



شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة



تقنيات معالجة مياه الشرب ٢٠١١



تقنيات معالجة مياه الشرب

٢٠١١

اعداد

م / محمد غنيم

الباب الأول

مصادر وخصائص المياه

الماء هو شريان الحياة الرئيسي حيث بدونهُ لا يمكن أن توجد حياة على سطح الأرض ، يغطي الماء بحالته السائلة أو الصلبة أربعة أخماس كوكب الأرض وتناقص المياه هو أحد المشكلات التي تواجه العالم في هذه القرن وذلك نتيجة الزيادة المطردة في تعداد سكان العالم الذي ترتب عليه زيادة الرقعة العمرانية وكذلك الأنشطة الصناعية التي تستهلك كميات كبيرة من المياه وينتج عنها ملوثات تغير من مواصفات مصادر المياه الأمر الذي يستلزم اتخاذ إجراءات من الحكومات لسن التشريعات ووضع المواصفات القياسية لنوعية المياه علاوة على تطبيق التكنولوجيات التي من سبيلها الحد من الاستهلاك المطرد والوصول إلى مياه نقية صالحة للاستخدام .

الدورة الهيدرولوجية للمياه:

يختص علم الهيدرولوجيا بدراسة توزيعات المياه في الكرة الأرضية وبحركتها المستمرة من البحار إلى الجو ومن الجو إلى اليابسة ومن الأرض عودا إلى البحار وتسمى هذه الدورة بالدورة الهيدرولوجية ، ومعظم المياه التي تسقط على الأرض لا تصل إلى المحيطات بل تكمل دورتها الهيدرولوجية عودا إلى الجو بعملية البخر وعملية نتج النباتات

وحوالي ٢٥% من المياه العذبة بالكرة الأرضية مخزونة تحت سطح الأرض حيث تبقى لمئات أو آلاف السنين ، ونسبة صغيرة منها تكون موجودة في طبقات يمكن سحبها منها بكميات محددة .

وعليه يمكن تلخيص مصادر مياه الشرب كالآتي :

- | | | |
|-------------|------------|-------------------|
| ١- الأمطار | ٢- البحار | ٣- المحيطات |
| ٤- البحيرات | ٥- الأنهار | ٦- المياه الجوفية |

درجة نقاء الماء

تأتي مياه الأمطار في المقدمة من حيث النقاء لاحتوائها على نسبة بسيطة من المواد العضوية علاوة على بعض الغازات الذائبة ، ثم تليها المياه الجوفية التي تحتوي على بعض أملاح الكالسيوم و الماغنسيوم والصوديوم وبعض المواد العالقة وذلك طبقا لنوعية التربة التي تمر بها .



مياه الامطار المتجمعة خلف السد (السودان) ١

أما المياه السطحية فتأتي في المؤخرة وهي عبارة عن مياه البحار والمحيطات والبحيرات والأنهار ، وتعتبر كلها مصادر لمياه الشرب ، فيتم الحصول على مياه الشرب من مياه البحار والمحيطات عن طريق عمليات التحلية ، أما مياه الأنهار والبحيرات العذبة فيتم الحصول على مياه الشرب منها عن طريق عمليات المعالجة ، أي أن المياه السطحية هي المصدر الرئيسي للمياه.

والمياه الجوفية عبارة عن مياه مستخرجة من الآبار ، وتكون أملاحها عادة أكثر من المياه السطحية إلا إنها تحتوي على نسبة بسيطة جدا من المواد العالقة ، لأن مرور المياه في طبقات الأرض يرشحها من المواد العالقة بها وفي مصر نعتمد على مياه نهر النيل والمياه الجوفية كمصادر رئيسية لمياه الشرب ، وتصل حصة مصر من مياه النيل إلى ٥٥.٥ مليار متر مكعب في السنة وذلك طبقا لاتفاقية عام ١٩٥٩ مع دول حوض النيل .

خصائص المياه

تنقسم خصائص المياه إلى :

١- خصائص طبيعية

٢- خصائص كيميائية

٣- خصائص بيولوجية

الخصائص الطبيعية

١. درجة الحرارة

٢. العكارة

٣. اللون

٤. الطعم

٥. الرائحة

١-درجة الحرارة:

تؤثر درجة الحرارة على عمليات تنقية المياه ، فهي تساعد على سرعة ذوبان الكيماويات المضافة وسرعة ترسب الجسيمات الدقيقة

٢-العكارة :

قد تكون مواد عضوية مثل الطحالب ومواد غير عضوية مثل الطمي والرمال . وتكون العكارة في المياه السطحية أكثر منها في المياه الجوفية نظراً لأن الأخيرة تتعرض للتريشخ خلال مرورها في طبقات التربة المختلفة

٣- اللون :

يحدث تلون الماء في المورد السطحي نتيجة لتحلل المواد العضوية أو وجود مواد غير عضوية كالحديد والمنجنيز ، ويعتبر تلون الماء من أكثر الدلالات على عدم صلاحيته للاستهلاك الآدمي ومعظم الاستخدامات الصناعية.

-الطعم:

يكون للماء أحياناً طعم غي مستساغ ، وذلك نتيجة وجود طحالب ومواد عضوية متعفنة ، أو نتيجة اختلاطه بمياه الصرف أو المخلفات الصناعية قبل معالجته .

الخصائص الكيماوية

١. الأس الايدروجيني

٢. العسر الكلي

٣. الأكسجين الذائب

٤. المواد الذائبة

٥. القلوية

٦. الحموضة

٧. المواد العضوية بأنواعها

١. الأس الهيدروجيني:

وهو ما يرمز له بالرمز " pH " وهو يعبر عن الحالة الحمضية أو القلوية للماء ، وهو يبدأ من الصفر إلى رقم ١٤ ، والرقم ٧ يدل على التعادل النقي، وإذا قل الرقم عن ٧ يدل ذلك على حمضية الماء . فحينما تذوب أي مادة في المياه يتأين المحلول إلى أيونات الهيدروجين H^+ وأيونات الهيدروكسيد OH^- ويكون الماء حمضي إذا كانت الأيونات H^+ أكثر من أيونات OH^- وقلوي إذا حدث العكس ، ويكون المحلول متعادلا إذا تساوى تركيز H^+ و OH^- .

الماء الحمضي يحدث تآكلا في المعدات ، أما الماء القلوي فيرسب قشورا. وقد وجد أنه بالنسبة للماء أو أي محلول مائي يكون حاصل تركيز أيونات الهيدروجين $[H^+]$ والهيدروكسيد $[OH^-]$ يساوي مقدارا ثابتا هو 10^{-14} وذلك عند درجة حرارة 25م. أي أن $[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$.

وفي حالة المياه النقية يكون $10^{-7} = H^+$
وبالتالي $Ph = -\log[H^+] = -\log[10^{-7}] = 7$

٢. العسر :

وهو عبارة عن وجود مقادير ملحوظة من أملاح الفلزات التي لا تذوب في الماء مثل الكالسيوم والماغنسيوم . ووجودها في الماء يزيد من الأس الأيروجيني للماء ، والعسر يسبب قشورا داخل المواسير والعدادات وأجهزة تسخين المياه ، كما أنه يكسب الماء طعما غير مستساغ ويصعب معه استخدام الصابون.

٣. الأكسجين الذائب:

يتواجد الأكسجين ذائبا في المياه العذبة بصفة دائمة نتيجة للتهوية الطبيعية وتزداد نسبة الأكسجين الذائب في المياه الباردة عنها في المياه الساخنة ويؤدي وجود الطحالب في الماء إلى إنتاج الأكسجين نهاراً فيزداد منسوب الأكسجين الذائب في الماء وفي الليل تستنفذ الطحالب كمية من الأكسجين فينخفض منسوب الأكسجين الذائب في الماء وتساعد زيادة نسبة الأكسجين الذائب في الماء على حدوث التآكل في السطوح المعدنية الملامسة لها كالمواسير والعدادات والمضخات .

٤. القلوية:

تعزي قلوية المياه لوجود هيدروكسيدات-كربونات- بيكربونات ..بعض عناصر الفلزات النشطة (الاقلاء) مثل الصوديوم والكالسيوم و الماغنسيوم و البوتاسيوم ، وارتفاع قلوية المياه يؤدي إلى تزايد التكاثر البيولوجي وليست هناك أضرار من المياه المحتوية على قلوية حتى ٤٠٠ ملليجيم /لتر.

٥. الحمضية :

تكون المياه حامضية إذا كان الأس الهيدروجيني Ph أقل من ٧. ومن أسباب حمضية الماء وجود ثاني أكسيد الكربون الذائب أو بعض الأحماض العضوية الناتجة من تحلل البقايا النباتية كما أن تصريف المخلفات الصناعية التي تحتوي على أحماض في المسطحات المائية يزيد من درجة حمضية المياه ، وبالإضافة لما تسببه المياه الحامضية من تآكل وصدأ المواسير الحديدية فأنها تذيب بعض المواد الضارة بالصحة مثل النحاس والرصاص والزنك ، والمياه المفضل شربها تكون (6.5-8.5) PH.

٦. المواد الذائبة :

عند مرور المياه السطحية أو الجوفية على أنواع من التربة أو الصخور فأنها تذيب بعضا من هذه المواد الصلبة وتختلط بالماء ، وهناك حد أقصى مسموح به للمواد الصلبة الذائبة في الماء حتي لا تسبب للمستهلكين مشاكل صحية أو تكسب الماء طعما ورائحة غير مقبولين وتكون بعض المواد الذائبة ضارة بصحة الإنسان لذلك من الضروري إعطاء عناية للتخلص منها أثناء عمليات المعالجة .

٧. المواد العضوية :

تأتي نتيجة التلوث بالمخلفات السائلة الصناعية والزراعية والمجاري وهناك أنواع جديدة وكثيرة من المواد العضوية غير معروف تأثيرها في مياه الشرب على المدى الطويل إلا أن بعض هذه المواد مسببة لسرطان والبعض الآخر يغير في أساس تكون الخلايا .

الخصائص البيولوجية

وهي عبارة عن ما تحويه المياه من بكتريا وفيروسات وطحالب وطفيليات ضارة بصحة الإنسان ، ويؤدي اكتشاف هذه البكتريا والفيروسات إلى وضع النظام السليم لتعقيم المياه بما يكفل قتل هذه الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض .

الاشتراطات الصحية في المياه

إن مسئولية القائمين على تشغيل محطات تنقية مياه الشرب التأكد من أن نوعية مياه الشرب المنتجة تتماشى مع المواصفات القياسية التي تكفل حماية الصحة العامة ، ويمكن تصنيف المواصفات القياسية إلى ثلاثة أنواع من الخواص هي :

١. الخواص الطبيعية:

أ- درجات حرارة الماء:

ليس لها تأثير على صحة العامة ولكن الارتفاع المفاجئ في درجة حرارة الماء قد يكون دلالة على تقلبات موسمية أو تصريف كبير لمياه الصرف الصحي أعلى التيار.

ب- لون وطعم ورائحة الماء:

هو من الاهتمامات الجمالية للمياه ولكن حدوثها قد ينبئ بحدوث تلوث من مصادر مثل المخلفات المنزلية أو الصناعية.

ت- العكارة :

هي من الأمور الهامة للصحة العامة لأنها تؤثر على عملية التطهير ، فالذي يحدث أنه طالما توجد جسيمات تعكر المياه فأنها تكون مخابئ تلجأ إليها الكائنات الحية للهروب من تأثير الكلورين عليها ، فلا يتم التطهير بالكامل وتصل هذه الكائنات إلى

المستهلك وقد تصيبه بالأمراض ، لذلك حددت المواصفات القياسية أقصى مستويات للعاركة .

٢. الخواص الكيميائية :

تمثل الكيماويات العضوية وغير العضوية خطراً على الصحة العامة ويوضح الجدول التالي تأثير الكيماويات المختلفة على الصحة العامة وأقصى مستوى مسموح به حفاظاً على الصحة العامة .

تأثير الكيماويات المختلفة على الصحة العامة

المادة	الأضرار الصحية المحتملة عند زيادة النسبة	أقصى نسبة مسموح بها (ملجم/لتر)
الزرنخ	قروح على الأيدي والأقدام - ومسبب للسرطان - ومؤثر على الجينات على المدى الطويل - وأحياناً يمكن أن يسبب الإرهاق وفقدان الطاقة	٠.٠٥٠
الباريوم	ارتفاع ضغط الدم - تخدر الأعصاب	١.٠٠٠
الكاديوم	ارتفاع ضغط الدم - سام في حالة الاستنشاق - ومسبب للسرطان - وعلى المدى الطويل يتركز على الكبد والكلى والبنكرياس والغدة الدرقية	٠.٠٠٥٠
الكروم	حساسية في الجلد - فشل كلوي - والإصابة بالسرطان - وتآكل الأنسجة ويؤثر على المخ ويتلف الكلى	٠.٠٥٠
الرصاص	الأنيميا - شلل في الأطراف - إمساك - فقد الشهية	٠.٠٥٠
الزئبق	التهاب الفم - سقوط الأسنان - سام لجهاز العصبي على المدى الطويل	٠.٠٠٠١
السلينيوم	ضعف عام - تهيج الأنف والحلق - بقع حمراء بالأصابع	٠.٠١٠
الفضة	تحول لون الجلد إلى رمادي - ويؤثر على العين والغشاء المخاطي	٠.٠٥٠
الألومنيوم	تؤثر على بعض أجزاء الجسم وخصوصاً الكلى	٠.٢٠
الفلوريد	تبقع الجلد	٠.٨٠٠
النترات	ازرقاق لون الأطفال	١٠.٠٠٠
النترت	ازرقاق لون الأطفال	٠.٩

المعايير التي أقرتها اللجنة العليا للمياه في ١٩٩٥/٢/٢٦

٣. الخواص البيولوجية:

يمكن أن تنتقل الكائنات الحية المسببة للأمراض إلى الماء ، ومن أهمها بكتريا الكوليفورم ، وللكشف عن وجود الكوليفورم تستخدم إحدى طريقتين هما :

أ- طريقة المرشح الغشائي:

وفيها يجب ألا يتجاوز عدد الكوليفورم ١ لكل ١٠٠ مل من العينة وذلك في عينة واحدة كمتوسط لجميع العينات المأخوذة خلال شهر واحد.

ب- ب- طريقة التخمر بالأنابيب المتعددة:

وفيها يجب أن ألا يتواجد عدد الكوليفورم عن ١/١٠٠ مل عينة لمرة واحدة طوال الشهر ولا يتجاوز أكثر من ٥% فقط من العينات خلال العام.

أنواع المواد الدخيلة على المياه

(١) مواد ذائبة (Dissolved Matters)

وأهمها أملاح كربونات و بيكربونات وكبريتات و كلوريدات الكالسيوم و الماغنسيوم والصوديوم ، وكذا أملاح مركبات الحديد و المنجنيز و السيلكا ، هذا بالإضافة إلى فضلات المجاري والمصانع وعلاوة على الغازات الذائبة وأهمها الأكسجين وثاني أكسيد الكربون و كبريتيد الأيدروجين.

(٢) مواد عالقة (Suspended Matters)

وأهمها الطين والرمل والمواد النباتية والحيوانية الميكروسكوبية وأنواع البكتريا ، وفضلات المصانع والصرف الصحي

(٣) - مواد كلويدية "غروية" (Colloidal Matters)

وتوجد في حالة متوسطة بين التعلق والذوبان

التأثيرات غير المرغوبة لبعض المواد الدخيلة على المياه

(١) المواد الذاتية

أ- أملاح الكالسيوم و الماغنسيوم

البicarbonates : تسبب قلوية وعسر مؤقت

الكربونات : تسبب قلوية وعسر مؤقت

الكبريتات : تسبب عسر دائم

الكلوريدات : تسبب عسر دائم

ب- أملاح الصوديوم

البicarbonates : تسبب قلوية

الكربونات : تسبب قلوية

الكبريتات : تسبب تكوين رغاوي في الغلايات

الفلوريدات : تسبب تشوية الأسنان

الكلوريدات : تسبب طعما

ت- الغازات الذائبة

الأكسجين : تأثير على المعادن

ثاني أكسيد الكربون : تأثير على المعادن وحمضية

كبريتيد الأيدروجين : تأثير على المعادن وطعم ورائحة

٢) مواد عالقة

أ- البكتريا : بعضها يسبب أمراضاً

ب- الطحالب: تسبب لوناً ، وطعماً ، ورائحة

ت- الطمي: يسبب عكارة

٣) مواد غروية

أ- أكسيد الحديد : يسبب لوناً أحمر

ب- المنجنيز: يسبب لوناً أسود أو بني

المواد العضوية

تسبب لوناً وطعماً ووجود بعض هذه المواد في المياه يجعلها غير نقية أو غير صالحة للاستعمال وقد تسبب الأمراض.

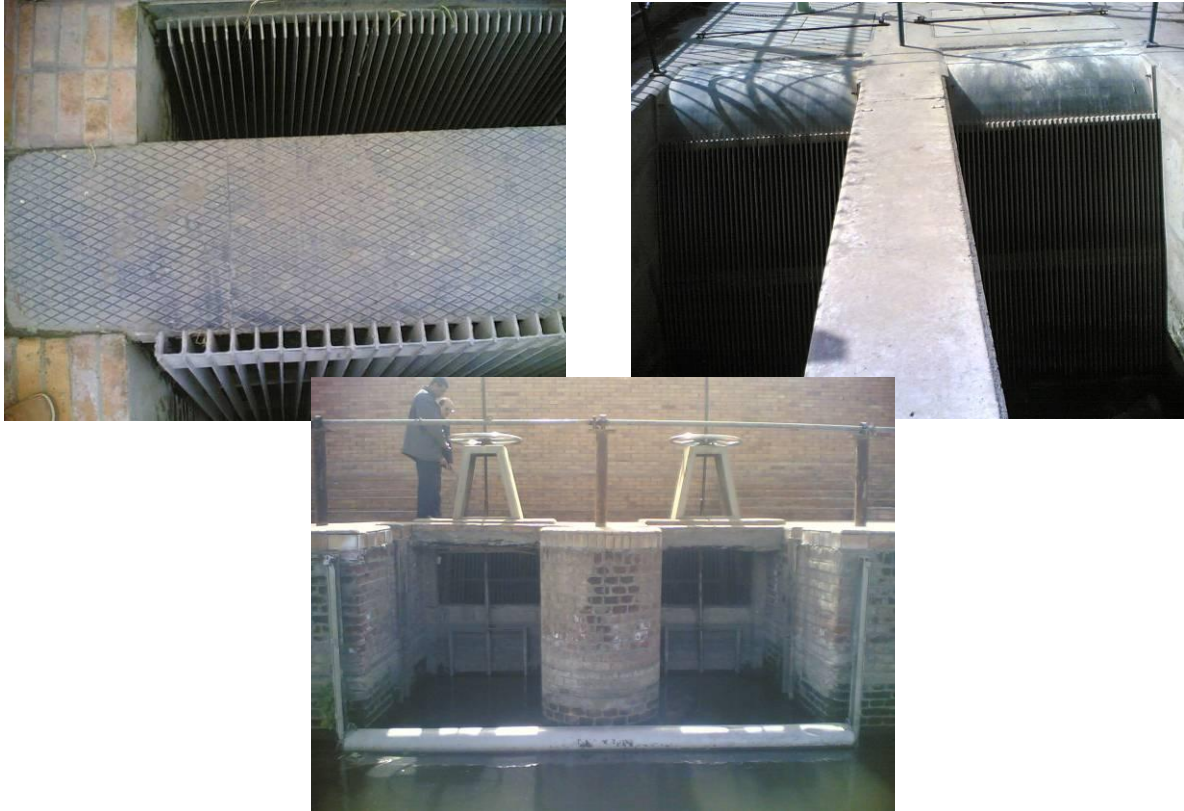
الباب الثاني

عمليات معالجة مياه الشرب

أولاً: فصل الاجسام الطافية والعالقة بالمأخذ :

هي أولى عمليات المعالجة ونعني بها فصل المواد الصلبة و الإغشاب الطافية بالماء و يتم ذلك بواسطة المصافي بمأخذ المحطة , وتكون المصافي إما ميكانيكية أو يدوية و يتم الاهتمام بتنظيفها يوميا لضمان عدم انسداد الماخذ و توقف تدفق المياه الخام الي المحطة .

والمصافي تكون علي صفين احدهما تلو الآخر الأولى ذات مسافات بينية بين القضبان اكبر من الصف الثاني ليتم توزيع الأجسام العالقة بين كلا الصفين



ثانياً: عمليتي الترويب و التنديف

طبيعة الشوائب

تتكون الشوائب الموجودة في المياه نتيجة التآكل الأرضي الناتج من احتكاك المياه مع قطاع المجري المائي ، وتتكون الشوائب من دقائق صغيرة كما تلتقط المياه مع الاحتكاك أيضا كميات من الأملاح وبقايا النبات المتحللة كما توجد شوائب أخرى إضافية ناتجة من التلوث الهوائي ومخلفات المصانع وفضلات الحيوانات ، ولذلك فالمياه السطحية تتلوث بتأثير الطبيعية والإنسان وتحتوي المياه على مواد عالقة ومواد ذائبة عضوية من أصل نباتي أو حيواني (وكذلك على المواد غير العضوية وكافة الأشكال البيولوجية كالبكتريا والنباتات المائية والهائمات (plankton) وتسمى هذه المواد " المواد العالقة الصلبة " وتكون قدراً كبيراً من مكونات الشوائب ، أما الأجزاء الكبيرة الحجم مثل الرمل و الطمي الثقيل "Heavy Silt" فيمكن إزالتها من المياه بتركها للترسيب بواسطة الجاذبية الأرضية وتسمى هذه المواد " المواد الصلبة القابلة للترسيب (Settable Solids) . ولكل منها حجمها وتأثيرها المختلف على المياه.

يمكن تقسيم الشوائب بالمياه أيضا تبعا للحجم فنجد أن :

(^١) مواد عالقة (suspended solids) وهي ذات أقطار $< 10^{-6}$ م

(^٢) 10^{-6} م $<$ مواد غروية (colloidal solids) $< 10^{-9}$ م

(^٣) مواد ذائبة (dissolved solids) $> 10^{-9}$ م

و هو مما يجعل أيضا لكل منها سرعة ترسيب مختلفة .

Diameter (m)	Types of particles	Settling time over 30 cm
1.10^{-2}	gravel	0.3 sec
1.10^{-3}	coarse sand	3 sec
1.10^{-4}	fine sand	38 sec
1.10^{-5}	silt	33 min
1.10^{-6}	bacteria	35 hours
1.10^{-7}	clay	230 days
1.10^{-8}	colloids	63 years

الجدول السابق يوضح سرعة ترسيب مختلف المواد لأقطار مختلفة

و للتعبير عن كمية المركبات الموجودة بالمياه يوجد العديد من العوامل المستخدمة مثل تركيز المواد العالقة، العكارة (TOC / DOC) واللون

ويحدث ترسيب للمواد الصلبة طبيعياً عند تخزين المياه فترة كافية من الزمن في خزان أو في الأنهار والبحيرات ذات السرعة البطيئة ، لكن الأجزاء الصغيرة جداً مثل المواد الغروية والطيني الدقيق والبكتريا التي لا تترسب بسهولة وتحتاج إلى معالجة لتجعل جزيئاته أكبر وذات قابلية للترسيب وتسمى هذه المواد بالمواد غير قابلة للترسيب أو المواد الغروية المواد الغروية هي سبب وجود العكارة وهي ذات أقطار صغيرة وتحمل شحنة سالبة وتنتافر فيما بينها ، في المناطق الاستوائية يمكن ان يزداد تركيز المواد العالقة و يصبح النهر عبارة عن سريان للروبة .

تسبب المواد الذائبة في وجود اللون للمياه الخام وإزالة هذه المواد يعتمد اعتماداً كبيراً على الأس الهيدروجيني للمياه



Figure 2 - Rivers in the tropics sometimes have high suspended solids contents

الحاجة إلى الترويب والتنديف

الغرض من هاتين العمليتين هو إزالة المواد الشائبة وخاصة غير القابلة للترسيب الطبيعي وإزالة العكارة من المياه المراد معالجتها .

وتعمل المواد الكيماوية (المروبات) على إزالة المواد الغير قابلة للترسيب بعملية الترويب (Coagulation) وذلك بأن تجعل هذه الجزيئات تتجمع مع بعضها البعض (Clump together) لتكون الندف الصغيرة ثم تتجمع الندف الصغيرة مع بعضها البعض لتكوين ندف كبيرة وثقيلة قادرة على الترسيب ، و باختصار فإن عملية الترويب هي عملية إضافة مروبو لمياه الخام لعمل (destabilization) للجزيئات ذات الشحنات السالبة.

فتخلط المواد الكيماوية بالماء العكر الذي يحتوي على جسيمات دقيقة لا ترسب ولا تترشح بسهولة وتعمل على جعل الجسيمات الدقيقة الصغيرة تتجمع وتتكتل معا في صورة أجسام أكبر (ندف)

للحديث عن آلية الترويب يمكن القول ان الترويب يحدث بثلاثة آليات مختلفة

1. electrostatic coagulation
2. adsorptive coagulation
3. Precipitation coagulation

الترويب الاليكتروستاتيكي

وفي الترويب الاليكتروستاتيكي تقترب الايونات الموجبة ومن الطبقة المحيطة بالمواد الغروية ذات الشحنة السالبة كما بالشكل والجانب الأيسر قبل حقن المروب والجانب الأيمن بعد حقن المروب وهذا النوع من الترويب يحدث بعد حقن 0.025 mol/m³ من الايونات المنتقلة وهذا لا يوجد في المياه السطحية ولذا لا يلعب هذا النوع من الترويب دورا هاما في معالجة المياه السطحية

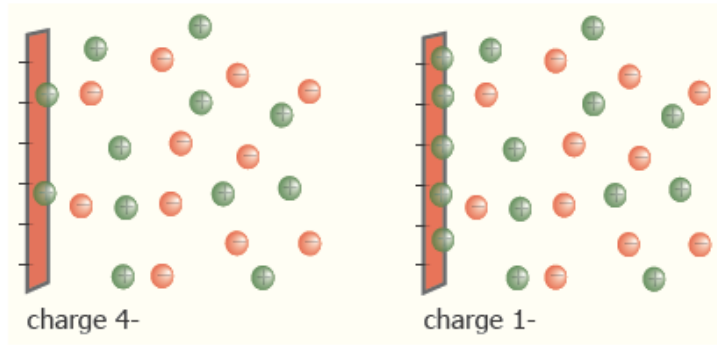


Figure 6 - Mechanism of electrostatic coagulation

الترويب الامتزازي (adsorptive coagulation)

و في هذا النوع من الترويب تمتز جزيئات المواد الغروية الي الجزيئات الموجبة المتكونة من تفاعل المروب مع الماء $FeOH_2^+$ and $FeOH_2^+$ وهذا النوع من الترويب لا يحدث الا في حالات PH المنخفضة بالنسبة لكلوريد الحديدك أفضل PH

من ٦ الي ٨ و في حالة الشبة (ايون الألمنيوم فإن ال PH المثلي ٧ و من خصائص
خذا النوع من الترويب ان نسبة ازالة المواد العضوية يتناسب مع كمية المروب المضافة
و يمكن ان يحدث إعادة تنافر الجزيئات عند زيادة الجرعة عن الحد المطلوب.و زمن
حدوث هذه العملية ثانية واحدة فقط

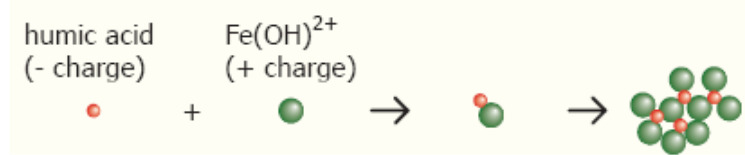


Figure 7 - Mechanism of adsorptive coagulation

الترويب الترسيبي Precipitation coagulation

وهذا النوع من التريب يحدث في المياه ذات الماد العالقة المنخفضة حيث تتحد المواد
الغروية الي ندف متعادلة وهذا النوع من الترويب يحتاج الي جرعات اعلي من المادة
المروبة اكبر من المضافة الي الترويب بالامتزاز .

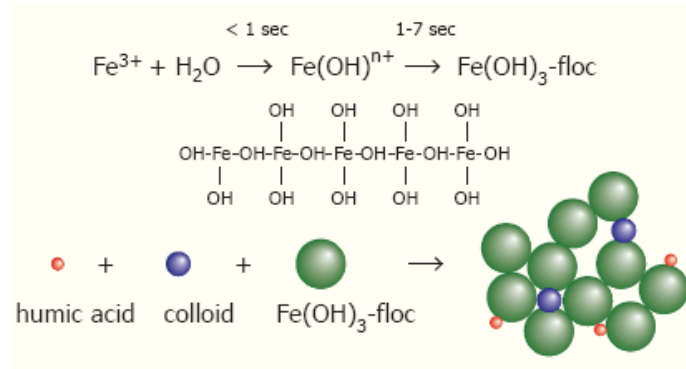


Figure 8 - Mechanism of precipitation coagulation

مواد الترويب

من المواد المستخدمة في الترويب

١. كلوريد الحديدك , ويتميز بقدرته الجيدة علي العمل في مدي كبير من الاس الهيدروجيني PH حيث يعمل في وسط الاس الهيدروجيني له من ٦ الي ٩
٢. كبريتات الالمونيوم و اسمها الدارج الشبة وهي تتميز بتوفرها ورخص ثمنها و تعمل في وسط الاس الهيدروجيني له من ٥.٥ الي ٧.٥ .

عملية الترويب

هي عملية الخلط السريع للمياه الخام مع المادة المروبة و تستغرق هذه العملية من ١ الى ٧ ثواني والهدف منها توزيع المادة المروبة على كل كمية المياه الخام و يستلزم لذلك بذل طاقة للخلط ويتم ذلك من خلال خلاط ميكانيكي أو بواسطة الخلط الهيدروليكي كما يمكن ان يحدث الخلط السريع بحقن المروب في خط طرد ظلمبات المياه العكرة.



الترويب الميكانيكي ١

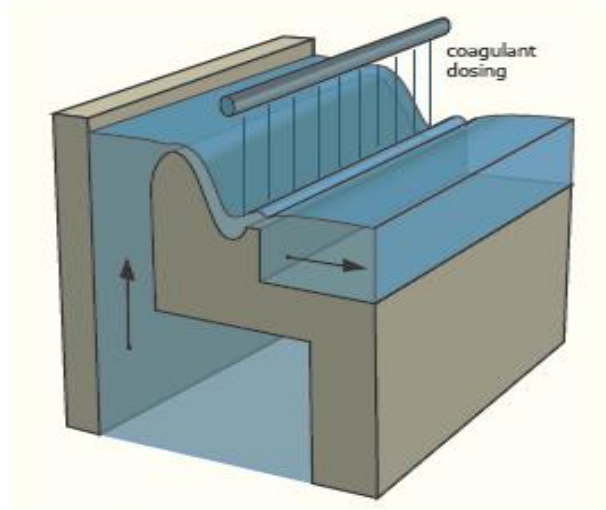


Figure 17 - Cascade mixer

الترويب الهيدروليكي ١

و لكمية الطاقة المبذولة في الخلط تأثير علي جودة عملية الخلط ولها حدود يجب التأكد منها لضمان جودة هملية الترويب .

وهذه القيمة تسمى G value

G_c = velocity gradient for rapid mixing	$[s^{-1}]$	$G_c = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}}$
P = dissipated power	$[W]$	
μ = viscosity	$[N \cdot s/m^2]$	
V = volume of mixing tank	$[m^3]$	

وهذه القيمة تعتمد على لزوجة المياه الخام , حجم الحوض الذي يحدث به الخلط , و قدرة المحرك المستخدم في الخلط .

وفي حالة الخلط الهيدروليكي تكون المعادلة نعوض عن الطاقة كما يلي :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot \Delta H$$

$$G_c = \sqrt{\frac{\rho \cdot g \cdot \Delta H}{\mu \cdot \tau_c}}$$

وكما نري ان قيمة ال G value تعتمد على فرق الارتفاع بين دخول وخروج المياه من حوض الترويب و تصرف المياه العكرة .

وقيمة ال G value للترويب علي الأقل ١٥٠٠ ث^{-١}

استخدام الشبة وخطر الالمنيوم المتبقي

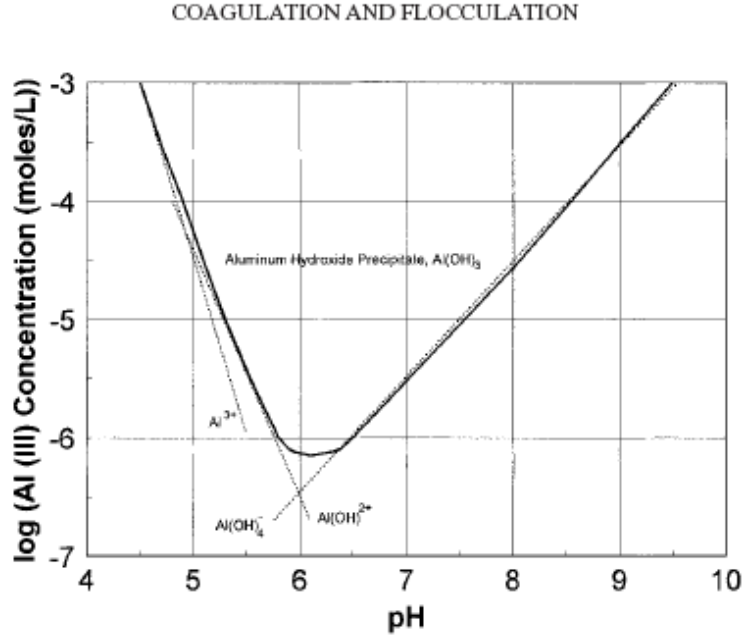


FIGURE 6.9 Solubility diagram for amorphous, freshly precipitated aluminum hydroxide. Water molecules are omitted in species notation.

ان اهم العوامل المؤثرة في علي اداء المروب هي قدرته علي الذوبان واهم العوامل المؤثرة علي قدرة المروب علي الذوبان هي الاس الهيدروجيني (PH) فعند انخفاض الاي الهيدروجيني بصورة كبيرة يذوب المروب مكونا ايون المعدني من الالومنيوم او الحديد في حالة استخدام كلوريد الحديدك و كذلك عند ارتفاع ال (PH) ولهذا تم وضع

المنحنى السابق ليوضح لحدود الافضل لاستخدام الشبة ولذا يجب الحفاظ علي الاسهيدروجيني للمياه المروية داخل هذه الحدود (٥.٥ - ٧.٥) للحصول علي افضل اداء للمروب و حتي لا ترتفع نسبة الالمنيوم المتبقي عن الحدود المسموح بها .

التأكد من جرعة الشبة

يمكن التأكد من جرعة الشبة المضافة بواسطة قياس التغير في القلوية للمياه الخام , وهذه الطريقة تقريبية و تعتمد علي العامل البشري في قياس القلوية وكذلك على جودة المواد الكيماوية المستخدمة .

١. يتم قياس قلوية المياه العكرة

٢. التأكد من جرعة الكلور المبدئي المستخدمة جم/م^٣

٣. يتم حساب التغير في القلوية حيث يعمل كل ١ جم كلور علي تخفيض القلوية بمقدار ٠.٦

٤. يتم حساب القلوية بعد إضافة الكلور

$$= \text{قلوية المأخذ} - (\text{جرعة الكلور جم/م}^3 \times ٠.٦)$$

٥. يتم قياس القلوية قبل دخول المروق

٦. يتم حساب فرق القلوية نتيجة إضافة الشبة

٧. الجرعة = (١٠٠ × فرق القلوية) / ٤٥ (في حالة الشبة الصلبة)

الجرعة = فرق القلوية × ٤.٤ (في حالة الشبة السائلة)

التنديف Flocculation

أنواع طرق التنديف

عملية التنديف هي عملية مزج بطيء للمياه المروبة و الهدف منها تجميع الجزيئات المروبة لتكوين الندف - و الشكل لأمثل للندف في حجم رأس الدبوس من ١ : ٣ مم - استعدادا لعملية الترويق .

تتم عملية التنديف بواسطة خلا ميكانيكي بطيء داخل حوض التنديف كما بالشكل

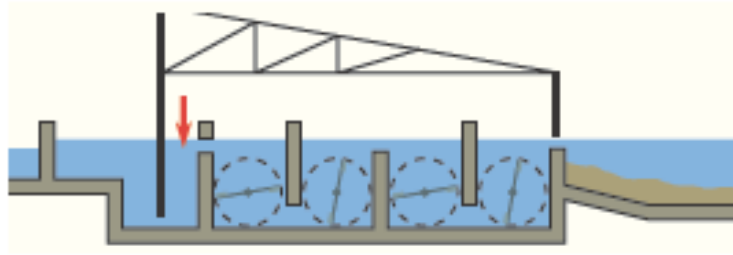


Figure 22 - Floc formation installation WRK I/II

التنديف الميكانيكي

أو من خلال خلط هيدروليكي للمياه يتم الخلط فيه من خلال سريان الماء بين حواجز كما بالشكل و في هذا النوع من أحواض التنديف تكون السرعة في حدود ٠.٣ م/ث و مدة المكث في حدود ٢٠ الي ٤٠ دقيقة .



المنديف ذو العمود الراسي ١



المنديف ذو العمود الافقي ١



التنظيف الهيدروليكي

و من التصميمات المستخدمة للتنظيف هي حوض التنظيف داخل المرووق الدائري ويحدث الخلط بواسطة قلاب كبير يدور بسرعة بطيئة داخل حوض التنظيف في وسط المرووق الدائري ويطلق علي هذا التصميم (clari flocculator) كما هو موضح بالشكل .



الكوبري البطيء تنظيف ميكانيكي



الكوبري السريع

و لعملية التنظيف ايضا شروطها ومنها ان مدة المكث داخل حوض التنظيف في حدود من ٢٠ : ٣٠ دقيقة و الطاقة المبذولة في الخلط لها قيمة محددة (G value) و يمكن حساب بنفس قوانين الترويب و قيمتها تتراوح من ٢٠:٧٥ ث^{-١} .

الحسابات الخاصة بالتنديف أولا للتنديف الميكانيكي



المندف الميكانيكي نوعان

- المندف الميكانيكي ذو العمود الراسي
- الثاني المندف الميكانيكي ذو العمود الافقي

النوع الاول المندف الميكانيكي ذو العمود الراسي

يتكون من موتور يقوم بادارة قلاب من خلال عمود راسي في وسط حجرة حيث ينتقل الطاقة الي الماء المروب لتلتقي الندف المتكونة لتعمل علي تكبير الندف استعدادا للانتقال الي المروق .

المندف يتكون من اكثر من (٢ الي ٤) مرحلة للتنديف تقل قيمة ال G value من غرفة الي الاخري , تتراوح قيم G value من ٧٥ في المرحلة الاولى من المندف الي ١٥ في المرحلة الاخيرة .ينتقل الماء من خلال جدران متقبة تعمل علي نقل المياه دون تكسير الندف او ترسيبها و ذلك بالحفاظ علي السرعة في حدود من ٠.٢٥ الي ٠.٣٥ م/ث .

يجب ملاحظة ان مدة مكث المياه خلال مراحل التنديف تتراوح من ٢٠ الي ٤٠ دقيقة و قطر القلاب يكون < ٠.٣٥ من عرض حوض التنديف . يتم حساب قدرة الموتور المائية =

$$G_c = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}}$$

المندف الميكانيكي ذو العمود الافقي



التنديف الميكانيكي في اليابان 1



التنديف الميكانيكي محطة كدوان المنيا 1

ميزة هذا النوع من التصميم ان عمود واحد يمكنه ادارة اكثر من قلاب و بالتالي يحتاج الي عدد اقل من المواشير لكن تعطل همود واحد يؤثر بصورة كبيرة علي عملية التنديف بينما الحال في المندف ذو العمود الراسي غير ذلك . مساحة القلاب يجب ان تكون في حدود ٠.١ الي ٠.٢٥ من مساحة مقطع الحوض . كل مرحلة يجب ان تحتوي علي ٣ قلابات علي الاقل . لتقليل المناطق الميتة بجوار عمود الادارة .

كفاءة هذا النوع اعلي من كفاءة المندف ذو الالعمود الراسي . سرعات القلاب الخطية يجب ان تتراوح من ٠.١٥ الي ١ م/ث قيمة ال G value تتراوح بين ٥٥ ث^{-١} في البداية الي ١٠ ث^{-١} في النهاية .

يجب ملاحظة ان تعطل المواتير عادة يكون بسبب بدء تشغيل المواتير علي السرعات القصوي مما يتسبب في استهلاك طاقة كبيرة و كذلك يولد عوم ادارة كبير جدا .
يتم استخدام المعادلة الاتية لحساب G value

$$G = \left(\frac{C_D A v^3}{2 \nu V} \right)^{0.5}$$

حيث CD معامل السحب (drag coefficient) = ١.٨ تقريبا
A مساحة مقطع القلاب
V السرعة النسبية للبدال الي المياه , يتم افتراض انها تساوي ٠.٨ من السرعة الخطية للقلاب
ν اللزوجة الكينماتيكية للمياه
V حجم حوض التنديف .

حسابات التنديف الهيدروليكي



ستم تصميم الحواجز المتعارضة لتحقيق نفس قيم ال G value من خلال المعادلة

$$G = \sqrt{\frac{\rho g h Q}{\mu V}}$$

حيث

$$h = 3.2 * (v^2 / 2g)$$

و v السرعة المتوسطة داخل حارات المندف
سرعة المياه داخل القنوات في حدود ٠.٣ م/ث

العوامل المؤثرة على التنديف

أ- أولاً الأس الهيدروجيني حيث يفضل أن تعمل الشبة في وسط يتراوح قيمة ال PH من ٥.٥ الي ٧.٥

ب- قيمة ال G value كما سق الذكر .

ت- جرعة الشبة المستخدمة ويتم تحديدها بواسطة ال jar test كما سيأتي تفصيلاً.

ث- عكارة المياه الخام , حيث يصعب تنديف المياه قليلة العكارة.

الترويب والتنديف عملياً

للبدء في أعمال الترويب والتنديف يجب أولاً العناية بتداول وتخزين المواد المروبة ثم بعد ذلك البدء في تحضير المحاليل الخاصة منها ليتم إضافتها للمياه حتى تتم عملية الترويب والتنديف بكفاءة ، لذلك سنعرض في هذا الفصل إلى التجهيزات الخاصة بعملية الترويب /التنديف من حيث تخزين الكيماويات ، وتحضير المحاليل .

تخزين الكيماويات

تتوفر المروبات في شكل صلب (مسحوق أو حبيبات) أو سائل وغالباً ما تكون السوائل أسهل في الخلط والاستعمال ويمكن شراء الكيماويات بأحجام مختلفة تتراوح من أكياس زنة ٢٥ كيلو جرام وأوعية سعة ٢٠ لتر إلى سيارات نقل صهرجية زنة ٥٠ طن أو أكثر.

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

وتشمل المعدات المستعملة في تداول الكيماويات العربات اليدوية أو الميكانيكية والأوناش العلوية والمصاعد والناقلات الميكانيكية والناقلات بالهواء المضغوط وتتباين اشتراطات التخزين والتداول وفقا لنوع ومقدار المادة الكيميائية المستعملة

وتخزن الكيماويات غالبا بحالة جافة أو سائلة في منطقة تخزين خاصة ومحمية الجوانب وتتاح التعليمات عن التخزين المناسب للمروبات من مورد الكيماويات كما يمكن الاطلاع على الطرق السليمة لتداول وحفظ الكيماويات من خلال المواصفات القياسية المصرية الخاصة بالتداول والتخزين بكل نوع من هذه المروبات

تحضير المحاليل

يتم عادة تخفيف المروبات في محطة المعالجة إلى محاليل ذات تركيز مناسب قبل إضافتها إلى المياه الخام وغالبا ما يكون التركيز ١٠%.

وفي المحطات الصغيرة يمكن إجراء ذلك عن طريق تفريغ الأكياس يدويا أو التخفيف لتحضير خلطا متساويا ومتجانسا في الماء ، وفي المحطات الكبيرة يخصص مبنى كامل للتحضير الاتوماتيكي لمحاليل الترويب وقد يشمل مثل هذا المبنى على قوادر

كبيرة وموازين وناقلات بسيور وأوناش وشبكات من المواسير وطمبات لمعايرة الكيماويات وصهاريج للتخزين المؤقت

ويتكون محلول الشبه من محلول حمضي آكل يتفاعل من المادة الحاوية له ، لذلك يتم إنشاء أحواض تجهيز المحلول ممن المباني أو الخرسانة ثم يتم تبطينها بادة لا تتأثر بالأحماض مثل السيرميك أو تدهن بمواد لا تتأثر بالأحماض مثل الإيبوكسي والفبيرجلاس (الألياف الزجاجية).

تحضير المحاليل المخففة من الشبه

يتم إضافة مائة كيلو جرام من الشبه الصلبة (شيكارتين زنة الواحدة ٥٠ كجم) لكل متر مكعب من المياه في الحوض لتعطي تركيز ١٠% أما في حالة الشبه السائلة (٥٠%) ذات كثافة ١.٣٢ فيتم التخفيف إلى ٢٠% من وزنها (ما يعادل ١٠% صلبة).

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

سعة حوض التخفيف ٣م٢٤

كثافة الشبه ٥٠% = ١.٣٢

كتلة الشبه في الحوض كصلبة (١٠٠%) = $100 \times 24 / 100 = 2.4$ طن

كتلة الشبه في الحوض كسائلة (٥٠%) = $2 \times 2.4 = 4.8$ طن

حجم الشبه في الحوض كسائلة (٥٠%) = $4.8 / 1.32 = 3.63$ م٣

أي يضاف ٣٦٣٦ لتر في حوض سعة ٣م٢٤ من الشبه (٥٠%) لتعطي تركيز ١٠% وهو يعادل $3636 \times 1.32 = 4.8$ طن .

حجم محلول الشبه م ٣	ارتفاع المياه	حجم المياه	كمية الشبه طن/	حجم الشبه م ٣
٢٤	٥.٠٩١	٢٠.٣٦٤	٤.٨	٣.٦٣٦
٢٢	٤.٦٦٦	١٨.٦٦٧	٤.٤	٣.٣٣٣
٢٠	٤.٢٤٢٥	١٦.٩٧٠	٤	٣.٠٣٠
١٨	٢.٨١٨	١٥.٢٧٣	٣.٦	٢.٧٢٧
١٦	٣.٣٩٤	١٣.٥٧٦	٣.٢	٢.٤٢٤
١٤	٢.٩٦٩	١١.٨٧٩	٢.٨	٢.١٢١
١٢	٢.٥٤٥	١٠.١٨٢	٢.٤	١.٨١٨
١٠	٢.١٥١	٨.٤٨٥	٢	١.٥١٥
٨	١.٦٩٧	٦.٧٨٨	١.٦	١.٢١٢
٦	١.٢٧٢	٥.٠٩١	١.٢	٠.٩٠٩
٤	٠.٨٤٨	٣.٣٩٤	٠.٨	٠.٦٠٦

جدول يوضح كمية وحجم الشبه السائلة اللازمة لتحضير محلول تركيزه يعادل ١٠% صلبة لارتفاعات مختلفة من الحوض .

ويتم إتباع الخطوات التالية لتجهيز المحلول المطلوب :

- ١- يتم إضافة مياه للحوض من المحبس وعندما يصل منسوب المياه لمستوي ريش الخلاط يتم تشغيله لتقليب المحلول .
 - ٢- يغلق محبس إضافة المياه للحوض عند ملئه .
 - ٣- استمر في التقليب حتى إذابة كل الشبه .
 - ٤- إبلاغ المعمل لأخذ عينة في اليوم التالي.
 - ٥- يتم السحب من حوض الشبه حتى يصل إلى مستوي عوامة أقل منسوب .
- يجب مراجعة تركيز الشبه دوريا باستخدام الهيدروميتر و التأكد من معايرته واتقان الفنيين استخدامه

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

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

* كثافة الشبة السائلة الخام ١,٣٢ جم / سم^٣ في هذا المثال

التأكد من تركيز محلول الشبه



الهيدروميتر 1

يمكن التأكد من تركيز محلول الشبه بقياس كثافة المحلول بواسطة الهيدروميتر حيث يكون كثافة المحلول = 1 عند تركيز صفر و كثافة المحلول = 1.01 عند تركيز = 4% و هكذا لكل 0.01 يتم زيادة التركيز 4% مما يعني ان تركيز 20% يكون تركيز المحلول له 1.05 علي تدريج الهيدروميتر و لكن لمزيد من الدقة يمكن تحضير محاليل ذات تركيزات مختلفة وقياس الكثافة لكل منها و رسم منحنى بياني يمثل العلاقة بين التركيز والكثافة حيث يمكن الاعتماد علي دقة .

تحديد جرعة الشبه الصحيحة

للبدء في إجراءات التحكم في التشغيل وتحديد إضافة الشبه ، فإنه من الضروري البدء أولاً في إجراء تجربة اختبار تحديد الجرعات (Jar Test) والتي يتم على ضوء نتائجها تحديد جرعة الشبه المطلوبة إضافتها للمياه.

جهاز تحديد الجرعات (Jar Test)

يتكون الجهاز كما هو مبين الشكل رقم (٥-١) من مجموعة من الكؤوس الزجاجية والذي يستخدم لتحديد جرعة الشبه الفعالة معملياً



Figure 9 - Jar-test apparatus

ويوجد في كل كأس قلاب صغيرة ويتم إدارة هذه القلابات بواسطة عامود إدارة عن طريق تروس ، ويتم إدارة العامود بواسطة محرك كهربائي صغير .

ويتم دوران القلابات عن طريق التروس ، بسرعة تماثل سرعة تحرك الماء في المروقات ويتم التقليب السريع بسرعة ٨٠-٣٠٠ لفة /دقيقة لمدة (١٥-١٢٠) ثانية وتخفض السرعة إلى (٢٠-٤٠) لفة /دقيقة لمدة (١٥-٤٥) دقيقة بعد إضافة الجرعات المختلفة .

خطوات تجربة تحديد الجرعات (Jar Test)

يتم اتباع الخطوات التالية لإجراء تجربة تحديد جرعات الشبه المطلوب إضافتها للمياه ونبدأ أولاً بتجهيز محلول الشبه قبل متابعة باقي خطوات التجربة

تجهيز المحلول

• في حالة الشبه السائلة :

ضع ١٥.٦ مللي لتر من الشبه السائلة (كثافة نوعية ١.٣٢٥) في قارورة سعة ١٠٠٠ مللي لتر وأكمل القارورة حتى علامة ١٠٠٠ بالماء لنحصل على محلول شبه بتركيز ١٠٠٠٠ مجم /لتر (١%)

• في حالة الشبه الصلبة :

ضع ١٠ جم من الشبه الصلبة سلفات الألومونيوم Al**** على ٦٠٠ مللي لتر مياه في القارورة سعتها ١٠٠٠ سم ٣ وأكمل القارورة حتى علامة ١٠٠٠ سم ٣ بالماء، لنحصل على محلول شبه بتركيز ١٠٠٠٠ مجم /لتر (١%)

خطوات التجربة

١. أجمع ٨ لتر عينة من المياه العكرة .
٢. ضع في كل كأس من الكؤوس الستة كمية مقدارها ١٠٠٠ مللي لتر من المياه العكرة .
٣. ضع الكؤوس داخل الجهاز ثم أسقط ريش التقلب في الكؤوس وقلب الماء بسرعة تعادل سرعة المياه بأحواض المحطة .
٤. أضف بحرص وسريعاً بواسطة ماصة جرعة الكلور المقدمة لجميع الكؤوس
٥. استخدم الماصة في إضافة جرعات شبه متزايدة بالتوالي لكؤوس الاختبار الستة بحرص وبسرعة بقدر الإمكان .
٦. استمر في التقلب السريع لمدة حوالي دقيقة واحدة من بداية إضافة الشبه.

٧. قلل من سرعة التقلب لتصل إلى ٢٠-٤٠ لفة /د (٣٠) واستمر في تقلب المحلول من مدة تتراوح من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة .

٨. لاحظ سرعة بداية تكون الندف في كل كأس وشكلها وحجمها .

٩. أوقف عملية التقلب ولاحظ ترسيب الندف بالكؤوس لمدة ٥-١٠ دقيقة وعادة تشير

العينة ذات الغيوم إلى عدم كفاءة الترويب ، أما ذات الترويب الجيدة فتبدو رائقة

لاحتوائها على ندف مجمعة ثقيلة الوزن نسبيا يسهل ترسيه

١٠. سجل النتائج بتصنيفها إلى -ضعيفة /مقبولة/جيدة/ممتازة

١١. اسحب بواسطة سيفون على شكل حرف (S) في نفس الوقت كمية المياه التي تمثل ٧

سم العلوية من الكأس وهي حوالي نصف لتر تقريباً للكاسات الستة ، وجمعها في عدد

ستة مخابير لإجراء باقي الاختبارات عليها .

وتوجد عدة عوامل هامة في تقييم نتائج اختبار تحديد الجرعات

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

وتختلف تركيزات الشبه المستخدمة في اختبار الكؤوس تبعاً لاختلاف درجة عكارة المياه الخام أو بالتالي كمية الجرعة المطلوبة للمعالجة كما هو موضح بالجدول

تركيز المواد الكيماوية (الشبه) المستخدمة في اختبار (Jar Test)

الجرعة المطلوبة ملجم /لتر	عدد الجرامات /لتر (التحضير)	١مللى المضاف لكل كأس يساوى	تركيز المحلول %
١٠-١	١جم/لتر	١ملجم/لتر	٠.١%
١٠-٥٠	١٠جم/لتر	١٠ملجم/لتر	١%
٥٠-٥٠٠	١٠٠جم/لتر	١٠٠ملجم/لتر	١٠%

اختبارات التحكم في التشغيل

توجد خمسة اختبارات تساعد على التحكم في عملية الترويب/التنديف وهي كالاتي:

١. اختبار تحديد الجرعات (Jar Test)

٢. اختبار الرقم الهيدروجيني (Ph)

٣. قابلية الترشيح

٤. جهد زيتا (Zp)

٥. الشفافية (أو العكارة)

الرقم الهيدروجيني (ph)

يجب معرفة القوائم على التشغيل لدرجة التأين الهيدروجيني المثلى لكل نوع من المروبات ويعطى أفضل نتائج تساعد على اختيار المروب الملائم أو يعمل على تصحيحها و

ضبطها قبل إجراء عملية الترويب ، كما أن قياس الرقم الهيدروجيني (Ph) في عينات المرووق تعطي الدلائل الصحيحة على جودة الترويب .

جهد زيتا (Zp)

يستعمل اختبار جهد زيتا للمساعدة على تعيين أفضل درجة تأين هيدروجيني وأفضل جرعة للمروبات مثل الألومونيوم Al^{+++} ، لذا يجب مراقبة جهد زيتا (Zp) ليتراوح غالباً من ٤-١٠ مللي فولت

ويبين الجدول الآتي درجة الترويب التي تحدث في نطاقات مختلفة من جهد زيتا (Zp)

درجة الترويب في نطاقات مختلفة لجهد زيتا

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

اختبار قابلية الترشيح

يستخدم اختبار قابلية الترشيح كطريقة لاختبار مدى الفاعلية التي يمكن بها ترشيح مياه مروبة ، ويقاس الاختبار مقدار المياه المرشحة في مدة معينة ويجرى عادة بترشيح كمية صغيرة من مياه المحطة المروبة و المندفة فعلا (قبل الترسيب) في مرشح قطره ١٥ سم (مرشح استرشادي) ويحتوى على نفس نوع وعمق وسط الترشيح المستعمل في مرشحات

المحطة ويزود هذا المرشح بجهاز لقياس العكارة ليسجل عكارة المياه الخارجية حيث تجري قياسات مستمرة لعكارة المياه المرشحة ومن مميزات هذا الأسلوب 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 أية نقطة يستغرق نحو ١٠ دقائق للمرور خلال المرشح .

ولما كانت مدة المكث في حوض الترسيب بحجمه الكامل وفي المرشحات الفعلية تستغرق نحو ساعتين إلى ثلاث ساعات لذلك فأن التغيرات في جرعات المروب يمكن أن تجرى بناء على أداء المرشح قبل حدوث تدهور خطير فيه ، وبصفة عامة فأن إجراء اختبارات (Jar Test) واختبار (ph) ودرجة العكارة والشفافية (اختبارات الحكم في التشغيل) تعطى دلالة جيدة عن النتائج المتوقعة إلا أن تشغيل المحطة على الواقع قد لا يتطابق مع هذه النتائج ، لذا يجب مراقبة الأداء الفعلي من أجل :

- ملائمة الجرعة المناسبة لنوعية المياه المستخدمة .
- ملائمة الخلط السريع وحسن انتشار المادة المروبة
- ملائمة عملية التنديف البطيء

خزانات المياه المرسبة والمرشحة

ويعتمد التنديف الناجح على الخلط السريع والتام ورغم أن الترويب يحدث في أقل من ثانية واحدة إلا أن حوض الخلط يهيئ مدة مكث تصل إلى ٦٠ ثانية ويجب أن يكون الخلط عن طريق عملية الدوامات التي تحدث في حركة المياه حتى ينتشر المروب في كل حوض الترويب .

ويرى البعض أنه خلال العشر ثوان الأولى من نقطة الإضافة يجب أن يخلط المروب اختلاطا تاما مع كل قطرة مياه لبدء تكوين ندف فعالة وإلا فأن كفاءة العملية كلها تهبط ويتضح تأثير معظم الاستعمال الخاطئ للمروب عند هذه النقطة ، ويمكن تصحيح هذه المشكلة أما بتعديل نقطة الإضافة أو طريقة الخلط

ضبط ظلمبة حقن الشبة

و لضبط ظلمبة حقن الشبة يجب أن تتوفر المعلومات الآتية:

١. تركيز محلول الشبة (٢٠-٣٠ %)

٢. كمية تصرف المياه الخام

٣. أقصى تصرف لظلمبة حقن الشبة

٤. الجرعة المراد إضافتها

يتم التعويض في القانون التالي لمعرفة مشوار ظلمبة الشبة الواجب ضبط الظلمبة عليه للحصول على الجرعة المطلوبة.

$$stroke = \frac{flowrate(m^3 / hr) * dose(gm / m^3) * 100}{concentration * pumpmaxoutput * 1000}$$

$$\frac{100 \times 3 \times \text{الجرعة جـم/م}^3}{\text{المشوار}} = \text{تركيز محلول الشبة} \times \text{أقصى تصرف للظلمبة (لتر / س)} \times 1000$$

و للحصول علي التركيز المطلوب نتبع الخطوات السابق ذكرها

واللحصول علي قيمة أقصى تصرف لظلمبة حقن الشبة يتم معايرة الظلمبة تبعا للخطوات الآتية

يتم تحضير محلول الشبة بنفس تركيز المستخدم بالمحطة في وعاء مدرج حجم ٢٥ لتر و يتم توصيل سحب الظلمبة المراد معايرتها بهذا الوعاء و يبدأ تشغيل الظلمبة بعد ضبط الظلمبة علي ١٠٠% من المشوار .

- يتم حساب كمية الشبة التي تم سحبها و تكرار هذه الخطوات ل (٤٠, ٥٠, ٦٠, ٧٠, ٨٠, ٩٠, %) من المشوار و رسم منحنى أداء الظلمبة و يمكن من خلال هذا المنحنى معرفة تصرف الظلمبة لكل خطوة من خطوات المشوار .



وعاء معايرة ظلمبة حقن الشبة

الباب الثالث

ثالثاً: الترويق (clarification)

الغرض من عمليات الترويق هو العمل على ترسيب أكبر نسبة ممكنة من المواد العالقة ، والتي لها ثقل أكبر من دفع الماء ، وذلك عن طريق تركها ترسب تحت تأثير وزنها ، و عملية الترسيب إما أن تكون طبيعية ، أي تحت تأثير وزن المواد العالقة بدون إضافة أي مواد وتسمى

"الترسيب الطبيعي" أو " الترسيب الذاتي" أو تكون بإضافة مواد مساعدة كيميائية للماء لتساعد على تجميع المواد الرفيعة والتي لا تهبط بمفردها في الحالة الطبيعية وتسمى "الترسيب باستعمال المروبات " ، وهو النوع الشائع في عمليات تنقية المياه وخاصة بعد زيادة المتطلبات على المياه

وهناك عوامل كثيرة تؤثر في كفاءة عمليات الترسيب منها

١. تركيز المواد العالقة في المياه

٢. شكل وحجم وكثافة الواد العالقة

٣. درجة حرارة الماء ودرجة لزوجه

٤. مدة بقاء الماء في الحوض

نظرية الترسيب الطبيعي

يحدث الترسيب الطبيعي نتيجة هبوط الحبيبة المنفردة ، والحبيبة المنفردة (Discrete) هي التي لا تتغير في الحجم ولا الشكل ولا الوزن ، ولا تتحد مع حبيبة أخرى أثناء عملية الهبوط في الماء ، فإذا تركنا حبيبة من الرمل مثلاً ، تهبط في حوض به ماء ، نجد أنها تهبط تحت تأثير وزنها إلى أسفل ومقاومة الماء إلى أعلى ، وحيث أن قانون نيوتن يوضح أنه إذا توازنت قوى مؤثرة على حبيبة عالقة في الماء ، فلا توجد عندئذ عجلة تسارع ، وإنما سرعة هبوط ثابتة منتظمة تسمى " سرعة هبوط الحبيبة".

وتعتمد نظرية تصميم أحواض الترسيب على أن الحبيبة الداخلة ، والتي لها سرعة دخول الماء الأفقية ، ولها سرعة رأسية هي سرعة الهبوط ، يجب أن تهبط إلى القاع قبل أن تبدأ المياه في الخروج من الحوض من الجهة الأخرى ، وعلى هذا الأساس تتحدد أبعاد الحوض .

تقاوم الجسيمات غير القابلة للترسيب عملية الترسيب لسببين أساسيين هما :

أ- حجم الجسيمات

ب- القوى الطبيعية بين الجسيمات

حجم الجسيمات

تحتوي المياه الطبيعية الخام على ثلاثة أنواع من جسيمات المواد الغير قابلة للترسيب وهي مدرجة من الأكبر إلى الأصغر كما هو مبين بالجدول رقم (٢-١) وهي :

أولاً : معلقة (Suspended)

ثانياً: غروية (Colloidal)

ثالثاً: مذابة (Dissolved)

أولاً: المواد الصلبة المعققة :

هي جسيمات ينقلها معه الفعل الطبيعي للمياه الجارية وهي أكبر من (٠.٠٠١ مم) والجسيمات التي لا تتجاوز (٠.٠١ مم) حجماً لا تترسب بسرعة وهي تسمى في عمليات معالجة المياه "مواد غير قابلة للترسب" أما الأكبر حجماً (أكبر من ٠.٠١ مم) فتوصف بأنها قابلة للترسيب ، حيث أنها تترسب تلقائياً إلى القاع أو حوض الترسيب في غضون أربع ساعات

ثانياً : المواد الصلبة الغروية

هي جسيمات الطمي الدقيق والبكتريا والجسيمات المسببة للون والفيروسات وهذه الغرويات لا تترسب تلقائياً في مدة زمنية معقولة كما هو موضح بالجدول رقم (٢-١) وبالرغم من أنه لا يمكن رؤيتها بالعين المجردة إلا أ، تأثيرها قد يشاهد عند مرورها خلال عمليات المعالجة إذا لم ترسب وتنشف كما يجب

ثالثاً: المواد الصلبة المذابة

هي أي مواد عضوية أو غير عضوية مثل الأملاح والكيماويات التي من أصل نباتي أو حيواني أو غازات يمكن ذوبانها في المياه ، والمادة الصلبة المذابة هي جسيمات صغيرة جداً (في حجم لجزيء) ولا يمكن رؤيتها بالعين المجردة وغالباً تكون المعادن المذابة في الماء مواد صلبة غير قابلة للترسب وتسبب مشكلات أخرى مثل الطعم أو اللون أو الرائحة و ما لم تحول إلى مواد مترسبة بواسطة وسيلة كيميائية أو فيزيقية فلا يمكن إزالتها من الماء

ومن الأسباب الرئيسية التي تجعل الجسيمات غير القابلة للترسيب هو صغر حجمها والذي يمكن توضيحه بالمثالي التالي.

مثال:

من المتوقع أن يترسب جسم من رمل خشن على شكل مكعب طول ضلعه ١ مم بحيث يهبط نحو ٣. متر كل ٣ ثوان [جدول رقم (٢-١)] والآن لنفرض أن حبيبة ٠.٠٠٠٠٠١ مم (هذا الطحن يماثل قوى التعرية الطبيعية) فإن الوزن الإجمالي لكل الجسيمات المطحونة يساوي وزن الحبيبة الأصلية للرمل الخشن .

وبمقارنة المساحة السطحية في الحالتين نجد أنها قد زادت من ١ مم^٢ (وهي مساحة رأس دبوس كبير) إلى ٦ مم^٢ ، وهذه الزيادة في المساحة السطحية تسبب زيادة هائلة في قوى المقاومة والتي تقاوم الترسيب الطبيعي التلقائي وطبقاً للجدول رقم (٢-١) فبدلاً من أن ترسب تلك الجسيمات الدقيقة إلى عمق (٠.٣ متر) في ٣ ثوان فإنها تستغرق الآن نحو ٢٠ سنة لترسب إلى نفس العمق لذلك فمن اللازم لتعجيل الترسيب أن يتم تجميع الجسيمات الدقيقة معاً لتكون جسيمات أكبر يمكن ترسيبها بسهولة وسرعة

وبمقارنة المساحة السطحية في الحالتين نجد أنها قد زادت من ١ مم^٢ (وهي مساحة رأس دبوس كبير) إلى ٦ مم^٢ ، وهذه الزيادة في المساحة السطحية تسبب زيادة هائلة في قوى المقاومة والتي تقاوم الترسيب الطبيعي التلقائي وطبقاً للجدول رقم (٢-١) فبدلاً من أن ترسب تلك الجسيمات الدقيقة إلى عمق (٠.٣ متر) في ٣ ثوان فإنها تستغرق الآن نحو ٢٠ سنة لترسب إلى نفس العمق لذلك فمن اللازم لتعجيل الترسيب أن يتم تجميع الجسيمات الدقيقة معاً لتكون جسيمات أكبر يمكن ترسيبها بسهولة وسرعة

القوى الطبيعية

تحمل عادة الجسيمات الموجودة في المياه شحنات كهربية سالبة وكذلك فإنه توجد هناك قوة تنافر بين أي جسمين متماثلين في الشحنة، وفي عملية معالجة المياه تسمى قوة التنافر الكهربائية جهد زيتا "ZP" وهي قادرة على إبقاء الجسيمات الغروية الصغيرة جداً متباعدة عن بعض ومعلقة في الماء.

وتوجد قوة أخرى هي قوة فان درفال بين جميع الجسيمات في الطبيعة وهي تعمل على جذب أي جسمين معاً ، وقوة الجذب هذه تعمل في اتجاه مضاد لجهد زيتا وطالما كان جهد زيتا أقوى من قوة " فان درفال" فإن هذه الجسيمات تظل معلقة .

ومن الناحية النظرية البحثية فإنه يمكن توضيح عملية الترسيب -كما هو موضح في الشكل كمدخل لتفهم أسس تصميم عملية معالجة المياه ، وذلك على أساس أن المواد العالقة متجانسة التوزيع في الماء وبفرض ان سرعة المياه بما فيها من مواد عالقة في الاتجاه الأفقي "ع أ" وأن تصرف المياه يساوي "ك" وأن عرض الحوض "ض" وعمقه "ق" وتكون مساحة مقطعه "ض × ق" وتكون

سرعة المياه الأفقية = معدل التدفق / مساحة المقطع

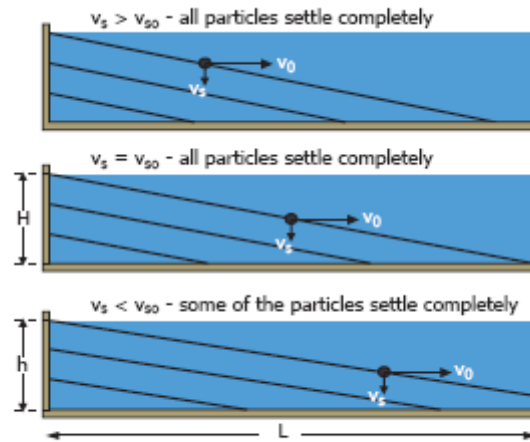


Figure 7 - Settling of a suspension in a horizontal flow

وتكون هي أيضا السرعة الأفقية للمواد العالقة بمختلف أحجامها

"ع أ" سرعة الأجسام العالقة في الاتجاه الأفقي

"ع هـ" سرعة الأجسام العالقة في الاتجاه الرأسي (سرعة الهبوط)

ق عمق الحوض

ض عرض الحوض

ح المساحة السطحية لحوض الترسيب

أ ء مسار المواد التي لا ترسب وتخرج من الحوض

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

أ هـ مسار الأجسام ذات الكثافة والحجم الأكبر والتي ترسب بسرعة

أما سرعة المواد العالقة في الاتجاه الرأسي "ع أ" فتكون مختلفة حسب حجم الجزيئات وكثافتها ، ومن الشكل نستنتج أن :

أي أن : معدل التدفق (التصرف)

سرعة الهبوط الرأسية للحبيبات $\leq$

المساحة السطحية لحوض الترسيب

أي أن لضمان ترسيب المواد العالقة يجب ان يكون

سرعة الترسيب $\leq$ معدل التحميل السطحي

ولذلك فإن معدل التحميل السطحي يجب أن يكون أصغر ما يمكن لضمان جودة الترسيب ولكن يجب أن لا نغفل أهمية الزمن وأنه هو العامل الرئيسي في عملية الترسيب .

ومن ذلك نرى أن المساحة السطحية لحوض الترسيب (ض x ل) ، لها تأثير مباشر على كفاءة الترسيب ، فكلما زادت المساحة السطحية ، قلت "ع_م" وزادت كفاءة الحوض (معدل التدفق) وتسمى "ع_م" بمعدل التحميل السطحي . لحوض الترسيب ، وتتخذ كأساس من أسس التصميم لهذه الأحواض ، وتكون وحدتها متر / ساعة .

ومن الشكل رقم (٢-١) يتبين أن المسار "أ" هو مسار المواد التي لها سرعة هبوط رأسية أقل من "ع_م" فيبين مسار المواد التي لها كثافة وحجم أكبر ، وترسب بسرعة لأن سرعتها الرأسية تكون أكبر من "ع_م" .

التطور التاريخي لعملية الترسيب:

أقدم وأبسط طرق ترسيب المواد العالقة بالماء كانت الترسيب الطبيعي (Plain Sedimentation) بأن يترك الماء ساكناً أو متحركاً ببطء شديد خلال أحواض صناعية أو طبيعية إلى أن ترسب المواد العالقة أو معظمها ، ويتم سحب المياه الرائقة من السطح العلوي للحوض ، والترسيب الطبيعي لا يشمل إضافة مواد كيميائية ، وكميات الرواسب التي يمكن التخلص منها بهذا النوع من الترسيب تتراوح بين ٦٠% إلى ٧٠% مع نسبة مماثلة من البكتيريا ، وفي بعض الأحوال المواتية تصل هذه النسبة إلى ٨٠%.

ويتوقف حجم خزان الترسيب الطبيعي على :

- كمية المياه المطلوب ترويقها
- حجم المواد العالقة ودرجة قابليتها للرسوب

درجة النقاوة المطلوبة

فإذا كانت المواد العالقة كبيرة فإن فترة الترسيب (Detention Period) تكفي أن تكون بضع ساعات ، في حين أنه في حالة الحاجة للحصول على نقاوة كبيرة وكانت الجزيئات العالقة صغيرة ، فأن وقت الترسيب قد يمتد إلى أيام .إلا أن هذا النظام لم يعد مجدياً مع التزايد المستمر في كميات المياه المطلوبة وذلك نتيجة للتزايد الكبير في تعداد السكان والتقدم الاجتماعي .

الترسيب بمساعدة مواد الترويب (Sedimentation with Coagulants)

عندما تبين عدم ملائمة الترسيب الطبيعي للطلبات المتزايدة على المياه ، وأيضاً لعدم جدواه في ترسيب الحبيبات الدقيقة والخفيفة ، وخاصة المواد الغروية ، والعوالق الطينية ، والكائنات الحية الدقيقة والمواد العضوية الناتجة من تحلل النباتات المائية ، وذلك إما لصغر سرعة الترسيب بشكل كبير وبالتالي تحتاج إلى مدة مكث كبيرة ، أو لأن الجسيمات الموجودة بالماء تحمل شحنة كهربائية سالبة ، وبالتالي يحدث تنافر بينها لتماثل الشحنات ، فتبقى الجسيمات متباعدة عن بعضها ، لذلك تضاف إلى المياه مواد كيميائية (مروبات) تعمل على تجميع هذه الحبيبات الرفيعة -كما سبق توضيحه في الشكل رقم (١-٢) والذي سيتم شرحه تفصيلاً في الفصل الثالث : الترويب والتنديف" وبعد عمليتي المزج السريع والمزج البطيء تمر المياه في أحواض الترويق حيث ترسب الندف المتكونة في أحواض الترويق بما جذبت إلى سطحها من مواد عالقة إلى قاع الحوض .

ولا تختلف أحواض الترويق في تصميمها عن أحواض الترسيب الطبيعي كما أن العوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب فيها لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعي ولكن في وقت أقل جداً ، وبالتالي تكون أحجام هذه الأحواض أصغر كثيراً ، وبالرغم من اختلاف أنواع أحواض الترويق (الترسيب بالمروبات) - إلا أنها تتفق في الأسس الرئيسية للتصميم وإن اختلفت في بعض التفاصيل .

وقد تطورت هذه الأحواض بالتقدم العلمي المستمر ، وتزايد متطلبات المياه واتجه هذا التطور في اتجاهين : الأول هو زيادة سرعة الترسيب ، و اثنائي هو زيادة سرعة مرور المياه في الأحواض ، وذلك لتقليل حجم الأحواض قدر الإمكان كما في الحوض النابض (Pulsator) .

ثم اتجهت الأبحاث إلى تعويم الندف بدلا من ترسيبها بطريقة التعويم بالهواء (Air Flootation) ، وطالما وجد العلم والعلماء فلن تتوقف المحاولات لتحسين الأداء .

أنواع أحواض الترسيب

تختلف أنواع وأشكال الترسيب (Sedimentation Basins) باختلاف التصميمات فمنها

أ- الأحواض المستديرة :

ذات التغذية الرأسية ويكون سريان الماء في اتجاه رأسي ويسمى ذلك بالتصريف الرأسي ، ويوضح حوض ترسيب دائري ذو تصريف رأسي .



منطقة الدخول وهي حيث يتم توزيع المياه اسفل المروق



منطقة الترسيب



حيث تتم عملية الترسيب وحيث يتم تجميع الروبة وتكون ذات ميل الي الداخل بحيث يتم تجميع الروبة في منطقة مخصصة لذلك . يجب ان يكون معدل التحميل السطحي للمروق في حدود ٢.٥ م/س .

منطقة الخروج

وهي حيث هدار الخروج ويكون معدل التحميل علي الهدار في حدود ٣٠٠ م^٣ / م / يوم



ب- الأحواض المستطيلة

وفيها يكون سريان الماء في اتجاه واحد موازي لطول الحوض ويسمى ذلك بالتصريف في خطوط مستقيمة .

وفي كلا النوعين يلزم الحفاظ على سرعة المياه وتوزيع تصريف المياه منتظمين قدر الإمكان لمنع تكون الدوامات والتيارات الدوامية بها والتي تعوق ترسيب المواد العالقة ، مع تفادي حدوث قصر الدورة (Short Circuit) بين المدخل والمخرج حيث ينقسم حوض الترسيب عادة إلى عدة مناطق أساسية هي :

١. منطقة دخول المياه :

ويشترط أن يكون دخول الماء الوارد من حوض التدفيف منتظما وينتشر في أرجاء حوض الترسيب . ولذلك يكون دخول المياه من خلال جدار ذو فتحات متماثلة لتوزيع المياه على كل إرجاء الحوض



٢. منطقة الترسيب :

وهي أكبر مناطق الحوض حيث يتم ترسيب العوالق بمكوثها مدة كافية من الزمن ، ولكون المياه تسير بسرعة أكبر نسبياً في هذه المنطقة ، فيلزم عمل الاحتياطات لتفادي التيارات الاعصارية .



٣. منطقة تجميع الروبة:

وهي تقع عادة في قاع الحوض ، وتعتبر مكانا للتجميع المؤقت للأجسام المترسبة ، ويراعي في تصميم مدخل الماء ألا يسبب في تيارات دوامية قرب منطقة تجميع الروبة ، تنتسبب في تهيج الجسيمات المترسبة فتصعد للماء الرائق مرة ثانية .



٤. منطقة خروج الماء

ويجب أن يوفر مخرج الماء انتقالاً سلساً من حوض الترسيب إلى مجرى خروج الماء الرائق ، كما أنه يساعد في التحكم في منسوب الماء بالحوض ، وقد تستخدم حواجز بها فتحات (هدارات) على شكل حرف (V) لتوفر الخروج الهادئ للمياه الرائقة بحيث لا تحمل معها ندفاً تنتقل إلى المرشحات ، و لكمية المياه المارة علي الهدار معدل يجب ألا يتجاوز لأن سرعة خروج المياه سوف تدفع الندف لتتجاوز الهدار وتخرج الي المرشحات والمعدل التحميل علي الهدار يجب ألا يتجاوز ٣٠٠ م^٣/م/يوم .

و في حالة زيادة التحميل علي المروق يمكن اضافة هدارات اخري وتغيير شكل خروج المياه من المروق للحصول علي معدل التحميل المطلوب .



العوامل المؤثرة في عملية الترسيب

تتأثر عملية الترسيب بعدة عوامل أهمها :

حجم الحبيبات : وطريقة توزيعها ، فكلما زاد حجمها ووزنها ، ازدادت كفاءة الترسيب

شكل الحبيبات : فكلما اقترب شكلها من الشكل كرم كان ترسيبها أسرع وأكثر كفاءة .

كثافة الحبيبات : فكلما زادت كتلتها بالنسبة لحجمها وزادت سرعة رسوبها وبالتالي كفاءة الترسيب

درجة حرارة الماء : فكلما ارتفعت درجة حرارته قلت كثافته ولزوجته وبالتالي زادت سرعة رسوب الحبيبات وزادت كفاءة الترسيب

الشحنة الكهربائية للجسيمات : والتي تكون دائما سالبة الشحنة ، وعند معالجة المياه بالشبه موجب الشحنة ، يحدث تجاذب بين الجسيمات السالبة والموجبة مما يساعد على ترسيبها وزيادة كفاءة الترسيب .

سرعة سريان الماء في الحوض : فكلما قلت سرعة الماء ، زادت كفاءة الترسيب ، ويفضل إلا تتجاوز السرعة الأفقية في الحوض (٣٠سم/ دقيقة) .

مدة بقاء الماء في الحوض (مدة المكث - Detention time) : فكلما زادت المدة ، زادت جودة الترسيب ، ومن النواحي الاقتصادية والعلمية أن تكون مدة المكث في حدود ٣-٤ ساعات ، حيث أن زيادة المدة أكثر من اللازم ، لا يزيد من كفاءة إلا بنسبة بسيطة .

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

النسبة بين طول وعرض حوض الترسيب في الأحواض المستطيلة وذلك لإقلال فرص تكون مناطق راكدة أو ميتة (Dead Zones) عند زيادة عرض الحوض.

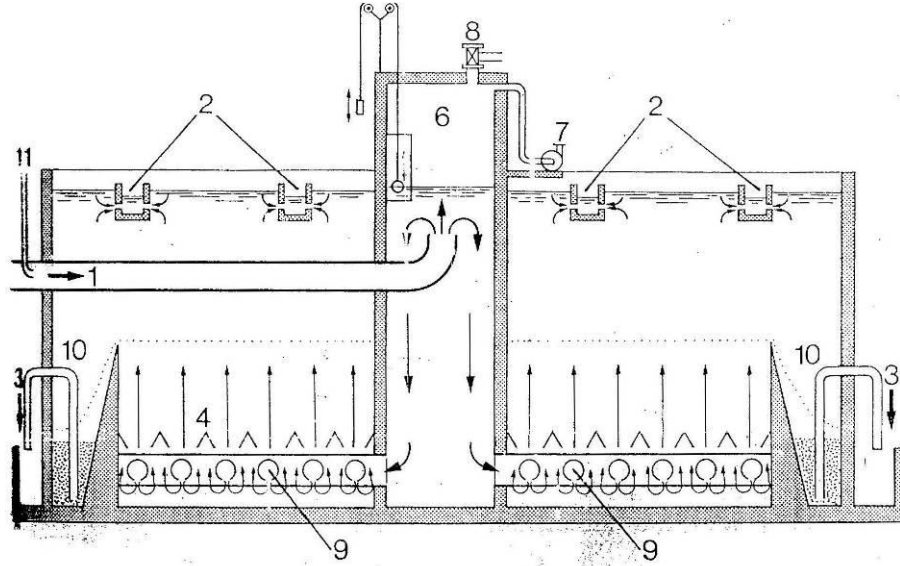
الترويق باستخدام بطانية الروبة

تختلف هذه المروقات عن مروقات الترسيب الطبيعي من حيث الحجم حيث تسمى هذه المروقات ذات الحمل العالية حيث تصل معدل التحميل السطحي بها الي ٣م/س .

فكرة العمل :

و الفكرة الأساسية لهذا النوع من المروقات هي تكوين بطانية من الروبة تطفو قريبا من السطح يمر الماء المندف من خلالها ليتم حجز الندف خلال هذه الطبقة و يخرج الماء المروق نقيا الي المرشحات . و طريقة تكوين هذه الطبقة العائمة من الندف المتجمعة

تختلف من مروق إلى الآخر ولكن تشترك جميعها في أن المياه المروبة المحمأة بالندف تصطدم بقاع المروق وترتد لتطفو إلى العلى ولكن نظرا لثقل وكثافة الندف لا تخرج مع المياه المروبة بل تبقى معلقة على ارتفاع ٠.٩ م من القاع لتكون بطانية الروبة .



ومن هذه المروقات (المروق النابض) pulsator وهو من انتاج شركة ديجرمون الفرنسية و هو المنتشر في محطات القاهرة الكبرى وسائر محطات المعالجة بالجمهورية ومن هذا النوع يوجد الاحواض المستطيلة والدائرية و كلاهما يعملان وفق نفس النظرية .



نظرية عمل المروق النابض

بتم تكوين بطانية الروبة من خلال دخول المياه الي غرفة تفريغ تتوسط المروق ويتصل بها مجموعة من المواسير التي تمتد بطول المروق , ومن خلال هذه الغرفة يتم تفريغ الهواء لتمتلئ بالمياه العكر المختلط بالشبة وعند ارتفاع المياه إلى منسوب معين يتم تفريغ المياه عن طريق إسقاط عمود المياه خلال زمن صغير فتتكون النبضة و يخرج الماء مندفعاً إلى المروق من خلال المواسير المثقبة لأسفل فيصطدم الماء بقاع المروق و تتجه الندف إلى أعلى و تبقى معلقة بفعل وزنها وتكون بطانية الروبة وتسمى هذه العملية بالنبضة .



المروق اثناء الانشاء ١

يتحكم في تفريغ الهواء والماء من المروق ظلمبة تفريغ و محبس دخول الهواء الذي يتم ضبطه وفقاً للتصرف الوارد وكمية الشبة المضافة و عكارة المياه الخام .

تتميز هذه المروقات النابضة بجودة المياه المروقة عند ضبط التشغيل , وكذلك صغر المساحة وإمكان التطوير .



المروق النابض الدائري

من عيوب هذا النوع من المروقات

صعوبة الضبط و الحاجة للمراقبة الدائمة والصيانة بالمعدات الميكانيكية .

و أيضا من أنواع مروقات بطانية الروبة

مروقات الترايدنت : وهي من إنتاج شركة BWT الانجليزية

الكرة الأساسية لعمل المروق : تعتمد فكرة تشغيل المروق علي تكوين بطانية الروبة المعلقة نتيجة اصطدام الماء المروب بقاع المروق وصعود الندف لأعلى لتكون بطانية الروبة .

يختلف هذا النوع من المروقات عن المروق النابض أن دخول الماء لا يعتمد على طريقة ميكانيكية بل يدخل الماء بسرعة إلى المروق نتيجة فرق مناسيب هيدروليكية وهو ما يعني عدم الحاجة إلى الصيانة والضبط المستمر لضمان تكون بطانية الروبة .



تدخل المياه إلى المروك عن طريق أنابيب ذات ثلاثة فروع بها ثقوب صغيرة وهذه الأنابيب تمتد من أعلى المروك إلى أسفل حيث تخرج المياه بسرعة لتتصادم بالأرض ودون أن تنكسر الندف و تكون بطانية الندف .



التخلص من الروبة

تتكون الروبة من مخلفات المادة المروبة (السبه) مع رواسب صلبة ، وتشغل الروبة ٣-١٠% من حيز الحوض ، وفي أحواض الترسيب ذات التدفق الأفقي يتم ترسيب

٥٠% من الندف في الثلث الأول من طول الحوض ، ويراعي ذلك في تصميم نظام استخراج الروبة من الحوض .

ويجب استخراج الروبة من الحوض دورياً للأسباب الآتية :

- أ- منع تداخلها مع المياه المروقة وإعادة تعكيرها .
- ب- منع تكاثر البكتريا التي تسبب طعماً ورائحة غير مقبولين للماء
- ت- تفادي شغل حيز كبير من الحوض ، يخفض من كفاءة تشغيله مع انخفاض نوعية المياه المنتجة لإنخفاض مدة المكث

ويتم استخراج الروبة من الأحواض إما يدوياً أو ميكانيكياً عن طريق

- (١) الكاسحات الميكانيكية للأحواض المستديرة .
- (٢) الكراكات الأفقية والكباري الكاسحة للأحواض المستطيلة .
- (٣) حجرة تركيز الرواسب .

أنظمة جمع الروبة

وللتخلص من الروبة من الأحواض الصغيرة يتم ذلك يدوياً أما في المروقات الكبيرة التقليدية فيكون هناك منظومة للتخلص من الروبة ففي الأحواض الدائرية تكون هناك كساحة لجمع الروبة الترسبة من كل المروق الي مكان معين حيث يتم سحبها الي بيارة ترسيب قبل التخلص منها نهائياً .

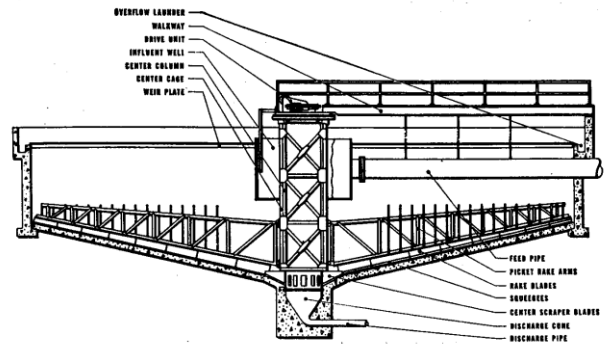
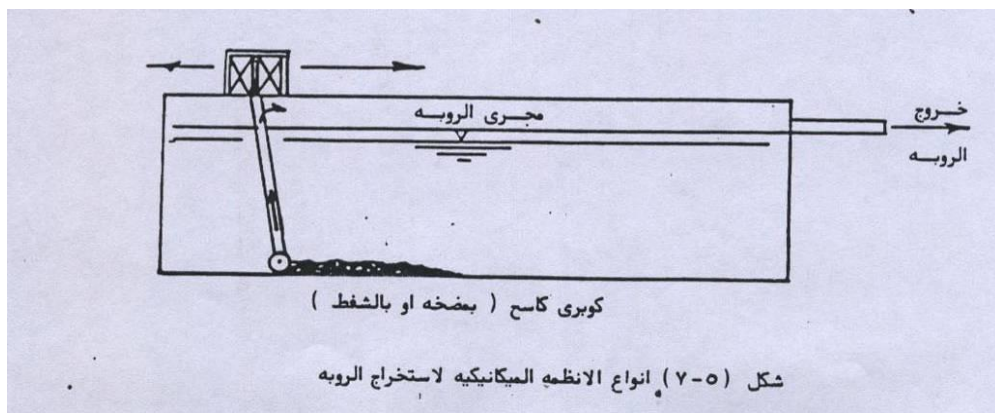
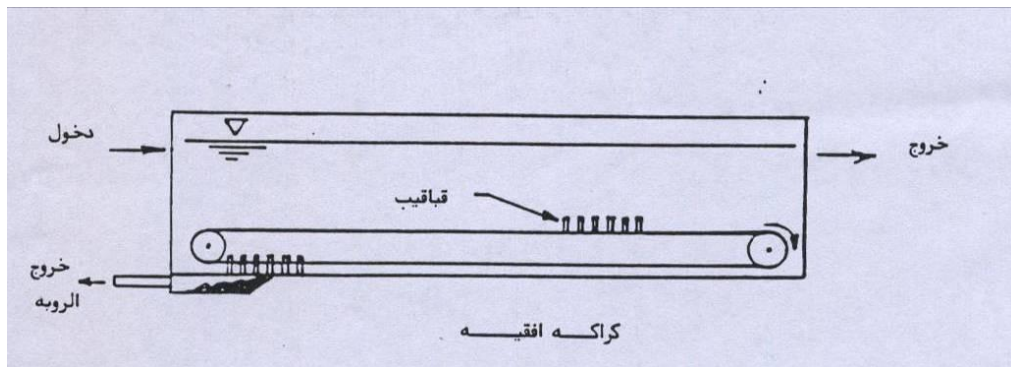


Fig. 5-19 Continuous flow thickeners.

هناك مساحة أفقية لجمع الروبة أو كباري علوية لتجميع الروبة في الاحواض المستطيلة كما بالشكل





الكوبري الكاسح للروبة



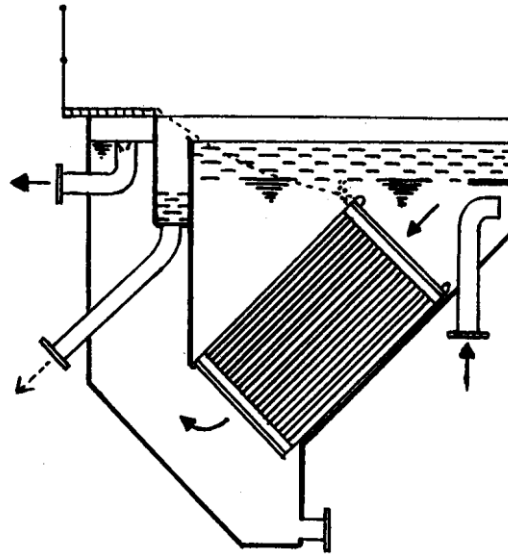
كاسحة الروبة الافقية

يتم بعد ذلك تجميع الروبة في بيارات معالجة الروبة والتي تعمل علي ترسيب اكبر قدر من المواد العالقة ثم التخلص من المياه الناتجة في المصارف علي ان تكون مطابقة للقوانين البيئية

هذه البيارات لها العديد من الأشكال



و من تلك الأنواع أحواض الترسيب باستخدام ألواح اللامبلا .



انظمة معالجة الروبة

تستخدم بحيرات الترسيب الطبيعي لمعالجة مياه صرف المروقات وغسيل المرشحات لترسيبها قبل القائها غلي المصارف كما في محطة كدوان بالمنيا.



١) بحيرات الترسيب

الاسس التصميمية الواجب توافرها في بحيرات الترسيب ١

عدد البحيرات ٢

حجم البحيرة الواحدة يسع غسيل عدد ١٠ مرات غسيل المرشح (١٠ × ٣٠٠ = ٣٠٠٠ م^٣)

عمق البحيرة ٣م

نسبة الطول الي العرض ٤ : ١

التشغيل : تستقبل البحيرة المياه و تظل بها الي ان يصل منسوب المياه الي منسوب هدار تخرج بعدة المياه الي غرفة طلببات تقوم بصرف المياه علي الترع حيث تكون قد تخلصت من معظم المواد العالقة من روبة و شبة وغيرها .

يتم تفريغ كل بحيرة بعد امتلاء القاع بالرواسب و تركها لتجف و يتم تجميع الواسب الجافة بواسطة حفار



منظومة معالجة مياه صرف المروقات (مغلف للروبة – احواض تجفيف)

و يمكن كذلك نقل الروبة الي احواض التغليظ (thickener) كما في محطة ههيا بالشرقية ثم بعد ذلك الي احواض التجفيف كما يحدد في محطات الصرف الصحي





مغلط الروبة بمحطة العبور

ويشمل هذا النظام علي

- خطوط اعادة مياه غسيل المرشحات الي برج التوزيع (اعادة استخدام)
- احواض تجميع مياه صرف المروقات و ظلمبات رفع الي المغلط .
- عدد ٢ - ٣ مغلط للروبة بحجم يسع ٢-٣ مرات غسيل المرشح .
- احواض تجفيف للروبة المغلظة .

شروط تصميم احواض التجفيف ٢:

- يتم تجفيف ٨٠ كجم من الروبة للمتر المربع و ذلك للبلاد ذات الجو الجاف .
- عدد الاحواض يفضل ٤ احواض
- الحجم يجب ان يكون كل خوض قادر علي استيعاب الروبة المنتجة من المحطة خلال ٤ شهور .
- عمق الروبة المغلظة : ٠.٤٥ م
- ميل القاع : ٠.٥ : ١ %
- شكل الحوض مستطيل نسبة الطول الي العرض ٤ : ١ .

منظومة تجميع المياه مكونة من المواسير المثقبة بقطر ١٥ سم و ٣ طبقات من الزلط بارتفاع ٣٦ سم

- الطلقة الاولى ٣ بوصة حجم الزلط من ٨/١ الي ٨/٣ بوصة
- الطبقة الثانية ٣ بوصة و حجم الزلط من ٨/٣ الي ٢/١ بوصة
- الطبقة الثالثة ٨ بوصة و حجم الزلط من ٠.٧٥ بوصة الي ١.٥ بوصة .
- و فوق الزلط ١٢ بوصة من الروال من ١ الي ٣ مم

العزل يجب عزل كل المساحة المستخدمة محوض تجفيف بواسطة ٢ : ٣ بوصة من الاسمنت او الاسفلت.

تشغل مياحة هذا النظام مساحة حوالي ٢٥% من المساحة الاجمالية للمحطة كما هو موضح من الصور .

مخاطر هذا البديل هو ان إعادة استخدام مياه غسيل المرشحات يمكن ان تضاعف من وجود الملوثات العضوية التي تمت ازالها بالمرشحات كالحالب و الملوثات الدقيقة و غيرها , و للتغلب علي هذه المخاطر يتم حقن المياه الراجعة بالكور مما يزيد من مخاطر تكون التراي هالوميثان (THM) ان اعادة استخدام مياه الغسيل يجب ان تتم تحت عين المراقبة و بضوابط كثيرة .

تطوير مرحلة الترسيب

نظرا للزيادة السكانية وزيادة الاستهلاك المياه ظهرت الحاجة إلي زيادة كميات المياه المنتجة و اضطر السادة العاملين بالمحطات إلي التحميل علي المحطة لإنتاج اكبر كمية ممكنة من المياه في حدود المواصفات ولكن لتغير خواص المياه الخام نتيجة الصرف الزراعي والصحي صارت عملية التحميل محفوفة بالمخاطر و هذا ما دفع العاملين في مجال المياه إلي التفكير في كيفية تطوير أعمال المعالجة , و نظرا لأهمية عملية الترسيب كانت أهم المجالات التي اتجهت إليها محاولات التطوير .

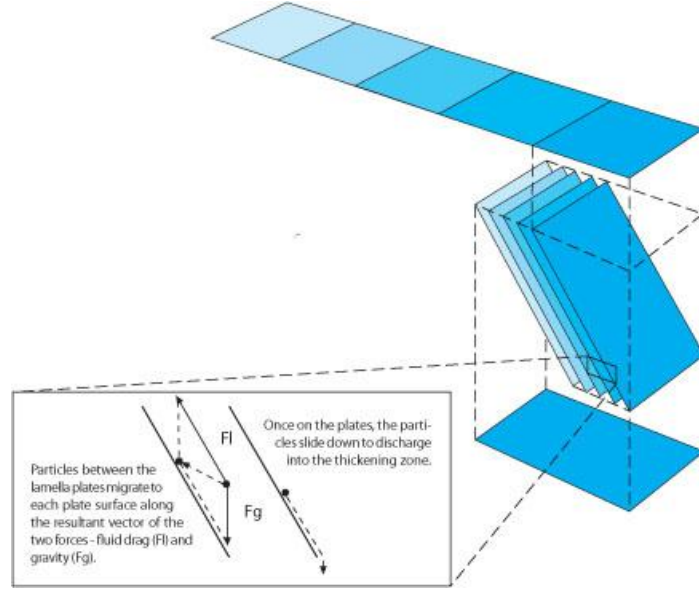
و كانت ألواح اللامبلا و من بعد ذلك أنابيب الترسيب هي أهم الطرق المستخدمة في التطوير , نظرا لسهولة التطبيق و جودة النتائج .

مميزات أنابيب الترسيب:

- أ- يمكن لأنابيب الترسيب مضاعفة معدل السريات علي حوض الترسيب من ٢ الي ٤ مرات مع الحفاظ علي الجودة.
- ب- يمكن لها تقليل كمية المواد الكيماوية المضافة الي النصف و ذلك عند نفس التصرف.
- ت- تقلل الأحمال علي المرشحات وتزيد عمر المرشح .
- ث- تقلل كميات الماء المستخدمة في غسيل المرشحات بتقليل معدل الغسل نتيجة تخفيض الحمل علي المرشحات.
- ج- الأحواض المصممة لتستخدم أنابيب الترسيب اصغر حجما من نظيرتها بدون أنابيب الترسيب.

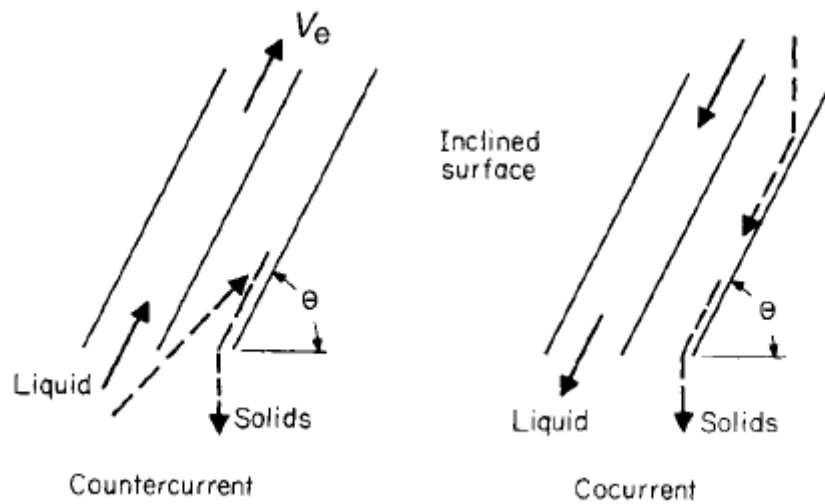
نظرية العمل

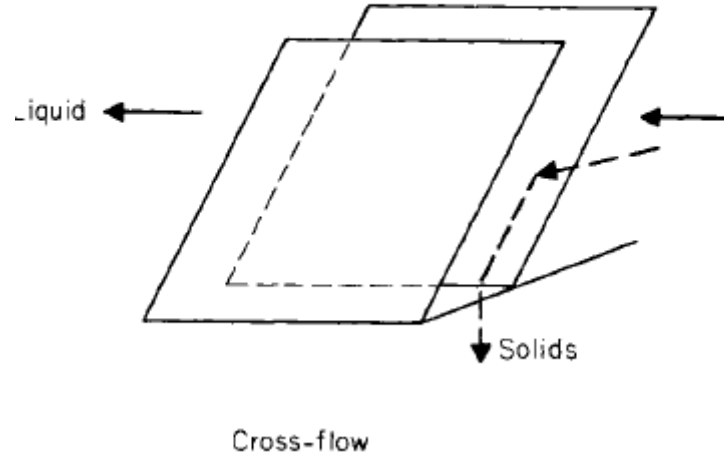
تعمل اللامبلا علي أساس استخدام ألواح مائلة متعددة لزيادة المساحة المستخدمة في الترسيب حيث تكون المساحة المستخدمة للترسيب هي مجموع المساحات المسقطة علي المستوي الأفقي للألواحوكما هو مبين بالشكل.



ونظرا لصغر المسافة الراسية اللازمة للتسريب والتي تحددها المسافات بين الألواح ونظرا لكون القوي المؤثرة علي الجزيئات العالقة هي الوزن لأسفل والسريان في اتجاه ميل الألواح تكون المحصلة قوه تعمل علي ترسيب الجزيئات علي سطح ألواح اللامبلا وعند ترسيبها علي سطح الألواح يصبح القوة المؤثرة عليها هي الوزن لأسفل مما يعمل علي انزلاقها إلي قاع حوض الترسيب .

اتجاهات السريان في مروفات اللامبلا





من الممكن ان يكون اتجاه سريان المياه ضد أو مع او عموديا علي الراسي (اتجاه ترسيب الروبة).

في اليابان يتم استخدام مروفات اللامبلا ذات السريان العمودي علي اتجاه ترسيب الروبة

(Cross flow clarifiers)

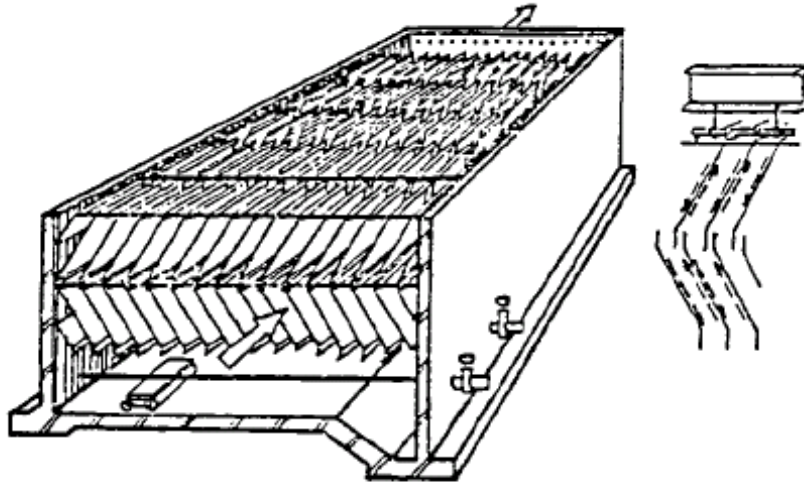
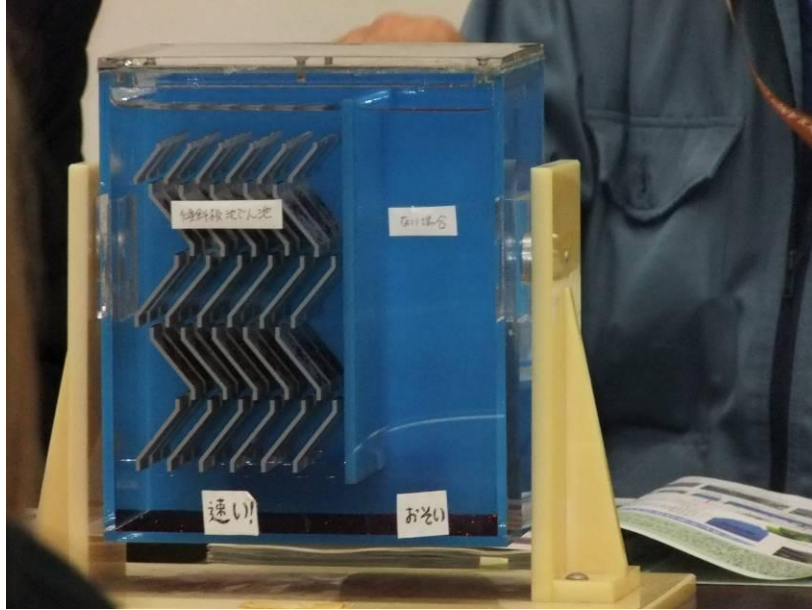


FIGURE 7.22 Alternating cross-flow lamella settler.



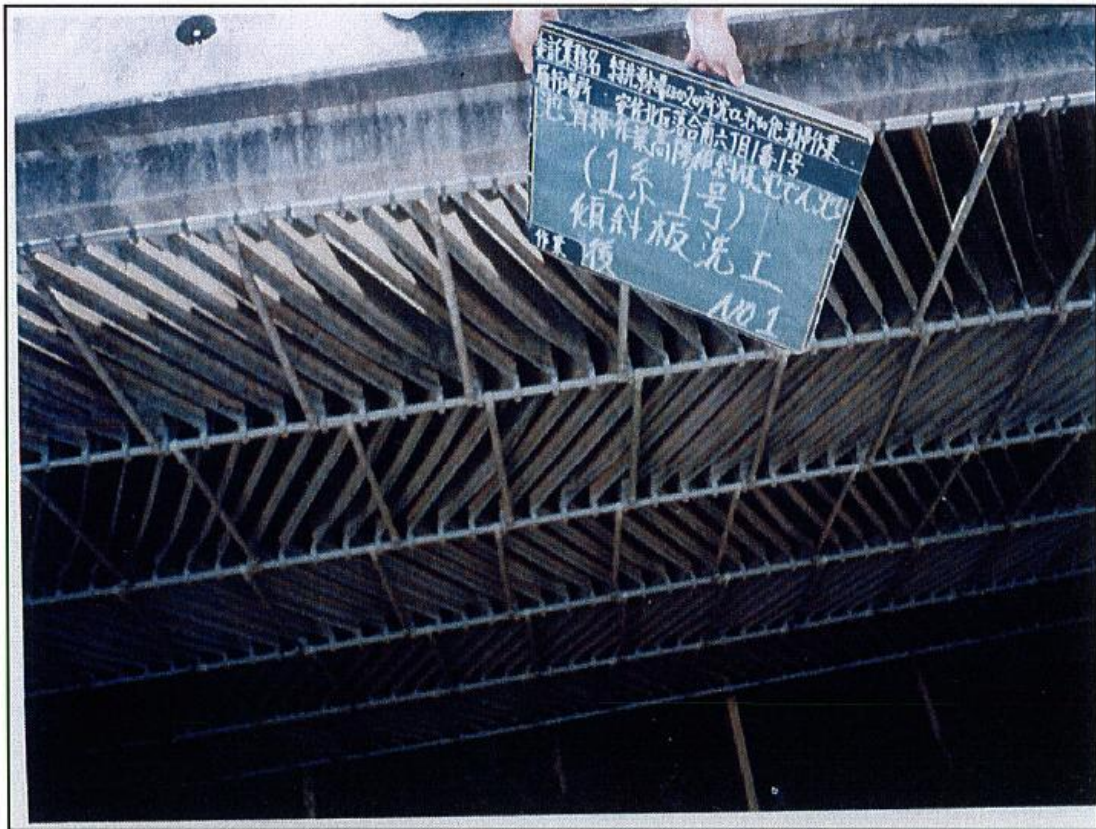
نموذج لمروق لامبلا في اليابان ١



مروقات اللامبلا في اليابان ١



cross flow clarifier



الحمل السطحي عند تركيب ألواح اللامبلا

يتم حساب التحميل السطحي الجديد عند تركيب انابيب الترسيب او الواح اللامبلا

من خلال القانون الاتي

$$s'_o = s_o \frac{w + t}{H \cos \alpha + w}$$

حيث

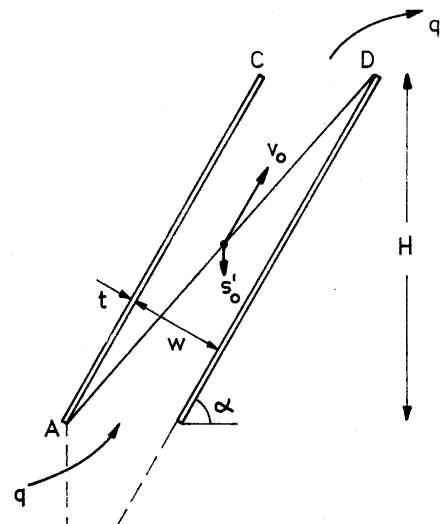
s_o normal surface load at area will be covered by settlers

s'_o new surface load

w space between plates

t plate thickness

H plate height





تطوير المروقات التقليدية (المروقات المستطيلة ذات السريان الأفقي)

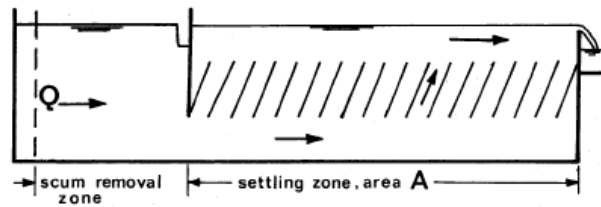


Fig. 3-36 Tilted plate separator.

يتم تطوير المروقات ذات السريان الأفقي بتركيب ألواح اللامبلا بحيث يمر الماء بين الألواح قيل الخروج من الهدار وهو ما يزيد من كفاءة الترسيب ويقلل الحمل السطحي



تطوير المروقات الدائرية

يمكن ايضا ان يتم تطوير المروقات الدائرية بإضافة ألواح اللامبلا كما هو موضح بالشكل .

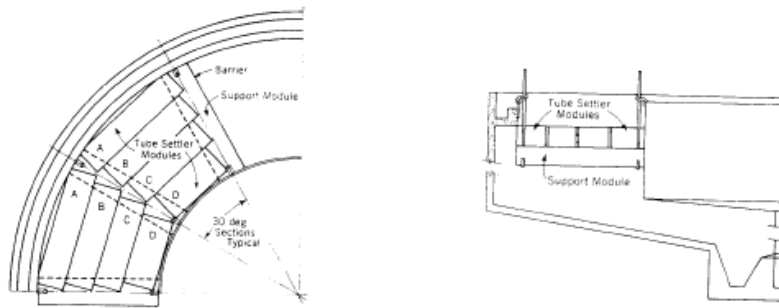


Fig. 3-41c Circular tanks with tube settling.

تطوير المروق الدائري



Installation of a Svedala LTC Combi lamella clarifier next to a conventional round thickener with approximately the same clarification area.



شروط التركيب

لاضافة انابيب الترسيب الي المروقات القائمة او لانشاء مروق ذو تصرف عال في مساحة صغيرة باستخدام انابيب الترسيب هناك العديد من الشروط الواجب توافرها لتعمل انابيب الترسيب بصورة جيدة

اقل عمق للمروق (٣.٦-٤.٥) م

الحمل السطحي علي المساحة المغطاة بانابيب الترسيب (٣.٨ - ٧.٥) م/س

التحميل علي الهدار (٣.٧ - ٧.٥) م^٣/م.س

زمن المكث خلال انابيب الترسيب كحد ادني ٥ دقائق

سرعة المياه خلال المرور في انابيب الترسيب ٠.١٥ م/د .

و يجب التأكد من انتظام السريان في الحوض و عدم وجود دوامات للمساعدة علي الترسيب .

مشكلات يمكن توقعها بسبب تركيب انابيب الترسيب

كميات الروبة المترسبة كبيرة و قد تحتاج الي تعديل مخارج الروبة من المروق او تعديل معدل سحب الروبة .

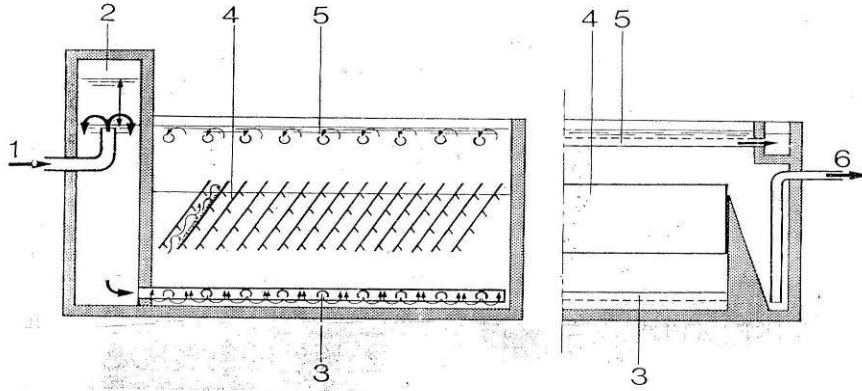
الحاجة الي تنظيف الانابيب بصورة دورية للتخلص من الروبة المتجمعة علي سطح الانابيب .

قد تحتاج الي استخدام الكلور النودرة للقضاء علي الطحالب المتجمعة علي سطح الانابيب .

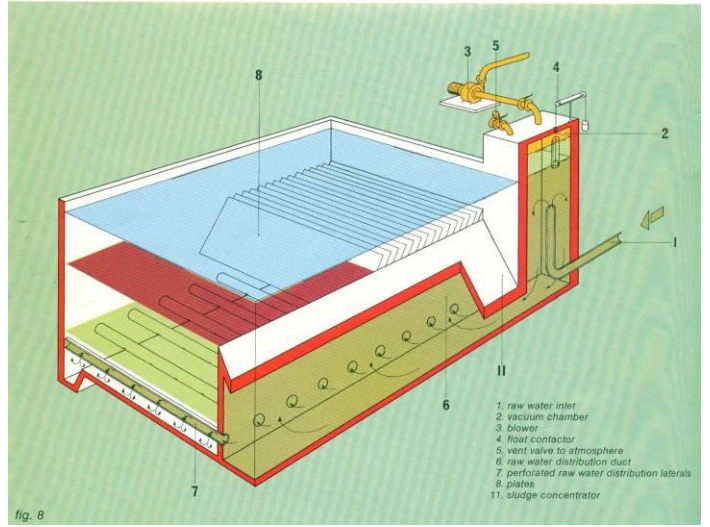
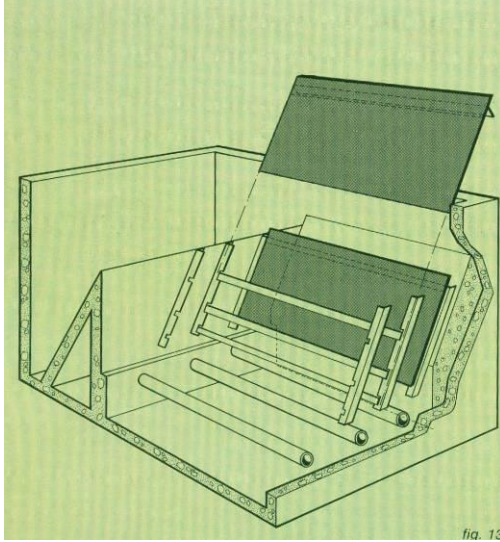
تطوير المروق النابض باستخدام ألواح اللامبلا

١. يمكن إضافة ألواح اللامبلا في طبقة بطانية الروبة المعلقة واعلي مواسير التغذية بزاوية ٥٥ درجة علي الأفقي بحيث لا يزيد ارتفاعها عن المركز إلا بمسافة صغيرة علي أن تكون المسافة بين

الألواح ١٣ بوصة طبقاً لتصميمات الشركة المصممة للمروق

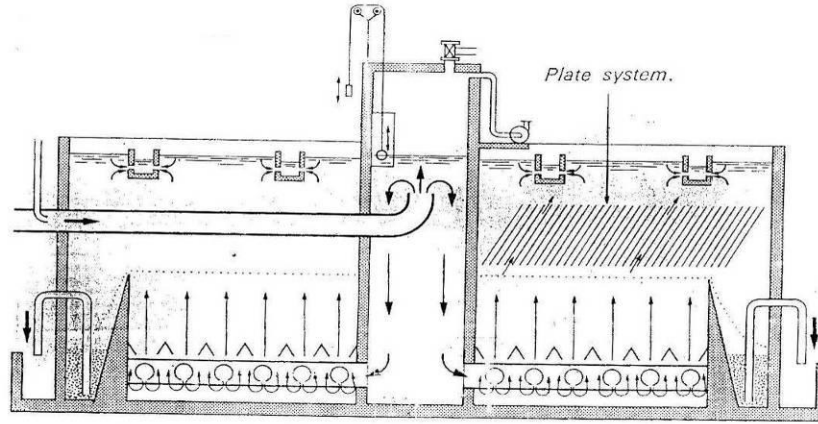


٢. يمكن إضافة ألواح اللامبلا ذاتها اعلي طبقة بطانية الروبة المعلقة بزواوية (٥٥-٦٠) درجة علي الأفقي وأسفل مستوي هدار خروج المياه المروقة (plate pulsator) لتقوم الألواح بتجميع الندف الهاربة وإعادتها إلى طبقة الروبة لتحسين نوعية المياه المروقة و زيادة تماسك طبقة الروبة.

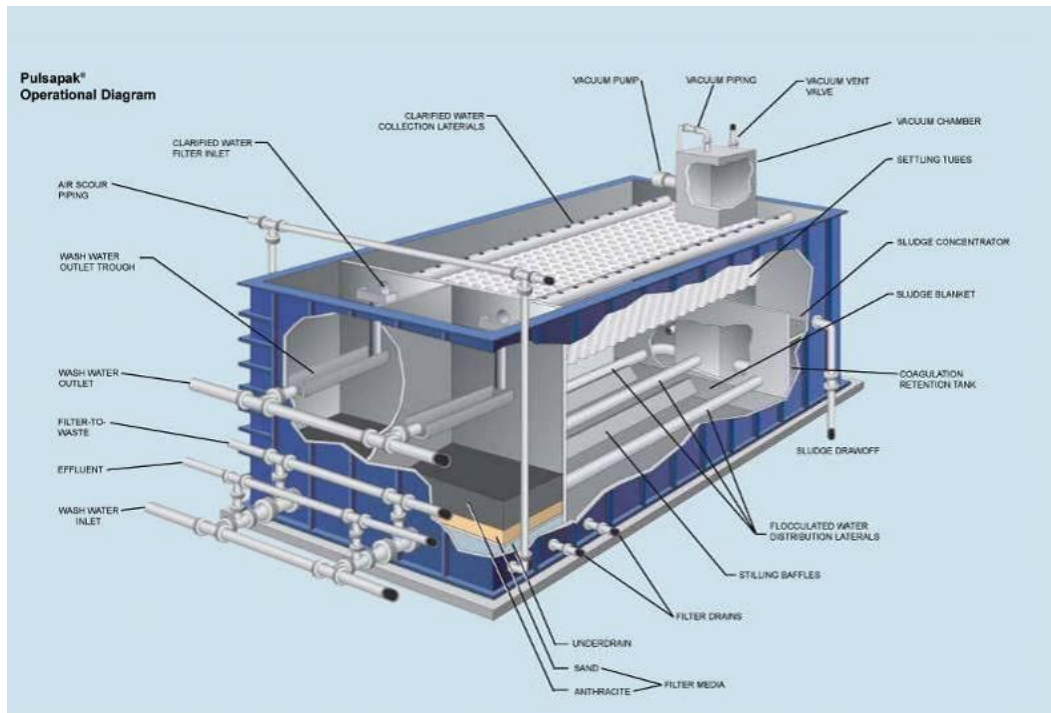


٣. وكما يمكن تطوير المروق النابض باستخدام أنابيب الترسيب كما

بالشكل



يمكن إضافة أنابيب الترسيب بدلاً من الألواح أعلى طبقة الروبة المعلقة وأسفل هدار خروج المياه المروقة لتؤدي وظيفة ألواح اللامبلا .



مخططات التطوير أحد أهم دعائم نجاح عمليات المعالجة:

وبعد استعراض الطرق المختلفة للتطوير يجب ان ننوه ان التطوير عملية هامة ولذا يجب ان يسبقها مراحل من الدراسة النظرية والتجارب العملية من خلال محطات تجريبية داخل المحطة المراد تطويرها لتجنب الفشل و إهدار الأموال .



المحطة التجريبية بمحطة دمنهور ٢



المحطة التجريبية بامستردام ١

الباب الرابع

الترشيح (Filtration)



مرشحات رملية سريعة

عملية الترشيح هي عملية سريان الماء خلال طبقة منفذة سواء كانت هذه الطبقة ورقة ترشيح أو وسط مسامي، وفي محطات تنقية المياه الترشيح هو عملية سريان المياه من خلال وسط حبيبي (عادة رمل) حيث يتم حجز الشوائب من المواد العالقة وإزالة الكائنات الدقيقة الممرضة

آلية الترشيح

عند مرور المياه خلال الوسط الترشيحي يتم حجز الشوائب ذات الحجم الأكبر من المسام الموجودة بسطح الوسط الترشيحي كما بالشكل ١ وهذا لا يحدث بالمرشحات الرملية السريعة لأن هذه الشوائب عادة يكون قد تم إزالتها خلال مرحلة الترويق ،

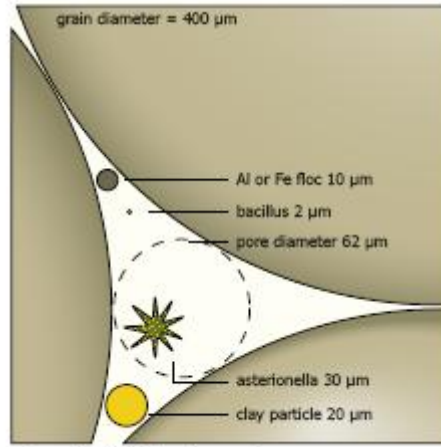


Figure 2 - Principle of screening

وفي حالة استخدام وسط ترشيحي ذو حبيبات صغيرة تكون ايضا المسام بين الحبيبات صغيرة وتتم عملية تصفية (حجز الشوائب) بما يسمى cake filtration وحيث يتم حجز الشوائب و المواد العالقة في الطبقة العليا من الوسط الترشيحي . و من عيوب هذا النوع من الترشيح انه سرعان ما يتم انسداد المرشح وتقتصر فترة تشغيله.

في المرشحات الملوية السريعة تتم عملية ازالة المواد العالقة والغروية داخل الوسط الترشيحي وبالتالي لكي تحدث عملية الانسداد لابد أن تنسد كل مسام الوسط الترشيحي .

تنتقل المواد العالقة والغروية الي مسام الوسط الترشيحي بعدة طرق , حيث تسري المواد العالقة والغروية مع الماء وتتبع خطوط سريانه خلال الوسط تلك الخطوط التي تماثل التركيب المعقد للفراغات بين الحبيبات (المسام) , وعندما تقترب المياه من الحبيبات تعترض الحبيبات طريق الجزيئات العالقة و تترسب الحبيبات الثقيلة بينما تنتشر الجزيئات الصغيرة علي سطح الحبيبات وتضطدم الجزيئات السريعة بحبيبات الوسط الترشيحي وتلتصق بها و قد يحدث تيارات درامية داخل الوسط الترشيحي تتسبب في حجز الجزيئات الصغيرة داخل الوسط الترشيحي .

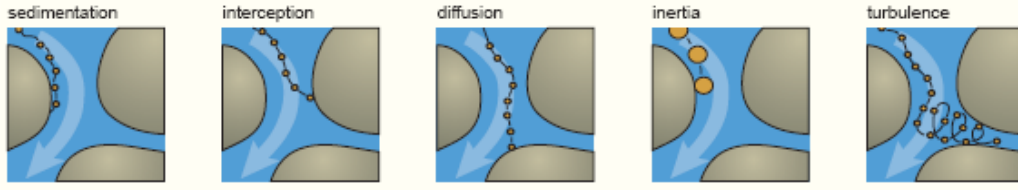


Figure 3 - Transport of impurities towards the grain

وبالإضافة الى العملية الفيزيائية التي تم شرحها فانه هناك أيضا عمليات كيميائية وبيولوجية تحدث اثناء الترشيح ففي ترشيح المياه الجوفية يتم إزالة الحديد و المنجنيز بواسطة الأكسجين الذي يتم إضافته في الخطوة السابقة فتتكون ندف هيدروكسيد الحديد التي يتم إزالتها بالطرق السابق شرحها , وكذلك الحال في إزالة المنجنيز و بالنسبة الي إزالة الامونيا فان نمو البكتريا علي سطح الحبيبات هو احد العوامل الهامة لإزالة الأمونيا و المواد العضوية .

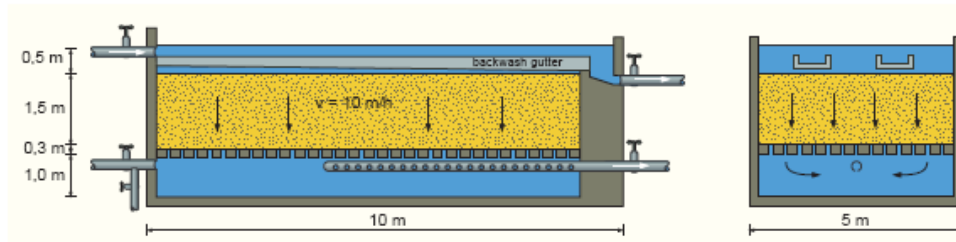


Figure 1 - Principle of rapid sand filtration

كيف يعمل المرشح

عند مرور المياه داخل الوسط الترشيحي يتم حجز الجزيئات كما سبق الشرح وتدرجيا تزداد مقاومة الوسط الترشيحي للمياه ويقل التصريف الخارج من المرشح ويتم اخراج المرشح من الخدمة وغسيل المرشح بواسطة إمرار المياه في الاتجاه العكسي و تتم هذه العملية بصورة دورية لمنع زيادة المقاومة عن حد معين .

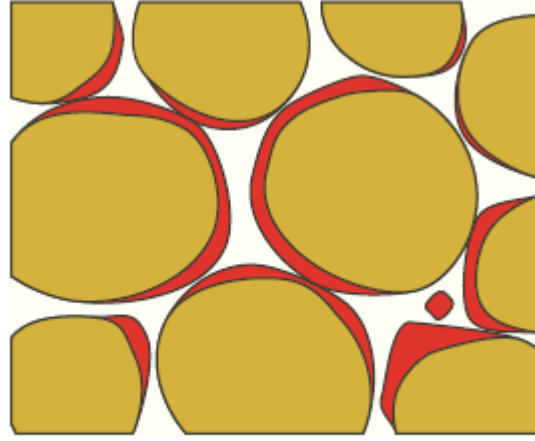


Figure 6 - Reduction of pore volume as a result of accumulated solids

وللتعرف علي عملية الترشيح و تخيل ما يحدث أثناء الترشيح يمكن رسم منحنى الفقد في الضغط مع الزمن وهو ما يسمى (Lindquist diagram)

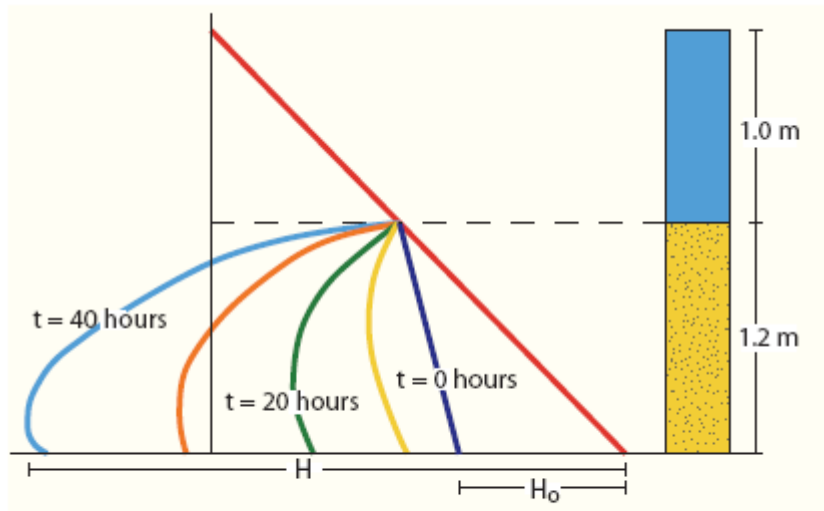


Figure 7 - Progress of the filter bed resistance in time, the so-called Lindquist diagram

و من خلال الرسم المنحني يمكن ملاحظة انه مع مرور الوقت وانسداد المرشح يزداد الفقد في الضغط (و معناه الفقد في الضغط الأستاتيكي للمياه نتيجة مرور المياه من خلال مسام الوسط الترشيحي) الي ان يصل الفقد في الضغط الي القيم السالبة وهو ما

يعني وجود فقاعات هواء داخل المرشح و ينخفض تصرف المرشح بشكل كبير و لذلك يجب ألا يصل الضغط الي القيم السالبة .

ويجب ملاحظة انه عند بدء الترشيح توجد قيمة للفقد في الضغط تختلف باختلاف الوسط ترشيحي و معدل الترشيح (كمية المياه المارة م³/س / مساحة المرشح السطحية م²) وتتناسب مع مسامية الوسط الترشيحي .

ومن اهم المنحنيات الخاصة بالمرشح هي منحني عكارة المياه المرشحة مع الزمن و

العوامل المؤثرة علي عملية الترشيح

أولاً: الوسط الترشيحي

تستخدم الرمال عادة كوسط ترشيحي وذلك لتوفرها ورخص ثمنها و قد يستخدم ايضا مع الرمال مواد أخرى كوسط ترشيحي مزدوج مثل الانثراسيت , وقد يستخدم الزلط ايضا كوسط ترشيحي يسبق المرشح الرملي في المرشحات الثنائية , ويستخدم ايضا كسر الجرانيت كوسط ترشيحي .

مواصفات الوسط الترشيحي

حجم الحبيبات وتدرجها و المقصود بتدرج الحبيبات أن العينه المأخوذة من الرمل تحتوي علي حبيبات ذات أقطار مختلفة و للتعرف علي اهمية التعرف علي توزيع احجام الحبيبات بالوسط الترشيحي يمكن ان نتخيل وسط ترشيحي ذو تدرج كبير بين الحبيبات عند غسيل الوسط الترشيحي ترتفع الحبيبات الصغيرة الي اعلي ة تسقط الحبيبات الكبيرة الي اسفل وعند بدء الترشيح مرة اخرى نجد ان الطبقة العليا من

المرشح ذات كفاءة ترشيح اعلي بينما لا تؤثر الطبقات السفلي علي جودة المياه المرشحة مما يجعل بانسداد المرشح وقصر فترة تشغيل المرشح .

و للتعرف علي تدرج الحبيبات وحجمها يتم استخدام مجموعة من المناخل توضع فوق بعضها ويتم إمرار وزن معين من الرمال وتحديد وزن الرمال المحجوزة علي كل منخل لتحديد النسبة المئوية للأقطار المختلفة

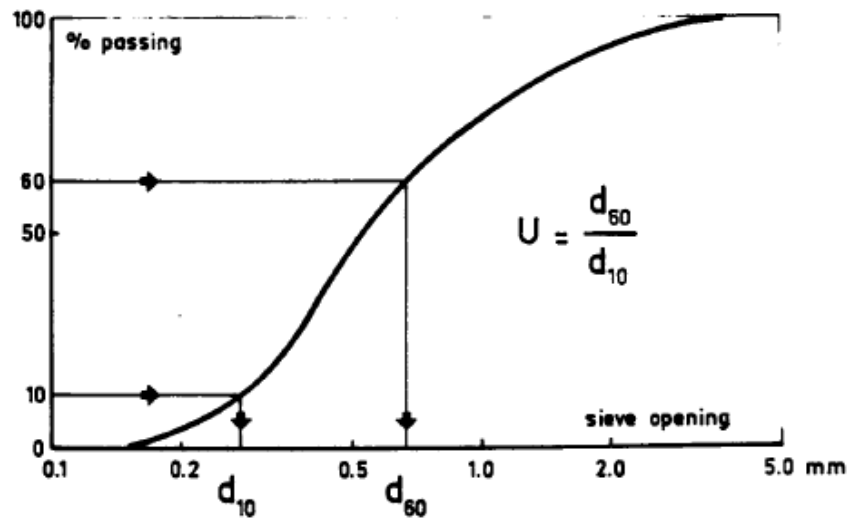


Fig. 2.23 Grain size analysis

ويتم رسم المنحني وتحديد الحجم الفعال ومعامل الانتظام

حيث ان:

الحجم الفعال

هو مقياس فتحة المنخل التي تمرر ١٠% من وزن العينة او هو مقياس المنخل الذي يحجز ٩٠% من وزن العينة يعتمد علي معرفة الحجم الفعال في الحسابات الخاصة بالترشيح .

معامل الانتظام

ويعرف بأنه هو نسبة مقاس المنخل الذي يمرر ٦٠% من وزن العينة الي مقاس المنخل الذي يمرر ١٠% من وزن العينة

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}}$$

المسامية :

وهي نسبة حجم الهواء داخل الوسط الترشيحي الي الحجم الكلي للعينة و(مسامية الرمل ذات الحجم الفعال ٠.٨ مم = ٤٠% تقريبا وتختلف تبعا لمعامل الانتظام)وهي احد الخواص الهامة التي تؤثر علي معدل الترشيح و جودة المياه المنتجة وكفاءة المرشح و كذلك علي إجراءات الغسيل .

الكثافة :

وهي وزن حجم ١ م^٣ من العينة مقاسا بالكيلوجرام .

معدل الترشيح

وهي = كمية المياه التي تدخل المرشح (م^٣/س) / مساحة المرشح السطحية م^٢

و يختلف معدل الترشيح تبعا لنوع الوسط الترشيحي و نوع المرشح ففي المرشحات الرملية البطيئة يكون معدل الترشيح ٠.١ م/ ساعة بينما في المرشحات الرملية السريعة يكون معدل الترشيح في حدود ٤ : ٦ م/ ساعة ويمكن زيادة معدل الترشيح الي ٨ م/ ساعة في حالة جودة المياه المروقة .وقد تصل سرعة الترشيح في

مرشحات الترشيح من اسفل الي اعلي الي ١٨ م/ ساعة وقد تزيد علما بأنها قد تستخدم كمعالجة ابتدائية للمياه .

جودة المياه الخام

والمقصود هي المياه الداخلة الي المرشح حيث تؤثر جودة المياه الداخلة علي سرعة انسداد المرشح وجودة المياه المرشحة . بالنسبة للمرشحات الرملية السريعة ذات الوسط الرشيحي ذو الحجم الفعال ٠.٨ مم يجب ان يسبق المرشح عمليتي تنديف وترسيب حتي يتم التخلص من معظم المواد العالقة والشوائب للحصول علي فترة تشغيل اقتصادية للمرشح . بينما في محطات الترشيح المباشر لا توجد عملية الترسيب تسبق الترشيح ولذا يجب الا تزيد عكارة المياه الداخلة الي المرشح عن ٥ وحدات عكارة للحصول علي فترة تشغيل اقتصادية للمرشح

جرعة المادة المروية المستخدمة

وهي من اهم العوامل التي تؤثر علي عملية الترشيح اذ ان الترويب والتنديف الجيد والجرعة المناسبة هي العصا السحرية لعملية المعالجة واذ تعمل الشبة علي تكوين ندف ذات حجم مناسب يمكن ترسيبها بسهولة وبالتالي تتحسن جودة المياه المروية . وفي محطات الترشيح المباشر تكون جرعة الشبة هامة جدا اذ ان جرعة الشبة الكبيرة تقوم بتكوين ندف كبيرة مما يؤدي الي انسداد المرشح بينما جرعة الشبة المناسبة لمحطات الترشيح المباشر كما ذكرت الكتب المتخصصة والدارسين يفضل ان تكون في حدود ٢٠ جم/م^٣ .

ارتفاع الوسط الترشيحي:

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

و من خلال خبرات العاملين يمكن القول انه توجد علاقة بين الحجم الفعال للوسط الترشيحي وارتفاع الوسط الترشيحي حيث مع صغر الحجم الفعال يفضل ان يكون المرشح ذو ارتفاع صغير وبالعكس مع وسط ترشيحي ذو حجم فعال كبير يفضل ان يكون ارتفاع الوسط الترشيحي كبيرا للحصول علي جودة عالية للمياه المرشحة وفي نفس الوقت فترة تشغيل اقتصادية للمرشح . ويمكن القول ان العلاقة بين ارتفاع الوسط الترشيحي والحجم الفعال هي

$$L/d = 1000$$

إجراءات الغسيل العكسي

ان الغسيل الجيد هو العامل الأهم في تحديد عمر المرشح وجودة المياه المنتجة اذ ان بدون الغسيل الجيد تتراكم الشوائب داخل الوسط الترشيحي وتقتصر مدة تشغيل المرشح وتتزايد في المرشح البكتريا والطحالب وتسوء نتائج المياه المرشحة نظرا لحدوث تشققات بالوسط الترشيحي يمر من خلالها الماء بدون ان يحدث الترشيح بل قد يلزم تغيير الوسط الترشيحي بأكمله لوجود تكدسات من الطين والطيني يصعب إخراجها حتى بالغسيل الجيد .

التطبيقات المختلفة للترشيح

المرشح متعدد الطبقات

هو المرشح الذي يتكون من عديد من طبقات الوسط الترشيحي المختلفة من حيث حجم الحبيبات فتكون الحبيبات ذات الحجم الأكبر في الأعلى ، وفي حالة الترشيح من أسفل الي اعلي تكون الحبيبات ذات الحجم الأكبر بالأسفل بحيث يمر الماء علي الوسط الخشن اولاً ثم الناعم .

و في حالة استخدام أكثر من وسط ترشيحي (الوسط الترشيحي المزدوج) - كالرمل و الانثراسيت مثلاً - تنتظم الطبقات المختلفة تبعاً للحجم والكثافة فتكون الحبيبات ذات الكثافة الأعلى أسفل الحبيبات ذات الكثافة الأقل و بذلك تكون الحبيبات ذات سرعة الترسيب الأعلى أسفل الحبيبات ذات يره الترسيب الأقل وذلك لضمان ان يبقى الوسط الترشيحي منتظماً بعد الغسيل العكسي حيث تعود الحبيبات الكبر كثافة الى مكانها الطبيعي في الأسفل.

يمتاز هذا النوع من المرشحات بقدرته على حجز المواد العالقة ذات الحجم الكبير في الطبقة العليا للمرشح ويتم حجز الشوائب الأصغر بالطبقات السفلى و بذلك يتم توزيع الشوائب علي كل الوسط الترشيحي وبالتالي تقل سرعة انسداد الوسط الترشيحي مما يعني فترة أطول لتشغيل المرشح .

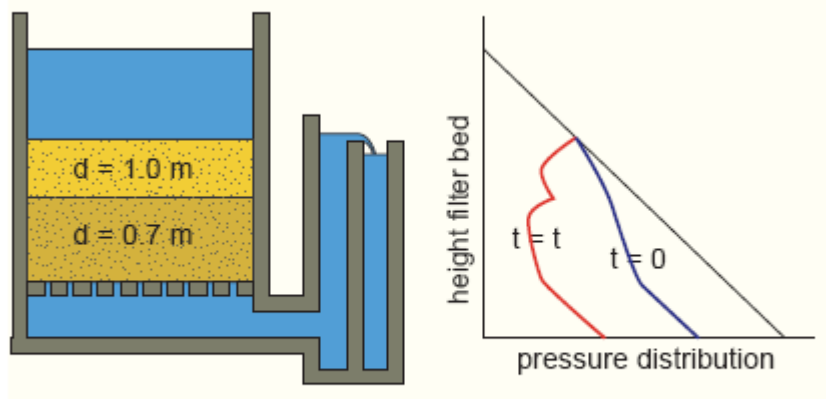


Figure 23 - Resistance build-up for a multiple layer filter

الترشيح بالضغط

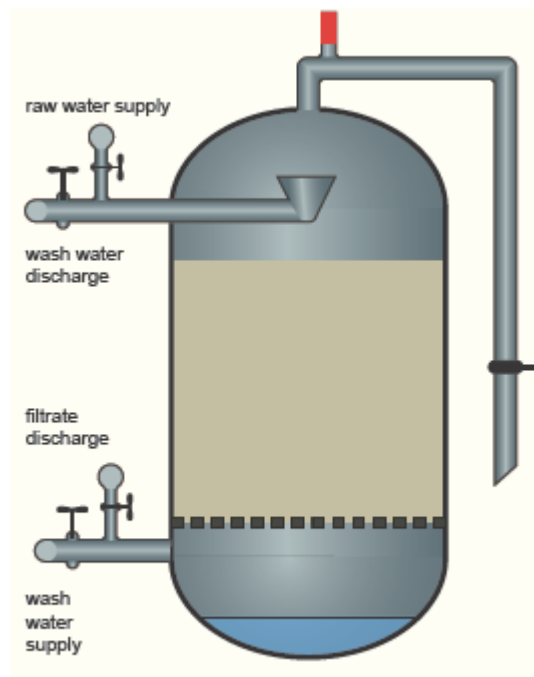


Figure 24 - Principle of pressure filtration

مرشحات الضغط تعمل بنفس الأسس التي تعمل بها المرشحات الرملية الشريعة غير انه في هذه الحالة يكون الوسط الترشيحي وقاع المرشح والمياه الخام الموجودة اعلي المرشح محاطة بغلاف لا ينفذ الماء و هذا ما يعني نظام مغلق يتم إجبار الماء على المرور خلال

الوسط الترشيحي وهو ما يعني انه لا خوف من حدوث ضغط سالب وليس هناك أهمية للفقء في الضغط .

و هذا النوع من المرشحات يسمح باستخدام معدلات الترشيح السريعة فتكون من ٧ الي ٢٠ م/س . و بالتالي يمكن أن تكون مساحة المرشح صغيرة جدا وكذلك فترة تلامس المياه مع الوسط الترشيحي .

الترشيح من أسفل الي اعلي

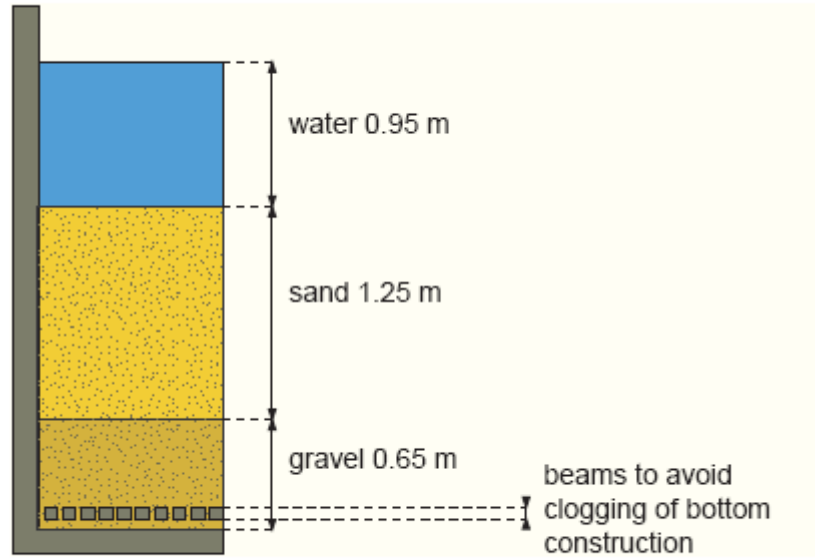


Figure 28 - Principle of upflow filtration

هو الترشيح ذو فيره التشغيل الأطول والجودة الأفضل بين المرشحات عندما يمر الماء من الوسط الخشن الي الوسط الترشيحي الناعم . في هذا النوع من المرشحات يكون الوسط الترشيحي الخشن أسفل الوسط الترشيحي الناعم و يسري الماء من أسفل الي اعلي , تتراكم معظم المواد العالقة بالطبقة السفلى و يكون معدل زيادة مقاومة الوسط بطيئاً و بزيادة المقاومة يزداد الضغط تدريجيا ويقل تدريجيا الى اعلى .

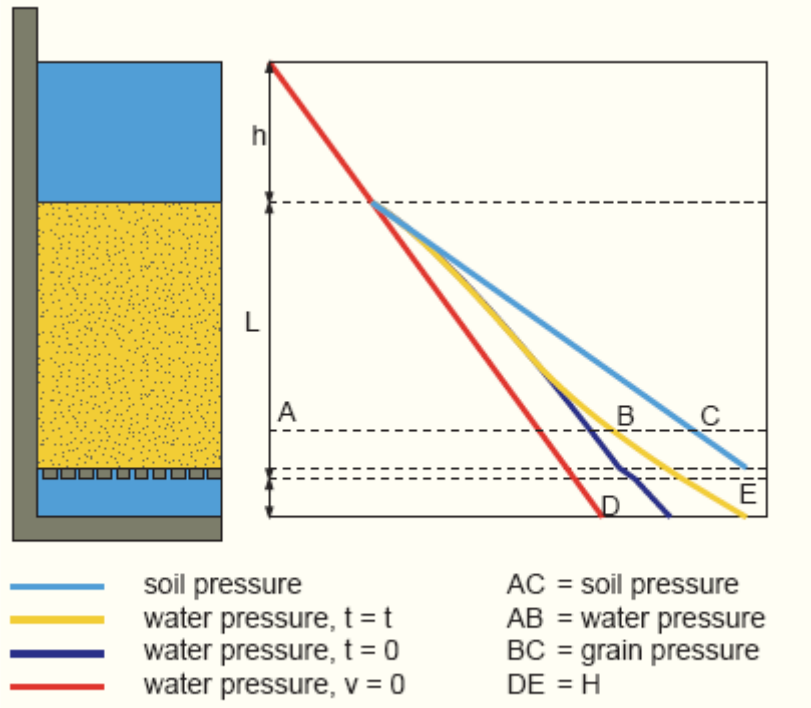


Figure 29 - Pressure distribution in an upflow filter

و للترشيح من اسفل الي اعلي مزايا كثيرة منها عدم حدوث الضغط السالب و الجودة العالية للمياه المنتجة وزمن الترشيح الطويل . و لكن له عيوب منها :

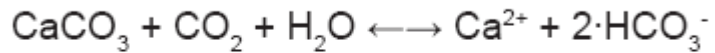
ان المياه العكرة تدخل من نفس مكان دخول مياه الغسيل مما قد يتسبب في انسداد الفواني في قاع المرشح وبالتالي عدم انتظام غسيل الوسط الترشيحي وبالتالي تسوء جودة المياه المرشحة .

قد يفقد بعض من الوسط الترشيحي أثناء عملية الترشيح عندما يزداد الضغط نتيجة انسداد الوسط الترشيحي مما قد يسبب تعويم الوسط الترشيحي و هذا فقد قد يؤدي الي نقص ارتفاع الوسط الترشيحي وبالتالي تسوء جودة المياه المرشحة .

لترشيح بواسطة الحجر الجيري (limestone filtration)

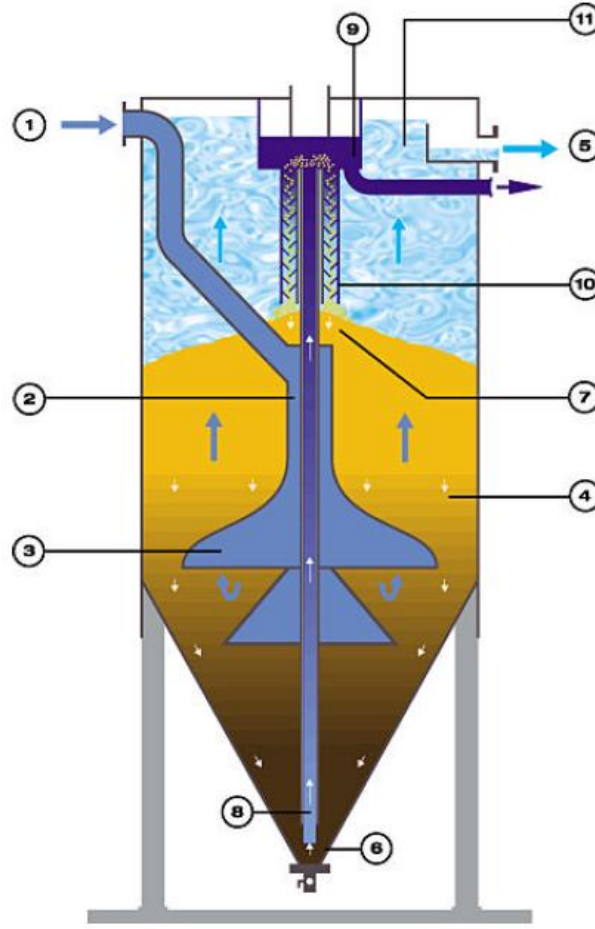
وهذا النوع من الترشيح يستخدم في حالة المياه العدوانية (aggressive water) عندما يزداد نسبة حمض الكربونيك يتم امرار الماء خلال وسط ترسيحي من الحجر الجيري (calcium carbonate) وعندها سيقبل تركيز حمض الكربونيك و يزداد الاس الهيدروجيني

و يعمل الماء علي اذابة الحجر الجيري نتيجة هذا التفاعل .



و لأن الوسط الترشيحي يذوب نتيجة هذه التفاعلات يجب ان يتم تعويض الفاقد منه بطريقة دورية .ويتم تعويض الفاقد عندما تصل نسبة الفاقد الي ١٠ % من الوسط الترشيحي , عند علاج المياه الجوفية العدوانية بواسطة هذا النوع من المرشحات بعد مرحلة المعالجة بالتهوية يمكن ان يتم إزالة الحديد و المنجنيز داخل المرشح .

الترشيح المتواصل



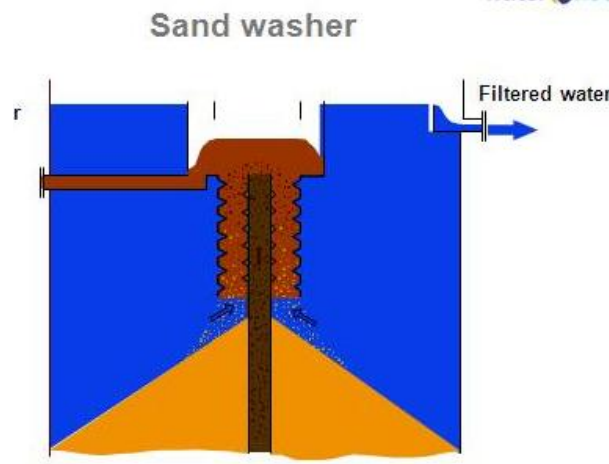
في هذا النوع من المرشحات يتم إعادة تدوير الرمال و غسلها داخل المرشح وهو ما يعني ان عملية الغسيل مستمرة .

نظرية العمل :

يدخل المياه الخام الي المرشح ن خلال خط التغذية (١) ليختلط بالوسط الترشيحي (٤) من خلال ماسورة التوزيع (٢) و الموزع (٣) يتم تنقية المياه اثناء حركة المياه من اسفل الي اعلي و يخرج الماء المعالج من اعلي من خلال هدار الخروج (٥)

الوسط الترشيحي يتحرك من اعلي الي اسفل اثناء حركة المياه من اسفل الي اعلي ,
الرمال المتسخة (٦) تتفصل عن باقي الرمال و تغسل ثم تعود لتسقط اعلي الوسط
الترشيحي (٧)

حركة تدوير الرمال تتم بناءً علي قاعدة الرفع الهوائي حيث تجبر مخلوط المياه و الرمال
المتسخة للتحرك الي اعلي من خلال ماسورة في محور المرشح (٨) هذه الحركة و
الاحتكاك يفصل الشوائب عن الرمال . يخرج الهواء من اعلي الماسورة , و المياه
المختلطة بالشوائب و تترسب الرمال في مكان الغسيل (١٠) (Washer)



مكان الغسيل (Washer) صمم هيدروليكيًا جيدًا ليحيط بماسورة الرفع الهوائي لتسقط
جزيئات الرمال من خلال ال Washer ليتم تنظيفها بكمية صغيرة من المياه المرشحة
و لتمر الرمال بصورة مستمرة من ال Washer .

سريان المياه المرشحة يتم نتيجة فرق المنسوب بين هدار خروج المياه المرشحة (١١) و
بين خروج مياه الغسيل (٩)

التحكم في المرشح

يمكن ضبط التشغيل بمعرفة جودة المياه الخام وجودة المياه المرشحة المطلوبة ليتم ضبط كمية الهواء الواردة الي المرشح وبالتالي سرعة دوران الرمال بالمرشح . و بناءا على معدل غسيل الوسط تكون جودة المياه المعالجة و ايضا كمية المياه المفقودة في الغسيل . معدل الترشيح في هذا النوع من المرشحات يتراوح من ١٤ الي ١٧ م/س .

مزايا هذا النوع من المرشحات مقارنة بالمرشحات الرملية السريعة

١. عملية المعالجة مستمرة

٢. عملية الغسيل مستمرة

٣. كمية الروبة المتجمعة اقل

عيوب هذا النوع من المرشحات مقارنة بالمرشحات الرملية الشريعة

١. كمية مياه الغسيل كبيرة

٢. تختلط مياه الغسيل مباشرة بالمياه المعالجة مما يزيد من مخاطر التلوث .

Parameter	Raw water	Filtrate	Criteria
• Turbidity NTU	20-25	0,1-0,2	< 0,5
• TSS mg/l	1 - 50	0,5	< 1
• Temperature °C	1 - 25		
• Transmission %	30 – 50	>96	
• Fe mg/l			< 0,05
• Al mg/l	0,05 – 0,60	< 0,1	< 0,1
• Mn mg/l			< 0,05

نتائج الترشيح المتواصل 1

المرشحات الجافة (dry filtration)

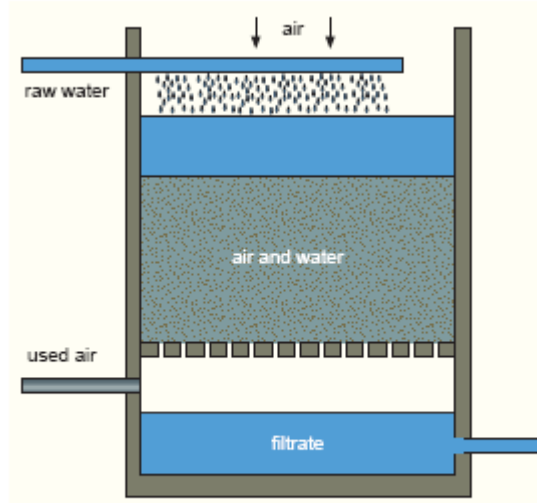


Figure 31 - Schematic representation of a co-current filter

يستخدم هذا النوع من المرشحات لمعالجة المياه التي تحتوي علي نسبة أمونيا عالية , ويتم تطبيق هذا النوع من المعالجة لمعالجة المياه الجوفية , ليتم اكسدة الأمونيا الي نترات يتطلب كمية كبيرة من الاكسجين ($3.55 \text{ mg/l O}_2 \text{ per mg/l NH}_4^+$)

في المرشح الجاف لا يوجد مياه خام اعلي الوسط الترشيحي و يمر الماء خلال الوسط الترشيحي الي قاع المرشح بينما يمر الهواء في نفس اتجاه المياه او في عكس الاتجاه , عملية انتقال الغازات تستمر بين المياه والهواء والوسط الترشيحي يمتلأ نسبيا بالمياه , سرعة الترشيح اعلي من المرشحات الرملية السريعة و سريان المياه بين حبيبات الوسط الترشيحي سريان دوامي مما يزيد من احتمال خروج الشوائب الملتصقة بالحبيبات مع المياه المعالجة .

لزيادة تعريض المياه للهواء يتم رش المياه من خلال فواني اعلي الوسط الترشيحي وهو ما يعمل علي تساوي توزيع المياه علي المرشح .

المرشح الجاف يزيل الأمونيا و ايضا الحديد و المنجنيز حيث تحدث عملية ازالة الحديد في الطبقة العليا من المرشح (عمق المرشح من ٠.٥ الي ١.٥ م) و تحدث بعد فترة عملية إزالة المنجنيز و الأمونيا , المرشح الجاف يمكن ان يتبع بمرشح رملي سريع لحجز الشوائب الناتجة من المعالجة بواسطة المرشح الجاف .

المرشحات الرملية البطيئة



يستخدم هذا النوع من المرشحات عندما يكون الغرض من المرشح ازالة البكتريا والفيروسات كبديل لاستخدام وسائل التعقيم .

المرشح الرملي البطيء يتميز بوسط ترشيحي ذو حجم فعال صغير (٠.٢ الي ٠.٦) و معدل الترشيح اقل من ١ م/س وبالتالي تحتاج نفس كمية المياه الي مساحات اكبر من الوسط الترشيحي مقارنة بالمرشحات الرملية السريعة . كما يتضح بالصورة



Figure 33 - Difference in surface area between rapid filtration and slow sand filtration

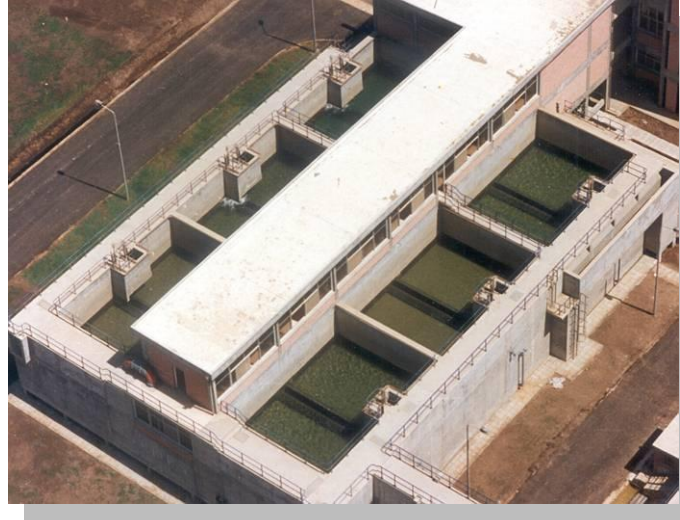


مرشحات رملية بطيئة في اليابان 1

يحدث الترشيح في الطبقة العليا حيث تتكون الطبقة البيولوجية التي تعمل على المعالجة لتنظيف المرشح لا يتم غسله بل يتم كشط الطبقة العليا (١ سم) .

لان المرشحات الرملية البطيئة تقع بعد المرشحات الرملية السريعة في مخطط المعالجة فان المرشح البطيء لا يتمكن تحميله بالشوائب ولذا قد تمتد فترة تشغيله إلى سنوات .

أنواع المرشحات الرملية السريعة



يمكن تصنيف المرشحات تبعاً لـ :-

١. عمق المنشأ الخرساني للمرشح حيث تنقسم المرشحات الى مرشحات عميقة (deep filters) و مرشحات ضحلة (shallow filters) وهو ما يدل علي كيفية التحكم في المرشح و دخوله أو إخراجة من الخدمة .
 ٢. يمكن تصنيف المرشح تبع لارتفاع المياه الخام فوق الوسط الترشيحي أثناء الترشيح فنقول ان المرشح ذو منسوب ثابت أو منسوب متغير .
 ٣. كما ينم تصنيف المرشح من حيث ثبات أو تغير معدل الترشيح فنقول مرشح ذو معدل ترشيح متناقص .
- و هذه الفروق كلها تتصل بكيفية تشغيل المرشح أو التحكم في المرشح و لأنظمة التحكم في المرشحات أنواع عديدة وهي:

أنظمة التحكم في المرشحات



أثناء تشغيل المرشحات الرملية السريعة التي تعمل بالجاذبية تتجمع الشوائب وتترسب داخل مسام الوسط الترشيحي مسببة زيادة في مقاومة الوسط الترشيحي لحركة المياه من أعلى إلى أسفل ومع ثبوت باقي العوامل فإنه سوف يحدث انخفاض في معدل الترشيح، وقد يحدث انخفاض مماثل في معدل الترشيح عندما ينخفض منسوب المياه الخام أعلى الوسط الترشيحي.

وبالعكس عندما يرتفع منسوب المياه الخام أعلى الوسط الترشيحي أو ينخفض منسوب المياه المرشحة الخارجة من الوسط الترشيحي يزداد معدل الترشيح .

ونظراً لأهمية جودة المياه المرشحة فيجب الحفاظ على معدل الترشيح ثابتاً قدر الإمكان ويجب تفادي حدوث تغيرات فجائية في معدل الترشيح ، حيث قد تسبب الزيادة الفجائية في معدل الترشيح خروج الشوائب الموجودة بالمياه الخام مع المياه المرشحة مؤثرة على جودة المياه المنتجة، وأيضاً مع حدوث انخفاض فجائي في

معدل الترشيح قد يسبب تكون فقاعات هوائية داخل الوسط الترشيحي و التي تحدث فجوات بالوسط الترشيحي تمر من خلالها الشوائب فتؤثر أيضاً في جودة المياه الخارجة .

ومن هنا ظهرت الحاجة لوجود نظام تحكم في معدل الترشيح وطبقاً للنظرية الرياضية للترشيح فإن المقاومة الهيدروليكية للوسط الترشيحي تتناسب عكسياً مع معدل الترشيح .

$$V = C (H_1 - H_2)$$

حيث H_1 هو منسوب المياه الخام أعلى الوسط الترشيحي .

، H_2 هو منسوب المياه المرشحة عند خروجها من المرشح .

، C هو ثابت يعتمد على حجم حبيبات الوسط الترشيحي وموائصاتها وتوزيعها

ومسامية وسمك الوسط الترشيحي (في حالة الوسط الترشيحي النظيف) .

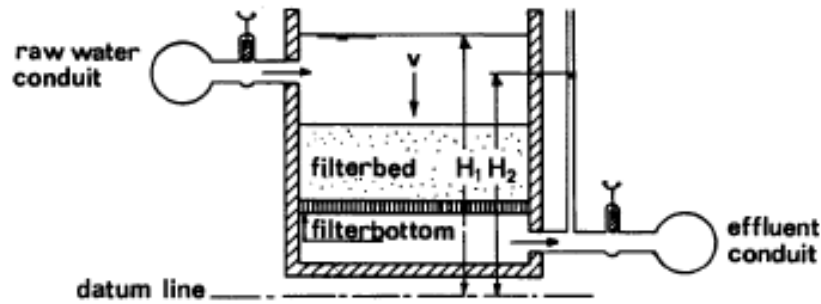


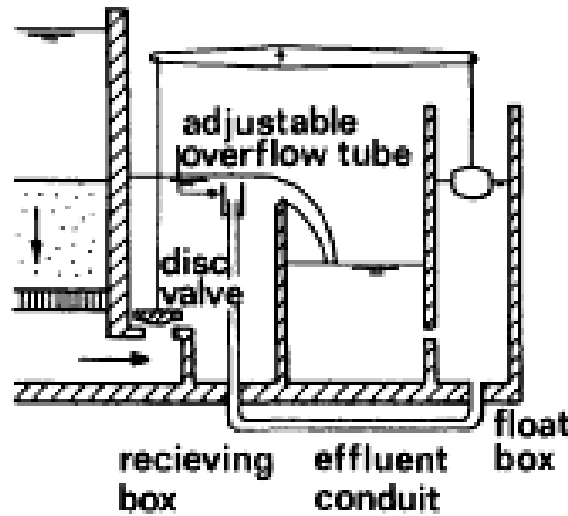
Fig. 4.8 Basic factors in filter control

ومع استمرار عملية الترشيح تقل مسامية الوسط الترشيحي تبعاً لكمية الشوائب المترسبة مسببة انخفاض في قيمة الثابت (C) وعندها يتطلب الأمر زيادة الفارق بين H1، H2 للحفاظ على معدل الترشيح (V) ثابتاً .

وللتحكم في معدل الترشيح يجب إدراج فاقد إضافي للضغط في خط دخول المياه العكرة أو خروج المياه المرشحة وبضبط الفقد في الضغط يمكن الحفاظ على تصرف المياه العكرة أو خروج المياه المرشحة ثابتاً عند قيمة معينة .

وفي الأساس يمكن إجراء هذا الضبط يدوياً ولكن مع قصر مدة تشغيل المرشح فإنه تحدث تغييرات سريعة تتطلب مراقبة مستمرة وعمل تحكم أوتوماتيكي بواسطة وسائل ميكانيكية أو هيدروليكية أو

قديماً كان كل مرشح مزوداً بوسائله الخاصة بالتحكم والتي تطورت بمرور الوقت كما بالشكل : -



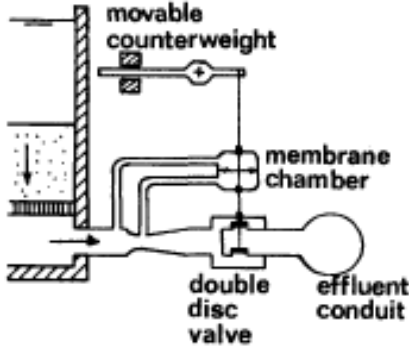


Fig. 4.10 Venturi rate controller with mechanical operation

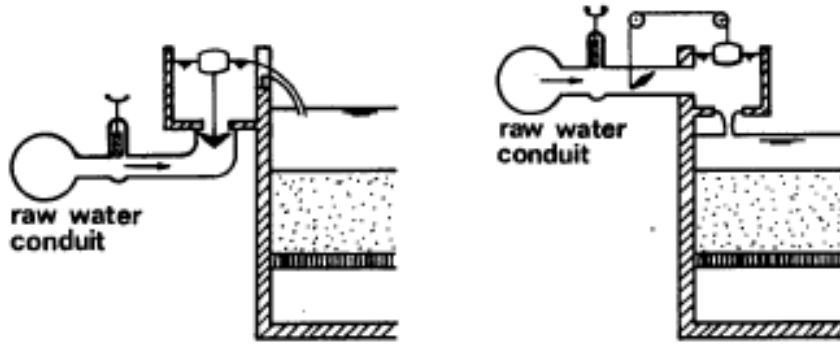


Fig. 4.11 Open filter controllers in raw water influent lines

عندما تزداد الحاجة لضرورة تطبيق التحكم في تصريف المياه الخام فإن المنشأ المغلق في شكل (١٠-٤) يمكن اللجوء إليه بدون أي تغيير بينما يبين شكل (١١-٤) إثتان من احتمالات تطبيق المنشأ المفتوح ، حيث تسرى المياه الخام من قناة الدخول إلى المرشح ومن ثم تسرى من على جدار ثابت أو من خلال فتحة معايرة إلى المرشح .

في هذه الحالة فإن العامل المؤثر في التوزيع هو ضغط المياه الخام . . . هذا التغير في ضغط المياه الخام صغير جداً يمكن إهماله ومنسوب المياه داخل المرشح يظل

ثابتاً ويمكن التحكم فيه من خلال محبس دخول المياه الخام والمتصل بعوامة على منسوب المياه الخام وهذا النظام للتحكم المنفرد لكل فلتر له مساوئه حيث يجب ضبط كل مرشح بمفرده وأيضاً لارتفاع ثمنه وأيضاً لأنه يسبب فقد كبير في الضغط حتى في حالة كونه مفتوحاً تماماً .

هذه هي الأسباب التي تجعل استخدام أنظمة التحكم المنفردة نادرة الاستخدام في منشآت المياه الحديثة .

وفي شكل (١٤ - ١٢) تقوم قناة دخول المياه الخام بخدمة بطارية من المرشحات مع الأخذ في الاعتبار أنه يجب أن تكون قناة الدخول ذات مساحة مقطع كبيرة و التي تقلل من الفقد نتيجة الاحتكاك أو التيارات الدوامية وكذلك تأثير إرتفاع منسوب المياه الخام يمكن إهماله .

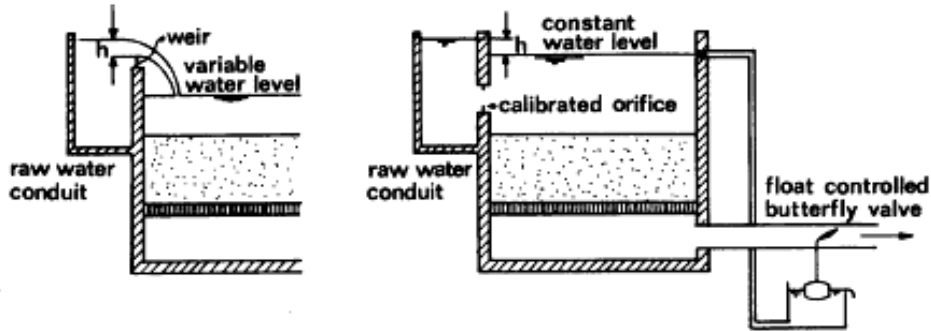


Fig. 4.12 Equal supply of raw water to all filtering units

وأمام كل مدخل للمياه الخام هدار وعندما يتم ضبط الهدارات بنفس المنسوب لكل المرشحات فإن كل المرشحات تستقبل نفس كمية المياه وهو ما يتطلب جهاز تحكم إضافي ولكنه يعطي ميزة عدم تأثير تغير مقاومة الفلتر (h) على معدل الترشيح .

وعامة فإن معدل الترشيح يزداد بزيادة تصرف المياه الخام الداخلة للمرشح و مع ارتفاع منسوب المياه الخام بقناة الدخول وزيادة قيمة (h) .

فى حالة السحب المتساوى للمياه المرشحة من كل المرشحات (شكل ٤-١٣) فإن قناة الخروج تكون ذات مساحة مقطع كبيرة لضمان منسوب منتظم للمياه وعندما يكون منسوب المياه فى غرفة العوامة عند مستوى ثابت لجميع المرشحات فإن جميع فتحات الخروج سوف تمرر نفس كمية المياه وعندما يزداد استهلاك المياه المرشحة وينخفض منسوب المياه فى قناة الخروج تزداد قيمة المقاومة (h) .

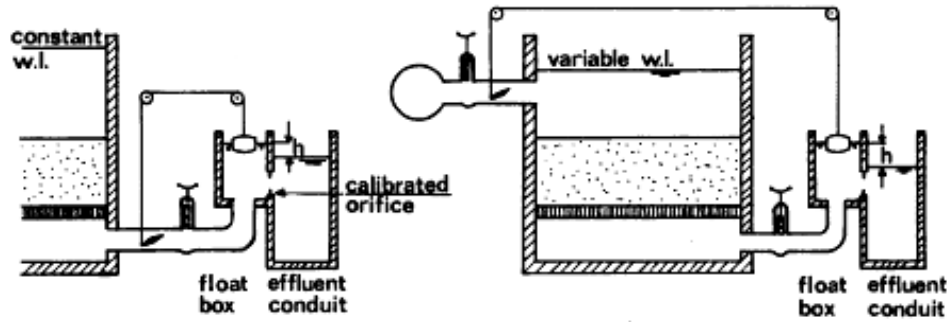


Fig. 4.13 Equal abstraction of filtered water from all filtering units.

وفى حالة خروج أحد المرشحات للغسيل يتم توزيع كمية المياه الداخلة لذلك المرشح على باقى المرشحات بدون الحاجة إلى أجهزة تحكم إضافية .

لا يمكن تحقيق معدل ترشيح متساوي لكل المرشحات سواء باستخدام أجهزة تحكم فى التصرف أو بتقسيم كمية التصرف بين المرشحات.

ومن أجل التحكم الكامل في المرشح يجب أن يصاحب التحكم في التصرف أيضاً في منسوب المياه سواء كان منسوب المياه الخام فوق الوسط الترشيحي أو منسوب المياه المرشحة أسفل الوسط الترشيحي .

إن التحكم في المرشح يساعد على جعل تشغيل المرشح مستقل عن التغيرات في كميات المياه الخام الواردة أو كميات المياه المرشحة المستهلكة .ومن ناحية أخرى فإن التحكم في المرشح يجعل زيادة مقاومة الوسط الترشيحي- المصاحب لانسداد المرشح أثناء فترة تشغيل المرشح - أكثر استقراراً .

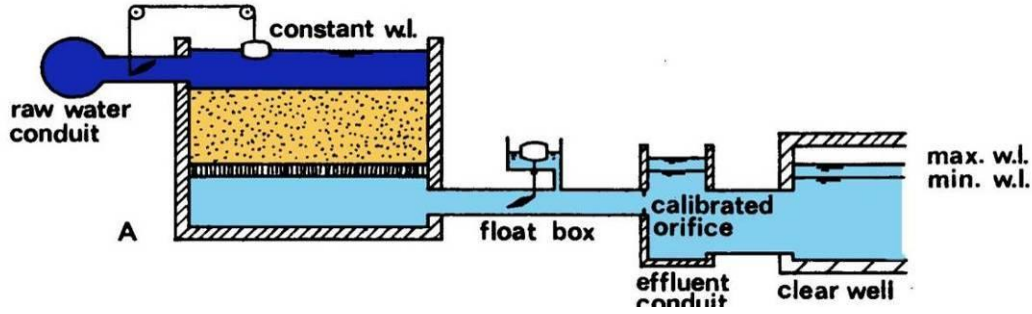
ويتم التحكم في المنسوب بواسطة إدراج فقد إضافي في الضغط بخط الدخول أو الخروج ليعمل على ضبط هذا الفقد في الضغط محافظاً على فرق المنسوب بين دخول المياه وخروجها .

وتعمل أنظمة التحكم في التصرف والمنسوب سوياً على نفس الخط وهناك أربع بدائل للتحكم في المرشحات : -

١. التحكم في كمية تصرف المياه الخارجة مع التحكم في منسوب المياه الخام .
٢. التحكم في كمية تصرف المياه الخارجة مع التحكم في كمية تصرف المياه الداخلة بإشارة من منسوب المياه المرشحة .
٣. التحكم في كمية تصرف المياه الخام مع التحكم في كمية تصرف المياه الخارجة بإشارة من منسوب المياه الخام .

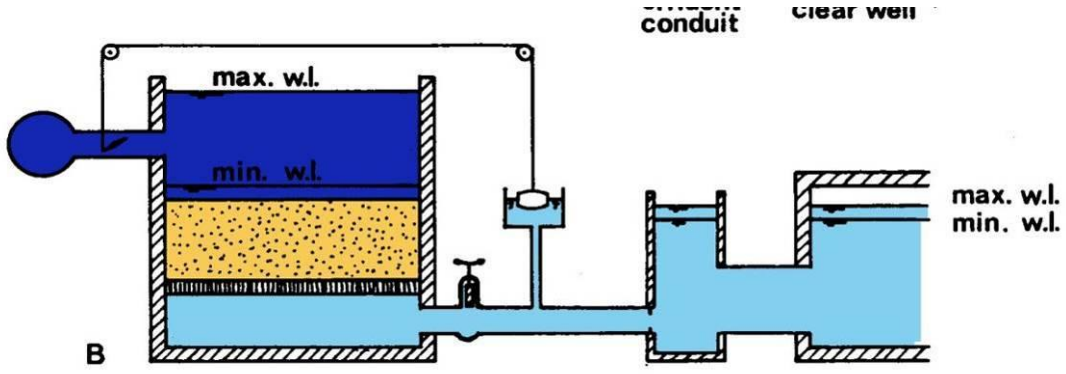
٤. التحكم في كمية تصرف المياه الخام مع التحكم في كمية تصرف المياه المرشحة بإشارة من منسوب المياه المرشحة .

وتمثل الأشكال الآتية هذه البدائل .



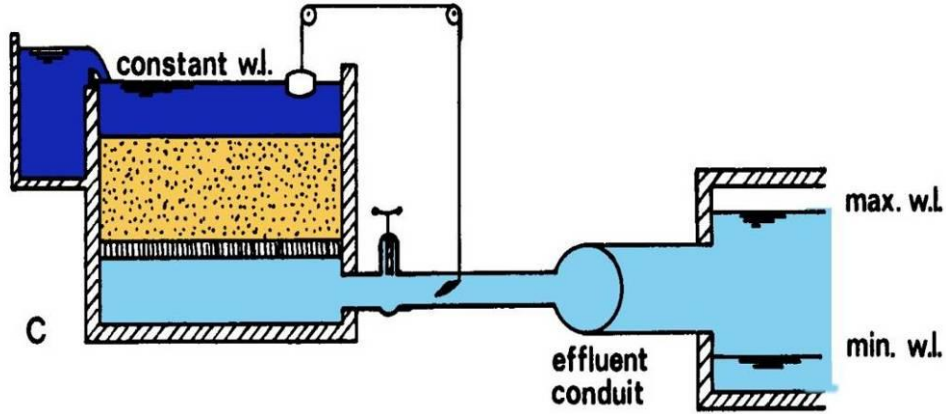
في النموذج (A)

يتم الحفاظ على ثبات منسوب المياه الخام بواسطة عوامة تتحكم في محبس فراشة موجود على خط دخول المياه العكرة ونظام مماثل آخر يقوم بالحفاظ على منسوب المياه المعالجة على ماسورة الخروج ليظل المنسوب ثابتا لكل المرشحات وعندما تكون قناة الخروج ذات مساحة مقطع كبيرة بالتالي يصبح منسوب المياه منتظما على طول الماسورة ، و الفتحة المعايرة في نهاية ماسورة الخروج سوف تقوم بتصريف كميات متساوية من المياه حتى عندما يكون منسوب المياه بماسورة الخروج منخفضا .



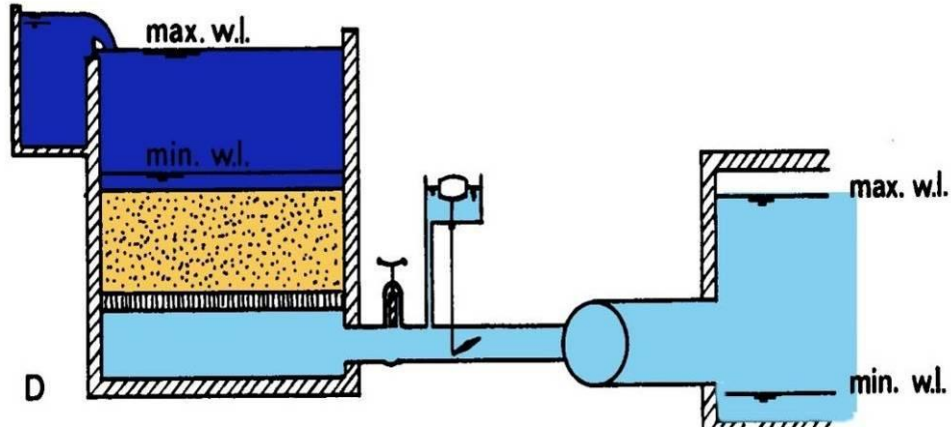
في النموذج (B)

يتم التحكم في منسوب المياه المرشحة بواسطة عوامة تتحكم في محبس على ماسورة دخول المياه العكرة ولأن منسوب المياه منتظم في قناة خروج المياه المرشحة فان فتحات المعايرة في نهاية مواسير الخروج لتقوم أيضا بتصريف كميات متساوية من المياه حتى إذا انخفض منسوب المياه في الخزان أو في قنوات خروج المياه المرشحة



في النموذج (C)

يتم الحفاظ على تصرف المياه الخام ثابتاً بواسطة عوامة تتحكم في محبس فراشة موجود على ماسورة خروج المياه المرشحة ، وعندما تكون قناة دخول المياه العكرة ذات مساحة مقطع كبيرة فان منسوب المياه يكون منتظماً على طول قناة الدخول حيث يتم ضبط الهدارات على جميع أماكن دخول المياه العكرة للمرشحات وتكون على منسوب واحد لتضمن تساوي تصرف المياه لكل الفلاتر حتى إذا ارتفع منسوب المياه في ماسورة دخول المياه العكرة .



في النموذج (D)

يتم الحفاظ على منسوب المياه المرشحة بواسطة عوامة تتحكم في محبس فراشة على خط خروج المياه المرشحة بينما تقوم الهدارات - التي تم ضبطها على منسوب واحد - بقناة الدخول لضمان تساوي كمية تصرف المياه العكرة لكل مرشح حيث تمتاز قناة الدخول بمساحة مقطع كبيرة ومنسوب مياه منتظم .

وبالإشارة إلى الأنظمة المختلفة المذكورة يجب ملاحظة الآتي:-

أنه بالنسبة للبديل (B) ، (D) فإن منسوب المياه المرشحة يظل ثابتاً على مسافة صغيرة فوق منسوب الوسط الترشيحي وأثناء عملية الترشيح تزداد مقاومة الوسط

الترشيح ويتم التغلب على ذلك بارتفاع منسوب المياه الخام ٠٠ وعند ذلك يستحيل حدوث ضغط سالب ولكن يجب أن يكون المنشأ الخرساني للمرشح كبيراً بدرجة كافية (مما ترتفع معه تكلفة المنشأة) .

وفي البديل (A) ، (C) يمكن منع حدوث ضغط سالب عندما يكون منسوب المياه الخام مرتفعاً بمسافة كبيرة أعلى الوسط الترشيحي و تنتهي فترة تشغيل المرشح عندما ينخفض منسوب المياه المرشحة .

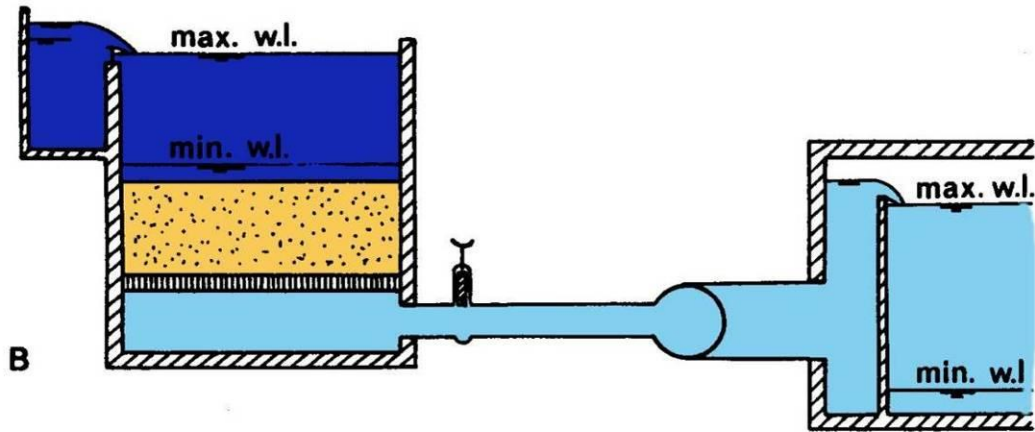
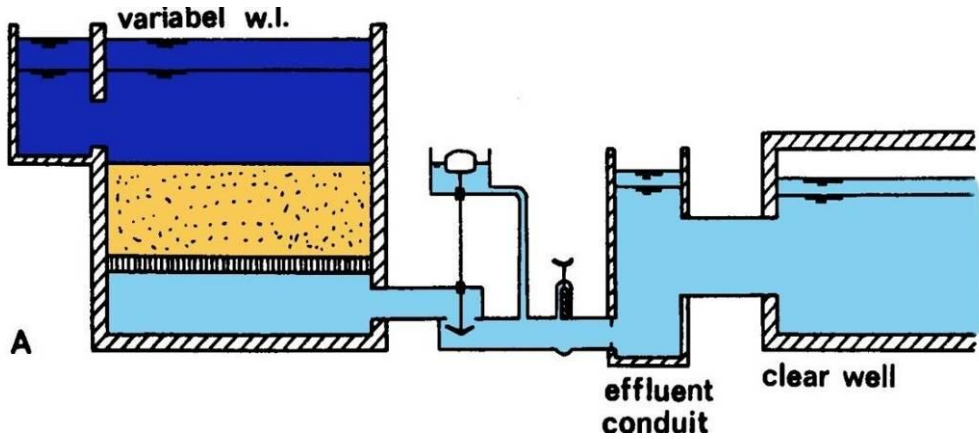
وبهذه المنشآت فقط (المرشحات ذات المنسوب الثابت) يمكن الحصول على منسوب ضحل للمياه الخام (٢٥ سم : ٤٠ سم) مثلاً وعندها سوف يتكون ضغط سالب كبير ولكن من ناحية أخرى فإن ارتفاع المنشأ الخرساني للمرشح أقل و بالتالي تكلفة الإنشاء أقل مما يجعل هذا التصميم مفضلاً في الشركات المتخصصة في بناء المرشحات .

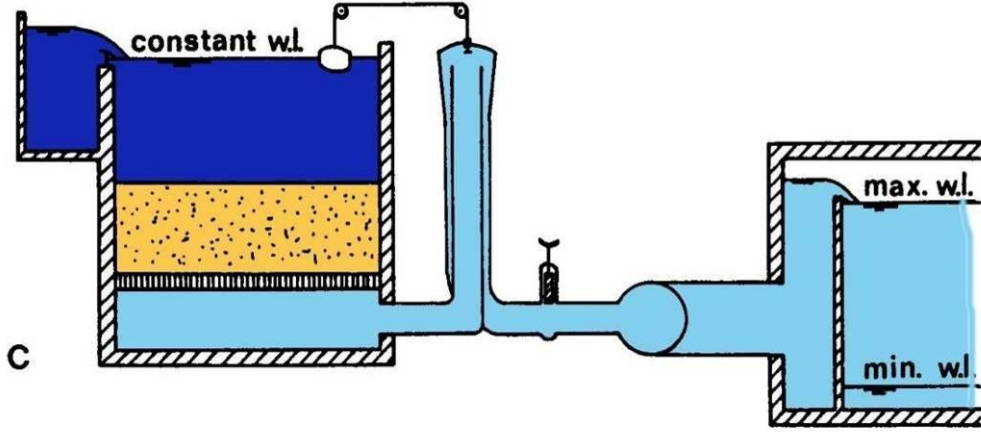
وفي البديل (C) ، (D) يتم التحكم في كمية تصرف المياه الخام بينما منسوب المياه المرشحة في الخزان قابل للزيادة بنسبة كبيرة مسبباً قدرة تخزينية كبيرة ومن ناحية أخرى في البديل (A) ، (B) يتم التحكم في كمية تصرف المياه المرشحة بينما منسوب المياه المرشحة في الخزان قد يتغير بنسبة صغيرة متطلباً متابعة إضافية لموازنة تصرف المياه الخام وإستهلاك المياه المرشحة لكل فترة زمنية صغيرة (من ٠.٥ : ١ ساعة) .

أي البدائل السابقة يمكن اختيارها وتطبيقها؟؟؟

هذا يعتمد بالدرجة الأولى على الظروف المحيطة وأيضاً على ما يفضله المصمم .

وكقاعدة عامة يجب ذكرها فإنه يجب الاهتمام بمنع تجمع الندف في الوسط الترشيحي والتي قد تجعل تشغيل المرشح مهمة صعبة وهو ما يضع الحدود الخاصة لاستخدام التحكم في كمية المياه الخام طبقاً لزيادة مقاومة الوسط الترشيحي كما يضع حدوداً أخرى لتطبيق نظام منسوب المياه الخام المتغير مما يجعل البديل الأول مقترح وحيد





ويمكننا الحصول أيضاً على نتائج أفضل بناءً على التصميم المذكور بالشكل (٤ - ١٥) حيث يكون ارتفاع المياه الخام فوق الوسط الترشيحي كبيراً ويتم التحكم في منسوبه بواسطة تغيير قدرات طلبات المياه العكرة وللتغيير في هذا المنسوب مسافة ١/٢ متر يعطى كفاءة تخزينية عالية كافية لتشغيل طلبات المياه المرشحة بصفة خاصة وأيضاً يتسبب في ارتفاع منسوب المياه الخام في منع حدوث ظاهرة الضغط السالب ويمكن الحصول على أبسط الحلول (البدائل) باستبدال التحكم في منسوب المياه المرشحة بشكل (١٤ - د) بهدار ثابت بخط الخروج وبدون أى أجزاء متحركة وبدون احتمال لحدوث أعطال مما يجعل هذا التعميم أكثر انتشاراً للمرشحات الرملية السريعة قبل البطيئة .

إن احتمال ارتفاع منسوب المياه الخام احتمال غمر الحوائط الخاصة بالمرشح وأبتلالها مما يجعلها معرضة لترسيب الطمي والحديد و المنجنيز وغيرها من المواد على الحوائط مما يجعلها في حاجة إلى النظافة المستمرة حتى لا تؤثر على العوامل الصحية الخاصة لمحطات مياه الشرب .

وبالإشارة إلى ما سبق فإن البديل الثالث (١٤ - ٤) - (١٤ - ٤) أكثر ملائمة .

ملحوظة : -

فى شكل (4 - 14 c) تم استبدال محبس الفراشة بسايفون به فتحة دخول هواء فى أعلاه مما يقلل تصرف المرشح وهذا السيفون يتميز بأنه رخيص الثمن وعمره الافتراضى طويل ولكن يجعل تشغيله منفصل عن تغيير منسوب المياه المرشحة بالخران يجب عمل هدار إضافى ، هذا الهدار يعمل على منع الضغط السالب بالوسط الترشيحى ويقوم بعمل تهوية دخول جيدة للخران .

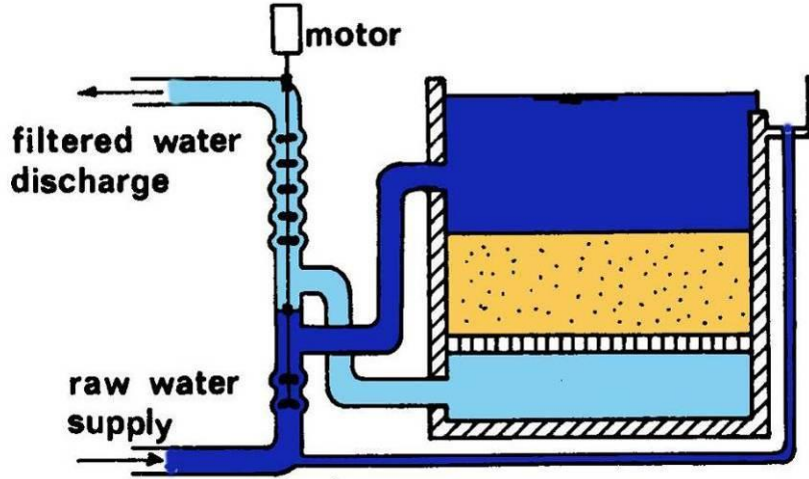
يجب تثبيت منسوب المياه الخام عندما يحدث تغير فى ارتفاع المياه أعلى الوسط الترشيحى مما يتطلب فترة زمنية كافية قبل الدخول على المرشح .

فى حالة معدلات الترشيح العالية تكون هذه الفترة الزمنية قصيرة مما يتطلب ارتفاع منسوب المياه الخام عن الوسط الترشيحى بمسافة كبيرة .

إن البديل (4 - 14 b) نادراً ما يستخدم ولكنه يتميز بوجود بعض المميزات عندما تدخل المياه الخام للمرشح تحت ضغط كبير ومتغير وغنياً عن البيان وأن شكل (4-15)، (4-14) تعرض بعض النماذج التى تبين طرق التحكم فى المرشحات .

وبالنسبة للتفاصيل فيوجد عدد كبير ومتنوع من أساليب التحكم فى المرشحات ومتاح تجارياً وإلى يومنا هذا لاتزال بعض الحلول الجديدة التى تظهر وتتطور بصورة مستمرة .

معظم هذه البدائل قد لاتكون سهلة وبسيطة فى الانشاء كما فى شكل (٤-١٤) ولكن قد يستثنى من ذلك نظام التحكم فى الطلمبات فى شكل (٤-١٦)



حيث يتم تشغيل طلمبات بالمياه العكرة والمياه المرشحة من نفس المحرك الكهربى بينما تحت كل ظروف تشغيل فإن قدرة طلمبات المياه العكرة أكبر من قدرة طلمبات المياه المرشحة وأى زيادة فى كمية المياه الخام يتم صرفها خلال الفايسة لتعود إلى دخول المياه العكرة وهنا يعنى فقدان فى الطاقة ولكن تظل الزيادة فى تكاليف التشغيل يمكن إهمالها وفى شكل (4-15a) يعتمد معدل الترشيح على استهلاك المياه المرشحة ويزداد عندما ينخفض منسوب المياه بالخران وفى قناة الخروج ما يسبب فقدان فى الطاقة فى نهاية فتحة خروج المياه المرشحة من المرشحات ولايوجد أدنى تأثير لتصرف المياه العكرة على معدل الترشيح ولكن فقط تغير منسوب المياه العكرة فوق الوسط الترشيحي .

وفى حالة الرغبة فى العمل بنفس البديل ولكن بمعدل ترشيح يعتمد على تصرف المياه الخام ويجب إضافة جهاز تحكم جديد .

وفى شكل (4-17a) فإن الزيادة فى تصرف المياه الخام يرفع منسوب المياه الخام فى بطارية دخول الفلاتر وبتفتح محبس الفراشة فى ماسورة الخروج بين قناة خروج

المياه المرشحة بالبطارية وبين الخزان مسبباً انخفاض في منسوب المياه في قناة خروج المياه المرشحة مما يزيد من معدل الترشيح .

وبنفس الطريقة السابقة وحتى يتم تحقيق اتزان القدرة وكمية تصرف المياه الخام فإن الحل العكسى يظهر فى شكل (4-15c) عندما يتغير استهلاك المياه المرشحة يتغير منسوب المياه بالخزان ولكن بدون التأثير على معدل الترشيح والذى يعتمد فقط على كمية المياه الخام الواردة ٠٠ وبواسطة جهاز تحكم إضافى كما فى شكل (4-17b) فإن الزيادة فى استهلاك المياه المرشحة تسبب انخفاض فى منسوب المياه بالخزان ويفتح محبس الفراشة على ماسورة دخول المياه الخام إلى قناة دخول المياه الخام لبطارية الفلاتر ، منسوب المياه بقناة دخول المياه الخام عندها سيرتفع منسوب المياه الخام وسيبدأ هدار دخول المياه الخام فى تمرير مزيد من المياه ليرتفع منسوب المياه فى الخزان حتى يتزن مع أستهلاك المياه المرشحة .

وفى حالة ثبات تصرف المياه الخام أو ثبات أستهلاك المياه المرشحة فإن أنظمة التحكم فى هذا الجزء فقط تعمل على ثبات معدل الترشيح ولسوء الحظ فلإن هذا لايمكن يتحقق بصورة كاملة ليظهر فى صورة مما يؤثر فى جودة المياه المنتجة بينما نظام (4-15A) يطبق ومن المعروف بديهيأ أن وزن العوامة وقرص المحبس وذراع التوصيل وأيضاً إجمالى القوى الهيدروليكية المؤثرة على قرص المحبس تعمل كلها لتعاكس قوة الطفو وفى الحقيقة قد يحدث التضاد وهذا الاختلاف قد يحدث بسبب الاختلاف بين ذراع التوصيل والجلبة بصندوق العوامة أو المحبس وعندها قد يزداد استهلاك المياه المرشحة على تصرف المياه العكرة مسبباً انخفاض منسوب المياه العكرة تدريجياً وتتسبب قوى الاحتكاك المذكورة سابقاً لبقاء قرص المحبس فى وضعه الأسمى وعندها ينخفض منسوب العوامة وينخفض أيضاً معدل الترشيح .

وفى هذه الحالة تقوم قوة طفو العوامة تدريجياً بتقليل الفارق حتى تزداد قيمتها على قيمة قوة الاحتكاك المقاومة وعندها تحرك العوامة فجأة لأسفل .

وحركة قرص المحبس لأسفل تعمل على ضبط فتحة المحبس بزيادة مفاجئة لمعدل الترشيح بصورة لا يمكن تفاديها وهذه الظاهرة بظاهرة (hunting) ولها أيضاً عدد من الأسباب تختلف باختلاف قوى الاحتكاك وفى شكل (4-15A) إذا لم يتم ضبط قرص المحبس بطريقة صحيحة تتولد دوامات والتي قد تسبب ترددات (ذبذبات) تزيد وتقلل من معدل الترشيح وكثيراً من أساليب التشغيل الغير مرضية لمحطات المياه بسبب أخطاء يمكن أن نرجعها إلى أجزاء صغيرة كالمذكورة سابقاً .

إن معدل الترشيح يجب أن يتغير مع كميات المياه الخام أو استهلاك المياه المرشحة بالزيادة أو النقصان وتشير الخبرات السابقة أن هذه الأخطاء فى التشغيل لا تؤثر بصورة مباشرة على جودة المياه المنتجة ما دامت نسبة الزيادة أو النقصان فى حدود ٣% فى الدقيقة وفى شكل (A10-4) يتم ذلك أوتوماتيكياً عندما تزداد قدرة طلبات المياه المرشحة بصورة فجائية فإنها تتسبب فقط فى انخفاض منسوب المياه فى الخزان تدريجياً .

متي يخرج المرشح من الخدمة ؟؟؟؟

١. إذا ارتفع منسوب المياه الخام الي أقصى الحدود المسموح بها معلنا انسداد المرشح .
٢. إذا وصل الفقد في الضغط بين المياه أسفل الوسط الترشيحي والمياه اعلى الوسط الترشيحي الي الحد المسموح به قبل أن يصل الضغط اسل الوسط الترشيحي الي القيمة السالبة .

٣. إذا ساءت نتائج المياه المرشحة

٤. إذا قل تصرف المياه المرشحة عن الحد المسموح .

وعندما يصل المرشح الي احد هذه الحالات يتم إخراجہ من الخدمة وغسله .

فما هي إجراءات الغسيل و كمية التصرف الواجبة لغسل المرشح ؟؟

خطوات الغسيل

١. إيقاف دخول المياه العكرة

٢. يتم تخفيض منسوب المياه بالمرشح حتى يصل اعلي الوسط الترشيحي ب ٢٠

سم.

٣. يتم غلق محبس خروج المياه المرشحة ومحبس الصرف .

٤. يتم فتح محبس خروج صرف مياه الغسيل .ثم تبدأ إجراءات الغسيل .

المرحلة	المادة المستخدمة في الغسيل	الهدف	الزمن	السرعة
١	هواء أو ماء	بدء دخول المادة المستخدمة في الغسيل في الاتجاه المعاكس	من ١ الي ٢ دقيقة	٣٠-٦٠ م / س
٢	هواء + ماء	عمل احتكاك لفصل الجزيئات العالقة (scoring)	من ٢ الي ٥ دقائق	٣٠ - ٦٠ م/ساعة
٣	ماء يزداد تصرفه تدريجيا	طرد الهواء من الوسط الترشيحي	١ + ١ + ١ دقيقة	١٠-٢٠-٣٠ م/س
٤	ماء فقط	طرد المواد العالقة	من ٥ الي ١٥ دقيقة	حتى يصل تمدد الوسط الترشيحي الي النسبة المطلوبة
٥	ماء يقل تصرفه تدريجيا	لتعود الجزيئات كل الي مكانة حسب الحجم والكثافة	إجمالي ٤ دقائق	١٠-٢٠-٣٠ م/س

مما سبق نري ان لكل مرحلة من مراحل الغسيل هدف يجب تحقيقه و اهم هذه الاهداف ان يتم تمدد الوسط الترشيحي لانه بدون تمدد الوسط الترشيحي تكون عملية الغسيل ما هي الا عملية ترشيح عكسي فقط .

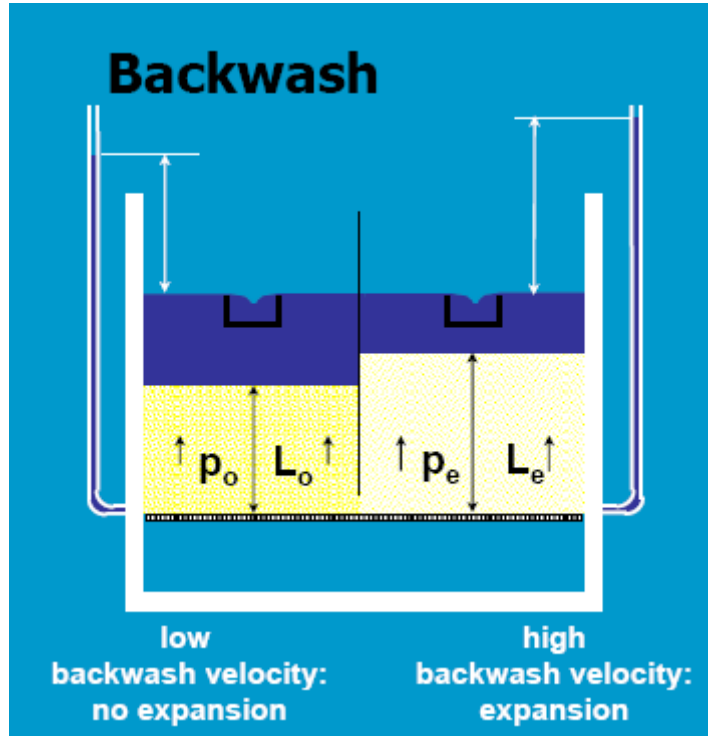
تعتمد نسبة تمدد الوسط الترشيحي اللازمة للغسيل الصحيح على حجم حبيبات الوسط

عندما تكون القطر الفعال ٠.٨ مم تكون نسبة التمدد = ١٥-٢٠%

عندما يكون القطر الفعال ١ مم تكون نسبة التمدد = ١٠%

حيث E هي نسبة تمدد الوسط الترشيحي .

$$E = \frac{L_e - L_0}{L_0}$$



لتحديد تصرف مياه الغسيل الصحيحة التي تحقق هذه النسبة يجب ان نطبق معادلة كارمون كازوني

$$V^{1.2} = \frac{g}{130 * v^{0.8}} * \left[\frac{\rho_f - \rho_w}{\rho_w} \right] * \frac{P_e^3 * d^{1.8}}{(1 - P_e)^{0.8}}$$

$$p_e = \frac{p_0 + E}{1 + E}$$

حيث	
filter bed height during expansion	L_e
filter height during filtration	L_0
porosity during filtration	p_0
porosity during expansion	p_e
bed expansion	E
head loss	H_{max}
water density(kg/m3)	ρ_w
filter media density(kg/m3)	ρ_f
kinematic viscosity	v
velocity (m/hr)	V

و مما سبق نري ان تصرف مياه الغسيل التي تحقق نسبة التمدد المطلوبة لضمان تمدد الوسط الترشيحي تعتمد علي مواصفات الوسط الترشيحي من مسامية وكثافة وحجم فعال وكذلك علي ارتفاع الوسط الترشيحي و لزوجة المياه التي ترتبط بدرجة الحرارة .

ملحوظة هامة ان تصميم منظومة الغسيل باي استخدام الماء والهواء يتطلب المعرفة الكاملة بالوسط الترشيحي المستخدم في المعالجة و قد ذكر في كتب التصميم جداول يمكن الاسترشاد بها مثل الجدول التالي

TABLE 12–6. Typical Water and Air–Scour Flow Rates for Backwater Systems Employing Air Scour³

Water Rate,* gpm/sf (m/h)	Air Rate, scfm/sf (m/h)	Backwash Sequence	Filter Medium
15 (37)	2–3 (37–55)	Air first Water second	Fine sand 0.5 mm ES
15–20 (37–49)	3–4 (55–73)	Air first Water second	Fine dual and multimedia 1.0 mm Es anthracite
10 (24) 25 (61)	4–5 (73–91) 4–5 (73–91)	Air first Air + water on rising level Water third	Coarse dual media 1.5 mm ES anthracite
6–7 (15–17) Same or double rate	3–4 (55–73)	Air + water 1st Simultaneously Water second	Coarse sand 1.0 mm ES
10–12 (24–29) Same or double rate	6–8 (110–146)	Air + water 1st Simultaneously Water second	Coarse sand 2mmES
8–10 (20–24) Same or double rate*	3–5 (55–91)	Air + water 1st Simultaneously Water second	Coarse anthracite 1.5 mm ES

مصدر مياه الغسيل

و يتم غسيل المرشحات بواسطة طلمبات غسيل المرشحات أو بواسطة خزان علوي يوفر الطاقة المطلوبة للغسيل كما يمكن ان يتم غسل المرشح ذاتيا و ذلك من خلال المياه الخارجة من المرشحات الاخرى كما في الشكل .

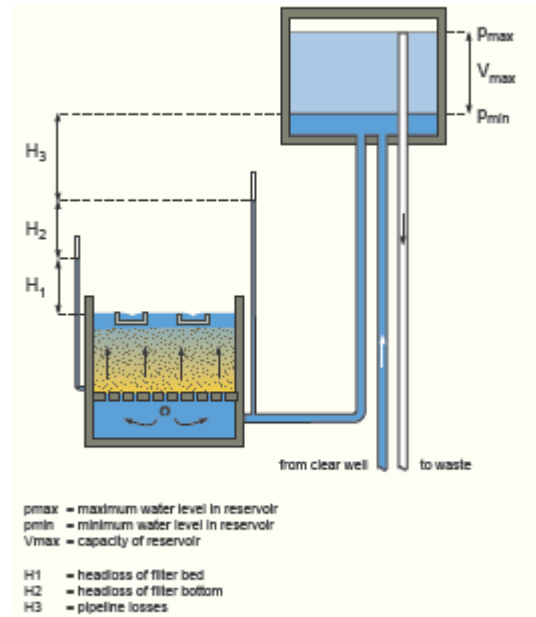


Figure 13- Elevated water reservoir as backwash system

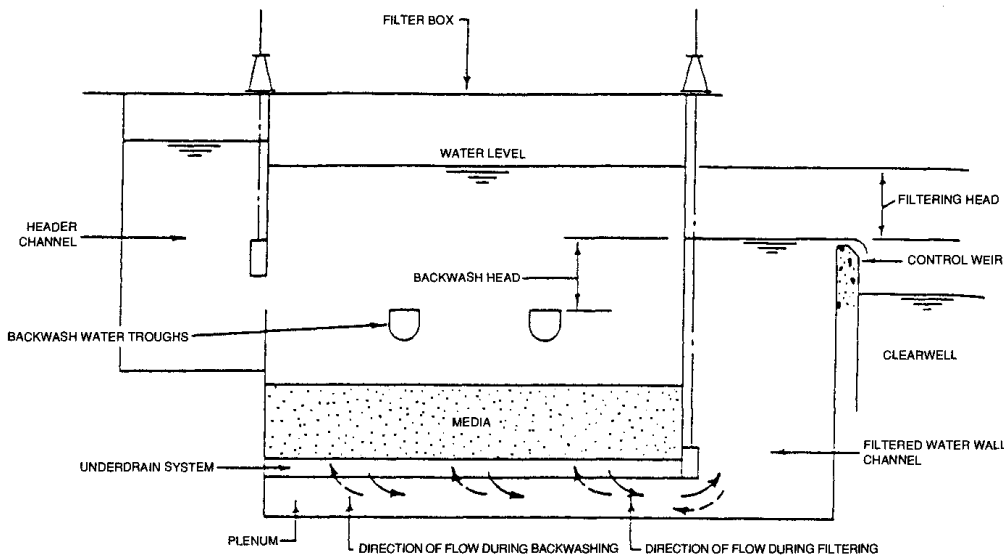


FIGURE 8.6 Self-backwashing filter. (Source: Monk, 1987.)

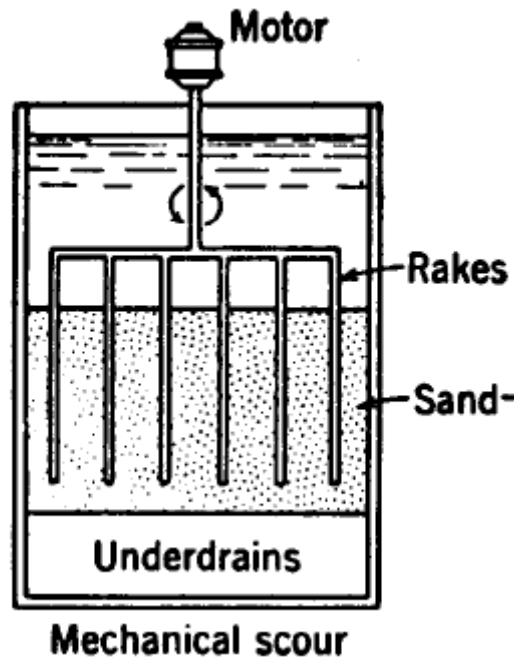
يجب ملاحظة انه عند غسيل المرشح ذم الوسط الترشيحي المزدوج يجب ملاحظة اختلاف نسبة التمدد لكل طبقة من الوسط الترشيحي و يجب ان تحقق كمية تصرف مياه الغسيل كلا النسبتين ولذلك يجب حساب كمية التصرف بدقة و كذلك عند تصميم المرشح اختيار حجم الحبيبات بحيث تحقق هذه الشروط .

صقل (فرك) الوسط الترشيحي media scouring

للحفاظ علي الوسط الترشيحي نظيفا علي المدى البعيد فان غسيل المرشح بالماء فقط لا يكفي و يجب صقل الرمال للتخلص من الشوائب الملتصقة بحبيبات الوسط الترشيحي وكذلك مرادفا لعملية تمدد الوسط الترشيحي , يمكن تحقيق عملية الصقل بواسطة عدة طرق

الطريقة الميكانيكية

بواسطة اعمدة تقليب الوسط الترشيحي وهي الطريقة المستخدمة قديما (اوائل القرن الماضي



و لكن هذه الطريقة كان لها عيوبها اذ ان الميكانيزم المستخدم كان يتطلب طاقة كبيرة و معدات ميكانيكية ضخمة تدار بالسيور او بواسطة التروس الكبيرة وهذه هي امكانيات

المعدات الميكانيكية المستخدمة حينئذ ، ونتيجة لذلك ام تكن هذه الطريقة منتشرة ولم تعد مستخدمة الان .

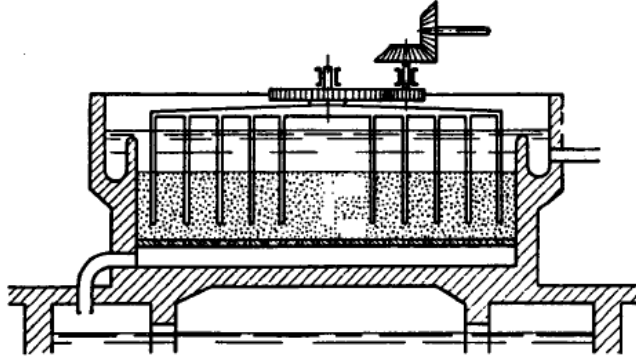
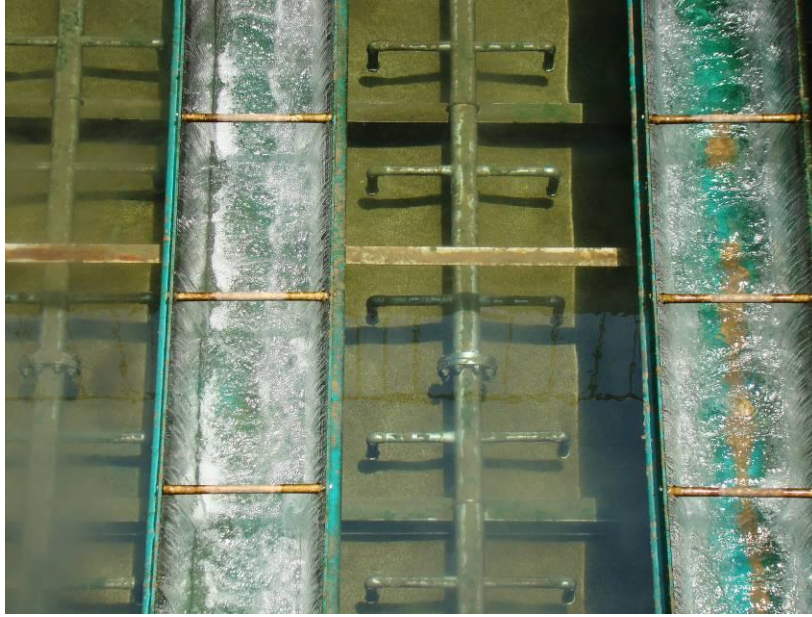
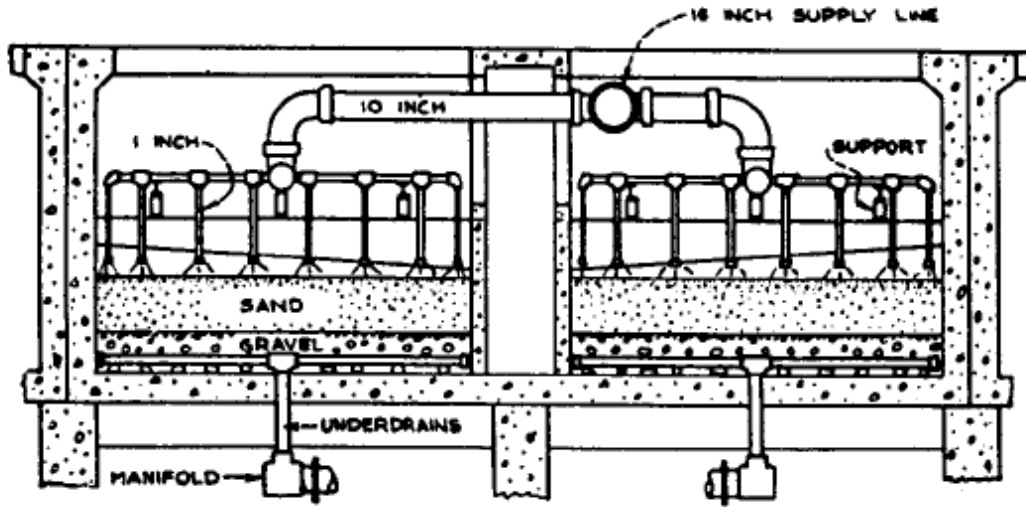


Fig. 3.29 Mechanical rakes for added agitation during backwashing

الطريقة الثانية الغسيل السطحي (surface wash)

و في هذه الطريقة يتم تركيب شبكة مواسير اعلي الوسط الترشيحي بحوالي ١ م يتم تركيب فواني ثابتة او دوارة تبعد عن الوسط الترشيحي بحوالي ١٠ سم تبعد الفواني عن بعضها بمسافة ٠.٥-١ م تقريبا . اثناء عملية الغسيل و تمدد الوسط الترشيحي بحوالي ١٠% تتغطي الفواني بخليط من المياه و الوسط الترشيحي المتمدد وعندها تخرج المياه تحت ضغط عالي من هذه الفواني مكونة تيارا دواميا يقوم بكسر كرات الطين و فصل الشوائب عن حبيبات الوسط الترشيحي .

تصرف شبكة الغسيل السطحي يكون حوالي ١٠-١٨ م^٣/ساعة و ضغط حوالي ١-٢ جوي



سرعة خروج المياه من الفواني حوالي ١٤-٢٠ م / ث و لمدة من ١-٣ دقائق و بعدها يستمر الغسيل العكسي لمدة ٢-٣ دقائق محدثا تممدا للوسط الترشيحي ٢٠-٤٠% للتخلص من الشوائب الناتجة من عملية صقل الرمال .

كما يمكن تركيب ماسورة تدور لتوزع مياه الغسيل السطحي بدلا من تركيب شبكة مواسير كما في الشكل .



الطريقة الثالثة باستخدام الغسيل بالماء والهواء

و هي الطريقة المذكورة أنفا في إجراءات الغسيل , ولكن يجب التاكيد علي ان الغسيل بالهواء يجب ان لا سيت اثناء تمدد الوسط الترشيحي حتي لا يفقد الوسط الترشيحي مع الشوائب الزالة الي هدارات الهروج .



تقييم إجراءات غسيل المرشح

يمكن تقييم عملية غسيل المرشح بثلاثة طرق

- التقييم بصرياً يقوم بذبك المهندس او المشغل
- قياس عكارة مياه صرف المرشح اثناء الغسيل كل دقيقة و رسم منحنى العكارة مع الزمن .
- عمل تجربة قياس المحتوى الطيني للمرشح .

الفحص البصري :

يتم فحص المرشح بالبصر بواسطة المهندس او المشغل و يتم ملاحظة وجود كتل طينية او شروخ بالوسط الترشيحي قبل الغسيل وكذلك بعد الغسيل يدل علي عدم كفاءة الغسيل , كذلك وجود تقعر بالوسط الترشيحي يدل علي حدوث نحر للوسط بواسطة المياه الواردة للمرشح او بسبب عدم توزيع مياه الغسيل بصورة جيدة .

الطريقة الثانية (قياس العكارة)

هي قياس العكارة لمياه صرف المرشح كل دقيقة اثناء الغسيل و رسم منحنى العكارة والزمن و من خلال المنحني يتم ملاحظة ان المنحني ذو القمة المرتفعة و القيم المرتفعة للعكارة و تنخفض فية العكارة بسرعة يدل علي اجراءات غسيل جيدة و العكس بالعكس كما يوضح المنحني التالي .

كثير من المحطات تغسل مرشحاتها حتي يتمكن المشغل من رؤية سطح المرشح بوضوح , الا ان ذلك يقلل من كفاءة المرشح عند بدء الترشيح و ذلك لان حبيبات الوسط الترشيحي تكون مغطاه بطبقة من الندف التي تحسن اداء المرشح و الغسيل لفترات

طويلة يزيل هذه الطبقة مما يسبب سوء نتائج المياه المرشحة لمدة من ١٥ الي ٣٠ دقيقة عند دخول الخدمة بعد العسيل مباشرة . ولذا تنصح الدراسات التي تمت علي المحطات التجريبية والحقيقية كذلك بغسيل المرشح حتي تصل عكارة المياه الخارجة الي (١٠-١٥ وحدة عكارة) لتقليل هذه الدة او منعها تماماً.

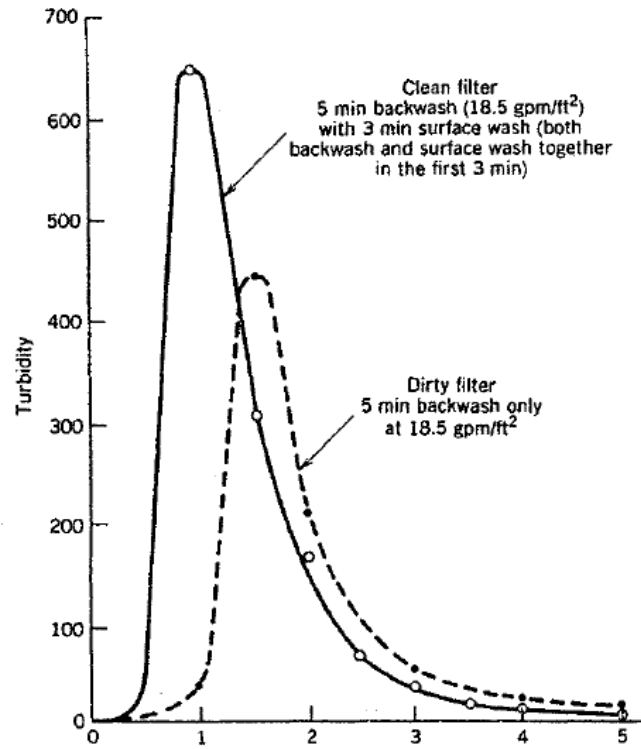


Figure 3.2.7-21 Backwashing waste characteristics (conventional sand filters). (Note: The water level in the filter cell was lowered approximately 6 in. above the top of the filter bed prior to filter washing.)

٤) تجربة المحتوي الطيني (core sampling test)

لتقييم جودة الغسيل او لتقييم حالة الوسط الترشيحي يتم اجراء تجربة رسم منحني تجمع الطين لكل عمق الوسط الترشيحي و خذخ التجربة هامة لأنها تسمح بتحديد حالة الوسط الترشيحي و كذلك رسم توزيع حجمي للوسط الترشيحي .

الاسلوب الفني للاختبار

ليقوم المهندس او المشغل بأجراء هذه التجربة يحتاج الي

- صندوق من الاكياس البلاستيكية الصغيرة (اكياس الساندويتشات) سيتم استخدام ١٢ كيس بلاستيك . لكل نقطة يتم اختبارها حيث سيتم اختبار كل نقطة قبل وبعد الغسيل.
- قلم ماركر ثابت
- ماسورة بلاستيكية كالموضحة بالشكل قطر ١.٥ او ٢ بوصة من المستخدمة في تمرير اسلاك الكهرباء ولا تصلح المواسير ال PVC . الماسورة الموضحة بالشكل لوسط ترشيحي عمقه ١.٢ م .

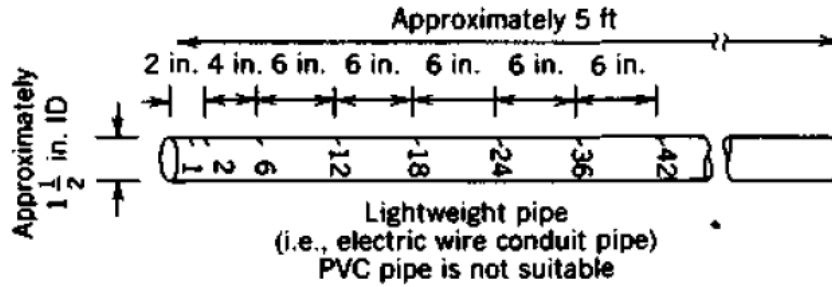


Figure A11-1 Core sampling pipe.

في حالة الاوساط الترشيحية العميقة (١.٨ - ٢.١ م) يتم تقسيم الماسورة الي اجزاء وتوصيل الاجزاء ببعضها.

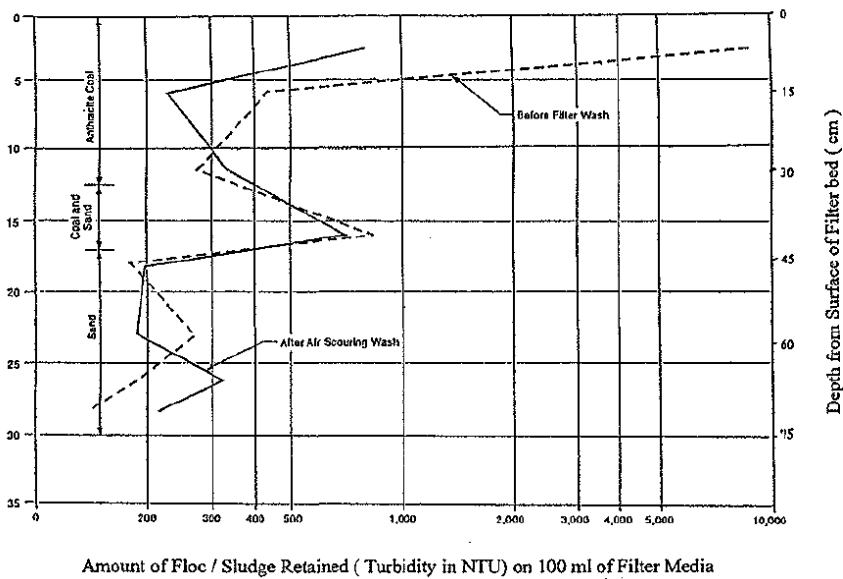
يتم تقسيم الماسورة كما هو موضح .

- يتم خفض منسوب المياه بالمرشح اسفل الوسط الترشيحي قبل اجراء الاختبار .
- يتم تحديد نقاط اجراء الاختبار (النقاط الممثلة للوسط الترشيحي) في سطح المرشح .

- يتم دفع الماسورة برفق داخل الوسط الترشيحي بحركة دورانية حتي يصل العلامة الاولى (١ بوصة) الي سطح المرشح .
- يتم اخراج الماسورة من الوسط الترشيحي بحركة دورانية بحيث نزيد من حجم الحفرة التي تم صنعها بماسورة الاختبار .
- قم بتفريغ العينة الي كيس بلاستيك و قم بوضع رقم كود علي الكيس يوضح مكان و عمق المعينة .
- قم بتكرار الخطوات السابقة بجانب مكان العينة الاولى حتي يمكن الحصول علي ٢٠٠ ملل من العينة .
- قم بدفع الماسورة في نفس مكان الحفرة السابقة حتي تصل لعمق ٢ بوصة بنفس الاسلوب السابق .
- قم بإخراج الماسورة وانت توسع الحفرة كما سبق .
- قم بوضع العينة في كيس بلاستيك و قم بتسجيل العمق علي الكيس .
- لاحظ الا تخدش سطح جوانب الحفرة مما يسبب وقوع بعض الوسط الترشيحي في داخل الحفرة مما يفسد الاختبار .
- قم بتكرار العملية لكل عمق الوسط
- عندما يصبح دفع الماسورة صعبا اذن فقد تم الوصول الي طبقة الزلط .
- عند الوصول الي طبقة الزلط قم بتسجيل عمق الوسط الترشيحي .

خطوات التجربة

- قم بتفرغ ٥٠ ملل من كيس تجميع العينة في خبار مدرج ٥٠ ملل و قم بدكها برفق حتي تتساوى علامة التدرج مع سطح الرمل .
- من المتوقع ان تزن عينة الرمل ٧٢ جم
- قم بنقل العينة من المخبار المدرج الي مخبار ٥٠٠ ملل ذو فوهة واسعة .
- اصف ١٠٠ ملل من مياه الشرب الي المخبار و قم بهزها و رجها راسيا لمدة ٣٠ ث ثم قم بتصفية المياه الي مخبار ١ لتر .
- كرر هذه العملية ٤ مرات اخري الي ان يتجمع لك ٥٠٠ ملل من مياه غسيل العينة .
- قم بقياس العكارة في المخبار المجمع و سجل النتيجة اضرب الناتج في ٢ ليكون لديك العكارة ل ١٠٠ ملل من الوسط الترشيحي .
- قم بتسجيل العكارات و العمق و ارسم المنحني كالموضح .



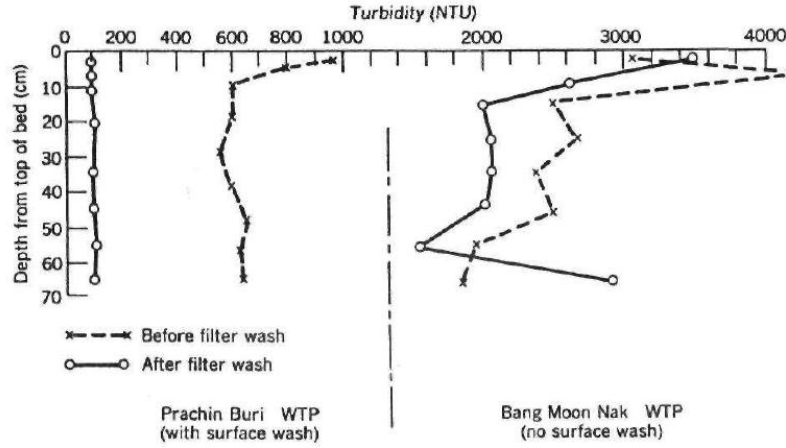
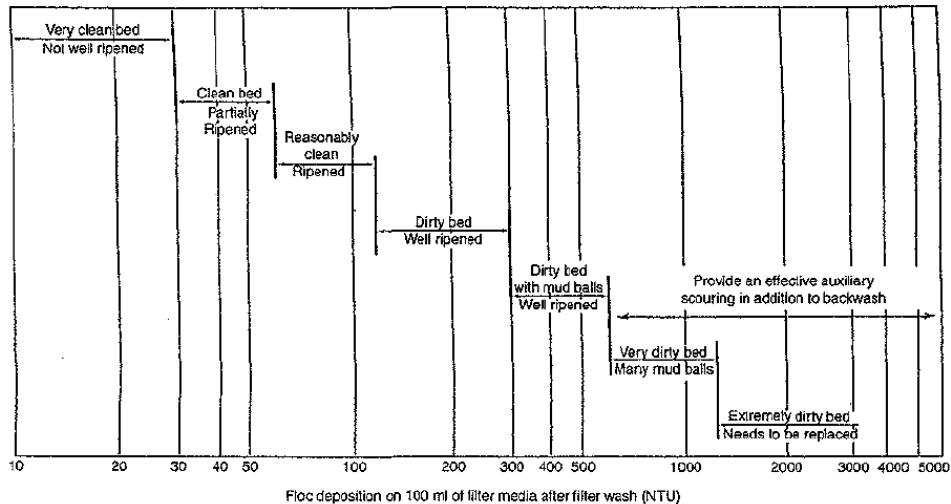


Figure 3.2.7-10 Sludge profile in filter beds. Amount of sludge is shown as turbidity (ntu).

تقييم النتائج

نقلا عن (integrated design and operation of water treatment facilities) ان المرشح الذي يتم قياس عكارة من ٣٠-٦٠ وحدة عكارة في ١٠٠ ملل من الوسط يمكن اعتباره نظيفا و في حالة جيدة , و من ٦٠-١٢٠ وحدة عكارة يمكن اعتباره نظيفا , الوسط الترشيحي الذي تزيد فيه العكارة عن ١٢٠ في ١٠٠ ملل من الوسط هو وسط غير نظيف ويجب مراجعة اجراءات الغسيل الوسط الترشيحي الذي تزيد فيه العكارة عن ٣٠٠ في ١٠٠ ملل من الوسط الترشيحي هو وسط غير نظيف و يحتوي علي كرات من الطين ويجب تغييره و الرسم التالي يوضح هذه التقييمات تبعا للعكارة .



كذلك يجب ان يتم عمل اختبار المناخل لتحديد توزيع الحجم الفعال للوسط الترشيحي

يتم الاختبار بواسطة المناخل المحددة من الهيئة الامريكية لأعمال المياه
(AWWA) و المحددة من الجدول التالي

TABLE AIM	U.S. Standard Sieves		
U.S. Standard Sieve Series No.	Sieve Opening		Sieve Wire Diameter (in.)
	mm	(in.)	
4	4.76	0.187	0.050
5	4.00	0.157	0.044
6	3.36	0.132	0.040
7	2.83	0.111	0.036
8	2.38	0.0937	0.0331
10	2.00	0.0787	0.0299
12	1.68	0.0661	0.0272
14	1.41	0.0555	0.0240
16	1.19	0.0469	0.0213
18	1.00	0.0394	0.0189
20	0.84	0.0331	0.0165
25	0.71	0.0280	0.0146
30	0.59	0.0232	0.0130
35	0.50	0.0197	0.0114
40	0.42	0.0165	0.0098
45	0.35	0.0138	0.0087
50	0.297	0.0117	0.0074
60	0.250	0.0098	0.0064
70	0.210	0.0083	0.0055
80	0.177	0.0070	0.0047
100	0.149	0.0059	0.0040
120	0.125	0.0049	0.0034
140	0.105	0.0041	0.0029
170	0.088	0.0035	0.0025
200	0.074	0.0029	0.0021
230	0.062	0.0024	0.0018
270	0.053	0.0021	0.0016
325	0.044	0.0017	0.0014

من اهم المواصفات التي يتم مراجعتها

الحجم الفعال للوسط الترشيحي في ال ٥ سم العلوية للوسط الترشيحي .

توزيع الحجم الفعال خلال كامل الوسط الترشيحي

في حالة وجود أكثر من وسط ترشيحي يتم مراجعة منطقة التداخل بين الوسطين .

من المفروض ان يكون الحجم الفعال للطبقة العلوية للوسط الترشيحي (٥ سم) لا يقل عن ٩٠% من الحجم الفعال التصميمي للوسط الترشيحي لو كان الحجم الفعال المقاس بالتجربة لهذه الطبقة يقل عن ٨٠ % من الحجم الفعال التصميمي يجب ازالة هذه الطبقة للحفاظ علي مدة تشغيل المرشح .

كما يجب مراجعة توزيع الحجم الفعال علي عمق الوسط الترشيحي , يجب ان يكون الحجم الفعال و معامل الانتظام في ال ١٥ سم العليا من الوسط متساويا و اذا كان الحجم الفعال المقاس يزداد تدريجيا كلما زاد العمق فهذا يعني احتمال حدوث اختراق للوسط الترشيحي . للتغلب علي هذه المشكلة او تجنبها يجب ان يتم التأكد من ان معامل الانتظام للوسط في حدود ١.٣ .

قاع المرشح

منظومة قاع المرشح (under drain systems)

- إن لإنشاء منظومة قاع المرشح هدفان رئيسيان أولهما وهو الأهم : توزيع مياه الغسيل بصورة منتظمة علي كل مساحة المرشح بدون التأثير علي انتظام توزيع الوسط الترشيحي .
 - الهدف الثاني هو تجميع المياه المرشحة بصورة منتظمة من كامل مساحة المرشح
- ان هناك العديد من الأشكال المختلفة المستخدمة لإنشاء منظومة قاع المرشح سواء للمرشحات الرملية العادية او مرشحات الضغط .
- كل الأنواع المختلفة استطاعت تحقيق التوزيع المنتظم لمياه الغسيل بواسطة التحكم في الفقد في الضغط , فقد في الضغط في حدود ١-٥ م من الماء كاف لتحقيق التوزيع المنتظم . ان الفقد في الضغط داخل الثقوب يجب ان تتجاوز الفقد في الضغط في المسورة الرئيسية و الفروع لتحقيق التوزيع المنتظم .
- يختلف شكل ونوع قاع المرشح تبعاً لطريقة الغسيل المتبعة وما اذا كان سيتم إضافة طبقة من الزلط اعلي قاع المرشح ام لا .
- وعندها تضاف مهمة أخرى لقاع المرشح الا وهي حمل الوسط الترشيحي و منعه من السقوط مع المياه المرشحة .

يوجد ثلاث فئات لتصميم قاع المرشح

١. قاع المرشح الزائف
٢. قاع المرشح المحمول علي الأرضية
٣. المواسير الجانبية

اولاً : فئة المرشح ذو القاع الزائف

وتنقسم هذه الفئة الي أربعة أنواع :-

١. القاع ذو المصافي strainer type (الفواني كما يطلق عليها)
٢. القاع ذو فواني من النوع K (K type nozzles)

٣. قاع هويلر (wheeler type)

٤. الألواح المتقبة .

و كلا النوعين الأول والثاني يشبهان بعضهما البعض في كون الفواني او المصافي يتم تركيبها في القاع الزائف و تتجمع المياه المرشحة في المطاقة الفاصلة بين القاع الزائف والحقيقي وايضا تخرج مياه الغسيل الي الوسط الترشيحي من القاع الزائف من خلال المصافي او الفواني .

يتم استخدام الغسيل بالماء والهواء بنجاح مع هذا النوع من المرشحات ويتم توزيع الهواء بواسطة ثقوب في المجري الفاصل بين نصفي المرشح أو من خلال مواسير توزيع للهواء أسفل القاع الزائف .



مواسير توزيع الهواء اسفل قاع المرشح ١

تتميز الفواني بقدرتها العالية علي توزيع مياه الغسيل و هواء الصقل او هواء الغسيل بانتظام الي كامل الوسط الترشيحي .ويكمن الاختلاف بين النوعين الأول والثاني في شكل الجدران الحاملة للبلاطات المركب عليها المصافي او الفواني و هو الشكل الذي يساعد علي توزيع الهواء بانتظام علي كامل مساحة المرشح . , كما تختلف المصافي و الفواني في الحجم حيث تتميز الفواني بكبر الحجم و القدرة علي مقاومة الأحمال و الضغط . بعكس المصافي التي تتميز بصغر الحجم كما يتضح من الصور .



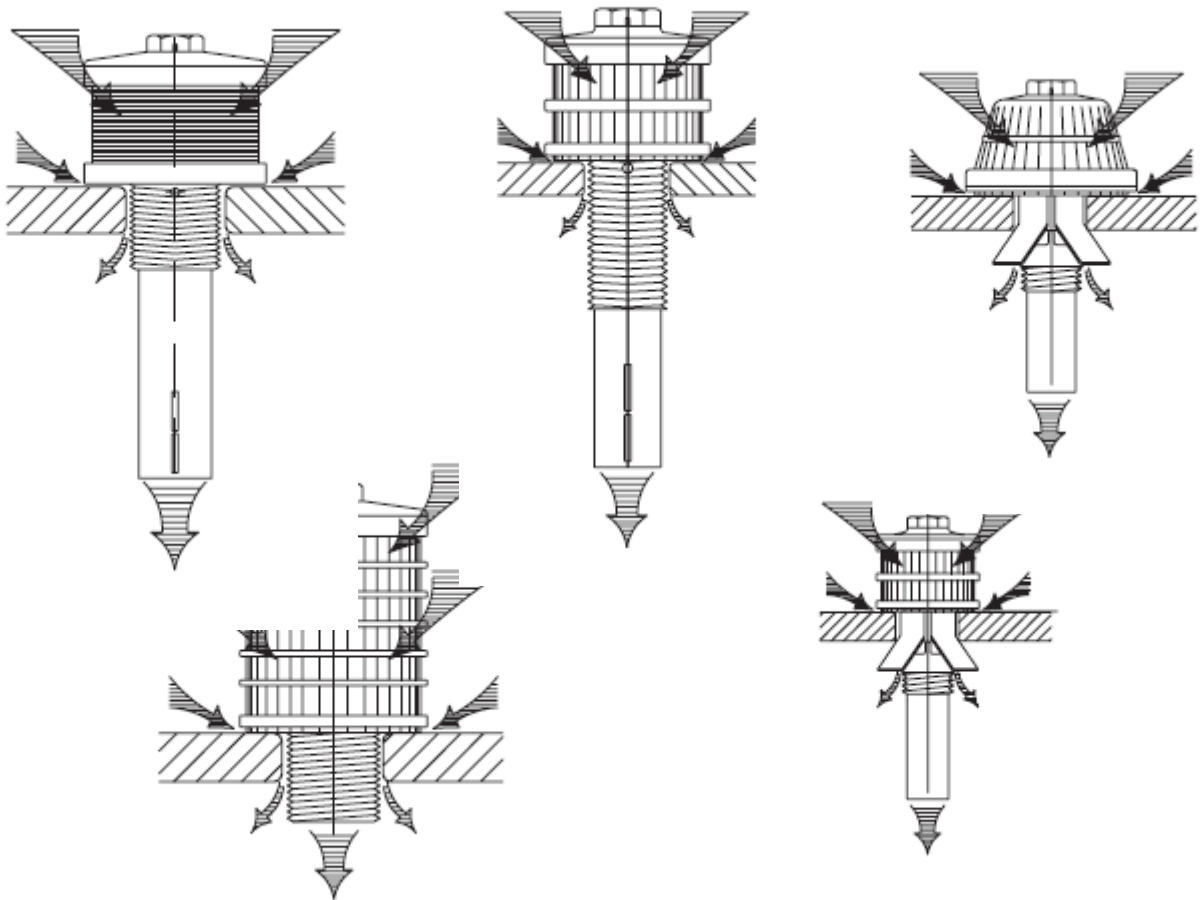
type K nozzle

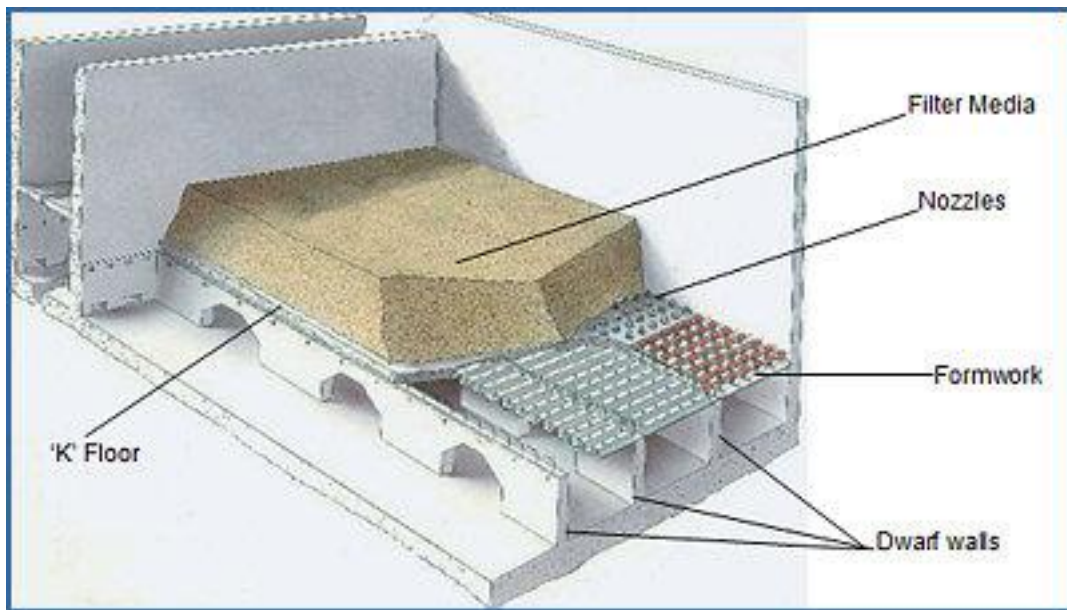
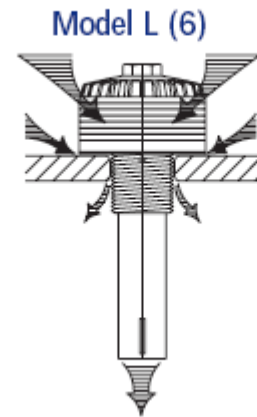
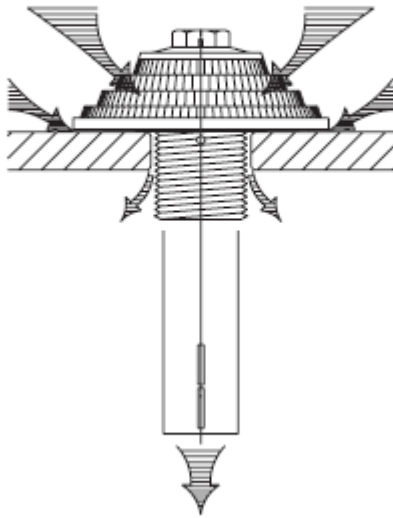


انواع مختلفة من المصافي ١



الفرق في الحجم بين المصافي و الفواني ١





شكل قاع المرشح ذو الالفواني k



قاع المرشح ذو المصافي



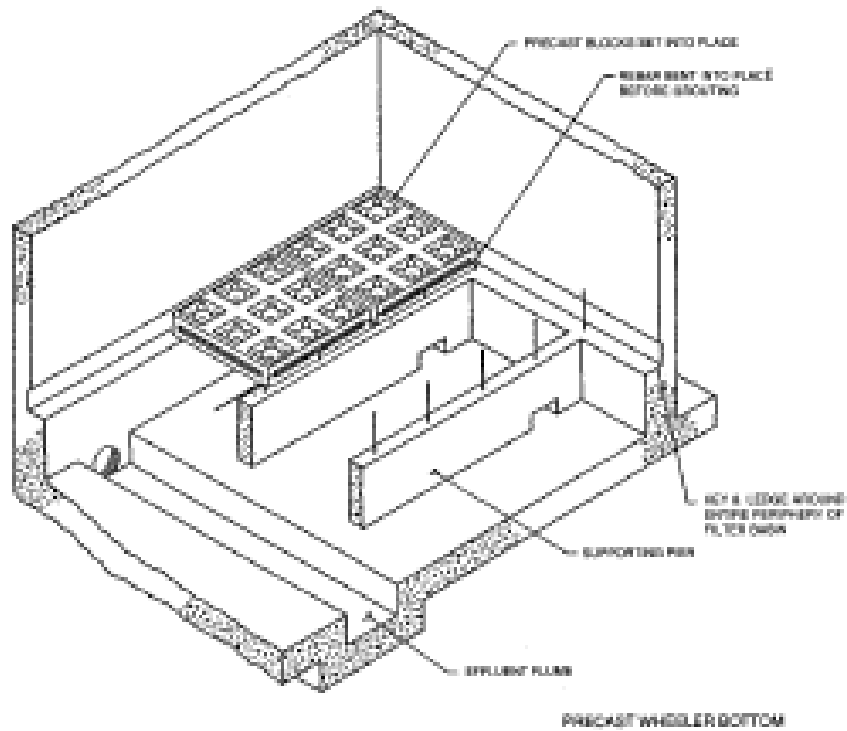
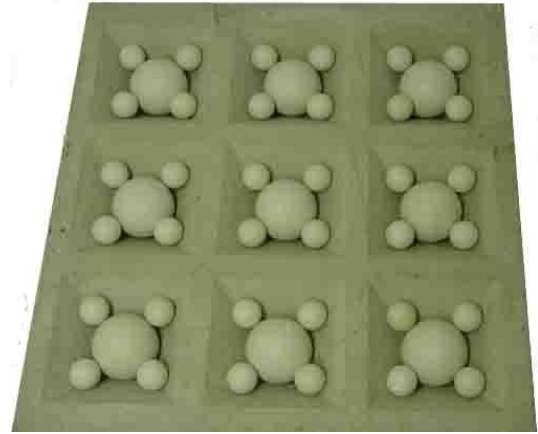
المرشح من الداخل 1



نظام توزيع مياه الغسيل و خروج المرشحة 1

النوع الثالث قاع هويلر (wheeler type)

وفي هذا النوع يشكل القاع مجموعة من الأهرام المقلوبة والتي توضع بها كرات من البورسلين و يوضع اعلي هذه الكرات طبقات من الزلط كطبقة حاملة للوسط الترشيحي و هذا النوع ليس منتشرنا نظرا لصعوبة التركيب و الإنشاء .



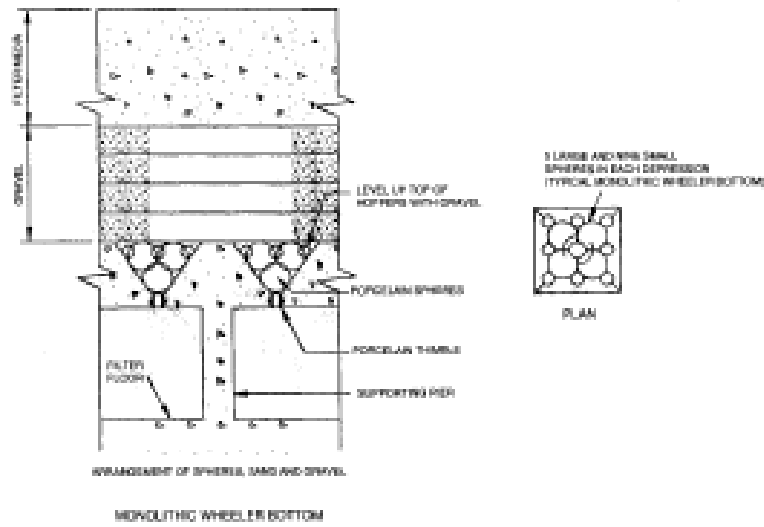


FIGURE 8.14 Concrete wheelbar bottom with gravel support. (Source: Roberts Water Technologies, Inc.)



النوع الرابع : الألواح المثقبة

و في هذا النوع يتكون قاع المرشح من الواح من أكسيد الألومنيوم المثقبة ليستطيع حمل الوسط الترشيحي و في نفس الوقت يقوم بتوزيع مياه الغسيل و الهواء بانتظام و لكن هذا النوع لم ينتشر نظرا لاحتمال انسداد الشوائب المتسربة من الوسط الترشيحي او الندف الصغيرة التي لم يتم إزالتها .

الفئة الثانية : قاع المرشح المحمول على الأرضية (floor mounted)

و من هذه الفئة يوجد نوعان الاول :

M block

و في هذا النوع توضع البلوكات الخرسانية مباشرة علي قاع المرشح وتقوم البلوكات الخرسانية بتجميع المياه المرشحة من خلال الثقوب الموجودة في جوانب البلوكات و يتم توزيع مياه الغسيل بنفس الطريقة بينما يتم توزيع الهواء من خلال مواسير مثقبة تمر أسفل البلوكات كما توضح الصور .

هذا النوع من المرشحات يجب إضافة طبقة حاملة من الزلط تعلي البوكات لمنع تسرب الرمال الي أسفل البلوكات . و هذه احدي النقاط الهامة في التركيب والتي قد تكون أيضا نقطة ضعف في حالة إهمال وضع الطبقة الحاملة بصورة جيدة .



1 M block



مواسير توزيع الهواء 1

Tetra block

و في هذا النوع تصنع البلوكات من البلاستيك او البولي بروبيلين و تحتوي البلوكات علي ثقوب من الاعلي و تقوم هذه الثقوب بتجميع المياه المرشحة من كامل المرشح . يتم استخدام الغسيل بالمياه والهواء مع هذا النوع من المرشحات حيث تقوم البلوكات بتوزيع مياه الغسيل بانتظام علي الوسط الترشيحي من خلال الثقوب المذكورة سابقا , يتم وضع طبقة حاملة من الزلط لمنع تسرب الوسط الترشيحي الي داخل البلوكات او يتم إضافة لوح من البلاستيك يحتوي علي ثقوب دقيقة تمنع تسرب الوسط الترشيحي أسفل البلوكات كما يوضح الشكل .



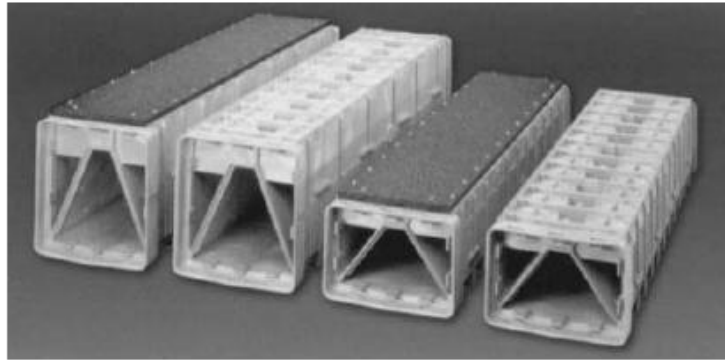
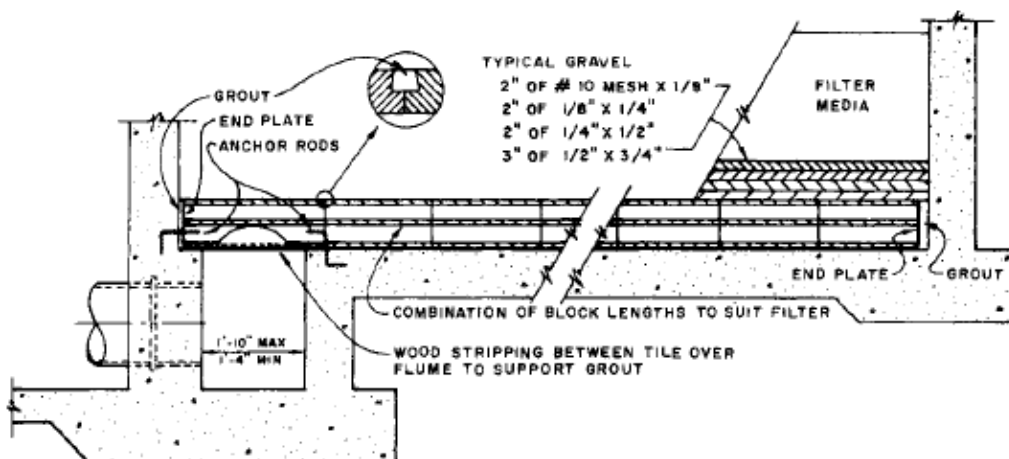


Fig. 12-10. Leopold Type S Technology Underdrain can be used for air-scour backwash with a porous-plate or gravel underdrain (Courtesy of The F. B. Leopold Company Inc.)



المرشح ذو البلوكات البلاستيكية ١

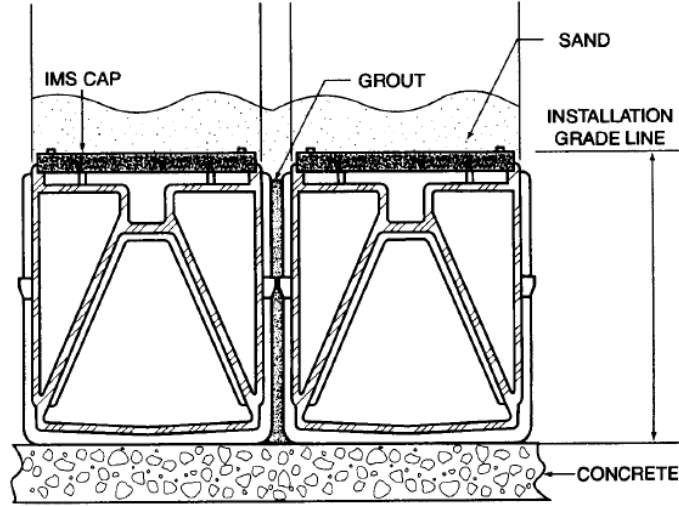
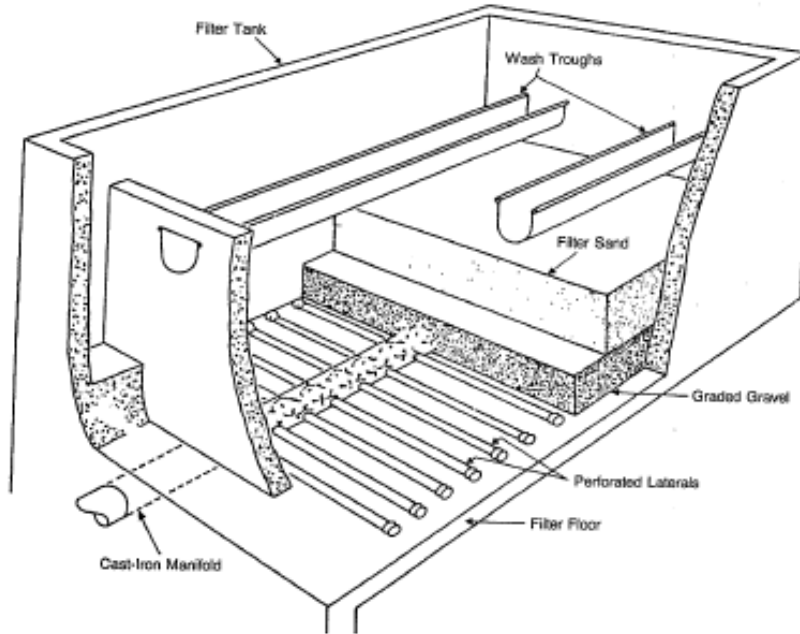


FIGURE 8.15 Integral media support (IMS) cap designed for use without support gravel. (Source: F. B. Leopold Co., Inc.)

الفئة الأخيرة هي :
المواسير المثقبة الجانبية



وفي هذا النوع يتم تركيب شبكة مواسير مثقبة داخل المرشح و تغطيتها بواسطة طبقة حاملة من الزلط لمنع تسرب الوسط الترشيحي الي داخل المواسير .
تقوم المواسير بتجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل كما يمكن استخدام شبكة اخري لتوزيع الهواء في حالة استخدام الغسيل بواسطة الماء والهواء .

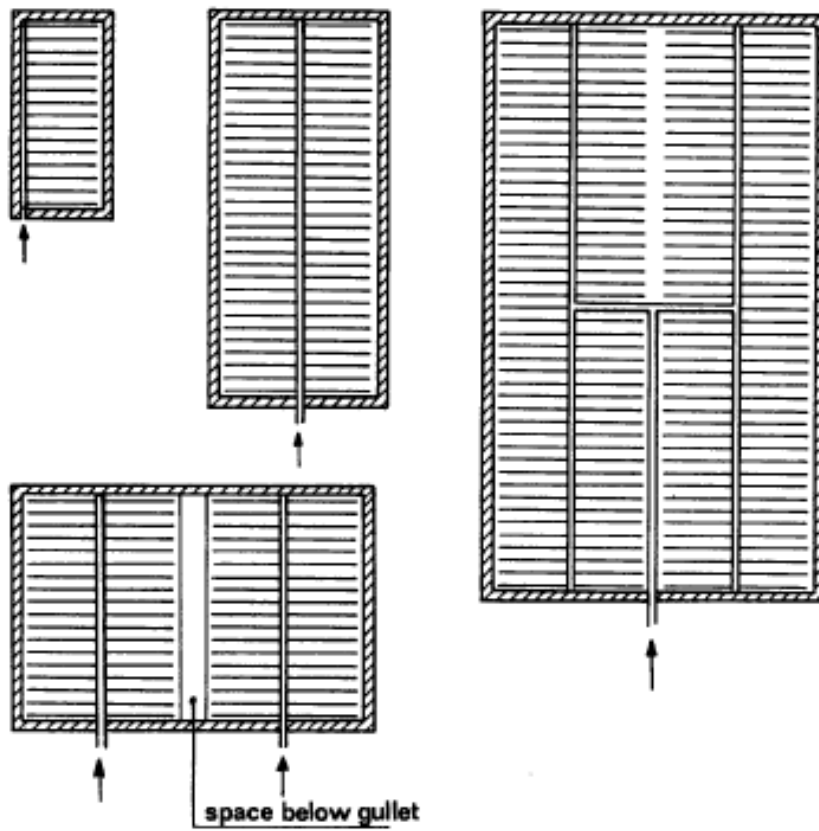


Fig. 4.23 Common arrangements of perforated pipe underdrains

الخلاصة :

- ❖ ان الانواع المختلفة من قاع المرشحات تهدف جميعها بالدرجة الاولى الي توزيع مياه الغسيل بانتظام وتوزيع الهواء ان استخدم
- ❖ للحصول علي التوزيع المنتظم للهواء و الماء الي كامل المرشح يتم عمل مقاومة لدخول المياه او الهواء بواسطة الثقوب الدقيقة او الطبقة الحاملة الكبيرة التي تقاوم دخول المياه و توزع الهواء و المياه بانتظام او باستخدام قاع المرشح المصمم ليوزع الهواء كما في المرشح ذو الفواني .
- ❖ الاهتمام البالغ من المصممين بقاع المرشح يوضح اهمية هذا الجزء في عملية المعالجة وهو الامر الذي يتطلب اهتماما اكبر من المنفذين للمحطات و كذلك من المشغلين لصيانة و الحفاظ علي سلامة توزيع مياه الغسيل .
- ❖ يتم اختيار نوع قاع المرشح تبعا لنوع الغسيل المستخدم (ماء فقط او ماء + هواء)
- ❖ و تبعا لخبرة المشغلين
- ❖ التمويل المتاح
- ❖ نوع المعالجة المستخدمة .
- فمثلا المرشحات المستخدمة في عمليات ازالة الحديد والمنجنيز لا يصلح استخدام البلاطات المثقبة لاحتمال انسداد الثقوب بواسطة ندف الحديد والمنجنيز .

المواصفات الواجب توافرها في نظام شبكات مياه الغسيل للمرشحات الرملية السريعة (نظام المواسير المثقبة)

في هذا النظام تعمل شبكة المواسير المثقبة علي تجميع المياه المرشحة وكذلك علي توزيع مياه الغسيل , وتمر المياه من خلال ماسورة رئيسية الي عدد من المواسير الفرعية في شكل شجري تحتوي المواسير الفرعية علي ثقوب لاسفل اما راسيا او بزاوية (٣٠ - ٤٥) علي الاتجاه الراسي وفي كلا الحالتين فان الطاقة الحركية لمياه الغسيل تتبدد عند الاصطدام بالحصى المجاور للمواسير الفرعية .

ان الزلط المجاور للمواسير الفرعية يجب أن يوزع بشكل جيد حتي لا يسد الثقوب الخاصة بمياه الغسيل .

يجب أن يكون لشبكة التوزيع مقاومة لضمان توزيع المياه بطريقة متساوية لكل أرجاء المرشح ,وفي الحالات العملية فان هذه المقاومة تتراوح من ١ الي ٤ م

ويتحقق ذلك بواسطة من ٢٥ إلى ٧٥ ثقب في المتر المربع قطر الثقب من ٦ الي ١٥ مم .

يصنع الماسورة الرئيسية من حديد الزهر أو الخرسانة أو من البلاستيك وهي عادة ذات مساحة مقطع كبيرة وكذلك يجب مراعاة أن يكون مساحة مقطع المواسير الفرعية تكفي كميات مياه الغسيل ويجب أن يكون سمك المواسير قوي بدرجة كافية ليتحمل وزن الوسط الترشحي و ليتحمل أيضا التغير المفاجئ لضغط مياه الغسيل

القطر الداخلي للمواسير الفرعية يتراوح من ٥ إلى ١٢ سم , المسافات بين المواسير الفرعية تتراوح من ١٥ إلى ٣٠ سم , بينما الثقوب في المواسير الفرعية ذات أقطار تتراوح من ٦ إلى ١٥ مم و المسافات البينية تتراوح من ١٠ الي ٢٥ سم علي طول الماسورة ويجب ألا ننسى انه بمجرد الانتهاء من التركيب فانه من الصعب إجراء الصيانة

والتعديل لذا يجب الاهتمام الشديد بالتصميم والتركييب وان يصنع من مادة مقاومة للصدأ والتآكل .

إن النظام الخاص بمياه الغسيل ليس فقط هو الماسورة الرئيسية والمواسير الفرعية بل إن هناك نظام مكون من الزلط الداعم لمنظومة الغسيل يجب وضعة ليمنع الوسط الترشيحي من الدخول إلى منظومة مياه الغسيل وسدها وكذلك يعمل علي انتظام توزيع مياه الغسيل الخارج من عدد محدود من الثقوب .

لذا يجب اختيار الحجم والعمق الخاص بالزلط يجب اختياره ليحقق الهدف منه وكذلك لكيلا تتأثر باندفاع مياه الغسيل ,ولكي يتحقق هذا الهدف يجب أن تتكون الطبقة الداعمة لمنظومة الغسيل من عدد من الطبقات الناعمة بالأعلى والخشبة بالأسفل وكل طبقة تتكون من حبيبات موزعة تدريجيا بحسب القطر من ١٠% إلى ٩٠ % بحيث لا تتعدي معامل ١.٤١.

الزلط الموجود بالطبقة العليا يجب أن يكون من ناحية ناعما بدرجة انه يمنع الوسط الترشيحي من التسلل إلى الطبقات الأسفل من الزلط وسد المسام البينية ومن الناحية الأخرى يجب أن يكون خشنا لدرجة إلا تسمح له بالتمدد أثناء الغسيل .ولذلك يجب أن يكون الزلط في هذه الطبقة منتظما ويكون الحجم الأدنى له مساو ل ٤ - ٤.٥ من الحجم الفعال للوسط الترشيحي بل انه من الأفضل ان لا يتجاوز الحجم الأقصى للزلط هذه النسبة .

ومن طبقة لأخرى يزداد حجم الزلط بنسبة لا تزيد عن ٤ بين الحجم الأقصى للزلط الموجود في الطبقة السفلي والحجم الأدنى للزلط الموجود في الطبقة العليا .

الزلط في الطبقة السفلي الأخيرة يجب أن يكون خشنا بحيث لا يتحرك تحت تأثير المياه المندفعة للغسيل وكذلك لا يسد فتحات دخول المياه , إن الزلط بحجم من ٣٠ إلى ٦٠ مم بحيث يساوي ٣ أمثال قطر فتحات خروج المياه, يمكن ان يحقق كلا الشرطين .

سمك كل طبقة من طبقات الزلط يجب أن تزيد عن ٧ سم وتزيد عن ثلاث أمثال الحجم الأقصى للزلط .

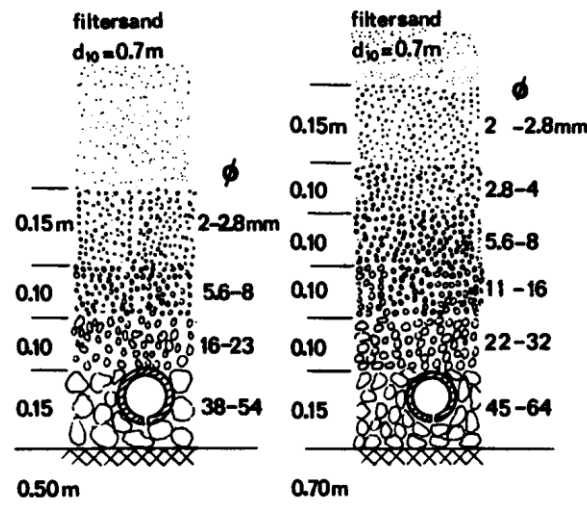


Fig. 4.24 Composition of gravel layers in rapid filters

النموذج الموضح إلى اليسار يوضح شكل الطبقات الزلط في حالة عدد كبير من الثقوب في المواسير الفرعية , الشكل الآخر في حالة المسافات البينية بين الثقوب كبيرة و بالتالي يقوم الزلط بالمساعدة في توزيع مياه الغسيل .

الزلط المستخدم للمرشحات السريعة يجب أن يتكون من حبيبات مستديرة صلبة ذات وزن نوعي لا يقل عن ٢.٥ ويجب غسله بدقة حتى لا يحتوي علي أي طمي أو ملوثات او قاذورات . ولا يجب أن يحتوي علي أكثر من ٢% من وزنة من الحبيبات الرفيعة أو المسطحة ولا يجب أن يفقد أكثر من ٥% من وزنة عند غمرة في حمض مركز دافئ ,

يجب تعبئة الزلط بحرص والتقاط الحبيبات الزلطية الكبيرة من كل طبقة يدويا لضمان استقرار عملية الغسيل و حتى لا يحدث انزلاق للزلط و تسرب للرمل لاستقل فيسد منظومة الغسيل

عندما يكون من المتوقع أن الغسيل بالمياه فقط لن يكون كافياً للحفاظ علي الوسط الترشيحي نظيفاً يتم إضافة منظومة غسيل بالهواء .

من أيسر الطرق لإضافة منظومة الهواء هو توصيلها علي منظومة مياه الغسيل الموجودة مع إضافة فتحات للهواء لأعلي .

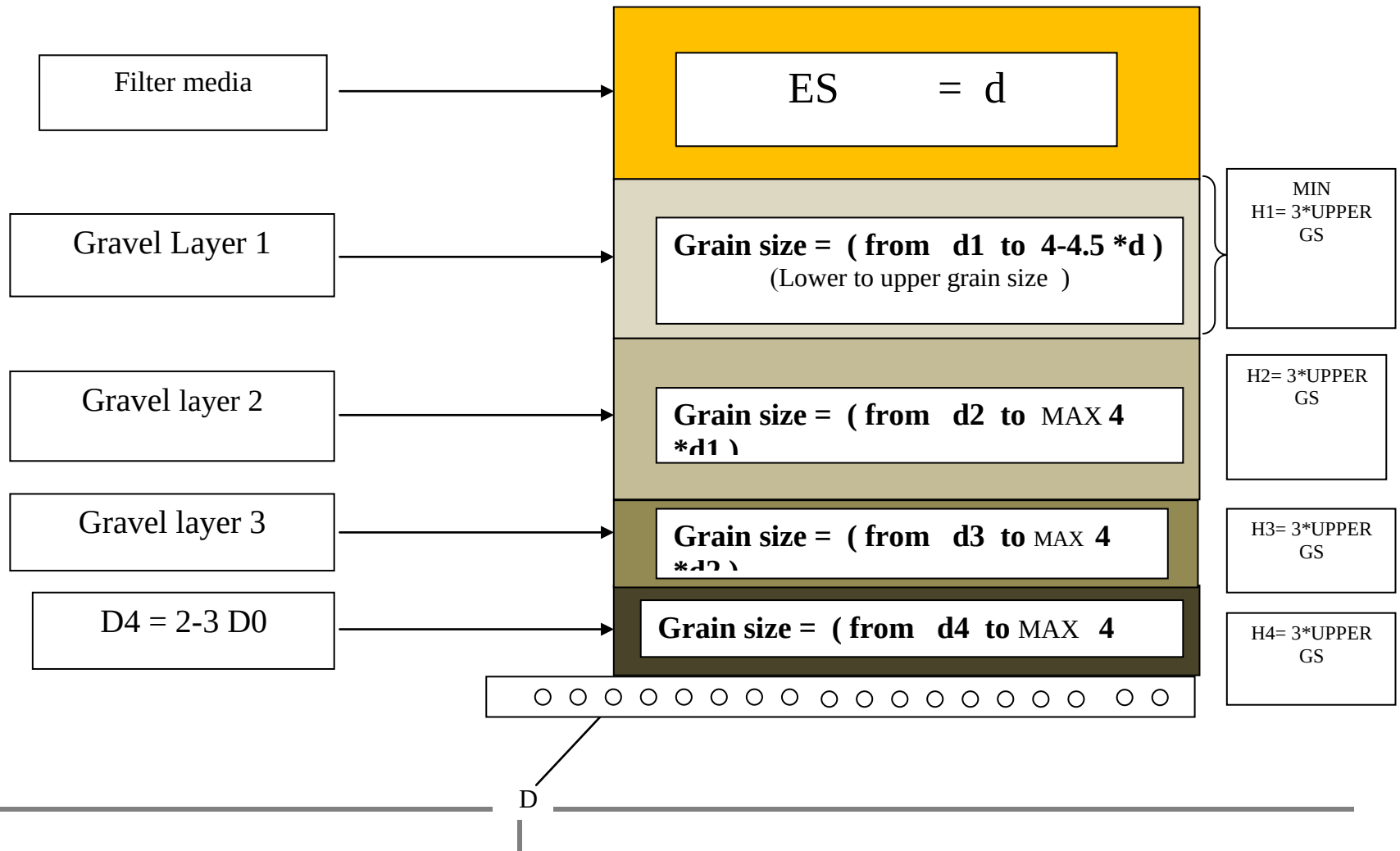
عند الغسيل بالمياه والهواء معا فان من الأفضل للحصول غلي توزيع متساوي من الهواء والمياه وذلك من خلال إضافة منظومة لهواء الغسيل منفصلة عن منظومة المياه مما يسمح بوجود عدد اكبر من فتحات دخول الهواء (٥٠ - ١٠٠) للمتر المربع . لتصميم هذا النظام نتبع نفس الشروط السابقة معدل تصرف هواء الغسيل مساو لتصرف المياه ويتراوح بين (١٠ * ٣-١٠ إلى ٢٠ * ٣-١٠) م/ث السرعات في شبكة الهواء اكبر بكثير من المسموح بها في شبكة المياه مما يسمح باستخدام أقطار اصغر (١٥ - ٢٥ مم) وفتحات خروج الهواء اصغر بكثير ليست اكبر من (١-٢ مم) وعادة ما بصنع منظومة الهواء من البلاستيك أو النحاس .

ونظرا لاختلاف الكثافة بين الهواء والمياه المحيطة يجب ان يكون منسوب فتحات الهواء في مستوي واحد لضمان توزيع متساوي للهواء.

ومن الأفضل أن توضع منظومة الهواء مباشرة علي منظومة المياه الموجودة مما يضمن أن تحاط بنفس الزلط المحيط بمنظومة المياه (٢٠ - ٣٠) مم مما يقلل من خطر تحرك الوسط المحيط بمنظومة الهواء نتيجة اندفاع الهواء .

و في فترات عدم استخدام منظومة الهواء قد يؤدي دخول المياه إلى منظومة الهواء إلى تواجد الشوائب التي يسد فتحات الهواء أو البكتيريا التي قد تنمو في منظومة الهواء ولذا قد يكون الكلورة احد الحلول لمنع البكتيريا أو الحفاظ علي الضغط هواء ثابت داخل منظومة الهواء لمنع دخول المياه إليها .

ختاما يمكن القول أن شبكات الغسيل (المواسير المثقبة) هي أكثر الحلول انتشارا وهي تعطي نتائج ممتازة إذا أحسن تصميمها لذلك فهي الأكثر استخداما وخاصة في الدول النامية حيث يمكن تصنيعها محليا وبأدوات محلية ولكن كقاعدة مطلقة يجب أن يكون المهندس المصمم متمكنا في الهيدروليكا حتى لا يقع في الأخطاء الشائعة والتي حدثت في الماضي .



مشاكل المرشحات

علي الرغم من بساطة عملية الترشيح إلا أن كثير من المشكلات قد تحدث و منها

في حالة عدم انتظام الوسط الترشيحي يتم توزيع و تقسيم الحبيبات خلال عملية الغسيل فتكون الحبيبات الصغر و الأقل وزنا بالطبقة العليا للمرشح و تبقى الحبيبات الكبيرة ذات الوزن الأكبر بالطبقة السفلى للمرشح وهو مما يسبب سرعة انسداد المرشح نتيجة انسداد الطبقة العليا فقط .

في حالة عدم الغسيل الجيد وقلة تصرف مياه الغسيل لا يحدث تمدد للوسط الترشيحي وبالتالي لا يتم إزالة كل الشوائب من الوسط الترشيحي وبالتالي تقصر فترة تشغيل المرشح وبالتالي تزداد كميات مياه الغسيل المفقودة .

في حالة عدم انتظام توزيع مياه الغسيل نتيجة سوء تصميم أو انسداد الفواني بقاع المرشح لا يتم غسيل كل الوسط الترشيحي مما يسبب تكون الكتل الطينية التي تسبب أيضا حدوث شروخ بالوسط الترشيحي و سوء نتائج المياه المرشحة .





Figure 17 - Nozzle



Figure 20 - Result of a poorly designed filter bottom

بسبب عدم انتظام هدارات دخول المياه العكرة يمكن أن تتسبب في دخول معظم المياه من مكان معين وبذلك يعمل جزء من الوسط الترشيحي فقط وبالتالي تزداد معدلات الترشيح وتسوء نتائج المياه المرشحة .

وبسبب عدم انتظام هدارات خروج مياه الغسيل تخرج مياه الغسيل كلها من مكان واحد وبالتالي يتم غسيل جزء من الوسط الترشيحي فقط و تترسب الشوائب في باقي الوسط , وهو ما يؤدي الي تكون البكتريا والطحالب وسوء نتائج المياه المرشحة ثم حدوث شروخ بالوسط الترشيحي .

وبسبب سوء التشغيل قد يتعرض سطح الوسط الترشيحي الي الهواء لانخفاض منسوب المياه اعلي المرشح بعد الغسيل مم يسبب وجود فقاعات هواء داخل الوسط الترشيحي مما يسبب سرعة الانسداد و من ناحية أخرى تقوم المياه المندفعة الي سطح والوسط الترشيحي بحفر سطح الوسط والخروج من قاع المرشح دون حدوث عملية الترشيح و هو مما يؤدي الي سوء نتائج المياه المرشحة .

وبسبب كسر في قاع المرشح قد يحدث فقد في الرمال مما يؤثر على جودة المياه المنتجة .



فقد الوسط الترشيحي في مشح 1 M block



فقد الوسط الترشيحي في مشح الفواني 1

الباب الخامس

تطهير المياه

عملية تطهير المياه هي أهم خطوة من خطوات معالجة المياه فهي التي تضيف عليه صفة
الصلاحية وتؤمنه ضد الأمراض المعدية المنقولة عن طريقه وتتم عملية تطهير المياه بطرق
متعددة منها:-

المعالجة الحرارية

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

المعالجة الاشعاعية

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

المعالجة الكيماوية

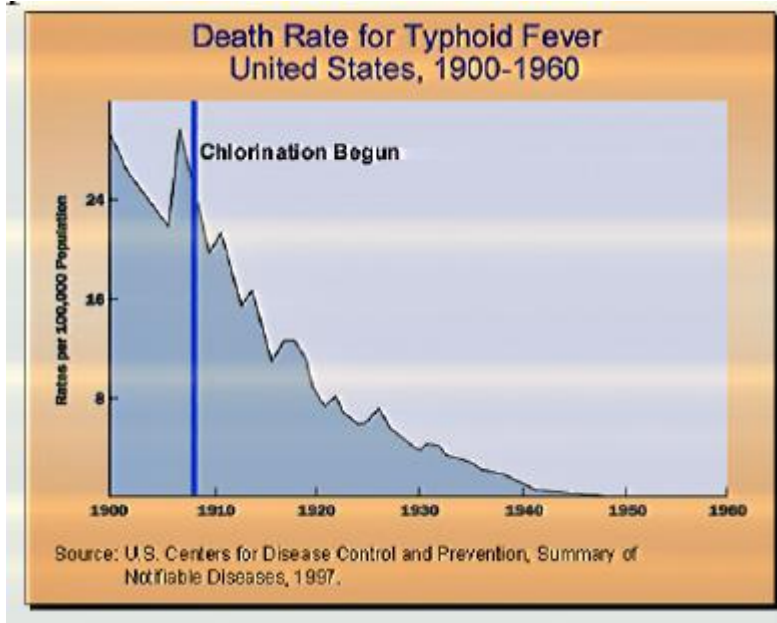
يمكن استخدام العديد من المواد الكيميائية في تطهير المياه ومنها: الكلور (الكلورة) ، ثاني أكسيد الكلور و برمنجانات البوتاسيوم ، الأوزون الجير، البروم، اليود.

الشروط الواجب توافرها في المواد المطهرة :

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

التطهير بالكلور

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



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

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

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

خصائص الكلور

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

غاز الكلور

غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة وهو أثقل من الهواء مرتين و نصف له رائحة مميزة شديدة النفاذية ووزنه الذرى ٣٥.٥

الكلور الغازي ضعيف القابلية للذوبان في الماء (٦.٧ جم/لتر ماء عند ٢٠م°، ١٤.٨ جم/لتر ماء عند صفر م° ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب , كما أن حفظ محلول الكلور في درجة حرارة باردة يحافظ على تركيزه لفترة طويلة . وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للاشتعال أو الانفجار, إلا انه يمكن أن يساعد على الاشتعال تحت ظروف معينة .

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

غاز الكلور سام ومهيج للاغشية المخاطية المبطنة للأنف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة في التنفس.

يسال بالتبريد عند -٣٤.١ م ، ضغط جوى ١ بار (أو يسال تحت ضغط عالي) ٧كجم/ سم ٢ ، في درجات الحرارة العادية(ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسصوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين الى ١٠٠٠ كيلوجرام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المياه.

في حالة وجود تسرب لغاز الكلور في الجو فإن ٣ جزء في المليون هي اقل نسبة يمكن حسها بالشم ء وعند ١٥ جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة, ويصبح خطرا إذا ما استشق لفترة من ٣٠ - ٦٠ دقيقة عند تركيز من ٤٠ - ٦٠ جزء في المليون, وإذا زاد التركيز في الجو ليصل إلى ١٠٠٠ جزء في المليون فإنه يصبح مميت. أما الكمية المسموح بها لغاز الكلور في الجو وتكون آمنة لفترة الوردية الواحدة (ثمانى ساعات) لا تتجاوز تركيز ١ . ٠ جزء في المليون.

الكلور السائل

عبارة عن محلول نقى كهرباني اللون وهو أثقل من الماء مرة ونصف تقريبا. وللكلور السائل معامل تمدد عالي، إذ يزداد حجمه بسرعة كبيرة بازدياد درجة الحرارة, حيث يزداد تمدد السائل ليملاء الأسطوانة بالكامل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٦٧.٥ م° ولذلك يلتزم دائما

بعدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من ٨٥ % من حجمها. وحيث أن الكلور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى، لذلك فهو نادرا ما يرى في صورته السائلة. وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجم الواحدة منه تنتج حوالي ٤٥٦ وحدة حجم من الغاز النقي عند درجة حرارة ١٥ م° وضغط ٧١٠ مم زئبق

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

الكلور الصلب

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

مركبات الكلور

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

• محلول الكلور

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم وهو محلول يحتوي علي حوالي ١٥% من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة, ويمكن استعماله كمطهر للمياه

بشرط أن لا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة على الماء سواء بالصّب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة. (لا يستعمل بكثرة بالإضافة إلى أن محلوله يسبب تآكل في المواسير) .

• مسحوق أو أقراص الكلور:

ويسمى كيميائياً (هيبوكلوريت الكالسيوم) وهذه المادة تحتوى علي حوالي ٦٠ - ٧٠ % من الكلور الحر.

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

• المسحوق المبيض:

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

وعموما فإن استعمال مركبات الكلور أصبح غير شائع في عمليات التطهير للمياه نظرا لمتاعب التشغيل إلا أنه يستعمل في الحالات الآتية:-

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

٢ . تطهير مرشحات وخزانات المياه

٢ . في حالات الطوارئ مثل حالات الفيضانات.

استخدامات الكلور في محطات المياه

يستخدم الكلور في محطات المياه لغرض التطهير و للقضاء على مشاكل الطعم و الرائحة و لأكسدة الشوائب الكيميائية

١. التطهير:

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

٢. القضاء على مشاكل الطعم والرائحة:

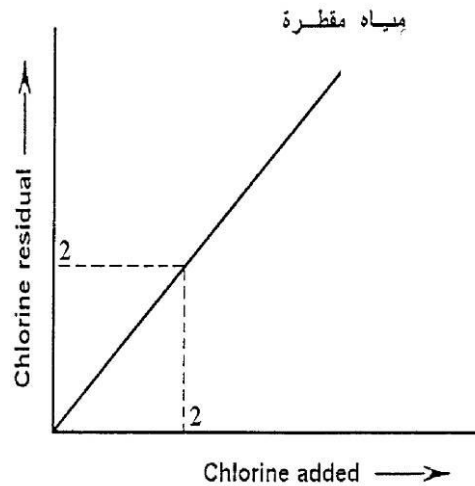
قد يستخدم الكلور للقضاء على بعض مشكلات الطعم والرائحة في مياه الشرب. إذ أن معظم مشاكل الطعم والرائحة تتسبب عن بعض النباتات المجهرية الدقيقة التي تتواجد في مصادر المياه السطحية. فيتفاعل الكلور كمادة مبيده للطحالب ويقضى على تلك النباتات المسببة للطعم والرائحة. إلا أن هناك أنواع قليلة من الطحالب لا تتفاعل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

٣. الأكسدة:

يقوم الكلور بأكسدة عدد من الشوائب الكيميائية الموجودة في الماء كالحديد. المنجنيز , النترات , الأمونيا وكبريتيد الهيدروجين . وبالتالي إزالتها من الماء. وتتواجد تلك الشوائب عادة في مصادر المياه الجوفية .

نظرية عمل الكلور

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

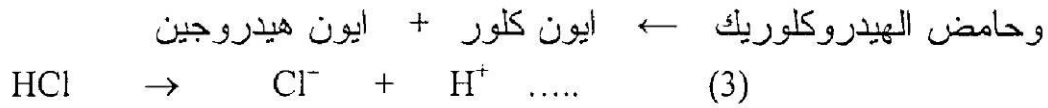
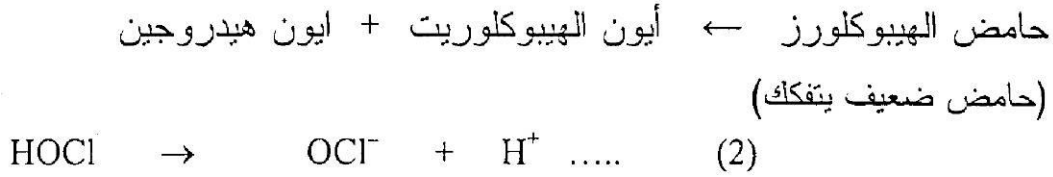


وعلى سبيل المثال: إذا اضيف جرعة كلور بمقدار ٢ مجم/لتر لتلك المياه ستعطى نفس القيمة (٢ مجم/لتر) ككلور متبقى حر بعد انتهاء فترة المكث .

وسيتّم التفاعل كالتالي:



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



ويمثل حمض الهيپوكلورز HOCl أحد شكلين من أشكال الكلور الحر المتبقى وهو الأكثر

فاعلية في عملية التطهير وعند تحلله كما في المعادله (٢) السابقة ينتج ايون

الهيپوكلوريت-OCI وهو الشكل الثانى من أشكال الكلور الحر التبقى وتأثيره في عمله التطهير

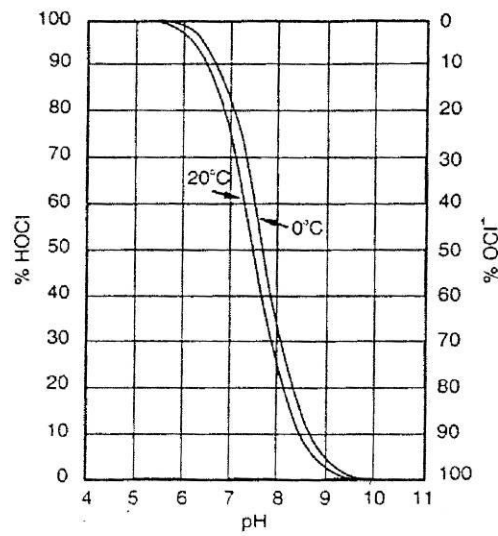
تعادل ١% فقط من تأثير حمض الهيپوكلورز.

تأثير pH على التفاعل:

يتأثر التفاعل بالأس الهيدروجيني تأثيرا كبيرا فكلما كان الوسط اقرب للحامضية زاد حامض

الهيپوكلوروز وكلما كان الوسط اقرب للقاعدية زادت أيونات الهيپوكلوريت.

الشكل	فاعلية الكلور مقارنة بحمض الهيپوكلورز
HOCl	1
OCl ⁻	1/100
NCI ₃	-
NHCl ₂	1/80
NH ₂ CL	1/150



فمثلاً :-

عند الأس الهيدروجيني ٦.٧ تكون النسبة

٢٠ % ملح هيپوكلوريت + ٨٠ % حمض هيپوكلوروز

عند الأس الهيدروجيني ٧.٣ تكون النسبة

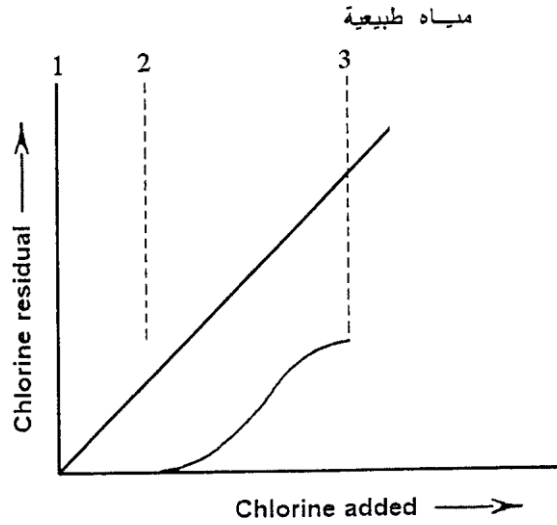
٤٠ % ملح هيپوكلوريت + ٦٠ % حمض هيپوكلوروز

عند الأس الهيدروجيني ٨.٣ تكون النسبة

٨٠ % ملح هيپوكلوريت + ٢٠ % حمض هيپوكلوروز

يتبين مما سبق انه قد يوجد كلور بالعينة. ولكن فاعليته تختلف بالزيادة او النقصان تبعا

لاختلاف 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 المتبقى الحر كنتيجة لذلك.

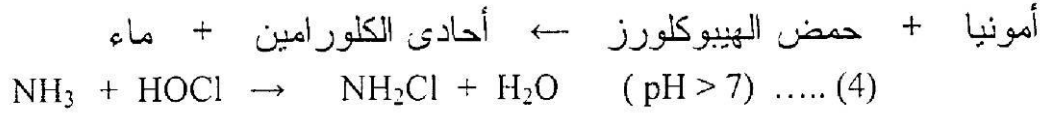
وعلى سبيل المثال: إذا احتوى الماء على حديد، منجنيز، أمونيا، نيتريت، أو أي مادة عضوية فسوف يتفاعل الكلور المضاف معها ليعطى انحراف في المنحنى يناسب تلك المتفاعلات ودرجة تركيزها بالمياه

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

باستمرار إضافة الكلور نلاحظ انه على امتداد المسافة بين النقطتين ٣ ، ٢ يبدأ الكلور في التفاعل مع الأمونيا والمادة العضوية ليشكل مركب الكلورامين والمركبات الكلو وعضوية

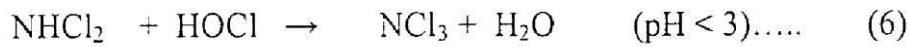
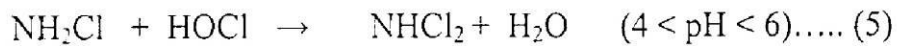
وهذه النواتج من أشكال الكلور تعرف بالكلور المتبقى المتحد ولكن فاعلة هذه الأشكال
كعامل مطهر تكون اضعف من الكلور الحر.

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



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

ويوضح ذلك التفاعلات التالية:
في حالة إذا ما كان NH_3 بكمية وفيرة:



ونلاحظ من التفاعلات السابقة انه عند pH اكبر من ٧ يتكون أحادى الكلورامين , وعند 6

pH يبدأ ثاني الكلورامين ببطئ في التكوين ويظهر بوضوح بين ٦ < pH < ٧ أما ثالث

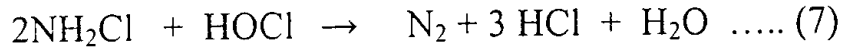
الكلورامين فيتكون عند pH أقل من ٣ . كما أن الكلورامين ممكن أن يتكبد مع أي Amine

Organic مثل البروتين، حيث يظهر الكلورامين بسرعة أولاً ثم يعقبه ببطء ظهور ثاني وثالث الكلورامين مع الاحتياج إلى فترة تلامس أطول حتى يتم التفاعل.

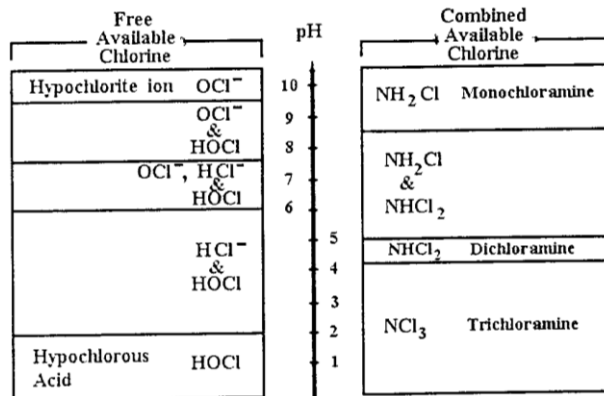
إذا كان كمية NH_3 في الماء كافية فإن التفاعل سيكون ثابت ، وإذا ما كان كمية الكلور

المضافة اكبر مع NH_3 فان الكلورامين سيتكسر إلى النير وجين

كما في المعادلة التالية : -



(٦٠) يوضح علاقة pH بأشكال الكلور المحتمل تواجدها بالمياه



ويختلف مفعول كل نوع من مركبات الكلور السابقة عن الآخر في عمليات التطهير حيث

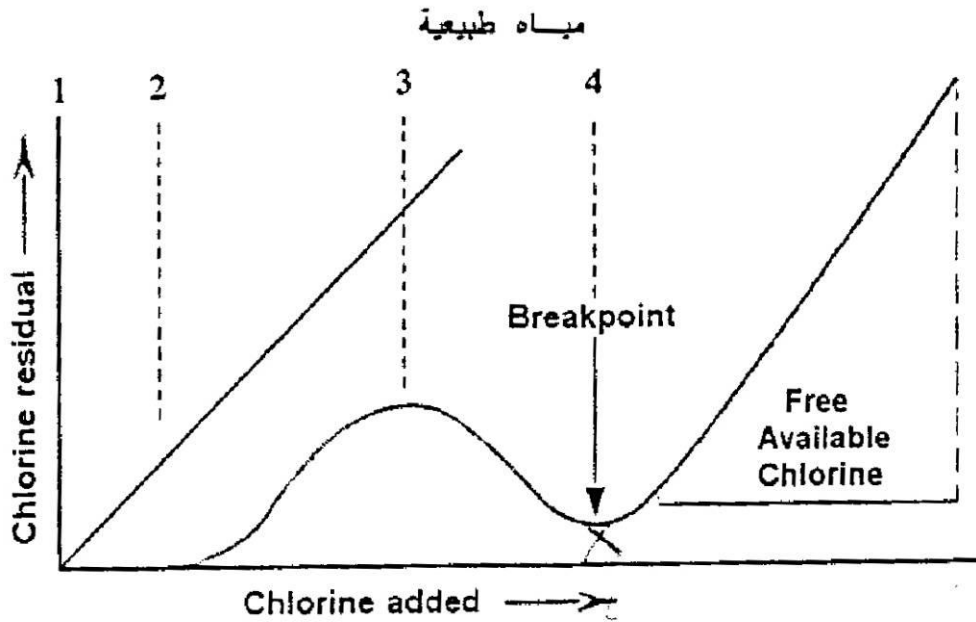
يلاحظ أن الكلور الحر اقوي بكثير في قتل البكتريا عن الكلور المتحد. ويلاحظ أيضا أنه

يلزم استخدام مقدار من الكلور المتحد اكبر ٢٥ مرة من الكلور الحر لتحقيق نفس القدرة علي

القتل في نفس المدة الزمنية

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

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



يجب أن نتذكر أن الكلور المتبقي المتحد يمثل مركبات ثنائي و ثلاثي الكلورامين والمركبات

الكورو- عضوية (As THMs)

العوامل المؤثرة في عملية التطهير (فاعلية الكلور)

تتوقف فاعلية الكلور في قتل البكتيريا على العوامل الآتية:-

١. جرعة الكلور:

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

٢. مدة التفاعل بين الكلور والماء (فترة التلامس)

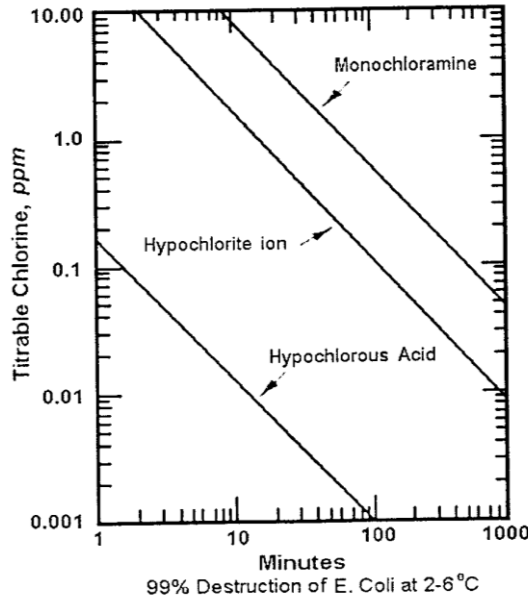
تزيد فاعلية الكلور كلما طال من التلامس . و نظرا لان مقاومة البكتريا للكلور باختلاف أنواعها . فوجد انه يجب أن تمر ثلاثين دقيقة على الأقل من إضافة الكلور وحتى استعمال الماء كفترة تلامس. وقد وجد أن قدرة الكلور على قتل البكتريا بالماء تتأثر تأثيراً كبيراً بالعاملين السابقين (الجرعة، ووقت التلامس) طبقاً للعلاقة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

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

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

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

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



٣. 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 المتبقى بالمياه، بمعنى إن جرعة الكلور تزيد بانخفاض درجة الحرارة للحصول على نفس كفاءة التطهير.

٤. درجة تركيز أيون الهيدروجين:

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

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

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

٥. عكارة الماء:

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

٦. قلوية وحامضية الماء:

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

٧. وجود المركبات الآزوتية في الماء:

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

٨. وجود مركبات الحديد والمنجنيز:

وهذه أيضا تحد من فاعلية الكلور في قتل البكتيريا.

إضافة الكلور

يتم إضافة الكلور للمياه بإحدى طريقتين:

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

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

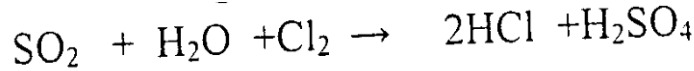
والمقصود بذلك إضافة الكلور بجرعات زائدة عن حد الطلب، وبهذا نضمن الحصول على كفاءة وفاعلية عالية لعملية التطهير ويمكن أن نضطر إلى ذلك في حالة الطوارئ أو إذا ما كان هناك شك في حدوث تلوث بكتيري لمصدر المياه.

و تتميز هذه الطريقة بالآتي :-

- كفاءة وفاعلية عالية لتأثير الكلور على البكتيريا.
- أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد في الماء.
- الحد من الطعم والرائحة التي قد توجد في الماء.
- إبادة الكائنات الحية الدقيقة التي تقاوم الجرعات العادية للكلور، علي انه يلزم إزالة الكلور الزائد بعد التأكد من تمام قتل الكلور للبكتيريا.

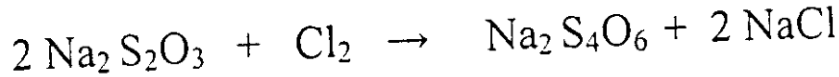
وطرق إزالة الكلور الزائد :

- ١- إضافة ثاني أكسيد الكبريت إلى الماء بجرعات حوالي ١.٥ جزء في المليون لكل جزء في المليون من الكلور المراد إزالته وفي هذه الحالة يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة:

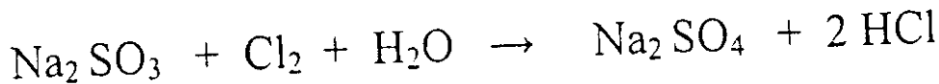


كميات حامض الكبريتيك وحامض الهيدروكلوريك الناتجة من التفاعل ضئيلة جداً ولا أهمية لها كما يجب أن تمر حوالي ١٥ دقيقة بعد إضافة ثاني أكسيد الكبريت قبل استعمال المياه.

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



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



- ٤- تخزين الماء في أحواض مكشونة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الاستعمال وفي هذه الفترة يتصاعد الكلور الزائد في الجو .
- ٥- ترشيح الماء في طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور الزائد
- ٦- مزج المياه المضاف إليها جرعات عالية من الكلور بمياه لم يضاف إليها الكلور فتتعادلان .

ثانياً: إضافة الكلور بعد تحديد النسبة بواسطة التجارب العملية

تحديد احتياج الكلور باختبار Break point

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

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

جرعة الكلور

تعرف جرعة الكلور بأنها اقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفي للقضاء على اللكائنات الحية، وينتج عنها كلور متبقى في حدود معينة (٠.٢ مجم/لتر)

ووحدة الجرعة ملجم كلور/لتر ماء أو جم كلور/م^٣ ماء.

و يتم تحديد الجرعة المثلى للكلور عن طريق تجارب معملية حسب نوعية المياه المراد تنقيتها

كمية الكلور المطلوب اضافتها للماء

هي حاصل ضرب جرعة الكلور X كميته المياه وهي غالباً تحدد في الساعة ووحدتها كجم/ساعة

مثال:

ما هي كمية الكلور المطلوب إضافتها تكفي لتطهير ٢٠٠٠ م^٣ / س بجرعة ٥ جم/م^٣

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

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

كمية الهيبوكلوريت التى تعوض كمية الكلور =

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

مثال:

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

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

الكلور المستهلك

يعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الحر أو

المتحد المتبقى في الماء في فترة تلامس محددة

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف - كمية الكلور المتبقى

مثال:

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

الحل

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف – كمية الكلور المتبقى

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

إذا الكلور المستهلك = ١٠٠ – ٤ = ٩٦ كجم

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

الكلور المتبقى

هناك نوعان من الكلور المتبقى

١. الكلور المتبقى المتحد:

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

للاتحاد مع الأمونيا الموجودة في الماء , فإذا كان الماء يحتوى على قدر ضئيل من الأمونيا لا يكفي للاتحاد مع الكلور فإنه يتم إضافة الأمونيا أيضاً إلى الماء .

٢. الكلور المتبقى الحر:

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

اماكن إضافة الكلور في محطات التنقية

يمكن إضافة الكلور إلى الماء في أكثر من موقع في محطات التنقية تبعاً لحالة كل محطة وكذلك تبعاً لصفات الماء المعالج في كل حالة وتبعاً لتجارب وخبرات المشرف على التشغيل.

١. اضافة الكلور المبدئى

اي حقن الكلور بعد عملية الحصول على المياه من المصدر مباشرة وقبل الدخول الى عملية

التنقية (المروقات والمرشحات)

تتميز هذه الطريقة بالآتى :-

- خفض تعداد البكتريا في الماء قبل وصولها إلى المرشح مما يخفف الحمل البكتيرى على المرشح.
- تطهير رمل المرشح نظراً لمرور المياه بما فيها من كلور في مسام الرمل أثناء عمله الترشيح.
- كفاءه عاليه في إزالة اللون من الماء.

- نقص في كميات الكيماويات المروبه إذا أضيف الكلور قبل أحواض الترسيب.
- كفاءة عايله في إزاله الطعم والرائحه من الماء.
- الحد من نمو الكائنات الحيه الدقيقة داخل المرشح.

٢. اضافة الكلور النهائي

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

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

٣. إضافة الكلور في اكثر من موقع

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

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

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

الباب السادس

أنظمة معالجة المياه

نحصل على إمدادات الماء من الأنهار من الآبار أو من خلف السدود وتختلف نوعية الماء تبعاً لاختلاف المصدر الذي جاءت منه ، وبالتالي يحتاج كل نوع إلى معالجة خاصة حتى تكون المياه صالحة للشرب ففي مياه الأنهار وجد أنها تحتوي على شوائب صلبة عالقة علاوة على ما بها من تلوث ميكروبي ، أما مياه الآبار فتحتوي على مواد كيميائية ذائبة ويقل فيها التلوث الميكروبي أو ينعدم

١. معالجة المياه الجوفية

تختلف أنظمة معالجة المياه الجوفية والمياه السطحية تبعاً لاختلاف الملوثات المراد إزالتها، يتم معالجة المياه الجوفية إذا كانت تحتوي على مكونات تحول دون استخدامها مباشرة مثل أملاح الحديد و المنجنيز أو أملاح تسبب العسر مثل أملاح الكربونات و البيكربونات أو أملاح الكبريتات

و لا تخالف مكونات المياه الجوفية كثيراً من حيث الجودة ويكون اختلاف مكونات المياه الجوفية تبعاً لاختلاف مصدر استخراج المياه الجوفية و يمكن تقسيم المياه الجوفية من حيث الجودة الي ثلاث مجموعات تبعاً لطريقة معالجتها لإنتاج مياه الشرب

أ- مياه جوفية هوائية

ب- مياه جوفية لا هوائية نسبياً

ت- مياه جوفية لا هوائية

وهو ما يعني أن طريقة المعالجة تختلف تبعاً لنسبة الأكسجين. وكذلك يمكن تصنيف نوع المياه الجوفية تبعاً لتركيز الأكسجين أو الحديد أو المنجنيز .

مياه جوفية هوائية وهي المياه ذات المصدر المتصل بالهواء الجوي و عندما يكون المكونات العضوية للمياه محدودة لا تفقد المياه الأكسجين وبالتالي لا تحدث تفاعلات لا هوائية و في بعض الأحوال تكون المياه الجوفية الهوائية صالحة للشرب و بالتالي يمكن ضخها لشبكات مياه الشرب مباشرة , و علي الرغم من كون المياه الجوفية تحتوي علي الأكسجين فان اولي خطوات المعالجة هي التهوية والغرض من هذه العملية زيادة تركيز الأكسجين وتقليل تركيز ثاني أكسيد الكربون و إذا كانت المياه المعالجة تلبى المواصفات القياسية المحلية يتم ضخها الي الشبكة فوراً.

العناصر التي يجب أن تؤخذ في الحسبان هي الأس الهيدروجيني PH والكالسيوم و SI و البيكربونات وهذه العناصر قد تخضع للمعالجة لجعلها تتناسب مع المواصفات القياسية .

أ- المياه الجوفية الهوائية

عندما يكون مصدر المياه نربه رملية لا تحتوي علي الكالسيوم يكون المياه الجوفية المستخرجة عدوانية ويكون تركيز ثاني أكسيد الكربون اكبر من المطلوب وعليه يكون SI اصغر من الصفر يتم معالجة هذا بتهوية المياه وتقليل تركيز ثاني أكسيد الكربون ولكن يجب ان يتم بعد ذلك ضبط الأس الهيدروجيني و نسبة البيكربونات بترشيح المياه علي فلتر من الحجر الجيري و حبيبات الرخام . (لتفي المياه بمتطلبات المواصفات القياسية)



Figure 4 - Aeration above limestone filter

الماء العسر هو الماء المستخرج من منطقة غنية بالكالسيوم تسمى معالجة المياه العسر (softening) وهي عملية إمرار الماء العسر علي حبيبات من الرمل الناعم وحقن هيدروكسيد الكالسيوم أو هيدروكسيد الصوديوم ليحدث الترسيب كربونات الكالسيوم .

ب- المياه الجوفية اللا هوائية نسبياً

وهي المياه الجوفية المستخرجة من منطقة أسفل طبقة عازلة و بذلك تكون تحت ظروف نقص الأكسجين و وجود أمونيا ز الحديد و المنجنيز , ويتم معالجة هذه المياه بالتهوية والترشيح من خلال وسط مسامي , والتهوية تعمل على إضافة الأكسجين و إزالة ثاني أكسيد الكربون وكذلك لأكسدة الحديد و المنجنيز وتحويل الامونيا الي نترات .



Figure 7 - Treatment of slightly anaerobic groundwater

و خلال المرشح يتم حجز ندف الحديد المتكونة و علي سطحه تنمو بكتريا النيترة ويتم إزالة الامونيا بيولوجيا .

وفي مصر تستخدم هذه الطريقة في المعالجة التقليدية كما في شركة مياه بني سويف



معالجة الحديد و المنجنيز - بني سويف ١

حيث يلي هدارات التهوية مرشح رملي مغمور .

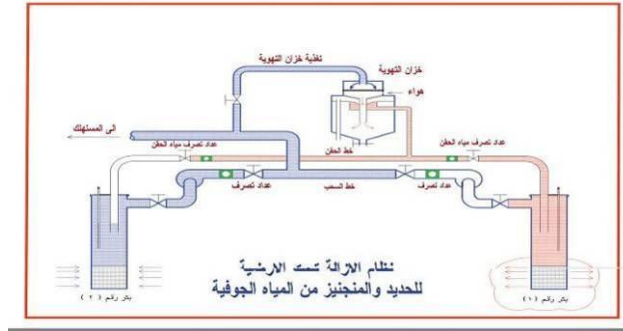
و توجد أيضا طرق أخرى للمعالجة مثل التهوية خلال التربة وقبل استخراج المياه (BERMAN) وهي المطبقة في شركة مياه البحيرة وهي من الطرق المتقدمة والتي يلزم لها المتابعة الدقيقة والدراسة المتأنية قبل التطبيق

وتتم عملية إزالة الحديد و المنجنيز بهذا الأسلوب على ثلاث مراحل:

- ١- الحقن (Infiltration)، حيث يتم حقن كمية من المياه المهواة جيداً في البئر المطبق به هذا الأسلوب ويتم تحديد الكمية طبقاً لأسس تصميم البئر وبالتجربة العملية بالموقع.
- ٢- فترة الراحة (Rest)، حيث يتم إيقاف الحقن وترك البئر دون سحب المياه لفترة زمنية.
- ٣- السحب (Abstraction)، يتم تشغيل البئر وضخ المياه المسحوبة إلى المناطق المخدومة

بالبئر حتى الوصول إلى الحد الأقصى المسموح به للحديد والمنجنيز لتعاد الدورة من جديد.

وتعددت تفسيرات آلية إزالة الحديد و المنجنيز بأسلوب التحت سطحى إلا أن هناك تفسيراً أكثر شيوعاً يرتبط بوجود الحديد و المنجنيز فى صورة أيونات ذائبة بالمياه الجوفية فى ظل غياب الأكسجين، وأن تعرضها للأكسجين يؤدي إلى أكسبتها بعد إدمصاصها على سطح طبقة الأكاسيد المتكونة على حبيبات التربة لتخرج المياه من البئر خالية من هذه الأيونات..

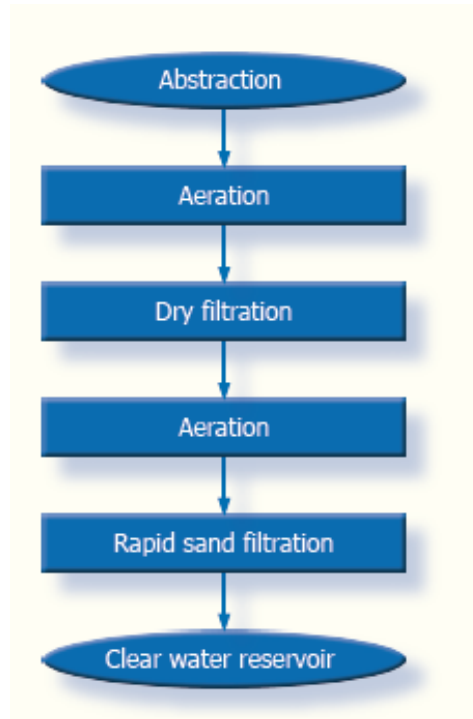


معالجة الحديد والمنجنيز - البحيرة ١

ت- المياه جوفية اللاهوائية

هي المياه المستخرجة من الأرض من خلال طبقة عازلة ولا يوجد أكسجين بها بل أيضا لا يوجد نترات و المواد العضوية متحللة , وتركيزات الحديد و المنجنيز و الامونيا عالية بها

يتم معالجتها من خلال مرحلتي تهوية و مرحلتي ترشيح أولي مراحل الترشيح تتم من خلال مرشح جاف ثم يتبعه مرشح مغمور.



مخطط معالجة المياه اللاهوائية ١

٢. معالجة المياه السطحية

يتم معالجة المياه السطحية لتخليصها من الشوائب والمواد العالقة ومسببات البون والرائحة وتطهيرها من مسببات الأمراض و يعتبر نهر النيل والترع المصادر الأولى لإنتاج مياه الشرب في مصر نظراً لامتداد نهر النيل من الجنوب الي الشمال بفرعية رشيد ودمياط .

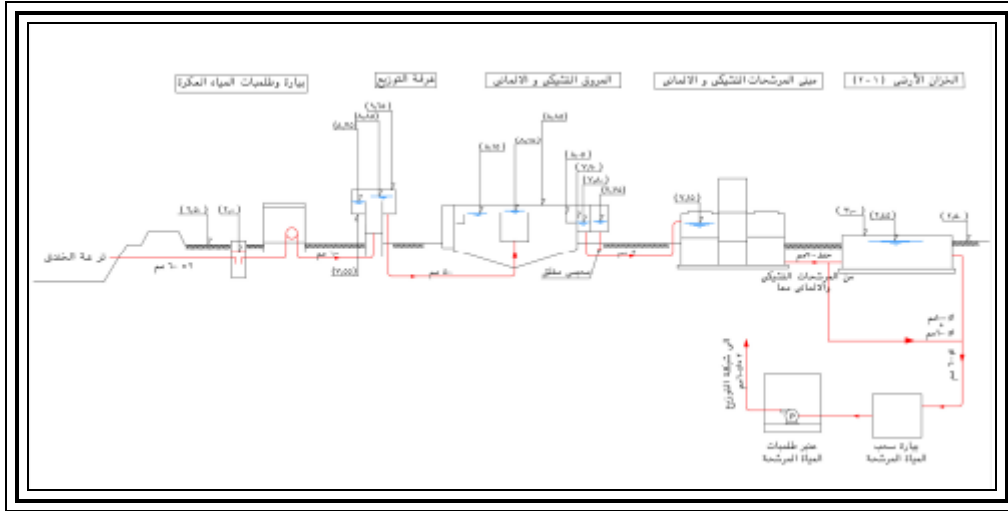
أنظمة معالجة المياه السطحية

أ- المعالجة التقليدية (المزايا و العيوب)



مخطط المعالجة التقليدية للمياه السطحية 1

وهي المحطات التي تضم داخلها مجموعة من عمليات المعالجة الأساسية ابتداء من المصافي بالمدخل الي عملية حقن الكيماويات من الكلور والشبة والترويب ثم التنديف والترسيب والترشيح ثم التطهير والتخزين وهو ما سيأتي تفصيلا لاحقا ، و تلك المحطات هي الأكثر انتشارا و الأكبر إنتاجا لمياه الشرب وذلك لما تتميز به من قدرة عالية علي مواجهة التغيرات الكبيرة في جودة المياه الخام وذلك نظرا لكبر المساحة وكمية الإنتاج وطول مدة مكث المياه داخل وحدات المعالجة المختلفة حيث قد تصل مدة مكث المياه بالمحطة لفترات قد تتجاوز ٦ ساعات و هو ما يعطي فرصة اكبر للحد من التغير السريع وتأثر عملية المعالجة أو جودة المياه المنتجة .



المروق - أهم مكونات محطة المعالجة ١

و من المميزات أيضا لمحطات المعالجة التقليدية قدرة المشغل علي المناورة وتغيير أو إضافة مراحل معالجة جديدة كنقطة حقن جديدة للشبة أو الكلور أو تغيير معدل التحميل علي احد المرشحات أو المروقات والغرض هو المرونة العالية في التشغيل

و كذلك كميات الإنتاج الهائلة والقدرة علي تطوير المحطة وزيادة تحميلها للحصول علي كميات اكبر من المياه المعالجة في فترات الذروة وهو ما يحتاج الي طاقم تشغيل واعى ونشط حي قان التحميل علي وحدات المعالجة قد يعطي انتاج اكبر ولكن يحتاج الي مراقبة مستمرة للحفاظ علي الجودة .

ومن الأنظمة المختلفة للمعالجة المطبقة بمحطات المعالجة التقليدية ما لا يحتاج الي مساحات كبيرة أنظمة الترويق باستخدام بطانية الروبة ذات معدل التحميل العالي وان اجتمع المصممين علي وضع قانون لتحديد المساحة التقريبية المطلوبة للمعالجة .

$$A = Q^{0.7}$$

where A in acers & Q in million galon per day

from { integrated design & operation of water treatment facilities} by KAWAMORA

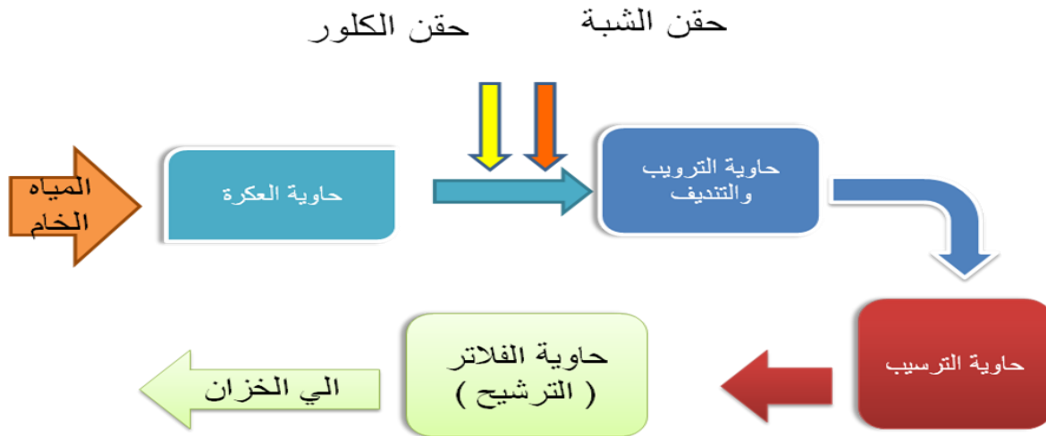
و المساحة الكبيرة المطلوبة لإنشاء محطة معالجة تقليدية هي احد عيوب محطات المعالجة التقليدية .

وكذلك الإعتمادات المالية الكبيرة والتي قد تقف مانعا لإنشاء المحطة وإمداد المواطنين بخدمة مياه الشرب هي ثاني عيوب هذه المحطات

أما الحاجة الي العمالة المدربة الواعية لتشغيل المحطة والحفاظ علي المنشآت فهي ضرورة منطقية للحفاظ علي الاستثمارات المبذولة في إنشاء محطة معالجة مياه الشرب .

و تكلفة التشغيل مثل تكاليف الكيماويات والكهرباء و مرتبات العاملين وتكاليف الصيانة و غيرها. يضع محطة المعالجة كأحد اكبر مشاريع الإنتاج

ب- الترشيح السريع



محطات الترشيح السريع هي وحدات متنقلة تستخدم لسد العجز في إنتاج المياه في المناطق التي لا تتوفر فيها المساحة المطلوبة لإنشاء محطة معالجة تقليدية و هذه المحطات هي وحدات ذات قدرات إنتاجية صغيرة (٣٠ لتر / ث) وهي تخصص لخدمة قرية أو تجمع سكني صغير .

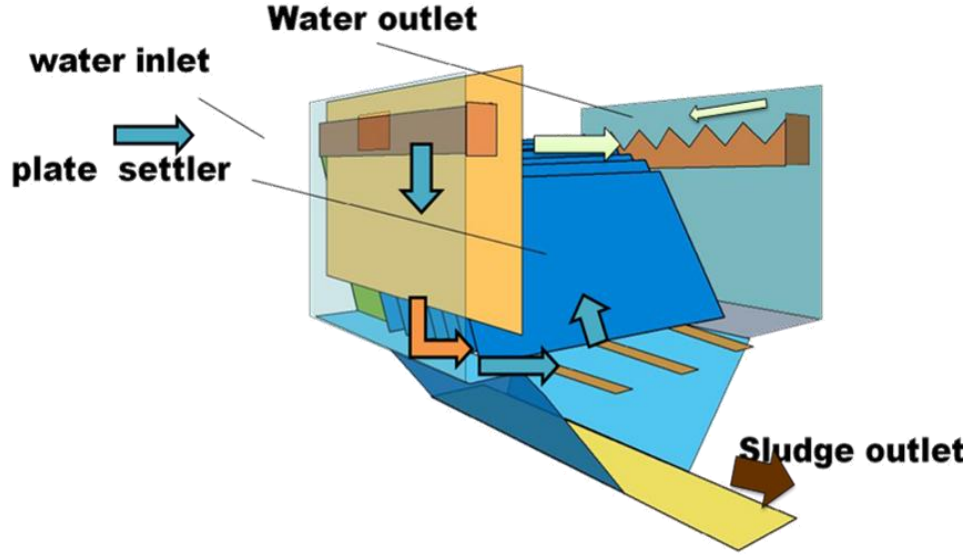


محطات الترشيح السريع ١

هذه المحطات تحتوي علي نفس مراحل المعالجة الموجودة بالمحطات التقليدية وان كانت مراحل المعالجة اصغر ومدة المياه بالمحطة اصغر وقد تصل مدة مكث المياه منذ دخولها المحطة الي خروجها الي الخزان حوالي ٢٠ دقيقة .

فبدلا من الترويب و التنديف بواسطة المنطف الهيدروليكي (الحواجز المتعاقبة) يتم الترويب والتنديف بواسطة خلاط سريع وخلاط بطيء وقد يحل الحقن في ماسورة

طرد ظلمبات العكرة محل الخلط السريع و تحل مرشحات الضغط (pressure filters) محل المرشحات الرملية السريعة و يكون حوض الترسيب ذو الواح اللامبلا محل المروق التقليدي .



و تعتبر محطات الترشيح السريع هي احد المسكنات لشكوى نقص المياه والحالات الطارئة ونظرا لقصر مدة المعالجة فان المتابعة المستمرة لجودة المياه المنتجة ولكفاءة مراحل المعالجة من اهم شروط نجاح المعالجة بمحطات الترشيح السريع و قد يكون ضبط جرعة الشبة من أصعب العمليات و أكثرها أهمية ودقة .

ت- الترشيح المباشر *direct filtration*

مخطط المعالجة بالترشيح المباشر ١

وهي عملية الترشيح التي يسبقها عملية تنديف في حوض منفصل ,وتتكون فيها ندف كبيرة (≤ 1 مم) ويتم إزالتها خلال مرشح ثنائي(ثلاثي) الوسط ألتريشيكي تكون الطبقة العليا فيه خشنة ويطلق أيضا علي هذه العملية ترشيح الندف *floc filtration*



الترشيح المباشر - دمياط ١

الترشيح بالتلامس *contact filtration* وفي هذه العملية لا يوجد حوض منفصل للتنديف ويحدث عملية الترويب أثناء الخلط السريع وتثبيت الشحانات للمواد العالقة يحدث مباشرة قبل الترشيح ولا تتكون إلا الندف الصغيرة *micro flocs*

الترشيح بالتلامس يتميز عن الترشيح المباشر بتوفير التكلفة والمساحة الخاصة بمرحلة التنديف كما تستخدم كميات أقل من المواد الكيماوية حيث أنه في حالة الترشيح المباشر يجب ان تتكون ندف كبيرة



مخطط المعالجة بالترشيح بالتلامس ١

في المقابل فإنه في الواقع إن الاختلاف بين الترشيح بالتلامس والترشيح المباشر هو مجرد اختلاف نظري حيث يحدث التنديف في القنوات والمواسير التي تسبق المرشحات ولذلك يدخل المرشحات خليط من الندف الصغيرة (micro flocs) والندف المتجمعة الأكبر نسبيا .

بل قد يتحول الترشيح بالتلامس إلى ترشيح مباشر بسيط عندما تتكون الندف بصورة غير مقصودة مثلا في المدة التي يقضيها الماء اعلي الوسط ألترشحي ، الترشيح بالتلامس يتطلب مراقبة دقيقة وحذرة حيث أن عملية المعالجة حساسة جدا لتغير جودة المياه الخام ، إن عدم وجود حوض تنديف (يعمل علي استقرار ظروف تغير المياه الخام) هو احد عيوب الترشيح بالتلامس. بل أكثر من هذا انه يصبح من الصعب الحصول علي مياه مرشحة ذات عكارة تساوي ٠.١٥ وحدة عكارة في حالة معدلات الترشيح العالية .

الترشيح المباشر ينحصر استخدامه في معالجة المياه الخام ذات العكارة وتركيز الطحالب المتوسطين ولا يوجد العديد من المياه الخام التي تناسب هذه المواصفات .

الترشيح المباشر مناسب فقط لمعالجة للمياه ذات العكارة (١٠ اوحداث عكارة) ولا تزيد عن { ٢٥ وحدة عكارة و ٤٠ هازن (وحدة قياس اللون) في أسوأ الظروف }

إن المياه ذات العكارة واللون الأعلى قد يمكن معالجتها أيضا باستخدام الترشيح المباشر ولكن يحتاج الأمر إلي عمل محطة تجريبية لكل حالة علي حدة .

وبالنسبة للكائنات الحية العالقة فهي أيضا احد العوامل المحددة لاستخدام الترشيح المباشر فمما لاشك فيه إن الهجوم الطحلي في المياه المفتوحة يؤثر عكسيا علي جودة المياه الخام وبالتالي علي أداء المرشحات من حيث مدة تشغيل المرشح وجودة المياه المنتجة , وانه لمن الصعب وضع قيم محددة للعدد الطحلي الذي يمكن معه استخدام الترشيح بالتلامس او الترشيح المباشر حيث يعتمد أداء المرشح بصورة أساسية علي الوسط الترشيحي المستخدم , ولكن توجد تقارير تفيد أن العدد الطحلي حتى ٢٠٠٠ /مل تم تحديده كقيمة قصوى .

أن الترشيح بالتلامس والترشيح المباشر يمكن أن يتغلب علي مشكلات الطحالب حتى تركيز كلوروفيل A لا يزيد عن ١٠ ميكور جرام /لتر, إن الخبرات العملية التي أجريت بألمانيا تشير الي أن تركيز الكلوروفيل A ٥٠ ميكروجرام /لتر يمكن قبوله تحت ظروف معينة .

و بخلاف الشروط الكثيرة المحددة لاستخدام الترشيح بالتلامس أو الترشيح المباشر فان قلة التكلفة و صغر جرعة الشبة المطلوبة وصغر المساحة المطلوبة لإنشاء محطة تعمل بالترشيح المباشر احد أهم مميزات عملية المعالجة وقد يلجا البعض لاختيار طريقة المعالجة بالترشيح المباشر متجاهلاً إمكانية تغير جودة المياه الخام مع الوقت أو تحت ظروف انخفاض منسوب المياه بالمأخذ .

ث- الترشيح ذو المرحلتين two stage filtration

عملية المعالجة تحتوي علي مرشحين احدهما خشن في البداية ويليهِ مرشح آخر ذو وسط ترشيحي ناعم , المرشح الأول يعمل تحت سريان من أسفل الي اعلي و الآخر يعمل تحت سريان من اعلي الي أسفل .

المرشح الأول يحقق هدفين الأول يعمل كحوض تنديف وكذلك يحجز جزء أساسي من المواد العالقة ويطلق عليـه (المرشح التحضيرى أو الممروق بالتلامس contact clarifier) , وهو يحل محل العمليات التقليدية من خلط سريع ,تنديف و ترسيب وبعده يتولى المرشح الآخر مسؤولية التخلص مما تبقى من المواد العالقة .

هذه المعالجة يتم تطبيقها إذا كانت عكارة المياه الخام اكبر مما يستطيع الترشيح المباشر معالجته , وللحصول علي مياه معالجة ذات جودة عالية يجب إلا تزيد عكارة المياه الخام عن ٥٠ وحدة عكارة , ويجب الا يزيد اللون عن ٨٠ هازن (تشير الخبرات العملية ان الترشيح ذو المرحلتين يعمل بكفاءة في هذه الحدود. وتشير أيضا أن عكارة المياه الخام يمكن أن تزيد حتي ٤٠٠ وحدة عكارة ولكن لفترات قصيرة وهو ما سيؤثر بالفعل علي فترة تشغيل المرشح .)

وتشير التجارب العملية أيضا انه يمكن للترشيح ذو المرحلتين ان يعمل بكفاءة في حالة ارتفاع عكارة المياه الخام إلى (٥٠-١٠٠) وحدة عكارة لفترات طويلة بشرط أن يكون المرشح الأول الخشن عميقا بصورة كافية (٢ م) وان تكون إجراءات الغسيل المتبعة صحيحة .

ويوجد ايضا هذا النظام في السودان حيث تعمل محطات الكومباكت بولاية القضارف (السودان) بنظام الترشيح ذو المرحلتين من خلال حاوية من الحديد المعالج تشتمل علي حوض تنديف و اخر للترسيب و مرشحين خشن و ناعم و تبلغ انتاجية هذه المحطات في حدود ١٠ ل/ث .



محطات الكومباكت بالقضارف ١

٣. اختيار نظام المعالجة

و ختاماً يتبقى نظام المعالجة بتعويم الروبة (air floatation) و هو الذي لم يتسع الوقت لذكره تفصيلاً , و هو نوع يعتمد علي ضخ فقاعات هوائية دقيقة جداً من خلال ضاغط هواء تلك الفقاعات تعمل علي تعويم الروبة الي السطح بينما يبقى الماء الرائق في الاسفل وهذه الطريقة تستخدم في حالة وجود اعداد كبيرة من الطحالب في المياه الخام مما يصعب معها ترسيبها فنلجأ الي تعويم الروبة و تجميع المياه الرائقة من الاسفل كما في الصورة .



و بين الأنظمة المختلفة للمعالجة يكون إختيار طريقة المعالجة وفقاً لطبيعة المياه الخام ويمكن القول ان المخطط التالي يمكن ان يحدد طريقة المعالجة تبعاً لعكارة المياه الخام و الكلوروفيل A . يسمح باختيار عملية معالجة تهدف إلى إزالة المواد العالقة من المياه السطحية المخطط مبني علي المواد العالقة والطحالب ليحدد مختلف أشكال المعالجة الممكنة تم التعبير عن المواد العالقة بالعكارة NTU وتم التعبير عن الحالة الغذائية للمياه أو كميات الطحالب بتركيز الكلوروفيل A , إن احتمال حدوث تأثير حيوي طبيعي آخر غير الطحالب لم يوضع في الحسبان.

