الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحي

برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

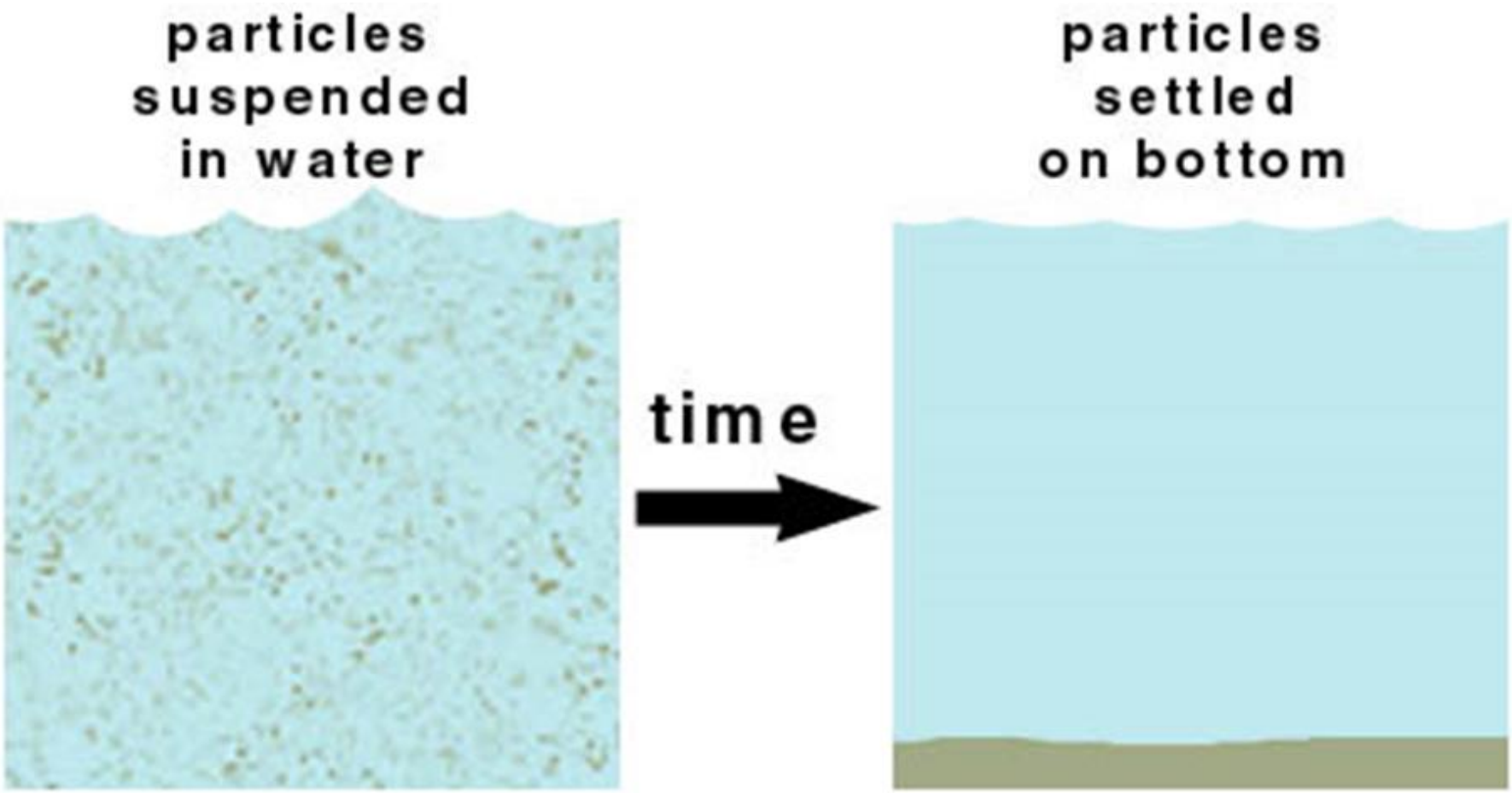
البرنامج التدريبي كيميائي مياه

تكنولوجيا معالجة مياه الشرب

الباب الخامس الترسيب

الهدف من الدورة

- التعرف علي
- مفهوم الترسيب الطبيعي والحاجة إلى الترويب والتنديف.
- أول مراحل المعالجة الرئيسية وهى مرحلة الترويق .
- أنظمة الترويق المختلفة.
- طرق التخلص الآمن من الروبة.
- المروق النابض.


particles
suspended
in water
time
particles
settled
on bottom

الفصل الثاني الترسيب Sedimentation

مقدمـــــة :

الغرض من عمليات الترسيب هو العمل على ترسيب أكبر نسبة ممكنة من المواد العالقة والتي لها ثقل أكبر من دفع الماء وذلك عن طريق تركها ترسب تحت تأثير وزنها .

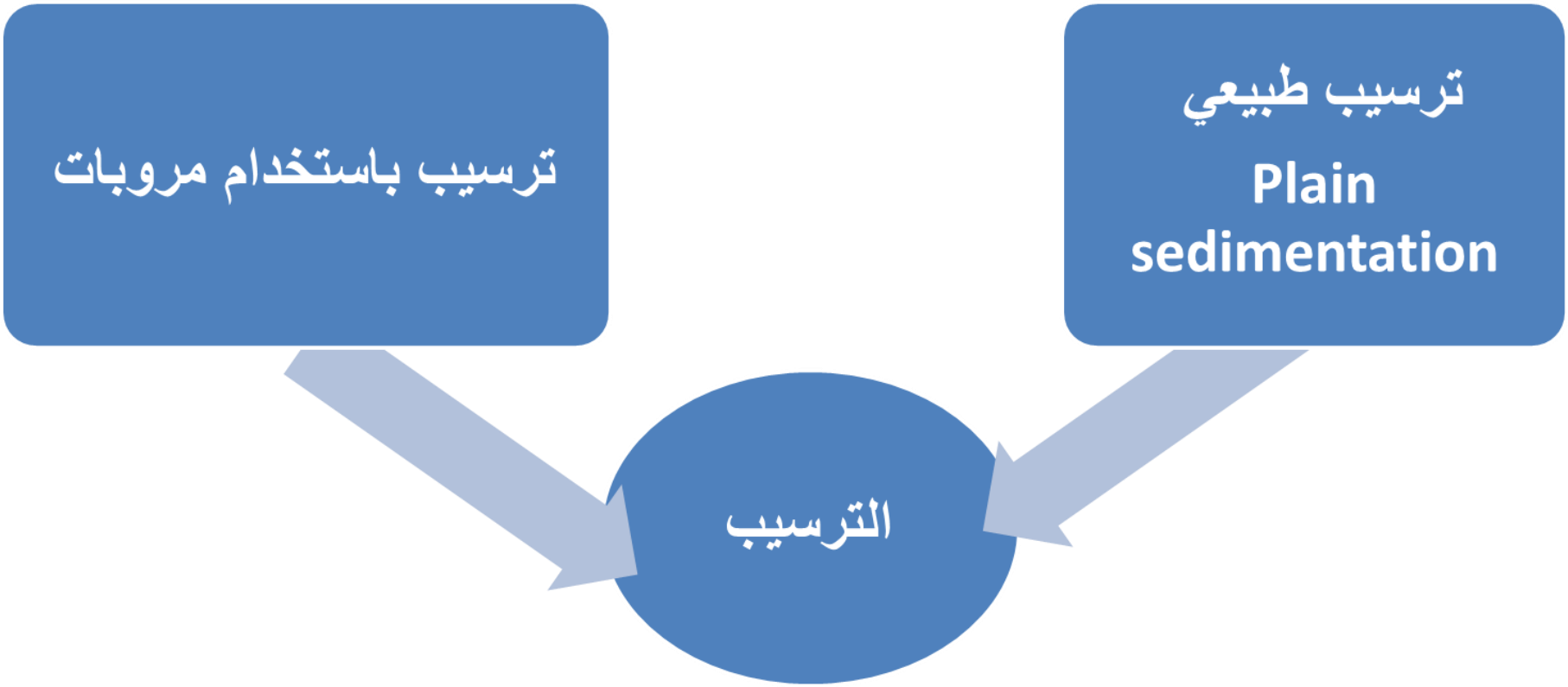
وعمليــة الترسـيب إمــا أن تكـون "الترسـيب الطبيعـي أو الترسـيب الذاتي".

"الترسيب باستعمال المروبات" وهو النوع الشائع في عمليات تنقية المياه.

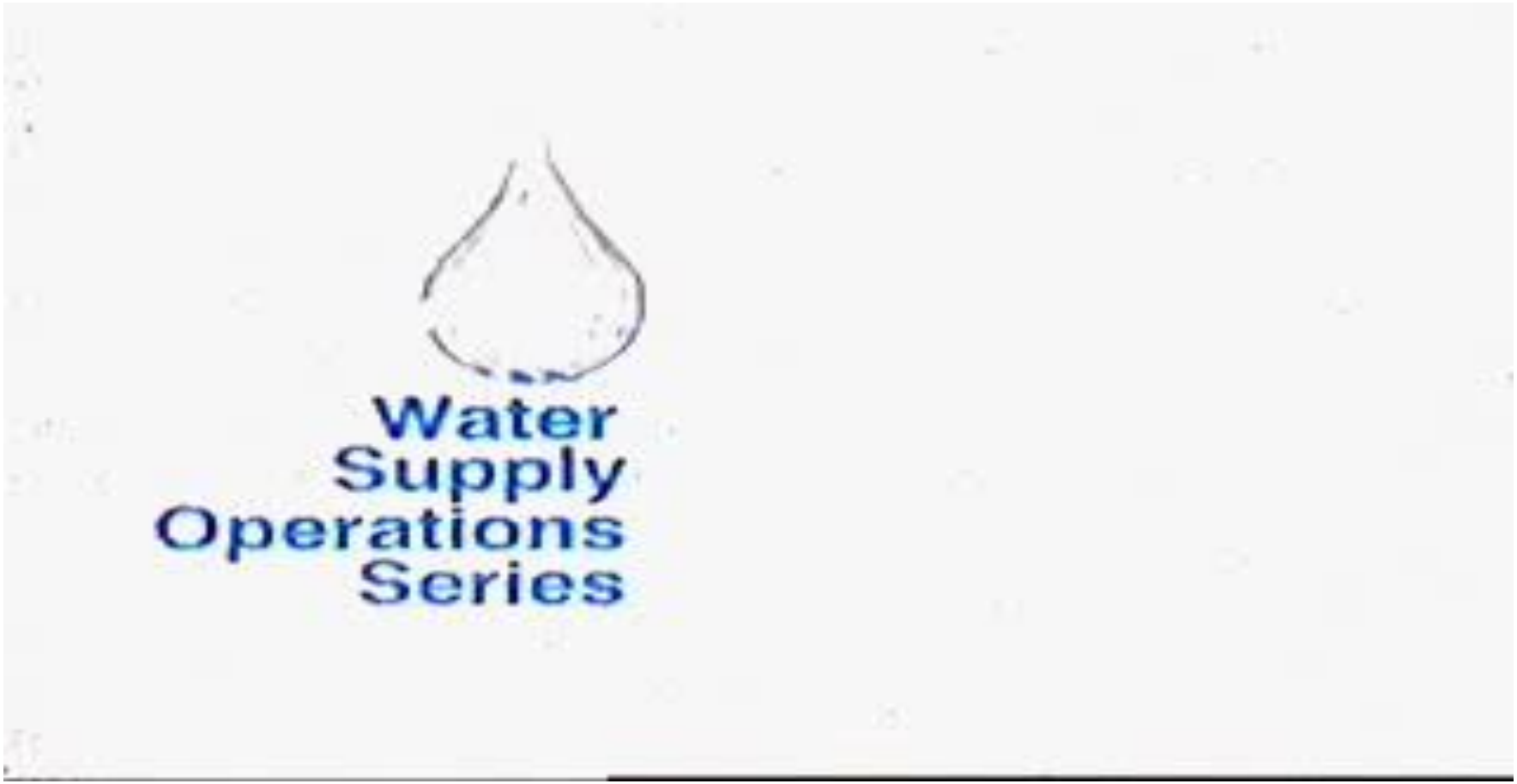
وهناك عوامل كثيرة تؤثر في كفاءة عمليات الترسيب منها :

- تركيز المواد العالقة في المياه * شكل وحجم وكثافة المواد العالقة.
- * درجة حرارة الماء ودرجة لزوجته * مدة بقاء الماء في الحوض.

عملية الترسيب Sedimentation



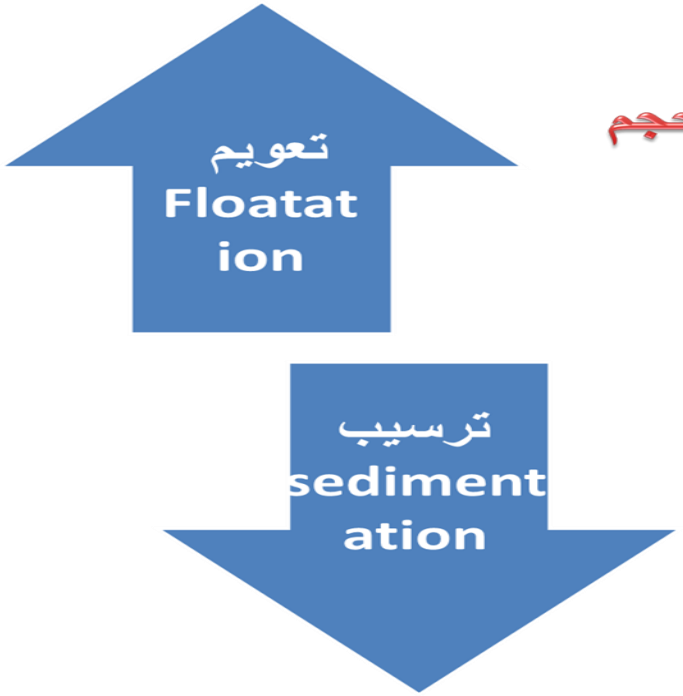
عملية الترسيب Sedimentation



١- الترسيب الطبيعي (Plain Sedimentation)

الشوائب ذات الكثافة القليلة والحجم الصغير

الشوائب ذات الكثافة الكبيرة والحجم الكبير



أ - الترسيب الطبيعي (Plain Sedimentation)

لا يشمل إضافة مواد كيماوية . وكميات الرواسب التي يمكن التخلص منها بهذا النوع من الترسيب تتراوح بين ٦٠% إلى ٧٠% مع نسبة مماثلة من البكتريا .

عمليات تنقية المياه

١- الترسيب الطبيعي (Plain Sedimentation)

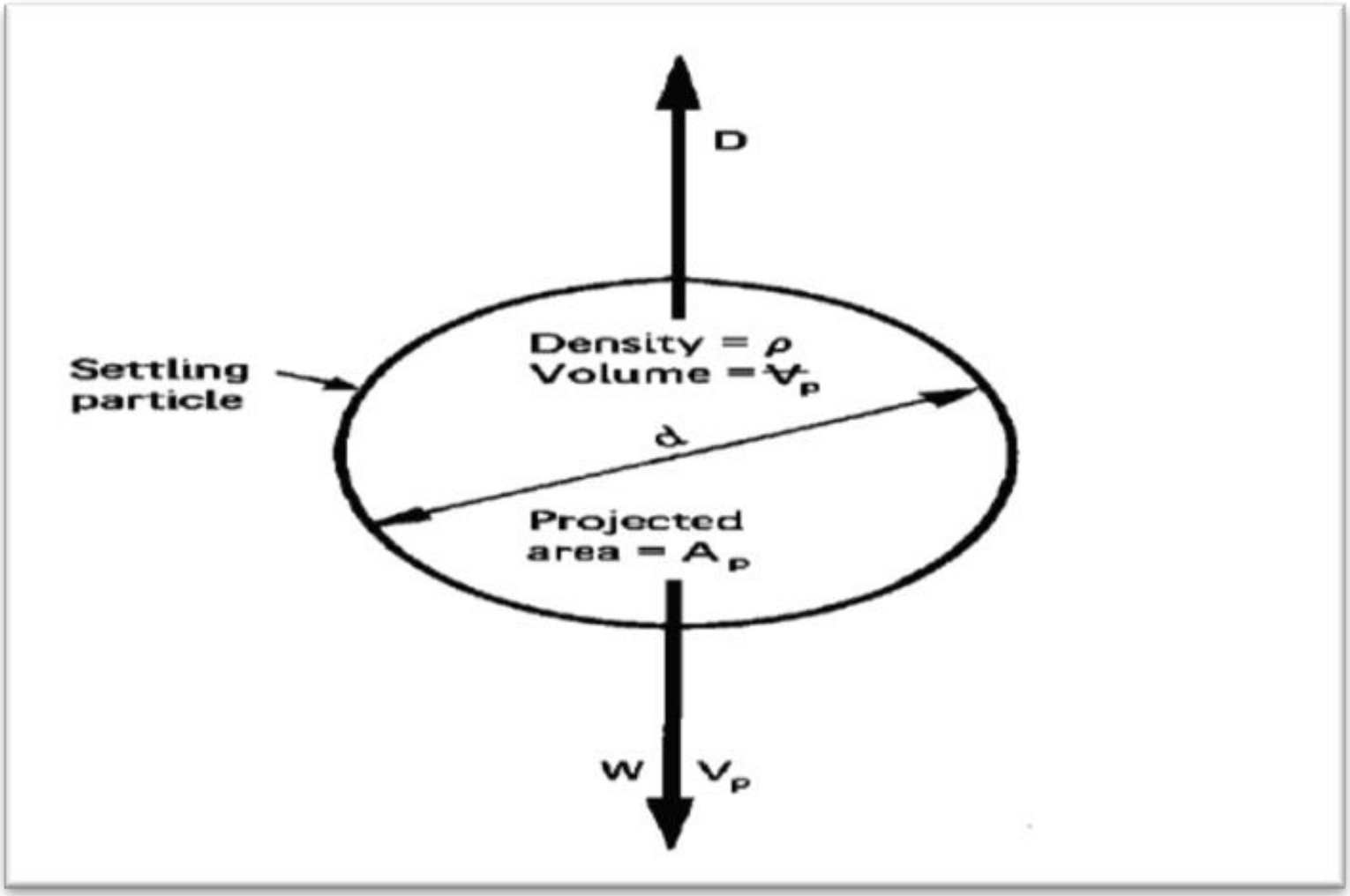
عملية تنقية يتم فصل المواد الصلبة والعالقة والحبيبات كبيرة الحجم ذات الكثافة العالية بالترسيب تحت تأثير الجاذبية الارضية اما الحبيبات ذات الكثافة القليلة فتصعد على سطح الحوض ليتم فصلها بعملية الطفو مكونة طبقة الخبث scum اعلى الحوض.

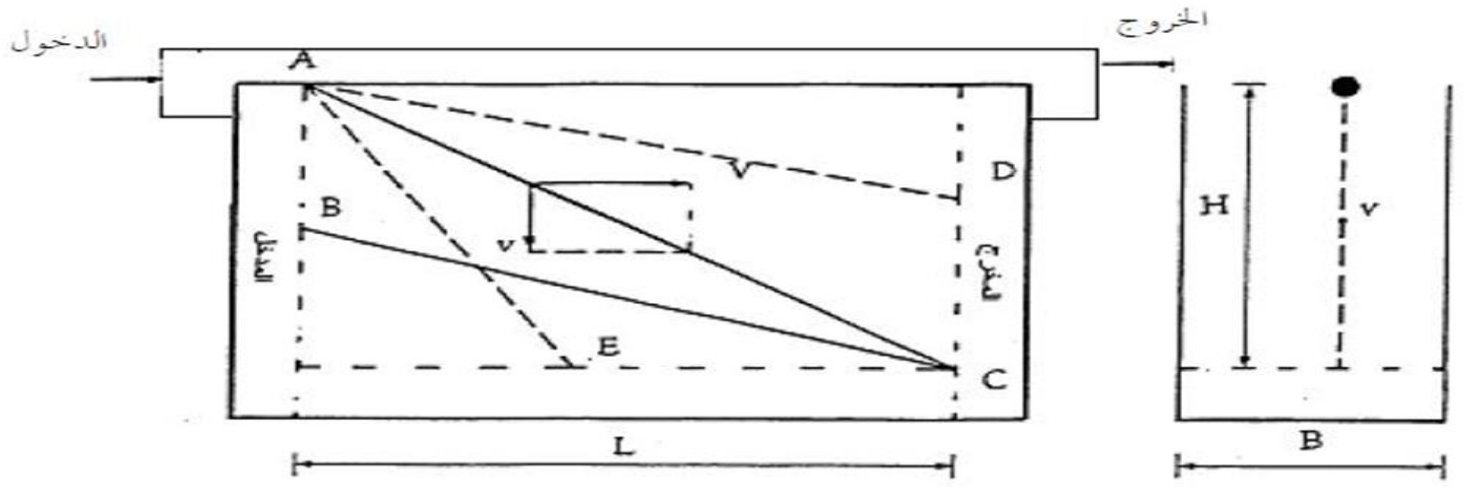
حيث:-

W هي قوة جذب الجسم لأسفل

D هي قوة دفع المياه للجسم لأعلي

وتختلف سرعة الترسيب للجسيمات حسب القطر (حجم الجسيم)


D
Settling particle
Density = ρ
Volume = $\forall_p$
d
Projected area = A_p
W
V_p



V	سرعة الأجسام العالقة فى الاتجاه الأفقى
v	سرعة الأجسام العالقة فى الاتجاه الرأسى
H	عمق الحوض
B	عرض الحوض
A	المساحة السطحية لحوض الترسيب
AD	مسار المواد التى لا ترسب وتخرج من الحوض
BC	مسار المواد التى لا يرسب منها إلا ما كانت نقطة دخوله بالقرب من القاع
AE	مسار الأجسام ذات الكثافة والحجم الأكبر والتى ترسب بسرعة

أى أن مساحة مقطع الحوض العمودي على مسار المياه (B x H) وتكون سرعة المياه الأفقية = التصرف /مساحة المقطع.

وتكون هي أيضا السرعة الأفقية للمواد العالقة بمختلف أحجامها. اما سرعة المواد العالقة فى الاتجاه الرأسى V
فتكون مختلفة حسب حجم الجزيئات وكثافتها. ومن الشكل نستنتج أن:

$$V/v=(L/H)$$

وتكون

$$v=V \times H/L$$

و حيث أن

$$V=Q/(B \times H)$$

تكون

$$v=Q/(\ \times H)\ H/L=Q/(B \times L)$$

أي أن

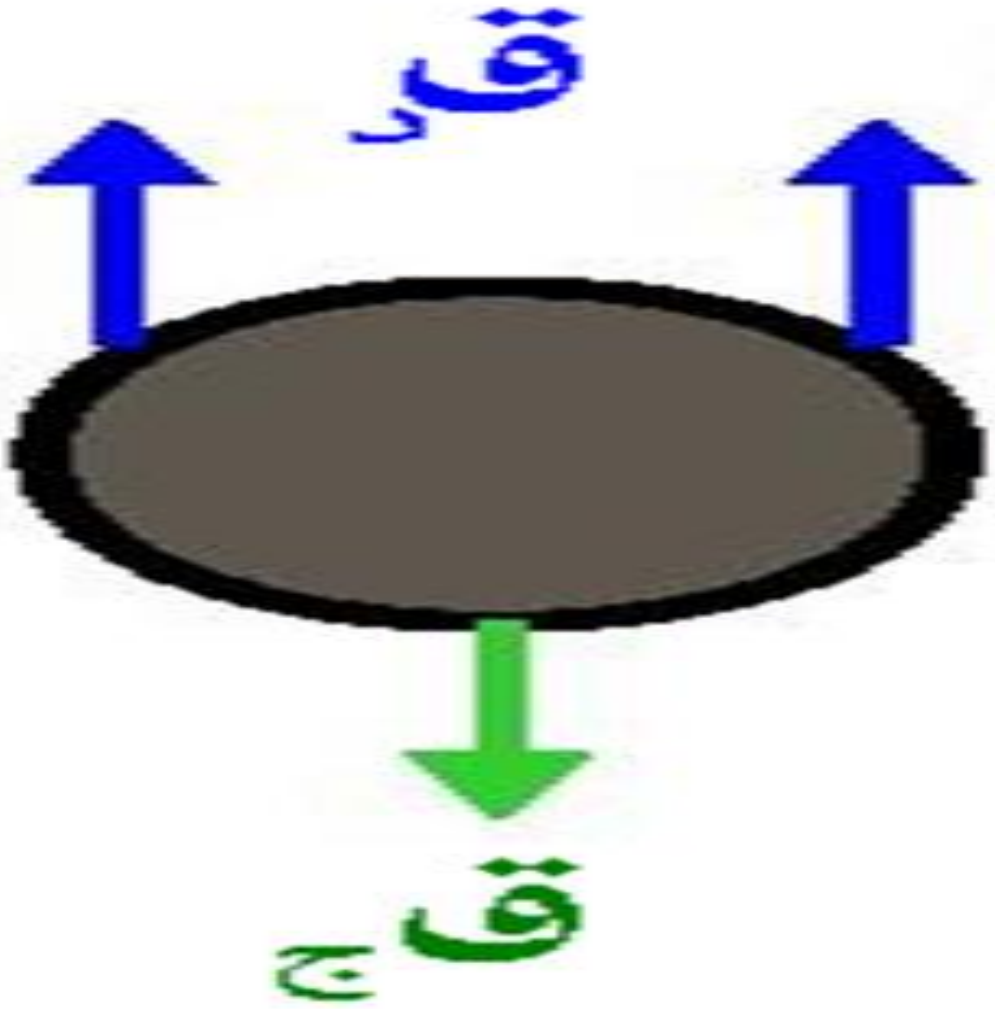
$$v=Q/A$$

سرعة الهبوط الرأسية للحبيبات المتساقطة = التصرف / المساحة السطحية لحوض الترسيب

نظرية الترسيب الطبيعي

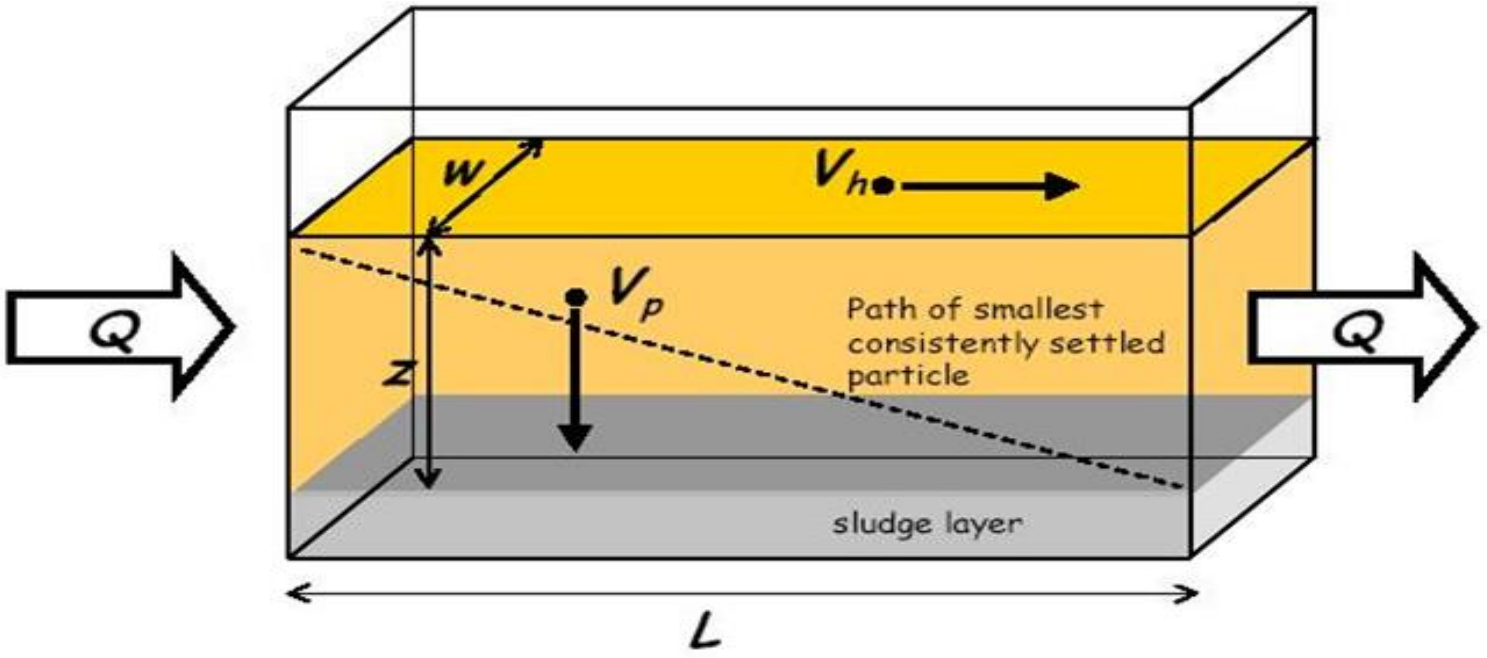
يحدث الترسيب الطبيعي نتيجة هبوط الحبيبة المنفردة تحت تأثير وزنها إلى أسفل ومقاومة الماء إلى أعلى.

وحيث أن قانون نيوتن يوضح انه إذا توازنت قوى مؤثرة على حبيبة عالقة في الماء، فلا توجد عندئذ عجلة تسارع وإنما سرعة هبوط ثابتة منتظمة تسمي "سرعة هبوط الحبيبة"


قر
قج

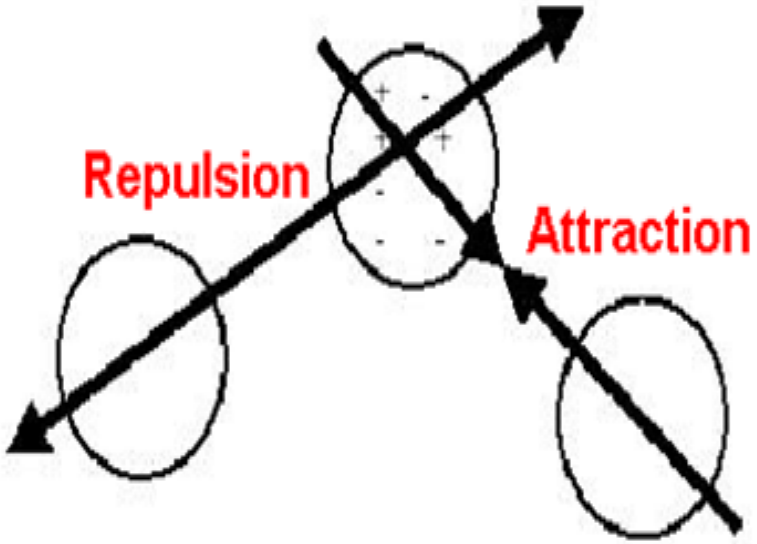
وتعتمد نظرية تصميم أحواض الترسيب على أن الحبيبة الداخلة، والتي لها سرعة دخول الماء الأفقية، ولها سرعة رأسية هي سرعة الهبوط، يجب أن تهبط إلى القاع قبل أن تبدأ المياه في الخروج من الحوض من الجهة الأخرى وعلى هذا الأساس تتحدد أبعاد الحوض.

Sedimentation



ثانياً: قوى التنافر الطبيعية بين الجسيمات

تحمل عادة الجسيمات الموجودة في المياه شحنات كهربية سالبة، ونظراً لأنه توجد قوة تنافر بين أي جسمين متماثلين في الشحنة ، تبقى الجسيمات الغروية الصغيرة جدا المتشابهة في الشحنة متباعدة عن بعضها البعض ومعلقة في الماء .

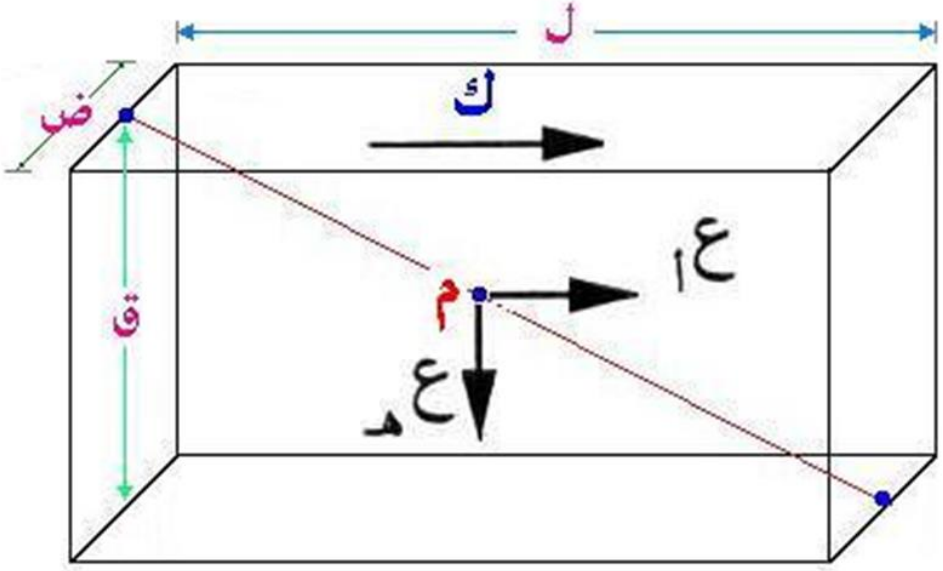


وفى عملية معالجة المياه تعرف قوة التنافر الكهربية هذه بجهد الزيتا (ZP).

وتوجد قوة أخري تنشأ بين جميع الجسيمات في الطبيعة هي قوى "فان درفال" وهى تعمل على جذب أي جسمين معاً ، وقوى الجذب هذه تعمل في اتجاه مضاد لجهد زيتا.

وطالما كان جهد زيتا أقوي من قوة "فان درفال" فإن هذه الجسيمات تظل عالقة في الماء .

مدخل لتفهم أسس الترسيب الطبيعى



● م جسيم يقع تحت تأثير قوتين :

١- قوة دفع الماء أفقياً

٢ - قوة الجاذبية لأسفل (رأسيا)

الوقت اللازم لوصول الجسيم إلى نهاية الحوض فى الاتجاه الأفقى (فترة المكث)

$$= \frac{\text{حجم الحوض}}{\text{معدل التدفق}} = \frac{\text{ق} \times \text{ض} \times \text{ل}}{\text{ك}} \quad (١)$$

الوقت اللازم لوصول الجسيم إلى نهاية الحوض فى الاتجاه الرأسى

$$= \frac{\text{المسافة}}{\text{السرعة}} = \frac{\text{ق}}{\text{ع}_{\text{هـ}}} \quad (٢)$$

لكى يصل الجسيم إلى نهاية الحوض قبل خروج المياه من الحوض :

∴ يجب أن يتساوى زمن الحركة رأسيا وأفقيا :

∴ من المعادلتين السابقتين ١ ، ٢ :

$$\frac{\text{ق}}{\text{ع}_{\text{هـ}}} = \frac{\text{ق} \times \text{ض} \times \text{ل}}{\text{ك}}$$

$$\therefore \text{ع}_{\text{هـ}} = \frac{\text{ك}}{\text{ض} \times \text{ل}} = \frac{\text{معدل التدفق}}{\text{مساحة الحوض السطحية}}$$

وتعرف $\text{ع}_{\text{هـ}}$ بمعدل التحميل السطحى

قابلية ترسيب الجسيمات في المياه

قطر الحبيبات (مم)	النوع	زمن الترسيب *	القابلية للترسيب
١٠	حصي	١ ثانية	قابلة
١	رمل	١٠ ثواني	قابلة
٠,١	رمل ناعم	٢ دقيقة	قابلة
٠,٠١	طمي / طحالب	٢ ساعة	غير قابلة
٠,٠٠١	بكتريا	٨ يوم	غير قابلة
٠,٠٠٠٢	مواد غروية	سنتين	غير قابلة
٠,٠٠٠٠٢	فيروسات	٢٠ سنة	غير قابلة

* زمن الترسيب هو القدرة التقريبية للرسوب لمسافة ١ م في المياه تحت تأثير الجاذبية فقط .

Diameter of Particle	Type of Particle	Settling time through 1 m. of water
10mm	Gravel	1 seconds
1mm	Sand	10 seconds
0.1mm	Fine Sand	2 minutes
10 micron	Protozoa, Algae, Clay	2 hours
1 micron	Bacteria, Algae	8 days
0.1 micron	Viruses, Colloids	2 years
10 nm	Viruses, Colloids	20 years
1 nm	Viruses, Colloids	200 years

Settling Time for Particles of Various Diameters;

عملية تنقية المياه

العوامل المؤثرة في عملية الترسيب الطبيعي

١. حجم الحبيبات وطريقة توزيعها

٢. شكل الحبيبات

٣. كثافة الحبيبات

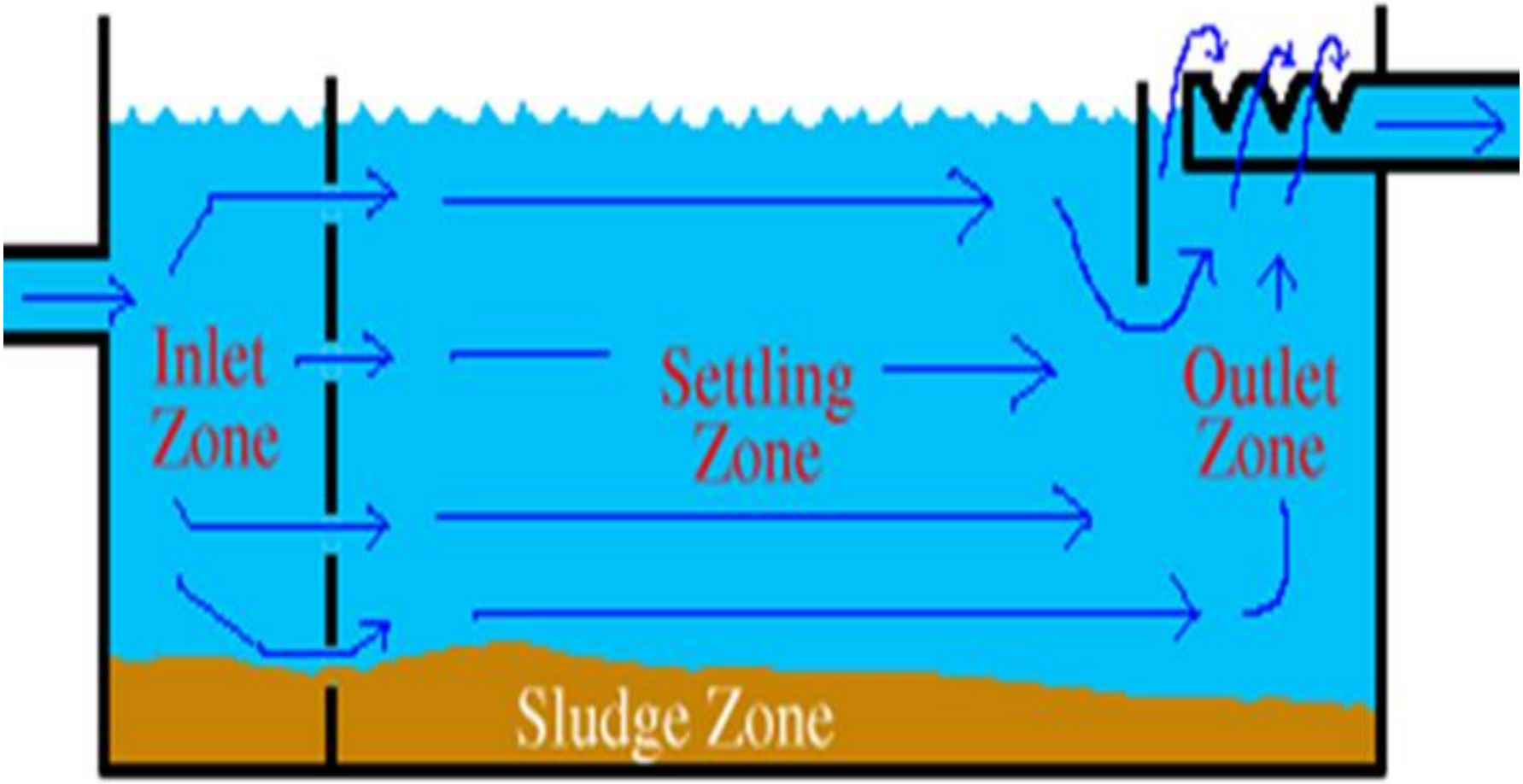
٤. درجة حرارة الماء

٥. الشحنة الكهربائية للجسيمات

6. سرعة سربان الماء في الحوض

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

8. مدة بقاء الماء في الحوض(مدة المكث) ومدة المكث = حجم الحوض مقسوما على معدل التصرف خلال الحوض


Inlet
Zone
Settling
Zone
Outlet
Zone
Sludge Zone

عملية تنقية المياه

استخراج الرواسب (الروبه) من أحواض الترسيب

يجب استخراج الرواسب من الحوض دوريًا (على فترات زمنية) للأسباب الآتية:

١. منع تداخلها مع المياه المروبه وإعادة تعكيرها.

٢. منع تكاثر البكتريا التي تسبب طعمًا ورائحة غير مقبولين للماء.

3. تفادي شغل حيز كبير من الحوض، يخفض من كفاءة تشغيله مع انخفاض نوعية المياه المنتجة لانخفاض مدة المكث.

ويتم استخراج الروية من الأحواض إما يدويًا أو ميكانيكيا عن طريق:

١. الكاسحات الميكانيكية للأحواض المستديرة والمعلقة في الكباري المتحركة فوق الحوض.

٢. العربات المتحركة الأفقية والكباري الكاسحة للأحواض المستطيلة.

٣. حيز تركيز الر واسب كما يحدث في الحوض نابض (Pulsator)

أنواع أحواض الترسيب

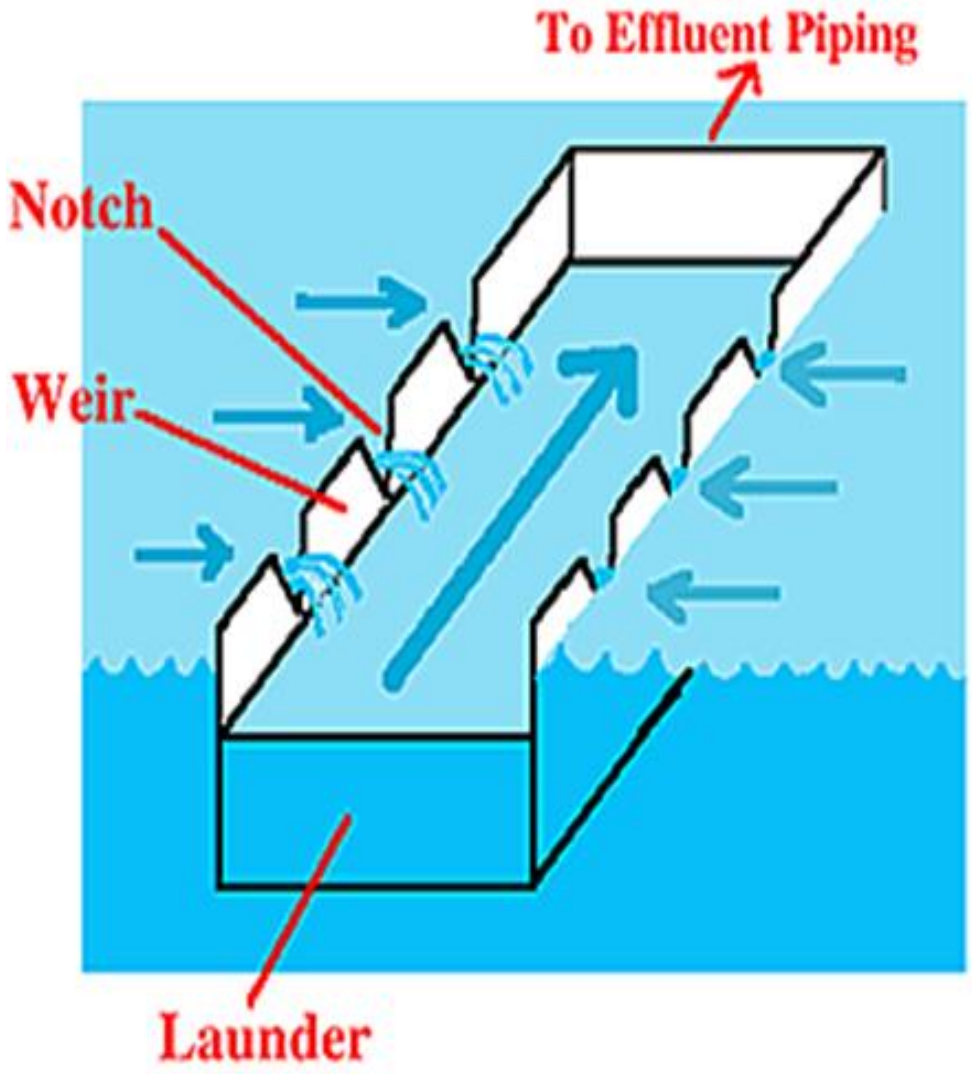
مستطيلة

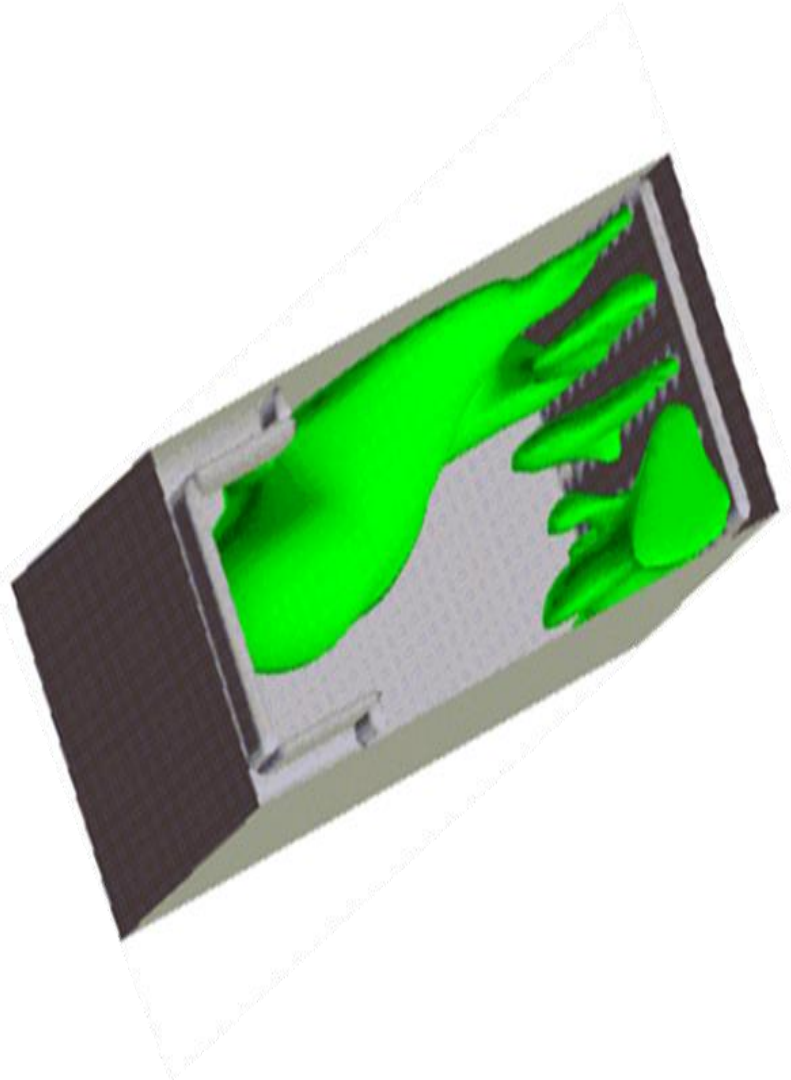
دائرية

الترسيب Sedimentation

وحيث أن الترسيب الطبيعى لم يعد مناسبا للأسباب التالية:

- أصبحت المواد العالقة كبيرة تحتاج ببضع ساعات لفترة الترسيب (Detention Period)
- الحاجة للحصول على كفاءة كبيرة
- التزايد المستمر في كميات المياه المطلوبة نتيجة التزايد الكبير في التعداد السكاني والتقدم الاجتماعي والاقتصادي والصناعي لذا وجب استخدام طرق أكثر تعقيدا


To Effluent Piping
Notch
Weir
Launder



الترسيب الطبيعي Plain Sedimentation

نظرية تصميم أحواض الترسيب

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

تقاوم الجسيمات الغير قابلة للترسب عملية الترسيب لسببين أساسين هما :

أ - حجم الجسيمات

ب - القوى الطبيعية بين الجسيمات

أ – حجم الجسيمات :

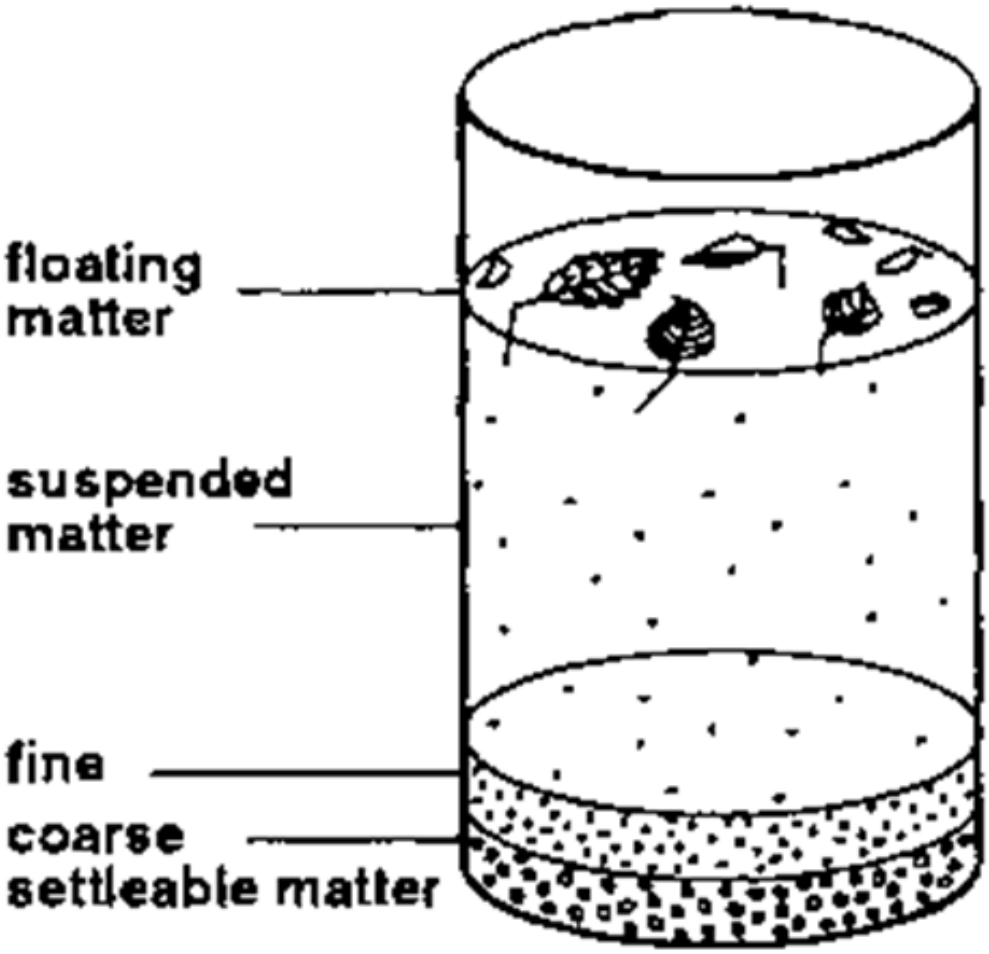
أنواع من جسيمات المواد الغير قابلة للترسيب

وهى من الأكبر إلى الأصغر

أولاً : معلقة (Suspended)

ثانياً: غرويــة (Colloidal)

ثالثاً : مذابــة (Dissolved)



SANDEC 25.8.95

عملية الترسيب (الترويق)

وهى تلك العملية التي يتم خلالها ما يلى

خفض درجة العكارة الموجودة في المياه الخام باستخدام أحواض ترسيب طبيعي ويتم ذلك في الحالات التي تزيد فيها درجة عكارة المياه الخام عن حدود معينة .

التخلص من الندف التي سبق تكوينها في مرحلة الترويب السابقة

ولضمان كفـــاءة الترسيب يجب التأكيد علـــى توافر شـروط عديدة مثل

- ضمان السرعة الملائمة للمياه الداخلة للأحواض بحيث لا يحدث تكسير للندف .
- ضمان التوزيع المنتظم للمياه على كامل مسطح الترسيب المتاح .
- ضمان الكفاءة التامة لعملية سحب الرواسب

الترسيب Sedimentation

أولاً : المواد الصلبة المعلقة :

مواد غير قابلة للترسيب جسيمات حجمها أقل من (٠.٠١ مم) ولا تترسب بسرعة

مواد قابلة للترسيب وهى أكبر حجماً (أكبر من ٠.٠١ مم)حيث أنها تترسب تلقائياً إلى القاع أو حوض الترسيب فى غضون أربع ساعات.

ثانياً: المواد الصلبة الغروية :

هي جسيمات الطمى الدقيق والبكتريا والجسيمات المسببة للون والفيروسات وهذه الغرويات لا تترسب تلقائياً في مدة زمنية معقولة ولا ترى بالعين المجردة

ثالثاً المواد الصلبة المذابة :

هـــى مـــواد عضـــوية أو غيـــر عضـــوية ذائبـــة مثـــل الأمـــلاح والكيماويـات.وهـى صـغيرة جـداً ولا يمكـن رؤيتهـا بـالعين المجـردة ونسبب مشكلات مثل الطعم أو اللون أو الرائحة.

الترسيب Sedimentation

ب- القوى الطبيعية :

تحمل عادة الجسيمات الموجودة في المياه شحنات كهربية سالبة وكذلك فإنه توجد هناك قوة تنافر بين أي جسمين متماثلين في الشحنة .

وفى عملية معالجة المياه تسمى قوة التنافر الكهربية جهد زيتا Zeta potential "ZP" وهى قادرة على إبقاء الجسيمات الغروية الصغيرة جداً متباعدة بعضها عن بعض ومعلقة فى الماء.

وتوجد قوة أخرى هى قوة فان درفال بين جميع الجسيمات فى الطبيعة وهى تعمل على جذب أى جسمين معاً .

وقوة الجذب هذه تعمل فى اتجاه مضاد لجهد زيتا وطالما كان جهد زيتا أقوى من قوة "فان درفال" فإن هذه الجسيمات تظل معلقة .

ومن الناحية النظرية البحتة فإنه يمكن توضيح عملية الترسيب كما هو موضح في الشكل رقم (٢-١) كمدخل لتفهم أسس تصميم عملية معالجة المياه ، وذلك على أساس أن المواد العالقة متجانسة التوزيع في الماء . وبفرض أن سرعة المياه بما فيها من مواد عالقة في الاتجاه الأفقي " ع أ " ، وأن تصرف المياه يساوى "ك" وأن عرض الحوض "ض" وعمقه " ق" فتكون مساحة مقطعه "ض × ق" .

وتكون سرعة المياه الأفقية = معدل التدفق (التصرف) / مساحة المقطع

$$ع_{أ} = \frac{ك}{ض \times ق}$$

وتكون هي أيضاً السرعة الأفقية للمواد العالقة بمختلف أحجامها .

أوجه الاختلاف بين أحواض الترويق والترسيب الطبيعي :-

لا تختلف أحواض الترويق فى تصميمها عن أحواض الترسيب الطبيعي .

والعوامل المؤثرة على كفاءة الترسيب فيها لا تختلف عن أحواض الترسيب الطبيعي

ولكن في وقت أقل جداً وبالتالي تكون أحجام هذه الأحواض أصغر كثيراً .

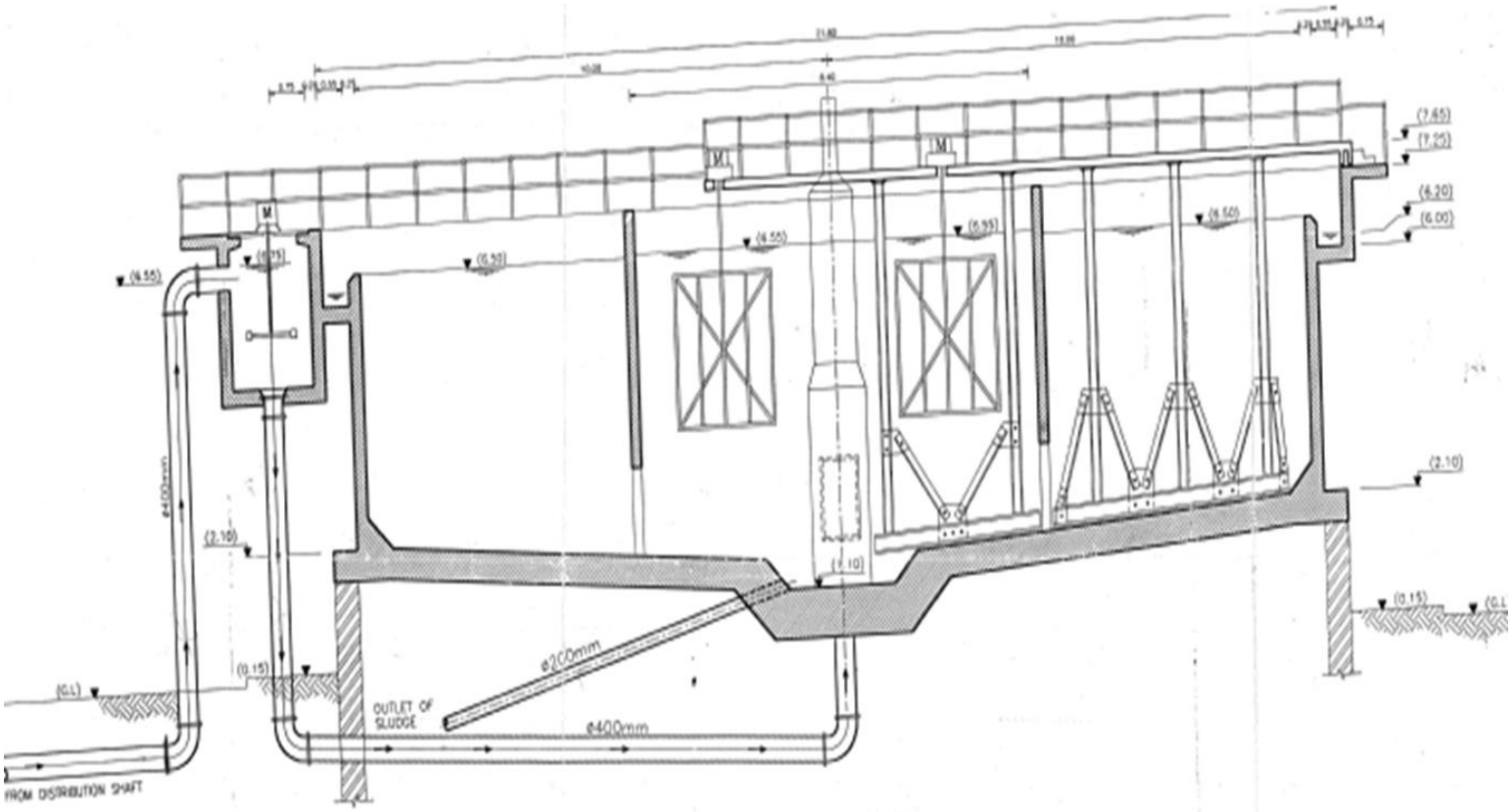
وقد تطورت هذه الأحواض بالتقدم العلمي في اتجاهين :

الأول هو زيادة سرعة الترسيب

والثاني هو زيادة سرعة مرور المياه في الأحواض وذلك لتقليل حجم الأحواض قدر الإمكان .

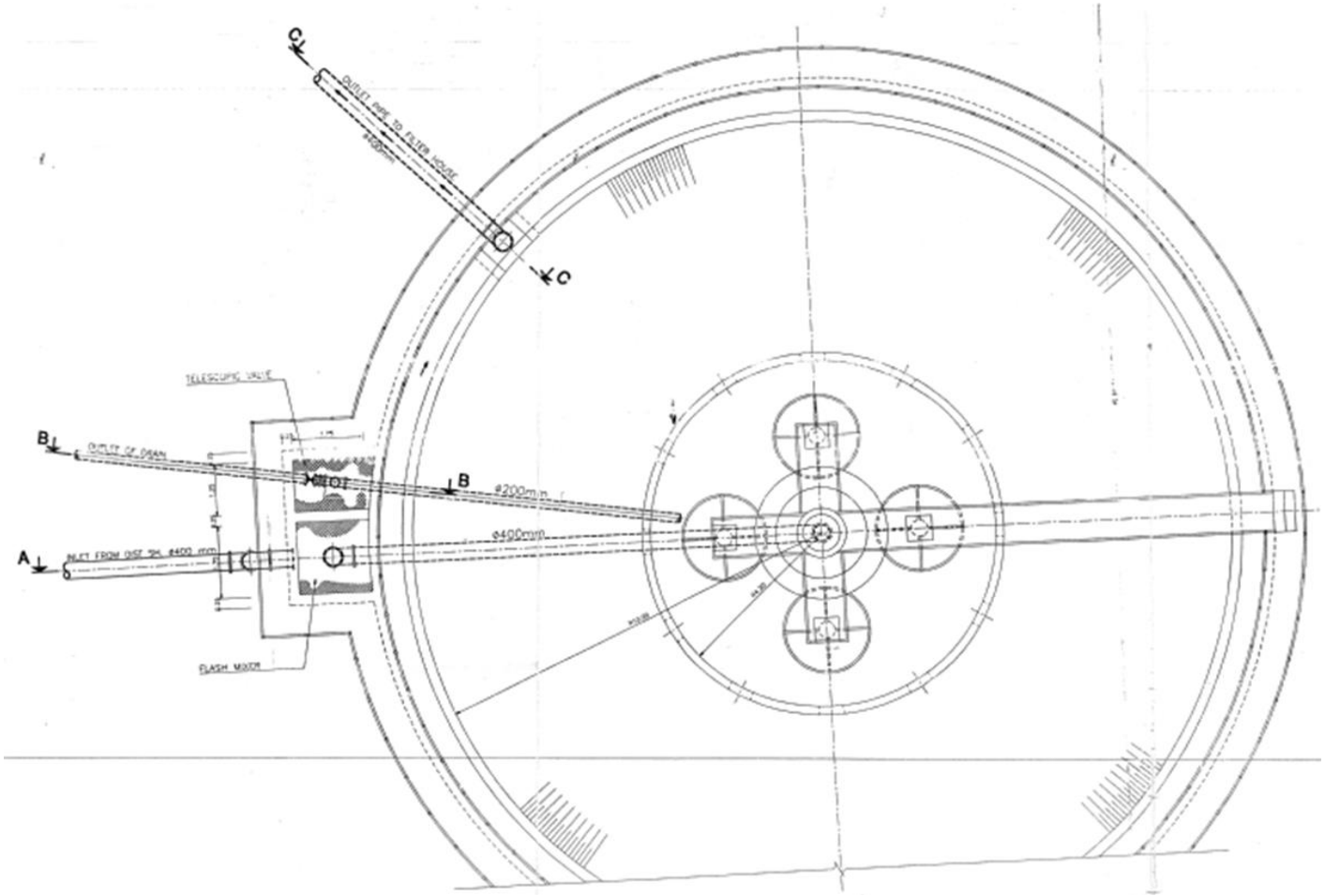
ثم اتجهت الأبحاث إلى تعويم الندف بدلا من ترسيبها بطريقة التعويم بالهواء (Air Floatation)

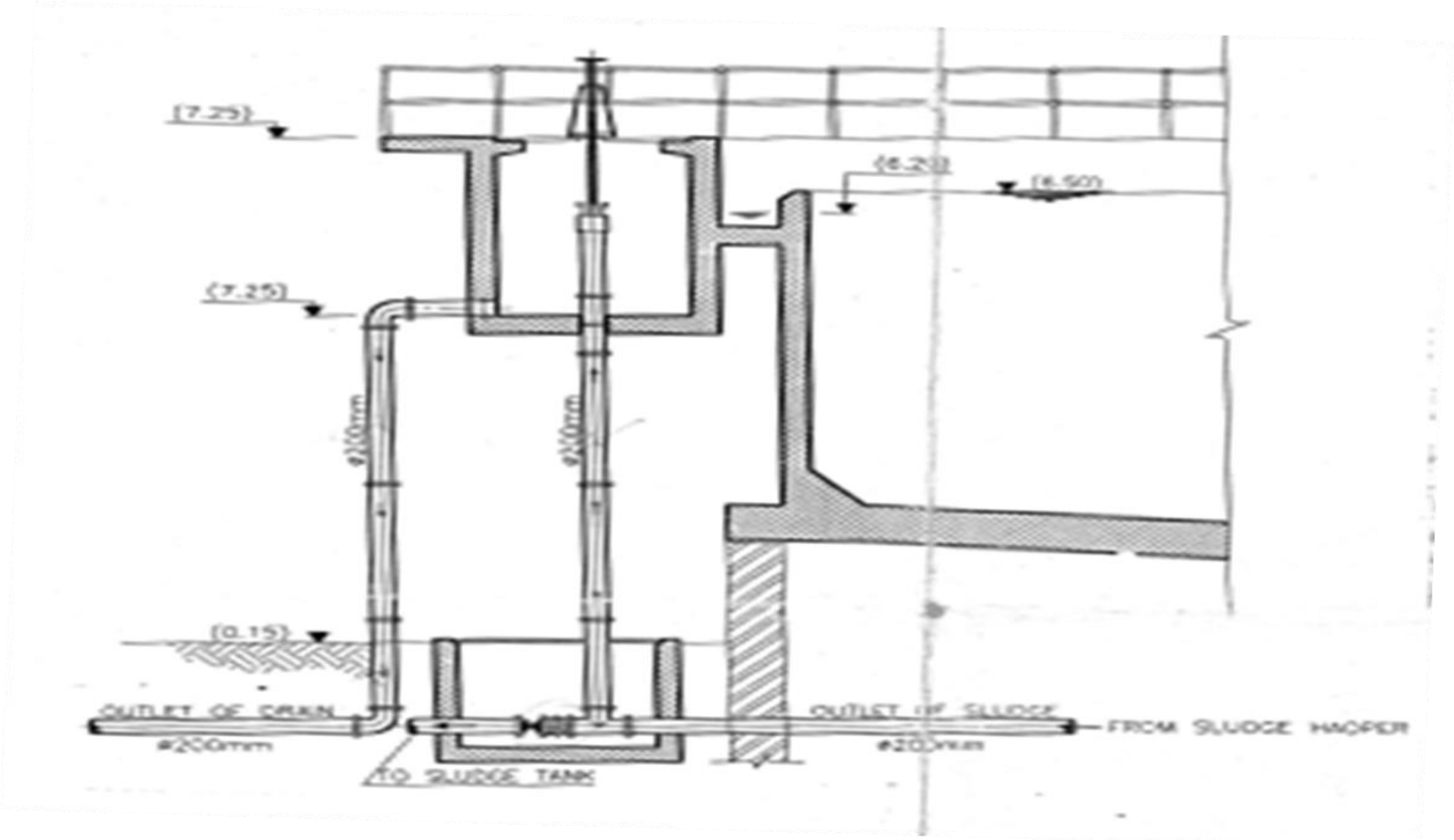
قطاع أفقي لحوض الترسيب الدائري بمحطة زفتي



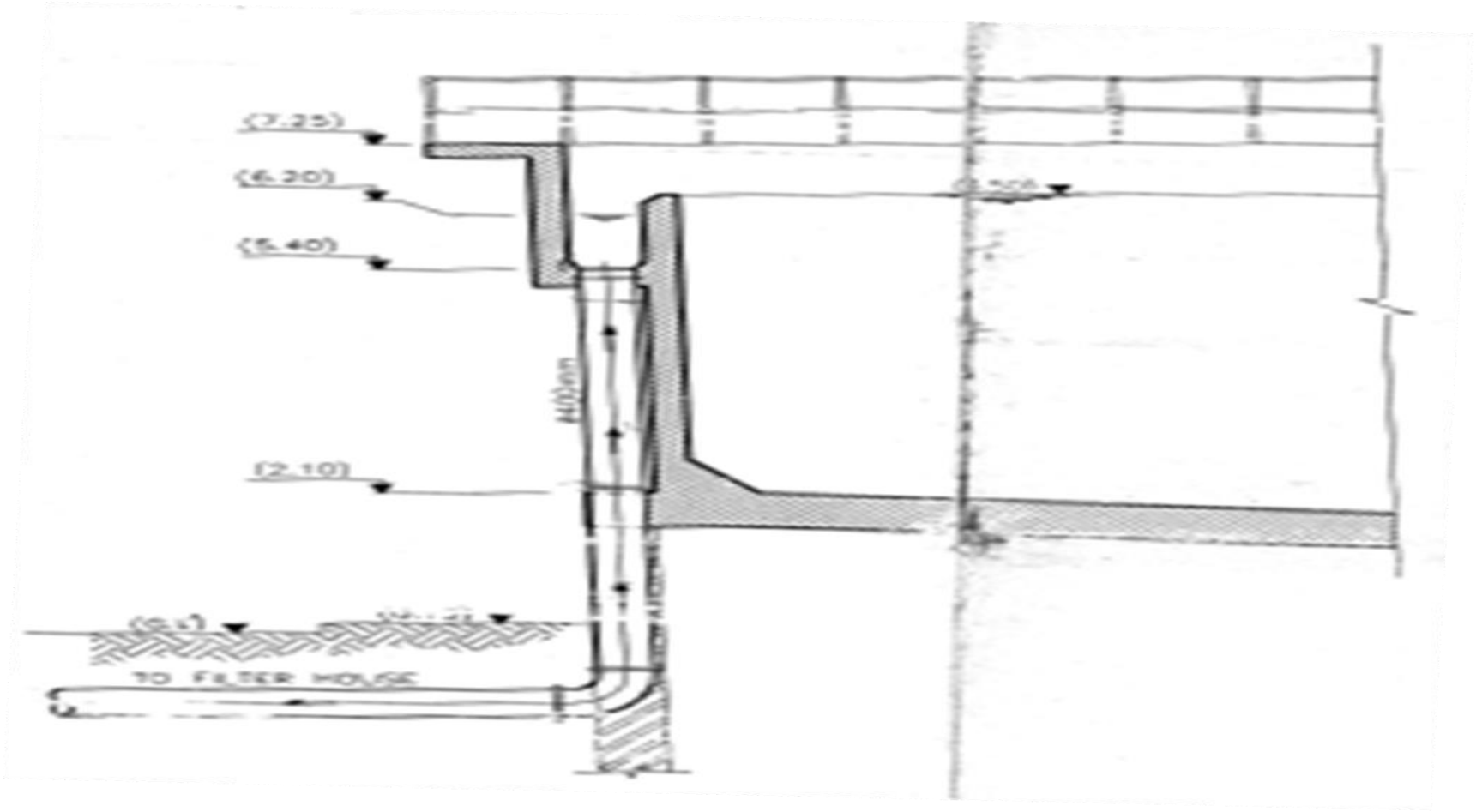
SECTION (A-A)
(1/25)

قطاع رأسي لحوض الترسيب





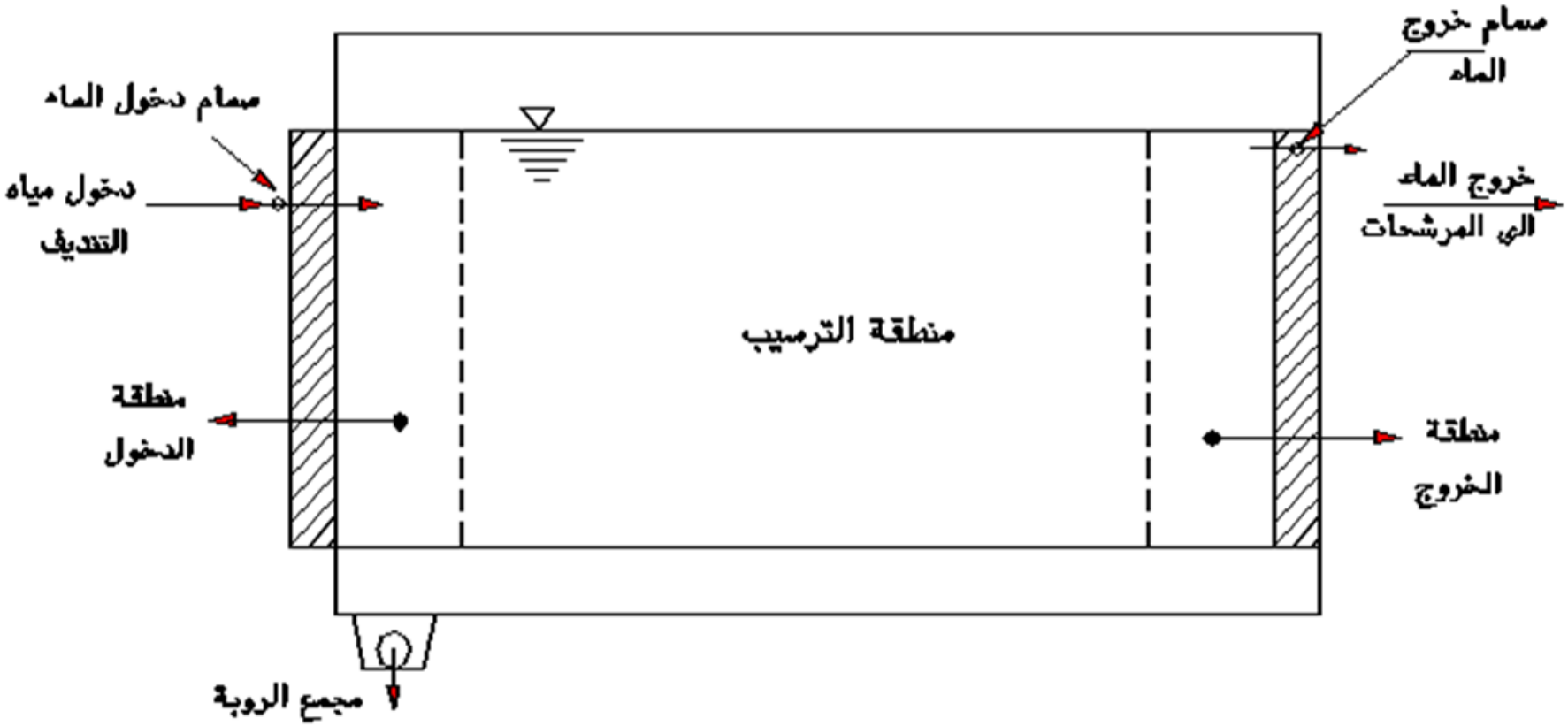
منطقة دخول المياه الخام الي حوض الترسيب والقلاب السريع



منطقة خروج المياه المروقة الي المرشحات

ب - الأحواض المستطيلة

وفيها يكون سريان الماء في اتجاه واحد موازى لطول الحوض ويسمى ذلك بالتصريف في خطوط مستقيمة كما في الشكل التالي ومثال ذلك أحواض الترسيب بالمحطات المرشحة بكل من الجديدة بالمحلة والجديدة بطنطا .



حوض ترسيب مستطيل

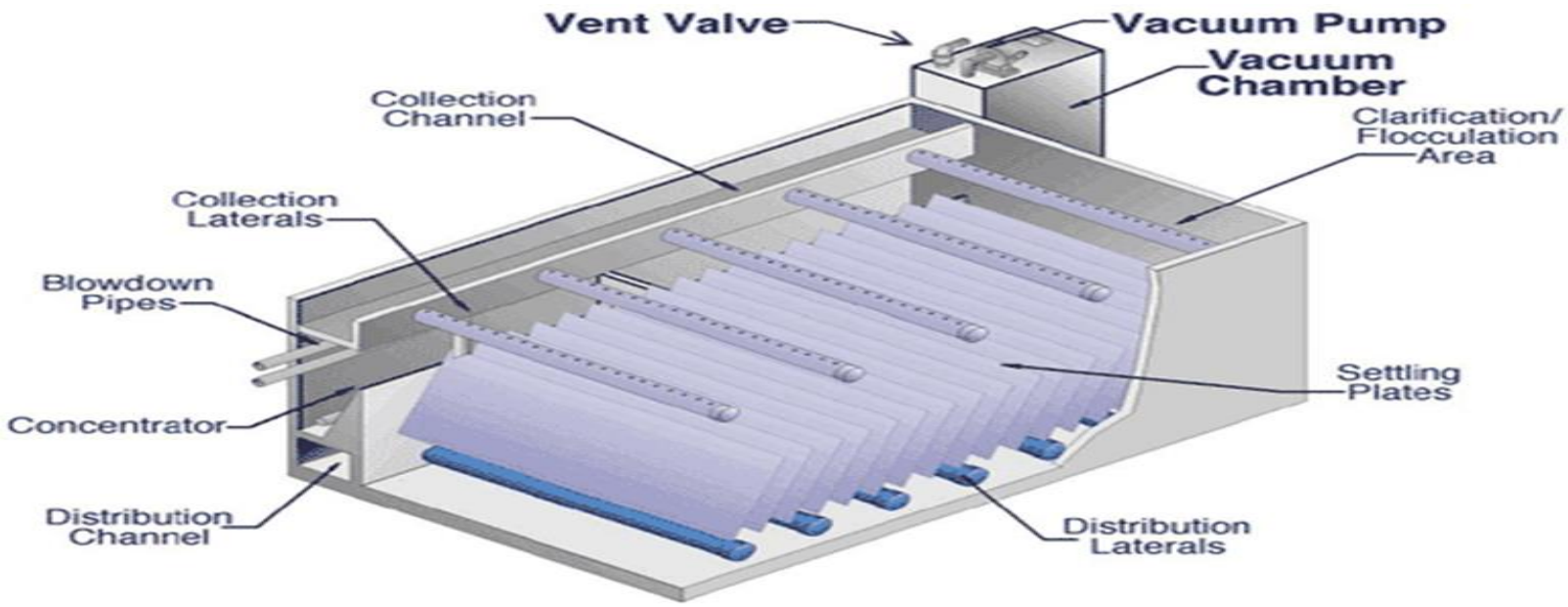
ينقسم حوض الترسيب عادة إلى عدة مناطق أساسية هي :

منطقة دخول المياه :

ويشترط أن يكون دخول الماء الوارد من حوض التنديف منتظما وينتشر في أرجاء حوض الترسيب .

منطقة الترسيب :

وهى أكبر مناطق الحوض حيث يتم ترسيب العوالق بمكوثها مدة كافية من الزمن . ولكون المياه تسير بسرعة أكبر نسبيا في هذه المنطقة ، فيلزم عمل الاحتياطات لتفادى التيارات الاعصاريه .



منطقة تجميع الروبة :

وهى تقع عادة في قاع الحوض وتعتبر مكانا للتجميع المؤقت للأجسام المترسبة . ويراعى في تصميم مدخل الماء ألا يتسبب في تيارات دوامية تتسبب في تهييج الجسيمات المترسبة فتصعد للماء الرائق مره ثانية .

منطقة خروج الماء :

يخرج الماء من حوض الترسيب إلى مجرى خروج الماء الرائق عن طريق فتحات (هدارات) على شكل (V)

(V-nudge) لتوفر الخروج الهادئ للمياه الرائقة بحيث لا تحمل معها ندفا تنتقل إلى المرشحات .

العوامل المؤثرة في عملية الترسب :

تتأثر عملية الترسيب بعدة عوامل أهمها :

- حجم الحبيبات وطريقة توزيعها : فكلما زاد حجمها ووزنها ، ازدادت كفاءة الترسيب .
- شكل الحبيبات : فكلما اقترب شكلها من الشكل الكروي كلما كان ترسيبها أسرع وأكفأ .

- كثافة الحبيبات : فكلما زادت كثافتها زادت كتلتها بالنسبة لحجمها وزادت سرعة رسوبها وبالتالي كفاءة الترسيب .
- درجة حرارة الماء : فكلما ارتفعت درجة حرارته قلت كثافته ولزوجته وبالتالي زادت سرعة رسوب الحبيبات وزادت كفاءة الترسيب .

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

سرعة سريان الماء في الحوض : فكلما قلت سرعة الماء زادت كفاءة الترسيب ، ويفضل ألا تتجاوز السرعة الأفقية في الحوض (٣٠سم/ دقيقة = ١٨م/س) .

مدة بقاء الماء في الحوض (مدة المكث Retention time):

فكلما زادت المدة زادت جودة الترسيب . ومن النواحي الاقتصادية والعملية أن تكون مدة المكث في حدود ٣-٤ ساعات ، حيث أن زيادة المدة أكثر من اللازم لا يزيد من كفاءة الترسيب إلا بنسبة بسيطة .

$$\text{مدة المكث (س)} = \frac{\text{حجم حوض الترسيب (م٣)}}{\text{معدل التصرف خلال الحوض (م٣/س)}}$$

النسبة بين طول وعرض حوض الترسيب في الأحواض المستطيلة:

ذلك لإقلال فرص تكون مناطق راكدة أو ميتة (Dead Zones)

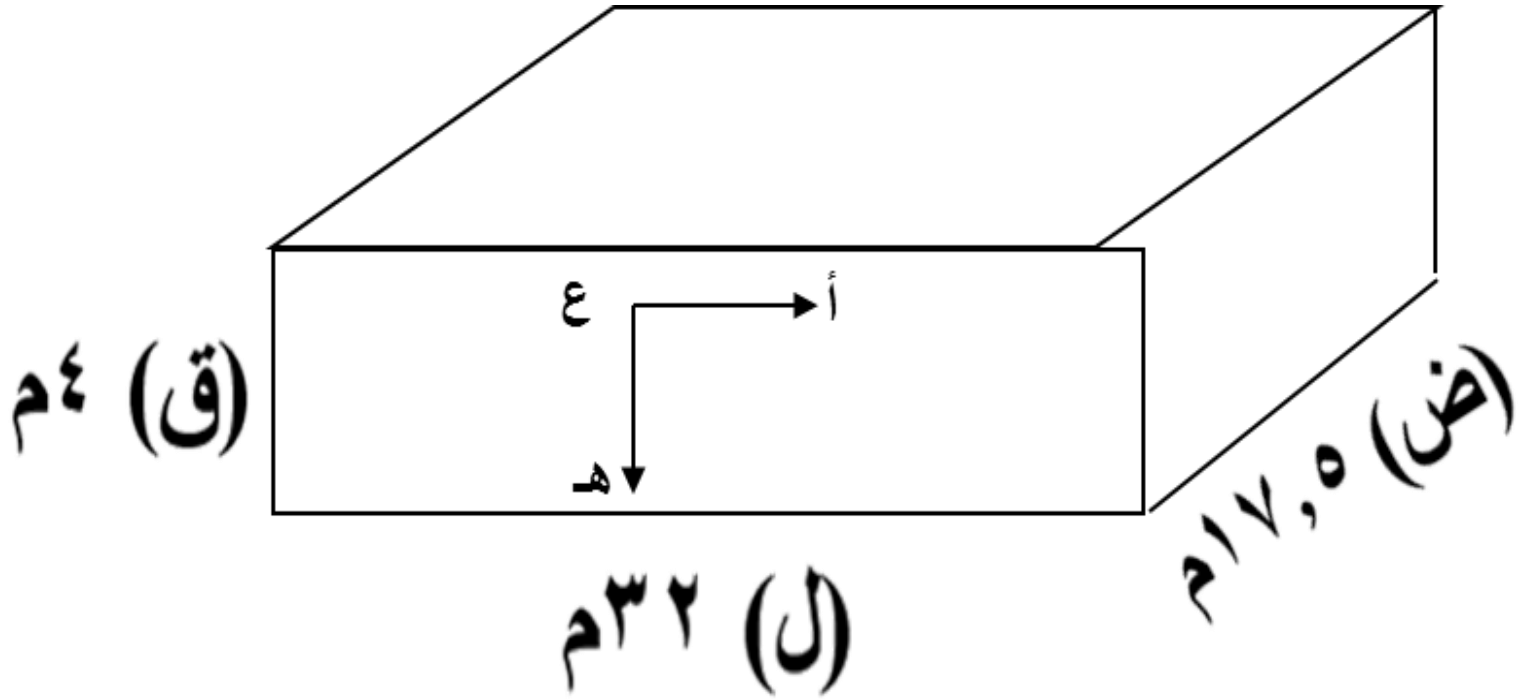
عند زيادة عرض الحوض .

مثال : حوض ترسيب بمحطة مرشحة .

أبعاد الحوض هي : ٣٢.٥ م (طول) × ٨.٥ م (عرض) × ٥.٥ م (ارتفاع)

حجم حوض الترسيب = ٣٢.٥×٨.٥×٥.٥= ١٥٢٠م٣

وحيث أن تصرف هذا الحوض = ١٥٠(ل/ث) × ٣.٦ = ٥٤٠م٣ / س



أبعاد حوض ترسيب محطة مرشحة

$$\text{مدة المكث} = \frac{\text{حجم حوض الترسيب (م}^3\text{)}}{\text{معدل التصرف (م}^3\text{ / س)}} = ١٥٢٠ / ٥٤٠ = ٢,٨ \text{ س}$$

استخراج الروبة :-

تتكون الروبة من مخلفات المادة المروبة (الشبة) مع رواسب صلبة وتشغل الروبة ٣-١٠% من حيز الحوض . وفى أحواض الترسيب ذات التدفق الأفقى يتم ترسيب ٥٠% من الندف فى الثلث الأول من طول الحوض

ويجب استخراج الروبة من الحوض دورياً للأسباب الآتية :

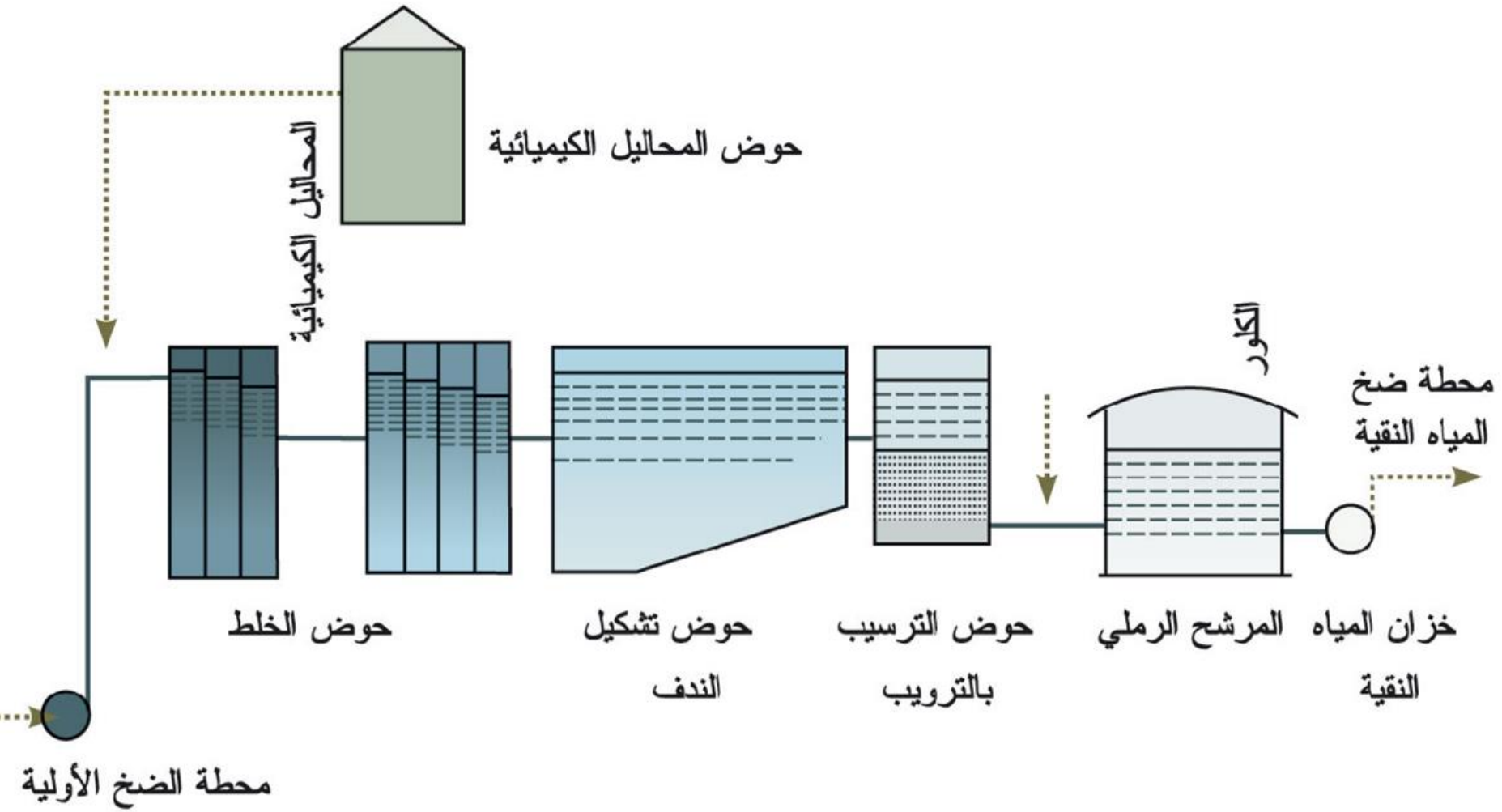
* منع تداخلها مع المياه المروقة وإعادة تعكيرها .

* منع تكاثر البكتيريا التى تسبب طعما ورائحة غير مقبولين للماء .

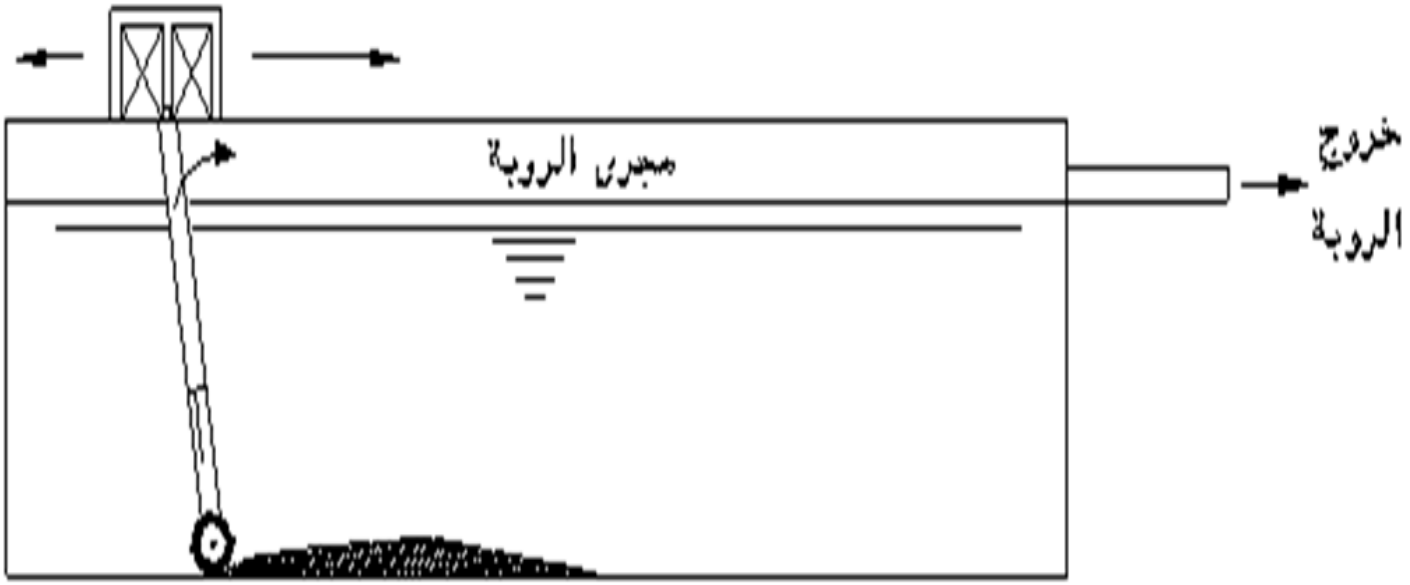
* شغل حيز كبير من الحوض يخفض من كفاءة تشغيله مع انخفاض نوعية المياه المنتجة لانخفاض مدة المكث .

ويـتم اسـتخراج الروبـة مـن الأحـواض إمـا يـدوياً أو ميكانيكيـاً عـن طريق:

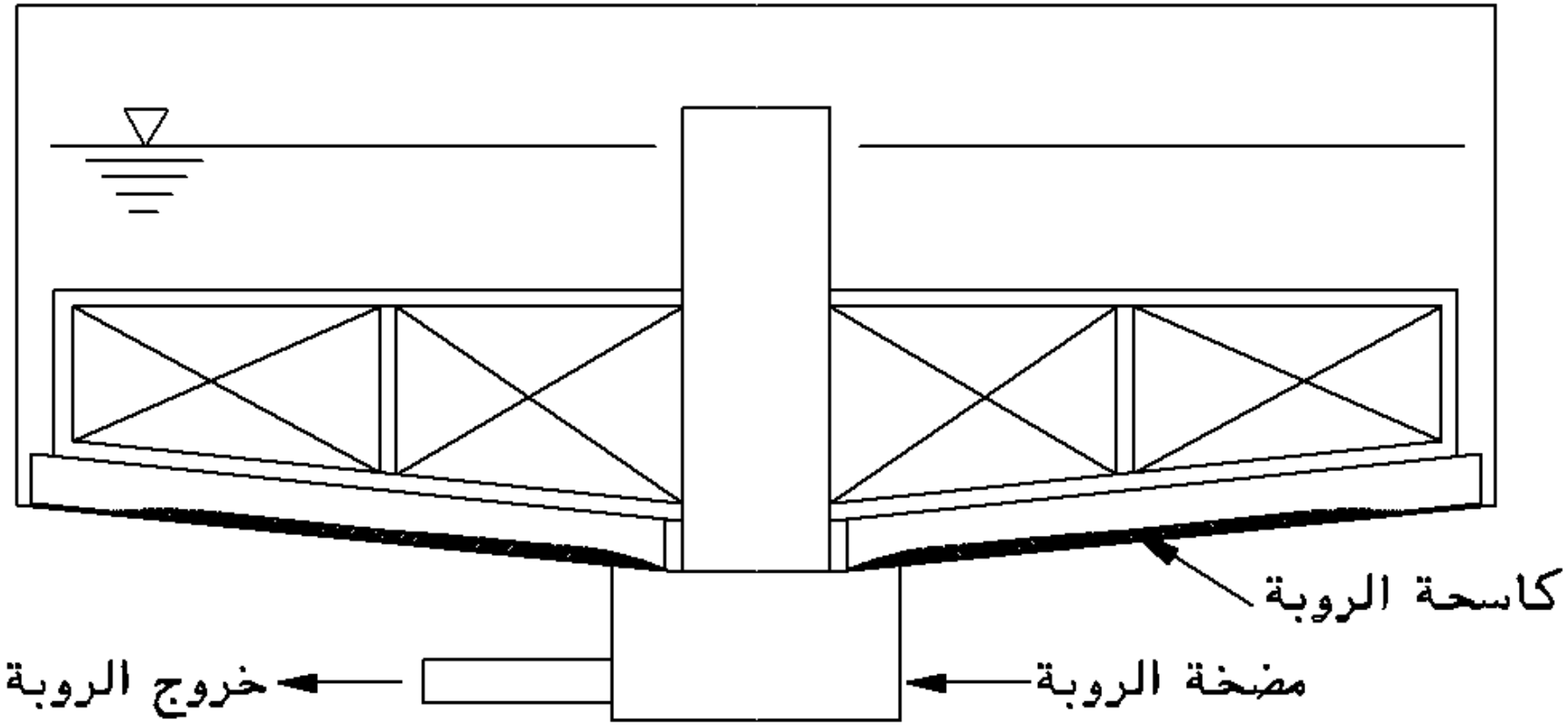
* الكاسحات الميكانيكية للأحواض المستديرة .
* الكباري الكاسحة للأحواض المستطيلة .
* حجرة تركيز الرواسب .


حوض المحاليل الكيميائية
المحاليل الكيميائية
الكلور
محطة ضخ
المياه النقية
حوض الخلط
حوض تشكيل
الندف
حوض الترسيب
بالترويب
المرشح الرملي
خزان المياه
النقية
محطة الضخ الأولية

أنواع للأنظمة الميكانيكية المستخدمة في استخراج الروبة .



كوبرى كاسح (بمضخة أو بالشفط)



الكاسحة الميكانيكية

أختبر نفسك

س١ : ما هو الغرض من عمليات الترسيب ؟

الغرض من عمليات الترسيب هو العمل على ترسيب أكبر نسبة ممكنة من المواد العالقة.

وعملية الترسيب إما أن تكون :

طبيعية "الترسيب الذاتي" وهى مرحلة معالجة أولية يقصد بها ترسيب المواد العالقة التي لها ثقل أكبر من دفع الماء.

أو بإضافة مواد مساعدة كيماوية "الترسيب باستعمال المُرَوَّبْات" وهى مرحلة معالجة أساسية يقصد بها تجميع وترسيب المواد العالقة الدقيقة التى يصعب ترسيبها بعملية الترسيب الطبيعى.

س٢ : الجسيمات العالقة بالمياه تقاوم الترسيب لسببين هما :
(١)..... ، (٢)..... ؟

الجسيمات العالقة بالمياه تقاوم عملية الترسيب لسببين أساسين هما:-

أولاً: دقة حجم الجسيمات

ثانياً: قوى التنافر الطبيعية بين الجسيمات

س٣: ما المقصود بمعدل التحميل السطحي لحوض الترسيب؟

المقصود بمعدل التحميل السطحي لحوض الترسيب هو: سرعة هبوط للحبيبات العالقة رأسيا (ع‌ه) وتتخذ كأساس من أسس التصميم لهذه الأحواض .وتكون وحدتها متر/ ساعة، ويتم حسابها كالتالى:

معدل التدفق (التصرف) م٣/ساعة

سرعة الهبوط الرأسية للحبيبات (ع‌ه) = ——————————

المساحة السطحية لحوض الترسيب م٢

س٤ : أذكر ما هي أهم العوامل التي يتوقف عليها حجم خزان الترسيب الطبيعي ؟

يتوقف حجم خزان الترسيب الطبيعي على :

- كميه المياه المطلوب ترويقها
- حجم المواد العالقة ودرجة قابليتها للرسوب
- درجة النقاوة المطلوبة