الفصل الخامس

المعالجة المسبقة والأولية لمياه الصرف الصناعى

١- التسوية لتنظيم التدفقات.

٢- فصل المواد العالقة.

obeikandl.com

أولاً: التسوية لتنظيم التدفقات Flow Equalization

الغرض من التسوية هو تقليل والسيطرة على التغيرات فى مياه الصرف الصناعى بهدف توفير الظروف المناسبة لعملية المعالجة التالية. يتوقف حجم ونوع حوض التسوية على كمية الملوثات والتغيرات فى معدل التدفق. يجب أن تكون سعت الحوض مناسبة لاحتواء التغيرات الناتجة عن التغير فى معدلات الإنتاج للمصنع وكذلك تخفيض التركيزات التى يتم صرفها من آن إلى آخر.

الغرض من التسوية لوحدة المعالجة للصرف الصناعى هو:

١- توفير الخفض المناسب فى التغيرات العضوية لمنع حدوث صدمات التحميل للمعالجة البيولوجية.

٢- توفير الضبط للرقم الهيدروجينى أو تقليل استخدام الكيماويات اللازمة لعمل التعادل (Neutralization).

٣- تقليل التدفقات العالية لوحدة المعالجة الطبيعية والكيماوية بما يسمح لمعدات التغذية بالمواد الكيماوية العمل بما يتناسب مع إحتياجات المعالجة.

٤- توفير إستمرارية العمل لنظام المعالجة البيولوجية خلال فترات التوقف للمصنع.

٥- توفير القدرة على تنظيم التدفقات إلى شبكة الصرف الصحى بهدف توزيع الأحمال من الملوثات بانتظام.

٦- منع التركيزات العالية للمواد السامة من دخول وحدة المعالجة البيولوجية.

عادة يتم توفير وسيلة الخلط لتأكيد التسوية المناسبة ولمنع رسوب المواد الصلبة العالقة فى قاع الحوض، هذا بالإضافة إلى أكسدة المركبات المختزلة (Reduced) الموجودة فى مياه الصرف وكذلك تقليل الحمل العضوى (BOD) بالخلط بالهواء حيث يتم الخلط مع التهوية.

obeikandi.com

٧- الطرق المستخدمة فى الخلط تشمل الآتى:

أ- توزيع المياه الداخلية باستخدام الحوائط الحائلة (Baffles).

ب- الخلط التربينى حيث يدار المحرك بالماء أو الهواء.

ج- التهوية ببثق الهواء (Diffused Air).

د- التهوية الميكانيكية.

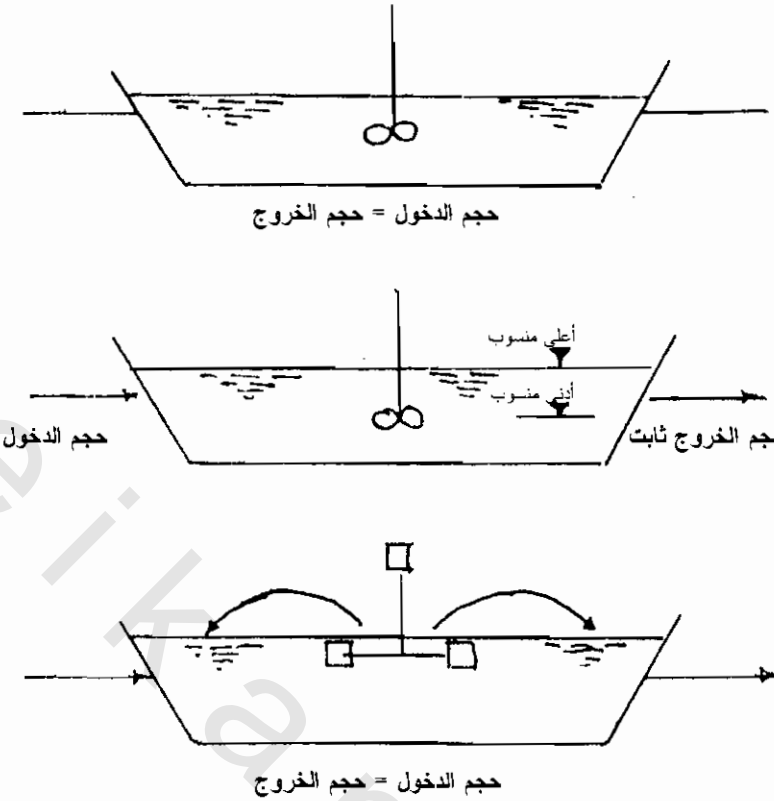
الطريقة العادية هى باستخدام الخلاطات المغمورة، كما قد تستخدم أجهزة التهوية السطحية وذلك فى حالة مياه الصرف سريعة التحلل البيولوجى مثل مياه الصرف فى صناعة البيرة، حيث تستخدم طاقة حوالى ١٥-٢٠ حصان لكل مليون جالون. (٠,٠٠٣ - ٠,٠٠٤ كيلوات/المتر المكعب). كمية الهواء المطلوبة فى حالة التهوية ببثق الهواء هى تقريباً ٠,٥ قدم مكعب من الهواء/جالو من الماء (٣,٧٤ م^{٣} هواء لكل متر مكعب مياه وذلك لمنع تكون الروائح الكريهة. كما يمكن الجمع بين نظام الخلط والتهوية (مثلاً أجهزة التهوية التى تطفو على السطح Floating Surface Aerators). الأسلوب العملى الشائع هو باستخدام الحوائط الحائلة (Baffles) والخلط الميكانيكى، التهوية أو الجمع بين هذه الطرق. وإذا كان استخدام الحوائط الحائلة لايعتبر من أشكال الخلط الحقيقى وهو أقل كفاءة عن باقى الطرق فإنه الأقل تكلفة ويمنع إختصار الرحلة للمياه (Short Circuit). وقد تستخدم الحوائط الحائلة أعلا وأسفل وهى المفضلة فى أحواض التسوية المتسعة حيث أنها توفر أقصى توزيع على المستوى الرأسى والأفقى. يتم إدخال مياه الصرف عند قاع الحوض حيث تمنع سرعة دخول المياه المواد الصلبة العالقة من الرسوب والتراكم فى قاع الحوض. عادة نظام الحوائط الحائلة غير مرغوب فيه كوسيلة جيدة لخلط مياه الصرف المحتوية على تركيزات عالية من المواد الصلبة القابلة للترسيب.

أما الخلط الميكانيكى فنظراً لكفاءته العالية فإنه يوصى باستخدامه فى أحواض الترسيب الصغيرة مع مياه الصرف المحتوية على تركيزات عالية من المواد الصلبة القابلة للترسيب وكذلك المياه سريعة التغير فى التركيز لمحتواها من المخلفات. ويتم إختيار الخلط الميكانيكى على أساس إختيار معملى لوحدة تجارب نصف صناعية (Pilot Plaint) أو طبقاً لبيانات المنتج مع المحافظة على التماثل الهندسى ومعدل الطاقة لوحدة الحجم. ذلك لأن الطاقة الناتجة عن تكون الدوامة (Vortex) هى طاقة مهدرة. ويتم الإقلال من حدوث هذه الدوامة ما أمكن بوضع الخلط بعيد عن مركز الحوض او بزاوية عمودية أو بتمديد الحوائط المانعة بعيد عن جدار الحوض.

يلزم أن يكون نظام التسوية مائل فى إتجاه الصرف وكذلك التغذية لحوض المياه لا تكون بالخرطوم ولكن بالدفق (Flushing) بما يحد من الآثار الصحية والرائحة لمياه الصرف. شكل (٥/١) بعض نماذج لأحواض التسوية.

الحاجة إلى التسوية: (Need for Equalization)

يحدد المهندس المصمم موقع التسوية سواء عند المصدر أو عند وحدة المعالجة أو قد لايكون هناك حاجة لها. العوامل التى تؤثر على هذا التحديد هى عوامل إقتصادية مقارنة بالبدائل الأخرى. التسوية توفر الاقتصاد فى تكاليف الإنشاء مع تبسيط أو عدم التعقيد فى عمل محطة المعالجة مع تحسين عملية التحكم وكذلك إحتمال خفض التكاليف للكيماويات اللازمة. وفى حالات التسوية بالنسبة لمحطات المعالجة (فى المدينة) حيث تستخدم معدات التهوية (Aierators) لجعل المواد الصلبة تظل عالقة وتحد من الرائحة بالإضافة إلى الاقلال من الأكسجين الحيوى. وذلك حيث أن تكاليف الطاقة يمكن أن تغطيها مميزات النمو والتكاثر البيولوجى للكائنات الحية الدقيقة والتى تضيف إلى كفاءة وحدة المعالجة.



شكل (١/٥) أنواع أحواض التسوية

وبما يعمل على التخلص من المركبات الكيماوية المتطايرة. يمكن استخدام الغازات العادمة للخلط فى حالة عدم إضافة مواد ملوثة لمياه الصرف. الغازات العادمة المحتوية على كميات كبيرة من ثانى أكسيد الكربون تستخدم للخلط ولتعادل مياه الصرف القلوية.

تصميم وحدة التسوية:

الحالة المثالية هو أن يبدأ تصميم وحدة التسوية بدراسة تفصيلية لمعرفة طبيعة مياه الصرف وتغيراتها، حيث تشمل الدراسة جميع البيانات عن كلا من التدفقات

والملوثات ذات الأهمية. تكاليف الدراسة تمثل جزء صغير من إجمالى تكلفة الإنشاء ولكنها تمثل قيمة بالنسبة لتكلفة التصميم الإجمالية. تكلفة الدراسات فى مراحل التصميم الأولية تساعد فى خفض التكلفة الكلية للإنشاءات وذلك فى حالة قيام مهندسى التصميم بالفحص الجيد للمتغيرات لتحقيق أقصى كفاءة للتصميم.

الإعتبار الأول فى تحديد البيانات المطلوب جمعها هو تأثير مياه الصرف على المكان الذى سيتم الصرف عليه (مسطحات مائية أو شبكة صرف صحى). القياس الهام هو معدل التدفق الكمى (Mass Flow Rate). لذلك فإن البيانات التى يلزم قياسها هى معدلات التدفق والتركيزات (الأكسجين الحيوى BOD، المواد الصلبة العالقة...الخ) والتى يتم إجراءها فى توقيتات متتالية وليست فى توقيتات عشوائية كما هو متبع فى حالات أخرى. لذلك فإن البرنامج يجب أن يحتوى على العدد الكافى من العينات ليمكن توفير البيانات الإحصائية اللازمة، كما يجب مراعاة الآتى عند تحديد عدد العينات:

- البيانات الدورية حيث يلزم جمع ما لايقل عن ورديتين.
- يجب أن يكون الفاصل بين البيانات مختلف بما يوفر الكشف عن القيم العالية القصوى (Peak) أو المنخفضة.

عندما تكون الاعتبارات الموسمية هامة فإنه يجب عمل ما لايقل عن برنامج عينات فى كل موسم.

وفى كل الحالات فإن دواعى حدود الوقت للتصميم لاتسمح بهذه الطريقة لأخذ العينات حيث أدنى مدة يوصى بها لأخذ عينات مياه الصرف الصناعى هى أسبوع واحد وذلك للبيانات المتغيرة (مثال: الأكسجين الحيوى، المواد الصلبة العالقة) والتى تجمع على فواصل زمنية من ٢-٣ ساعة. البرنامج الذى يوفر من ٥٠ إلى ١٠٠ عينة يحقق أدنى كفاية للتعرف.

الميزان المادى: Material Balance – ملحق (جـ)

إن تقنية التصميم الأولى والهامة هى محاكاة عمل الحوض وذلك بعمل ميزان مادى عبر الوحدة لفترات زمنية منفصلة (At) وهذه الطريقة تفترض:

- أن الحوض تام المخلط أى أن التركيزات الخارجة من الحوض تساوى التركيزات الداخلة إلى الحوض.
- أن المواد لاتتفاعل.
- أن التغذية للحوض متقطعة (Batch Feed).

والفرضية الثانية يمكن إهمالها إذا كان معدل التفاعل بطئ وإذا حدث تغير بسيط فى التركيز بسبب هذا التفاعل خلال زمن المكث فى الحوض (Detention Time) المقدر. أما إذا كان التفاعل واضح ويمكن تقدير معدله، فإنه فى هذه الحالة يمكن إدخال التفاعل فى المحاكاة. ويمكن تحليل مفاعل مستمر التدفق بهذا النمط على شرط أن يكون زمن أخذ العينة صغيراً جداً وذلك لعمل التقريب المعقول فى التغيرات التى تحدث مع تغير الوقت بالنسبة للتركيز والتدفق.فى خطوات منفصلة.

ولتحديد متطلبات التسوية وخاصة عند التغير العشوائى فى كل من التدفق والتركيز فقد قام كلا من (Patterson And Menez) بعمل طريقة لهذا الغرض. حيث أمكن عمل ميزان مادى لحوض التسوية من المعادلة:

$$C, QT + C_0 V = C_2 Q T + C_2 V$$

حيث:

C_1 = التركيز الداخل إلى حوض التسوية خلال الفترة الزمنية لأخذ العينة (T).

Q = الفاصل الزمنى لأخذ العينة (ساعة مثلاً).

C_0 = التركيز فى حوض التسوية عند بدء توقيت أخذ العينة.

V = حجم حوض التسوية.

C_2 = التركيز للمياه الخارجية من حوض التسوية عند نهاية الفترة الزمنية لأخذ العينة.

وبفرض أن المياه الخارجة من حوض التسوية ثابتة التركيز خلال فترة زمنية واحدة. وهذا ينطبق عندما تكون الفترات الزمنية متباعدة نسبياً. المعادلة السابقة يمكن إعادة صياغتها لحساب تركيز المياه الخارجة من حوض التسوية بعد كل فترة زمنية:

$$C_2 = \frac{C_1 T + C_0 V / Q}{T + V / Q}$$

عندئذ يمكن حساب مجال التركيز للمياه الخارجة لأجل مجال أحجام التسوية V. يتم حساب معامل الذروة (PK-Peaking Factor) بالنسبة لتركيز وتدفق المياه الداخلة. معامل الذروة (PF) للمياه الخارجة لأغراض التصميم هو النسبة ما بين أقصى تركيز إلى متوسط التركيز.

<u>مثال لتصميم حوض التسوية:</u>

البيانات التالية تم الحصول عليها من مصنع خلال دورة إنتاج ٨ ساعات. كل فترة زمنية تمثل ساعة واحدة. تركيز المياه الخارجة لحجم التسوية لزمن مكث ٨ ساعات، ٤ ساعات موضح فى الجدول التالى (رقم ١)

obeikandl.com

الفترة الزمنية	معدل التدفق جالون / الدقيقة × ١٠$^{-٣}$	تركيز المياه الداخلة لمجرام/لتر	تركيز المياه الخارجية عند V لكل	
			١	٠,٥
١	١,٦	٢٤٥	١٨٧	١٩٨
٢	٠,٢	٦٤	١٨٥	١٩٣
٣	١,٠	٥٤	١٧٣	١٦٩
٤	١,٢	١٦٧	١٧٢	١٦٩
٥	١,٦	٣٢٩	١٩٤	٢٠٨
٦	٢,٠	٤٨	١٦٩	١٦٢
٧	١,٢	٥٥	١٥٧	١٤١
٨	١,٠	٣٩٥	١٧٩	١٨١
المتوسط	١,٢٢٥	١٧٨	١٧٨	١٧٨
معامل الذروة PF	١٠,٠	٨,٢	١,٠٩	١,١٧

$$V = \frac{\text{حجم حوض التسوية}}{\text{إجمالى حجم تدفقات مياه الصرف اليومى}}$$

ملاحظة: جالون/الدقيقة = ٣,٧٨ × ١٠$^{-٣}$ متر مكعب فى الدقيقة.

أما فى حالة زمن مكث ٨ ساعة فإن حجم حوض التسوية يمكن حسابه كالآتى:

١,٢٢٥ × ١٠^{٣} جالون/الدقيقة × ٦٠ دقيقة/الساعة = ٥٨٨ × ١٠^{٣} جالون (٢,٢٣ × ١٠^{٣} م^{٣})

تركيز المياه الخارجة من حوض التسوية بعد الفترة الزمنية الأولى هو:

$$C_2 = \frac{C_0 V/Q + C_1 T}{T + V/Q}$$

$$\frac{245 \times 1 + 178 \times 588\ (1.6 \times 60)}{1 + 5.88 / (1.6 \times 60)}$$

= 187 ملجرام/لتر.

obeikandl.com

بنفس الطريقة كل التركيزات التالية للمياه الخارجة من حوض التسوية يمكن حسابها كما هو موضح فى الجدول السابق.

يمكن حساب معامل الذروة (PF) لتركيز المياه الداخلة:

$$\text{معامل الذروة} = \frac{395}{48} = 8.2$$

معامل الذروة للمياه الخارجية مع زمن مكث ٨ ساعات هو:

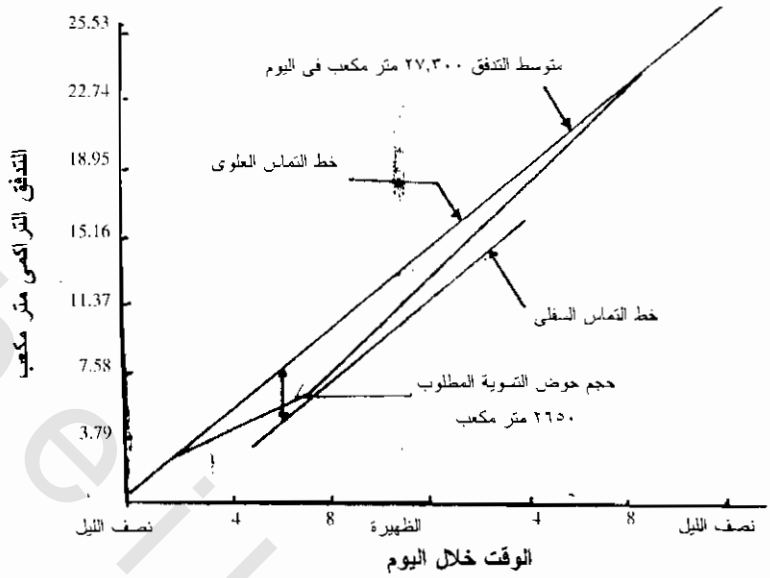
$$\text{معامل الذروة} = \frac{194}{178} = 1.09$$

نفس الطريقة يمكن أن تستخدم للتدفق لتسوية التدفق اللحظى وتركيز مياه الصرف، ولكن فى هذه الحالة يكون حجم حوض التسوية هو المتغير. وعند وجود تركيزات عالية فى ١% من الوقت ينشأ حوض لتلقى هذه التركيزات ذات التركيزات العالى آليا مثل (BOD، TOC، TSS) ودرجات الحرارة، المواد السامة.

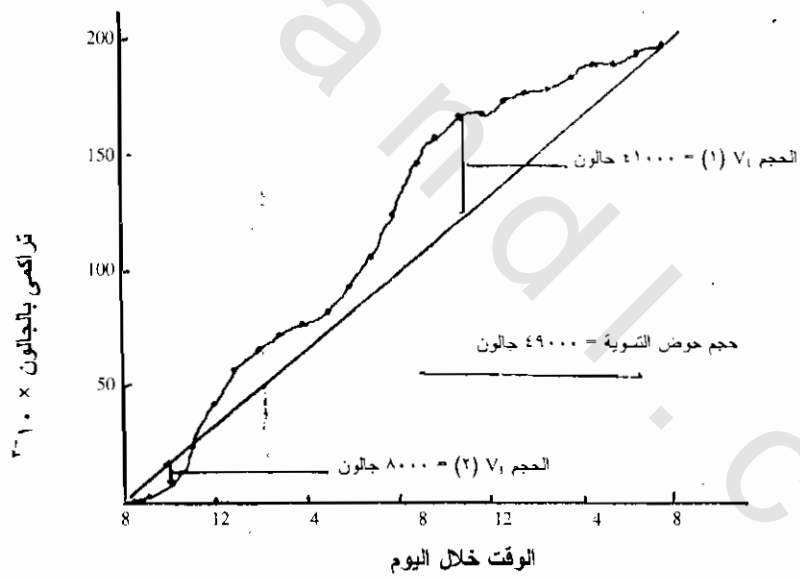
منحنى التدفق التراكمى: (Cumulative Flow Curve)

يمكن تعيين أحجام أحواض التسوية على أساس التدفق التراكمى أو مخطط الكتلة (Mass Diagram). هذه الطريقة معروفة جيدا حيث استخدمت لفترة طويلة لتعيين متطلبات التخزين للأحواض. تقنية المخطط تتكون من توقيع التدفق التراكمى مقابل الوقت لدورة واحدة كاملة (٢٤ ساعة بالنسبة لمحطات معالجة المحليات). يتم عندئذ توقيع خطين متوازيين مع الميول لتمثيل معدل الضخ من حوض التسوية، مع توقيعهم عندئذ مماسين لمنحنى التدفق التراكمى. حجم حوض التسوية المطلوب يكون عندئذ هو المسافة العمودية بين خطى التماس.

هذه الطريقة يمكن توضيحها بالمثال الجدول (٥/٢)، الشكل (٥/٢) المثال السابق بتوسط التدفقات فى الساعة مأخوذ من أحد المحطات.



شكل (٢/٥) منحنى التدفق التراكمى (متر مكعب × ١٣.١٥ = قدم مكعب)



شكل (٣/٥) تم توقيع البيانات فى الجدول (٣) كتجمع للتدفق الداخل

معدل المعالجة ١٩٩,٣٠٠ جالون فى اليوم، حجم حوض التسوية المطلوبه هو

٤١٠٠٠+٨٠٠٠ = ٤٩٠٠٠ جالون (١٨٦ متر مكعب)

بدء تراكم التدفق عند منتصف الليل وتم توقيع التدفق المتراكم كخط منحنى الموضح فى الشكل (٥/٢). متوسط التدفق لليوم يمثل بالخط خلال البدء (Origin) وقيمة ٢٤ ساعة تدفق تراكمى. يمثل الخط معدل ثبات التدفق من حوض التسوية. ميل معدل التدفقات الداخلة (الخط المنحنى) أقل من قيمة التدفقات الخارجة من ١ إلى ٩ بعد الظهر (a M): لذلك فإن الحوض يتم تفريغه خلال هذه الفترة الزمنية.

رغم أن الطريقة السابقة لاتوفر الحجم الصحيح للحوض للعلاقة بين التدفق والوقت ليوم معين، فإن التغير وكذا كمية التسوية المطلوبة تتغير من يولم إلى آخر. استخدمت هذه الطريقة من البيانات السنوية على أساس يوم بعد يوم. ولكن حجم الأحواض تغير عشرة أضعاف من ٦٧٠ إلى ٦٧٤٠ متر مكعب. حجم الأحواض لخمسة أيام تدفق مستمر كان أكبر ولكن التغير من أسبوع إلى آخر كان أقل. لسوء الحظ لا توجد طريقة سهلة لتعيين اليوم أو الأسبوع الصحيح.

ولكن توجد عدة طرق للتعويض عن هذه السلبيات، أحد هذه الطرق هو بتوفير سعة أكبر بما يعادل ٢٥% زيادة، وهناك آراء تقترح الزيادة فى حدود ١٢% تعتبر كافية.

بيانات التدفق كمثال جدول (٢)

التوقيت	معدل التدفق م٣/س	التدفق التراكمى (م٣)	التوقيت	معدل التدفق م٣/س	تدفق تراكمى (م٣)
منتصف الليل	٩٤٦	صفر	١ ظهر	١١١٠	١٢٨٣٠
١	٩٠١	٩٠١	٢	١٤٦٠	١٤٢٩٠
٢	٧٩٩	١٧٠٠	٣	١٣١٠	١٥٦٠٠
٣	٧٥٣	٢٤٥٣	٤	١٤٩٠	١٧٠٩٠
٤	٧٣٨	٣١٩١	٥	١٣٥٠	١٨٤٤٠
٥	٧١٩	٣٩١٠	٦	١١٠٠	١٩٥٤٠
٦	٧٤٩	٤٦٥٩	٧	١٣٧٠	٢٠٩١٠
٧	٧٨٠	٥٤٣٩	٨	١٤٢٠	٢٢٣٣٠
٨	١٠٠٠	٦٤٣٩	٩	١٣٧٠	٢٣٧٠٠
٩	١٣٧٠	٧٨٠٩	١٠	١١٠٠	٢٤٨٠٠
١٠	١٢٨٠	٩٠٨٩	١١	١٢٧٠	٢٦٠٧٠
١١	١٢٣٠	١٠٣٢٠	منتصف الليل	١٢٣٠	٢٧٣٠٠
الظهر	١٤٠٠	١١٧٢٠	---	---	---

يمكن أن يصمم حوض التسوية لتسوية التدفق أو التركيز أو كليهما. لتسوية التدفق فإنه يتم رسم بيانى لكل من التدفق التراكمى مع الوقت خلال فترة تسوية (٢٤ ساعة). أقصى حجم بالنسبة لخط التسوية الثابت هو حجم التسوية المطلوب كما فى الجدول (٣/٥) التالى:

الوقت	جالون/ق	جالون / س	عدد الجالونات × ١٠$^{-٣}$
٨	٥٠	٣٠٠٠	٣
٩	٩٢	٥٥٢٠	٨,٥
١٠	٢٣٠	١٣٨٠٠	٢٢,٣
١١	٣١٠	١٨٦٠٠	٤٠,٩
١٢	٢٧٠	١٦٢٠٠	٥٧,١
١	١٤٠	٨٤٠٠	٦٥,٥
٢	٩٠	٥٤٠٠	٧٠,٩
٣	١١٠	٦٦٠٠	٧٧,٥
٤	٨٠	٤٨٠٠	٨٢,٣
٥	١٥٠	٩٠٠٠	٩١,٣
٦	٢٣٠	١٣٨٠٠	١٠٥,١
٧	٣٠٥	١٨٣٠٠	١٢٣,٤
٨	٣٨٠	٢٢٨٠٠	١٤٦,٢
٩	٢٠٠	١٢٠٠	١٥٨,٢
١٠	٨٠	٤٨٠٠	١٦٣
١١	٦٠	٣٦٠٠	١٦٦,٦
١٢	٧٠	٤٢٠٠	١٧٠,٨
١	٥٥	٣٣٠٠	١٧٤,١
٢	٤٠	٢٤٠٠	١٧٦,٥
٣	٧٠	٤٢٠٠	١٨٠,٧
٤	٧٥	٤٥٠٠	١٧٥,٢
٥	٤٥	٢٧٠٠	١٨٩,٩
٦	٥٥	٣٣٠٠	١٩١,٢
٧	٣٥	٢١٠٠	١٩٣,٣

الجالون = ٣,٧٨ = ٣,٧٨ × ١٠$^{-٣}$ متر مكعب

ومن الشكل (٥/٣) فإن معدل المعالجة هو ١٩٣٣٠٠ جالون/اليوم أو ١٣٤ جالون فى الدقيقة (اليوم ١٤٤٠ دقيقة) أو ٥٠٧ لتر فى الدقيقة. والحجم اللازم لحوض التسوية هو ٤١٠٠٠ جالون + ٨٠٠٠ جالون = ٤٩٠٠ جالون أو (١٨٦ متر مكعب).

مثال آخر:

لزمن مكث ٤ ساعة أو ٨ ساعة فى حوض التسوية فإنه يمكن حساب حجم حوض التسوية وذلك بأخذ متوسط معدل التدفق فى الدقيقة لكل ساعة. ثم عمل متوسط لمعدل التدفق كما يلى:

إذا كان معدل التدفق خلال ٢٤ ساعة هو كما فى الجدول التالى بالجالون فى الدقيقة. من الجدول التالى يكون المتوسط = $\frac{١٢٦٠٠}{٢٤}$ = ٥٢٥ جالون فى الدقيقة.

∴ حجم حوض التسوية = ٥٢٥ × ٦٠ × ٤ = ١٢٦ × $١٠^{٣}$ جالون فى الدقيقة

= $\frac{١٢٦ \times ١٠^{٣} \times ٣,٧٨}{١٠٠٠}$ = ٤٧،٦٢٨ متر مكعب

ويفرض أن زمن المكث فى حوض التهوية للمعالجة البيولوجية هو ٨ ساعات فإنه يختصر عندئذ إلى ٤ ساعات على أساس توفر التهوية فى حوض التسوية.

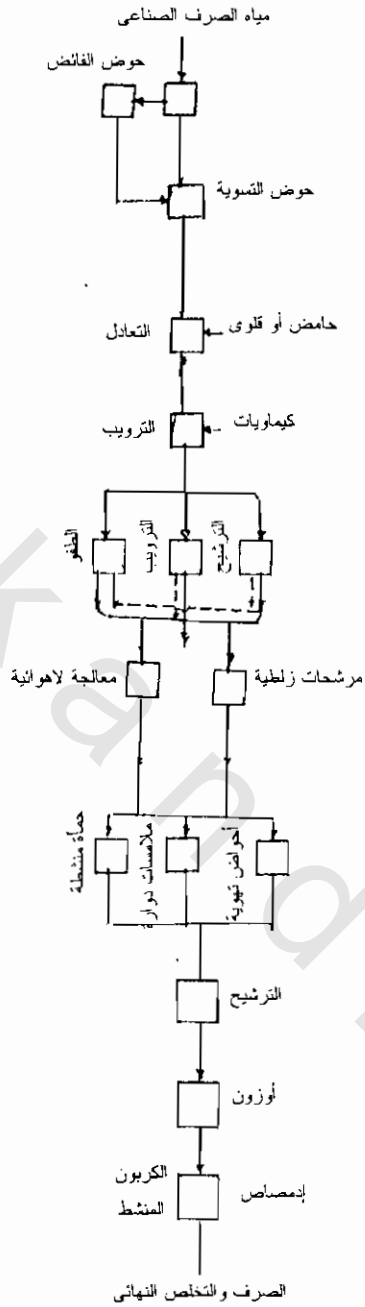
جدول (٤) لمعدل التدفق خلال ٢٤ ساعة بالجالون فى الدقيقة

التوقيق	جالون / ق	التوقيت	جالون / ق
٨	١٠٠٠	٨	١٠٠
٩	٨٠٠	٩	٢٠٠
١٠	٨٠٠	١٠	١٠٠

التوقيق	جالون / ق	التوقيت	جالون / ق
١١	٢٠٠	١١	٥٠٠
١٢	٦٠٠	١٢	٦٠٠
١	٤٠٠	١	٧٠٠
٢	١٠٠٠	٢	٥٠٠
٣	٤٠٠	٣	٣٠٠
٤	٣٠٠	٤	١٠٠٠
٥	٢٠٠	٥	٧٠٠
٦	٥٠٠	٦	٥٠٠
٧	٨٠٠	٧	٤٠٠

الشكل (٥/٤) يوضح وضع التسوية خلال بدائل نظم المعالجة لمياه الصـــرف الصناعى والتى سيتم تناولها فى الفصول التالية.

obeikandl.com



شكل (٥/٤) التسوية وبدائل طرق المعالجة لمياه الصرف الصناعى

obeikandl.com

ثانيا: فصل المواد العالقة Solid Separation

مقدمة:

إنه رغم وجود عمليات مختلفة فى معالجة مياه الصرف الصحى لإزالة المواد الصلبة العالقة وتركيزها. إلا أنه قد يكون من الضرورة إزالة مثل هذه المواد قبل الصرف على محطة الصرف الصحى. هذه المواد الصلبة يمكن أن تكون موجودة فى مياه الصرف الصناعى بكميات تعيق أداء محطة معالجة الصرف الصحى وكذلك نظام جمع المخلفات. يمكن أن تتأثر عملية المعالجة لمياه الصرف بالمواد الصلبة العضوية العالقة (وخاصة تلك القابلة للتعفن) والتى تزال مع الرمال فى محطة المعالجة، كما أن المواد الصلبة التى تلتصق بنظام المعالجة وتعيق التدفقات لكبر حجمها. بالإضافة إلى أن دخول التركيزات العالية من المواد الصلبة العالقة إلى محطة المعالجة يمكن يشكل أحمال زائدة على أحواض الترسيب. وبالمثل فإن المواد الصلبة الطافية العالقة يمكن أن تتراكم فى بيارة محطة الطلمبات حيث يصعب إزالتها. هذه المواد يمكن أن تسبب رائحة فى حالة تحللها بيولوجيا. وأخيرا فإن المعالجة المسبقة تكون مطلوبة أحيانا كوسيلة لإزالة مواد معينة تعيق أداء محطة معالجة ونظام التجميع للصرف الصحى للمحليات.

المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف:

المواد الصلبة العالقة الموجودة فى مياه الصرف تقسم طبقا للحجم وطبقا لعملية إزالتها كالآتى:

- *المواد كبيرة الحجم:* وهى التى لايقل قطرها عن ١ بوصة (٢٥ مليمتر) والتى تعيق التدفقات وعمليات المعالجة التالية.

- *الرمال (Grit):* وهى المواد العالقة التى ترسب بسرعة وهذه تشمل الرمال، الزلط وبعض المواد الأخرى عالية الكثافة.
- *المواد الصلبة القابلة للترسيب:* Settleable Solids وتشمل المواد التى ترسب من مياه الصرف فى إختبار قمع أمهوف (Imhoff) القياسى. المواد القابلة للترسيب هى أساسا جسيمات ذات قطر أكبر من ٠,٠٠١ مليمتر تقريبا (١ ميكروميتر). وهذه عادة لاتحتوى على الرمال أو ماشابه ذلك أو أى أجسام أكبر من بوصة واحدة فى القطر (٢٥ مليمتر).
- *مواد هلامية (غروية) (Colloids):* وهذه عبارة عن مواد عالقة ذات قطر ما بين ٠,٠٠٠١ مليمتر (أى من ٠,٠٠١ مليميكرون إلى ١ مليميكرون) وهى لاترسب بدون عوامل مساعدة للترسيب فى نظم المعالجة. هذه الجسيمات لها شحنات سطحية والتى يجب معادلتها ليمكن تجميع الجسيمات (Particle Agglomeration)، حيث يستخدم عادة التزغيب والترويب والترسيب. المروبات المستخدمة من الأملاح المعدنية غير العضوية والبولى اليكتروليتس لإزالة هذه المواد الهلامية.

المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف الصناعى يمكن أن تكون عضوية أو غير عضوية. ولكن يمكن أن تدخل الرمال إلى خطوط الصرف عند هطول الأمطار أو من عمليات الغسيل فى صناعة الورق ولب الورق، ومن الصناعات الغذائية وصناعات أخرى... الخ. قشور الصدأ من عمليات إعداد السطح فى صناعة الصلب (Pickling) لها صفات الرمال حيث أنها مواد غير عضوية وسريعة الترسيب كما أنها تزال فى عمليات المعالجة مثل إزالة الرمال فى محطات معالجة الصرف الصحى. المواد الصلبة القابلة للترسيب والمواد الهلامية (Colloidal) يمكن أن تكون كذلك عضوية أو غير عضوية وذلك طبقا لنوع الصناعة. هذا بالإضافة إلى أنه فى حالة استخدام مواد التشتت مثل مواد النشاط السطحى (المنظفات

الصناعية) فى العمليات الصناعية فإنه قد يسبب درجة ثبات عالية للمواد الصلبة العالقة بما يجعل من الصعب إزالتها.

تصنيف المواد الصلبة العالقة:

المواد الصلبة فى المياه وفى مياه الصرف تعرف بالمتبقى (Residue). إجمالى المتبقى (أو إجمالى المواد الصلبة) هو المادة المتبقية من العينة بعد تبخير المياه من العينة وجفاف المتبقى فى فرن عند درجة حرارة معينة. إجمالى المتبقى يشمل المتبقى الذى لايمر من المرشح وكذلك الذى يمر من المرشح. المواد الصلبة العالقة هى التى لا تمر من وسيلة الترشيح، أما المواد الصلبة المذابة فهى التى تمر من وسيلة الترشيح.

إجمالى المواد الصلبة العالقة (التى لاتمر من وسيلة الترشيح). تعين المواد الصلبة العالقة (TSS) بترشيح العينة خلال وسط ترشيحى وتعيين الوزن للمتبقى ثم التجفيف فى فرن تجفيف حتى ثبات الوزن. درجة حرارة تجفيف العينة هى عادة ١٠٣ إلى ١٠٥°م، ذلك رغم أن درجة حرارة أعلا يمكن أن تستخدم فى حالات خاصة. العينة التى يتم تجفيفها عند ١٠٣°م إلى ١٠٥°م تحتفظ بماء التبلر بالإضافة إلى المحتوى من بعض المياه الملتصقة ميكانيكيا. كفاءة الفقد فى ثانى أكسيد الكربون والمواد العضوية المتطايرة ضعيف عند درجة الحرارة هذه. العينات التى يتم تجفيفها عند ١٨٠°م تفقد كل المياه الملتصقة ميكانيكيا فى العينة، ولكن بعض مياه التبلر قد يظل فى المتبقى. الفقد لثانى أكسيد الكربون فى المادة العضوية يزداد مع زيادة درجة حرارة التجفيف.

تتوقف كمية إجمالى المواد الصلبة العالقة التى تقاس من عينة معينة إلى درجة كبيرة على ورق الترشيح المستخدم. ورق الترشيح من الصوف الزجاجى إستخدم لقياس المواد الصلبة العالقة لعدة سنوات كما أنه من المحتمل إستمرار استخدامه فى

openkanal.com

المستقبل. كمية المواد الصلبة المتبقية هى دلالة لقطر الفتحات فى ورق الترشيح والذى ما زال بدون مواصفات قياسية حتى الآن هذا بالإضافة إلى أن كمية المواد الصلبة العالقة التى يتم قياسها من عينة تتوقف على الخواص الطبيعية للمادة العالقة، سمك مادة الترشيح وكمية الحالة الطبيعية للمادة المتبقية على مادة الترشيح. هذا بالإضافة إلى أنه تعين أن وجود تركيزات عالية من المواد غير العضوية المذابة فى العينة يمكن أن يزيد من المواد الصلبة العالقة الكلية. فى مثل هذه الحالات فإن غسيل ورق الترشيح بحجم معين من المياه المقطرة قبل سحبها من جهاز الترشيح يمكن أن يصحح هذه المشكلة بغسيل المواد المذابة خلال ورق الترشيح. ولكن فى بعض الأحيان يمكن أن يسبب هذا الغسيل بالماء المقطر فى إزالة بعض المواد الصلبة العالقة الصغيرة جداً بما يسبب إنخفاض فى تركيز المواد الصلبة العالقة. ولذلك فإن عملية الغسيل هذه يجب أن يتقرر استخدامها فى كل حالة على حدة.

المواد الصلبة المتطايرة والمواد الصلبة الثابتة:

المواد الصلبة المتطايرة هى المواد المتطايرة فى المتبقى الذى لم يمر من ورق الترشيح، أما المواد الصلبة الثابتة فهى المواد الثابتة (غير المتطايرة) فى الراسب المتبقى على ورق الترشيح. هذه النوعيات من المواد الصلبة العالقة الكلية يتم تعيينها بالترشيح فى قرص ٢,٢٥سم (٠,٩ بوصة) لعينة كافية لترك ٢٠٠ جرام من المتبقى (مادة صلبة)، تجفيف المتبقى حتى الوزن الثابت لتعيين إجمالى المواد الصلبة العالقة، ثم حرق المتبقى عند درجة ٥٥٠°م. ووزن المتبقى بعد الحرق هو المواد الصلبة الثابتة (الجزء الذى لايتطاير). الفرق بين المواد الصلبة الثابتة وإجمالى المواد الصلبة العالقة هو الجزء الذى يمثل المواد الصلبة المتطايرة. فى

حالة الحمأة حيث اللزوجة العالية فإنه يتم تعيين إجمالى المـــواد الصلبـــة العالقـــة المتطايرة بتعيين إجمالى المواد المتبقية أو إجمالى المواد الصلبة المتطايرة.

طرق الإزالة للمواد الصلبة العالقة:

إختيار الطرق لإزالة المواد الصلبة العالقة يبنى على أساس الآتى:

- درجة الإزالة المطلوبة.
- تركيز المواد الصلبة فى مياه الصرف.
- التركيز النهائى المطلوب.
- حجم الأجسام العالقة، قابليتها للترســـيب، وطبيعـــة الترســـيب الحـــر أو بالمروبات.

التقنيات المستخدمة عادة لإزالة المواد الصلبـــة العالقـــة مـــن التدفقـــات ذات المحتوى من المواد الصلبة العالقة أقل من ١% (١٠٠٠٠ ملجـــرام/لـــتر) يمكـــن تصنيفها طبقا للآتى: لكل آلية للإزالة يتم كذلك تناول الطريقـــة المســـتخدمة فـــى المعالجة المسبقة.

- استخدام المصافى: وتشمل مصافى القضبان، المصافى صغيرة الفتحات.
- الإزالة بالجاذبية وتشمل:
- إزالة الرمال بالترسيب.
- الترسيب الحر بدون إستخدام كيماويات الترويب.
- الترسيب باستخدام كيماويات الترويب.
- الطفو (إما باستخدام الهواء المذاب أو الهواء الحثـــى (Induced) الـــذى يصاحبه عادة مساعدات ترويب.

obeikandl.com

- الترشيح: باستخدام الوسط الترشيحى الحبيبى أو باستخدام وسط ترشيحى مغطى بطبقة من مساعدات الترشيح من مواد التربة الدياتومية (Diatomaceous Earth).

١- الإزالة باستخدام المصافى: (Removal By Straining)

تستخدم المصافى الكبيرة الفتحات وذات الفتحات الصغيرة فى إزالة المواد الصلبة من مياه الصرف بحجزها. المصافى ذات الفتحات من ٣ مليمتر (٠,١٢٥ بوصة) أو أكثر تصنف كمصافى كبيرة الفتحات، بينما المصافى ذات الفتحات المطلوب أقل من ٣ مليمتر تصنف كمصافى ذات الفتحات الصغيرة. إتساع الفتحات المطلوب يتحدد طبقا للغرض من المصفاة، العمليات التالية للحجز بواسطة المصفاة، قفز الحبيبات التى يمكن للمصفاه حجزها بكفاءة.

المصافى ذات الفتحات الكبيرة: (Coarse Screens)

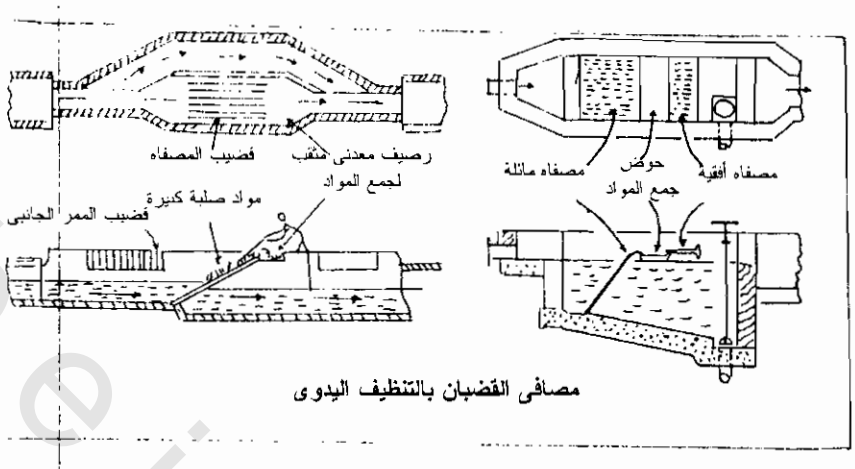
أكثر أنواع المصافى ذات الفتحات الكبيرة إستخداما هى مصافى القضبان (Bar Screens) والتى تستخدم أساسا لحماية المعدات تحت التيار من التلف أو خفض الكفاءة لوجود المواد الصلبة الطافية. تنشأ مصفاه القضبان فى قناه بزاوية ١٠ - ٩٠ درجة مع التدفق. الزاوية الأفقية الحادة هى تحت التيار. الاعتبارات التصميميه تشمل أبعاد القناه، الفواصل بين القضبان، عمق التدفق فى القناه، طريقة النظافة، طرق التحكم. يجب أن يوفر تصميم القناه سرعة تدفق من ٠,٣ إلى ٠,٩ متر فى الثانية (١ إلى ٣ قدم/الثانية) ذلك لتجنب الترسيب فى القناة، وكذلك لمنع المواد الصلبة العالقة من أن يتم حجزها بقوة بين القضبان. يجب أن تكون الفواصل بين القضبان متساوية حيث تكون من ٢٥ - ٥٠ مليمتر (١-٢ بوصة).

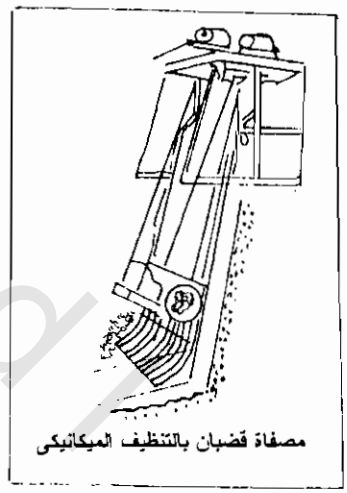
الفقد فى الضغط خلال المصفاه سيتغير طبقا لكمية وطبيعة المواد المحتجـــزة. تتراوح القيم التصميمية ما بين ٠,٢ إلى ٠,٨ متر بالنسبة للمصفاه النظيفـــة والتـــى يكون بها إنسداد جزئى. الفقد فى الضغط الناتج عن المصفاه النظيفة يمكن حســـابه من بيانات التدفق والمساحة المؤثرة لفتحات المصفاه (أى مجموع الفتحات العموديـة للمصفاة).

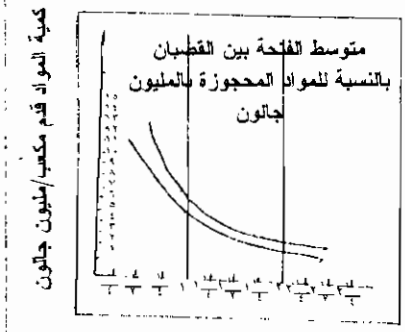
نظافة مصفاه القضبان يمكن أن تكون يدويا أو ميكانيكيا. النظافة اليدويـــة قـــد تكون مكلفة فى النظم الصغيرة، ولكن النظافة من آن إلى آخـــر قـــد ينتـــج عنـــها إضطراب (Surges) لسرعة عالية والذى يقلل من كفاءة مصفـــاه القضبـــان. ينفـــذ التنظيف الميكانيكيى باستخدام زحافات (Rakes) على سلاسل أو كوابل غير نهائية، يمكن نظافة المصافى إما من الأمام أو من الخلـــف شـــكل (٥/٥). يتـــم تشـــغيل الزحافات بمحرك كهربى والذى يتم حمايته بتجهيزات (Overload). تتحرك الزحافة فوق وبين القضبان، حيث ترفع المواد التى يتم إصطيادها إلى رصيف علوى فـــوق المنشأة. بعض المصافى تجهز بقضبان منحنية والتى يتم تنظيفها باستخدام زحافـــة دوارة. التحكم فى النظافة الميكانيكية يمكن أن يكون بواسطة ضوابط ميقاتيـــة، أو بالتشغيل الميكانيكى طبقا للفرق فى الضغط. التشغيل الميكانيكى يقلل من تكـــاليف العمالة، يوفر تدفق مستمر بحالة أفضل، يوفر حجز أفضل، يقلل من المضايقات.

المصافى ذات الفتحات الصغيرة: (Fine Screens)

المصافى ذات الفتحات الصغيرة الأكثر استخداما هى المصفـــاة الأســـطوانية الدوارة (Rotary Drum Screen)، المصفاه الهزازة، المصفاة المماسـة (Tangential Screen)، والتى تستخدم لإزالة الجسيمات الصغيرة غير المروبـــة وكذلـــك غـــير الغروية أو الهلامية.







شكل (٥/٥) أنواع المصافى وكفاءة الحجز

مصفاة الأسطوانة الدوارة التى تنشأ على القناه وتعمل شبه مغمورة، ولها مصفاه دائرية دوارة والتى تدور حول محور أفقى شكل (٥/٧). كقاعدة يدخل السائل من مركز الأسطوانة ويتدفق محيطيا خلال المصفاه، ترسب المواد الصلبة على نسيج المصفاه. أحيانا يتدفق هذا السائل من المحيط الخارجى للأسطوانة حيث ترسب فى قادوس لسحب المياه منها (Dowatering) والتخلص النهائى، ولاستعادة المواد الوسيطة. أما فى حالة التدفق من الخارج فإن المواد الصلبة تحجز على السطح الخارجى للأسطوانة حيث يتم إزالتها بريش القصابية. كما يستخدم دفق الماء (Water Jets) لتنظيف المصفاة ولمنع الإنسداد. التنظيف يمكن أن يكون مستمرا أو متقطعا. يمكن استخدام الغسيل العكسى بزيادة الفرق فى الضغط (فقد الضغط). أحد مميزات الأسطوانة الدوارة هى الفقد القليل فى الضغط أو متطلبات طاقة التشغيل. الفقد فى الضغط خلال المصفاه يشمل الدخول والخروج يختلف ما بين ٣٠٠ إلى ٤٠٠ مليمتر (١٢ إلى ١٩ بوصة). الفقد فى الضغط خلال المصفاه نفسها يجب ألا يزيد عن ١٥٠ مليمتر (٦ بوصة). تصنع المصافى عادة من الصلب المقاوم، برونز المنجنيز، نيلون البولى إستر، أو نسيج من أسلاك سبيكة. الفتحات تختلف عادة من ٠,٠٢ إلى ٣ مليمتر (٠,٠٠٠٨ - ٠,١ بوصة). لاتتوقف الإزالة الكلية للمواد الصلبة على قطر الفتحات، حيث طبقة المواد الصلبة المحتجزة توفر الآلية الميكانيكية لإزالة الحبيبات الصغيرة. قطر الأسطوانات يتراوح من ٠,٩ إلى ١,٥ متر (٣ إلى ٥ قدم)، الطول من ١ إلى ٤ متر (٤ إلى ١٢ قدم)، معدل الدوران هو تقريبا أربع لفات فى الدقيقة.

المصافى من النوع الدوار المجهزة بمصفاة أو نسيج بفتحات ما بين ٠,٠٣، ٠,٠٩ ميكرومتر/المليمتر المربع (٢٠، ٦٠ ميكرومتر / البوصة المربعة) تستخدم كذلك فى الحجز الميكرونى (Micro Straining). مثل هذه المعالجة لازالة المواد الصلبة تستخدم عادة فى التشطيب النهائى (Final Polishing) وليس فى المعالجة المسبقة.

النوع الآخر من المصافى هو المصافى الثابتة أو المماسة:

Tangential or Static Screens

وهذا النوع من المصافى يعتبر من المصافى صغيرة الفتحات المستخدمة فى المعالجة المسبقة لإزالة المواد الصلبة شكل (٥/٥). تتكون المصفاة من سطح مقعر يكون من عدة قضبان بفواصل متساوية عمودية على إتجاه تدفق المياه، عادة الفواصل ١,٥ مليمتر (٠,٠٦ بوصة). فوق المصفاه يوجد صندوق تمرير على طول عرض المصفاه بمدخل، يمكن أستخدام حائل (Baffle) لخفض إضطراب التدفق على المصفاه. المواد ذات الحجم الزائد تتحرك على سطح المصفاه حيث تجمع ويتم صرفها عند القاع بطرق مختلفة (مثال: فى حوض باستخدام ناقل حلزونى). يمر السائل خلال المصفاه حيث يتم صرفه خلال مخرج منفصل. بالإضافة إلى كونها ذات التنظيف الذاتى فإن المصفاه الثابتة أو المماسة لها ميزتين وهما التهوية لمياه الصرف وعدم وجود أجزاء متحركة. قد تحتاج المصفاه إلى الغسيل اليومى لمدة حوالى خمسة دقائق بالبخار أو بالماء الساخن لمنع التراكم والتعمية بالشحومات. عادة تكون الوحدة من الصلب المقاوم ولكن فى حجره (Housing) من الصوف الزجاجى.

المصفاه الهزازة: Vibratory Screen

المصافى الهزازة مفيدة فى الصناعات المستخدمة لكميات كبيرة من المياه. كمثال فى الصناعات الغذائية، حيث سحب المياه من المواد الصلبة (Dewatering) يكون مطلوب إما للصرف أو لإستعادة المادة الوسيطة. يوجد نوعين أساسيين من المصافى الهزازة: وهما تلك ذات التغذية المركزية وذات النهاية المستطيلة للتغذية، يتم صرف المواد الصلبة فى حلزون فى إتجاه المركز (Center) أو المحيط. فى النوع الثانى، تصرف المواد الصلبة على طول المصفاه فى إتجاه النهاية المنخفضة.

٢- الإزالة والتخلص بالجاذبية:

يمكن إزالة المواد الصلبة العالقة بالجاذبية، وذلك طبقا لإستعداد الأجسام الصلبة لترسب أو تطفو فى حالة السكون. حيث المواد ذات الكثافة الأكبر من كثافة الماء ترسب وتلك ذات الكثافة أقل من كثافة الماء تطفو.

أ- إزالة الرمال: (Grit Removal)

الرمال هى مواد صلبة غير متعفنة ذات سرعة رسوب أكبر من المواد الصلبة المتعفنة. توجد طريقتين للإزالة وهما التحكم فى السرعة والتهوية، فى حالة إستخدام التحكم فى السرعة لإزالة الرمال، فإنه يتم ذلك بضبط مقطع قناه التدفق تحت التيار بما يوفر سرعة تدفق ثابتة تقريبا خلال مرحلة التدفق حيث يتغير عمق التدفق فى القناه مع التغير فى الحجم. تجهيزات التحكم مثل الهدارات النسبية (Proportional Sutroweirs) التى توضع فوق السطح السفلى لقناة التدفق بمسافة ١٥ - ٣٠ سم (٦-١٢ بوصة) وذلك لتوفير الحجز للرمال ومنع إعادة حركة وتعلق الرمال المترسبة ثانيا.

السرعة هى حوالى ٠,٣ متر فى الثانية (١ قدم فى الثانية) والتى توفر الترسيب للرمال ولكنها فى نفس الوقت تحمل الأجسام الخفيفة من المواد العضوية كما تعمل على إعادة حركة وتعلق الذى يرسب منها. النظافة عموما تتم بالطرق الميكانيكية حيث تتم باستخدام ساعات ميقاتية. لايوصى باستخدام المعدات ذات الحركة المستمرة لتجنب البرى والتلف بفعل الرمال.

يمكن كذلك استخدام بثق الهواء (Diffused Air) فى حوض حجز الرمال لإزالة الرمال. حيث الأجسام الثقيلة ترسب والأجسام العضوية الخفيفة تطفو بفعل الهواء. معدلات الهواء الموصى بها هى ٥-١٢ لتر فى الثانية لكل متر طولى من

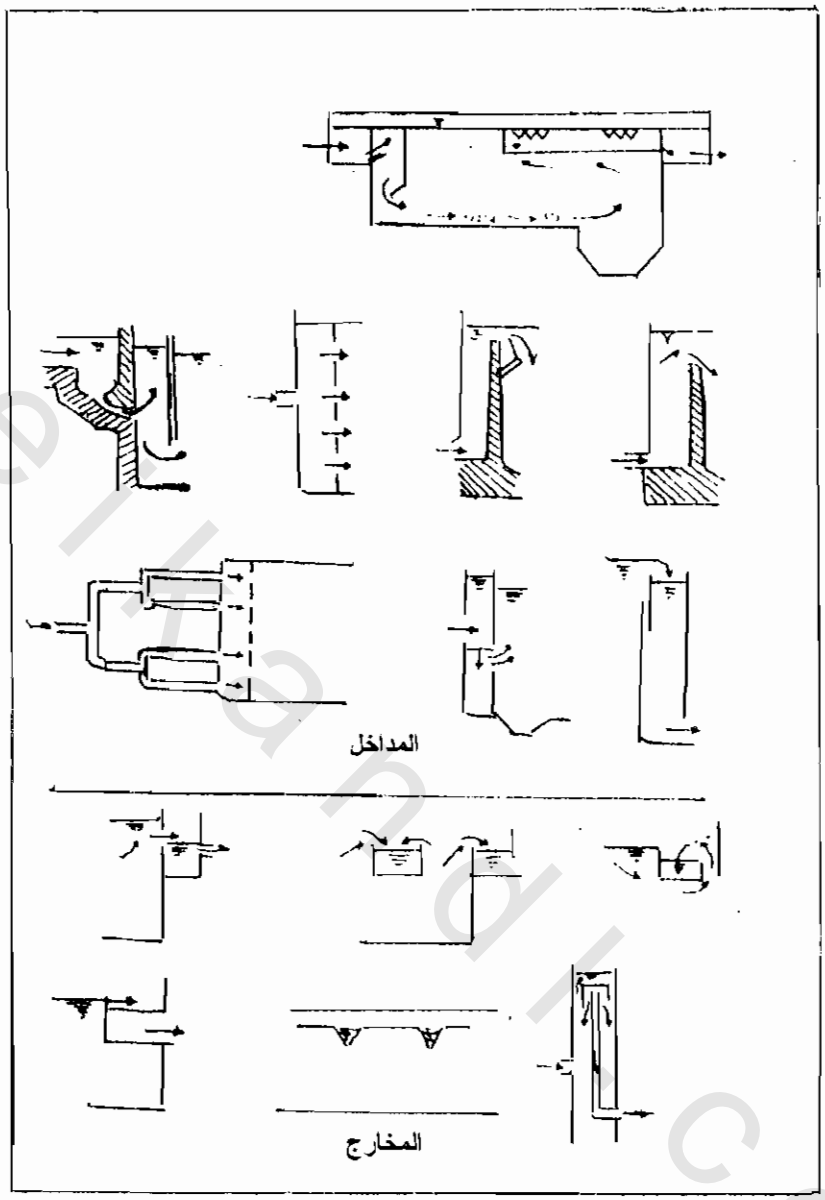
الحوض (٣ إلى ٨ قدم مكعب/الدقيقة/القدم) مع مراعاة توفير متطلبات التغير فى تدفقات الهواء. المعدلات العالية يجب أن تستخدم فى الأحواض ذات المقطع الكبير. زمن المكث للإزالة المؤثرة يتراوح ما بين ٣،١ دقائق عند أقصى معدلات التدفق. يجب أن يصمم مدخل ومخرج غرفة (حوض) حجز الرمال لمنع قصر المسافة شكل (٥/٦). يجب دخول المياه مباشرة إلى حالة الدوران الناتجة عن بثق الهواء، كما يجب أن يكون المخرج بزاوية عمودية نسبة إلى المدخل. يجب تجنب المساحات الميتة وذلك من خلال التصميم الهندسى لجمع الرمال ومعدات بثق الهواء. يوصى باستخدام التنظيف الميكانيكى.

تتأثر سرعة الترسيب بحجم وكثافة حبيبات الرمال وكذلك بدرجة الحرارة لمياه الصرف. يبنى التصميم على أساس كثافة الرمال ٢,٦٥ ودرجة حرارة مياه الصرف ١٦°م. ولكن مياه الصرف قد تختلف كثيرا عن هذه الخواص. تصمم كلا من أحواض حجز الرمال بالترسيب وبالتهوية على أساس التدفقات عند الذروة لتوفير الانتظام فى إزالة الرمال خلال مجال متسع من التدفق.

٣- *الترسيب الحر: (Plain Sedimentation)*

فى الترسيب الحر يتم الإحتفاظ بالسائل فى مرحلة ترسيب حر طويلة بما يكفى لترسيب المواد الصلبة العالقة ذات سرعة الترسيب البطيئة. وهذه المواد الصلبة العالقة تكون ذات كثافة نوعية أقل من كثافة الرمال ولذلك تتطلب وقت أطول لترسب.

المعايير التصميمية تشمل المساحة السطحية لحوض الترسيب، زمن المكث، عمق الحوض، معدل التدفق خلال الهدار.

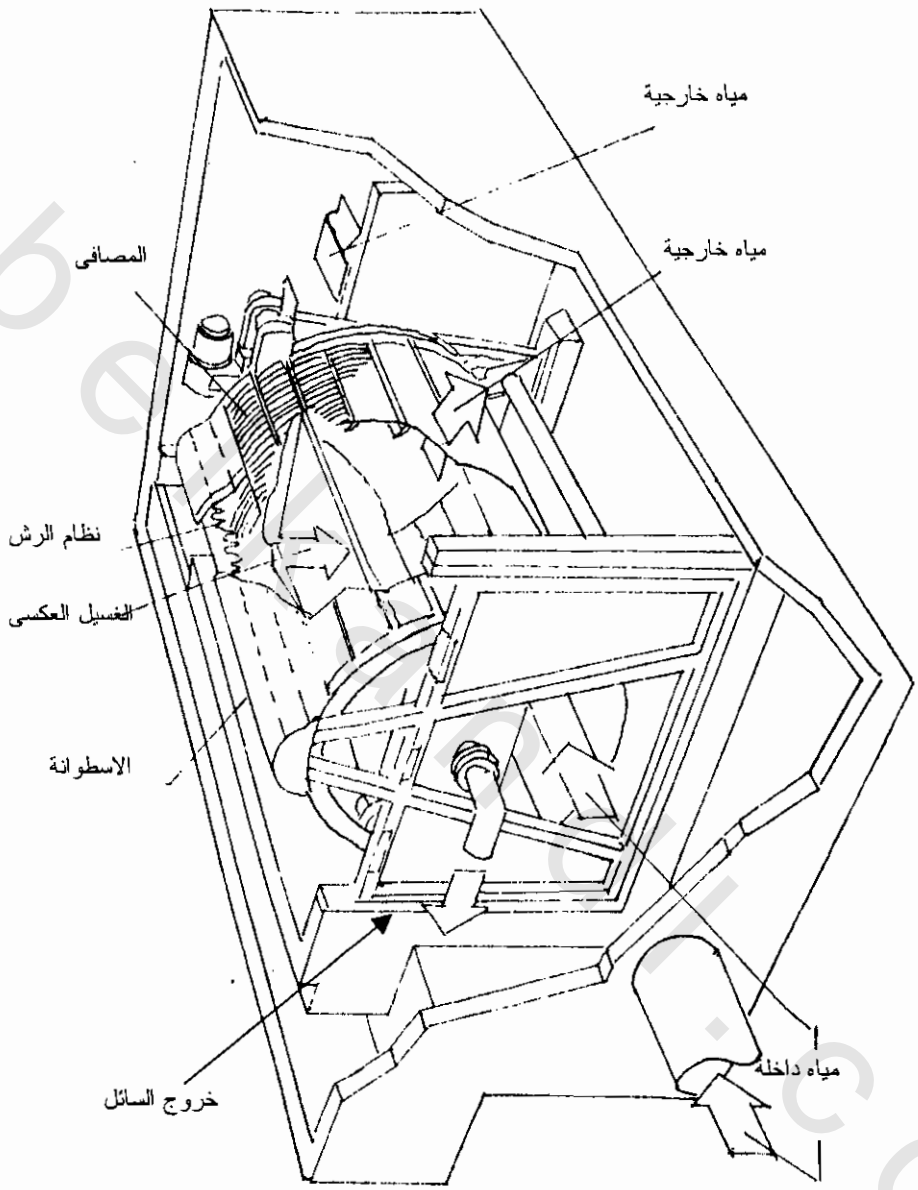


شكل (٦/٥) المداخل والمخارج لأحواض من الترسيب

معدل التحميل السطحى هو معدل مياه الصرف خلال المساحة السطحية لحوض الترسيب. القيم المثالية هى من ٢٤ إلى ٣٣ متر مكعب/المتر المربع فى اليوم (٦٠٠ إلى ٨٠٠ جالون / القدم المربع فى اليوم) عند معدل تدفق متوسط. بعد تعيين المساحة السطحية للحوض فإنه يمكن تعيين زمن المكث بعمق الحوض. أحواض الترسيب الأولية عادة تتطلب زمن مكث من ٩٠ إلى ١٥٠ دقيقة عند متوسط معدلات التدفق. يتراوح عمق الحوض ما بين ٢ إلى ٥ متر (٦ إلى ١٥ قدم) والمستخدم عادة هو ٤ متر (١٢ قدم). يكون من الضرورى توفير العمق الكافى لمنع إعادة الحمل على طول قاع الحوض وكذلك لتجميع المواد الصلبة المترسبة، ولكن المبالغة فى مكث المواد الصلبة المترسبة يمكن أن ينتج عنه حالة لاهوائية. تحميل الهدار الموصى به هو تقريبا ١٢٤ متر مكعب/اليوم للمتر الطولى (١٠٠٠ جالون/ اليوم / القدم) عند تدفق متوسط.

إنشاءات الحوض فى حالة المعالجة المسبقة لمياه الصرف قد تختلف ما بين الحفر فى التربة إلى منشأ خرسانى أو من الصلب. شكل الحوض يمكن أن يكون دائرى أو مستطيل. ملحق (هـ) بعض نماذج لأحواض الترسيب.

الأحواض الدائرية يمكن تغذيتها من المنتصف أو أن تكون التغذية محيطية فى حالة المروق بالتغذية من المنتصف (من المركز) شكل (٥/٧) فإن المياه الداخلة إلى البئر الدائرى تتوزع بالتساوى فى جميع الإتجاهات. تجهيزات النظافة (أو قصابية الحمأة الرأسية ذات ٢-٤ ذراع) تحمل من عامود الإدارة المركزى وتدور ببطئ. كذلك يمكن أن يحمل على الأزرع ريش كشط المواد الطافية. تصميم التغذية المحيطية تشمل وجود حائل (Baffle) دائرى محمل قريبا من جدار الحوض. تدخل المياه مماسة إلى أسفل ثم تتدفق فى شكل حلزونى حول الحوض. المياه الرائقة تتدفق خلال هدار مركزى والخبث والدهون تظل على سطح الفراغ المحيطى.



شكل (٧/٥) المصفاة دقيقة الفتحات

تصمم الأحواض المستطيلة بقنوات دخول عبر نهاية المدخل وقنوات خروج المياه عند المخرج. معدة إزالة المواد المرسبة (الحمأة) يمكن أن تكون زوج من الناقلات اللانهائية أو السلاسل الملتصق بها زحافات خشبية. الزحافات والسلاسل تتحرك على طول قاع الحوض بسرعة بطيئة ما بين ٠,٠١ إلى ٠,٠٢ متر فى الثانية (٢-٤ قدم فى الدقيقة) حيث تجمع المواد الصلبة المترسبة فى قواديس. هذا بالإضافة إلى أن الخبث الطافى يتم تحريكه بواسطة الألواح الخشبية العائدة حيث يجمع عند نهاية الحوض.

التجهيزة التبادلية للنظافة هى الكوبرى المتحرك أعلا وأسفل الحوض على قضبان محملة على الحوائط الجانبية. للكوبرى واحد أو أكثر من ريش القصابية والتى ترتفع فوق الحمأة عند رحلة العودة. يمكن كذلك إزالة الخبث الطافى برش الماء أو بالقصابيات المتصلة بالكوبرى.

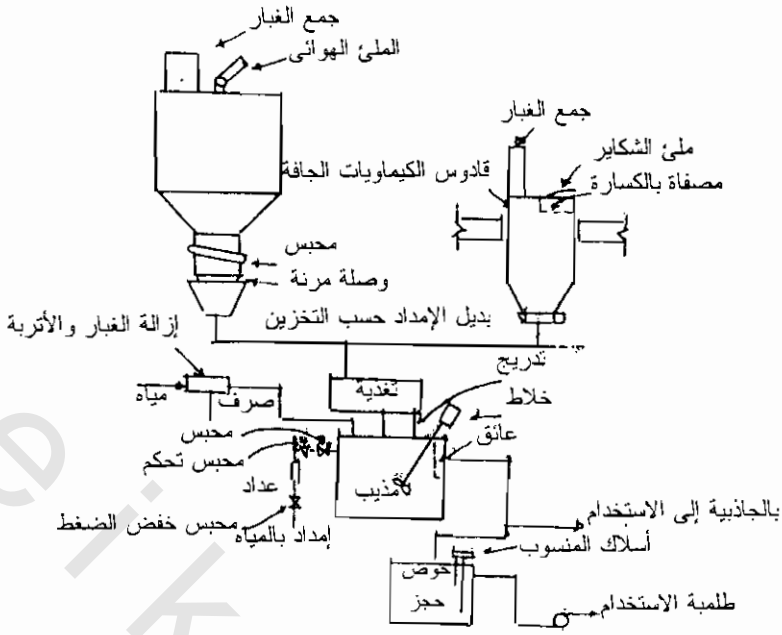
٤- الترويب الكيماوى: (Chemical Coagulation)

يمكن زيادة كفاءة الترسيب بالجاذبية بإضافة الكيماويات إلى مياه الصرف وذلك لالتصاق أو تجمع المواد الصلبة العالقة صغيرة الحجم والجيلاتينية أو الهلامية لتكون فى شكل زغبات عالقة (Floc's) أكبر يمكن التخلص منها بالترسيب أو الترسيخ. يحدث التزغيب الذاتى (Flocculation) بالخلط فقط بينما التزغيب الحثى يحدث (Induced) من الإضافة لكيماويات الترويب ويليها الخلط. الكيماويات المستخدمة هى كيماويات الترويب ومساعدات الترويب. كيماويات الترويب عبارة عن كيماويات أيونية بسيطة (Simple Electrolytes) تذوب فى الماء، وهى مواد غير عضوية ذات وزن جزيئى منخفض حامضية أو قلوية أو من الاملاح المتعادلة. أكثر الكيماويات إستخداما كمروبات هى أملاح الألومنيوم والحديد والكالسيوم وبالتحديد الآتى:

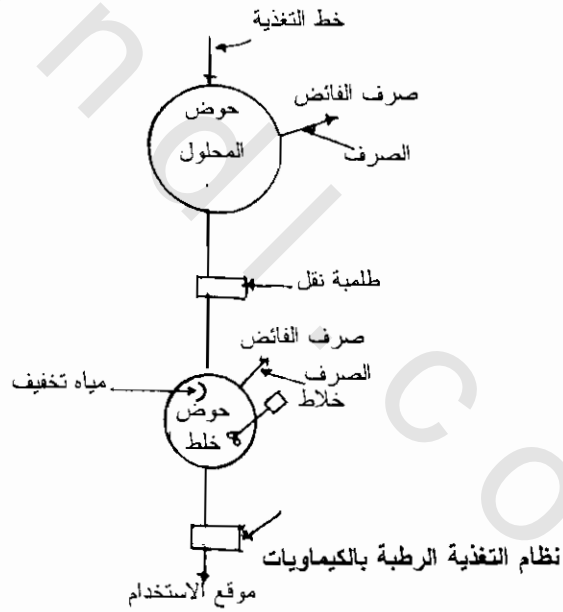
الجير المطفى $(CacOH)_2$، الشبه $AL_2 (SO4)_3$، كلوريد الحديديك ($Fe\ Cl_3$)، كبريتات الحديدوز $Fe_2(SO4)_3$، ألومينات الصوديوم ($NaALO_3$). أما بالنسبة لمساعدات الترويب فهى تشمل جزئيات عضوية ذات التسلسل الطويل من البلمرات أو الإلكتروليت. كما أن البولى اليكتروليتس (Polyelectrolytes)، البنتونايت، السيليكا المنشطة من مساعدات الترويب المستخدمة عادة. افضل طريقة مؤثرة ومفيدة لتعيين المروب أو مادة مساعدات الترويب لتعيين الجرعة وكذلك أفضل رقم هيدروجينى هو بعمل الإختبار القياسى للقنينه (Jar Test) مع قياس جهد زيتا (Zeta Potential) لمياه الصرف شكل (٤) الملحق (أ) مكونات نظام إضافة الكيماويات يشمل إمكانيات التخزين للكيماويات، تغذية الكيماويات، خلط الكيماويات، الخلط السريع للكيماويات مع الصرف، التزغيب.

تصمم نظم التغذية بالكيماويات للكيماويات الجافة، المحاليل السائلة. المروبات فى الشكل الجاف يتم تحويلها عادة إلى المحلول أو المستحلب قبل خلطها مع مياه الصرف. بعض المروبات مثل كبريتات الألومنيوم (الشبة) غير عدوانية فى الحالة الجافة ولكنها تصبح عدوانية فى الحالة السائلة، لذلك فإن معدات تداول هذه الكيماويات يجب أن تكون مقاومة للتآكل. (الكيماويات المستخدمة فى المعالجة الكيماوية ملحق (هـ).

التغذية الجافة بالكيماويات شكل (٥/٨) تتكون من القادوس، مغذى، حوض للإذابة، كما يجب أن يراعى فى التصميم خواص الكيماويات المستخدمة وأدنى وأقصى تدفق لمياه الصرف. بعض الكيماويات تتطلب التقليب أو الإهتزاز لتوفير إستمرار التدفق. التغذية الجافة يمكن أن تكون حجمية أو وزنية. تستخدم التغذية الوزنية عندما تكون الدقة مطولبة. البلمرات يصعب إذابتها ونظرا لإختلاف خواصها فإنه لايوجد نظام موحد للإذابة والتغذية، ولذلك فإن المنتج هو الذى يفيد فى هذا المجال. ولكن النظام الأكثر شيوعا هو حوض الإذابة المجهز بخلاط وطلمبة قياس . كما يلزم بلل المسحوق قبل دخوله إلى الحوض لإختصار زمن الخلط.



نظام التغذية بالكيماويات الجافة



شكل (٥/٨) التغذية الجافة والتغذية الرطبة بالكيماويات

فى نظام التغذية السائلة تستخدم طلمبة أو السحب الدوار (Rotating Dipper) للكيماويات ذات الثبات والتى يتم التغذية بها فى الحالة السائلة، أو فى حالات عدم الرغبة فى تداول الكيماويات الخطرة أو المسببة للأتربة أو عندما تكون المادة الكيماوية متاحة فقط فى الحالة السائلة. الطلمبات المستخدمة عادة هى ذات الدافع (Piston)، ذات الرداخ موجبة الإذاحة، وطلمبات الرداخ المتوازن (Balanced). التحكم فى التغذية بالكيماويات يمكن أن يكون يدوى، بالتحكم الآلى طبقا لمعدل التدفق، أو كلا الطريقتين.

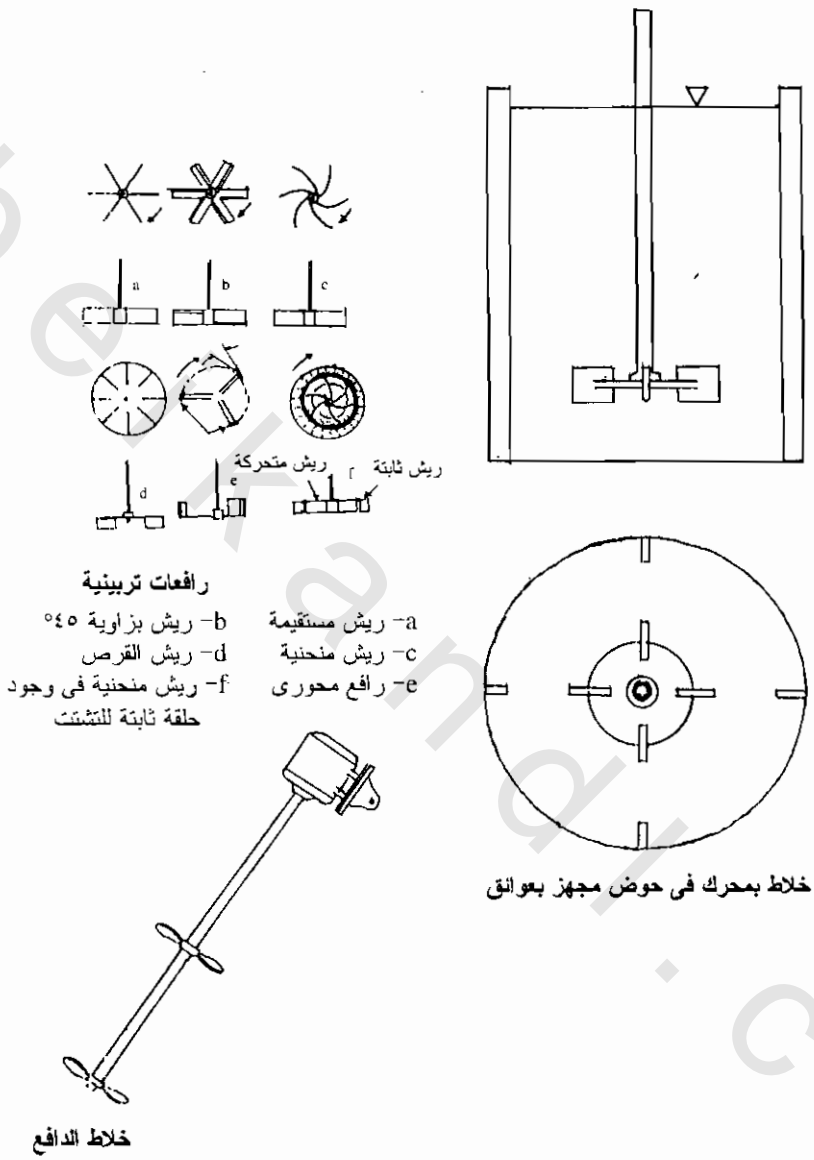
من الأهمية البالغة سرعة إنتشار المادة الكيماوية خلال مجرى التدفق لمياه الصرف لتوفير التقليب الكافى وزمن الخلط، حيث يتم ذلك عادة فى أحواض الخلط كما أن خطوط سحب وصرف الطلمبات استخدمت كذلك بنجاح.

يتم الخلط السريع بخلاط مجهز بريش الخلط بعيدا عن مركز حوض الخلط يلى الخلط السريع الخلط البطئ حيث تسمح مساحة الخلط البطئ بتكون الزغبات نتيجة تجمع الجسيمات الصغيرة جدا. زمن المكث للتزغيب يكون ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة عند تصميم التدفق.

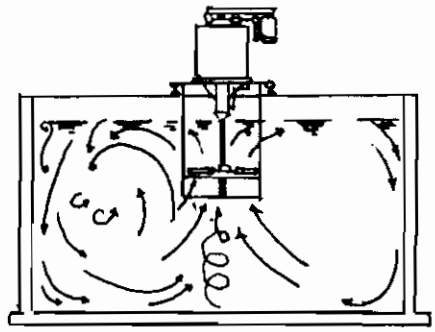
الطاقة اللازمة لإحداث التدرج المطلوب فى السرعة للتزغيب يمكن توفيرها بالطرق الهيدروليكية أو الميكانيكية أو باستخدام الهواء. بفضل إستخدام التقليب الميكانيكى، حيث أنه يوفر توزيع منتظم للطاقة بما يحد من حدوث تفتت للزغبات المتكونة. أشكال (٩، ١٠، ١١، ١٢/٥).

٥- الطفو: (Flotation)

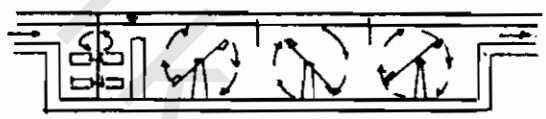
الطفو هو العملية التى بها نفصل المواد الصلبة العالقة أو الأجسام السائلة (كالزيوت) عن المجال السائل. (يتم الرجوع إلى فصل مناقشة الطفو لإزالة الزيوت). العوامل التى يجب مراعاتها عند التصميم تشمل ضغط التشغيل، نسبة الهواء إلى المواد الصلبة، زمن المكث لعملية الطفو، التحميل الهيدروليكى السطحى. يتم عمل الاختبار النصف صناعى (Pilot Testing) لتوفير البيانات التصميمية الصحيحة وخاصة فى حالة مياه الصرف الصناعى.



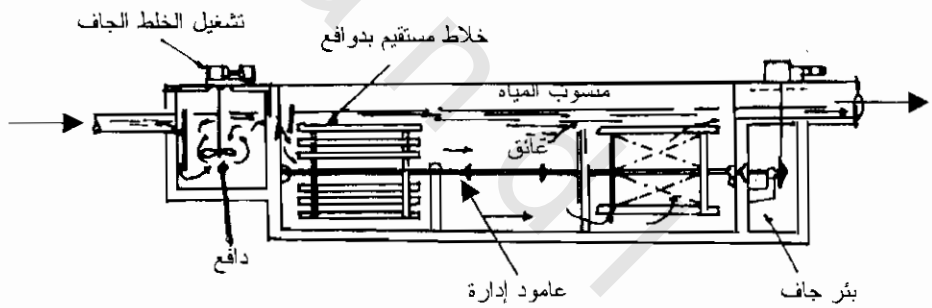
شكل (٥/٩) تجهيزات الخلط السريع



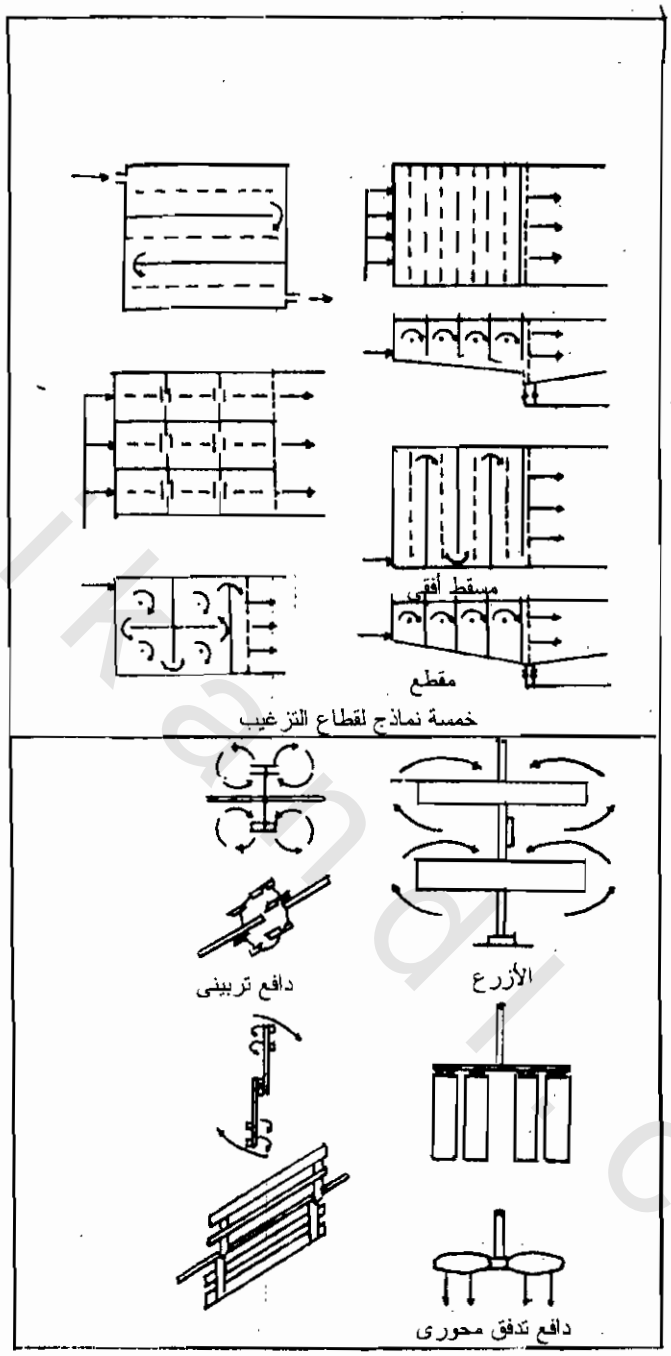
مزغب تربينى رأسى



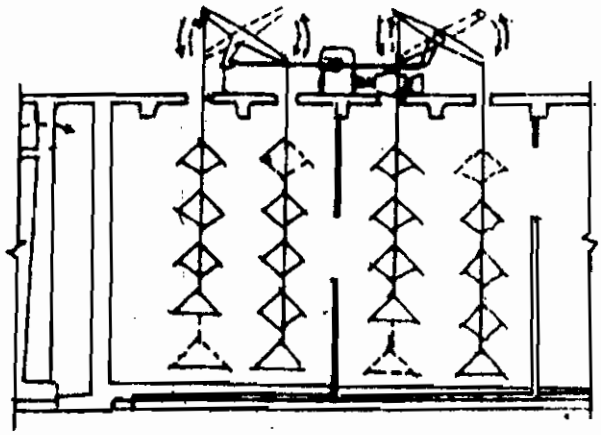
خلاط تربينى بعامود إدارة عمودى يليه تزغيب أفقى

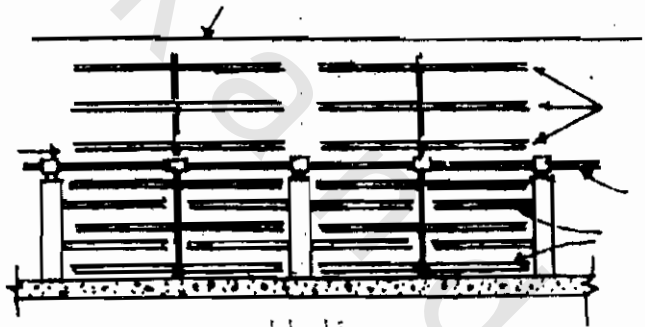


شكل (٥/١٠) الخلط البطئ

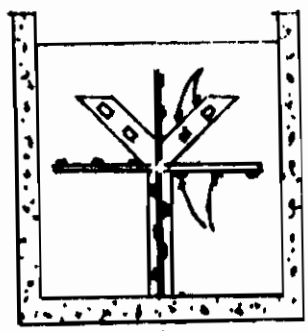


شكل (٥/١١) قلابات التزغيب الميكانيكى





مقطع طولى

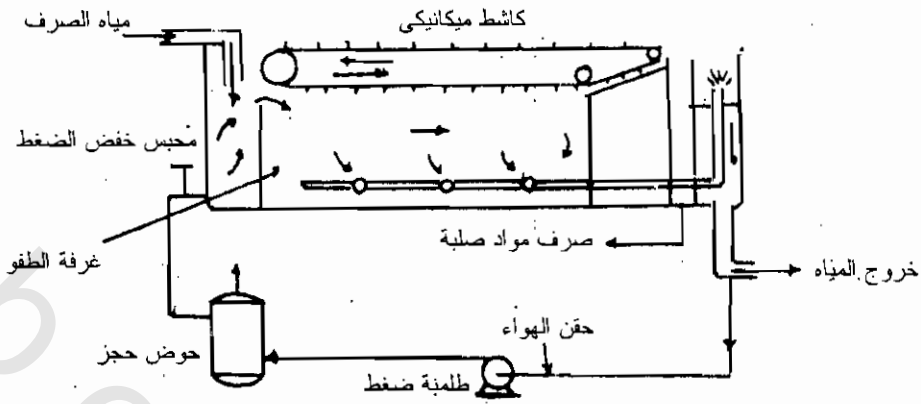


مقطع عرضى

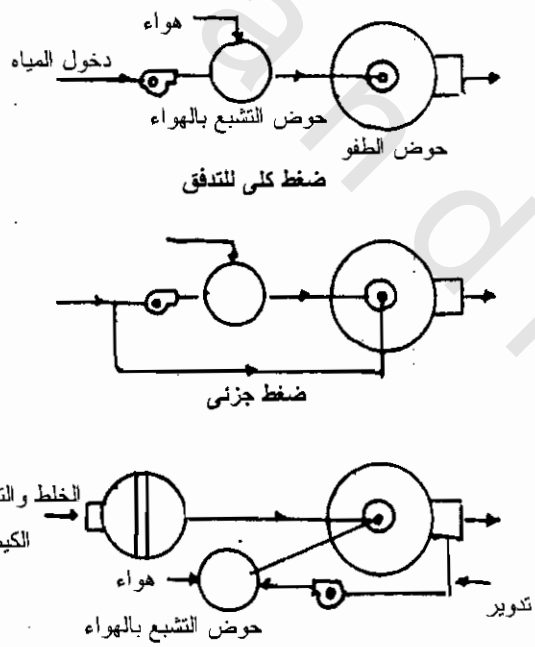
شكل (١٢/٥) مزغب الأزرع الدوارة

توجد طريقتين للطفو وهما الطفو بالجاذبية، الطفو بالهواء المذاب. الطفو بالجاذبية هو الميل الطبيعى للمواد الصلبة العالقة خفيفة الوزن والتى تسمى الخبث (Scum) للطفو على سطح السائل. هذه الظاهرة الطبيعية تستخدم فى حالة الترسيب. الطفو بالهواء المذاب حيث يتم حقن فقاعات الهواء الصغيرة فى السائل. الفقاعات التى تلتصق مع أو تحتجز الجسيمات العالقة، حيث تطفو إلى السطح مكونة طبقة يمكن إزالتها بعملية الكشط. مكونات الطفو بإذابة الهواء تشمل طلمبة ضغط، حوض حجز، محبس خفض الضغط، معدة حقن الهواء. وحوض طفو شكل (١٢، ١٣، ١٤/٥) يوجد نوعين من الطفو بالهواء المذاب. أحدهما بضغط تدفقات مياه الصرف مع الهواء عند ١٠٠ إلى ٣٠٠ كيلوبار (١-٣ ضغط جوى) ثم التحرر من الضغط إلى الضغط الجوى. الهواء المذاب الزائد عن التشبع عند الضغط الجوى عندئذ يتحرر فى شكل فقاعات صغيرة. والآخر هو الطفو بالتفريغ (Vacuum Flotation)، حيث يتم بتوفير تفريغ جزئى لمياه الصرف التى تشبعت بالهواء. التفريغ يقلل من إذابة الهواء، والذى ينطلق فى شكل فقاعات صغيرة. الطفو بالتفريغ أكثر صعوبة كما أنه ينتج مياه معالجة ذات نوعية أقل نسبة إلى الطريقة الأولى، لذلك فإنها لا تستخدم عادة.

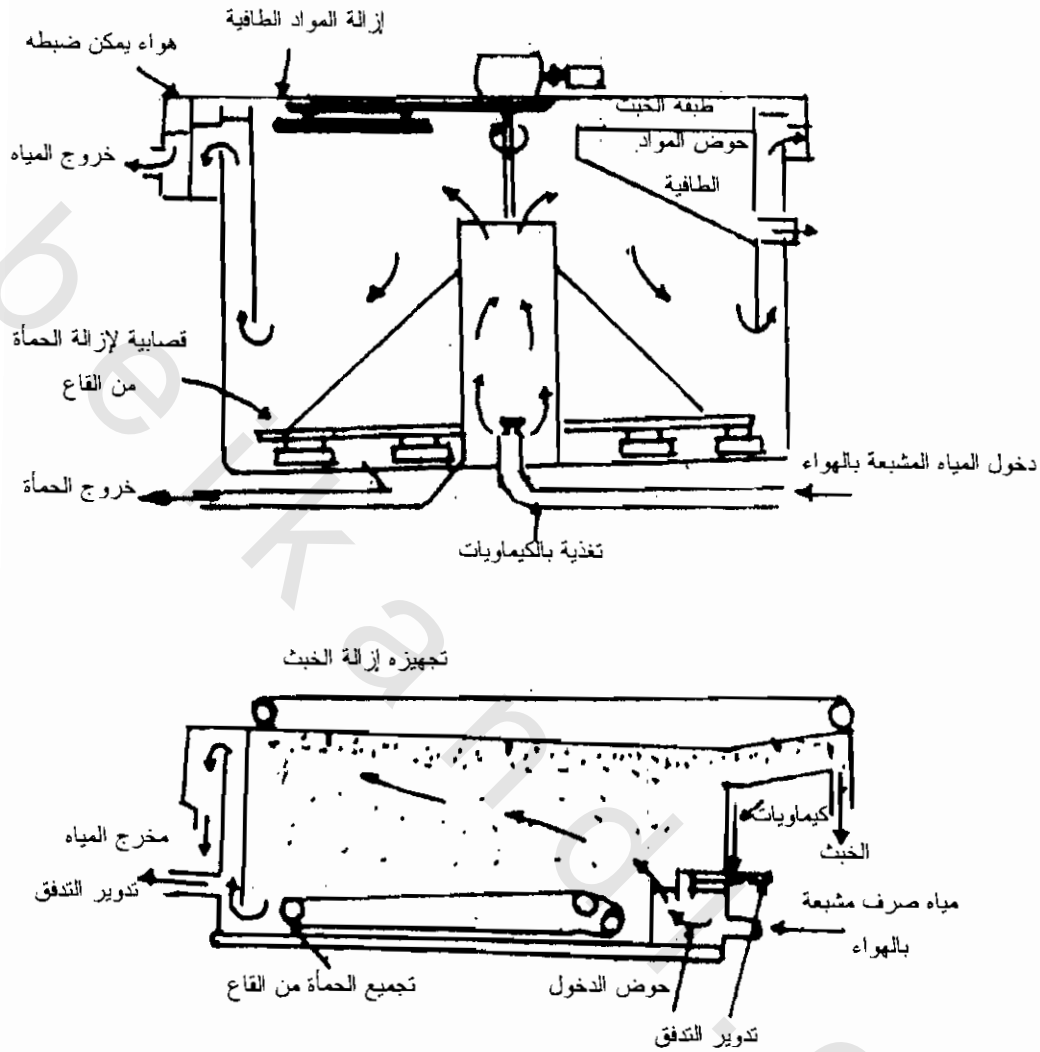
إضافة الكيماويات والتى تسبق أحيانا الترسيب والطفو قد تساعد فى إزالة المواد الصلبة العالقة. الكيماويات غير العضوية مثل الشبة وكلوريد الحديديك تساعد على تكون الزغبات. بعض الكيماويات العضوية تساعد على الطفو للمواد الصلبة العالقة وذلك بتغيير خواص السطح للمادة الصلبة. عندئذ فإن السائل أو فقاعات الهواء يساعد على التصاق فقاعات الهواء على المواد الصلبة العالقة.



شكل (٥/١٢) المكونات الرئيسية لوحدة الطفو بالهواء المذاب وتشمل طلمبة ضغط، حوض حجز، محبس خفض الضغط، معدة حقن الهواء، حوض الطفو



شكل (٥/١٣) مختلف درجات ضغط الحوض تتوقف على طبيعة المخلفات المطلوب إزالتها



شكل (٥/١٤) وحدات الطفو بالهواء الاسطوانية والمستطيلة

فى حـــالة إستخدام الإضافات الكيماوية للمساعدة فى تكوين الزغبـــات فإنـــه يفضل إستخدام حقن الهواء مع تدفقات تدوير المياه الخارجية. بعد إضافـــة الـــهواء المضغوط، فإنه يتم جمع هذه التدفقات فى حوض مكث (Retention Tank) لفـــترة طويلة كافية لإذابة الهواء. تتدفق مياه الصرف بعد ذلك خلال محبس خفض الضغط إلى حوض الطفو، المعد لجمع وإزالة المواد الصلبة التى ترسب وكذلك تلك التـــى تطفو.

٦- الإزالة بالترشيح: (Bemoval by Filteration)

يمكن استخدام الترشيح كعملية معالجة مسبقة لإزالة المـــواد الصلبـــة العالقـــة وخاصة عنـــدما يكون المطلوب الحصول على مياه ذات محتـــوى منخفـــض مـــن المواد الصلبة العالقة. الترشيح للمياه بعد المعالجة الأولية يزيـــل المـــواد الصلبـــة العالقة بكميات تعادل تقريباً الجزء الغير هلامى من المواد الصلبة العالقـــة. ســـيتم تناول الترشيح باستخدام الوسط الترشيحى الحبيبـــى وكذلـــك الترشـــيح باســـتخدام (Precoat Filteration).

الدراسة التفصيلية للترشيح متاحة فى مرجع تصميـــم محطـــات معالجـــة ميـــاه الصرف.

أ- الترشيح باستخدام الوسط الترشيحى الحبيبى: Granular Media Filteration

الترشيح بالوســـط الترشيحى الحبيبى يمكـــن أن يشـــمل الوســـط الترشـــيحى بالأحجام المتعددة أو بالحجم الواحد، وكذلـــك العمليـــات المســـتمرة أو المتقطعـــة للترشيح، وكذلك أنواع مختلفة من التدفق - الترشيح الرملى السريع والبطئ يعتـــبر غير مناسب لإزالة المواد الصلبة العالقة من مياه الصرف الصناعى بسبب متطلبات الصيانة المرتفعة وسرعة الإنسداد.

إستخدام الوسط الترشيحى المتعدد أو المزدوج هو الأكثر شيوعاً. هذه النظم تتكون من وسطين للترشيح أو أكثر مثل فحم الانثراثيت، الرمل، العقيق (Garnet) الذى له كثافة نوعية مختلفة. المرشحات تكون لها مساحات ذات تداخل طبقا للتدرج فى الحجم والكثافة للوسط الترشيحى المتعدد. المميزات النظرية للوسط الترشيحى المتعدد هو الإنخفاض المنتظم فى المسافة بين الحبيبات (Pore Space) مع زيادة عمق المرشح. حجم وعمق فحم الانتراثيت والرمل والعقيق يتغير طبقا للتحمل وقوة المواد الصلبة المطلوب إزالتها. التحميل السطحى المناسب يتناسب عكسيا مع الأحمال من المواد الصلبة العالقة. هذه الأنواع من المرشحات تتطلب معدلات عالية من الغسيل العكسى.

الإعتبارات التصميمية تشمل معدلات التحميل الهيدروليكى، نوع الوسط الترشيحى، نظام الغسيل العكسى، نظام التجميع والتوزيع، التحكم، تحسين الفقد الناتج عن الضغط. يفضل عمل تجارب نصف صناعية لتعيين قابلية مياه الصرف للترشيح. أقصى معدل ترشيح هيدروليكى يبنى على أقصى تدفق والتدفق التصميمى وتدفق مياه الغسيل العكسى من وحدة الترشيح. الأحمال الهيدروليكية تتراوح ما بين ١,٨ – ٦,٨ لتر / المتر المربع فى الثانية (٢,٧ – ١٠ جالون فى الدقيقة لكل قدم مربع). معدل غسيل المرشح يختلف ما بين ١٠ – ١٤ لتر على المتر المربع فى الثانية (١٥ – ٢٠ جالون فى الدقيقة على القدم المربع).

قطر حجم حبيبات الوسط الترشيحى يحدد إختراق المواد الصلبة فى المرشح. فى حالة زيادة قطر حجم حبيبات الوسط الترشيحى فإن المياه المرشحة تكون ذات نوعية متدنية، وفى حالة صغرها فإن المواد الصلبة تتراكم على السطح، بما يعمل على إختصار دورة الترشيح. الوسط الترشيحى بالشكل المستدير هو المفضل، حيث أنه يميل إلى الدوران أثناء الغسيل، ويحرك الحبيبات المجاورة ويحرر المواد الصلبة الملتصقة بسهولة. عمق المرشح يجب أن يكون أكثر من عمق الإختراق

بنسبة ٥٠ – ١٠%. الوسط الترشيحى صغير الحبيبات يجب أن يكون عمقه ١٥٠ مليمتر (٦ بوصة) أو أكثر وقطر الحبيبات يكون ٠,٣٥ مليمتر (٠,٠١٤ بوصة). قطر الحبيبات الكبيرة فى الوسط الترشيحى لايزيد عن ٢ مليمتر (٠,٠٨ بوصة).

عند الغسيل العكسى والنظافة، يحدث تمدد للحبيبات الصغيرة بنسبة ١٠%. من الناحية العملية عملية الترشيح تتطلب تدفق كلى للغسيل العكسى حوالى من ٣١٠٠ إلى ٤١٠٠ لتر / المربع (٧٥ إلى ١٠٠ جالون/القدم المربع)، وهذا التحميل مستقل عن معدل الغسيل العكسى. هذا بالإضافة أن الغسيل بالهواء (Air Scouring) يكون مطلوب عادة حيث أنه يعمل على غسيل وتقليب السطح وما تحت السطح لإزالة كرات الطمى. مياه الغسيل العكسى هى عموماً المياه المرشحة من المرشح.

التحكم يمكن أن يكون محلى يدوى، أو يدوى عن بعد (Remote) أو آلى. إشارة التحكم سواء كانت الفقد فى الضغط أو عكارة المياه المرشحة، قد تستخدم لإخراج المرشح من الخدمة، وغسيله، ثم الترشيح وصرف المياه المرشحة حتى تكون المياه المرشحة بحالة مرضية ثم عودة المرشح إلى الخدمة. النظم التقليدية تشمل نظام صرف سفلى لجميع المياه المرشحة وتوزيع مياه الغسيل العكسى. يجب أن يراعى فى التصميم ضرورة إضافة المروب.

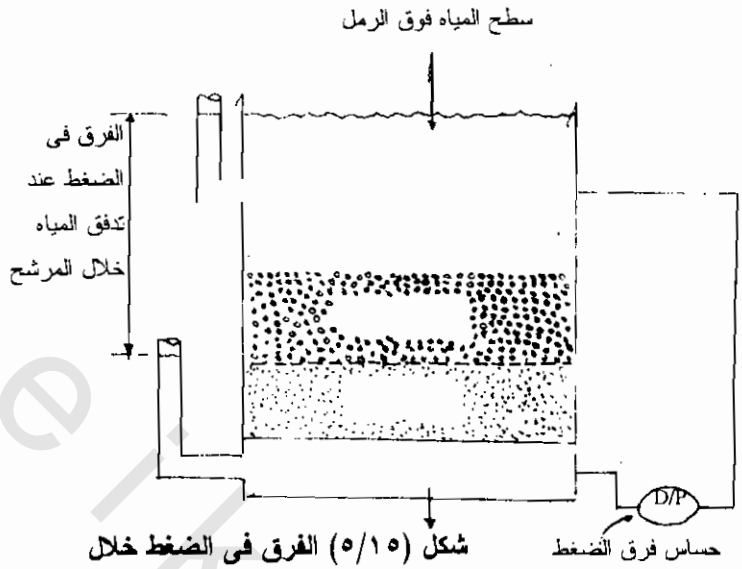
ب- الترشيح بالوسط الترشيحى المغطى: (Precoat Filteration)

مرشح الوسط الترشيحى المغطى هو أسطوانة دوارة – (Rotary Drum) عادة تستخدم لترشيح مياه الصرف المحتوية عل مواد صلبة صغيرة الحجم أو هلامية والتى يمكن أن تحدث إنسداد فى المرشح. الوسط الترشيحى يكون مغطى بطبقة مسامية من مساعد الترشيح مثل مواد التربة الدياتومية (Diatomacious Earth). عندئذ يتم ترشيح مياه الصرف تاركا طبقة رقيقة من المواد الصلبة. هذه المواد الصلبة والطبقة المسامية من مساعد الترويب يتم كشطها من الأسطوانة، مع

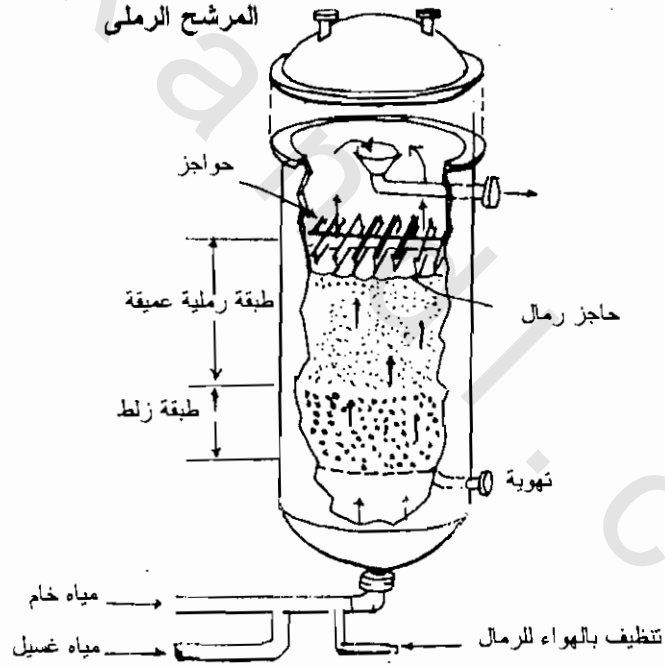
إستمرار تعرض سطح جديد من المادة المسامية لمياه الصـــرف. مرشـــح الوســـط الترشيحى المغطى قـــد يعمل كذلك بالضغط فى حالة النوع الذى يعمل بـــــالضغط، فإن مخلفات المواد الصلبة ومساعد الترويب المتجمع يزال من آن إلى آخـــر عنـــد الضغط الجوى بينما تدور أسطوانة المرشح مع مساعد الترشيح.

الأشكال أرقام (١٥، ١٦، ١٧، ١٨، ٥/١٩).

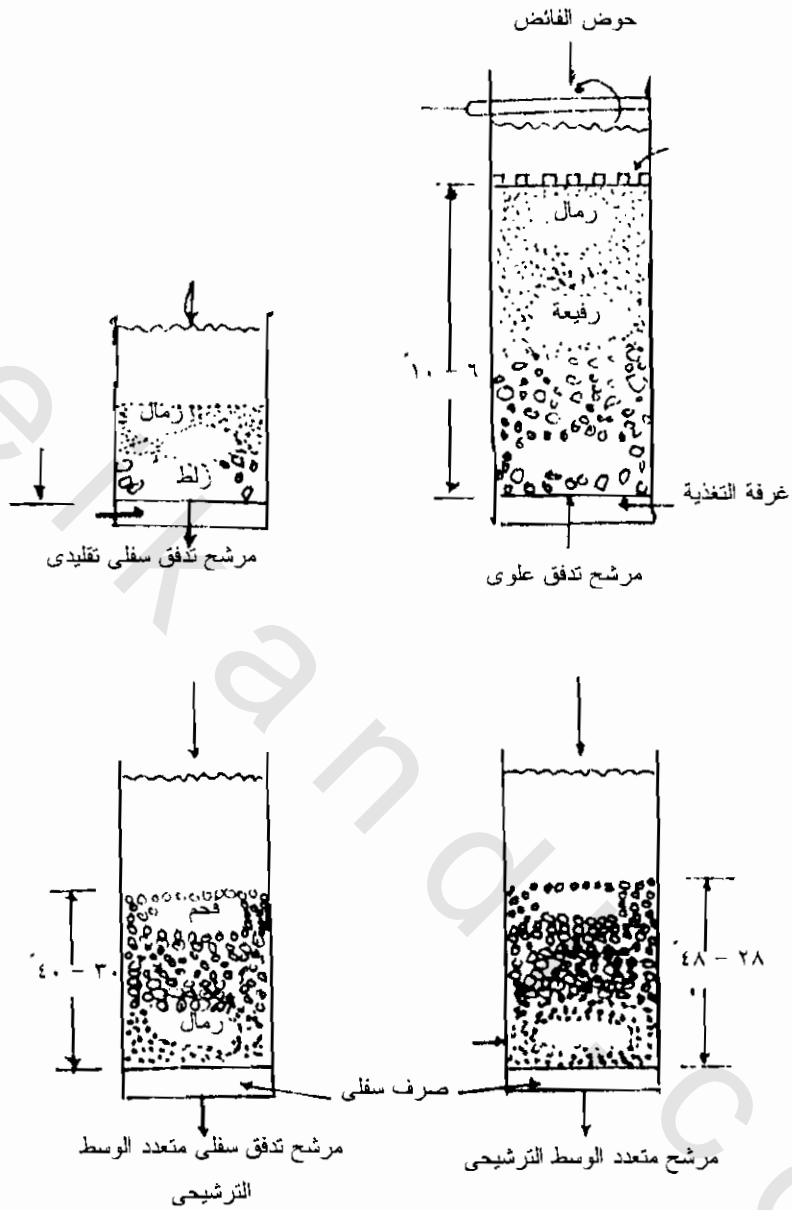
obeikandl.com



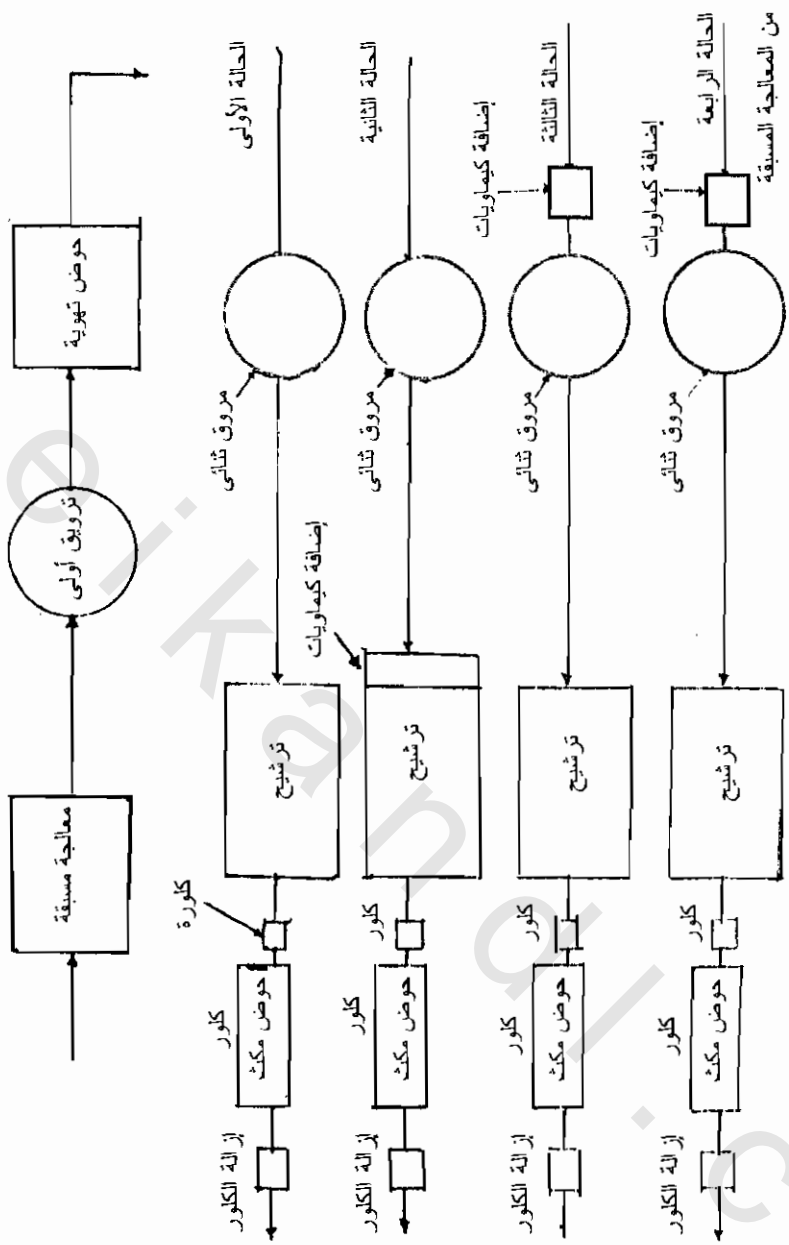
شكل (٥/١٥) الفرق فى الضغط خلال المرشح الرملى



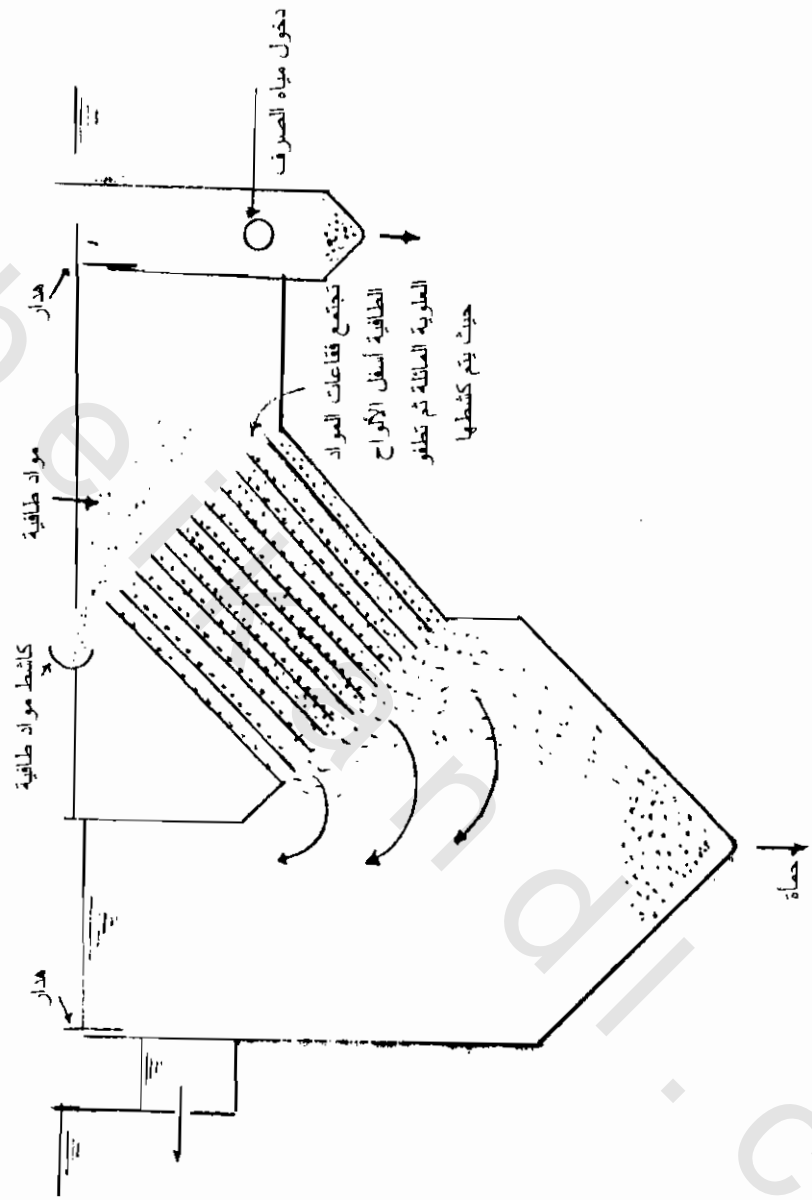
شكل (٥/١٦) مرشح التدفق العلوى



شكل (٥/١٧) أنواع المرشحات



شكل (٥/١٨) أربع نماذج ممكنة لاستخدام المرشحات فى إزالة المواد الصلبة العالقة



شكل (٥/١٩) حوض فصل المواد الطافية والعالقة بالأسطح المائلة