

الفصل الخامس  
المعالجة المسبقة والاولية  
لمياه الصرف الصناعي

١- التسوية لتنظيم التدفقات.

٢- فصل المواد العالقة.

## أولاً: التسوية لتنظيم التدفقات Flow Equalization

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

الغرض من التسوية لوحدّة المعالجة للصرف الصناعي 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 لوحدّة 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 وحدّة 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.

٧- الطرق المستخدمة في الخلط تشمل الآتى:

- أ- توزيع المياه الداخلية باستخدام الحوائط الحائلة (Baffles).
- ب- الخلط التريبينى حيث يدار المحرك بالماء أو الهواء.
- ج- التهوية ببثق الهواء (Diffused Air).
- د- التهوية الميكانيكية.

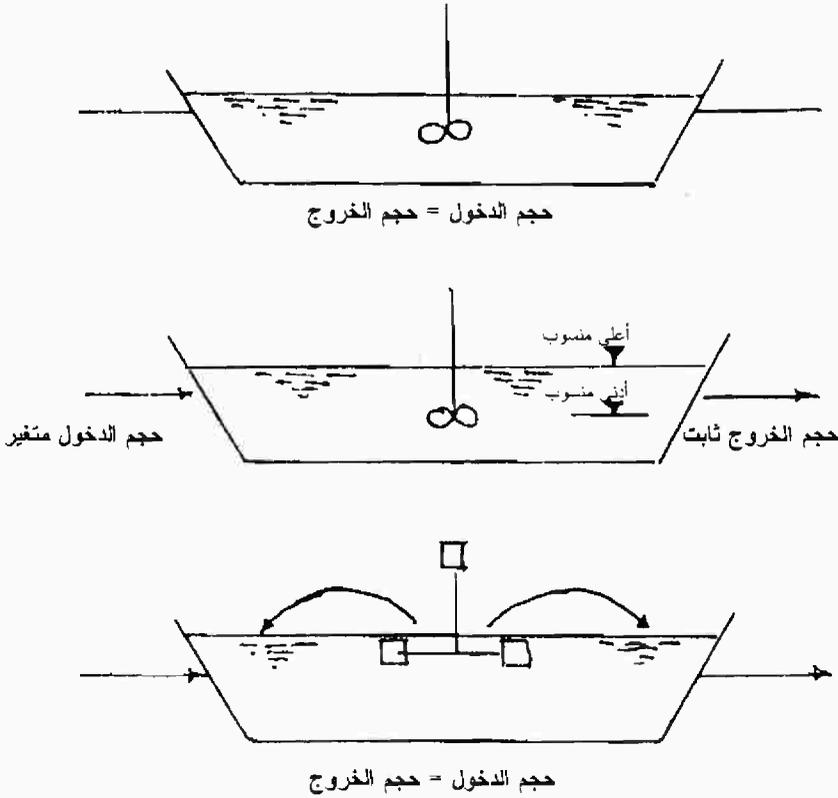
الطريقة العادية هي باستخدام الخلاطات المغمورة، كما قد تستخدم أجهزة التهوية السطحية وذلك في حالة مياه الصرف سريعة التحلل البيولوجى مثل مياه الصرف في صناعة البيرة، حيث تستخدم طاقة حوالى ١٥-٢٠ حصان لكل مليون جالون. (٠,٠٠٣ - ٠,٠٠٤ كيلوات/المتر المكعب). كمية الهواء المطلوبة في حالة التهوية ببثق الهواء هي تقريباً ٠,٥ قدم مكعب من الهواء/جالو من الماء (٣,٧٤ م<sup>٣</sup> 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 وهي المفضلة في 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 الميكانيكي فنظراً لكفاءته العالية فإنه يوصى باستخدامه في أحواض الترسيب الصغيرة مع مياه الصرف المحتوية على تركيزات عالية من المواد الصلبة القابلة للترسيب وكذلك المياه سريعة التغير في التركيز لمحتواها من المخلفات. ويتم إختيار الخلط الميكانيكي على أساس إختيار معملى لوحدة تجارب نصف صناعية (Pilot Plant) أو طبقاً لبيانات المنتج مع المحافظة على التماثل الهندسى ومعدل الطاقة لوحدة الحجم. ذلك لأن الطاقة الناتجة عن تكون الدوامة (Vortex) هي طاقة مهدرة. ويتم الإقلال من حدوث هذه الدوامة ما أمكن بوضع الخلط بعيد عن مركز الحوض أو بزاوية عمودية أو بتمديد الحوائط المانعة بعيد عن جدار الحوض.

يلزم أن يكون نظام التسوية مائل في إتجاه الصرف وكذلك التغذية لحوض المياه لا تكون بالخرطوم ولكن بالدفق (Flushing) بما يحد من الأثار 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 لا يكون هناك حاجة لها. العوامل التى تؤثر على هذا التحديد هى عوامل إقتصادية مقارنة بالبدائل الأخرى. التسوية توفر الأقتصاد فى تكاليف الإنشاء مع تبسيط أو عدم التعقيد فى عمل محطة المعالجة مع تحسين عملية التحكم وكذلك إحتمال خفض التكاليف للكيمياويات اللازمة. وفى حالات التسوية بالنسبة لمحطات المعالجة (فى المدينة) حيث تستخدم معدات التهوية (Aierators) لجعل المواد الصلبة تظل عالقة وتحد من الرائحة بالإضافة إلى الإقلال من الأوكسجين الحىوى. ذلك حيث أن تكاليف الطاقة يمكن أن تغطيها مميزات النمو والتكاثر البيولوجى للكائنات الحية الدقيقة والتي تضيف إلى كفاءة وحدة المعالجة.



شكل (٥/١) أنواع أحواض التسوية

وبما يعمل على التخلص من المركبات الكيماوية المتطايرة. يمكن استخدام الغازات العادمة للخلط في حالة عدم إضافة مواد ملوثة لمياه الصرف. الغازات العادمة المحتوية على كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون تستخدم للخلط ولتعاادل 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 توقيات متتالية وليست فى توقيات عشوائية كما هو متبع فى حالات أخرى. لذلك فإن البرنامج يجب أن يحتوى على العدد الكافى من العينات ليتمكن توفير البيانات الإحصائية اللازمة، كما يجب مراعاة الآتى عند تحديد عدد العينات:

- البيانات الدورية حيث يلزم جمع ما لا يقل عن ورتينتين.
- 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 لا يقل 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 (ج)

إن تقنية التصميم الأولى والهامة هي 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 لا تتفاعل.

- أن التغذية للحوض متقطعة (Batch Feed).

والفرضية الثانية يمكن إهمالها إذا كان معدل التفاعل بطئ وإذا حدث تغيير 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 التغييرات 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:

$$C_1 Q T + C_0 V = C_2 Q T + C_2 V$$

حيث:

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

Q = الفاصل الزمنى لأخذ العينة (ساعة مثلاً).

$C_0$  = التركيز في حوض التسوية عند بدء توقيت أخذ العينة.

$V$  = حجم حوض التسوية.

$C_2$  = التركيز للمياه الخارجة 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.

#### مثال لتصميم حوض التسوية:

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

تركيز المياه الخارجة عند V لكل		تركيز المياه الداخلة لمجرام/لتر	معدل التدفق جالون / الدقيقة $\times 10^{-2}$	الفترة الزمنية
٠,٥	١			
١٩٨	١٨٧	٢٤٥	١,٦	١
١٩٣	١٨٥	٦٤	٠,٢	٢
١٦٩	١٧٣	٥٤	١,٠	٣
١٦٩	١٧٢	١٦٧	١,٢	٤
٢٠٨	١٩٤	٣٢٩	١,٦	٥
١٦٢	١٦٩	٤٨	٢,٠	٦
١٤١	١٥٧	٥٥	١,٢	٧
١٨١	١٧٩	٣٩٥	١,٠	٨
١٧٨	١٧٨	١٧٨	١,٢٢٥	المتوسط
١,١٧	١,٠٩	٨,٢	١٠,٠	معامل الذروة PF

$$\frac{\text{حجم حوض التسوية}}{\text{إجمالي حجم تدفقات مياه الصرف اليومي}} = V$$

ملاحظة: جالون/الدقيقة =  $3,78 \times 10^{-2}$  متر مكعب في الدقيقة.

أما في حالة زمن مكث ٨ ساعة فإن حجم حوض التسوية يمكن حسابه كالاتي:

$$1,225 \times 10^2 \text{ جالون/الدقيقة} \times 60 \text{ دقيقة/الساعة} = 588 \times 10^2 \text{ جالون} \\ (2,23 \times 10^2 \text{ م}^3)$$

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

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

$$245 \times 1 + 178 \times 588 (1.6 \times 60)$$

$$1 + 5.88 / (1.6 \times 60)$$

$$= 187 \text{ ملجرام/لتر.}$$

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

يمكن حساب معامل الذروة (PF) لتركيز المياه الداخلة:

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

معامل الذروة للمياه الخارجة مع زمن مكث ٨ ساعات هو:

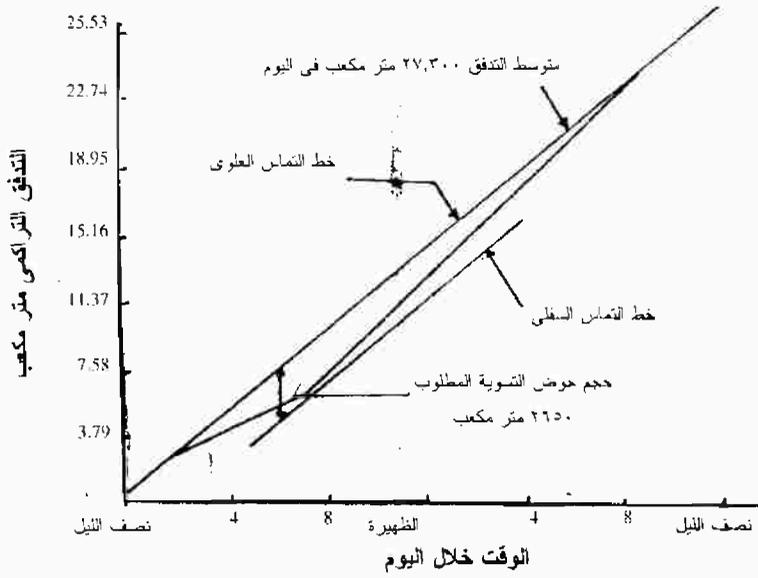
$$\text{معامل الذروة} = \frac{194}{178} = 1.09$$

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

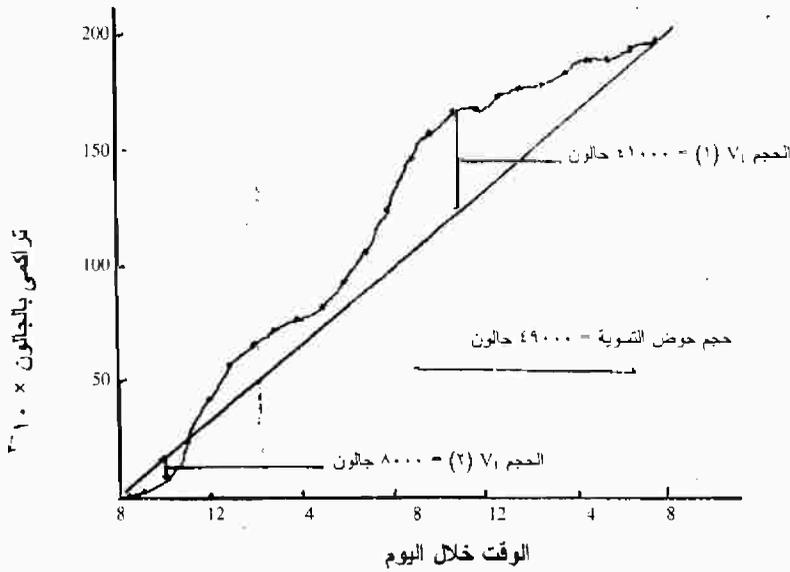
#### منحنى التدفق التراكمي: (Cumulative Flow Curve)

يمكن تعيين أحجام أحواض التسوية على أساس التدفق التراكمي أو مخطط الكتلة (Mass Diagram). هذه الطريقة معروفة جيداً حيث استخدمت لفترة طويلة لتعيين متطلبات التخزين للأحواض. تقنية المخطط تتكون من توقيع التدفق التراكمي 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 التراكمي. حجم حوض التسوية المطلوب يكون عندئذ هو المسافة العمودية بين خطي التماس.

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



شكل (٥/٢) منحنى التدفق التراكمي (متر مكعب  $\times$  ١٣.١٥ = قدم مكعب)



شكل (٥/٣) تم توقيع البيانات في الجدول (٣) كتجمع للتدفق الداخل معدل المعالجة ١٩٩,٣٠٠ جالون في اليوم، حجم حوض التسوية المطلوب هو  $٤٩٠٠٠ = ٨٠٠٠ + ٤١٠٠٠$  (متر مكعب  $\times$  ١٨٦)

بدء تراكم التدفق عند منتصف الليل وتم توقيع التدفق المتراكم كخط منحني الموضح في الشكل (٥/٢). متوسط التدفق لليوم يمثل بالخط خلال البدء (Origin) وقيمة ٢٤ ساعة تدفق تراكمي. يمثل الخط معدل ثبات التدفق من حوض التسوية. ميل معدل التدفقات الداخلة (الخط المنحني) 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 لا توفر 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 لخمس 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 في حدود ١٢% تعتبر كافية.

بيانات التدفق كمثال جدول (٢)

التوقيت	معدل التدفق م <sup>٣</sup> /س	التدفق التراكمي (م <sup>٣</sup> )	التوقيت	معدل التدفق م <sup>٣</sup> /س	التدفق التراكمي (م <sup>٣</sup> )
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 بياني لكل من التدفق التراكمي مع الوقت خلال فترة تسوية (٢٤ ساعة). أقصى حجم بالنسبة لخط التسوية الثابت هو حجم التسوية المطلوب كما في الجدول (٥/٣) التالي:

عدد الجالونات $\times 10^{-3}$	جالون / س	جالون/ق	الوقت
٣	٢٠٠٠	٥٠	٨
٨,٥	٥٥٢٠	٩٢	٩
٢٢,٣	١٣٨٠٠	٢٣٠	١٠
٤٠,٩	١٨٦٠٠	٣١٠	١١
٥٧,١	١٦٢٠٠	٢٧٠	١٢
٦٥,٥	٨٤٠٠	١٤٠	١
٧٠,٩	٥٤٠٠	٩٠	٢
٧٧,٥	٦٦٠٠	١١٠	٣
٨٢,٣	٤٨٠٠	٨٠	٤
٩١,٣	٩٠٠٠	١٥٠	٥
١٠٥,١	١٣٨٠٠	٢٣٠	٦
١٢٣,٤	١٨٣٠٠	٣٠٥	٧
١٤٦,٢	٢٢٨٠٠	٣٨٠	٨
١٥٨,٢	١٢٠٠	٢٠٠	٩
١٦٣	٤٨٠٠	٨٠	١٠
١٦٦,٦	٣٦٠٠	٦٠	١١
١٧٠,٨	٤٢٠٠	٧٠	١٢
١٧٤,١	٣٣٠٠	٥٥	١
١٧٦,٥	٢٤٠٠	٤٠	٢
١٨٠,٧	٤٢٠٠	٧٠	٣
١٧٥,٢	٤٥٠٠	٧٥	٤
١٨٩,٩	٢٧٠٠	٤٥	٥
١٩١,٢	٣٣٠٠	٥٥	٦
١٩٣,٣	٢١٠٠	٣٥	٧

الجالون = ٣,٧٨ =  $٣,٧٨ \times 10^{-3}$  متر مكعب

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

مثال آخر:

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

إذا كان معدل التدفق خلال ٢٤ ساعة هو كما في الجدول التالي بالجالون في

الدقيقة. من الجدول التالي يكون المتوسط =  $\frac{١٢٦٠٠}{٢٤} = ٥٢٥$  جالون في الدقيقة.

∴ حجم حوض التسوية =  $٤ \times ٦٠ \times ٥٢٥ = ١٢٦ \times ١٠$  جالون في الدقيقة

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

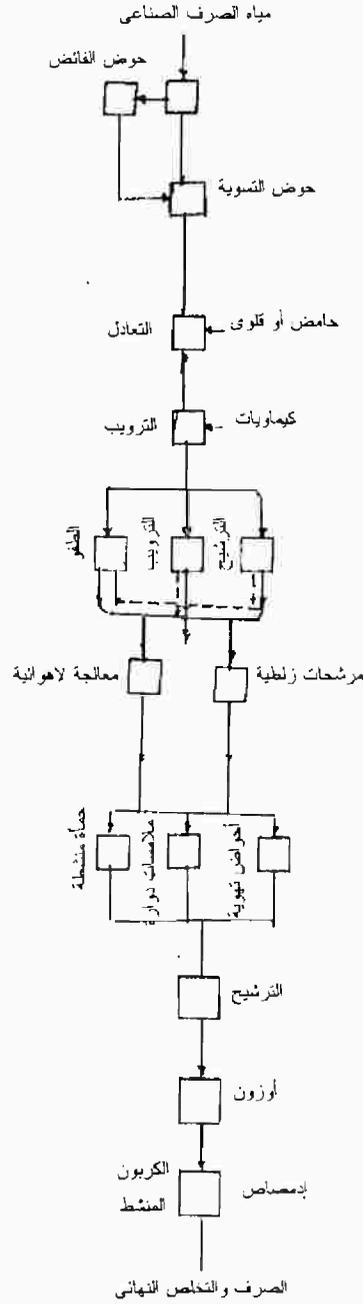
ويفرض أن زمن المكث في حوض التهوية للمعالجة البيولوجية هو ٨ ساعات فإنه يختصر عندئذ إلى ٤ ساعات على أساس توفر التهوية في حوض التسوية.

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

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

التوقيت	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 الصرف الصناعي والتي سيتم تناولها في الفصول التالية.



شكل (٥/٤) التسوية وبدائل طرق المعالجة لمياه انصرف الصناعي

## ثانياً فصل المواد العالقة Solid Separation

### مقدمة:

إنه رغم وجود عمليات مختلفة في معالجة مياه الصرف الصحي لإزالة المواد الصلبة العالقة وتركيزها. إلا أنه قد يكون من الضرورة إزالة مثل هذه المواد قبل الصرف على محطة الصرف الصحي. هذه المواد الصلبة يمكن أن تكون موجودة في مياه الصرف الصناعي بكميات تعيق أداء محطة معالجة الصرف الصحي وكذلك نظام جمع المخلفات. يمكن أن تتأثر عملية المعالجة لمياه الصرف بالمواد الصلبة العضوية العالقة (وخاصة تلك القابلة للتعفن) والتي تزال مع الرمال في محطة المعالجة، كما أن المواد الصلبة التي 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 في بيارة محطة الطلمبات حيث يصعب إزالتها. هذه المواد يمكن أن تسبب رائحة في حالة تحللها بيولوجياً. وأخيراً فإن المعالجة المسبقة تكون مطلوبة أحياناً كوسيلة لإزالة مواد معينة تعيق أداء محطة معالجة ونظام التجميع للصرف الصحي للمحليات.

### المواد الصلبة العالقة في مياه الصرف:

المواد الصلبة العالقة الموجودة في مياه الصرف تقسم طبقاً للحجم وطبقاً لعملية

إزالتها كالآتي:

- المواد كبيرة الحجم: وهي التي لا يقل قطرها عن ١ بوصة (٢٥ ملليمتر) والتي 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 0,001 ملليمتر تقريبا (1 ميكرومتر). وهذه عادة لاتحتوى على الرمال أو ماشابه ذلك أو أى أجسام أكبر من بوصة واحدة فى القطر (25 ملليمتر).

- مواد هلامية (غروية) (Colloids): وهذه عبارة عن مواد عالقة ذات قطر ما بين 0,0001 ملليمتر (أى من 0,001 ملليمكرون إلى 1 ملليمكرون) وهى لاترسب بدون عوامل مساعدة للترسيب فى نظم المعالجة. هذه الجسيمات لها شحنات سطحية والتى يجب معادلتها ليمكن تجميع الجسيمات (Agglomeration)، حيث يستخدم عادة الترغيب والترويب والترسيب. المروبات المستخدمة من الأملاح المعدنية غير العضوية والبولى اليكترووليتس 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 الصدا 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 التثنت مثل مواد النشاط السطحى (المنظفات

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

### تصنيف المواد الصلبة العالقة:

المواد الصلبة في المياه وفي مياه الصرف تعرف بالمتبقى (Residue). إجمالي المتبقى (أو إجمالي المواد الصلبة) هو المادة المتبقية من العينة بعد تبخير المياه من العينة وجفاف المتبقى في فرن عند درجة حرارة معينة. إجمالي المتبقى يشمل المتبقى الذي لا يمر من المرشح وكذلك الذي يمر من المرشح. المواد الصلبة العالقة هي التي لا تمر من وسيلة الترشيح، أما المواد الصلبة المذابة فهي التي تمر من وسيلة الترشيح.

إجمالي المواد الصلبة العالقة (التي لا تمر من وسيلة الترشيح). تعين المواد الصلبة العالقة (TSS) بترشيح العينة خلال وسط ترشيحي وتعين الوزن للمتبقى ثم التجفيف في فرن تجفيف حتى ثبات الوزن. درجة حرارة تجفيف العينة هي عادة ١٠٣ إلى ١٠٥°م، ذلك رغم أن درجة حرارة أعلا يمكن أن تستخدم في حالات خاصة. العينة التي يتم تجفيفها عند ١٠٣°م إلى ١٠٥°م تحتفظ بماء التبخر بالإضافة إلى المحتوى من بعض المياه الملتصقة ميكانيكيا. كفاءة الفقد في ثاني أكسيد الكربون والمواد العضوية المتطايرة ضعيف عند درجة الحرارة هذه. العينات التي يتم تجفيفها عند ١٨٠°م تفقد كل المياه الملتصقة ميكانيكيا في العينة، ولكن بعض مياه التبخر قد يظل في المتبقى. الفقد لثاني أكسيد الكربون في المادة العضوية يزداد مع زيادة درجة حرارة التجفيف.

تتوقف كمية إجمالي المواد الصلبة العالقة التي تقاس من عينة معينة إلى درجة كبيرة على ورق الترشيح المستخدم. ورق الترشيح من الصوف الزجاجي يستخدم لقياس المواد الصلبة العالقة لعدة سنوات كما أنه من المحتمل إستمرار استخدامه في

المستقبل. كمية المواد الصلبة المتبقية هي دلالة لقطر الفتحات في ورق الترشيح والذي ما زال بدون مواصفات قياسية حتى الآن هذا بالإضافة إلى أن كمية المواد الصلبة العالقة التي 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 في العينة يمكن أن يزيد من المواد الصلبة العالقة الكلية. في 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 في بعض الأحيان يمكن أن يسبب هذا الغسيل بالماء المقطر في إزالة بعض المواد الصلبة العالقة الصغيرة جداً بما يسبب انخفاض في تركيز المواد الصلبة العالقة. ولذلك فإن عملية الغسيل هذه يجب أن يتقرر استخدامها في كل حالة على حدة.

#### المواد الصلبة المتطايرة والمواد الصلبة الثابتة:

المواد الصلبة المتطايرة هي المواد المتطايرة في المتبقى الذي لم يمر من ورق الترشيح، أما المواد الصلبة الثابتة فهي المواد الثابتة (غير المتطايرة) في الراسب المتبقى على ورق الترشيح. هذه النوعيات من المواد الصلبة العالقة الكلية يتم تعيينها بالترشيح في قرص ٢,٢٥ سم (٠,٩ بوصة) لعينة كافية لتترك ٢٠٠ جرام من المتبقى (مادة صلبة)، تجفيف المتبقى حتى الوزن الثابت لتعيين إجمالي المواد الصلبة العالقة، ثم حرق المتبقى عند درجة ٥٥٠ م. ووزن المتبقى بعد الحرق هو المواد الصلبة الثابتة (الجزء الذي لا يتطاير). الفرق بين المواد الصلبة الثابتة وإجمالي المواد الصلبة العالقة هو الجزء الذي يمثل المواد الصلبة المتطايرة. في

حالة الحمأة حيث اللزوجة العالية فإنه يتم تعيين إجمالي المواد الصلبة العالقة المتطايرة بتعيين إجمالي المواد المتبقية أو إجمالي 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 للترسيب، وطبيعة الترسيب الحر أو بالمروبات.

التقنيات المستخدمة عادة لإزالة المواد الصلبة العالقة من التدفقات ذات المحتوى من المواد الصلبة العالقة أقل من ١% (١٠٠٠٠٠ ملجرام/لتر) يمكن تصنيفها طبقا للآتى: لكل آلية للإزالة يتم كذلك تناول الطريقة المستخدمة فى المعالجة المسبقة.

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

- الترشيح: باستخدام الوسط الترشيحي الحبيبي أو باستخدام وسط ترشيحي مغطى بطبقة من مساعدات الترشيح من مواد التربة الدياتوميّة (Diatomaceous Earth).

### ١ - الإزالة باستخدام المصافي: (Removal By Straining)

تستخدم المصافي الكبيرة الفتحات وذات الفتحات الصغيرة في إزالة المواد الصلبة من مياه الصرف بحجزها. المصافي ذات الفتحات من ٣ ملليمتر (٠,١٢٥ بوصة) أو أكثر تصنف كمصافي كبيرة الفتحات، بينما المصافي ذات الفتحات المطلوب أقل من ٣ ملليمتر تصنف كمصافي ذات الفتحات الصغيرة. إتساع الفتحات المطلوب يتحدد طبقاً للغرض من المصفاة، العمليات التالية للحجز بواسطة المصفاة، قفز الحبيبات التي يمكن للمصفاة حجزها بكفاءة.

### المصافي ذات الفتحات الكبيرة: (Coarse Screens)

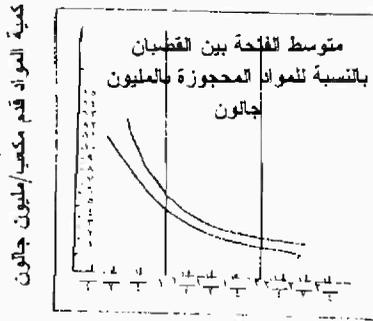
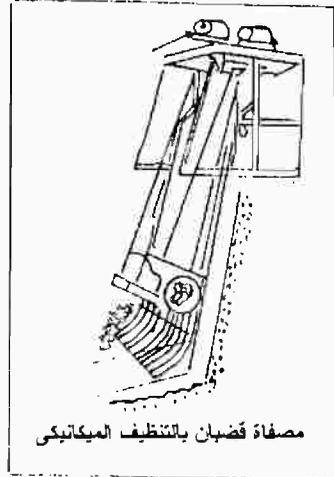
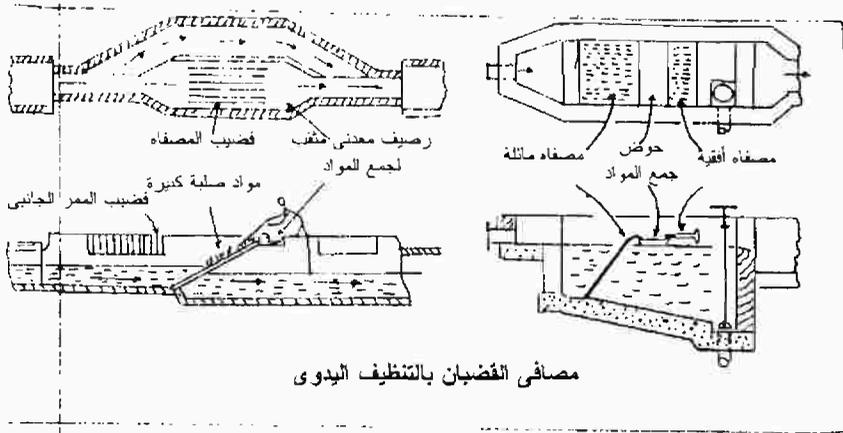
أكثر أنواع المصافي ذات الفتحات الكبيرة إستخداماً هي مصافي القضبان (Bar Screens) والتي تستخدم أساساً لحماية المعدات تحت التيار من التلف أو خفض الكفاءة لوجود المواد الصلبة الطافية. تنشأ مصفاة القضبان في قناه بزواوية ١٠ - ٩٠ درجة مع التدفق. الزاوية الأفقية الحادة هي تحت التيار. الاعتبارات التصميمية تشمل أبعاد القناه، الفواصل بين القضبان، عمق التدفق في القناه، طريقة النظافة، طرق التحكم. يجب أن يوفر تصميم القناه سرعة تدفق من ٠,٣ إلى ٠,٩ متر في الثانية (١ إلى ٣ قدم/الثانية) ذلك لتجنب الترسيب في القناه، وكذلك لمنع المواد الصلبة العالقة من أن يتم حجزها بقوة بين القضبان. يجب أن تكون الفواصل بين القضبان متساوية حيث تكون من ٢٥ - ٥٠ ملليمتر (١-٢ بوصة).

الفقد في الضغط خلال المصفاة سيتغير طبقاً لكمية وطبيعة المواد المحتجزة. تتراوح القيم التصميمية ما بين ٠,٢ إلى ٠,٨ متر بالنسبة للمصفاة النظيفة والتي يكون بها إنسداد جزئي. الفقد في الضغط الناتج عن المصفاة النظيفة يمكن حسابه من بيانات التدفق والمساحة المؤثرة لفتحات المصفاة (أي مجموع الفتحات العمودية للمصفاة).

نظافة مصفاة القضبان يمكن أن تكون يدوياً أو ميكانيكياً. النظافة اليدوية قد تكون مكلفة في النظم الصغيرة، ولكن النظافة من أن إلى آخر قد ينتج عنها اضطراب (Surges) لسرعة عالية والذي يقلل من كفاءة مصفاة القضبان. ينفذ التنظيف الميكانيكي باستخدام زحافات (Rakes) على سلاسل أو كوابل غير نهائية، يمكن نظافة المصفاة إما من الأمام أو من الخلف شكل (٥/٥). يتم تشغيل الزحافات بمحرك كهربى والذي يتم حمايته بتجهيزات (Overload). تتحرك الزحافة فوق وبين القضبان، حيث ترفع المواد التي يتم إصطيادها إلى رصيف علوى فوق المنشأة. بعض المصفاة تجهز بقضبان منحنية والتي يتم تنظيفها باستخدام زحافة دوارة. التحكم في النظافة الميكانيكية يمكن أن يكون بواسطة ضوابط ميكانيكية، أو بالتنشغيل الميكانيكى طبقاً للفرق في الضغط. التشغيل الميكانيكى يقلل من تكاليف العمالة، يوفر تدفق مستمر بحالة أفضل، يوفر حجز أفضل، يقلل من المضايقات.

#### المصفاة ذات الفتحات الصغيرة: (Fine Screens)

المصفاة ذات الفتحات الصغيرة الأكثر استخداماً هي المصفاة الأسطوانية الدوارة (Rotary Drum Screen)، المصفاة الهزازة، المصفاة المماسية (Tangential Screen)، والتي تستخدم لإزالة الجسيمات الصغيرة غير المرغوبة وكذلك غير الغروية أو الهلامية.



شكل (٥/٥) أنواع المصافي وكفاءة الحجز

مصفاة الأسطوانة الدوارة التي تنشأ على القناه وتعمل شبه مغمورة، ولها مصفاة دائرية دوارة والتي تدور حول محور أفقى شكل (٥/٧). كقاعدة يدخل السائل من مركز الأسطوانة ويتدفق محيطيا خلال المصفاة، ترسب المواد الصلبة على نسيج المصفاة. 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 المصفاة يشمل الدخول والخروج يختلف ما بين ٣٠٠ إلى ٤٠٠ ملليمتر (١٢ إلى ١٩ بوصة). الفقد فى الضغط خلال المصفاة نفسها يجب ألا يزيد عن ١٥٠ ملليمتر (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 ملليمتر (٠,٠٠٠٨ - ٠,١ بوصة). لانتوقف 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/الملليمتر المربع (٢٠، ٦٠ ميكرومتر / البوصة المربعة) تستخدم كذلك فى الحجز الميكرونى (Micro Straining). مثل هذه المعالجة لازالة المواد الصلبة تستخدم عادة فى التسطيب النهائى (Final Polishing) وليس فى المعالجة المسبقة.

### النوع الآخر من المصافي هو المصافي الثابتة أو المماسية:

#### Tangential or Static Screens

وهذا النوع من المصافي يعتبر من المصافي صغيرة الفتحات المستخدمة فى المعالجة المسبقة لإزالة المواد الصلبة شكل (5/5). تتكون المصفاة من سطح مقعر يكون من عدة قضبان بفواصل متساوية عمودية على إتجاه تدفق المياه، عادة الفواصل 1,5 ملليمتر (0,6 بوصة). فوق المصفاة يوجد صندوق تمرير على طول عرض المصفاة بمدخل، يمكن أستخدام حائل (Baffle) لخفض اضطراب التدفق على المصفاة. المواد ذات الحجم الزائد تتحرك على سطح المصفاة حيث تجمع ويتم صرفها عند القاع بطرق مختلفة (مثال: فى حوض باستخدام ناقل حلزوني). يمر السائل خلال المصفاة حيث يتم صرفه خلال مخرج منفصل. بالإضافة إلى كونها ذات التنظيف الذاتى فإن المصفاة الثابتة أو المماسية لها ميزتين وهما التهوية لمياه الصرف وعدم وجود أجزاء متحركة. قد تحتاج المصفاة إلى الغسيل اليومي 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.

#### المصفاة الهزازة: Vibratory Screen

المصافي 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 المصافي 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 المصفاة فى إتجاه النهاية المنخفضة.

**٢ - الإزالة والتخلص بالجاذبية:**

يمكن إزالة المواد الصلبة العالقة بالجاذبية، وذلك طبقاً لإستعداد الأجسام الصلبة لترسب أو تطفو في 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 هي مواد صلبة غير متعفنة ذات سرعة رسوب أكبر من المواد الصلبة المتعفنة. توجد طريقتين للإزالة وهما التحكم في السرعة والتهوية، في حالة إستخدام التحكم في 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 في القناه مع التغير في الحجم. تجهيزات التحكم مثل الهدارات النسبية (Proportional Sutroweirs) التي توضع فوق السطح السفلى لقناة التدفق بمسافة ١٥ - ٣٠ سم (٦-١٢ بوصة) وذلك لتوفير الحجز للرمال ومنع إعادة حركة وتعلق الرمال المترسبة ثانياً.

السرعة هي حوالي ٠,٣ متر في الثانية (١ قدم في الثانية) والتي توفر الترسيب للرمال ولكنها في نفس الوقت تحمل الأجسام الخفيفة من المواد العضوية كما تعمل على إعادة حركة وتعلق الذي يرسب منها. النظافة عموماً تتم بالطرق الميكانيكية حيث تتم باستخدام ساعات ميكانيكية. لا يوصى باستخدام المعدات ذات الحركة المستمرة لتجنب البرى والتلف بفعل الرمال.

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

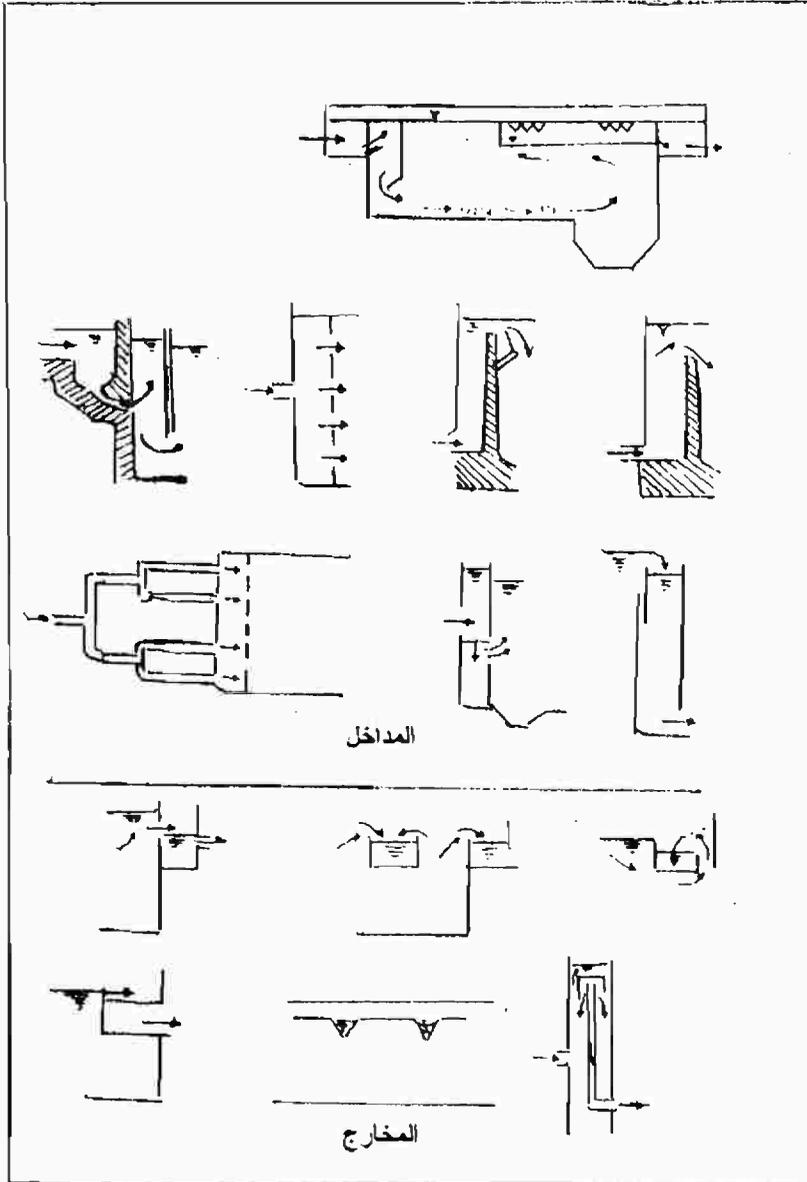
الحوض (٣ إلى ٨ قدم مكعب/الدقيقة/القدم) مع مراعاة توفير متطلبات التغيير فى تدفقات الهواء. المعدلات العالية يجب أن تستخدم فى الأحواض ذات المقطع الكبير. زمن المكث للإزالة المؤثرة يتراوح ما بين ٣،١ دقائق عند أقصى معدلات التدفق. يجب أن يصمم مدخل ومخرج غرفة (حوض) حجز الرمال لمنع قصر المسافة شكل (٥/٦). يجب 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 بالتريسيب 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.

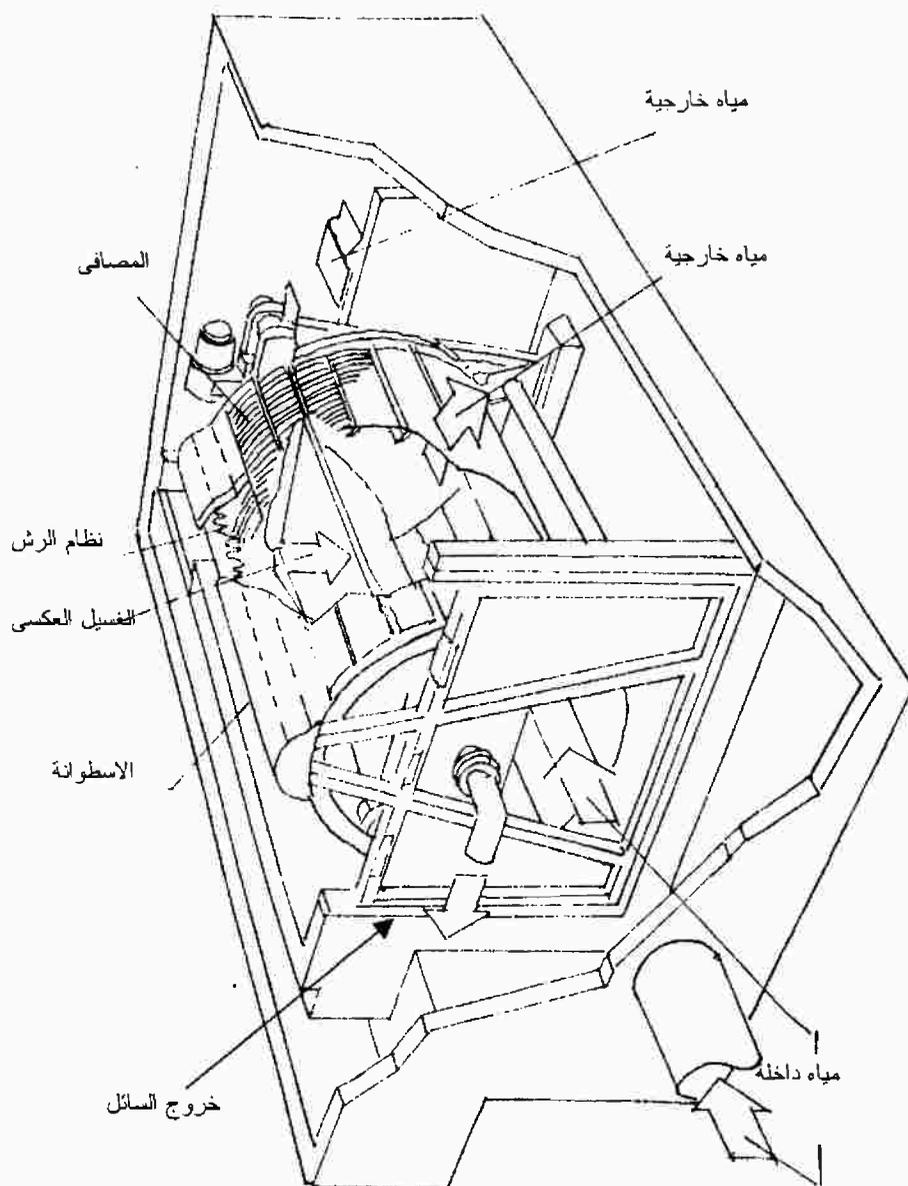


شكل (٥/٦) المداخل والمخارج لأحواض من الترسيب

معدل التحميل السطحي هو معدل مياه الصرف خلال المساحة السطحية لحوض الترسيب. القيم المثالية هي 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 الضروري 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 حلزوني حول الحوض. المياه الراقية تتدفق خلال هدار مركزى والخبث والدهون تظل على سطح الفراغ المحيطى.



شكل (٥/٧) 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 قوادرى. 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 والتي ترتفع فوق الحمأة عند رحلة العودة. يمكن كذلك إزالة الخبث الطافى برش الماء أو بالقصابيات المتصلة بالكوبرى.

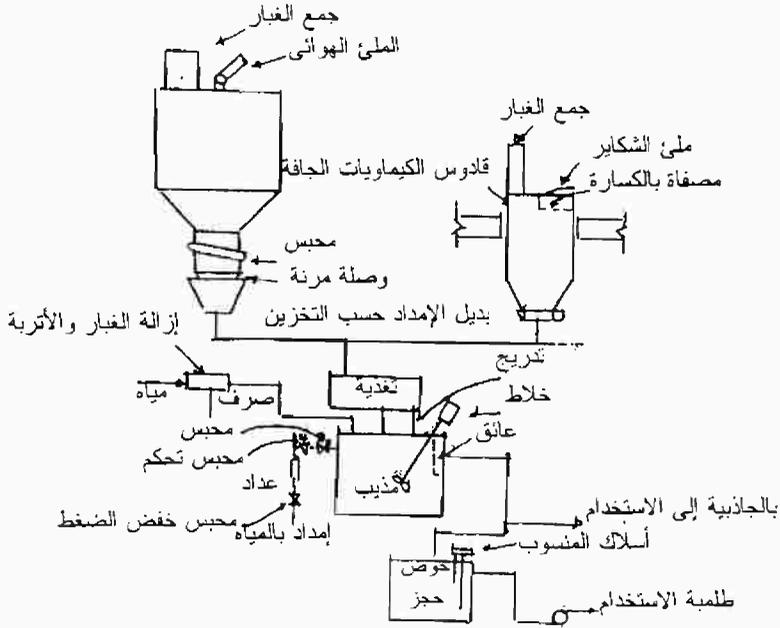
#### ٤- الترويب الكيماوى: (Chemical Coagulation)

يمكن زيادة كفاءة الترسيب بالجاذبية بإضافة الكيماويات إلى مياه الصرف وذلك لانتصاق أو تجمع المواد الصلبة العالقة صغيرة الحجم والجيلاتينية أو الهلامية لتكون فى شكل زغبات عالقة (Floc's) أكبر يمكن التخلص منها بالترويب أو الترسخ. يحدث الترسخ الذاتى (Flocculation) بالخلط فقط بينما الترسخ الحثى يحدث (Induced) من الإضافة لكيماويات الترويب ويليهما 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 قلووية أو من الاملاح المتعادلة. أكثر الكيماويات إستخداما كمروبات هى أملاح الألومنيوم والحديد والكالسيوم وبالتحديد الآتى:

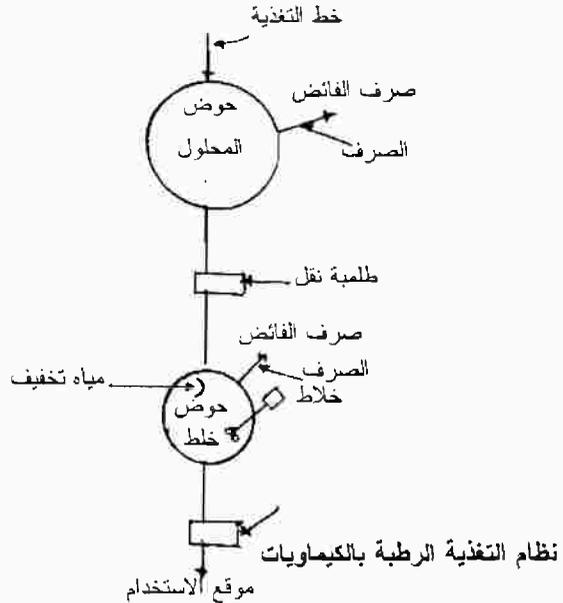
الجير المطفي  $(Ca(OH)_2)$ ، الشبه  $AL_2(SO_4)_3$ ، كلوريد الحديدك  $(Fe Cl_3)$ ، كبريتات الحديدوز  $Fe_2(SO_4)_3$ ، ألومينات الصوديوم  $(NaAlO_3)$ . أما بالنسبة لمساعدات الترويب فهي تشمل جزئيات عضوية ذات التسلسل الطويل من البلمرات أو الإلكتروليت. كما أن البولوى اليكتروليتس (Polyelectrolytes)، البننوناييت، 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 للقيينه (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 التقلب أو الإهتزاز لتوفير إستمرار التدفق. التغذية الجافة يمكن أن تكون حجمية أو وزنية. تستخدم التغذية الوزنية عندما تكون الدقة مطلوبة. البلمرات يصعب إذابتها ونظرا لإختلاف خواصها فإنه لا يوجد نظام موحد للإذابة والتغذية، ولذلك فإن المنتج هو الذى يفيد فى هذا المجال. ولكن النظام الأكثر شيوعا هو حوض الإذابة المجهز بخلط وظلمبة 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) للكيمائيات ذات الثبات والتي يتم التغذية بها فى الحالة السائلة، أو فى حالات عدم الرغبة فى تداول الكيمائيات الخطرة أو المسببة للأتربة أو عندما تكون المادة الكيمائية متاحة فقط فى الحالة السائلة. الطلمبات المستخدمة عادة هى ذات الدافع (Piston)، ذات الرداخ موجبة الإزاحة، وطمبات الرداخ المتوازن (Balanced). التحكم فى التغذية بالكيمائيات يمكن أن يكون يدوى، بالتحكم الآلى طبقاً لمعدل التدفق، أو كلا الطريقتين.

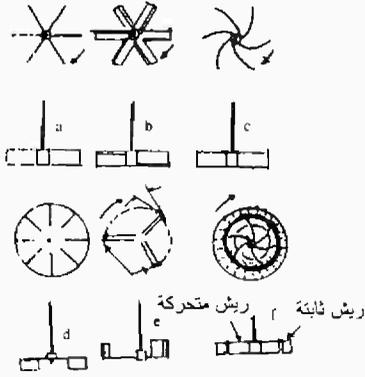
من الأهمية البالغة سرعة إنتشار المادة الكيمائية خلال مجرى التدفق لمياه الصرف لتوفير التقليب الكافى وزمن الخلط، حيث يتم ذلك عادة فى أحواض الخلط كما أن خطوط سحب وصرف الطلمبات استخدمت كذلك بنجاح.

يتم الخلط السريع بخلاط مجهز بربش الخلط بعيداً عن مركز حوض الخلط يلى الخلط السريع الخلط البطئ حيث تسمح مساحة الخلط البطئ بتكون الزغبات نتيجة تجمع الجسيمات الصغيرة جداً. زمن المكث للترغيب يكون ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة عند تصميم التدفق.

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

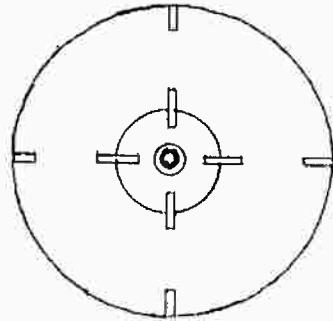
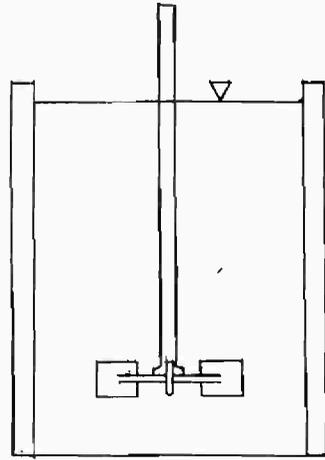
#### ٥- الطفو: (Flotation)

الطفو هو العملية التى بها فصل 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.

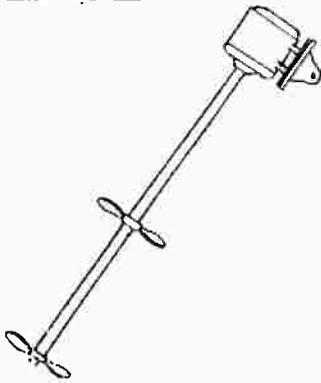


رافعات تربيئية

- a ريش مستقيمة
- b ريش بزواية ٤٥°
- c ريش منحنية
- d ريش القرص
- e رافع محوري
- f ريش منحنية في وجود حلقة ثابتة للتثبيت

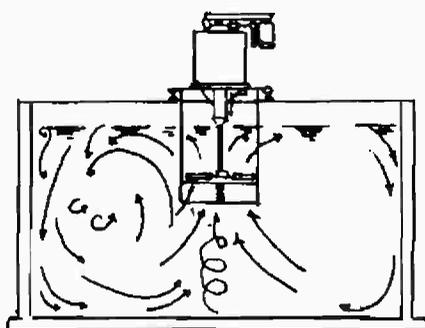


خلاط بمحرك في حوض مجهز بعوالق



خلاط الدافع

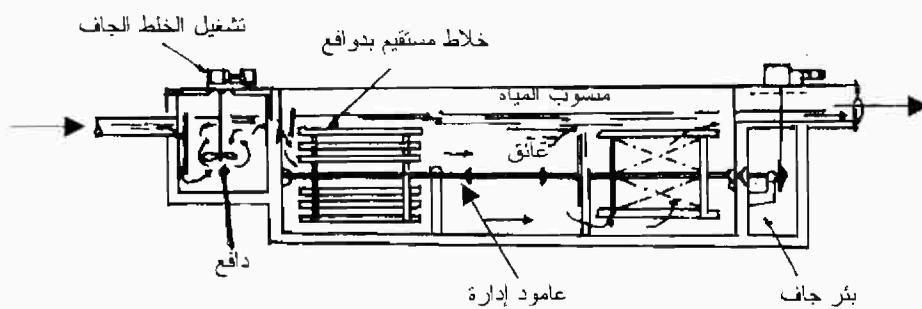
شكل (٥/٩) تجهيزات الخلط السريع



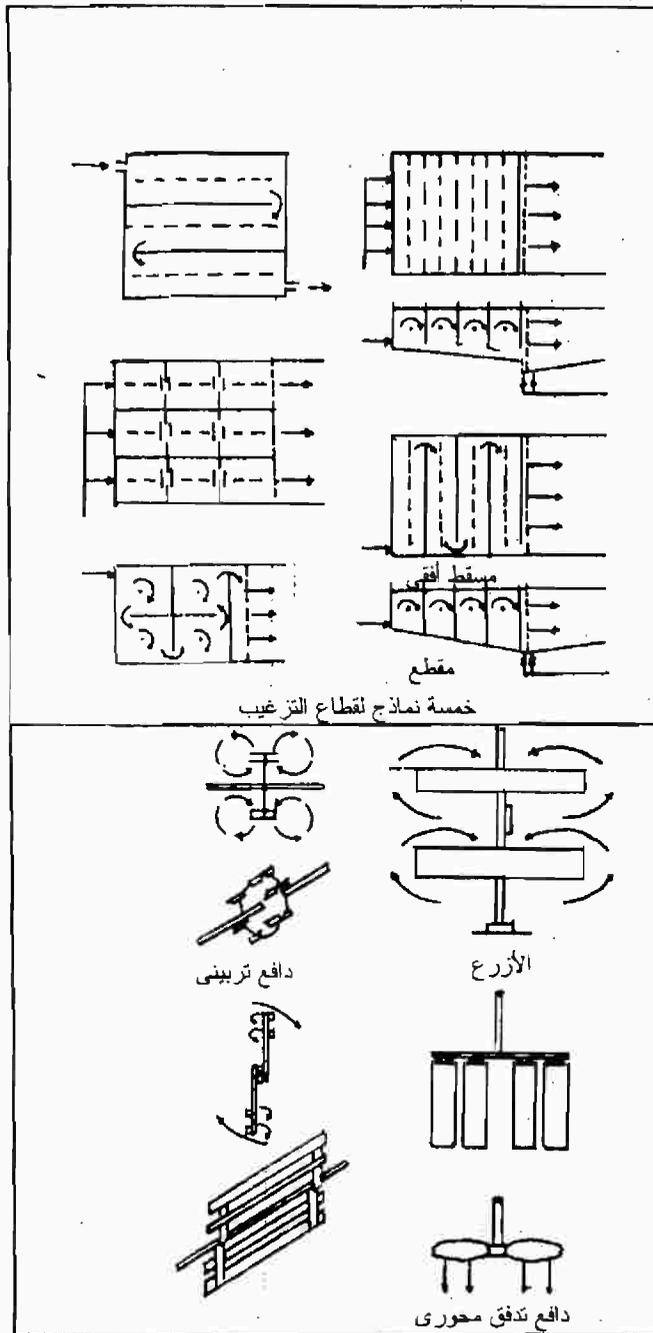
مزغب تربييني رأسي



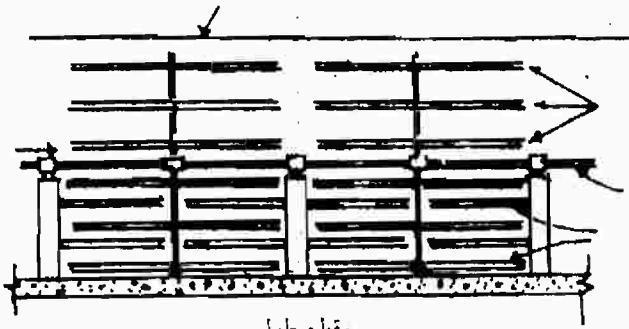
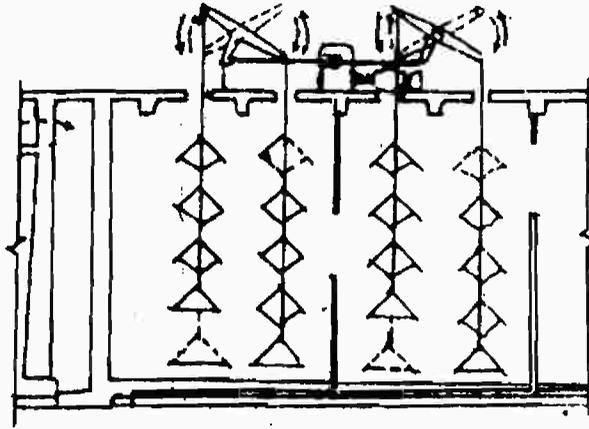
خلاط تربييني بعامود إدارة عمودي يليه تزغيب أفقي



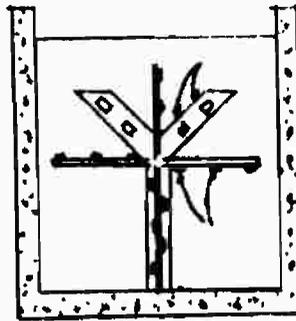
شكل (٥/١٠) الخلط البطيئ



شكل (٥/١١) قلابات القزغيب الميكانيكي



مقطع طولى

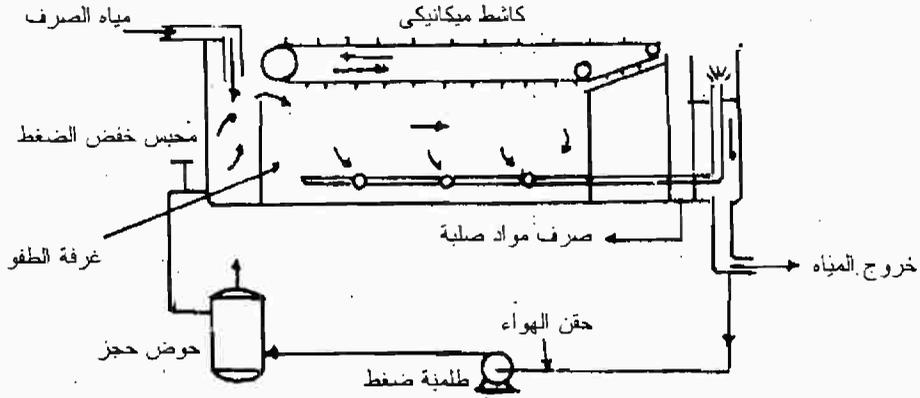


مقطع عرضى

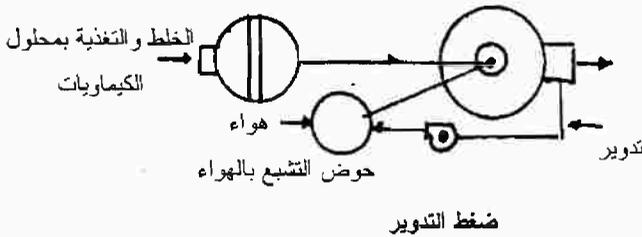
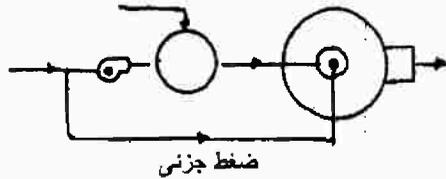
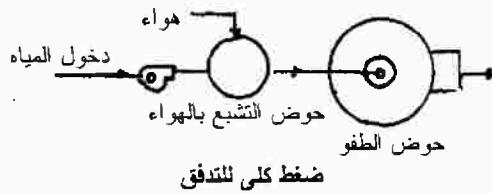
شكل (٥/١٢) مزغب الأزرع الدوارة

توجد طريقتين للطفو وهما الطفو بالجاذبية، الطفو بالهواء المذاب. الطفو بالجاذبية هو الميل الطبيعي للمواد الصلبة العالقة خفيفة الوزن والتي تسمى الخبث (Scum) للطفو على سطح السائل. هذه الظاهرة الطبيعية تستخدم في حالة الترسيب. الطفو بالهواء المذاب حيث يتم حقن فقاعات الهواء الصغيرة في السائل. الفقاعات التي تلتصق مع أو تحتجز الجسيمات العالقة، حيث تطفو إلى السطح مكونة طبقة يمكن إزالتها بعملية الكشط. مكونات الطفو بإذابة الهواء تشمل ظلمبة ضغط، حوض حجز، محبس خفض الضغط، معدة حقن الهواء. وحوض طفو شكل (١٢)، (١٣، ٥/١٤) 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 في شكل فقاعات صغيرة. والآخر هو الطفو بالتفريغ (Vacuum Flotation)، حيث يتم بتوفير تفريغ جزئى لمياه الصرف التى تشبعت بالهواء. التفريغ يقلل من إذابة الهواء، والذي ينطلق في شكل فقاعات صغيرة. الطفو بالتفريغ أكثر صعوبة كما أنه ينتج مياه معالجة ذات نوعية أقل نسبة إلى الطريقة الأولى، لذلك فإنها لا تستخدم عادة.

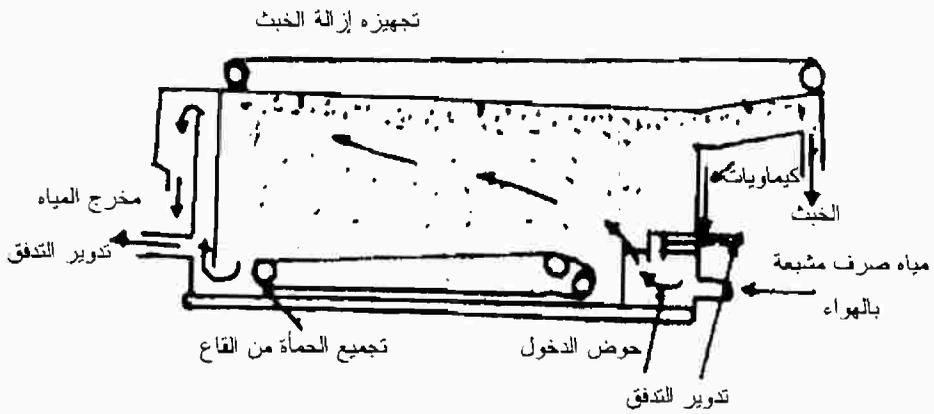
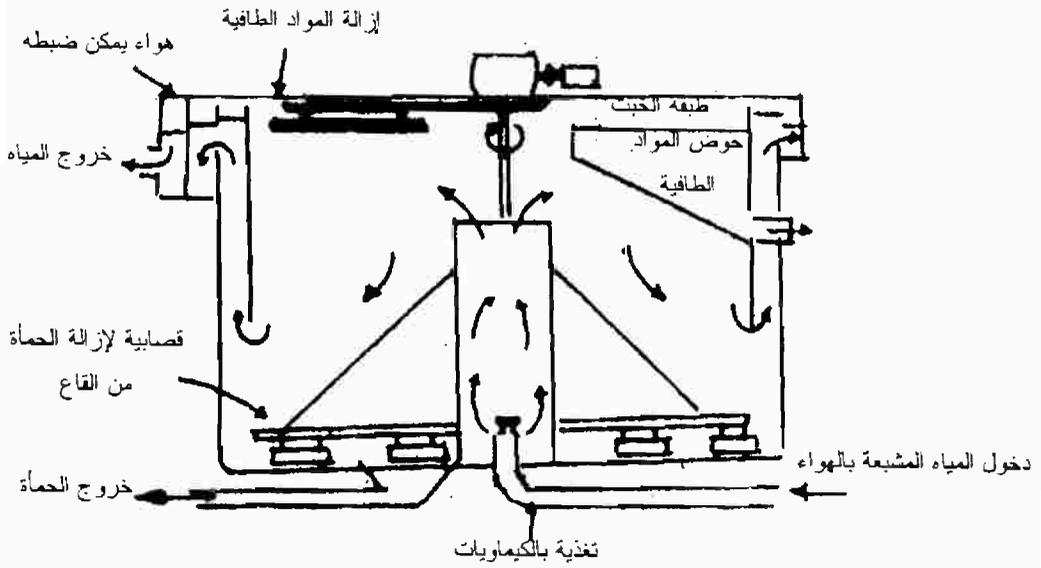
إضافة الكيماويات والتي تسبق أحيانا الترسيب والطفو قد تساعد في إزالة المواد الصلبة العالقة. الكيماويات غير العضوية مثل الشببة وكلوريد الحديدك تساعد على تكون الزغبات. بعض الكيماويات العضوية تساعد على الطفو للمواد الصلبة العالقة وذلك بتغيير خواص السطح للمادة الصلبة. عندئذ فإن السائل أو فقاعات الهواء يساعد 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

في حالة إستخدام الإضافات الكيماوية للمساعدة في تكوين الزغبات فإنه يفضل إستخدام حقن الهواء مع تدفقات تدوير المياه الخارجية. بعد إضافة الهواء المضغوط، فإنه يتم جمع هذه التدفقات في حوض مكث (Retention Tank) لفترة طويلة كافية لإذابة الهواء. تتدفق مياه الصرف بعد ذلك خلال محبس خفض الضغط إلى حوض الطفوف، المعد لجمع وإزالة المواد الصلبة التي ترسب وكذلك تلك التي تطفو.

### ٦- الإزالة بالترشيح: (*Removal by Filtration*)

يمكن استخدام الترشيح كعملية معالجة مسبقة لإزالة المواد الصلبة العالقة وخاصة عندما يكون المطلوب الحصول على مياه ذات محتوى منخفض من المواد الصلبة العالقة. الترشيح للمياه بعد المعالجة الأولية يزيل المواد الصلبة العالقة بكميات تعادل تقريباً الجزء الغير هلامي من المواد الصلبة العالقة. سيتم تناول الترشيح باستخدام الوسط الترشيحي الحبيبي وكذلك الترشيح باستخدام (*Precoat Filtration*).

الدراسة التفصيلية للترشيح متاحة في مرجع تصميم محطات معالجة مياه الصرف.

### أ- الترشيح باستخدام الوسط الترشيحي الحبيبي: *Granular Media Filtration*

الترشيح بالوسط الترشيحي الحبيبي يمكن أن يشمل الوسط الترشيحي بالأحجام المتعددة أو بالحجم الواحد، وكذلك العمليات المستمرة أو المتقطعة للترشيح، وكذلك أنواع مختلفة من التدفق - الترشيح الرملي السريع والبطيء يعتبر غير مناسب لإزالة المواد الصلبة العالقة من مياه الصرف الصناعي بسبب متطلبات الصيانة المرتفعة وسرعة الإنسداد.

إستخدام الوسط الترشيحي 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 طبقاً للتدرج فى الحجم والكثافة للوسط الترشيحي المتعدد. المميزات النظرية للوسط الترشيحي المتعدد هو الإنخفاض المنتظم فى المسافة بين الحبيبات (Pore Space) مع زيادة عمق المرشح. حجم وعمق فحم الانثراثيت والرمل والعقيق يتغير طبقاً للتحمل وقوة المواد الصلبة المطلوب إزالتها. التحميل السطحي المناسب يتناسب عكسياً مع الأحمال من المواد الصلبة العالقة. هذه الأنواع من المرشحات تتطلب معدلات عالية من الغسيل العكسي.

الإعتبرات التصميمية تشمل معدلات التحميل الهيدروليكي، نوع الوسط الترشيحي، نظام الغسيل العكسي، نظام التجميع والتوزيع، التحكم، تحسين الفقد الناتج عن الضغط. يفضل عمل تجارب نصف صناعية لتعيين قابلية مياه الصرف للترشيح. أقصى معدل ترشيح هيدروليكي يبنى على أقصى تدفق والتدفق التصميمي وتدفق مياه الغسيل العكسي 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 الترشيحي يحدد إختراق المواد الصلبة فى المرشح. فى حالة زيادة قطر حجم حبيبات الوسط الترشيحي فإن المياه المرشحة تكون ذات نوعية متدنية، وفى حالة صغرها فإن المواد الصلبة تتراكم على السطح، بما يعمل على إختصار دورة الترشيح. الوسط الترشيحي 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 الترشيحي صغير الحبيبات يجب أن يكون عمقه ١٥٠ ملليمتر (٦ بوصة) أو أكثر وقطر الحبيبات يكون ٠,٣٥ ملليمتر (٠,٠١٤ بوصة). قطر الحبيبات الكبيرة في الوسط الترشيحي لا يزيد عن ٢ ملليمتر (٠,٠٨ بوصة).

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

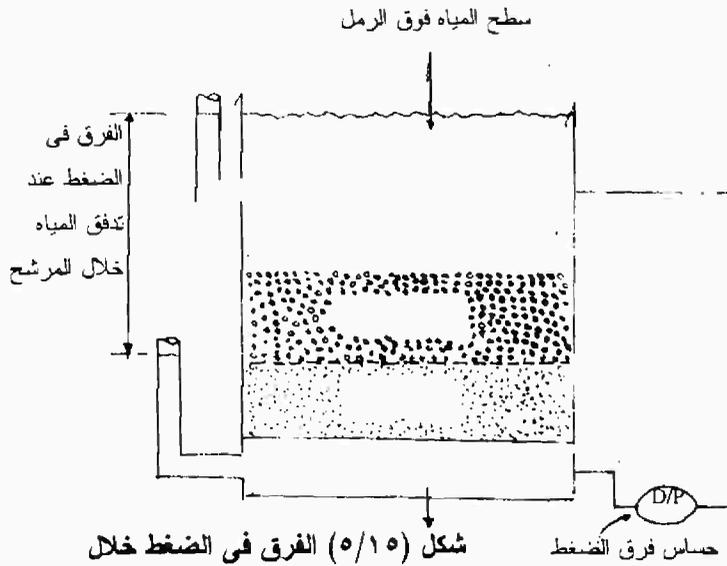
التحكم يمكن أن يكون محلي يدوي، أو يدوي عن بعد (Remote) أو آلي. إشارة التحكم سواء كانت الفقد في الضغط أو عكارة المياه المرشحة، قد تستخدم لإخراج المرشح من الخدمة، وغسله، ثم الترشيح وصرف المياه المرشحة حتى تكون المياه المرشحة بحالة مرضية ثم عودة المرشح إلى الخدمة. النظم التقليدية تشمل نظام صرف سفلى لجميع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

#### **ب- الترشيح بالوسط الترشيحي المغطى: (Precoat Filtration)**

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

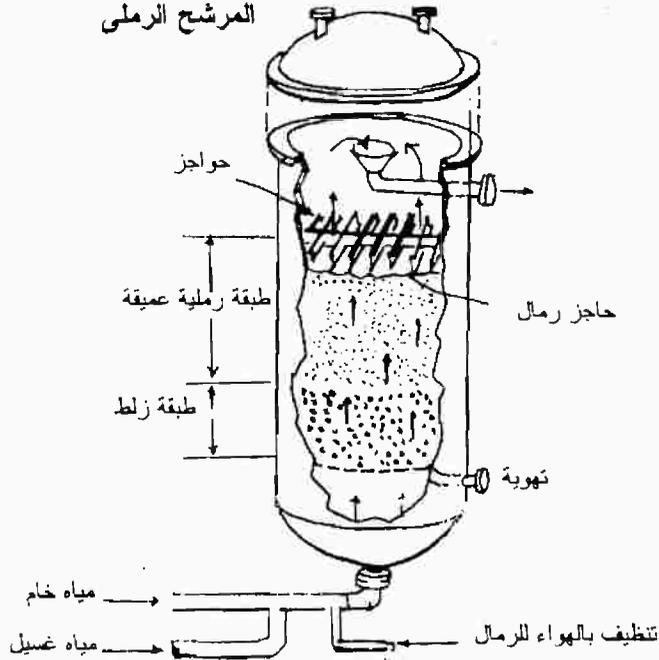
إستمرار تعرض سطح جديد من المادة المسامية لمياه الصرف. مرشح الوسط الترشيحي المغطى قد يعمل كذلك بالضغط في حالة النوع الذي يعمل بالضغط، فإن مخلفات المواد الصلبة ومساعد الترويب المتجمع يزال من أن إلى آخر عند الضغط الجوى بينما تدور أسطوانة المرشح مع مساعد الترشيح.

الأشكال أرقام (١٥، ١٦، ١٧، ١٨، ١٩/٥).

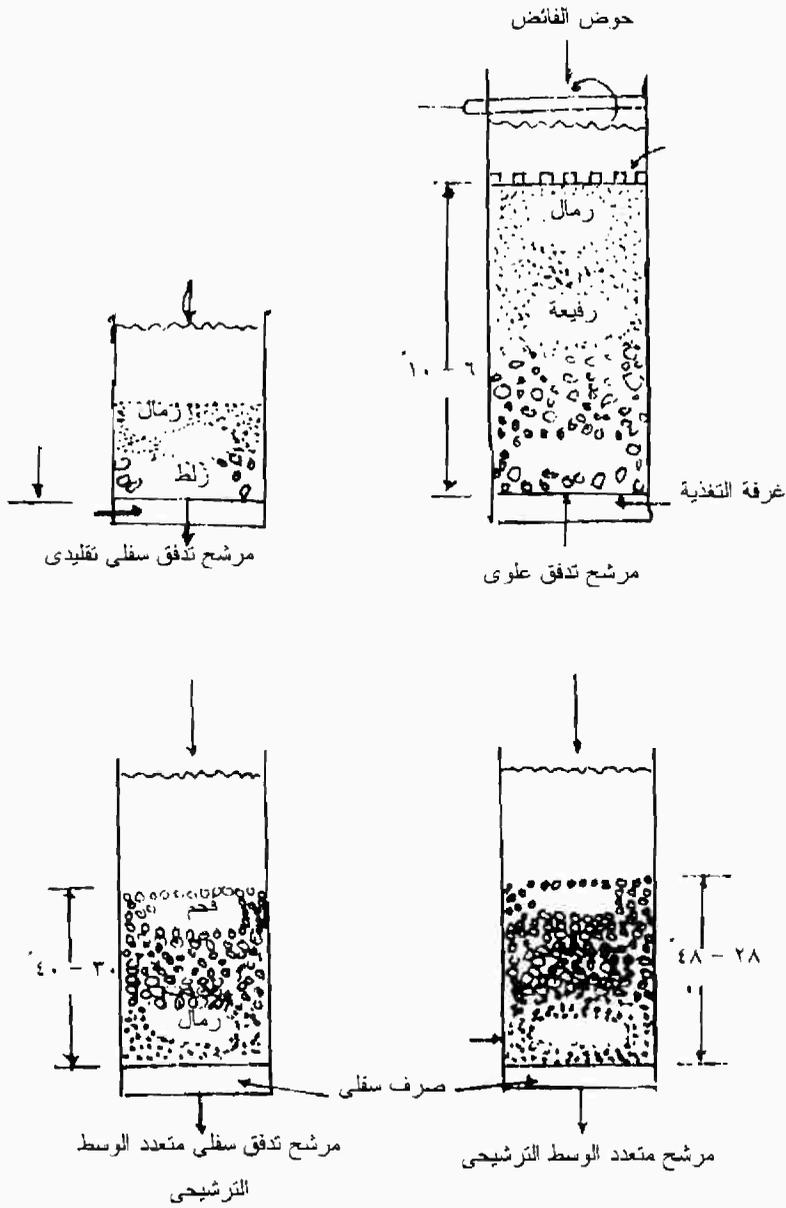


شكل (٥/١٥) الفرق في الضغط خلال

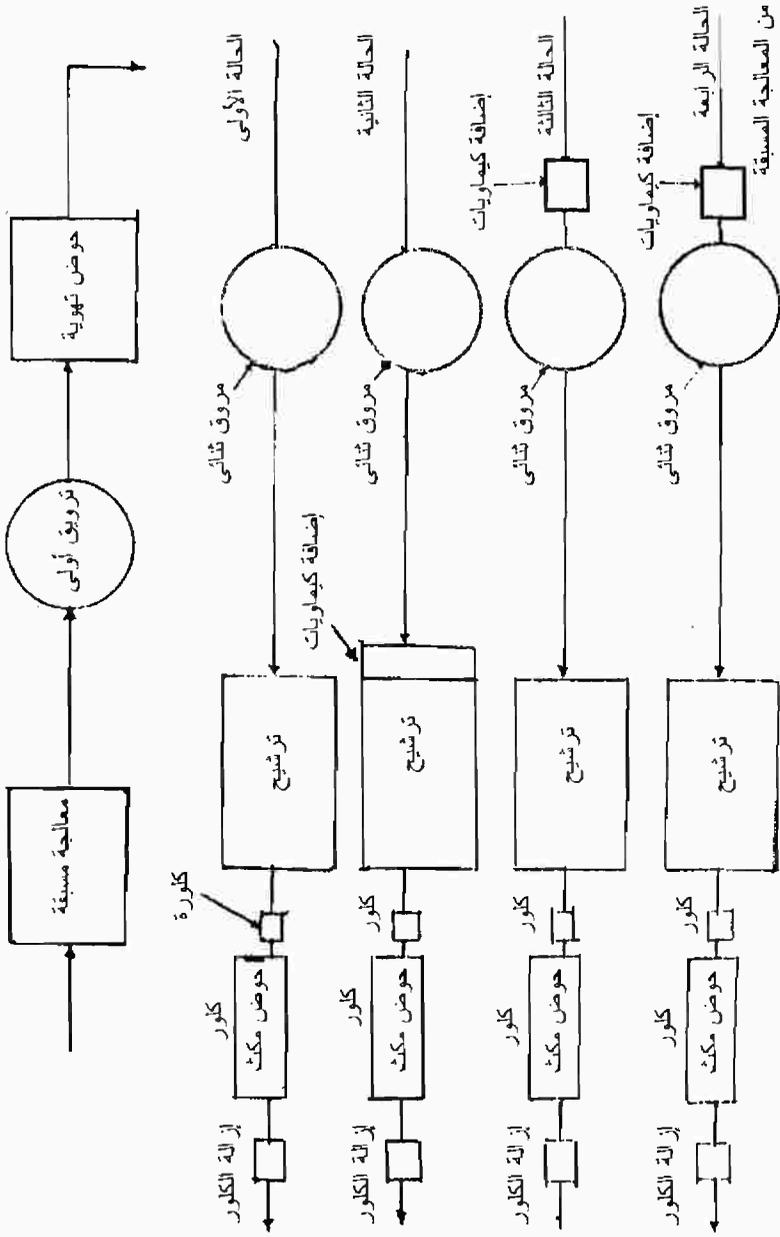
المرشح الرملي



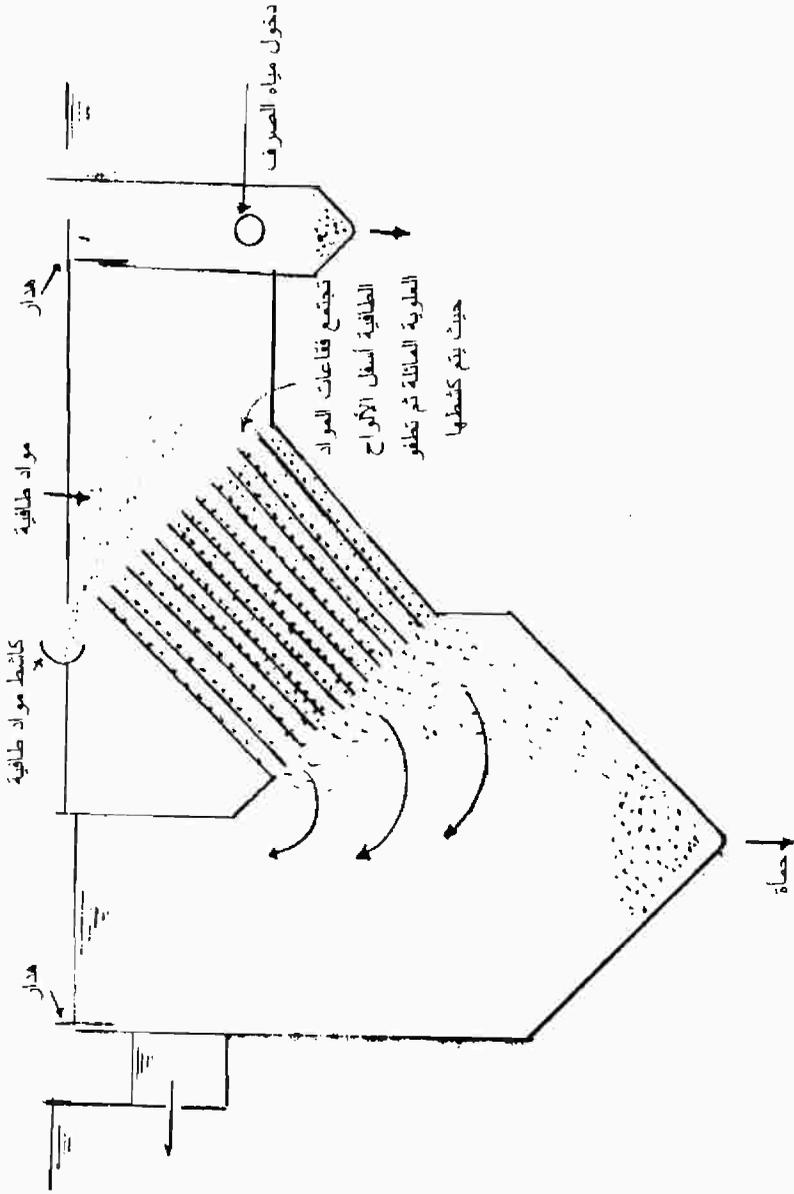
شكل (٥/١٦) مرشح التدفق العلوي



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 والمعلقة بالأسطح المائلة