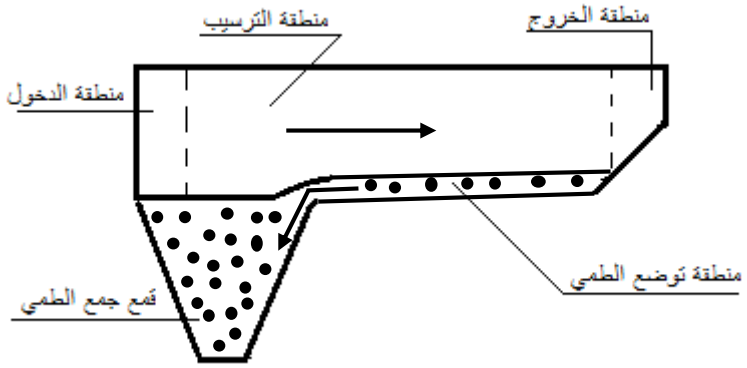
4-1 تعريف أحواض الترسيب:

يتم في هذه الأحواض التخلص من الندف الهلامية الموجودة في مياه المجاري كما يتم التخلص من الأجسام الحبيبية ذات الأقطار الصغيرة والتي لم يتم التخلص منها في مصائد الرمال. عند تصميم هذه الأحواض يجب أن تُؤمَن الشروط التالية:

- هدوء التيار المائي بشكل سريع والقضاء على الطاقة الكامنة في منطقة دخول الماء إلى الحوض
- هدوء الجريان في الجزء الأساسي من الحوض (منطقة الترسيب) كي تتم ظاهرة الترسيب
- التقليل من الجريان في منطقة خروج الماء من الحوض مأأمكن
- تأمين استقرار وهدوء التيارات المائية في منطقة توضع الطمي فوق القاع كي لا يعود الطمي ويصعد نحو الأعلى
- استخدام طريقة لجمع الطمي لاتؤدي إلى صعوده نحو الأعلى

يبين الشكل (1-4) مناطق الترسيب الفعلي في حوض الترسيب



الشكل (1-4): حوض الترسيب

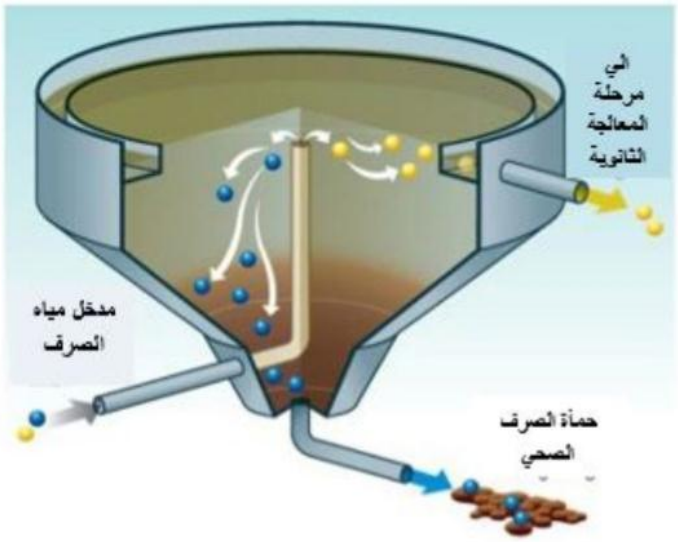
تتعلق عملية الترسيب بزمن الترسيب الفعلي، تدل المراجع العلمية على أن 100% من المواد العالقة في مياه الصرف القابلة للترسيب تترسب خلال زمن ترسيب قدره 2 hour وأن:

95% منها تترسب خلال زمن ترسيب قدره 1.5 h
90% منها تترسب خلال زمن ترسيب قدره 1.0 h
83% منها تترسب خلال زمن ترسيب قدره 0.5 h

يتم جمع الطمي في أحواض الترسيب غير العميقة في حفر قمعية ومن ثم يتم سحب هذا الطمي، أما في أحواض الترسيب العميقة فيتم سحبه مباشرة من الحفرة القمعية، ويُحسب حجم هذه الحفرة باعتبار زمن مكوث الطمي فيها (1 - 0.5) day ويجب ألا يقل ميل جدران قمع جمع الطمي عن (1 : 1.2) ومن الأفضل أن يكون ميله أكثر من ذلك.

يتم سحب الطمي من قمع جمع الطمي بواسطة أنبوب شاقولي قطره DN ≥ 150 mm ولكي يصل الطمي بكامله إلى منطقة دخول الأنبوب يجب أن تكون أبعاد قاع القمع أصغر من (1.2*1.2) m أو بقطر يقل عن 1.2 m، كما يبين الشكل (2-4)، ولكي يخرج الطمي دون ضخ يجب أن يكون الضغط الهيدروليكي بين سطح الماء في الحوض وقاع قمع جمع الطمي أكبر من

الضياعات الهيدروليكية بالاحتكاك عند جريان الطمي، لذلك يجب أن تقع منطقة خروج الطمي في أنبوب سحب الطمي تحت سطح الماء بمسافة m (1.5 – 1). أما الطمي العائم فيتم سحبه من سطح الماء بواسطة كاشطة خاصة.



الشكل (2-4): قمع جمع الطمي في أحواض الترسيب

يمكن زيادة كفاءة عمل أحواض الترسيب والتخلص من المواد المنحلة ونصف المنحلة فيها بكميات أكبر من خلال إضافة مواد تساعد على ترسيبها، فعند إضافتها يتشكل في وقت قصير ندف كبيرة وثقيلة يمكن ترسيبها والتخلص منها، وهنا يُتوقع أن يترسب في هذه الأحواض (2-3) أضعاف كمية الطمي الأصلية، ويُنصح بزيادة زمن المكوث بمقدار (2-1.5) ضعف، ومن المواد المناسبة المساعدة على الترسيب نذكر:

- كلور الحديد بكمية g/m^3 (30 – 20) من مياه المجاري
- كبريتات الحديدي بكمية g/m^3 (50 – 40) من مياه المجاري

4-2 أنواع أحواض الترسيب:

تصنف أحواض الترسيب إلى: - أحواض ترسيب قليلة العمق - وأحواض ترسيب عميقة

4-2-1 أحواض الترسيب قليلة العمق (السطحية):

يكون اتجاه الجريان في أحواض الترسيب السطحية أفقياً، وتتصف هذه الأحواض بمساحة سطحية كبيرة وعمق يتراوح m (5-1)، تبعاً لشكل المقطع العرضي يمكن التمييز بين أحواض مستطيلة وطويلة وأحواض دائرية.

4-2-1-1 أحواض الترسيب المستطيلة:

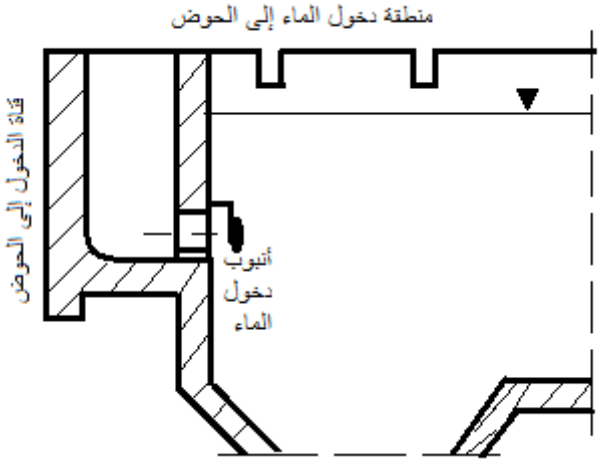
يجب ألا تزيد النسبة بين عرض الحوض وطوله عن (1:4) والعرض الأصغري = 5m، يتم تعزيل الطمي المترسب بواسطة جسر تعزيل يتضمن كاشطة تلامس قاع الحوض يتحرك من نهاية الحوض حتى بدايته بسرعة لا تزيد عن 3 cm/sec، ثم ترتفع الكاشطة عن قاع الحوض

وتعود إلى نهاية الحوض بسرعة لا تزيد عن 9 cm/sec، ويتحرك جسر التعزيل ذهاباً وإياباً حتى يُزال الطمي المترسب. يمكن أن يكون قاع الحوض أفقياً لكن يفضل إعطاؤه ميل قليل يساوي (1:300) وذلك للسماح للماء بالحركة بالراحة عند تنظيف الحوض.

4-2-1-2 أحواض الترسيب الطويلة:

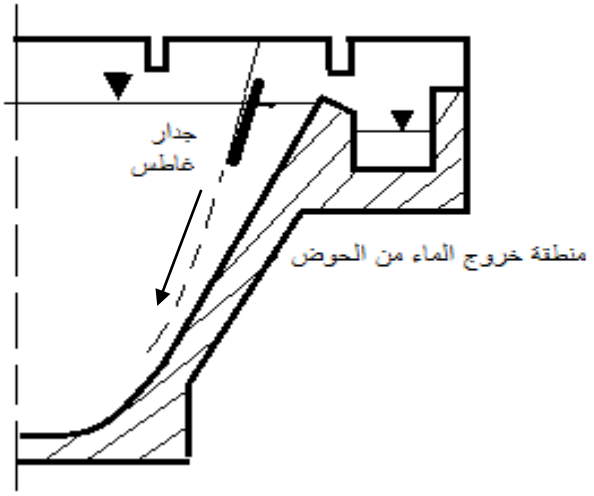
لأحواض الترسيب الطويلة مقطع عرضي مستطيل الشكل لكنها تتميز عن الأحواض المستطيلة بالنسبة بين عرض الحوض إلى طوله فإذا كانت هذه النسبة (1:8) وحتى (1:20) وأصغر من ذلك أُطلق على هذه الأحواض بالأحواض الطويلة. وبسبب طول هذه الأحواض يفضل أن يتم تعزيلها من الطمي باستخدام سير تعزيل ذي حركة دائرية مزود بصفائح تعزيل تبتعد عن بعضها مسافة m (3-5).

تختلف أحواض الترسيب القليلة العمق (السطحية) عن بعضها بتصميم منطقة دخول وخروج الماء من الحوض، ومن النماذج الشائعة لتجهيزات دخول الماء إلى الحوض استخدام أنابيب متوازية بتباعد cm (5-10)، يوضع بعد كل أنبوب صفيحة معدنية على شكل قبة كروية. يبين الشكل (3-4) مقطعاً مبسطاً في منطقة دخول الماء إلى حوض ترسيب قليل العمق.



الشكل (3-4): منطقة دخول الماء إلى حوض الترسيب

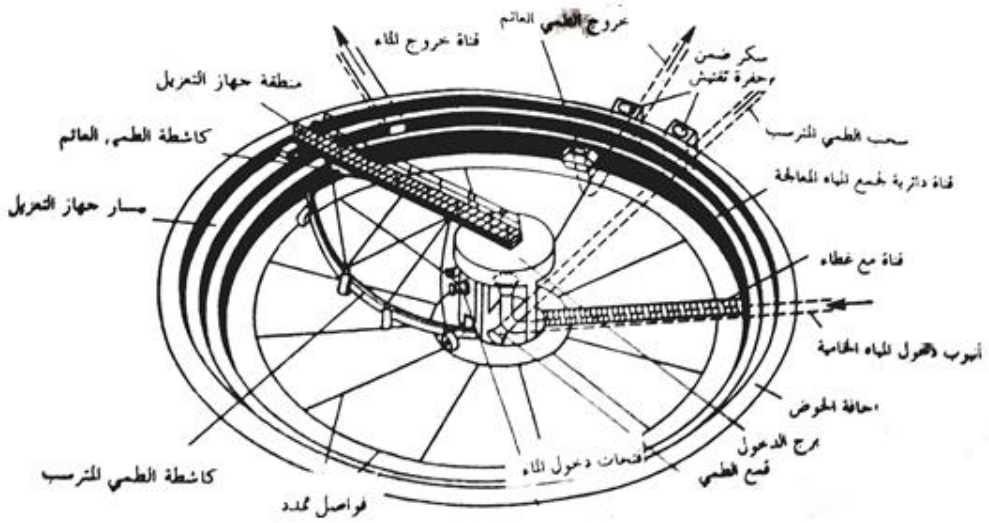
كما تستخدم غالباً صفائح معدنية ذات حافة ملساء أو ذات حافة تشبه المنشار كتجهيزات لخروج الماء من الحوض تثبت على الجدار في نهاية الحوض ويمكن ضبط منسوبها حسب الحاجة. يجب على جميع هذه التصاميم أن تقلل من طول منطقة دخول المياه إلى الحوض وأن تخفض من طاقة مياه المجاري الداخلة، كما يجب أن تكون منطقة خروج الماء قصيرة ويجب ألا تسمح للطمي بالخروج إلى قناة خروج المياه من الحوض. يبين الشكل (4-4) منطقة خروج الماء من الحوض.



الشكل (4-4): منطقة خروج الماء من حوض الترسيب

4-2-1-3 أحواض الترسيب الدائرية:

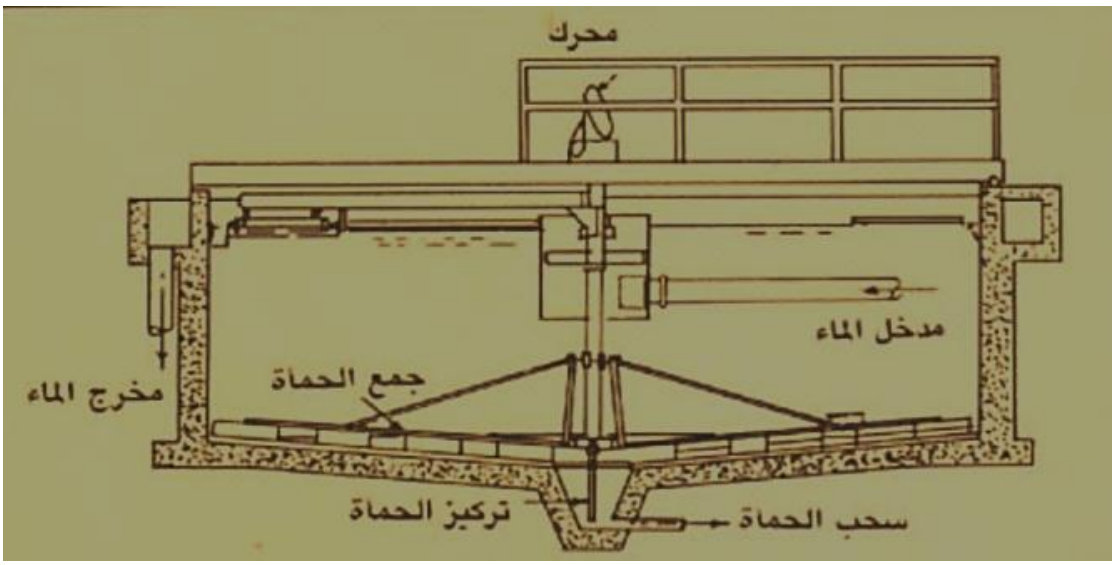
في أغلب الحالات تدخل المياه الخامية إلى مركز الحوض ثم تتحرك المياه شعاعياً من الداخل ونحو الخارج وذلك إذا كانت المساحة السطحية للحوض كبيرة وعمق الماء m (5 - 2.5) والمسقط دائري، ونادراً مايكون الجريان من أحد جوانبه باتجاه الحافة المقابلة. تتراوح النسبة بين قطر الحوض إلى العمق الوسطي له (20:1 ← 10:1) وتزداد هذه النسبة مع زيادة القطر. أما قطر الأحواض فيتراوح m (60 - 12) ويبين الشكل (4-5) حوض ترسيب دائري.



الشكل (4-5): حوض ترسيب دائري

يزال الطمي المترسب في قاع الحوض بواسطة جهاز تعزيل ذي حركة دائرية دائمة يتصل بكاشطة قوسية الشكل تلامس قاع الحوض فينتقل الطمي إلى قمع جمع الطمي الموجود في مركز الحوض كما يبين الشكل (4-6)، يدور جهاز التعزيل بسرعة تبلغ عادة عند محيط الحوض cm/sec (4-2)، ويجب أن يتراوح ميل قاع أحواض الترسيب الدائرية (1:20 ← 1:7.5)،

ويُجمع الطمي العائم باستخدام كاشطة عائمة مائلة عن مركز الحوض تقوم بإزاحة الطمي نحو المحيط لتخرج من أنبوب خاص به.



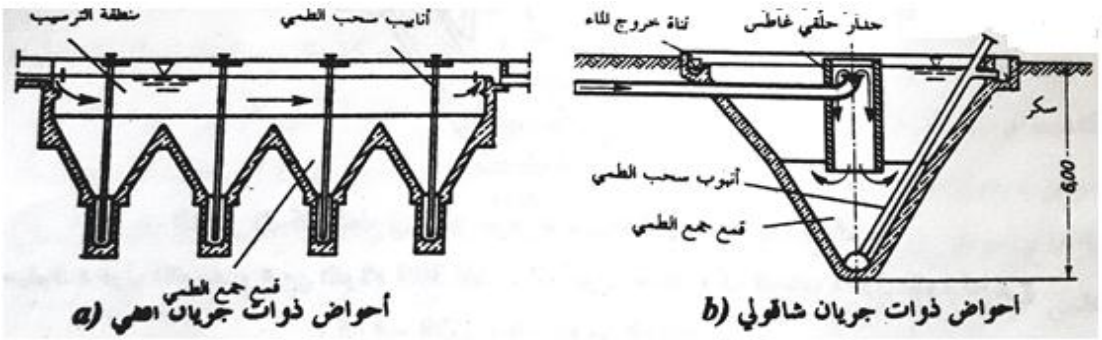
الشكل (4-6): مقطع في حوض ترسيب دائري

4-2-2 أحواض الترسيب العميقة: ونذكر منها أنواع أحواض الترسيب التالية:

4-2-2-1 أحواض الترسيب القمعية:

تتميز عن أحواض الترسيب السطحية بطريقة جمع الطمي ففي الأحواض العميقة يتألف القاع من قمع أو عدة قموع وهي التي تلتقط وتجمع الطمي المترسب مباشرة وبذلك لا ينتج أي تأثير سيء على عملية جمع الطمي نتيجة عملية التعزيل.

تعتبر هذه الأحواض مناسبة عندما يكون الطمي خفيف مثل استخدامها كأحواض ترسيب ثانوية بعد أحواض التهوية، وهنا يُنصح بتصميمها على حمولة سطحية $q_r \leq 0.8\ m/h$. ولسحب الطمي من هذه الأحواض يجب وضع أنبوب لسحب الطمي من كل قمع من أقماع جمع الطمي في هذه الأحواض، كما يجب أن تميل جدران أقماع جمع الطمي بميل (1.7:1). نميز في أحواض الترسيب القمعية بين أحواض ذات جريان أفقي وأخرى ذات جريان شاقولي كما يبين الشكل (4-7). من مساوئ هذه الأحواض زيادة عمقها بشكل يتناسب طرداً مع ازدياد قطرها أو مع زيادة أبعادها إذا كانت مستطيلة مما يعقد عملية إنشائها ويرفع من كلفتها.

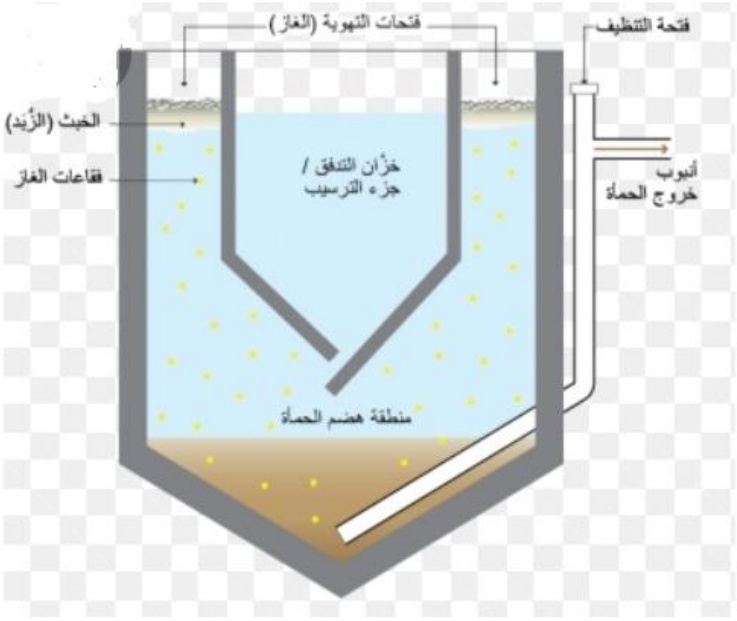


الشكل (4-7): أحواض الترسيب القمعية

4-2-2-2 أحواض الترسيب الطابقية (أحواض أمهوف):

يقتصر استخدامها في الحالات التي لا تتوفر فيها مساحات كافية لإنشاء أنواع أخرى من المحطات، ويمكن أن يكون مقطعها دائري أو مستطيل.

يتألف حوض أمهوف من قسمين، في القسم العلوي تتوضع أقنية الترسيب وفي القسم السفلي تتوضع منطقة تجميع الطمي. ينزلق الطمي المترسب في أقنية الترسيب على الجدران المائلة التي تشكل القاع التي يجب أن يزيد ميلها عن (1.2:1) ويخرج من شق أفقي يزيد عرضه عن 20cm إلى منطقة التخمر. يبين الشكل (4-8) مقطع في حوض أمهوف.



الشكل (4-8): حوض أمهوف

يمكن أن يرتفع الماء الموجود في الطمي المتراكم في منطقة التخمر نحو الأعلى ليخرج من الشق أما الطمي والغازات المتشكلة فلا تصعد إلى أقنية الترسيب. تُجهز منطقة التخمير بأنبوب صاعد لإخراج الطمي قطره $DN \geq 150\ mm$ بالإضافة إلى تجهيزات إخراج الغازات المنطلقة والناتجة عن عملية التخمر.

4-3 حساب أحواض الترسيب:

يحسب حجم الحوض بالعلاقة: $\mathbf{V = t \cdot Q}$ حيث:

V: حجم الحوض m^3 **Q**: التدفق التصميمي m^3/h **t**: زمن المكوث في الحوض h

نختار زمن المكوث في الحوض (t) تبعاً لنظام المعالجة المستخدَم ولمكان استخدام الحوض في محطة المعالجة وذلك بالاستعانة بالجدول (4-1).

الجدول (1-4): زمن الترسيب الحسابي اللازم (h) بحالة الطقس الجاف في أحواض الترسيب

موقع حوض الترسيب / أسلوب المعالجة	أحواض ترسيب أولية	أحواض ترسيب ثانوية	أحواض ترسيب وسطية
معالجة ميكانيكية فقط	1.7 – 2.5	-	-
معالجة بالترسيب الكيميائي	0.5 – 0.8	2 – 3	1
معالجة بأحواض الترشيح البيولوجية	1.7 – 2.5	2.5 – 3.5	2.5
معالجة بالحمأة المنشطة	0.5 - 1	2 – 3.5	1.5

بعد معالجة المياه في أحواض الترسيب الأولية ينخفض تركيز الملوثات فيها تبعاً لزمن مكوث المياه داخل هذه الأحواض ولتقدير تركيز الملوثات في المياه الداخلة إلى مرحلة المعالجة البيولوجية بعد معالجتها في أحواض الترسيب الأولية يمكن الاستفادة من الجدول (2-4).

الجدول (2-4): تركيز الملوثات في مياه الصرف (g/P.d) بعد معالجتها في أحواض الترسيب الأولية

مؤشر التلوث	في المياه الخام	زمن المكوث في حوض الترسيب الأولي في الطقس الجاف		
		(0.5 – 1) h	(1 – 1.5) h	> 1.5 h
BOD_5	60	50	45	40
COD	120	100	90	80
المواد المحجوزة بالترشيح	70	40	35	30
N	11	10	10	10
P	2.5	2.3	2.3	2.3

وتُحسب المساحة السطحية للحوض بالعلاقة: $O = Q / q_A$ حيث:

O: المساحة السطحية للحوض m^2

Q: التدفق التصميمي m^3/h

q_A: الحمولة السطحية للحوض m/h

تُحدد قيمة الحمولة السطحية للحوض q_A تبعاً لنظام المعالجة المستخدَم ولمكان استخدام الحوض في محطة المعالجة أيضاً وفق الجدول (3-4).

الجدول (3-4): الحمولة السطحية **q_A (m/h)** في حوض الترسيب بحالة الطقس الجاف

موقع حوض الترسيب / أسلوب المعالجة	أحواض ترسيب أولية	أحواض ترسيب ثانوية	أحواض ترسيب وسطية
معالجة ميكانيكية فقط	0.8 – 1.5	-	-
معالجة بالترسيب الكيميائي	2.5 - 4	1 – 1.5	< 2.5
معالجة بأحواض الترشيح البيولوجية	0.8 – 1.5	0.4 - 1	0.4 - 1
معالجة بالحمأة المنشطة	2.5 - 4	وفق الشكل (4-9)	< 2.5

4-4 حساب أحواض الترسيب الثانوية العاملة مع أحواض المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة

يختلف تصميم أحواض الترسيب الثانوية العاملة مع أحواض المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة عن تصميم بقية أحواض الترسيب المشروحة سابقاً، حيث يشكل حوض الترسيب الثانوي مع أحواض المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة وحدة معالجة مترابطة وذلك للتأثير المتبادل لكل منهما على آلية العمل في الحوض الآخر، ويعود السبب في ذلك لنظام المعالجة في أحواض المعالجة بالحمأة المنشطة الذي يتطلب إعادة دائمة لكمية من الحمأة من حوض الترسيب الثانوي إلى حوض المعالجة البيولوجية، ونتيجة ذلك يتغير تركيز المادة الجافة في حوض المعالجة البيولوجية تبعاً لكمية هذه الحمأة المعادة ولتركيز المادة الجافة فيها.

4-4-1 حساب المساحة السطحية للحوض:

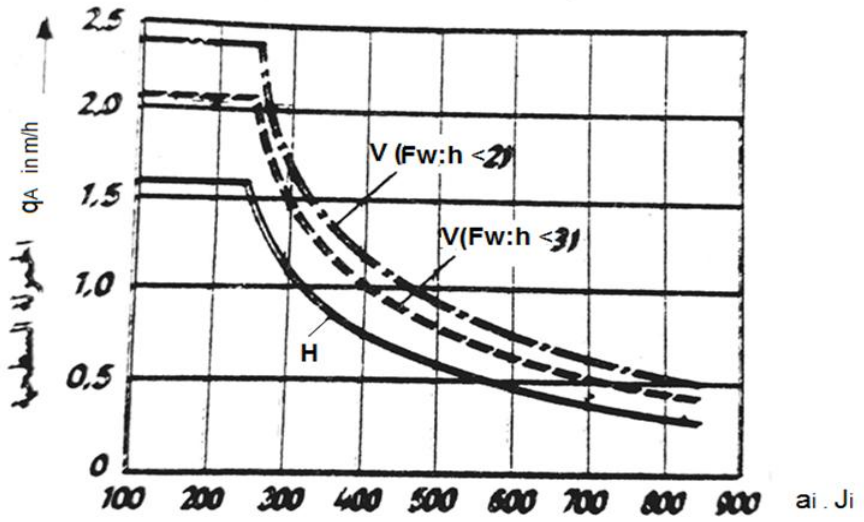
تُحسب المساحة السطحية لحوض الترسيب الثانوي بالعلاقة: $O = Q / q_A$ حيث:

O: المساحة السطحية للحوض m^2

Q: التدفق التصميمي للحوض m^3/h

q_A: الحمولة السطحية للحوض m/h

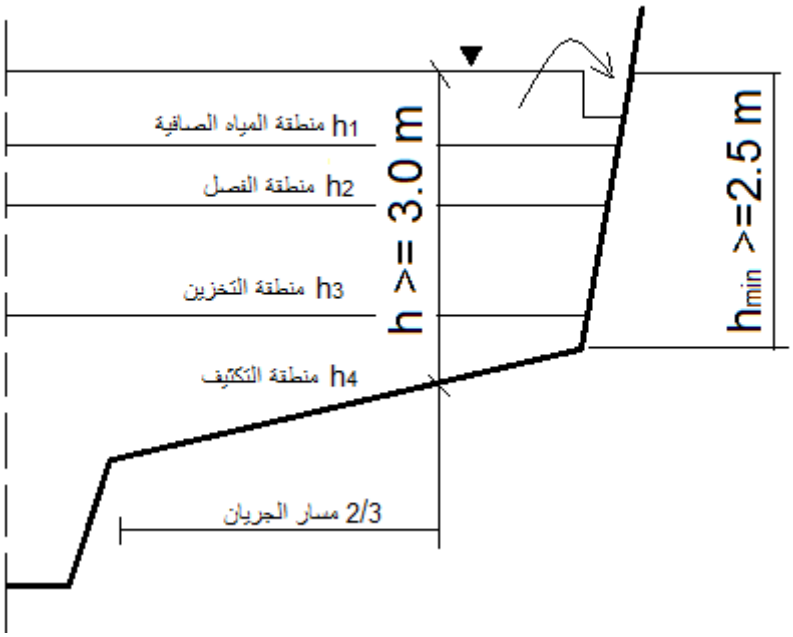
وتُحدد قيمة الحمولة السطحية للحوض من المخطط (4-9)، حيث: **F_W**: طول المسار، **h**: عمق الحوض



الشكل (4-9): الحمولة السطحية **q_A (m/h)** في أحواض الترسيب الثانوية العاملة بعد أحواض المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة

4-4-2: حساب عمق الحوض:

يتكون الارتفاع اللازم لحوض الترسيب الثانوي ذي الجريان الأفقي والعامل بعد أحواض المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة من الارتفاعات الجزئية التالية المبينة بالشكل (4-10).



الشكل (10-4): المناطق المكونة لحوض الترسيب الثانوي

h_1: ارتفاع منطقة المياه الصافية **h_2**: ارتفاع منطقة فصل المياه عن الحمأة

h_3: ارتفاع منطقة تخزين الحمأة **h_4**: ارتفاع منطقة تكثيف وتعزيل الحمأة

وتُحسب الارتفاعات الجزئية للحوض كمايلي:

1- ارتفاع منطقة المياه الصافية h_1: يؤخذ هذا الارتفاع **$h_1 = 0.5$ m** كعامل أمان ولمنع خروج أجزاء من الطمي مع المياه المعالَجة.

2- ارتفاع منطقة فصل المياه عن الحمأة h_2: ويحدث في هذه المنطقة فصل الطمي عن المياه ويُحسب ارتفاعها بحيث يكون زمن المكوث فيها 0.5 h باستخدام العلاقة:

$$h_2 = \frac{0.5\, q_A\, (1+Ri)}{1 - \frac{(a_i \cdot J_i)}{1000}}$$

3- ارتفاع منطقة تخزين الحمأة h_3: ويُحسب من العلاقة:

$$h_3 = \frac{0.45\, q_A \cdot a_i \cdot J_i \cdot (1+R_i)}{500}$$

4- ارتفاع منطقة تكثيف وتعزيل الحمأة h_4: ويُحسب من العلاقة:

$$h_4 = \frac{q_A \cdot a_i \cdot J_i \cdot (1+R_i) \cdot t_E}{C}$$ حيث: $C = 300.t_E + 500$ ...(l/m^3)

t_E: زمن التكثيف في أحواض الترسيب الثانوية ويؤخذ t_E = (1.5 - 2) h إذا كانت المعالجة البيولوجية تتم بدون حدوث نترتة.

بعد حساب الارتفاعات الجزئية في حوض الترسيب (h_1) , (h_2) , (h_3) , (h_4) نحسب الارتفاع الكلي للحوض: $h_{tot} = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$ ويعتبر هذا الارتفاع هو ارتفاع الحوض عند ثلثي مسار الجريان إذا كان قاع الحوض مائلاً ويجب ألا يقل هذا الارتفاع عن 3.0 m وإذا كان الحوض دائرياً يجب ألا يقل ارتفاع الحوض في أي موقع منه عن 2.5 m.

4-4-3 حساب حجم الحوض:

بعد حساب المساحة السطحية للحوض O والارتفاع السطحي للحوض h_{tot} يُحسب حجم الحوض V من العلاقة: $V = O \cdot h_{tot}$ بواحدة m^3

4-4-4 حساب زمن المكوث في الحوض:

حيث: $T_R = V/Q$

t_R: زمن المكوث في الحوض (h)

V: حجم الحوض m^3

Q: التدفق الداخل إلى الحوض m^3/h

ويجب أن يكون زمن المكوث في الحوض t_R بحدود h (2-3.5) وقد يصل حتى 4 h.