذلك فهي تتضمن تلك الجراثيم التي يكون منشؤها البراز .

ج - تعداد (Coli form) الافتراضي عند (٣٧) ° م يحدد هذا الاختبار أعداد البكتيريا الموجودة من مجموعة (Coli - aerogenes)

د- اختبار (Coli form) التفاضلي عند درجة حرارة ٤٤

الاختبار الخاص بالمكورات السبحية البرازية

تصادف المكورات السبحية البرازية بشكل رئيسي في براز الحيوانات والإنسان ، وعددها ليس كعدد المتعضيات الكولونية في الحالات العادية لهذا السبب فإن اختبار المكورات السبحية لا يقدم أية ميزة أكثر من اختبار المتعضيات الكولونية ما عدا في حالات الشك

معايير النقاء الجرثومي

- ١ - يجب أن لا تحتوي (95 %) من العينات المجموعة على مدى عام كامل أي أية متعضيات كولونية (Coli form) أو أية أشريكية كولونية (E. Coli) في (100 mg/l)
- ٢ - يجب أن لا تحتوي أية عينة على أكثر من (10) متعضيات كولونية لكل ١٠٠ مل
- ٣ - يجب أن لا تحتوي عينة ما على أكثر من (2) E.Coli لكل (100 ml) .
- ٤ - يجب أن لا تحتوي أية عينة على (1) أو (2) من الاشريكية الكولونية لكل 100 ml. بالمقارنة مع تعداد المتعضيات الكولونية الإجمالي حوالي (3) أو أكثر لكل 100 ml
- ٥ - يجب أن لا تكتشف متعضيات كولونية في (100 ml) لأي عينتين متتاليتين.

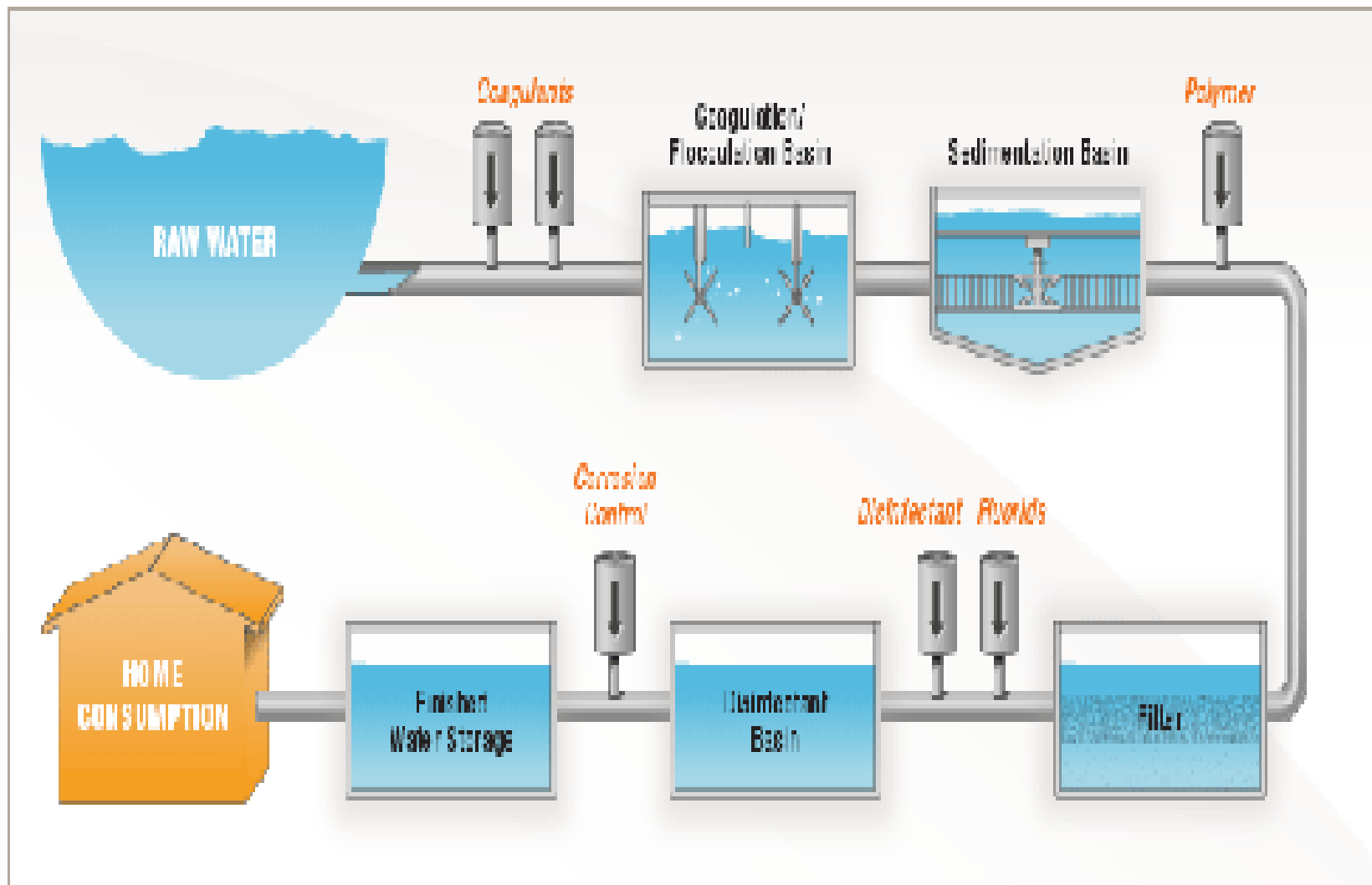
تكرار الفحص الجرثومي للعينات

يمكن فحص كفاءة عملية المعالجة بالكلور بقياس وتسجيل كمية الكلور المتبقي ويفضل أن يتم ذلك عن طريق التحكم الآلي . أما من أجل العمليات الصغيرة فيمكن الاكتفاء بالفحص اليدوي للكلور.

الفحص البيولوجي لمياه الشرب

يمكن إجراء الفحص البيولوجي باستعمال شبكة من النايلون أو من قماش آخر لترشيح حجم كبير من الماء المتدفق من الصنبور.

محطات تنقية مياه الشرب بواسطة الترسيب



EXPLORING Drinking-Water Treatment

A typical water treatment process includes several steps to remove unwanted substances from water.

2 Coagulation

Alum is added to form sticky flocs. Mud, bacteria, and other particles stick to the flocs. The water then passes into settling basins, where the flocs sink.

3 Second Filtration

The water trickles down through sand or gravel, which filters out algae, bacteria, and some chemicals.

4 Chlorination

Chlorine is added to kill remaining organisms.

1 First Filtration

Water is filtered through screens that remove fish, leaves, and trash.

6 Additional Treatment

Sodium or lime may be used to soften hard water. Some communities add fluoride, which helps prevent tooth decay.

5 Aeration

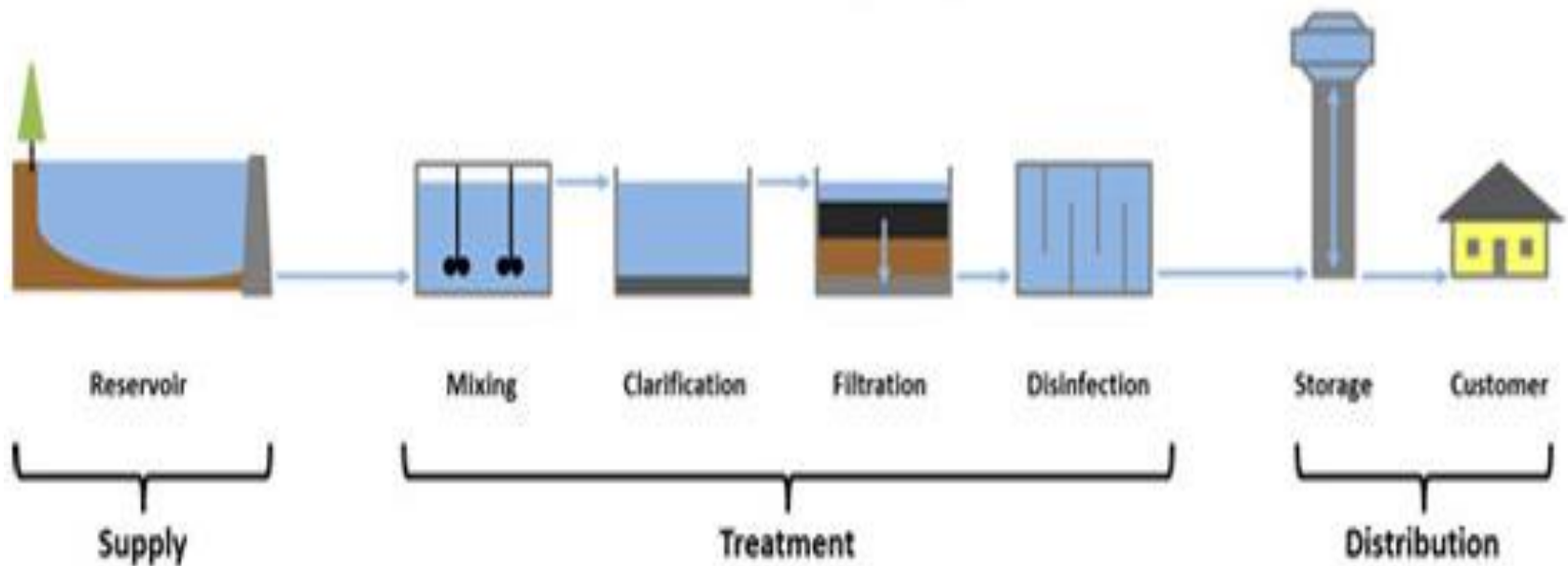
Forcing air through the water releases gases, reducing unpleasant odors and taste.

محطات تنقية مياه الشرب بوساطة الترسيب

الغرض من تنقية المياه :

إن الماء النقي كيميائياً غير موجود في الطبيعة وحتى ماء المطر الذي هو الشكل الأكثر نقاء من مياه الطبيعة فهو يحتوي على تلوثات من الغازات المنحلة فيه كالأكسجين والآزوت وثاني أكسيد الكربون وبعض الأملاح اللاعضوية.

THE DRINKING WATER SYSTEM





عمليات المعالجة المستعملة للأغراض المختلفة من تنقية المياه



الجدول رقم (2 - 1)

عمليات المعالجة المستعملة للأغراض المختلفة في تنقية المياه

الصفة	عمليات المعالجة المستعملة
اللون	آ - الترويب والترشيح (مع المعالجة بالكربون المنشط)
	ب - الأكسدة أحياناً بوساطة الكلور أو الاوزون
العكارة	الترويب والترشيح (يمكن أن نحذف الترويب في بعض الأحيان إذا كانت عكارة الماء قليلة) .
الطعم والرائحة	آ - الامتزاز بوساطة الكربون المنشط .
	ب - الترويب والترشيح .
	ج - الكلورة ، أو المعالجة بالأوزون أو بثاني أكسيد الكلور .
	د - التهوية .



الصفة	عمليات المعالجة المستعملة
	هـ - ضبط تلوث المصدر المائي .
النحاس والزنك	تختلف طرق إزالة النحاس والزنك حسب طبيعة الشوائب الأخرى الموجودة
الكالسيوم والمغنزيوم (العسرة)	آ - الترسيب كماءات المغنزيوم وكربونات الكالسيوم وذلك بإضافة الكلر والصودا . ب - عمليات التبادل الايوني .
الحديد والمنغنيز	تختلف طرق إزالة الحديد والمنغنيز حسب طبيعة الشوائب الأخرى الموجودة في الماء ، وبشكل عام تعتمد إزالة الحديد والمنغنيز على الأكسدة والترسيب كماءات . ويمكن أحياناً إزالة الحديد بترسيبه ككربونات الحديدي وإزالته نهائياً بواسطة التبادل الايوني .

الصوديوم والبوتاسيوم والكبريتات والكلوريدات والنترات	هذه الشوارد الموجبة والسالبة لا يمكن أن تزال من الماء بكلفة معتدلة وإنما تحتاج إلى إزالة ملوحة مكلفة .
(PH)	يمكن أن نعدل قيمة (PH) بإضافة بعض الحموض أو الأسس ويستعمل لهذا الغرض أحد المركبات : NaOH , Na ₂ CO ₃ , Ca(OH) ₂ CO ₂ , HCL , H ₂ SO ₄
المركبات الفينولية	آ - ثاني أكسيد الكلور .
	ب - الأوزون .
	ج - الكربون المنشط .
كبريت الهيدروجين	آ - التهوية في ظروف حامضية .
	ب - الكلورة أو المعالجة بالأوزون .

□

الصفة	عمليات المعالجة المستعملة
ثاني أكسيد الكربون	ج - الترسيب مع أملاح الحديد بتشكيل كبريتيد الحديدي
	آ - التهوية .
المواد السامة (بشكل عام)	ب - تحويله إلى بيكربونات بإضافة مادة قلوية .
	من الصعب إنقاص أكثر المواد السامة إلى تركيز منخفض يتلاءم مع متطلبات النظم
الرصاص	يمكن أن يرسب في وسط قلوي .
الزرنخ	آ - إن الترويب والترشيح يمكن أن يزيل نسبة (50%) منه .
	ب - إن التبادل الايوني عبر سرير تبادل من الالومينا المنشطة يمكن أن ينقص تركيز الزرنخ إلى مستوى مقبول .
الفلورايد	يمكن أن يترسب الفلورايد مع المغنيزيوم أثناء عمليات إزالة العسرة بإضافة الكلور .

يمكن إزالة جراثيم الكوليفورم التي لا تزيد كميتها عن (50) لكل (100) مل بوساطة التعقيم بالكلور أو بالأوزون . أما إذا زادت كمية هذه الجراثيم إلى ما يتراوح بين (50) وبين (5000) لكل (100) مل فنحتاج إلى الترويب ثم الترشيح ثم التعقيم . أما التلوث الشديد بكمية من جراثيم الكوليفورم أكثر من (5000) لكل (100) مل أو بجراثيم الاشريكية الكولونية (E.Coli) أكثر من (2000) لكل (100) مل فإننا نحتاج إلى معالجة موسعة	الجراثيم
تقترح لإزالة النويدات المشعة (radio - nuclides) عمليات خاصة للتبادل الايوني ، وترويب وترشيح ينفذان بدقة ، مع امتزاز	النشاط الاشعاعي

عمليات المعالجة المستعملة للأغراض المختلفة في تنقية المياه

الصفة	عمليات المعالجة المستعملة
	بوساطة الكربون المنشط .
كميات قليلة من المواد العضوية أو البترول أو مبيدات الأعشاب أو مبيدات الحشرات .	تمتاز هذه المواد على سطوح الندف أثناء عملية الترويب ، كما تمتاز على سطوح حبيبات الكربون المنشط .

مآخذ المياه

تتعرض مصادر المياه إلى تغيرات كبيرة في كمية التدفق ودرجة حرارته ، وبما أن الغرض من مآخذ المياه هو تأمين وصول المياه من الأقنية أو الأنهار أو البحيرات أو البحار إلى محطات الضخ فإن منشأة المآخذ يجب أن تصمم لكي يتم سحب التدفق المطلوب على الرغم من كل التغيرات الطبيعية في كمية ونوعية الماء ودرجة حرارته .

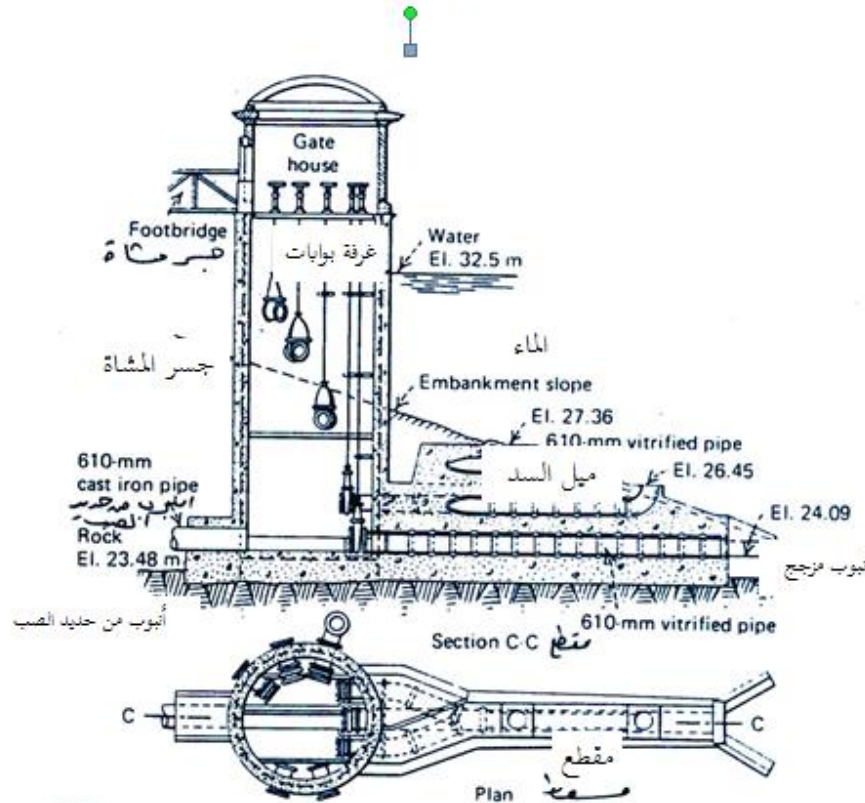
مأخذ المياه

يتألف المأخذ نفسه من فوهة ذات مصفاة بالإضافة إلى قناة نقل أو أنبوب نقل يلائم التدفق ثم بئر تضخ منه المياه إلى محطة المعالجة .

عند تحديد موقع المأخذ فإنه يجب أن نأخذ بعين النظر التغيرات المحتملة في مستوى الماء ومتطلبات الملاحة والتيارات المحلية وإمكانية الحث والترسيب وتغيرات نوعية المياه المكانية والزمانية وأخيراً كمية المواد الطافية عند فوهة المأخذ.

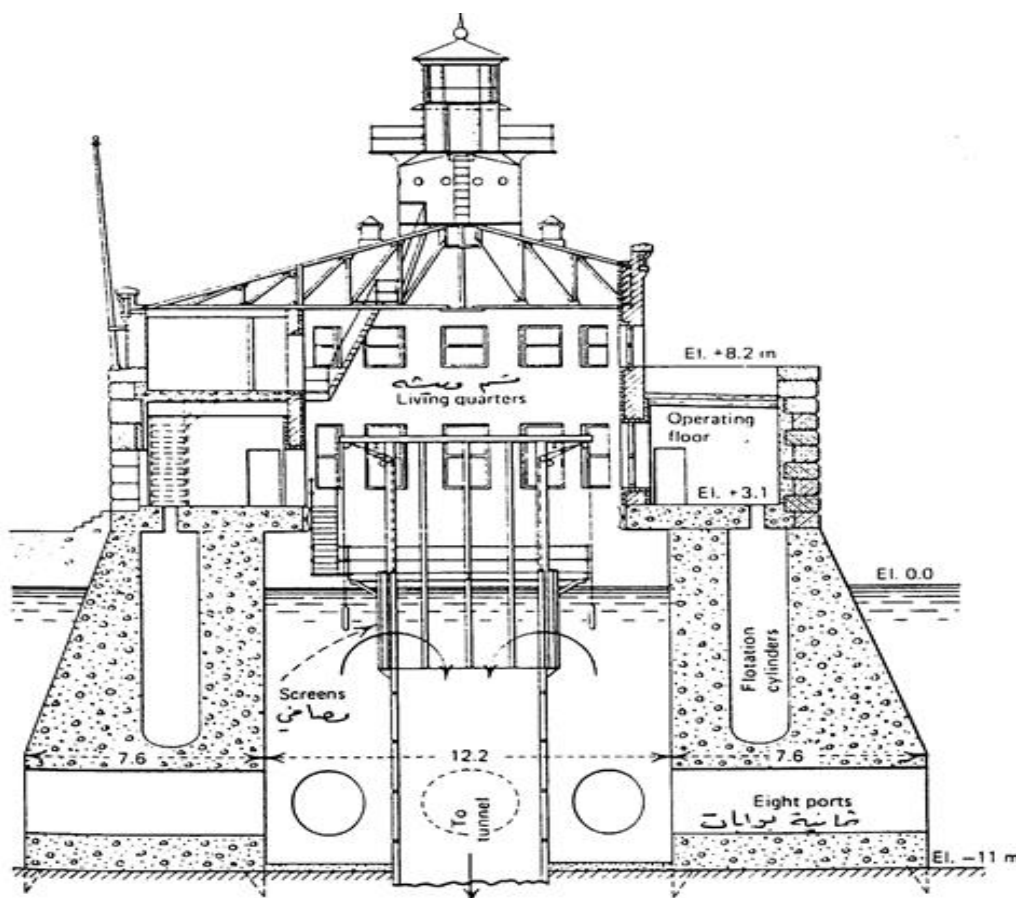
مأخذ مياه

يبين الشكل (1 - 2) مأخذاً مبنياً على خزان خلف سد ترابي ، أما عندما يكون السد حجرياً أو بيتونياً فإن المأخذ يمكن أن يبني في السد نفسه . والمأخذ هنا مجهز بعدة بوابات

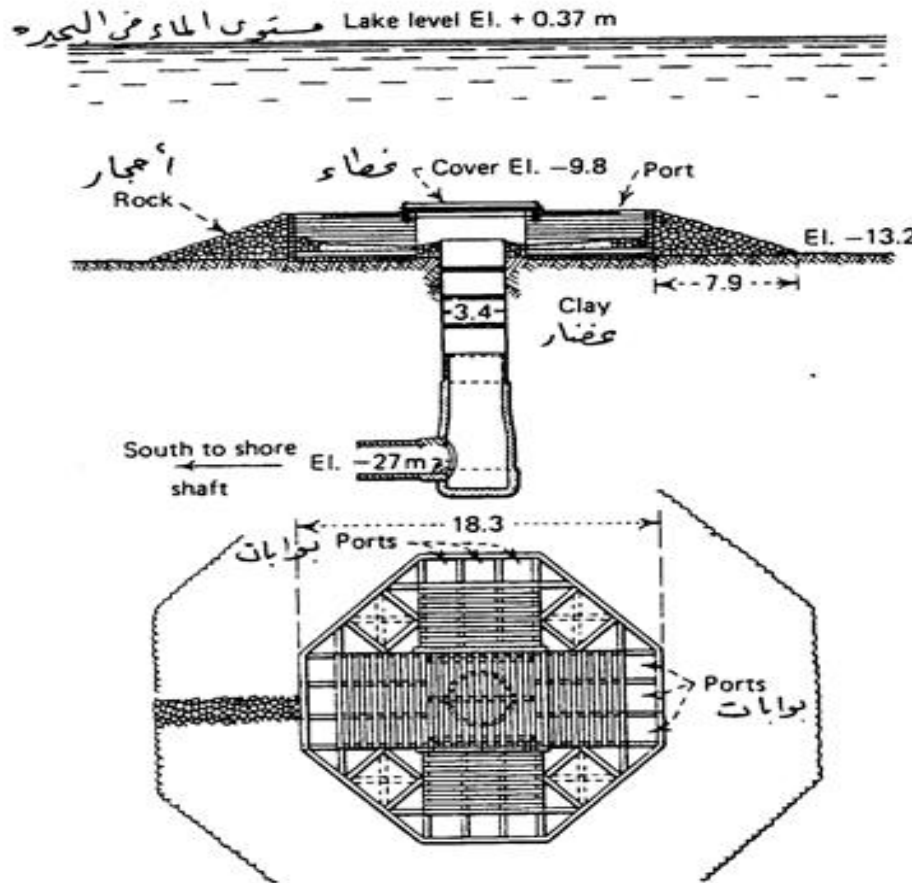


مأخذ مياه

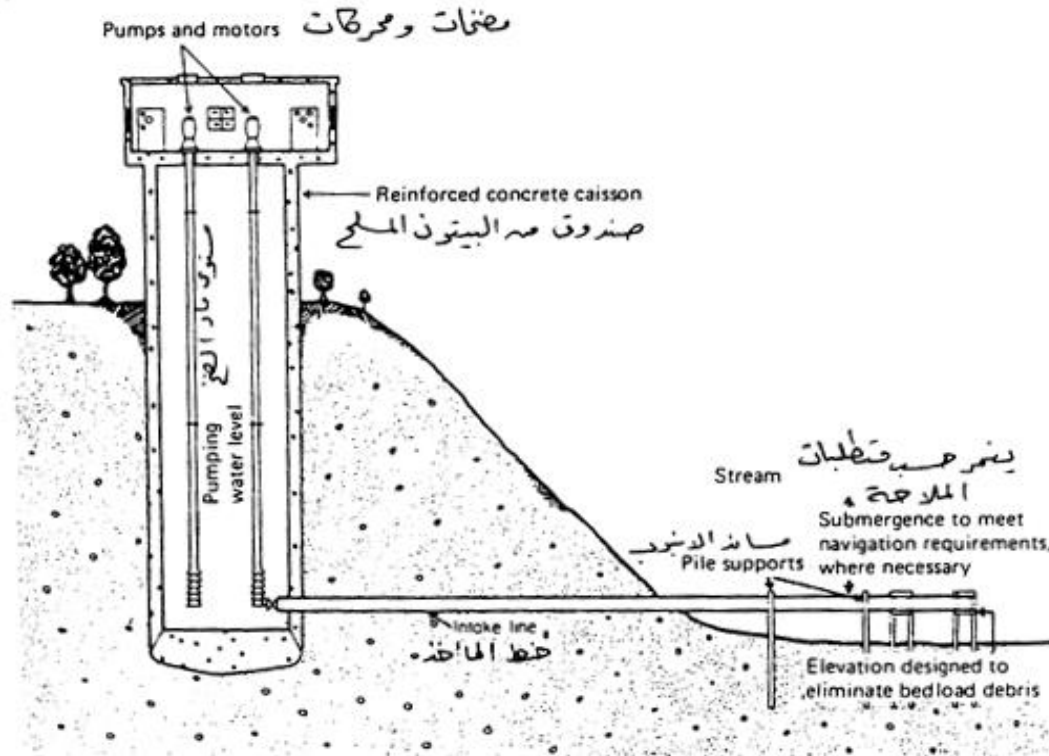
مأخذ ولسن في شيكاغو



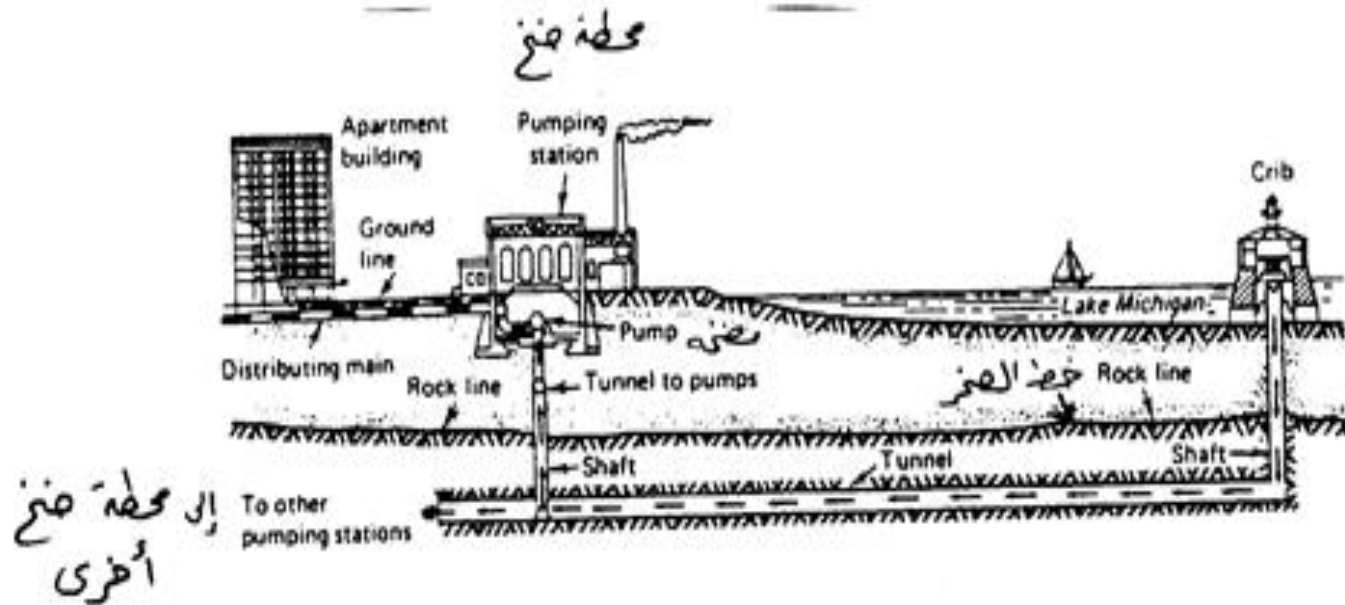
مأخذاً صندوقياً مغموراً يستعمل للتجمعات السكانية الأقل



مأخذاً أنبوبياً يستعمل للمدن الصغيرة



مأخذ بحيرة وأنبوب النقل ومحطة الضخ



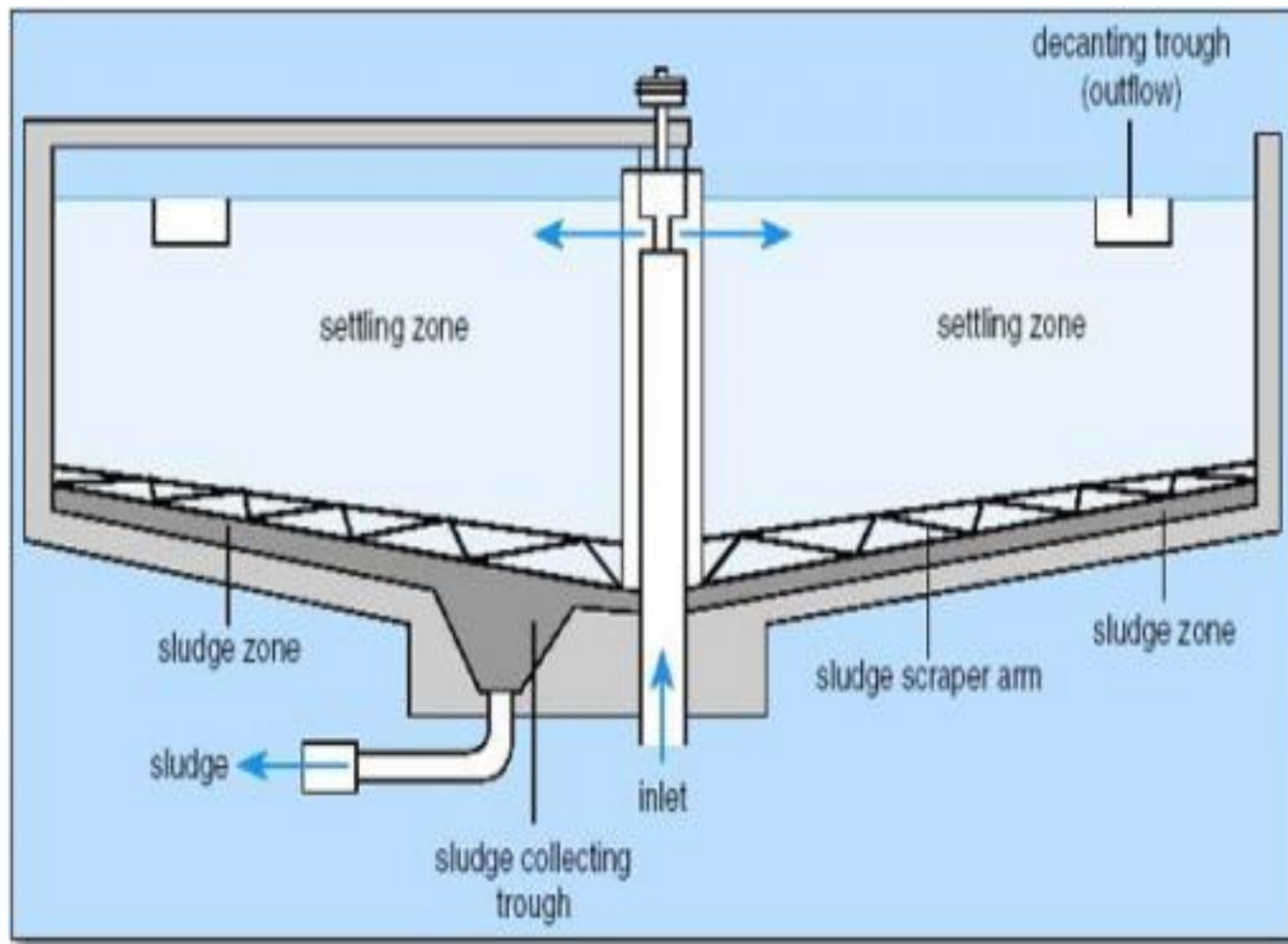
تنقية المياه بوساطة الترسيب

الترسيب هو عملية التخلص من المواد العالقة بفعل قوة الجاذبية الأرضية بدون إضافة مواد كيميائية ويسمى عندها الترسيب البسيط.
أو مع إضافة مواد كيميائية تسرع عملية الترسيب ويسمى عندها الترسيب الكيميائي .

الترسيب البسيط

يستعمل الترسيب البسيط في بعض عمليات تنقية مياه الشرب كمرحلة بدائية لتخفيف كمية المواد الصلبة في المياه إذا كانت هذه المياه تحوي على كمية كبيرة جداً من الطمي.

أما في الحالات العادية فأكثر ما يلجأ إليه في أعمال تنقية مياه الشرب هو الترسيب الكيميائي أو الترسيب بالترويب .



صمم حوضاً للترسيب أفقي الحركة لمعالجة تدفق مقداره (35000 m³/day) معالجة ابتدائية بدون إضافة مروبات كيميائية (الجزيئات هنا منعزلة غير قابلة لتشكيل الندف) وذلك في درجة حرارة مقدارها (22 °C) وذلك بإضافة صفائح مائلة يتم الجريان بينها .

الحل:

لنختار معدلاً للتحميل السطحي مقداره $So = 2.5 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$

زاوية ميل الصفائح على الأفق $\phi = 60^\circ$

الارتفاع الشاقولي للصفائح $H = 2.9 \text{ m}$

التباعد بين الصفائح عمودياً على مستويها $W = 0.3 \text{ m}$

تتحرك السائلة المائية بين صفحتين بحيث تقطع الجزيئات ذات سرعة الترسيب الحدية المسار (AD) (الشكل 2 - 17) في زمن مقداره (t) :

$$So = \frac{Q}{A} \frac{W}{H \cos \Phi + W}$$

$$So = \frac{Q}{A} \frac{0.3}{2.9 \times 0.5 + 0.3} = \frac{1}{5.83} \frac{Q}{A}$$

وهذا يعني أن معدل التحميل السطحي قد ازداد بـ (5.83) مرة مما كان عليه في المرسبات

وهذا يعني أن معدل التحميل السطحي قد ازداد بـ (5.83) مرة مما كان عليه في المرسبات أفقية بدون صفائح مائلة وبالتالي فإننا نحتاج إلى سطح للمرسب أصغر بـ (5.83) مرة مما نحتاج إليه بدون هذه الصفائح.

$$A = \frac{1}{5.83} \frac{Q}{So} = \frac{35000}{86400 \times 2.5 \times 10^{-4}} \times \frac{1}{5.83} = 277.778 m^2$$

يمكن أن نصمم هنا حوضاً مربعاً منقصين بذلك كلفة الإنشاء بأبعاد:
16.8 x 16.8 m

وتكون بذلك قيمة V_o :

$$V_o = \frac{35000}{86400 \times 16.8 \times 16.8 \times \sin 60} = 1.66 \times 10^{-3} m / sec$$

نصف القطر الهيدروليكي :

$$R = \frac{W \times B}{2W + 2B} = \frac{0.3 \times 16.8}{2(0.3 + 16.8)} = 0.147$$

رقم رينولد :

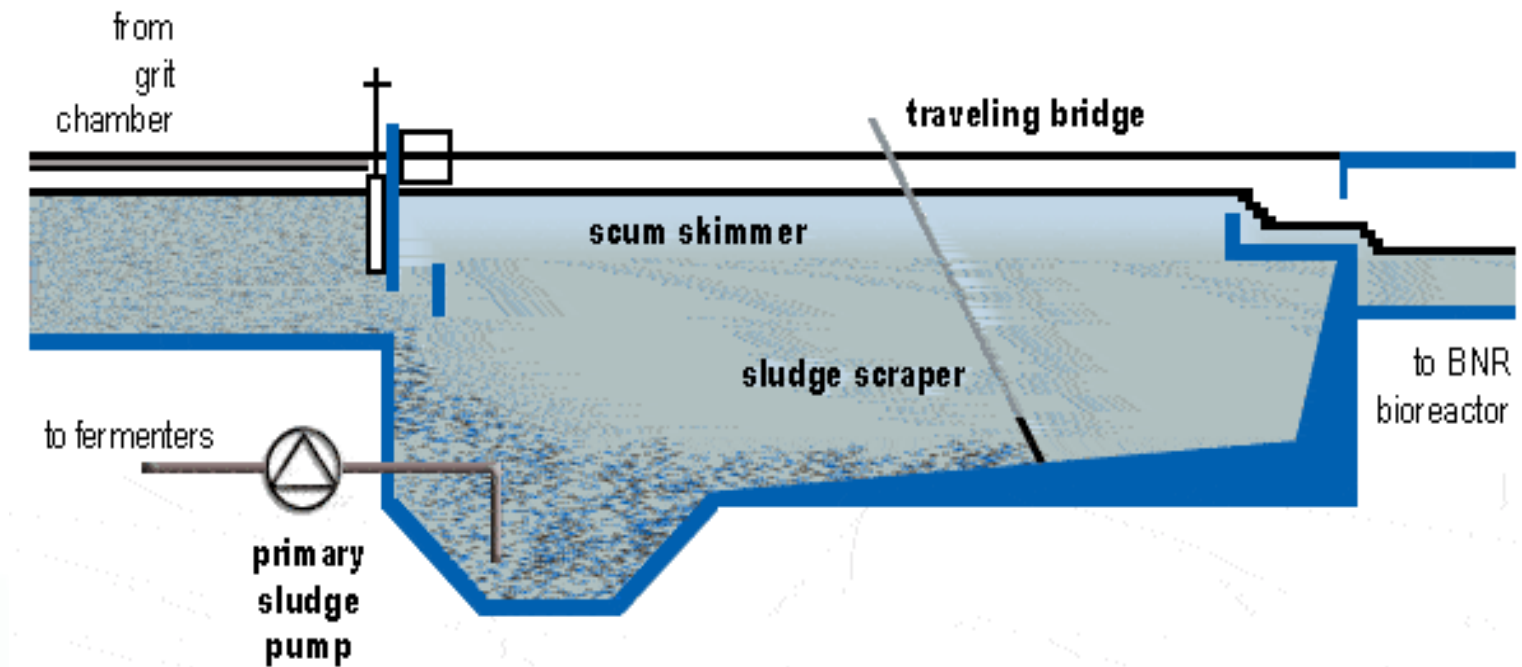
$$Re = \frac{V_o R}{\nu} = \frac{1.66 \times 10^{-3} \times 0.147}{10^{-6}} = 244$$

رقم فرود :

$$Fr = \frac{V_o^2}{gR} = \frac{1.66^2 \times 10^{-6}}{9.8 \times 0.147} = 1.9 \times 10^{-6}$$

من رقم فرود نلاحظ أن الجريان بين الصفائح المائلة هو مستقر إلى حد ما .
ومن رقم رينولد نلاحظ أن الجريان بين الصفائح هو خطي إلى حد ما أيضاً .

Primary Sedimentation Tank



التخثير و الترويب

Coagulation and flocculation



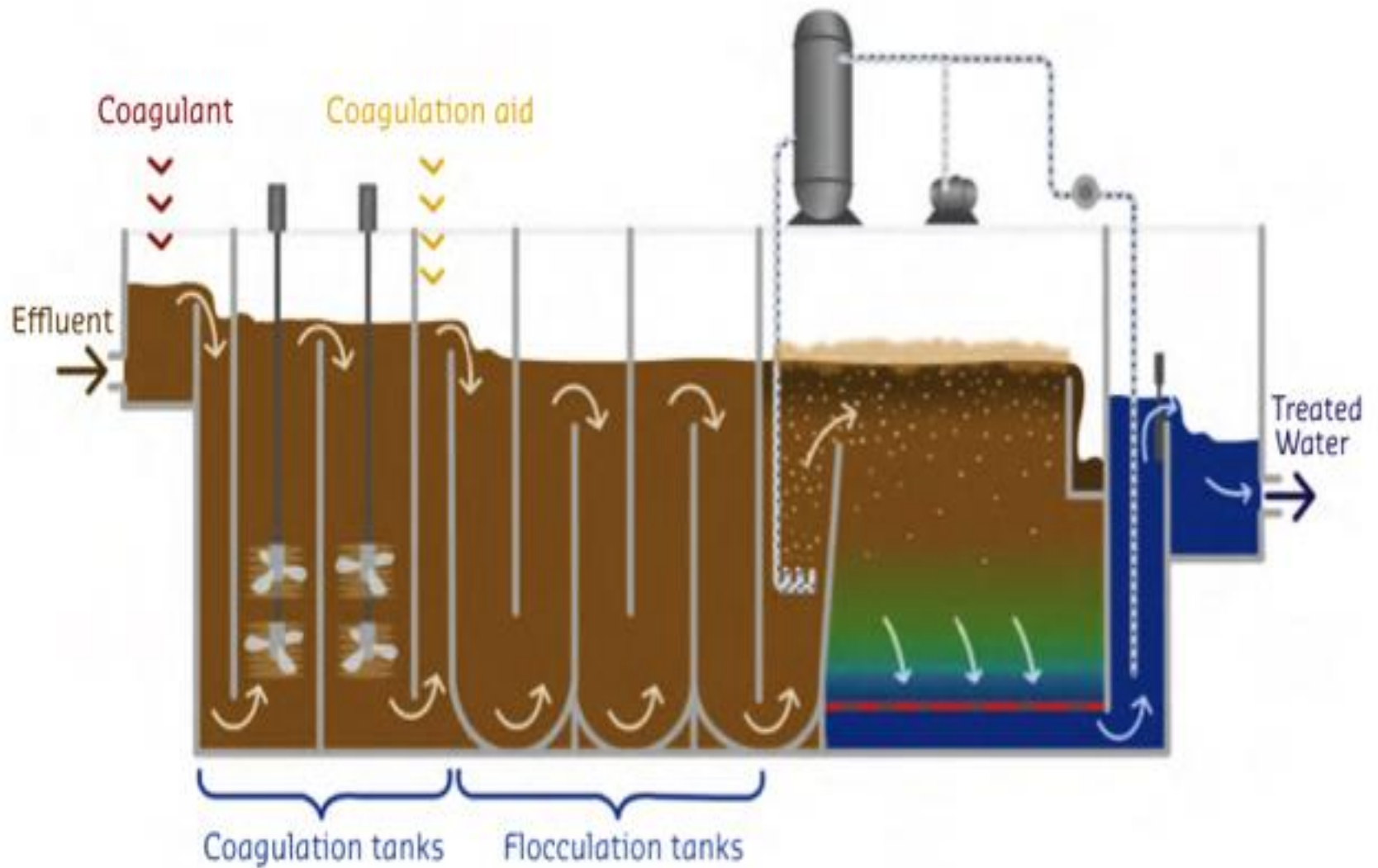
المواد الكيميائية المستعملة في الترويب

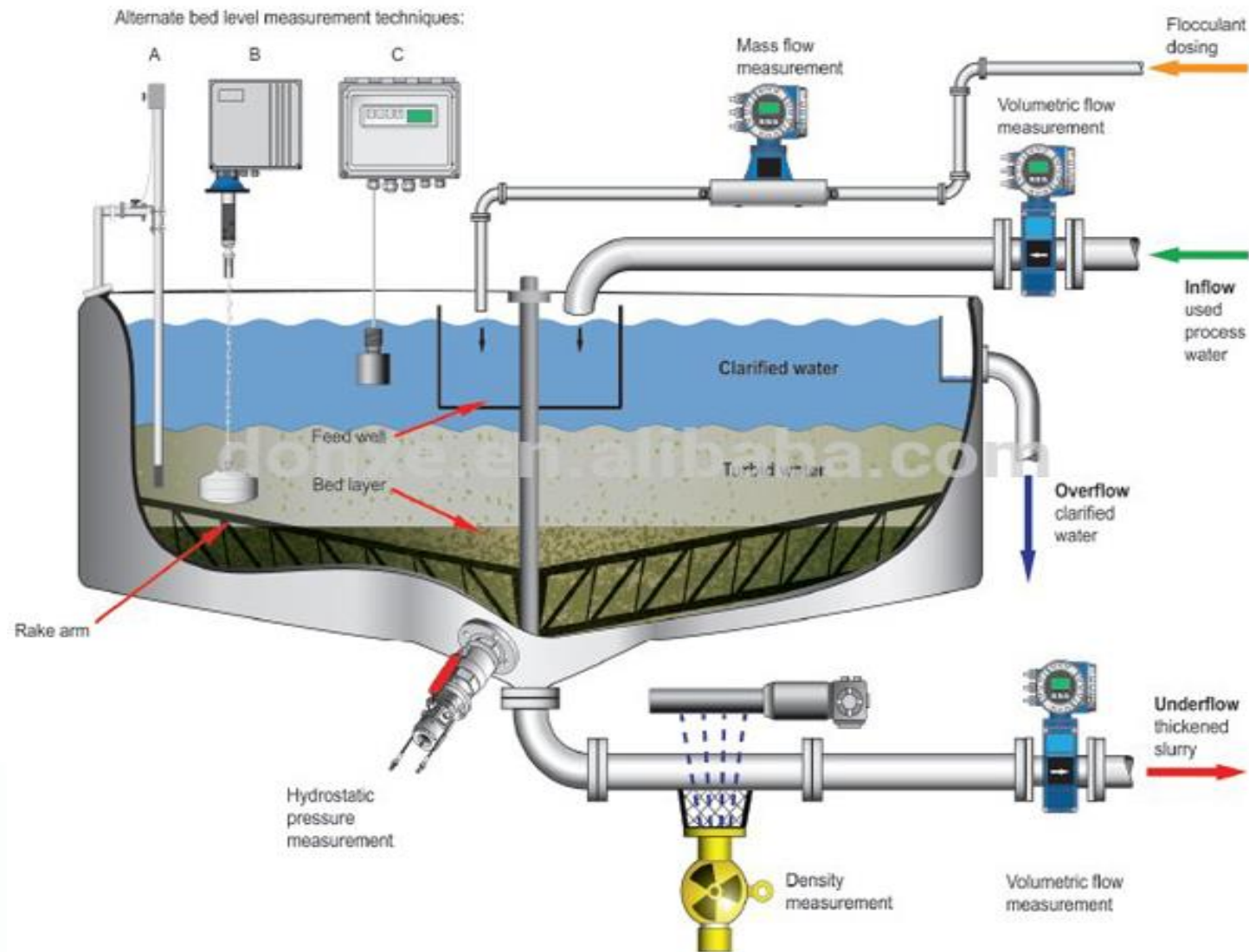
كبريتات الألمنيوم : هي من أرخص المواد المستعملة للترويب وهي تسمى تجارياً بالشب .

كبريتات الألمنيوم مع ألومينات الصوديوم الشب الأسود .

كلوريد الحديد.

كبريتات الحديدي.



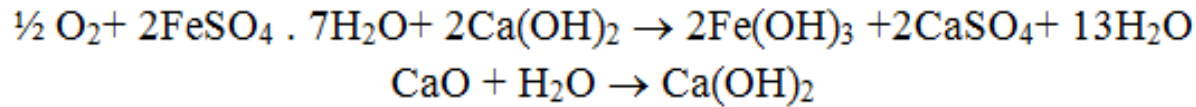


المثال (2 - 6) :

نُتت إضافة جرعة (30 mg/ℓ) من كبريتات الحديد إلى مياه سطحية يراد معالجتها كمصدر لمياه الشرب مع كمية ملائمة من الكلور المطلوب :

- 1 - ما هي كمية (CaO) المضافة بفرض أن القوة التجارية للكلور الحي هي (70%)
- 2 - ما هي كمية الحمأة من Fe(OH)₃ المترسبة من كل لتر من الماء المعالج .

الحل :



$$Ca(OH)_2 = \frac{30 \times 2 \times 74}{2 \times 278} = 8 \text{ mg / } \ell$$

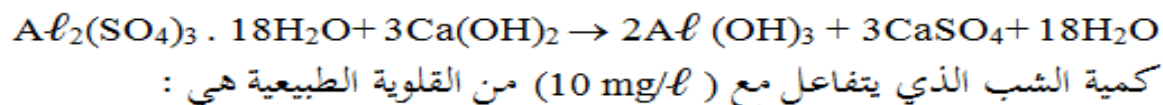
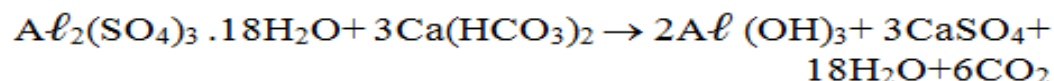
$$CaO = \frac{8 \times 56 \times 100}{74 \times 70} = 8.6 \text{ mg/l}$$

$$Fe(OH)_3 = \frac{30 \times 2 \times 107}{2 \times 278} = 11.5 \text{ mg/l}$$

المثال (2 - 7) :

- يراد إجراء ترويب للماء بإضافة الشب والكلس الحي بجرعة للشب مقدارها (50 mg/l . ما هي جرعة الكلس المضافة إذا كنا نريد أن نفاعل فقط 10 mg/l)
 مثل (CaCO₃) من قلوية الماء مع الشب . ما هي جرعة الكلس المطلوبة بالإضافة إلى (10 mg/l من القلوية الطبيعية اللازمة للتفاعل مع جرعة الشب .

الحل :





كمية الشب الذي يتفاعل مع (10 mg/ℓ) من القلوية الطبيعية هي :

$$\frac{10 \times 100}{50} = 20 \text{ mg/ℓ}$$

كمية الشب المتبقي للتفاعل مع الكلر هي :

$$50 - 20 = 30 \text{ mg/ℓ}$$

جرعة الكلر المطلوبة للتفاعل مع (30 mg/ℓ) من الشب هي :

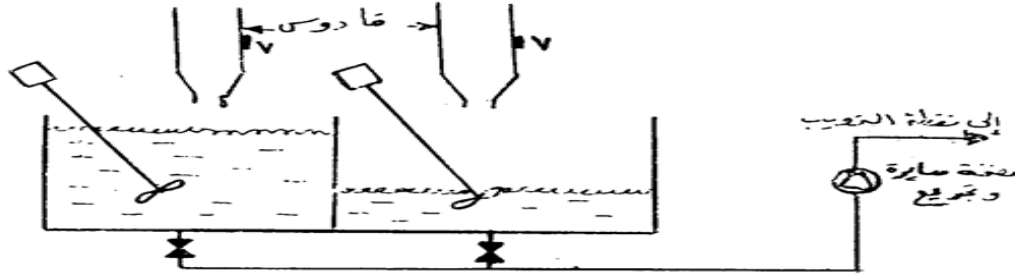
$$30 \times \frac{28}{100} = 8.4 \text{ mg/ℓ as CaO}$$

معايرة وإضافة المواد المروية

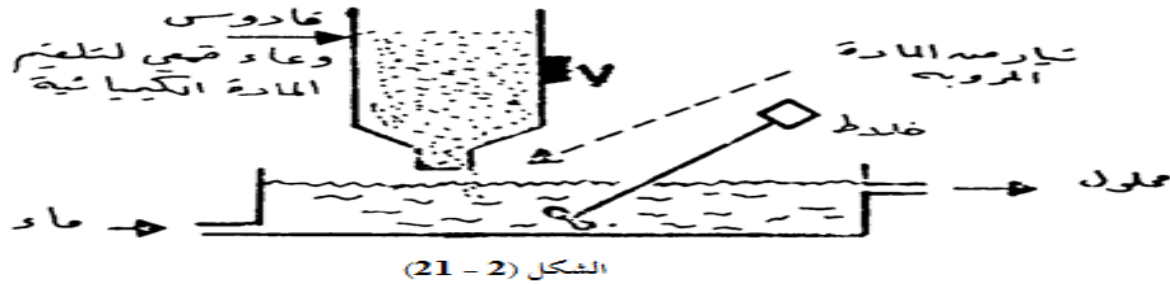
تضاف المواد الكيميائية إلى عمليات الترسيب بتحضير محلول مركز منها أو معلق

(كحالة إعطاء الكلور أو الكربون المنشط) في خزان يكفي احتياجات (3 - 4)

أيام ، أو في خزان لحالة المنشآت الكبيرة كما في الشكل (2 - 20) .



من الممكن أيضاً أن نحضر محلول المادة الكيميائية المروية آتياً . ولا نحتاج هنا إلى خزانات كبيرة ، وإنما تخرج المادة المروية بواسطة مغذي جاف عبارة عن وعاء قمعي ذو رجاج . وتتم هذه التغذية بالمعدل اللازم بما يتناسب مع نوعية الماء الخام وتدفقه وذلك في خزان صغير يمر فيه تيار مائي لحل المادة الكيميائية كما في الشكل (2 - 21) .



الخلط السريع

يلاحظ أنه في عمليات تنقية المياه تكون كمية المواد الكيميائية المضافة قليلة جداً بالمقارنة مع كمية الماء الواجب معالجته . لهذا السبب يجب أن تتم عملية الحقن بطريقة غير مباشرة ، إذ يعد محلول مركز (من أجل المعلقات القابلة للانحلال في الماء) أو مائع حاو على معلقات (من أجل المواد الكيميائية ضعيفة الانحلال في الماء كالحجر الكلسي أو غير القابلة للانحلال في الماء كالكاربون المنشط) ، ومن ثم يضاف هذا المحلول أو المائع الحاوي على المعلقات إلى الماء المراد تنقيته

أحواض تشكيل الندف

هناك أشكال عديدة لأحواض تشكيل الندف يمكن أن نقسمها إلى مجموعتين، الأحواض ذات الحواجز والأحواض الميكانيكية

وبشكل عام فإنه لكي نصمم الأحواض الميكانيكية لتشكيل الندف يجب أن نأخذ بعين النظر النقاط التالية :

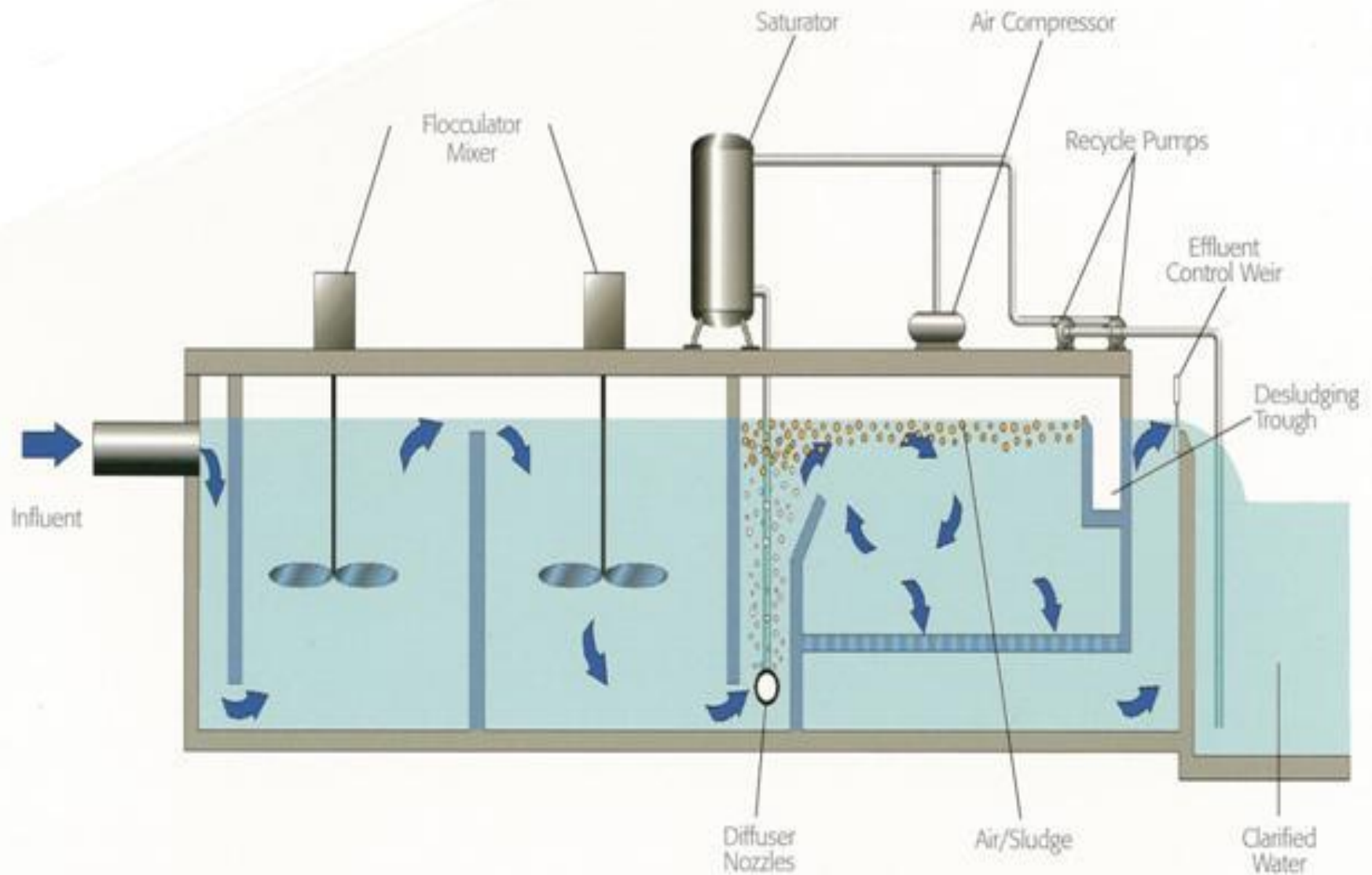
- 1 - مدة بقاء الماء في الحوض : 1200 – 1800 sec
 - 2 - السرعة المحيطية للدواليب المحرك عملياً : $0.2 - 0.8 \text{ m.sec}^{-1}$
 - 3 - تكون عادة سرعة الماء حوالي (1/4) سرعة المحرك واختلاف السرعة هو (3/4)
 - 4 - يجب أن لا تتعدى مساحة المحرك (20%) من مساحة المقطع العرضي للحوض وإلا فإن دوران الماء قد يتم بدون تغير السرعة اللازم .
- عندما تكون نسبة $\frac{\ell}{w}$ أكبر من (10) فإن عامل الاحتكاك يمكن أن يحسب من العلاقة التجريبية :

$$C_D = 1.9 - \left(\frac{w}{\ell}\right)(9.8 - 40 \frac{w}{\ell})$$

أبعاد أحواض تشكل الندف
القيم الأساسية التي يجب أن نعرفها لتصميم أحواض تشكيل الندف هي
التالية

تدفق الماء

زمن بقاء الماء في الحوض



الترسيب مع تشكيل الندف في أحواض الترسيب أفقية الحركة

يلاحظ وجود اختلاف واضح بين ترسيب جزئيات منفصلة وترسيب معلمات قابلة لتشكيل

الندف . ففي الحالة الأخيرة يتأثر الترسيب بالتكتل المستمر الذي يعود لسببين

اختلاف سرعة ترسيب الجزيئات إذ أن الجزيئات ذات سرعة الترسيب الكبيرة تترسب مدركة الجزيئات الأبطأ سرعة ، ومشكلة معها ندفاً ذات قطر أكبر

إن الاضطراب وتغير السرعة في الماء قد يسبب زيادة في إمكانية تشكيل الندف

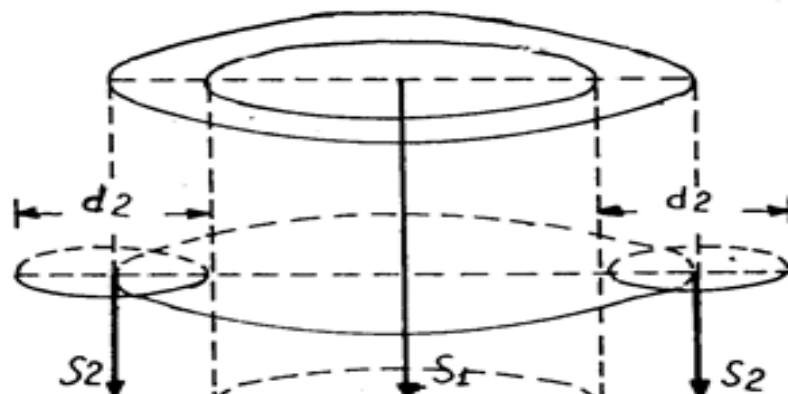
ومن الواضح أنه في حوض ترسيب مثالي يكون السبب المشار إليه أولاً (اختلاف سرع الترسيب بين الجزيئات) هو الذي يلعب دوراً في تشكيل الندف فقط .

وبما أن معدل تشكيل الندف يتبع عدد التصادمات بين الجزيئات في واحدة الزمن فإنه يمكن القول بأن ترسيب جزيئات ذات قطر (d_1) وسرعة ترسيب (S_1) سوف يؤدي إلى أن تمس هذه الجزيئات في واحدة الزمن كافة الجزيئات ذات القطر (d_2) وسرعة الترسيب (S_2) والموجودة في اسطوانة حجمها :

$$\frac{\pi}{4}(d_1 + d_2)^2(S_1 - S_2)$$

فإذا كان (n_1) عدد الجزيئات ذات القطر (d_1) (انظر الشكل 2 - 29) و (n_2) عدد الجزيئات ذات القطر (d_2) في واحدة الحجم يكون عدد التصادمات بين الجزيئات ذات القطر (d_1) والجزيئات ذات القطر (d_2) في واحدة الحجم وفي واحدة الزمن هو :

$$N_s = \frac{\pi}{4}n_1n_2(d_1 + d_2)^2(S_1 - S_2)$$



وبفرض أن الترسيب يحدث في الظروف الصفحية يمكن أن نكتب :

$$S_1 - S_2 = \frac{1}{18} \frac{g}{v} \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} (d_1^2 - d_2^2)$$

$$N_s = k n_1 n_2 (d_1 + d_2)^3 (d_1 - d_2)$$

حيث: (k) قيمة ثابتة ومساوية إلى :

$$k = \frac{\pi}{72} \frac{g}{v} \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}$$

إن تشكيل الندف المتواصل بسبب سرعة الترسيب المختلفة يعتمد على العوامل التالية:

- 1 - تركيز الجزيئات (n).
 - 2 - قطر الجزيئات (d).
 - 3 - الاختلاف في قطر الجزيئات $d_1 - d_2$
- في حوض ترسيب حقيقي سوف يوجد أيضاً تشكّل مستمر للندف بسبب تغيرات السرعة الناتجة عن الاضطراب في دخول الماء إلى الحوض وعن الاحتكاك مع الجدران والأرضية. تبين سابقاً أن عدد التصادمات في وحدة الحجم ووحدة الزمن هو:

$$Ng = \frac{2}{3} n^2 G d^3$$

إن تشكيل الندف المتواصل الذي يحدث في أحواض الترسيب أفقية الحركة حسب الصيغ المشار إليها أعلاه هو ذو أهمية قليلة.
أما في أحواض الترسيب ذات الحركة الشاقولية للماء من الأسفل إلى الأعلى فإن تشكيل الندف هذا يلعب دوراً هاماً في عمليات الترسيب .
كما رأينا سابقاً فإن عمق حوض الترسيب مستقل عن معدل التحميل السطحي، ومع ذلك فإنه من غير المستحسن إنشاء حوض ترسيب ذي عمق ضئيل جداً لسيبين:

- 1 - يجب أن يوجد فراغ كاف من أجل الرواسب المتوضعة .
- 2 - إن سرعة الماء الأفقية يجب أن لا تتعدى قيمة حرجة معينة وإلا فإنها سوف تؤدي إلى نقل الرواسب المتوضعة على طول القاع . قيمة هذه السرعة الحرجة تعتمد على مواصفات الرواسب المتوضعة وفي حالة رواسب تحوي على (Fe_2O_3, nH_2O) و (Al_2O_3, nH_2O) فإن قيمة هذه السرعة الحرجة تتراوح بين (240 m/h) وبين (

2 - 3 - 5 - 10 - تصميم أحواض الترسيب أفقية الحركة:

إن القيم الأساسية اللازمة لتصميم أحواض الترسيب هي:

أ - تدفق الماء $Q m^3/sec$.

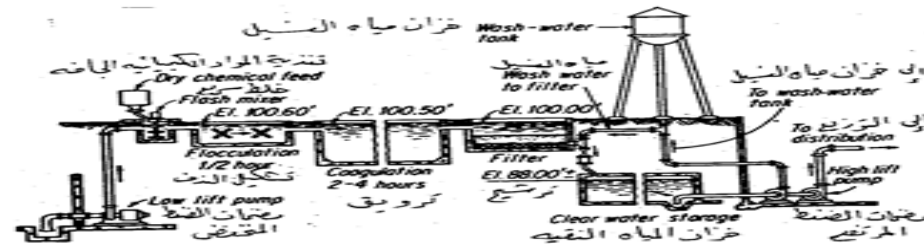
ب - معدل التحميل السطحي: $S_o = \frac{Q}{A} m/sec$

وعملياً فإنه لا يفضل حساب القيمة الدقيقة لـ (S_o) من معادلة ستوك وإما تحدد هذه القيمة تجريبياً .

باستخدام كبريتات الألمنيوم ومركبات أملاح الحديد كمواد مروية فإن قيمة (S_o) عملياً تؤخذ بين ($2 \times 10^{-4} m/sec$) وبين ($4 \times 10^{-4} m/sec$) ، أي تقريباً 0.75 (- 1.5 m/h) .

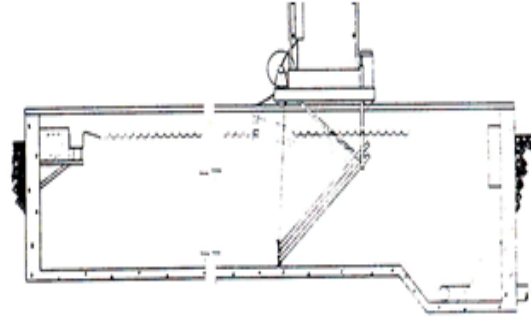
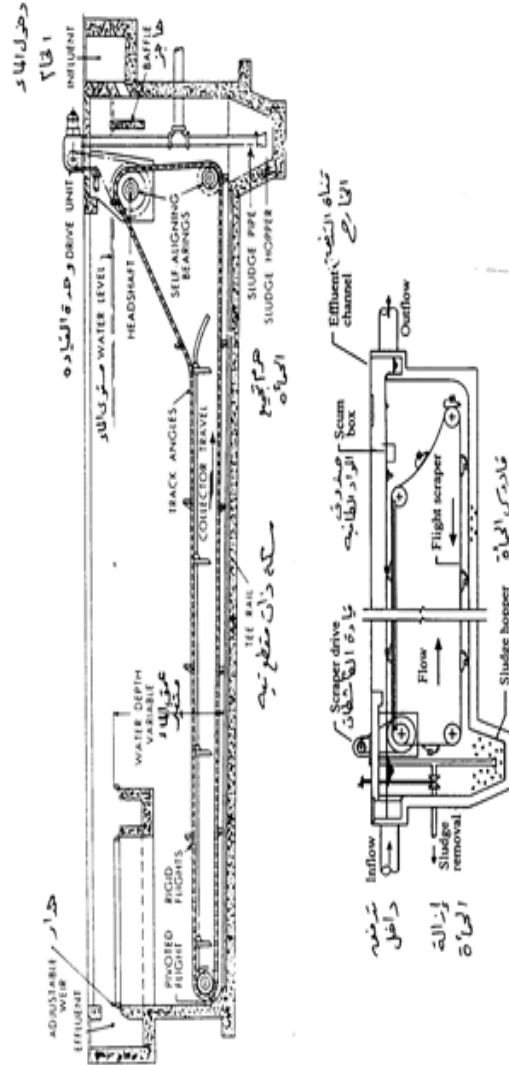
إن العمق وزمن البقاء (T_o) مستقلان عن القيم الأساسية . لذلك يجب أن نختار فيما يتعلق بالعمق (d) قيمة تساوي على الأقل عمق حوض تشكيل الندف أما مدة البقاء فتتراوح بين (2-6 hour) .

ويبدو على الشكل (2-30) منشأة لمعالجة مياه الشرب مع أحواض ترسيب أفقية الحركة تتبع أحواضاً لتشكيل الندف.



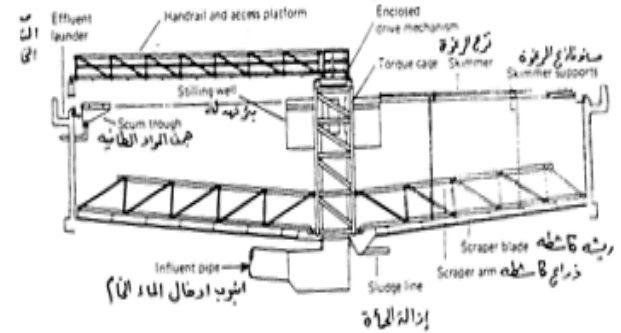
الشكل (2-30)

وبشكل عام فإن أحواض الترسيب أفقية الحركة يمكن أن تكون مستطيلة في المسقط الأفقي أو دائرية . في أحواض الترسيب أفقية الحركة فإن أجهزة إزالة الحمأة تتألف من كاشطات أفقية تسحب الحمأة إلى موقع تجميعها في طرف الحوض حيث تزال بشكل متقطع أو مستمر بتأثير النعالة أو بشكل آلي .
بين الشكلان (2-31) و (2-32) تصميمين نموذجيين لأحواض ترسيب أفقية الحركة .

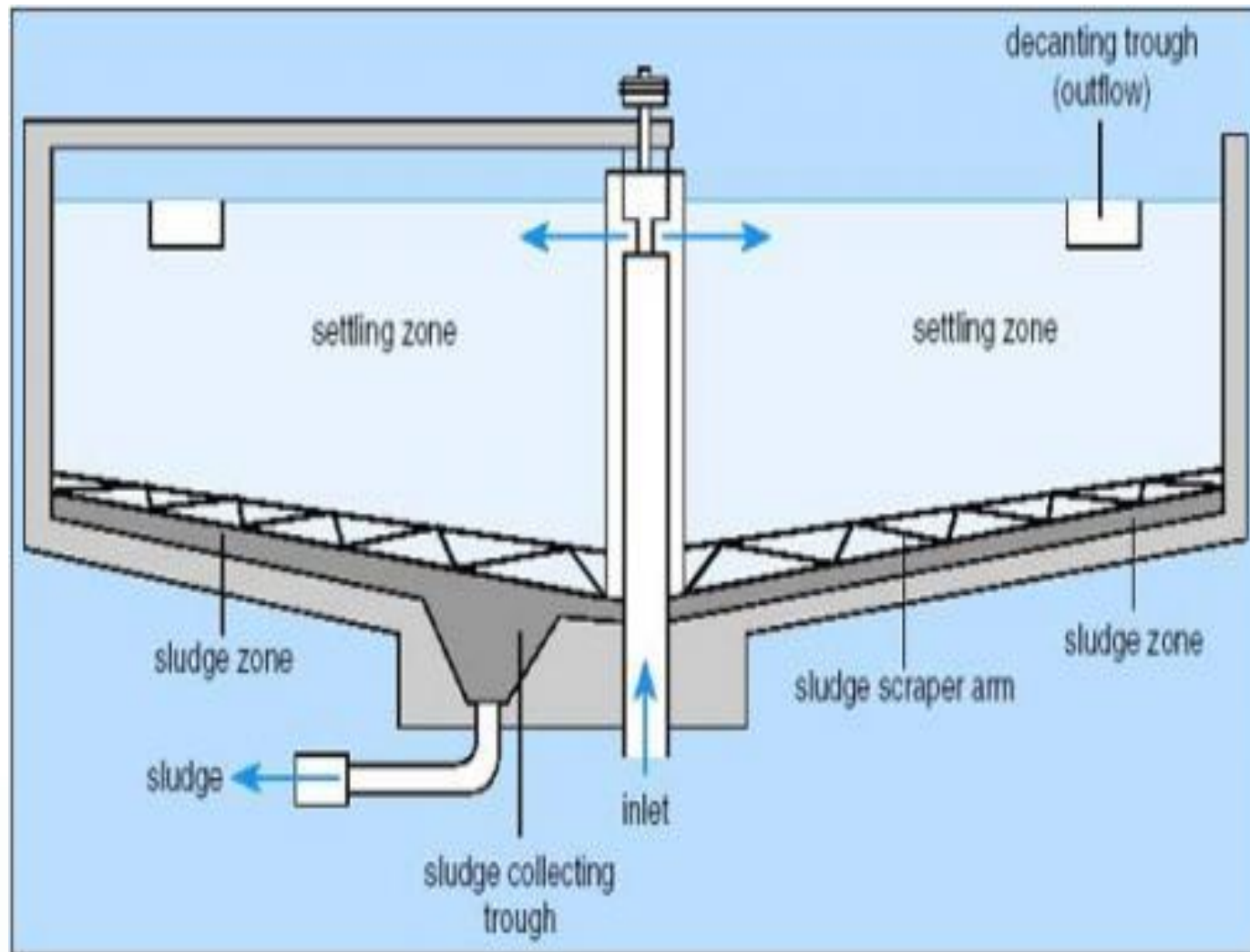


الشكل (32-2)

في أحواض الترسيب الدائرية فإن التدفق يمكن أن يدخل من مركز الحوض متجهاً إلى محيط الحوض ويمكن أن يكون الاتجاه معاكساً لذلك . وبشكل عام فإن تجهيزات تنظيف الحوض الدائري تتألف عادة من شفرات كاشطة مركبة على أذرع قطرية ويكون قاع الحوض مائلاً إلى مركزه كما في الشكل (33-2) .



الشكل (33-2)



المثال (2 - 9) :

احسب أبعاد حوض ترسيب معد لاستقبال تدفق مقداره ($Q = 0.5 \text{ m}^3/\text{sec}$) ولتكن سرعة الترسيب ($So = 4 \times 10^{-4} \text{ m/sec}$) .

إن سعة حوض تشكيل الندف المعير (بفرض مدة بقاء فيه هي $T_f = 1800 \text{ sec}$)

$$V = Qt_f = 0.5 \times 1800 = 900 \text{ m}^3$$

نستخدم هذا العمق أيضاً لحوض الترسيب : $d = 5 \text{ m}$
المساحة الأفقية لحوض الترسيب هي :

$$A = WL = \frac{Q}{So} = \frac{0.5}{4 \times 10^{-4}} = 1250 \text{ m}^2$$

طول حوض الترسيب المستطيل هو عدة أضعاف من عرضه ، ليكن : $L = 5 w$

$$W = \sqrt{\frac{A}{5}} = \sqrt{\frac{1250}{5}} \cong 16 \text{ m}$$

$$L = 5 \times 16 = 80 \text{ m}$$

مدة بقاء الماء في الحوض :

$$Ts = \frac{Lwd}{Q} = \frac{6400}{0.5} = 12800 \text{ sec} = 3.5 \text{ h}$$

السرعة الأفقية لجريان الماء في الحوض :

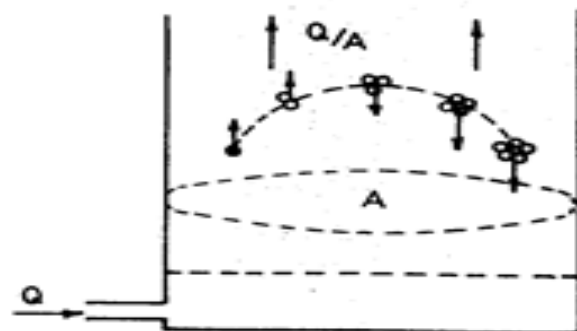
$$\frac{80}{3.5} = 22.9 \text{ m/h}$$

يجب أن يعطى قاع الحوض ميلاً يجعل من السهل التخلص من المواد الصلبة المترسبة فإذا كانت المواد المترسبة تزال يدوياً فإنه ينصح بتقسيم حوض الترسيب إلى جزئين إذا كان ذلك ممكناً ، أحدها يمكن أن يخرج من الخدمة أثناء التنظيف .

2 - 3 - 11 - الترسيب مع تشكيل الندف في المرسبات شاقولية الحركة (المروقات) :

في الأحواض شاقولية الحركة تكون سرعة الجريان (Vo) مساوية إلى سرعة الترسيب الحدية $So = \frac{H}{To} = \frac{Q}{A}$. وفي هذه الأحواض نلاحظ أن الجزيئات المنفصلة لا تستطيع الترسيب إلا إذا كانت سرعتها (S) أكبر من سرعة الترسيب الحدية (So) وكما

ذكر أعلاه فإن المرسيات أفقية الحركة تزيل الجزيئات المنفصلة ذات سرعة الترسب ($S_o > S$) بنسبة مقدارها $(\frac{S}{S_o})$ مما يزيد من فعالية المرسب . ولهذا السبب لا ينصح باستخدام الأحواض شاقولية الحركة لترسيب الجزيئات المنعزلة غير القابلة لتشكيل الندف ، أما الجزيئات القابلة لتشكيل الندف فسلوكها مختلف تماماً ، فهي بعد أن تدخل إلى الحوض متجهة إلى الأعلى بسرعة مقدارها $(S_o - S)$ فهي سوف تصطدم أثناء صعودها بالجزيئات النازلة إلى الأسفل وتتحد معها مما يؤدي إلى زيادة حجمها وسرعة ترسيبها . ومع استمرار الحركة تنقص السرعة الفعالة للحركة نحو الأعلى ، حتى إذا ما أصبحت قيمتها سالبة مع دوام التراكم ترسب الجزيئات نحو القاع ، الشكل (2-35) .



الشكل (2-35)

لا يستطيع جزيء في الأحواض أفقية الحركة البقاء في الحوض أكثر من المدة $T_o = \frac{H}{S_o}$ أما في الأحواض شاقولية الحركة فإن مدة بقاء الجزيء القابل لتشكيل ندفة أكبر بكثير من $t_r = \frac{H}{S - S_o}$ مما يعزز تشكيل الندف ويؤدي إلى زيادة فعالية الترسب ، وبالتالي فإن هذه الأحواض تستطيع العمل بمحمولات سطحية أكبر بكثير من الأحواض الأفقية وذلك لنفس نسبة الإزالة للجزيئات .

الترسيب مع تشكيل الندف في المرسبات شاقولية الحركة (المروقات) :

في الأحواض شاقولية الحركة تكون سرعة الجريان مساوية إلى سرعة الترسيب الحدية وفي هذه الأحواض نلاحظ أن الجزيئات المنفصلة لا تستطيع الترسيب إلا إذا كانت سرعتها أكبر من سرعة الترسيب الحدية

الفصل الثالث

معالجة مياه الشرب بوساطة الترشيح

التفاعلات الكيميائية التي تتم على سطوح رمل المرشحات أهمها هي تفاعلات أكسدة المواد العضوية وأكسدة الحديد والمنغنيز مما يؤدي إلى تحويل الشوائب الموجودة في الماء إلى مواد بسيطة غير مؤذية ، أو إلى مركبات غير منحلة تنفصل بدورها عن الماء بوساطة التصفية أو الترسيب أو الامتزاز

الترشيح الرملي البطيء

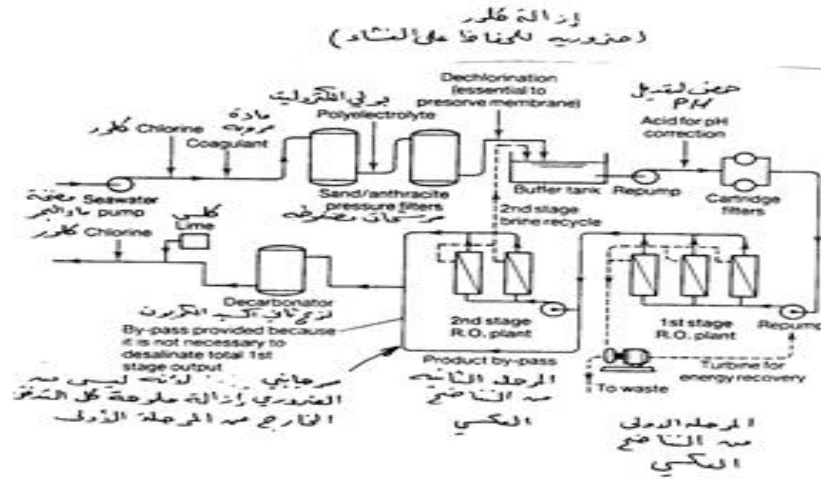
يتألف المرشح الرملي البطيء من حوض كقيم للمياه يحتوي على طبقات رملية محمولة على طبقة بحص بحيث تتوضع طبقة البحص فوق شبكة صرف مفتوحة الوصلات لجمع المياه المرشحة إلى منظم تدفق المياه الراشحة

Operating table
Operating gallery floor
Influent valve
Wash-water pipe
Filtered water pipe
Center line of pipe gallery floor
Wash-water valve
Effluent valve
Sewer or drain pipe
Manifold
Rate controller
Filter No. 1
Filter No. 2
Filter No. 3
Wash-water gutters
Perforated underdrains

طاوله تشغيل
Operating table
Influent valve
Wash-water pipe
Filtered water pipe
Center line of pipe gallery floor
Wash-water valve
Effluent valve
Sewer or drain pipe
Manifold
Rate controller
Filter No. 1
Filter No. 2
Filter No. 3
Wash-water gutters
Perforated underdrains

من مميزات المرشحات الرملية السريعة التي جعلتها مرغوبة أكثر من المرشحات الرملية البطيئة انخفاض الكلفة الأولية للتأسيس وانخفاض المدة اللازمة لإجراء عملية الغسيل.

الفصل الرابع تحلية مياه البحر



الترشيح المفرط أو التناضح (الحلول) العكسي تستخدم في هذه الطريقة أغشية بلاستيكية ذات مسام ناعمة إلى حد كبير . يطرح الماء عبر هذه المسام الموجودة في الطبقة البلاستيكية المدعمة بشبكة من الأسلاك المعدنية أو الصفائح المثقبة لتقاوم ضغط ماء البحر ويصبح المحلول الملحي نتيجة لذلك أكثر تركيزاً إذ يفقد جزءاً من مائه الذي يجري من الغشاء خارج جهة الضغط

تفضل في هذه الطريقة الأغشية السيليلوزية وأيضاً تستعمل أغشية من مواد بوليميرية أخرى المرتفع

إزالة الطعم والرائحة

ينتج طعم ورائحة الماء عن تفسخ المواد العضوية الموجودة فيه ، أو عن الطحالب أو عن وجود الحديد والمنغنيز أو الأكاسيد المعدنية ، أو عن مياه الصرف الصناعية الحاوية على الفينول أو المواد البترولية أو بسبب وجود المعقمة مثل الكلور ، أو بسبب غازات منحلة في الماء .

بشكل عام يجب أن لا يكون للماء أي طعم أو رائحة ملحوظين فإن كان هناك أي طعم أو رائحة فإنه علينا أن نجري المعالجة اللازمة .

وعادة فإنه لا يوجد قاعدة ثابتة لإزالة طعم ورائحة الماء وإنما نجد لكل نوع من مشاكل طعم ورائحة الماء حل خاص به يستنتج من التجارب المخبرية .

وهنا يمكن أن نستعمل التهوية بواسطة النوافير ، أو بواسطة الشلالات

6 - 3 - 2 - إزالة الطعم والرائحة باستعمال الكربون المنشط :

إن من أكثر الطرق المستعملة لإزالة الطعم والرائحة هي طريقة الامتزاز إلى الكربون المنشط والذي يشكل حلاً ملائماً لعدد كبير من مصادر طعم ورائحة الماء ذات الأصل الطبيعي وذات الأصل الصناعي .

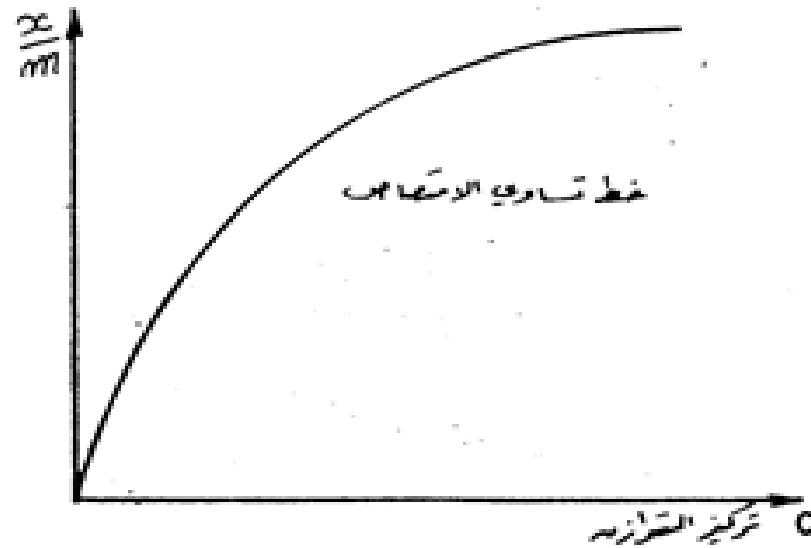
والإمتزاز هو عملية فيزيائية تستعمل بشكل واسع في منشآت تنقية مياه الشرب وذلك لتحسين مواصفات المياه من حيث الطعم والرائحة ، وغالباً ما يستعمل الكربون المنشط كمادة مازة (مادة ماصة) ويتم هذا الامتزاز إلى سطوح حبات الكربون المنشط ولهذا فإنه كلما كان الكربون المنشط أكثر نعومة كلما كان أكثر فعالية . ويتألف الكربون المنشط الحبيبي من جزيئات أقطارها أقل من (1mm) بينما تطحن بودرة الكربون المنشط لتمر عبر منخل (200 mesh) .

بالإضافة إلى مساحة سطح المادة المازة فإن عملية الامتزاز تعتمد على عدة عوامل أخرى كنوع المادة المازة ونوع الجزيئات الموجودة في المحلول ودرجة الحرارة وقيمة (PH) للمحلول .

إن عملية الامتزاز تتم نظرياً وفق العلاقة الآتية (حسب فريندليتش) :

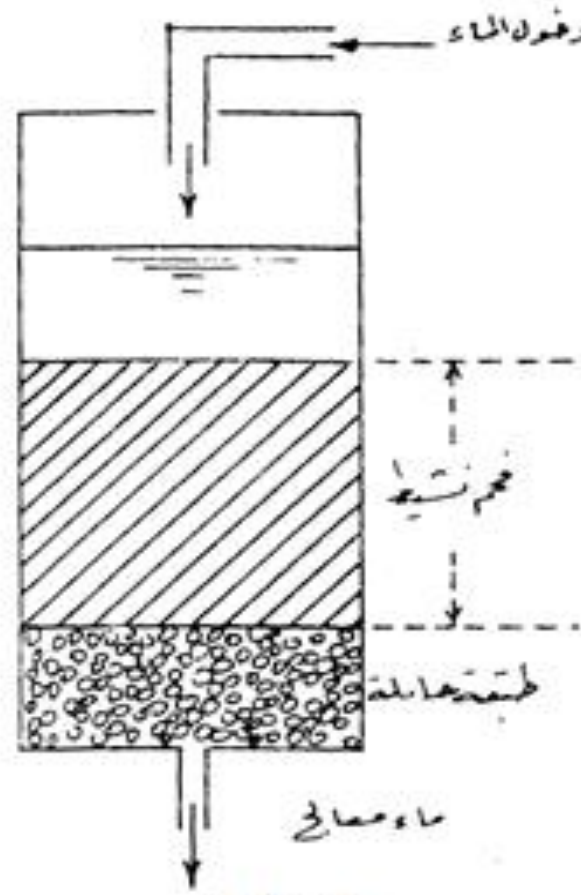
$$(1-6) \quad \frac{x}{m} = \frac{C_0 - C}{m} = KC^{\frac{1}{n}}$$

وبالاحظ بشكل عام أن الامتزاز ضعيف ويكاد يكون مهملاً من أجل كل المواد اللاعضوية باستثناء الهالوجينات ، وهو أقوى من أجل الكلور والبروم واليود ، وهو في أقوى درجاته من أجل المواد القابلة للتطاير ، حيث أنه كلما احتوت المياه على سلاسل بنزينية أو على مركبات ذات بناء أكثر تعقيداً كلما عم الامتزاز بشكل أفضل.



الشكل (6-1)

وبشكل عام فإن جرعة الكربون المنشط تكون متناسبة مع التركيز الابتدائي (Co) ، كما أن جرعة الكربون المنشط قد تتضاعف من أجل تحسين بسيط في تركيز التوازن (C) .



الشكل (3-6)

وعند تصميم مرشحات الكربون المنشط يجب الانتباه إلى أنه باستعمال الفولاذ كمعدن لإنشاء المرشح فقد يتشكل الصدأ الناتج عن تشكل تيار كهربائي (حديد - ماء - كربون) ولهذا يجب حماية الفولاذ من الصدأ بواسطة طبقة مانعة كالإلاستيك . إن غسيل

مثال : تحليل نتائج معطيات تجربة امتزاز بالكربون المنشط وأوجد ثوابت فريندليتش لخط تساوي الامتصاص من تجربة امتزاز بالكربون المنشط لسائل حجمه (1L) .

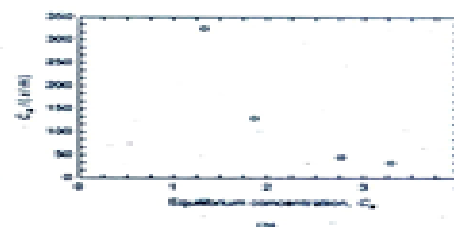
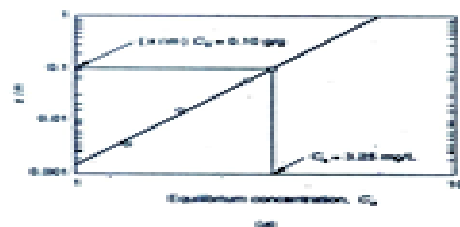
نتائج التجربة :

500	100	10	1	0.0	كمية الكربون المنشط (mg)
1.33	1.86	2.77	3.27	3.37	تركيز التوازن للمادة الملوثة للمحلول (mg/L)
الحل : نرتب المعطيات في الجدول الآتي :					

Co	Ce	x	m	x/m	Ce/x/m
كتلة المادة الملوثة (mg)					
Co	Ce	x	m	mg/mg	
3.37	3.37	0.00	0.00	---	---
3.37	3.27	0.100	1	0.1	32.7
3.37	2.77	0.6	10	0.06	46.2
3.37	1.86	1.51	100	0.0151	123.2
3.37	1.33	2.04	500	0.0041	324.4

□

نرسم على مخطط بياني خطوط تساوي الامتصاص .



لدينا علاقة فريندليتش هي من الشكل :

$$Ce = 1 \quad \frac{x}{m} = 0.0015 \Rightarrow k = 0.0015 \quad \frac{x}{m} = kCe^{1/n}$$

$$\frac{x}{m} = 1 \quad Ce = 6.2 \Rightarrow \frac{1}{n} = 3.56$$

وتصبح علاقة فريندليتش للعائدة لمحلول التجربة هي من الشكل :

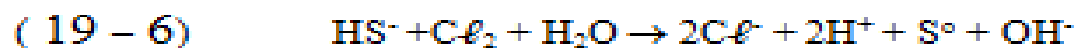
$$\frac{x}{m} = 0.0015 \quad Ce^{3.56}$$

6 - 11 - إزالة السلفيد :

في تحوية المياه المحملة بالسلفيد للتخلص من الرائحة فإن بعض السلفيد يتحول إلى كبريت غرواني تبعاً للتفاعل الآتي :



يمكن أيضاً أن يؤكسد السلفيد بالكلور والبرمنغنات حسب التفاعلات الآتية :



في كل الأمثلة المذكورة أعلاه فإنه من المهم أن نعرف أن الأكسدة قد جرت على نوع خاص في الماء . بما أن النظام المائي يحتوي على تنوع من الأصناف ، التي بعضها يمكن أن يشارك في تفاعلات الأكسدة - إرجاع فإنه من الواضح أن التنبؤ بالمادة الأفضل للأكسدة من أجل التفاعل و (PH) المثالية والزمن اللازم لإتمام التفاعل وجرعة المادة المؤكسدة كل هذا يعتبر التنبؤ به مستحيل . وإن تجربته مخبر تحتاج للحصول على معطيات لتصميم عملية معالجة فعالة .

في كل عملية أكسدة ذكرت أعلاه فإن الكلور قد استعمل في الأمثلة كمؤكسد ومن المؤكد أنه الأكثر شيوعاً وهو واحد من المنتجات الأكثر إنتاجاً للصناعات الكيميائية في الولايات المتحدة . إن إنتاجه مع الصودا الكاوية يجعله منخفض الكلفة ، وهو يستعمل بشكل واسع من أجل تعقيم إمدادات مياه الشرب ومن أجل ضبط العضويات الدقيقة في أنظمة المياه الصناعية .

إزالة الطعم والرائحة الناتجين عن الطحالب

إن المعالجة بكبريتات النحاس أو غيرها من مبيدات الطحالب تفيد في إزالة الطعم والرائحة الناتجين عن الطحالب التي تنمو في خزانات المياه ، وأن إحصاء كمية الطحالب كل فترة قصيرة في خزانات مياه الشرب يمكن أن يعطينا دليلاً على مدى ضرورة استعمال مبيدات الطحالب

كذلك يمكن استعمال الكلور لضبط النمو الطحلي وإن جرعة الكلور أو كبريتات النحاس اللازمة لقتل الأنواع المختلفة من الطحالب مبينة في الجدول (2-6).

الجدول (2-6)

العضويات الدقيقة	الرائحة	جرعة كبريتات النحاس (mg/L)	جرعة الكلور (mg/L)
Chrysophyta :			
Asterionella	عظرية ، سمكية ، غرنوقية	0.10	0.50 – 1.00
Melosira		0.30	2.00
Synedra	ترايبية	1.00	1.00

المضويات الدقيقة	الرائحة	جرعة كبريتات النحاس (mg/L)	جرعة الكلور (mg/L)
Navicula		0.07	---
Chlorophyta :			
Conferva		1.00	---
Scenedemus		0.30	---
Spirogyra		0.20	0.7 – 1.5
Ulothrix		0.20	---
Volvo	سمكية	0.25	0.3 – 1.0
Xygnema		0.70	---
Coelastrum		0.30	---
Cyanophyta :			
Anabaena	طينية ، عشبية ، فاسدة	0.10	0.50 – 1.00
Clathrocystis	عشبية ، فاسدة	0.10	0.50 – 1.00
Oscillaria		0.20	1.10
Aphanizomenon	طينية ، عشبية ، فاسدة	0.15	0.50 – 1.00

Protozoa :			
Euglena		0.50	---
Uroglena	سمكية ، بتولية	0.05	0.30 – 1.00
Peridinium	سمكية	2.00	---
Chlamydomonas		0.50	---
Dinobryon	عظرية ، سمكية ، بنفسج	0.30	0.30 – 1.00
Synura	سمكية ، لاذعة ، خيار	0.10	0.30 – 1.00

الجدول (2-6)

العضويات الدقيقة	الرائحة	جرعة كبريتات النحاس (mg/L)	جرعة الكلور (mg/L)
Beggiatoa	عفنة	5.00	---
Crenothrix	عفنة	0.30	0.5

إزالة الطعم والرائحة باستعمال الكربون المنشط

إن من أكثر الطرق المستعملة لإزالة الطعم والرائحة هي طريقة الامتزاز إلى الكربون المنشط والذي يشكل حلاً ملائماً لعدد كبير من مصادر طعم ورائحة الماء ذات الأصل الطبيعي وذات الأصل الصناعي .

والإمتزاز هو عملية فيزيائية تستعمل بشكل واسع في منشآت تنقية مياه الشرب وذلك لتحسين مواصفات المياه من حيث الطعم والرائحة ، وغالباً ما يستعمل الكربون المنشط كمادة مازة (مادة ماصة) ويتم هذا الامتزاز إلى سطوح حبات الكربون المنشط ولهذا فإنه كلما كان الكربون المنشط أكثر نعومة كلما كان أكثر فعالية

إزالة كبريت الهيدروجين من الماء

إن قابلية انحلال كبريت الهيدروجين في الماء أكبر مرتين من قابلية انحلال ثاني أكسيد الكربون وهو يوجد في مياه الآبار العميقة بسبب نقص شوارد الكبريتات .

ويمكن إنقاص كبريت الهيدروجين بالتهوية . أما ما لم يزال بالتهوية فإنه يؤكسد بوجود الأكسجين المنحل في الماء إلى كبريت حر ، هذا الكبريت الناتج يجب أن يزال بالترسيب أو الترشيح لأنه يمكن أن يتحول مرة ثانية إلى كبريت الهيدروجين بفعل عضويات معينة

مشاكل الماء الأحمر ، تآكل الأنابيب

بما أن الحديد مادة قابلة للانحلال في الماء إلى حد بسيط ، فإن كل مياه الشرب تحوي كمية منحلة منه ، وستزداد هذه الكمية ليصبح الماء غير مناسب للاستهلاك إذا بقي بتماس مباشر مع حديد أنابيب التوزيع . وكلما كان الماء أكثر حامضية كلما كانت كمية الحديد المنحل أكبر .

يمكن منع انحلال مزيد من الحديد في الماء بتنظيم التوازن الكيميائي للماء بحيث تترسب على سطوح الحديد طبقة رقيقة من كربونات الكالسيوم . ولكن يجب أن ننتبه إلى أن لا يستمر هذا الترسيب طويلاً لئلا تنسطم الأنابيب ، وإذا حدث ذلك فيتم تصحيح الوضع بإضافة ثاني أكسيد الكربون إلى الماء ، مما يؤدي إلى حل الطبقة التي تسبب سطم الأنابيب .

إزالة عسرة الماء

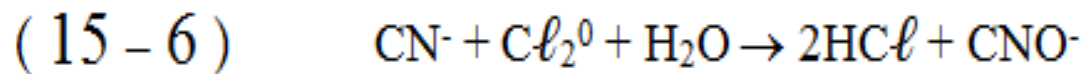
هناك طريقتان لإزالة عسرة الماء الأولى بوساطة الترسيب والثانية بوساطة التبادل الأيوني.

إزالة الحديد والمنغنيز

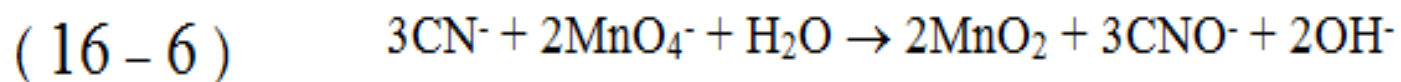
يكون الماء الحامل للحديد مفسداً للألوان وقد يتداخل مع عمليات تحضير الطعام ، كأن يصبح الشاي المحضر به أسود اللون ، ويصبح لون الخضار المغلية به معتماً .

إزالة السيانيد

يمكن أن يؤكسد السيانيد إلى شكل السيانات تحت الظروف القلوية بكل من الكلور والبرمنغنات تبعاً للتفاعلات الآتية :



في هذا التفاعل يتطلب (2.75 mg/L) من الكلور لكل (mg/L) من (CN) .



وفي هذا التفاعل يتطلب (4.1 mg/L) لكل (mg/L) من (CN) .

إن كلاً من هذين التفاعلين ينجز عند (PH) أكبر من (10) . في حالة الكلور فإنه من المهم أن نحافظ على هذه القيمة لـ (PH) لتجنب تشكل كلور السيانوجين السام .

إزالة المعادن السامة والنشاط الاشعاعي

أثبتت الأبحاث أن المعالجة بالكلس هي ذات فائدة في التخلص من الكميات البسيطة من المعادن الثقيلة – التي يكون الكثير منها ساماً .

المراجع المستعملة

المراجع العربية

- ١- د حجار سلوى ، معالجة مياه الشرب ، منشورات جامعة حلب ٢٠٠٦ .
- ٢ - د حجار سلوى ، الهندسة الصحية ، منشورات جامعة حلب ١٩٨٧ .
- ٣ - د. حجار سلوى ، معالجة مياه الشرب والمياه الصناعية ، منشورات جامعة حلب ١٩٨٥ .
- ٤ - د. أحمد فيصل أصفري " إرشادات في تصميم وتشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة " منظمة الصحة العالمية، عمان، الاردن ٢٠٠٤ .

المراجع الأجنبية

- 1-John W.Clark , Warren Viessman . Jr, Mark J.Hammer “ Water Supply and Pollution Control “ . Harper and Row Publishers . Inc 5 th .ED . 1993 .
- 2- Bablitt H.E. et al , Water Supply Engineering , Mc Graw Hill – 1962 .
- 3-A. C. Twort , E.C. Hoather , E.M. Law . Water Supply 4 th Eddition 1994 .
- 4-T.J.Casey “ Unit Treatment Processes in Water and Wastewater Engineering “ John Wiley & Sons 1997 .