عام
زايد

عالم البيئة

سلسلة بيئية تصدرها مؤسسة زايد الدولية للبيئة

ZAYED INTL. FOUNDATION FOR THE ENVIRONMENT
Established 1999

دليل تصميم
محطات معالجة مياه الصرف

م. محمد معن برادعي
استشاري معالجة مياه الصرف

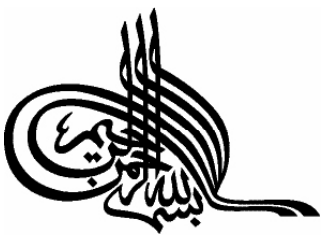
دليـل تصميـم
محطات معالجة مياه الصرف

المهندس محمد معـن برادعي

استشاري في معالجة مياه الصرف

١٤٤٠ هـ - ٢٠١٨م

الآراء الواردة في هذا الكتاب
لا تعبر بالضرورة عن رأي «**مؤسسة زايد الدولية للبيئة**»، ولا تتحمل أي مسؤولية
مهما كانت طبيعتها ناشئة أو متصلة بمحتويات هذا الكتاب



وَأَن لَّيْسَ لِلْإِنسَـٰنِ إِلَّا مَا سَعَىٰ ﴿٣٩﴾

وَأَنَّ سَعْيَهُۥ سَوْفَ يُرَىٰ ﴿٤٠﴾ ثُمَّ يُجْزَىٰهُ ٱلْجَزَآءَ ٱلْأَوْفَىٰ ﴿٤١﴾

وَأَنَّ إِلَىٰ رَبِّكَ ٱلْمُنتَهَىٰ ﴿٤٢﴾

تقديم

تكمن أهمية هذا الكتاب في جانبين:

- أولهما: ضرورة الإستفادة من مياه الصرف في البلدان التي تقع في المناطق الجافة والقاحلة من العالم حيث تكون موارد الماء الطبيعية شحيحة والحاجة ماسة لتوفير أي قدر ممكن من المياه للإستخدام العام ولري المزروعات. وهذا بالطبع ينطبق على كافة الدول العربية بلا استثناء.

- وثانيهما: ضرورة معالجة النفايات البشرية بشقيها السائل والصلب لمنع التلوث ونقل الأمراض وانتشار الروائح الكريهة.

ويتناول هذا الكتاب إحدى التحديات التي تواجه العالم النامي نسبة للزيادة السكانية المستمرة والإنتقال من الريف إلى الحضر وما يتبع ذلك من زيادة كبيرة في كمية النفايات البشرية السائلة والصلبة التي لا تستطيع المدن استيعابها دون معالجة. فهو يتناول المفاهيم الاساسية لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي ويشرح كيفية حساب كمية ونوعية المياه الواردة التي تشكل الأساس لتصميم شبكات الصرف الصحي.

وبالطبع فإن هناك طرق مختلفة لمعالجة النفايات السائلة والتي يغطيها الكتاب ويشرح نقاط قوتها وضعفها بما يساعد على إختيار الطريقة المناسبة حسب الظروف البيئية للمنطقة والإمكانيات المتاحة للجهة المعنية بانشاء وادارة محطة المعالجة. ولم يغفل الكتاب شرح أنواع المشاكل التي تواجه إدارة المحطة عبر الزمن وكيفية كشفها ومعالجتها.

أجزل الشكر للمهندس معن برادعي الذي بذل مجهوداً كبيراً في

تحضير هذا الدليل. وهو الدليل الثاني الذي تصدره مؤسسة زايد الدولية للبيئة، إذ كان الأول «الدليل الإرشادي لرصد وإدارة المواقع الملوثة بالكيماويات العضوية الثابتة» الذي شارك في اعداده خمسة عشرة خبيراً بالتعاون مع منظمة الأمم المتحدة للتنمية الصناعية (يونيدو) وتم اطلاقه في قمة الأرض (ريو+٢٠) بالبرازيل عام ٢٠١٢.

والشكر موصول للمحكمين ولهيئة التحرير على جهودهم في مراجعة وتدقيق الكتاب،

ونود هنا أن ندعو كل العلماء والخبراء العرب لتأليف أو ترجمة عناوين تساهم في توفير المعلومة العلمية اللازمة للتنمية المستدامة والرقي الحضاري في الوطن العربي، ومؤسسة زايد من جانبها ملتزمة بطباعة واصدار أي كتاب يحقق أهداف «سلسة كتاب عالم البيئة» ويكون اضافة حقيقية للمكتبة العربية حسب ما تجيزه هيئة التحرير والمحكمين المتخصصين.

مع تمنياتي لكم بقراءة شيقة ومفيدة.

أ. د / محمد أحمد بن فهد

رئيس تحرير السلسلة

رئيس اللجنة العليا لمؤسسة زايد الدولية للبيئة

هذا الكتاب

ان علم معالجة مياه الصرف واسع جداً ودوماً في تطور مستمر هدفه دوماً الحفاظ على البيئة ومعالجة مياه الصرف والاستفادة منها بأقل كلفة ممكنة. ولقد قمنا بتأليف هذا الدليل الاختصاصي للمساعدة في الوصول إلى المعلومات والضوابط اللازمة لتصميم محطات معالجة مياه الصرف. وهذا الكتاب يفيد مصمم المحطة والمدقق والمشرف على تنفيذها ومشغل هذه المحطات كما يفيد الطالب المبتدئ في هذا المجال. وفي الكتاب فقرات هامة يمكن للمثقف الاستفادة منها كالأراضي الرطبة والمضخات وغيره. ومن أجل التسهيل في الوصول إلى المعلومة تم الإكثار من الجداول التي أخذناها من مراجع عالمية معتمدة مع توضيح المراجع المصدر لكل معلومة. وكذلك تم عرض امثلة توضح الحسابات، وعرضنا كثير من الأشكال والصور الإيضاحية لمساعدة المبتدئ في الاطلاع على التصاميم وصور لطرق المعالجة وأشكالها الإنشائية والآلات والمعدات اللازمة مع ذكر كل المصطلحات الأساسية المعتمدة باللغة الإنكليزية، كما عرضنا لمشاكل محطات المعالجة والحلول الممكنة لها.

إن ندرة المياه العذبة هي المشكلة الرئيسية التي تواجه جميع أنحاء العالم حالياً، فعلى الرغم من أن 71 % من قشرة الأرض تتكون من المياه نجد ان 97.6 % من إجمالي المياه عامة هي مياه مالحة غير صالحة للإنسان والحيوان (باستثناء الحيوانات البحرية)، أما النسبة المتبقية فهي مياه عذبة، كما أن أقل من 0.01 % منها متاح كمياه عذبة في الأنهر والمياه الجوفية، وهذا يدفعنا للتفكير بإعادة تدوير واستعمال مياه الصرف لأغراض لا يتطلب استعمالها مباشرة من قبل الإنسان.

وتسبب الإنشطة البشرية أكثر أسباب تلوث المياه، وأهم مصادر التلوث هي مياه الصرف الصحي والصناعي إضافة لأعمال التسميد الزراعي حيث تصل المغذيات من الأسمدة الزراعية والمبيدات للمياه الجوفية

وتتسبب في تلوثها. ويجري التشديد بشكل دائم على الجهود الرامية إلى إعادة تدوير مياه الصرف لمنع تلوث المصبات المائية والمياه الجوفية حيث تسبب هذه المياه الملوثة وغير المعالجة بأمراض كثيرة بسبب الملوثات التي تحملها. وتستعمل المياه العذبة في الزراعة والصناعة التي تستهلك 69 % والصناعة 24 % منها، ومنه نرى أن الطلب على المياه في قطاع الزراعة مرتفع جداً حيث يحتاج المزارعون إلى المياه العذبة لإنتاج المحاصيل وتربية الماشية، ولذلك يتم تشديد الطلب على بناء محطات المعالجة. وحالياً في المناطق التي فيها ندرة للمياه العذبة يتم فصل وإعادة استعمال المياه الرمادية (مياه الأدواش ومغاسل الحمام والغسيل) حيث يتم معالجتها معالجة بسيطة ويعاد استعمالها في شطف المراحيض.

إن استعمال نواتج معالجة مياه الصرف (كاستعمال الحمأة في أعمال التسميد وغاز الميثان في توليد الطاقة) هي نواتج ثانوية لمعالجة مياه الصرف يمكن أن تغطي جزء كبير من قيمة المعالجة.

وتقسم المعالجة في الوطن العربي إلى عدة فئات الفئة الأولى اهتمام كبير في التخلص من مياه الصرف نظراً لندرتها حيث يعاد استعمال نسبة كبيرة منها بعد المعالجة في ري الأراضي الزراعية وتجميل المناظر الطبيعية، بينما يتم التخلص من الباقي في البحر بعد المعالجة المتقدمة كدول الخليج العربي فتكون محطات المعالجة على أعلى مستوى، أما الفئة الثانية وتشمل مصر وسورية والعراق وتونس والأردن والمغرب...فتتبع هذه البلدان أنظمة معتدلة للتخلص من مياه الصرف، إما الفئة الثالثة فبعض الدول العربية لا تعالج مياه الصرف إلا نادراً وقد يروى منها مباشرة أو ترمى في البحر بدون معالجة.

وأخيراً أشكر مؤسسة زايد الدولية للبيئة جزيل الشكر لتفضلها بطبع الكتاب، كما اشكر القائمين عليها والسادة المحكمين اللذين اغنوا الكتاب والله ولي التوفيق.

محمد معــن برادعي

المحتـويات

تقديم الكتاب	**5**
هذا الكتاب	**7**
المحتويات	**9**
1. تعريف مياه الصرف What is waste water	**27**
2. مواصفات مياه الصرف	**29**
Characteristic of waste water	
2-1. المواصفات الفيزيائية لمياه الصرف	**29**
2-2. المواصفات الكيمائية لمياه الصرف	**35**
2-3. المواصفات البيولوجية لمياه الصرف	**40**
3. شبكات الصرف Sewer system	**45**
3-1. شبكات الصرف المنفصلة	**45**
3-2. شبكات الصرف المشتركة	**45**
4. كميات مياه الصرف Quantity of wastewater	**47**
4-1. تقدير كميات مياه الصرف المنزلي والتجاري والصناعي	**47**
4-2. حساب جريان العاصفة المطرية	**57**
4-3. حساب الجريان في المنظومة المشتركة	**66**
4-4. مادة أنابيب المصارف	**67**
4-5. تمديد المصارف	**67**

4-6. الوصلات	**69**
4-7. حساب الحمولات على أنابيب المصارف، المنشآت الملحقة	**72**
4-7-1. حمولة الردم	**72**
4-7-2. الحمولات الإضافية	**75**
4-7-2-1. الحمولة المركزة	**75**
4-7-3. المنشآت الملحقة بشبكات المجاري	**79**
4-7-3-1. غرف التفتيش	**79**
4-7-3-2. فوهات مياه المطر	**82**
5. محطات الضخ - المضخات	**86**
Pumping station and pumps	
5-1. محطات الضخ	**86**
5-2. المضخات	**93**
5-3. تصنيف المضخات	**101**
5-3-1. المضخة النابذة. (Centrifugal Pump)	**101**
5-3-1-1. المضخة ذات الجريان القطري أو الشعاعي (Radial Flow)	**102**
5-3-1-2. المضخة ذات الجريان المختلط. (Mixed Flow)	**103**
5-3-1-3. المضخة ذات الجريان المحوري (Axial, or propeller Flow)	**103**
5-3-1-4. المضخات الغاطسة. (Submersible Pump)	**105**
5-3-2. المضخة اللولبية (Screw Pump)	**107**
5-3-3. المضخة ذات الرفع الهوائي. (Air Lift Pump)	**108**
5-3-4. مضخات الحمأة والمواد الأخرى	**111**

6. أنظمة معالجة مياه الصرف waste water treatment systems **112**

6-1. المعالجة الابتدائية. preliminary treatment **112**

6-2. المعالجة الأولية. primary treatment **113**

6-3. المعالجة الثانوية. الثنائية Secondary Treatment **115**

6-4. المعالجة المتقدمة. Advanced Treatment **115**

7. المصافي Screening devices **117**

7-1. المصافي (المشط). Racks and Screens **117**

7-2. المصافي الناعمة. Fine screens **124**

7-3. أشكال أخرى للمصافي **128**

7-4. معالجة نواتج المصافي **128**

8. تقليل المواد الصلبة الخشنة Coarse solid reduction **130**

8-1. المفتتات. Comminutors **130**

8-2. الطاحنة البطيئة. Macerator **131**

8-3. الطاحنة السريعة. Grinder **132**

8-4. اعتبارات تصميمية **132**

9. غرف إزالة الرمال- إزالة الزيوتGrit chamber - oil removal **134**

9-1. غرف فصل الرمال ذات الجريان الجبهي **135**

9-2. غرف فصل الرمال المهواة **138**

9-3. غرف فصل الرمال الدوامية (السكلونية) Vortex-type chamber **142**

9-4. إزالة الزيوت **146**

10. أحواض التوازن. Equalization tanks **147**

10-1. مقدمة **147**

10-2. الخلط المستمر **151**

11. الترسيب. Sedimentation **153**

11-1. مقدمة **153**

11-2. تعاريف **153**

11-3. التطبيقات **154**

11-4. تصنيف عمليات الترسيب **154**

11-5. نظرية الترسيب البسيط **155**

11-6. أحواض الترسيب الأولية. Primary sedimentation tanks **162**

11-6-1. أحواض الترسيب بدون مواد مخثرة **162**

11-6-2. إضافة المواد المخثرة وتشكيل الندف والترسيب المائل . **169**

Coagulation and Flocculation

11-6-3. ضوابط تصميم أحواض الترسيب **174**

12. أنظمة المعالجة البيولوجية لمياه الصرف (المعالجة الثنائية) **181**

Biological (secondary)treatment system

12-1. مقدمة **181**

12-2. النمو البكتيري **183**

12-2-1. الوصف العام لخلية بكتيرية **183**

13. طريقة الحمأة المنشطة Activated sludge process **190**

13-1. مقدمة **190**

13-2. زمن التهوية وتحميل BOD **193**

13-3. نسبة F/M **195**

13-4. التفاعل البيوكيمائي **197**

13-5. مفهوم طريقة التصميم **198**

13-6. النماذج الرياضية في حساب الحمأة المنشطة **199**

13-6-1. المزج الكامل مع تدوير **199**

13-6-2. توازن الكتلة الحيوية وكتلة الطبقة المغذية **201**

13-7. الحمأة المنشطة ذات الجريان الكتلي مع التدوير plug flow with recycle **230**

13-8. التشغيل والتحكم في الحمأة المنشطة. **232**

13-8-1. مؤشر حجم الحمأة Sludge volume index (SVI) **233**

13-8-2. مؤشر كثافة الحمأة Sludge density index (SDI) **234**

13-8-3. الحمأة المنشطة المعادة Return activated Sludg(RAS) **235**

13-8-4. معدل جريان الحماة المنشطة المعادة Return activated sludge rate **239**

13-8-5. قدرة الحمأة على الترسيب. Sludge settleability **239**

13-8-6. توازن الكتلة في حوض التهوية **241**

13-8-7. تصريف الحماة المنشطة الزائدة Waste Activated Sludge (WAS) **243**

13-8-8. توازن الكتلة في حوض الترسيب الثانوي Secondary Clarifier **244**
mass balance

13-8-9. عمر الحمأة . Sludge age **245**

13-8-10. الانسداد بالحمأة. Sludge bulking **249**

13-9. الطرق المعدلة عن الحمأة المنشطة **251**

13-9-1. الحمأة المنشطة التقليدية ذات التدفق الكتلي plug flow 254
13-9-2. التغذية المجزأة. (step feefd) 254
13-9-3. التثبيت بالتماس. contact stabilization 254
13-9-4. المزج الكامل والتهوية المعدل العالي 255
13-9-5. التهوية المديدة (المطولة). (Extended aeration) 256
13-9-6. طريقة مرحلتي الحمأة. Two sludge process 256
13-9-7. قنوات الأكسدة. Oxidation ditch 256
13-9-8. طرق أخرى للمعالجة بالحماة المنشطة 258
13-10. أنظمة التهوية. Aeration systems 262
13-10-1. التهوية بالهواء المذرور. Diffused air aeration 264
13-10-2. مضخات الهواء (النوافخ). Blowers 268
13-10-3. التهوية السطحية الميكانيكية Mechanical surface aerator 271
13-11. المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف Anaerobic biological
treatment processes 277
13-11-1. مقدمه 277
13-11-2. القلوية 278
13-11-3. عمر الحمأة 279
13-11-4. طرق المعالجة اللاهوائية في النمو المعلق للبكتريا 279
13-11-4-1 . طريقة المزج الكامل. Complete mix process 280
13-11-4-2. طريقة التماس اللاهوائية. Anaerobic contact process 281
13-11-4-3. طريقة ASBR 281
13-11-4-4. طريقة المفاعل اللاهوائي ذو التدفق الصاعد عبر طبقة الحمأة (UASB) 282
13-11-4-5 طريقة المفاعل اللاهوائي ذو (الحواجز ABR) 290

13-11-4-6. طريقة المفاعل اللاهوائي ذو الحمأة المهاجرة مع مزج (AMBR) 292
13-11-5. طرق المعالجة اللاهوائية في النمو الثابت للبكتريا 293
- الميديا ثابتة. Fixed media 293
- الطبقة المتمددة التدفق الصاعد Expanded bed 294
- الطبقة المتميعة. Fluidized bed (FBR) 295
- المفاعل اللاهوائي ذو التدفق النازل 297
13-11-6. بعض طرق المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف في
الوحدات الصغيرة. خزانات التحلل - فواصل الزيت - احواض امهوف 297
14. المرشحات البيولوجية. trickling filter - الاغشية 304
14-1. مقدمه 304
14-2. أنواع المرشحات البيولوجية 305
14-2-1. المرشح ذو المعدل المنخفض 309
14-2-2. المرشح ذو المعدل المتوسط والمعدل العالي 310
14-2-3. المرشح ذو المعدل العالي السوبر 311
14-2-4. المرشح الغير المنتظم 312
14-2-5. المرشح البيولوجي على مرحلتين 312
14-3. تصميم المرشح البيولوجي 312
14-3-1 . التزويد 314
14-3-2. المواد الحاملة 315
14-3-3. الخواص الفيزيائية للمواد الحاملة 316
14-3-4. تدفق الهواء 319
14-4. أحواض الترسيب 321
14-5. تصميم الفلتر (المواد البلاستيكية الحاملة للبيوفيلم) 321

14-6. الحمأة المنشطة مع الفيلم الثابت على الميديا	**328**
Activated sludge with fix film packing	
14-6-1. طريقة المفترشات (الميديا) المتحركة. MBBR	**329**
14-6-2. طريقة الميديا الداخلية الثابتة (النمو الثابت)	**332**
- طريقة رينك لاس ringlas	**332**
- طريقة Bio-2- sludge	**332**
14-6-3. طريقة النمو الثابت الغاطس	**333**
- التدفق من الأعلى للأسفل (البيوكربون)	**333**
- التدفق من الأسفل للأعلى طريقة (البيوفور)	**335**
- مفاعل السرير المتميع .FBBR	**336**
14-7. المعالجة البيولوجية بالأغشية	
Membrane biological treatment (MBRs)	**337**
14-7-1. شرح طريقة العمل.	**338**
- الأغشية غاطسة في حوض المعالجة.	**338**
- الأغشية خارج حوض المعالجة.	**340**
- ضبط عمل الأغشية.	**340**
15. الأقراص الدوارة. (الملامسات البيولوجية) (RBC)	**343**
Rotating biological contactors	
15-1. أقسام محطة معالجة. (RBC)	**343**
15-2. شرح طريقة المعالجة.	**344**
15-3. حسنات المعالجة بـ (RBC)	**347**
15-4. مساوئ المعالجة بـ (RBC)	**348**
15-5. (BOD_5). المنحل	**348**

15-6. طريقة التصميم 349
15-7. وحدات RBC المدمجة 356

16. برك التثبيت Stabilization ponds 358
16-1. مقدمة. 358
16-2. البرك التكاملية. Facultative Ponds 364
16-2-1. طريقة التصميم. Process design 366
16-2-1-1. طريقة معدل تحميل المساحة 366
16-2-1-2. معادلة وينر - ويلهلم 369
16-3. برك المعالجة الثلاثية. Tertiary ponds 374
16-4. البرك الهوائية. Aerobic Ponds 374
16-5. البرك اللاهوائية. Anaerobic Ponds 374
16-6. قدرة المزج للمهويات البطيئة. 376

17. أحواض الترسيب الثانوي.Secondary clarifier 377
17-1. أحواض الترسيب لمياه صرف من محطات مياه الصرف ذات النمو الثابت 377
17-2. أحواض الترسيب لمياه صرف من محطات مياه الصرف ذات النمو المعلق 382

18 - تطهير مياه الصرف المعالجة. Effluent disinfection 386
18-1. مقدمة 386
18-2. جرعات الكلور 386
18-3. نزع الكلور 390
18-4. طريقة التصميم التقليدية 391

18-5. طريقة كولين- سيلك. Collins-Selleck mode 393
18-6. التطهير بالأوزون. Ozone disinfection 395
18-7. التطهير بالأشعة فوق البنفسجية. UV disinfection 396
18-7-1. تأثير الأشعة فوق البنفسجية. Effectiveness of UV 397

19. المعالجة المتقدمة لمياه الصرف (الترشيح)

Advanced Waste Water Treatment 399
19-1. مقدمة 399
19-2. إزالة المواد العالقة TSS والغرويات العضوية والغير عضوية (المرشحات) 399
19-2-1 . المرشحات ذات العمق. Depth filtration 400
19-2-1-1. طريقة تصميم المرشحات العميقة 407
19-2-2. المرشحات السطحية. Surface filtration 412
19-2-3. طرق الترشيح بواسطة الأغشية Membrane filtration processes 414
19-2-3-1. تصنيف طرق الترشيح بواسطة الأغشية 414
Membrane processes Classification
19-3. إزالة الفوسفور (كيمائياً) (Chemical) Phosphorus Removal 418
19-3-1. الترسيب الكيمائي. Chemical precipitation 418
19-3-1-1. الأس الهيدروجيني. PH 418
19-3-1-2. الحامضية. Acidity 418
19-3-1-3. القلوية. Alkalinity 419
19-3-1-4. قساوة (عسر) الماء. Water hardness 419
19-3-1-5. المحاليل Solutions 420
19-3-1-6. الترسيب الكيمائي للفوسفور Phosphorus precipitation Chemical 422

19-3-1-7. إزالة الفوسفور في الترسيب الأولي والمعالجة الثنائية 424

19-3-1-8. إزالة الفوسفور بواسطة الإضافات المعدنية في التدفق الخارج من المعالجة الثنائية. 428

19-3-1-9. إزالة الفوسفور بواسطة إضافة الكلس في التدفق الخارج من المعالجة الثنائية

20. المعالجة البيولوجية المتقدمة لإزالة الفوسفور والنتروجين

Advanced Biological treatment to remove phosphorus and nitrogen 429

20-1. إزالة الفوسفور بالطرق البيولوجية 429

20-1-1. طريقة A/O 430

20-1-2. طريقة تعرية الفوسفور. PhoStrip 431

20-1-3. طريقة (مفاعل الدفقات المتتابع)SBR (الإملاء والسحب) 432

20-2. الطرق البيولوجية لإزالة مشتركة للنتروجين والفوسفور 438

20-2-1. طريقة A^2/O 439

20-2-2. طريقة المراحل الخمسة (five - stage) 441

20-2-3. طريقة (UCT) 441

20-2-4. طريقة (VIP) 441

20-3. ضبط النتروجين. Nitrogen control 442

20-3-1. أكسدة الأمونيا بيولوجيا Biological oxidation of ammonia 443

20-3-2. إزالة النتروجين. Denitrification 458

20-3-2-1. طريقة تصميم أنظمة النترجة وإزالة النتروجين المشتركة 459

20-3-3. اقنية الأكسدة 468

21. معالجة الحمأة المصرفة والتخلص منها.

Sludge (residuals) treatment and disposal **473**

21-1. كمية وخصائص الحمأة **473**

21-2. خيارات معالجة الحماة **478**

21-2-1. تكثيف الحماة **480**

21-2-1-1. التكثيف بالثقالة **480**

21-2-1-2. تكثيف الحمأة بالتطويف DAF. **486**

21-2-1-3. تكثيف الحمأة بالطرد المركزي- البرميل الدوار

Centrifuge thickening ، Screw thickener **492**

21-2-1-4. تكثيف الحمأة بواسطة السير المكثف. Gravity belt thickening **495**

21-2-2. تثبيت الحمأة (ونزع الماء). **496**

21-2-2-1. الهضم اللاهوائي للحمأة. Anaerobic digestion **496**

21-2-2-2. الهضم الهوائي للحمإة. Aerobic digestion **506**

21-2-2-3. التثبيت بالكلس. Lime stabilization **511**

21-2-2-4. الإسماد. Composting **511**

21-2-2-5. تكييف الحمأة. Sludge conditioning **515**

21-2-2-6. نزع الماء من الحمأة. Sludge dewatering **515**

21-2-2-6-1. نزع الماء من الحمأة ميكانيكياً. Mechanical Sludge dewatering **516**

21-2-2-6-1-1. المرشح الإنفراغي. Vacuum filtration **516**

21-2-2-6-1-2. الحزام الراشح الضاغط. Belt filter press **518**

21-2-2-6-1-3. المكبس المرشح.Filter press **521**

21-2-2-6-1-4. نزع الماء بالطرد المركزي Centrifuge dewatering **522**

21-2-2-6-2. نزع الماء من الحمأة بالتبخير الطبيعي **524**

21-2-6-2-1. مفترشات التجفيف الرملية التقليدية (أحواض التجفيف الرملية) 525
21-2-6-2-2. أحواض التجفيف المرصوفة 529
21-2-6-2-3. برك تجفيف الحمأة 529
21-2-3. ترميد الحمأة 530
21-2-4. مضخات الحمأة والرغوة 532

22. استخدام والتخلص من الحمأة ومياه الصرف المعالجة
Use and Disposal of Sewage Sludge and treated water 540
22-1. استخدام الحمأة 540
22-2. الاستخدام والتخلص من المياه المعالجة 543
22-2-1. الري الزراعي 544
22-2-2. التخلص من مياه الصرف المعالجة 549

23. أنظمة المعالجة الطبيعية لمياه الصرف - الأراضي الرطبة - Wet land 552
23-1. مقدمة عن المعالجات الطبيعية لمياه الصرف 552
23-2. طرق معالجة مياه الصرف بالأراضي الرطبة 555
23-3. إمكانيات معالجة الملوثات بالأراضي الرطبة 556
23-4. المعالجة الأولية 556
23-5. أنواع الأراضي الرطبة 557
23-5-1. ضوابط التصميم-أبعاد محطات المعالجة بالنباتات 559
23-6. طبقات العزل(البطانة) Liner 562
23-7. المفترش الحامل للبكتيريا (الميديا) MEDIA 563
23-8. طبقة ترشيح الجيوتكستيل (بطانة) (Geotextile filter liner) 566

23-9. الموصلية الهيدروليكية. Hydraulic conductivity 566
23-10. المدخل.Inlet 567
23-11. المخرج .Outlet 570
23-12. نباتات الأراضي الرطبة .Plants 574
23-12-1. تصنيف النباتات المستعملة في الأراضي الرطبة 574
23-12-2. فوائد استعمال النباتات في الأراضي الرطبة 574
23-12-3. أنواع النباتات 575
23-12-3-1. اختيار النباتات 575
23-12-3-2. بناء محطة المعالجة بالنباتات ضمن مادة وسيطة في الشتاء 580
23 - 13 . بناء محطة معالجة بالنباتات بدون مادة وسيطة 580
23-14. الصيانة 582
23-15. أداء الأراضي الرطبة 582
23-15-1. الأراضي الرطبة ذات السريان الافقي 582
23-15-2. الأراضي الرطبة ذات السريان الرأسي 583
23-16. أداء الأراضي الرطبة في الجو البارد 583
23-17. أفكار عامة خاطئة عن أداء الأراضي الرطبة 585
23-18. إزالة المعادن الثقيلة والجراثيم في الأراضي الرطبة 588

24. مشاكل وحلول في تشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة 589
24-1. مشاكل وحلول عامة في تشغيل وصيانة محطات المعالجة 589
24-2. مشاكل وحلول في تشغيل وصيانة المضخات ومحطات الضخ 591
24-3. مشاكل وحلول في تشغيل وصيانة تجهيزات تزويد الهواء 596
24-4. مشاكل وحلول في تشغيل وصيانة وحدات المعالجة 598

24-4-1. المصافي 598
24-4-2. المفتتات أو الطواحن 600
24-4-3. غرف أو أقنية الرمال والجريش 601
24-4-4. الترويق (الترسيب) الأولى 603
24-4-5. الحمأة المنشطة 608
24-4-6. المرشحات البيولوجية أو النازة 612
24-4-7. الملامسات الحيوية الدوارة (RBC) 615
24-4-8. برك التثبيت 617
24-4-9. إزالة النترات 621
24-4-10. الترويق (الترسيب) الثانوي أو النهائي 623
24-4-11. الإمتزاز الكربوني 630
24-4-12. الترشيح 631
24-4-13. التطهير بالكلور 636
24-4-14. التكثيف بالترسيب الثقالي 641
24-4-15. التكثيف بالتعويم (التطويف) بالهواء المذاب 643
24-4-16. الهضم الهوائي 645
24-4-17. الهضم اللاهوائي 646
24-4-18. النبذ (الطرد المركزي) 656
24-4-19. الترشيح الإنفراغي 659
24-4-20. المكبس المرشح. Filter Press 662
24-4-21. الحزام الراشح الضاغط 663
24-4-22. أحواض التجفيف 664
24-4-23. التثبيت بالكلس (الجير) 666

24-4-24. المعالجة الحرارية 667
24-4-25. الإسماد 671
24-4-26. الترميد 673
24-4-27. المعالجة باستخدام الأراضي 677

25. نماذج من محطات معالجة مياه الصرف في الوطن العربي 681
25-1. محطة معالجة بنت سعيدان بطريقة الميديا الثابتة الغاطسة (بيو فيلم) 681
25-1-1. كمية مياه الصرف وحمولة التلوث 682
25-1-2. نوعية مياه الصرف المعالجة 682
25-1-3. مراحل المعالجة المعتمدة 683
25-2. محطة معالجة لمجمع سكني في قرية جبل علي، الإمارات العربية المتحدة (محطة الحدائق). 685
25-2-1. محطة معالجة الحدائق 6000 م^3/يوم (المرحلة الاولى) 685
25-2-2. محطة معالجة الحدائق 24000 م^3/يوم (المرحلة الثانية) 688
25-2-3. نوعية المياه المعالجة لمحطتي المرحلة الاولى والثانية 692
25-3. محطة معالجة مياه الصرف لمدينة حلب (الشيخ سعيد) 692
25-3-1. أقسام المحطة 692
25-3-2. مقدمة عن المعالجة البيولوجية في المحطة القائمة 693
25-3-3. التدفق ونوعية مياه الصرف التصميمية 694
25-3-4. اسباب تدني نسبة المعالجة 698
25-3-5. وضع المحطة المستقبلي 699
25-4. محطة معالجة مياه الصرف في سوبا الخرطوم - السودان 700
25-4-1. مقدمة 700

25-4-2. طريقة عمل محطة المعالجة	**701**
25-4-3. مصادر وكمية ونوعية مياه الصرف في محطة سوبا	**701**
25-4-4. اقسام محطة معالجة مياه الصرف في سوبا	**702**
25-4-5. الاسباب المباشرة لتوقف محطة المعالجة عن العمل	**708**
25-4-6. الاسباب الغير المباشرة لتوقف المحطة عن العمل	**708**
25-4-7. وضع المحطة المستقبلي	**708**
25-5. محطة معالجة مياه الصرف في عدرا دمشق	**709**
25-5-1. اقسام المحطة	**710**
25-5-2. التدفق ونوعية مياه الصرف التصميمية	**712**
25-5-3. نوعية مياه الصرف بعد المعالجة	**713**
25-5-4. مشاكل محطة المعالجة	**714**
المراجع / references	**715**
قواعد النشر	**719**
قائمة الإصدارات	**725**

1

تعريف مياه الصرف
WASTEWATER DEFINITION

مياه الصرف Waste water

هي المياه التي تصدر عن التجمعات السكنية والصرف الصناعي والتجاري والهطول المطري والعواصف المطرية ومزارع تربية الحيوانات والمياه الراشحة إلى انابيب المجاري العامة وغيره، وتحوي مياه الصرف على 99 % إلى 99.6 % مياه أما البقية فهي مواد معلقة ومواد ذائبة، وفيما يلي فكرة عامة تقريبية عن نسب هذه الملوثات في مياه الصرف.

30 % مواد غير عضوية : أملاح ورماد ...

70 % مواد عضوية :45 % بروتين- 18 % نشاء- 7 % دهون وشحوم...

مياه الصرف السوداء Blackwater

المياه السوداء او مياه الصرف السوداء هي خليط من البول والبراز مع مياه تنظيف المرحاض أو من مياه تنظيف المنطقة الشرجية (إذا تم استخدام الماء للتنظيف) أو مواد التنظيف الجافة. وتحتوي المياه السوداء على مسببات الأمراض الموجودة في البراز وعلى المغذيات الموجودة في البولة التي تتمدد في مياه شطف المرحاض (Flush water).

مياه الصرف الرمادية Greywater

المياه الرمادية أو مياه الصرف الرمادية هي التي تتولد من المباني السكنية أو من مباني المكاتب من مواقع تصدر مياه صرف لا تحوي براز، أو كل التدفقات باستثناء مياه الصرف من المراحيض.

مصادر المياه الرمادية

تأتي مياه الصرف الرمادية: من أحواض الاستحمام والحمامات، وآلات غسيل الملابس، غسالات الأطباق، غسيل الخضار والفواكه.....

وتحتوي مياه الصرف الرمادية على مسببات للأمراض أقل من مياه الصرف المنزلي، وبشكل عام تكون أكثر أماناً في التعامل، ومعالجتها تكون أسهل، وعادة ما يعاد استخدامها بعد معالجتها في الموقع في شطف المراحيض، سقاية المروج أو ري المحاصيل وغسيل السيارات وغيرها من الاستخدامات التي لا تتطلب استخدام مياه غير صالحة للشرب.

2

مواصفات مياه الصرف
CHARACTERISTICS OF WASTEWATER

إنٍ فهمنا لمواصفات مياه الصرف الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية هام جداً في التصميم والتشغيل وكذلك في جمع مياه الصرف ومعالجتها وطرحها بعد المعالجة.

2-1. المواصفات الفيزيائية لمياه الصرف
Physical Properties of Wastewater

عادةً تكون مياه الصرف ذات لون رمادي وذات رائحة عفنة غير مستساغة ويتحول اللون بالتدريج من الرمادي إلى الأسود مما يدل هذا على تخمرات لاهوائية، وأهم مؤشر فيزيائي لمياه الصرف هو درجة الحرارة وتركيز المواد الصلبة فيها، فالحرارة تؤثر على التفاعلات الكيميائية والنشاط الحيوي والمواد الصلبة مثل: المواد الصلبة المعلقة الكلية.Total suspended solids (TSS).

المواد الصلبة المعلقة الطيارة. Volatile suspended solids (VSS) والمواد الصلبة القابلة للترسيب settleable solids (SS) التي تؤثر على التفاعلات وتحديد حجوم وأبعاد محطات المعالجة.

- المواد الصلبة Solids

تشمل المواد الصلبة (المواد العالقة والمنحلة) وتقسم وفق ما يلي:

المواد الصلبة الكلية TS. Total solids

هو مجموع المواد الصلبة المعلقة والمذابة. وكل جزء من هذه

المجموعات يتكون من قسم قابل للحرق أو التطاير وجزء ثابت ويتم الحصول عليها بتبخير المياه من عينة من مياه المجاري تحت درجة حرارة (103 - 105) Cº درجة مئوية.

$$TS\ mg\ /L = (A-B)x1000/V \qquad (1 - 2)$$

A = وزن المواد الجافة المتبقية مع وزن الجفنة، mg

B = وزن الجفنة ، mg

V = حجم العينة ، mL

المواد الصلبة المعلقة الكلية TSS Total suspended solids :

وهي تشير إلى المواد المتبقية غير القابلة للمرور عبر مرشح وهي هامة جداً للمعالجة الأولية والثنائية وتقدر في المياه الخارجة من حوض الترسيب البدائي والنهائي بين 12 - 30 ملغ/ليتر وهي تقاس بتمرير عينة ممزوجة جيداً بمرشح فتحاته 0.2 µm على جفنه ويجفف المتبقي على المرشح لمدة ساعة بدرجة حرارة (103 - 105) Cº .

$$TSS\ mg\ /L = (C-D)x1000/V \qquad (2 -2)$$

C = وزن المواد الجافة المتبقية مع وزن المرشح ووزن الجفنة، mg

D = وزن المرشح والجفنة، mg

V= حجم العينة ، mL

المواد الصلبة الذائبة الكلية Total dissolved solids. TDS:

وعادةً تكون قيمة محتوى TDS في مياه الصرف الصحي بين (250-850) ملغ / ليتر ويحدد هذا المحتوى بالطريقة التالية :

يتم خلط عينة بشكل جيد في وعاء قياسي وتمرر المياه بمرشح خاص (0.2µm) وتبخر المياه الراشحة بدرجة الحرارة Cº (2 ± 105)، وبوزن الوعاء يكون الوزن الزائد عن وزنه هو وزن محتوىTDS في حجم العينة.

$$TDS\ mg/L = (E-F)X1000/v \qquad (3-2)$$

E = وزن المواد الجافة المتبقية مع وزن الوعاء، mg

F = وزن الوعاء ، mg

V = حجم العينة ، mL

المواد الثابتة والمتطايرة:

المواد المتبقية من تجارب TSS-TDS-TS يتم ترميدها بدرجة حرارة 550Cº والمتبقي هو المواد الثابتة (الفلزية) التي كانت معلقة أو منحلة، أما الفاقد فهو يعطي المواد العضوية بالتقريب.

$$VS\ mg/L = (G-H)X1000/V \qquad (4-2)$$

$$FS\ mg/L = (H-I)X1000/V \qquad (5-2)$$

G= وزن المواد الجافة المتبقية مع وزن الجفنة قبل الحرق ، mg

H= وزن المواد الجافة المتبقية مع الجفنة بعد الحرق ، mg

I= وزن الصحن ، mg

ومعرفة كمية المواد العضوية هام في معالجة مياه الصرف لإعطاء فكرة تقريبية عن المركبات العضوية في مياه الصرف - الحمأة المنشطة - المياه الصناعية، علماً أن قياس النسب بين المواد العضوية والثابتة ليست دقيقة القياس نظرا لتطاير بعض الأملاح أثناء الترميد، وعلى كل فقياس كمية المركبات العضوية بأكثر دقة يقرر بتجارب BOD و COD و TOC التي سنأتي على شرحها لاحقاً.

المواد الصلبة القابلة للترسيب SS . Settleable Solids:

وهي المواد القابلة للترسيب بمدة معينة (ويمكن إن تشمل المواد الطافية وتقاس حجماً mL/L أو وزناً mg/L.

وقياس الحجم يتم بواسطة قرطاس زجاجي مدرج يدعى امهوف (يدعى في بعض البلدان العربية قمع امهوف) نضع فيه عينة ممزوجة بشكل جيد كميتها واحد ليتر ونتركها لمدة 30 أو 45 دقيقة ونقيس حجم الرواسب ثم نتركها 15 دقيقة ونقيس الحجمmL/L

ويمكن أن يعطى بطريقة ثانية وفق المعادلة التالية:

$$mg\ SS/L = mg\ TSS/L - mg\ N(ss)/L \qquad (6\text{-}2)$$

المواد الصلبة غير القابلة للترسيب . nonsettleable solids N(SS)

مثال.

عينة ممزوجة بشكل جيد من مياه صرف خام حجمها 25 مل تستعمل لحساب TS.

وعينة ممزوجة بشكل جيد من مياه صرف خام حجمها 50 مل تستعمل لحساب المواد العالقة TSS.

وزن صحن التجربة WT. ثابت وفق المعطيات المخبرية التالية:

وزن الصحن WT. الجاف = 42.4721 g

وزن الصحن WT. مع المتبقي بعد التبخير 105 Cº = 42.4986g

وزن الصحن. WT مع المتبقي بعد الحرق 550 Cº = 42.4863g

Wt وزن المرشح والجفنة 21.5308 g قبل تمرير العينة.

وزن wt المتبقي مع المرشح ووزن الجفنة بعد التبخير 105 Cº = 21.5447g

وزن wt المتبقي مع المرشح ووزن الجفنة بعد الحرق 550 Cº = 21.5349g

احسب تركيز TS- المواد المتطايرة والمواد الثابتة (الفلزية) وTSS و TSS المتطايرة والفلزية المعلقة.

الحل:

1 - حساب TS باستعمال المعادلة

$$mg\ TS = (A-B)x1000/V \qquad (1\text{-}2)$$

v= 25 mL

A = 42،498.6 mg

B = 42،472.1mg

TS=((42،498.6 mg - 42،472.1 mg)X1000mL/L) /25mL =

= (42،498.6 - 42،472.1) X 40 mg/L

= 1060 mg/L

2 - حساب المواد المتطايرة VS :

نستعمل المعادلة (2-4)

v= 25 mL

G = 42،498.6 mg

H = 42،486.3 mg

VS mg/L =((42،498.6 mg - 42،486.3 mg)x(1000mL/l) /25mL =

= (42،498.6 - 42،4863.1) x 40 mg/L = 492 mg/L

3 - حساب المواد الفلزية:

FS = TS - VS = (1060 - 492) mg/L = 568 mg/L

أو

FS = (42،4863.1- 42،472.1) mg/L x 1000/ 25 = 568 mg/L

4 - حساب TSS :

استعمل المعادلة (2-2):

TSS mg/l = (C-D)x1000/V (2 - 2)

C = 21،544.7 mg

D = 21،530.8 mg

حجم العينة V = 50 mL

TSS = (C-D) x 1000 / 50

= (21،544.7 - 21،530.8) x 20 = 278 mg/L

5 - حساب المواد العالقة المتطايرة VSS :

نستعمل المعادلة (2-4)

V = 50 mL

G = 21،544.7mg

H = 21،534.9 mg

mg/L VSS=((21،544.7 mg - 21،534.9 mg)x1000mL/L) /50 mL) =

= (21،544.7 - 21،534.9) x 20 mg/L =196 mg/L

6 - تحسب المواد العالقة الفلزية FSS :

نستعمل المعادلة (2-5)

H = 21،534.9 mg

I = 21،530.8 mg

FSS = (H-I)x 1000 /50

= (21،534.9 -21،530.8) x 20

= 82 mg/L

أو يحسب كما يلي:

FSS = TSS - VSS = (278 - 196) mg/L= 82 mg/L

2-2. المواصفات الكيمائية لمياه الصرف Chemical Constituents of Wastewater

إن المواد المنحلة والمعلقة في مياه الصرف تحوي مواد عضوية ومواد لا عضوية وغازات.

المواد العضوية تحوي: الكربوهيدرات (carbohydrates)، الدهون والزيوت والشحوم والبروتين المبيدات (pesticides) ومواد كيميائية زراعية ومواد عضوية قابلة للتطاير ومواد سامة أخرى.

المواد اللاعضوية تحوي: المعادن الثقيلة heavy metals، والمواد المغذية (كالنتروجين والفوسفور)، PH، القلوية، الكلورايد، الكبريتات ومواد أخرى لا عضوية.

الغازات : غازات مثل ثاني أوكسيد الكربون والنتروجين والأوكسجين وكبرتيد الهيدروجين(H_2S) والميثان CH_4 .

النتروجين nitrogen: المدى الطبيعي للنتروجين في مياه الصرف الخام 25 - 85 ملغ/ل ومن اجل مجموع النتروجين الكلي (يشمل الأمونيا والنترات NO_3 والنتريت NO_2 والنتروجين العضوي (nitrogen org. N) - (يعتمد رقم تقريبي الأمونيا نتروجين ammonia nitrogen - (12 - 50 ملغ/ل)(ويعتمد رقم تقريبي للنتروجين العضوي 8 - 35 ملغ/ل) (المرجع. WEF 1996a)

تركيز النتروجين العضوي يقاس بتجربة كيلدال (TKN) والذي يقيس النتروجين العضوي والأمونيا نتروجين، وبعد ذلك يستخلص الأمونيا نتروجين لنحصل على النتروجين العضوي [3].

الفوسفور phosphorus: المدى الطبيعي للفوسفور في مياه الصرف الخام 2-20 ملغ/ل وتشمل 1-5 ملغ/ل فوسفور عضوي و 1-15 ملغ/ل فوسفور غير عضوي وهما ضروريان للمعالجة البيولوجية لمياه الصرف الطبيعية وزيادة نسبته في المجاري الطبيعية يؤثر على الأحياء المائية بما يسمى (eutrophication). [3]

- الاحتياج الأوكسجيني الكيميا حيوي:

BOD_5 (Biochemical oxygen demand)

تقاس شدة التلوث العضوي لمياه الصرف بكمية الأوكسجين المستهلك لأكسدة المواد العضوية (تثبيت بيولوجي) في خمسة أيام بدرجة حرارة 20 Cº وعادة يشير هذا الرقم إلى المرحلة الأولية من الأكسدة وتدعى الأكسدة الكربونية (CBOD) وهو غير BOD النتروجيني الذي يستعمل في المرحلة الثانية.

يقدر BOD_5 (100 - 250) ملغ/ل، في دول الشمال الرطبة ويقدر بـ BOD_5 (250 - 400) ملغ/ل، في دول مثل الشرق الوسط التي تستهلك كميات اقل من المياه مما قد يرفع حمل التلوث.

إن نسبة المغذيات، الكربون، والنتروجين، والفوسفور هامة في المعالجة البيولوجية لمياه الصرف ويرمز لها BOD/N/P وزناً ويجب أن تحقق 100/5/1، وعموماً نسبة المغذيات في مياه الصرف المرسبة ترسيباً أولياً بين 100/17/5 إلى 100/23/7.

مثال 1.

احسب BOD_5 و TSS للشخص في اليوم- افرض التدفق للشخص كصرف صحي 378 l/d .

و BOD_5 = 200 mg/l و TSS= 240 mg/l .

- لحساب BOD_5 للشخص/ يوم :

$BOD = 200\ mg/L \times 1\ L/10^3\ mg \times 378L = 75.6\ g/(c.d) \approx 75\ g/(c.d)$

per capita per day (pcpd) : لكل شخص / اليوم

. capita per day (c . d) : شخص/ يوم

- لحساب TSS للشخص/ يوم :

$TSS=240\ mg/L x 1L/10^3\ mg \times 278L = 90.7\ g/(c.d) \approx 90\ g / (c.d).$

مثال 2.

لدينا تدفق مياه صرف صناعي يكون فيها التدفق الوسطي اليومي الحمل العضوي اليومي(4468 kg / d)احسب BOD، احسب الشخص المكافئ EP كحمل BOD وكحمل هيدروليكي.

حساب تركيز BOD: التدفق $Q = 4656\ m^3/d$

$BOD = (4468\ kg/d \times 10^6\ mg/kg) / 4656\ m^3/d \times 10^3 \approx 960\ mg/L$

احسب الشخص المكافئ:

حمل عضوي:

$EP = (4468\ kg/d \times 10^6\ mg/kg) / 75\ mg/L.pe/d \times 10^3 \approx 59573\ EP$

وكحمل هيدروليكي:

$EP = 4556\ m^3/d \times 10^6) / 378\ L.pe/d \times 10^3 \approx 12053\ EP$

ملاحظة 1:

في المثال لاحظنا أنه لحساب عدد الأشخاص المكافئين لتدفق معين يحمل تلوث معين فقد اعتبر الحمل العضوي (c.d)/g 75 : BOD و (c.d)/TSS: 90g [3] (إذا لم يوجد دراسة لنوعية وكمية المياه في المنطقة قيد الدراسة).

ملاحظة 2:

يؤخـذ الشـخص المكافئ حسـب الحالـة ولكـن تعتبـره EPA

من أجل المناطق الحضرية (BOD_5 = 60g/p.e/d) من (EPA - WASTE WATER TREATMENT MANUALS 1997)، كما تأخذ المواصفة البلجيكية الشخص المكافئ:

Person equivalent p.e. (Belgian legislation):

BOD 60 g O_2 per day

COD 135 g O_2 per day

Q quantity of wastewater 150 l per day

SS suspended solids 90 g per day

N nitrogen 10 g per day

P phosphorus 2 g per day

ملاحظة 3:

فيما يلي الجدول النموذجي رقم (2-2-1) يوضح محتويات مياه الصرف من الملوثات لبعض البلدان المتقدمة والنامية.

الجدول (2-2-1)

نموذجي لمحتويات مياه الصرف في بعض دول العالم*

المحتوي/ الدولة	BOD g/ cap.d	TSS g/ cap.d	TKN g/ cap.d	NH_3-N g/ cap.d	Pالكلي g/ cap.d
البرازيل	68-55	68-55	14-8	**ND	1-0.6
الدانمرك	68-55	96-82	19-14	ND	2-1.5
مصر	41-27	68-41	14-8	ND	0.6-0.4
ألمانيا	68-55	96-82	16-11	ND	1.6-1.2
اليونان	60-55	ND	ND	8-10	1.5-1.2
الهند	41-27	ND	ND	ND	ND
ايطاليا	60-49	82-55	14-8	ND	0.6-1
اليابان	45-40	ND	3-1	ND	0.15-0.4
فلسطين	68-32	52-72	7-4	3-5	0.4-0.7
السويد	82-68	96-82	11-16	ND	0.8-1.2
تركيا	50-27	68-41	14-8	9-11	0.4-2
أوغندا	68-55	55-41	14-8	ND	0.4-0.6
الولايات المتحدة	120-50	150-60	22-9	5-12	4.5-2.7

* [1] - ND ** غير موجود

- الاحتياج الأوكسجيني الكيميائي لمياه الصرف Chemical oxygen demand COD:

الاحتياج الأوكسجيني الكيميائي لمياه الصرف يعبر عن مقياس للتلوث في مياه الصرف وهو تجربة تعتمد الأوكسجين اللازم لأكسدة المواد العضوية كيمائيا باستعمال مؤكسد قوي مثل ديكرومات البوتاسيوم dichromate potassium ($K_2Cr_2O_7$) ، وتجربة الـ COD تأخذ حوالي 4-3 ساعات، **وهي تعطي نتيجة اكبر من BOD_5 لنفس العينة، وهنالك علاقة بين BOD_5 وCOD لمياه الصرف المنزلي وهي حوالي (0.66-0.5)** ويقدرCOD في مياه الصرف المنزلي (600-200) ملغ/ل من (WEF 1996a).

ملاحظة:

لمعرفة مراحل التجربة الاطلاع على المراجع في نهاية الكتاب.

2-3. المواصفات البيولوجية لمياه الصرف

Biological Characteristics of Wastewater

يوجد في مياه الصرف كائنات عضوية كثيرة كالبكتريا (bacteria)، والطحالب (fungi)، والاوليات كالبروتوزوا (protozoa)، وحيوانات ونباتات مجهرية وفيروسات. وعادة يكون المسئول عن المعالجة البيولوجية لمياه الصرف (البكتريا والبروتزوا) الجدول(2-3-1) تصنيف الكائنات الحية الدقيقة في مياه المجاري.

الجدول (2-3-1)

تصنيف الكائنات الحية الدقيقة في مياه المجاري

الفصيلة		الأنواع الشائعة	التركيب الخلوي	التواجد والمؤشر
حيوانية (animal)		- دولابيات (rotifers) - قشريات (crustaceans)	متعددة الخلايا وذات نسيج خلوي متمايز	في الحمأة المنشطة يدل وجودها على جودة الحمأة
نباتية (plant)		- اشنيات (mosses) - سرخسيات (ferns) - بذريات (seed plants)	متعددة الخلايا وذات نسيج خلوي متمايز	لا توثر كثيراً في العمليات البيولوجية
مختلطة (protista) نباتي/ حيواني	راقية	- طحالب (alga) - بروتوزوا (protozoa) - فطريات (fungi)	وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا وذات نسيج غير متمايز	- وجود البروتوزوا يعني حمأة مستقرة - وجود الفطريات يعني استمرار التخمرات -لا تفيد في العمليات - وجودها هام جداً في المعالجة
	دنيا	- فيروسات (viruses) - بكتريا (bacteria)		

البكتريا الدليلية Indicator bacteria :

رغم أن كثيراً من الكائنات الحية المسببة للأمراض تتواجد في مياه المجاري إلا أنه نظراً لصعوبة عزل وتعداد كل الكائنات فيعمد عادة إلى تعداد إجمالي لعصيات الكوليفورم total coliform (TC) وكذلك العصيات البرازية fecal coliform (FC) وكذلك ستريبتيكوكس البرازية fecal streptococcus (FS). والجدول (2-3-2) تصنيف للكائنات الحية الدليلية:

الجدول(2-3-2)

تصنيف الكائنات الحية الدليلية

الكائنات العضوية المسببة للأمراض في مياه المجاري

الكائن الجرثومي	المرض	ملاحظات
- البكتريا : Escherichia salmonella typhi shigella(4spp) vibrio cholera	التهاب الأمعاء الحمى التيفية- التسمم الغذائي الديزنتريا الباسيللية الكوليرا	إسهالات حمى شديدة – إسهالات -تقرحات في الأمعاء إسهالات شديدة إسهالات شديدة جداً- تجفاف
- الفيروسات : Hypatitis A Norwalk agent	التهاب الكبد التهاب الجهاز الهضمي	ناقل للعدوى إقياء
- البروتوزوا (الأوليات): Entamocha historlytica4	الديزنتري الأميبية	إسهال طويل الأمد مع نزيف معوي
- الديدان : Ascaris -Lombricoides Enterobius vericularis Taenia saginata	الاسكاريس انتيروبيوس تينياس	الإصابة بديدان الاسكاريس إصابة بالديدان الشعرية إصابة بدودة البقرة الشريطية

طريقة تقدير الكائنات الدليلية:

لتحديد مستوى تلوث مياه المجاري قبل وبعد معالجتها سيتم دراسة طريقة التعداد للكائنات الدليلية

- الرقم الأكثر احتمالا (most probable number) (ركح MPN)، ولا يعبر هذا الرقم عن التركيز المطلق لتلك الكائنات الحية في المياه وإنما هو تقدير إحصائي للتركيز، ومن الطرق المستخدمة لتحديد الرقم الأكثر احتمالا (ركح)هي معادلة توماس التالية:

$$MPN/100ml = \frac{\text{عدد الانابيب الايجابية} \times 100}{\sqrt{\text{مللتر في كل الأنابيب} \times \text{مللتر في الأنابيب السلبية}}} \qquad (1\text{-}3\text{-}2)$$

مثال1.

أعطي تحليل بكتيري لعينات مياه الصرف لإجمالي العصيات .عين كثافة العصيات (الرقم الأكثر احتماليا) باستخدام معادلة توماس.

حجم العينة المدروسة (mL)	عدد الأنابيب الايجابية	عدد الأنابيب السلبية
10	4	1
1	4	1
0.1	2	3
0.01	0	5

الحل:

عدد الأنابيب الايجابية:

$$4+4+2+0 = 10$$

مللتر في الأنابيب السلبية:

$$1x10 +1x1 + 3x0.1 + 5x0.01 = 11.35$$

مللتر في كل الأنابيب:

$$5x10 +5x1 + 5x0.1 + 5x0.1 = 55.55$$

من معادلة توماس:

$$MPN/100mL = 1ml \frac{10\times100}{\sqrt{11.35\times55.55}} = 40/100\ m\ L$$

الجدول (2-3-3) يعطي أهم الملوثات في مياه الصرف الخام وتصنيفها من حيث شدتها.

الجدول (2-3-3)
أهم الملوثات في مياه الصرف الخام وتركيزها حسب شدتها*

العنصر الملوث	الوحدة	التركيز** (mg/l)		
		ضعيف	متوسط	شديد
- المواد الصلبة الإجمالية (TS)	mg/l	390	720	1230
- الذاتية (TDS)	mg/l	270	500	860
ثابتة (Fixed)	mg/l	160	300	520
طيارة (Volatile)	mg/l	110	200	340
- المعلقة (TSS)	mg/l	120	210	400
ثابتة (Fixed)	mg/l	25	50	85
طيارة (Volatile)	mg/l	95	160	315
- المواد الصلبة القابلة للترسيب (Settleable)	mg/l	5	10	20
- الاحتياج الأوكسجيني الكيمياحيوي $(BOD_5\ 20C^{\circ})$	mg/l	110	190	350
- الكربون العضوي الكلي (TOC)	mg/l	80	140	260
- الاحتياج الأوكسجيني الكيمائي COD	mg/l	250	430	800
- النتروجين الإجمالي (T-N)	mg/l	20	40	70
- العضوي(Org-N)	mg/l	8	15	25
- أمونيا حرة (NH_3-N)	mg/l	12	25	45
- نتريت (NO_2)	mg/l	0	0	0
- نترات (NO_3)	mg/l	0	0	0
- الفوسفور الكلي (P- الكلي)	mg/l	4	7	12
- العضوي	mg/l	1	2	4
- اللاعضوي	mg/l	3	5	10
***- الكلورايدات (Cl) زيادة عن موجود الماء العذب قبل الاستعمال.	mg/l	30	50	90
- السلفات (SO_4) زيادة عن موجود الماء العذب	mg/l	20	30	50
- القلوية ($CaCo_3$)	mg/l	50	100	200
- الزيوت والشحوم (O & C)	mg/l	50	90	100
- المركبات العضوية الطيارة (VOCs)	mg /l	<100	100-400	>400
- إجمالي العصيات (TC)	MPN/100m	10^6-10^8	10^7-10^9	10^7-10^{10}
- العصيات البرازية	MPN/100m	10^3-10^5	10^4-10^6	10^5-10^8

* [1] وغيره.

** - الشدة الضعيفة تعتمد تقريبا على تدفق 750 ليتر /شخص /يوم والمتوسطة على 460 ليتر/شخص/يوم والقوية على 240 ليتر /شخص /يوم .

*** سوف تزداد القيم بمحتويات مياه الشرب الأساسية.

3

شبكات الصرف
SEWER SYSTEMS

هي جميع التمديدات تحت الأرض والتي تقوم بنقل مياه الصرف المختلفة، كمياه الصرف الصحي ومياه صرف الأمطار إلى محطات المعالجة أو نقل مياه الأمطار إلى نقاط الصرف، وشبكات الصرف في التجمعات السكانية تصنف إلى نوعين شبكات منفصلة وشبكات مشتركة.

3-1. شبكات الصرف المنفصلة Separated Sewer System

شبكات الصرف المنفصلة تكون فيها شبكة صرف الأمطار منفصلة عن شبكة الصرف الصحي، وشبكات الصرف المنفصلة تحمل مياه الصرف المنزلي ومياه الصرف التجارية والصناعية أو ما يدخل الشبكة من مياه الأمطار من أسطح المنشآت والمنازل والمياه المتسربة(infiltration) إلى البواري وتنقل شبكات صرف الأمطار مياه الأمطار من الطرق والساحات (Storm s ewer) ، وإنشاء شبكات الصرف المنفصلة أكثر كلفة من إنشاء الشبكات المشتركة. وشبكات الصرف المضغوطة قليلة الاستعمال ولا تستعمل إلا في الحالات الاضطرارية.

3-2. شبكة الصرف المشتركة Combined Sewers

الشبكة المشتركة تحمل مياه الصرف الصحي والأمطار القادمة من الطرق والساحات والأحواض الساكبة ومياه المناطق الصناعية والتجارية ويتم إنشاء مفيضات خاصة لتصريف المياه التي تزيد عن تصميم البواري او الأقنية

أو محطات المعالجة أثناء العواصف المطرية وتدعى مياه الصرف المشتركة الفائضة combined sewer overflow (CSO)، ويقدر BOD_5 لمياه العاصفة المطرية 30 mg/l كما يقدر BOD_5 للمياه الخارجة من المفيضات الناتجة عن شبكة الصرف المشتركة mg/l (120 - 60) ويمكن أن يتم إنشاء خزانات خاصة لاستيعاب هذه المياه وإعادة معالجتها لاحقاً.

4

كميات مياه الصرف
QUANTITY OF WASTEWATER

4-1. تقدير كمية مياه الصرف المنزلي والتجاري والصناعي

تعتمد كميات مياه الصرف على عوامل متعددة كالطقس ونوع الحياة الاجتماعية والاقتصادية الخ [3]، ويختلف تقدير كمية مياه الصرف المنزلي لكل دولة فتقدر في دولة كأمريكا (265 l/c .d) ليتر لكل شخص في اليوم، ويتراوح الاستهلاك المائي للتجمعات السكانية بين l/c.d (600-100) ويقدر نسبة الذاهب منها الى الصرف الصحي 60 % - 85 % من استهلاك مياه الشرب في المنازل. وفي مدينة مثل حلب يقدر استهلاك مياه الشرب المنزلي l/c.d (125 - 120) [من تقرير دراسة تطوير محطة معالجة حلب] ويجب أن يؤخذ في الاعتبار إضافة إلى الصرف المنزلي الصرف الصناعي والتجاري والإداري والضياعات من وصلات الانابيب او من جسم الانابيب او التسرب من حفر التفتيش.... (من الشبكة والى الشبكة).

وفي المناطق التجارية تكون كمية مياه الصرف المطروحة (7.5 - 15)م^3/ يوم/هكتار وفي المناطق الصناعية ذات الصناعات الخفيفة تتراوح كمية مياه الصرف (14 - 9)م^3/يوم/هكتار أما في المناطق الصناعة المتوسطة فتتراوح (14 - 28)م^3/يوم/هكتار [3].

تقدر بعض المراجع(إمداد المياه الحضرية 2002 - نشر micgraw-hill) وغيره، في المدن الكبيرة التي فيها صرف مشترك بأنه يمكن أن يكون استهلاك القطاع الصناعي والتجاري بنسبة (15 - 25)% من الاستهلاك المنزلي أما استهلاك القطاع الإداري فيؤخذ بنسبة (10 - 15)% من الاستهلاك المنزلي. وتقدر بعض المراجع نسبة التسرب 10 % من إجمالي استهلاك المياه.

أما المياه الراشحة إلى الانابيب فتقدركما يلي: 0.463 m^3 / (d . km . cm) حيث (cm من قطر الانبوب)، أو 3 - 5 % من تدفق الذروة الساعي للصرف الصحي، أو 10 % من التدفق الوسطي اليومي. الجدول (4-1-1) يعطي معدل كمية مياه الصرف لبعض الفعاليات السكانية والجدول (4-1-2) يعطي معدل الرشح الجوفي إلى شبكات الصرف. يبين الشكل (4-1-1)a مفيض لمياه صرف مشتركة معتمداً على الوزن، يبين الشكل (4-1-1) b مفيض محطة مدينة حلب (صرف مشترك). يبين الشكل (4-1-1)c نماذج هدارات لتصريف المياه الزائدة عن التدفق التصميمي لصرف مشترك [1] ويُزود عادة بمصافي خشنة.

الجدول (4-1-1)

يعطي معدل كمية مياه الصرف لبعض الفعاليات السكانية الجدول.

من [1] وغيره من المراجع

الفعالية	وحدة الاستهلاك	معدل الصرف l/unit.d ما لم يلحظ غير ذلك
مطار	مسافر	15
شقة	غرفة نوم	450
فندق	نزيل(سرير)	190
فندق	موظف	40
مغسلة ثياب	غسالة	2100
مكتب	موظف	50
دورة مياه عامة	زبون	15
مطعم	كرسي	40
موقف سيارات لمركز تجاري	سيارة	-
مسرح	مقعد	10
مشفى	سرير	380
مشفى	موظف	40
سجن	سجين	450
سجن	موظف	38
مدرسة	تلميذ مقيم	320
مدرسة	تلميذ عادي	60
مخيم مع تواليت وحمام	فرد	170
مسبح	فرد	40
مسبح	موظف	40
موتيل مع مطبخ motel	الزائر	230
معمل(عدا الصرف الصناعي)	عامل(لفترة الوردية)	132
مركز تسوق	الموظف	40
مركز تسوق بشكل عام	100م^2	20

الجدول(4-1-2)

معدل الرشح إلى شبكات الصرف الصحي

قطر المصرف (ملم)	معدل الرشح إلى داخل الأنبوب (ليتر/ يوم /كم)
200	10000 -5000
300	12000 -10000
600	20000 -15000

الجدول(4-1-3) التالي يعطي كميات مياه الصرف لبعض الصناعات الكيميائية والغذائية.

الجدول (4-1-3)

كميات مياه الصرف لبعض الصناعات الكيميائية والغذائية

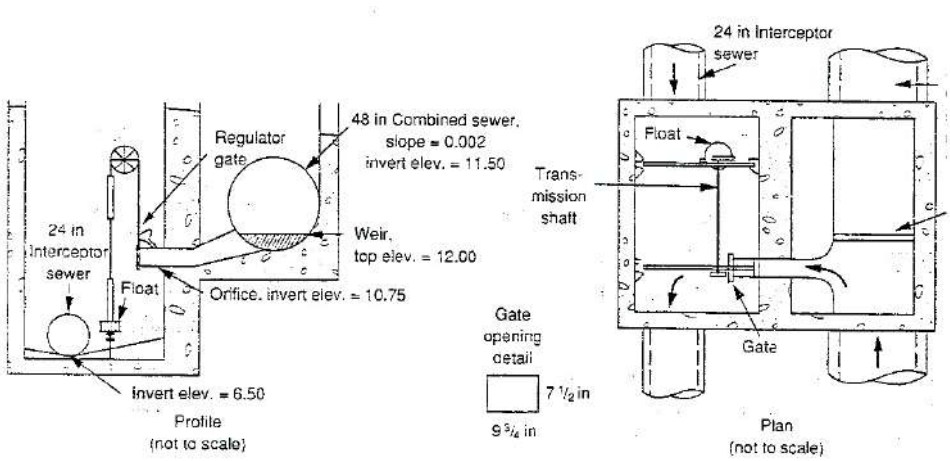
الأمونيا	طن من المنتج	250 - 100	10^3 x ليتر
الكبريت	طن من المنتج	8 - 6	10^3 x
الورق	طن من المنتج	150 - 110	10^3 x
تدوير ورق	طن ورق مستعمل	10 - 4	10^3 x
الصباغة(قطن)	طن قطن	50 - 25	10^3 x
الصباغة (بوليستر)	طن بوليستر	25 - 10	10^3 x
اللحوم	طن من المنتج حي	15 - 10	10^3 x
فواكه مختلفة	طن من المنتج	30 - 4	10^3 x
مشتقات الألبان	طن من المنتج	16 - 8	10^3 x

الشكل (4-1-1)

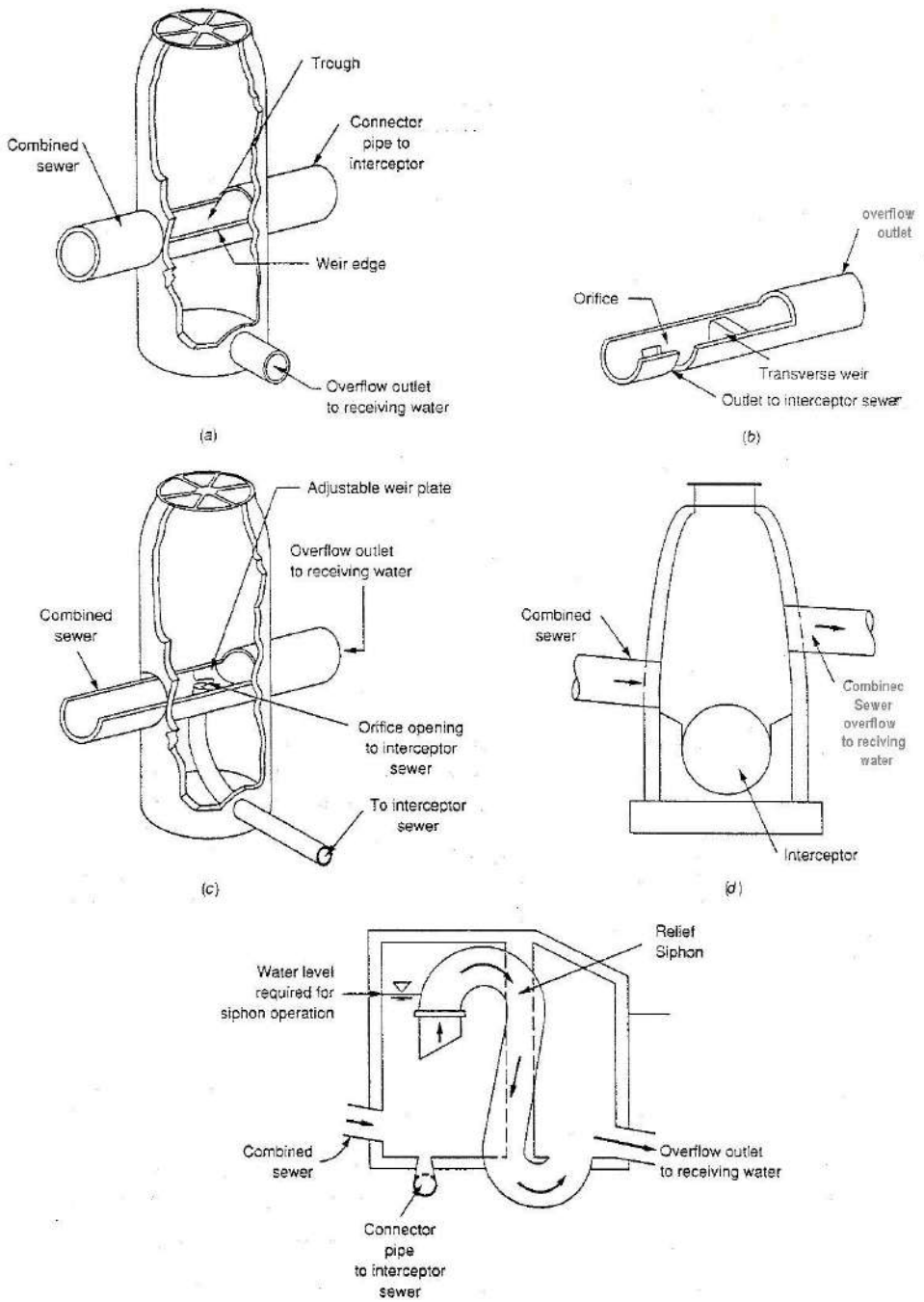
إحدى المفيضات لمياه صرف مشتركة.(إغلاق ذاتي) a

مفيض محطة مدينة حلب b

الشكل (4-1-1) c [1]



تابع الشكل (4-1-1)c



تعاريـف:

التعاريف التالية هي للتدفقات التي يتم على أساسها حساب الأقنية ومحطة معالجة مياه الصرف:

التدفق الوسطي اليومي ADF Average daily flow m^3/d :

وهو متوسط حجم التدفق الذي سيرد إلى المحطة لفترة 12 شهر متواصلة ويستعمل لتقدير القدرة الاستيعابية لمحطة المعالجة وكذلك يستعمل في تصميم المحطة ولحساب المضخات وكمية الإضافات الكيمائية اللازمة وكمية الحمأة والحمولة العضوية.

التدفق اليومي الأعظمي Maximum daily flow m^3/d:

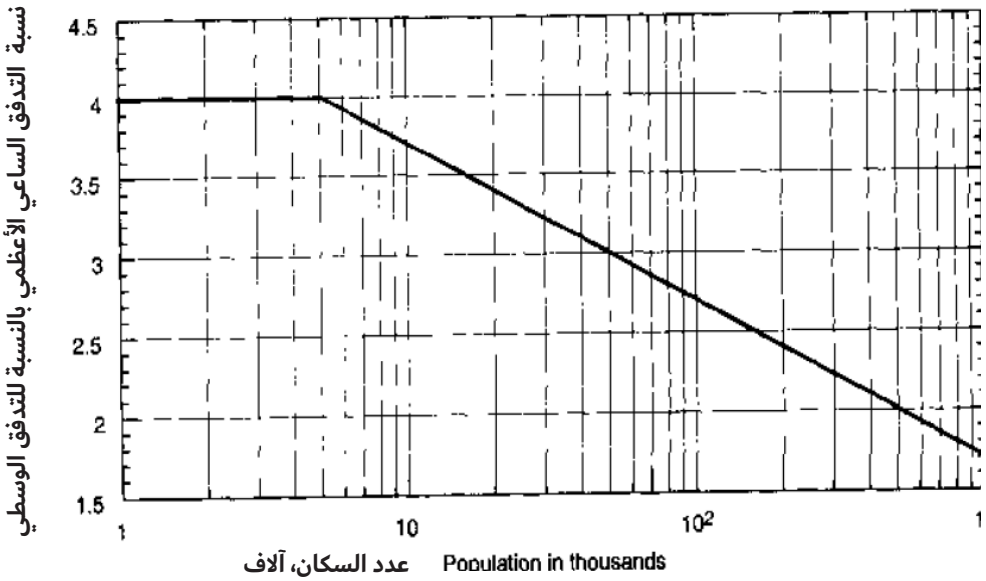
تدفق اليومي الأعظمي هي أكبر حجم تدفق الذي سيرد خلال فترة 24 ساعة متواصلة. وهو هام في حساب زمن المكوث لأحواض التوازن وأحواض تماس الكلورة.

التدفق الساعي الأعظمي Peak hourly flow m^3/d:

تدفق الذروة الساعي الأعظمي هو أكبر حجم ورد خلال فترة ساعة واحدة، على أساس البيانات السنوية. ويستعمل في تصميم أجزاء محطة المعالجة والمجاري وحفر التفتيش ومحطات الضخ وتصميم أجهزة قياس التدفق وحساب أحواض فصل الرمال وأحواض الترسيب وأحواض تماس الكلور وقنوات النقل في المحطة. الشكل (4-1-2) مخطط إحصائي لعدد كبير من محطات المعالجة في الولايات المتحدة الأمريكية حيث يعطي نسبة التدفق الساعي الأعظمي بالنسبة للتدفق الوسطي لتجمعات سكنية وفيها قليل من مياه التجمعات التجاري وقليل من الصرف الصناعي ويظهر الشكل (4-1-3) التغيرات اليومية لجريان الصرف الصحي مع تغيرات الحمل العضوي. [1]

الشكل (4-1-2)

يعطي نسبة التدفق الساعي الأعظمي إلى التدفق الوسطي اليومي



التدفق اليومي الأدنى Minimum daily flow m^3/d:

التدفق اليومي الأدنى هو أصغر حجم من التدفق ورد خلال فترة 24 ساعة، وهو هام لتصميم خطوط الأنابيب حتى لا يحدث فيها ترسيب. ويؤخذ التدفـــق اليومي الأدنى من 30 % إلى 70 % من التدفق الوسطي اليومي ([1]+wef 98) وذلك من اجل المحطات المتوسطة إلى الكبيرة.

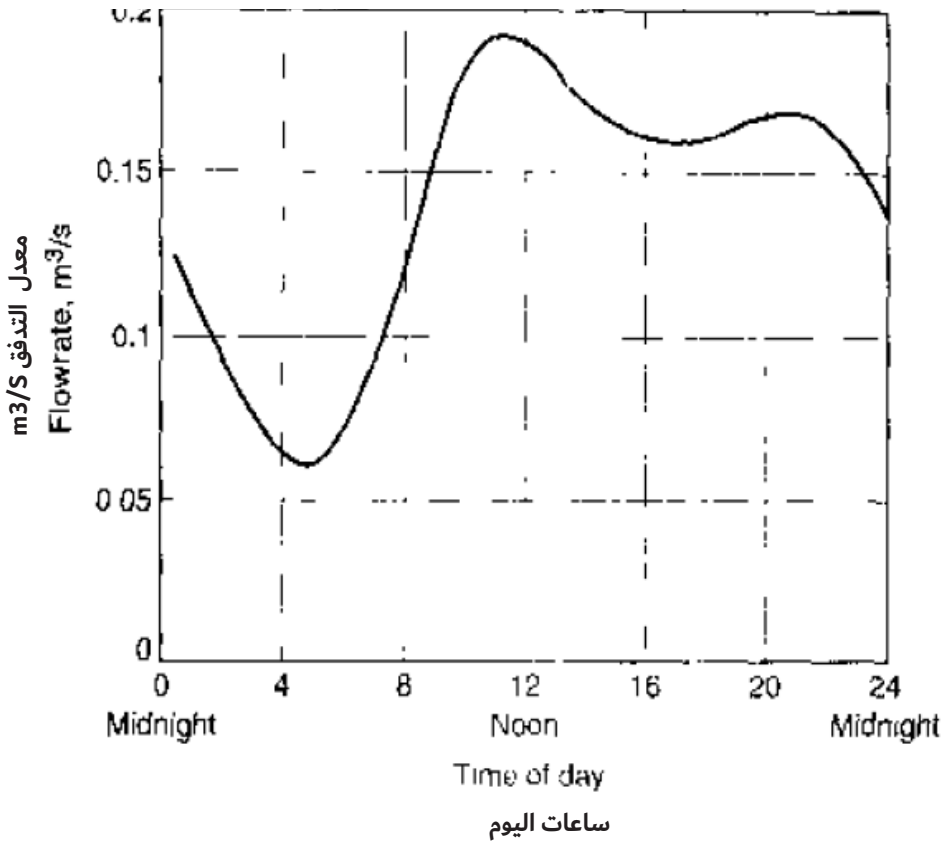
التدفق الساعي الأدنى Minimum hourly flow m^3/d:

التدفق الساعي الأدنى هو أصغر معدل للتدفق في الساعة التي تحدث خلال فترة 24 ساعة، بناء على البيانات السنوية. ويستعمل لتصميم مقياس التدفق ومضخات الجرعات ونظام المضخات وأيضا له أهمية في تصميم بعض محطات المعالجة كالمرشحات البيولوجية التي تحتاج إلى مداومة لعملية التدوير. ويؤخذ حوالي 0.35 التدفق الوسطي يبين الشكل(4-1-3) أن التدفق

الساعي الأدنى هو في ساعات الصباح الأولى، ويظهر الشكل(4-1-4) التغيرات اليومية لجريان مياه الصرف مع تغير تركيز الحمولة العضوية ومع تغير كتلة الحمل العضوي.

الشكل(4-1-3)

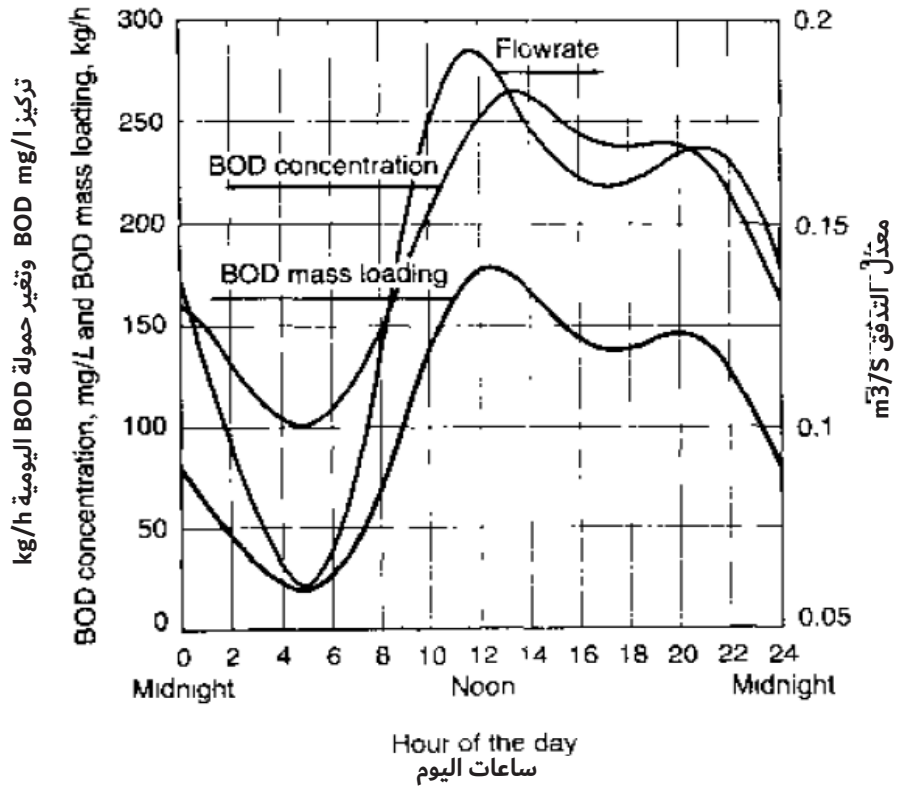
نموذج لتغيرات التدفق الساعي في مياه الصرف المنزلي



الشكل(4-1-4)

التغيرات اليومية لجريان مياه الصرف مع تغير BOD

وتغير كتلة الحمل العضوي



مثال.

احسب التدفق الوسطي والتدفق الساعي الأعظمي لتجمع سكاني 10000 شخص:

1 - نحسب التدفق اليومي الوسطي.

نفترض استهلاك الفرد من مياه الشرب 200 l/c.d

نفترض الكمية الذاهبة إلى الصرف الصحي 80 %

التدفق الوسطي اليومي:

Average wastewater flow =

200 L/(c . d) x 0.80 x 10،000 persons x 0.001 m^3/L → 1600 m^3/d

2 - نحسب التدفق الساعي الوسطي :

Average hourly flow rate = 1600 m^3/d x 1 d/24h= 66.67 m^3/h

3 - احسب التدفق الساعي الأعظمي :

افترض التدفق الساعي الأعظمي 3 مرات التدفق الساعي الوسطي :

Maximum hourly flow rate = 66.67 m^3/h x 3→= 200 m^3/h

2-4. حساب جريان العاصفة المطرية Storm water flow [28]

تعاريـف:

جريان الطقس الجاف: هو جريان مياه المجاري خارج الأيام الممطرة.

جريان الطقس الممطر: هو جريان مياه المجاري في الأيام الممطرة ولا يجب أن تقل سرعة المياه عن 0.3 م/ث لمنع الترسيب ولا تزيد عن 3 م/ث لمنع الحت (في الشبكة المشتركة يتم مع مياه الصرف).

فيما يلي إحدى طرق حساب جريان العاصفة المطرية حيث يضاف هذا الجريان إلى الجريان الناجم عن مياه الفضلات في الشبكة المشتركة، أو تصمم على أساسه فقط شبكة صرف مياه العاصفة المطرية في الشبكة المنفصلة.

يستند الحساب على الطريقة العقلانية (Rational Method) التي يمكن أن تلخص بالمراحل التالية:

أ- من اجل عواصف مطرية معينة ذات شدات مختلفة وتواتر محدد

(Return Period) يعطي الجريان الاعلى موافقا للعاصفة المطرية التي تكون مدتها تساوي زمن التركيز في المساحة المعنية بالدراسة (Concentration Time – T_c).

ب- زمن التركيز (T_c) هو الزمن اللازم لوصول أبعد قطرة مطر هاطلة فوق المنطقة المدروسة إلى المقطع المصمم من المجرى والذي يصرف كامل المنطقة المرتبطة به.

ج- يحدد الجريان الاعلى التصميمي (Q) بالعلاقة(4-2-1)

$$Q = C\ i\ A \qquad (4\text{-}2\text{-}1)$$

حيث :

Q : غزارة الجريان التصميمية عند المقطع المدروس (تحسب عادة باللتر في الثانية (L / s)).

C : عامل الجريان السطحي نتيجة الهطول وهو يساوي نسبة الجريان السطحي الناجم عن العاصفة المطرية الإجمالي فوق السطح (يعطي كنسبة مئوية).

i : شدة الهطول للعاصفة المطرية التصميمية أي تلك التي زمنها يساوي زمن التركيز (Tc)، وتعطى شدة الهطول باللتر في الثانية وفي الهكتار الواحد (L/s/ha).

A : المساحة المغذية (Drainage Area) المرتبطة بالمقطع المدروس وتعطى بالهكتار (ha).

يتبع العامل (c) طبيعة السطح أو المساحة المغذية، وتنخفض قيمته كلما زادت خشونة السطح المغذي ونقص ميله باتجاه المقطع المدروس. يبين الجدول (4-2-1) قيمة العامل (c) حسب طبيعة السطح المغذي.

الجدول (4-2-1)

قيمة العامل (c) حسب طبيعة السطح المغذي*

نـــوع الســـطح	عامل الجريان السـطحي الوسـطي (c)
- سطوح كتيمة	0.95-0.70
- شوارع معبدة بالإسفلت	0.90-0.85
- شوارع معبدة بالخرسانة	0.95-0.80
- شوارع معبدة دون طبقة إكساء	0.30-0.15
- أراضي رملية :	
ذات انحدار 2%	0.10-0.05
ذات انحدار (2 – 7)%	0.15-0.10
ذات انحدار 7%	0.20-0.15
- مروج و أراضي ذات تربة كتيمة :	
ذات انحدار 2%	0.17-0.13
ذات انحدار (2 – 7)%	0.22-0.18
ذات انحدار 7%	0.35-0.25

*[28]

عند اختلاف طبيعة السطح المغذي المرتبط بالمقطع المدروس من موقع لآخر تؤخذ القيمة الوسطية لعامل الجريان السطحي لمختلف قيم هذا العامل للسطوح الجزئية .

د - تختلف شدة الهطول المطري أو شدة العاصفة المطرية (i) باختلاف مدة أو زمن العاصفة (t)، وتزداد هذه الشدة كلما كانت مدة العاصفة أقصر، أي أن العواصف المطرية قصيرة الأمد تمتاز بهطول مطري شديد.

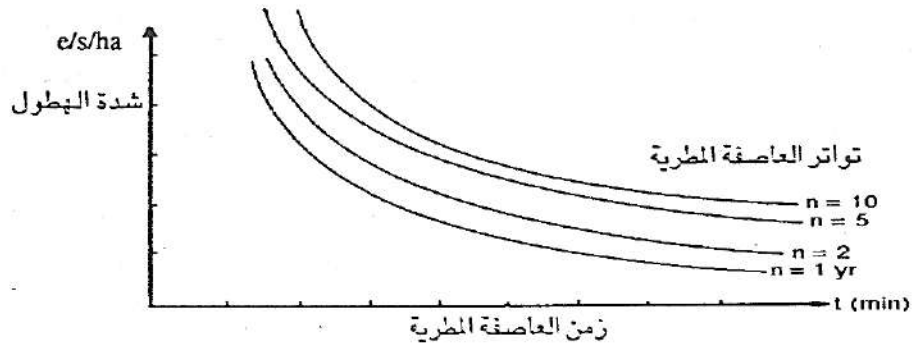
كما تختلف شدة الهطول باختلاف تواتر حدوث العاصفة المطرية حيث أن العواصف ذات التواتر الكثير تمتاز بشدات هطول صغيرة بينما تكون العواصف قليلة التواتر (زمن تكرار كبير) ذات شدات هطول كبيرة.

يبين الشكل (4-2-1)علاقة شدة الهطول المطري (i) بزمن العاصفة المطرية (t) وتواتر حدوثها (زمن التكرار n) من أجل موقع جغرافي معين، ويتشابه الشكل العام لهذه المنحنيات من أجل أية منطقة أخرى.

الشكل (4-2-1)

علاقة شدة الهطول المطري

(i) بزمن العاصفة المطرية (t) وتواتر حدوثها



هـ – لتحديد غزارة الجريان المطري التصميمي (Q) عند مقطع معين من المصرف يحسب زمن التركيز (T_c) بحسب طبيعة أو تضاريس الأرض (t_e) والمصرف الناقل (t_f) ويوضع مساويا لزمن الهطول (t) وفق العلاقة (4-2-2).

$$t = T_c = t_e + t_f \qquad (4\text{-}2\text{-}2)$$

حيث:

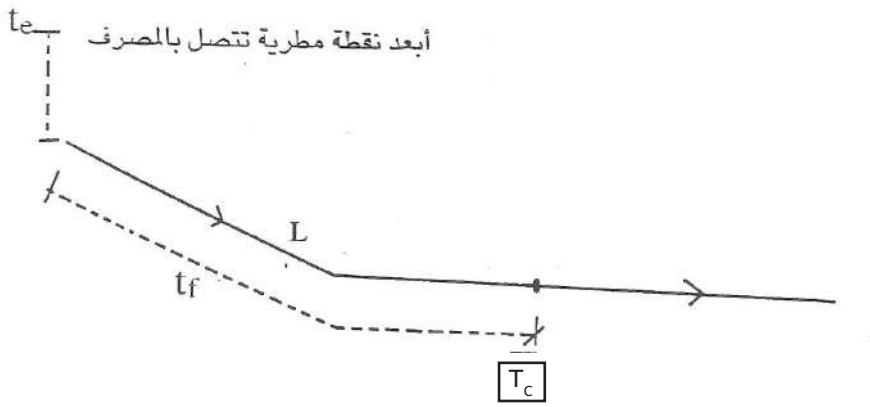
t : زمن العاصفة المطرية التصميمية ويساوي زمن التركيز بالنسبة للمقطع المدروس، (دقيقة) .

t_e : زمن الدخول (Entry Time) وهو الزمن الموافق لوصول أبعد قطرة مطرية في الحوض المغذي إلى أول فوهة مطرية على المصرف المدروس، (دقيقة)، ويتراوح عادة بين (2 - 7) دقائق.

T_f : زمن الجريان (Flow Time)، ويوافق الزمن اللازم لجريان القطرة المطرية من مقطع دخولها المصرف (أول فوهة مطرية على المصرف المدروس) حتى المقطع المدروس، (دقيقة) الشكل (4-2-2).

الشكل (4-2-2)

حساب زمن التركيز T_c لمقطع معين



يحسب زمن الجريان ضمن المصرف (t_f) من العلاقة :

$$t_f = L/v \qquad (3\text{-}2\text{-}4)$$

حيث :

t_f : زمن الجريان ضمن المصرف من بداية مقطع دخول القطرة المطرية إلى المصرف حتى المقطع المدروس، (دقيقة).

L : طول القسم المدروس بين مقطع الدخول والمقطع المصمم بالمتر (m).

v : سرعة الجريان الوسطية ضمن المصرف (m/min) .

يعطي لـ (v) قيمة أولية (من الخبرة) ويحسب (t_f) ومن ثم ($T_c = t$) .

كما يحدد الانحدار الطولي للمصرف مساويا قدر الإمكان لميل الأرض الطبيعة للتخفيف من أحجام الحفريات. بعد تحديد قيمة (t) تقرأ من المخطط الموافق

للمنطقة (مماثل للشكل (4-2-1)) قيمة (i) الموافقة لفترة تكرار (n) معينة يتم اختيارها حسب كبر المدينة وتكبر بكبرها، وتتراوح (n) عادة بين (1 - 10) سنوات.

بعد ذلك تحسب قيمة الجريان المطري التصميمي (Q) من العلاقة (4-2-1).

و – بعد حساب (Q) تفرض نسبة الامتلاء (أو ملاءة) الأنبوب (المصرف) من أجل الجريان التصميمي (Q)، يعبر عن الملاءة بما يدعى بالعمق النسبي للماء في المصرف (Proportional Depth. d/D) حيث (d) عمق الماء المصمم من أجل قيمة (Q) و (D) قطر المصرف. تتراوح النسبة (d/D) عادة في شبكات الصرف الصحي بين (0.5-0.7). بالاستعانة بمخطط الشكل (4-2-3) الذي يعطي العلاقة بين التدفق النسبي (Proportional Discharge Q_p/Q_f) والسرعة النسبية،(Proportional Velocity v_p/v_f) والعمق النسبي (d/D) في المصاريف دائرية المقطع.

وبعد تسمية ($Q = Q_p$) الجريان التصميمي المحسوب ويؤخذ مساويا للتدفق الجزئي (Q_p ، Partial Flow)، يمكن استنتاج التدفق (Q_f) الموافق للتدفق الذي يملأ كامل المقطع (Q_f، Full Flow).

ز- بعد تحديد (Q_f) يمكن استخدام إحدى العلاقات الهيدروليكية أو الاستعانة بالمخططات لاستنتاج قيمة قطر المصرف وسرعة الجريان الموافقة للمقطع الملآن (وذلك بعد معرفة (Q_f) والميل الطولي للمصرف (من الخطوات السابقة)، وذلك حسب خشونة جدران الأنبوب (k) تبعا لمادته كما هو موضح في الشكل (4-2-4).

ح – نعود إلى الشكل (4-2-3) فنستنتج منه قيمة العمق الفعلي للجريان في المصرف (d) وكذلك سرعة الجريان الفعلية (v_p) الموافق للامتلاء الجزئي، ثم ندقق قيمة (v_p) مع القيمة المفروضة سابقا في المعادلة (4-2-3) حيث يعاد الحساب إن كان الفرق كبيرا بين القيمتين

المفروضة والمحسوبة وذلك بأخذ قيمة جديدة لـ (v) والانطلاق من جديد بدءاً من المعادلة (4-2-3) وهكذا إلى أن يتضاءل الفرق إلى الحدود المسموح بها.

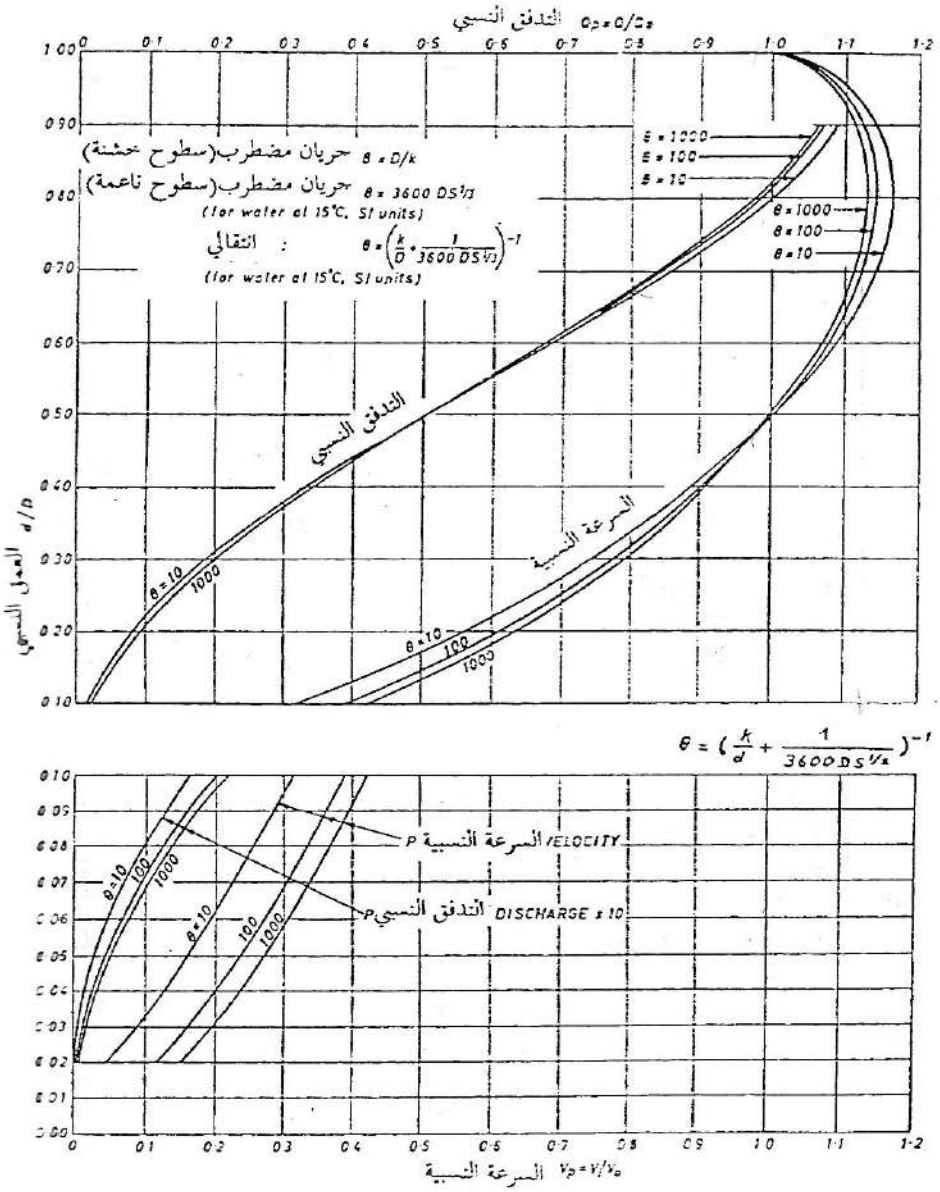
ط – يفضل أن لا يزيد الانحدار الطولي للمصارف عن (7 %) وأن لا تخرج سرعة الجريان الفعلية (الموافقة لـ v_p) في المصرف عن المجال (0.3-3) م/ث لدرء حدوث الترسبات في السرع المنخفضة أو تآكل سطح المصرف في السرع العالية.

ي – يجري حساب شبكة مصارف مياه الأمطار بتتابع أجزاء الشبكة ابتداء من أبعد مقطع حتى نهايتها.

الشكل (4-2-3)

يعطي العلاقة بين التدفق النسبي والسرعة النسبية،

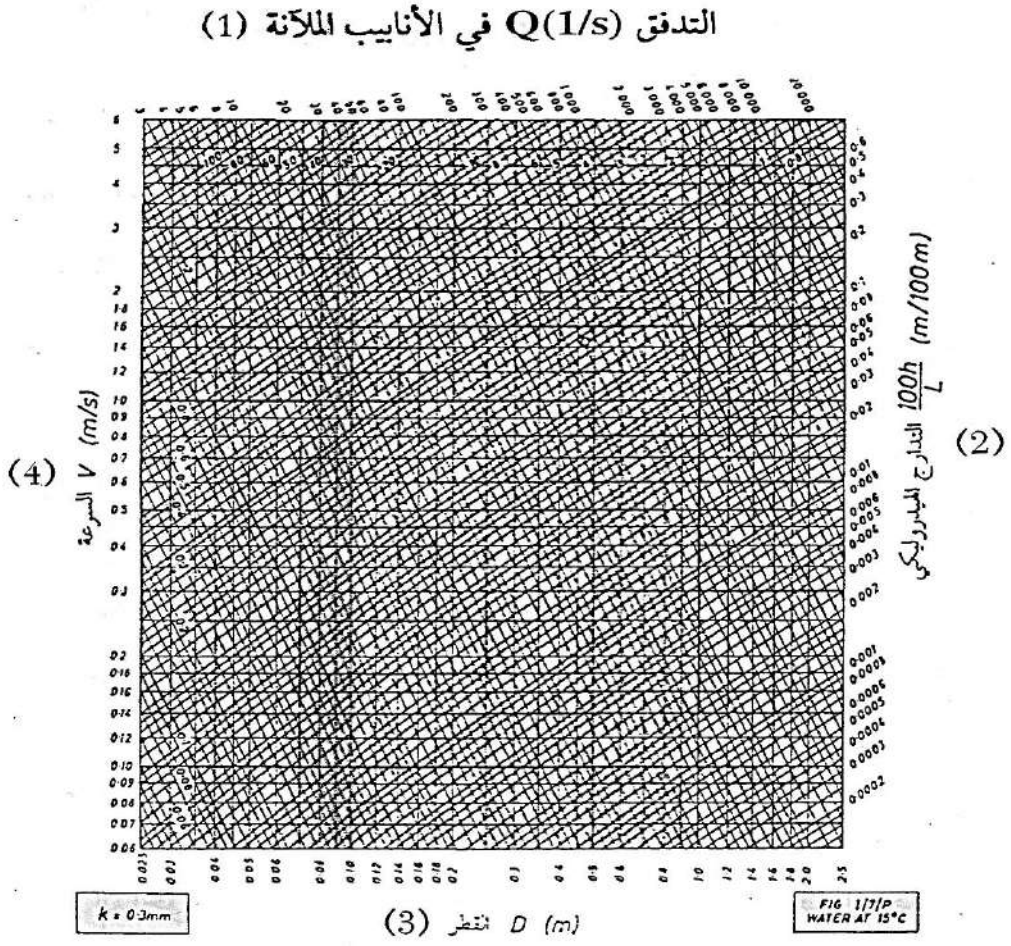
والعمق النسبي في المصارف الدائرية[28]



الشكل (4-2-4)

مخطط الجريان في الأنابيب الدائرية ذات الامتلاء الكامل [28]

قائمة السطوح ذات الخشونة k = 0.3 mm	
مثال جيد من	قساطل واقنية خشبية أنابيب خرسانية، نوع خرسانة 3 صب ضمن قوالب معدنية أو الأنابيب الإسمنتية المصنعة بآلة النسج Wet Spun Concrete Pipe Plan (مع طبقة اسمنت او اسفلت من اجل نعومة السطح)
مثال عادي من	أنابيب حديد صب غير مغلفن أنابيب Tate relined أنابيب الفخار المزجج. في وحدات(1) متر قطر 600 ملم أو أكثر. أو في وحدات (0-6 متر) قطرها اكثر 300 ملم
مثال سيء من	حديد صب المغلفن حديد الصب المطلي الأنابيب الخرسانية من نوع 4a مسبقة الصب في وحدات من 2 متر أو أكثر. مع socket joints or agee joints الوصلات تتوجه داخليا. أنابيب الفخار المزجج. في وحدات(1) متر قطر اقل 600 مم. أو في وحدات (0-6 متر) قطرها اقل 300 ملم



3-4. حساب الجريان في المنظومة المشتركة

[28] Flow calculation in Combined System

في الشبكات أو المنظومات المشتركة حيث تنقل مياه الأمطار ومياه الفضلات الأخرى في نفس الشبكة ، يتم الحساب بأسلوب مماثل لما سبق مع إضافة قيمة جريان مياه الفضلات في كل جزء من الشبكة إلى قيمة الجريان المطري في ذلك الجزء المحسوب بالطريقة السابقة وعادة يتم تدقيق قيم السرعة الحدية (العظمى والصغرى) في أي مقطع بحيث لا تنخفض السرعة الدنيا عند جريان الطقس الجاف (مياه مجاري فقط دون أمطار) عن (0.3) م/ث

ولا تزيد السرعة العظمى عند جريان الطقس الممطر (مياه مجاري مع مياه أمطار) عن (3) م/ث.

4-4. مادة انابيب المصارف Sewer Material [28]

تصنع المصارف عادة من إحدى المواد التالية:

- الخرسانة العادية أو البيتون العادي (Plain Concrete).
- الخرسانة المسلحة أو البيتون المسلح (Reinforced Concrete).
- البلاستيك العادي (PVC) أو المسلح بالألياف الزجاجية (GRP) أو البولي أثلين عالي الكثافة HDPE.
- الحديد المطاوع أو الفولاذ (Ductile Iron or Steel).
- الفخار المزجج (Vitrified Clay).

ويقتصر استخدام الحديد المطاوع أو الفولاذ المبطن من الداخل بطبقة حماية على خطوط الصرف المضغوطة، بينما تعتبر المصارف البيتونية والخرسانية المطلية من الداخل بطبقة مقاومة للأحماض وكذلك مصارف الفخار المزجج من أكثر الأنواع استخداما في شبكات الصرف الصحي نظرا لميزاتها الكثيرة وديمومتها في الاستخدام.

4-5. تمديد المصارف Bedding of Sewers

تمدد المصارف على أعماق مختلفة تحت سطح الأرض، ويراعى حين تمديدها ضمن الخنادق المخصصة لها على عدد من العوامل أهمها طريقة تمديد المصرف فوق قاع الخندق وكذلك إعادة ردم التربة أو مواد الإملاء الأخرى فوقه (Backfill) حيث تشكل هذه المواد في حالة إعادة ردمها بشكل جيد عامل حماية للمصرف.

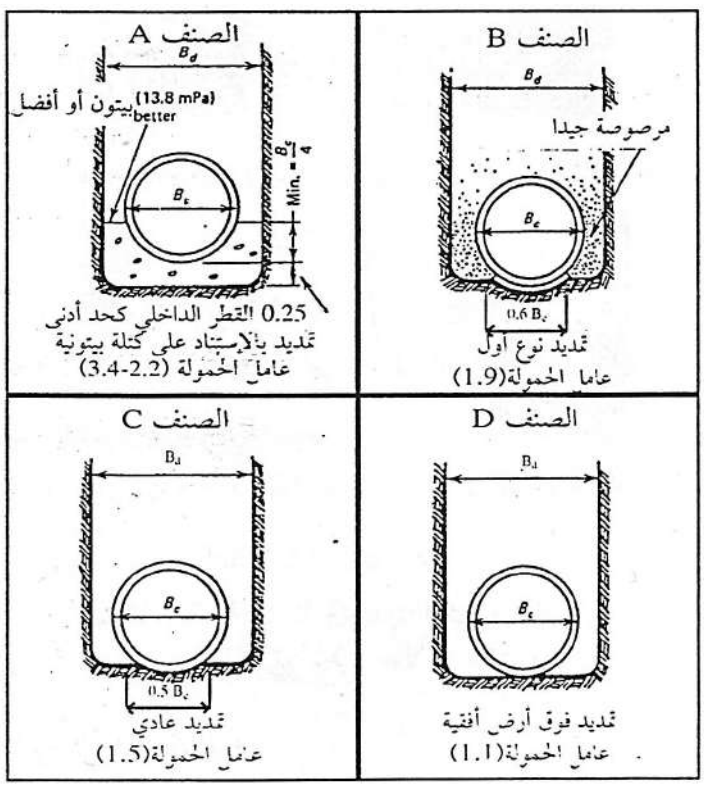
يُعبر عامل الحمولة (Load Factor) عن النسبة بين مقاومة الأنبوب بعد تمديده في الخندق ومقاومة الأنبوب على الانكسار (Crushing Strength) وهذا

العامل هو دوما أكبر من الواحد، ويتم اختيار عامل الحمولة حسب المفترش الذي سيمدد علية الانبوب كما في الشكل (4-5-1) حيث نشاهد عوامل حمولة مختلفة حسب المفترش لانبوب من مادة معينة.

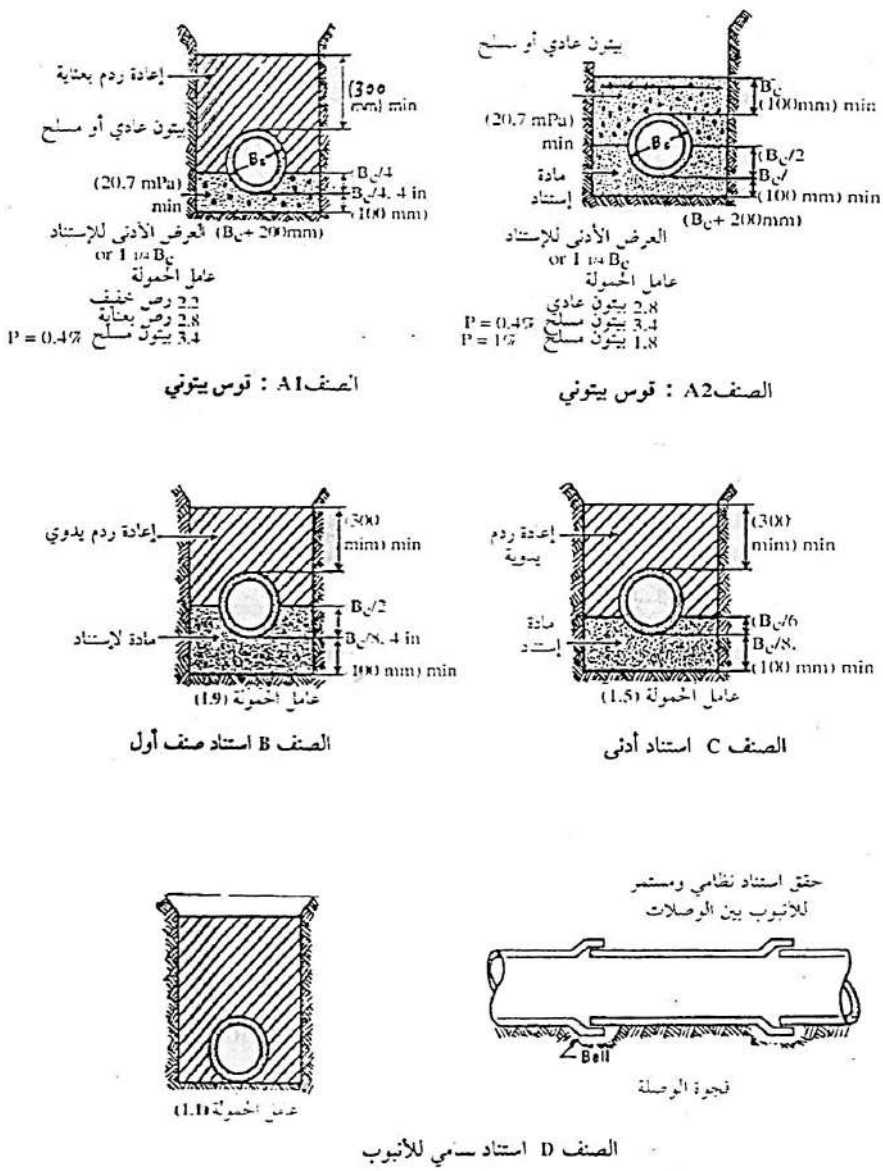
$$\text{عامل الحمولة} = \frac{\text{مقاومة الأنبوب للانكسار}}{\text{مقاومته الانكسار بعد التمديد في الخندق}}$$

كما يبين الشكل (4-5-1) ايضا طرق تمديد المصارف الخرسانية ضمن الخنادق وقيمة عامل الحمولة في حالات مختلفة كما يبين الشكل (4-5-2) طرق تمديد المصارف الفخارية وقيمة عامل الحمولة في حالات مختلفة.

الشكل (4-5-1)
طرق تمديد المصارف الخرسانية ضمن الخنادق
وعامل الحمولة في حالات مختلفة



الشكل (4-5-2) طرق تمديد المصارف الفخارية



4-6. الوصلات Joints

يجب أن تكون وصلات المصارف محكمة بشكل جيد ضد التسرب وبنفس الوقت أن تكون لها المرونة الكافية والمقاومة الممتدة على طول فترة استخدام المصرف.

يتم إملاء الفراغ عند الوصلات بين أجزاء المصارف بمادة بيتومينية أو بلاستيكية (بوليستر، بولي يوريثين ، ...) أو اسمنتية حسب الحالة.

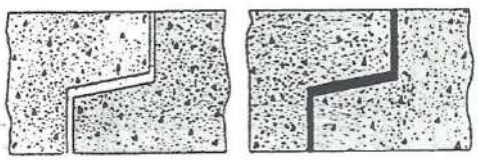
تبين الأشكال الشكل (4-6-1) والشكل (4-6-2) أنواع نموذجية لوصلات المصارف الخرسانية العادية والمسلحة ومصارف الفخار المزجج على التوالي.

كما يبين الجدولان (4-6-1) و (4-6-2) بعض المواصفات الإنشائية للمصارف الخرسانية غير المسلحة ومصارف الفخار المزجج.

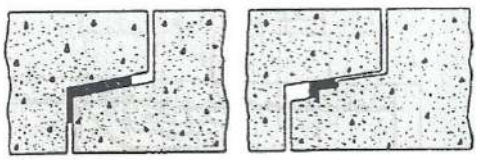
الشكل (4-6-1)

أنواع نموذجية لوصلات المصارف الخرسانية العادية[28]

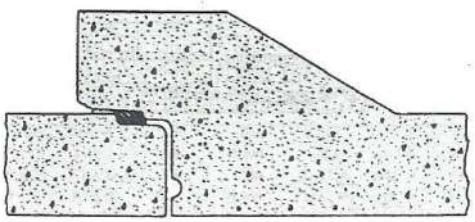
مقاطع نموذجية لوصلات ذات تملئة اسمنتية أو مطاطية A



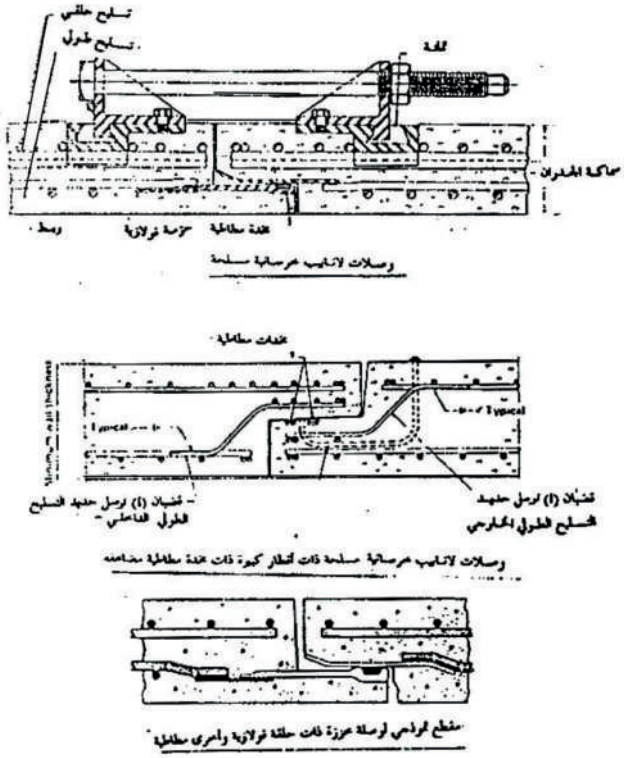
مقاطع نموذجية لوصلات ذات حلقات مطاطية B



مقاطع نموذجية لوصلات ذات اكتاف ناتئة مع حلقات مطاطية C



الشكل (4-6-2)
أنواع نموذجية لوصلات المصارف الخرسانية المسلحة



الجدول (4-6-1)
بعض المواصفات الإنشائية للمصارف الخرسانية غير المسلحة، الصنف (I)*

القطر الداخلي (mm)	سماكة الجدار (mm)	المقاومة الدنيا المطلوبة للمصرف (kN/ml)
100	15.9	21.9
150	15.9	21.9
200	19.0	21.9
250	22.2	23.3
310	25.4	26.3
380	31.8	29.2
460	38.1	32.1
530	44.5	35.0
610	54.0	37.9

*[28]

الجدول (4-6-2)

بعض المواصفات الإنشائية للمصارف من الفخار المزجج ذات المقاومة العادية*

القطر الداخلي (mm)	سماكة الجدار (mm)	المقاومة الدنيا على الانكسار(kN/ml)
200	20	20.38
250	22	23.32
305	24	26.26
380	26	29.2
460	32	32.05
610	42	37.93
840	46	52.53
915	48	58.31

*[28]

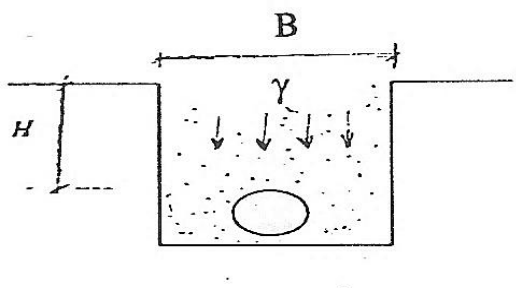
4-7. حساب الحمولات على انابيب المصارف Loads calculation on sewers

4-7-1. حمولة الردم Back fill load

الشكل (4-7-1-1):

الشكل (4-7-1-1)

حمولة الردم على مصرف ضمن خندق



تعطي معادلة مارستون (Marston) حمولة الردم (L) بالعلاقة (4-7-1-1):

$$L=C\gamma B^2 \qquad (4\text{-}7\text{-}1\text{-}1)$$

حيث :

L : الحمولة المطبقة على المصرف، (Kg/ml)

C: عامل يعتمد على عمق الردم ونوع التربة وعامل الاحتكاك لمادة الردم وكذلك عامل الاحتكاك الانزلاقي (Sliding Friction) بين مادة الردم وجوانب خندق الحفرية، ويحسب من العلاقة (4-7-1-2):

$$C = (1-e^{-2k\mu H/B}) / 2k\mu` \qquad (4\text{-}7\text{-}1\text{-}2)$$

حيث:

H : عمق الردم فوق قمة المصرف، (m).

K : نسبة رانكين بين الضغط الجانبي والرأسي وتساوي وفق العلاقة (4-7-1-3):

$$K = \sqrt{\mu^2+1} - \mu/(\sqrt{\mu^2+1} + \mu) = 1-\sin\phi /1+\sin\phi \qquad (4\text{-}7\text{-}1\text{-}3)$$

حيث :

$\mu=\tan\phi$: عامل الاحتكاك الداخلي لمادة الردم.

μ`: عامل الاحتكاك الانزلاقي بين مادة الردم وجوانب خندق الحفرية حيث ( $\mu \leq \mu$`)(دوما)

وعندما تكون مادة الردم هي نفسها المستخرجة من الخندق ، $k\mu = k\mu$`

يعطي الجدول(4-7-1-1) قيم (kμ) لبعض أنواع الترب.

B : عرض خندق الحفرية عند قمة المصرف، وغالباً ما يساوي قطر المصرف الخارجي مضافاً إليه حوالي (0.4) (m).

الجدول(4-7-1-1)
قيم (μk) لبعض أنواع الترب*

نوع التربة	القيمة العظمى لـ (μ k)
تربة حبيبية عديمة التماسك	0.192
رمل وحصى	0.165
تربة سطحية مشبعة	0.150
تربة غضارية	0.130
غضار مشبع	0.110

* [28]

γ: الوزن النوعي لمادة الردم، (kg/m^3).

يعطي الجدول (4-7-1-2) قيمة (γ) لبعض أنواع الترب.

الجدول(4-7-1-2)
الوزن النوعي (γ) لبعض أنواع الترب*

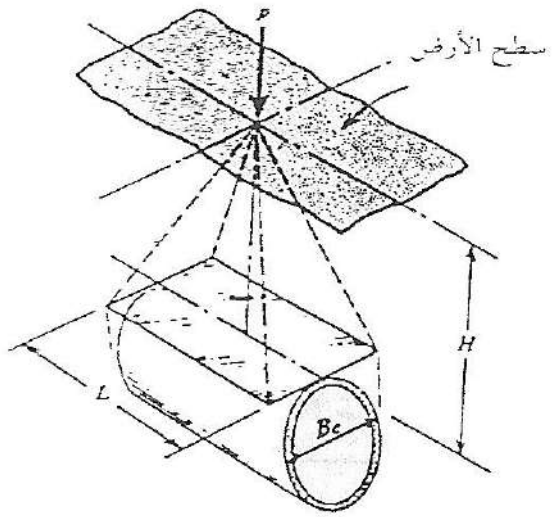
نوع التربة	الوزن النوعي γ، kg/m^3
رمل جاف	1600
رمل عادي	1840
رمل رطب	1920
غضار رطب	1920
غضار مشبع	2080
تربة سطحية مشبعة	1840
رمل تربة سطحية رطبة	1600

* من [3]+ [28]، المراجع

4-7-2. الحمولات الإضافية Superimposed Loads [28]

4-7-2-1. الحمولة المركزة Concentrated Load شكل(4 - 7 - 2 - 1 - 1).

الشكل (4 - 7 - 2 - 1 - 1)
الحمولة المركزة على المصرف



تعطي الحمولة الموزعة على المصرف نتيجة حمولة إضافية مركزة (P) بالعلاقة 4-7-2)1--1)

$$W = C_s (PF/L) \qquad (1 - 1 - 2 - 7 - 4)$$

حيث:

W: الحمولة الموزعة على المصرف، (kg/ml).

C_s: عامل الحمولة ويتبع الكميتين ($B_c/2H$ و $L/2H$) كما هو موضح في الجدول (4 - 7 - 2 - 1 - 1)، وذلك سواء بالنسبة للحمولة الإضافية المركزة أو الموزعة، حيث:

H: ارتفاع الردم فوق قمة المصرف، (m).

B_c: قطر المصرف، (m)، ويؤخذ مساوياً (1m) للمصارف الطويلة بينما يؤخذ الطول الفعلي عندما يكون طول المصرف الإجمالي أقل من (1m).

P: الحمولة المركزة، (kg).

F: عامل الصدم (Impact Factor) ويتعلق بنوع الحمولة كما هو مبين في الجدول (4 - 7 - 2 - 1 - 2) الذي يعطي قيمة عامل الصدم (F) حسب نوع الحمولة المركزة.

الجدول (4 - 7 - 2 - 1 - 2)
قيمة عامل الصدم (F) حسب نوع الحمولة المركزة

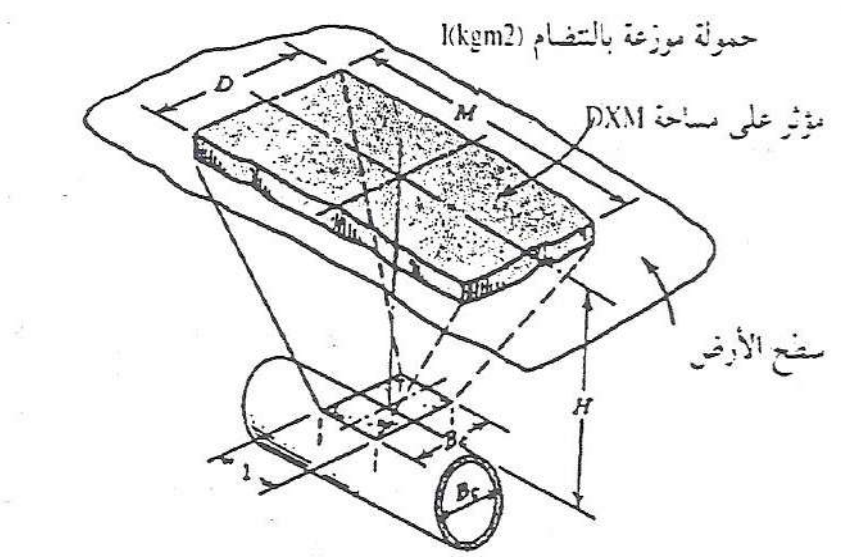
نوع الحمولة المركزة	عامل الصدم (F)
تحت الطرق السريعة	1.50
تحت السكك الحديدية	1.75
تحت مهابط الطائرات	1.00
تحت الممرات المساعدة وساحات وقوف الطائرات	1.50

الجدول (4-7-2-1-1) C_s عامل الحمولة

$\frac{D}{2H}$ or $\frac{B_c}{2H}$	$\frac{M}{2H}$ or $\frac{L}{2H}$													
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.5	2.0	5.0
0.1	0.019	0.037	0.053	0.067	0.079	0.089	0.097	0.103	0.108	0.112	0.117	0.121	0.124	0.128
0.2	0.037	0.072	0.103	0.131	0.155	0.174	0.189	0.202	0.211	0,219	0.229	0.238	0.244	0.248
0.3	0.053	0.103	0.149	0.190	0.224	0.252	0.274	0.292	0.306	0.318	0.333	0.345	0.355	0.360
0.4	0.067	0.131	0.190	0.241	0.284	0.320	0.349	0.373	0.391	0.405	0.425	0.440	0.454	0.460
0.5	0.079	0.155	0.224	0.284	0.336	0.379	0.414	0.441	0.463	0.481	0.505	0.525	0.540	0.548
0.6	0.089	0.174	0.252	0.320	0.379	0.428	0.467	0.499	0.524	0.544	0.572	0.596	0.613	0.624
0.7	0.097	0.189	0.274	0.349	0.414	0.467	0.511	0.546	0.584	0.597	0.628	0.650	0.674	0.688
0.8	0.103	0.202	0.292	0.373	0.441	0.499	0.546	0.584	0.615	0.639	0.674	0.703	0.725	0.740
0.9	0.108	0.211	0.306	0.391	0.463	0.524	0.574	0.615	0.647	0.673	0.711	0.742	0.766	0.784
1.0	0.112	0.219	0.318	0.405	0.481	0.544	0.597	0.639	0.673	0.701	0.740	0.774	0.800	0.816
1.2	0.117	0.229	0.333	0.425	0.505	0.572	0.628	0.674	0.711	0.740	0.783	0.820	0.849	0.868
1.5	0.121	0.238	0.345	0.440	0.525	0.596	0.650	0.703	0.742	0.774	0.820	0.861	0.894	0.916
2.0	0.124	0.244	0.355	0.454	0.540	0.613	0.674	0.725	0.766	0.800	0.849	0.894	0.930	0.956

الحمولة الموزعة. (Distributed Load): الشكل (4 - 7 - 2 - 1 - 2).

الشكل(4-7-2-1-2) الحمولة الموزعة[28]



تعطي الحمولة الموزعة على المصرف نتيجة حمولة إضافية موزعة بالعلاقة (4 - 7 - 2 - 1 - 2) :

$$W = C_s P F B_c \qquad (2 - 1 - 2 - 7 - 4)$$

حيث :

W : الحمولة الموزعة على المصرف، (kg/ml).

C_s : عامل الحمولة ويتبع الكميتين (D/2H و M/2H) كما يبين الجـــــدول(4 - 7 - 2 - 1 - 1)،حيث (D) و (M) عرض وطول مساحة الحمولة الإضافية الموزعة، (m).

P : شدة الحمولة الإضافية الموزعة،(m).

F : عامل الصدم.

B_c : قطر الأنبوب، (m).

H : ارتفاع الردم فوق قمة الأنبوب، (m).

4-7-3. المنشآت الملحقة بشبكات المجاري Sewer Appurtenances

4-7-3-1. غرف التفتيش Manholes

وهي تؤمن الوصول إلى المصارف لفحصها أو تنظيفها. وهي تبنى عادة في المواقع التالية:

تغيير اتجاه المصرف.

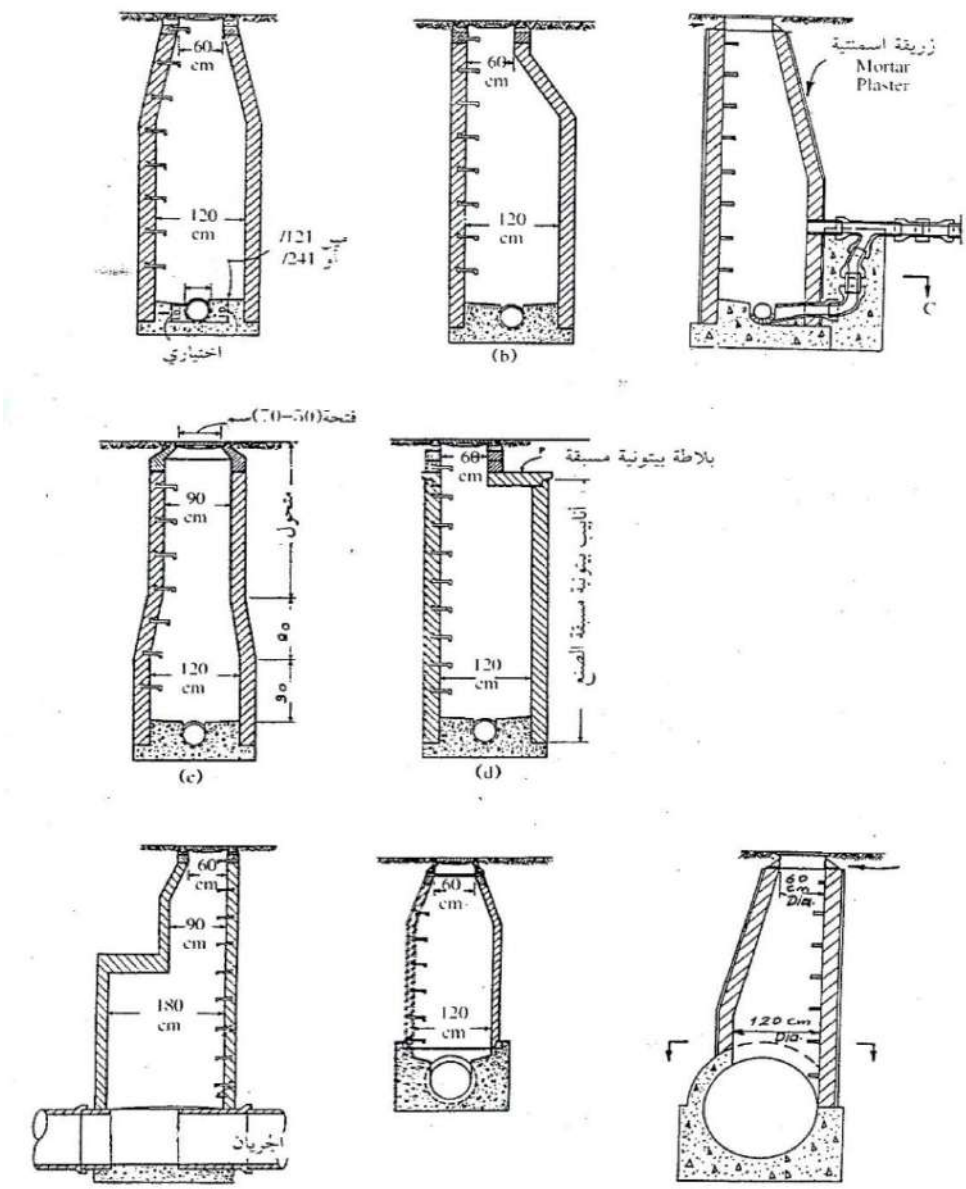
تغيير قطر المصرف.

تغيير مفاجئ وشديد في منسوب قاع المصرف.

اتصال المصارف ببعضها البعض.

تبنى غرف التفتيش على مسافات تتراوح بين (175 - 150) متراً في الأقسام المستقيمة، حيث تزداد هذه المسافة بازدياد قطر المصرف يبين الشكل (4-7-3-1-1) مخططات وأشكال نموذجية لغرف التفتيش.

الشكل (4-7-3-1-1)
مخططات وأشكال نموذجية لغرف التفتيش بأقطار مختلفة



تابع الشكل (4-7-3-1-1)

4-7-3-2. فوهات مياه المطر Storm - water Inlets

تبنى فوهات مياه المطرعند أطراف الشوارع بمحاذاة الأرصفة، غايتها استقبال مياه الأمطار وتصريفها إلى شبكة الصرف المشتركة أو شبكة صرف مياه الأمطار.

تحسب هذه الفوهات وتباعداتها بحيث لا تزيد ارتفاع الماء عندها على (15) سنتيمترا، وتؤمن دوماً مساحة من الطريق خالية من تجمعات المياه. الشكل(4 - 7 - 3 - 2 - 1) يعطي مخططات نموذجية لفوهات مطرية تستقبل المياه من الطريق أو عبر طرف الرصيف أو الطريق.

تعطي قيمة الجريان في الأقنية الجانبية (Gutters) بين الفوهات المطرية وفق علاقة مانغ (Manning) في المقاطع المثلثية المعادلة (4 - 7 - 3 - 2 - 1).

$$Q = k\,(z/n)\,S^{1/2}\,Y^{8/3} \qquad (4 - 7 - 3 - 2 - 1)$$

حيث:

Q : معدل الجريان في القناة الجانبية الموصلة إلى الفوهة المطرية، (m^3/s).

K : ثابت يساوي حوالي (0.38).

Z : مقلوب الميل العرضاني للطريق والذي يتراوح بين (4 - 3)%، أي (25-33).

N : عامل خشونة سطح الطريق (0.015 – 0.025).

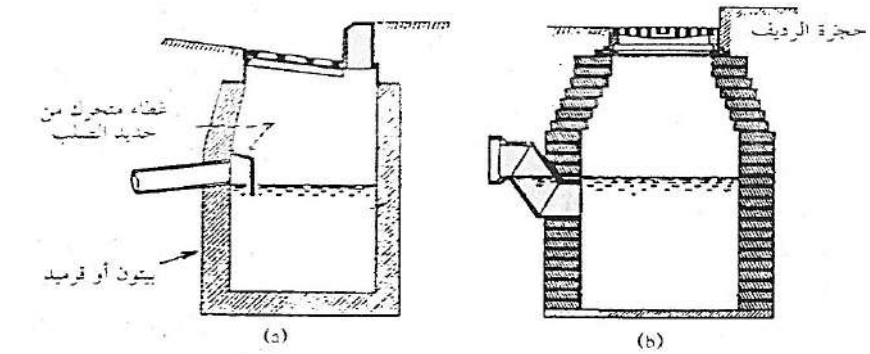
S : الميل الطولي للقناة الجانبية ويساوي عادة الميل الطولي للطريق.

Y : عمق الماء الأقصى في القناة الجانبية، (m). يحسب هذا المقدار الذي لا يتعدى ارتفاع الرصيف (Curb Height) كما يلي :

العمق (Y)= (نصف عرض الطريق – نصف المساحة الجافة المطلوبة في وسط الطريق) x الميل العرضاني للطريق.

الشكل(4-7-3-2-1)

مخططات نموذجية لفوهات مطرية.



مثال.

احسب قيمة الجريان المطري عند المقطع الذي يبعد 300 مترا من بداية مصرف ينقل مياه الأمطار من مساحة قدرها 75 هكتاراً ؟

منحني العاصفة المطرية التصميمي من أجل فترة تكرار مختارة قدرها 5 سنوات يعطي بالجدول التالي:

الزمن (دقيقة)	5	10	15	30	60
شدة الهطول المطري (l/s/ha)	200	140	100	58	22

يتألف السطح المغذي من أنواع مختلفة من الأرض كما هو محدد أدناه:

نوع السطح المغذي	المساحة (ha)
كتيم	20
رملي انحدار بميل وسطي (3 %)	50
طريق معبد بالإسفلت	5

تفرض السرعة الوسطية للجريان في المصرف مساوية (1m/s) وزمن الدخول إلى المصرف يساوي (4) دقائق.

الحل :

من العلاقة (4-2-1). $Q= C\ i\ A$

$$C = C_{av} = C_1 A_1 + C_2 A_2 + C_3 A_3 / \Sigma A_i$$

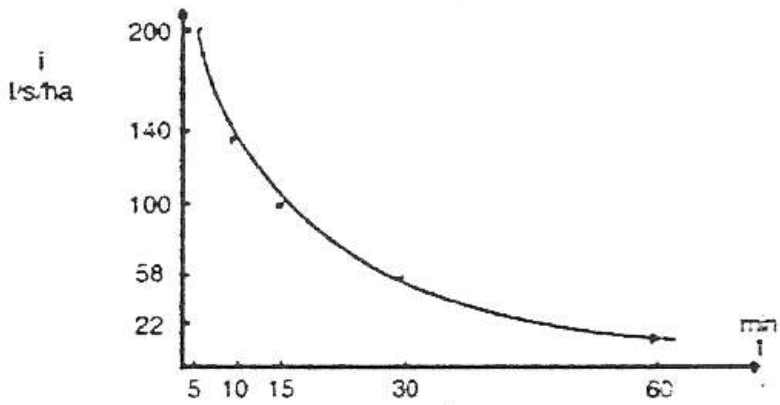
$$= 20 \times 0.9 + 50 \times 0.12 + 5 \times 0.9 / 75$$

$$C_{av} = 0.38$$

لتحديد شدة العاصفة المطرية التصميمية (i) نحسب زمن التركيز (T_c) من العلاقة (4-2-2) ثم نرسم المنحني المطري التصميمي الموافق لزمن تكرار (5) سنوات:

$$T = t_e + t_f = 4 + (L/v) = 4 + (300 / 1)X60 = 9min$$

من الجدول الوارد في المثال نرسم المنحني المطري التصميمي كما هو مبين في الشكل التالي:



من المنحني السابق ومن أجل (t = 9min) يعطي (i = 143 l/s/ha)

إذن غزارة الجريان عن المقطع المدروس تساوي بالتعويض في العلاقة (4-2-1) :

$$Q = 0.38 \times 143 \times 75 = 4075.5 \text{ l/s} = 4.08 \text{ m}^3/\text{s}$$

نفرض نسبة امتلاء الأنبوب (d/D = 0.8) فينتج من الشكل (4-2-3) ما يلي :

$$Q/Q_f = 0.97 \quad - \quad v/v_f = 1.13$$

$$Q_f = Q/0.97 = 4.08 / 0.97 = 4.21 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$V_f = v / 1.13 = 1/ 1.13 = 0.88$ m/s (قريبة من القيمة المفروضة)

وتنتج مساحة مقطع المصرف:

$$A = Q_f/v_f = 4..21 / 0.88 = 4.78 \text{ m}^2$$

$$D = (4.78 \times 4 / 3.14)^{1/2} = 2.47 \text{ m}$$

وارتفاع الماء في المصرف :

$$d = 2.47 \times 0.8 = 1.98\text{m}$$

5

محطات الضخ - المضخات
pumping station and pumps

5-1. محطات الضخ pumping station

تعاريف:

البئر الرطب (Wet Well) : وهو غرفة تجميع مياه المجاري قبل ضخها عبر المضخات.

البئر الجاف (Dry Well) : وهو غرفة المضخات العاملة والاحتياطية. هذه الغرفة لا وجود لها في حال استخدام المضخات الغاطسة.

غرف المحركات (Machine Room) : وتحوي على المحركات ومجموعات التوليد ولوحات القيادة والتحكم. ولا وجود لمحركات مستقلة في حال استخدام المضخات الغاطسة.

تجهيزات السيطرة على الروائح (Odor Control)

- يصمم بئر الضخ لمياه الصرف بحيث لا يقل زمن المكوث عن (5) دقائق وأن لا يقل زمن التشغيل للمضخة عن (2) دقيقة وهو بين (4-10) دقائق وينصح أن يكون قطر انبوب الدفع اكبر من "4 (وهو يعطي حوالي 80 ليتر/دقيقة «وحسب رفع المضخة»)، ويجب أن يكون حجم البئر كافياً حتى لا تسخن المضخة إذا تكرر عمل المضخة كثيراً، ولا يطول زمن المكوث فتصدر روائح من البئر الرطب [3]، الشكل (5-1-1-a) المضخات الغاطسة، الشكل (5-1-1-b) محطة ضخ فيها المضخات جافة الشكل (5-1-1-c) أبار ضخ من (الستاندر الألماني ATV-DVWK-A 134E-A4 [9]).

وتعطى معادلة بئر الضخ على الشكل التالي :

$$t_e = \frac{v}{d-q} \qquad (5\text{-}1)$$

$$t_C = \frac{v}{q} \qquad (5\text{-}2)$$

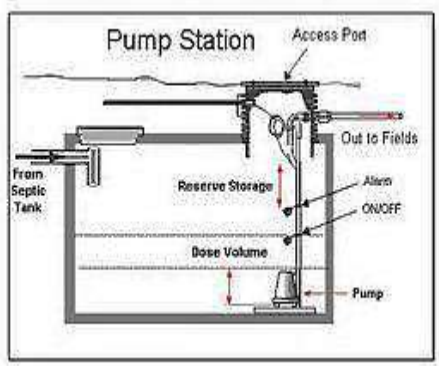
t_e = زمن تشغيل المضخة بالدقائق.

t_C = زمن الامتلاء عند المضخة متوقفة.

d = تدفق المضخة.

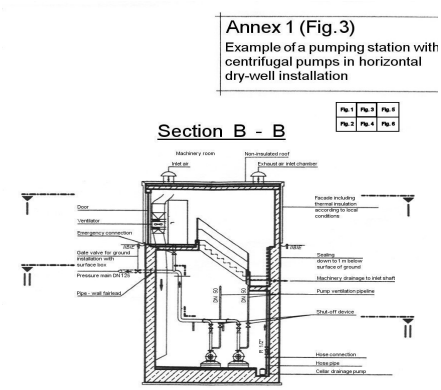
الشكل (5 - 1 - 1 - b,a)

محطات ضخ - المضخات a غاطسة b جافة

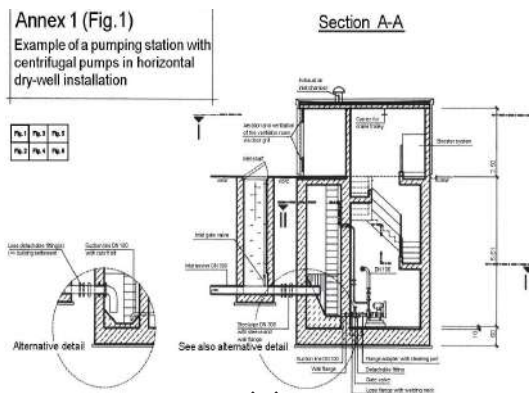


(a)

(b)



(c)



(d)

q = التدفق الداخل.

ومنه الزمن الكلي للدورة:

$$T = te + tc = \frac{v}{d-q} + \frac{v}{q} \qquad (3 - 5)$$

وعدد دورات التشغيل يجب أن تتراوح من 4 - 10 مرات في الساعة وزمن التخزين لمياه الصرف في بئر الضخ يجب ان لا يزيد عن 30 دقيقة [من،3 waste water engineering]، وفي حال اختيار تدفق المضخة هو تدفق الذروة يحسب بئر الضخ كما يلي:

: (WEF 1993a)

$$v = T.q / 4 \qquad (4 - 5)$$

حيث v : حجم البئر الرطب.

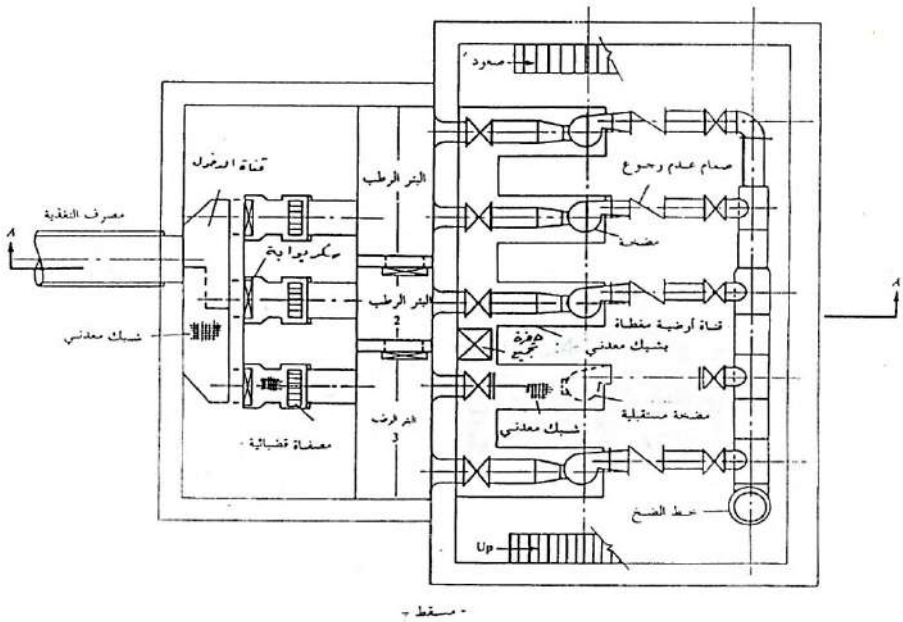
q : تدفق الذروة القادم.

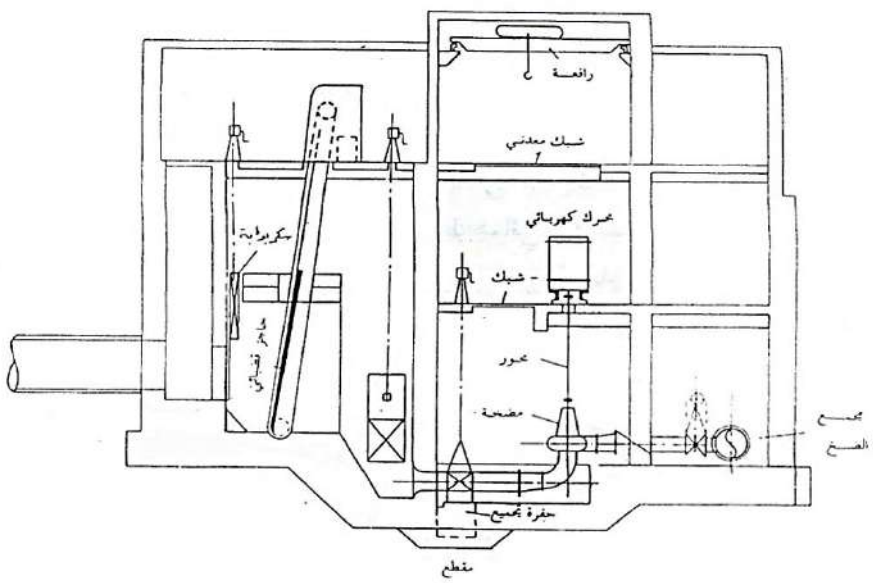
T : زمن دورة الضخ.

ملاحظة : ليكون عمل المضخة أقل ما يمكن يجب أن تكون غزارة الضخ تساوي ضعف غزارة مياه المجاري الواردة إلى محطة الضخ، [28].

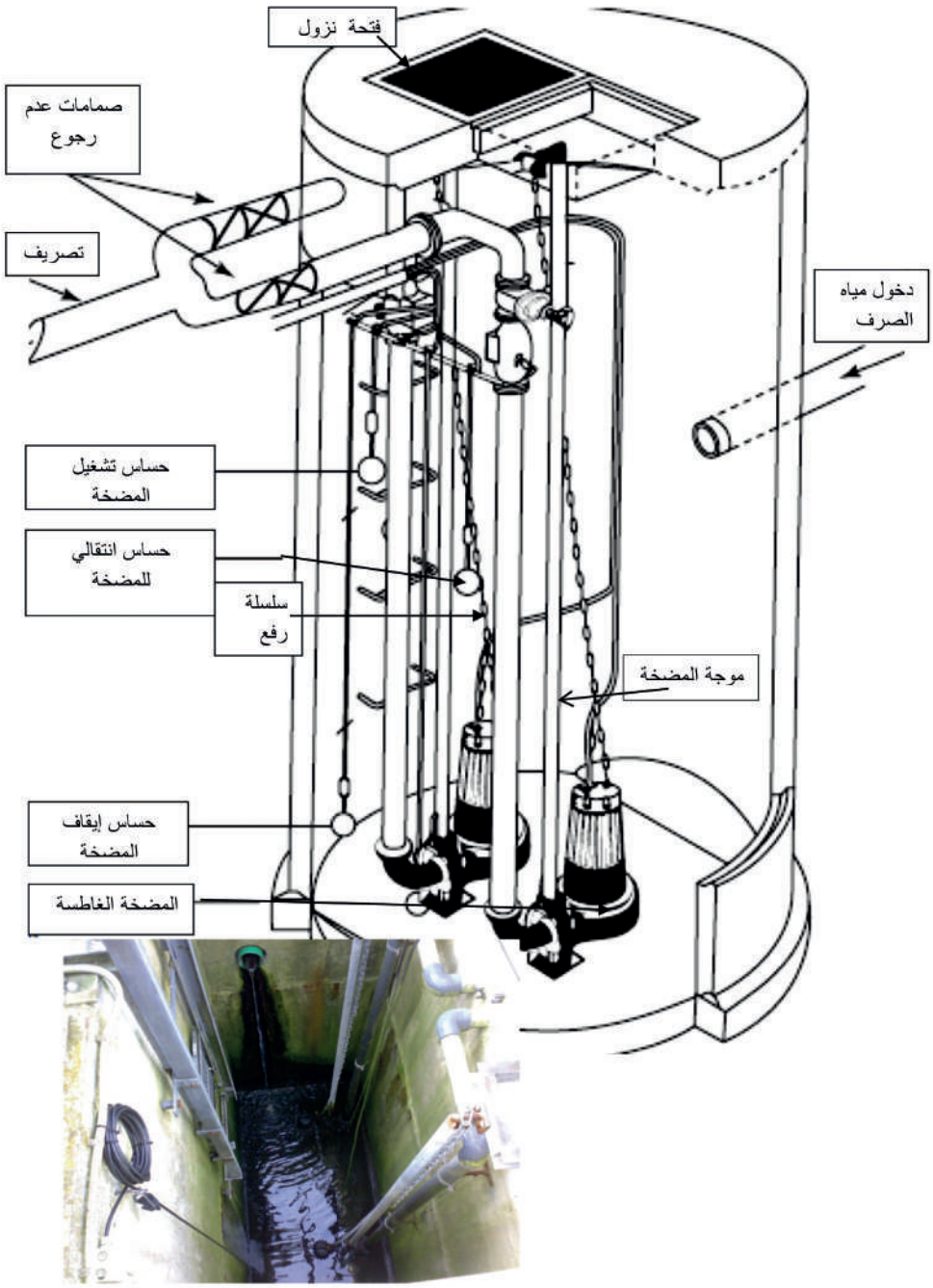
الشكل (5-1-2) محطة ضخ نموذجية - المضخات جافة، والشكل (5-1-3) محطة ضخ نموذجية - المضخات الغاطسة وصورة لبئر ضخ رطب من محطة معالجة بالأراضي الرطبة .Janisch& Schulz co

الشكل (5-1-2)
محطات ضخ نموذجية - المضخات الجافة [28]





الشكل (5-1-3)
محطات ضخ نموذجية - المضخات الغاطسة



مثال 1.

تدفق يومي وسطي لمياه صرف يقدر بـ 144000 l/d والتدفق الساعي الأدنى 20000 l/d وتدفق الذروة 500000 l/d حدد وضع المضخة وحجم بئر الضخ:

الحل : - أولاً : حدد سعة المضخة في ساعة الذروة:

$$d=500.000\ l/dx1d/24x60\ min = 347\ l/min$$

ثانيا : حدد الحجم الأصغري V1 لمدة 2 دقيقة:

$$V1=347\ l/minX2=694\ l$$

ثالثا : حدد الحجم الأصغر V2 لمدة 5 دقيقة:

من المعادلة (5-3) نجد.

$$T = \frac{v2}{d-q} + \frac{v2}{q} \qquad (3 - 5)$$

التدفق الوسطي. $q = 14000l/d = 100\ l/min$

$$T5 = 5\ min = \frac{v2}{347 - 100} + \frac{v2}{100}$$

$$100v2 + 247\ v2 = 5 \times 247X100 \longrightarrow v2 \approx 356\ l$$

- رابعاً : حدد عامل التنظيم:

نظرا لأن $v1>v2$ فلنقل $v1=700\ l$ للتصميم :

- خامساً : احسب الزمن الحقيقي لدورة الضخ:

$$T = \frac{700}{347 - 100} + \frac{700}{100} = 9.83\ min$$

سادساً : حدد حجم البئر الرطب:

بفرض مقطع البئر 1.13 م^2 ومن أجل تخزين^{3}m 0.7 = l 700=v2 منه عمق مدى عمل المضخة

$$0.7 / 1.13=0.62m$$

يضاف مسافة 60 سم مسافة حرة ويكون العمق الكلي 1.2 م .

مثال 2.

مياه صرف مجمعه من موقعين الأول 40 هكتار يوجد فيها 480 وحدة سكنية من المنازل المنفردة و0.89 هكتار (2.2acre) مركز تجاري، احسب التدفق الكلي.

الحل .

أولاً : حدد كمية مياه الصرف الصحيq_1 بافتراض الوحدة السكنية unit تحوي 3.5 شخص وكل شخص يعطي مياه صرف l/d 378 .

q_1 = 378 l/(c.d) x 3.5 person / unit x 480 unit = 635040 l/d ≈ 168000 gal/d

ثانياً : احسب تدفق المنطقة التجارية بفرض التدفق q_2 يعادل (1500 gal * / d. per acre**) يعادل (468 m^3 / d. acre)

ملاحظة : *(جالون) gallon = 0.00378 m^3 = l 3.78, ** (الاكر) acre = 0.406 هكتار

$$q_2 = 1500gal/(d.a)x2.2\ acre= 3300\ gpd$$

ثالثاً : احسب كمية التدفق الكلي:

$$q = q_1 + q_2$$

$$= (168{,}000 + 3300)\,gal/d = 171{,}300\,gal/d = 647.5\,m^3/d$$

2-5. المضخات Pumps [28]

تعاريف:

تعرف المضخة بثلاث عناصر رئيسية هي:

أ . التدفق (discharge - capacity)

ب. الحمولة (head) (أو السمت او الجهد او الطاقة، حيث كلها متفق عليها)

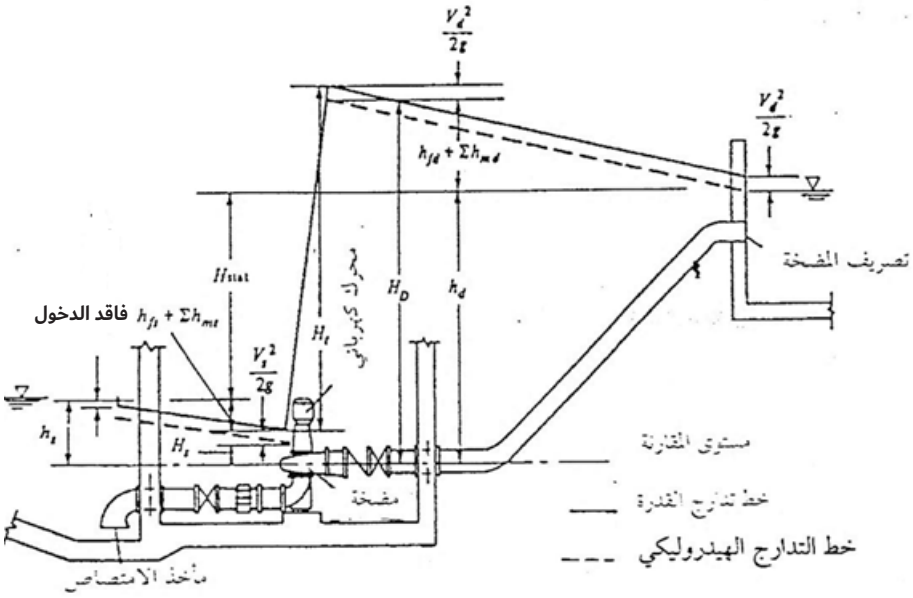
ج. الكفاءة (efficiency)

يبين الشكل (5-2-1) مخططاً رمزياً لأنواع الحمولات المختلفة المرتبطة بالمضخة [28]، ونعرف المقادير التالية:

- حمولة الامتصاص الساكنة : (static suction head) ويرمز لها بـ ($h_ş$) وهي فرق المنسوب بين محور دولاب(شفرات) المضخة ومنسوب ماء الامتصاص، فإذا كان منسوب ماء الامتصاص اخفض من منسوب الخط الأوسط للمضخة تدعى عندئذ رفع الامتصاص الساكن (static suction lift)، في محطات مياه المجاري يفضل دوماً أن يكون منسوب مياه الضخ في البئر الرطب أعلى من محور المضخة للإبقاء على أنبوب الامتصاص ممتلئاً.

الشكل (5-2-1)

مخططاً رمزياً لأنواع الحمولات المختلفة المرتبطة بالمضخة



- **الحمولة الساكنة: (static head).** ويرمز لها (H_{stat}) وهو الفرق بين منسوب الماء العلوي ومنسوب ماء الامتصاص وتساوي (h_d-h_s).

- **حمولة الاحتكاك : (friction head) .** ويرمز لها (h_f) وهي الحمولة الواجب تأمينها للتغلب على احتكاك الماء بجدران الأنبوب

يرمز لهذه الحمولة في أنبوب الامتصاص بـ (h_{fs}) وفي أنبوب الضخ (h_{fd}) وتحسب (h_f) بتطبيق إحدى العلاقات الهيدروليكية وأهمها:

علاقة دارسي

$$h_f = 8\, fL\, Q^2 / \pi^2\, g\, D^5 \qquad (1 - 2 - 5)$$

علاقة مانينغ

$$h_f = 10.3\, Ln^2\, Q^{\,2} / D^{\,16/3} \qquad (2 - 2 - 5)$$

علاقة هانز ويليامز

$$h_f = 10.7\ L\ Q^{1.85} / C^{1.85}\ D^{4.87} \qquad (3 - 2 - 5)$$

بحيث:

h_f : فاقد السمت (الحمولة)على طول الجزء المدروس من الأنبوب m.

f، n، c :عوامل الاحتكاك داخل الأنبوب حسب العلاقات أعلاه وتتبع خشونة سطح الأنبوب.

L : طول الجزء المدروس من الأنبوب(m) .

Q: تدفق الضخ m^3/S.

D: القطر الداخلي للأنبوب (m).

ترتبط الكميات f، n، c مع بعضها البعض بالعلاقة:

$$0.0827f = 10.3\ n^2 / D^{1/3} = 10.7\ D^{0.13} / C^{1.85} / D^{0.15} \qquad (4 - 2 - 5)$$

- **حمولة السرعة:** (velocity head) ويرمز لها ($V^2 / 2g$) وهي القدرة الحركية للسائل. فعند تعيين الحمولة الكلية عند أي مقطع من الأنبوب يجب إضافة هذا المقدار إلى قراءة جهاز قياس الضغط عند المقطع المدروس.

- **فاقد الطاقة(الحمولة) الموضعي:** (local minor head loss) ويرمز له (h_m) ويعبر عن الحمولة التي يجب تأمينها للتغلب على ضياع الحمولة نتيجة تغير مفاجئ في المقطع أو كوع أو صمام ... يرمز لضياع الحمولة الموضعي في أنبوب الامتصاص بـ (h_{ms}) وضياع الحمولة الموضعي في أنبوب الضخ (h_{md})، ويعطى (h_m) بشكل عام بالعلاقة التالية:

$$h_m = k\ v^2 / 2\ g \qquad (5 - 2 - 5)$$

حيث :

h_m: فاقد الطاقة الموضعي (m)

K: عامل ضياع الطاقة الموضعي ويتبع شكل التغير في المقطع كما موضح في الجدول (5-2-1)

v: معدل سرعة الجريان الوسطية في الأنبوب وتعطى عادةً السرعة عند المقطع التالي للتغير (m/s).

- **الحمولة الديناميكية الإجمالية: TDH** ويرمز لها أيضاً H_t وتساوي الارتفاع الكلي الذي يجب أن ترفع المضخة الماء إليه منسوباً لمقطع خروجها.

الجدول (5-2-1)

قيمة عامل ضياع الحمولة الموضعي (k)*

نوع التغير	قيمة k
- كوع 90°	0.3 – 0.2
- كوع 40°	0.2
- مقطع نصف دائري	0.4
T-	1 – 0.5
- مقطع خروج أنبوب من خزان	0.5
- مقطع دخول أنبوب إلى خزان	1
- تضايق تدريجي (منسوب لسرعة الجريان بعد نهاية التضايق).	0.04

* [28]

- كفاءة المضخة والقدرة المدخلة: (E_p)(Efficiency and power in put)

يعطى مردود المضخة بنسبة القدرة الناتجة إلى القدرة المقدمة إلى المضخة وفق المعادلة (5-2-6):

$$E_p = Q \gamma H_t / P_i \qquad (6 - 2 - 5)$$

حيث:

E_P: مردود المضخة نسبة مئوية.

γ: الوزن النوعي للسائل (KN/m^3).

Q : تدفق الضخ (m^3 / s)،

H_t: الجهد الديناميكي الإجمالي(في [28]الحمولة الديناميكية الاجمالية).

P_i: القدرة المدخلة للمضخة (KW، KN m/s) .

ويتراوح مردود المضخات بين (0.6-0.85).

- منحنى السمت - التدفق للمضخة: (pump head - capacity curve).

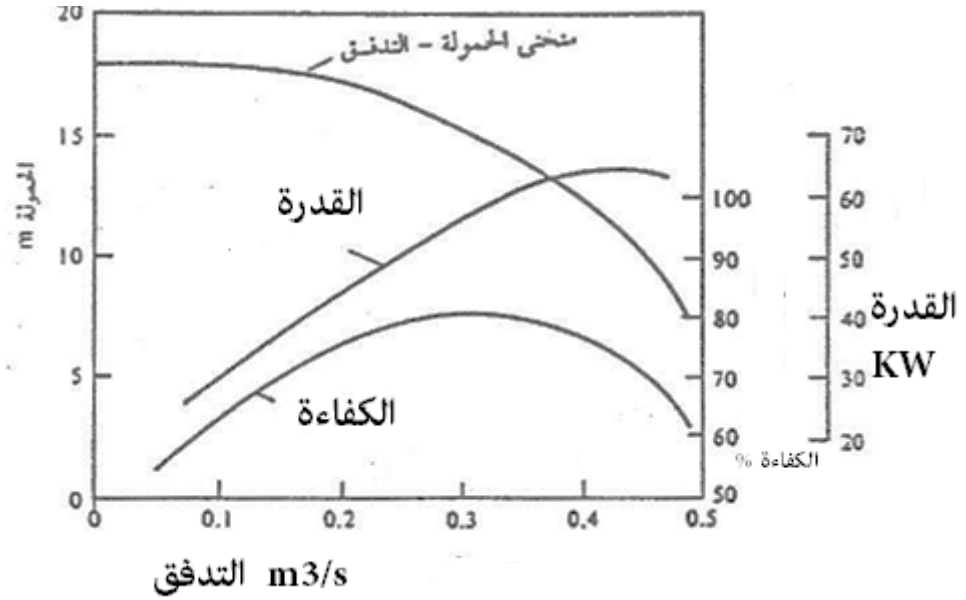
يقوم الصانع بحساب الحمولة الديناميكية الإجمالية (H_t) للمضخة من أجل قيم مختلفة للغزارة يتم الحصول عليها بفتح تدريجي لصمام الخروج، وذلك بتطبيق معادلة برنولي عند مقطع دخول وخروج المضخة:

$$H_t = Z_d + P_d / \gamma + V_d^2 / 2g - (Z_s + P_s / \gamma + V_s^2 / 2g) \qquad (7- 2 -5)$$

كما يتم قياس القدرة المقدمة ومن ثم تحسب الكفاءة في كل حالة من تلك الحالات فتنتج مجموعة من المنحنيات المماثلة للمنحنيات المبينة في الشكل (5-2-2) وهي لمضخات نابذة ذات تدفق قطري وتدعى المنحنيات المميزة.

الشكل (5-2-2)

المنحنيات المميزة لمضخات نابذة ذات تدفق قطري



- منحني الحمولة - التدفق للمنظومة: (system head- capacity curve)

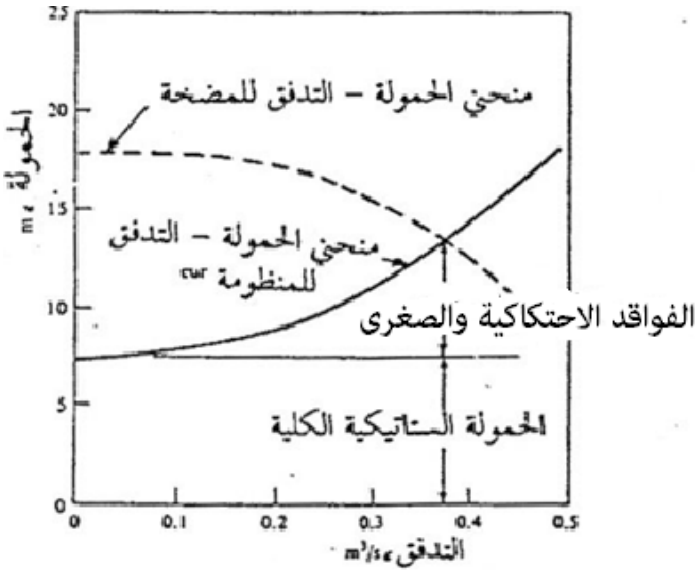
من أجل كل قيمة لتدفق المياه تحسب الحمولة الميكانيكية الإجمالية للمنظومة (الأنابيب) من العلاقة:

$$H_t = H_{stat} + h_{fs} + \Sigma h_{ms} + h_{fd} + \Sigma h_{md} + V_d^2 / 2g \qquad (8 - 2 - 5)$$

وبالتالي يمكن الحصول على المنحنى المبين في الشكل (5-2-3) الذي يدعى منحني الحمولة – التدفق للمنظومة يعطي تقاطع هذا المنحنى مع المنحنى المميز للحمولة - التدفق المميز نقطة تدعى نقطة التشغيل.

الشكل (5-2-3)

المنحنيات المميزة للمضخة نقطة التشغيل



- السرعة النوعية -N_s

تعرف بأنها سرعة دوران مضخة نموذجية تعطي تصريفاً (تدفقاً) واحدياً من أجل حمولة واحدية، وتعطى من أجل أية مضخة بالعلاقة (5-2-9).

$$N_s = NQ^{1/2} / H^{3/4} \qquad (9 - 2 - 5)$$

حيث:

N_s : السرعة النوعية(عدد).

N : سرعة دوران دولاب المضخة (rpm).

Q : تصريف المضخة m^3/s.

H: الحمولة على المضخة m.

لا تمثل السرعة النوعية قيمة فيزيائية ولكن تعبر عن شكل المضخة (الدولاب الدوار)وليس عن حجمها أو سرعة دورانها، أي أن السرعة النوعية تكون واحدة من أجل مضخات متشابهة هندسياً وديناميكياً.

- التكهف - صافي جهد الشفط الموجب cavitation – NPSH

يحدث التكهف في المضخة عندما يصل ضغط الماء المطلق ضمنها إلى ضغط البخار المطلق ويبدأ الماء عندئذ بالتحول إلى فقاعات بخارية، وهذه الحالة ضارة بدولاب المضخة بشكل خاص ويجب منع حدوثها، أما صافي جهد الشفط الموجب (NPSH) فتمثل الحمولة الجاهزة لدفع الماء في المضخة لتعويض الماء الذي يغادرها، ويمكن إعطائها بأحد المعادلات التالية:

$$(NPSH) = \pm h_s - h_{fs} + \Sigma h_{ms} + P_{atm} / \gamma - P_{vap} / \gamma \qquad (9 - 2 - 5)$$

$$(NPSH) = Z_s + P_s / \gamma + V_s^{\,2} / 2g + P_{atm} / \gamma - P_{vap} / y \qquad (10 - 2 - 5)$$

NPSH: صافي جهد الشفط الموجب،m.

P_s : الضغط المطلق عند مقطع دخول المضخة (N/m^2) .

p_{atm}: الضغط الجوي المطلق منسوب للصفر (N/m^2)

p_{vap}: ضغط البخار المطلق للماء (N/m^2) .

γ : الوزن النوعي للماء (N/m^3) .

تؤخذ للأمان قيمة NPSH التصميمية مساوية 0.6 من قيمة NPSH المحسوبة أعلاه عند تصميم أنبوب الامتصاص وتحديد موقع المضخة وعادةً تعطى قيمة NPSHR (required) من قبل الصانع صافي جهد شفط الموجب المطلوب.

ترتبط NPSH بالحمولة الديناميكية الإجمالية H_t للمضخة بالعلاقة (5-2-11).

$$\sigma = NPSH / H_t - C_{te} \qquad (11 - 2 - 5)$$

σ : ثابت التكهف ويدعى ثابت ثوما ، ويرتبط بالسرعة النوعية وفق المعادلة التالية (5-2-12):

$$\sigma = 0.0012\ N_s^{4/3} \qquad (12 - 2 - 5)$$

عندما تتغير سرعة دوران المضخة N تتحقق العلاقات التالية:

$$Q_1/Q_2=N_1/N_2 \qquad (13 - 2 - 5)$$

$$H_1/H_2=(N_1/N_2)^2 \qquad (14 - 2 - 5)$$

$$P_{i1}/P_{i2}=(N_1/N_2)^3 \qquad (15 - 2 - 5)$$

5-3. تصنيف المضخات Pump Classification

5-3-1. المضخة النابذة Centrifugal Pump

وهي الأكثر استخداماً في عمليات ضخ مياه المجاري، وتتألف من قسمين رئيسين:

الدولاب الدوار الدافع (البروانة، او الدوار) (Impeller).

الصندوق (Casing).

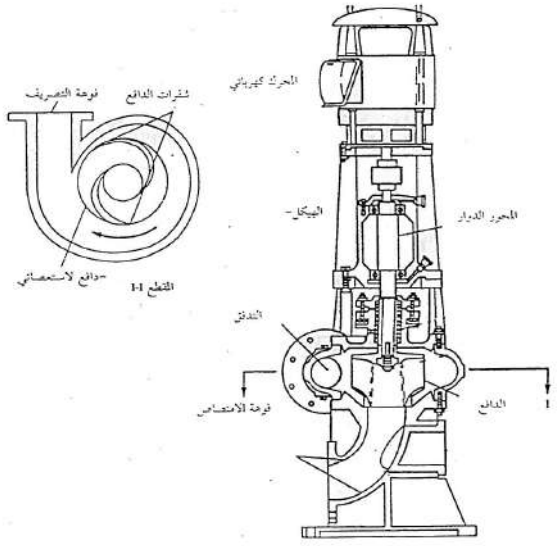
توجد أنواع مختلفة من المضخات النابذة حسب اتجاه الجريان عبر الدولاب الدوار(البروانه) الذي يأخذ أشكالا مختلفة

من هذه الأنواع يمكن سرد ما يلي:

5-3-1-1. المضخة ذات الجريان القطري أو الشعاعي Radial Flow

وتستخدم عادة لحمولات أكبر من (30) متراً. يبين الشكل(5-3-1-1-1) مضخة نابذة شاقوليه (رأسية) شعاعيه الجريان.

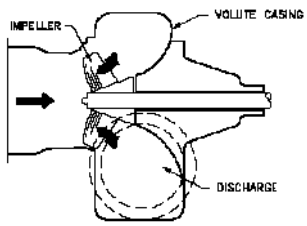
الشكل(5-3-1-1-1)
نماذج المضخة النابذة ذات الجريان القطري أو الشعاعي



5-1-3-2. المضخة ذات الجريان المختلط Mixed Flow

دولابها مائل فيحرك الماء محورياً وقطرياً الشكل(5-3-1-2-1). تستخدم لضخ مياه المجاري الخام (غير المعالجة) ومياه العاصفة المطرية، ولحمولات حتى 20 مترا.

الشكل(5-3-1-2-1)
مضخة نابذة ذات جريان مختلط



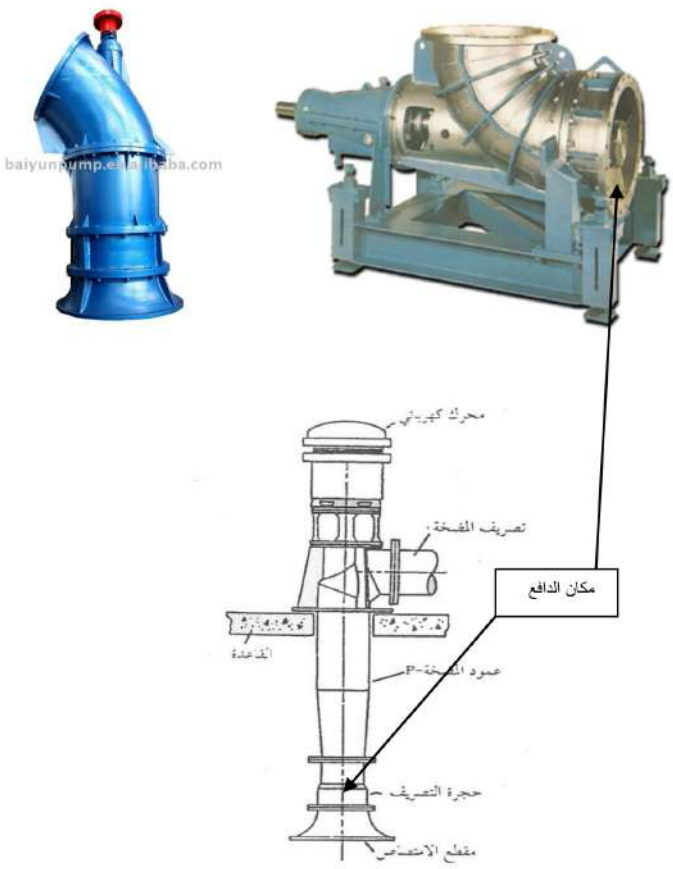
Mixed Flow Pumps

5-1-3-3. المضخة ذات الجريان المحوري Axial، or propeller Flow

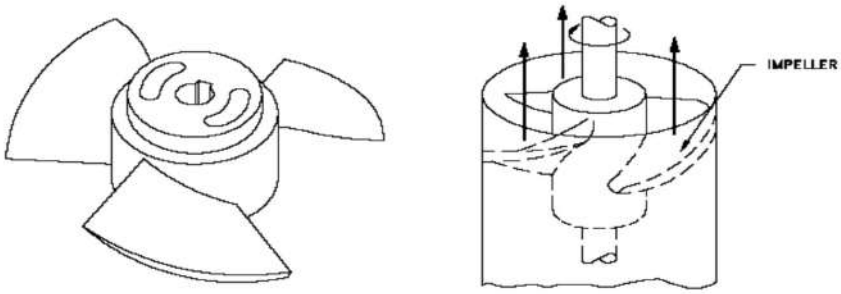
تستخدم لضخ كميات كبيرة من المياه المعالجة بحمولات منخفضة، ولا تستعمل عادة لضخ مياه المجاري الخام أو الحمأة (Sludge) أو مياه العاصفة المطرية التي يمكن أن تحمل ضمنها مواد صلبة كبيرة الحجم لأنها يمكن أن تضر بدولاب المضخة. يبين الشكل(5-3-1-3-1) نماذج مضخات نابذة ذات جريان محوري.

الشكل(5-3-1-3-1)

نماذج مضخات نابذة ذات جريان محوري



نابذة ذات جريان محوري



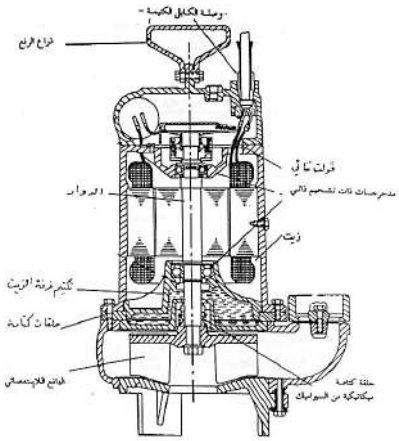
ويستعمل في كثير من محطات الضخ نوع آخر من المضخات النابذة يدعى:

5-1-3-4-1. المضخات الغاطسة Submersible Pump[28]

من أهم مزايا هذه المضخات إنها تكون مغمورة مع محركها الكهربائي ضمن الماء في البئر الرطب (Wet Well)، الشكل(5-3-1-4-1)، وعدم الحاجة إلى البئر الجاف (Dry Well) لاحتواء المضخة كما في الحالات المذكورة سابقاً. الشكل(5-3-1-4-2) نموذج مقطع مضخة غاطسه مع الدافع (الدوار او البروانه) المستعمل.

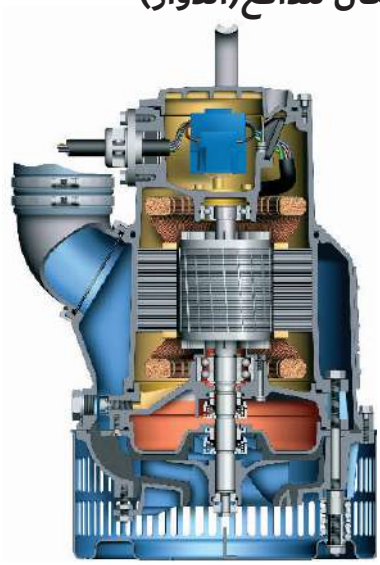
الشكل(5-3-1-4-1)

نموذج مضخة نابذة غاطسة - صورة المضخة في بئر الضخ



الشكل(5-3-1-4-2)

نموذج مضخة نابذة غاطسة مع أشكال للدافع(الدوار)

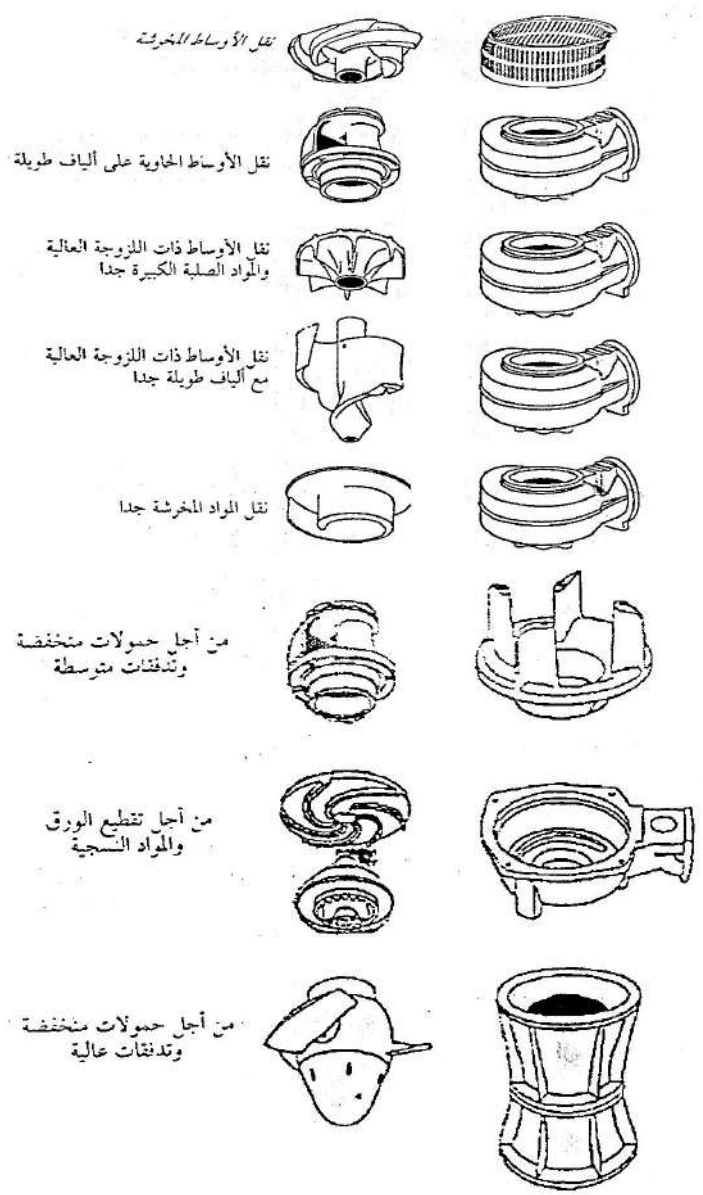


(a)

(b)

يبين الشكل (5-3-1-4-3) أنواعاً مختلفة للدولاب الدوار وصندوقه في المضخات الغاطسة. ومجالات استعمال كل هذه الأنواع.

الشكل (5-3-1-4-3)
أنواعاً مختلفة للدولاب الدوار(البروانه)



5-3-2. المضخة اللولبية Screw Pump

تصنف هذه المضخة ضمن مجموعة المضخات ذات الإزاحة الموجبة (Positive Displacement)، الشكل (5-3-2-1). وبإمكانها ضخ كميات كبيرة من المياه تحت حمولات مخففة لا تتجاوز عادة (10) أمتار.

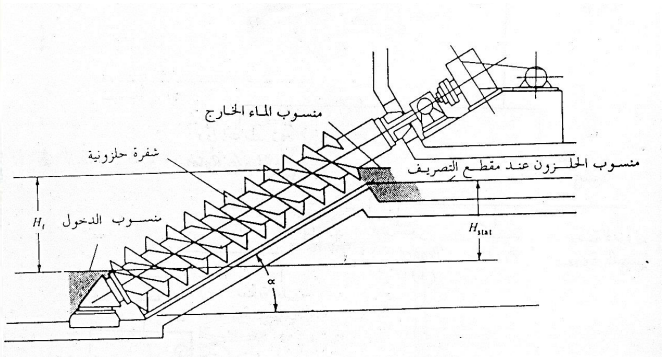
من مزايا هذه المضخات:

- إمكانية ضخ كميات كبيرة من المياه تحوي فيها كميات كبيرة من المواد الصلبة بدون انسداد المضخة (Clogging).
- العمل على سرعة دوران ثابتة (30 - 60 r. p. m) ضمن مجال واسع من كميات الجريان وبكفاءة جيدة.

تستخدم هذه المضخات في ضخ أنواع عديدة من المياه منها:

- مياه المجاري الخام عند وصولها إلى المحطة.
- مياه العاصفة المطرية.
- الحمأة الراجعة.
- المياه المعالجة.

الشكل(5-3-2-1)
المضخة اللولبية(الحلزونية)



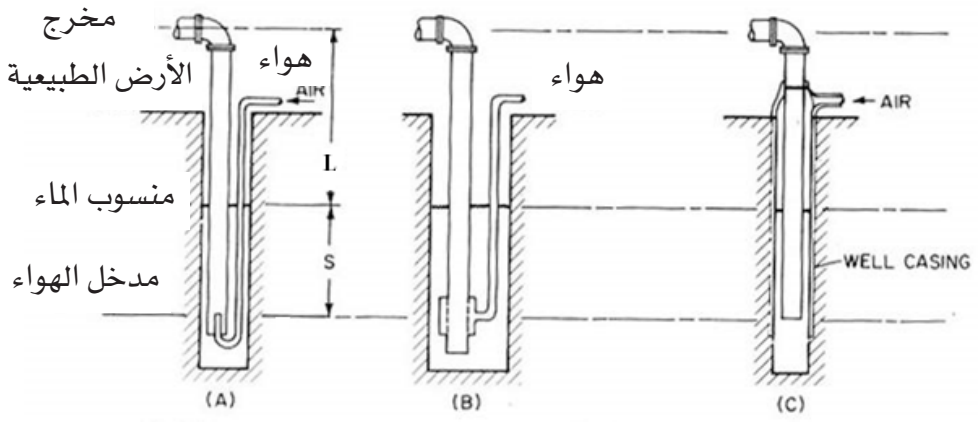
5-3-3. المضخة ذات الرفع الهوائي Air Lift Pump

لا تحوي هذه المضخات ،على أجزاء متحركة (دوارة) وبالتالي يندر استعصاؤها. يحقن الهواء المضغوط أسفل أنبوب الضخ فيتم الجريان إلى الأعلى اعتماداً على فرق الكثافة بين الماء- والهواء المتشكل نتيجة حقن الهواء الشكل (a,b,c،d,1-3-3-5) ثلاث نماذج لتامين الهواء اللازم لرفع السوائل أو الحمأة مع صورة للمضخات الهوائية أثناء تدوير الحمأة في محطة معالجة مياه الصرف.

تعمل هذه المضخات على حمولات صغيرة وبتدفات قليلة وتستخدم بكثرة في محطات المعالجة الصغيرة لتدوير الحمأة من أحواض الترسيب الثانوي (Secondary Clarifiers) إلى أحواض التهوية (Aeration Tanks) أو التدوير الداخلي.

الشكل(5-3-3-1)

مضخة هوائية- ثلاث نماذج لتأمين الهواء لرفع السوائل أو الحمأة



Air-lift pump: (*A*) bottom inlet; (*B*) side inlet (Pohle) type; (*C*) Sauders system cased well.

d. مضخة هوائية
لرفع الحمأة أثناء العمل
(حلب)
(من شركة TIA)

وبما أن الارتفاع في هذا النوع من الضخ يعتمد على الفرق بين الوزن النوعي لمزيج الهواء والسائل داخل الانابيب والوزن النوعي للسائل خارج الانبوب، فإن الارتفاع الممكن الحصول عليه من الضخ بالرفع بالهواء يتعلق بالمسافة بين مستوى الماء في الحفرة ومدخل الهواء.

نسمي المسافة بين محور أنبوب التفريغ ومستوى الماء المسحوب بالرفع الستاتيكي L Static Lift.

ونسمي المسافة بين مستوى الماء ومدخل الهواء في الانبوب بالغمر الستاتيكي S Static Submergence. الجدول*(5-3-3-1) أداء المضخة الهوائية من أجل الغاطس الأصغر ومن أجل أفضل غاطس .

ويمكن رفع الماء تقريباً حتى نفس مسافة عمق غمر الانبوب*.

ميزات مضخات الرفع بالهواء.

1. ليس هناك قطع متحركة فالصيانة شبه معدومة.
2. تستخدم مع الموائع الآكلة والحاتة.
3. تستخدم في إزالة الرمال عن الأجسام الغارقة في البحر.
4. يستخدم في الآبار الغير منتظمة الشكل حيث لا يمكن استخدام المضخات العادية.

مساوئ مضخات الرفع بالهواء.

1. مردود ضعيف (أقل من 40 %).
2. تحتاج إلى غمر عميق مقارنة بالمضخات العادية.

الجدول(5-3-3-1)
اداء المضخة الهوائية من اجل الغاطس الاصغر
ومن أجل افضل غاطس*

Air Lift Performance for Minimum and Best Submergence [1]

Depth to Pumping Water(lift L)		Depth of Air Line Below Pumping Water (submergence S)				Total Length (lift L + submergence S)				Volume of Air Required per Volume Water Pumped			
m	feet	m		feet		m		ft		m^3/min per m^3		ft^3/min per USgal	
		min	best	min	best	min	best	min	best	min	best	min	best
7.6	25	8.8	16.8	29	55	16.4	24.4	54	80	2.06	1.35	0.28	0.18
15.2	50	15.8	28.4	52	93	31.0	43.6	102	143	3.74	2.24	0.50	0.30
30.5	100	27.1	45.7	89	150	57.6	76.2	189	250	6.58	3.52	0.88	0.47
45.7	150	34.5	55.8	113	183	80.2	101.5	263	333	8.83	4.64	1.18	0.62
60.1	200	42.4	65.9	139	216	102.5	126.0	339	416	10.92	6.21	1.46	0.83

[1] refer to Figure 8, next page

*Air lift pump By: Douglas J. Reinemann، Joshua Hansen، Mark Raabe ، University of Wisconsin-Madison Department of Biological Systems Engineering.

4-3-5. مضخات الحمأة والمواد الأخرى Pumps for Sludge and Other Materials

سيتم شرحها في الفصل 21 الفقرة (21 - 2 - 4) مضخات الحمأة والرغوة.

6

أنظمة معالجة مياه الصرف
WASTE WATER TREATMENT SYSTEMS

إن هدف من معالجة مياه الصرف هو الحفاظ على الصحة العامة وحماية البيئة، ومنشآت معالجة مياه الصرف تعمل على تسريع التنقية الطبيعية التي تحدث في الطبيعة، وتحوي مياه الصرف على معلقات ومواد طافية ومواد عضوية منحلة وغيرها وهي تتألف من عمليات فيزيائية وبيولوجية ويمكن تصنيف مراحل المعالجة بثلاث:

- **معالجة أولية :** (معالجة ابتدائية - ومعالجة أولية). والمعالجة الابتدائية تتبع نوعية المياه ويمكن في بعض الأحيان الاستغناء عنها.
- **معالجة ثانوية او ثنائية** (معالجة بيولوجية).
- **معالجة ثلاثية (معالجة متقدمة)** وهي معالجة مشتركة فيزيائية وكيمائية وبيولوجية.
- **معالجة الحمأة** والتصرف فيها.

ويوضح الشكل (6-1) مراحل المعالجة المختلفة في محطات معالجة مياه الصرف.

6-1. المعالجة الابتدائية Preliminary treatment

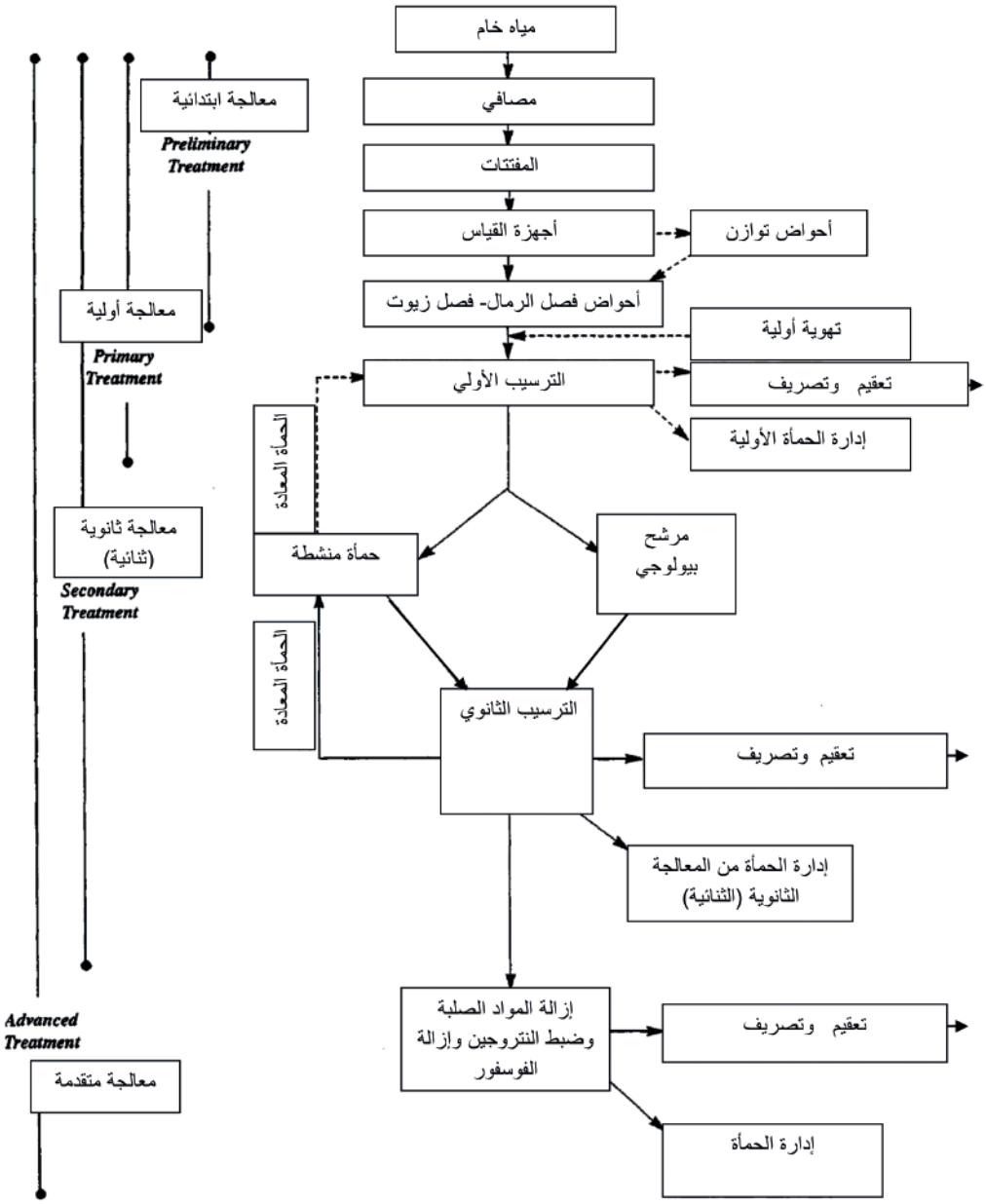
الهدف من المعالجة الابتدائية هو حماية مضخات التزويد والمنشآت اللاحقة ويمكن أن تحوي إزالة أو تقطيع أو طحن المعلقات الكبيرة وإزالة الرمال أو إزالة بعض المواد العضوية الثقيلة والتخلص من المواد الطافية كالزيوت

والدهون والشحوم وتحوي أيضا مقياس تدفق ويمكن أن تحوي أحواض توازن ومصافي قضبائية ويمكن أن يضاف إليها كلورة وعموماً لا تعتمد نتائج المعالجة النهائية بشكل كبير على هذه المعالجات.

2-6. المعالجة الأولية Primary treatment

الهدف من المعالجة الأولية هو تخفيض سرعة مياه الصرف للسماح بترسيب المعلقات الصلبة كالمواد القابلة للترسيب (أو المواد الطافية) وتدعى هذه الآلية أحواض الترسيب. وتسهم أحواض الترسيب في تخفيض 50 - 70 % من المواد الصلبة الكلية TSS وتخفض الحمل العضوي BOD_5 بنسبة 25 % - 35 % كما يتم إزالة 10 % من الفوسفور غير المنحل، وعندما يتم إضافة مواد كيمائية مخثرة سيتشكل ندف وتصبح نسبة إزالة TSS %80 - 90%، وفي كثير من الحالات وخصوصا في الدول النامية يمكن وضع حوض ترسيب أولي لتحسين مياه الصرف أو لتكون المعالجة أقل كلفة، ويمكن النصح بانه حين لا يوجد إمكانية لإجراء معالجة كاملة أن نقوم بإجراء ترسيب بسيط لمياه الصرف ومن ثم تطهير المياه وتصريفها.

الشكل (6-1)
مخطط لمراحل معالجة مياه الصرف[3]



3-6. المعالجة الثنائية (الثانوية) Secondary Treatment Systems

بعد إجراء عملية الترسيب الأولي لا تزال مياه الصرف تحوي مواد عضوية بشكل معلقات وغرويات ومواد منحلة حيث تتم عملية طبيعية باستهلاك هذه المواد تحت ظروف محددة وهي تشبه المعالجة الطبيعية في تنقية المياه.

- وطريقة المعالجة البيولوجية تقسم إلى منظومتين منظومة نمو الفيلم البيولوجي الثابت (الملتصق) (attached (film) growth processes) كالمرشحات البيولوجية والأقراص الدوارة. ومنظومة النمو المعلق (suspended growth processes) كالحمأة المنشطة ويتفرع عنها أحواض التثبيت بالتماس و (SBR) والهضم الهوائي واللاهوائي وبرك التثبيت (stabilization ponds) والبحيرات المهواة (aerated lagoons)، أو بطرق أخرى تعتمد على البكتريا التي في التربة وجذور النباتات وعلى حبات التربة كالأراضي الرطبة wet land ،أو بطرق فيزيائية كيمائية.

في المعالجة الثنائية يتم في هذه المرحلة تخفيض BOD_5و TSS أما بالنسبة للفوسفور والنتروجين والمعادن الثقيلة والمواد الغير قابلة للتحلل والبكتريا والفيروسات فنسبة الإزالة تبقى محدودة.

نحتاج بعد هذه المرحلة حوض ترسيب نهائي لإزالة المعلقات، وتجميع الحمأة الناتجة من حوض الترسيب الأولي والنهائي ليتم معالجتها لاحقاً.

4-6. المعالجة المتقدمة Advanced Treatment Systems

يطبق تعبير المعالجة المتقدمة لكل المعالجات بعد المعالجة الثنائية لإزالة الملوثات ولكن المعالجة الثلاثية هي المرحلة التي تأتي مباشرة بعد الاولية والثنائية ومع التشديد على المواصفات يتم في هذه المرحلة إزالة زائدة للملوثات من المياه الخارجة من حوض الترسيب النهائي كالترشيح الرملي، الترشيح المكروي (المكروني) والتخثير الكيمائي، الترشيح الأرضي وغيرها. ومنذ

عام 1970 بدأ الاتجاه لعمل معالجة متقدمة للتخلص أيضا من النتروجين والفوسفور وباق BOD_5.

ويصل BOD_5 بعد المعالجة الثلاثية إلى 12 - 10 ملغ/ليتر و TSS إلى أقل من 10 ملغ/ليتر [3] علما انه من الصعوبة الحصول على TSS اقل من 20 ملغ/ليتر بأحواض الترسيب النهائي في المعالجة البيولوجية ولذلك نحتاج إلى معالجة متقدمة لتحسين نوعية المياه.

وبالنسبة لضبط كمية النتروجين فيتم تحويل الأمونيا إلى نترات بيولوجيا Nitrification وهنالك عدة طرق لتحقيق حيث يتم في نفس حوض المعالجة لإزالة BOD او بمرحلة مستقلة، كما يمكن بعد ذلك التخلص من النتروجين بيولوجيا Denitrification كما سيرد في الفقرات التالية.

- وهنالك توضيحات اخرى للمعالجة الثلاثية والمتقدمة من [1] نراها في الجدول (22-2-1-2).

7

المعالجة الابتدائية
Preliminary treatment

المصافـــي
SCREENING DEVICES

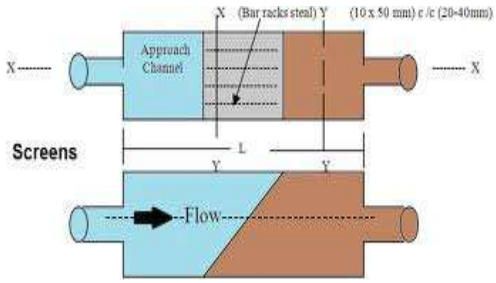
في مدخل محطات المعالجة لابد من وجود مصافي لحماية المضخات وهي تعتبر دائماً المرحلة الأولى في المعالجة سواء كان دخول مياه الصرف بالضخ أو بالراحة وتستعمل المصافي الخشنة جداً كمرحلة أولية ثم المصافي الخشنة ويليها مصافي ناعمة آلية (Fin screening).

7-1. المصافي (المشط) Racks and Screens

تقوم المصافي الخشنة بإيقاف قطع البلاستيك الكبيرة وقطع القماش والحيوانات النافقة والأخشاب وغيره، وهي تكون بشكل قضبان متوازية يتم تنظيفها بواسطة مشط ويمكن أن تكون خشنة جداً وتتراوح الأبعاد الحرة لفتحات المصافي من 5 سم إلى 10 سم أو مصافي خشنة عادية وتتراوح أبعاد فتحاتها (0.64-5) سم [3] الشكل (7-1-1) يُظهر صور ومقاطع في المصافي الخشنة.

الشكل(7-1-1)
مقطع وصورة المصافي الخشنة جدا مع المشط (a، b)
+ المصافي الخشنة العادية (c) مع مشط

(a)



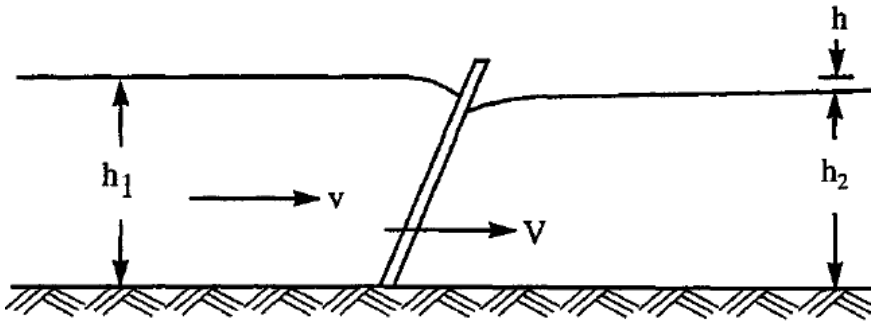
(b)

(c)

ولكن عملياً يعطى للمصافي ذات التنظيف اليدوي أبعاد فراغات (30-50) ملم وتعطى الميول 30º - 45º مع الأفق وللمصافي الآلية الخشنة الفتحات من (6-38) ملم والميول من (0-30) درجة مع الشاقول ويجب أن لا تتجاوز السرعة عبر القضبان في تدفق الذروة 0.76 م/ث [16] كما تقدر كمية المواد المحجوزة على المصافي بين (0.004-0.04) متر مكعب لكل 1000 م^3 من مياه الصرف، ولحساب ضياع الحمولة عبر القضبان نستعمل معادلة برنولي (7-1-1) وبالرجوع إلى الشكل (7-1-2).

الشكل (7-1-2)

مياه الصرف عبر المصافي القضبانية



$$h_1 + v^2 / 2g = h_2 + V^2 g + \Delta h \qquad (1 - 1 - 7)$$

$$h = h_1 - h_2 = V^2 - v^2 / 2 g C^2 \qquad (2 - 1 - 7)$$

h_1 ارتفاع المياه قبل المصافي بالمتر.

h_2 ارتفع المياه بعد المصافي بالمتر.

h ضياع الحمولة بالمتر (h_1-h_2).

V سرعة المياه عبر قضبان مصافي م/ث.

v سرعة الاقتراب إلى المصفاة م/ث.

g تسارع الجاذبية الأرضية 9.8 م/ث^2 .

C ثابت التصريف ويأخذ عادة القيمة 0.84

بالتعويض نجد ضياع الحمولة من أجل المصفاة القضبانية (المشط):

$$h = 1/ 0.7 (V^2 - v^2 / 2g) \qquad (3 - 1 - 7)$$

ملاحظة يجب أن لا يتجاوز ضياع الحمولة 0.6م- 0.7م ويجب تعديل المصافي إذا نتج تجاوز لتلك الأرقام .

وفيما يلي معادلة كريشمر Kirschmer لحساب ضياع الحمولة في المصافي المشط:

$$H= B\ (W/b)^{4/3}\ X\ v^2\ /\ 2g\ X\ \sin\theta \qquad (4 - 1 - 7)$$

H ضياع الحمولة m

W العرض الأعظمي للقضبان المواجهة للجريان m

b العرض الأصغري للفراغات بين القضبان m

v سرعة المياه قبل المصافي، m/s

g تسارع الجاذبية الأرضية 9.8 م/ث^2

θ ميل المصفاة مع الأفق.

B عامل يعتمد على نوع القضبان كما في الجدول(7-1-1) التالي:

الجدول(7-1-1)

عاملB يعتمد على نوع القضبان*

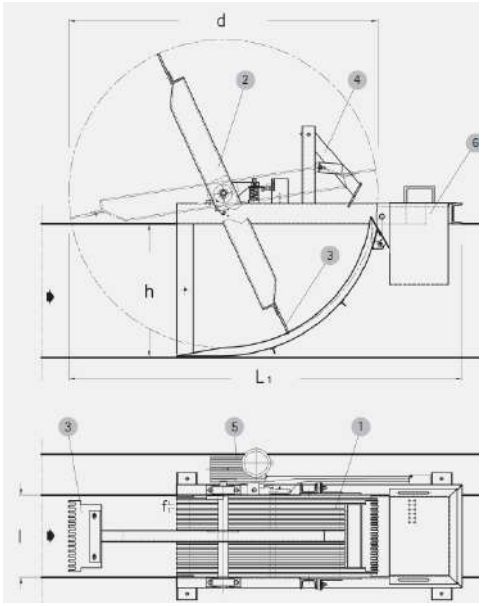
قضبان حادة الأطراف مستطيلة	2.42
مستطيلة مع وجه للقضبان المواجه للتدفق بشكل نصف دائري	1.83
قضبان دائرية	1.79
مستطيل مع نصف دائري من الطرف الداخلي والخارجي	1.67
حاد(كمقدمة السفينة مع لفة)	0.76

* من [3]

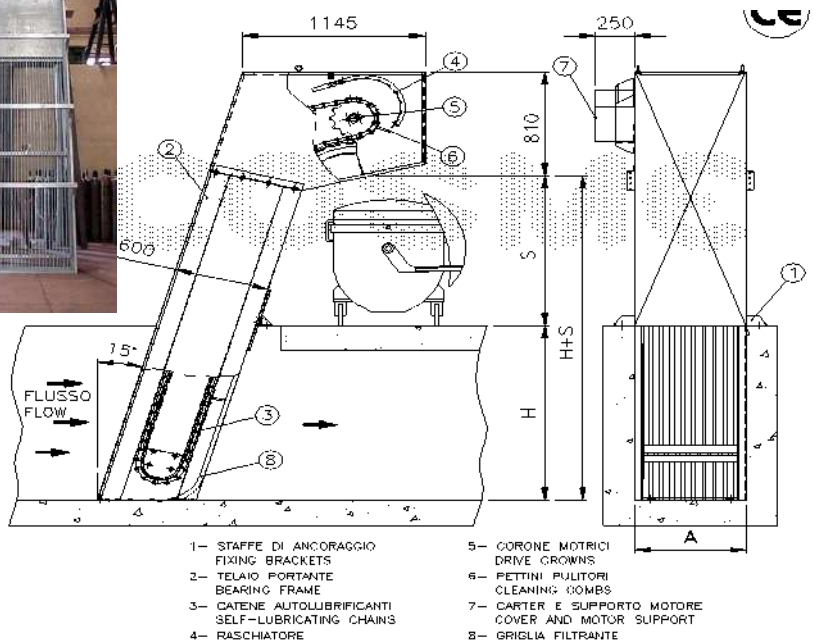
وضياع الحمولة الأعظمي لمصفاة المشط 0.6-0.7 م. ويجب بعدها المباشرة بالتنظيف، الشكل (7-1-3) بعض أنواع المصافي الخشنة: (a) مصفاة دائرية (b) مصفاة شاقوليه مع جنزير[من كوزمي].

الشكل (7-1-3)
بعض أنواع المصافي الخشنة

(a)



(b)



الجدول (7-1-2) يعطي معلومات حول المصافي الخشنة (المشط) اليدوية والآلية.

الجدول(7-1-2)

يعطي معلومات حول المصافي الخشنة (المشط)اليدوية والآلية*

الضوابط	الواحدة	طريقة التنظيف	
		يدوي	آلي
أبعاد القضبان			
العرض	mm	15-5	15-5
العمق	mm	38-25	38-25
أبعاد الفتحات	mm	75-15	75-15
الميول من الشاقول	º	45-30	30-0
سرعة الاقتراب			
الأعظمي	m/s	0.6-0.3	1-0.6
الأصغري	m/s	-	0.5-0.3
ضياع الحمولة	mm	15	600-150

*من[1]

مثال . صمم مصفاة خشنة مشط rackواحسب ضياع الحمولة مستعملاً المعلومات التالية:

تدفق الذروة في الطقس الرطب = 0.631 m^3/s

سرعة المياه عبر القضبان في تدفق الذروة الرطب =0.9 m/s

سرعة المياه عبر القضبان في التدفق الجاف الأعظمي =0.6 m/s

θ = 60º هو ميل المصفاة مع الأفق مع تنظيف إلي

أرتفاع المياه قبل المصافي d = 1.12m

أولاً:

احسب أبعاد وفتحات القضبان.

نحدد مساحة المصفاة الكلية . $A = \frac{\text{تدفق الذروة}}{v}$

$A = 0.631 / 0.9 = 0.7\ m^2$

ثانياً:

احسب مجموع أبعاد فتحات القضبان في المشط.

$w = A/d = 0.70m^2 / 1.12\ m = 0.625m$

ثالثاً:

اختر فتحات 25 ملم واحسب عدد الفتحات n.

$n = w$ / أبعاد الفتحات

$n = 0.625\ m/0.025\ m = 25$

رابعاً:

استخدم 24 قضيب بعرض 10 ملم وسماكة 50 ملم - أحسب العرض الكلي للقناةW :

$W=0.625m+0.01m\times24=$

$W=0.625m+0.24=0.865m$

خامساً:

احسب ارتفاع المصفاة H:

$H=1.12/sine60^o$

$= 1.26\ m$

سادساً:

احسب معامل المردود EC :

EC = مجموع فتحات / العرض الكلي = 0.625m / 0.865m = 0.72

وهو مردود مناسب قابل للتصنيع.

سابعاً: احسب ضياع الحمولة للمصفاة على أن يكون وجه القضبان المواجه للتدفق بشكل نصف دائرة باستعمال معادلة كريشمر ونأخذ B= 1.83

$$H = B\,(w/b)^{4/3} \times V^2 / 2g \times \sin\theta$$

$$B = 1.83$$

$$w/b = 0.384$$

$$\sin\theta = \sin 60° = 0.866$$

$$= 1.83 \times 0.384^{1.33} \times [(0.9\ m/s)^2 / (2 \times 9.81\ m)] \times 0.886 = 0.018m$$

ملاحظة : عندما تكون المصفاة ممتلئة للنصف بالأوساخ تزداد الحمولة أربعة مرات.

2-7. المصافي الناعمة Fine screens

المصافي الناعمة تستعمل بشكل دائم في المعالجة الابتدائية في محطات المعالجة وإبعاد الفتحات من (1.5 - 6.4) ملم من [3] و{(0.2-6) ملم من [1]} وتكون شاقوليه أو دائرية أو حلزونية وغيرها من النماذج. ونحصل على ضياع الحمولة من الشركة الصانعة أو وفق المعادلة (7-2-1):

$$h = 1/2g\,(v/c)^2 = 1/2\,(Q/CA)^2 \qquad (1 - 2 - 7)$$

h . ضياع الحمولة m .

C . ثابت التصريف للمصفاة .

A . مساحة الفتحات الفعالة الغاطسة m^2 .

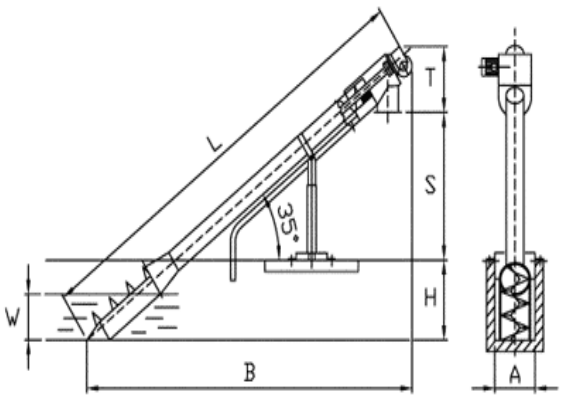
v. السرعة m/s .

g . تسارع الجاذبية الأرضية 9.8 م/ث^2 .

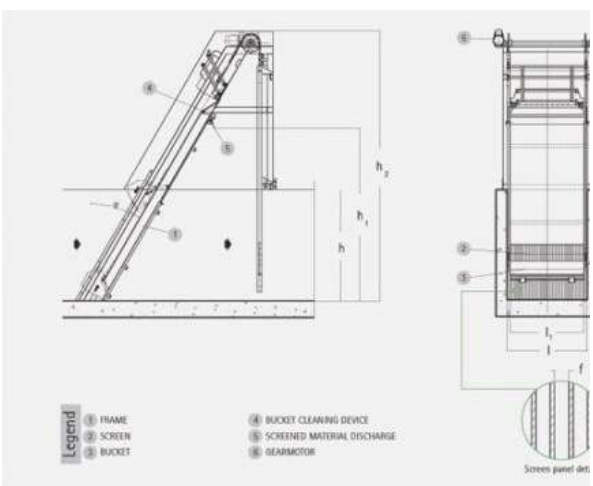
Q . التدفق عبر المصافي m^3/s .

ويعتمد الثابت C على أبعاد ونسبة الفتحات وعلى أقطار أو إبعاد القضبان ويوضع الثابت تجريبا ويقدر لمصفاة نظيفة بـ(0.6)، ويكون ضياع الحمولة عادة اقل من المصفاة الخشنة بسبب تنظيفها المستمر. وتقدر كمية المواد المحجوزة على المصافي الناعمة بين (3.5-35 ليتر لكل 1000م^3) من مياه الصرف ونسبة المادة الجافة 20 % - 10 % وكثافتها حوالي 650-1100 كغ/م^3 [3]، كما يقدر تخفيض BOD من(5-20) ملغ/ليتر وTSSمن(5-30) ملغ/ليتر. الشكل (7-2-1)بعض أنواع المصافي الناعمة الحلزونية (الفتحات 2 ملم - 3 ملم) والشكل (7-2-2) مصافي مائلة، والشكل (7-2-3) نموذج مصافي اسطوانية والفتحات قضبائية (او دائرية) من 0.25 ملم الى 3 ملم تنظيف ذاتي بواسطة قاشط ثابت مع صورة للمصفاة أثناء العمل. والشكل (7-2-4) نموذج مصافي دائرية مع فرشاة.

الشكل (7-2-1)
مصافي ناعمة حلزونية فتحاتها قضبائية أو دائرية

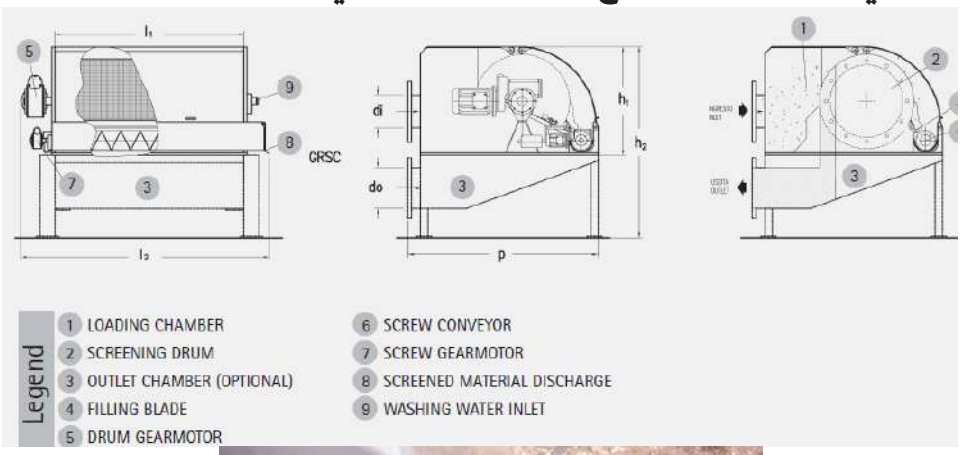


الشكل (7-2-2)
مصافي ناعمة مائلة، فتحاتها قضبائية أو دائرية
- الفتحات 2 ملم - 20 ملم



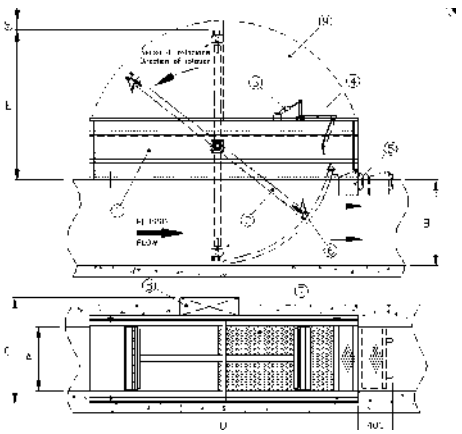
الشكل (7-2-3)

مصافي اسطوانية ناعمة مع صورة أثناء العمل في (السورية للغزل- حلب)



الشكل (7 - 2 - 4)

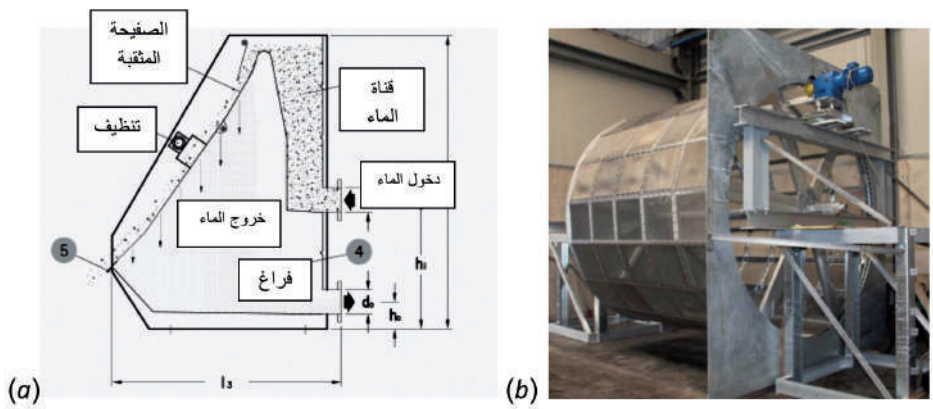
نموذج مصافي دائرية مع فرشاة تنظيف



3-7. اشكال أخرى للمصافي.

كالمصفاة البرميل، والغربال الثابت، الشكل (7-3-1) توضيح لعمل هذه المصافي.

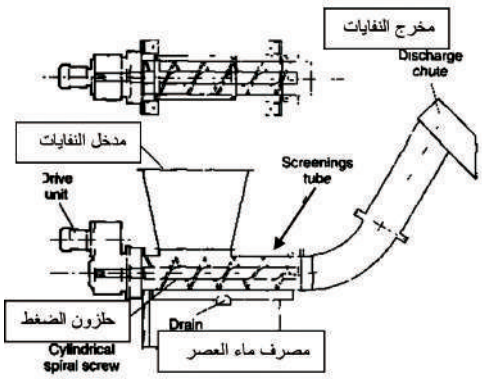
الشكل(7-3-1) الغربال الثابت (a)
- مصفاة البرميل (b)



4-7. معالجة نواتج المصافي

يتم التخلص من نواتج المصافي في المطامر مباشرة أو بعد نزع الماء منها حيث يتم ضغط النفايات بواسطة جهاز خاص هيدروليكيا أو ميكانيكياً (حلزون) حيث يقوم بضغطه ونزع الماء منه compacting screening الشكل (7-4-1) صورة مع مخطط لعمل جهاز ضغط نفايات نواتج المصافي.

الشكل (7-4-1)
صورة ومخطط لجهاز ضغط نفايات المصافي



8

تقليل المواد الصلبة الخشنة
COARSE SOLIDS REDUCTION

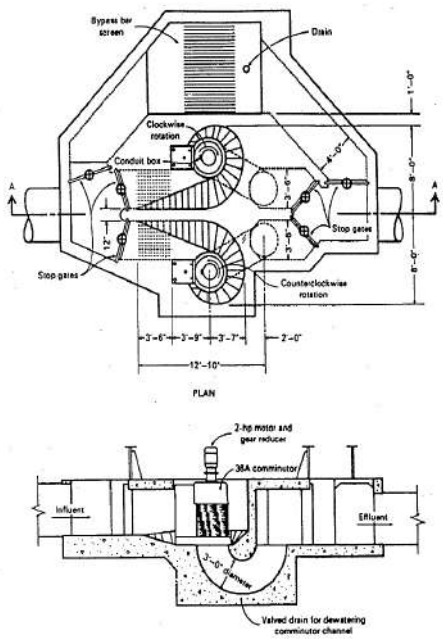
بعد المصافي الخشنة يمكن استعمال أجهزة طحن وتنعيم للمواد الخشنة الصلبة القادمة مع مياه الصرف كالحجر والخشب والألياف.... والهدف من ذلك هو التخفيف على المصافي الناعمة حيث يتم التخلص منها في المصافي الناعمة وأحواض الترسيب، ويصل ضياع الحمولة فيها حتى 30 سم، وتستعمل عدة وسائل لتحقيق ذلك:

8-1. المفتتات Comminutors

وهي آلة لها قضبان ثابتة وقطاعه متحركة ويمكن أن تعطي مواد صلبة أبعادها من (6-20) ملم ويجب أن ينفذ معها مفيض (bypass) لإخراجها عن العمل أثناء الصيانة وتستعمل في التدفقات الصغير حتى (0.2 م^3/ث) الشكل (8-1-1) مقطع هندسي مع صورة للمفتت.

الشكل (8-1-1)

المفتتات.Comminutors

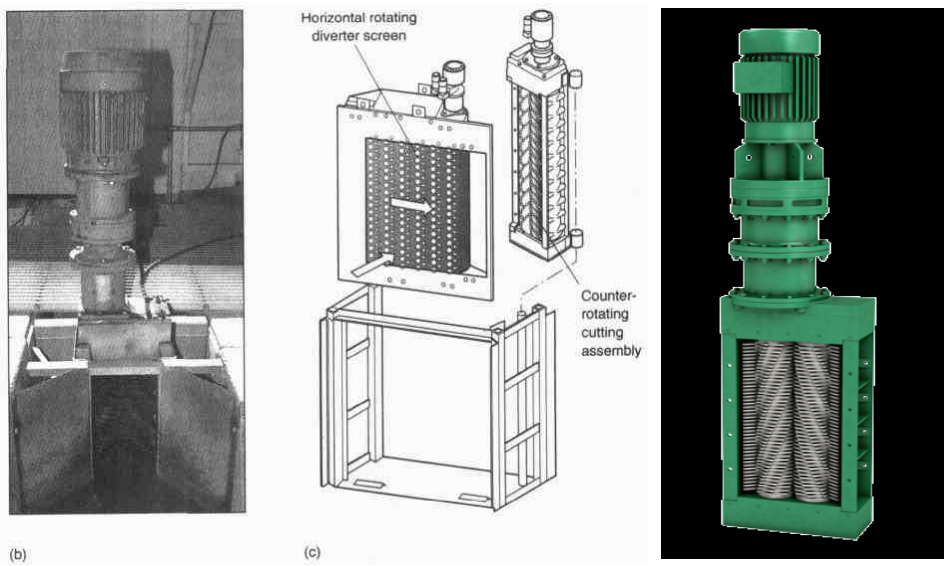


8-2. الطاحنة البطيئة Macerator

وهي آلة لها قسمين دوارين مع شفرات قابلة للمعايرة وتمر مياه الصرف مع المواد الصلبة بينهما وهي عموماً توضع بشكل شاقولي في القناة، الشكل (8-2-1) صورة مع شكل للطاحنة البطيئة، والآلة مفيدة للتخلص من الخيوط والمواد البلاستكية والنفايات الأخرى، وتستعمل قبل ضخ مياه الصرف وقبل ضخ الحمأة ويوجد نماذج منها تستعمل في القنوات الصغيرة والكبيرة ويصل عرضها حتى 180 سم وارتفاعها حتى 250 سم.

الشكل (8-2-1)

الطاحنات البطيئة Macerator*



*من شركة monster + [1]+ [3]

8-3. الطاحنة السريعة Grinder

وهي طواحن سريعة الدوران تستلم الماء بعد المصافي ويمكن أن توضع قبل أو بعد المصافي القضبانية وتقوم بسحق المواد بواسطة سرعة الدوران العالية التي تقطع المواد الصلبة بواسطة شفرات خاصة.

8-4. اعتبارات تصميمية

- ينصح بوضع الطواحن من النماذج (8-1-1) و(8-2-1) بعد فواصل الرمال وإلا ستحتاج المفتتات بشكل دائم لشحذ الشفرات.
- ينصح بعمل مصرف مفيض قبل الطواحن.
- ضياع الحمولة من (0.1 - 0.3)م ويصل إلى 0.9 م في المفتتات الكبيرة.

- عند اختيار سعة المفتتات يجب إضافة 20 % لأن التجارب التي تجرى في المصنع تجرى على مياه نظيفة.

9

غرف إزالة الرمال-إزالة الزيوت
GRIT REMOVAL CHAMBER – OIL REMOVAL

تصل الرمال إلى مياه الصرف من الأمطار والصناعة والأعمال الإنشائية ويتكون عادة من الرمال والرماد والحصى الصغيرة وبعض شظايا المعادن الخ. ونسبة الرطوبة فيه تتراوح من 13 % - 63 % ونسبة المادة العضوية من 1 % - 56 % أما الوزن النوعي فهو من 1300 - 2700 أما الكثافة الحجمية فهي 1600 كغ/م^3 [1] وتركب غرف إزالة الرمال في محطات الشبكة المنفصلة أو الشبكة المختلطة وتوضع بعد المضخات والطواحن (يمكن وضعها قبل الطواحن الفقرة 8-4).

وفي غرف فصل رمال من الشبكة المختلطة يوجد على الأقل غرفتان مع ضرورة وجود مهرب طوارئ للمياه (bypass).

- سرعة الجريان 0.3 سم/ث.
- كمية الهواء اللازم لفصل الرمال عن المواد العضوية (4.6 - 7.6 ل/ثا/م) من طول حوض الفصل.
- يتم إزالة 0.95 من الرمال الأكبر من 0.15 ملم وتكون سرعة الاستقرار لها اكبر من 1.3 سم /ثا (انظر الجدول (9-1-1)) أي يسمح بترسيب الرمال والمواد العضوية تبقى معلقة لان سرعة استقرارها اقل بكثير.
- زمن المكوث 1-3 دقيقة.
- تقدر كمية الرمال المحجوزة (0.002-0.25 م^3/1000 م^3)من المياه المعالجة.

- **يصمم عادة على تدفق الذروة.**

أنواع غرف فصل الرمال:

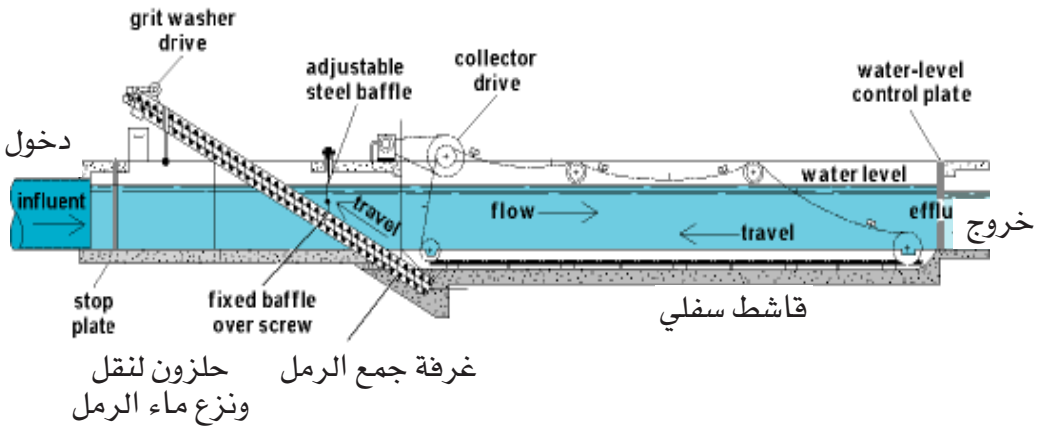
- غرف فصل الرمال مع جريان أفقي وتكون مستطيلة أو مربع.
- غرف فصل الرمال المهواة ويتم مساعدة الرمال على التخلص من المادة العضوية العالقة فيها بواسطة الهواء المذرور(الهواء المنشور).
- غرف فصل الرمال السكلونية ويتم فصل الرمال بالقوة النابذة والجاذبية.

9-1. غرف فصل الرمال ذات الجريان الجبهي

وتدعى غرف الرمال ذات الجريان الجبهي وهناك نموذجين الأول قناة الراسب الرملي والثانية الأحواض المربعة:

- **أقنية فصل الرمال:** الغاية من أقنية فصل الرمال هو فصل الرمال وترسيبها في قاع القناة وتصمم لتكون السرعة فيها 0.3 م /ثا ويكون المقطع بشكل قطع مكافئ ويستعاض عنه بشبه منحرف أو مستطيل ويوضع عادة قناتين واحدة عاملة واخرى احتياطية ويتم تنظيفها يدوياً أو آليا بواسطة كواشط سفلية تقود الرمل إلى حفرة ومنه إلى حلزون يقوم بنقل وعصر وغسل الرمل الشكل (9-1-1).

الشكل (9-1-1) أقنية فصل الرمال



يعطى طول القناة (L)بالعلاقة التالية:

$$L = d\ v/v_s \qquad (9\text{-}1\text{-}1)$$

حيث:

L = طول القناة (م).

d = عمق الماء في القناة (م).

v = سرعة الجريان في القناة لا يقل 0.3 م/ث.

v_s = سرعة استقرار الذرات الصلبة المطلوب ترسيبها (م/ث).

أما عرض القناة (B) فيعطى بالمعادلة التالية :

$$B = Q/(2d \times v) \qquad (9\text{-}1\text{-}2)$$

حيث:

B = عرض القناة عند سطح الماء ومن أجل تدفق (Q)، (م).

Q_{max} = تدفق الجريان ويؤخذ من أجل تدفق الذروة الساعي (م^3/ث).

d = عمق الماء في القناة فوق النقطة الأخفض من القاعدة (م).

الجدول (9-1-1) سرع الاستقرار لذرات رملية مختلفة مع التحميل الهيدروليكي على غرفة الرمال

الجدول (9-1-1)

سرعة الاستقرار لذرات رملية- التحميل الهيدروليكي*

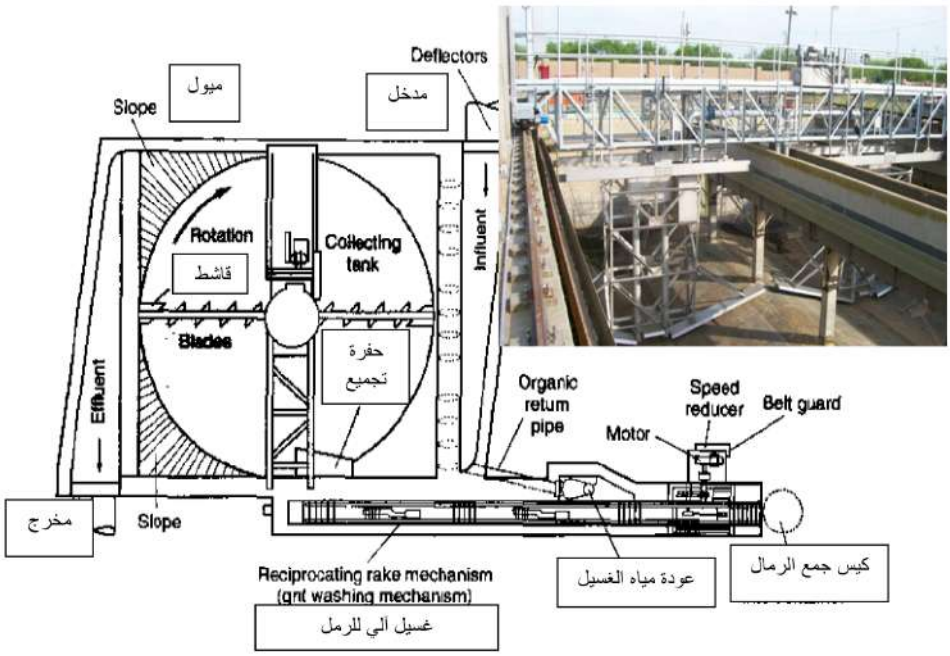
قطر الجسيمة- mm	سرعة الاستقرار- cm/sec	التحميل الهيدروليكي $m^3/m^2/d$
0.1	0.9	808
0.15	1.3	1128
0.21	1.8	1600
0.3	2.6	2268
0.4	3.7	3204
0.6	5.2	4580
0.8	7.3	6400

*[29]

- **في الأحواض المربعة :** يتم قشط الرمال آلياً بواسطة قاشط آلي باتجاه علبة خاصة على طرف الحوض ليتم سحبها آلياً أو بواسطة الضخ ويجب أن يتم غسل الرمال من المواد العضوية قبل طرحها في الطبيعة الشكل (9-1-2). مسقط لحوض فصل الرمال المربع مع صورة.

الشكل (9-1-2)

مسقط لحوض فصل الرمال المربع مع صورة

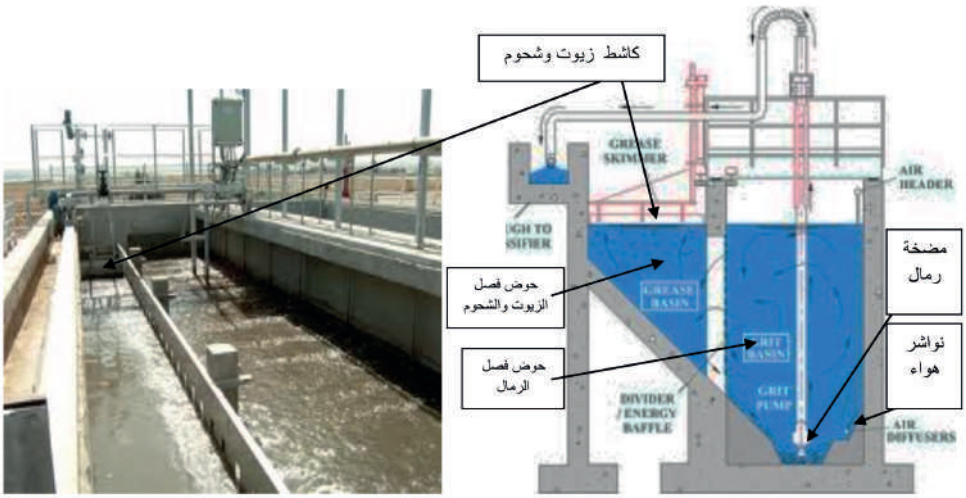


9-2. غرف فصل الرمال المهواة

يبين الشكل (9-2-1) أحواض مستطيلة يتحقق فيها جريان حلزوني للمياه وتحوي وحدة فصل زيوت، ويظهر الشكل (9-2-2)a : حوض فصل رمال فارغ (9-2-2)b: يوضح حركة الماء في الحوض مما يؤدي لسقوط الرمال نحو الأسفل ويجب أن تكون سرعة التدفق مناسبة لمنع ترسب المواد العضوية أو هروب الرمال، ويمكن التحكم بسهولة بتدفق الهواء اللازم لفصل الرمال عن المواد العضوية. ونحصل بهذه الطريقة على نسبة إزالة كبيرة جداً ويكون الرمل المنتج من النوع المغسول ويتم سحب الرمال بواسطة آلة ذات سطل أو بواسطة قاشط متحرك أو بواسطة حلزون يجمع الرمل في حفرة ويتم سحبها بواسطة مضخة (jet pump) أو مضخة هوائية (air lift)، ويوجد حوض خاص متصل من الوسط يسمح بدخول الزيت إليه بمساعدة حركة الماء.

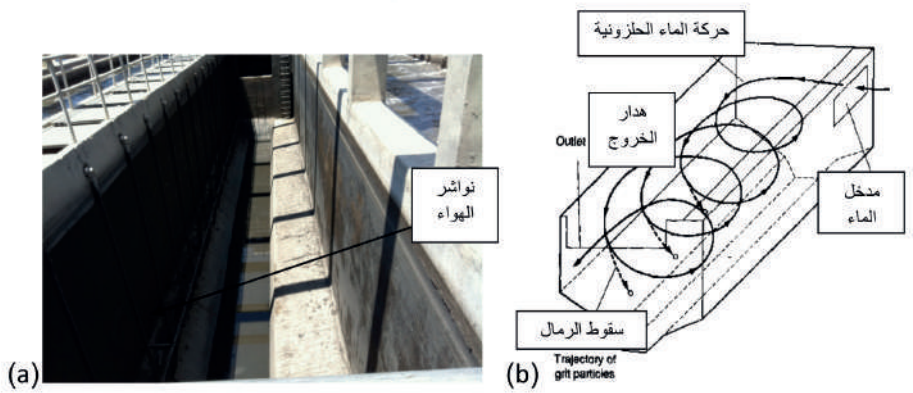
الشكل (9-2-1)

أحواض فصل رمال مهواة مع قاشط رمال وكاشط زيوت وشحوم



الشكل (9-2-2)

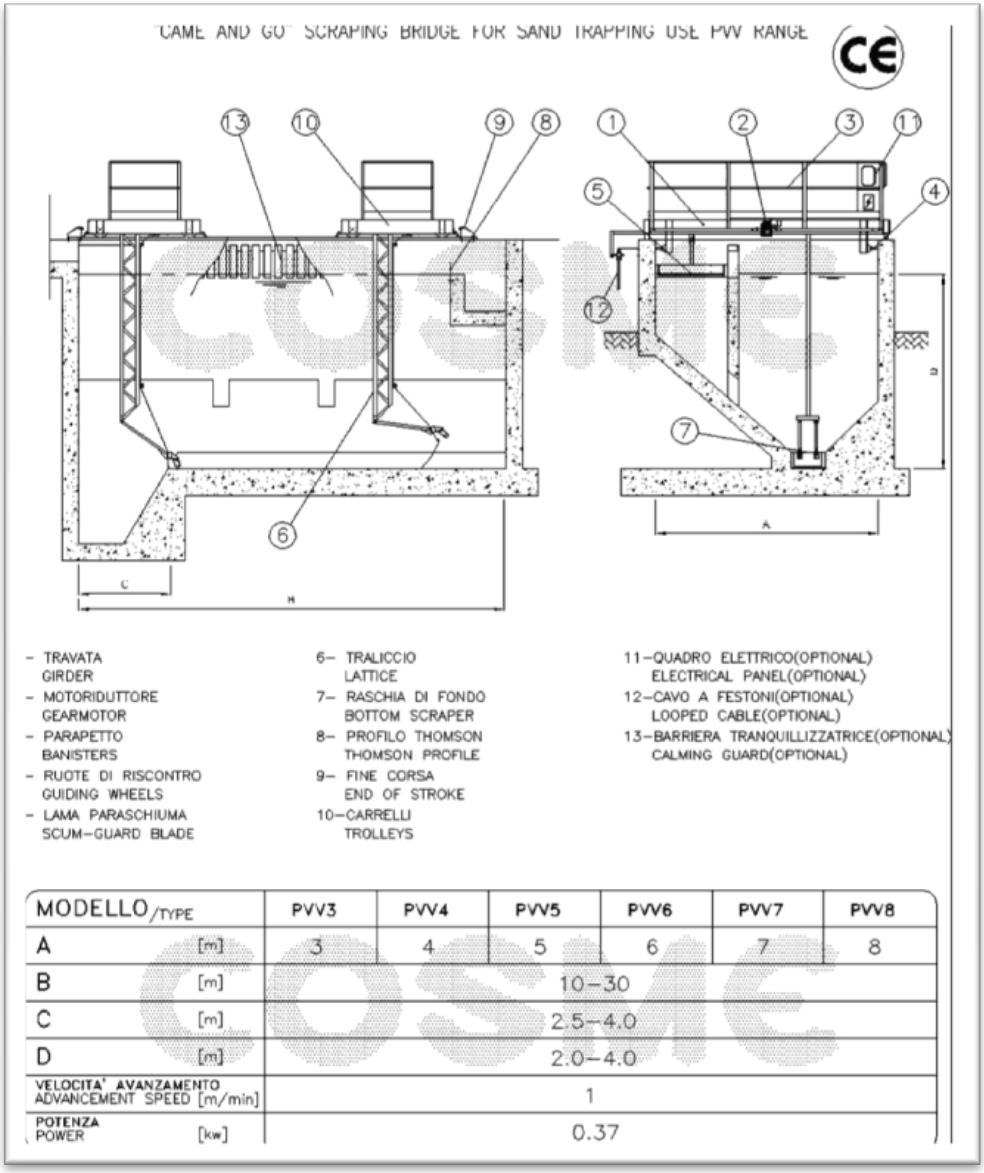
a. حوض فصل رمال مهوى فارغ b . يوضح حركة الماء في الحوض



الشكل (9-2-3) نموذج فاصل رمال مهوى من إحدى الشركات ويظهر فيه قاشط الرمال وكاشط الزيوت مع أبعاد نموذجية والشكل (9-2-4) يوضح عملية سحب الرمال بواسطة رافعة وسطل.

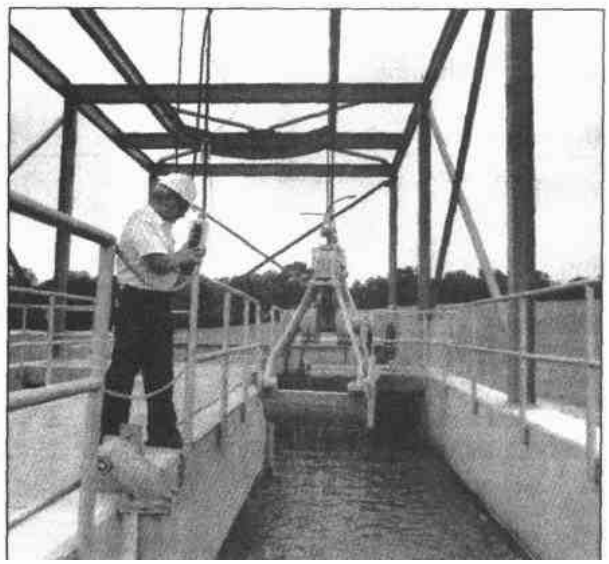
الشكل (9-2-3)

نموذج من إحدى الشركات قاشط طولي آلي للرمال والزيوت(من cosme)



MODELLO /TYPE		PVV3	PVV4	PVV5	PVV6	PVV7	PVV8
A	[m]	3	4	5	6	7	8
B	[m]	10-30					
C	[m]	2.5-4.0					
D	[m]	2.0-4.0					
VELOCITA' AVANZAMENTO ADVANCEMENT SPEED	[m/min]	1					
POTENZA POWER	[kw]	0.37					

الشكل (9-2-4)
يوضح عملية سحب الرمال بواسطة رافعة وسطل



ويصمم الحوض وفق المعطيات التالية:

- يزيل رمال ذات أقطار (0.21 ملم).
- مدة المكوث (2-5) دقيقة من تدفق ساعة الذروة.
- عمق القمع يمكن أن يصل إلى 0.9 م مع ميول ويكون القمع تحت فتحات الهواء.
- ارتفاع نواشر الهواء 45 سم عن الأرضية ومن طرف واحد فوق القمع.
- وعادة تصدر روائح من وحدة فصل الرمال المهواة، وكذلك في حال وجود مياه صناعية يتوقع صدور أبخرة عضوية، VOC والجدول التالي(9-2-1) يعطي مبادئ التصميم:

الجدول (9-2-1)

يعطي ضوابط التصميم لفاصل رمال مهوى

-	الواحدة	المجال	المعتمدة
زمن المكوث لتدفق الذروة	min	5-2	3
العمق	m	5-2	-
الطول	m	20 -7.5	-
العرض	m	7-2.5	-
نسبة العرض إلى العمق	-	1:1 إلى 1:5	1:1.5
نسبة الطول إلى العرض	-	1:3 إلى 1:5	1:4
كمية الهواء	$m^3/m.min$	0.5 -0.2	-
كمية الرمال	$m^3/1000\,m^3$	0.20-0.004	0.015

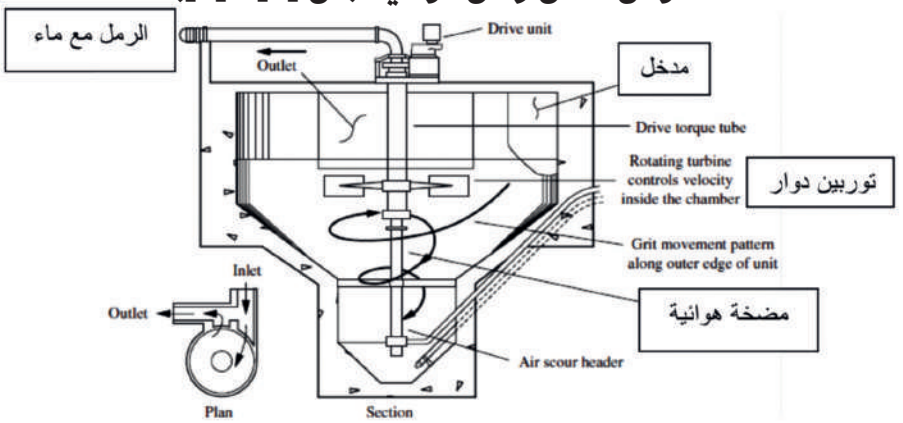
9-3. غرف فصل الرمال الدوامية (السكلونية) Vortex-type chamber

وهي غرف دائرية وفي أسفلها قمع وتدخل المياه بشكل جانبي من الأعلى وتدور بشكل حلزوني مما يسبب في سقوط الرمال للأسفل ويتم سحب الرمال بواسطة مضخة هوائية أو مضخة خاصة بسحب الرمال. يبين الشكل (9-3-1) حوض فصل رمال دوامية مع خلاط توربيني.

ويبين الشكل (9-3-2) نموذج لأحد فواصل الرمال الدوامية مع خلاط توربيني مع الأبعاد النموذجية حسب التدفقات الواردة وسرعة الماء في الفاصل تؤخذ وسطياً 0.3 م/ث [3].

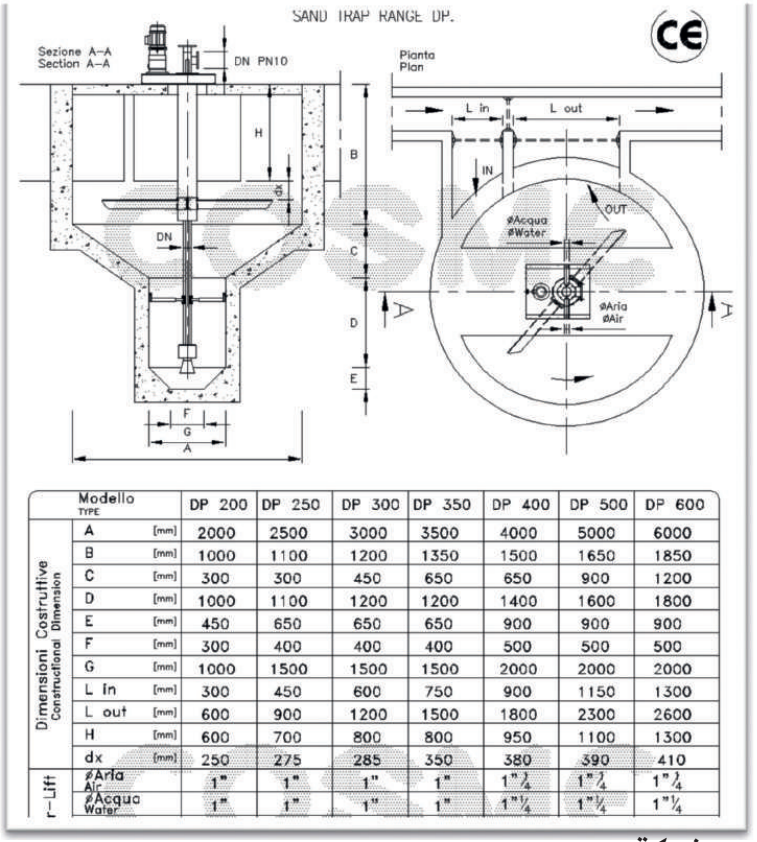
الشكل (9-3-1)

حوض فصل رمال دوامية (من [1]+ [3])



الشكل (9-3-2)

نموذج لأحد فواصل الرمال الدوامية مع خلاط *



	Modello TYPE		DP 200	DP 250	DP 300	DP 350	DP 400	DP 500	DP 600
Dimensioni Costruttive Constructional Dimension	A	[mm]	2000	2500	3000	3500	4000	5000	6000
	B	[mm]	1000	1100	1200	1350	1500	1650	1850
	C	[mm]	300	300	450	650	650	900	1200
	D	[mm]	1000	1100	1200	1200	1400	1600	1800
	E	[mm]	450	650	650	650	900	900	900
	F	[mm]	300	400	400	400	500	500	500
	G	[mm]	1000	1500	1500	1500	2000	2000	2000
	L in	[mm]	300	450	600	750	900	1150	1300
	L out	[mm]	600	900	1200	1500	1800	2300	2600
	H	[mm]	600	700	800	800	950	1100	1300
	dx	[mm]	250	275	285	350	380	390	410
r-Lift	øAria Air		1"	1"	1"	1"	1"¼	1"¼	1"¼
	øAcqua Water		1"	1"	1"	1"	1"¼	1"¼	1"¼

*من شركة cosme

الجدول التالي (9-3-1) يعطي بعض المعايير لغرف الرمال الدوامية.

الجدول (9-3-1)

يعطي بعض الضوابط لغرف الرمال الدوامية*

ضوابط	القيمة		
	الواحدة	المجال	المعتمدة
زمن المكوث عند الجريان الوسطي	(s)	30-20	30
القطر: –الغرفة العليا m –الغرفة السفلى m الارتفاع m	 m m m	 7.5 -1.25 2-1 5 -2.75	
معدل الإزالة mm 0.3 mm 0.24 mm 0.15	 % % %	 92-98 90-80 70-60	 95+ 85+ 65+

*من[1]

مثال.

صمم غرفة فاصل رمال مهوى لمياه صرف صحي بحيث التدفق الوسطي 0.5 م^3/ث. (مت كالف 4)

الحل .

أولاً :

أحسب التدفق الساعي الأعظمي : نأخذ عامل الذروة الساعي 2.75 مرة { يمكن الاستعانة بالشكل (4-1-2)}

$$Q = 0.5x2.75 = 1.38\ m^3/s$$

ثانياً :

احسب حجم الغرفة: بفرض زمن المكوث 3 دقائق منه يصبح الحجم باعتبار يوجد غرفتين:

$$V = (1/2)\ (1.38m/s) \times 3\ mint \times 60 = 124.2\ m^3$$

ثالثاً :

حدد أبعاد الغرفة:

استعمل النسبة التالية 1.2:1 وافرض العمق 3م.

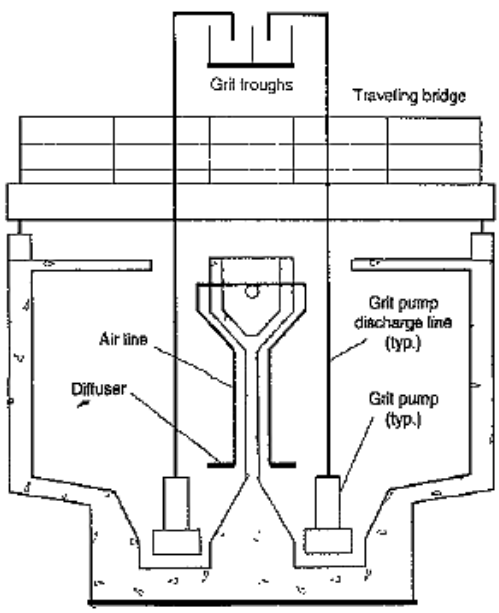
- العرض:

$$W = 1.2\ (3m) = 3.6m$$

- الطول:

الطول = الحجم÷(العرض xالعمق)

$$L = V/WxD = 124.2 / 3\ X3.6 = 11.5\ m$$



رابعاً :

احسب زمن المكوث لكل غرفة t:

$t = 124.2\ m^3 / 0.25\ m^3/s = 496.8s / 60 = 8.28\ mint$

خامساً :

احسب كمية الهواء اللازم لكل حوض V_1 وللحوضين :

افرض $(0.3\ m^3 / m.min)$:

$$V_1 = 11.5m \times 0.3 = 3.45\ m^3/min$$

$$3.45 \times 2 = 6.9\ m^3/min$$

سادساً :

احسب حجم الرمال الناتجة في اليوم بفرض $(0.05m^3 / 1000m^3)$ في تدفق الذروة (مت كالف &w.w.e)

$$V_2 = (1.38m^3/s \times 86400\ s/d \times 0.05)/1000 = 5.96\ m^3/d$$

9-4. إزالة الزيوت Oil removal

يتم إزالة الزيوت من مياه الصرف الصحي مع أحواض فصل الرمال المهواة كما ذكرنا في الفقرة (9-2)، أما في المحطات الصغيرة والمتوسطة فيتم فصل الزيوت بالثقالة (بالراحة) حيث يطفو الزيت على سطح الماء (مع مواد طافية أخرى) ويتم قشطه بكواشط آلية أو يدوية وذلك حسب حجم المحطة ويؤخذ زمن المكوث (15-30) دقيقة (من[1] وغيره). أما عندما تكون نسبة الزيوت كبيرة أو عندما تكون بشكل مستحلب فيلجأ إلى التطويف بالهواء المضغوطDAF مع مواد كيمائية إذا لزم الأمر، الموضح في الفقرة(21-2-1-2).

10

أحواض التوازن
EQUALIZATION TANKS

10-1. مقدمة

الهدف من وجود أحواض التوازن هو ضبط التذبذب الكبير لمياه الصرف وخصوصا في ساعات الذروة أو في أثناء العاصفة المطرية لما له من تأثير على مراحل المعالجة المتتالية، ويعاد ضخ مياه الصرف من أحواض التوازن في ساعات التدفق الأدنى إلى محطة المعالجة مرة أخرى، ومن فوائد أحواض التوازن هو تخفيض الكلف الإنشائية لبناء محطة المعالجة.

ويجب أن يسبقها تركيب مصافي خشنة ميكانيكية كما يجب تحريك الماء وإضافة الهواء لمنع صدور الروائح وكمية الهواء اللازمة للإبقاء على الحالة الهوائية في أحواض التوازن **{ (0.01-0.015) م^3/م^3/د }** [1] واستطاعة المراوح اللازمة لمنع المواد العالقة من الترسيب **(0.004-0.008) كيلوات/ متر مكعب** مياه صرف المخزنة [1] وتكون المراوح مستقرة على قواعد ثابتة عند انخفاض المهوي لمستوى معين، ويمكن أن يكون المزج بنواشر الهواء أو الجت وغيره. ويمكن أن ينشأ حوض التوازن من الخرسانة أو حفريات أو ردميات ترابية ومغطى بمادة عازلة.

الشكل (10-1-1) الشكل (a) مقطع هندسي لحوض توازن ترابي، الشكل (b) يوضح طريقة الإنشاء لحوض توازن من الردميات الترابية، والشكل (c) حوض توازن عميق من الخرسانة المسلحة ويمكن إضافة أجهزة خاصة لمنع الروائح - ويستعمل الضخ لإعادة الماء للمعالجة.

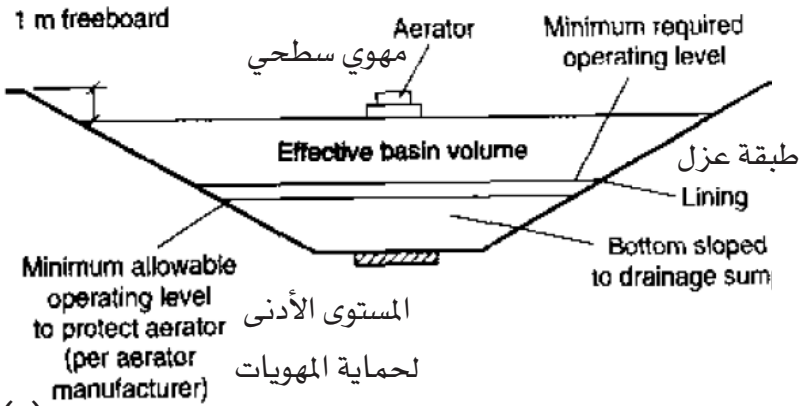
ويكون ميل الجوانب 3/1 إلى 2/1 ويتم دمكها واتخاذ الإجراءات لمنع حدوث التآكل أو الانهيار أو الاهتزاز لطبقات الردم. وارتفاع الأحواض الأدنى (1.5 - 2) م ، ويوضع خرسانة أسفل منطقة المهوي السطحي لمنع الاهتراء.

الشكل (10-1-1).

الشكل(a) مقطع هندسي لحوض توازن ترابي

الشكل(b) يوضح طريقة الإنشاء لحوض توازن من الرميات الترابية

والشكل (c) حوض عميق من الخرسانة المسلحة



(a)

(b)

(c)

ملاحظة: مصطلح (catch basin) هو حوض مفتوح يخدم نقطة جمع مياه العاصفة المطرية وهو يستعمل للامساك بالمواد الصلبة (أكبر من 0.1 سم) غير المرغوب دخولها إلى المجاري لمنع انسدادها. ويمكن أن ينشأ من الردم أو من الخرسانة.

ويتم حساب حجم حوض التوازن برسم المنحني الكتلي التجميعي cumulative mass وفق المثال (1) التالي الذي يوضح طريقة العمل.

مثال: احسب حوض التوازن من جدول التدفقات التالية واحسب تأثير الحوض على تركيز BOD .

معلومات إحصائية مسبقة			معطيات حسابية	
الفترة الزمنية	التدفق m^3/sec	الحمل العضوي BOD mg/L	التدفق المتراكم m^3	الحمل العضوي kg/h
1- M	0.275	150	990	149
2-1	0.220	115	1.782	91
3-2	0.165	75	2.376	45
4-3	0.130	50	2.844	23
5-4	0.105	45	3.222	17
6-5	0.100	60	3.582	22
7-6	0.120	90	4.014	39
8-7	0.205	130	4.752	96
9-8	0.355	175	6.030	223
10-9	0.410	200	7.506	295
11-10	0.425	215	9.036	329
N-11	0.430	220	10.584	341
N-1	0.425	220	12.114	337
2-1	0.405	210	13.572	306
3-2	0.385	200	14.572	277
4-3	0.350	190	16.218	239
5-4	0.325	180	17.388	211
6-5	0.325	170	18.558	199

208	19.746	175	0.330	7-6
276	21.060	210	0.365	8-7
403	22.500	280	0.400	9-8
439	23.940	305	0.400	10-9
335	25.308	245	0.380	11-10
224	26.550	180	0.345	M-11
213			0.307	المتوسط

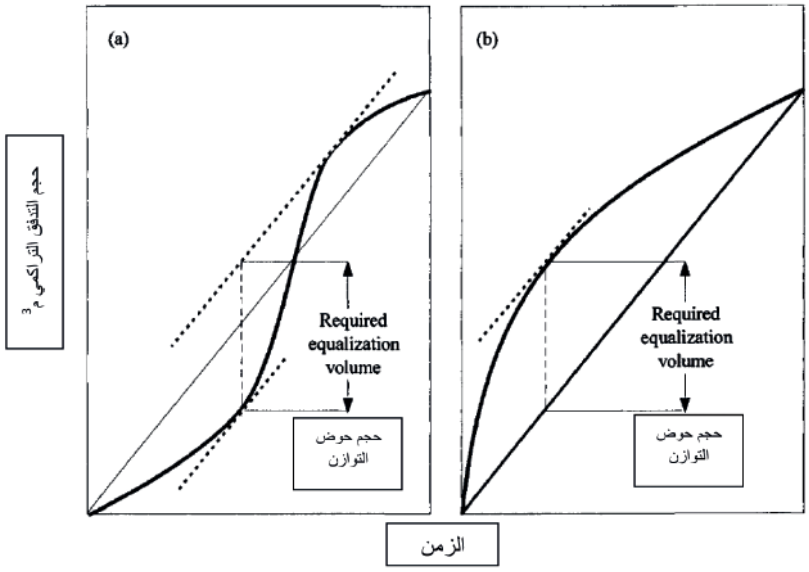
الحل.

- حدد حجم حوض التوازن:
- نرسم المخطط الكتلي الحجمي التجميعي المبين في الشكل (10-1-2).
- نرسم خط مماسي مواز لخط التدفق الوسطي في النقطة المماسية للمنحني الكتلي التجميعي، المسافة الشاقولية بين خط التدفق الوسطي ونقطة التماس للمنحني الكتلي هي حجم حوض التوازن.

منه حجم حوض التوازن 4110 م^3.

ملاحظة الشكل (10-1-2)a يعطي مخطط المنحني الكتلي التجميعي ويظهر حجم حوض التوازن كما هو مرسوم بالشكل، وفي الشكل (10-1-2) b يعطي مخطط المنحني الكتلي التجميعي بوضعية محتملة أخرى ويبين كيفية حساب حجم حوض التوازن.

الشكل (10-1-2)
مخطط المنحني الكتلي التجميعي



10-2. الخلط المستمر

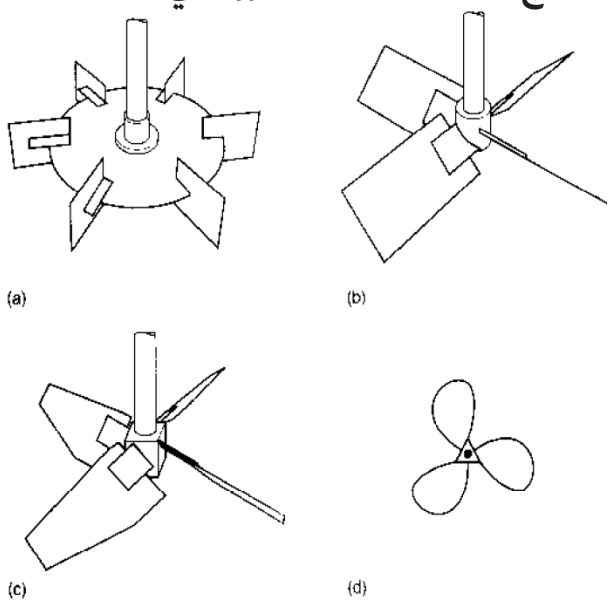
نستعمل أجهزة الخلط الميكانيكية بكثرة في محطات معالجة مياه الصرف، في أحواض التوازن، اللاهوائي، الانوكسيك - منقوص الأوكسجين، أحواض الحمأة المنشطة، أحواض جمع الحماة وفي الهضم الهوائي واللاهوائي للحمأة وذلك لتحقيق المجانسة وتوزيع الحرارة ومنع الترسيب ويمكن في بعض المواقع أن يتم استعمال الهواء في عملية الخلط كأحواض التوازن وغيره وذلك باستعمال النواشر أو التهوية الغاطسة حيث تسحب الهواء وتخلطه مع الماء (الأشكال في الأسفل) ويتم الخلط بواسطة المراوح أو التوربينات أو الصفائح، يبين الشكل (10-2-1) بعض نماذج معدات الخلط المعروفة في محطات المعالجة الشكل (10-2-1)a تدفق قطري و(10-2-1)c،b تدفق محوري وتعتمد استطاعة الخلط على شكل الشفرات ودرجة الحرارة ولزوجة الماء، الشكل (10-2-2) نماذج لآلات الخلط لمحطات المعالجة من بعض الشركات.

يمكن الحصول على استطاعة الخلط حسابياً بالرجوع للمراجع في

نهاية الكتاب أو اخذ المعلومات من كاتلوجات الشركات المصنعة لتحديد استطاعة جهاز الخلط المناسب للحجم المطلوب خلطه.

الشكل (10-2-1)

بعض نماذج معدات الخلط المعروفة في محطات المعالجة



الشكل (10-2-2)

نماذج لمعدات الخلط المستعملة

في محطات المعالجة من بعض الشركات

11

المعالجة الأولية لمياه الصرف أحواض الترسيب
PRIMARY TREATMNET OF WASTE WATER

الترسيب
SEDIMENTATION

11-1. المقدمة Introduction

تعتبر المعالجة الأولية لمياه المجاري أولى مراحل المعالجة الكاملة وذلك لإزالة جزء كبير من المواد الصلبة الناعمة غير العضوية أكبر من 0,05 ملم وجزء من المواد العضوية بواسطة الثقالة، (جزء من المواد العضوية يمكن أن تترسب مع المواد الراسبة).

إن وجود أحواض الترسيب الأولية يسهم في تخفيض المواد العالقة القابلة للترسيب Setteable Solids (SS) بنسبة 40 % - 70 % ويسهم في تخفيض نسبة BOD_5 بنسبة 25 % - 40 %، وفي كثير من التصاميم لا يتم أخذ هذا التخفيض في حساب الحمولات العضوية عند تصميم أحواض المعالجة البيولوجية والمعالجات اللاحقة حيث يمكن أن يفيد في تعويض كفاءة المعالجة البيولوجية حين تأتي حمولات زائدة.

وفي معظم الحالات تخرج الحمأة من أحواض الترسيب غير مستقرة وتحوي مواد عضوية تحتاج إلى معالجة أخرى.

11-2. تعاريـف

- **الترسيب : Sedimentation:** يعني إزالة المواد الصلبة المعلقة بالثقالة.

- **الترويق :clarification:** هو المعنى الذي يشير إلى عمل أحواض الترسيب في إزالة المعلقات لإعطاء ماء نقي. أو أي عملية أو مجموعة من العمليات التي تهدف أساسا للحد من تركيز المواد العالقة في السائل. [12]

11-3. التطبيقات

يستعمل الترسيب في محطات المعالجة:

1 - لإزالة المعلقات الممكن ترسيبها.

2 - يدخل الترسيب بعد العمليات البيولوجية حيث تشكل ندف(حمأة) يتم ترسيبها في حوض ترسيب خاص لتنظيف الماء من العكارة.

3 - تحقيق نسب معينة من المواد المتبقية كنسبة الفوسفور في الماء المعالج.

4 - يوجد تطبيق آخر للترسيب هو فصل الحمأة عن المياهsupernatant، (الرواقة) في أحواض تكثيف الحمأة. إن دراسة بعض المبادئ التي تغطي مختلف أشكال الترسيب هي ضرورية لتصميم هذه الأحواض.

11-4. تصنيف عمليات الترسيب

تختلف عملية الترسيب باختلاف طبيعة الجسيمات المطلوب إزالتها وتركيزها.

يمكن تصنيف سلوك الترسيب كما يلي:

*- ترسيب الجزيئات الصلبة بدون إعاقة لجسيمات صلبة أخرى.

*- ترسيب الغرويات الناتجة عن أحواض التهوية أو تكثيف الحمأة.

ونحن هنا بصدد دراسة أحواض الترسيب الأولية لترسيب المواد الصلبة أكبر من 0.05 ملم الممكن ترسيبها والموجودة في مياه المجاري، وهي تخضع لقوانين الترسيب المثالي Ideal settling behavior.

5-11. نظرية الترسيب البسيط Theory of plain sedimentation

نظراً لأن سرعة الجريان في أحواض الترسيب الأولي على اختلاف أشكالها وأنواعها صغيرة **(حوالي 1 م/س)** لذا يكون الجريان صفحياًLaminar وبالتالي يتم ترسيب الجزيئات الصلبة في هذه الأحواض وفق قانون استوك (يلفظ ستوكس في بعض البلدان العربية) حيث يفرض في هذه الحالة أن الجسيمات كروية ورقم رينولدس أصغر من الواحد.

ويعطى رقم رينولدس:

$$Re= \nu d/\upsilon \qquad (1-5-11)$$

ν سرعة السقوط في حوض الترسيب م/ث.

υ اللزوجة الحركية للماء م^2/ث.

d قطر الجسيمة ميكرون.

تعطى معادلة الاستقرار في حوض الترسيب settling velocity لجسيمة صلبة كروية لا يتجاوز قطرها 0.15 ملم لحوض ذي سرعة قليلة:

$$Vs =g/18\upsilon(\delta s-1)d^2 \qquad (2-5-11)$$

حيث :

Vs : سرعة استقرار جسيمة صلبة في حوض ماء ساكن أو قليل السرعة م/ث.

g : تسارع الثقالة م/ث^2.

D : قطر الجسيمة الصلبة (م).

υ : اللزوجة الحركية للماء م^2/ ثا وتساوي في درجة حرارة 20º مئوية حوالي (10^{-6}) م^2 / ثا

μ : اللزوجة التحريكية المطلقة للماء (نيوتن ثانية / م^2) وتساوي في درجة حرارة 20 درجة مئوية حوالي (0.001) نيوتن ثانية / م^2.

δs : الثقل النوعي للمادة الصلبة المترسبة وتتراوح من (1 - 2.5).

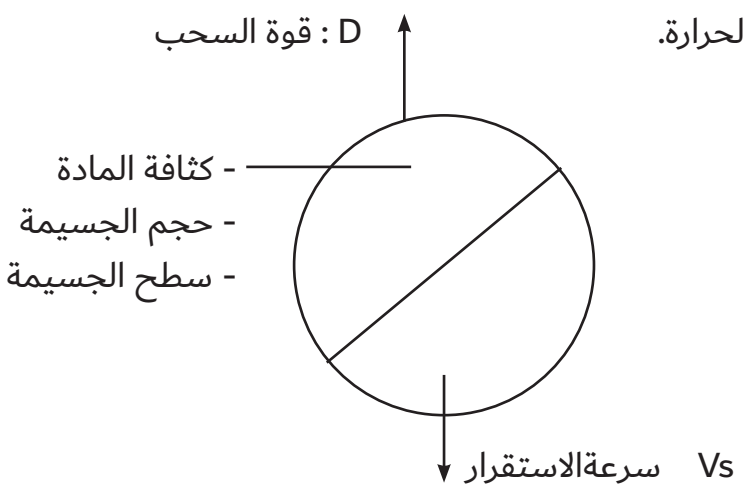
وهنالك عوامل عديدة تؤثر في عملية الترسيب منها الشكل (11-5-1):

- كثافة وحجم المادة الصلبة.

- كثافة الماء.

- سرعة الجريان. (11-5-1) القوى المؤثرة في جسيمة صلبة في حوض ترسيب

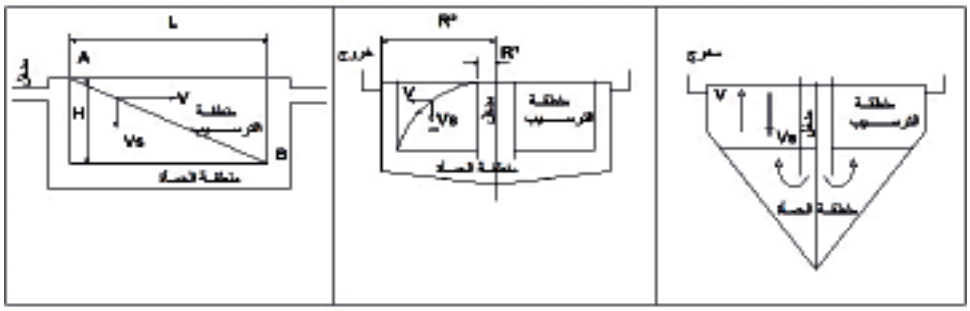
- درجة الحرارة.



ونجد أنه من غير الممكن تطبيق المعادلات مباشرة لأن قياس قطر الجسيمات وكثافتها غير معروفة كما أن أقطار الجسيمات غير متساو. وتكون أحواض الترسيب عادة دائرية أو مستطيلة حيث يتم الجريان في الأحواض الدائرية بشكل شاقولي وفي الأحواض المستطيلة بشكل أفقي الشكل (11-5-2) يبين حركة المياه في احواض الترسيب الدائرية والمستطيلة والمخروطي. ويبين الشكل (11-5-3) نماذج لأحواض الترسيب المستطيلة والدائرية والمخروطية.

الشكل (11-5-2)

يبين حركة الجسيمات في أحواض الترسيب الدائرية والمستطيلة*



* [3].

في أحواض الترسيب الدائرية يكون الجريان شاقولياً ويتم ترسيب الجسيمات الصلبة في الحوض اذا حققت سرعة الاستقرار Vs الشرط :

$$Vs > Q / A$$

Q : معدل الجريان $م^3$/ ث

A : مساحة السطح الحر $م^2$

Vs : سرعة الإستقرار للجسيمة م / ث

في الأحواض المستطيلة ذات الجريان الأفقي يتحقق ترسيب الجسيمات الصلبة في الحوض اذا كان الزمن اللازم لإستقرار الجسيمة (T_1) أقل من الزمن (T_2) اللازم لجريان الماء أفقياً عل طول الحوض أي :

$$T_1 = H / Vs < T_2 = V / Q = B.H.L / Q \qquad (3 - 5 - 11)$$

H : عمق الماء في حوض الترسيب م

B : عرض الحوض م

L : طول الحوض م

V : حجم الحوض $م^3$

سطح الحوض LxB

$$H/Vs < A.H / Q \qquad (4 -5- 11)$$

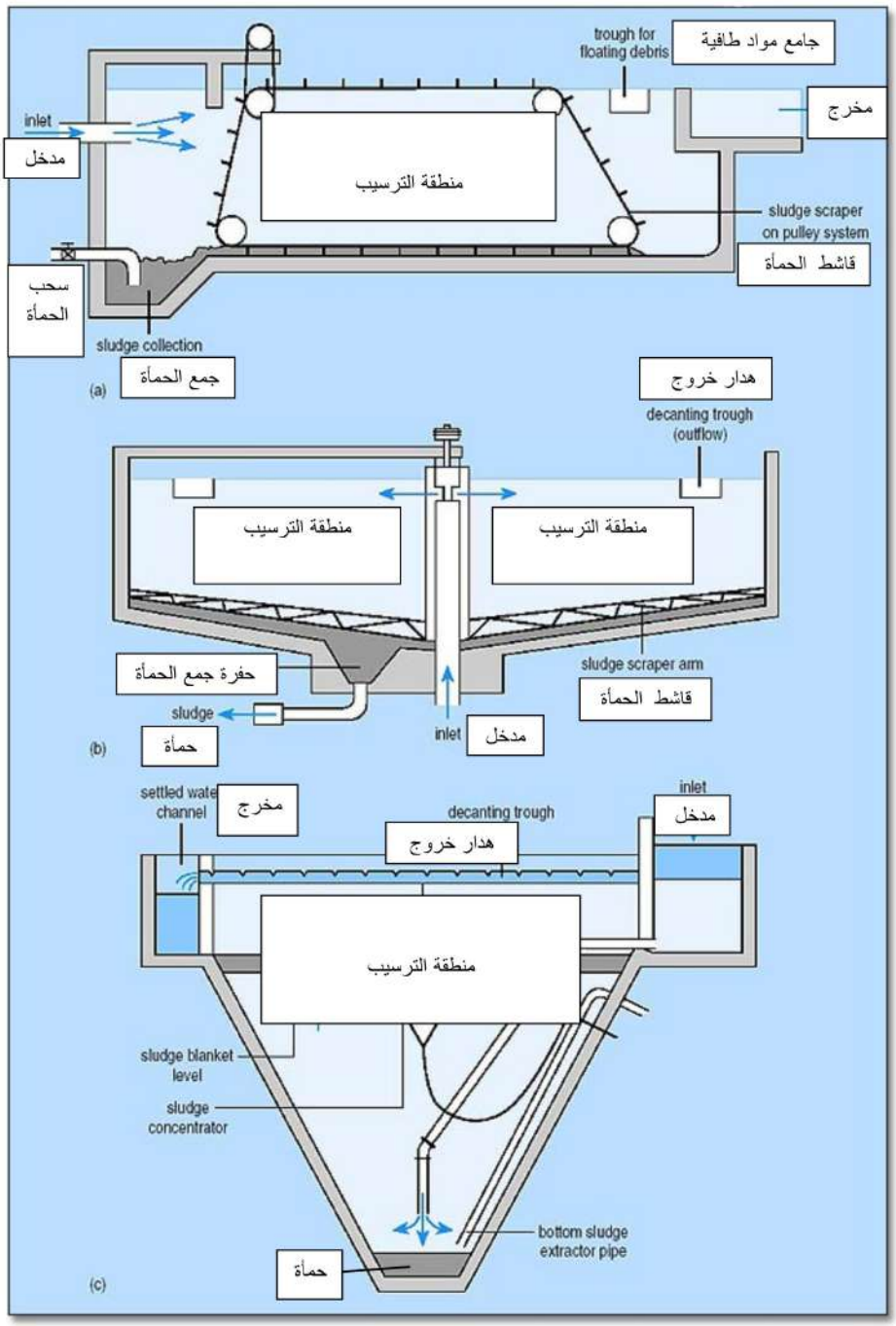
باختصار H

$$Vs > Q / A \qquad (5 -5 - 11)$$

إذاً هي نفس علاقة الحوض الدائري .

الشكل (11-5-3)

يبين نماذج أحواض ترسيب(a) مستطيلة و(b) دائرية و(c)ومخروطية



والشكل (11-5-4) ، صور لأحواض ترسيب دائرية مع قواشط، ويظهر موجه دخول الماء وحفرة جمع الحمأة .

الشكل (11-5-4)
صور لأحواض ترسيب دائرية مع قواشط

إذاً نستنتج أن شرط استقرار جسيمة صلبة في أحواض الترسيب سواءً كانت دائرية أو مستطيلة هو:

$$Vs > Q / A = Vo \qquad (6 - 5 - 11)$$

حيث المقدار:

$$Vo = Q / A \qquad (7 - 5 - 11)$$

المعادلة (11-5-7) **هي معدل التحميل السطحي أو معدل الإنسكاب Over flow rate**، ويلاحظ بأن عمق الماء في الحوض ليس له تأثير مباشر على كفاءة الترسيب وإنما معدل الإنسكاب أي الجريان لواحدة المساحة السطحية للحوض هو الذي يؤثرعلى فعالية استقرار الجسيمات ومنه نستنتج أنه كلما زادت المساحة السطحية للحوض (الأفقية) أي قل معدل الإنسكاب زادت فعالية الترسيب (ترسيب جسيمة أصغر) ولكن هنالك شروط معينة لحدود العمق وذلك لضمان عدم اضطراب الطبقة المترسبة في الأحواض وانجرافها عندما يقل العمق المائي عن حدود معينة .

الجدول (11-5-1) يبين سرعة الإستقرار لجسيمة صلبة كروية ذات حجوم مختلفة وبدرجة حرارة C^o 15 وذات جاذبية نوعية $\delta s = 2.65$ وفق المعادلة.

الجدول (11-5-1) سرعة الإستقرار لجسيمة رملية v_s

القطر ملم	سرعة الإستقرار سم / ثا
0.05	0.2
0.1	0.7
0.2	2.5
0.5	8
1	16

الجدول (11-5-2) يبين سرعة الجرف لجسيمة رملية.

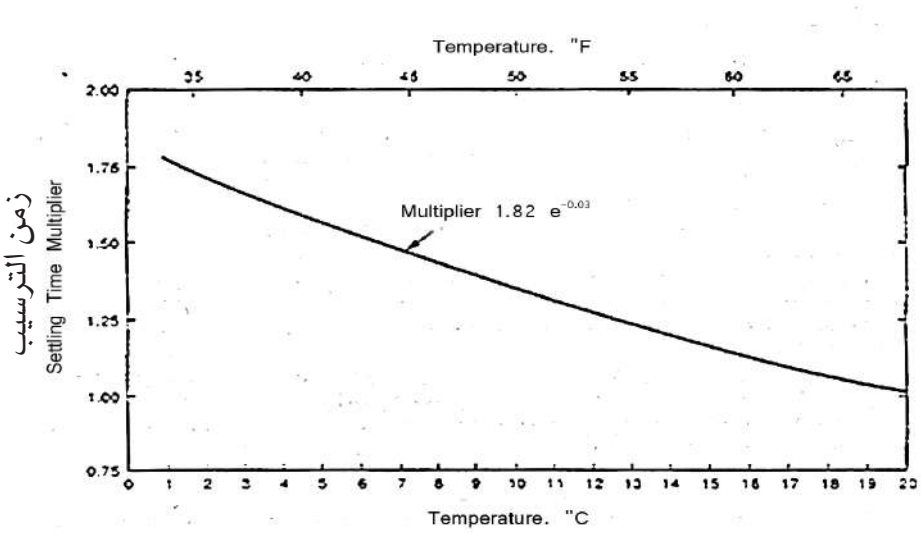
الجدول (11-5-2) سرعة الجرف لجسيمة رملية

قطر الجسيمة ملم	سرعة الجرف سم / ثا
0.05	3.8
0.1	5.2
0.2	7.6
0.5	12
1	17.5

- يمكن اعطاء زمن المكوث مع درجة الحرارة T بالعلاقة (11-5-8) والمخطط في الشكل (11-5-5) يوضح تأثير درجة الحرارة على زمن المكوث.

$$M = 1.82e^{-0.03T} \qquad (11 - 5 - 8)$$

الشكل (11-5-5)
يوضح تأثير درجة الحرارة على زمن المكوث



11-6. أحواض الترسيب الأولية Primary sedimentation tanks

يمكن تصنيف أحواض الترسيب على نوعين بدون مواد مخثرة أو مع مواد مخثرة.

11-6-1. أحواض الترسيب بدون مواد مخثرة

نادراً ما تزيد القيمة لمعدل االتحميل السطحي في حوض الترسيب الأولي عن 30/ م^3 /م^2/ يوم.

ويعتمد رقم (30 - 50) م^3/ م^2/ يوم [1] للتدفق اليومي الوسطي ADF.

ويكون التحميل(80-120) م^3/ م^2/ يوم. فى حالة التدفق في ساعات الذروة.

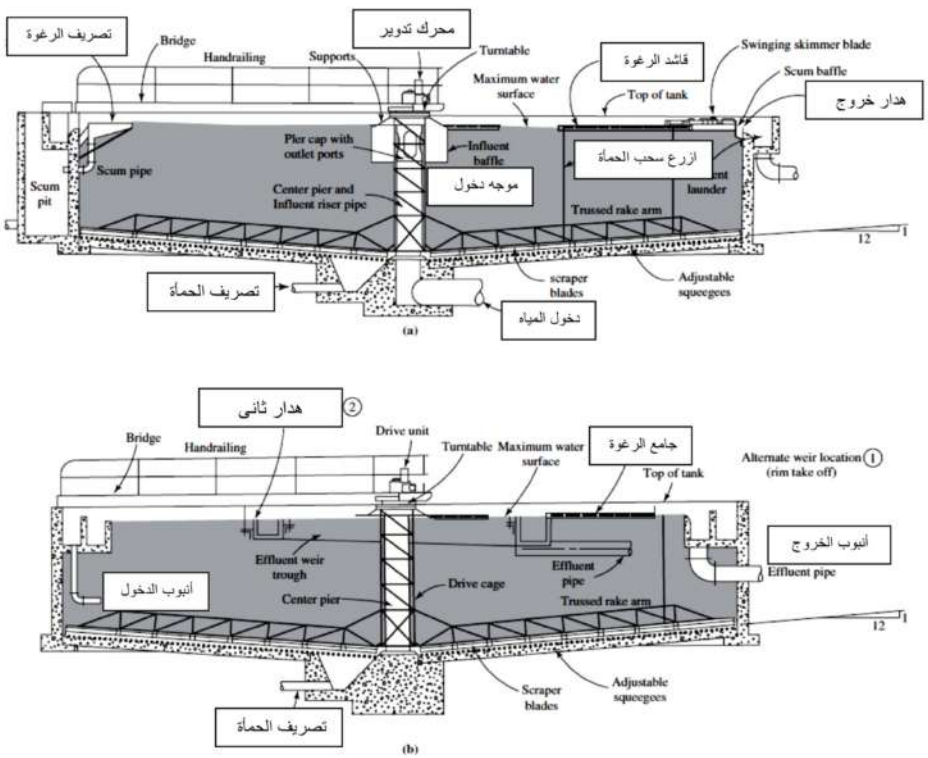
وعادة ينشأ حوضان على الأقل في محطات المعالجة يوزع عليهما الماء بالتساوي.

يعطى ميلاً لأحواض الترسيب باتجاه الداخل سواءً كان دائرياً أو مستطيلاً لتسهيل جمع الرواسب في حفرة في القاع .

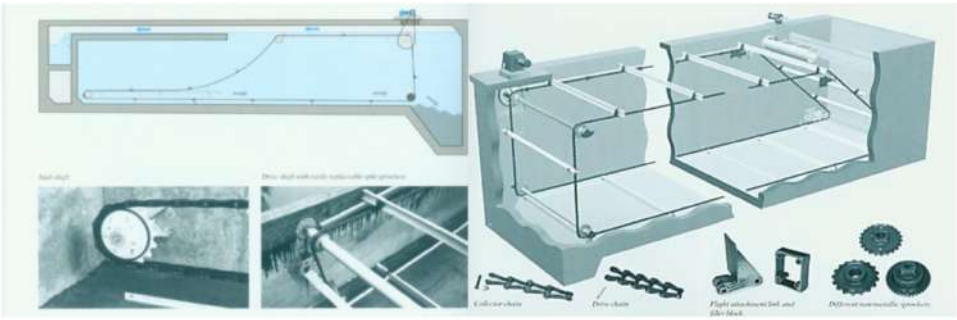
يتم جمع الحمأة بواسطة قواشط دوارة في الأحواض الدائرية أو قشط أفقي في الأحواض المستطيلة الى حفرة خاصة او سحب الحمأة بشوافط موجودة على القاشط إضافة لحفرة جمع الحمأة. يبين الشكل (11-6-1-1) حوض ترسيب دائري، الشكل (11-6-1-1)a والشكل (11-6-1-1)b نماذج احواض ترسيب عادية دائرية. الشكل (11-6-1-2) يبين الاقسام الميكانيكة لقاشط حوض ترسيب مستطيل. الشكل (11-6-1-3) مسقط ومقطع في حوض ترسيب مستطيل. الشكل (11-6-1-4) التزويد بمياه الصرف من طرف الحوض الى الموجه.

الشكل (11-6-1-1)

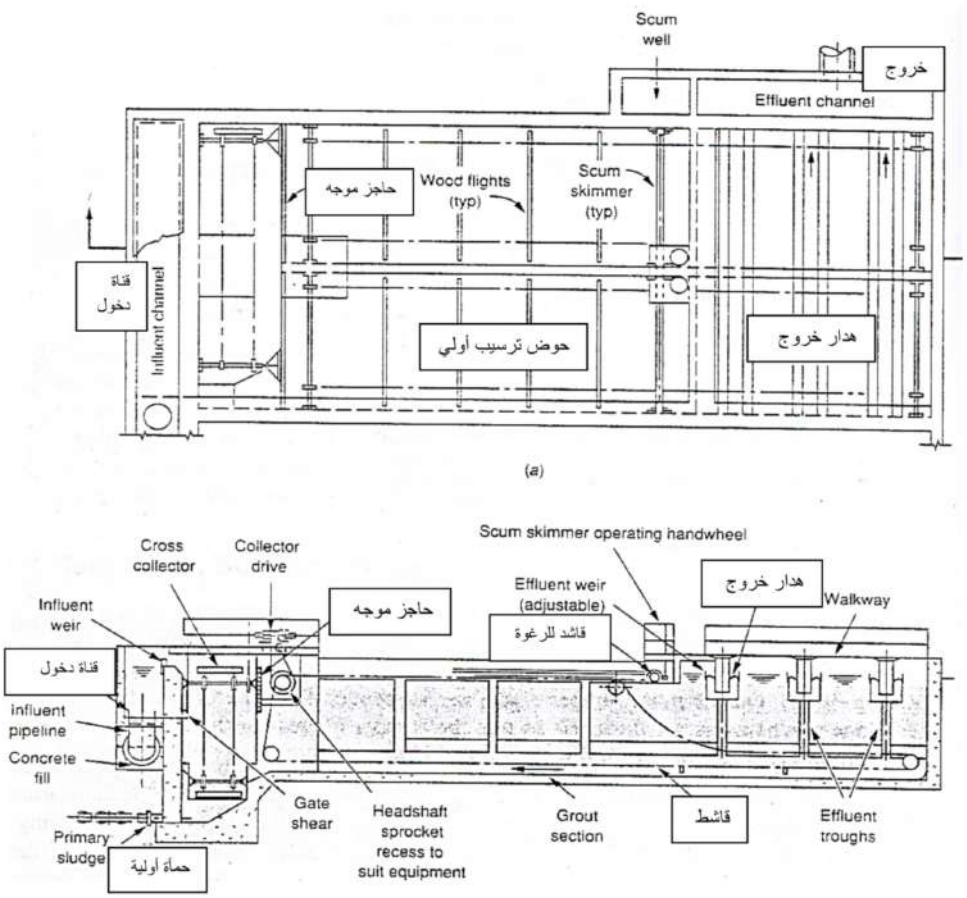
حوض ترسيب دائري b،a



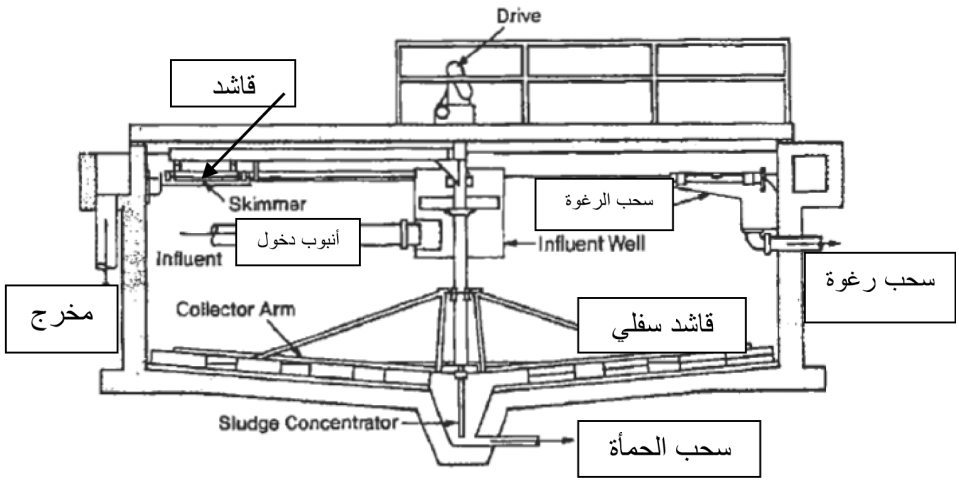
الشكل (11-6-1-2)
أحواض ترسيب مستطيلة يبين تفاصيل
ميكانيك القواشط السفلية والعلوية



الشكل (11-6-1-3)
أحواض ترسيب أولية مستطيلة (مقطع ومسقط)



الشكل (11-6-1-4)
تزويد الحوض بمياه الصرف من طرف الحوض الى الموجه



- العمق الجانبي للأحواض يترواح عادة بين (2-4) م.
- كما أن نسبة القطر إلى العمق في الأحواض الدائرية عادة تترواح بين (8-15).
- أما نسبة الطول إلى العرض (L/w) في الأحواض المستطيلة فهي (3-4)، وكلما كبرت النسبة تحسنت كفاءة الحوض في الترسيب.
- نسبة العرض الى العمق (3) تقريباً.
- سرعة الماء بقناة الدخول (0.3) م/ث عندما يدخل نصف التدفق (من[3] تصميم الحوض المستطيل).
- ويوضع حاجز (baffles) في الأحواض المستطيلة ارتفاعه حوالي (60-90) سم والجزء الغاطس منه حوالي 60 سم لتهدئة المياه الداخلة إلى حوض الترسيب والجزء الظاهر فوق الماء لا يقل عن 5سم ويحسب على أساس سرعة الماء (0.3 م/ث).

- يتم دخول الماء إلى حوض الترسيب الدائري من خلال اسطوانه تسمى الموجه (أو بئر الدخول) قطرها يتراوح (10 % - 20 %) من قطر الحوض يظهر جزء منها فوق الماء لا يقل عن 5سم ويمتد تحت سطح الماء من (0.9 - 1.8) م .سرعة الماء في الموجه لا تزيد عن 0.75 م/ث ،[1] و(McGhee 1991) ويتم التذويد بطريقتين :

الاولى من الاسفل باتجاه الموجه في الاعلى الشكل (11-6-1-1) (a)

الثانية من جانب الحوض الشكل (11-6-1-4)

- يوضع حاجز أمام هدار المخرج لمنع الرغوة من الخروج من حوض الترسيب وينخفض تحت الماء (15 - 30) سم
- تخرج الماء عادة عبر هدارات جانبية (Weir)الشكل (11-6-1-5) ، أو عن طريق أنبوب تثبت فوهته على سطح الماء) أو أنبوب مثقب مغمور بالماء يسحب الماء لخارج الحوض.
- ارتفاع ظهر جدران الحوض عن الأرض المجاورة 15 سم كحد أدنى.
- الارتفاع الحر الأدنى فوق سطح الماء إلى ظهر جدار الحوض لا يقل عن 30 سم.
- ميول جدران قمع جمع الحمأة بالنسبة التالية: (الشاقولي/الافقي = 1/1.7) وعمق القمع لا يزيد عن 60 سم.
- قطر انبوب سحب الحمأة لا يقل عن (”6) وسرعة سحب الحماة حوالي 0.9 م/ث.
- زمن المكوث لأحواض الترسيب الأولي من 1-3 ساعة وتؤخذ 2 ساعة.
- تحميل هدار المخرج :

في حال التدفق اليومي الوسطي اقل من 3785 م^3/يوم لا يزيد تحميل الهدار عن 250 م^3/م/يوم من التدفق الساعي الاعظمي.

في حال عند ساعات الذروة من أجل تدفق أكثر من3800 م^3/يوم

يجب ان لا يزيد تحميل الهدارعن 373 م^3/م/يوم من التدفق الساعي الاعظمي ، المرجع .(WEF and ASCE 199Ia).

الشكل (11 - 6 - 1 - 5)
هدار خرو ج الماء بشكل v

الشكل (11 - 6 - 1 - 6)
صورة قاشط طولي

- تصميم هدار الخروج بشكل v:

طول الهدار الكلي L :

يفرض بشكل عام الارتفاع الشاقولي 10 cm فيكون طول الهدار 0.3 م

عدد الهدارات: $\frac{L}{0.3} = n$

التدفق للهدار الواحد: $\frac{Q}{n} = qm^3 / day$

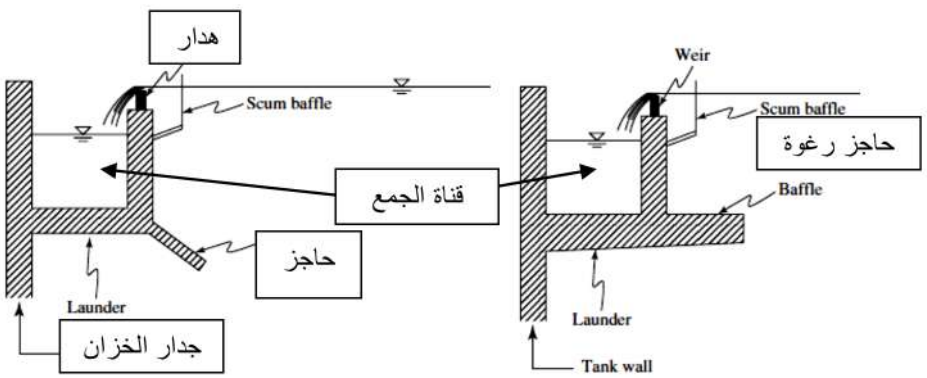
منه ارتفاع الماء فوق الهدارm:

$$h = (q / 0.55)^{\frac{2}{5}} meter$$

يتم سحب الحمأة بواسطة مضخات خاصة او بواسطة مضخات هوائية وتضخ الى حوض تكثيف الحمأة.

ملاحظة : تصل نسبة الرطوبة في حمأة حوض الترسيب الأولي 95 % - 97 % وتصل الى 98 % - 99 % في الحمأة المنشطة . الشكل (11-6-1-7) ترتيب الهدار مع حاجز الرغوة.

الشكل (11-6-1-7)
نموذج ترتيب الهدار مع حاجز الرغوة. من[3]



11-6-2. إضافة المواد المخثرة وتشكيل الندف Coagulation and Flocculation

يمكن إضافة المواد المخثرة إلى أحواض الترسيب الأولى حيث يجري تحييد الشحنات السطحية للمواد الناعمة والغروية Colloids عن طريق إضافة بعض الأملاح المعدنية اللاعضوية أو البولميرات.

إن هذة العملية تساعد على تسارع تجميع المواد الناعمة جداً إلى بعضها لتشكيل ندف كبيرة Flocs يمكن ترسيبها بشكل أسهل.

يجب الانتباه إلى عدم زيادة كمية الأملاح لكي لا ترتفع نسبة الأملاح

أو تسبب في انحلال المواد العضوية في المياه ويستعمل عادة الكلس . الشب Alum - كلور الحديديك Ferric chloride - كبريتات الحديديك Ferric Sulfate . مراجعة الفقرة(19-3-1). الترسيب الكيمائي Chemical precipitation..

لكن يجب اخذ الملاحظات التالية بعين الاعتبار:

- ارتفاع أو انخفاض قلوية الماء بعد الإضافات.
- زيادة كبيرة في نسبة الحمأة.
- اختلال في نسبة BOD إلى النتروجين N إلى الفوسفور P المطلوبة في محطات المعالجة البيولوجية (100/5/1) ويجب دراستها وتأثير ذلك على العملية البيولوجية لاحقاً إذا تطلب الأمر معالجات بيولوجية
- كلفة دائمة (قيمة المواد الكيمائية) .
- زيادة في سعات أحواض الترسيب .

تضاف الكميات وفق تجارب معملية على عينات من المياه المراد معالجتها وتحديد النسب اللازمة.

كما تستعمل هذه الطريقة للتخلص من بعض المعادن الثقيلة والمواد غير المرغوب وجودها في المعالجات اللاحقة.

- يمكن تقليل المساحة الافقية لحوض الترسيب باضافة انابيب اوصفائح مائلة lamella تسمح هذه الطريقة بتقليل المساحة الافقية وقد تصل الى العشر من السطح الافقي، الشكل (11-6-2-1) يبين الترسيب بالصفائح المائلة من [1]

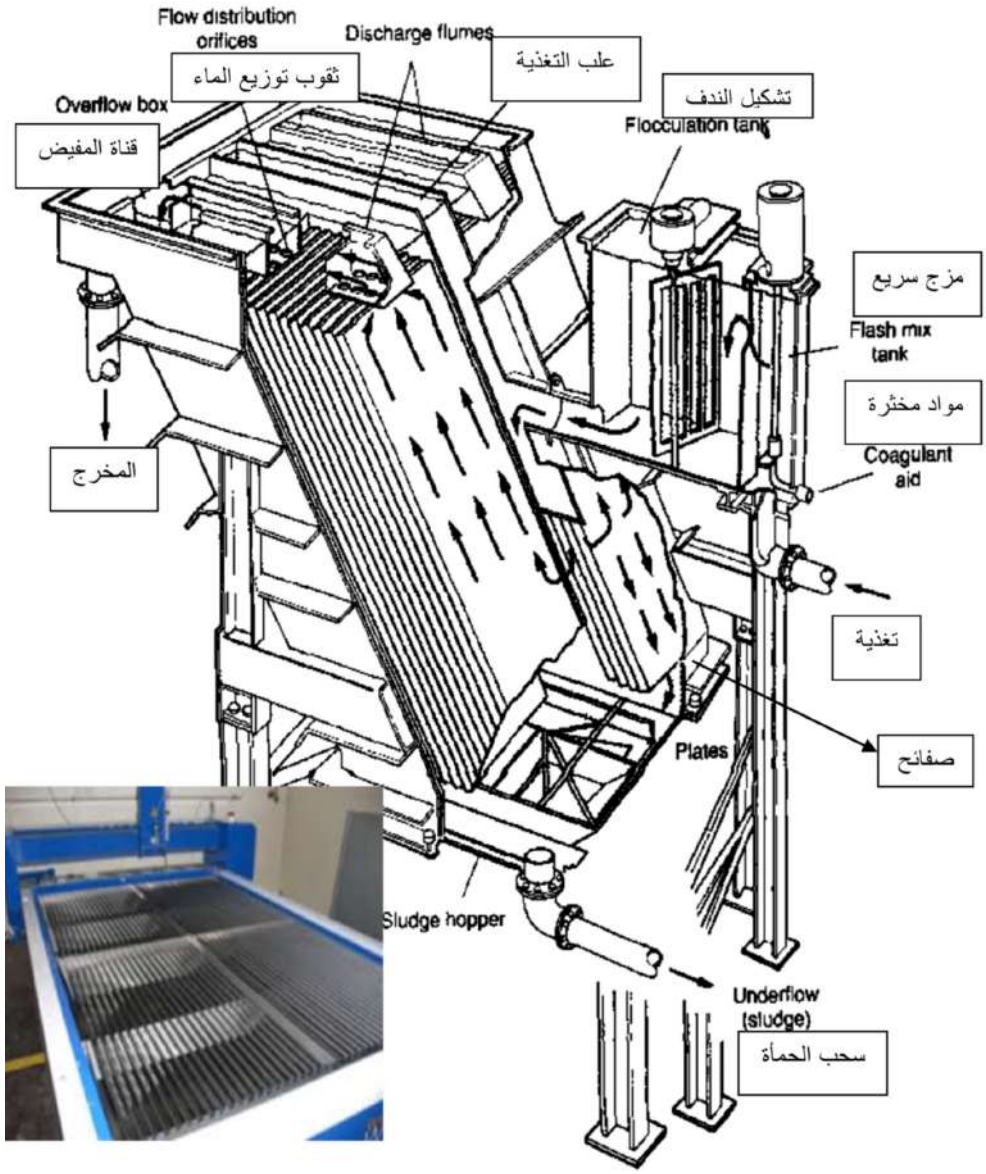
ضوابط تصميم احواض الترسيب بالصفائح المائلة:

- التحميل السطحي يؤخذ عادة 5-12 م^3/م^2/سا (الجدول) [32] ومع مواد كيمائية يمكن 20-40 م^3/م^2/سا

Clarifier	Overflow rate ($m^3 m^{-2} hr^{-1}$)	Retention time (min)	Turbidity removal efficiency (%)
Lamella plates	5–12	**60–120**	90–95

- البعد بين الصفائح حتى 5 سم. (يمكن أن تزيد أو تنقص الابعاد حسب اتجاه التدفق وسرعة التدفق ..)
- ارتفاع الصفائح أو الانابيب (1-2) م. ميول الصفائح أو الانابيب حتى 60º.
- يمكن أن تستعمل للترسيب الأولي أو النهائي أو المعالجة الثلاثية.
- وسطح الترسيب $= \cos\theta.n .L.W$
- n عدد الصفائح – L,W ابعاد الصفائح.
- يفضل أن يكون لدينا حوضي ترسيب.
- يمكن أن يصدر روائح بسبب تزايد النمو البكتيري على الصفائح والبواري وتراكم الزيوت والشحوم.
- يفضل وضع مصافي ناعمة لمنع انسداد الأنابيب المائلة.
- سطح الحوض مستطيل أو دائري.
- يفضل أن يفرغ الحوض ويغسل من فترة لأخرى لمنع الروائح.

الشكل (11-6-2-1)
يبين حوض الترسيب بالصفائح المائلة



الجدول (11-6-2-1) نموذج من احدى الشركات المصنعة للمرسب بالصفائح المائلة يبين السطح الافقي للمرسب مع الفراغ بين الصفائح مع السطح المعادل (السطح المرسب).

الجدول (11-6-2-1)

ابعاد نموذجية لاحواض الترسيب بالصفائح المائلة (شركةcosme)

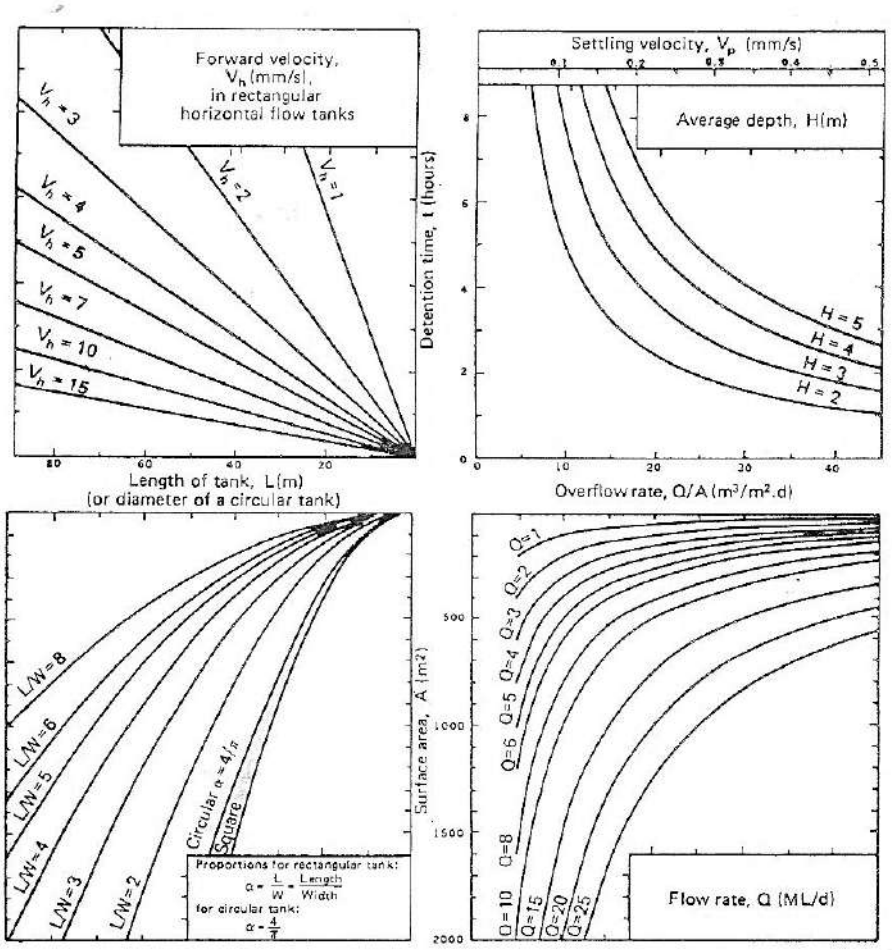
MODELLO TYPE	أبعاد الحوض ملم			سطوح الترسيب م^2 الفراغ بين الصفائح			VOLUME (lt.) CONTENTS		PESO (Kg) WEIGHT	
	A	B	C	20mm	40mm	60mm	Fanghi	Totale	Carp	Eserc.
SLC 9/1	1600	1000	3200	15.8	8.1	6.0	530	2450	550	3000
SLC 12/1	1900	1350	4000	28.2	14.4	10.8	1110	4400	850	5250
SLC 16/1	2250	1800	4400	52.5	26.3	19.7	2630	9000	1200	10200
SLC 22/1	2900	2350	4700	91.4	46.2	34.7	5340	15000	1600	16600

الشكل (11-6-2-2) يبين علاقة التدفق بالسرعة الأفقية Vo أو(V_h حسب الشكل) مع زمن المكوث مع قطر أو طول الحوض وسرعة الترسيب Vs (V_p حسب الشكل) بالنسبة لطول أو قطر الحوض مع زمن المكوث وعلاقة التدفق مع التحميل السطحي وهذا المخطط جيد في التدفقات الكبيرة للمدن.

الشكل (11-6-2-2)

مخطط تصميمي لاحواض الترسيب في التدفقات الكبيرة*

(Vs هي V_p في الشكل)



* [6].

11-6-3. ضوابط تصميم أحواض الترسيب

* معدل الإنسكاب (التحميل السطحي) .Over Flow Rate

يُستخدم رقم **(30 - 50)** م^3/م^2/ يوم .(مت كالف وايدي) للتدفق اليومي الوسطي .ADF

ويكون التحميل**(80-120) م^3/م^2/ يوم.** في حال تم اخذ التدفق عند ساعة الذروة.

ويختار من الخبرة والتجارب المعملية على نموذج تجريبي Pilot.

* زمن الحجز الهيدروليكي Retention time على أساس التدفق اليومي الوسطي (2-4) ساعة وحسب نوع المواد المرسبة. وتستخدم بعض المراجع زمن مكوث مثل [3] لأحواض الترسيب الاولية من (1-3) ساعة حيث تُستخدم ساعتين (2) كزمن مكوث نموذجي.

* عمق الجوانب side-water depth (4 -2.5)م.

* قطر الأحواض حتى (45 م) .

* ميل أرضية الأحواض 8 % - 12 %.

* سرعة دوران القواشط الدائرية (0.05-0.02 د/د). وتستخدم مراجع اخرى **سرعة القاشط الدائري (2م/د) وسرعة القاشط الطولي (1م/د).**

* تحميل هدار الخروج Efluent weir loading (للتحميل راجع 11-1-6) ويتراوح :

- (250 - 373 م^3/م/يوم) من التدفق عند ساعة الذروة، المرجع (WEF and ASCE 199la).

ويؤخذ من(124-496) م^3/م/يوم ووسطيا 250 م^3/م/يوم من التدفق الوسطي اليومي. من [1]

*كفاءة إزالة الحمأة الأولية SS 40 % - 70 % .

*تركيز المواد الصلبة في الحمأة الأولية 4 % - 10 %.

*الوزن النوعي للحمأة الأولية حوالي 1050كغ/م^3.

*سرعة الماء في حوض الترسيب حوالي 1 م/س.

*البوابات تحسب لمرور الماء بسرعة 1 م/ث.

الجدول (11 - 6 - 3 -1) يعطي معلومات نموذجية عن حوض الترسيب الأولي.

الجدول (11 - 6 - 3 - 1)
يعطي معلومات نموذجية عن حوض الترسيب الأولي*

نوع المعالجة	التحميل السطحي م^3/(م^2.يوم)		العمق م
	الوسطي	الذروة	
- ترسيب أولي يتبعه معالجة ثانوية	33- 49	81-122	3.7-3
معايير وكالة حماية البيئة EPA	25		حد ادنى 2.1
- ترسيب أولي مع حمأة منشطة معادة	33-24	61-49	4.6- 3.7
معايير وكالة حماية البيئة EPA	≤ 41	≤ 61	حد ادنى3

*من [3]

تحسب كمية الحمأة اليومية:

$$Ps = Qav \times SS \times SSR \qquad (11-6-3-1)$$

Qav التدفق الوسطي للجريان اليومي م^3/يوم

SS تركيز المواد الصلبة الداخلة كغ/م^3

SSR النسبة المئوية لإزالة المواد الصلبة ≈ 40 %

تزود الأحواض بمضخات خاصة للحمأة وتضخ الحمأة إلى أحواض المعالجة اللازمة.

تركب موجهات للحمأة أسفل جسور وعوارض القاشط لدفع الحمأة إلى المكان المطلوب لتجميع الحمأة فيه لنتمكن من ضخها بواسطة مضخات خاصة، الشكل (11 - 6 - 3 - 1) يبين عملية تصنيع القواشط .

الشكل (11 - 6 - 3 - 1)
يبين عملية تصنيع القواشط

مثال.

يراد تصميم حوض ترسيب أولي لمياه صرف صحي وفق المعطيات التالية:

- كمية مياه الصرف اليومية 4000 م^3/ يوم .
- BOD_5 300 ملغ / ليتر.
- TSS 400 ملغ / ليتر .
- δs الثقل النوعي للذرات 1.2.
- υ اللزوجة الحركية للماء 10^{-6} م^2/ث

المطـلوب :

1. صمم حوض ترسيب دائري لترسيب مواد عالقة لأقطار أصغر من 0.05 ملم .
2. أحسب الهدارات اللازمة .
3. أحسب أبعاد الهدارات .
4. كمية التخفيض في الحمولات .
5. كمية الحمأة الناتجة يومياً .

الحـــــل:

4000 m^3/day= 166.75 m^3/h = 46.25 L /Sec = 0,0463 m^3/Sec

من قانون استوك:

$$Vs = g/18\upsilon(\delta s-1)d^2$$

$$Vs = 9.8 / 18 \times 10^{-6} \ (1.2 - 1) (0.05 / 1000)^2$$

$$= 2.7 \times 10^{-4} \text{ m / Sec} = 0.972 \text{ m/h}$$

$$\sim 1 \text{ m/h}$$

$$Vo = Vs$$

$$Vo = Q / A$$

$$A = Q / Vo$$

$$= 0,0463x\ 3600 / 1 = 167 \text{ m}^2$$

نختار العمق الوسطي الفعال للحوض 2.4 م > (2.1) م الجدول (11 - 6 - 3 - 1) وبالتالي قطر الحوض يساوي تقريباً (15 م)

ميل الأرض (12 % - 8 %) فيمكن قبول ارتفاع طرف الحوض الخارجي 2.8 م

حساب طول الهدار اللازم بإعتبار التحميل 130م^3 / م / يوم.

طول الهدار 4000 / 130 = 30.76m = 31 m

محيط الحوض الحقيقي 3.14 x 15 = 47.1 m

إذاً طول الهدار محقق على محيط الحوض.

حساب كمية التخفيض في الحمولة العضويةBOD :

يقدر التخفيض في الحمولة العضوية 25 % - 40 % ونأخذ تخفيض وسطي 30 % من اجل BOD

الحمولة الكلية:

300 x 4000/ 1000 = 1200 Kg / day

كمية الإزالة: 30 x 1200 / 100 = 360 Kg / d

6 - كمية الرواسب الناتجة كغ بمردود 40 %:

400 x 4000 x 0.4 / 1000 = 640 Kg

ملاحظـة : طريقة أخرى لحساب أحواض الترسيب:

بفرض زمن المكوث 2.5 ساعة.

4000 x 2.5 /24 = 416.666 m^3

بفرض عمق وسطي 2.4م منه:

المساحة الأفقية: 173.6 m^2

D= 14.87 m

طريقة ثالثة لحساب حوض الترسيب:

نأخذ التحميل السطحي (30 م^3/ م^2/ يوم)

من الجدول (11 - 6 - 3 - 1)

4000 / 30 = 133.3 m^2

D= 13 m

12

أنظمة المعالجة البيولوجية لمياه الصرف

(المعالجة الثنائية)
BIOLOGICAL (SECONDARY) TREATMENT SYSTEM

12-1. المقدمة Introduction

تهدف المعالجة البيولوجية في معالجة مياه الصرف الصحي إلى:

- أكسدة المواد العضوية المنحلة وخصوصاً القابلة للتحلل وتحويلها الى مركبات ثابتة.
- تحول المواد الغروية القابلة للترسيب أو غير القابلة للترسيب إلى ندف أو رقائق بيولوجية.
- إزالة المغذيات من مياه الصرف كالنتروجين والفوسفور.
- في بعض الحالات إزالة لبعض المواد العضوية الضارة وهي ذات كميات قليلة واثر ضار كبير (organic trace).

كما تهدف المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصناعي إلى:

- إزالة المواد العضوية واللاعضوية ويمكن أن تحتاج إلى معالجة مسبقة لإزالة بعض المواد السامة في مياه الصرف الصناعي قبل المعالجة البيولوجية أو قبل طرحها مع مياه الصرف الصحي ليتم معالجتها بطريقة بيولوجية.

كما تهدف المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الزراعي إلى إزالة المغذيات من مياه الصرف كالنتروجين والفوسفور.

توضع أحواض الترسيب النهائي بعد المعالجة البيولوجية وهي تزيل أكثر من 85 % من BOD_5 والمواد العالقة ولكن لا يوجد تأثيراً كبيراً على المواد غير القابلة للتحلل أو المعادن الثقيلة أو الأحياء الدقيقة.

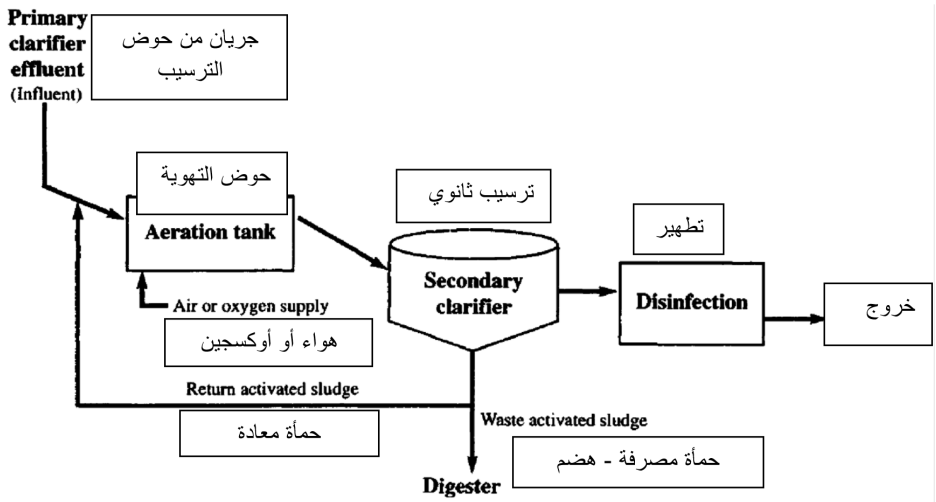
تصمم المعالجة البيولوجية للاحتفاظ بكمية كبيرة من الحمأة النشطة من مختلف الأحياء الدقيقة مثل البكتريا، bacteria والفطر fungiوالبروتوزوا protozoa والروتفر rotifers والطحالب algae إلى أخره من خلال نظام محدد وتحت ظروف بيئية تفضلها هذه الأحياء الدقيقة كنسبة الأوكسجين المنحل في المياه ونسبة المغذيات الخ، وتصنف المعالجة البيولوجية بشكل رئيسي إلى نوعين:

- منظومات النمو المعلق للأحياء الدقيقة Suspended growth:

كالحمأة المنشطة Activated sludge الشكل(12-1-1):

الشكل(12-1-1)

الطريقة التقليدية لمعالجة مياه الصرف بالحمأة المنشطة



- منظومات النمو الملتصق(الفيلم الثابت)Attached (film) growth:

كالمرشحات البيولوجية والأقراص البيولوجية الدوارة (الملامسات البيولوجية) (Trickling filter and rotating biological contactor، RBC).،

- منظومات مشتركة بين المنظومتين السابقتين (Combined).
- الطرق البيولوجية الأخرى في المعالجة تتضمن:

برك التثبيت stabilization pond، والبحيرات المهواة aerated lagoon, contaminant pond، وقنوات الاكسدة oxidation ditch، والحمأة المنشطة مع الأوكسجين الصاف high-pure oxygen activated sludge، النترجة البيولوجية biological nitrification، إزالة النتروجين والفوسفور denitrification phosphorus removal.

في المعالجة البيولوجية ذات النمو المعلق يتم إعطاء هواء أو أوكسجين بشكل مستمر مما يبقي الأحياء الدقيقة ممزوجة مع المواد العضوية بشكل جيد في مياه الصرف حيث يتم استعمال المواد العضوية كغذاء لنمو الأحياء الدقيقة ويتشكل الندف biologic floc والذي بتدويره يتجمع لتكوين الكتلة الحيوية أو تدعى الحمأة المنشطة activated sludge.

12-2. النمو البكتيري Cell Growth

12-2-1. الوصف العام لخلية بكتيرية

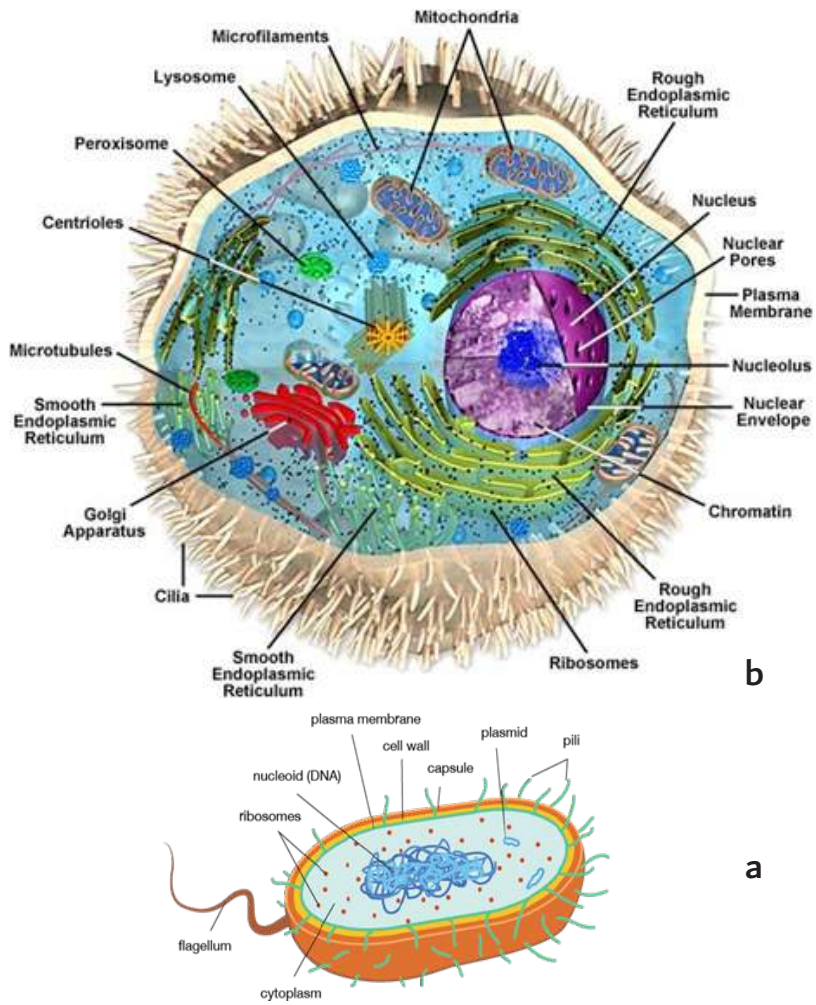
تتألف الخلية الحية من جدار(membrane) ومن أرجل سوطيه أو شعيرات ومن مادة السيتوبلاسما (cytoplasm) وهو سائل معلق غروي مركب من البروتينات والكربوهيدرات وعناصر عضوية معقدة أخرى.

تحوي كل خلية على حمض نووي تشكل المادة الوراثية اللازمة للتكاثر، وتحوي السيتوبلازما على الحمض الريبونوكليك (ribonucleic acid-RNA) الذي يلعب الدور الأساسي في تصنيع البروتين ويتواجد - هذا الحمض في

جزيئات صغيرة جدا يدعى كل منها الريبوزوم (ribosome) أما جزء النواة القريب من جدار الخلية فهو وسط غني بالحمض (الدوكسي ريبو نوكليك) (de oxyribonucleic acid-DNA) الذي يحوي المعلومات اللازمة لإعادة إنتاج كافة المركبات الخلوية ويمكن اعتباره الصورة المميزة لكل خلية حية. الشكل (12-2-1) الذي يوضح الهيئة العامة لخلية نموذجية (a)، خلية بنواة غير مميزة ،(b) خلية بنواة مميزة.

الشكل (12-2-1)

يوضح الهيئة العامة لخلية نموذجية (b,a) [1]



في بعض أنواع الخلايا يكون (DNA) محاطاً بغشاء والنواة معروفة تماماً(b) (eucaryotic cell)، بينما في البعض الأخر تكون حدود الخلية غير معروفة تماماً (a) (procaryotic cell)، ويقع ضمن هذا الصنف البكتريا والطحالب الخضراء والزرقاء وهي من أكثر الكائنات العضوية الدقيقة (المتعضيات microorganism) الموجودة في محطات المعالجة.

تحتاج الكائنات العضوية من أجل النمو والتكاثر الخلوي إلى الكربون والطاقة، إضافة إلى بعض العناصر غير العضوية كالأزوت والفوسفور ومقادير قليلة من الكبريت والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم.

يستمد الكربون الخلوي للكائنات العضوية من أحد مصدرين أساسيين هما:

- ثاني أوكسيد الكربون وتدعى البكتريا ذاتية التغذية اوتوتروفيك (autotrophic).
- المادة العضوية (كربون عضوي) وتدعى البكتريا عضوية التغذية هيتروتروفيك (hetero trophic) حيث يعيش كائن عضوي على أخر ميت أو متفكك.

أما الطاقة اللازمة للتكاثر وإنتاج الخلايا فتحصل عليها العضويات ذاتية التغذية إما من الشمس[التمثيل الضوئي] وتدعى حينئذن ذاتية التغذية ضوئية الاصطناع (Autotrophic photosynthetic)، أو من تفاعل لا عضوي يستهلك الأوكسجين وتدعى عندئذ ذاتية التغذية كيمائية الاصطناع (Autotrophic chemosynthetic).

يمكن تصنيف الكائنات العضوية أيضا وفق علاقتها بالأوكسجين ضمن ثلاث أنواع :

- **عضويات هوائية (Aerobic)** حيث لا يمكن أن تنمو وتنشط البكتريا إلا بوجود الهواء (الأوكسجين).

- **عضويات لاهوائية (Anaerobic)** حيث تنشط في وسط خال من الأوكسجين.
- **عضويات اختيارية (Facultative)** حيث يمكن وجودها بوجود الهواء أو عدمه.

كل خلية بكتيرية تنمو ثم بعد وصولها لحجم معين تنشطر بمعدل كل(20 - 30) دقيقة لتعطي خليتين كاملتين والزمن اللازم للنمو والانقسام يدعى زمن الجيل وخلال هذا الزمن يزداد عدد البكتريا بشكل لوغاريثمي بالنسبة للزمن مثال 2^0 2^1 2^2 2^3 ...، ويتأثر النمو البكتيري بالعوامل التالية :

(الأوكسجين المنحل DO والحرارة ومستوى الغذاء وPH والبكتريا المحلية الداخلة).

إن نموذج النمو البكتيري اللوغاريثمي لا يستمر لفترة طويلة والشكل (12-2-2) نموذج للنمو البكتيري يبين مرحلة النمو ومرحلة الموت وفق ما يلي:

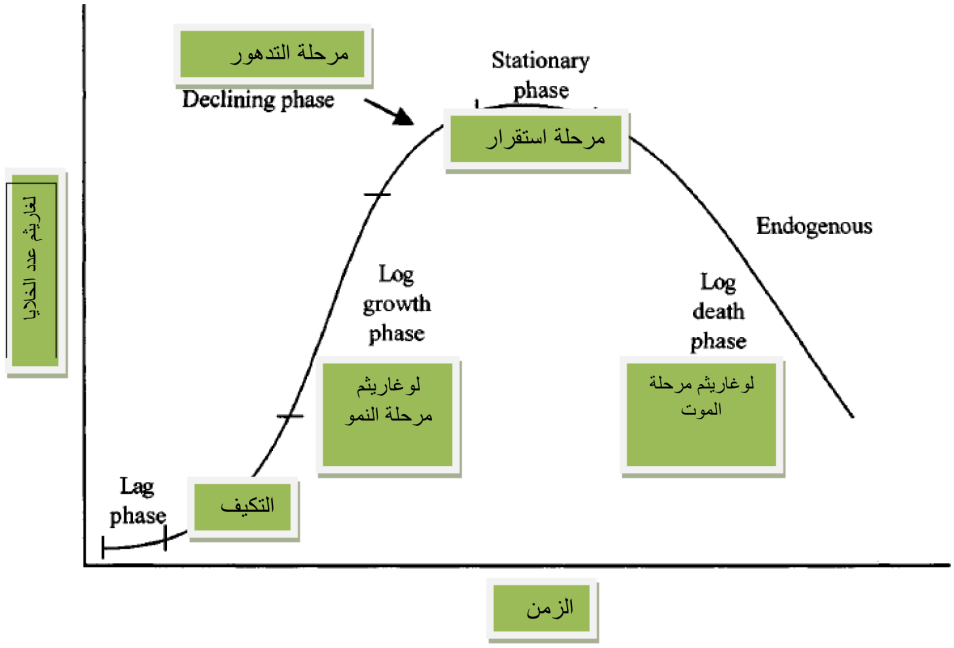
- **فترة التكيف lag phase:** تحتاج البكتريا لفترة من الزمن لتتأقلم مع الوسط الذي تعيش فيه ولا يوجد تغير كبير على كثافة البكتيريا في هذه المرحلة.
- **فترة النمو السريع(اللوغاريثمي) log growth:** حيث يزداد نمو البكتريا بشكل سريع ليصل الحد الاعلى وفي هذه الفترة يتم استهلاك اغلب المغذيات.
- **فترة التدهور: Declining phase:** مع زيادة البكتريا ونقص الغذاء وتغير الظروف وزيادة الآثار السلبية يبدأ النمو البكتيري بالتراجع.
- **فترة الاستقرارStationary phase:** وفي هذه المرحلة يوجد استقرار وعدد البكتريا يكون ثابتاً.
- **فترة الموت log Death phase :** ويصبح معدل الموت اكبر من

معدل النمو وتصبح البكتريا الميتة جزء من غذاء البكتريا، ويكون منحني الموت للبكتريا أيضاً لوغاريثمياً.

ويجب أن يكون هناك توازن دقيق بين المواد المغذية وكتلة الأحياء الدقيقة في حوض المعالجة.

الشكل (12-2-2)

يبين المراحل المختلفة لحياة البكتريا*



* من [3]

وفي كل التجارب التي تمت بطريقة الدفقات أو التدفق المستمر لدراسة نمو البكتريا مع محلول غني بالمواد العضوية وجد انه يمكن أن نعبر عن النمو البكتيري بدلالة الكتلة البكتيرية (الحيوية)biomass عوضاً عن تعداد الأحياء الدقيقة كما يلي :

$$r_g = \mu X \qquad (1 - 1 - 2 - 12)$$

حيث :

r_g : growth rate معدل نمو الكتلة الحيوية، (mg/l.d).

μ :specific growth rate المعدل النوعي للنمو)، (1/t).

x : mass of microorganism تركيز الكتلة الحيوية، mg/l.

لذا:

$$\mu X = dX / dt \qquad (2 -1 -2- 12)$$

وحيث إنه وجد أن نمو البكتريا يتأثر بظروف التغذية المتوفرة (المواد العضوية في مياه الصرف) وبالرجوع إلى معادلة مونود المعروفة (Monod equation)نجد أن معدل استهلاك المواد الغذائية المتوفرة يتبع نمو الكتلة الحيوية.

$$\mu = \mu_m S/(K_S +S)-k_d \qquad (3 - 1 - 2 - 12)$$

حيث:

μ_m : معدل النمو الأعظمي 1/t .

S: تركيز الغذاء في المحلولconcentration for substrate ويقاس BOD_5(mg / l)

K_S : التركيز الغذائي للعنصر الأقل توفراً والموافق لنصف معدل النمو الأعظم، (mg/l)

(Half velocity constant of max growth rate).

K_d: cell decay coefficient: معدل اضمحلال البكتريا نتيجة الاستهلاك الذاتي وبسبب أي خلل في الشروط النظرية المطلقة (Endogenous decay) ويعطى (mg/mg.t)

ومنه بدمج المعادلات (12-2-1-3) و (12 - 2 - 1 - 2) نجد:

$$r_g = dX/dt = \mu_m SX/(K_S + S) - k_d \qquad (4 - 1 - 2 - 12)$$

وعملياً لا يتحول كامل الغذاء إلى كتلة حيوية بسبب تطاير جزء منه كغازات (CO_2) و(N_2) وغيره .

13

طريقة الحمأة المنشطة
ACTIVATED-SLUDGE PROCESS

13-1. المقدمة Introduction

استعملت الحمأة المنشطة لأول مرة في انكلترا في مدينة مانشستر وهي من الطرق الرئيسية المستعملة في معالجة مياه الصرف وحديثاً أصبحت تستعمل في عملية النترجة Nitrification وإزالة النتروجين Denitrification بطرق منقوصة الأوكسجين Anoxic ولا هوائية Anaerobic لإزالة الفوسفور phosphor

الطريقة الرئيسية للحمأة المنشطة تستعمل النمو المعلق المشروحة في الشكل (12-1-1) حيث تدخل مياه الصرف بشكل مستمر إلى حوض التهوية ويكون الندف الحيوي البيولوجي مشكل مسبقاً وتتلامس مع المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف، ويحقن الهواء أو الأوكسجين بشكل مستمر في الحوض لإبقاء الحوض في حالة هوائية ولإبقاء الحمأة المنشطة في حالة معلقة، نحتاج تقريباً إلى 8 م^3 من الهواء لكل 1 م^3 من مياه الصرف.

الكتلة الحيوية في حوض التهوية تكون بشكل هلامي (يلاحظ ذلك بلمس الحمأة في المرشحات البيولوجية) وخصوصا عند وجود بكتريا البروتوزوا protozoa. أو الأوليات.

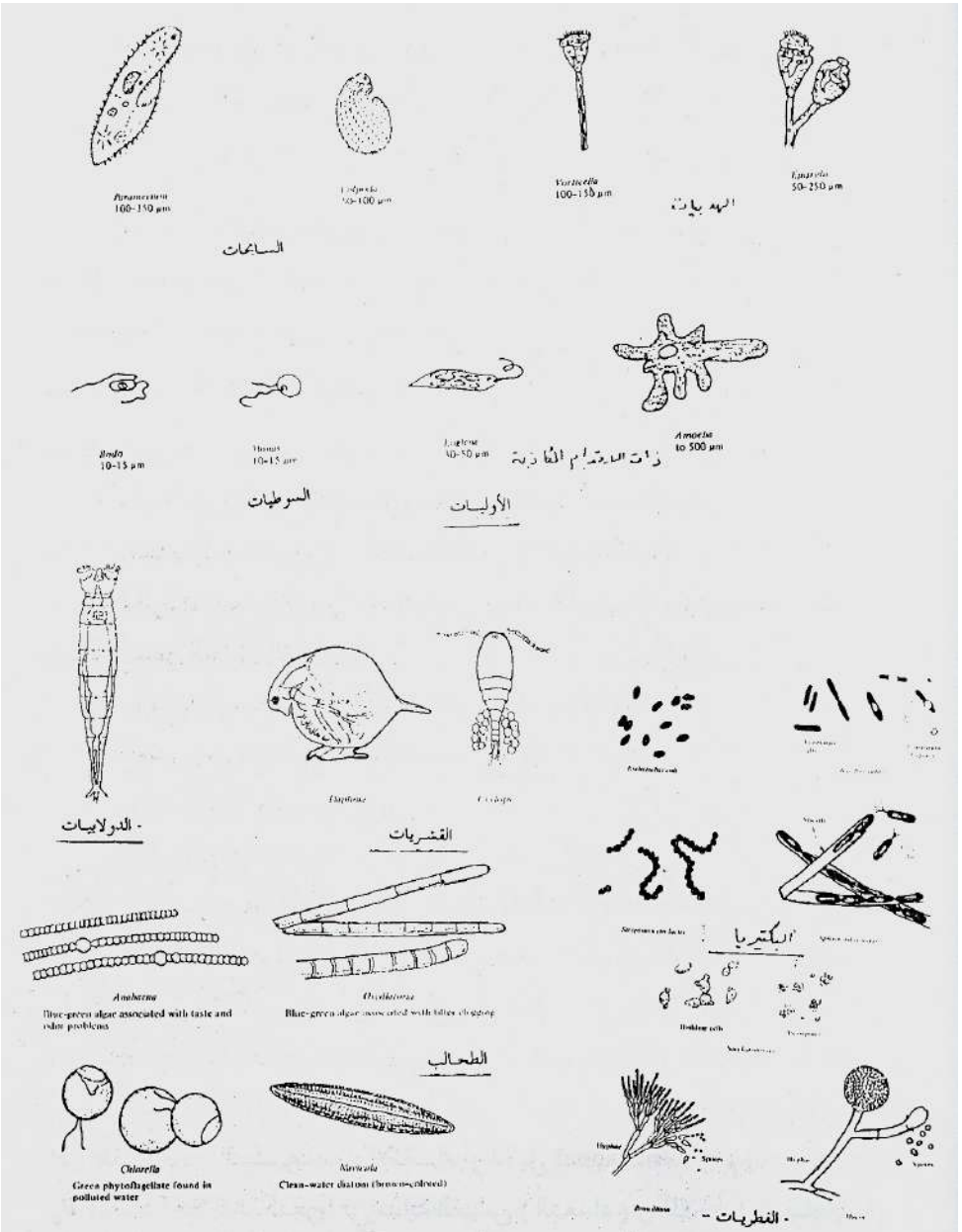
البكتريا السائدة في حوض التهوية تكون على أكثر من نوع، وتستهلك كل نوع منها نوعية من الملوثات فبكتريا Pseudomonas تستهلك

الكربوهيدرات وبكتريا Flavobacteriumو Alcaligenes Bacillus تستهلك البروتين. الشكل(13-1-1) بعض أنواع الكائنات العضوية الدقيقة التي لها علاقة بمعالجة مياه الصرف.

عند إقلاع محطة المعالجة بالحمأة المنشطة يوضع فيها كمية من حمأة منشطة من محطة عاملة محلية وإذا لم يتوفر حمأة فيمكن أن يتم التجهيز بشكل بسيط وذلك باستمرار التهوية وإعادة الرواسب من حوض التهوية **فتتشكل الحمأة المنشطة خلال (4-6) أسابيع.**

وكما ذكرنا في الفصل السابق فإن الأحياء الدقيقة تمتص المواد العضوية كالكربون كمصدر للطاقة لنمو البكتريا ولأكسدة الكربون وحيث يصدر بشكل رئيسي CO_2 ،وجزء من الطاقة يذهب إلى المياه .
بعض البكتريا تهاجم المركبات العضوية المعقدة لتعطي مركبات ابسط كفضلات لها. وبكتريا أخرى تقوم باستعمال هذه المواد المبسطة لتعطي مركبات ابسط كفضلات لها وهكذا حتى ينفذ الغذاء علما أن البكتريا عند نفاذ الغذاء تبدأ باستهلاك نفسها جزئياً.

الشكل(13-1-1)
بعض أنواع الكائنات العضوية الدقيقة
التي لها علاقة بمعالجة مياه الصرف*



* [29]

تعاريف:

MLSS: إن الكتلة الحيوية (biomass) في المزيج المنحل (السائل الممزوج) في حوض التهوية هي مزيج من المواد الصلبة العالقة في المحلول. ونعرف:

Mixed liquor suspended solids (MLSS): هو تركيز المواد العضوية وغير العضوية والكائنات العضوية الدقيقةMicroorganisms، في حوض التهوية والمواد العضوية غير القابلة للتحلل والمواد الخاملة المعلقة.

Mixed liquor volatile suspended solids (MLVSS) : يدعى مزيج المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في السائل الممزوج (في المزيج المنحل).

- الكائنات الدقيقة في MLSS تشكل منها 70 % - 90 % مواد عضوية ويشكل 10 %- 30 % مواد غير عضوية.

- بعد 6-8 ساعات فإن مزيج حوض التهوية يصرف إلى حوض الترسيب (Settling tank، clarifier) حيث المواد الصلبة العالقة تترسب بسبب وزنها الذاتي (في طريقة SBRيتم الترسيب في نفس الحوض). معظم الحمأة المترسبة يتم إعادتها لحوض التهوية وتدعى الحمأة المعادة (Return activated sludge, RAS) وتحوي أعداد كبيرة من الكائنات العضوية الدقيقة لتحقق تحلل سريع للمواد العضوية الداخلة إلى حوض التهوية.

2-13. زمن التهوية وتحميل BOD

التصميم الرئيسي للحمأة المنشطة يعتمد على حمل BOD ونسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة

(F/M) Food to Micro-organism وكذلك عمر الحمأة وزمن التهوية، الجدول التالي (13-2-1) يعطي التحميل المسموح لعدة تطبيقات.

الجدول (13-2-1)

يعطي التحميل المسموح لعدة تطبيقات*

الطريقة	تحميل BOD_5 ($kg/d.m^3$)	نسبة F/M kg BOD_5/kg MLVSS. d	MLSS، mg/L
التهوية التقليدية في المزج الكامل	0.64	0.5 -0.2	3000-1000
أحواض التثبيت بالتماس	0.8	0.6 -0.2	3000-1000
التهوية المديدة لمرحلة واحدة نترجة	0.24	0.1-0.05	5000-3000

*[3]

ملاحظات :

1. BOD_5 هو الحمل الوسطي الداخل إلى حوض التهوية. ويحسب حمل BOD_5التصميمي لساعة الذروة إلى BOD_5 الوسطى حيث يتراوح من2:1 إلى 4:1 من. (GLUMRB 1996) المراجع
2. يشكل قسم التماس في حوض التهوية 30 % - 35 % من حوض التهوية وكجزء من حوض التهوية عند إجراء الحساب.
3. إن قيمة MLSS تعتمد على طريقة التهوية ويعتمد على السطح المتوفر لحوض الترسيب ونسبة الحمأة المعادة.
4. زمن التهوية هو زمن المكوث Retention time للتدفق الداخل لحوض التهوية ويعبر عنه بالساعات ويحسب بقسمة حجم الحوض على التدفق الوسطي اليومي باستثناء الحمأة الراجعة. وعادةً في مياه الصرف الصحي العادية يتراوح زمن التهوية من (4-8) ساعة مع تدفق هواء يتراوح (3.7-15 $م^3/م^3$ من مياه الصرف).[المراجع]

5. لحساب الحمل العضوي في حوض التهوية يتم بحساب BOD_5 في مياه الصرف الداخلة بدون حمل الحمأة الراجعة، ويحسب $kg/d.m^3$ من حجم المزيج في حوض التهوية.

6. تحميل BOD_5 يختلف اختلافا كبيراً ويتراوح من{ (من حوض التهوية $0.16 (kg/d.m^3)$ - (من حوض التهوية $1.6 (kg/d.m^3)$ } بينما يتغير زمن التهوية من 2.5 ساعة إلى أكثر من 24 ساعة والعلاقة بين البارامترين تتبع تركيز BOD_5في مياه الصرف.

13-3. نسبة F/M

F/M نسبة تستعمل للتعبير عن علاقة حمل BOD مع الكتلة الحيوية في العملية البيولوجية وتعطى بالمعادلة التالية :

$$F/M = BOD / MLSS \qquad (1 - 3 - 13)$$

$$= Q\ (m^3/d)\ .\ BOD\ (mg/l) / Vm^3\ .\ MLSS\ (mg/l) \qquad (2 - 3 - 13)$$

$$F/M = \frac{BOD,\ kg/d}{MLSS,\ kg} \qquad (3 - 3 - 13)$$

حيث :

F/M: نسبة الغذاء على الكائنات الدقيقة: كغ من BOD في اليوم / كغ من MLSS.

Q : التدفق (م^3/يوم).

BOD : ملغ/ليتر.

V : حجم حوض التهوية (السائل) م^3.

MLSS : ملغ/ليتر.

تستعمل MLVSS بدل MLSS وهو الجزء المتطاير الفعال من الكتلة الحيوية MLSSوهو حوالي (0.75 - 0.85)، ويتبع ذلك غايات التصميم وهو اقرب إلى الواقع ويمكن أخذ:

$$MLVSS = 0.80 \times MLSS$$

ويمكن أن يعبر عن النسبة F/M بأنها نسبة تحميل الحمأة (SLR)، المعادلة (13-3-4):

$$SLR = \frac{24\ BOD}{MLVSS\ (t)(1+R)} \qquad (4\text{-}3\text{-}13)$$

SLR: نسبة حمل الحمأة ، غرام من BOD/يوم لكل غرام من MLVSS.

BOD ملغ/ليتر لمياه الصرف.

MLVSS: المواد الصلبة العالقة المتطايرة في حوض التهوية (ملغ/ليتر).

t : زمن المكوث يوم.

R : نسبة التدوير.

مثال1.

حوض معالجة بالحمأة المنشطة فيه تركيز الحمل العضوي للمياه الداخلة BOD =140mg/l كمية التدفق $18900\ m^3/d$ وTSS في حوض التهوية (16100kg) أحسب نسبة F/M ؟

1. احسب BOD في اليوم:

$$BOD = Q \times BOD$$

$$=18900 \times 140 / 1000 = 2646\ kg$$

2. احسب SS القابلة للتطاير- افرض VSS 80 % من TSS.

$$16100 \times 0.8 = 12880\ kg$$

3. احسب نسبة F/M :

2646 / 12880 = 0.205

مثال2.

حول تركيز BOD=160mg/l في مياه الصرف الداخلة إلى نسبة تحميل kg/m^3 - إذا كانت النسبة المذكورة من التحميل دخلت مرحلة تهوية لمدة 24 ساعة فما هي النسبة في 6 ساعات تهوية ؟

أولاً : حساب تحميل BOD في kg/m^3.

$$160\ mg/L = \frac{160\ mg \times (1\ g/1000\ mg)}{1\ L \times (1\ m^3/1000\ L)}$$

$$= 160\ g/m^3 = 0.16\ kg\ /\ m^3$$

ثانياً : نحسب التحميل من اجل 6 - ساعات.

$$0.16\ kg/(d \cdot m^3) \times \frac{24\ h}{6\ h} = 0.64\ kg/(d \cdot m^3)$$

بالرجوع إلى الجدول (13-2-1) نجد أن نسبة تحميل BOD تتبع إلى الحمأة المنشطة التقليدية.

13-4. التفاعل البيوكيميائي

إن آلية إزالة المواد القابلة للتحلل في نظام النمو المعلق للبكتريا يعبر عنه إما بمعادلة الطاقة أو معادلة التنفس

$$\underset{\text{(CHONS)}}{\text{Organic matter}} + \underset{\text{(heterotrophic)}}{\text{bacteria}} + O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O + NH_4^+ + \underset{\text{(energy}}{\text{new cel}} \quad (1\text{-}4\text{-}13)$$

خلايا جديدة(طاقة) أمونيا بكتريا (هيتروتروفيك) مواد عضوية

(عضوية التغذية)

في المرحلة اللاحقة من المعالجة يتم تحويل الأمونيا في مياه الصرف إلى نترات واصطناع خلايا برتوبلاسما جديدة بواسطة بكتريا نوع اوتوتروفيس autotrophs (ذاتية التغذية)المعادلة (13-4-2)

$$NH_4^+ + O_2 + CO_2 + HCO_3 \xrightarrow[\text{Energy}]{\text{Bacteria}} NO_3^- + H_2O + H^+ \quad \underset{\text{(protoplasm)}}{\text{new cells}} \qquad (2\text{-}4\text{-}13)$$

أمونيا نترات خلايا جديدة،(برتوبلاسما)

أكسدة البروتوبلاسما هي عملية تحول إرجاعي مع تحطيم البروتوبلاسما وتحويلها لمركبات أولية (وتكون البكتريا قد ماتت) وهذا يدعى التنفس الذاتي(الباطني) (Endogenous respiration) كما في المعادلة (13-4-3) :

$$\text{Protoplasm} + O_2 \Rightarrow CO_2 + NH_3 + H_2O + \text{dead cells} \qquad (3\text{-}4\text{-}13)$$

13-5. مفهوم طريقة التصميم Process Design Concept

الحمأة المنشطة تستعمل بكثرة بشكلها التقليدي وبأشكال مختلفة أخرى. ويتضمن عوامل كثيرة هي التي تحدد مفهوم وشكل المعالجة مثل زمن المكوث الهيدروليكي (Hydraulic Retention Time)(HRT) ونوعية المياه والظروف البيئية كالحرارة والقلوية ونقل الأوكسجين.

ويستعمل حوض تهوية واحد أو أكثر لنظام المزج الكامل أو نظام الدفقات على أن تحقق حجوم الأحواض زمن المكوث اللازم والذي يمكن أن يتجاوز 24 ساعة.

في الماضي كان التصميم يعتمد بشكل رئيسي على حمل (BOD_5) (يبسط بشكل BOD)وزمن التهوية (HRT)، ولكن التصاميم الحالية للحمأة المنشطة تعتمد على الأبحاث وتعتمد بشكل رئيسي على (BOD_5) وعلى توازن الكتلة ونمو البكتريا، مع بناء نماذج مصغرة لإجراء التجارب (pilot studies) للحصول على معلومات تصميمية. ومرادفاً لهذه الدراسة يمكن

فرض تلوث معين في مياه صرف ثم المباشرة بوضع الحلول المناسبة بشكل تقريبي وذلك لإجراء المطابقة اللازمة.

13- 6. النماذج الرياضية في حساب الحمأة المنشطة

Process Mathematical Modeling

تم وضع عدد كبير من المبادئ لدراسة النمو المعلق تعتمد على معادلة النمو الحركي وذلك لتحديد حجم نظام النمو المعلق الذي سيتم شرحه فيما يلي:

13-6 -1. المزج الكامل مع تدوير

حوض التفاعل في المزج الكامل متجانس والكتلة الحيوية تبقى ثابتة ويحسب زمن المكوث الهيدروليكي الوسطي(HRT) ،θ بالشكل التالي. المعادلة (13 - 6 - 1 - 1):

$$\theta = V / Q \qquad (1 - 1 - 6 - 13)$$

θ : retention time زمن المكوث الهيدروليكي في حوض التهوية. d

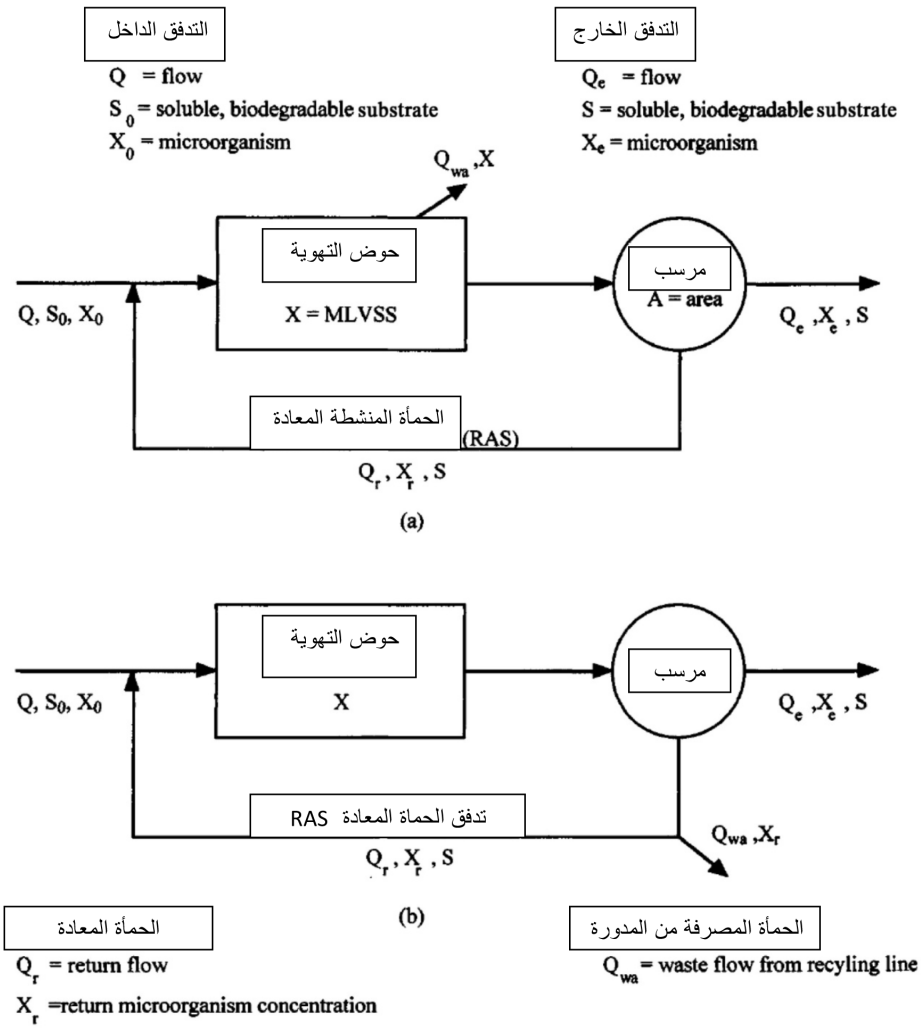
V : volume of aeration tank حجم حوض التهوية . m^3

Q : influent wastewater كمية مياه الصرف الداخلة لحوض التهوية. m^3/d

بالاطلاع على الشكل (13 - 6 - 1 - 1) نجد ما يسمى زمن المكوث الوسطي لحجز المواد الصلبة θ_c أو عمر الحمأة أو Sludge retention time (SRT) ويوجد لدينا حالتان: aوb

الشكل (13 - 6 - 1 - 1)

تمثيل رمزي للمعالجة بالحمأة المنشطة (الرموز مشروحة في الفقرة)



الحالة (a) : باعتبار جزء من الكتلة الحيوية تسحب من النظام (من حوض التهوية) فيعبر عن ذلك بالمعادلة التالية :

$$\theta_c = \frac{X}{(\Delta X/\Delta t)} \qquad (2 - 1 - 6 - 13)$$

$$\theta_c = \frac{VX}{Q_{wa}X + Q_eX_e} \qquad (3 - 1 - 6 - 13)$$

أي انه:

θ_c= كل الكتلة في حوض التفاعلSS ÷ معدل SSالمصرفة من النظام

θ_C = mean cell residence tim زمن الاحتفاظ بالحمأة أو المكوث الوسطي لحجز المواد الصلبة في حوض التهوية (أو عمر الحمأة أو SRT).(d).

χ = تركيز MLVSS، في حوض التهوية ، (mg/l).

$\Delta X/\Delta t$ = نمو الحمأة البيولوجية مع الزمن Δt ,((L.d)) / mg) .

Q_{Wa} = تدفق الحمأة خارج من حوض التهوية ،(m^3/d).

Q_e = تدفق المياه المعالجة ،(m^3/d).

χ_e = تركيز الأحياء الدقيقة (الكتلة الحيوية)(mg/l(vss))في مياه الصرف الخارجة من حوض التهوية

الحالة (b) : باعتبار جزء من الكتلة الحيوية تسحب من الحمأة المعادة من حوض الترسيب النهائي ويعبر عن ذلك بالمعادلة (13- 6 -1 -4) التالية:

$$Q_c = \frac{VX}{Q_{wr}X_r + Q_eX_e} \quad (4 - 1 - 6 - 13)$$

Q_{Wr} = تدفق الحمأة خارج من الحمأة المعادة(الحمأة الزائدة).(m^3/d).

X_r = تركيز الأحياء الدقيقة (الكتلة الحيوية) mg/l في الحمأة المعادة.

13-6-2. توازن الكتلة الحيوية وكتلة الطبقة المغذية Microorganism and substrate mass balance :

بالرجوع إلى المراجع ([1] ، [3]) يمكن التعبير عن توازن الكتلة الحيوية في حوض المعالجة بالمعادلة التالية.

$$V\frac{dX}{dt} = QX_0 + V(r'_g) - (Q_{wa}X + Q_eX_e \quad \textbf{(1-2-6-13)}$$

V = حجم حوض التهوية، (m^3).

dX/dt = نسبة التغير في تركيز الأحياء الدقيقة (الكتلة الحيوية (VSS) (mg/(L.m.^{3} d)).

Q = التدفق، (m^3/d).

X_O = تركيز الأحياء الدقيقة (الكتلة الحيوية) (VSS) في المياه الداخلة لحوض التهوية (mg/L).

X = تركيز الأحياء الدقيقة (الكتلة الحيوية) في حوض التهوية(mg/L).

r'_g= النسبة الصافية لنمو الكتلة الحيوية (VSS), (mg/(L.d)) .

والرموز الأخرى وردت في المعادلة السابقة.

النسبة الصافية لنمو الكتلة الحيوية r'_g يعبر عنها:

$$r'_g = yr_{su} - K_d x \qquad (2 - 2 - 6 - 13)$$

y = growth yield عامل إنتاج الكتلة الحيوية (النمو) الحد الأعلى نهاية منحني النمو اللوغاريثمي (mg/mg). أو(عامل الإنتاج الخلوي).

r_{su} = نسبة الغذاء المستفاد منه ((mg/(m^3. d))

k_d =عامل الاضمحلال /يوم أو(1/ t) أو(معدل موت البكتريا).

بتبديل المعادلة (13-6-2-2) بـ (13-6-2-1) نجد:

$$\frac{Q_{wa}X + Q_e X_e}{VX} = -Y\frac{r_{su}}{X} - k_c \qquad (3\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

نلاحظ أن الطرف الأيسر من المعادلة هو مقلوب المعادلة (13 - 6 - 3 - 1) أي مقلوب عمر الحمأة الوسطي θ_c منه:

$$\frac{1}{\theta_c} = -Y\frac{r_{su}}{X} - k_d \qquad (4\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

ويدعى $1 / \theta_c$ المعدل النوعي الصافي لنمو الكتلة الحيوية.

ويحسب r_{su} بالمعادلة التالية.

$$r_{su} = \frac{Q}{V}(S_0 - S) = \frac{S_0 - S}{\theta} \qquad \textbf{(5-2-6-13)}$$

حيث:

$S_o - S$ = مقدار الإفادة من المواد المغذية أو مقدار BOD المزال (mg/l) ،

S_o = تركيز الغذاء في المياه الداخلة إلى حوض التهوية (BOD_{inf}), (mg/l)

S = تركيز الغذاء في المياه الخارجة من حوض التهوية (BOD_{eff}), (mg/l)

θ : retention time زمن المكوث الهيدروليكي في حوض التهوية .(d)
من المعادلة (13 - 6 - 1 - 1) ،

$$\theta = V/Q$$

حساب الكتلة الحيوية في حوض التهوية:

بتبديل (13-6-2-5) في (13-6-2-4) نحصل على تركيز الكتلة الحيوية في حوض التهوية.

$$X = \frac{\theta_c Y(S_0 - S)}{\theta(1 + k_d\theta)} = \frac{\mu_m(S_0 - S}{k(1 + k_d\theta)} \qquad (6\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

منه بحل المعادلة باعتبار المعادلة (13 - 6 - 1 - 1) نحصل على حجم حوض التهوية m^3.

$$V = \frac{\theta_c Q Y(S_0 - S)}{X(1 + k_d\theta_c)} \qquad (7\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

وكذلك تركيز الغذاء(BOD_{eff}) في المياه الخارجة يمكن حسابه من معادلة التوازن بالمعادلة التالية.

$$S = \frac{K_s(1 + \theta_c k_d)}{\theta_c(Yk - k_d) - 1} \qquad (8\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

حيث:

S = تركيز المواد الغذائية المنحلة المطروحة مع مياه الصرف (Soluble BOD_5 المنحل mg/L) (يضاف إليه BOD_5 من SS النهائي للحصول على BOD_5 الكلي) .

K_S = ثابت التركيز الغذائي والموافق لنصف معدل النمو الاعلى. (mg/l)

K = نسبة الاستخدام الأعظم لوحدة الكتلة الحيوية.

بقية الرموز ذكرت سابقاً.

المجال النموذجي للعوامل الحركية البيولوجية (Kinetic Coefficients) للحمأة المنشطة لمياه الصرف الصحي تعطى في الجدول (13-6-2-1) التالي. عندما نحصل على العامل من الجدول يمكن استعمال المعادلات (13-6-2-6) و(13-6-2-8) ومنه يمكن أن نتنبأ بكثافة الكتلة الحيوية وتركيز BOD_{eff} المنحل كما انه يمكن تقييم التأثيرات المختلفة على محطة المعالجة.

الجدول (13-6-2-1)
المجالات النموذجية للعوامل الحركية البيولوجية
للحمأة المنشطة لمياه الصرف الصحي*

المعامل	المجال	القيمة النموذجية
K، /d	20-11	5
k_d، /d	0.075-0.025	0.06
K_s، mg/L BOD_5	100 -25	60
mg/L COD	70-15	40
Y،mg VSS/mg BOD_5	0.8-0.4	0.6

من [1] ,Techobanoglous and Schroeder (1985), [3], heterotrophic kinetics

ولم يؤخذ في الاعتبار العوالق الصلبة suspended solids في المياه الداخلة.

بسبب موت جزء من البكتريا أثناء وجودها في المنظومة يكون عامل الإنتاج الخلوي الصافي (y_{obs}) اقل من معدل الإنتاج الخلوي (y) بسبب استهلاك المواد العضوية BOD_5.

بتعويض المعادلة (13-6-2-6) بالمعادلة (13-6-2-2) والقسمة على (S_0-S) في معادلة r_{su} نحصل على عامل الإنتاج الخلوي الصافي مع التدوير.

$$Y_{obs} = Y / 1 + K_d\ \theta_c \quad (\theta_{ct} \text{ أو}) \qquad (13\text{-}6\text{-}2\text{-}9)$$

y_{obs} = عامل الإنتاج الخلوي الصافي مع التدوير،mg/mg

θ_{ct} = زمن الاحتفاظ بالحمأة الوسطي في النظام معتمداً على المواد الصلبة (الكتلة الحيوية) في حوض التهوية وحوض الترسيب الثانوي (d)

تأثير درجة الحرارة

معدل التفاعل يتأثر بدرجة الحرارة فزيادتها تزيد من فعالية المعالجة البيولوجية فتزداد عدد البكتريا وكذلك فإن لها تأثير آخر هو زيادة نسبة نقل الغازات وطريقة الترسيب، ويعبر عن تأثير درجة الحرارة في نسبة التفاعل باستعمالنا المعادلة التالية.

$$K_t = K_{20}\,\theta^{T-20} \qquad (10 - 2 - 6 - 13)$$

وتتراوح θ (1.02 - 1.25) عامل تعديل درجة الحرارة(ويمكن أخذها 1.035للحالات التقريبية).

K_{20}. عامل معدل التفاعل في الدرجة 20^{o}.

K_T. عامل معدل التفاعل في الدرجة C^{o} , T .

θ. عامل فعالية درجة الحرارة .

T . درجة الحرارة، C^{o}.

طريقة التصميم :

إن استعمال المعادلات السابقة لتوقع BOD_5 في المياه المصرفة معقد لتعدد العوامل اللازم معرفتها وبشكل عملي نعود إلى العلاقة (13-6-4-2)، فيمكن التعبير عن العبارة r_{su} / X - بأنها نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة وبتطبيق ذلك في المعادلة (13-6-2-5).

$$U = -\frac{r_{su}}{X} \qquad (11\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

وتدعى (المعدل النوعي لاستخدام الغذاء) ، the specific substrate utilization rate، u أو(المعدل النوعي للنمو)، (1/t).

$$U = \frac{Q(S_0 - S)}{VX} = \frac{S_0 - S}{\theta X} \qquad (12\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

وبالتعويض في المعادلة (13-2-6-4) فتصبح المعادلة.

$$\frac{1}{\theta_c} = YU - k_d \qquad (13\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

$1/\theta_c$ المعدل النوعي لنمو الكتلة الحيوية الصافي مرتبطة مباشرةً بـ U المعدل النوعي لاستخدام الغذاء، في المزج الكامل، الحمأة يمكن أن تسحب من **حوض التهوية أو من دارة تدوير الحمأة** فإذا تم سحب الحمأة من الحوض وتم إهمال الحمل العضوي في مياه المخرج $Q_eX_e = 0$ فالمعادلة (13-2-6-13) تكتب:

$$\theta_c \approx \frac{VX}{Q_{wa}X} \qquad (13\text{-}2\text{-}6\text{-}14)$$

$$Q_{wa} \approx \frac{V}{\theta_c} \qquad (13\text{-}2\text{-}6\text{-}15)$$

ويكون جزء الحمأة المصرفة من خط الحمأة المعادة تقريباً.

$$Q_{wr} = \frac{VX}{\theta_c X_r} \qquad (13\text{-}2\text{-}6\text{-}16)$$

حيث :

X_r التركيز(mg/L) في الحمأة المعادة.

وبشكل عملي تعتبر نسبة (F/M) التي تتبع (المعدل النوعي لاستخدام الغذاء) u بعامل E كما في المعادلات التالية:

$$\mathrm{F/M} = \frac{S_0}{\theta X} = \frac{QS_0}{VX} = \frac{\text{mg BOD}_5/\text{d}}{\text{mg MLVSS}} \qquad (13\text{-}2\text{-}6\text{-}17)$$

$$U = \frac{(\mathrm{F/M})E}{100} \qquad (13\text{-}2\text{-}6\text{-}18)$$

والقيمة E تحدد كفاءة المعالجة:

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 \qquad (13\text{-}2\text{-}6\text{-}19)$$

حيث:

E=(كفاءة) مردود المعالجة % process efficiency،

S_o= تركيز الحمولة العضوية الداخلة (المغذيات الداخلة لحوض التهوية)، mg/L ،Influent substrate concentration.

S= تركيز الحمولة العضوية الخارجة (المغذيات الخارجة) Effluent substrate concentration، mg/L.

إنتاج الحمأة Sludge production:

إن كمية الحماة المنتجة (الزائدة) في اليوم هامة لتصميم منشآت ومعدات محطة المعالجة وتحسب كما يلي :

$$P_X = Y_{obs}\, Q(S_0 - S) / (1000\ g/kg) \qquad (20\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

P_X = كمية الحمأة المصرفة الصافية Kg/d (VSS)

Y_{obs} = عامل الإنتاج الخلوي الصافي g/g

Q = Influent wastewater flow التدفق الداخل إلى محطة المعالجة m^3/d

S_o = تركيز BOD_5 في المياه الداخلة mg/l

S = تركيز BOD_5 في المياه الخارجة mg/l

الاحتياج الأوكسجيني اللازم لحوض التهوية:

الاحتياج الأوكسجيني اللازم في حوض المعالجة بالحمأة المنشطة يعتمد على BOD_5 وعلى الأحياء الدقيقة المطروحة من النظام. والتفاعل الكيميائي الحاصل في حوض التهوية يعبر عنه بالمعادلة التالية:

$$C_5H_7NO_2 + 5O_2 \rightarrow 5CO_2 + 2H_2O + NH_3 + energy \qquad (21\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

113 5x32 = 160

خلايا عضوية

1 1.42

المعادلة تفترض BOD_U (BOD النهائي) لأجل 1 مول من الخلايا العضوية يحتاج إلى 1.42 =(160/113) مول أوكسجين .

كمية الأوكسجين **النظرية** اللازمة لإزالة المركبات العضوية الكربونية في طريقة الحمأة المنشطة .(من [3] ، [1])

$$O_2/d = BOD_U - 1.42(p_x) \qquad (22\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

(كتلة الحمأة المصرفة P_x) 1.42 - كتلة BOD_U المستعملة الكلية = كتلة الأوكسجين O_2/d

منه:

$$\text{kg } O_2/\text{d} = \frac{Q(S_0 - S)}{(1000 \text{ g/kg})f} - 1.42P \qquad (23\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

$$\text{kg } O_2/\text{d} = \frac{Q(S_0 - S)}{1000 \text{ g/kg}}\left(\frac{1}{f} - 1.42Y_{obs}\right) \qquad (24\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

f = عامل تحويل BOD_5 إلى BOD_U

بقية الرموز ذكرت سابقاً

ملاحظة : تحتاج البكتريا أثناء الأكسدة البيولوجية للمواد العضوية في حوض التهوية إلى مرحلتين:

1. الأوكسجين اللازم للمرحلة الكربونية (الاحتياج الأوكسجيني الكربوني، تفكيك المركبات العضوية الكربونية (carbonaceous oxygen demand) وهو BOD_5الكربوني.

2. الأوكسجين اللازم للمرحلة النتروجينية nitrogenous oxygen demand وهو إزالة BOD_5 النتروجيني وتحويلها إلى نترات ونتريت.

وعندما نريد تحقيق إزالة المرحلة الكربونية والنيتروجينية فالأوكسجين اللازم الكلي:

$$\text{kg } O_2/\text{d} = \frac{Q(S_0 - S)}{1000 \text{ g/kg}}\left(\frac{1}{f} - 1.42\ Y_{obs}\right) + \frac{Q(N_0 - N)}{1000 \text{ g/kg}} \quad (25\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

حيث:

N_0 = تركيز النتروجين بتجربة كيلدال (total kjeldahl nitrogen) في مياه الصرف الداخلة لحوض التهوية mg/L.

N = تركيز النتروجين بتجربة كيلدال (total kjeldahl nitrogen) في مياه الصرف الخارجة من حوض التهوية mg/L.

- الاحتياج الأوكسجيني عموما يعتمد على BOD_5 في ساعة الذروة ويعتمد على MLSS ودرجة المعالجة المطلوبة.

معدات التهوية يجب أن تكون قادرة على الحفاظ على الأوكسجين المنحل بحيث يكون أكبر من 2mg / L في المزيج المعلق mixed liquor، طوال الوقت مع تأمين المزج المناسب.

- الاحتياج العادي للأوكسجين لكل أنظمة المعالجة بالحمأة المنشطة (عدا التهوية المديدة) هي حوالي (1.1kg) أوكسجين لكل 1 BOD ويعادل (93.5 $م^3$ من الهواء) لكل /ا/ كغ للتصميم من أجل حمولة الذروة BOD_5. في الظروف النظامية من الضغط والحرارة والرطوبة نأخذ (94) $م^3$ من الهواء لكل /ا/ كغ BOD_5. من[3]

- في طريقة الحمأة المنشطة التهوية المديدة الاحتياج الأوكسجيني العادي هي (128 $م^3$) لكل /ا/ كغ BOD_5.

- عندما يكون F/M اكبر من ($0.3\ d^{-1}$) تكون كمية الهواء للحمأة المنشطة التقليدية (33-55)م^3 لكل /l/ كغ BOD_5 مع استعمالنا الفقاعات الخشنة (coarse bubble) في معدات توزيع الهواء (Diffusers) ، وتكون كمية الهواء من (24-36) م^3 لكل /l/ كغ BOD_5 مزال وذلك إذا استعمالنا الفقاعات الناعمة (Fine bubble) في معدات توزيع الهواء (Diffusers).

- **عندما تكون F/M أصغر من ($0.3d^{-1}$) ولتحقيق النترجة تكون كمية الهواء للحمأة المنشطة التهوية المديدة prolonged aeration (75 - 115)م^3 لكل /l/ كغ BOD_5 مزال.**

- **وبشكل عملي تتراوح كمية الهواء اللازم لمعالجة 1 م^3 من مياه الصرف المنزلي بطريقة الحمأة المنشطة (3.75 - 15)م^3 هواء لكل 1 م^3 مياه صرف مع رقم نموذجي ($7.5m^3/m^3$).**

المراجع [2] و [3] و (GLUMRB 1996)

مثال1.

صمم حوض معالجة بالحمأة المنشطة ،المزج الكامل بالمعطيات التالية:

التدفق الوسطي التصميمي (Average design flow) = $0.32m^3/s$

تدفق الذروة التصميمي (Peak design flow) = $0.8\ m^3/s$

BOD_5 للمياه الخام (Raw wastewater BOD_5) = 240 mg / L

TSS للمياه الخام (Raw wastewater TSS) = 280 mg/L

BOD_5 للمياه بعد المعالجة (Effluent BOD_5) ≤ 20 mg / L

TSS للمياه بعد المعالجة (Effluent TSS) ≤ 20 mg / L

درجة حرارة المياه = 20 ° C

بارامترات التشغيل Operational parameters والعوامل البيولوجية الحركية:

- عمر الحمأة Design mean cell residence time= 10 يوم

- MLVSS = 2400 mg/L (يمكن أن تُؤخذ 3600 mg/L)

- VSS/TSS = 0.8

- تركيز SS في الحمأة الراجعة (RAS) = 9300 mg/L

- Y = 0.5 mg / L

- K_d = 0.06 d

- BOD_5 /ultimate BOD_U = 0.67

أفرض مايلي:

- نسبة الإزالة في حوض الترسيب الأولي الموجود قبل حوض التهوية: (BOD_5 بنسبة 33 %) و(TSS بنسبة 67 %).

- الوزن النوعي للحمأة الأولية 1.05 كما أن الحمأة تحوي(4.4 %) مواد صلبة .

- استهلاك الأوكسجين(1.42mg) لكل mg خلايا مؤكسدة .

الحل.

الخطوة 1. احسب حمل BOD_5 و TSS.

- التدفق التصميمي Q : $Q = 0.32\ m^3/s \times 86{,}400\ s/d$

$= 27{,}648\ m^3/d$

لأن : $1mg/L = 1\ g/m^3 = 0.001\ kg/m^3$

- حمل BOD_5:

BOD loading = 0.24 kg/m^3 x 27،648 m^3/d = 6636 kg/d

- حمل TSS:

TSS loading = 0.28 kg/m^3 x 27،648 m^3/d

= 7741 kg/d

الخطوة 2. احسب خصائص الحمأة الأولية

- حمل BOD_5 وTSS المزال في حوض الترسيب الأولي:

BOD removed = 6636 kg/d x 0.33 = 2190 kg/d

TSS removed = 7741 kg/d x 0.67 = 5186 kg/d

الوزن النوعي للحمأة = 1.05

تركيز المواد الصلبة في الحمأة = 4.4 % = 0.044 kg/kg

منه تدفق الحمأة الناتجة باعتبار الوزن النوعي:

Sludge flow rate = (5186 Kg/d) / 1.05 x 1000 Kg / m^3 x 0.044 Kg/Kg

= 112m^3/d

أو يمكن أن نقول 4.4 % = 44 كغ/م^3 في الحماة،

منه 5186 ÷ 44 x 1.05 = 112.25 م ^{3} / يوم

الخطوة 3. احسب الحمل الجديد لكل من BOD_5 وTSS في مياه الصرف الخارجة من حوض الترسيب الأولي

- تدفق المياه الخارج من حوض الترسيب.

التدفق = 27,648 m^3 / d - 112 m^3 / d

= 27،536 m^3/d

- منه يحسب حمل BODالمتبقي. BOD = 6636 kg/d - 2190 kg/d

= 4446 kg/d

4446 Kg/d x 1000 g/Kg /27,536 m^3 / d

= 161.5 g/m^3

BOD = 161.5 mg/L

- ومنه يحسب حمل TSSالمتبقي. TSS = 7741 kg/d - 5186 kg/d

= 2555 kg/d

2555 kg/d x 1000 g/kg / 27,536 m^3 /d

= 92.8 g/m^3

TSS = 92.8 mg/L

الخطوة 4. احسب BOD_5 المنحل في المياه الخارجة BOD_{eff} مستعملاً العلاقات التالية:

BOD_{eff} = { BOD في المواد الصلبة المعلقة SS في المياه المصرفة المعالجة + BOD المنحل في المياه المصرفة (S)}

a- حدد BOD_5 من SS في مياه الصرف الخارجة.

المواد الصلبة القابلة للتحلل في المياه الخارجة (effluent).

Biodegradable effluent solids = 24 mg/L x 0.63 = 15.1 mg/L

Ultimate BOD_U : من المواد الصلبة القابلة للتحلل في المياه الخارجة (effluent) يحسب :

Ultimate BOD_U =15.1 mg/L x 1.42 mg O_2/mg cell

BOD_U = 21.4 mg/L

BOD_5 = 0.67 x 21.4 .mg/L = 14.3 mg/L

b - احسب BOD_{eff} المنحل في المياه المصرفة S .

S + 14.3 mg/L =20 mg/L

S = 5.7 mg/L

الخطوة 5. احسب كفاءة المعالجة مستعملاً العلاقة (13-6-2-19).
وكذلك بالرجوع إلى العلاقة (13-6-2-8)

$$E = \frac{S_0 - S}{S_0} \times 100 = \frac{(161.5 - 5.7\ \text{mg/L}) \times 100\%}{161.5\ \text{mg/L}}$$

= % 96.5

- احسب كفاءة المعالجة للمحطة كاملة متضمناً وجود حوض الترسيب الأولي .

$$E = \frac{(240 - 20)\ \text{mg/L} \times 100}{240\ \text{mg/L}}$$

= %91.7

الخطوة 6. احسب حجم المفاعل مستعملاً المعادلة (13-6-2-7).

$$V = \frac{\theta_c Q Y (S_0 - S)}{X(1 + k_d \theta_c)}$$

θ_C =10 d

Q = 27.536 m^3/d

Y = 0.5 mg/mg

S_0 = 161.5 mg/L (من المرحلة 3)

S = 5.7 mg / L (من المرحلة 4b)

X = 2400 mg/L

k_d = 0.06 d^{-1}

$$V = \frac{(10\ \text{d})(27{,}536\ \text{m}^3/\text{d})(0.5)(161.5 - 5.7)\ \text{mg/l}}{(2400\ \text{mg/L})(1 + 0.06\ \text{d}^{-1} \times 10\ \text{d})}$$

V = 5586 m^3

الخطوة 7. حدد أبعاد أحواض التهوية باعتبار وجود 4 أحواض مستطيلة الشكل مع ارتفاع 4.4 م و0.6 م مسافة حرة، واستعمل نسبة الطول إلى العرض 1:2 بفرض العرض W.

w x 2w x (4.4 m) x 4 = 5586 m^3

w=12.6 m

الطول= 25.2 m

ارتفاع حوض التهوية = ارتفاع الماء + المسافة الحرة =4.4+0.6=5متر

ملاحظة: - ارتفاع حوض التهوية يجب أن يكون من(3-9)م .(من Ten States Standards)

- حجم الحوض سيكون صغيراً إذا أخذنا MLVSS كبيرة.

الخطوة 8. احسب نسبة الحمأة المصرفة مستعملاً العلاقة.

$$\theta_C = VX/(Q_{Wr}\ X_r + Q_e\ X_e) \qquad (4\text{-}1\text{-}6\text{-}13)$$

وبفرض $V = 5586\ m^3$ و $VSS = 0.8\ SS$

$$X_r = 2400 / 0.8 = 3000\ mg/L$$

$$10\ d = \frac{(5586\ m^3)(2400\ mg/L)}{Q_{wa}(3000\ mg/L) + (27{,}536\ m^3/d)(24\ mg/L \times 0.8)}$$

$$Q_{wa} = 270\ m^3/d$$

الخطوة 9. احسب كمية الحمأة التي يجب صرفها يومياً.

a . احسب عامل الإنتاج الخلوي من المعادلة.

$$Y_{obs} = \frac{Y}{1 + K_d\theta_c} = \frac{0.5}{1 + 0.06 \times 10}$$

$$= 0.3125$$

b . احسب الزيادة في كتلة MLVSS من المعادلة (13-6-2-20).

P_X = كمية الحمأة المصرفة الصافية (VSS) Kg/d .

$$P_X = Y_{obs}\ Q(S_0 - S) / (1000\ g/kg)$$

$$=(0.3125 \times 27{،}536\ m^3/d \times (161.5 - 5.7)\ g/m^3) \div 1000\ g/kg$$

$$= 1341\ kg/d$$

c . احسب الزيادة في كتلة MLSS أو (TSS), P_{ss}.

$$p_{ss} = 1341\ kg/d \div 0.8$$

$$= 1676\ kg/d$$

d . احسب (TSS) ، الفاقد في التدفق المصَرف (P_e).

$$P_e = (27,536 - 270)\ m^3/d \times 24\ g/m^3 \div 1000\ g/kg$$

$$= 654\ kg/d$$

ملاحظة : نسبة الحمأة في التدفق المصرف اقل من الخطوة 8.

e. احسب الكمية الحقيقية الواجب طرحها من الحمأة الذائدة SAS.

$$\text{الحمأة المصرفة} = p_{ss} - p_e$$

$$= 1676\ kg/d - 654\ kg/d$$

$$\mathbf{= 1022\ kg/d}$$

الخطوة 10. احسب نسبة الحمأة الراجعة مستعملاً توازن الكتلة واستعمل VSS,Q , Q_r في حساب تدفق RAS .

$$\text{VSS في المفاعل} = 2400\ mg/L$$

$$\text{VSS في الحمأة الراجعة RAS} = 9300\ mg/L \times 0.8 = 7,440\ mg/L$$

$$2400\ (Q + Q_r) = 7440\ Q_r$$

$$\mathbf{r = Q_r / Q = 0.47}$$

$$Q_r = 0.47 \times 27,536 m^3/d$$

$$\mathbf{RAS = 13,112\ m^3 / d \longrightarrow 0.152 m^3 / s}$$

الخطوة 11. دقق زمن الحجز الهيدروليكي (θ = HRT).

$$\theta = V/Q = 5586\ m^3/(27،536\ m^3/d)$$

= 0.203 d x 24 h/d = 4.87 h

ملاحظة : المجال المرجعي (5-15) ساعة.

الخطوة 12. دقق F/M مستعملاً U.

$$U = \frac{S_0 - S}{\theta X} = \frac{161.5\ \text{mg/L} - 5.7\ \text{mg/L}}{(0.203\ \text{d})(2400\ \text{mg/L})}$$

$$= 0.32\ \text{d}^{-1}$$

الخطوة 13. دقق الحمل العضوي وكتلة BOD_U.

التحميل Loading

$$= \frac{QS_0}{V} = \frac{27{,}536\ \text{m}^3/\text{d} \times 161.5\ \text{g/m}^3}{5586\ \text{m}^3 \times 1000\ \text{g/kg}} = 0.80\ \text{kg BOD}_5/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$$

$$BOD_u = 0.67\ BOD_5$$

حيث BOD_5 : المفترض، BOD_u .

$$BOD_u = Q(S_0 - S)/0.67$$

$$= \frac{27{,}536\ \text{m}^3/\text{d} \times (161.5 - 5.7)\ \text{g/m}^3}{0.67 \times 1000\ \text{g/kg}}$$

= 6403 kg/d

الخطوة 14. احسب الاحتياج الأوكسجيني النظري Theoretical oxygen requirements.

الاحتياج الأوكسجيني النظري.

$$O_2/d = BOD_U - 1.42(p_x)$$

O_2/d كتلة الأوكسجين = BOD_u - 1.42 (P_x كتلة الحمأة المصرفة)

(من الخطوة 9b) 1341 x 1.42 - (من الخطوة 13) 6403Kg/d =

$$O_2 / d = 4499 \text{ Kg} / d$$

الخطوة 15. احسب حجم الهواء اللازم.

افتــرض وزن الهــواء 1.202 Kg/m^3- ويحــوي 22,3 % أوكســجين - وكفــاءة أجهزة التهويــة 8 % - وعامل الأمان 2 يســتعمل لتحديد الحجم الحقيقي لمضخات الهواء(نافخات الهواء) (Blowers).

a - حجم الهواء النظري اللازم Theoretical air required.

$$= \frac{4499 \text{ kg/d}}{1.202 \text{ kg/m}^3 \times 0.232 \text{ g } O_2/\text{g air}}$$

$$= 16{،}200 \text{ m}^3/\text{d}$$

b - حجم الهواء الحقيقي اللازم Actual air required باعتبار 8 % كفاءة نقل الأوكسجين.

حجم الهواء = 16.200 m^3/d ÷ 0.08

~ 202,000 m^3/d =8416 m^3/h= 140 m^3/min

c - نصمم الهواء اللازم بأخذ عامل أمان 2.

حجم الهواء مع الأمان =140 m^3/min x 2 = 280 m^3/min=16875 m^3/h

الخطوة 16. احسب حجم الهواء لكل 1 كغ BOD_5 مزال ولوحدة حجم من مياه الصرف ولوحدة حجم من حوض التهوية.

a. كمية تزويد الهواء لكل 1 BOD_5.

$$= \frac{202{,}000 \text{ m}^3/\text{d} \times 1000 \text{ g/kg}}{17{,}536 \text{ m}^3/\text{d} \times (161.5 - 5.7) \text{ g/m}^3}$$

= 47.1 m^3 هواء / kg BOD_5

b. حجم الهواء لكل 1 $م^3$ من مياه الصرف.

حجم الهواء لكل 1 $م^3$ مياه صرف = (202,000m^3/d) / 27,536 m^3/d

من مياه الصرف m^3 / m^3 7.34 = كمية الهواء

c. حجم الهواء لكل 1 m^3 من حجم حوض التهوية .

حجم الهواء / 1 $م^3$ من حوض التهوية =(202,000 m^3/d) / 5586m^3

من حوض التهوية m^3 / m^3 36.2 =حجم الهواء

مثال 2.

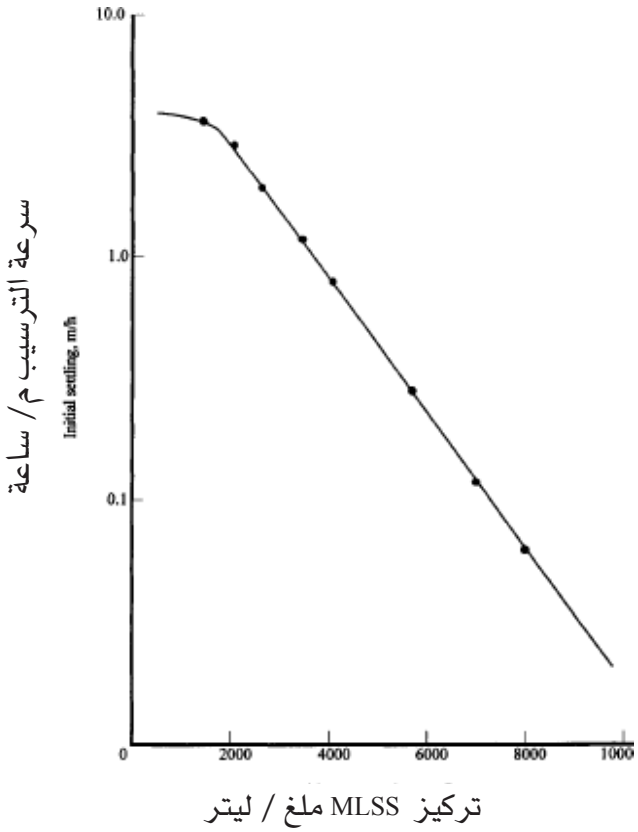
صمم حوض ترسيب ثانوي مستعملاً المعطيات الواردة في المثال 1 ومن نتائج تجارب ترسيب MLSS على مشروع رائد (تجريبي) (pilot plant) وفق الدراسة التالية:

MLSS، mg/L	1200	1800	2400	3300	4000	5500	6800	8100
سرعة الترسيب m/h	4.1	3.1	2.1	1.2	0.77	0.26	0.13	0.06

الحل:

الخطوة 1. نرسم المنحني بين سرعة الترسيب وMLSS على ورق لوغاريثمي الشكل (13-6-2-1).

الشكل(13-6-2-1)
العلاقة بين سرعة ترسيب الندف وMLSS



الخطوة 2. من علاقة المنحني نحصل على نقاط أخرى بين سرعة الترسيب وMLSS نضع النتائج في عمودين 1-2 ونضرب كل رقمين متقابلين فنحصل على العمود 3 ويدعى جريان المواد الصلبة بوحدة المساحة Solids-flux (SF).

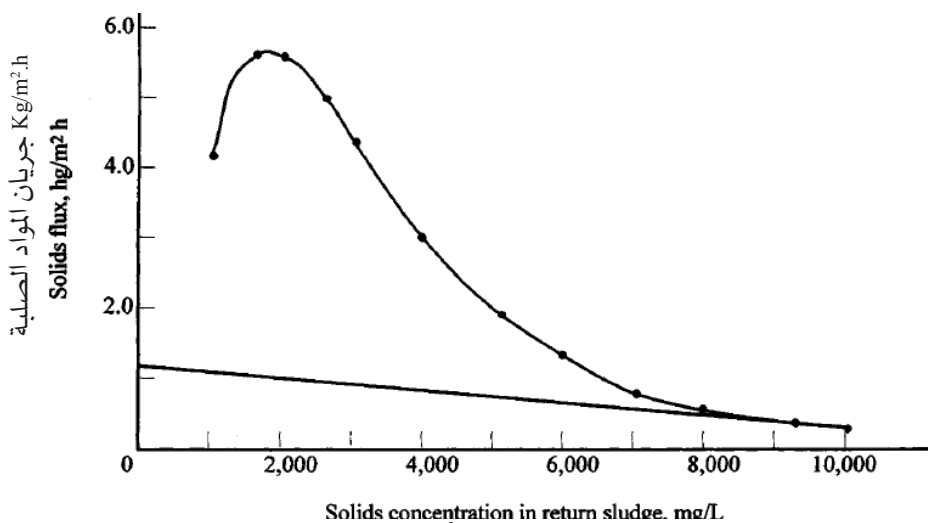
flux : من [12](Flowrate per unit area): الجريان بواحدة المساحة.

وبرسم منحني بين MLSS ومعطيات العمود 3 نحصل على منحني جريان المواد الصلبة لكل م^2 الشكل(13-6-2-2).

MLSS (X)mg/L-g/m^3	V1m/h	SF=X.V1kg / (m^2.h)
1000	4.2	4.2
1500	3.7	5.55
2000	2.8	5.6
2500	2	5
3000	1.5	4.5
4000	0.76	3.04
5000	0.76	3.04
6000	0.22	1.32
7000	0.105	0.74
8000	0.062	0.5
9000	0.033	0.3

الشكل (13 -6 -2 -2)

العلاقة بين تركيز الحمأة المعادة وتحميل المواد الصلبة على م^2



تركيز المواد الصلبة في الحمأة الراجعة Mg/L

الخطوة 3. ما هي حدود تدفق المواد الصلبة (SF) ل9300 ملغ/ليتر.

الطريقة هو أن نختار تركيز الحمأة المعادة (9300 ملغ/ليتر) ونرسم منها مماس فنحصل على التحميل (1.3 Kg / m^2 .h)

وهو المطلوب

$$SF=1.3\ kg/(m^2 . h) = 31.2\ kg/(m^2 . d)$$

الخطوة 4. احسب التدفق التصميمي إلى حوض الترسيب الثانوي .Q

من الخطوة 8 و10 من المثال السابق:

Q= ADV التدفق الوسطي + الحمأة الراجعة - MLSS المصرف

$$= (27,563 + 13,112 - 270)\ m^3/d$$

$$= 40,405\ m^3/d = 0.468\ m^3/s$$

نختار حوضي ترسيب ثانوي فيكون التدفق الداخل لكل حوض 20,200 (m^3/d).

الخطوة 5. احسب المساحة A لحوض الترسيب والقطر d بافتراض لدينا 2 حوض ترسيب.

نأخذ المعادلة التالية الخاصة بهذه الطريقة:

$$A=QX/SF \qquad (26\text{-}2\text{-}4\text{-}13)$$

A = مساحة حوض الترسيب الثانوي m^2

Q = كمية المياه الداخلة إلى حوض الترسيب الثانوي m^3/h

X = تركيز MLSS kg/m^3 لحوض التهوية

SF = حدود جريان المواد الصلبة $kg/(m^2.h)$

من المعادلة (13-6-2-23).

$$Q \sim 20{,}200\ m^3/d = 841.7\ m^3/h$$

$$MLSS = (2400/\ 0.8)\ mg/L = 3\ kg/m^3$$

$$SF = 1.3\ Kg\ (m^2.h)$$ (من الخطوة 3)

$$A = QX\ /\ SF = 841.7x3/\ 1.3 = 1942m^2$$

$$A = 1942\ m^2 \longrightarrow d = 50m$$

الخطوة 6. دقق نسبة التحميل السطحي في التدفق الوسطي لنفس المعطيات.

$$Q/A = 20{,}200\ /\ 1942 = 10.4\ m^3/(m^2.d)$$

نلاحظ أنها اصغر من $15m^3/(m^2.d)$ (ضوابط تصميم حوض الترسيب النهائي) وهي ستأتي لاحقاً

الخطوة 7. احسب سرعة الترسيب من التحميل السطحي.

$$Q/A = 10.4\ m^3/(m^2\ .\ d) = 0.433\ m/h$$

ملاحظة: بالعودة إلى الشكل (13-6-2-1) نجد أنه من السرعة (0.433m/h) تعطي MLSS (4700mg/L) وبما أن MLSS التصميمي هو 2400 فهذا يعني انه يوجد مساحة كافية لتحقيق الترسيب.

الخطوة 8. تحقق من التحميل السطحي في تدفق الذروة بحيث تدفق الذروة $Q_p = 0.8m^3/s$

$$Q_{peak} = Q_P +$$ الحمأة الراجعة

Peak flow = 0.80 m^3/s x 86،400 s/d + 13,122 m^3/d =
82,232 m^3/d تدفق الذروة

التحميل = 82232 / 1942x2 = 21.2 m^3 / (m^2.d)

الخطوة 9. احسب نسبة تدوير الحمأة ∝ للحفاظ على تركيز 3000 MLSS mg / L في حوض التهوية.

- من معادلة التوازن.

$$(Q + Q_r) \times 3000 = QX + Q_r X_u$$

بحيث:

Q = التدفق الداخل (m^3/d)

Q_r = تدفق التدوير (m^3/d)

X = SS في المياه الداخلة (mg/L)

X_U = SS تركيز الحمأة المعادة (mg/L)

∝ = نسبة التدوير

$$Q(3000 - X) = Q_r (X_u - 3000)$$

$$\propto = Q_r / Q = 3000 - X / X_u - 3000$$

وعندما X_U = 9300 mg/L

- من مثال 1 في الخطوة 3 نجد TSS للمياه الداخلة mg/L(93 ~ 92.8)
ومن الخطوة 10 نجد:

$$\propto = Q_r / Q = 3000 - 93 / 9300 - 3000 = 0.46$$

الخطوة 10. احسب العمق اللازم لمنطقة تكثيف الحمأة في حوض الترسيب.

إن العمق الكلي لحوض الترسيب النهائي هو مجموع (المنطقة اللازمة للترسيب + منطقة التكثيف + منطقة التخزين)

*ولحساب منطقة التكثيف وتحت الظروف العادية للمحطة يكون عادةً 30 % من المواد الصلبة من حوض التهوية هي في حوض الترسيب وتركيز المواد الصلبة في منطقة الحمأة 7000 mg / L، ومحطة المعالجة لديها 4 أحواض تهوية و2 حوض ترسيب ثانوي.

* [1]

a - احسب تركيز المواد الصلبة في كل حوض تهوية.

$$MLSS = 3000\ mg/L = 3.0\ kg/m^3$$

كمية المواد الصلبة في كل حوض تهوية:

$$= 3.0\ kg/m^3 \times 4.4\ m \times 12.6\ m \times 25.2\ m = 4191\ kg$$

b - احسب كتلة المواد الصلبة في كل مرسب.

$$= 4191\ kg \times 0.3 \times 2 = 2515\ kg$$

c - احسب عمق منطقة الحمأة.

العمق= الكتلة÷(التركيز × المساحة)

$$(2525\ kg \times 1000\ g/kg)/(1924\ m^2 \times 7000\ g/m^3) = 0.19m \sim 0.2m$$

الخطوة 11. احسب حيز خزان تجميع الحمأة (عمق الخزان)، هذا الحيز هو لتجميع الحمأة الزائدة في فترات تدفق الذروة ، أو في الفترات التي لا تستطيع معدات الحمأة إدارة وضبط كمية الحماة فنحتاج إلى خزان خاص

افترض: - حجم الخزان يستوعب 2 يوم.

- افترض تدفق الذروة 2.5 من التدفق الوسطي ADF .

- حمل دائم لمدة 7 أيام ويعادل 1.5(BOD)الوسطي.

a - احسب المواد الصلبة الكلية القابلة للتطاير مع BOD المحقق مستعملا المعادلة:

$$P_x = Y_{obs}\, Q(S_0 - S) / (1000\ g/kg)$$

$$Q = 2.5\ (0.32\ m^3/s) = 0.8\ m^3/s = 69{,}120\ m^3/d$$

$$S_0 = 161.5\ mg/L \times 1.5 = 242\ mg/L$$

$$S = 5.7\ mg/L \times 1.5 = 9\ mg/L$$

$$p_x = 0.3125 \times 69{,}120\ m^3/d \times (242 - 9)\ g/m^3 \div (1000\ g/kg) = 5033\ kg/d$$

b - احسب كتلة المواد الصلبة لمدة 2 يوم.

$$= 5033\ kg/d \times 2\ d \div 0.8 = 12580\ kg$$

c - احسب المواد الصلبة المخزنة في كل مرسب.

$$= 12{,}580\ kg \div 2 = 6290\ kg$$

d - احسب كمية المواد الصلبة الكلية المخزنة في كل مرسب من الخطوة (10b).

الصلبة الكلية = 6290 Kg + 2515 Kg = 8805 Kg

احسب العمق اللازم للحمأة في المرسب.

$8505\ kg \times 1000\ g/kg / 7000\ g/m^3 \times 1942\ m^2 \simeq 0.63m$

الخطوة 12. احسب العمق الكلي اللازم للمرسب .

ملاحظة : عمق المياه الصافية مع عمق منطقة الترسيب عموما بين m (1.5 - 2)

نأخذ 2m.

$= 2\ m + 0.2\ m + 0.63\ m = 2.83 \simeq 3m$

مع إضافة ارتفاع حر 0.65m لجوانب الحوض يصبح الارتفاع الكلي للحوض 3.65m

الخطوة 13. دقق زمن الترسيب في حوض الترسيب الثانوي.

الحجم $= 3.14\ (50m/2)^2 \times 3.0m = 5888m^3$

من الخطوة 4 بجمع كمية التدفق اليومي الوسطي الكلي مع كمية التدوير نحسب زمن المكوث في حوض الترسيب:

$HRT = (5888m^3 \times 24h/d)\ 40{,}405\ m^3/d = 3.5h$

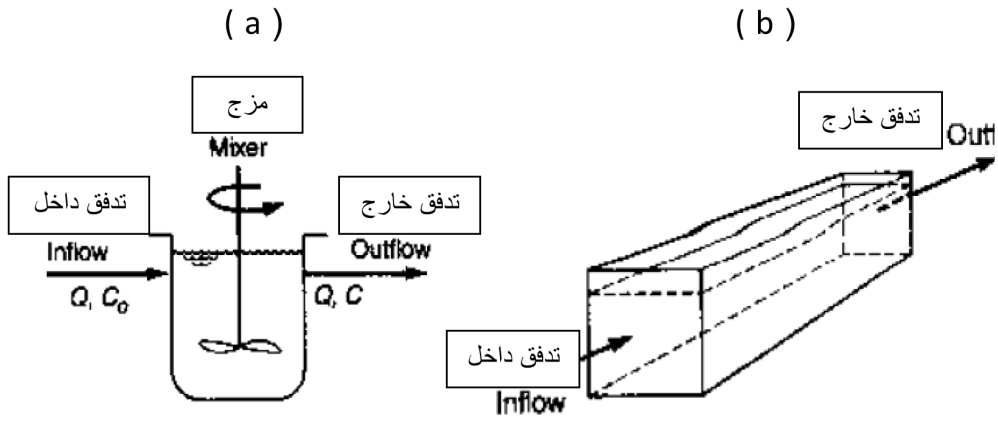
وفي ساعة الذروة يكون زمن المكوث.

$HRT = (5888m^3\ X\ 24h/d) / 82{,}232m^3/d = 1.7h$

13-7. الحمأة المنشطة ذات الجريان الكتلي مع التدوير Plug-flow with recycle

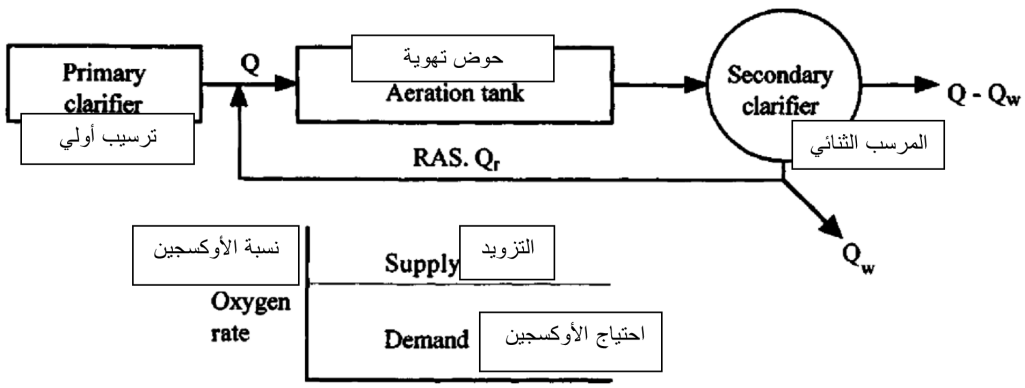
مقدمة: هي إحدى طرق الحمأة المنشطة، الشكل (13-7-1)(a) الحمأة المنشطة المزج الكامل (13-7-1)(b) الحماة المنشطة التدفق الكتلي (تدعى في بعض المراجع العربية التدفق الجبهي). وطريقة العمل أن جميع المواد التي تدخل المفاعل تبقى فيه نفس الزمن وتمر في الحوض بشكل متتابع فالذي يدخل أولاً يغادر أولاً ويفترض انه لا يوجد مزج جانبي ولكن في الواقع يوجد مزج بسبب الحمأة المعادة.

الشكل(13-7-1)
(a)الحمأة المنشطة المزج الكامل،
(b) الحماة المنشطة التدفق الكتلي (الجبهي)



الشكل التالي (13-7-2) يبين ثبات كمية الأوكسجين في طريقة الحمأة المنشطة التقليدية بينما في الجريان الجبهي يتغير من مرتفع في أول الحوض إلى منخفض في نهايته.

الشكل(13-7-2)
يبين ثبات كمية الأوكسجين في طريقة الحمأة المنشطة التقليدية



والنموذج الحسابي للجريان الجبهي صعب واقرب الدراسات هي دراسات Lawrence and McCarty حيث وضعت فرضيتان:

1 - تركيز الكائنات الدقيقة في المدخل هي نفسها في المخرج تقريباً وهذا مقبول إذا كان $\theta / \theta_c > 5$.

2 - إن نسبة الغذاء المستفاد منه، r_{su} يعبر عنها بالمعادلة (13-7-1).

$$r_{su} = \frac{kSX}{K_s + S} \qquad (1\text{-}7\text{-}13)$$

ومقلوب زمن مكوث الخلايا.

$$\frac{1}{\theta_c} = \frac{Yk(S_0 - S)}{(S_0 - S) + (1 + \alpha)K_s \ln(S_i/S)} - k_d \qquad (2\text{-}7\text{-}13)$$

s_i و

$$S_i = \frac{S_0 + \alpha S}{1 + \alpha} \qquad (3\text{-}7\text{-}13)$$

r_{su} = نسبة الغذاء المستفاد منه mg/ L

S = تركيز المواد المغذية في المخرج mg/L

S_0 = تركيز المواد المغذية في المدخل mg/L

X = تركيز الأحياء الدقيقة (الكتلة الحيوية) في حوض التهوية mg/L

k، K_s، Y = عوامل حركية ذكرت سابقاً

θ_C = زمن مكوث الخلايا الوسطي d.

α = نسبة التدوير

s_i = تركيز المياه في المدخل بعد التمديد بمياه التدوير

13-8. التشغيل والتحكم في الحمأة المنشطة

Operation and Control of Activated-Sludge Processes

إن حوض التهوية هو قلب طريقة الحمأة المنشطة ويحتاج إلى أشخاص ذو خبرة في التحكم في الهواء و F/M وضبط الحمأة الراجعة، وهنالك بعض الأدلة التي تستعمل في المراقبة كمؤشر(دليل) حجم الحمأة ومؤشر(دليل) كثافة الحمأة وقابلية ترسيب الحمأة وعمر الحمأة، وهي أدوات تستعمل بكثرة في مراقبة الحمأة المنشطة.

13-8-1. مؤشر حجم الحمأة Sludge volume index. (SVI)

(وقد يدعى دليل حجم الحمأة) وهو الحجم المشغول في (1) غرام من الحمأة بعد ترسيب المزيج المنحل لمدة 30 دقيقة في اسطوانة مدرجة سعتها (1) ليتر الشكل (13-8-1-1) ويتم قياس حجم المواد الصلبة المرسبة. (SVI) يعبر عن طبيعة ترسيب الحماة ويتم حسابه مخبرياً. وكذلك يتم تحديد MLSS بترشيح عينه من حوض التهوية وتجفيفها ووزنها.

$$(SVI) = (SV \times 1000\ mg / g)/MLSS \qquad (13\text{-}8\text{-}1\text{-}1)$$

SVI = مؤشر حجم الحمأة mL/ g

SV = حجم الحمأة المرسبةL /mL

MLSS = المزيج المنحلL /mg

1000 = ميلي غرام لكل غرام mg/ g

الرقم النموذجي لSVI لمياه الصرف الصحي عندما يكون فيها MLSS 2000 - 3000 mg /L يتراوح من **80)mL/g وإلى 150)**، الـ SVI عامل هام في التصميم فهو يحدد MLSS ونسبة الحمأة الراجعة.

(Standard Methods—APHA).

الشكل (13-8-1-1)
الترسيب لمدة 30 دقيقة في اسطوانة مدرجة سعتها (1) ليتر

13-8-2. مؤشر كثافة الحمأة Sludge density index SDI

(وقد يدعى دليل كثافة الحمأة) يستعمل المؤشر بنفس ما ورد في مؤشر حجم الحمأة وذلك لنعطي فكرة عن طريقة ترسيب الحمأة في حوض الترسيب النهائي ويتم ذلك بوزن 1 ميلي ليتر من الحمأة المرسبة بعد 30 دقيقة ويعطى بالمعادلة (13-8-2-1).

$$SDI\ g/mL = 100 / SVI\ mL/g \qquad (1 - 2 - 8 - 13)$$

فعندما تكون حمأة مرسبه بشكل جيد **يكون SDI بين 1-2** وعندما تكون 0.5 فهذا يعني أن الحمأة منتفخة وغير قابلة للترسيب.

13-8-3. الحماة المنشطة المعادة Return activated sludge (RAS)

هي الحمأة المنشطة المرسبة في حوض الترسيب النهائي والمعادة إلى حوض التهوية لمزجها مع المياه الداخلة إلى حوض التهوية ويقاس مردود الحمأة المنشطة بمدى إزالة BOD والذي يتبع مباشرة إلى الحمأة المنشطة القابلة للتطاير في حوض التهوية، والغاية من إعادة الحمأة هو الحفاظ على تركيز كاف من الحمأة المنشطة في حوض التهوية و(RAS) يجعل ذلك ممكناً. الشكل (13-8-3-1) جريان الحماة المنشطة المعادة من حوض الترسيب إلى حوض تجميع الحمأة.

- **(RAS)** في الحمأة المنشطة التقليدية (20-40)% من التدفق الداخل إلى المحطة والجدول (13-8-3-1) يعطي نسبة الحمأة المعادة بالنسبة للتدفق الوسطي لعدة حالات، ونسبة المواد الصلبة في SVI تنظم كمية الحمأة المعادة، علما أن كمية الحمأة المعادة تتبع المعادلة (13-8-2-1)، وأعطيت المعادلة التالية (13-8-3-1) في المزيج المنحل من بعض المؤلفين clark&vissman .

الحمأة المعادة % = 100 /[{100/(SVI) P} - 1] (13 - 8 - 3 - 1)

حيث:

(SVI) = مؤشر حجم الحمأة (mL/g)

P = نسبة المواد الصلبة في المزيج المنحل

الشكل (13-8-3-1)
جريان الحمأة المنشطة المعادة من حوض الترسيب
إلى حوض تجميع الحمأة

الجدول(13-8-3-1)
يعطي نسبة الحمأة الراجعة بالنسبة للتدفق الوسطي*

طريقة العمل بالحمأة المنشطة	نسبة من التدفق الوسطي التصميمي	
	الأصغر	الأعظم
التقليدية	15	100
المرحلة الكربونية (مرحلة منفصلة للنترجة) Carbonaceous stage of separate nitrification	15	100
التغذية المجزأة Step-feed aeration	15	100
المزج الكامل Complete-mix	15	100
التثبيت بالتماس Contact stabilization	50	150
التهوية المديدة Extended aeration	50	150
مرحلة نترجه (مرحلة نترجه منفصلة) Nitrification stage of separate stage nitrification	50	200

* [3] - GLUMRB (Ten States Standards) 1996

مثال 1.

حدد أبعاد حوض التهوية لبلدة 20000 شخص مفترضاً:

MLSS = 2600 mg/L ومعدل التحميل

$BOD = 0.48\ Kg/(d.m^3)$ و $SVI = 110\ mL/g$ و $P= 2600\ mg/L$

الحل.

الخطوة 1. احسب L = BOD (Loading) في حوض التهوية مستعملاً نسبة الBOD لكل شخص (0.091) Kg/person.d

الحمل العضوي الكلي = 0.091 x 20000 = 1820 Kg/d

افترض أن 30 % من الحمل العضوي يذهب في حوض الترسيب الأولي فيبقى L.

L = 1820 x (1 - 0.3) =1274 kg/d

الخطوة 2. احسب نسبة الحمأة المعادة (RAS) مستعملاً المعادلة (1-3-8-13)

الحمأة المعادة % = 100/{100 / (SVI) p - 1}

P = 2600mg/L = %0.26

الحمأة المعادة % = 100 / [{100/ (110) 0.26} - 1] =%40

الخطوة 3. حدد الحمل الكلي في حوض التهوية مفترضا تركيز BOD لكل من الحمأة المعادة والتدفق الداخل لهم نفس الحمل .

بالسماح لـ 40 % من الحمأة المعادة فيكون الحمل الكلي.

$$1274\ kg/d \times 1.40 = 1784\ kg/d$$

الخطوة 4. احسب حجم حوض التهوية V.

V = الحمل الكلي BOD / حمل المسموح لكل m^3

$$V = 1784\ kg/d \,/\, 0.48\ kg/d.m^3 \text{ الحمل المسموح لكل}$$

$$V = 3717 m^3$$

الخطوة 5. احسب أبعاد حوض التهوية واختر 2 حوض وعمق الماء 4.4 م وأضف 0.6 م مسافة حرة فوق الماء والعرض 7 م .

$$\text{الطول} = 3717 \,/\, (4.4m \times 7\ mx2) = 60m$$

ملاحظة. أبعاد كل حوض: (60 x 7 x 5) m

مثال 2.

حدد حوض التهوية معتمداً زمن تهوية 6 ساعات ومستعملا المعطيات في المثال 1 ، وافترض كمية مياه الصرف لكل شخص(0.53 (m^3/person/.d).

الحل.

الخطوة 1. أحسب التدفق.

$$Q = 0.53\ m^3/(\ person\ .\ d) \times 20{,}000\ person = 10600\ m^3$$

الخطوة 2. يضاف 40 % من Q_r

$$Q + Q_r = 1.4 \times 10{،}600\ m^3/d = 14848\ m^3/d$$

الخطوة 3. أحسب حجم الحوض.

$$V = 14{,}840\ m^3/d \times (1\ d/24\ h) \times 6\ h = 3700\ m^3$$

ملاحظة : نلاحظ أن الحساب لكلا الطريقتين الحمل العضوي والحمل الهيدروليكي يعطي نفس النتيجة في المثالين

الخطوة 4. حدد أبعاد الحوض.

استعمل حوضين بحيث العمق 5 م والعرض 7 م والطول 60 م كما في المثال السابق.

13-8-4. معدل جريان الحماة المنشطة المعادة
Return activated sludge flow rate

إذا كان تدفق RAS ثابتاً فسوف يتغير MLSS بشكل مستمر فيكون MLSS عاليا في فترة التدفق الأدنى ومنخفضا في فترة تدفق الذروة ،أي أن عمق طبقة الحمأة في حوض الترسيبdepth of the sludge blanket تتغير دائما، وللحفاظ علىF/M ثابتة في حوض التهوية يجب أن يكون لدينا أجهزة خاصة مبرمجة لضبط هذه المتغيرات، وعلى كل أي تغير في الحمأة المنشطة تحتاج نسبة تدفقRAS مختلفة لاختلاف ترسيب الحمأة.

إن العلاقة بين تركيز RAS الأعظم (X_r) ومؤشر(دليل) حجم الحمأة SVI يمكن أن يحسب كما يلي :

باستعمالنا (حجم حمأة مرسبه، SV = 1000 mL/L). فتكون علاقة تركيز المواد الصلبة العالقة مع RAS :

$$(X_r) = (SV\ mL \times 1000\ mg/g) / (SVI)$$

أو $(X_r) = (1000\ mL/L \times 1000\ mg/g) / (SVI)\ ml/g$

$$(X_r)\ mg / l = 10^6 / (SVI) \qquad (1 - 4 - 8 - 13)$$

13-8-5. قدرة الحمأة على الترسيب Sludge settleability

هنالك طريقة لحساب معدل تدفقRAS تعتمد على قدرة الحمأة على

الترسيب وتعرف كنسبة من الحجم المشغول بالحمأة بعد الترسيب 30 دقيقة. ولإيجاد العلاقة بين قدرة الحمأة على الترسيب والRAS نجد ما يلي:

$$1000\ Q_r = (SV)\ (Q + Q_r) \qquad (1 - 5 - 8 - 13)$$

$$Q_r = (SV)\ Q\ /\ (1000 - SV) \qquad (2 - 5 - 8 - 13)$$

بحيث.

1000 = عامل (mg/L).

Q_r= تدفق الحمأة الراجعة (m^3/s).

Q= التدفق الداخل (m^3/s).

SV = حجم الحمأة المرسبة بعد 30 دقيقة (mL/L).

مثال1.

في التطبيق العملي أثناء تشغيل محطة بالحمأة المنشطة يتم قياس تركيز VSS في الحمأة المنشطة المعادة أخر كل وردية ويتم تعديل تدفق RAS المناسب. المشغل السابق وجد تدفق الحمأة الراجعة RAS كانت ($240m^3/d$) وتركيز VSS فيها هو 5800 mg/L ولكن المشغل في الوردية التالية وجد أن تركيز VSS هو 5500 mg/L ما هو تدفق الحمأة الجديد.

الحل.

بما أن كمية VSS انخفضت فيجب زيادة تدفق الحمأة بشكل مناسب للتغير الحاصل لتصبح (Q_{adj}).

$$Q_{adj} \times 5550\ mg/L = 240m^3 \times 5800\ mg/L$$

$$Q_{adj} = 250\ m^3/d$$

13-8-6. توازن الكتلة في حوض التهوية Aeration tank mass balance

تصمم محطات الحماة الراجعة لتضخ 100 % من التدفق اليومي الوسطي (150 % في طريقة قنوات الاكسدة) ولتحديد المضخة المناسبة يمكن الاعتماد على توازن الكتلة في حوض التهوية وبإهمال تركيز المواد الصلبة في مياه الدخول وباعتبار كمية مياه الدخول تساوي مياه الخروج فنجد أن.

$$X_r Q_r = X (Q + Q_r) \qquad (1 - 6 - 8 - 13)$$

$$Q_r=(X/X_r - X) Q \qquad (2 - 6 - 8 - 13)$$

$$X_r=X(Q + Q_r)/Q_r = MLSS (Q + Q_r)/ Q_r \qquad (3 - 6 - 8 - 13)$$

X_r = المواد الصلبة المعلقة في الحمأة المنشطة المعادة.

Q_r= تدفق RAS، (m^3/s)

X = MLSS، (mg/L)

Q = التدفق، (m^3/s)،

القيمة X_r، X تتضمن المواد الصلبة القابلة للتطاير وغير القابلة للتطاير.

مثال 1.

حدد تدفق الحماة المنشطة المعادة كنسبة من التدفق ($37850 m^3/d$)، الحجم المترسب في 30 دقيقة 255 mL

الحل .

الخطوة 1. احسب (Q_r (RAS كنسبة % من التدفق Q مستعملاً المعادلة . (13-8-5-2)

$$Q_r , \% = (SV) / (1000 - SV)$$

= 255 mL x % 100 / 1000 mL / L - 255 mL / L = %34

الخطوة 2. احسب تدفق الحمأة المعادة .

$Q_r = 0.34\ Q = 0.34 \times 37850\ m^3/d \approx 12900\ m^3/d$

مثال 2.

تركيز MLSS في حوض التهوية 2800 mg/L. وبعد إجراء تجربة قابلية الترسيب وجد أن حجم الحمأة المرسبة في 30 دقيقة في اسطوانة 1 ليتر هو 285 mL احسب مؤشر حجم الحمأة SVI وتركيز SS في RAS ونسبة الحمأة المعادة.

الحل.

الخطوة 1. احسب SVI. نستعمل (13 - 8 - 1 - 1)

SVI = (SV x 1000 mg/g)/ MLSS

= (258 mL / L x1000 mg / g) /2800 mg/L = 102 mL/g

والنتيجة هي ضمن المجال النموذجي (80 - 150) mL/g

الخطوة 2. احسب SS في RAS. مستعملاً المعادلة (13 - 8 - 4 - 1).

$(X_r) = 10^6$ mg / L/(SVI)

X_r = 1,000,000 (mL/L) (mg/g)/(102). mL/g = 9804 mg/L

= % 0.98

الخطوة 2. احسب نسبة الحمأة المعادة مستعملاً المعادلة .(13-8-5-2)

Q_r = (SV) Q / (1000 - SV)

Q_r /Q = (SV) / (1000 - SV)

$$Q_r / Q = 285 \text{ mg / L } /(1000 - 285) \text{ mg/L} = 0.4 = \%40$$

مثال 3.

احسب تدفق الحمأة الراجعة m^3/d واحسبها كنسبة من تدفق الدخول $37850\ m^3/d$. علما أن النتائج المعملية أعطت SVI = 110 mL/g.

الخطوة 1. نحسب المواد العالقة الصلبة في RAS معتمداً على SVI ومعتمداً على المعادلة (13-8-4-1)

$$RAS\ (X_r) = 10^6 \text{ mg/L}/(SVI)$$

$$1000000 / 110 = 9090 \text{ mg/L}$$

الخطوة 2. احسب التدفق Q_r، RAS معتمداً على SVI المعادلة (13-8-6-2).

$$Q_r = (X/X_r - X)\ Q$$

$$Q_r = (2500 \text{ mg/L} \times 37850\ m^3/d)\ (9090 \text{ mg/L} - 2500 \text{ mg/L})$$

$$= 14360\ m^3/d$$

الخطوة 3. احسب تدفق RAS كنسبة من التدفق الداخل.

$$RAS\ flow، \% = Q_r \times \%\ 100 / Q = 14360 \times \%100 / 37850$$

$$\sim \%\ 37.8$$

13-8-7. تصريف الحماة المنشطة الزائدة Waste activated sludge (WAS)

يتم تصريف الحماة الزائدة WAS المشكلة في حوض الترسيب الثانوي من خط الحمأة الراجعة وتصرف إلى حوض تكثيف الحمأة sludge) (thickeners أو يمكن أن ضخها إلى حوض الترسيب الأولي لتترسب مع الحماة الأولية ويمكن أن تسحب الحمأة من حوض التهوية من المزيج المنحل، وهو الاختيار الثان لسحب الحمأة الزائدة، كمية (WAS) تؤثر على قدرة الحمأة على الترسيب، وعلى الاحتياج الأوكسجيني وعلى نمو الكائنات

الدقيقة وعلى كمية المغذيات وكذلك تؤثر بشكل رئيسي على تشكل الرغوة وانتفاخ الحمأة، ويمكن أن نضيف إمكانية التأثير على عملية النترجة.

والهدف من (WAS) هو الحفاظ على نسبة F/M المطلوبة أو الحفاظ على زمن المكوث المطلوب للخلايا في النظام، كما أن طرح (WAS) يمكن أن يكون متقطعاً أو مستمراً.

والعوامل التي تستعمل في ضبط كمية (WAS) هيMLVSS, F/M، وعمر الحمأة وزمن مكوث الخلايا البكتيرية الوسطي.

13-8-8. توازن الكتلة في حوض الترسيب الثانوي Secondary clarifier mass balance

يفترض أن مستوى طبقة الحمأة في حوض الترسيب النهائي هي أداة لتحديد جريان (RAS) ولإجراء الحساب نفترض أن طبقة الحمأة لا تتغير وتهمل المواد الصلبة في تدفق المخرج ويكون SS الداخل إلى حوض الترسيب يعادل الخارج منه، ومن الشكل (13 - 7 - 1 - 1) يمكن كتابة المعادلة.

$$(Q + Q_{wr})(MLSS) = Q_{wa}(WAS) + Q_{wr}\,(RAS)Q(MLSS) - Q_{wa}(WAS)$$

$$= Q_{wr}(RAS - MLSS)$$

$$Q_{wr} = Q(MLSS) - Q_{wa}(WAS) \,/\, (RAS - MLSS) \quad (1 - 8 - 8 - 13)$$

حيث:

Q = تدفق المياه الداخلة، m^3/d

Q_{wr} = تدفق الحمأة المنشطة المعادة، (m^3/d)

Q_{wa} = تدفق الحمأة المنشطة الزائدة، (m^3/d)

MLSS = المواد الصلبة العالقة في السائل الممزوج (المزيج المنحل)

(mg/L)،

SS = WAS في الحمأة المنشطة الزائدة، (mg/L)

SS = RAS في الحمأة المنشطة المعادة، (mg/L)

علما أن WAS = RAS كما في الشكل (13 - 6 - 1 - 1)a.

13-8-9. عمر الحمأة Sludge age

هو مقياس لطول زمن الاحتفاظ بالمواد الصلبة العالقة في طريقة الحمأة المنشطة. أو هو زمن الاحتفاظ الوسطي بالبكتريا، وله علاقة بنسبة F/M وتعطى.

عمر الحمأة = SS في حوض التهوية، (kg)÷SS المضافة (kg/d)

وهي تعادل.

$$\text{عمر الحمأة (Sludge age)} = V \times MLSS / (SS_W \times Q_W + SS_e \times Q_e) \quad (13\text{-}8\text{-}9\text{-}1)$$

علماً أن المعادلة (13-8-9-1) هي نفس المعادلة (13 - 6 - 1 - 4). وحيث :

عمر الحمأة = mean cell residence time زمن الاحتفاظ الوسطي للكتلة الحيوية .(d)

MLSS= تركيز المواد العالقة في السائل الممزوج (المزيج المنحل) في حوض التهوية(mg/L)

V = حجم حوض التهوية. (m^3)

SS_W = تركيز المواد الصلبة العالقة في الحمأة المصرفة. (mg/L)

Q_W = تدفق الحمأة المصرفة .(m^3/d)

SS_e = المواد العالقة في مياه الصرف الخارجة. (mg/L)

Q_e = تدفق المياه المعالجة ،(effluent). (m^3/d)

وعمر الحمأة يمكن أن يعبر عنها بالجزء القابل للتطاير من المواد الصلبة المعلقة [3] وهي الأكثر تداولاً في التعبير عن الكتلة الحيوية، ويقاس عمر الحمأة بالأيام (في اغلب أنظمة الحماة المنشطة من 3-8) أيام. (US EPA 1979) ، بينما زمن التهوية يقاس بالساعات من (3-30) ساعة.

مثال 1.

تدفق مياه الصرف إلى محطة معالجة بالحمأة المنشطة ($22700m^3$/d) والمواد الصلبة المعلقة فيها (96 mg/L) وحجم حوض التهوية $1500m^3$ وعدد الأحواض ثلاثة وMLSS(2600mg/L) احسب عمر الحمأة في النظام.

الحل:

الخطوة 1. احسب SS في حوض التهوية، MLSS x V

MLSS = 2600 mg/L = 2600 g/m^3 = 2.6 kg/m^3

MLSS x V = 2.6 kg/m^3 x 1500m^3 x 3 =11700 kg

الخطوة 2. احسب SS المضاف.

SS المضاف = التدفق الداخل x SS

= 22700 m^3/d x 0.096 kg/m^3 = 2180 kg/d

الخطوة 3. احسب عمر الحمأة باستعمال المعادلة (13-8-9-1) .

عمر الحمأة = SS في حوض التهوية، Kg ÷ SS المضافة kg/d

= 11700 /2180 = 5.4 d

وهي ضمن المجال المسموح.

مثال 2.

في حوض التهوية لمحطة معالجة بالحمأة المنشطة كانت كمية المواد الصلبة (13000Kg) والمواد الصلبة المضافة (2200Kg/d) وتركيز الحمأة المنشطة المعادة (SS= 6600 mg/L). عمر الحمأة المطلوبة 5.5 يوم وتدفق الحماة المصرفة (WAS = 2100 Kg/d) أحسب نسبة WAS باستعمال عمر الحمأة.

الحل .

الخطوة 1. احسب SS المطلوبة في حوض التهوية لعمر الحمأة المطلوبة 5.5 يوم

SS = عمر الحمأة x المواد الصلبة المضافة

SS = 2200 kg / d x5.5d = 12100 kg

الخطوة 2. احسب المواد الصلبة العالقة الزائدة المزالة كل يوم.

= SS في حوض التهوية –SS المطلوبة

SS = 13000- 12100 = 900 kg

الخطوة 3. احسب (q=WAS) الإضافي للحفاظ على عمر الحمأة المطلوب.

q = 900 kg/d (SSفي RAS)

q= (900kg/d) / (6.6 kg/m^3) = 136.4 m^3/d = 0.095 m^3 / min

الخطوة 4. احسب تدفقWAS الكلي .

$(2100\ kg/d)/(6.6\ kg/m^3) = 318.2\ m^3/d = 0.221\ m^3/min$

= التدفق الحالي

$(0.095 + 0.221)\ m^3/min = 0.316\ m^3/min$

= التدفق الكلي لWAS

مثال 3.

حوض تهوية حجمه $6600m^3$ التدفق الداخل إلى الحوض $37850m^3$ والحمل العضوي

$BOD = 140\ mg/L$ والـ $MLSS = 3200mg/L$ ، حيث نسبة المواد الطيارة 80 %. تركيز SS في الحمأة المعادة 6600 mg/L، ونسبة تدفق الحمأة المصرفة الحالية $(340m^3/d)$.

- احسب نسبة تدفق WAS المطلوبة باستعمال نسبة $(F/M = 0.32)$.

الخطوة 1. احسب الحمل العضوي.

$$BOD = 140\ mg/L = 140\ g/m^3 = 0.14\ kg/m^3$$

$$0.14\ kg/m^3 \times 37850\ m^3/d = 5299\ kg/d$$

الخطوة2. احسب MLVSS المطلوبة مع اعتبار $F/M = 0.32$.

$$MLVSS = BOD\ /(F/M)$$

$$= (5299\ kg/d)\ /\ ((0.32kg/(d\ .\ kg)) = 16560\ kg$$

الخطوة 3. احسب MLSS

$$MLSS = MLVSS/0.80 = 16560\ kg/0.80 = 20700\ kg$$

الخطوة 4. احسب MLSS الحقيقية في حوض التهوية .

$$MLSS = 3.2\ Kg/m^3 \times 6600\ m^3 = 21120\ kg$$ الحقيقية

الخطوة 5. احسب المواد الصلبة الإضافية التي يجب إزالتها يومياً = (الحقيقي - المطلوب).

$$MLSS = 21120\ kg/d - 20700\ kg/d = 420\ kg/d$$

الخطوة 6. احسب WAS = q

q = المزال SS /SS in RAS

$$= (420\ kg/d)/(6.6\ kg/m^3) = 63.6\ m^3/d$$

الخطوة 7. احسب التدفق الكلي للحمأة المطروحة Q (WAS flow).

$$Q = (340 + 63.6)m^3/d = 403.6\ m^3/d = 0.28\ m^3/min.$$

13-8-10. الانسداد بالحمأة Sludge bulking

(وتدعى في بعض المراجع العربية نفخ الحمأة) الوضع الطبيعي للحمأة هو أن تتمكن الحمأة من الترسيب بسرعة وتدعى القدرة على الترسيب settleability اما ندف الحمأة الضعيفة

(Sludge with poorly flocculated (pin) particles[3]) فيسبب في نمو بكتريا خيطية تزيد حجم الحمأة ولا تدعها تترسب بشكل جيد حيث تطفو على سطح الماء في حوض الترسيب وتنسكب من خلال الهدار مع مياه الصرف المعالجة وتدعى هذه الظاهرة الانسداد بالحمأة (نفخ الحمأة) وأسباب الانسداد بالحمأة[3]:

1. نمو كائنات عضوية خيطية (filamentous organisms) واغلبها من نوع الفطريات Fungi أو من البكتريا كالنوكارديا المسببة للرغوة ، Nokardia spp ومايكرو تركس بار فيسيلا

   Microthrix parvicella (تسبب النفخ والرغوة).. من [14].

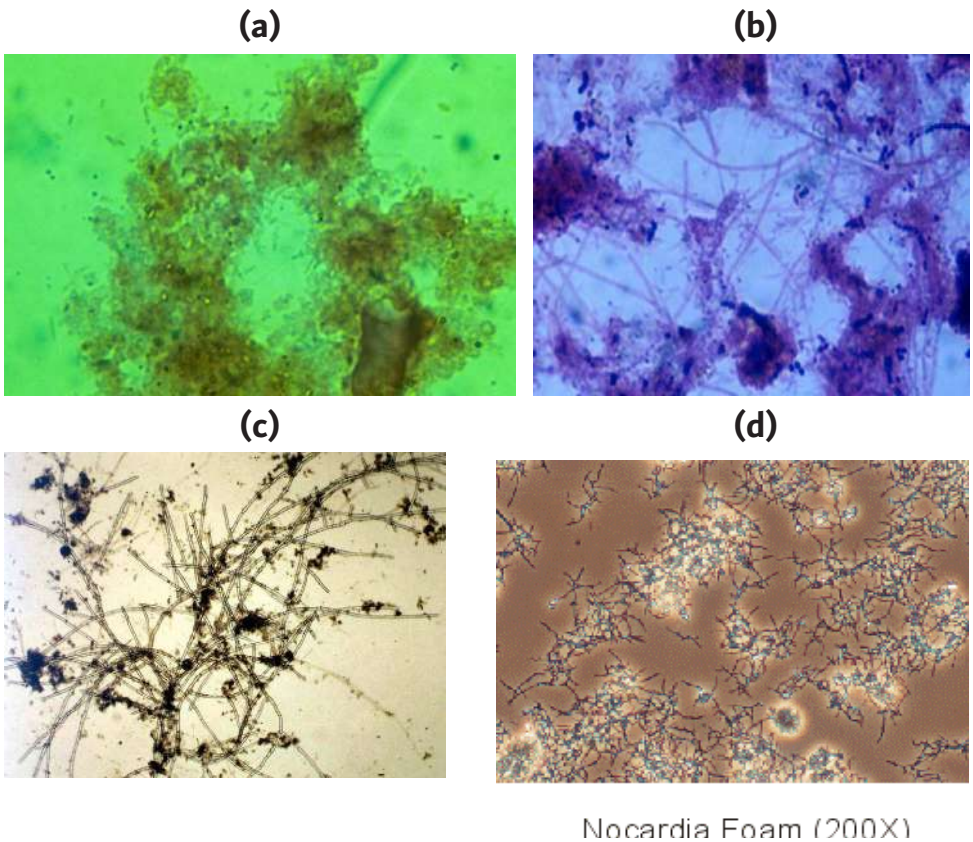
2. تغير الظروف كزيادة التدفق وبالتالي عدم كفاية التهوية.
3. نقص في المواد الغذائية، تدفق متعفن، مواد سامة.
4. حمل عضوي مفاجئ.
5. انخفاض نسبة F/M أو نقص درجة الحرارة التصميمية، عمر قليل للحمأة SRT (1 - 3) يوم.

ولا يوجد قواعد خاصة لمنع حدوث الظاهرة أو إصلاحها، ولكن يوجد بعض الخطوات العلاجية مثل أن نغير بعض البارامترات كحمل BOD ونسبة الأوكسجين المنحل، نسبة الحمأة المعادة، إضافة كلور إلى الحمأة الراجعة بنسبة {(2 - 3 mg/L) لكل (100 mg/L من MLVSS)} أو الماء الأوكسجيني (Hydroperoxide)، تنقيص العوالق TSS في حوض التهوية، زيادة نسبة الهواء، أو في بعض الأحيان زيادة حمل BOD، وإضافة لذلك ضبط PH بإضافة الكلس ودائماً يجب أن تكون نسبة F/M (0.5 - 0.2) الشكل(13-8-10-1) يظهر بعض أنواع الفطور الخيطية المسببة لنفخ الحمأة (الانسداد بالحمأة) عند تكبير الحمأة الطافية على سطح حوض الترسيب بواسطة المجهر.

الشكل (a) حمأة منشطة البكتريا فيها طبيعية .الشكل(b)البكتريا منتفخة قليلا ونجد بداية وجود بكتريا خيطية أما الشكل (c) فالحمأة منتفخة بشكل كبير، الشكل(d) بكتريا النوكارديا المسببة للرغوة.

الشكل (13-8-10-1)

يظهر النمو الخيطي المسبب لنفخ الحمأة (c) ،(b)، (a)، للرغوة (d)



- **رفع الحمأة:** ترتفع الحمأة في أحواض الترسيب (وغيرها) بسبب تحول النترات في الحمأة لغاز النتروجين رافعاً معه الحمأة وهذه الظاهرة مشهورة في المحطات التي يكون SRT صغير[1] وتعالج بتعديل العمر وتحريك الحمأة وعمل نترجة خارجية....

13-9. الطرق المعدلة عن الحمأة المنشطة

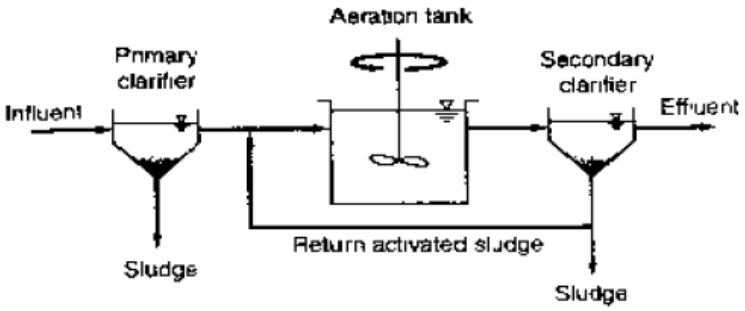
سنورد بإيجاز بعض الطرق المعدلة عن الحمأة المنشطة حيث سيتم استعراض جزء منها في فقرة المعالجة البيولوجية المتقدمة لإزالة الفوسفور والنتروجين، الشكل (13-9-1) والشكل (13-9-2) يوضحان الطرق

المختلفة للحمأة المنشطة. والجدول (13-9-1) يعطي معايير التصميم للطرق الشائعة في طريقة الحمأة المنشطة، والجدول (13-9-2) وهو من الجداول الهامة في التصميم. من [1].

الشكل (13-9-1)
الطرق المختلفة للحمأة المنشطة

(a) Complete-mix activated-sludge (CMAS)

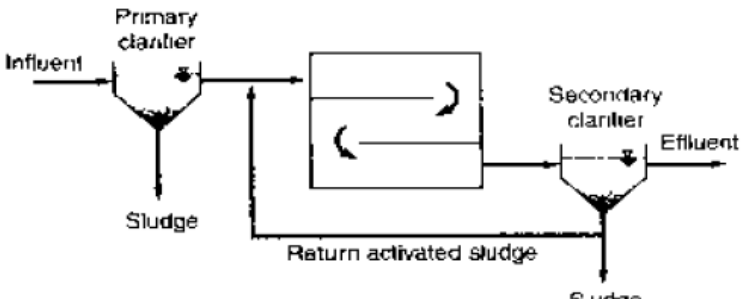
a– حمأة منشطة مزج كامل ويمكن أن يكون زمن المكوث طويل جدا فتدعى التهوية المديدة



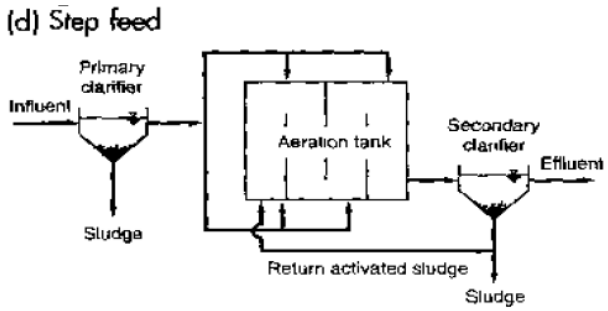
Plug-flow

b– حمأة منشطة تدفق جبهي(كتلي)

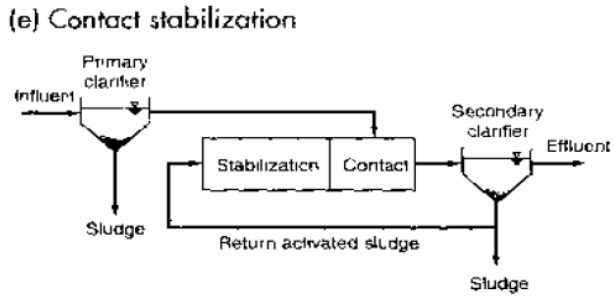
(b) Conventional plug flow



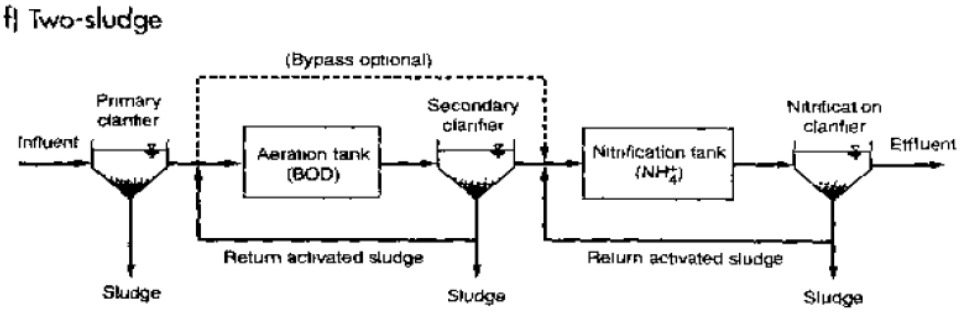
الشكل (13-9-2)
الطرق المختلفة للحمأة المنشطة



d– حمأة منشطة تدفق جبهي (كتلي) التغذية مجزأة



e– حمأة منشطة تثبيت بالتماس



f– حمأة منشطة مرحلتي حمأة، وهي من نوع المعدل العالي والمرحلة الثانية يتم فيها إزالة النتروجين

13-9-1. التدفق الكتلي التقليدي Conventional plug flow activated sludge

تستقبل هذه الطريقة مياه المجاري الواردة من حوض الترسيب وكذلك الحمأة المنشطة المعادة من حوض الترسيب النهائي عند بداية الحوض الذي يكون متطاولا وتم شرح طريق العمل في الفقرة (13-7) والطريقة موضحة في الشكل (13-9-1).b (تدعى في بعض المراجع العربية التدفق الجبهي التقليدي)

معدل إعطاء الهواء ثابت على طول الحوض[29].

- عدد القنوات من 3-5.
- زمن التهوية المتوسط (4-8) ساعات.
- معدل إنتاج الحمأة عال نسبياً.
- احتمال حدوث النترجة ضعيف.

13-9-2. التغذية المجزأة Step feed

يمكن أن تكون التغذية مجزأة (13-9-2) d وهي تطوير للطريقة التقليدية ذات الجريان الجبهي وفي هذه الحالة تدخل مياه الصرف القادمة من حوض الترسيب الأولي من عدة (3-4 موقع) مواقع الى حوض التهوية لجعل (F/M) ثابتاً على طول الحوض وبالتالي أنقاض الاحتياج الأوكسجيني الأعظم عند المدخل، كما تدخل الحمأة المعادة RAS عند بداية الحوض، والطريقة تحتاج إلى زمن تهوية متوسط مع معدل إنتاج حمأة عال واحتمال النترجة غير موجود.

13-9-3. التثبيت بالتماس Contact stabilization

تستخدم هذه الطريقة حوضين منفصلين الأول لتثبيت الحمأة المعادة بإمرارها قبل الدخول إلى حوض تثبيت أو إعادة التهوية (**reaeration**)

الشكل (13-9-2)e ومن ثم تختلط بمياه المجاري سواء المرسبة أوليا أو بدون حوض ترسيب أولي وذلك في حوض التماس.

- زمن التهوية صغير جدا وبالتالي فان حجم حوض التهوية هو حوالي نصف الحوض في الطريقة التقليدية حيث يبلغ زمن التهوية في حوض التماس **1-0.5** ساعة وزمن إعادة التهوية للحمأة المنشطة المعادة في حوض إعادة التهوية (التماس) (3-6) ساعات (في [1] مدة التهوية 1-2 ساعة).
- معدل إنتاج للحمأة عال نسبياً.
- احتمال حدوث النترجة ممكن.

13-9-4. المزج الكامل والتهوية المعدل العالي

المزج الكاملCMAS: في هذه الطريقة الممثلة بالشكل (13-9-1)a تدخل مياه المجاري بشكل مستمر وتدخل الحمأة المعادة في نقاط مختلفة أو على طول الحوض ويتم مزج كامل لمحتويات الحوض.

ويجب أن تكون MLSS والحمولة العضوية والتهوية ثابتة في أي نقطة من حوض التهوية. ويتحمل هذا النظام الصدمات العضوية.

F/M صغيرة. وبالتالي احتمال ظهور الحمأة المنتفخة.

زمن التهوية قليل 3 - 5 ساعات.

معدل إنتاج الحمأة عال نسبياً.

احتمال حدوث النترجة منعدم.

التهوية المعدل العالي :(High rate aeration) وهي تشبه التدفق الكتلي ولكن MLSS منخفض وزمن مكوث قليل وتدوير أكثر وF/M كبيرة والتحميل العضوي كبير ونوعية المياه أسوأ بالنسبة لـ BOD وللمعلقات.

13-9-5. التهوية المديدة(المطولة) Extended aeration

تشبه هذه الطريقة الطرق السابقة كالتدفق الكتلي التقليدي (الجبهي التقليدي) الشكل (13-9-1) إلا أن زمن التهوية طويل جداً وكذلك التحميل العضوي صغير، (F/M) صغير جداً، لا تحتاج هذه الطريقة عادة حوض ترسيب أولي وتفيد الطريقة عند وصول حمولات كبيرة لان هذه الطريقة عندها قدرة كبيرة على استيعاب التغيرات في الحمولات والتدفقات وكذلك تتعامل مع الحمولات الصناعية بشكل جيد، وتعتبر قنوات الأكسدة (oxidation ditch) و SBR (sequence batch reactor) أحد أشكال هذه الطريقة.

- زمن التهوية كبير جداً (16-34) ساعة (في [1] 20 - 30 ساعة).
- إنتاج حمأة قليل.
- احتمال حدوث النترجة محقق.

13-9-6. طريقة مرحلتي الحمأة Two sludge process

وهي طريقة تستعمل مرحلتين الشكل (13-9-2) ، تُستعمل في المرحلة الأولى الحمأة المنشطة المعدل العالي لإزالة BOD ويتبع بمرحلة للنترجة مع عمر حمأة طويل، ويمكن أن يمرر تدفق الدخول للمرحلة الثانية مباشرةً لتأمين كفاية من BOD ومن العوالق لتحقيق النترجة، وهي تستعمل لمياه الصرف الصناعية، (ولكن درج أن يكون إزالة الBOD والنترجة في نفس الحوض).

$$\text{Nitrification : } NH_4^+ + 1{,}5\ O_2 \rightarrow NO_2^- + H_2O + H^+$$

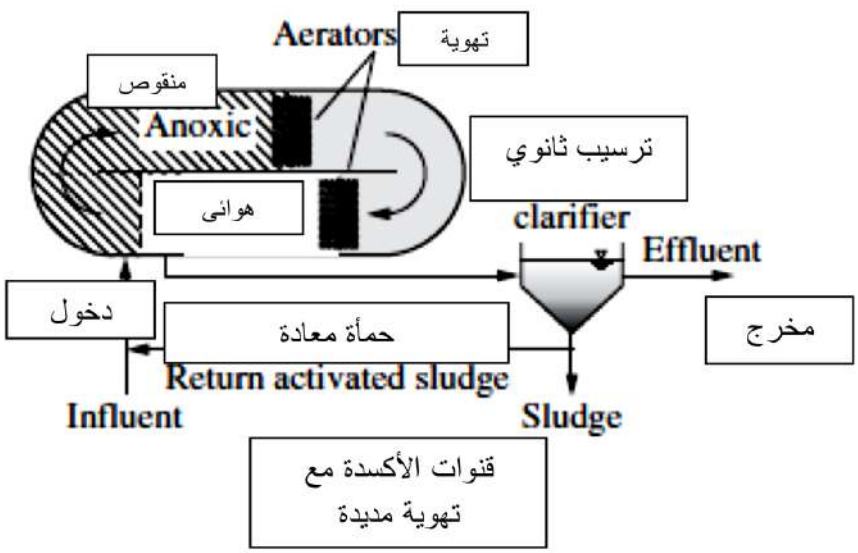
$$NO_2^- + 0{,}5\ O_2 \rightarrow NO_3^-$$

13-9-7. قنوات الأكسدة Oxidation ditch

وهي من الطرق المشهورة في معالجة مياه الصرف (وتدعوها بعض

المراجع العربية خنادق الاكسدة) وهي طريقة تدمج بين التدفق الكتلي (الجبهي) وتقترب من المزج الكامل ويمكن أن تكون تهوية مديدة أيضا وكذلك يمكن تحقيق إزالة بيولوجية للنتروجين بتحقيق مواقع انوكسيك (Anoxic) (منقوص الأوكسجين) ويتم تامين وسيلة تهوية وتحريك للماء للإبقاء على المواد الصلبة معلقة ويجب تحقيق سرعة للماء في الحوض من (0.25-0.3) م/ث ودورة الماء في الحوض تتم من **5-15 دقيقة (أو 20 في بعض المراجع)**. وتستعمل التهوية بالفراشي أو بالتهوية الميكانيكية أو بالتهوية السفلية مع مراوح تحريك، الشكل (13-9-7-1) قنوات الاكسدة (oxidation ditch) مع تهوية مديدة (تهوية مطولة) راجع الفقرة (20-3-3).

الشكل(13-9-7-1)
قنوات الأكسدة مع تهوية مديدة



13-9-8. طرق أخرى للمعالجة بالحماة المنشطة

هنالك طرق أخرى كثيرة لمعالجة مياه الصرف مثل التيار المعاكس countercurrent (CCAS) والبيولاكbiolac الذي يتميز بإمكانية العمل ضمن أحواض ترابية رخيصة وعمر حمأة طويل ومكوث طويل (ولكن يجب الانتباه لدراسة الجسم الترابي للأحواض والتسربات المحتملة والجدوى الاقتصادية من التصميم مقارنة بالطرق الاخرى). والمفاعل ذو الدفقات أو SBR ، حيث تتم التهوية والترسيب في نفس الحوض، حيث وصل التدفق في بعض المحطات في استراليا إلى 500000 م^3/يوم...(وللاستزادة يمكن الرجوع إلى [1] ص 745 أو غيره من المراجع).

الجدول (13-9-1)

يعطي معايير التصميم للطرق الشائعة في الحمأة المنشطة [28] ، المراجع.

الطريقة	F/M $kgBOD_5$ Kg/MLVSS	$v/Q,\theta$ (hr)	θ_c (d)	حدوث النترجة	*Kgo_2/kg BOD_{5r}	Q_r/Q	MLSS mg/L	إنتاج الحمأة Kg/kgBOD	كفاءة المعالجة %
1- التقليدية	0.15 -0.4	8-4	15-5	ممكن	0.8-1.1	0.25 -0.75	1200 -3000	0.4 -0.6	94
2- التغذية المجزأة	0.2- 0.4	3-5	15-5	لا	0.8 -1	0.25 -0.75	1500 -3500	0.4 - 0.5	90
3- التثبيت بالتماس	0.15 - 0.5	0.5 - 1	15-5	ممكن	0.8-1.1	0.5 -1.5	1000 -3000	0.4 - 0.6	85
4- المزج الكامل – المعدل العالي	0.2 – 0.6	3 -5	15-5	لا	0.7 - 0.9	0.25 - 1	2500 - 6500	0.5 - 0.7	90
5- التهوية المديدة (المطولة)	0.04 - 0.1	36 -18	30 - 20	أكيد	1.4- 1.6	0.5 - 1.5	1500 -5000	0.15 - 0.3	90
6 – قنوات الاكسدة (خنادق الاكسدة)	0.3 – 0.05	36 - 8	30 -15	أكيد		1.5 - 0.75	5000 - 1500		95 -70
7 - SBR	0.3 - 0.05	50 - 12	-	أكيد		لا تقاس	5000 - 1500		95 - 85
8 - النترجة بمرحلة واحدة مع إزالة النترات	0.1 – 0.2	6 -15	8 - 20	أكيد	1.1 – 1.5	.0 - 1.5	1500 - 3500	0.15 – 0.3	95

الجدول (13-9-2)

يعطي أهم معايير التصميم لطرق الحمأة المنشطة الشائعة*

الطريقة	نوع المفاعل	عمر الحمأة d	F/M BOD/kg MLVSS	التحميل الحجمي KgBOD/ m^3.d	MLSS $kgBOD_5$ Kg/ MLVSS	الزمن الكلي t ، h	Q_r/Q %
التهوية المعدل العالي	جبهي	2-0.5	2-1.5	2.4-1.2	1000-200	3-1.5	150-100
التثبيت بالتماس	جبهي	10-5	0.6-0.2	1.3-1	3000-1000 10000-6000	1-0.5 4-2	150-50
الأوكسجين الصافي	جبهي	4-1	1-0.5	3.2-1.3	5000-2000	3-1	50-25
الجبهي التقليدي	جبهي	-0.2 0.4	0.4-0.2	0.7-0.3	3000-1000	8-4	75-25
التغذية المجزأة	جبهي	15-3	0.4-0.2	1-0.7	4000-1500	5-3	75-25
المزج الكامل	CMAS	15-3	0.6-0.2	1.6-0.3	4000-1500	5-3	100-25
التهوية المديدة	جبهي	20-10	0.04-0.1	0.3-0.1	5000-2000	30-20	150-50

قنوات الاكسدة	جبهي	30-15	0.1-0.04	0.3-0.1	5000-2000	30-15	150-75
الدفقات مع التفريغ	دفقات	25-12	0.1-0.04	0.3-0.1	5000-2000	40-20	NA
SBR	دفقات	30-10	0.1-0.04	0.3-0.1	5000-2000	40-15	NA
التدفق المعاكس	جبهي	30-10	0.1-0.04	0.3-0.1	4000-2000	40-15	75-25

*[1].

13-10. أنظمة التهوية Aeration systems

تستعمل عدة وسائل لتأمين الأوكسجين اللازم لعمل البكتريا في حوض التفاعل ومنها.

- التهوية بواسطة الهواء المذرور(الهواء المنشور) (Air diffuser).
- التهوية الميكانيكية.
- التهوية بالأوكسجين النقي.

والجدول(13-10-1) يوضح الأجهزة الشائعة لتهوية مياه الصرف في أحواض المعالجة.

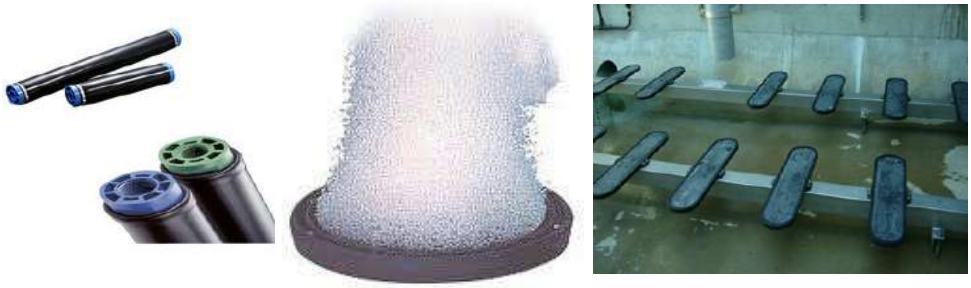
الجدول(13-10-1)
يوضح الأجهزة الشائعة لتهوية المياه في أحواض المعالجة

التصنيف	شرح الطريقة	التطبيقات
الغاطسة : الهواء المذرور (الهواء المنشور) - الفقاعات الناعمة Fine bubble	- فقاعات تتكون في أقراص السيراميك - البلاستيك- أغشية مسامية خاصة وتكون على شكل أقراص ,إسطوانات أو صفائح (plate)	لكل أنواع طرق الحمأة المنشطة
- الفقاعات الخشنة Coarse bubble	- فقاعات تتكون في ثقوب أو بواسطة حواقن خاصة أو ضمن(فالات)(nozzles) أو صفائح أفقية او اقراص. (كما يُنتج أغشية خاصة تعطي فقاعات خشنة)	كل أنواع الحمأة المنشطة + الهضم الهوائي
- النفاث Jet	- هواء مضغوط مع مياه من حوض التهوية هواء مضغوط مع مياه مضغوطة في غرفة صغيرة خاصة	حمأة منشطة + أحواض التوازن+ التهوية في الأحواض العميقة
السطحية: - العنفة التوربينية البطيئة (low speed turbine aerator)	عنفة كبيرة القطر تستعمل لمزج الهواء مع الماء	الحمأة المنشطة التقليدية + عمليات الحمأة +البرك المهواة + الهضم الهوائي
- المهوى الطافي ذو السرعة العالية High- speed floating aerator	مروحة صغيرة تستعمل لمزج الهواء مع الماء	البرك المهواة +الهضم الهوائي
المهوى الماص (الشفاط) (Aspirating)	مروحة صغيرة في اسطوانة مائلة وعند دورانها بسرعة تسحب الهواء الجوي وتنفث في الماء	البرك المهواة
- الفراشي الدوارة المركبة على أقراص (Rotor- brush)	ريش مركبة على محور عند دوران المحور تدخل الشفرات الماء وتخرج مسببة مزج الماء بالهواء	اقنية الأكسدة + الأقنية المهواة+ البرك المهواة
- التهوية على مصاطب	جريان المياه الصفحي على مساطب	قبل التهوية

13-10-1. التهوية بالهواء المذرور (بالهواء المنشور) Diffused – Air aeration

يتم تهوية مياه المجاري بواسطة هواء مذرور ينتشر من أغشية (ممبرين membrane) (تسمى تجارياً نواشر هواء) غاطسة في الماء حيث يتم تزويد الهواء بواسطة نافخات هواء خاصة (Blower) أو بواسطة طرق أخرى مثل (نفاث هواء، Jet air)، التهوية الغاطسةSubmerged aeration الشكل (13-10-1-1) يوضح نواشر من نوع أغشية شائعة الاستعمال (اسطوانات Tubular -أقراص Disk- صفائح plate) تعطي هواء مذرور ذو فقاعات ناعمة لتهوية مياه المجاري وهي صعبة الصيانة وعموماً يفضل عزل مجموعات النواشر في دارة الهواء وحين حدوث عطل فيتم عزل واخراج المجموعة المعطلة واجراء الصيانة. وارتفاع النواشر عن الأرض 10-15 سم ويمكن تقريب ضياع الحمولة في الناشر بشكل عملي إلى (50 ميلي بار)، أما الصفائح فهي تعطي فقاعات أصغر وتوزع الهواء في الحوض بطريقة أكثر انتظاماً ومن المساوئ في الصفائح هو ضياع أكثر للحمولة.

الشكل (13-10-1-1)
يوضح نواشر(مذرات) من نوع الأغشية
(a. اسطوانات -b . أقراص - c . صفائح)



(a) (b) (c)

الشكل (13-10-1-2) يبين كيفية تركيب النواشر في حوض التهوية. سرعة الهواء المار في الانابيب الناقلة يؤخذ (6-9) م/ث لأقطار(1-3) إنش ومن اجل أقطار اكبر من (3 - 10) إنش يؤخذ (10 - 15) م/ث، الجدول (13-10-1-1) يعطي ضياعات الحمولة في المرشحات (فلاتر هواء) وكاتم الصوت والإكسسوار المركب على دارة التهوية، ويراعى في تصميم الدارة عدم ضياع الضغوط وتصغير أقطار الانابيب مع التمديد وحتى النواشر. وفعالية ذر الهواء من الناشر تعتمد على نوع الماء ومادة الناشر وطريقة توزيع النواشر. وفعالية نقل الأوكسجين ضمن حوض التهوية تزداد مع ازدياد العمق (بسبب زمن المكوث الطويل للهواء في الماء) والعمق 4.5 م هو العمق الأكثر شيوعاً في مواقع تركيب النواشر، ويجب أن يكون الهواء خال من الغبار لمنع انسداد المسامات ويتم ذلك عن طريق تركيب مرشحات خاصة (فلاتر هواء).

يقدر مردود نقل الأوكسجين في الدرجة 20º مئوية في النواشر نوع أغشية اسطوانية الشكل (17 - 36)% وللصفائح (38 - 43)% وللنفاث (15 - 24)% وهنالك طرق آلية حديثة لقياس معدل نقل الأوكسجين (OTE)، وقد يصل معدل القدرة اللازمة عند استعمال الأغشية في التهوية (الأنابيب أو الأقراص) إلى 3.5 كغ أوكسجين / حصان/ ساعة.

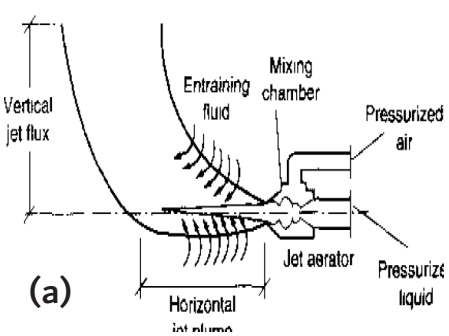
الجدول (13-10-1-1)
ضياع الحمولة في المرشحات وكاتم الصوت والإكسسوار على دارة التهوية

الجهاز	ضياع الحمولة mm
فلتر هواء	36 -13
كاتم صوت	
نافخ طرد مركزي	38 - 13
نافخ إزاحة ايجابية	216 - 152
صمام عدم رجوع	203 -20

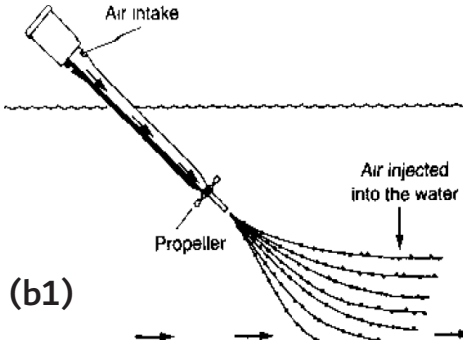
الشكل (13-10-1-2)
تركيب النواشر في أحواض التهوية

أما الطرق الأخرى لذر الهواء من دون مسامات فهي تعطي فقاعات كبيرة ومردود نقل الأوكسجين اقل ولكن تكاليف الإنشاء والصيانة اقل، وهي مفيدة في فصل الرمال، ومزج أحواض التنديف، الهضم الهوائي، معالجة المياه الصناعية. الشكل (13-10-1-3) a. نوع النفاثjet ونلحظ غرفة المزج بين الهواء المضغوط والماء المضغوط (يستعمل لأعماق كبيرة) الشكل (13-10-1-3) b2.b1 نوع المهوي الماص (الشفاط) (Aspirating) والشكل (13-10-1-3) c. فتحات خاصة (Nozzle) (فتحات او فالات) (لأعماق اكبر من 8 م) الشكل (13-10-1-3) d وهي مروحة تقوم بتكسير فقاعات الهواء من أنبوب مثقب يخرج منه هواء مضغوط اسفلها وإضافة لعملية تكسير الفقاعات تقوم بعملية المزج. الشكل (13-10-1-3) fالتهوية الغاطسةjet من Caprari، إضافة لنماذج مثل U tube أو(Deep shaft) الشكل (13-10-1-3) g. مقياس لتدفق الهواء الداخل إلى المحطة Flow indicator.

الشكل (13-10-1-3)
بعض أنواع الأجهزة (غير المسامية) التي تعطي فقاعات



(a)



(b1)

(b2)

(c)

(d)

(f)

(g)

13-10-2. مضخات الهواء (النوافخ) Blowers

هنالك نوعان من النوافخ وهما الأكثر انتشاراً:

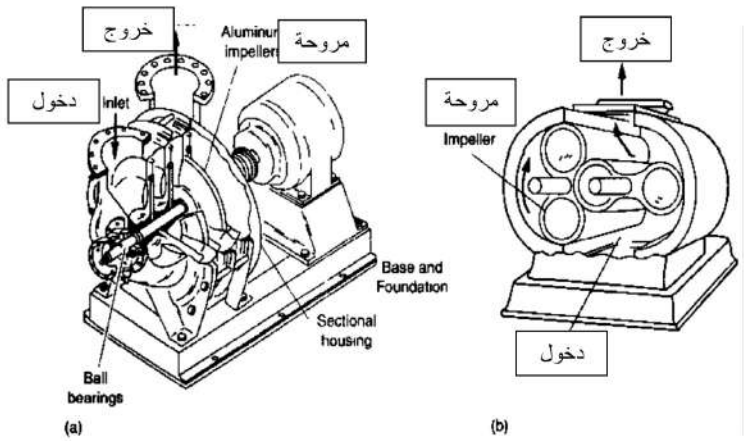
1 - نافخ الطرد المركزي Centrifugal blower.

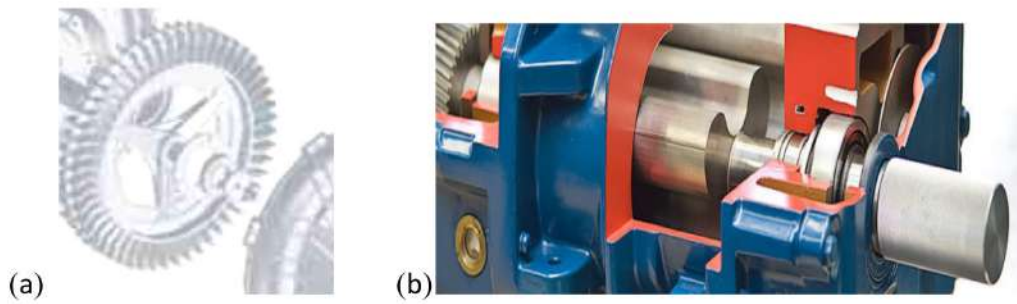
2 - الإزاحة الموجبة (ذات الفصوص) .Positive displacement

1. نافخ الطرد المركزي: الشكل(13-10-2-1) a. مضخات (نافخ) الطرد المركزي تحوي مروحة توربينية سرعتها 3000 دورة /دقيقة وهي منتشرة بشكل كبير ويمكن أن يصل تدفقها حتى ($5000m^3/h$) مع ضغوط تصل إلى **(480 - 620) ميلي بار،** ويتم تحقيق ذلك بمرحلة ضغط واحدة أو عدة مراحل متتابعة وينصح بوضع صمامات ضغط ومقياس تدفق ومرشحات جيدة للهواء الداخل، ويجب اختيار المضخات من كتالوجات الشركات كاختيارنا للمضخات العادية ويجب أن نختار كمية التدفق اكبر من المطلوب لمراعاة تغيرات الحمولات العضوية ونقص مردود النواشر(المذرات) وتغير كثافة الهواء شتاءً وصيفا وبالتالي تغير كمية الهواء المضخوخ. ويجب الانتباه إلى انه عند إيقاف المضخة يرتفع الضغط)50 % (كما أن درجة حرارة النافخ تصل إلى أكثر من **80º - 60º** ولذلك فان درجة حرارته الهواء من المضخة عالية تسبب في رفع درجة حرارة الماء. ويراعى ذلك في اختيار النوافخ للعمل أثناء الصيف ويمكن وضع أجهزة التهوية في غرف مهواة لتبريد الهواء المحيط بالنافخ. الشكل (13-10-2-2) . b،a نوافخ الطرد المركزي بمرحلة ضغط واحدة ومرحلتين.

الشكل(13-10-2-1) .

a. نافخ الطرد المركزيb . نافخ الإزاحة الايجابية





الشكل(13-10-2-2) b. a
(نافخ) الطرد المركزي مرحلة ضغط واحدة ومرحلتين(من Emmecom،FPZ)

(a) (b)

2 - نافخ الإزاحة الايجابية (ذات الفصوص): الشكل(13-10-2-1) b والشكل(13-10-2-3). مضخات (نافخ الإزاحة الايجابية) وهي نوافخ تعطي تدفقات ذات مجال اكبر من حيث التدفق ومن حيث الضغوط حيث يصل الضغط إلى 1700 ميلي بار والتدفق يصل إلى ($100000\ m^3/hr$) وهي مستعملة بكثرة في محطات المعالجة المتوسطة والكبيرة ومن عيوبها ارتفاع نسبة الضجيج ولذلك تحتاج إلى كاتم صوت وغرفة معزولة وتحتاج إلى تهوية غرفة المضخات.

الشكل(13-10-2-3).
مضخات هواء (نافخ الإزاحة الايجابية) من (Robuschi)،(Arzen)

13-10-3. التهوية السطحية الميكانيكية Mechanical surface aerator

وهي مراوح غاطسة كليا أو جزئياً وتكون على نوعين رئيسين بطيئة أو سريعة والغاية هي مزج الهواء بمياه الصرف لتحقيق نسبة الأوكسجين المنحل المطلوبة، وعادة هذا النوع من التهوية لا يوضع في أحواض عميقة المياه ومن مساوئه نثر رزاز المياه المعالجة في الهواء.

1 - التهوية السطحية البطيئة Low speed محور الدوران رأسي

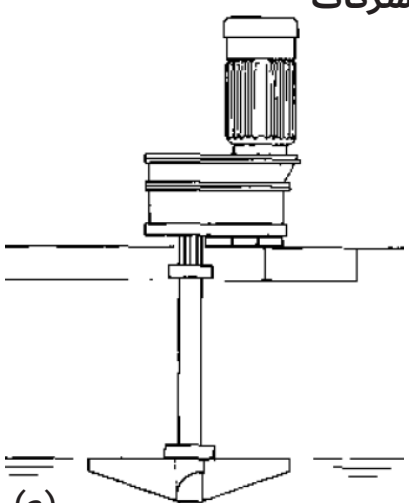
وهي مروحة طرد مركزي ذات سرعة بطيئة (20-100) د/د .ومعدل نقل الأوكسجين **2.8-1.5 (كغ O_2/ساعة)** في الظروف النظامية، ويوجد علبة سرعة يمكن أن تعطي أكثر من سرعة دوران الشكل (13-10-3-1)، a مخطط نموذجي لمهوي سطحي بطئ الشكل (13-10-3-1) b،نموذج مروحة تهوية من إحدى الشركات، والشكل (13-10-3-2) محطة معالجة بالتهوية السطحية البطيئة وهي مثبته على منصة أو قواعد تمتد إلى ارض الخزان وقليل منها يركب على عوامات.

2 - التهوية السريعة High speed محور الدوران راسي

وهي مهويات تركب على طوافات مثبته بأسلاك، وطورت هذه الطريقة للاستعمال بشكل أساسي في برك الأكسدة والبحيرات المهواة، ومعدل نقل الأوكسجين (1.5-2.5 كغ O_2/ساعة) في الظروف النظامية وتنتج المهويات حتى 95 كيلوواط. والشكل (13-10-3-3) مقطع نموذجي في مهوي سطحي سريع والشكل (13-10-3-4) محطة معالجة تعمل بالمهويات السريعة. الشكل (13-10-3-5) نماذج مهويات سريعة - خلاط حلزوني.
- ويوجد من النموذج 1و2 إستطاعات تتراوح من (0.75 - 100) كيلوواط ويمكن أن يمتد انبوب سحب الماء المركب حول المروحة إلى قرب قاع الحوض.

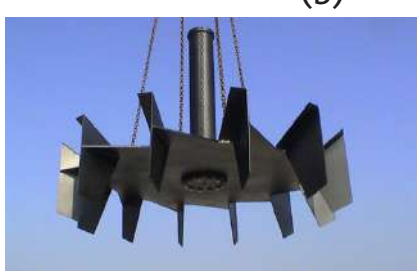
الشكل (13-10-3-1)

التهوية السطحية البطيئة ، aمخطط نموذجي لمهوي بطيء و b،c، نماذج من بعض الشركات



(a)

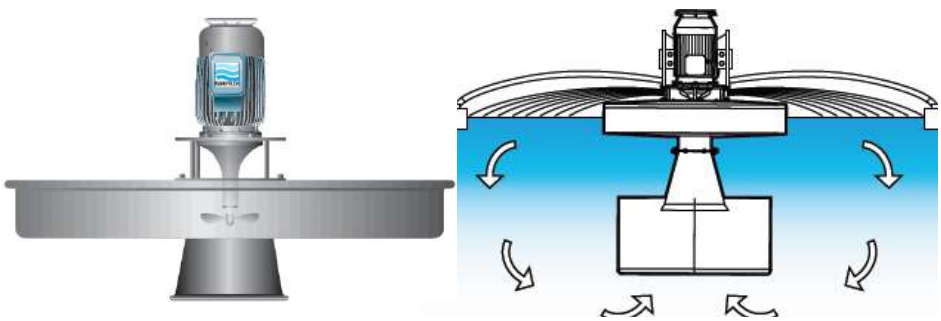
(b)



(c)

الشكل (13-10-3-2)
محطة معالجة بالتهوية السطحية البطيئة

الشكل (13-10-3-3)
مقطع نموذجي في مهوي سطحي سريع

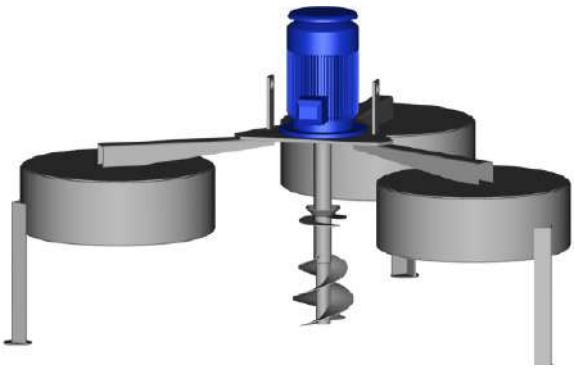


الشكل (13-10-3-4)

محطة معالجة (بالبرك المهواة) تعمل بالمهويات السريعة

الشكل (13-10-3-5)

نماذج مهويات سريعة - خلاط حلزوني



التهوية السطحية (محور الدوران أفقي)

ومن أنواعها الأقراص الدوارة والفرشاة الدوارة (Rotor- brush) وهي الأكثر استعمالا في اقنية الأكسدة الشكل (13-10-3-6) صورة لفرشاة من صفائح الكروم مثبته على محور أفقي وصورة لمحطة معالجة تعمل بطريقة اقنية الأكسدة مع فراشي حيث تدور الفرشاة بسرعة بطيئة **ويبلغ معدل نقل الأوكسجين (0.5 - 1) كغ O_2/ساعة**.

الشكل (13-10-3-6)
الفرشاة الدوارة

الجدول (13-10-3-1) يعطي معدل نقل الأوكسجين لمعدات التهوية السطحية في الظروف النظامية ويكون الأوكسجين المنحل الابتدائي صفر ودرجة الحرارة 20º إما الظروف الحقلية فالأوكسجين المنحل 2 ملغ/ ليتر ودرجة الحرارة 15º.

الجدول (13-10-3-1)

معدل نقل الأوكسجين في التهوية السطحية*

نوع التهوية	معدل نقل الأوكسجين Kg o_2/kw.h	
	(معيار) نظامي	الحقلي
التهوية السطحية البطيئة	2.1- 1.5	1.5 - 0.7
التهوية السطحية البطيئة مع انبوب سحب	2.8 - 1.2	1.3 - 0.7
التهوية السطحية السريعة	1.4 - 1.1	1.2 - 0.7
التهوية السطحية مع دوران أفقي	2.1 - 1.5	1.1 - 0.5

*[1]

- القدرة اللازمة للمزج في أنظمة التهوية

في التهوية بواسطة النواشر يتم توزيع النواشر وفق شكل الأحواض كما أن عمقها يلعب دور في مزج المياه، وكمية الهواء اللازمة للمزج **(20- 30m^3 / 1000 m^3.min)**من حجم الحوض و **(15m^3 / 1000 m^3.min)** في حال كون التوزيع بشبكة نواشر متجانسة، والقدرة اللازمة للإبقاء على المزج كاملاً في حوض التهوية بطريقة التهوية الميكانيكية **(20- 40kw / 1000 m^3)** حسب نوع المهوي من [1]. راجع الفقرة (16-7).

- تبخير المواد العضوية (Volatilization) يتم فيها عملية تحرر جزء من VOC من المياه المعالجة بواسطة التهوية المستمرة في حوض التهوية.

- تجريد الغازات (Gas stripping) تجريد الغازات يدخل ضمن تحويل الغاز من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية في مياه الصرف ومنها تحرر جزء من غازات VOC أثناء عملية التهوية وتحدث بقوة في فواصل الرمال المهواة ولذلك نلاحظ صدور رائحة قوية منها إذا وجد فيها غازات VOC (من أمثال البنزين وغيره) وتستعمل الطريقة في إزالة الروائح وإزالة الأمونيا بالتجريد في المراحل الأولية.

13-11. المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف

Anaerobic biological treatment processes

13-11-1. مقدمة : سوف يتم شرح الطرق اللاهوائية في معالجة مياه الصرف بشكل مختصر لان الكتاب يركز على المبادئ الأساسية في المعالجة ومعالجة مياه الصرف المنزلي، وتزداد أهمية الطرق اللاهوائية في معالجة مياه الصرف التي تحوي أحمال عضوية كبيرة كمياه الصرف الصناعي (الألبان والأجبان وأنواع المجمدات من الحليب (الايس كريم) - معامل الورق - النشاء - أطعمة الأطفال- الزيوت - البيرة والخميرة- مياه عصارة (رشاحة) النفايات الصلبة في مطامر النفايات الصلبة ...الخ، أو المياه المختلطة بشدة بمياه الصرف الصناعي حيث تكون المعالجة اللاهوائية اقتصادية أكثر من الطرق الهوائية، بينما معالجة مياه الصرف المنزلي والذي يتطلب مواصفات عالية تعتمد عموماً الطرق الهوائية لإزالة الملوثات [1] عدا إزالة الفوسفور بطرق بيولوجية والذي سيرد شرحه لاحقاً.

تشمل المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف نوعين:

- النمو المعلقSuspended growth : كالمزج الكامل و ASBR...
- النمو الملتصق (الثابت) Fixed growth : ويشمل السرير العائم، والسرير ذو التدفق العلوي (UASB)عبر طبقة الحمأة والفصل اللاهوائي بالأغشية... إلخ.
- **المحاسن :**

- استهلاك اقل للطاقة الجدول(13-11-1-1) يعطي مقارنة بين المعالجة الهوائية واللاهوائية بالنسبة للطاقة واسترداد الطاقة.
- إنتاج اقل للحمأة.
- تحميل عضوي اكبر لكل م^3 من حوض التفاعل.

- إنتاج غاز الميثان والاستفادة منه كمصدر للطاقة.
- حجم المفاعلات اصغر.
- عدم إصدار غازات مضره للبيئة.
- في المفاعل يتم استجابة للمغذيات الإضافية بعد فترة طويلة بدون تغذية.

- **المساوئ :**
- إقلاع بطئ لحوض المعالجة.
- ربما يحتاج إضافة قلوية.
- ربما يحتاج لمعالجة هوائية لاحقة لمواجهة المتطلبات اللازمة لنوعية المياه.
- لا يوجد إزالة للنتروجين والفوسفور.
- حساس جداً لدرجة الحرارة المنخفضة.
- حساس للمواد العضوية كمثال: النتروبنزين ،Nitrobenzene[2]، 1 - الكلوروبروبان -1 Chloropropane -1[2] ، الفينول...الخ وغير العضوية مثلk ،Na، ،وتركيز عالي من الأمونيوم نتروجين NH_4^+ الذي يعطي أمونيا حرة NH_3 وهي سامة للبكتريا ويمكن أن توقف التفاعل اللاهوائي.

13-11-2. القلوية

مع زيادة CO_2 المنتج من المعالجة اللاهوائية يجب أن تكون القلوية 2000 - 4000 ملغ/ليتر مثل $CaCO_3$ للحفاظ على PH ضمن الطبيعي وإلا اضطررنا إلى شراء وإضافة مواد كيمائية وعموماً لا تكفي القلوية الموجودة ضمن مياه الصرف لتحقيق ذلك ويضاف عادةً بيكربونات الصوديوم.

الجدول(13-11-1-1)

مثال للمقارنة بين المعالجة الهوائية واللاهوائية بالنسبة للطاقة، التدفق 100م^3/يوم في الدرجة 20º - الحمل 10كغ/م^3*

الطاقة	القيمة KJ/ d	
	لا هوائي	هوائي
التهوية		-1.9×10^6
إنتاج الميثان	125×10^6	
احتياج الطاقة لرفع درجة الحرارة إلى 30º	-21×10^6	
الصافي من الطاقة	104×10^6	-1.9×10^6

- *(الأوكسجين اللازم = $0.8\ Kg/kg\ COD_R$) .
- (مردود التهوية = $1KW = 3600\ KJ,\ 1.52\ Kg\ O_2/KWh$)
- الميثان المنتج = ($0.32 m^3 / Kg\ COD_R$) .
- الطاقة المنتجة من الميثان :{ميثان $35846 kj/m^3$ في(الدرجة 0 والضغط 1 جوي)} .

من[1]

13-11-3. عمر الحمأة Sludge age

عموماً عمر الحمأة أكثر من 20 يوم في الدرجة 30º وتزداد بانخفاض الحرارة حتى 50 يوم.

13-11-4. طرق المعالجة اللاهوائية في النمو المعلق للبكتريا

أهم الطرق المتبعة في المعالجة هي النمو المعلقSuspended growth وهي على ثلاث أنواع الموضحة في الشكل (13-11-4-1):

1 - المزج الكامل اللاهوائي.

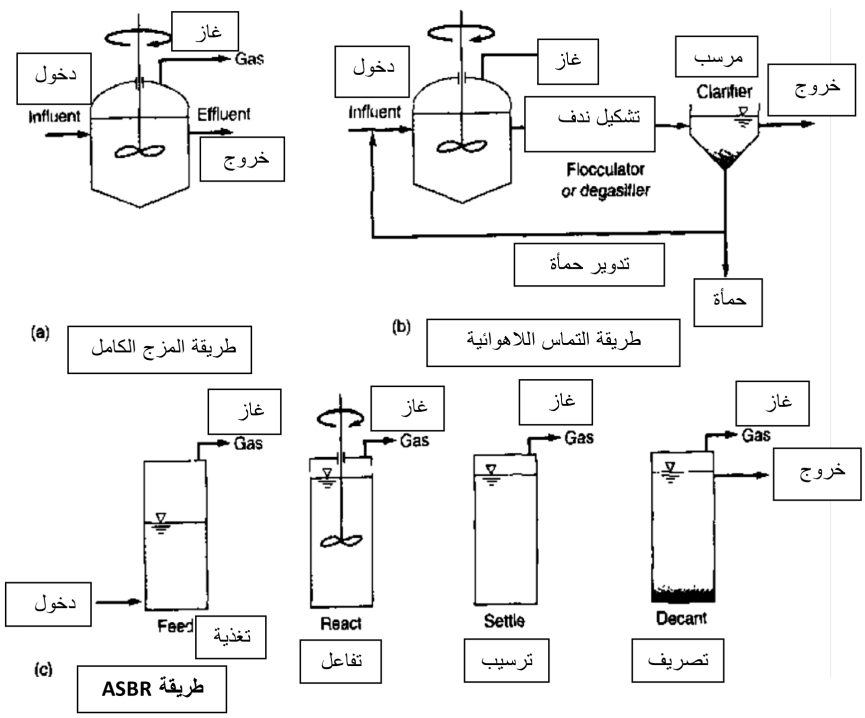
2 - طريقة التماس اللاهوائية.

3 - المفاعل ذو الدفقات اللاهوائي ASBR.

13-11-4-1. طريقة المزج الكامل Complete mix process

الشكل(13-11-4-1.a) يوضح طريقة عمل المفاعل بطريقة المزج الكامل ويكون زمن المكوث يساوي عمر الحماة وزمن المكوث يتراوح من 15-30 يوم [1] والطريقة مناسبة (بدون تدوير حمأة) للمياه عالية تركيز المواد الصلبة أو المواد العضوية المنحلة العالية جداً، وتستعمل عدة وسائل للمزج مشروحة في هواضم الحمأة اللاهوائية (انظر الفصل 21) الجدول (13-11-4-1-1) يوضح مقارنة التحميل الحجمي والتحميل الهيدروليكي للطرق الثلاثة بدرجة حرارة 30º.

الشكل (13-11-4-1)
أنواع مفاعلات المعالجة اللاهوائية في النمو المعلق



الجدول(13-11-4-1-1)
يوضح التحميل الحجمي والتحميل الهيدروليكي للطرق الثلاث في النمو المعلق بدرجة حرارة 30º *

الطريقة	التحميل الحجمي Kg COD/m^3.d	زمن المكوث d
المزج الكامل	5-1	30-15
التماس اللاهوائي	8-1	5-0.5
ASBR	2.4-1.2	0.5-0.25

* [1]

13-11-4-2. طريقة التماس اللاهوائية Anaerobic contact process

طريقة التماس اللاهوائية الشكل (13-11-4-1.b) حيث الترسيب منفصل مع تدوير حمأة ويكون بذلك عمر الحمأة أطول من زمن المكوث وبذلك يصغر حجم المفاعل ويفضل فصل الحمأة بالتطويف، كما تستعمل عدة طرائق لطرد الغاز من الحمأة بتنفيذ تعرية للغاز بالخلط أو بالفاكيوم Vacuum أو بالصفائح المائلة ويستعمل التخثير الكيمائي، وتؤخذ السرعة في حوض الترسيب (1-0.5) م/س، وتركيز MLVSS (4000 - 8000) ملغ/ليتر، والتحميل الحجمي يوضح في الجدول (13-11-4-1-1).

13-11-4-3. طريقة ASBR

طريقة المفاعل اللاهوائي بالدفقات ASBR الشكل (13-11-4-1.c) يوضح مراحل المعالجة، الإملاء والتفاعل (مع خلط متقطع كل ساعة لعدة دقائق لتحقيق مزج جيد) والترسيب ثم سحب المياه المعالجة، ونجاح الطريقة يتم بالترسيب الجيد لحبيبات الحمأة المتشكلة. ونحصل بهذه الطريقة على TSS = 50 - 100 ملغ/ليتر.

- زمن المكوث 6-24 ساعة.

- في 25º يزال92-98 % من COD عند التحميل (Kg COD/m^3.d 1.2-2.4).
- في 5º يزال 75-85 % من COD عند التحميل (Kg COD/m^3.d 0.9-2.4).
- زمن الترسيب حوالي 30 دقيقة.
- عمر الحمأة من 50-200 يوم.

الشكل(13-11-4-3-1) معالجة مياه الصرف الصحي بطريقة ASBR ،يمكن الاطلاع على الفقرة (21-2-2-1) الهضم اللاهوائي للحمأة.

الشكل(13-11-4-3-1)
المعالجة بطريقة ASBR

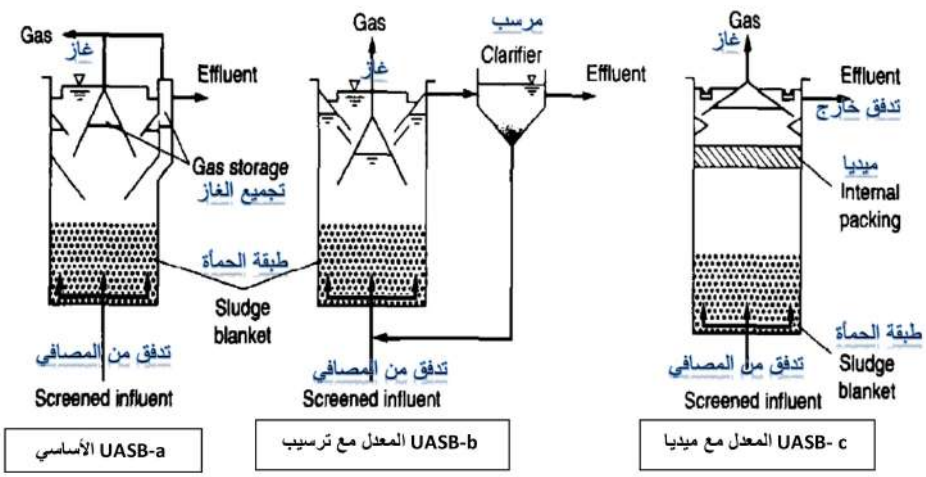
13-11-4-4. طريقة المفاعل اللاهوائي ذو التدفق الصاعد عبر طبقة الحمأة

Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)Process

وهي طريقة هامة في المعالجة اللاهوائية وجدت في هولندا وقد بني بهذه الطريقة أكثر من 511 محطة معالجة وهي فعالة في معالجة المياه

العالية الحمولة العضوية حيث تتحلل المواد العضوية وتعطي غاز حيوي يتم فصله بطرق خاصة لاستعماله كوقود الشكل (13-11-4-4-1،a) هو التصميم الاصلي ل UASB والشكل (13-11-4-4-1،b) مع ترسيب وتدوير حمأة، والشكل (13-11-4-4-1،c) اضافة ميديا ثابتة فوق سرير الحمأة لتحسين الاداء. والشكل (13-11-4-4-2) يوضح تعديلات اخرى من بعض الشركات، وتختلف الطرق الاخرى بكثافة الحمأة حيث تكون الحمأة بشكل حبيبات اقطارها (1-3) ملم وتركيز الحمأة عند القاع(10-50)غ/ليتر و(5-40) في قمة المفاعل، ويجب ان تكون SVI اقل من (20 مل/غ)، ويحتاج المفاعل الى شهور لتشكيل الحمأة ولذلك يتم نقل حمأة من مفاعل اخر لتسريع العمليات، كما يجب ان تكون PH=7.

الشكل (13-11-4-4-1)
التصميم الاساسي ل UASB مع التعديلات



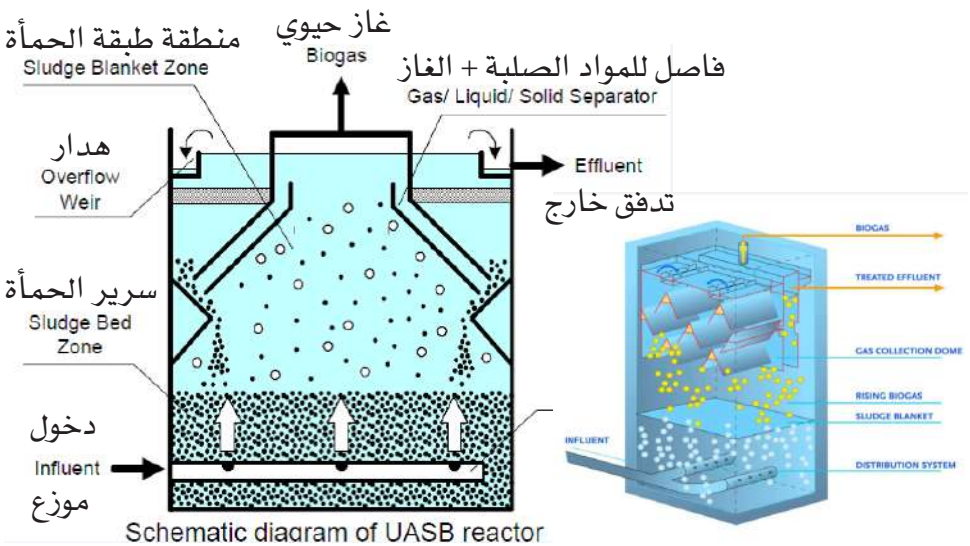
وان تكون نسبة COD:N:P خلال الإقلاع (5:1: 300) وان تكون خلال فترة العمل العادي(5:1: 600).

العوامل الرئيسية التي تلعب دوراً هاما في تصميم المفاعل (UASB):

نوعية المياه: زيادة الدهون والبروتين تتسبب في حدوث مشاكل في المفاعل- وفي دراسة عندما كان (TSS>6g) كان الهاضم بالتماس أكثر ملائمة.

التحميل الحجمي: الجدول (13-11-4-4-1) يوضح التحميل الحجمي حيث نسبة الإزالة 90 - 95 % وعندما COD بين (12-20 كغ/م^3. يوم) ودرجة الحرارة من 35°-30° ويكون زمن المكوث لمياه عالية الحمولة من (4-8) ساعات ويكون TSS مرتفع في التدفق الخارج. الجدول (13-11-4-4-2)يوضح زمن المكوث لمعالجة مياه صرف على نموذج تجريبي بمفاعل UASB الجدول (13-11-4-4-3) يعطي تحميل COD_s المنحل لمياه صرف تحوي حموض دسمة (VFA) او عندما لا تحوي، وفي درجات حرارة مختلفة ونسبة ازالة 85 - 95 % ،ويكون تركيز الحمأة 25غ/ل وقد تصل الى 35غ/ل.

الشكل (13-11-4-4-2)
مخطط عام UASB من بعض الشركات



الجدول (13-11-4-4-1)
التحميل الحجمي الموصى به لمفاعل UASB
لتحقيق نسبة إزالة85 - 95 % COD بدرجة حرارة 30 °[1]

التحميل الحجمي Kg COD/m^3.d			fraction as particulate COD	COD mg/l
ندف الحمأة	حمأة حبيبية مع إزالة عالية TSS	حمأة حبيبية مع إزالة قليلة TSS		
4-2	4-2	12 - 8	0.3-0.1	2000-1000
4-2	4-2	14 - 8	0.6-0.3	
na	na	na	1-0.6	
3-5	3-5	12-18	0.3-0.1	6000-2000
4-8	6-2	12-24	0.6-0.3	
4-8	6-2	na	1-0.6	
4-6	6-4	20-15	0.3-0.1	9000-6000
5-7	7-3	24-15	0.6-0.3	
8-6	8-3	na	1-0.6	
8-5	6-4	24-15	0.3-0.1	18000-9000
na	7-3	na	0.6-0.3	
na	7-3	na	1-0.6	

الجدول (13-11-4-4-2)

يوضح زمن المكوث لمعالجة مياه صرف صحي على نموذج تجريبي بمفاعل UASB – ارتفاع المفاعل 4 م*

درجة الحرارة Cº	زمن المكوث h	زمن المكوث الأعظم من أجل 4-6 ساعات ذروة .h
19-16	14-10	9-7
26-22	9-7	7-5
>26	8-6	4-5

*[1]

الجدول (13-11-4-4-3)

يعطي التحميل الحجمي COD_s المنحل لمياه صرف تحوي احماض دسمه أو لا تحوي، بدرجات حرارة مختلفة*

درجة الحرارة المئوية	التحميل الحجمي Kg COD/m^3.d			
	يوجد احماض دسمه VFA		لا يوجد احماض دسمه VFA	
	المجال	النموذجي	المجال	النموذجي
15	4-2	3	3-2	2
20	6-4	5	4-2	3
25	12-6	6	8-4	4
30	18-10	12	12-8	10
35	24-15	18	18-12	14
40	32-20	25	24-15	18

*[1]

سرعة التدفق العلوي في المفاعل: وهو رقم حرج حيث يوصى بالسرعات الواردة في الجدول (13-11-4-4-4) الذي يعطي سرعة المياه ضمن المفاعل والارتفاع الموصى به، حيث السرعة الاعظمية الممكن قبولها حتى 6 م/س و(2 م/س يسمح بها لمياه الصرف المنحلة والمنحلة جزئياً).

الجدول (13-11-4-4-4)

يعطي سرعة المياه ضمن المفاعل والارتفاع الموصى به*

نوع مياه الصرف	السرعة باتجاه الأعلى m/h		ارتفاع المفاعل m	
	المجال	نموذجي	المجال	نموذجي
CODحوالي 100 %منحل	3-1	1.32	10-6	8
COD جزئياً منحل	1.25-1	1	7-3	6
مياه صرف منزلي	1-0.8	0.7	5-3	5

*[1]

$$V_n = QS_o / L \qquad (1\text{-}4\text{-}4\text{-}11\text{-}13)$$

V_n الحجم الفعال m^3.

Q التدفق m^3/d.

S_o الحمل العضوي .$Kg\ COD/m^3$

L التحميل . $Kg\ COD/m^3.d$

لتحديد الحجم الفعال تحت الغاز الحيوي يجب أن نقسم على عامل E ونحصل بذلك على المعادلة:

$$V_L = V_n/E \qquad (2\text{-}4\text{-}4\text{-}11\text{-}13)$$

V_L= الحجم الكلي للمفاعل m^3

E = (0.8 - 0.9)

وحيث أن:

$$v = Q/A \qquad (3\text{-}4\text{-}4\text{-}11\text{-}13)$$

v = سرعة التدفق الراسي m/h.

A = سطح مقطع المفاعل m^2.

منه لتحديد الارتفاع من العلاقة:

$$H_L = V_L/A \qquad (4\text{-}4\text{-}4\text{-}11\text{-}13)$$

- H_L : الارتفاع معتمداً على حجم السائل، m

- V_L : حجم المفاعل الكلي، m^3.

يضاف من{H_G=m (3-2.5) } فوق المفاعل من اجل الغاز الحيوي.

منه الارتفاع الكلي H_T.

$$H_T=H_L+H_G \qquad (5\text{-}4\text{-}4\text{-}11\text{-}13)$$

2. عوامل فيزيائية: كتوزيع المياه ضمن المفاعل بحيث يكون التوزيع منتظم لمنع وجود مناطق ميتة وكذلك لمنع وجود أقنية ضمن طبقة الحمأة وكذلك جمع الغاز وفصل المواد الصلبة. ويتم تشجيع فصل المواد الصلبة من الغاز بوضع ترتيبات معينة بشكل (V) من المعيقات لتنزلق إلى طبقة الحمأة،[10] ويتم الاخذ بالاعتبارات التالية:

أ. ميول جدران جامع الغاز من 40º - 60º.

ب . السطح بين فتحات جامعات الغاز ليس اقل من 15 % - 20 % من المساحة الكلية.

ج. التداخل بين الحواجز من 100 سم 200 سم.

د. وضع حاجز مانع رغوة أمام الهدار.

هـ تكبير مخرج الغاز لتسهيل خروجه عند حدوث رغوة.

ح . وضع فتحة رش مانع رغوة في قمة جامع الغاز.

مثال 1.

صمم أبعاد مفاعل لا هوائي بطريقة UASB وفق المعطيات التالية:

التدفق = $1000m^3 / d$

$2000\ g/m^3 = COD_5$ ، $2300\ g/m^3 = COD$

الحرارة = 30^o

ارتفاع جامع الغاز= 2.5m

إنتاج الميثان =$0.4L\ CH_4 /g\ COD$

E =% 85

الحل:

أولاً. احسب حجم المفاعل معتمدا على التحميل العضوي:

$$2000\ /gm^3 = COD_S$$

نختار التحميل ($10Kg\ COD_S/m^3.d$) من الجدول (13-11-4-4-3)

من المعادلة (13-11-4-4-1) $V_n= QS_O /L$

$$V_n= (1000m^3/dX2kg\ COD_S/m^3)/10 = 200m^3$$

من المعادلة (13-11-4-4-2) $V_L= V_n /E$

$$200 / 0.85 = 235\ m^3$$

ومن المعادلة (13-11-4-4-3) $v = Q/A$

من الجدول (13-11-4-4-4) نأخذ السرعة (1.5m/h) لأن المياه عالية الانحلال.

$$A = Q/v = 1000/ 1.5 \times 24 = 27.8\ m^2$$

ثانيا. احسب أبعاد المفاعل معتمدا المعادلة (13-11-4-4-4) :

- ارتفاع السائل.

$$H_L = V_L/A = 235m^3/ 27.8m^2 = 8.4\ m$$

- حدد الارتفاع الكلي من المعادلة (13-11-4-4-5).

$$H_T=H_L+H_G= 8.4m+2.5m = 10.9\ m$$

منه الأبعاد الكلية للمفاعل: القطر 6m ، الارتفاع 10.9m

ثالثا. احسب زمن المكوث:

$$=V_L /Q = \quad 235 \times 24 /1000 = 5.64\ h$$

13 - 11 - 4 - 5. طريقة المفاعل اللاهوائي ذو الحواجز ABR

Anaerobic baffled reactor

الشكل (13-11-4-5-1. a) يوضح طريقة عمل ABR وتستعمل الحواجز لتوجيه المياه باتجاه الأعلى من خلال طبقة الحمأة sludge blanket بسرعة بطيئة وتختلف عن التدفق الرأسي UASB بوجود الحواجز، كما يوجد تدوير للمياه المعالجة في مفاعل (ABR).

الجدول (13-11-4-5-1) يعطي تحميل نموذجي لعدد من الحالات وعدد الغرف ودرجة الحرارة ونتائج دخول وخروج COD ،علماً أن كثير من الدراسات حول هذا المفاعل خلصت إلى أن زمن المكوث من 6-24 ساعة وتركيز المواد الصلبة الطيارة من 4-20 غ/ليتر .

الجدول (13-11-4-5-1)

يعطي تحميل تجريبي لعدد من حالات مياه الصرف الصناعي مع عدد الغرف ABR ودرجة الحرارة ونتائج دخول وخروج *COD

مياه الصرف	درجة الحرارة C°	عدد الغرف	دخول COD mg/L	تحميل COD $Kg/m^3.d$	نسبة الإزالة
الكربوهيدرات/بروتين	35	5	7600-7100	10-2	82-79
تقطير	35	5	51600	3.5-2.2	90
الكربوهيدرات/بروتين	35	5	4000	2-1	94
مولاس	35	3	115000-900000	28-4.3	88-49
روث الخنازير	35	3	58500	4	69-62
صرف منزلي	28-18	3	906-264	2.2	90
المذابح	30-25	4	550-450	4.7-0.9	90-75
أدوية	35	5	20000	20	68-36
منزلي/صناعي	15	8	315	0.9	70
جلوكوز	35	5	10000-1000	20-2	99-72

* [1]

وفيما يلي محاسن المعالجة بطريقة (ABR):

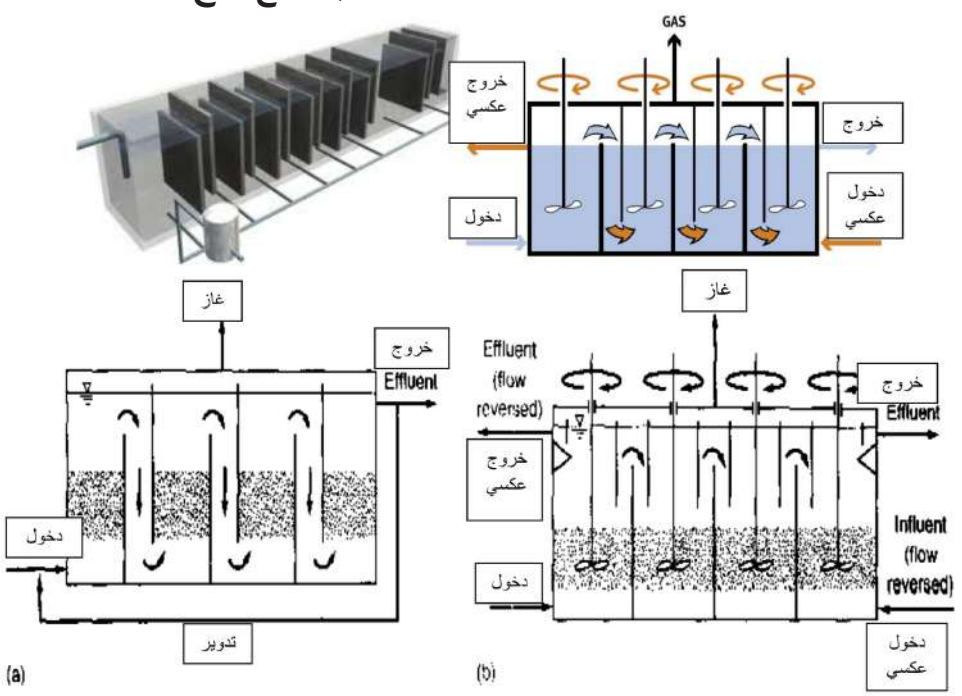
1. بساطة في العمل وبساطة في سحب الغاز كما لا يوجد أجزاء متحركة للمزج.
2. عمر طويل للحمأة ممكن مع زمن مكوث هيدروليكي منخفض.
3. لا يحتاج إلى كتلة حيوية خاصة.
4. مجال عريض من أنواع المياه.
5. إن وجود المراحل(الغرف) يحسن الأداء.
6. يتحمل الصدمات العضوية.

13 - 11 - 4 - 6. طريقة المفاعل اللاهوائي ذو الحمأة المهاجرة مع مزج AMBR Anaerobic Migrating Blanket Reactor ®

وطريقة المفاعل اللاهوائي ذو الحمأة المهاجرة مع مزج يتم فيه تغيير مكان التزويد والسحب بشكل دوري الشكل(13-11-4-5-1.b) حيث يعكس الدخل خرج وبالعكس عندما يلاحظ تراكم للحمأة في المرحلة الأخيرة، وفي دراسة لمعالجة مياه معمل صرف حليب غير دهني (BOD_5=285mg/l) (COD=600mg/l) بدرجة حرارة 15 Cº و20 Cº والتحميل كان (1-3Kg COD/m^3.d) وزمن المكوث من 4-12 ساعة، كانت نسبة الإزالة 59-95 %. سرعة الخلاط 60r/min، ويقترح 10 ثانية تدوير و2 دقيقة توقف، عدد الغرف 4، وعكس التدفق مرة واحدة من ...Largus T. Angenent Gouranga C، ويمكن أن ترتفع نسبة الإزالة إلى 80-95 % إذا كان التحميل 1-2Kg COD / m^3.d.

الشكل(13-11-4-5-1. a،b)

المفاعلABR، والمفاعل ذو الحمأة المهاجرة مع مزج AMBR،



13-11-5. طرق المعالجة اللاهوائية في النمو الثابت للبكتريا
Attached growth anaerobic processes

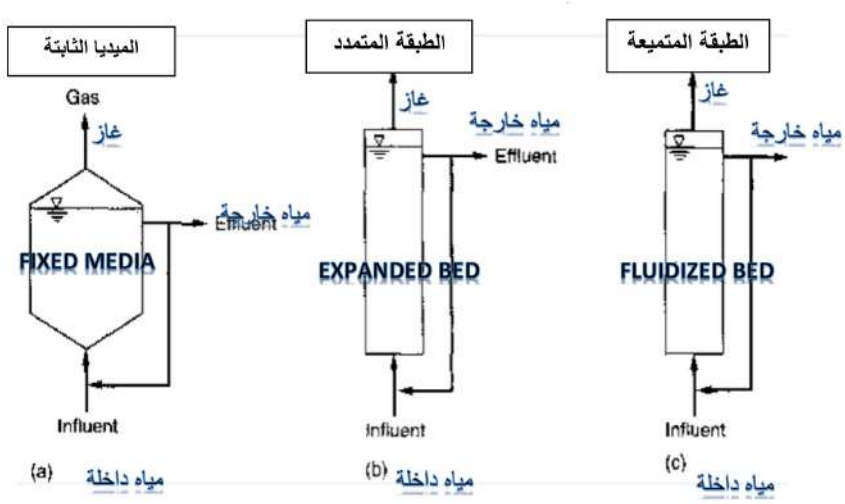
تستعمل طريقة التدفق الرأسي مع ميديا حاملة للبكتريا في المعالجة اللاهوائية في النمو الثابت للبكتريا، وهنالك عادة ثلاث نماذج من النمو الثابت الموضحة في الشكل(13-11-5-1).

- النموذج (13-11-5-1.a) الميديا ثابتة Fixed media

المياه تتحرك من خلال الميديا باتجاه الأعلى وعادة لا يوجد تدوير إلا في المياه قوية التركيز، وتكون مادة الميديا من البلاستيك نموذج اسطواني أو صفائح متعرجة مائلة تشبه الواردة في المرشحات البيولوجية أو نموذج كرات بلاستيكية، السطح النوعي الوسطي للميديا($100\ m^2/m^3$) ارتفاع المفاعل يتراوح من m(3 - 13) وقطره m(2 - 8) (يمكن أن يكون مربع المقطع) والتحميل من ($1- 6\ COD\ Kg/m^3.d$)وتصل الكفاءة إلى 90% يمكن أن يحدث انسداد ضمن الميديا ولذلك نحتاج إلى تدفق قوي (Flushing) لغسيله، كما يجب ان تكون سرعة التدفق الرأسي بطيئة نسبياً لمنع الانسلاخ، وتستعمل الطريقة لمياه قليلة العوالق، **وتستعمل كثيراً في المياه الصناعية.**

الشكل(13-11-5-1)

نماذج المعالجة اللاهوائية ذات الفيلم الثابت مع صور



- النموذج (13-11-5-1.b) هو الطبقة المتمددة التدفق الصاعد Expanded bed

تكون الميديا من الرمال الناعمة قطرها من 0.2 - 0.5 ملم والوزن النوعي 2.65 ويجب أن تكون سرعة التدفق الرأسي الصاعد 2 م/س ويستعمل التدوير لتامين سرعة مناسبة للمياه في الحوض، ولذلك يزداد

حجم الميديا 20 %. نسبة الفراغات 50 % عند التمدد، السطح النوعي الوسطي ($10000m^2/m^3$) ، وتستعمل الطريقة كثيراً **للصرف الصحي بدرجات حرارة منخفضة**. الجدول (13-11-5-1) يعطي أداء التدفق الرأسي الصاعد الطبقة المتمددة لمياه صرف صحي بدرجة حرارة منخفضة.

الجدول (13-11-5-1)

أداء مفاعل الطبقة المتمددة التدفق الرأسي الصاعد لمياه صرف صحي*

درجة الحرارة C°	التحميل (COD $Kg/m^3.d$)	نسبة الإزالة COD.
20	4.4	89
15	4	80
10	0.4	71
5	0.3	35

* [1]

- النموذج (13-11-5-1.c) هو الطبقة المتميعة Fluidized bed (FBR)

وتكون سرعة المياه أكبر من السرير المتمدد وتكون سطوح التماس مع البكتريا أكبر ويوجد مزج أكبر للميديا. قطر حبيبات الرمل حوالي 0.3 ملم وسرعة التدفق الرأسي الصاعد 20-24 م/س وذلك لتأمين نسبة تمدد 100 %، عمق المفاعل 4-6م، والزمن اللازم لإقلاع المفاعل حوالي 3 - 6 أشهر، وتحميل المفاعل يتراوح من {(COD $Kg/m^3.d$) 10 - 20)} الجدول (13-11-5-2) يعطي أداء الطبقة المتميعة لعدة حالات من مياه الصرف الصناعي. وفي تجربة كان حمل(COD= 5000mg/L) وكان تحميل COD (10 $Kg/m^3.d$) (وزمن المكوث 12 ساعة ودرجة حرارة 35 درجة مئوية اعطى معدل إزالة 95 % (أجريت نفس التجربة على المفاعل اللاهوائي مع ميديا بلاستكية ثابتة وكانت نسبة الإزالة 90 % [1] الشكل (13-11-5-2) FBR لمعالجة المياه الجوفية الملوثة بالنتريت.

(2-5-11-13)

FBR لمعالجة المياه الجوفية الملوثة بالنتريت

الشكل من موقع AWWA

الجدول (2-5-11-13)

أداء الطبقة المتميعة لعدة حالات من مياه الصرف الصناعي*

مياه الصرف	درجة الحرارة Cº	التحميل $Kg/m^3.d$ (COD)	زمن المكوث h	نسبة الإزالة %
حمض الستريك(الليمون)	35	42	24	70
نشاء/مصل	35	8.2	105	99
حليب	37	5-3	18-12	85-71
مولاس	36	30-12	8-3	95-50
جلوكوز	35	10	12	95

* [1]

- المفاعل اللاهوائي ذو التدفق النازل والنمو الثابت على ميديا ثابتة Down flow attached growth

طريقة المفاعل اللاهوائي ذو التدفق النازل والنمو الثابت مع ميديا بلاستكية ثابتة كما هي موضحة بالشكل رقم (13-11-5-3). وتستعمل للمياه عالية الحمولة ويمكن استعمال أنواع مختلفة من الميديا، وارتفاع الميديا في المفاعل من 2-4 م ويوجد تدوير للمياه المعالجة، ويكون الحمل المطبق من 5-10 (COD Kg/m^3.d) . الجدول (13-11-5-3) يعطي أمثلة لمعالجة مياه صرف لعدة أنواع من الصناعات يتم معالجتها في المفاعل اللاهوائي بطريقة التدفق النازل. ويوصى لمنع الانسداد أستعمال ميديا نوع تدفق شاقولي المستعملة في المرشحات البيولوجية، وتتميز هذه الطريقة بالبساطة ومن المساوئ كلف الميديا.

الشكل(13-11-5-3)

المفاعل اللاهوائي ذو التدفق النازل مع ميديا ثابتة*

مياه الصرف	درجة الحرارة C°	التحميل Kg/m^3.d (COD)	زمن المكوث h	نسبة الإزالة %
citrus	38	6-1	144-22	80-40
مصل الجبن	35	22-5	8-2	97-92
مصنع البيرة	35	20	2-1	76
المولاس	35	13-2	112-14	80-56

* [1]

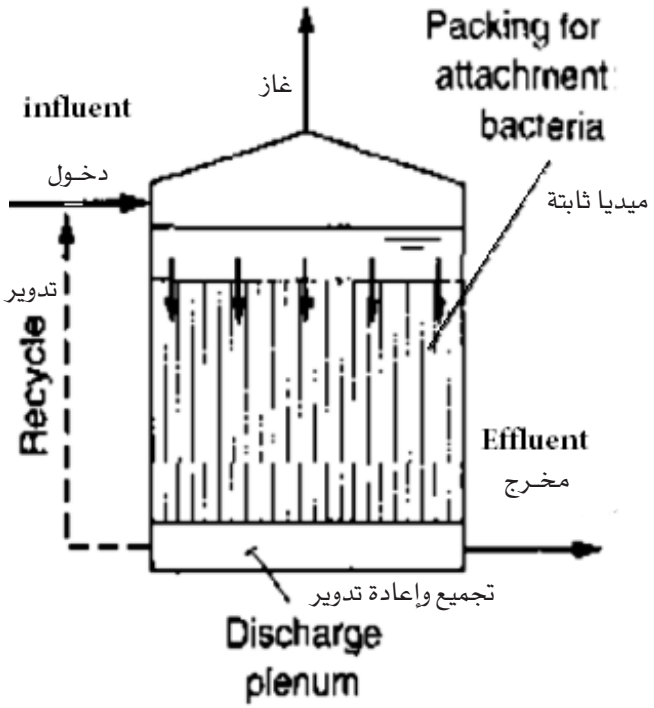
6-11-13. بعض طرق المعالجة اللاهوائية لمياه الصرف في الوحدات الصغيرة

هي طرق قديمة في المعالجة وبعضها أصبح قليل الاستعمال لتكاليفه (كأحواض امهوف) وتختلف طريقة المعالجة حسب كمية المياه ومن أهمها:

- خزانات التحلل Septic tank:

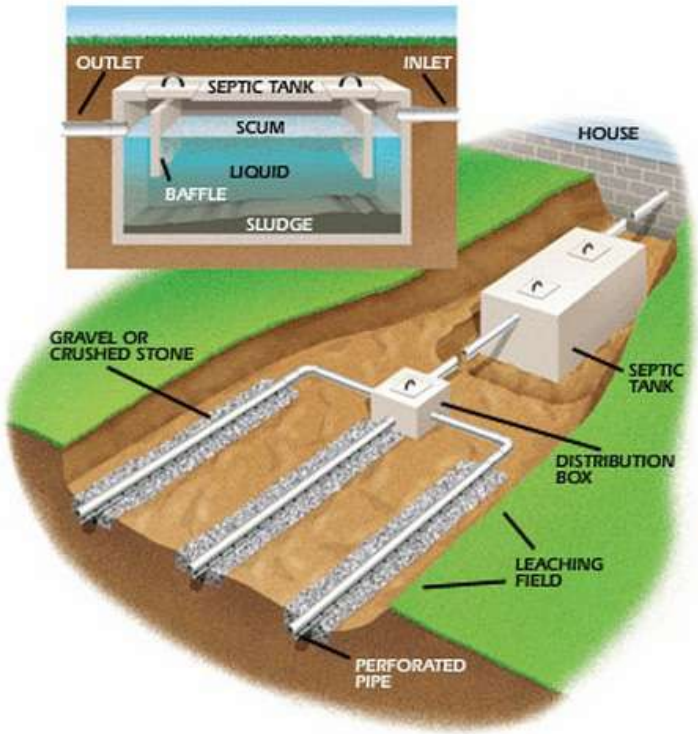
وهي خزانات تستعمل لمعالجة مياه الصرف الصحي لمنازل منعزلة وحين لا يوجد مجرور عام (وفي محطات المعالجة بالأراضي الرطبة) وهي حاليا تكون مسبقة الصنع من الفايبر كلاس أو الخرسانة المسلحة أو البولي اثلين أو الفولاذ وهي مؤلفة من حجرة أو حجرتين متصلين بثقب داخلي وقبل دخولها الحوض يجب أن تمر على مصفاة ناعمة أو فلتر خاص (من الألياف البلاستيكية) ينظف كل فترة ويوضع عادة في قبو البناء، أو أي مكان مناسب الشكل(13 - 11 - 6 - 1b ,a) ويتشكل رواسب في القسم الأول من الخزان وترتفع الدهون والشحوم إلى الأعلى مع طبقة من الزبد.

الشكل(13-11-5-3)
المفاعل اللاهوائي ذو التدفق النازل مع ميديا ثابتة

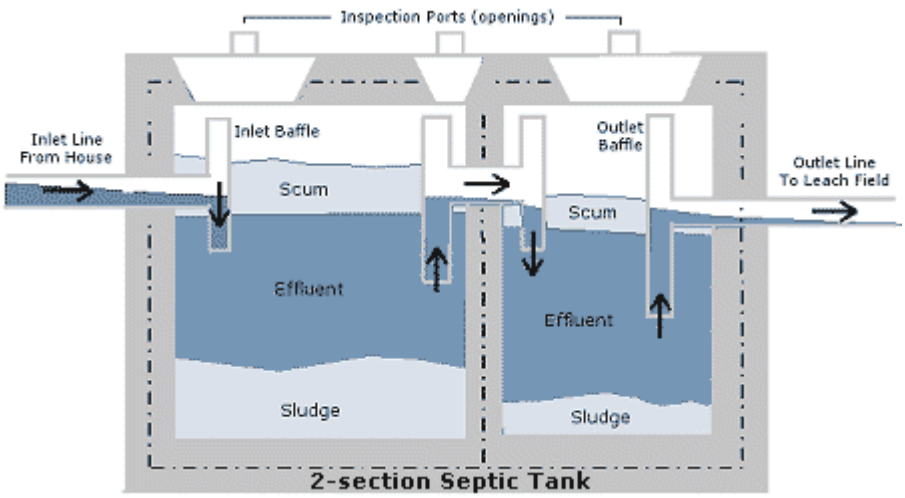


الشكل (13-11-6 -1،a)

خزان تحلل غرفة واحدة مع تصريف المياه المعالجة في الحقل



الشكل (13-11-6 -1،b) خزان تحلل بغرفتين



ويتم حدوث عمليات لاهوائية ضمن الوحدة كما يتم هضم الرغوة والرواسب مع الزمن. ويجب ضخ الرواسب بشكل دوري حيث يتم جمعها كل فترة، وتنقل للمعالجة أو لتصريفها أو الإفادة منها وينتج من الهضم اللاهوائي للمواد العضوية الميثان وثاني اوكسيد الكربون وكبرتيد الهدروجين ورائحته ليست مشكلة لاتحاده مع بعض المعادن ويتم التهوية من نفس أنبوب التزويد الذي يكون ممتداً لأعلى البناء (وحجم هذه الخزانات المتعارف عليه من 4000 ليتر إلى 7500 ليتر).

ملاحظات هامة حول خزانات التحلل Septic Tank:

- **زمن المكوث.** ويعطى التعريف التالي لتوضيحه:
- **الحجم الفعال لخزان التحلل Septic Tank:** هو الحجم الفعال بين الرغوة والحمأة المترسبة

زمن المكوث (يوم) = الحجم الفعال م^3 مقسوماً على معدل التدفق (م^3 في اليوم).

ويجب أن نحاول تحقيق زمن مكوث كاف لتحقيق الترسيب والتطويف.

منشأة المدخل مدروسة بشكل لا تُحدث اضطراب في الرغوة والحمأة المترسبة عند دخول مياه الصرف، والمخرج يُصمم بحيث يمنع الرغوة من الخروج.

زمن المكوث في غرفة التحلل هو 4 أيام كحد ادني (وبفرض أن الشخص يعطي 150 ليتر/يوم من مياه الصرف، منه نحسب الحجم اللازم للفرد في خزان التحلل:

150 L x 4 days = 600 Liter/pe

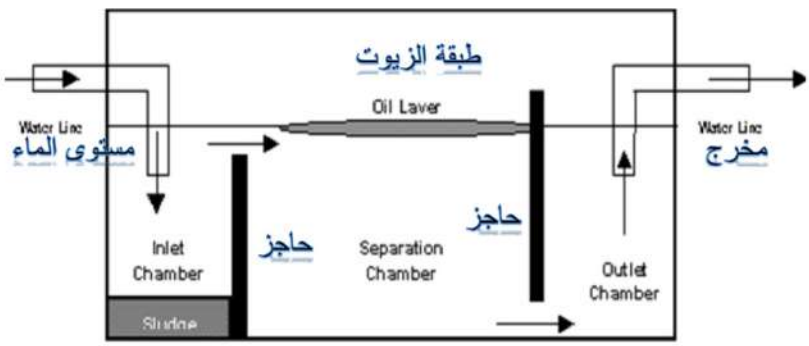
الجدول (13-11-6-1) التالي زمن تفريغ خزان التحلل بالعام الموصى به [المصدر : الستاندرد الصناعي الأمريكي]

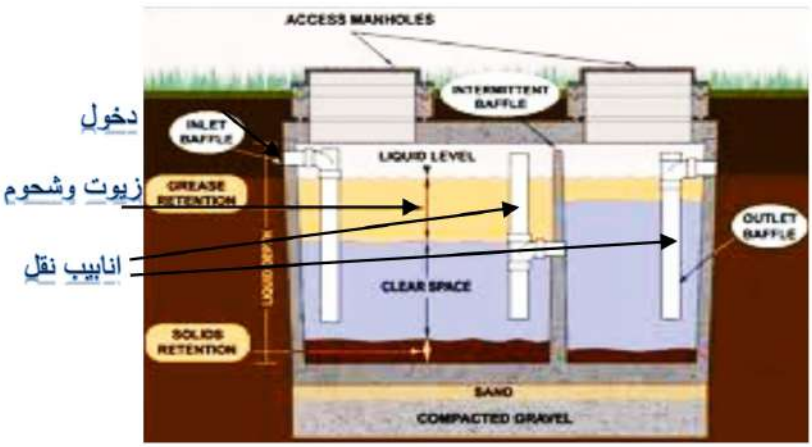
الجدول (13-11-6-1)
زمن تفريغ خزان التحلل الموصى به*
*(Source USA Industry Standards)

Recommended Septic Tank Pumping Frequency

	Household size (population equivalents)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
Tank Size (liter)	*Duration (in years) Between Pumpings and/or Inspections*								
2000	5.8	2.6	1.5	1.0	0.7	0.4	0.3	0.2	0.1
3000	9.1	4.2	2.6	1.8	1.3	1.0	0.7	0.6	0.4
3500	11.0	5.2	3.3	2.3	1.7	1.3	1.0	0.8	0.7
4000	12.4	5.9	3.7	2.6	2.0	1.5	1.2	1.0	0.8
4700	15.6	7.5	4.8	3.4	2.6	2.0	1.7	1.4	1.2
5500	18.9	9.1	5.9	4.2	3.3	2.6	2.1	1.8	1.5
6500	22.1	10.7	6.9	5.0	3.9	3.1	2.6	2.2	1.9
7500	25.4	12.4	8.1	5.9	4.5	3.7	3.1	2.6	2.2
8500	28.6	14.0	9.1	6.7	5.2	4.2	3.5	3.0	2.6
9500	31.9	15.6	10.2	7.5	5.9	4.8	4.0	3.5	3.0

الشكل (13-11-6-2) نماذج فواصل زيوت بالثقالة



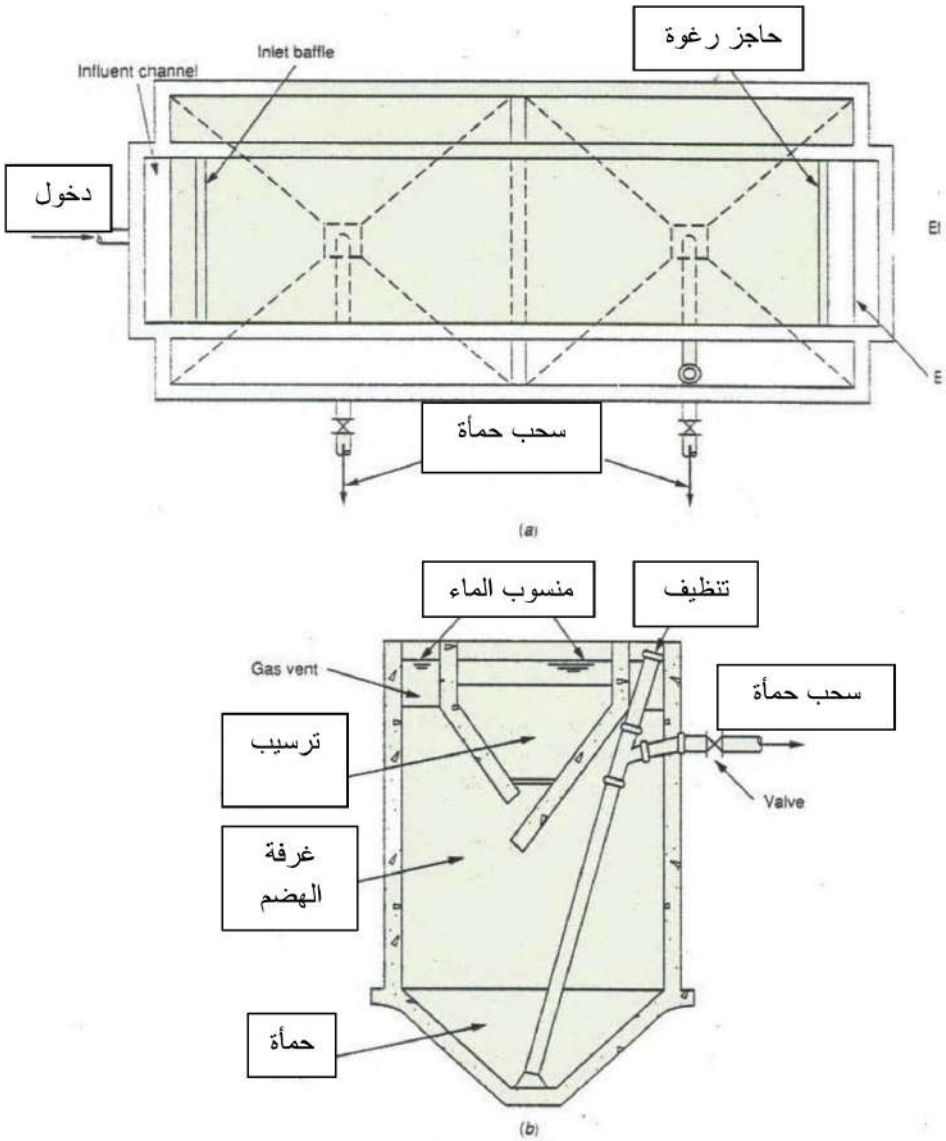


- **فواصل الزيوت:** وهي تستعمل أيضاً لفصل **الزيوت والشحوم بالثقالة وزمن المكوث حوالي 30 دقيقة [1]** الشكل (13-11-6-2). احدي نماذج فصل الزيوت بالثقالة.

- **أحواض امهوف:** تشبه أحواض امهوف أحواض التحلل ولكن يوجد فيها أحواض ترسيب وفق الشكل (13-11-6-3).

تذهب المياه بعد المعالجات السابقة إلى حقول التصريف كما في الشكل (13 -11 -6 -1, a) حيث يتم إنشاء خنادق خاصة أو حصيرة عمقها 1.5-0.6 م تملأ حصى وتتسرب المياه بالراحة من خلال التربة باتجاه المياه الجوفية الأقرب.

الشكل (13-11-6-3)
أحواض امهوف بغرفتين



14

المرشحات البيولوجية (التقطير) - الأغشية
Trickling filter - Membrane

14-1. المقدمة Introduction

بدأ علم معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي، منذ مئات السنين وتطور تطوراً كبيراً في الأربعين سنة الماضية، ويختلف اختيارنا لأحد الطرق في المعالجة باختلاف الأحمال القادمة مع مياه الصرف ونوعية المياه المطلوبة بعد المعالجة والدراسة الاقتصادية لسعر معالجة 1 م^3 من مياه الصرف المعالجة باختيار أنسب الحلول حيث يمكن أخذ طريقة أو طريقتين أو أكثر لمعالجة مياه صرف معينة فمثلاً ينصح في الأحمال العالية لمياه الصرف الصناعي قبل أستعمال الحمأة المنشطة في المعالجة إجراء معالجه لا هوائية أو هوائية لتخفيض الأحمال ويستعمل المرشح البيولوجي كحل عملي لمعالجة مياه الصرف الصحي. ويمكن أن نلخص ميزات الطريقة بما يلي:

- يمكن أستعمال المرشحات كحل رخيص واقتصادي في معالجة مياه الصرف.
- لا يحتاج إلى مهارات عالية في التشغيل والاستثمار.
- لا يمكن أن تموت البكتريا في أثناء التوقف لإصلاح المحطة وخصوصاً إذا لم تتعرض البكتريا لأشعة الشمس المباشرة.
- يعطي حمأة قليلة.
- استهلاك الطاقة الكهربائية قليل.

وتعتبر معالجة المياه بالمرشحات الحيوية من أقدم الطرق المعروفة في المعالجة لسهولة التعامل ومحدودية المشاكل الفنية ونتائج المعالجة السريعة وتاريخ تطورها متضارب بين مشجع لاستخدامها وبين اعتبارها محدودة الأداء وتفضلها كثير من الدراسات واتفق الجميع على أنها من أهم الطرق وأرخصها في تخفيف أحمال مياه الصرف بالمقارنة مع الطرق الأخرى وخصوصاً بعد التطور الكبير في صناعة المواد الحاملة للبكتريا (media) وطرق تصميمها بحيث تشكل سطوح كبيرة بالنسبة لواحدة الحجم وعمل الطبقة (البيوفيلم) البيولوجية المشكلة على الميديا بتماسها مع مياه الصرف وبمساعدة البكتريا سيتم هضم المواد العضوية وتخفيف تركيزها وتقوم الشركات الآن بتصاميم مبتكرة تغني عن المعالجة بالحمأة المنشطة.

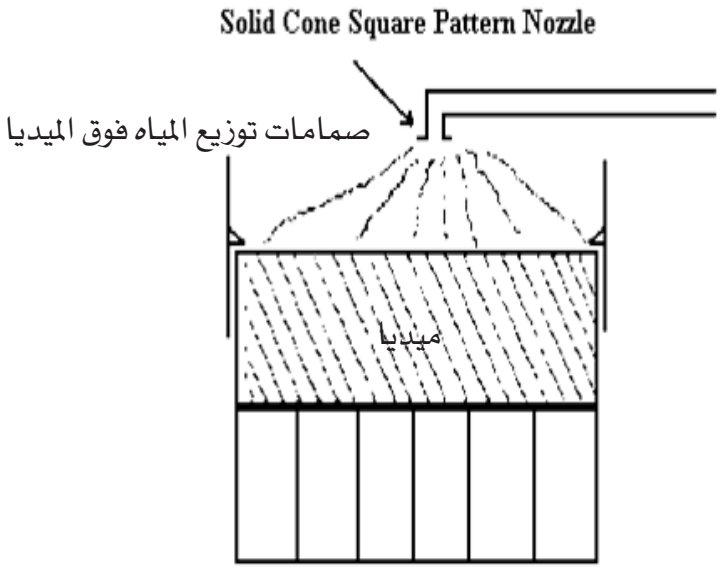
وتدعى هذه الطريقة المرشحات الحيوية Biological Filters وندرس في هذا الفصل المرشحات النازة أو مرشحات التقطير trickling filter. ويغلب على دراسة المرشحات الطابع التجريبي. **وسندعوها هنا مجازا مرشحات التقطير بالمرشحات البيولوجية.**

14-2. أنواع المرشحات البيولوجية

يتألف المرشح البيولوجي التقليدي الشكل (14-2-1) من سرير من المواد الحاملة للبكتريا «ميديا» (Media) ويكون مؤلف من المواد الحصوية أو الخبث ويمكن أستعمال المواد البلاستيكية، ومن حوض سفلي ومرشات، ويبين الشكل (14-2-2) مقطع في الميديا والحمأة ويظهر المناطق الهوائية واللاهوائية في طبقة الحمأة (البيوفيلم) والمدخلات كالغذاء والأوكسجين والمخرجات كالحمأة والمواد المثبتة.

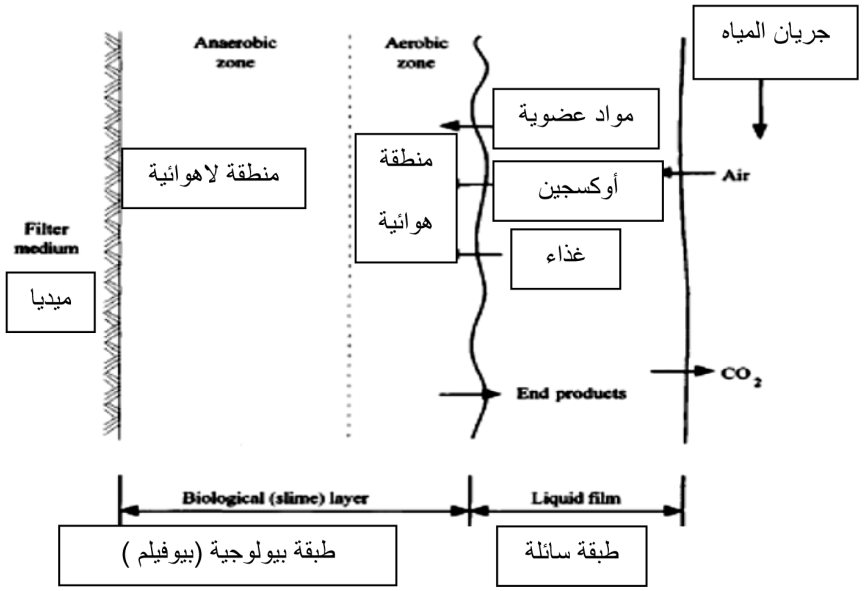
الشكل (14-2-1)

مقطع في مرشح بيولوجي تقليدي



الشكل (14-2-2)

مقطع في مرشح بيولوجي الحمأة المشكلة على الميديا

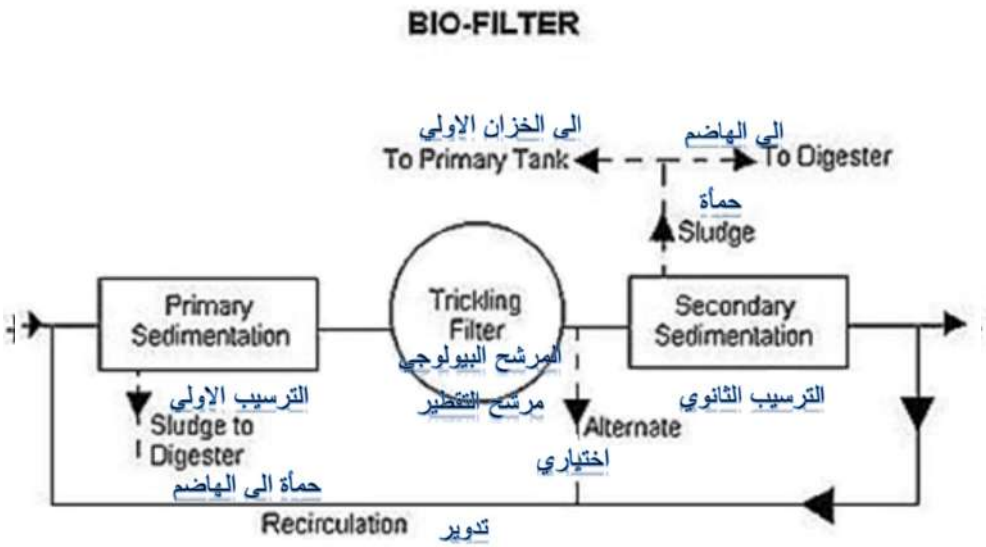


يتم في المفاعل توزيع مياه الصرف بواسطة أذرع دوارة ترش الماء من خلال فتحات في الأذرع حيث تتسرب مياه المجاري عبر فراغات الوسط المرشح ملامسة هذا الوسط الذي تنمو عليه الكائنات العضوية الدقيقة الشكل (14-2-3) مرشحات تقطير (trickling filter) لمعالجة مياه صرف معمل حليب، المانيا.

الشكل (14-2-3)
مرشحات تقطير لمعالجة مياه صرف معمل حليب
المانيا Hanweld co

وتعمل البكتريا الهوائية واللاهوائية والاختيارية في معالجة مياه الصرف التي تقوم بتفكيك المواد العضوية والغير عضوية وأكسدتها بمساعدة الأوكسجين الموجود في الهواء الجوي، الشكل (14-2-4) مسقط عام للمرشح البيولوجي التقليدي يبين حوض الترسيب الأولي والمرشح البيولوجي وحوض الترسيب النهائي والحمأة الراجعة من حوض الترسيب النهائي أو إمكانية تدوير جزء من المياه الخارجة من المفاعل البيولوجي.

الشكل (14-2-4)
مسقط لمرشح بيولوجي تقليدي



ليس بالضرورة أن تحتاج هذه الطريقة إلى تجهيزات تهوية بل يتم الاعتماد على الهواء الموجود بين الفراغات في الوسط المرشح. تخرج المياه أسفل المرشح حاملة معها بعض الرقائق من الكتلة الحيوية التي نمت على

الشكل (14-2-5)
مرشح بيولوجي أثناء عمله

الشكل من شركة GEA

السرير وتدعى هذه الطريقة من النمو (الفيلم الثابتFixed Film Growth) تميزاً عن طريقة الحمأة المنشطة والتي تدعى النمو المعلق(Suspended Growth) .

- يسبق عادة الدخول إلى المرشح حوض ترسيب أولي ويتبعه حوض ترسيب ثانوي وفي المرشحات الحديثة تستعمل المواد البلاستيكية كمادة حاملة للبكتريا، يبين الشكل (14-2-5) مرشح بيولوجي أثناء عمله، وقد يصل ارتفاع المفاعلات حتى /4-12/ م وذلك بسبب تطور المواد الحاملة البلاستيكية وزيادة السطح النوعي.

الشكل (14-2-6) مرشح بيولوجي يستعمل لتخفيض الأحمال في معامل المشروبات الغازية ومرشحات متتابعة في معمل الألبان لتطابق المواصفة المطلوبة للطرح في المجاري العامة ويلاحظ الأداء البسيط وتحقيق التخفيض في الأحمال العضوية بدون اللجوء لطرق معقدة وعدم الحاجة لعمالة تشغيل ذات خبرة كبيرة وخصوصاً عندما يطلب تخفيض50 % - 70 % من حمولة التلوث...

يصنف المرشح التقليدي حسب تحميله هيدروليكياً أو حسب الحمولات العضوية إلى عدة أنواع:

14-2-1. المرشح ذو المعدل المنخفض Low rate

وهو مرشح تقليدي بسيط، وحمولاته يمكن أن تكون متغيرة بشدة وتدفقه متقطع ويصمم بشكل دائري أو مستطيل وعادة لا يوجد فيه تدوير للمياه وعموماً يفضل أن يتم المحافظة على تدفق ثابت من خلال خزان للجرعات وأن لا يكون بين الجرعة والجرعة أكثر من 1-2 ساعة حتى لا تتدهور حياة البكتريا. وعمق المرشح التقليدي عادةً من (60 - 120) سم تقريبا، ومادة الميديا من الحصى أو الخبث. ويعالج المرشح BOD بشكل جيد، ويمكن أن تحدث فيه النترجة وتحويل الأمونيا إلى نتريت.

الشكل (14-2-6)
مرشح بيولوجي لتخفيض الأحمال لمياه مشروبات غازية،
ومرشحات متتابعة في معمل الألبان

الشكل منkitos للهندسة البيئية

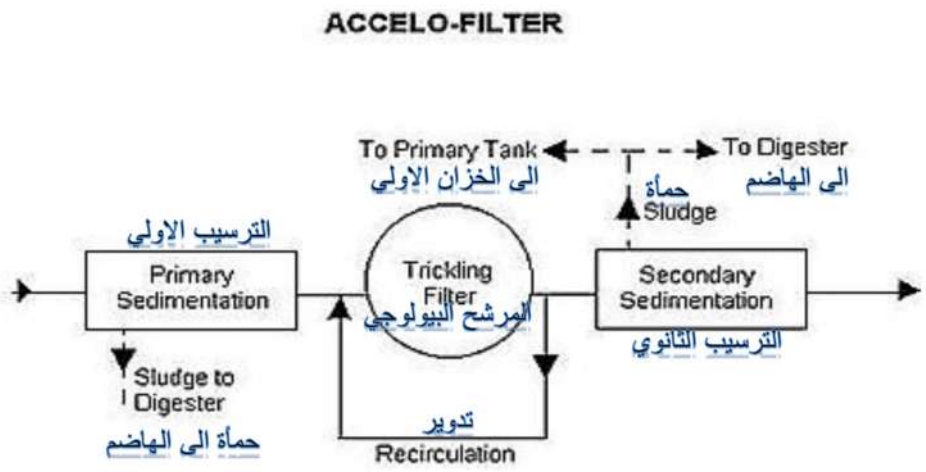
ويعاني هذا النموذج من الروائح وانتشار الحشرات (ويعالج بالتدوير) والتأكد من تحقيق التحميل العضوي المناسب، (ويجب الانتباه إلى أن انخفاض التدفق ليلاً يسبب نقص في الرطوبة على (البيوفيلم) التي نمت على المواد الحاملة للبكتريا، الميديا).

14-2-2. المرشح ذو المعدل المتوسط والمعدل العالي Intermediate rate and high rate

المرشح ذو المعدل المتوسط يشبه الفلتر ذو المعدل المنخفض ولكن التدفق فيه مستمر، أما المرشح ذو المعدل العالي فيصمم لحمولات أعلى

من المرشح المعدل المنخفض ويعاد جزء من الحماة أو المياه المعالجة النهائية أو من التي خرجت من المرشح، وكفاءة معالجته قريبه من كفاءة معالجة المرشح ذو المعدل المنخفض ولكن الروائح قليلة واقل انسدادا. ويستعمل في كلتا الحالتين المواد الحصوية أو البلاستيكية. الشكل (14-2-1) شكل نموذجي للمرشح المعدل المنخفض والمعدل العالي ويلاحظ طريقة تدوير المياه في المرشح.

الشكل (14-2-2-1)
يستعمل لحالتي المرشح ذو المعدل المنخفض والمعدل العالي



It is used for both low-rate and high-rate filters

14-2-3. المرشح ذو المعدل العالي السوبر Super Rate Filter

وهو مرشح يتعامل مع الحمولات العضوية العالية والتدفقات الكبيرة، والخلاف الرئيسي بين السوبر والمعدل العالي هو التحميل الهيدروليكي الكبير والعمق الكبير وقد أصبح العمق الكبير ممكناً بسبب استعمال مواد خفيفة (media) ومعظم هذه الأنواع تستعمل في مرشحات الأبراج (Packed Towers).

14-2-4. المرشح غير المنتظم Roughing filter

وهو كالمرشح ذو المعدل العالي ويستعمل في حالة مياه ذات حمولات عالية جداً وعادة يستعمل قبل الدخول للمعالجات الثنائية بغرض تخفيض التلوث، ويصل حمل BOD_5 إلى (1.6 Kg / m^3.d). والتحميل الهيدروليكي يصل إلى (187 m^3/m^2.d). وتستعمل المواد البلاستيكية كميديا حاملة للبكتريا وتكون بأشكال مختلفة سنأتي على ذكرها بالتفصيل.

14-2-5. المرشح البيولوجي على مرحلتين Two stage filter

وهو مرشح على مرحلتين بينهما حوض ترسيب ثانوي وحوض ترسيب ثانوي آخر في نهاية المعالجة ويستعمل في معالجات المياه العالية التلوث والمرحلة الثانية يتم فيها حدوث النترجة Nitrification .

14-3. تصميم المرشح البيولوجي

الجدول (14-3-1) يفيد في إعطاء ضوابط نموذجية للتصميم ويعتمد تصميم المرشح البيولوجي على ما يلي:

1 - كمية التزويد بالمياه Dosing Rate.

2 - طريقة توزيع المياه Distribution.

3 - نوعية المادة الوسطية Characteristics of medium.

4 - ترتيب القسم السفلي من المرشح.

5 - تأمين التهوية اللازمة سواء كانت طبيعية أو عن طريق تهوية ميكانيكية.

6 - تصميم حوض الترسيب اللازم.

الجدول رقم (14-3-1)
يفيد في إعطاء ضوابط نموذجية لتصميم المرشحات البيولوجية*

العنصر	item	Low-rate المعدل المنخفض	Intermediate Rate المعدل المتوسط	High-rate المعدل العالي	Super High-rate العالي السوبر	Roughing الغير منتظم	Two-Stage مرحلتان
المادة الوسيطة الحاملة للبكتريا	Filter medium	Rock-slag حجر- خبث	Rock-slag حجر- خبث	Rock حجر	Plastic بلاستيك	Plastic redwood بلاستيك- خشب	Rock plastic حجر - بلاستيك
التحميل الهيدروليكي	Hydraulic loading $m^3/m^2.d$	1.17-3.52	3.52-9.38	9.38-37.55	11.73-70.4	46.93-187.75	9.38-37.55
تحميل ال BOD_5	BOD_5 loading $kg/m^3.d$	0.08-0.4	0.24-0.48	0.48-0.96	0.48-1.6	1.6-8	0.96-2
الارتفاع	Depth ، m	1.8-2.4	1.8-2.4	0.9-1.8	3-12	4.5-12	1.8-2.4
نسبة التدوير	Recirculation ratio	0	0-1	1-2	1-2	1-4	0.5-2
الحشرات	Filter flies	كثير	بعض	قليل	قليل أو لا يوجد	قليل أو لا يوجد	قليل أو لا يوجد
الانسلاخ	Sloughing	متقطع	متقطع	مستمر	مستمر	مستمر	مستمر
نسبة إزالة BOD_5%	BOD_5 removal efficiency %	80-90	50-70	65-85	65-80	40-65	85-95
التدفق الخارج	Effluent	نترجة جيدة	نترجة جزئية	نترجة قليلة	نترجة قليلة	لا يوجد نترجة	نترجة جيدة

*المصدر: US EPA (1974a)، [2]، WEF and ASCE (199 la، 1996a).

14-3-1. التزويد Dosing Rate

إن تزويد المرشح بمياه الصرف يلعب دوراً رئيسياً في أداء المرشح البيولوجي فحيث إنه يجب أن يكون عمله مستمر ومطرد وهذا يتبع (نمو الكتلة الحيوية وانسلاخ الكتلة الحيوية الدائم).

يتم توزيع المياه عن طريق موزع ثابت أو عن طريق مرشات دوارة كما في الشكل (14-2-5).

- سرعة التزويد : إن نسبة التزويد ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالحمل العضوي BOD_5فالتدفق اللحظي هام جداً في تصميم سرعة الدوران أو توقف وتشغيل التدفق في الموزعات ولذلك تعطى سرعة الدوران بالمعادلة.(14-3-1-1)

$$n= 0.00044q_t /a(DR) \qquad (14 - 3 - 1 - 1)$$

حيث :

n = سرعة الدوران دورة / د.

q_t = التحميل الهيدروليكي الكلي المطبق $(q+q_r), m^3/(m^2.d)$

q = التحميل الهيدروليكي المطبق من المياه الداخلة للمحطة $m^3/(m^2.d)$.

q_r = التحميل الهيدروليكي المدور المطبق $m^3/(m^2.d)$.

a = عدد الأذرع

DR = نسبة التجريع سم لكل ممر أو زراع موزع (cm pass)

ويعتمد الرقم الأخير DR على حمل BOD Kg/m^3 (من الميديا) ويقدر تقريباً 0.3، أي وفق المعادلة:

$$DR = BOD \times 0.3 = cm/pass \qquad (14 - 3 - 1 - 2)$$

(ولأرقام أكثر دقة لـ DR ولعدة حالات يمكن الرجوع إلى [1] و[2] المرشحات البيولوجية) ويمكن أن توزع المياه من فوهات (فالات او مباسم

nozzles) خاصة وفق الضغط الناتج عن مضخات المياه مما يؤدي إلى دفع الأذرع وتوزيع المياه بشكل منتظم، وعادة تحدد السرعة بمعديلات سرعة كهربائية خاصة، ويترك عادة من /15-25/ سم بين الحوامل (الميديا) والمرشات كحد ادني وأطوال الأذرع قد تصل إلى /60/ م وفاقد الحمولة ضمن هذه المرشات /0.6-1.5/ م. يمكن توزيع المياه بواسطة طرق بسيطة والشكل (14-3-1-1). بعض رؤوس التوزيع.

الشكل (14-3-1-1)

بعض رؤوس توزيع المياه في المرشح البيولوجي

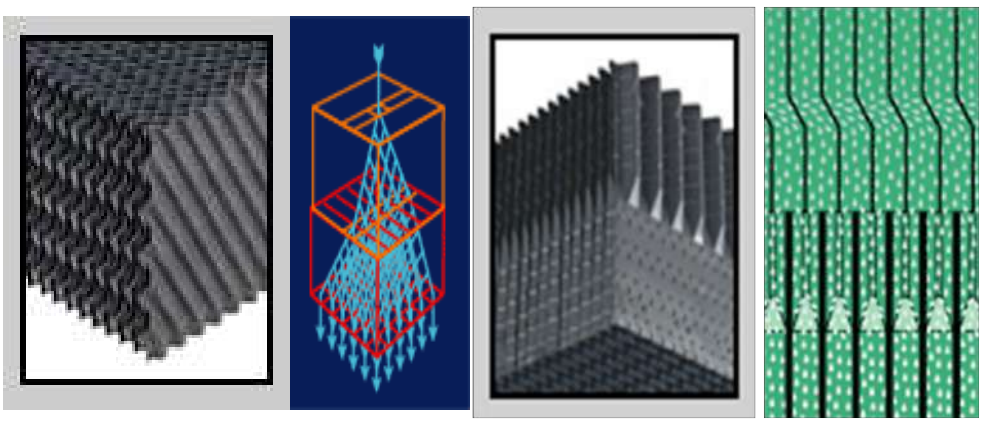
14-3-2. المواد الحاملة Media

المادة الحاملة المثالية هي التي تحوي فراغات أكثر لواحدة الحجم وتكون رخيصة وتتأخر في الإنسداد وذات ديمومة طويلة الشكل(14-3-2-1) يظهر جريان مياه الصرف داخل المواد الحاملة للبيوفيلم التدفق الرأسي والمائل والمختلط. في الأشكال التالية {الشكل (14-3-2-2) a-b-c-d-e-f} نماذج عن هذه المواد الممكن استعمالها في الفلتر (Media) من بعض الشركات كالصخور والبلاستيك. الشكل (14-3-2-3) a-b شكل الفيلم البيولوجي على الفحم الحجري وعلى مادة البولي بروبلين والشكل (14-3-2-4) يوضح بعض نماذج الميديا من بعض الشركات العالمية.

14-3-3. الخواص الفيزيائية للمواد الحاملة

إن المواد التي استعملت في بدايات استعمال المرشحات الغرانيت والبازلت وخبث الأفران والمواد الحصوية النهرية والصخور المكسرة من أقطار /75 - 100/ ملم وبسبب الإنسداد المتكرر أستبدلت بعد ذلك بالبلاستيك والخشب، وإن تناسب الأحجام و المسامية له الدور الرئيسي في حركة الماء والهواء داخل المفاعل، والأمر الهام الآخر هو الديمومة فمثلاً الصخور تختبر بتجربة كبريتات الصوديوم Sodium Sulfate....

الشكل(14-3-2-1)
يظهر جريان المياه داخل المواد الحاملة للبيوفيلم

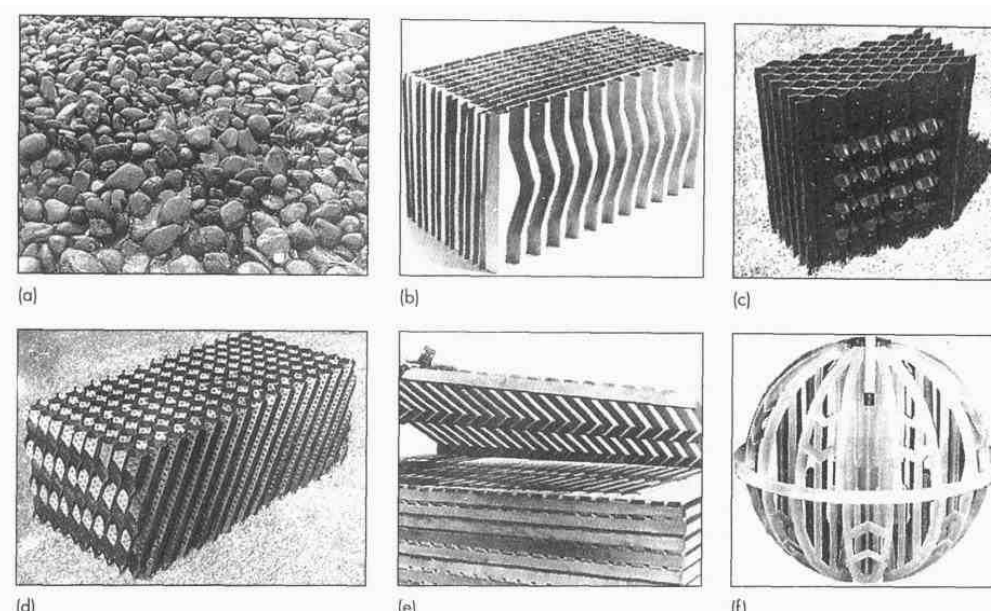


ميديا جريان شاقولي

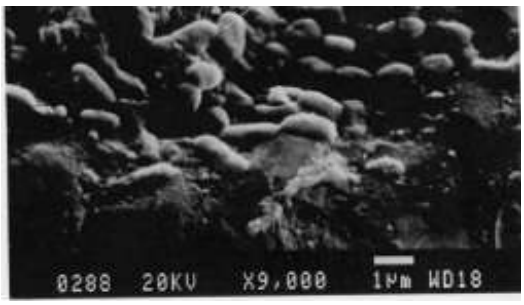
ميديا جريان مائل

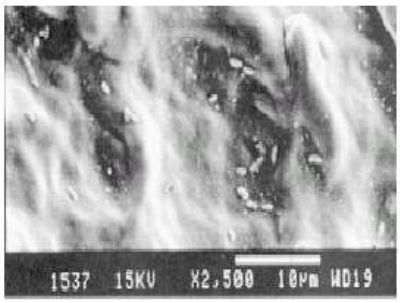
ميديا جريان مختلط

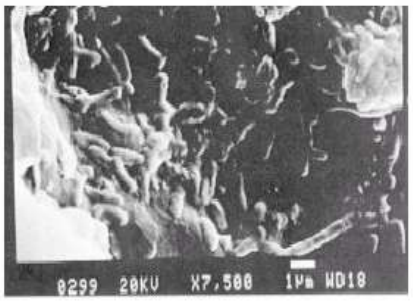
(2-2-3-14) a-b-c-d-e-f بعض الإشكال للوسائط (الميديا)[2]



(3-2-3-14) a شكل الفيلم البيولوجي على الفحم الحجري b.
شكل الفيلم البيولوجي على مادة بولي بروبلين







الشكل (14-3-2-4)
بعض أشكال الميديا من إحدى الشركات العالمية*

* من شركة GEA

وبسبب الأوزان الكبيرة للصخور لم يكن في الإمكان زيادة الارتفاعات، وعند استعمال المواد البلاستيكية والخشبية تم إمكانية زيادة ارتفاع المفاعل وزيادة فعاليته وقد تم تصنيع أشكال مختلفة جداً تلبي متطلبات المرشحات من حيث توزيع المياه وزيادة نمو البكتريا لتقليل فترة الإقامة (المكوث) وان استعمال الحوامل الخفيفة أوصل الارتفاعات حتى /12/ م. الجدول (14-3-3-1) التالي يبين الخصائص الفيزيائية للمواد الحاملة Media في المرشحات.

الجدول (14-3-3-1)
يبين الخصائص الفيزيائية للمواد الحاملة للبيوفيلمmedia*

المادة	Medium	الأبعاد mm	Mass/ unit Volume الكتلة الحجمية kg/m^3	Specific surface area السطح النوعي m^2/m^3	Void space نسبة الفراغات %
صخور نهرية	River rock				
صغيرة	small	25.4-63.5	1249.44-1441.6	55.773-68.896	40-50
كبيرة	large	101.6-127	800.92-933.14	39.369-164.04	50-60
خبث الأفران	Blast furnace slag				
(صغيرة)	small	50.8-76.2	897.03-1207.38	55.773-68.896	40-50
(كبيرة)	large	76.2-127	800.92-933.14	45.931-59.054	50-60
مواد بلاستيكية	Plastic				
تقليدية	conventional	609.6*609.6*1219.2	32.03-96.11	78.739-98.424	94-97
سطوح نوعية كثيرة	high-specific surface	609.6*609.6*1219.2	32.03-96.11	98.424-196.848	94-97
ترتيب عشوائي	Random pack	25.4-88.9	48.05-96.11	124.67-278.86	90-95

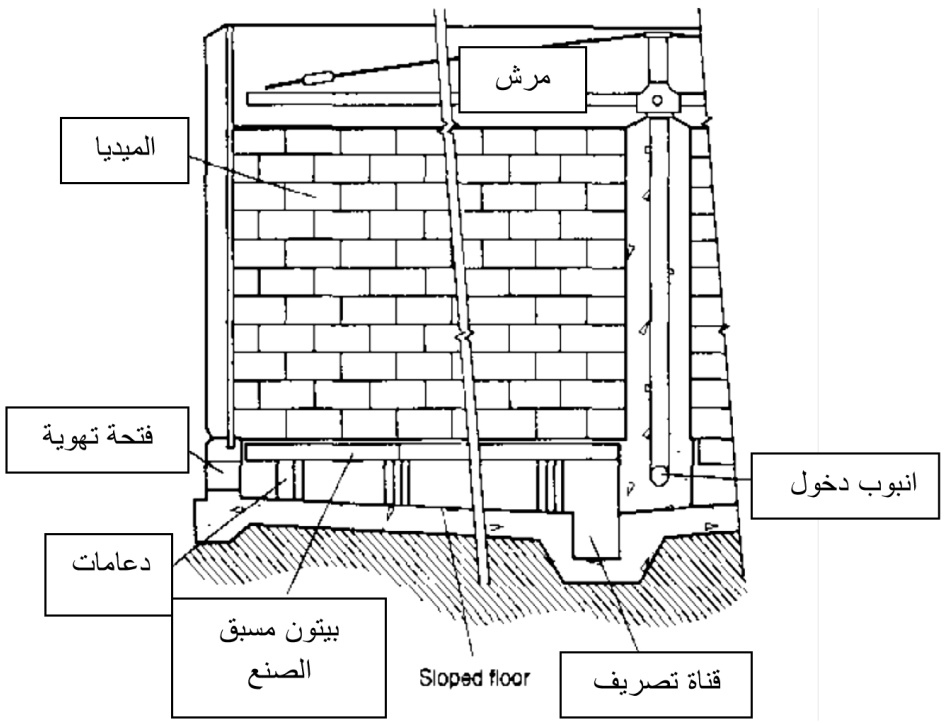
[2] *

14-3-4. تدفق الهواء.

إن دراسة تدفق الهواء هام جداً لنجاح عملية المعالجة، وفي المرشحات يكون دوماً السطح العلوي على تماس مع الهواء الجوي الطبيعي فإذا كانت المياه والحوامل أبرد من الوسط المحيط فاتجاه الهواء سيكون نحو الأسفل. (بدون استعمال مضخات هواء). أما إذا كان الوسط الخارجي أبرد من الماء

والحوامل التدفق سيكون نحو الأعلى الشكل (14-3-3-1). يظهر حركة الهواء في مرشح نموذجي.

الشكل (14-3-3-1)
يظهر حركة الهواء في مرشح نموذجي



وفي بعض الأحيان يحدث توقف للتيارات الهوائية لعدم وجود فروق حرارية وعموماً يجب إتباع التوصيات التالية :

- أقنية التصريف السفلية تكون غير ممتلئة (نصف امتلاء).
- القسم السفلي يمثل حوالي 15 % من حجم المرشح.
- **المادة الحاملة تمثل 40 - 70 % من المرشح.**

- تأمين $0.09\ m^2$ فتحات تهوية سفلية لكل $/23m^2/$ من السطح الأفقي للمرشح.

ملاحظة هامة : عندما تكون لدينا أحمال عالية وأعماق كبيرة فمن المفضل تزويد الهواء آلياً واعتبار ذلك في التصميم علما أن الحد الأدنى من التهوية لكل $1m^2$ **من سطح الفلتر** ($0.3m^3/min.m^2$) وهذا يساعد أيضاً في حالة توقف التهوية نتيجة فروق الحرارة، أو في فترة الشتاء بسبب تشكل الجليد.

14-4. أحواض الترسيب

وهي تعامل معاملة أحواض ترسيب الحمأة المنشطة بدون تدوير الحمأة حيث تذهب كل الحماة للمعالجة إلا إذا كانت الدراسة تتطلب تدوير جزء أو كل من الحمأة من حوض الترسيب فيجب عندها إضافة Q_r ليصبح:

$$Q= Q_m + Q_r$$

و Q هي التي يصمم عليها حوض الترسيب، وطريقة حساب أحواض الترسيب تعتمد على التحميل السطحي أو على زمن المكوث أو على تحميل الحمأة (راجع الفصل 11).

14-5. تصميم الفلتر (المواد البلاستيكية الحاملة للبيوفيلم)

بسبب كون المواد البلاستيكية هي المعتمدة عالمياً في الوقت الحاضر فقد اعتبرت معادلة شولدس وجرمان **s & Germain.** التجريبية (14-5-1) التالية:

$$S_e/S_i = \exp.\ [-K_{20}\ D/(q)^n] \qquad (1 - 5 - 14)$$

S_e : BOD_5 الخارج mg/L(بعد الترسيب).

Si : BOD_5 الداخل mg/L المطبق على الفلتر.

K_{20} : ثابت معملي حسب نوع مواد الفلتر الحاملة ولعمق D وبدرجة حرارة 20 مئوية حيث يعطى K لارتفاع ثابت حوالي /6m/.

K: من أجل مياه الصرف الصحي (0.18 - 0.27) ومن أجل مياه صرف صحي مع مياه صرف صناعي غذائية (0.16-0.22) ومن أجل معمل بطاطا (0.095-0.14) ومن أجل مياه صرف معمل ورق (0.095-0.14) ومن أجل مياه الصرف لمعمل تعليب لحوم (0.11 - 0.054) ومن أجل مياه صرف مصافي نفطية وسواه (refinery 0.19 - 0.054) .ملاحظة : كلما ازداد التلوث انخفض k.

من [1]،[2]،[3].

ويعدل إلى K_2 عند تغير الارتفاع بالعلاقة :

$$K_2 = K_1 (D_1/D_2)^x \qquad (2 - 5 - 14)$$

n - ثابت تجريبي 0.5 .

q - نسبة التحميل على واحدة السطح Q/A, $m^3/(m^2.d)$.

Q - تدفق المياه الداخلة m^3/d

D_1 - عمق الفلتر m.

D_2 - عمق الفلتر m.

X - تعتبر 0.5 ضمن الحوامل البلاستيكية ذات التدفق الرأسي أو الصخور، و تعتبر 0.3 ضمن الحوامل البلاستيكية تدفق مائل .

A - المقطع العرضي للمرشح m^2

ملاحظة: يتأثر مردود طريقة المعالجة البيولوجية بدرجة حرارة المياه، وتأثير درجة الحرارة يعطى بالمعادلة(14-5-3).

$$K_t = K_{20}\ 1.035^{T-20} \qquad (3 - 5 - 14)$$

منه Aللعمق D المعادلة(14-5-3).

$$A = Q[-(\ln S_e / S_i)/k_{20}D]^{1/n} \qquad (3 - 5 - 14)$$

في الشكل (14-5-1) يبين أعمال البناء والتركيب لمرشحات الأغشية البيولوجية من إحدى الشركات العالمية.

الشكل (14-5-1) أعمال البناء والتركيب لمرشحات الأغشية البيولوجية، من شركة GEA

مثال1.

صمم مرشح بيولوجي بحيث عمق ميديا البلاستيك (8m) وذلك لمعالجة مياه صرف صحي ومياه صرف صناعي غذائية موسمية (في الصيف) وفق ما يلي.

- التدفق الوسطي للصرف الصحي $5590\ m^3/d$
- تدفق مياه الصرف الصناعي موسمية (في الصيف) $4160 m^3/d$
- BOD_5 صرف صحي (240mg/L)
- BOD_5 صرف الصحي مع الصرف صناعي (520mg/l)
- BOD_5 بعد المعالجة اقل من (24mg/L)
- قيمة K في درجة حرارة 26º, $\{0.27\ (L/s)^{0.5} / m^2\}$ من جهاز تجريبي على مرشح ارتفاعه 6m.
- درجة الحرارة في الصيف 20º - ودرجة الحرارة في الشتاء 10º.

الحل.

الخطوة 1. احسب K في الدرجة 20º لارتفاع ميديا 6m.

$$k_{20} = k_{26}\ 1.035^{\ T-26}$$

$$= 0.27\ (L/s)^{0.5}/m^2 \times 1.035^{\ 20\ -26}$$

$$= 0.22\ (L/s)^{0.5}/m^2$$

الخطوة 2. عدل قيمة العامل K_{20} للعمق 8m.

$$K_2 = K_1\ (D_1/D_2)^x$$

$$K_8 = k_6(6/8)^{0.5}$$

$$= 0.22\ (L/s)^{0.5}/m^2 \times 0.866$$

$$= 0.19(L/s)^{0.5}/m^2$$

الخطوة 3. احسب التدفق الصيفي.

$$Q = (5590 + 4160)\ m^3/d$$

$$= 9750\ m^3/d \times 1000\ L/m^3 / 86،400\ s/d = 112.8\ L/s$$

الخطوة 4. حدد السطح اللازم لعمق 8m لفصل الصيف مستعملاً المعادلة (14 - 5 - 1).

$$S_e/S_i = \exp.[-K_{20}\ D/(q)^n]$$

$$q = Q/A$$

$$\ln S_e/S_i = -k_{20}D(Q/A)^n$$

$$\mathbf{A = Q[-(\ln S_e / S_i)/k_{20}D]^{1/n}}$$

$$= 112.8[-(\ln 24 / 520)/(0.19 \times 8)]^{1/0.5} = 462m^2$$

الخطوة 5. بشكل متشابه احسب سطح المرشح لعمق 8m خلال فصل الشتاء حيث درجة الحرارة 10 Cº

a . احسب k_{10} للفلتر بارتفاع. 6m.

$$k_{10} = 0.27\ (L/s)^{0.5}/m^2 \times 1.035^{\ 10-26} = 0.17\ (L/s)^{0.5}/m^2$$

b . عدل k_{10} للفلتر بارتفاع 8m.

$$= 0.17(L/s)^{0.5}/m^2 \times 0.866$$

$$= 0.147(L/s)^{0.5}/m^2$$

c . احسب A.

$$Q = 5590\ m^3/d \times 1000\ L/m^3\ 4/\ 86،400\ s/d = 64.7L/s$$

$$A = 64.7[-(\ln 24\ /240)/(0.147 \times 8)]^2 = 248\ m^2$$

نأخذ المساحة الأكبر وهي في الصيف $462m^2$.

الخطوة 6. احسب التحميل الهيدروليكي.

صيفاً :

$$HLR = 9750\ m^3/d\ /\ 462\ m^2 = 21.1\ m^3/(m^2.d)$$

شتاءً:

$$HLR = 5590\ m^3/d\ /\ 462\ m^2 = 12.1\ m^3/(m^2.d)$$

الخطوة 7. تحقق من نسبة التحميل العضوي { ميديا m^3 /(BOD) }.

- من أجل فصل الصيف .

حجم الميديا في المرشح.

$$V = 8m \times 462\ m^2 = 3696\ m^3$$

$$\{\text{ميديا } m^3/(BOD)\} = (9750\ m^3/d \times 520\ g/m^3) / 3696m^3 \times 1000\ g/kg$$

$$= 1.37kg/(m^3.\ d)$$

- من أجل فصل الشتاء.

{(BOD)/ m^3 .ميديا}=(5590 m^3/d x 240 g/m^3) / 3696 m^3 x 1000 g/kg

= 0.36kg/(m^3. d)

الخطوة 8. حدد سرعة موزع المياه مستعملاً المعادلة (14 - 3 - 1-1) مع اعتبار:

DR . نسبة التجريع سم لكل ممر أو زراع موزع (cm pass) ويعتبر تقريبا 0.3 . من المعادلة (14-3-1-2) .

DR = BOD x 0.3 = cm/pass

- من أجل الصيف. DR = 1.37 x 0.3 = 0.41 cm/pass

باستعمالنا 2 زراع لموزع المياه الدوار يكون، a =2 من المعادلة (14-3-1-1)

$n= 0.00044q_t /a(DR)$

n= 0.00044 x 21.1 /2(0.41)

=0.0224 دورة / دقيقة

وتعادل دورة كاملة كل 44 دقيقة.

- من أجل فترة الشتاء. DR = 0.36 x 0.3 = 0.108 cm/pass

n= 0.00044 x 12.1 /2(0.108)

= 0.025 دورة / دقيقة

وتعادل دورة كاملة كل 40 دقيقة.

14-6. الحمأة المنشطة مع الفيلم الثابت على الميديا

Activated sludge with fix film packing

تم تطوير مواد كثيرة لتستعمل في طريقة الحمأة المنشطة كمواد حاملة للبكتريا منها معلق في مزيج الحمأة أو ثابت داخل حوض التهوية، والهدف منها هو زيادة كمية الكتلة الحيوية وتقليل حجم المفاعل وزيادة نسبة التحميل من أجل النترجة وكذلك إزالة النتروجين عن طريق تأمين مناطق منقوصة الأوكسجين ضمن عمق الميديا، والدراسات التي تمت عموماً على نماذج تجريبية استخلصت منها النتائج، وتعمل الحمأة المنشطة مع الفيلم البيولوجي الثابت على الميديا كطريقة الحمأة المنشطة مع الحمأة المعادة أو بدون حمأة معادة أو المعالجة البيولوجية كطريقة ، MBBR الشكل (14-6-1) الميديا المعلقة المتحركة في مفاعل الحمأة المنشطة.

الشكل (14-6-1)
صورة الميديا المعلقة المتحركة في مفاعل الحمأة المنشطة
Moving bed

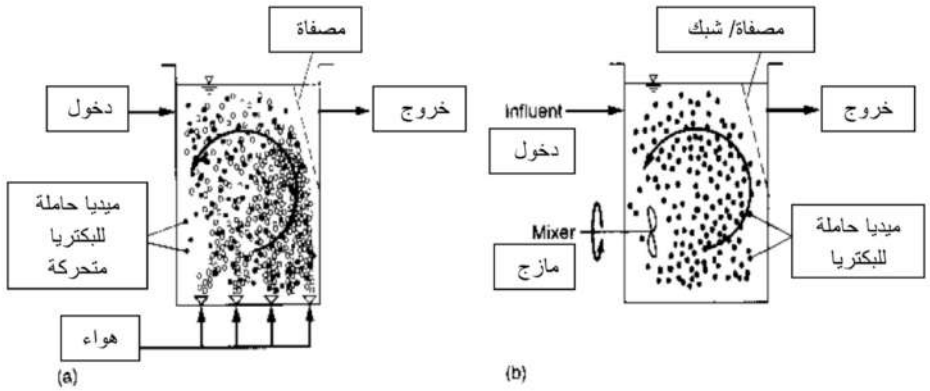
ويمكن أن يصل التحميل العضوي إلى 1.5-4 كغ/م^3/يوم ويعادل تركيز MLSS من5000 - 9000 ملغ/ل (WEF2000).

14-6-1. طريقة المفترشات (الميديا)المتحركة

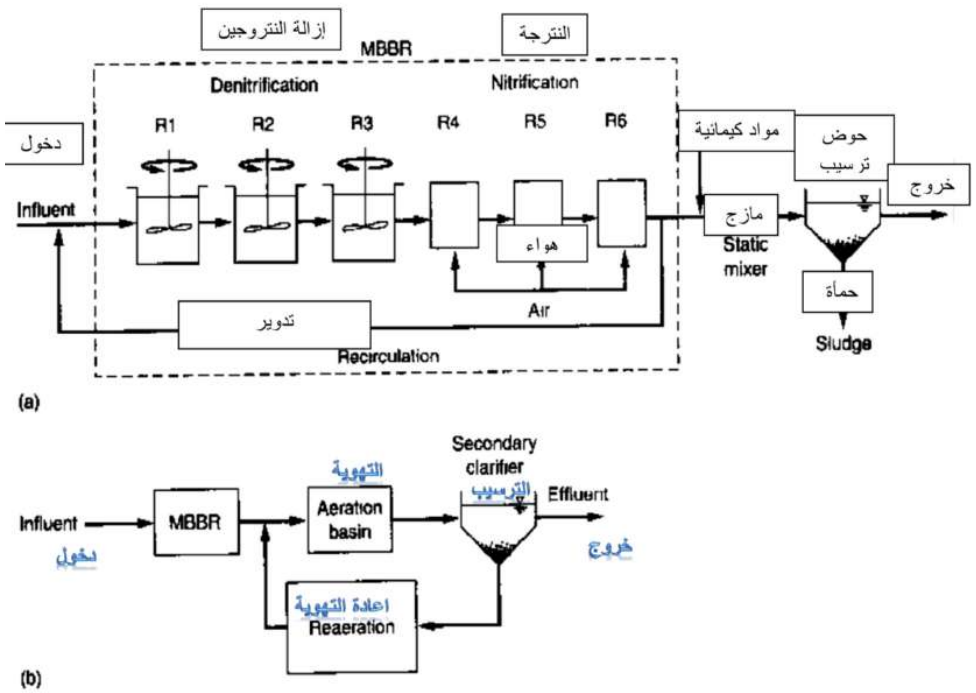
(MBBR) moving- bed biofilm reactor

الطريقة مطورة من قبل Kaldens وهي إضافة حوامل بشكل أسطوانات من البولي اثلين polyethylene (للأحواض المهواة أو الغير مهواة) الكثافة النوعية (0.96 غ/سم^3) قطر الاسطوانات 10 ملم وارتفاعها 7 ملم **ولذلك يجب إضافة شبك خاص في المخرج** الشكل (14-6-1-1) مفاعل هوائي- لا هوائي/انوكسيك مع مزج، ويتم تحريك الميديا بواسطة الهواء أو بمازج، ويمكن أن يملأ حوض التهوية من **25 % إلى 50 % (أو أكثر)** من حجمه ميديا والسطح النوعي **(500 م^2/م^3)** والطريقة تعطي ميزة التحميل الخفيف لحوض الترسيب النهائي لعدم تدوير الحمأة **ولا تفضل الطريقة مع مذرات (نواشر) الهواء التي تعطي فقاعات ناعمة** والتي تتطلب تفريغ دوري للحوض وإزالة الميديا لتنظيف المذرات (النواشر). وبهذه الطريقة يمكن إزالة BOD وإمكانية حدوث النترجة وإزالة النتروجين وتستعمل الطريقة ميديا سطحها النوعي (200-400)م^2/م^3، الشكل (14-6-1-2)a،b يبين تطبيقات للطريقة كما في الشكل(14-6-1-2)a إزالة BOD والمغذيات وإزالة كيمائية للفوسفور بعد MBBR والشكل (14-6-1-2) b تم وضع MBBR بدل المرشح البيولوجي (طريقة تماس المواد الصلبة) MBBR/SC [1]، الجدول (14-6-1-1) والجدول(14-6-1-2) يعطي ضوابط نموذجية للطريقتين.

الشكل (14-6-1-1)
مفاعل هوائي- لا هوائي /انوكسيك مع مزج



الشكل (14-6-1-2)
a. يبين إزالة BOD والنترجة وإزالة النتروجين
b. استبدال المرشح البيولوجي بـ MBBR



الجدول (14-6-1-1)
ضوابط نموذجية لتشغيل الميديا المتحركة (MBBR)*

المعيار	الواحدة	المجال
MBBR		
زمن المكوث للانوكسيك(المنقوص الأوكسجين)	h	1.2-1
زمن المكوث الهوائي	h	4.5-3.5
سطح الفيلم البيولوجي(السطح النوعي)	m^2/m^3	250-200
تحميل BOD	$Kg/m^3.d$	1.4-1
السرعة في حوض الترسيب	m/h	0.8-0.5

* [1]

الجدول(14-6-1-2)
ضوابط نموذجية لتشغيل الميديا المتحركة/تماس المواد الصلبة MBBR/SC*

المعيار	الواحدة	المجال
MBBR		
سطح الفيلم البيولوجي(السطح النوعي)	m^2/m^3	350-300
تحميل BOD	$Kg/m^3.d$	7-4
MLSS	mg/l	4500-2500
SC		
SRT	d	3-2
MLSS	mg/l	2500-1500
زمن المكوث	h	0.8-0.6
حوض إعادة التهوية	h	0.8-0.6
MLSS	mg/l	8500-6000

* [1]

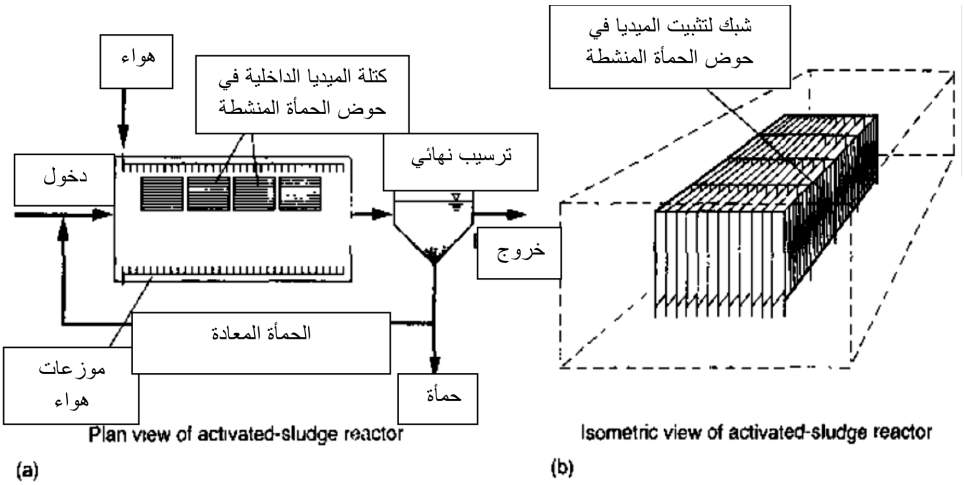
14-6-2. طريقة الميديا الداخلية الثابتة (النمو الثابت)

هنالك أكثر من ستة طرق للميديا الداخلية الثابتة (في النمو الثابت) التي توضع ضمن حوض التهوية ومن أشهر هذه الطرق:

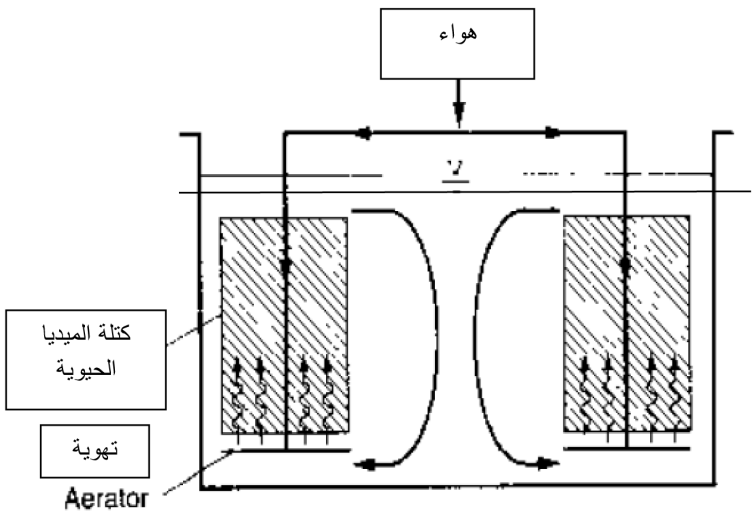
- رينك لاس ®ringlas. حيث توضع ميديا من البولي فينيل كلورايد قطرها 5 ملم وحجمها 25 % - 35 % من حجم حوض التهوية وسطحها النوعي 120 - 500 م^2/م^3 وتوضع كتلة الميديا على طرف طول الحوض ويؤمن حركة حلزونية للمياه في الحوض ليعبر الماء والهواء الميديا الشكل(14-6-2-1) (علماً أن الفقاعات الناعمة أقل فاعلية في الحركة الحلزونية) ومكان كتلة الميديا أيضاً له دور في النترجة وإزالة النتروجين حيث تزداد أكسدة الأمونيا في المناطق التي يقل فيها BOD.

- طريقة ®Bio-2- sludge وهي موضحة في الشكل (14-6-2-2) حيث السطح النوعي من 90-165 م^2/م^3 واصغر فتحة(20×20) ملم وذلك لمنع الانسداد ويصمم تدفق الهواء ليتمكن من جعل المزيج المنحل يعبر كتلة الميديا (WEF2000).

الشكل(14-6-2-1)
طريقة رينك لاس ®ringlas [1]



الشكل (14-6-2-2)
طريقة ® Bio-2- sludge [1]



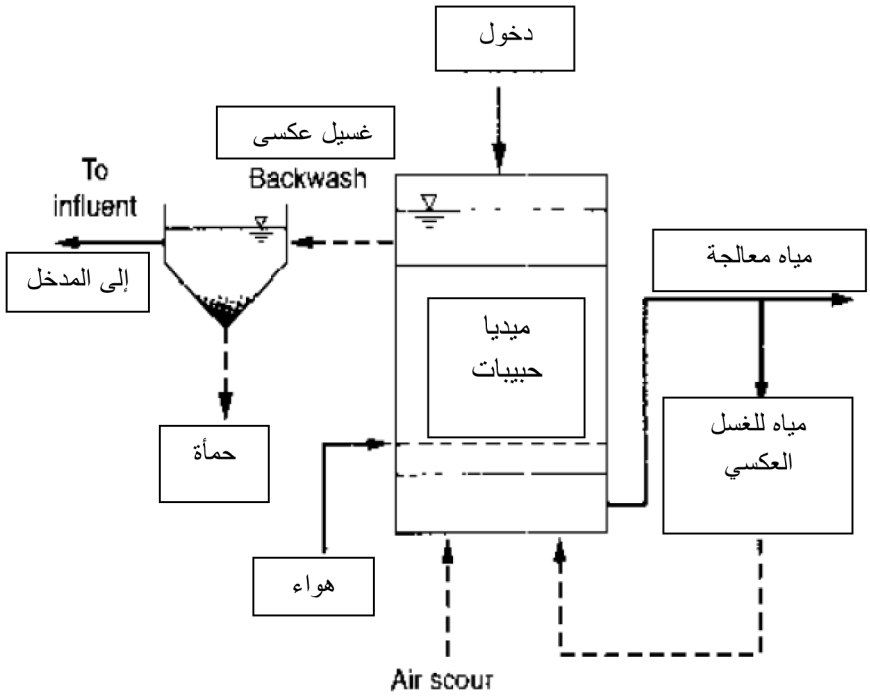
14-6-3. طريقة النمو الثابت الغاطس

تتضمن ثلاث طرق هي التدفق من الأعلى للأسفل مع كتلة الميديا والتدفق من الأسفل للأعلى مع كتلة الميديا والسرير المتميع مع التدفق من الأسفل للأعلى. ولا يستعمل مرسب في الطريقة حيث المواد الصلبة تحجز في النظام ولذلك يجب تنظيفه دورياً كالغسيل العكسي ويصل زمن المكوث من (1-1.5) ساعة وبالتالي يكون حجمه صغير ومن المساوئ الدقة والضبط الدقيق وتكاليف التأسيس الكبيرة والتي هي اكبر من طريقة الحمأة المنشطة.

التدفق من الأعلى للأسفل - طريقة (البيوكربون) ®Biocarbon

استعملت الطريقة في الأساس حبيبات الصلصال المحروقة من قطر(3-5)ملم (وتستعمل حبيبات الكربون المنشط) مع هواء مضغوط يوزع بشكل منتظم بواسطة صمامات، والغسيل العكسي يتم كل يوم تقريباً الشكل (14-6-3-1) يوضح طريقة العمل.

الشكل (14-6-3-1)
طريقة النمو الثابت الغاطس(البيوكربون)



التحميل الهيدروليكي {(2.4-4.8) م^3/م^2.س} ويجب أن يكون الأوكسجين المنحل من 3-5 ملغ/ليتر وذلك لتحقيق النترجة، الجدول (14-6-3-1) يوضح أداء طريقة النمو الثابت الهوائية الغاطسة البيوكربون.

الجدول (14-6-3-1)
يوضح أداء طريقة النمو الثابت الهوائية الغاطسة، البيوكربون® *

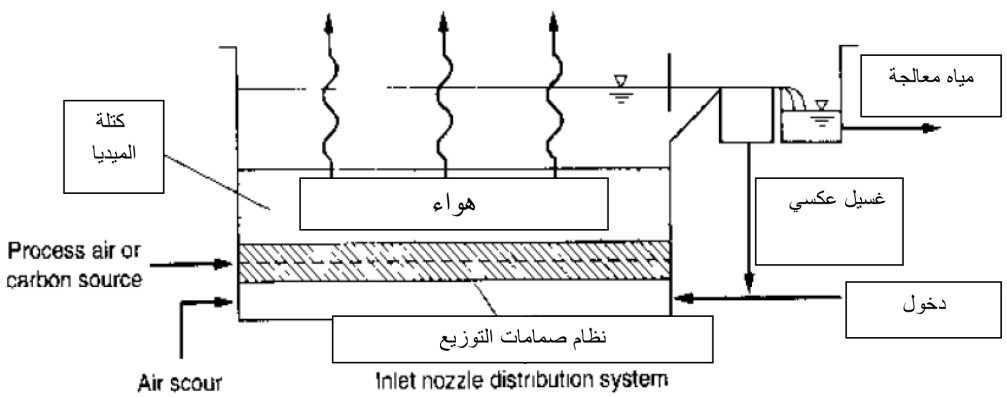
التطبيق	الواحدة	مجال التحميل
إزالة BOD	Kg BOD/m^3.d	4.5-3.5
إزالة BOD مع النترجة	Kg BOD/m^3.d	2.75-2
نترجة ثلاثية	Kg N/m^3.d	1.5-1.2

* [1]

- التدفق من الأسفل للأعلى طريقة البيوفورBiofor®

يكون ارتفاع الميديا في المفاعل من (2-4)م ويوزع الماء بشكل منتظم بواسطة صمامات كما يوزع الهواء بشكل مناسب ليعطي قوة لعبوره عبر الميديا. وقد استعملت حبيبات من الصلصال (مشوية) 2-4 ملم اثقل من الماء. الغسيل العكسي يتم يومياً بسرعة دفق 10-30 م/س ليمدد الميديا الشكل (14-6-3-2)، ويجب تامين مصاف ناعمة لتصفية الماء قبل الدخول للمفاعل. وتحقق الطريقة إزالة BOD ومعالجة ثلاثية (النترجة وإزالة النتروجين) الجدول (14-6-3-2) يوضح أداء طريقة النمو الثابت الهوائية الغاطسة، البيوفور®.

الشكل (14-6-3-2)
يوضح طريقة النمو الثابت الهوائية الغاطسة، البيوفور®



الجدول (14-6-3-2)
يوضح أداء طريقة النمو الثابت الهوائية الغاطسة، البيوفور®*

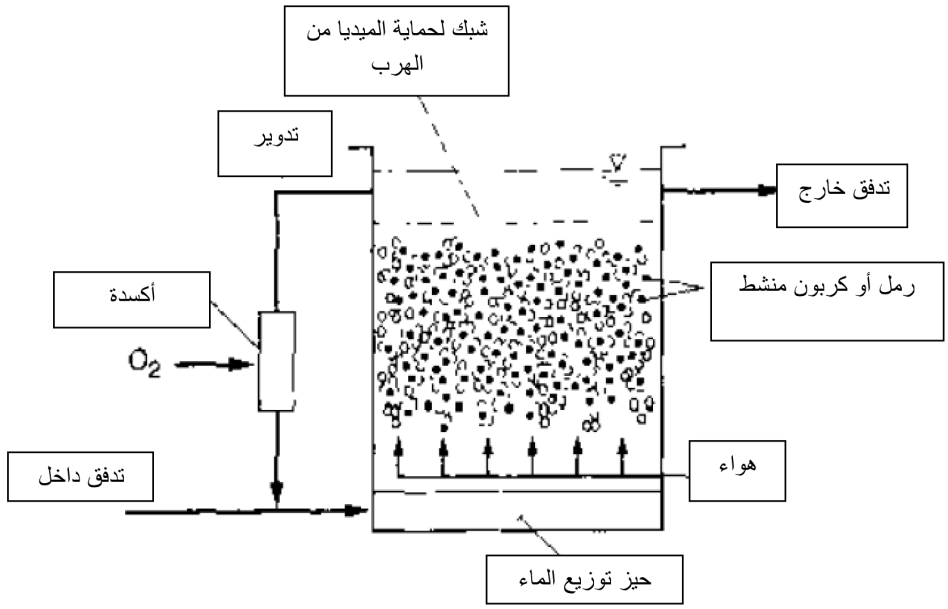
البند	الواحدة	المزال COD	النترجة الثلاثية
المسامية porosity	%		~40
التحميل	Kg BOD/m^3.d	12-10	
	Kg N/m^3.d		8-1.5
التحميل الهيدروليكي	m^3/m^2.h	6-5	12-10

* [1]

- مفاعل السرير المتميع Fluidized bed bioreactor - FBBR

يكون التدفق في المفاعل من الأسفل للأعلى ويستعمل السرير المتميع الرمل بقطر من 0.3-0.5 ملم أو من حبيبات الكربون المنشط، ارتفاع الميديا في المفاعل 3-4 م والسطح النوعي حوالي 1000م^2/م^3، سرعة الماء في المفاعل 30-36 م/س وزمن المكوث يتراوح من 5-20 دقيقة الشكل (14-6-3-3) ويتم تدوير التدفق الخارج وإعطائه مزيداً من الأوكسجين لحله في الماء ويتم إعطاء الهواء من الأسفل، وان إعطاء هواء قوي يسبب هرب الميديا. والطريقة مفيدة في المعالجة الثلاثية لمياه الصرف في النترجة المتقدمة ولمياه الآبار الملوثة.

الشكل (14-6-3-3)
مفاعل السرير المتميع الهوائي - FBBR



14-7. المعالجة البيولوجية بالأغشية
Membrane biological reactor(MBRs)

يتألف من مفاعل بيولوجي فيه كتلة حيوية من المواد العالقة يتم فصلها بواسطة فلتر غشائي فيه ثقوب ميكروية حيث فتحات الثقوب من (0.4 - 0.1 µm) وهي مناسبة لاستعادة المياه، ويستعمل في المفاعلات الهوائية واللاهوائية للنمو المعلق الشكل(14-7-1-1)وتكون نوعية المياه المنتجة معادلة لنوعية المياه التي تمر بالترسيب الثانوي والميكروي. ويستعمل للصرف الصحي والصناعي ونذكر فيما يلي بعض محاسن الطريقة:

- تحميل عضوي كبير وزمن مكوث قليل وحجم صغير.
- عمر حمأة كبير وحمأة منتجة قليلة.

- إمكانية العمل بـ DO منخفض وإمكانية النترجة وإزالة النتروجين بشكل متزامن مع عمر حمأة طويل.
- نوعية مياه جيدة ومنخفضة العكارة.
- لا يوجد في الطريقة ما يسمى حمأة منتفخة.

ومن مساوئ هذه الطريقة:

- كلفة الرأسمال الكبير المستثمر.
- عدم المعرفة الحقيقية لعمر الغشاء المستعمل(أكثر الشركات تضع في التعليمات أن عمر الأغشية من 5-7 سنة).
- كلف استبدال الأغشية.
- احتياج الطاقة الكبير.

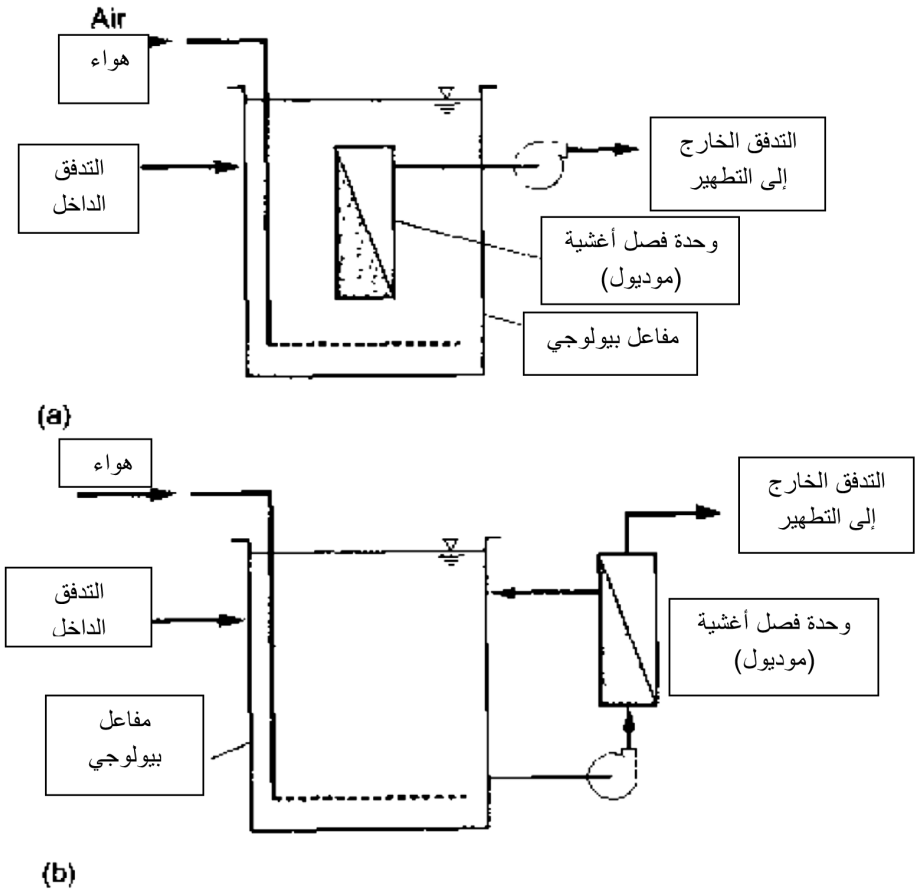
14-7-1. شرح طريقة العمل

طريقة العمل تكون على طريقين أما أن تكون الأغشية غاطسة في حوض المعالجة أو الأغشية بحوض منعزل

- الأغشية غاطسة في حوض المعالجة:

تكون الأغشية ضمن هيكل معدني يدعم ثبات الأغشية في الحوض الشكل (14-7-1-1)a ويطبق ضغط سلبي (فاكيوم) اقل من (50 KPa) لسحب المياه المعالجة عبر غشاء الميكرو فلتر. وللمحافظة على TSS في الحوض ولتنظيف الغشاء يقدم هواء مضغوط من أسفل الأغشية حيث تقوم الفقاعات أيضاً بتقديم الأوكسجين اللازم.

الشكل (14-7-1-1),
(a) الأغشية الغاطسة في نفس المفاعل، (b) الأغشية الخارجية



وهنالك نماذج كثيرة مقدمة مع عدة شركات منها ألياف الأغشية المفرغة بوحدات قياسية (موديولات)، عرض0.9م وطول 2.13م وارتفاع 2.44م ، الشكل(14-7-1-2)a، يوضح تركيب MBR في حوض الحمأة المنشطة - وb شكل الأغشية .وتتضمن وحدة MBR معدات التهوية بالفقاعات الخشنة والتحريك ومعدات الغسيل بالدفق الفجائي (Flushing) والمواد الكيمائية.....(في MBR منعزل يعطى الهواء من قساطل مثقبة).

- الأغشية خارج حوض المعالجة:

الشكل (14-7-1-1)b. حيث تضخ الحمأة المنشطة من المفاعل إلى الأغشية التي هي بشكل (ألياف مفرغة او صفائح..) وتبقى الحمأة خارج الغشاء والمياه تنفذ إلى الخارج ويتم الغسيل العكسي بالضغط من داخل الأغشية، ويتم إعادة الحمأة إلى حوض التهوية أو سحب الحمأة الزائدة، وتستعمل المواد الكيمائية في أعمال التنظيف.

- ضبط عمل الأغشية:

يمكن أن يعمل MBR بتركيز MLSS في حوض التهوية من (15000-25000) ويجب التوقع أن التركيز العالي يعني تدفق أقل من خلال الأغشية. كما يجب الأخذ بالملاحظات التالية:

- في أغشية الألياف يتم تزويد الهواء من نواشر(أو قساطل مثقبة) تعطي فقاعات خشنة مباشرةً أسفل (الموديول) التي تسبب تحريك الألياف.

- عادة يوقف الترشيح كل (15-30)دقيقة للقيام بالغسيل العكسي لمدة (30-45) ثانية، ويتم المحافظة على تركيز الكلور في مياه الغسيل (5mg/L>) (أو يمكن القيام بذلك حسب فرق الضغط فعندما يرتفع الضغط يتم عمل الغسيل العكسي)

الشكل(14-7-1-2)
(a) يوضح تركيب MBR في حوض الحمأة المنشطة
(b) موديول وخزانة MBR

- كل أسبوع ثلاثة مرات يتم الغسيل العكسي بمحلول (هيبو كلوريد الصوديوم) تركيز (100 mg/L) أو حمض الليمون (citric acid) لمدة 45 دقيقة وبعدها يتم عمل دفق عادي لمدة 15 دقيقة للتخلص من الكلور.

عندما يرتفع الضغط إلى 60 كيلو باسكال ترفع الأغشية من الحوض وتنقع في محلول هيبوكلوريد الصوديوم تركيز 1500 إلى 2000 ملغ/ليتر لمدة 24 ساعة ليمكن عودته للعمل وفي هذه الفترة توضع أغشية احتياطية جاهزة في الحوض. الجدول(14-7-1-1) يعطي بيانات عن أداء وتشغيل المفاعل البيولوجي بالأغشية MBR.

الجدول(14-7-1-1)

بيانات عن أداء وتشغيل المفاعل البيولوجي بالأغشية*

البارامتر	الواحدة	المجال
بيانات التشغيل		
تحميل COD	$Kg/m^3.d$	3.2-1.2
MLSS	mg/L	20000-5000
MLVSS	mg/L	16000-4000
F/M	gCOD/gMLVSS.d	0.4-0.1
SRT	d	20-5
زمن المكوث	h	6-4
التدفق عبر الغشاء	$L/m^2.d$	1100-600
ضغط التفريغ	Kpa	35-4
DO	mg/L	1-0.5
بيانات الأداء لمياه الخرج		
BOD	mg/L	< 5
COD	mg/L	< 30
NH_3	mg/L	< 1
TN	mg/L	< 10
العكارة	NTU	< 1

* من [1] - Stephenson2000

15

الأقراص الدوارة (الملامسات البيولوجية)
ROTATING BIOLOGICAL CONTACTOR

المقدمة Introduction

تم تطوير طريقة لمعالجة مياه الصرف تدعى الأقراص الدوارة وقد وجدت لأول مرة في ألمانيا 1960 وتدعى اختصاراً (RBC). وهي من أنواع المعالجة بالنمو الملتصق حيث الحمأة مثبتة على ميديا (الأقراص) (Attached growth - fixed film)، وتفيد في إزالة المواد الكربونية والنيتروجينية، معالجة BOD_5 والأمونيا نتروجين (NH_3-N) Ammonia nitrogen، لمياه الصرف الصحي والصناعي.

15-1. أقسام محطة معالجة RBC

يتألف القسم الأساسي من RBC من محور محمول على مدحرجات (بيليا) مركب عليه أقراص بلاستيكية بينها فراغات يمر فيها الهواء الشكل (15-2-1)، والمحور يدور بواسطة محرك مع علبة سرعة، والأقراص تكون من مادة البولي اثلين المضلع (corrugated polyethylene) أو من مادة البولسترين (polystyrene)، فيبر كلاس، وبسماكة وكثافات مختلفة، وهذه الأشكال تزيد السطوح التي تنمو عليها الكتلة الحيوية وتقوي تثبيتها. الشكل (15-1-1) نموذج أقراص بيولوجية بلاستيكية.

ومن نماذج القياسات المشهورة للطريقة ان يكون طول المحور من (7.62m - 8.33) مع قطر m (3.66) وهذا يؤمن سطح تماس ($9290m^2$).

- 40 % من القرص يتم تغطيسه في الماء وسرعة الدوران (1.7 - 1.5) دورة/د ، اتجاه تدفق المياه موازي أو عامودي على الأقراص.

- حوض المعالجة يمكن أن يبنى من الخرسانة للمحطات الكبيرة أو من الحديد أو الفيبر كلاس لحجم اصغر ..

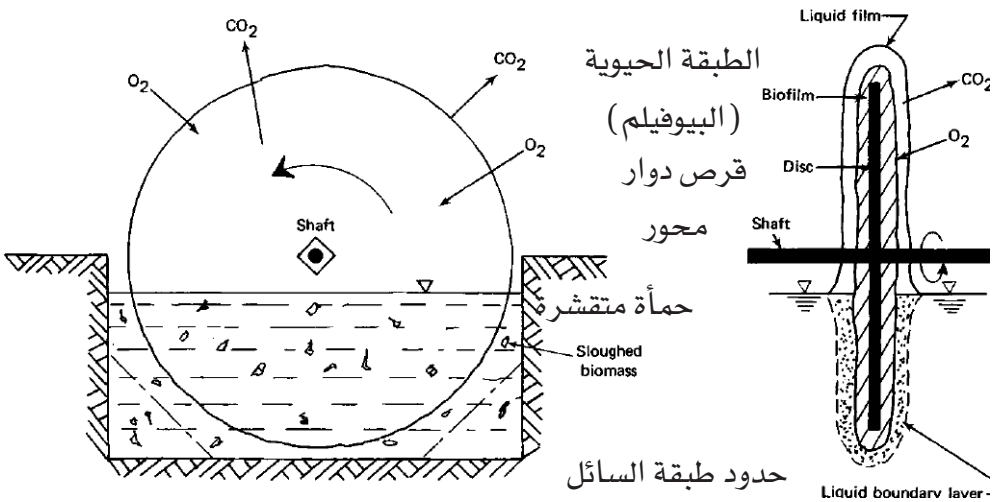
15-2. شرح طريقة المعالجة

طريقة (RBC) لا تحتاج إلى إسماد (إضافة حمأة من محطة عاملة أخرى) حيث تتشكل الحمأة بنفسها على الأقراص بعد أسبوع من بداية التشغيل وتزداد سماكة الطبقة الحيوية لتصبح بين(1 - 4)ملم وتحوي الكتلة الحيوية (1000 - 500000)ملغ/ليتر مواد صلبة، ويقوم البيوفيلم المتشكل على الأقراص بإزالة BOD والنتروجين ويحول المواد العضوية لمواد أولية وبعض الغازات، ويلاحظ تواجد بكتريا الفلمنتوس (الخيطية) filamentous. من نوع Sphaerotilus, Beggiatoa (a sulfur bacterium) ; Cladothrix , Nocardia , Oscillatoria, وكذلك فطور خيطية مثلFusarium ، ويمكن إن تتواجد بكتريا غير خيطية في المرحلة الأولى، ولون الطبقة يكون بني غامق مخضر قليلاً.

الشكل (15-1-1)
نموذج أقراص بيولوجية (RBC)

عند وجود طبقة البكتريا المتواجدة على القرص في الهواء تقوم طبقة الماء الرقيقة بامتصاص الأوكسجين وعندما تغمر في الماء تقوم البكتريا بالتغذي على المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف بوجود الأوكسجين المنحل وتساعد حركة الأقراص هذا التماس الشكل (15-2-1)، وتتقشر الطبقة الحيوية من الأقراص تباعاً مما يمنع حدوث الانسداد بين الأقراص.

الشكل (15-2-1)
نمو البكتريا على الأقراص في (RBC)



يمكن أن تنتقل المياه من مجموعة (RBC) إلى مجموعة أخرى لتحقيق المطلوب من المعالجة ومنه إلى حوض الترسيب النهائي علما إن إعادة الحمأة ليست ضرورية وتختلف عن المرشحات بان زمن المكوث أطول بكثير وتمتاز عن الحمأة المنشطة بعدم تدوير المياه وفي بعض التصاميم يمكن دمج (RBC) مع الحمأة المنشطة ويمكن إعطاء هواء بغرض التهوية ضمن حوض RBC ويمكن أن يستخدم الهواء أيضاً لتدوير الأقراص بدلا من المحرك حيث ترتفع كثيرا كفاءة المعالجة.

- يتم عادةً بناء وحدات RBC وتوزيع الوحدات حسب الدراسة المطلوبة، الشكل (15-2-2) يعطي طريقة توضع وحدات RBC ومراحل المعالجة (المراحل /stages/ بينها حواجز).

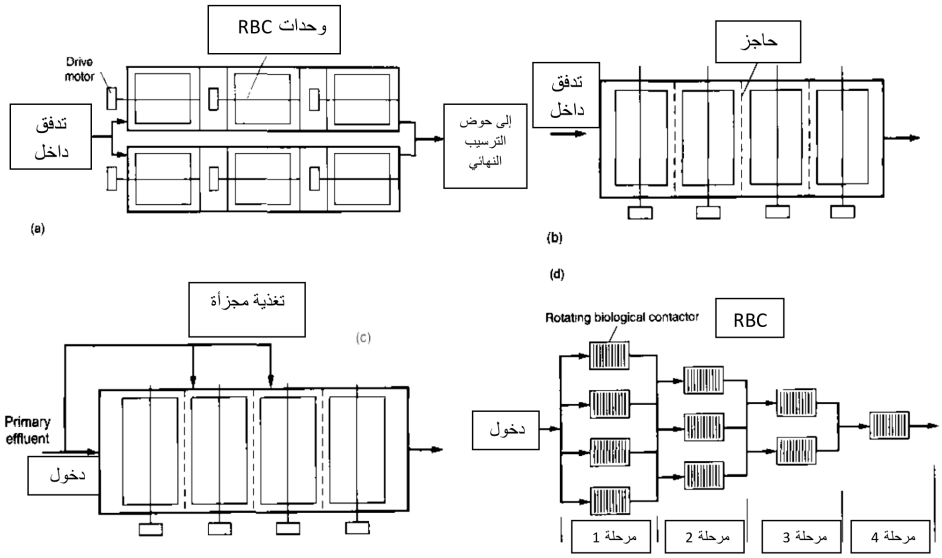
الشكل (15-2-2) a - تستعمل لوحدات معالجة صغيرة ويكون محور الأقراص موازي للتدفق وتكون على شكل مراحل متسلسلة ويمكن أن تكون على أكثر من مجموعة.

الشكل (15-2-2) b - تستعمل لوحدات معالجة أكبر ومحو الأقراص عمودي على التدفق مع مراحل متعددة متسلسلة.

الشكل (15-2-2) c- لوحدات معالجة تكون التغذية فيها مجزأة ومحور الأقراص عمودي على التدفق مع مراحل متعددة متسلسلة.

الشكل (15-2-2) d- مراحل متناقصة.

الشكل (15-2-2)
يبين طريقة توزيع RBC [3]



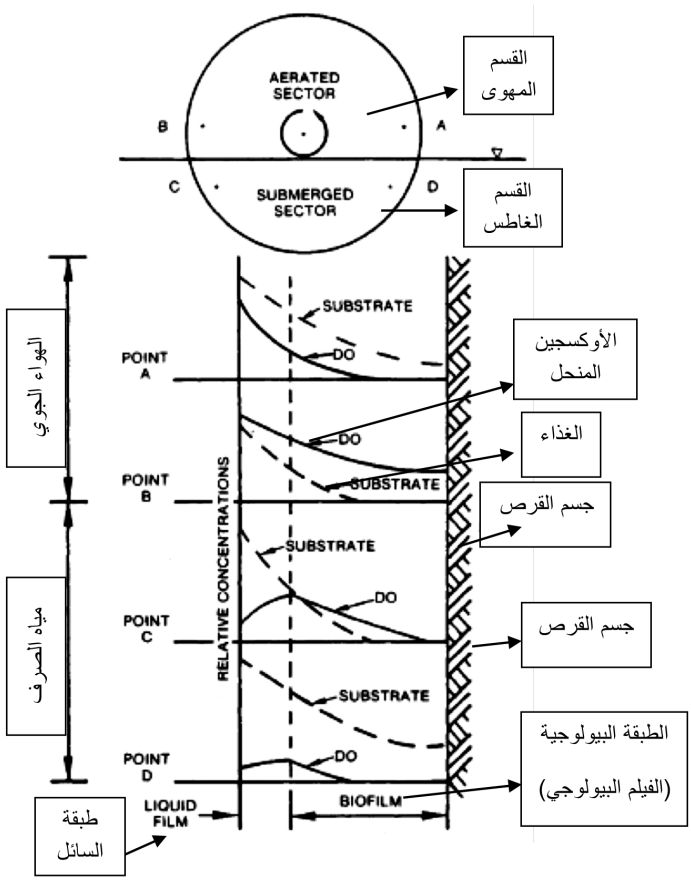
الشكل (15-2-3) يبين العلاقة بين مواقع النقاط A,B,C,D على القرص بالنسبة للاحتياج الأوكسجيني ومستوى الغذاء في النقطة المدروسة.

3-15. حسنات المعالجة بطريقة(RBC)

- مردود المعالجة بالنسبة لـ BOD_5 والأمونيا نيتروجين في مياه الصرف يتجاوز 85% مع فصل جيد للحمأة بدون إصدار روائح.

- تكاليف تشغيل وصيانة قليلة التكاليف مع بساطة في التشغيل والفك والتركيب كما تحتاج إلى طاقة كهربائية أقل من الحمأة المنشطة والمرشحات البيولوجية.

الشكل (15-2-3) يبين العلاقة بين الاحتياج الأوكسجيني ومستوى الغذاء في نقاط A,B,C,D على (RBC)



- زمن التماس مع البكتريا أكبر 10 مرات من المرشح البيولوجي والمساحة اللازمة للمحطة أقل بنسبة 40 %.
- ثبات في المعالجة وعدم التأثر بالظروف الجوية كثيراً وخصوصاً في الشتاء.
- لا يوجد ما يسمى أحمال عضوية مفاجئة أو نقص غذاء يتبعه نفخ للحمأة (كما في الحمأة المنشطة).
- 95 % من الحمأة ملتصقة بالأقراص.
- أقل كلف من الطرق الأخرى بالنسبة لمرحلة النترجة.

15-4. مساوئ المعالجة بـ (RBC)

- الأعطال في (RBC). تحدث دوماً في المحرك وعلبة السرعة.
- تكاليف التأسيس عالية بالنسبة للحمأة المنشطة لنفس الأحمال رغم أن المساحة اللازمة لـ (RBC) أقل (30-40) %
- إذا حدث واقترن الأوكسجين المنحل بالكبرتيد تتشكل بكتريا خاصة تصدر روائح مزعجة (Beggiatoa) ويحدث ما يسمى ظاهرة الكتلة الحيوية البيضاء وتعالج بإضافة (Hydrogen peroxide) (الماء الأوكسجيني)
- لا تتحمل(RBC). تغيرات كبيرة في الحمولة العضوية أو PH مقارنة بالحمأة المنشطة ولذلك ينصح باستعمال الطريقة في معالجة مياه الصرف المنزلي مع حوض توازن.

15-5. (BOD_5) المنحل

عادةً يقبل بأن (BOD_5) المنحل أو(SBOD) هو العامل (البارامتر) الذي يتحكم في أداء (RBC). ويحدد بإجراء تجربة قياس خاصة وذلك باستعمال مياه صرف مارة على فلتر كما يمكن حسابه بطريقة أخرى عند معرفتنا (BOD) الكلي (TBOD) والـ(BOD) المعلق الذي يكون مرتبط مباشرةً بـ (TSS)، ويمكن وضع المعادلة التالية:

SBOD = TBOD - (suspended) BOD معلق (1-5-15)

BOD = C (TSS) المعلق (2-5-15)

SBOD = TBOD - C (TSS) (2-5-15)

حيث C = 0.5 - 0.7 لمياه الصرف المنزلي.

= 0.5 لمياه الصرف المنزلي الخام عندما .(TSS > TBOD)

= 0.6 لمياه الصرف الخام (TSS ~ TBOD) لمياه منزلي مع تجاري وصناعي.

= 0.6 لمياه الصرف الخارجة من المعالجة الأولية.

= 0.5 لمياه الصرف الخارجة من المعالجة الثنائية (الثانوية).

مثال1.

مياه صرف خارجة من حوض ترسيب أولي حيث وجد إن TBOD يساوي 145 ملغ/ل وTSS يساوي 130 ملغ/ليتر احسب تركيز SBOD الذي يمكن استعماله في تصميم RBC، نظام RBC سيستعمل في المعالجة الثنائية(الثانية).

الحل . من أجل مياه الصرف الداخلة إلى RBC . نختار C = 0.6

SBOD = TBOD - C (TSS)

= 145 mg/L - 0.6 (130 mg/L) = 67 mg/L

6-15. طريقة التصميم RBC Process design

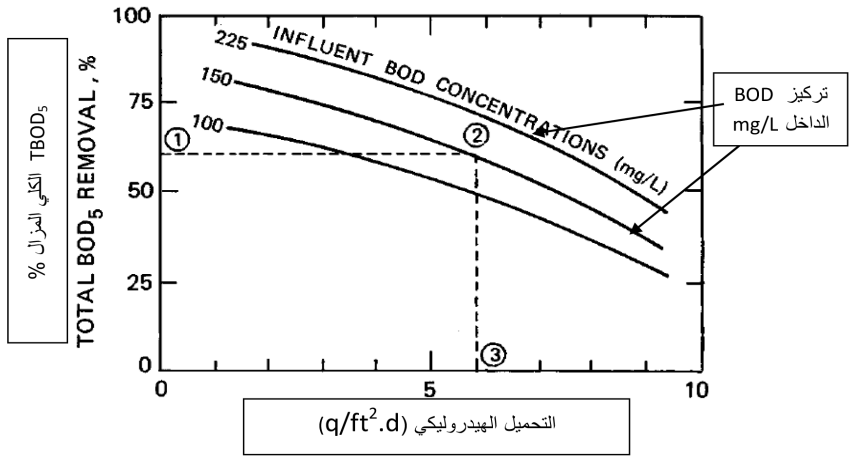
تطبق معادلات تجريبية وضوابط خاصة لتصميم RBC وعموماً العوامل المؤثرة في أداء RBC هي درجة الحرارة والحمل العضوي وزمن المكوث ونسبة حجم المياه إلى سطح الأقراص وسرعة دوران الأقراص وكمية الأوكسجين المنحل.

وضعت منحنيات تجريبية من قبل كثير من الشركات المصنعة واستعمل بعضها $SBOD_5$ والبعض الأخر استعمل $TBOD_5$ ووضعت كثيراً من المنحنيات التجريبية وعلى سبيل المثال يعطي الشكل (15-6-1) والشكل (15-6-2) العلاقة بين التحميل الهيدروليكي (gpd/sq ft) (كالون لكل يوم لكل قدم مربع) مع نسبة الإزالة لأحمال مختلفة من TBODملغ/ليتر. أو SBOD وكذلك الجدول (15-6-1) جدول نموذجي يوصى به في التصميم لعدد من مراحل المعالجة بـ RBC والجدول (15-6-2) يعطي معلومات تلخص عدد من مستويات المعالجة بالـ RBC ونجد انه يمكن إن يكون في التصميم أكثر من مرحلة لتحقيق الإزالة المطلوبة.

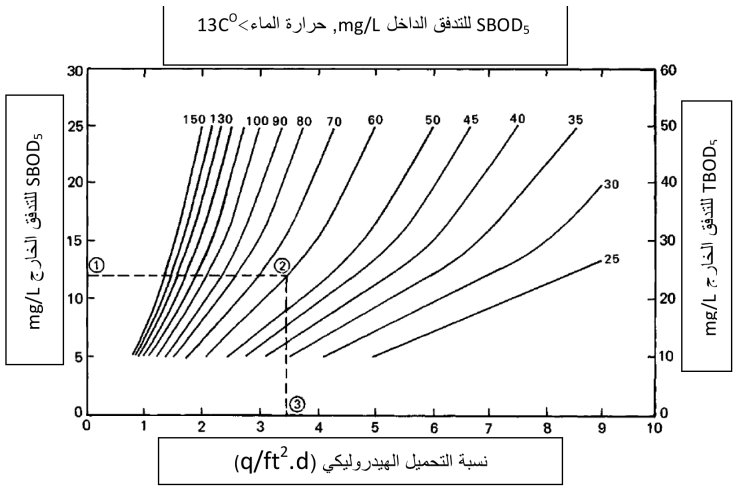
. ويفضل أن يوضع حوض ترسيب أولي قبل الدخول لوحدات RBC.

توثر درجة حرارة مياه الصرف على عمل البكتريا تحت 12.8 درجة مئوية حيث تنخفض نسبة الإزالة وهنالك جداول تصحيح لمساحة الأقراص بالنسبة لدرجات الحرارة تحت الدرجة 12.8 مئوية وكذلك تصحيح لنسبة إزالة الأمونيا نتروجين وذلك وفق الجدول (15-6-3)[3].

الشكل (15-6-1) يعطي العلاقة بين الحمل الهيدروليكي ونسبة الإزالة لأحمال BOD المختلفة في درجة حرارة اكبر من $13\ C^o$



الشكل (15-6-2) يعطي العلاقة بين الحمل الهيدروليكي والحمل العضوي ونسبة الإزالة لأحمال (SBOD) أو (TBOD)المختلفة



ملاحظة: $q/ft^2.d$ = م^3/م^2/يوم × 24.5424

الجدول (15-6-1)
عدد مراحل المعالجة بطريقة RBC الموصى بها*

التدفق الخارج من المعالجة باعتماد $SBOD_5$	عدد المراحل	نسبة التخفيض المتوقعة باعتماد $TBOD_5$	عدد المراحل الموصى بها
> 25	1	حتى 40 %	1
25-15	2-1	حتى 65 % -35 %	2
20-10	3-2	حتى 85 % -60 %	3
< 10	4-3	حتى 95 % -80 %	4
			أربعة مراحل وهو العدد الأدنى المطلوب لإزالة BOD_5 وNH_3-N

* [3]

الجدول (15-6-2)
المعايير المعتمدة لتصميم RBC ولعدة مستويات *

المعيار	المعالجة الثانية	مشتركة مع النترجة	نترجة منفصلة
التحميل الهيدروليكي (HL) $m^3/(m^2.d)$	0.081- 0.163	0.030-0.081	0.041 - 0.102
تحميل $SBOD_5$ $kg/(m^2 . d)$	0.0036 - 0.0098	0.00245 - 0.00735	0.00049 - 0.00147
التحميل الكلي $TBOD_5$ $kg/(m^2 . d)$	0.01715 - 0.0098	0.0147 - 0.00735	0.0008 – 0.00294
التحميل الأعظمي على المرحلة الأولى - Kg SBOD /$(m^2 . d)$	0.0294 - 0.0196	0.0294 - 0.0196	
- Kg TBOD /$(m^2 . d)$	0.0588 - 0.0392	0.0588 - 0.0392	
تحميل NH_3-N $kg/(m^2 . d)$		0.00147 – 0.000375	0.00196 – 0.00098
زمن المكوث الهيدروليكي θ,h retention time	1.5 - 0.7	4 - 1.5	2.9 -1.2
بعد المعالجة eff .BOD_5 mg/L	30 -15	15 - 7	15 - 7
بعد المعالجة eff. NH_3-N, mg/L	-	من 2 >	2 - 1

* [2] + [3] + wef1998

الجدول(15-6-3)
تصحيح لمساحة الأقراص تبعاً لدرجات الحرارة
بالنسبة لإزالة BOD_5 وأمونيا نتروجين

درجة الحرارة C^o	التصحيح من اجل إزالة SBOD	التصحيح من اجل إزالة أمونيا نتروجين
17.5	1	0.71
16.7	1	0.77
15.5	1	0.82
14.4	1	0.89
13.3	1	0.98
12.8	1	1
12.2	1.03	1.02
11.1	1.09	1.14
10	1.15	1.28
8.9	1.21	1.4
7.8	1.27	1.63
7.2	1.31	1.75
6.7	1.34	1.85
5.6	1.42	2.32
4.4	1.5	-

مثال 2.

أحسب نسبة الحمل الهيدروليكي والعضوي من أجل RBC وللمرحلة الأولى من المعالجة بحيث:

- المياه الصادرة عن حوض الترسيب أو المياه الداخلة الىRBC

التدفق (influent) = 1.5 Mgal/d = 1.5 x 2785 = 5670 m^3/d

1 Mgal/d = 3750 m^3 / d

الداخل BOD_5 = 140 mg/L

الداخل $SBOD_5$ = 75 mg/L

(Area of each RBC shaft = 100.000 ft^2 x 0.09290304 = 9290m^2)

أو

المساحة في كل محورRBC = 9290m^2

عدد المحاور = 6

(عدد المراحل 3 لكل سلسلة) 2= عدد السلاسل

لا يوجد تدوير

الحل .

الخطوة 1. أحسب التحميل الهيدروليكي الكلي (HL)

السطوح الكلية لكل النظام =6x9290m^2 = 55740 m^2

(HL) = 5670 / 55740 = 0.101 m^3 / m^2 .d

يلاحظ أنها ضمن المجال الأول في الجدول (15-6-2).

أحسب التحميل العضوي الكلي Total BOD loading.

5670 m^3/d x 140 mg/L/ (55740x1000) = 0.014 Kg/m^2.d

يلاحظ أنها ضمن المجال الأول في الجدول (15-6-2).

أحسب التحميل BOD المنحل Soluble BOD load.

$5670\ m^3/d \times 75\ mg/L\ /(55740 \times 1000) = 0.0076\ Kg/m^2.d$

يلاحظ أنها ضمن المجال الأول في الجدول (15-6-2).

الخطوة 2. أحسب الحمل العضوي **<u>للمرحلة الأولى</u>** بحيث تعمل وحدتان في المرحلة الأولى.

التحميل العضوي الكلي (Total BOD loading).

$5670\ m^3/d \times 140\ mg/L/\ (9290 \times 2 \times 1000) = 0.042\ Kg/m^2.d$

أحسب التحميل BOD المنحل Soluble SBOD load.

$5670\ m^3/d \times 75\ mg/L\ /(9290 \times 2 \times 1000) = 0.022\ Kg/m^2.d$

مثال 3.

مياه صرف من حوض الترسيب الأولي يكون على التوالي الحمل العضوي الكلي والحمل العضوي المنحل (BOD_5=140mg/L) و ($SBOD_5$=60mg/L)

نريد معالجتها بطريقة RBC، بحيث مياه الصرف في المخرج يجب أن تكون:

BOD=24 mg/L SBOD= 12 mg/L

درجة حرارة مياه الصرف أعلى من 15.5 C^o أي لا نحتاج إلى تصحيح مساحة.

كمية مياه الصرف (15,140m^3/d) ،{وتدفق ساعة الذروة 2.5 مرة التدفق التصميمي أي (37,850 m^3/d)}

الحل.

الخطوة 1. أحسب الحمل الهيدروليكي المسموح من الشكل (15-6-2).

من أجل SBOD = 12 mg/L نجد أن التحميل الهيدروليكي.

(HL). Hydraulic loading = 3.44 gal/ ($d.ft^2$)

gal/($d . ft^2$)=0.04075 $m^3/d.m^2$

= 3.44 gal/($d . ft^2$)=0.14 $m^3/d.m^2$

الخطوة 2. أحسب المساحة اللازمة RBC.

(15140 m^3/d) / (0.14m^3 / $d.m^2$) = 108149 m^2

الخطوة 3. دقق بشكل عام نسبة الحمل العضوي المنحل.

(15140 m^3/dx60mg/L) / 108149 m^2 x1000 = 0.0084 Kg / m^2.d

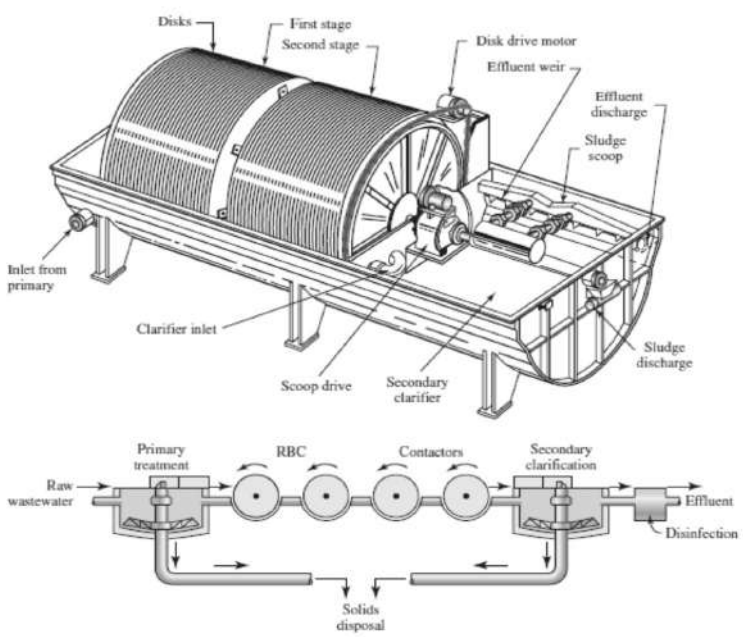
- بالمقارنة مع الجدول (15-6-2) نجد أن النتيجة ضمن الضوابط المطلوبة.

15-7. وحدات RBC المدمجة (package)

تنتشر بشكل واسع وحداتRBC الصغيرة وخصوصا في المنازل المنعزلة والتجمعات السكنية الصغيرة والاستراحات ومحطات الوقود على الطرق العامة(وخصوصا العاملة بالطاقة الشمسية)، وتتألف عادةً من ثلاث مراحل أولاً حوض توازن يعطي الماء بانتظام (نظام الناعورة) وثانياً RBC وثالثاً حوض ترسيب نهائي يبين الشكل (15-7-1) وحدات مدمجة (باكيج) والشكل (15-7-2) يعطى نموذج من(EPA 1977) يوضح ترتيب أقسام RBC .وعادة يتم سحب الحمأة الزائدة بواسطة صهاريج عابرة وتنقلها إلى مواقع المعالجة.

شكل (15-7-1)
وحدات معالجة RBC مدمجة (package)

الشكل(15-7-2)
يعطى نموذج من(EPA 1977) يوضح ترتيب أقسام RBC



16

برك التثبيت
STABILIZATION PONDS

16-1. مقدمة

إن برك التثبيت stabilization ponds، البحيرات lagoon، برك الأكسدة oxidation pond تستعمل في معالجة مياه الصرف وخصوصاً في المناطق الريفية. وهي غالباً أحواض ترابية تستعمل للمعالجة الثلاثية. وبرك التثبيت معروفة منذ أكثر من ثلاثمائة عام وهي شائعة في التجمعات الصغيرة لأن تكاليف الإنشاء والتشغيل منخفضة، وتستعمل لمعالجة مياه الصرف المنزلي والصناعي وتعمل ضمن مجال عريض من الظروف الجوية، وتعمل منفصلة أو بالمشاركة مع طرق أخرى في المعالجة. ويمكن أن تستعمل أيضاً بعد المرشحات البيولوجية.

- برك التثبيت تصنف تبعاً لنوع النشاط البيولوجي من[3]:

- اختيارية facultative أو تسمى (هوائية ولا هوائية). (Aerobic-anaerobic).
- مهواة Aerated.
- برك مهواة ولا هوائية (Aerobic and anaerobic ponds) .

- أو تصنف حسب نوع التدفق من[3]:

- فتستعمل لمعالجة مياه الصرف غير المعالجة: بعد المصافي، بعد أحواض الترسيب أو بعد الحمأة المنشطة.

- نوع الدفق متقطع أو مستمر والتهوية بالهواء الطبيعي أو بالمهويات السطحية أو تهوية ميكانيكية أخرى.

- البرك المهواة تستعمل لتعالج الحمل العضوي المنحل في مياه الصرف من محطات المعالجة.

- البرك الهوائية واللاهوائية(الاختيارية) .Facultative ponds أكثر شهرةً وتستعمل لمعالجة مياه الصرف المنزلي والصناعي.

- البرك اللاهوائية تستعمل في تثبيت المياه الملوثة عضوياً بشكل كبير وعادةً تستعمل كسلسلة مع البرك الاختيارية (الهوائية-اللاهوائية) يبين الشكل (16-1-1) محطة معالجة 10000 م^3/يوم (في البرازيل) تعمل ببرك التثبيت.

- أقل زمن يلزم لمعالجة مياه الصرف (غير معالجة) بالبرك الاختيارية 30 يوم، الجدول (16-1-1) يعطي أنواع برك التثبيت وتطبيقاتها والجدول (16-1-2) يعطى معايير التصميم لهذه البرك.

الجدول (16-1-1)
يعطي أنواع برك التثبيت وتطبيقاتها*

نوع البركة أو نظامها	الاسم الشائع	توصيف البركة	التطبيقات
هوائية aerobic	a . بطيئة low rate b . عالية high rate c . برك الإنضاج maturation	- يحافظ على الحالة الهوائية في كل العمق - تنتج كمية كبيرة من الطحالب - نفس الحالة a ولكن التحميل العضوي قليل	- يعالج المواد العضوية المنحلة - معالجة ثنائية - يعالج المواد العضوية المنحلة - إزالة المغذيات - يستعمل لتشذيب المياه بعد المعالجة الثنائية polishing
هوائي ولا هوائي (التهوية تكميلية)	البرك الاختيارية facultative مع تهوية	- البرك أعمق من b وفي الأعلى تمثيل ضوئي وتهوية ميكانيكية وفي الوسط اختيارية وفي الأسفل هضم لا هوائي	معالجة مياه الصرف المارة على المصافي أو على ترسيب أولي وتستعمل لمعالجة مياه صناعية.
هوائي ولا هوائي (التهوية من الطحالب)	البرك الاختيارية facultative	كما ورد في الفقرة السابقة عدا أن تذويد الأوكسجين في اعلي الحوض من التمثيل الضوئي للطحالب	معالجة مياه الصرف المارة على المصافي أو على ترسيب أولي وتستعمل لمعالجة مياه صناعية.
لاهوائية	لاهوائية - أو معالجة مسبقة لاهوائية	عادة يتبعها معالجة بالبرك الهوائية أو الاختيارية	معالجة مياه الصرف المنزلي والصناعي
لا هوائي ويتبع بهوائي- لا هوائي	أنظمة البرك pond system	نظام مشترك من النظام السابق ويتبعه برك هوائية ويوجد تدوير من البرك الهوائية إلى البرك اللاهوائية	معالجة متكاملة لمياه الصرف المنزلي والصناعي

* [2]

الجدول (16-1-2)
يعطى معايير التصميم لبرك التثبيت*

المعيار	نوع البرك					
	هوائية بطيئة	هوائية عالية	إنضاج هوائي maturation	اختياري facultative	برك لا هوائية	البرك المهواة
نظام التدفق	مزج متقطع	مزيج متقطع	مزج متقطع	مزج طبقة سطحية	-	مزج كامل
المساحة (هكتار)	اقل من4.047 متعددة	0.809 - 0.202	4.04 – 0.809 متعددة	4.04 – 0.809 متعددة	0.809 - 0.202 متعددة	4.04 – 0.809 متعددة
التشغيل	سلاسل أو توازي	سلاسل	سلاسل أو توازي	سلاسل أو توازي	سلاسل	سلاسل أو توازي
زمن المكوث يوم	40 -10	6 - 4	20 - 5	30- 5	50 - 20	10 - 3
العمق م	1.22 - 0.9	0.46 – 0.305	1.5 - 0.9	2.44 - 1.22	4.88 - 2.44	6.1 -1.83
PH	10.5 - 6.5	10.5 - 6.5	10.5 - 6.5	8.5 - 6.5	7.2 - 6.5	8 -6.5
مجال درجة الحرارة C^o	30 - 0	30 - 5	30 - 0	50 -0	50 - 6	30 -0
درجة الحرارة المثالية C^o	20	20	20	20	30	20
الحمل العضوي kg/ha.d	134.5 - 67	179 -90	≥ 17	202 - 56	560 - 226.5	-
نسبة الإزالة BOD_5	95 - 80	95 - 80	80 - 60	95- 80	85 - 50	95 - 80
النواتج من المعالجة	طحالب ,co_2, بكتريا	طحالب ,co_2, بكتريا	طحالب ,co_2, بكتريا	طحالب ,co_2, بكتريا ,CH_4	طحالب ,co_2, CH_4 , بكتريا	طحالب ,co_2, بكتريا , CH_4
تركيز الطحالب mg/L	100 - 40	260 - 40	10 -5	20 - 5	20 - 0	-
TSS للمياه المعالجة mg/L	140 - 80	300 - 150	30 -10	40 - 60	80 - 160	250 - 80

* [2]

الجدول (16-1-3) يعطي خواص أنواع مختلفة من البحيرات المهواة ذات النمو المعلق،(Aerated suspended growth lagoon) [1] .

الشكل (16-1-1) محطة معالجة 10000 م^3/يوم نصفها صناعي(البرازيل) برك تثبيت لاهوائية ثم اختيارية وثلاثة إنضاج

Figure 3. WSP system at Fortaleza in northeast Brazil comprising an anaerobic, a facultative and three maturation ponds (Influent flow 10,000 m3/day). Around half the flow is from local textile factories.

الجدول (16-1-3)
يعطى أنواع مختلفة من البحيرات المهواة *

البند	الواحدة	نوع البحيرات المهواة		
		الاختيارية خلط جزئي	(Aerobic flow-through) هوائية مع خلط جزئي ترسيب جزئي مع وجود ترسيب خارج البحيرة	هوائية مع خلط كامل
TSS	mg/l	200-50	400-100	3000-1500
VSS/TSS	%	80-50	80-70	80-50
عمر الحمأة SRT	يوم - d	أكثر من 100	6-3 نموذجي (5)	حار: 10-20 متوسط : 20-30 بارد :أكثر من 30
زمن المكوث	يوم - d	10-4	6-3	2- 0.25
نسبة ثابت الإزالة الكلية k,BOD	d^{-1}	0.8-0.5	1.5-0.15	(تستعمل العوامل الحركية للمزج الكامل للحمأة المنشطة)
عامل الحرارة	لا يوجد	1.04	1.04	1.04
العمق **	m	5-2	5-2	5-2
نظام المزج	-	مزج جزئي	مزج جزئي	مزج كامل
كفاءة الخلط ***	$Kw/1000m^3$	1.25 -1	8-5	20-16
النترجة	-	لا	عادةً لا	على الأرجح
الحمأة	-	تتراكم في البحيرة	تترسب في حوض ترسيب خارجي	**حوض ترسيب خارجي** **+إعادة حمأة** +أحواض تجفيف حمأة

* [1].

** عندما يكون العمق اكبر من 3.7 م يجب أن نضع المهوى السطحي مع انبوب سحب لمنع الترسيب - يوجد بعض الخلاف في العمق عن [2].

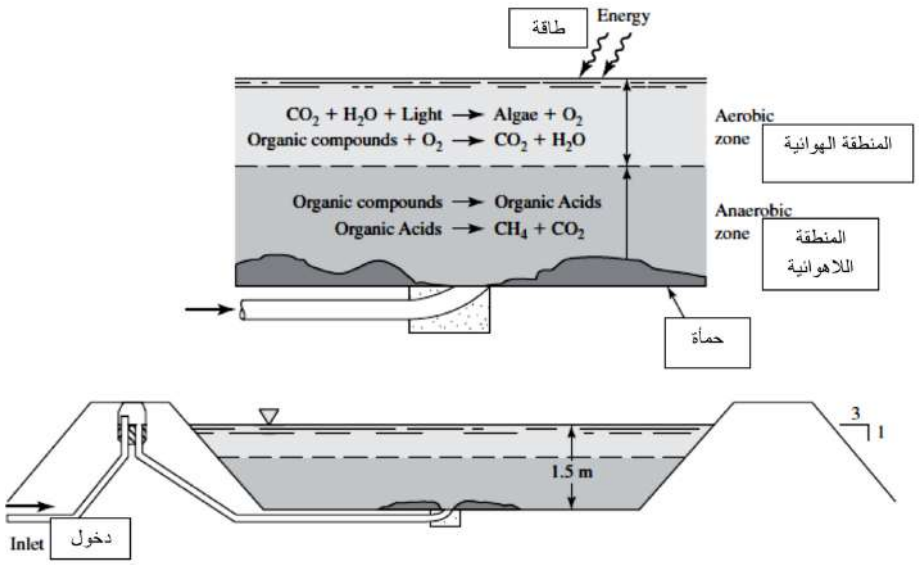
*** يوصي أن تكون كفاءة الخلط {$KW/ 1000 m^3$ (20-40)} حتى نمنع حدوث الترسيب, الفقرة (3-10-13).

16-2. البرك التكاملية (البرك الاختيارية) Facultative Ponds

إن أشهر برك التثبيت هي البرك التكاملية (وتدعى في بعض المراجع العربية الاختيارية) وتدعى أيضاً بحيرات مياه الصرف wastewater lagoon، وتتراكم طبقات الحمأة في القاع حيث تسود في الأسفل الحالة اللاهوائية وفي الأعلى الحالة الهوائية.

عادة لا يوجد حوض ترسيب أولي (يفضل أن يوجد فاصل زيوت لكل أنواع البرك) ويحتفظ في قاع الحوض بالرمال والمواد العالقة الصلبة في البركة الاولى مشكلةً طبقة لاهوائية، وتعمل بكتريا هيتروتروفيك .heterotrophic (عضوية التغذية) المتكافلة مع الطحالب algae في المعالجة حيث تتحلل المواد العضوية بواسطة نشاط البكتريا الهوائي واللاهوائي، وتلعب درجة الحرارة دوراً رئيسياً في النشاط البكتيري في البرك، الشكل (16-2-1) مقطع في بركه اختيارية يظهر المنطقة الهوائية واللاهوائية والتفاعلات التي تحدث فيها.

الشكل (16-2-1)
مقطع في بركه تكاملية من[3]



ويشاهد في القسم الهوائي بكتريا متعددة مشابهة للبكتريا الموجودة في الحمأة المنشطة أو المرشحات البيولوجية، وفي القسم الهوائي أيضاً يتم إطلاق الفوسفور والنتروجين وثاني اوكسيد الكربون. ويتم تزويد الأوكسجين في المنطقة الهوائية بالمهويات السطحية والتمثيل الضوئي للطحالب التي تتغذى على المواد العضوية وثاني اوكسيد الكربون وتطلق الأوكسجين الذي تستعمله البكتريا في المعالجة مُشكّلة دورة تكافلية.

في القسم السفلي اللاهوائي للبرك يجري تفكيك المواد العضوية بواسطة البكتريا اللاهوائية مطلقة الميثان وثاني اوكسيد الكربون وكبرتيد الهدروجين Hydrogen sulfide.

في المنطقة الوسطى بين الطبقتين يوجد منطقة تدعى المنطقة الاختيارية(التكاملية) Facultative.

يعتمد التصميم على مفهوم الحمل العضوي ويعبر عنه بـ (هكتار/ $kg\ BOD_5$) أو (BOD/ha . d) المطبق على سطح البركة، وفي بعض الأحيان بالشخص المكافئ لوحدة السطح.

الحمل العضوي يعطى{(ha. d)/BOD 56 kg - 202}، ومدة المكوث (5 - 30) يوم وعمق البرك يتراوح (1.2 - 2.5)م.[1]، ويصل التخفيض في BOD إلى (30-40) ملغ/لتر أو اقل تبعا للطحالب، أما المواد العضوية المتطايرة فتصل نسبة معالجها إلى (77-96)%، كما تصل نسبة إزالة النتروجين إلى (40-95)% ، كما يلاحظ إزالة قليلة للفوسفور (40 %)، إما TSS فيتراوح في المياه المعالجة من (40-60)ملغ /ليتر وكذلك العصيات القولونية في المياه المعالجة تصل إلى (.200 FC/100 mL).

من[3]

16-2-1. طريقة التصميم Process design

سنناقش طريقتين في التصميم، الأولى نسبة التحميل السطحي areal loading rate والثانية معادلة وينر- ويلهلم Wehner-Wilhelm equation.

16-2-1-1. طريقة معدل تحميل المساحة Areal loading rate method

يعتمد التصميم على معدل الحمل العضوي والحمل الهيدروليكي وقد وضعت عدة نماذج تجريبية لتصميم البرك الاختيارية معتمدة على الحمل العضوي الموصى به من الجدول (16-2-1-1-1) والذي يعتمد على درجة حرارة الهواء في الشتاء.

الجدول(16-2-1-1-1)
معدل الحمل العضوي للبرك الاختيارية الموصى به
حسب درجة الحرارة *

وسطي درجة الحرارة في الشتاء C°	عمق المياه m	معدل الحمل العضوي BOD_5 kg/(ha . d)
< 0	1.5-2.1	11-2
0-15	1.2-1.8	45 -22
> 15	1.1	45-90

* [3]

ويحسب السطح وفق المعادلة:

$$A = Q(BOD)/ (LR)\ 1000 \qquad (16\text{-}2\text{-}1\text{-}1\text{-}1)$$

A = المساحة اللازمة لبرك التهوية الاختيارية (ha).

BOD = تركيز الBOD في المياه الداخلة mg/L .

Q = تدفق المياه الداخلة m^3/d .

LR = (loading rate) معدل التحميل لـ BOD من أجل درجة الحرارة الوسطية للهواء في الشتاء kg/(ha.d).

1000 = عامل تحويل 1 Kg = 1000g.

ملاحظة: التحميل العضوي لأول خلية في سلسلة البرك يجب أن لا يزيد عن 100 Kg / (h.d) لمناطق الشتاء الدافئة أعلى من (15Cº) وفي مناطق الشتاء الباردة يجب أن لا تزيد الحمولة عن 40 Kg/ (h.d) حيث درجة الحرارة (0Cº).

مثال.

صمم برك اختيارية لبلدة صغيرة تدفقها 1100 $م^3$/يوم حيثBOD المتوقع 210 ملغ/ليتر، درجة الحرارة الوسطية في الشتاء 10 درجة مئوية، صمم ثلاث سلاسل بحمولة أقل من 80 Kg / (ha.d) في الخلية الأولى واحسب زمن المكوث الهيدروليكي عندما يكون سماكة الحمأة 50 سم علماً انه يوجد نقصان للمياه بالتسرب والتبخر ويقدر 2 ملم /يوم.

الحل.

الخطوة 1. حدد المساحة اللازمة الكلية للبرك.

من الجدول (16-2-1-1-1) نختار نسبة الحمولة العضوية BOD بدرجة حرارة 10 درجة مئوية.

LR = 38 kg/(ha . d)

نستعمل المعادلة (16-2-1-1-1).

$$A = Q(BOD)/ (LR)(1000)=$$

$$\{1100m^3/dx210\ g/m^3\}/\ \{38\ kg/(ha\ .\ d)\ x\ 1000\ g/kg\}=$$

$$= 6.08\ ha\ = 60800\ m^2$$

الخطوة 2. أحسب مساحة الخلية الأولى.

من الجدول (16-2-1-1-1) نختار عمق الخلايا 1.5 م.

التحميل في أول خلية في مناطق شتاء دافئة (h.d) / 100 Kg ولكن نختار LR = 80 Kg / (h.d)

$$A = 1100\ x\ 210\ /\ 80\ x\ 1000 = 2.88\ ha = 28800\ m^2$$

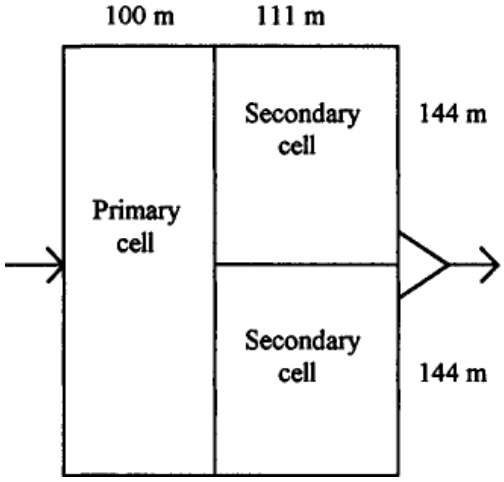
A. الخلية الأولى: $A_{(1)} = 2.88\ ha = 28899m^2$

اختر العرض 100 م والطول 288 م والعمق 1.5 م.

B . مساحة بقية الخلايا:

$$A_{(2\ -3)} = (60800 - 28800)\ m^2/2\ = 16000\ m^2$$

اختر الطول 144 م والعرض 111 م كما هو موضح في الشكل التالي



الخطوة 3. أحسب زمن المكوث الهيدروليكي.

A . احسب حجم التخزين V عندما (عندما سماكة الحمأة = 0.5)

$V = (1.5\ m - 0.5\ m) \times 60800\ m^2 = 60800\ m^3$

B . احسب كمية نقص المياه بالتسرب والتبخر V_1.

$V_1 = 0.002\ m/d \times 60800\ m^2 = 122\ m^3/d$

C . أحسب زمن المكوث HRT.

$HRT = V/(Q - V_1) = 60800\ m^2/ (1100\ m^3/d - 122 m^3/d) = 62\ d$

16-2-1-2. معادلة وينر- ويلهلم Wehner-Wilhelm equation

المعادلة (16-2-1-2-1). اعتمدت على نموذج تدفق يكون بين نظام الدفقات والمزج الكامل وفق ما يلي.

$$\frac{C}{C_0} = \frac{4a\exp(1/2D)}{(1+a)^2\exp(a/2D) - (1-a)^2\exp(-a/2D)} \qquad (16\text{-}2\text{-}1\text{-}2\text{-}1)$$

C = تركيز المغذيات في مخرج البرك mg/L

C_0 = تركيز المغذيات في مدخل البرك mg/L

$a = \sqrt{1 + 4ktD}$.

t = زمن المكوث h

k = ثابت نسبة الإزالة 1/h ،

D = عامل توزيع H/u L

H = عامل توزيع محوري m^2/h

u = سرعة السائل m/h

L = طول ممر النقل للمعلقات m

في الشكل(16-2-1-2-1). علاقة K.t ونسبة BOD المتبقي(C/C_0) ونلاحظ D يبدأ من الصفر في نظام الدفقات إلى اللانهاية في المزج الكامل. وعامل التوزيع لبرك التثبيت 0.1 - 2 وعموما لا يزيد عن 1 حسب طبيعة المزج، و K ثابت نسبة الإزالة يتراوح من 0.05 إلى 1، ويوصى باعتماد 0.15 = K_{20}(من EPA) والمعادلة (16-2-1-2-2) تعديل K . حسب الحرارة المطلوب الدراسة عندها.

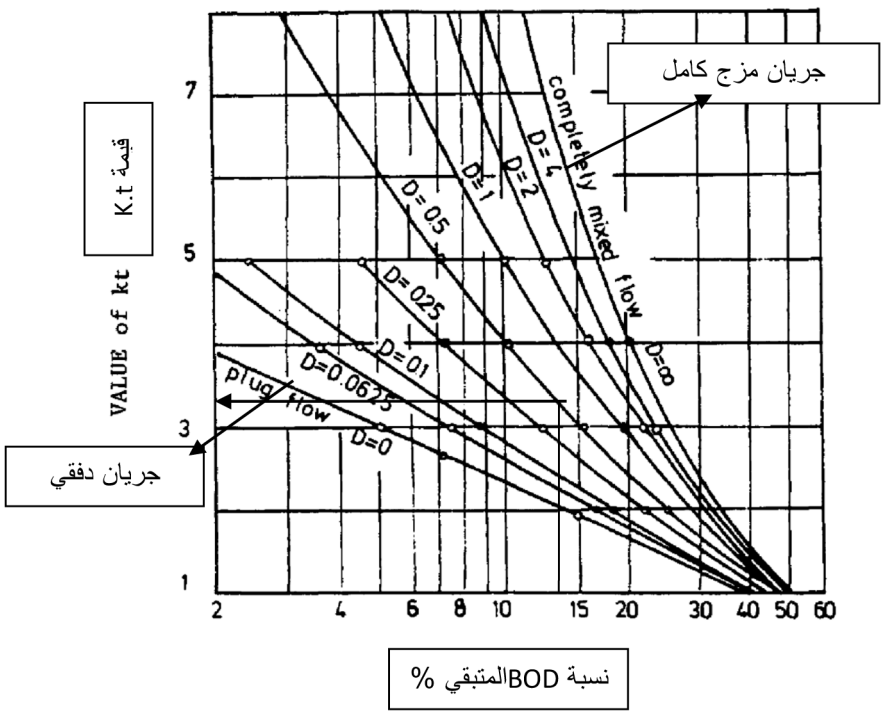
$$k_T=k_{20}(1.09)^{T-20} \qquad (16\text{-}2\text{-}1\text{-}2\text{-}2)$$

k_T= نسبة التفاعل الأدنى في درجة حرارة المياه T لكل يوم.

K_{20} = نسبة التفاعل في درجة حرارة المياه T_{20} لكل يوم.

T = درجة حرارة التشغيل المطلوبة C^0.

الشكل (16-2-1-2-1)
علاقةK.t ونسبة BOD المتبقي لـ D مختلفة



مثال.

صمم برك اختيارية مستعملاً معادلة وينر- ويلهلم مع الأخذ بالاعتبار المعطيات التالية.

- التدفق التصميمي 1100 م^3/يوم

- TSS_{influent} = 220 mg/L

- $BOD_{5\ \text{influent}}$ = 210 mg/L

- $BOD_{5\ \text{Effluent}}$ = 30 mg/L

- K بدرجة حرارة ($20C^{O}$ = 0.22/d)

- عامل توزيع البرك D = 0.5

- درجة الحرارة في الفترة المدروسة الحرجة = 1^0C

- عمق البرك = 2m

- العمق الفعال= 1.5m

الحل.

الخطوة 1. احسب نسبة BOD المتبقي في التدفق الخارج Effluent

$$C/C_0 = 30\ mg/L \times \%100\ (210\ mg/L) = \%\ 14.3$$

الخطوة 2. حدد تعديل درجة الحرارة من أجل K_{20} مستعملاً المعادلة (2-2-1-2-16).

$$kT = K_{20}(I.09)^{T-20} = 0.22\ (1.09)^{1-\ 20}$$

$$k_T = 0.043$$ لكل يوم

الخطوة 3. حدد قيمة k_Tt من الشكل (16-2-1-2-1)نجد قيمة k_Tt

$$k_Tt = 3.1$$

الخطوة 4. حدد زمن المكوث اللازم للفترة الحرجة (درجة الحرارة المنخفضة).

$$t = 3.1/k_T$$

$$t = 3.1/(0.043d^{-1}) = 72\ d$$

ملاحظة: إن إعادة الحساب في فترة الصيف تظهر ارتفاع قيمة k_T ونقص زمن المكوث ومنه نقص مساحة الأحواض اللازمة.

الخطوة 5. أحسب الحجم اللازم والمساحة اللازمة.

$$V = Qt = 1100\ m^3/d \times 72\ d = 79200 m^3$$

المساحة اللازمة. $A = V/$ العمق الفعال

$$= 79200\ m^3 / 1.5\ m = 52800\ m^2 = 5.28\ ha$$

الخطوة 6. دقق نسبة تحميل BOD_5.

$$(1100 m^3/d \times 210\ g/m^3) / 5.28\ ha \times 1000\ g/kg$$

$$= 43.8\ kg/(ha \cdot d)$$

الخطوة 7. احسب القدرة اللازمة للمهويات السطحية بافتراض أن كمية الأوكسجين المنقول من المهويات هو ضعف قيمة BOD المطبق في اليوم علماً أن قدرة نقل الأوكسجين لمهوي نموذجي $22Kg\ O_2/(hp.d)$

$$O_2 = 2 \times 1100\ m^3/d \times 210(g/m^3)/(1000\ g/kg) = 462\ kg/d$$

$$\text{القدرة} = (462Kg/d) / (22Kg/hp.d) = 21.0\ hp = 15.64\ KW$$

نستعمل (7) مهويات استطاعة 3-hp لكل واحدة.

الخطوة 8. دقق القدرة اللازمة لمزج البرك (لكل 1000 م^3 من مياه الصرف).

$$= 15.64\ kW/79200 \times 1000\ m^3 = 0.197\ kW/1000 m^3$$

ملاحظة : القدرة اللازمة للمزج للحوض الاختياري غير كافية الجدول(16-1-3).

ملاحظة : يجب التدقيق في القدرة اللازمة لمزج محتويات البرك وتوصي المراجع المعتمدة أن تكون كحد أدنى (20- 40) KW/1000 m^3}. راجع الفقرة(13-10-3).

16-3. برك المعالجة الثلاثية Tertiary ponds

تستعمل هذه الأنواع من البرك في المعالجة الثلاثية لمياه الصرف وتدعى أيضا صقل المياه (تشذيب) (polishing) أو تدعى برك الإنضاج maturation. وتستعمل كثالث مرحلة في معالجة مياه الصرف القادمة من أحواض ترسيب الحمأة المنشطة أو المرشحات البيولوجية، وكذلك تستعمل المرحلة الثانية بعد البرك الاختيارية ،وهي برك هوائية على كامل العمق.

- العمق من(1-1.5)م ونسبة التحميل العضوي أقل من 17 Kg (BOD) / (ha.d) وزمن المكوث (4-15) يوم.

من[3].

16-4. البرك الهوائية Aerobic Ponds

البرك الهوائية تشير إلى البرك الهوائية ذات المعدل العالي high-rate aerobic ponds وهي برك سطحية بعمق يتراوح من (0.3-0.6) م تسمح بالضوء بالنفاذ إلى كامل العمق ويحافظ على الأوكسجين المنحل في المياه وغالباً يلزم المزج للمحافظة على تعرض الطحالب للضوء ومنع الترسيب واستمرار الحالة الهوائية حيث يتم تزويد الأوكسجين DO من الطحالب بالتمثيل الضوئي وتفاعل سطح الماء مع الهواء، وتقوم البكتريا الهوائية بتثبيت المواد العضوية وينصح بزمن مكوث في البرك الهوائية HRT من (3-5) أيام، علماً أن المعالجة للبكتريا الممرضة (coliform) ضعيفة واستعمال البرك الهوائية محدود ضمن المناطق الحارة الصحراوية او الريفية لأنه عموماً الأرض متوفرة لتحقيق المعالجة المطلوبة.

16-5. البرك اللاهوائية Anaerobic Ponds

هي برك بالكامل لاهوائية وعميقة حيث يتراوح عمقها من (2.5-5)م

وتستعمل لمعالجة الحمولات العضوية العالية وزمن المكوث من (20-50) يوم .البكتريا اللاهوائية تحلل المواد العضوية إلى CO_2 وميثان. والتفاعل الرئيسي حمضي والتخمر الحاصل يطلق الميثان وتشبه العملية هضم الحمأة اللاهوائي، وتصدر أيضاً روائح من H_2S hydrogen sulfid.

والبرك اللاهوائية تستعمل أيضاً في معالجة مياه الصرف الصناعي والزراعي والغذائي كمعالجة أولية قبل الأحواض الاختيارية أو البرك الهوائية وهو تثبيت غير كامل ويحتاج لدرجة حرارة عالية لإتمام التفاعل علماً أنها ليست دارجة في المعالجة الأولية لمياه الصرف المنزلي لإصدارها روائح الشكل (16-5-1).

لإزالة 75 % من BOD يكون التحميل العضوي للبرك اللاهوائية {0.32Kg BOD / (m^3.d)} وزمن المكوث الأصغري 4 أيام ودرجة الحرارة الصغرى اللازمة 24 درجة مئوية. ومن محاسن البرك اللاهوائية هو معالجة الأحمال العالية والحمأة القليلة وعدم الحاجة لمعدات تهوية ومن المساوئ صدور الروائح.

الشكل(16-5-1)
محطة 9000 شخص المعالجة ببرك لاهوائية
ثم اختيارية ثم إلى الري(كولومبيا)

Figure 2. WSP system at Ginebra in southwest Colombia (population 9,000; wastewater flow 27 l/s) comprising an anaerobic pond and a facultative pond. The WSP effluent is used for the irrigation of sugar cane.

16-6. قدرة المزج للمهويات البطيئة.

لإبقاء المواد الصلبة معلقة تعطى الطاقة اللازمة لمهوي بطيء بالمعادلة التالية [2] راجع الفقرة(13-10-3):

$$P = 0.004 * X + 5 \qquad (X \leq 2000\ mg/L)$$

P = قدرة $KW / 1000.\ m^3$

X = تركيز المواد العالقة mg/L

17

أحواض الترسيب الثانوي
SECONDARY CLARIFIER

مقدمـة

إن أحواض الترسيب الثانوية هي جزء أساسي في محطات المعالجة بالحمأة المنشطة (النمو المعلق) أو بالمرشحات البيولوجية (النمو على وسائط) وأحواض الترسيب الثانوية تفصل الحمأة استعداداً لضخها إلى أحواض تكثيف الحمأة أو إعادتها إلى المعالجة البيولوجية من جديد وتعتمد جودة الترسيب على نوع الندف فكلما كان جيداً كان الترسيب أسرع.

17-1. أحواض الترسيب لمياه صرف من محطات مياه الصرف ذات النمو الثابت، على وسائط media

Basin Sizing for Attached-Growth Biological Treatment Effluent

يوصى باعتماد الضوابط التالية في حساب أبعاد الأحواض.

- التحميل السطحي للمرسبات بعد المرشحات البيولوجية لا يزيد عن 49 m^3 / (m^2.d) معتمداً على تدفق ساعة الذروة وعملياً يؤخذ **1m^3 / (m^2.h) ≈ (24.4m^3 / (m^2.d)** .
- في التدفقات الأقل من 3780 م^3 يؤخذ التحميل **33m^3 / (m^2.d)**.
- عمق جدار الأحواض الأصغري **(3m)** ويزداد حسب التدفق.
- زمن المكوث 2-3 ساعة.

- تحميل الهدار(d.m) /$m^3$250) لتدفق أصغر من 3780 م^3/يوم ولتدفق أكبر من 3780 م^3/يوم ينصح (d.m)/m^3 375).

الجدول(17-1-1) يعطي ضوابط نموذجية لتصميم أحواض الترسيب النهائية والجدول(17-1-2). التحميل السطحي للحمأة على حوض الترسيب النهائي بعد المعالجة بالحمأة المنشطة.

الجدول(17-1-1)
ضوابط نموذجية لتصميم أحواض الترسيب النهائية *

نوع المعالجة	التحميل الهيدروليكي $m^3/(m^2 . d)$		تحميل المواد الصلبة $kg/(d . m^2)$		العمق م
	الوسطي	الذروة	الوسطي	الذروة	
ترسيب بعد مرشح بيولوجي	24.5 -16.3	81.5 -41	-	-	3.66 -3
ترسيب بعد حمأة منشطة	32.5 - 16.3	48.85 - 41	146.5 - 97.5	244	4.5 -3.66
ترسيب بعد حمأة منشطة تهوية مديدة	16.3 - 8.14	32.5	146.5 - 97.5	244	4.5 -3.66
ترسيب بعد حمأة منشطة تهوية بالأوكسجين مع ترسيب أولي	32.5 - 16.28	41 - 48.8	171 -122	244	4.5 -3.66

* المرجع US. EPA 1975 - [3]

الجدول(17-1-2)
التحميل السطحي للحمأة على حوض الترسيب النهائي
بعد المعالجة بالحمأة المنشطة*

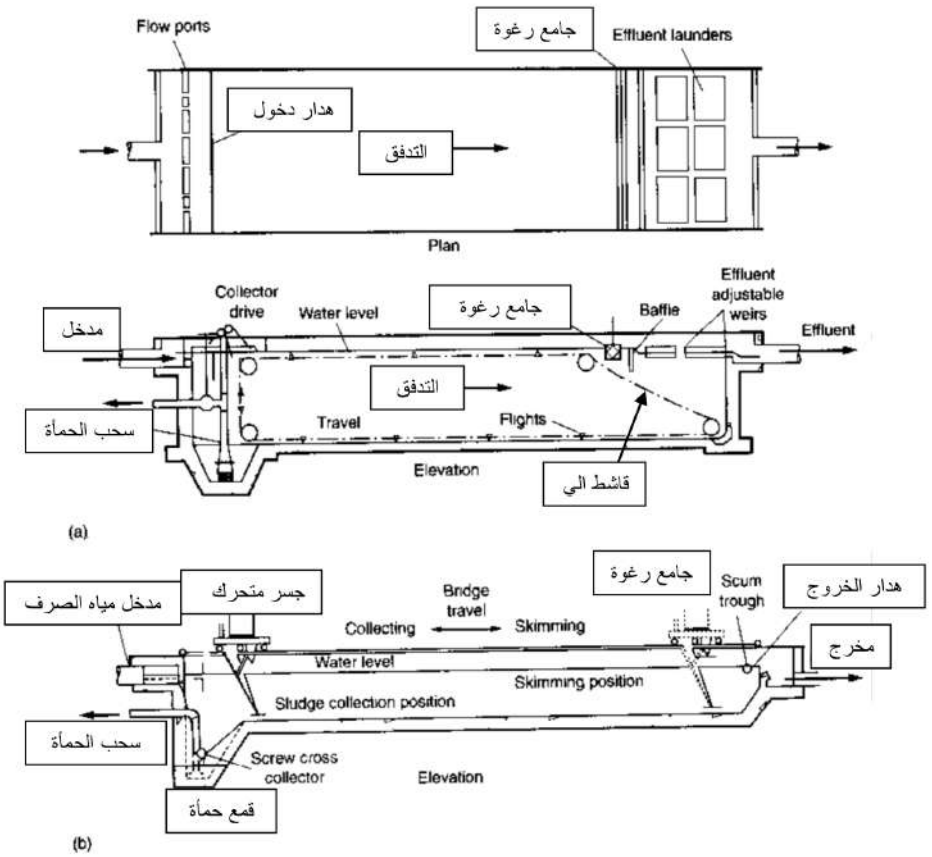
طريقة المعالجة	التحميل في ساعة الذروة ($m^3/m^2.d$)	تحميل المواد الصلبة الأعظمي ($kg/(d.m^2)$)
- التقليدية - التهوية على درجات - المزج الكامل - التثبيت بالتماس - المرحلة الكربونية مع نترجه منفصلة	41-49	245
التهوية المديدة مرحلة واحدة نترجه	41	171
مرحلتين نترجة	33	171
حمأة منشطة مع مواد كيمائية للمزيج المنحل لإزالة الفوسفور	37	171

*المرجع GLUMBRS - [3]

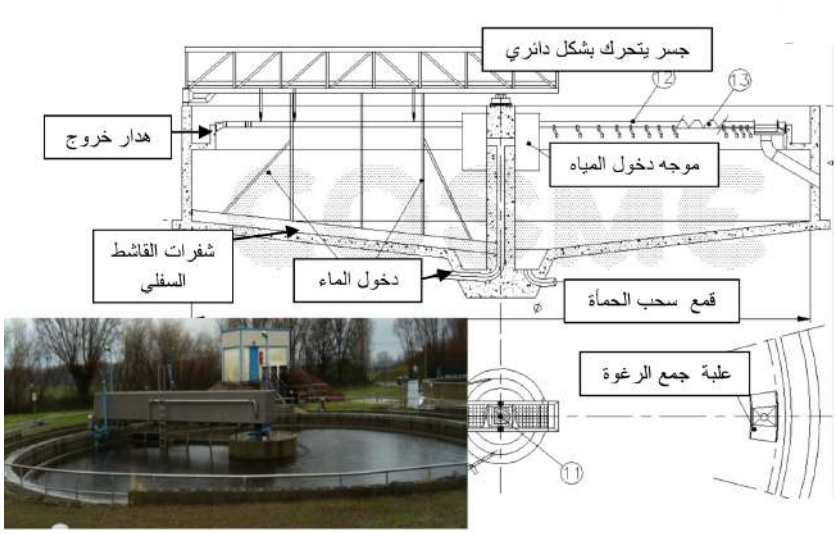
الشكل (17-1-1) نماذج لأحواض ترسيب نهائية مستطيلة والشكل(17-1-2) أحواض ترسيب نهائية دائرية.

الشكل (17-1-1)
نماذج لأحواض ترسيب نهائية مستطيلة

a . نموذج مع جنزير مركب عليه قواشط b . جسر طولي متحرك مركب عليه قواشط.



الشكل(17-1-2)
مقطع في أحواض ترسيب نهائية دائرية من cosme



مثال.

صمم مرشح بيولوجي على مرحلتين التدفق الداخل ($5680\ m^3/d$) والحمولة العضوية (BOD = 190 mg/L)، يوجد حوض ترسيب عدد 2 الأول بين المرشحين والثاني بعد المرشح الثاني نسبة التحمل العضوي التصميمي ($BOD = 1.5\ Kg/m^3.d$) نسبة التدوير لكل مرشح 0.8، علماً أن كل مرسب يُدور 20 % إلى مياه الصرف الداخلة.

الخطوة 1. صمم حجم المرشح باستعمال(plastic media) .

$$V=(5680 m^3/d \times 0.19 kg/m^3) / (1.5 kg/m^3.d) = 719\ m^3$$

حجم المرشح.

$$V = 719\ m^3 / 2 = 360\ m^3$$

الخطوة 2. حدد السطح الأفقي لكل فلتر.

حيث أن العمق الأصغري هو 3م فنأخذ عمق 4م منه يكون السطح الأفقي للمرشح.

$A = 360\ m^3 / 4\ m = 90\ m^2$ ➨ $D = 10.7\ m$

الخطوة 3. دقق التحميل الهيدروليكي لكل مرشح .

$$HLR = (5680\ m^3/d)(1 + 0.8)/90\ m^2$$

$$= 113.6\ m^3/(m^2.\ d)$$

الخطوة 4. أحسب حوض الترسيب المتوسط بحيث التحميل الهيدروليكي $HLR = 41 m^3/(m^2.d)$ باعتبار تدوير من حوض الترسيب 20 %.

$A = 5680 m^3/d \times 1.2/(41\ m^3/m^2 .\ d) = 166\ m^2$ ➨ $D = 14.6\ m$

الخطوة 5. صمم حوض الترسيب الثاني باعتبار التحميل الهيدروليكي $HLR = 31 m^3/(m^2.d)$

$A = 5680 m^3/d \times 1.2/(31\ m^3/m^2 .\ d) = 220\ m^2$ ➨ $D = 16.7\ m$

17-2. أحواض الترسيب لمياه صرف من محطات مياه الصرف ذات النمو المعلق. Basin Sizing for Suspended-Growth Biological Treatment

لكي نحقق تركيز نسبة الحمأة المعادة الصحيحة يجب أن ندرس تكثيف الحمأة إضافة لفصل المعلقات الذي يحدث في حوض الترسيب، وبما أن نسبة الحمأة المعادة RAS في طريقة الحمأة المنشطة أساسية في عملية المعالجة وكميتها أكبر من غيرها من طرق المعالجة فيجب دراسة إمكانية تعديل نسبة

التحميل وارتفاع الهدارات عند الحاجة لنتمكن من تقليل المشاكل الناتجة عن تغير تحميل الحمأة والاضطراب الهيدروليكي وفقر الحمأة وسوء ترسيب الندف ويعتمد التصميم في حوض الترسيب (الثانية) الثانوي كما في تصميم حوض الترسيب الأولي على تحميل المواد الصلبة والتحميل الهيدروليكي، الجدول (17-1-2) كما أن دليل حجم الحمأة (SVI) في معظم محطات معالجة مياه الصرف المنزلي يتراوح (100 - 250 mg/L) وتحميل المواد الصلبة ($m^2.h$) / Kg 6- 4 ويمكن أن يصل إلى ($m^2.h$) / Kg 10 في بعض الحالات.

معدل التحميل الهيدروليكي الأعظمي HLR (hydraulic loading rate) يعمل مع سرعة الترسيب (الاستقرار) الابتدائية initial settling velocity (ISV) وفق معادلة ويلسون(17-1-1).

$$HRT = Q/A = 24 \times ISV/CSF \qquad (17 - 1 - 1)$$

HRT = زمن المكوث الهيدروليكي h

Q = التدفق m^3/d.

A = مساحة المرسب.

24 = تحويل 24 h/d .

ISV = سرعة الاستقرار الابتدائية عند تركيز MLSS التصميمي m/h.

CSF = عامل أمان من 1.5 - 3 ويؤخذ 2.

- عمق الجوانب (4-5)م علماً أن الحوض الأعمق يحسن عملية ترسيب الحمأة وشكل الحوض يمكن أن يكون مستطيل أو دائري أو مربع.

تحميل الهدارات (m^3 / (d.m) 125 إذا كان التدفق أقل من m^3/d 3780 و (m^3/(d.m)190 في حالة تدفق أكبر. (من wef - [1]).

مثال.

حدد مساحة أحواض الترسيب الثانوية لمياه صرف خارجة من حوض تهوية بالحمأة المنشطة بحيث تدفق المحطة الداخل 22710 m^3/d والتدوير 25 % من التدفق وتدفق الذروة 53000m^3/d، وتركيز.MLSS = 3600 mg/L

- استعمل نسبة التحميل السطحي 4Kg $(m^2.h)$ و 10Kg/$(m^2.h)$ لتدفق الذروة والوسطي بالتتابع.

الحل.

الخطوة 1. احسب تحميل المواد الصلبة الأعظمي.

$$3600\ mg/L = 3600\ g/m^3 = 3.6\ kg/m^3$$

التحميل = 53000 m^3/d x 3.6 Kg/m^3 x 1.25 = 238500 Kg/d

الخطوة 2. احسب تحميل المواد الصلبة التصميمي الوسطي.

التحميل = 22710 m^3/d x 3.6 Kg/m^3 x 1.25 = 102150 Kg/d

الخطوة 3. احسب السطح اللازم لكل حوض من أحواض الترسيب الثلاثة.

a . في التدفق التصميمي.

A1 = (102150 Kg/d) / 4 Kg/ (m^2/h) x 24h/dx3 (أحواض) = 355m^2

b . في تدفق الذروة.

$$A2 = 238500/(10x\ 24\ x\ 3) = 331\ m^2$$

المساحة المطلوبة $355m^2$. منه القطر = 21.3m

نختار ارتفاع الحوض 4 م.

الخطوة 4. دقق نسبة التحميل الهيدروليكي.

$$HLR = (22710\ m^3/d)/(3 \times 355\ m^2) = 21.3 m^3/(m^2.d)$$

الخطوة 5. دقق نسبة التحميل الهيدروليكي HLR في تدفق الذروة.

$$HLR = (53000\ m^3/d)/(3 \times 355\ m^2) = 49.7\ m^3/(m^2.\ d)$$

من الجدول(17-1-2) نجد انه قريب من الرقم الموجود في الجدول $49\ m^3/(m^2.d)$

18

تطهير مياه الصرف المعالجة
EFFLUENT DISINFECTION

18-1. مقدمة

هي المرحلة الأخيرة من المعالجة الثنائية وهي معالجة يتم فيها إضافة مطهرات لقتل المتعضيات الممرضة والفيروسات والجراثيم بهدف حماية الصحة العامة ويتضمن التطهير الكيميائي عدة أنواع كالتطهير بالكلور والأوزون O_3 ويضاف إلى طرق التطهير السابقة التطهير بالأشعة فوق البنفسجية UV.

إن عملية التطهير بالكلور السائل وإزالة الكلور الزائد -chlorination dechlorination هي عمليات تستعمل بكثرة في تطهير المياه المعالجة في التجمعات الكبيرة ويؤخذ زمن تماس لمدة (15-45) دقيقة كما يؤخذ لمدة (15) دقيقة لتدفق الذروة ويطلب في أكثر الأحيان أن يكون عدد العصيات البرازية E. coliform في 100 ميلي ليتر دون 200. ويتم التطهير أيضاً بمركبات الكلور السائلة مثل هيبوكلوريد الصوديوم NAOCL أو الكالسيوم ، calcium hypochloriteأو ثاني اوكسيد الكلور (chlorine dioxide CLO_2).

18-2. جرعات الكلور Chlorine dosage

تتأثر عملية التطهير إذا كنا قد أضفنا الكمية المدروسة للتعقيم بوجود ثاني اوكسيد الكبريت وشوارد الحديد ferrous iron ، حيث تتم عملية إرجاع سريعة ولا يحدث التطهير المطلوب إلا بإضافة كميات زائدة من الكلور لعملية التطهير والتفاعل مع المركبات العضوية ومزيد منه يتفاعل مع المركبات النتروجينية nitrogenous مشكلة مركبات كلوامين chloramines ومركبات أخرى خطرة.

ويجب دراسة الكلور المتبقي residual chlorine في المياه المعالجة لما له من أثر على الأحياء بعد طرح المياه في الأنهر أو المستودعات المائية الجدول (18-2-1) يعطي الجرعات المناسبة من الكلور لتحقيق التطهير ولمنع وجود الكلور الزائد في مياه الصرف المنزلي معتمدا على التدفق الوسطي والجدول (18-2-2) يعطي كمية جرعة الكلور لتحقيق عدد معين من عصيات الكوليفورم بدلالة العدد الداخل ولمدة تماس 30 دقيقة. وتستعمل اسطوانات خاصة لنقل واستعمال غاز الكلور السائل ويجب إن تحفظ في مكان مغطى وتكون موضوعه بشكل شاقولي ويوجد عادة منها قياس صغير 68 كغ وقياس كبير 900 كغ كما إن إضافة الكلور يتم في بعض الأحيان في التدفق الداخل ويستعمل لتخفيض BOD ولمنع انتفاخ الحمأة.

مثال 1.

احسب الاحتياج الشهري من الكلور السائل لمرشح بيولوجي التدفق اليومي ($11360 m^3/d$).

الخطوة 1. أوجد الجرعة المناسبة. من الجدول (18-2-1) نختار 10 ملغ/ل.

الخطوة 2. احسب الاستهلاك اليومي والشهري.

الكلور السائل اللازم:

$$11360\ m^3/d \times 10\ mg/L = 113.6\ kg/d = 3408\ kg/month$$

الجدول (18-2-1)

كميات الكلور Chlorineالموصى بها لعدة أنواع من المياه المعالجة معتمدة على التدفق الوسطي التصميمي*

نوع المعالجة	الجرعة mg/L
مياه صرف مرسبة	20
مياه خارجة من برك التثبيت غير مرشحة	20
مياه خارجة من برك التثبيت مرشحة	10
مياه من المرشحات البيولوجية	10
مياه معالجة بطريقة الحمأة المنشطة	6
مياه معالجة بطريقة الحمأة المنشطة مع مواد كيمائية	4
مياه من أحواض النترجة	6
مياه مرشحة بعد معالجة ميكانيكية بيولوجية	6-4

*EPA - GLUMRBS (1996)

الجدول (18-2-2)

تعطى كمية جرعة الكلور لتحقيق عدد معين من عصيات الكوليفورم بدلالة العدد الداخل منها ولمدة تماس 30 دقيقة*

نوع المياه	عدد الكليفورم الابتدائية MPN/100ml	جرعة الكلورا/mg ستاندر MPN/mg/l للتدفق الخارج			
		1000	200	23	اصغر من 2.2
خام	10^7-10^9	40-15			
من الترسيب الأولي	10^7-10^9	30-10	40-20		
من المرشح البيولوجي	10^5-10^6	10-3	20-5	40-10	
من الحمأة المنشطة	10^5-10^6	10-2	15-5	30-10	
مرشحة بعد الحمأة المنشطة	10^4-10^6	8-4	15-5	20-6	30-8
بعد النترجة	10^4-10^6	12-4	16-6	18-8	20-8
مرشحة بعد النترجة	10^4-10^6	10-4	12-6	18-4	16-8
بعد الترشيح الميكروي	10^1-10^3	3-1	4-2	6-2	10-4
تناضح عكسيRO	0	0	0	0	2-0
بعد خزان التحلل	10^5-10^7	40-20	60-40		
بعد فلتر رملي متناوب Intermittent sand filter	10^2-10^4	5-1	8-2	10-5	18-8

* [1]

مثال 2.

حدد نسبة التغذية باللتر من محلول هيبوكلوريد الصوديوم (NaOCl) يحوي 10 % كلور علماً بأن الاحتياج اليومي من الكلور 480 كغ/يوم.

الخطوة 1. تركيز الكلور في المحلول.

$$\% 10 = 100000\ mg/L = 100\ g/L$$

الخطوة 2. احسب تدفق التغذية لمحلول هيبوكلوريد الصوديوم.

$$(480000\ g/d) / (100\ g/L \times 24) = 200\ L/h$$

مثال 3.

محطة معالجة تعطي تدفق وسطي $28400\ m^3/d$ كمية الكلور اللازمة (8 mg/L) تركيز الكلور في محلول هيبوكلوريد الصوديوم 10 %. الزمن اللازم لنقل الكلور من البائع للمحطة 2 يوم وزمن التخزين الاحتياطي 10 أيام. احسب سعة التخزين اللازمة لمحلول هيبوكلوريد الصوديوم بنسبة فقدان تركيز 0.03.

الحل.

الخطوة 1. كمية الكلور اليومية اللازمة.

$$= (28400\ m^3/d \times 8\ g/m^3)/\ 1000\ g/kg = 227.2\ kg/d$$

الخطوة 2. حجم محلول هيبوكلوريد الصوديوم اللازم.

$$10\%\ \text{محلول} = 100\ g/L = 100\ Kg/m^3$$

$$V_1 = (227.2\ Kg/d/100Kg/m^3) = 2.27\ m^3/d$$

الخطوة 3. احسب حجم خزان المحلول.

$$V_2 = (2.27\ m^3/d)(2\ d + 10\ d) = 27.24\ m^3$$

الخطوة 4. احسب تصحيح النقص في تركيز المحلول واحسب الحجم النهائي اللازم.

$$\text{نسبة التصحيح} = (\%\ 0.03/d) \times 12\ d = \%0.36$$

$$V_3 = (27.24\ m^3 \times \%10)\ /(\%\ 10 - \%0.36) = 28.3\ m^3$$

3-18. نزع الكلور Dechlorination

إن التطهير بالكلور يمكن أن يكون ضرره أكبر من نفعه نظراً للمواد السامة والضارة الناتجة عن الكلورة كما أن نزع الكلور المتبقي ضروري وخصوصاً عند طرح المياه المعالجة في المسطحات المائية لتسببه في قتل الأحياء المائية والأسماك (ويفضل أن يكون المتبقي أقل من 1 ملغ/ل) وتستعمل مركبات الكبريت والكربون المنشط والماء الأوكسجيني hydrogen peroxide والأمونيا في إزالة الكلور المتبقي والأكثر شيوعاً هو ثاني أكسيد الكبريت (SO_2)، والمعادلات التالية تبين إزالة الكلور الزائد بثاني أوكسيد الكبريت بإرجاعه إلى كلورايد وفق المعادلات التالية.

$$SO_2 + H_2O + Cl_2 \rightarrow H_2SO_3 + 2HCl \qquad (1\text{-}3\text{-}18)$$

$$SO_2 + H_2O + HOCl \rightarrow 3H^+ + Cl^+ + SO_4^{2-} \qquad (2\text{-}3\text{-}18)$$

$$SO_2 + 2H_2O + NH_2Cl \rightarrow NH_4^+ + 2H^+ + Cl^- + SO_4^{2-} \qquad (3\text{-}3\text{-}18)$$

وكمية ثاني أوكسيد الكبريت اللازمة (غاز) نظرياً تعطى وفق ما يلي، (لمعادلة 1 ميلي غرام كلور يلزمه 0.9 ميلي غرام من ثاني أوكسيد الكبريت) علماً أنه توجد مواد كيمائية أخرى تقوم بإزالة الكلور: .(sodium metabisulfite - sodium bisulfate).

18-4. طريقة التصميم التقليدية Traditional Process + Design

التطهير يتأثر بكمية الكلور وزمن التماس ودرجة الحرارة وPH ونوع مياه الصرف كتركيز TSS والنتروجين وتركيز المواد العضوية وبشكل مبسط يقترح الضوابط التالية:

نسبة العرض إلى الارتفاع 1= (D/W) أو أقل.

زمن المكوث (20-30) دقيقة أو 15 دقيقة من تدفق الذروة.

كمية الكلور(5) ملغ/ل. (يجب مراجعة الجدول (18-2-1)).

نسبة الطول إلى العرض L/W ,(70 - 40).

كمية الكلور بعد تماس (20-30) دقيقة حوالي 0.5 ميلي غرام /ليتر
[1] وتقبل بعض المراجع أقل من 1 ملي غرام /ليتر. الشكل(18-3-1) التطهير هيبوكلوريد الصوديوم مع إزالة الكلور الزائد والشكل(18-3-2) التطهير بغاز الكلور المضغوط بالحقن مع إزالة الكلور الزائد.

مثال.

أحسب حجم حوض تماس الكلور بحيث كمية التدفق ($0.131\ m^3/s$) وتدفق الذروة ($0.329\ m^3/s$) .

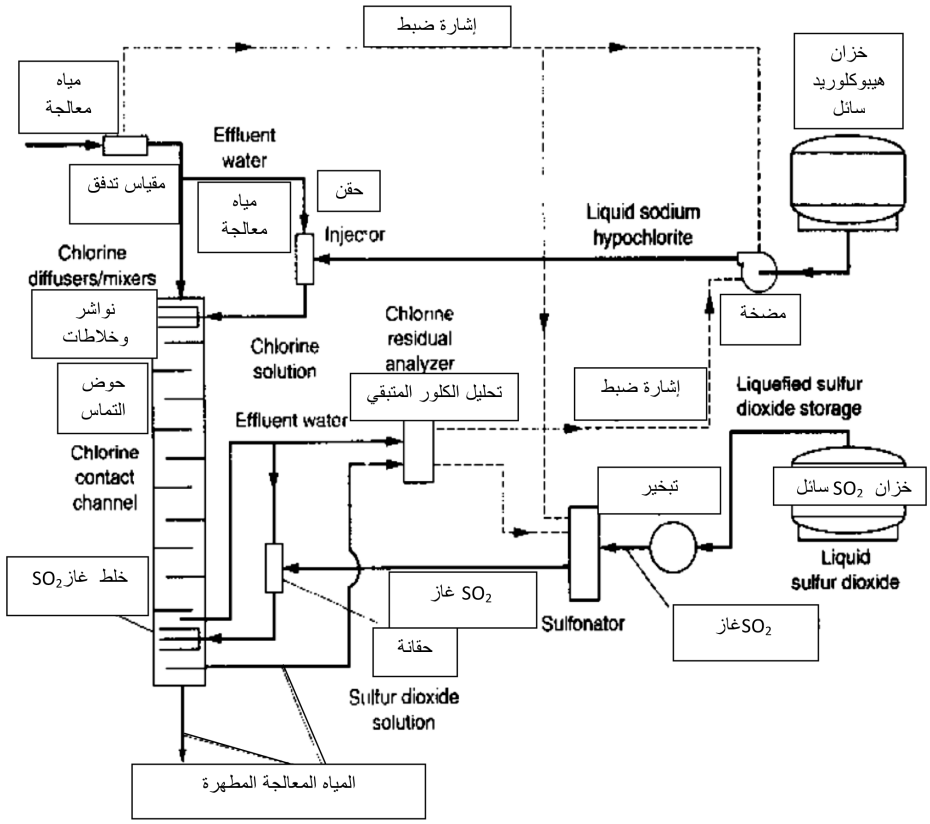
الخطوة 1. حدد حجم حوض التماس وافرض زمن التماس 20 دقيقة في حالة تدفق الذروة و30 دقيقة في حالة التدفق الوسطي.

$$V_1 = 0.329\ m^3/s \times 60\ s/min \times 20\ min = 395\ m^3$$

$$V_2 = 0.131\ m^3/s \times 60\ s/min \times 30\ min = 236\ m^3$$

إذا يعتمد حجم تدفق الذروة.

الشكل(18-3-1)
التطهير بهيبوكلوريد الصوديوم مع إزالة الكلور الزائد



الخطوة 2. حدد شكل وأبعاد حوض التماس اختر العمق 1.8 م والعرض 2.2 م و0.6 م أرتفاع حر واختر 3 ممرات.

$$D/W = 1.8m/2.2m = 0.82 \ (OK < 1.0)$$

$$\text{المقطع العرضي} = 1.8m \times 2.2m = 3.96\ m^2$$

$$L = 395\ m^3 / 3.96\ m^2 = 99.7m$$

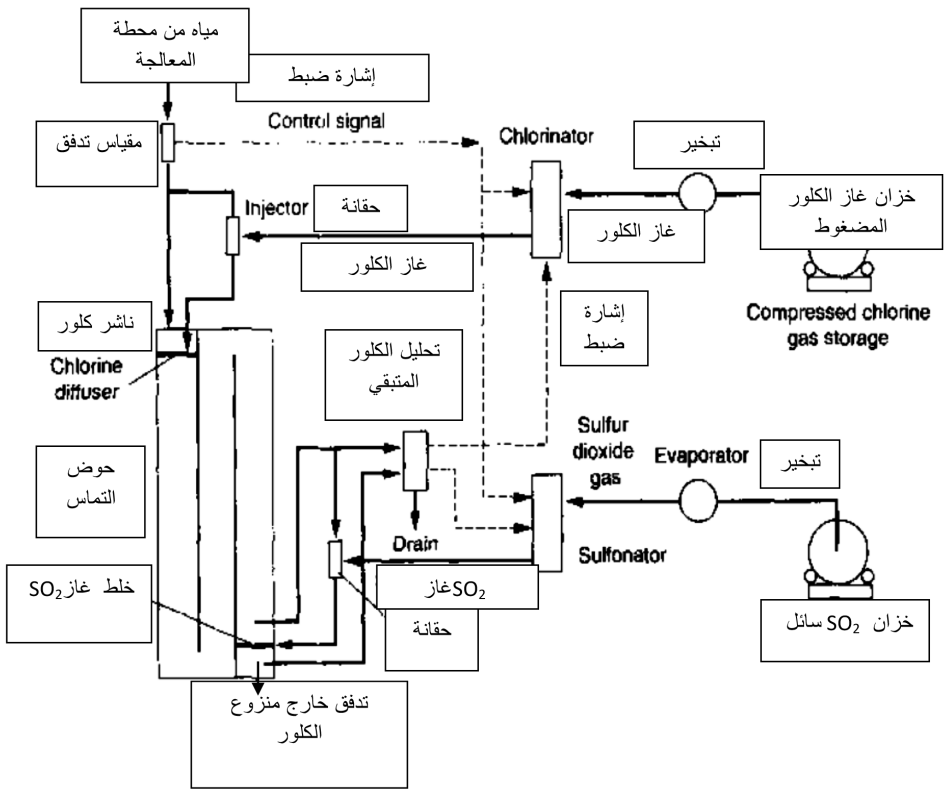
$$\text{طول كل ممر} = 100m/3 = 33.3m$$

$$L/W \text{ دقق النسبة} = 100m / 2.2m = 45.5\ OK\ (40 - 70)$$

الخطوة 3. دقق زمن التماس في تدفق الذروة T.

$T = 396\ m^3 / (0.329\ m^3 / s \times 60\ s / min) = 20.1 min$

الشكل(18-3-2)
التطهير بغاز الكلور المضغوط بالحقن مع إزالة الكلور الزائد



18-5. طريقة كولين- سيلك Collins-Selleck model

وضع (كولين وسايلك) معادلة بحيث تقيس فعالية التطهير بمدى نقض عصيات الكوليفورم مع الزمن في المياه المعالجة المعادلة (18-5-1).

$$\frac{N}{No} = \left(\frac{Ct}{b}\right)^{-n} \qquad (1\text{-}5\text{-}18)$$

N_0= كثافة العصيات مع الزمن (في بداية التماس اللحظة t_0) (MPN / 100 mL).

N= كثافة العصيات مع الزمن (في اللحظة) (MPN / 100 mL).

t = زمن التماس دقيقة.

C = تركيز الكلور المتبقي وعموماً يقبل 1 ملغ/ل.

b = ثابت عندما يكون 1=$\frac{N}{No}$ ونجدها تجريبياً، ويمكن أن تكون (4 -2 = b).

n = ثابت(1.5 -) في المزج الكامل ، (3 -)في التدفق الكتلي (الجبهي).

فيمكن بهذه المعادلة الحصول على نسبة العصيات المتبقية$\frac{N}{No}$ في اللحظة t

- تطبق المعادلة على كافة أنواع البكتريا.

مثال.

في تجربة على نموذج (pilot) وجد أن عدد العصيات البرازية (FC = 14000 FC/100mL) أحسب كثافة العصيات البرازية الناجية في الزمن 10,30 دقيقة بفرض b = 2.87 وبفرض n = - 3.38 ، وبفرض الكلور المتبقي للحالتين هو (1mg/L) واحسب كم عصية متبقية في الزمن 30 دقيقة.

الحل. نسبة العصيات الناجية.

$$\frac{N}{No} = \left(\frac{Ct}{b}\right)^{-n}$$

نسبة العصيات الناجية بعد 10دقيقة.

$$\frac{N}{No} = \left(\frac{1\times10}{2.87}\right)^{-3.38} = 0.147$$

نسبة العصيات الناجية بعد 30 دقيقة.

$$\frac{N}{No} = \left(\frac{1\times30}{2.87}\right)^{-3.38} = 0.000359$$

عدد العصيات الناجية بعد 30 دقيقة.

$$N = 0.000359 \times 14000 = 5 \text{ FC /100 mL}$$

6-18. التطهير بالأوزون Ozone disinfection

هو مركب غير مستقر كيمائياً ويتحول بسرعة إلى أوكسجين ويولد من الهواء عندما نطبق فولت عالي عبر فراغ صغير بين الكترودات، ويحوي نسبة من الأوزون 0.5-3 % وزناً وعندما يولّد من الأوكسجين الصافي تكون نسبة الأوزون 1-6 % . ويكون سلوك الأوزون وفق المعادلات التالية:

$$O_3 + H_2O \rightarrow HO^-_3 + OH^-$$

$$HO^-_3 + OH^- \rightarrow 2H_2O$$

$$O_3 + HO_2 \rightarrow HO + 2O_2$$

$$HO + HO_2 \rightarrow H_2O + O_2$$

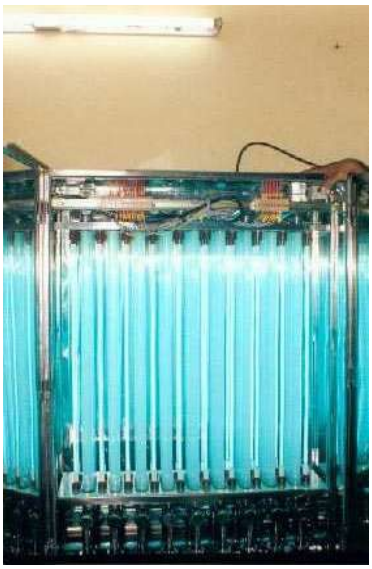
HO_2 ، HO لها قدره كبيرة على الأكسدة ويستعمل لتطهير مياه الصرف والشرب حيث يسبب في تفسخ جدار خلايا البكتريا وهو أكثر فعالية من الكلور ولا يعطي أملاح منحلة ولا يتأثر بشوارد الأمونيا أو PH ،والأوزون مفيد للبيئة ولكن الأوزون المتبقي يمكن أن يؤثر على الحياة المائية. الشكل(18-4-1)أجهزة لتوليد الأوزون من إحدى الشركات العالمية. المواصفات الفنية تعطى عادةً من قبل الشركات المصنعة لتحديد كميات الأوزون والتدفقات وطريقة التركيب.

الشكل (18-6-1)
أجهزة توليد الأوزون

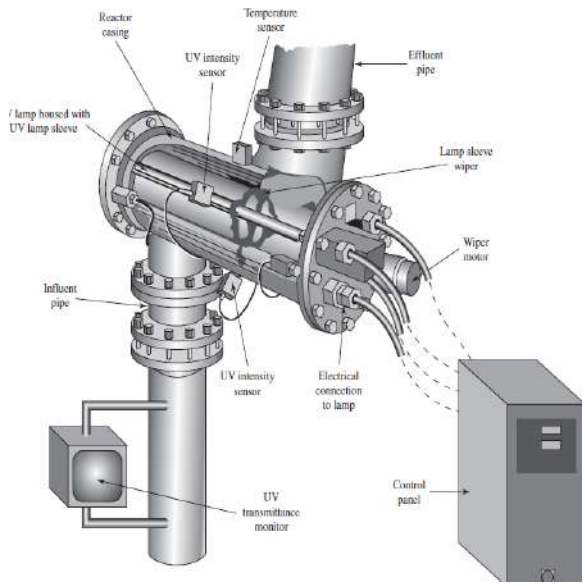
18-7. التطهير بالأشعة فوق البنفسجية UV Disinfection

وحدات الأشعة فوق البنفسجية لمعالجة المياه تتكون من مصباح بخار الزئبق ذو الضغط المنخفض التي تنتج الأشعة فوق البنفسجية بطول (270-250) نانومتر وطول المصباح من (0.75-1)م وقطر المصباح (15-20) ملم الشكل (18-7-1)a,b صورة عامة للمصباح ولمعدات التوليد، وتقوم الموجات التي تكون بطول 250 نانومتر(الطول المثالي للتطهير) بتطهير الماء ويمكن أن يوضع المصباح في قناة الماء أو ضمن الانبوب أو يمكن أن يكون معلقاً خارج الماء ويكون عادةً من مادة الكوارتز، ومن المفضل أن يكون بعيدا عن المعدات الكهربائية الشكل (18-7-1)c,d صورة لأجهزة توليد الأشعة فوق البنفسجية في انبوب وفي القناة.

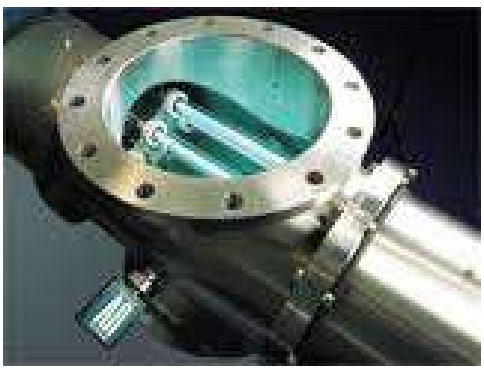
الشكل (18-7-1)
نماذج أجهزة توليد الأشعة فوق البنفسجيةUV



(a)



(b)



(c)

(d)

18-7-1. تأثير الأشعة فوق البنفسجية .Effectiveness of UV

تنفذ موجات الأشعة فوق البنفسجية بطول 254 نانومتر ضمن جدران خلايا الكائنات الدقيقة وتُمتص من قبل مواد الخلية وخصوصا DNA وRNA

مسببة لها الموت، ومن الشروط اللازمة لوصول الأشعة إلى البكتريا هو خلو الماء من العكارة التي يمكن أن تمتص طاقة الأشعة فمياه الصرف المعالجة التي تحوي نسبة مواد صلبة عالية تكون فعالية التطهير فيها ضعيفة. وبالنسبة للتأثير على البيئة فلا يوجد تأثير سلبي أو إيجابي. المواصفات الفنية تعطى عادةً من قبل الشركات المصنعة.

19

المعالجة المتقدمة لمياه المجاري
ADVANCED WASTEWATER TREATMENT

الترشيح
FILTRATION

19-1. مقدمة

المعالجة المتقدمة لمياه المجاري وتدعى اختصاراً (AWT) وهي تشير إلى المعالجة الإضافية لمياه المجاري بعد المعالجة الثنائية وذلك باستعمال تقنيات خاصة لتقليل المواد العالقة TSSوالأملاح وتدعى المعالجة الثلاثية. ففي المعالجة الثنائية يتم تخفيض 85-95 % منBOD وTSS وقليلاً من النتروجين والفوسفور والمعادن الثقيلة، والAWT) الشائعة هي التي تعمل على إزالة المواد العالقة وضبط النتروجين وإزالة الفوسفور لمنع حدوث الإثراء الغذائي (الانفجار الطحلبي) .

19-2. إزالة المواد العالقة TSS والغرويات العضوية والغير عضوية

Suspended Solids organic and inorganic colloidal Removal

تتضمن تقنية تقليل المواد العالقة والمعالجة بالتخثير الكيمائي ويتبعه ترسيب أو تطويف ومن ثم ترشيح فيزيائي بالمرشحات الرملية granular filter أو الترشيح الميكروي microscreens، أو الترشيح الفائق (الترا فلتر) ultrafiltration. ويمكن أن يباشر بالترشيح بعد الترسيب النهائي بدون إضافات كيمائية.

وتصنف المرشحات على ثلاثة أنواع :

1. المرشحات ذات العمق.Depth filtration

ومنها : الرملية البطيئة Slow sand، المسامية السريعة Rapid porous، المسامية المتوسطة.

2. المرشحات السطحية .Surface filtration

ومنها: المرشحات القماشية الدوارة Cloth filtration، الأرضية Earth.

3. مرشحات الأغشيةMembrane filtration .

ومنها: المرشح الميكروي (الميكرو) ، (micro filtration) المرشح الفائق (الترا فلتر) ultra Filtration، مرشح النانو nano Filtration ، التناضح العكسي Reverse osmosis.

19-2-1. المرشحات ذات العمق Depth filtration

يتألف المرشح من طبقة متدرجة من الرمل وتستند إلى طبقة من الحصى وفي أسفلها يوجد أنابيب مثقبة أو رأس مثقب (فوهات خاصة، او تدعى فالات) لسحب المياه وعند انسداد الفراغات بين الحبيبات تتوقف عملية الترشيح ويتم إجراء غسيل عكسي بالماء (أو بالماء مع الهواء المضغوط) عكس اتجاه الترشيح (ويمكن أن تكون الطبقات مواد صناعية). وتصنف المرشحات الحبيبية إلى عدة أنواع وفيما يلي شرح موجز لأنواع المرشحات وفق الشكل (19-2-1-1) a،b،c،d،e،f،g،h،i:

a. المرشح الرملي التقليدي المتوسط الأحادي النوع (conventional mono - medium) وهو يتألف من طبقة من الرمل أو فحم الانتراسيت والتدفق باتجاه الأسفل. العمق 76 سم.

b. المرشح الرملي التقليدي المؤلف من طبقتين conventional dual-

medium) طبقة من الرمل وطبقة من فحم الانتراسيت والتدفق باتجاه الأسفل ،العمق 91.5 سم.

c. المرشح التقليدي المتوسط الأحادي النوع، العميق وهو يتألف من طبقة من فحم الانتراسيت التدفق باتجاه الأسفل عمق المفترش (122 - 244)سم.

d. المرشح الرملي العميق (غسيل عكسي مستمر) والتدفق باتجاه الأعلى وعمق المفترش الرملي (91.5-122)سم، الشكل (19-2-1-2) مع صورة توضح عمل المرشح الرملي العميق.

e. المرشح الرملي النابضي الأحادي النوع وهو يتألف من طبقة من الرمل (25-30)سم التدفق باتجاه الأسفل.

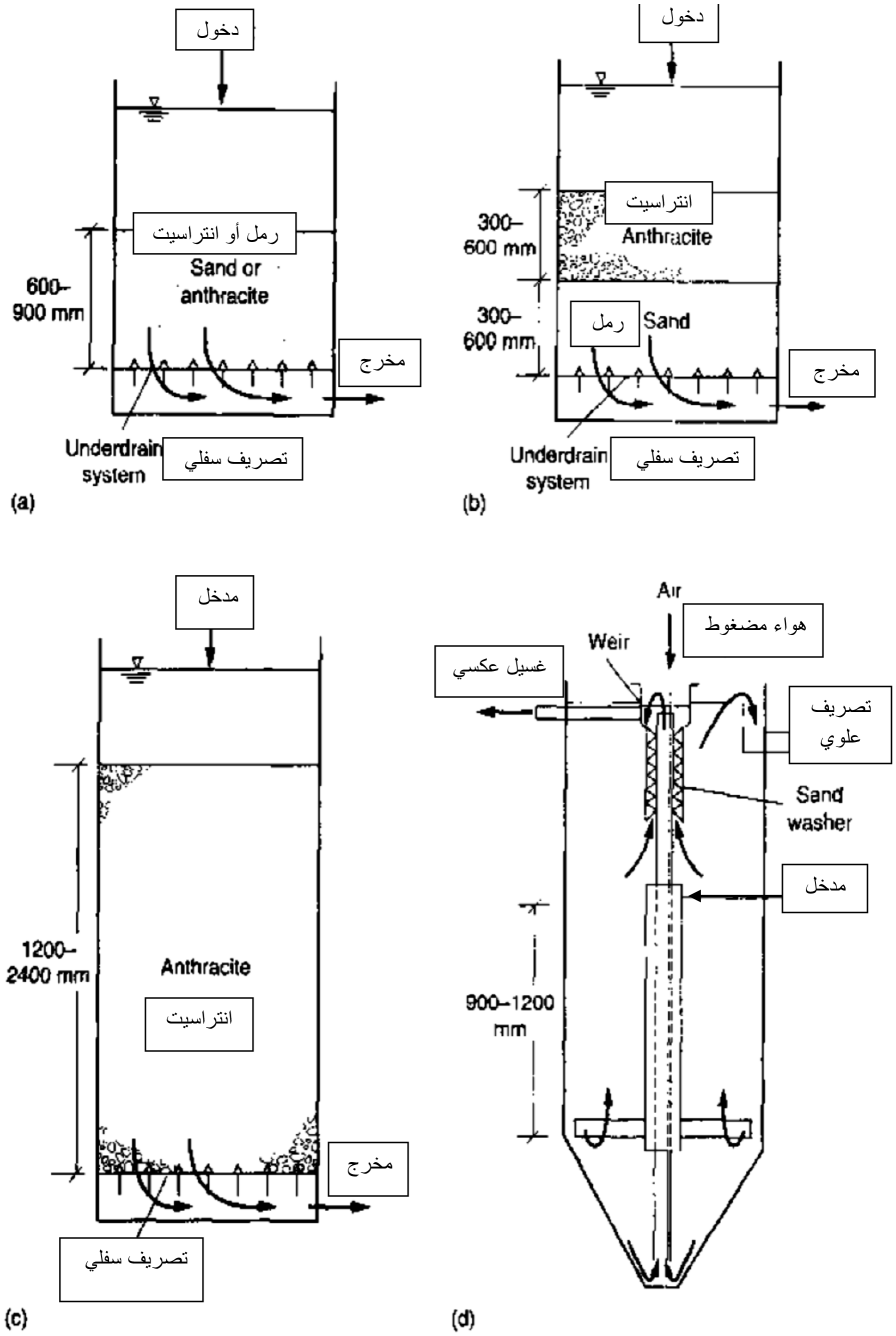
f. المرشح الرملي مع جسر متحرك وغسيل عكسي مستمر والتدفق من الأعلى للأسفل وعمق المفترش الرملي 27.5 سم انظر الشكل (19-2-1-3).

g. المرشح من مواد صناعية التدفق من الأسفل إلى الأعلى.

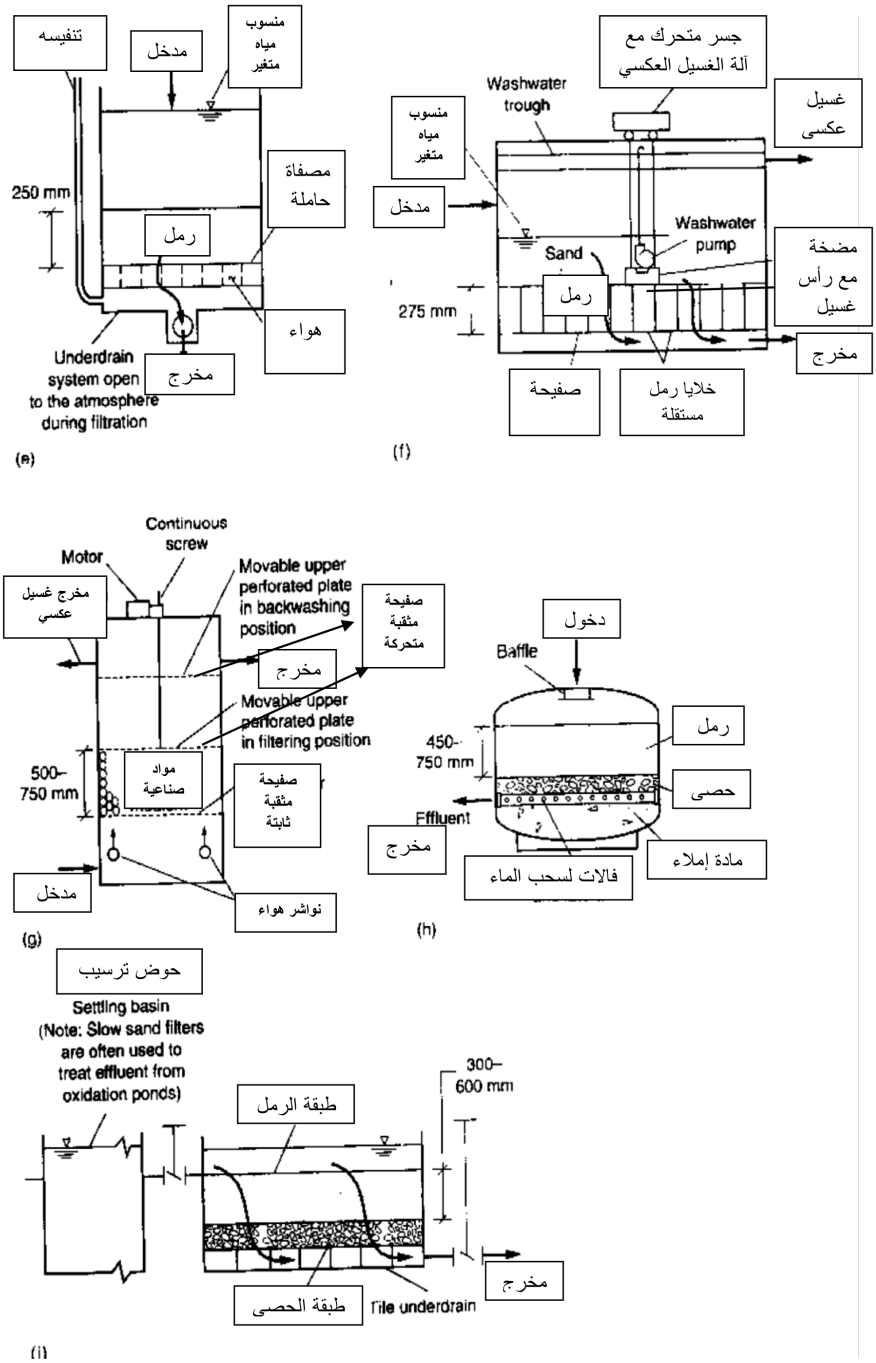
h. مرشح تحت الضغط مؤلف من الرمل والحصى والتدفق من الأعلى للأسفل سماكة الرمل (45-75)سم. ونظرياً يُعتمد التدفق (3 Gpm/sq. Ft) وهي حوالي (7.33 m^3/h). وللمرشحات الثنائية أو المتعددة الوسائط (ذو الطبقات) يكون التدفق (6 Gpm / sq. Ft -8) في درجة الحرارة 20 مئوية. ومن EPA [WATER TREATMENT MANUALS FILTRATION] ومن اجل مرشح مضغوط يُعتمد سرعة الترشيح (5 m.h - 7.5).

i. مرشح بطئ يستعمل بعد برك الأكسدة والعمق من (30-60)سم.

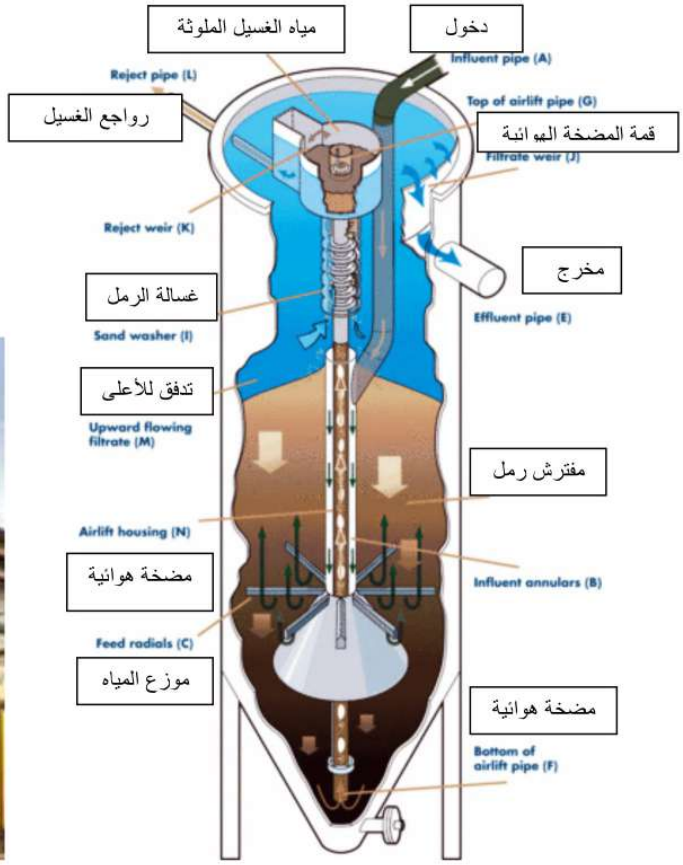
الشكل (19-2-1-1)
أنواع المرشحات الحبيبية (رمل- حصى - انتراسيت)



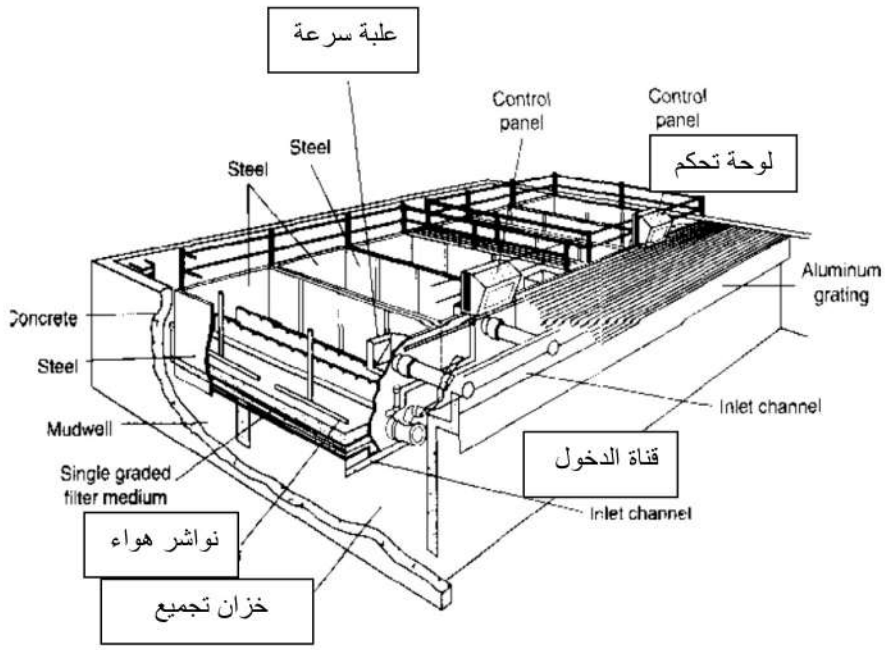
تابع الشكل (19-2-1-1)
أنواع المرشحات الحبيبية (رمل- حصى - حبيبات صناعية)



الشكل (19-2-1-2)
شكل لمرشح عميق تدفق مستمر ذو غسيل عكسي مع صورة



الشكل(19-2-1-3)
مرشح رملي مع جسر متحرك



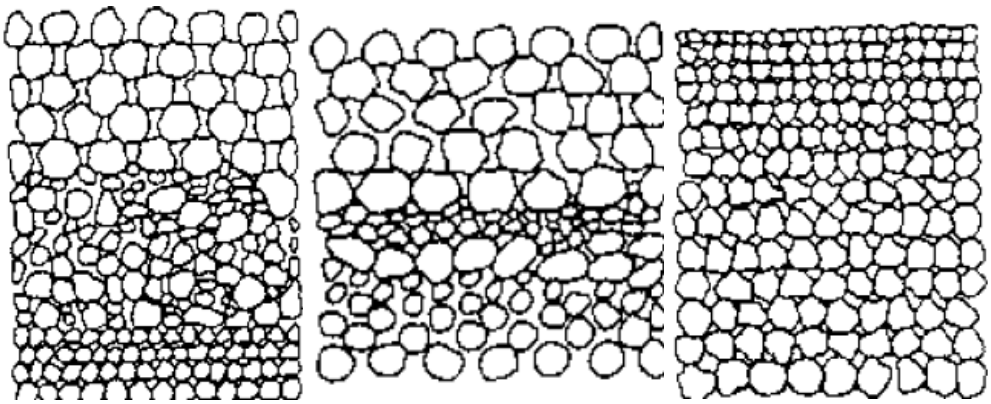
الجدول (19-2-1-1) يبين ضوابط التصميم للمرشح التقليدي المتوسط الأحادي النوع (conventional mono- medium).

الجدول (19-2-1-1)
ضوابط التصميم للمرشح الأحادي[1]

مواصفات الفلتر	الواحدة	المجال	المعتمد
المفترش الرقيق (shallow)			
• فحم الانتراسيت			
▪ العمق	mm	500-300	400
▪ الحجم الفعال	mm	1.5-0.8	1.3
▪ معامل التجانس	-	1.8-1.3	اقل من 1.5
▪ معدل الترشيح	$L/m^2.min$	240-80	120
• الرمل			
▪ العمق	mm	360-300	330
▪ الحجم الفعال	mm	0.65-0.45	0.45
▪ معامل التجانس	-	1.6-1.2	اكبر من 1.5
▪ معدل الترشيح	$L/m^2.min$	240-80	120
المفترش التقليدي (conventional)			
• فحم الانتراسيت			
▪ العمق	mm	900-600	750
▪ الحجم الفعال	mm	2-0.8	1.3
▪ معامل التجانس	-	1.8-1.3	اكبر من 1.5
▪ معدل الترشيح	$L/m^2.min$	400-80	160
• الرمل			
▪ العمق	mm	700-500	600
▪ الحجم الفعال	mm	0.8 -0.4	0.65
▪ معامل التجانس	-	1.6-1.2	اكبر من 1.5
▪ نسبة الترشيح	$L/m^2.min$	240-80	120
المفترش العميق (deep bed)			
• فحم الانتراسيت			
▪ العمق	mm	2100-900	1500
▪ الحجم الفعال	mm	4-2	2.7
▪ معامل التجانس	-	1.8-1.3	اكبر من 1.5
▪ معدل الترشيح	$L/m^2.min$	400-80	200
• الرمل			
▪ العمق	mm	1800-900	1200
▪ الحجم الفعال	mm	3-2	2.5
▪ معامل التجانس	-	1.6-1.2	اكبر من 1.5
▪ معدل الترشيح	$L/m^2.min$	400 -80	200

الشكل (19-2-1-4) يمثل مقاطع مفترشات أحادية أو ثنائية أو متعددة.

الشكل (19-2-1-4)
مقاطع في مفترشات المرشحات



مقطع في مفترش أحادي مقطع في مفترش مزدوج مقطع في مفترش ثلاثي

19-2-1-1. طريقة تصميم المرشحات العميقة

من أهم عناصر التصميم هو معدل الترشيح - المسامية - أقطار الحبيبات - كثافة الذرات kg/m^3 - عامل الشكل - رقم رينولدس - ضياع الحمولة.

ومن أهم عناصر التصميم ضياع الحمولة بالاحتكاك (h_f) عبر طبقة الترشيح ويزداد بازدياد انسداد الفراغات إلى حد يتم إيقاف عملية الترشيح وإجراء عملية الغسيل بالماء مصحوباً بالهواء ويوجد عدة معادلات تعطى ضياع الحمولة عبر الوسط المرشح مثل معادلات فير - هاتج، روز، وعلاقة كوزيني (kozeny)عام 1927 [2] التي سنستعملها لحساب ضياع الحمولة.

$$h_f = (f/\varnothing)\,(1-\alpha/\alpha^3)\,(L/d)\,(v^2/g) \qquad (19-2-1-1-1)$$

- h_f ضياع الحمولة عبر طبقة الترشيح م.

f - عامل الاحتكاك ويساوي:

$$f = 150 \left(1-\alpha/R_e \right) +1.75 \qquad (2\text{-}1\text{-}1\text{-}2\text{-}19)$$

$$R_e = v_s / \gamma \qquad (3\text{-}1\text{-}1\text{-}2\text{-}19)$$

v_s - سرعة الجريان عبر الوسط المرشح وتساوي معدل الترشيح $(m^3/m^2.s) = m/s$

d - قطر الجسيمة من الوسط المرشح (m) .

γ - اللزوجة الكنماتيكية للماء في الوسط المرشح (10^{-6} m^2/s).

$\emptyset$ - عامل شكل ويساوي (1: كروي- 0.82: لجسيمة الرمل مدورة السطح - 0.75 : للرمل العادي- 0.73 لجسيمة رملية غير منتظمة).

α - المسامية.

L - طول عمق الطبقة الراشحة (m).

g - تسارع الجاذبية الأرضية (m/s^2).

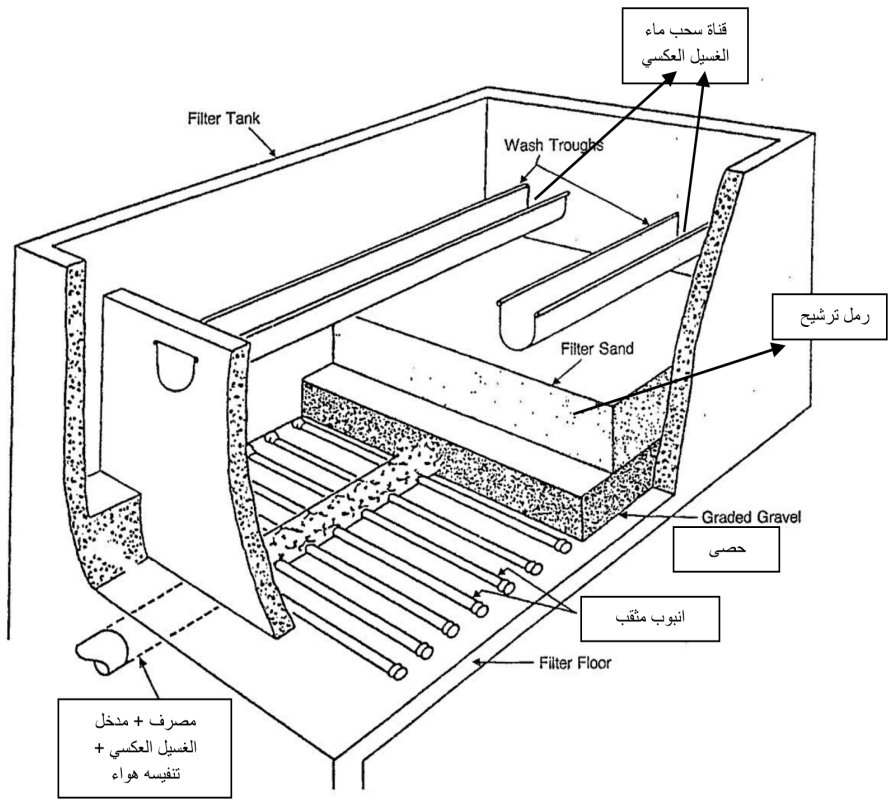
نظراً لتعقد ظاهرة الترشيح عبر الطبقات القابلة للنفوذ يستعان بالخبرة العملية والجداول التصميمية، الجدول (19-2-1-1-1) يعطي بعض معايير التصميم للمرشحات الرملية السريعة متعددة الطبقات.

الجدول (19-2-1-1-1)
ضوابط التصميم للمرشح الرملي السريع المتعدد الطبقات[28]

المعيار التصميمي	الواحدة	القيمة
- معدل الترشيح	$m^3/m^2.h$	5 - 15
- مساحة خلية الترشيح	m^2	40- 400
- عمق الوسط المرشح	m	(0.7)mمن الرمل وأسفله (0.45)mمن الحصى الناعم
- أقطار وتدرج حبيبات الرمل	mm	(0.45)mm أو اكبر بحيث توضع الذرات الأنعم والأخف في الأعلى من الرمل وأسفله
- شبكة تجميع المياه الراشحة	-	أنابيب مثبته أو كتلة مسامية
- ضياع الحمولة عبر الوسط المرشح	m	(0.3)mفي البداية ويسمح حتى (2.5)m قبل الغسيل
- فترات التشغيل بين غسيلين متتاليين	hr.	24-42
- الغسيل والتنظيف	-	بالماء المرشح أو بالماء المرشح مع الهواء
- غزارة ماء الغسيل	$m^3/m^2.h$	30-50
- كمية ماء الغسيل	-	2 - 3 % من كمية الماء المرشح
- زمن الغسيل الوسطي	min	3 - 10
- انتفاخ الوسط المرشح أثناء الغسيل	-	30% من الحجم الأصلي
- نسبة مساحة ثقوب مياه الصرف السفلي إلى المساحة الكلية		0.001-0.005
- نسبة مساحة الأنابيب الفرعية إلى مساحة الثقوب الإجمالية	cm	2-4
- قطر ثقوب أنابيب التصريف السفلي	cm	0.5-1
- المسافة بين الثقوب	cm	10-25
- المعالجة التمهيدية للمياه قبل الترشيح	-	تخثير أو ترسيب
- المعالجة التالية بعد الترشيح	-	تعقيم

والشكل (19-2-1-1-1) احد النماذج لمرشح رملي سريع من طبقتي رمل وحصى.

الشكل (19-2-1-1-1)
احد النماذج لمرشح رملي سريع



الجدول التالي (19-2-1-1-2) يعطي ضوابط التصميم لمرشح ذو طبقتين.

الجدول (19-2-1-1-2)
ضوابط التصميم لمرشح ذو طبقتين*

التوصيف	القيمة		
	الواحدة	المجال	النموذجي
طبقتان من الانتراسيت (ρ = 1.6)			
العمق	mm	900-360	720
الحجم الفعال	mm	2-0.8	1.3
معامل الانتظام	لا يوجد	1.6-1.3	اقل من 1.5
طبقتان من الرمل (ρ = 2.65)			
العمق	mm	3.6-1.8	360
الحجم الفعال	mm	0.8-0.4	0.65
معامل الانتظام	لا يوجد	1.6-1.2	اقل من 1.5
نسبة الرشح	$L/m^2.min$	800-400	200

*[1]

مثال.

احسب ضياع الحمولة عبر وسط مرشح سماكته (L = 1m) يتألف من رمل قطر الذرات الوسطي

d=(0.001m) وسرعة الجريان عبر المرشح **(V_s) = 5m/h**

$\varnothing$ = 0.82 α = 0.4 $\gamma = 10^{-6}\ m^2/s$

بتطبيق علاقة كوزيني (19-2-1-2-1) والعلاقة (19-2-1-2-2)

$$(V^2/g) - h_f = (f/\varnothing)(1 - \alpha/\alpha)(L/d)$$

$$f = 150\,(1-\alpha/R_e) + 1.75$$

نحسب R_e من (19-2-1-2-3) $R_e = v_s / \gamma$

$$5\ (0.001) / 3600\ (10^{-6}) = 1.4$$

$$f = 150\ (1 - 0.4 / 1.4) + 1.75 = 66.04$$

$$h_f = (\ 66.04 / 0.821\ )(1 - 0.4/0.4^3)\ (1\ /0.001)\ (\ (5 / 3600)^2 / g)$$

$$h_f = 0.15m$$

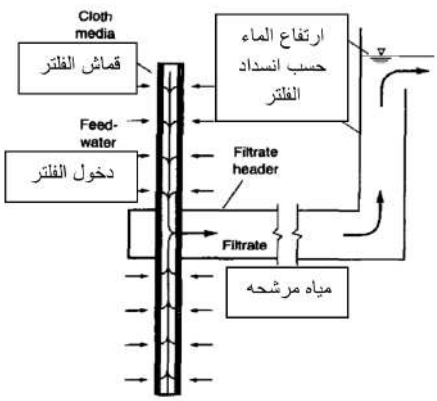
19 - 2 - 2. المرشحات السطحية Surface filtration

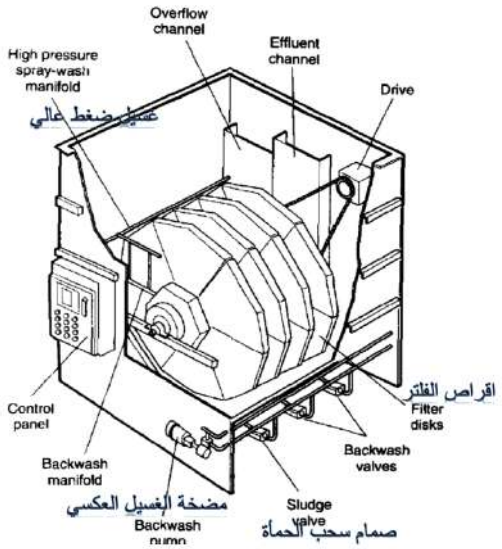
المرشحات القماشية Cloth filtration وتدعي مرشحات الأقراص الدوارة Disc filter وتستعمل في ترشيح مياه الصرف بعد المعالجة الثنائية (الثانوية). وهو قماش صناعي من البوليستر أو مواد أخرى كالكروم وغيره، ويركب على حلقة من الطرفين ويكون بينهما فارغاً (كالطبل) أبعاد الفتحات في القماش من (10-20) ميكرون أو أكثر (في نظام الأغشية من 1-0.0001 ميكرون) وتدخل الماء بالراحة بين القماشين ويتم سحب الماء المرشح من الحلقة بالراحة خارج الفلتر ويمكن أن يكون غاطس كاملاً أو جزئي الشكل (19-2-2-1) فلتر قماشي دوار نوع غاطس. وعدد الحلقات يعتمد على كمية التدفق وتؤخذ المواصفات من الشركات المصنعة.

ويتم تنظيف الفلتر بشكل مستمر من خلال عملية غسيل خارجي بالضغط وغسيل عكسي من الداخل (أو خارجي بالفاكيوم) عند ارتفاع ضياع الحمولة. الجدول (19-2-2-1) ضوابط التصميم لمرشح قماشي.

ملاحظة: تقدم الشركات نماذج كثيرة من المرشحات القماشية الدوارة ويمكن أن تكون فتحات المرشح اكبر والغاطس مختلف مما يعدل التحميل وسرعة الدوران المذكورة في الجدول (19-2-2-1).

الشكل(19-2-2-1)
مرشح سطحي قماشي دوار نوع غاطس كليا





الجدول (19-2-2-1)
ضوابط تصميم المرشح القماشي*

البند	الواحدة	القيمة النموذجية	ملاحظات
- قطر فتحات مادة الفلتر	ميكرون µm	35-20	- ستين ليس ستيل أو قماش بوليستر.متوفر حتى 60 ميكرون
- التحميل الهيدروليكي	$m^3/m^2.min$	0.25 - 0.83	- يعتمد على نوع المعلقات
- ضياع الحمولة في القماش	mm	150 - 75	- يعتمد على القسم الغاطس
- قطر الطبل	m	1.5 - 0.75	- القطر المثالي 3 م فكلما كبر القطر كان أفضل لأن القطر الصغير يحتاج إلى غسيل عكسي متكرر.
- سرعة الدوران	m/min	4.5 عند ضياع الحمولة 50 ملم 10-30 عند ضياع الحمولة 150 ملم	
- الغسيل العكسي اللازم	$m^3/m^2.min$	الإنتاجية%-2 عند ضغط kps350 الإنتاجية%-5 عند ضغط kps100	

*[1]

19-2-3. طرق الترشيح بواسطة الأغشية Membrane filtration processes

في الترشيح بواسطة الأغشية يكون مجال إبعاد الأجسام التي يتم حجزها على المرشح بالأغشية من (1-0.0001) ميكرون وطريقة العمل تتم بأن يوضع غشاء نصف نفوذ تمر منه بعض الأجسام تحت ضغط معين أما الأجزاء الأخرى فيتم حجزها أمام الغشاء، ويدعى السائل الذي عبر الغشاء (permeate) والسائل الذي بقي أمام الغشاء ويحوي الأجسام المحجوزة فيدعى (concentrate) أو الرواجع (reject) ويعبر عنه ($kg/m^2.d$) أو($gal/m^2/d$).

19-2-3-1. تصنيف طرق الترشيح بواسطة الأغشية
Membrane processes classification

تتضمن عملية الترشيح عدة طراق وسنورد بعضاً منها مع بعض الأرقام حول مجالات عملها وفق الجدول (19-2-3-1-1) التالي:

الجدول (19-2-3-1-1)
طرق الترشيح بالأغشية*

اسم طريقة الترشيح	التشغيل ميكرون	الأجسام التي يقوم الغشاء بإزالتها
المرشح الميكروي (MF)(micro filtration)	(2-0.08)	يزيل المعلقات والعكارة والبكتريا
المرشح الفائق (الترا) (UF) ultra filtration	(0.2-0.005)	يزيل الغرويات والبكتريا وبعض الفيروسات والبروتين
مرشح النانو nano filtration (NF)	(0.01-0.001)	ويزيل الغرويات والفيروسات
التناضح العكسي reverse osmosis (RO)	(0.0001-0.001)	ويزيل الغرويات واللون والقساوة والسلفات والنترات والصوديوم والشوارد الأخرى
الديلزة dialysis		تزيل الغرويات والبكتريا والفيروس والبروتين
الديلزة الكهربائية electrodialysis (ED)		تزيل شوارد الأملاح

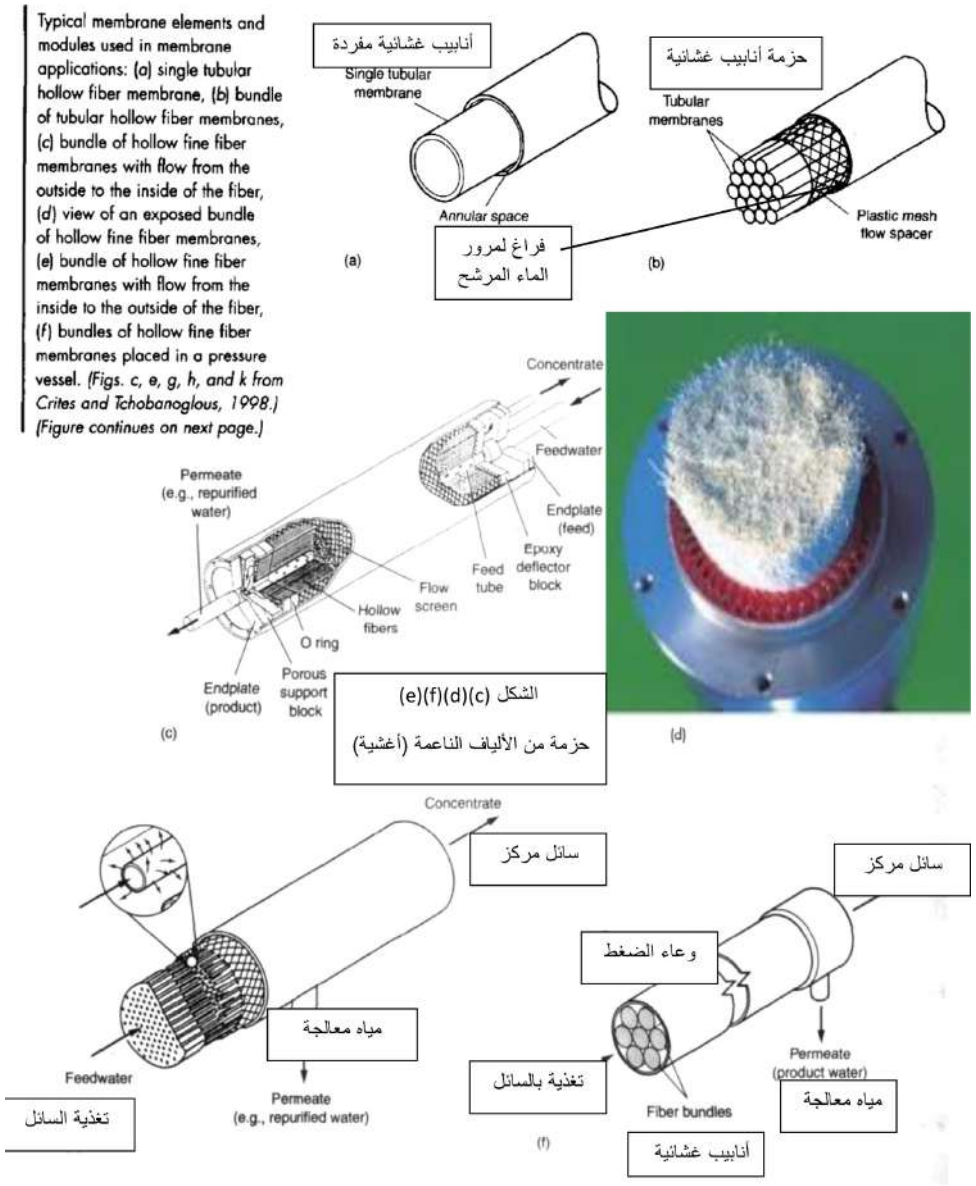
* [1]

الشكل (19-2-3-1-1)a،b،c،d يوضح طريقة عمل المرشحات الغشائية من خلال نفوذ الماء عبر جدران الأنابيب (الألياف المفرغة) ومتابعة خروج المياه المركزة من الطرف الأخر من الألياف الشكل (19-2-3-1-2) يوضح عمل الأغشية في الترشيح بالتناضح العكسي (RO).

الشكل (19-2-3-1-3) جدول عالمي متداول لأبعاد فتحات الأغشية وعملها والمواد التي تزيلها.

الشكل (a،b،c،d،e،f(1-1-3-2-19
توضح طريقة عمل المرشحات الغشائية عبر جدران الأنابيب (الألياف المفرغة)

Typical membrane elements and modules used in membrane applications: (a) single tubular hollow fiber membrane, (b) bundle of tubular hollow fiber membranes, (c) bundle of hollow fine fiber membranes with flow from the outside to the inside of the fiber, (d) view of an exposed bundle of hollow fine fiber membranes, (e) bundle of hollow fine fiber membranes with flow from the inside to the outside of the fiber, (f) bundles of hollow fine fiber membranes placed in a pressure vessel. *(Figs. c, e, g, h, and k from Crites and Tchobanoglous, 1998.)* *(Figure continues on next page.)*

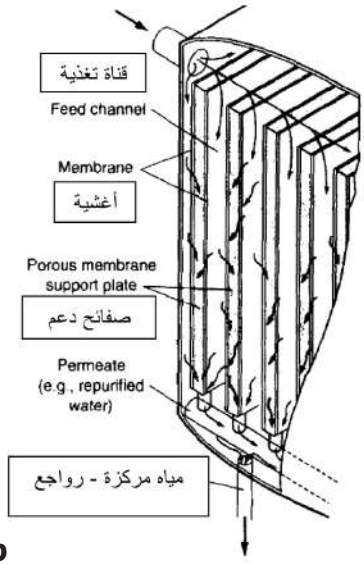


الشكل (19-2-1-3-2)

يوضح عمل الأغشية - a الترشيح بالتناضح العكسي

b - أغشية متوازية (RO)

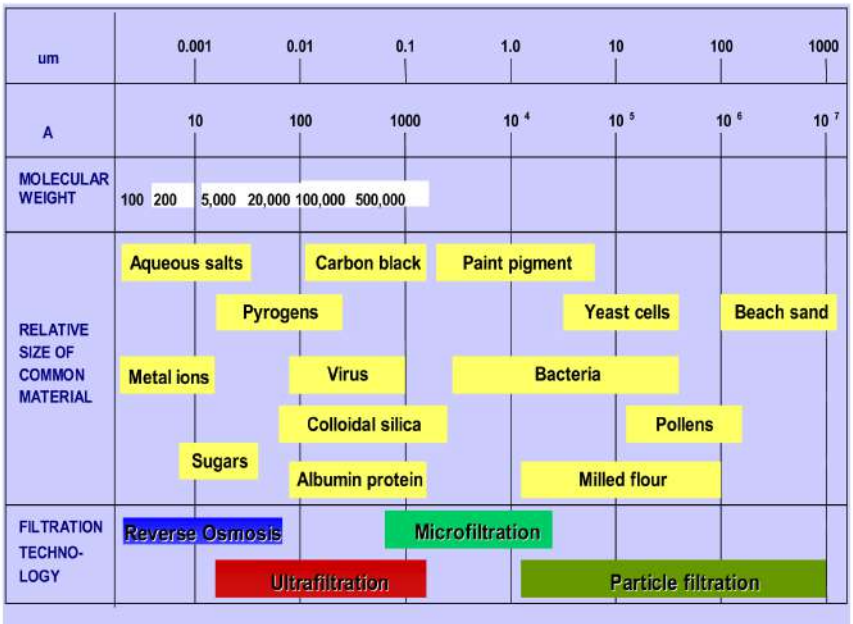
a



b

الشكل (19-2-1-3-3)

جدول عالمي متداول لأبعاد فتحات الأغشية والمواد التي تزيلها



19-3. إزالة الفوسفور(كيمائياً) (Chemical) Phosphorus Removal

يوجد الفوسفور في مياه الصرف الخام بكمية من (2-20) ملغ/ل منها (1-15) ملغ/ل فوسفور غير عضوي و (1-5) ملغ/ل فوسفور عضوي وهما ضروريان للمعالجة البيولوجية لمياه المجاري ويكون الفوسفور في مياه الصرف بشكل اورثو فوسفات (orthophosphates) ومتعدد الفوسفات polyphosphates وفوسفات عضوي organic phosphates.، البولي فوسفات يتحول إلى اورثو فوسفات ببطء، اورثو فوسفات مثل ،$H_2PO_4^-$ ،HPO_2^{2-} ,PO_4^{3-} ، H_3PO_4 ، والفوسفور العضوي مهم في النفايات الصناعية واقل أهمية في الصرف المنزلي. وكمية الفوسفور في مياه الصرف الصحي الخام 1.6 كغ/شخص/عام، وتركيز الفوسفور في مياه الصرف الصحي الخام يؤخذ عموماً (10 ملغ/ل) ونسبة (50 % - 70 %) هي من المنظفات [3]، كما أن الفوسفور مسبب رئيسي لظاهرة الانفجار الطحلبي Eutrophication. (مراجعة الفقرة (21-2-2) طرح الماء في البحيرات أو المستودعات المائية).

19-3-1. الترسيب الكيمائي Chemical precipitation

فيما يلي بعض التعاريف الأساسية المستعملة في المعالجة الكيمائية:

19-3-1-1. الأسس الهيدروجيني (أو رقم PH) PH - Value

هو لوغاريتم مقلوب تركيز أيونات الهيدروجين مقدرة بواحدة /1/ ايون غرامي / ليتر، وتتحول قيم PH في المحاليل بين (14 - 0) ، حيث ترمز القيمة7 إلى نقطة التعادل المطلق. إن PH هو مقياس فعالية الشاردة وليس لتركيزها، كما أن PH لا يقيس الحموضة الكلية أو القلوية الكلية.

19-3-1-2. الحامضية Acidity

الحامضية هي قدرة الماء على تعديل الأساس القوي. وتعزى في المياه الطبيعية

إلى وجود أحماض الكربونيك (الفحم) مثل: $(H_2O + CO_2)$ H_2Co_3, HCO_3 وأحياناً إلى أحماض قوية أي (H^+). نقطة التعادل النهائية لحمض الكربونيك لن تتحقق إلا بعد وصولPH إلى القيمة 8.5، واعتمادا على ذلك **جرت العادة في كيمياء المياه اعتبار جميع المياه التي تكون فيها PH أقل من 8.5 حمضية**.

19-1-3-3. القلوية Alkalinity

هي قياس قدرة الماء على تعديل الأحماض القوية، وتعود هذه القدرة عادة في المياه الطبيعية إلى الأسس (القواعد) Bases المتواجدة فيه، مثال ذلك:

OH^- ، CO_3^{-2} ، HCO_3^-

الهيدروكسيد الكربونات البيكربونات (الكربونات الحامضية)

ويوجد أيضاً أنواع أخرى بتركيز أقل من المذكورة بكثير مثل: السيليكات، البورات، النشادر، الفوسفات والأسس العضوية وتعرف القلوية العامة (Total Alkalinity) وكذلك الحامضية العامة (Total Acidity) بأنها قدرة الحمض التعديلية (كمية الحمض اللازمة / ليتر). لخفض قيمة PH إلى حوالي /4.3/ MOA ، كما أن هناك قلوية الفينول فتالين أو القلوية الكربونية وتساوي كمية الحمض القوي (مول / ليتر) اللازمة لخفض قيمة PH في العينة إلى حوالي /8.3/ (.ph.ph.A).

19-1-3-4. قساوة الماء (عسرة الماء) Water hardness

تنشأ قساوة الماء عن وجود كاتيونات الفلزات ثنائية التكافؤ في الماء مثل: Ca_2^+، Mg_2^+، Sr_2^+، Fe_2^+ ، Mn_2^+ والتي تشكل مع بعض الأنيونات المتواجدة في الماء، مثل CO_3^{2-} , SO_4^{2-} ،وفي بعض الحالات تعتبر شوارد الألمنيوم والحديد كمكونات مساهمة في قساوة الماء Scaling Problem .

يسمى الماء عسراً (hard water) إذا احتوى نسبة عالية من أملاح الكالسيوم أو المغنيزيوم أو الحديد أو الألمنيوم إلا أن أهم الأملاح المسببة لعسر الماء هي :

كربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى 15 ملغ/لتر

بيكربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى 385 ملغ/لتر

كربونات المغنيزيوم وتذوب في الماء حتى 720 ملغ/لتر

بيكربونات المغنيزيوم وتذوب في الماء حتى 1950 ملغ/لتر

كبريتات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى 2000 ملغ/لتر

كبريتات المغنيزيوم وتذوب في الماء حتى 345000 ملغ/لتر

أما أملاح الحديد والألمنيوم فنادراً ما تتواجد في الماء للدرجة التي تسبب عسراً ملحوظاً وتختلف درجات عسر الماء تبعاً لكمية الأملاح المسببة للعسر.

19-3-1-5. المحاليل Solutions

يمكن تصنيف المحاليل تبعاً لدرجة تبعثر المواد التي تدخل في تركيبها وبالتالي تبعاً لأبعاد الجسيمات المنحلة.

1 - المحاليل الحقيقية:

تكون أبعاد الجسيمات في المحاليل الحقيقة أقل من /1/ ميلي ميكرون.

- **محاليل شاردية:** المادة المنحلة قابلة للتفكك بشكل كبير مثل حمض الآزوت HNO_3 ومحاليل كلور الصوديوم NaCl و ماءات الصوديوم NaOH.

- **محاليل جزيئية:** عملياً لا تتفكك المادة المنحلة مثل المحلول المائي للبولة $CO(NH_2)_2$ والغلوكوز $C_6H_{12}O_6$.

- **المحاليل ضعيفة التفكك:** تفككها إلى شوارد غير كامل مثل حمض الخل CH_3COOH وماءات الأمونيوم NH_4OH.

- **- مميزات المحاليل الحقيقية :** تركيبها متجانس ولا يوجد سطوح الفصل الفيزيائية بين المادة المنحلة والمذيب.

2 - المحاليل الغروية:

تتراوح أبعاد الجسيمات المتجمعة من/1/ إلى/100/ ميلي ميكرون. محاليل مائية لأكاسيد الحديد والألمنيوم والكروم ومعظم كباريت الشوارد المعدنية الثقيلة مثل كبريت الزرنيخ AS_2S_3 . تتبعثر الدقائق في محاليلها ولا تترسب بتأثير الجاذبية الأرضية. تنفذ عبر ورق الترشيح الذي أبعاد مساماته حوالي /10/ ميكرون .

تختلف عن المحاليل الحقيقة بأنها ليست متجانسة بسبب وجود سطوح فاصلة بين الأطوار المشكلة للمحلول حيث تكون المادة المنحلة متبعثرة في المذيب .تتميز دقائق المحاليل الغروية بسطح نوعي كبير ولذلك فإن الشوائب تدمص بسهولة وبغزارة على سطحها **وتتميز أيضاً بشحنة كهربائية سطحية متماثلة تمنع تخثرها وترسبها،** وتتخثر المحاليل الغروية بوجود عامل مخثر (مركب كامل التفكك مثل كلوريد الأمونيوم) NH_4Cl مما يخلخل الشحنة السطحية فتتلاحم دقائق المحلول الغروي.

3 - العوالق والمستحلبات:

تكون أبعاد العوالق والمستحلبات في المحاليل أكبر من /100/ ميلي ميكرون.

المعلقات مثل: هاليدات الفضة AgI،AgBr،AgCl

المستحلبات مثل: أكاسيد القصدير والأنتمون.

- لزوجة المستحلبات أكبر من العوالق نتيجة ادمصاصها المفرط للماء (هلام).
- تتميز بوجود شحنة كهربائية سطحية مثل الغروانيات.
- العوالق تتخثر بسهولة (محلول مخثر ممدد).
- المستحلبات تتخثر بصعوبة بإضافة محلول مخثر بتركيز كبير.

هناك بعض الرواسب الجيلاتينية مثل الماءات المعدنية وخواصها بين المعلقات والمستحلبات.

19-1-3-6. الترسيب الكيمائي للفوسفور Chemical phosphorus precipitation

إن إزالة الفوسفور يمكن أن تتحقق بالترسيب الكيمائي أو بطرق بيولوجية، وكيمائياً يتم بإضافة أملاح معدنية (أملاح الألمنيوم أو الحديد أو الكلس). فشوارد الألمنيوم مع شوارد الفوسفات يمكن أن تشكيل ندف راسب من فوسفات الألمنيوم.

- أملاح الألمنيوم:

$$Al^{3+} + H_nPO_4^{3n-} \rightarrow AlPO_4\downarrow + nH^- \qquad (1-19)$$

-الآلوم (الشب): $AL_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ،Alum.. هو المادة الأكثر شهرة كمصدر للألمنيوم لإزالة الفوسفور وفق المعادلات التالية:

$$Al_2(SO_4)_3.14H_2O + 2HPO_4^{2-} \rightarrow 2AlPO_4\downarrow + 2H^+ + 3SO_4^{2-} + 14H_2O \qquad (2-19)$$

- الومينات الصوديوم: Sodium aluminates

$$Na_2O.Al_2O_3 + 2HPO_4^{2-} + 4H_2O \rightarrow 2AlPO_4\downarrow + 2NaOH + 6OH^- \qquad (3-19)$$

- كلور الحديدي: Ferric chloride، $FeCl_3 . 6H_2O$

$$FeCl_3 + HPO_4^{2-} \rightarrow FePO_4 \downarrow + H^+ + 3cl^- \qquad (4 - 19)$$

- الكلس:CaO

$$CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \qquad (5 -19)$$

$$5Ca(OH)_2 + 3HPO_4^{2-} \rightarrow Ca_5(PO_4)_3OH \downarrow + 3H_2O + 6OH^- \qquad (6 -19)$$

PH المثالي لعمل الآلوم وكلور الحديدي بين (5.5-7) ومن أجل الكلس يكون أكبر من 10

ونظرياً يلزم 9.6 غرام من الآلوم لإزالة 1 غرام من الفوسفور

(ويجب إضافة زيادة من الآلوم من اجل القلوية كما أن القلوية تعطي زيادة في الحمأة الكيمائية بنسبة تقريبية (8-10 %).

وبالنتيجة تعطى نسب الآلوم (اللازم لإزالة الفوسفور) وزناً وفق نسب الإزالة المطلوبة.

(13:1, 16:1, 22:1) (P: الآلوم او الشب)

وتكون نسبة الإزالة المتوقعة على التوالي (95، 85، 75) %

وبالنسبة لنسبة الحديد إلى الفوسفور 1 : 1.8 وزناً ← Fe: P

وبالنسبة لنسبة الكلس إلى الفوسفور 1 : 2.2 وزناً ← Ca: P

19-1-3-7. إزالة الفوسفور في الترسيب الأولي والمعالجة الثنائية (الثانوية)

يكون الفوسفور في مياه الصرف بشكل منحل، ويتم إزالة (5 - 10)% من الفوسفور في حوض الترسيب الأولي وفي المعالجة الثنائية (10-20)% الجدول(19-3-1-7). يعطي نسبة إزالة الفوسفور والإزالة العضوية وSS مع مواد كيمائية وبدونها، **وعادة تركيز الفوسفور الكلي في المياه الخام 10 ملغ/ ليتر وكمية تخفيض الفوسفور في حوض الترسيب الأولى إلى 9 ملغ/ليتر وبعد المعالجة البيولوجية الى 8 ملغ/ليتر[3].**

الجدول(19-3-1-7)
يعطي نسبة إزالة الفوسفور و BODوSS مع مواد كيمائية وبدونها*

طريقة المعالجة	%إزالة الفوسفور		% إزالة المواد العالقة		% إزالة BOD	
	بدون مواد	مع مواد	بدون مواد	مع مواد	بدون مواد	مع مواد
ترسيب أولي	5-10	70-90	40-70	60-75	25-40	40-50
حمأة منشطة	10-20	80-95	85-95	85-95	85-95	85-95
مرشحات بيولوجية RBC	10-20 8-12	80-95	70-92	85-95	80-90	80-95

*EPA76

مثال.

تم إضافة الآلوم(الشب) في حوض التهوية حمأة منشطة وذلك لإزالة الفوسفور، كمية الفوسفور الكلي المطلوبة في مياه المخرج .0.5 mg/L ، كمية جرعة الآلوم .140 mg/L. تركيز الفوسفور الكلي في مياه الدخل إلى حوض

الترسيب (10mg/L) والدخل إلى حوض التهوية (9mg/L).

حدد النسبة المولية molar ratio الألمنيوم إلى الفوسفور ونسبة جرعة وزن الآلوم (الشب) إلى الفوسفور في مياه المجاري. احسب كمية الحمأة الناتجة، افرض 0.5 mg/L مواد صلبة عضوية تنتج من (1mg/L. BOD)، واستعمل البيانات التالية لحوض التهوية (مع جرعة الآلوم).

$$BOD_{Influent}* = 148\ mg/L$$

$$BOD_{Effluent}** = 10\ mg/L$$

$$TSS_{Influent} = 140\ mg/L$$

$$TSS_{Effluent} = 12\ mg/L$$

واحسب أيضاً زيادة كمية الحمأة البيولوجية الكيمائية مقارنة بكمية حمأة المعالجة البيولوجية مفترضاً 30mg/L لكل من (SS) و (BOD) في الأنظمة التقليدية.

Influent* . داخل - Effluent** . خارج

الحل.

الخطوة 1. احسب نسبة المول AL إلى P

الوزن الذري = $Al_2(SO_4)_3 . 14H_2O$:

$$= 27 \times 2 + 3(32 + 16 \times 4) + 14(2 + 16) = 594$$

جرعة الآلوم Alum = 140 mg/L

جرعة الألمنيوم = 140 mg/L (2x27 / 594) = 12.7 mg/L

النسبة المولية (Al:P) = (12.7 mg/L : 9 mg/L) = 1.4 : 1

الخطوة 2. احسب نسبة وزن جرعة الآلوم اللازمة لمعالجة الفوسفور في مياه الدخل لحوض التهوية.

Alum / P = (140 mg/L)/(9 mg/L) = 15.5/ 1

الخطوة 3. احسب الحمأة من إزالة TSS.

المزال TSS = 140 mg/L - 12 mg/L = 128 mg/L

الخطوة 4. احسب المواد الصلبة العضوية من إزالةBOD .

المواد الصلبة العضوية = 0.5 (148 mg/L - 10 mg/L) = 69 mg/L

الخطوة 5. احسب الفوسفور العضوي في المواد الصلبة العضوية مفترضاً الفوسفور العضوي في المواد الصلبة العضوية المزالة 2 % وزناً.

في المواد الصلبة العضوية (P) = 69 mg/L x 0.02 = 1.4 mg/L

الخطوة 6. احسب (P) الفوسفور المزال بواسطة الآلوم.

(P) الفوسفور المزال بواسطة الآلوم = P في (الداخل - المواد الصلبة العضوية - الخارج)

(9 - 1.4 - 0.5) mg/L = 7.1 mg/L

الخطوة 7. احسب $AlPO_4$ المترسبة.

$AlPO_4 \downarrow$ = (P mg/L) ($AlPO_4$الوزن الذري) ÷ (الوزن الذري P)

حيث P المزال بواسطة الآلوم منه.

$AlPO_4 \downarrow$ = (7.1 mg/L (27 + 31 + 16x4)) / 31 = 27.9 mg/L

الخطوة 8. احسب الآلوم غير المستعمل بالعودة إلى المعادلة(19-2) نجد الآلوم المستعمل.

$Al_2(SO_4)_3.14H_2O + 2HPO_4^{2-} \rightarrow 2AlPO_4 \downarrow + 2H^+ + 3SO4^{2-} + 14H_2O$

الآلوم المستخدم = P المزال ×(الوزن الذري للآلوم) ÷ الوزن الذري للفوسفور× 2

7.1 mg/L x 594 / 2 x31 = 68 mg/L

الآلوم غير المستخدم = الآلوم الذي يتم تجريعه - الآلوم المستخدم

140 mg/L - 68 mg/L = 72 mg/L

الخطوة 9. احسب وزن الحمأة الكلية المترسبة.

الحمأة الكلية = TSS المزال + المواد الصلبة العضوية + $AlPO_4 \downarrow$

(128 + 69 + 27.9) mg/L = 224 mg/L

الخطوة 10. احسب الحمأة الناتجة من الحمأة المنشطة التقليدية.

TSS = 140 mg/L - 30 mg/L =110 mg/L

الحمأة البيولوجية = 0.5 (148 mg/L - 30 mg/L) = 59 mg/L

الحمأة الكلية = 110 mg/L + 59 mg/L = 169 mg/L

الخطوة 11. احسب الزيادة في الحمأة الكيمائية عن الحمأة البيولوجية.

الزيادة = 224 mg/L - 169 mg/L = 55 mg/L

% = 55 mg/L x % 100 /169 mg/L = % 32.5

ويتم زيادة كمية الحمأة الكيمائية بنسبة (8-10)% تقريباً من أجل ترسيب القلوية فتصبح النسبة حوالي 44 %.

19-1-3-8. إزالة الفوسفور بواسطة الإضافات المعدنية في التدفق الخارج من المعالجة الثنائية (الثانوية).

عموماً يتم إزالة الفوسفور بإضافة الآلوم بنسبة تقريبية (200 mg/L) إلى مياه الصرف المنزلي الخام و**(100 mg/L - 500) إلى مياه الصرف بعد المعالجة الثانوية** ولا يفضل أملاح الحديد بسبب البقايا المعدنية في المياه بعد المعالجة، نسبة مول الآلوم إلى الفوسفور اللازم (Al: P) من (1:1) إلى (2:1) ودرجة PH المثالية حوالي 6 بينما للحديد 5، كما يمكن استعمال البوليمر كمحفز لتشكيل الندف أيضا، ويمكن الوصول إلى نسب منخفضة للفوسفور(0.1mg/L)عن طريق الترشيح حيث تؤخذ نسبة الترشيح: {(0.08 - 0.20 m^3 / (m^2 . min)} كما يلاحظ انه يجب تخفيض التحميل السطحي لأحواض الترسيب: {(58 m^3 / (m^2.d) ← 24} .

19-1-3-9. إزالة الفوسفور بواسطة إضافة الكلس في التدفق الخارج من المعالجة الثنائية (الثانوية).

يمكن إضافة الكلس في حوض الترسيب الأولي أو الترسيب النهائي لإزالة الفوسفور وفق المعادلة (19-6) وتحدث معها تفاعلات الكلس مع القلوية بطريقتين وفق المعادلات (19-1-3-1-9)، (19-3-1-9-2).

$$Ca(OH)_2 + Ca(HCO_3)_2 \rightarrow 2CaCO_3\downarrow + 2H_2O \qquad (19 - 3 - 1 - 9 - 1)$$

$$Ca(OH)_2 + NaHCO_3 \rightarrow CaCO_3\downarrow + NaOH + H_2O \qquad (19 - 3 - 1 - 9 - 2)$$

ملاحظة: بعض الشركات تضيف الكلس في المدخل لرفع الرقم

20

المعالجة البيولوجية المتقدمة لإزالة الفوسفور والنتروجين
ADVANCED BIOLOGICAL TREATMENT TO REMOVE PHOSPHORUS AND NITROGEN

تم تطوير عدة طرق بيولوجية لإزالة الفوسفور والنتروجين لتحقيق المواصفة المطلوبة منها بيولوجية كيمائية وكذلك تم تطوير طرق بيولوجية لتحقيق المطلوب.

20-1. إزالة الفوسفور بالطرق البيولوجية Phosphorus removal by biological processes

إن 50 % الى70 % من الفوسفور من مركبات الفوسفات في المنظفات، ويتم إزالة 10 % إلى 30 % من الفوسفور في المعالجة البيولوجية الثانوية (الثنائية)، ومياه الصرف المعالجة تحوي 0.5-2 ملغ/ ليتر من الفوسفور ويعتمد ذلك على حمل COD لمياه الدخل، كما أن جزء من الفوسفور موجود في المعلقات الخارجة مع مياه الصرف ولأقل من ذلك الرقم تحتاج مياه الصرف الداخلة إلى معالجة خاصة وترشيح. والطرق البيولوجية لإزالة الفوسفور تعتمد على تعريض الأحياء الدقيقة بشكل متناوب إلى ظروف لاهوائية وهوائية تعرضها لإجهاد خاص ويعتمد على الحمأة المعادة ومن أشهر هذه الطرق طريقة A/O.(1) - (2) . وطريقة phostrip - (3) . وطريقة SBR (Sequencing batch reactor) (مفاعل الدفقات المتتابع)التي تستعمل في محطات المعالجة الصغيرة وهي تتميز بالمرونة وأنها قادرة على إزالة النتروجين بالإضافة إلى الفوسفور، الجدول (20-1-1) يعطي الضوابط النموذجية للطرق المذكورة.

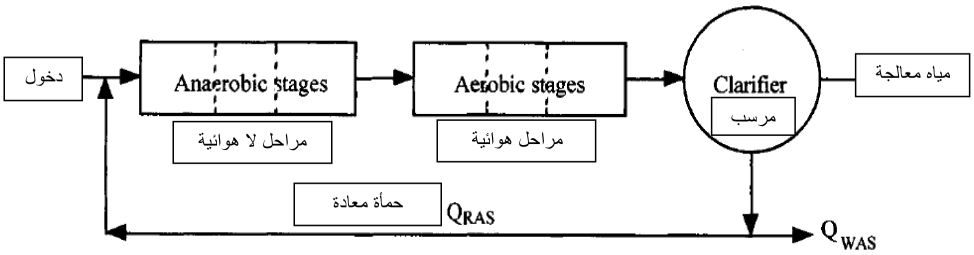
الجدول (20-1-1)
يعطي ضوابط نموذجية لإزالة الفوسفور بيولوجياً [2]

العوامل التصميمية	الواحدة	الطريقة		
		A/O	phOSrtip	SBR
F/M	$kgBOD_5$/ kg MLVSS.d	0.7 -0.2	0.5 - 0.1	0.5 - 0.15
θ_c عمر الحمأة	d	25 -2	30 - 10	-
MLSS	mg/L	**4000-2000	5000-6000	**3000-2000
θ زمن المكوث	h			
المنطقة اللاهوائية		1.5 - 0.5	12 -8	3 -1.8
المنطقة الهوائية		3 -1	10 - 4	***4 - 1
الحمأة الراجعة	% من التدفق	*40 – 25	* 50 - 20	-
التدفق الداخلي	% من التدفق	-	20 - 10	-

(في [1] *حتى 100. ** من 3000-4000 . *** من 2-4)

20-1-1. طريقة A/O . الشكل (20-1-1-1) يوضح مراحل سير العملية لطريقة A/O، لا هوائي، هوائي وإعادة حمأة من المرسب.

الشكل (20-1-1-1)
مراحل سير العملية لطريقة A/O

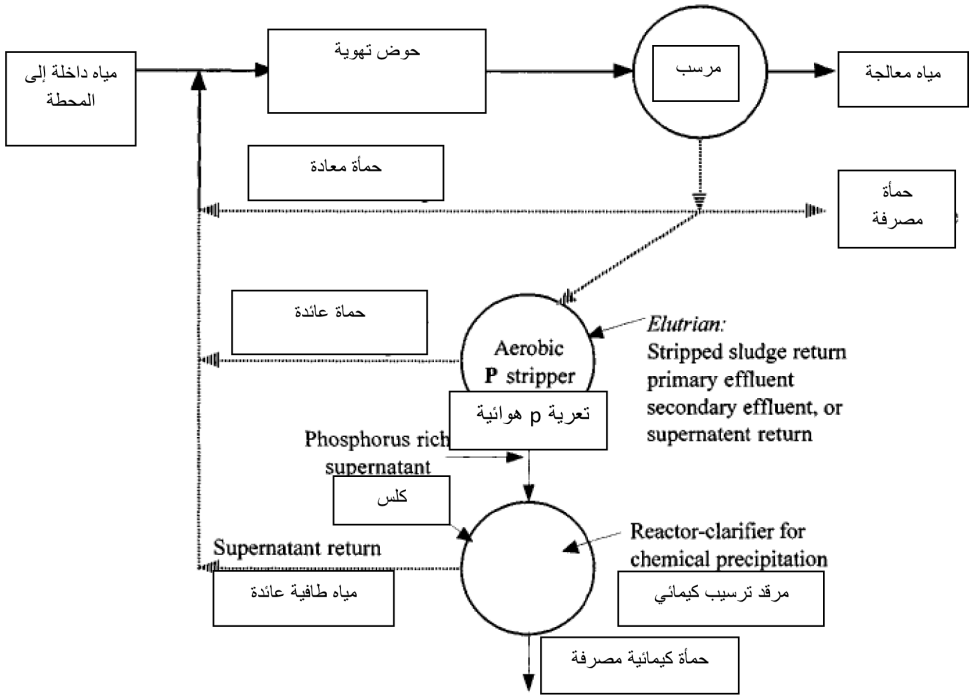


الطريقة هي نمو معلق بمرحلة حمأة واحدة حيث تستعمل مراحل متتابعة لاهوائية ومراحل متتابعة هوائية لإزالة الفوسفور والإزالة الكربونية ويتحول الفوسفور المنحل في المرحلة اللاهوائية بوجود الكتلة الحيوية في الحمأة الراجعة

إلى راسب ويصرف الزائد منه مع الحمأة الزائدة ويقدر الفوسفور بعد المعالجة كنسبة منBOD الناتج ويعادل تقريبا (1/10). وعادة في المياه المعالجة يصل BOD إلى أقل من 10 ملغ/ل والفوسفور إلى أقل من 1 ملغ/ل، كما يمكن أن تحدث النترجة في المنطقة الهوائية بتأمين زمن المكوث اللازم .

20-1-2. طريقة تعرية الفوسفور.PhoStrip . نوع (I،II) الشكل (20-1-2-1)a.
يوضع مراحل العمل بالطريقةPhoStrip . نوع(I)حيث إن جزء من الحمأة الراجعة تضخ إلى حوض تعرية الفوسفور الهوائي وزمن المكوث في حوض التعرية (8-12) ساعة وتخرج الماء مع الرواسب الغنية بالفوسفور إلى حوض ترسيب خاص بالراحة كما أن جزء من الحمأة تعاد إلى حوض التهوية من حوض التعرية (أو جزء من الماء الطافي) ويعاد الماء الطافي من مرسب حوض التعرية إلى المدخل.

الشكل(20-1-2-1)a.
يوضع مراحل العمل بالطريقة PhoStrip* نوع(I)

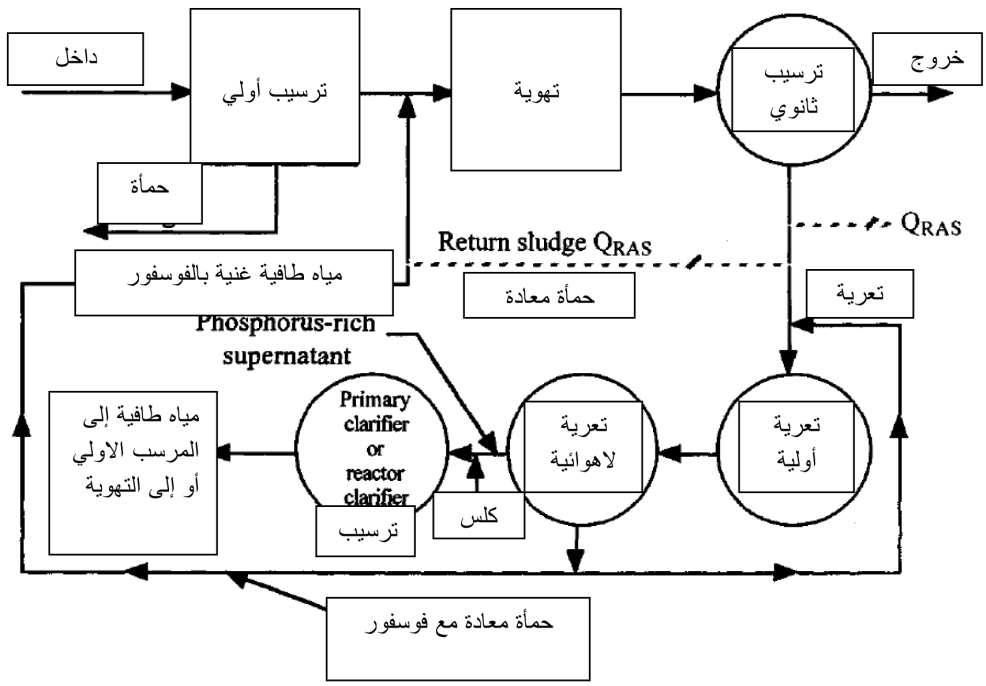


* [3]

يتم إضافة مواد مندفة في حوض ترسيب الفوسفور، وكمية الفوسفور في مياه الصرف بعد المعالجة حوالي 1.5 ملغ/ل.

النوع الثاني (II) هوائي/ لا هوائي وفق الشكل (20-1-2-2)b.

الشكل(20-1-2-2)b.
يوضح مراحل العمل بالطريقة PhoStrip* نوع(II)



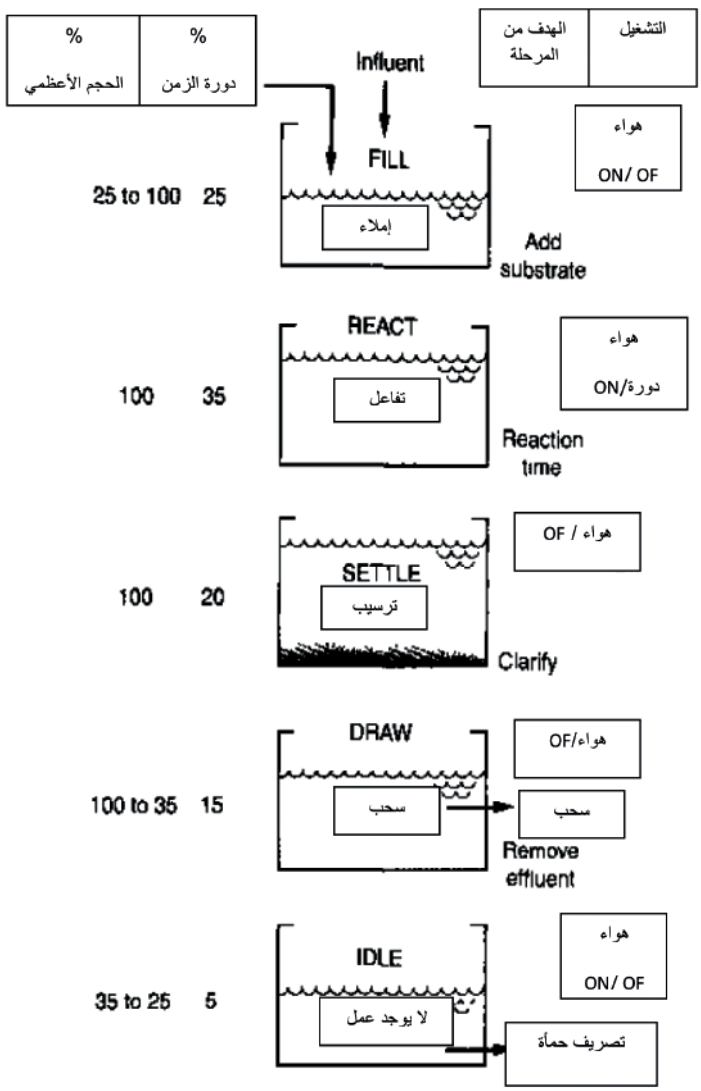
* [3]

20-1-3. طريقة (مفاعل الدفقات المتتابع) (الإملاء والسحب) SBR .(Sequencing batch reactor)

الشكل (20-1-3-1) يوضح طريقة عمل SBR وهي طريقة الإملاء والسحب وهي تعمل بطريقة الحمأة المنشطة ولكن التفاعل والترسيب في نفس الحوض وطريقة SBR تكون على خمسة مراحل وسحب الحمأة يتم عادة

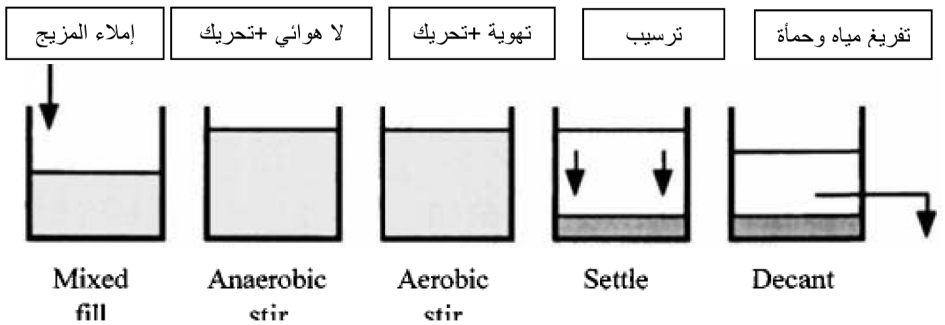
في مرحلة الترسيب أو الركود، ولا حاجة لتدوير الحماة **(وبعض التطبيقات يكون التدفق فيها مستمراً)** وكل المعالجات بالحمأة المنشطة يمكن إجراؤها بطريقة SBR ومدة دورة المعالجة من (3-24) ساعة ويتحقق فيها المرحلة الكربونية (إزالة BOD) ويتم تحقيق النترجة بحساب الحجم اللازم للنترجة الشكل (20-1-3-1) SBR نموذجي ،المصدر [1و2].

الشكل (20-1-3-1) SBR نموذجي [2]

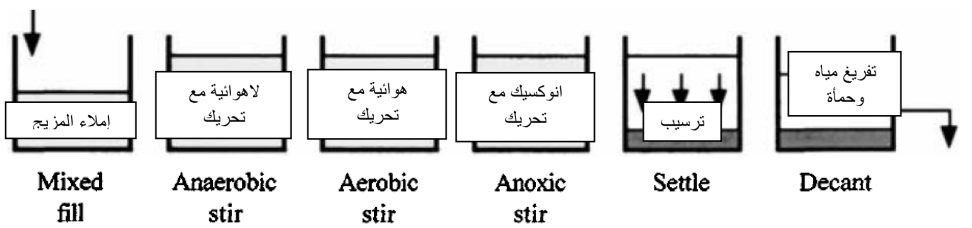


يمكن إزالة الفوسفور بتغيير أزمنة مراحل المعالجة وتحقيق مرحلة لاهوائية وفق الشكل (20-1-3-2) حيث يتم فيها إزالة الفوسفور الشكل (20-1-3-3) مع مرحلة (anoxic) منقوصة الأوكسجين (الأوكسجين قليل - أقل من 1 ملغ/ ليتر مع عملية مزج) وذلك لإزالة النترات.

الشكل (20-1-3-2)SBR
مع مرحلة لاهوائية[3]



الشكل (20-1-3-3)SBR
مع مرحلة لاهوائية ومرحلة (anoxic) لإزالة النتروجين. من[3]



ونجاح هذه الطريقة يعتمد على الظروف المحلية وينصح بعمل نموذج تجريبي (pilot) .

- سيتم شرح طريقة المنقوص الأوكسجين (anoxic) في الفقرة (20-3-2).

في إحصائية أمريكية وجد أن **70 % من المحطات المنفذة بطريقة (SBR) كانت أقل من 2000 م^3/يوم،** وقد تم بناء نماذج لتدفقات (20000) م^3/يوم

و57000 م^3/يوم [21]، ويمكن الوصول بالمعالجة في هذه الطريقة إلى 15 ملغ/ليتر لBOD وTSS وإزالة للنتروجين حتى 90-96 %(EPA1986).

- دورة العمل في SBR من 4-8 ساعات ووجد أن 6 ساعات هي رقم نموذجي من ([3] + goronszy1979).
- يستعمل عادةً 2 حوض الأول إملاء + الثاني بقية العمليات.
- مراحل دورة العمل وفق الشكل (20-1-3-1) من [2] وهنالك مقترح آخر من [3] لدورة عمل وفق ما يلي:
- الإملاء بين2-4 ساعات وعندما يكون لدينا حوضين يكون زمن الإملاء يساوي مجموع زمن (التفاعل + الترسيب + سحب الماء).
- يتم تحريك الماء أثناء ملء الحوض لتحقيق حالة منقوص الأوكسجين (انوكسيك).
- زمن التفاعل يجب حسابه بمعادلات توازن الكتلة الحيوية.
- زمن الترسيب الأدنى هو 30 دقيقة ونموذجي بين 30 دقيقة و60 دقيقة.
- سحب الماء 30 دقيقة.
- زمن بلا عمل من 0 دقيقة إلى 60 دقيقة.
- يقترح (schroeder 1982) أن يكون MLSS بين (1700-3000) ملغ/ليتر، و يقترح [2] بين (3000 - 5000) ملغ/ليتر، ويقترح [1] بين (3000 - 4000) ملغ/ليتر وعمر حماة من 20 - 40 يوم.
- تركيز الحمأة الراسبة يؤخذ 6000 ملغ/ليتر ومنه يمكن تقدير كفاية حوض الترسيب وفق ما يلي:

حجم الحمأة الراسبة ÷ حجم الحوض= تركيز قبل الترسيب ÷ تركيز MLSS الراسبة

- أعط مسافة حرة فوق الحمأة حوالي 35 % - 100 % من ارتفاع الحمأة.
- عمق الحوض النموذجي 6م مع تأمين 0.6م مسافة حرة.

- ميل خفيف للحوض من أجل التنظيف.
- عمر الحمأة من(10-30) يوم من أجل الأكسدة الكربونية والنترجة nitrification ومن (20-30) يوم من أجل إزالة النتروجين denitrification، ومن (20-40) يوم من أجل إزالة الفوسفور.
- استطاعة المزج من [1] W/m^3 13 - 8 نموذجي.
- يجب عمل حاجز رغوة عند المخرج.

مثال.

احسب حجم وأبعاد SBR لبلدة تدفقها: $22700m^3/d$

الحل:

نفرض حوضين يسبقه حوض توازن.

نفرض الدورة 6 ساعات.

نختر أزمنة مراحل العمل التالية: - منقوص الأوكسجين = 1.35 دقيقة

- زمن الإملاء = 45 دقيقة
- تفاعل = 90 دقيقة
- ترسيب = 45 دقيقة
- سحب المياه = 30 دقيقة
- بدون عمل = 150 دقيقة

مجموع الدورة = 360 دقيقة =6 ساعات.

C = دورة عمل ، T = خزان

الخطوة 1. احسب حجم الإملاء JV_F SBR

عدد الدورات لكل يوم = 24H / 6h / c = 4 C/d

نقسمها على حوضين :

$$22700 / 2 = 11350\ m^3 / d.T$$

$$V_F = 11350\ m^3 / d.T / (4\ C/d) = 2837.5\ m^3 / fill$$

الخطوة 2. احسب النسبة:

حجم الحمأة الراسبة ÷ حجم الحوض= تركيز قبل الترسيب ÷ تركيز MLSS الراسبة

بفرض MLSS = 3000 mg/l في حوض التفاعل، وبفرض تركيز الحمأة الراسبة 6000 mg / l .

$$V_S/V_T=(3000\ mg/l)/\ 6000\ mg/l = 0.5$$

لتأمين منطقة كافية لسحب المياه المرسبة بدون تهييج للحمأة نفترض 35 % منطقة نظيفة فوق طبقة الحمأة.

$$V_S/V_T = 1.35(0.5)= 0.675$$

بالانتباه إلى أن: $V_T = V_S + V_F$

$$V_f/V_T = V_S/V_T=1$$

$$V_f/V_T = 1- V_S/V_T= 1- 0.675 = 0.325 \# 0.33$$

الخطوة 3. احسب حجم الحوض V_T.

$$V_T = (V_f / T) / 0.33 = 2837.5\ m^3 / 0.33 = 8598.5 \# 8600\ m^3$$

الخطوة 4. بفرض العمق (6m) والحوض مربع احسب أبعاد الحوض.

$$8600\ m^3 / 6m = 1433.33 m^2$$

$$L = W \# 38\ m$$

منه الأبعاد النهائية $(0.6 + 6\ ,\ 38,\ 38)m$

20-2. الطرق البيولوجية لإزالة مشتركة للنتروجين والفوسفور.

عدد من الطرق تم تطويرها لإزالة مشتركة للنتروجين والفوسفور جاءت الطرق أصلاً من طريقة الحمأة المنشطة ولكن تم استخدام مرحلة لاهوائية ومنقوصة الأوكسجين وهي مطورة كذلك عن طرق إزالة الفوسفور المذكورة ومن أهم هذه الطرق 1 : A^2 / O , 2 : المراحل الخمسة، 3: طريقةUCT ,4: طريقة VIP ,5 : طريقة SBR (تم شرحها في الفقرة السابقة) الشكل (20-2-1) يوضح الطرق السابقة والجدول (20-2-1) يبين ضوابط التصميم الخاصة بكل طريقة.

الجدول (20-2-1)
معلومات نموذجية للطرق المشتركة في إزالة النتروجين والفوسفور بيولوجياً*

العوامل التصميمية	الواحدة	الطريقة			
		A^2/O	المراحل الخمسة	UCT	VIP
F/M	$kgBOD_5$/ kg MLVSS.d	0.25 - 0.15	0.2 - 0.1	0.2 - 0.1	0.2 - 0.1
θ_c عمر الحمأة	d	27 - 4	40 - 10	30 -10	10 - 5
MLSS	mg/L	5000 -3000	4000 - 2000	4000 – 2000	3000 -1500
θ زمن المكوث	h				
المنطقة اللاهوائية		1.5 – 0.5	2 -1	2 – 1	2 -1
منطقة انوكسيك -1		1 -0.5	4 - 2	4 – 2	2 -1
المنطقة الهوائية -1		6 -3.5	12 - 4	12 - 4	4 - 2.5
منطقة انوكسيك -2		-	4 - 2	4 – 2	-
المنطقة الهوائية -2		-	1 - 0.5	-	-
الحمأة الراجعة	% من التدفق	50-20	100 - 50	100 - 50	100 - 80
التدفق الداخلي	% من التدفق	300 -100	400	600 - 100	400 - 200

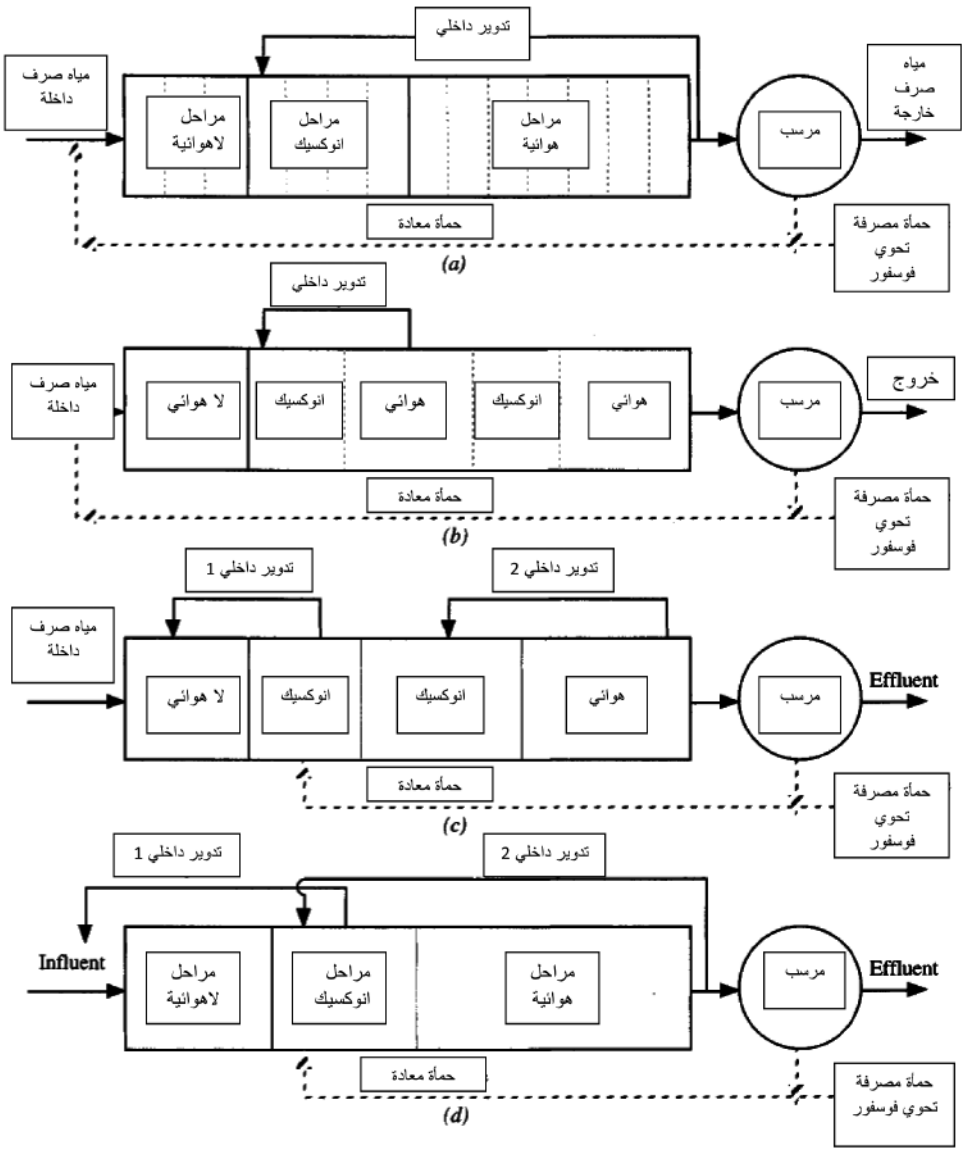
*[2]، ويوجد بعض التعديل في [1]

20-2-1. طريقة A^2/O

وهي طريقة معدلة عن A/O الشكل (20-2-1،a) حيث زمن المكوث في المنطقة المنقوصة الأوكسجين (انوكسيك) (1) ساعة ويعاد جزء من مزيج منترج من **حوض التهوية** إلى قسم الانوكسيك ضمن النسب الواردة في الجدول (20-2-1) لتستفيد بكتريا خاصة من الأوكسجين من المركبات NO_3 - NO_2 مطلقة غاز النتروجين . كمية الفوسفور في المياه المعالجة اقل من 2 ملغ/ليتر بدون فلتره ولكن مع فلتره يمكن أن تصل إلى اقل من 1.5 ملغ /ل.

الشكل (20-2-1)

الطرق المشتركة لإزالة النتروجين والفوسفور



20-2-2. طريقة المراحل الخمسة (Five stages)

طريقة المراحل الخمسة تؤمن مرحلة لا هوائية ومرحلة انوكسيك ومرحلة هوائية ثم مرحلة ثانية انوكسيك لمزيد من إزالة النتروجينdenitrification المشكل في المرحلة الهوائية ثم المرحلة الهوائية الأخيرة لتعرية النتروجين المتبقي. في الطريقة يتم ضخ مزيج من حوض التهوية إلى مدخل حوض الانوكسيك كما في الشكل (20-2-1، b) ويتم إعادة جزء من الحمأة من حوض الترسيب النهائي إلى بداية المحطة، وعمر الحمأة يتراوح من (10-40) يوم حيث تكون الأكسدة الكربونية كبيرة.

20-2-3. طريقة (UCT)*

الشكل (20-2-1،c) وهي مشابه لطريق A^2O مع استثناءان وهو أن الحمأة المنشطة تعاد إلى حوض الانوكسيك الأول والتدوير الداخلي الأول يكون من قسم الانوكسيك إلى الحوض اللاهوائي والتدوير الثاني من القسم الهوائي إلى قسم الانوكسيك الأخير وهذه الطريقة استعمالها قليل.

* طريقة (UCT) طورت من جامعة كاب تاون

20-2-4. طريقة (VIP)**

وهي مشابه لطريقة A^2O وطريقة UCT عدا أن طريقة التدوير تتم كما يظهر في الشكل (20-2-1،d) كما أن الحمأة المعادة تذهب إلى قسم الانوكسيك ويوجد تدوير داخلي من مخرج حوض التهوية إلى قسم الانوكسيك وتدوير آخر من قسم الانوكسيك إلى مدخل المحطة أي إلى القسم اللاهوائي وأظهرت التجارب تثبيت جيد في القسم اللاهوائي وبالتالي تقليل كمية الأوكسجين اللازم.

** طريقة (Virginia initiative plant (VIP))

ملاحظة 1: الطرق السابقة تحقق المطلوب في معالجة المواد العضوية وإزالة الفوسفور والنتروجين بدون مواد كيمائية والحمأة الناتجة اقل من الحمأة المنشطة التقليدية.

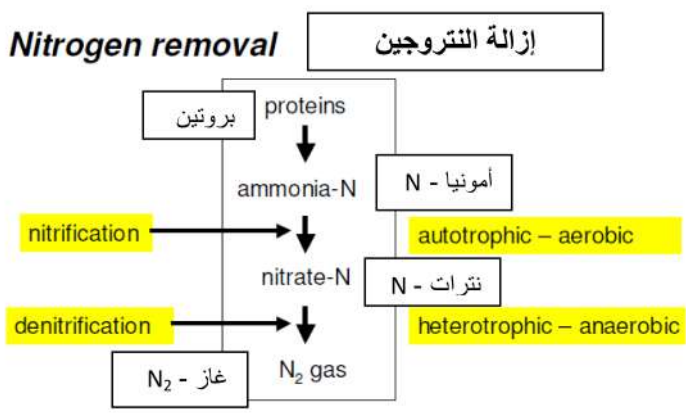
ملاحظة 2: يوجد طرق لتجريد الأمونيا من مياه الصرف بالهواء عن طريق رفع PH لمياه الصرف وهي طريقة مكلفة.

20-3. ضبط النتروجين Nitrogen control

مقدمه :

Nitrogen (N) النتروجين يوجد في مياه الصرف بشكل عضوي وأمونيا ونتريت أو نتروجين بشكل غازي ، **النتروجين العضوي:** يكون منحلاً أو بشكل جسيمات، والمنحل منه يكون على الأغلب بشكل (بولة) (urea) أو حموض أمينيه amino acids، والمصدر الرئيسي يكون من الفضلات البشرية وفضلات المطابخ والصناعات الغذائية. الشكل (20-3-1) مراحل تحويل البروتين إلى غاز النتروجين في محطات معالجة مياه الصرف. وتحوي مياه صرف منزلية نموذجية (20 mg/L) نتروجين عضوي و (15 mg/L) نتروجين غير عضوي [3]

الشكل (20-3-1)
مراحل تحويل البروتين إلى غاز النتروجين



ويمكن أن نحصل على نسبة إزالة للنتروجين العضوي (25-90)% في حوض الترسيب الأولي والمعالجة الثانوية (الثنائية) وهي حوالي (2- 15 mg/L) **ويعتمد نسبة إزالة نموذجية (14-26)% للنتروجين الكلي.**

وفي المعالجة البيولوجية التقليدية مع ترسيب أولى يلاحظ زيادة تركيز النتروجين الغير عضوي في مياه الصرف إلى **أكثر من 50 % (24 mg/L) بعد الترسيب النهائي.** وكذلك يتم في المعالجة البيولوجية إزالة جسيمات النتروجين العضوية وتحويل بعضها إلى (امونيوم) ammonium والى أشكال غير عضوية أخرى.

النتروجين العضوي المنحل سيتحول جزئياً إلى امونيوم (غير عضوي) بواسطة الكائنات الدقيقة ويبقى (1 - 3 mg/L) من النتروجين العضوي الغير منحل في مياه الصرف النهائية. كما يمكن إزالة الأمونيوم بالترشيح،RO ، أو بالديلزة الكهربائية (إزالة حتى 80 %) وعادة لا تستعمل هذه الطرق في مياه الصرف. ويمكن أيضاً إزالة جسيمات النتروجين العضوية بالتخثير الكيميائي مع ترسيب الفوسفور.

20-3-1. أكسدة الأمونيا بيولوجيا Biological oxidation of ammonia

إن ضبط كمية النتروجين في مياه الصرف يقسم إلى قسمين الأول هو النترجة nitrification، والثاني هو النترجة وإزالة النتروجين -nitrification denitrification.

- عملية النترجة nitrification هي أكسدة (NH_3-N) وتحويلها إلى نترات وهي تعتمد طريقة هوائية(autotrophic) وتقوم بها بكتريا النترجة.
- عملية إزالة النتروجين denitrification، هي اختزال النترات إلى غاز النتروجين.
- النترجة nitrification تستعمل لضبط كمية NH_3-N في مياه الصرف.
- والنترجة وإزالة النتروجين nitrification-denitrification، .تستعمل لتقليل المستوى الكلي للنتروجين في المياه المصرفة.

النترجة البيولوجية يمكن أن تتم في حوض مستقل يتبع المعالجة الثنائية أو يمكن أن تتم في نفس الحوض مع الإزالة الكربونية وتدعى الأكسدة الكربونية والنتراتية carbon oxidation-nitrification أو الأكسدة الكربونية والنتراتية مع إزالة النتروجين، carbon oxidation-nitrification-denitrification .

في BOD المنخفض مع وجود الأمونيا تنشط بكتريا منترجه خاصة تساعد على تحقيق عملية الأكسدة البيولوجية (وفي النترجة البيولوجية يجب زيادة عمر الحماة للتعويض في الدرجات الحرارة المنخفضة) [3]. والنترجة البيولوجية Biological nitrification هي عملية هوائية (Autotrophic nitrifiers) تستعمل نوعين من البكتريا لتحويل الأمونيا ammonia إلى نتريت ومن ثم الى نترات Nitrosomonas وNitrobacter كما في المعادلات (1-1-3-20) و (2-1-3-20) وكامل التفاعل (3-1-3-20).

$$NH_4^+ + 1.5O_2 + 2HCO_3^- \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO_2^- + 2H_2CO_3 + H_2O \quad (1\text{-}1\text{-}3\text{-}20)$$

$$NO_2^- + 0.5O_2 \xrightarrow{\text{Nitrobacter}} NO_3^- \quad (2\text{-}1\text{-}3\text{-}20)$$

التفاعل الكلي:

$$NH_4^+ + 2O_2 + 2HCO_3^- \xrightarrow{\text{Nitrifiers}} NO_3^- + 2H_2CO_3 + H_2O \quad (3\text{-}1\text{-}3\text{-}20)$$

ونظرياً لكي نؤكسد 1 mg/L من NH_3-N يلزم 4.57 mg/L من الأوكسجين.

ومنه يمكن أن نقوم بحساب تقريبي للأوكسجين الكلي اللازم لـ BOD وللنتروجين بالعلاقة التالية:

$$\mathbf{O_2، kg/d = Q(K\ S_o + 4.57\ TKN)} \quad (4\text{-}1\text{-}3\text{-}20)$$

$$m^3 / d = Q$$

K = عامل تحويل لتحميل BOD على نظام النترجة وهو تقريباً = (1.18 - 1.25)

TKN= النتروجين الكلي حسب تجربة كيلدال mg/L

So = BOD_{inf}, mg/L إلى حوض التهوية

عامل أمان SF = 2.5

ويمكن أن يكتب التفاعل:

$$NH_4^+ + 1.83O_2 + 1.98HCO_3^- \rightarrow 0.021C_5H_7NO_2 + 1.041H_2O + 0.98NO_3^- + 1.88H_2CO_3$$

(5-1-3-20)

ملاحظة :

1 - معدل نمو البكتريا المنترجة (nitrifying bacteria) أطول بكثير من بكتريا الأكسدة الكربونية (heterotrophic bacteria) بحيث زمن الجيل أطول بـ (10 - 30) ساعة.

2 - وكذلك نمو البكتريا المؤكسدة للنتريت اكبر من نمو البكتريا المؤكسدة للأمونيا.

3 - مركبات النتروجين(القابلة للنترجة بالبكتريا) تشكل **حوالي 8 % من MLVSS.**

- العوامل الحركية للنترجة:

تعتمد العوامل الحركية للنترجة البيولوجية على عدة عوامل منها تركيز الأمونيوم ، PH ، ودرجة الحرارة والأوكسجين المنحل وكذلك نسبة BOD إلى TKN وهذا هام أيضاً للمعالجة الكربونية النتراتية. نسبة نمو البكتريا المنترجة تعطى(معادلة مونود) (6-1-3-20).

$$\mu = 1/X\ (dS/dt) = \mu`\ (S/K_S + S) \qquad (6 - 1 - 3 - 20)$$

حيث :

μ. معدل نمو البكتريا المنترجة/يوم.

$\mu`$. معدل النمو النوعي الأعظمي/يوم. (معدل النمو في الشروط النظامية).

X. تركيز البكتريا.

S. تركيز المواد المغذية $(NH_3\text{-}N)$, mg/L.

t. الزمن (أيام).

K_S. تركيز المواد المغذية في نصف معدل النمو الأعظمي (mg/L) إقل من (1 mg/L), (0.18 - 1).

وحيث إن K_S صغيرة فتصبح المعادلة:

$$\mu = 1/X\ (dS/dt) = \mu` \qquad (7 - 1 - 3 - 20)$$

<u>وهذا يعني أن نسبة النترجة مستقلة عن تركيز المواد المغذية الابتدائية.</u>

كما نجد في الجدول (20-3-1-1) العوامل الحركية للنترجة في نمو معلق وهي تكون أصغر عندما تكون النترجة مع الحمأة المنشطة في نفس الحوض.

الجدول (20-3-1-1)

العوامل الحركية للنترجة في النمو المعلق - 20 Cº

العامل الحركي	الواحدة	المجال	النموذجي
Nitrosomonas			
μ_m	d^{-1}	2-0.3	0.7
K_S	NH_4^+- N، mg/L	2-0.2	0.6
Nitrobacter			
μ_m	d^{-1}	3-0.4	1
K_S	NO_2^- - N، mg/L	5-0.2	1.4
الشاملة Overall			
μ_m	d^{-1}	3-0.3	1
K_S	NH_4^+-N، mg/L	5-0.2	1.4
Y	mg VSS/mg NH_4^+-N	0.3-0.1	0.2
K_d	d^{-1}	0.06-0.03	0.05

المصدر [3] – US EPA and c، Schroeder

معدل الأكسدة Oxidation rate

معدل الأكسدة النتراتية تتبع نمو البكتريا (Nitrosomonas) ويعبر عنه.

$$r_N = \mu_N / Y_N = r`_N (N / K_N + N) \qquad (8 - 1 - 3 - 20)$$

r_N = معدل أكسدة الأمونيا { (مؤكسد ، NH^+_4 – N) / (VSS.d) }

μ_N = نسبة نمو البكتريا d^{-1}

Y_N = عامل الأيض البكتيري (نمو Nitrosomonas) { (مزال ، (NH^+_4 – N) / (VSS.d) }

$\mu`N / YN = r`N$ معدل الأكسدة الأعظمي للأمونيا (يوم. VSS) /مؤكسد NH^+_4

$\mu`_N$ = معدل النمو الأعظمي للبكتريا d^{-1}

N = تركيز $mg/L\ NH_4^+$ -N

K_N = ثابت نصف الإشباع ($mg/L\ NH_4^+$-N, mg/L)

نسبة التحميل

نسبة تحميل الأمونيا المطبقة في حوض المعالجة البيولوجية {160 - 320 $g/(m^3.d)$} بدرجة حرارة C^o (10 - 20) وزمن تهوية 4-6 ساعات[3].

تركيز BOD

في المعالجة المشتركة تكون نسبة كمية أكسدة SBOD (المنحل)عالية بالنسبة لتركيز NH_3-N (غير النمو الثابت) وفي المعالجة المنفصلة تكون كمية SBOD أقل بالنسبة لإزالة، NH_3-N إن إزالة أكبر من SBOD تعطي تقدم في عملية النترجة. وبالنتيجة إن النترجة حساسة للأحمال العضوية وتحدث إذا انخفض الحمل إلى مستوى معين من الإزالة الكربونية ويقدر $SBOD_5$ = 20 mg/L (أو أقل). (من US EPA 1975b، McGhee 1991) ، في المعالجة المشتركة للإزالة الكربونية والنتراتية تكون نسبة **(BOD / TKN>5)** وفي المعالجة المنفصلة أكبر من 1 وأقل من 3 وعموماً المعالجة في المرحلة الكربونية يتم فيها تخفيض النسبة بسهولة إلى دون 3.

درجة الحرارة . الحرارة المثالية لتفاعلات النترجة بين C^o (30 - 36) ويتوقف التفاعل تحت C^o 4 واكبر من C^o 45 والعلاقة بين $\mu`$: نسبة النمو النوعي الأعظمي/يوم و K_N: ثابت نصف الإشباع للبكتريا المنترجة مع درجة الحرارة.

$\mu` = 0.47e^{0.098(T-15)}$ ، per day (9 - 1 - 3- 20)

$K_N = 10^{0.051T - 1.158}$ ، وهو ك N , (mg/L as N) (10 - 1 - 3 - 20)

K_N= ثابت نصف الإشباع ، mg/L NH_4^+ -N , mg / L

T= درجة حرارة المياه C^o

في النمو الثابت: لا يتأثر النمو الثابت بدرجات الحرارة أدنى من ($15\ C^O$) أي لا تتأثر النترجة مثل النمو المعلق المعادلة التالية (20-3-1-11) تبين تأثير درجة الحرارة على معدل النترجة للنمو الثابت بدرجة حرارة T، C^o

$$\mu_T = \mu_{20}\ \theta^{(T-20)} \qquad (11 - 1 - 3 - 20)$$

الأوكسجين المنحل. نسبة نمو البكتريا المنترجة وعلاقتها بالأوكسجين المنحل (Monod-type)المعادلة (20-3-1-12).

$$\mu_N = \mu` (DO/ K_{O2} + DO) \qquad (12 - 1 - 3 - 20)$$

K_{O2} . ثابت نصف الإشباع للأوكسجين mg/L ويعادل 0.15 mg/L في درجة $15\ C^O$ و 2.0 mg/L في درجة $20C^O$.

القلوية وPH. يمكن إيضاح تأثير القلوية من المعادلة (20-3-1-3) حيث يتحطم 7.14 mg/L من $CaCo_3$ لكل NH_3-N مؤكسدة، أما في النمو الثابت (الأقراص الدوارة) فيتحطم 8 mg/L من $CaCo_3$ كل NH_3 - N - مؤكسدة.

PH المثالية للتفاعل(7 - 9.5)والفعالية العظمى تكون عند 8.5: PH.
وفي التجارب[3] وجد انه عندما ينخفض PH من 7 إلى 6.5 يهبط التفاعل من (1.51 g NH_3. N/(m^2.d)) إلى (0,83 g NH_3.N / (m^2.d)).

والنتيجة أنه أعطيت معادلة لجمع التأثيرات في معادلة واحدة بحيث درجة الحرارة بين C^O (8- 30) ,PH > 7.2 و K_{O2} = 1.3mg/L و $U_N`$ = 0.47 .

$$\mu_N = 0.47\left[e^{0.098(T-15)}\right]\left[\frac{N}{10^{(0.051T-1.158)}+N}\right]\left[\frac{DO}{1.3+DO}\right][1-0.833(7.2-pH$$

(13 - 1 - 3 - 20)

الإزالة الكربونية والنتراتية في النمو الثابت.

في المرشحات البيولوجية تتحقق النترجة بالتدوير ونسبة تدوير 1/1 من التدفق هي مناسبة للنمو الثابت [3] ، وفي الأقراص الدوارة يتم تحقيق النترجة ببناء مرحلتي معالجة وتبدأ النترجة عند انخفاضSBOD دون 15 ملغ/ليتر.

مثال.

صمم بطريقة الحمأة المنشطة من اجل الأكسدة الكربونية والنتراتية وفق المعطيات في الجدول التالي. احسب حجم حوض التهوية والاحتياج الأوكسجيني وكمية الكتلة الحيوية المزالة في اليوم.

• التدفق التصميمي	3785 m^3/d
• BOD_{inf} الداخل	160 mg/L
• TKN الداخل	30 mg/L
• NH_3-N الداخل (امونيا نتروجين)	15 mg/L
• DO_{min} في حوض التهوية	2.0 mg/L
• درجة الحرارة الدنيا	$16C^0$
• µ` معدل النمو الأعظمي	1/d
• PH الأدنى	7.2
• افرض عامل الأمان (ظروف التحميل المؤقتة)	2.5
• MLSS	2500 mg/L
• BOD_{eff} أو SS_{eff}	15 mg/L
• القلوية الكلية $CaCo_3$	190 mg/L
• افرض أن مركبات النتروجين تشكل 8 % من MLVSS	

الحـــل.

الخطوة 1. احسب نسبة النمو الأعظمي لبكتريا النترجة تحت ظروف التشغيل PH ، DO، T المذكورة و K_{O2}= 1.3mg/L. من العلاقة .(20-3-1-10)

$$K_N = 10^{0.051T - 1.158} = 10^{0.051 \times 16 - 1.158} = 0{,}455 \text{ mg/L (asN كـ)}$$

$$N = 15 \text{ mg / L (as N كـ)}$$

عامل تصحيح الحرارة من المعادلة (20-3-1-9) بدون القيمة 0.47 = U_N` (لأنها ستأتي ضمن سياق المعادلة الشاملة).

$$= e^{0.098(T-15)} = 1.1$$

عامل تصحيح PH = 1 لأن PH اكبر من 7.2

$$\mu_N = \hat{\mu}_N \left(\frac{N}{K_N + N}\right) \left(\frac{DO}{K_{O_2} + DO}\right)[1 - 0.833(7.2 - pH)]$$

$$= 0.47d^{-1}\left[e^{0.098(T-15)}\right]\left(\frac{15}{0.455 + 15}\right)\left(\frac{2}{1.3 + 2}\right) (1)$$

$$= (0.47\ d^{-1})\ (1.1)\ (0.97)\ (0.61)\ (1) = 0.30\ d^{-1}$$

الخطوة 2. احسب معدل أكسدة الأمونيا الأعظمي باستعمال المعادلة (20-3-1-8)

$$r_N = \mu_N / Y_N$$

من الجدول (20-3-1-1)

$$y_N = 0.2 \text{ mg VSS/mg } NH_4^+\text{- N}$$

$$\text{max. } r`_N = (0.30\ d^{-1})/0.2 = 1.5d^{-1}$$

الخطوة 3. احسب عمر الخلايا الأصغري(عمر الحمأة الأصغري) من المعادلة (13-6-2-4).

$$1/\theta_c \sim Y.k`-k_d$$

من الجدول (20-3-1-1) $Y = y_N = 0.2$

ومن الخطوة 2. $k` = r_N = 1.5\ d^{-1}$

ومن الجدول (20-3-1-1) $k_d = 0.05$

$$1/\theta_c = 0.2(1.5\ d^{-1})-0.05\ d^{-1} = 0.25d^{-1}$$

$$\text{Minimum } \theta_{c\ -\ min} = 1/\ 0.25\ d^{-1} = 4\ d$$

ملاحظة. يمكن أن يحسب θ_c (عمر الحمأة)

$$\theta_c = 1/\ \mu_N = 1\ /0.3\ d^{-1}\ = 3.33\ d$$

الخطوة 4. احسب عمر الحمأة التصميمي.

$$\text{التصميمي } \theta_{c-d} = SF \times \text{min. } \theta_{c\ -min} = 2.5 \times 4\ d = 10d$$

الخطوة 5. احسب معدل الاستخدام النوعي للمواد المغذية U لأكسدة الأمونيا، من المعادلة (13-6-2-13)

$$1/\ \theta_c = yu\ -k_d$$

أو

$$u = 1/y\ (1/\ \theta_c\ + k_d)$$

طبق θ_{c-d} ك θ_c

$$u = 1 / 0.2 \, (1/ 10 + 0.05d^{-1}) = 0.75 \, d^{-1}$$

الخطوة 6. احسب تركيز الأمونيا ، N في المياه المعالجة من المعادلة (8-1-3-20).

$$r_N = \mu_N / Y_N = r`_N \, (N/K_N+N)$$

حيث : $U = 0.75d^{-1}$.

$(NH_4^+ -N)$ $K_N = 0.45$ mg/L من (1).

$r_N = 1.5d^{-1}$ معدل النمو الأعظمي من (2).

$$0.75 \, d^{-1} = (1.5) \, N / (0.455 + N)$$

$$N = 0.45 \text{ mg/L}$$

الخطوة 7. احسب معدل BOD العضوي المزال U. و F/M.

يطبق عمر الحمأة θ_{c-d} للبكتريا المنترجة والبكتريا عضوية التغذية هيتيرو تروفيك (hetero trophic).

$$1/ \theta_{c-d} = yu - k_d$$

$$\theta_{c-d} = 10 \text{ d}$$

من الجدول (13-6-2-1)

$$Y = 0.6 \text{ kg VSS/kg } BOD_5$$

منه $k_d = 0.06\ d^{-1}$.

$$1/10\ d = 0.6U - (0.06 d^{-1})$$

$$U = 0.27\ kg\ BOD_5 \text{ مزال} / (kg\ MLVSS \cdot d)$$

وبفرض نسبة إزالة BOD = 90% منه يكون نسبة الغذاء على الأحياء الدقيقة F/M .

$$F/M = 0.27 / 0.9 = 0.30\ kg\ BOD_5 / (kg\ MLVSS \cdot d)$$

الخطوة 8. احسب زمن المكوث الهيدروليكي اللازم θ لأكسدة المواد العضوية والأمونيا.

$$\theta = (S_0 - S) / U.X \quad \text{أو} \quad U = (S_0 - S) / \theta.X$$

a - من أجل أكسدة المواد العضوية.

$S_0 = 160\ mg/L$ داخلة

$S = 15\ mg/L$ مطلوبة

$U = 0.27\ d^{-1}$ من الخطوة(7)

$$X = MLVSS = 0.8\ MLSS = 0.8 \times 2500\ mg/L = 2000\ mg/L$$

منه:

$$\theta = (160 - 15)\ mg/L / (0.27 d^{-1})(2000\ mg/L) = 0.269\ d$$

$$\theta = HRT = 6.4\ h$$

b - من أجل النترجة.

N_o = TKN = 30 mg/L (معطي)

N = 0.45 mg/L من الخطوة (6)

U = 0.75 d^{-1} من الخطوة (5)

مركبات النتروجين(القابلة للنترجة بالبكتريا) تشكل 8 % من MLVSS منه.

X = 2000 mg/L x 0.08 = 160 mg/L

θ = (30 - 0.45) mg/L/ (0.75 d^{-1}) (160 mg/L) = 0.246 d

θ = 5.9 h

نلاحظ أن الزمن اللازم للنترجة متوفر مع الأكسدة الكربونية (او الحجم متوفر ضمن الحوض).

الخطوة 9 : احسب V حجم حوض التهوية اللازم معتمدا على إزالة المواد العضوية.

$V = Q\theta = (3785\ m^3/d)\ (0.269\ d) = 1020\ m^3$

الخطوة 10 : احسب معدل تحميل BOD_5.

الحمل العضوي:

$BOD = (3785\ m^3/d)(160\ g/m^3)/(1000\ g/kg) = 606\ kg/d$

معدل تحميل BOD_5

$= (606\ kg/d)/(1020\ m^3) = 0.59\ kg/(m^3.\ d)$ (OK)

ملاحظة: هي أدنى من التحميل للحمأة المنشطة المزج الكامل الواردة في الجدول.

الخطوة 11 : احسب كمية الأوكسجين الكلية اللازمة.

تحسب كمية الأوكسجين اللازمة من أجل إزالة BOD_5 وTKN وكتلة المواد المتطايرة (خلايا) المنتجة من عامل التحويل. وهي بنفس طريقة الحمأة المنشطة المذكورة .

وطريقة أخرى أن نقوم بحساب تقريبي بالمعادلة (20-3-1-4).

$$O_2, kg/d = Q(KS_0 + 4.57\ TKN)$$

$$Q = 3785\ m^3 / d$$

K = عامل تحويل لتحميل BOD على نظام النترجة من(1.1 - 1.25).

4.57 mg/L = لأكسدة كل TKN من المعادلة (20-3-1-3) أكسدة 1 mg/L من NH_3-N يلزم 4.57mg/L من الأوكسجين).

وعلى سبيل المثال نفرض K = 1.18 وعامل أمان SF= 2.5.

$$O_2, Kg / d = 2785 m^3/d\ [1.18\ (160\ mg/L) + 4.57\ (30\ mg/L)] / 1000 \times 2.5 =$$

$$Kg/d = 3084$$

الخطوة 12 : ادرس الحمأة المصرفة.

تتضمن المواد الصلبة (في المياه المعالجة) والحمأة المصرفة من الحمأة العائدة أومن المزيج المنحل والحمأة المصرفة هي مخرج المعادلة (13 - 6 - 1 - 4).

$$\theta_c = VX / Q_{Wa} X + Q_e X_e$$

منه الحمأة المصرفة في اليوم.

$$Q_{wa} X + Q_e X_e = VX/\theta_c$$

$$V = 1020\ m^3$$

$$X = MLVSS = 0.8 \times MLSS = 0.8 \times 2000\ mg/L = 1600\ mg/L$$

$$VX = 1020\ m^3 \times 1600\ (g/m^3)/(1000\ g/kg) = 1632\ kg$$

$$\theta_c = 10.d = \theta_{c\text{-}d}$$

$$VX/\ \theta_c = 1632\ kg/10\ d$$

$$= 163\ kg/d$$

في مياه الصرف المعالجة بعد حوض الترسيب يكون TSS = 15 mg/L
منه نحسب كمية VSS في اليوم

$$VSS = 0.8 \times 15\ mg/L = 12\ mg/L = 12\ g/m^3$$

$$Q_e X_e = 3750\ m^3/d \times 12(g/m^3)/(1000\ g/kg) = 45\ kg/d$$

منه VSS تركيز الكائنات الدقيقة المصرفة من المزيج المنحل أو الحمأة المعادة.

منه وزن الحمأة المصرفة.

$$Q_{wa} X = VX/\theta_c - Q_e X_e = (163 - 45)\ kg/d = 118\ kg/d$$

الخطوة 13 : ما هي القلوية المتبقية بعد عملية النترجة. بحيث يتحطم $CaCo_3$ 7.14 mg/L لكلNH_3-N مؤكسدة.

$$Alk. = 190\ mg/L - 7.14\ (15\ mg/L)$$

$$= 83\ mg/L\ CaCo_3$$

وهذا كاف للإبقاء علىPH فوق 7.2 .

20-3-2. إزالة النتروجين Denitrification

مقدمة : إزالة النتروجين البيولوجي Biological Denitrification هي تحويل النترات إلى غاز النتروجين وطرده من مياه الصرف ويتبقى من المعالجة خلايا من نوع اختياري facultative aerobic، والوسط الذي يتم فيه إزالة النتروجين يدعى منقوص الأوكسجين (anoxic) . ويوجد مجموعات مختلفة من البكتريا (.... ،Bacillus, Pseudomonas) . (US EPA 1975b) . التي تسهم في المعالجة البيولوجية لإزالة النتروجين.

لتحويل النترات إلى غاز هنالك خطوتان الخطوة الأولى تحويل النترات إلى نتريت ومن ثم تحويل النتريت إلى غاز وفق المعادلات التالية :

$$2NO_3^- + 4e^- + 4H^+ \longrightarrow 2NO_2^- + 2H_2O \qquad (1\text{-}2\text{-}3\text{-}20)$$

$$2NO_2^- + 6e^- + 8H^+ \longrightarrow N_2 + 4H_2O \qquad (2\text{-}2\text{-}3\text{-}20)$$

كامل التفاعل:

$$2NO_3^- + 10e^- + 12H^+ \longrightarrow N_2 + 6H_2O \qquad (3\text{-}2\text{-}3\text{-}20)$$

وفي حال استعمال الميثانول كمصدر عضوي(لتامين الكربون) لإزالة النترات:

$$3NO_3^- + 14CH_3OH + 4H_2CO_3 \longrightarrow 3C_5H_7O_2N + 2OH_2O + 3HCO_3^-$$

20-3-2-1. طريقة تصميم أنظمة النترجة وإزالة النتروجين المشتركة.

process design for combined nitrification and denitrification system

إن الطريقة البسيطة المتبعة تعتمد على تحديد زمن المكوث الهوائي ومنقوص الأوكسجين (الانوكسيك) ونسبة التدوير اللازمة.

لنفترض إزالة كاملة للنترات في $(NO_3^- -N)$ مدور إلى مرحلة الانوكسيك، ونسبة التدوير اللازمة تتضمن (المزيج المنحل + الحمأة المعادة) يعطى:

$$R = \{\{ (NH_4^+ - N)_O - (NH_4^+ -N)_e \} / (NO_3^- -N)_e \} -1 \quad (1 -1 - 2- 3- 20)$$

R = نسبة التدوير الكلي (المزيج المنحل + الحمأة المعادة).

$(NH_4^- -N)_e$, $(NH_4^+ -N)_O$ = الأمونيا نتروجين الداخلة، الأمونيا نتروجين الخارجة mg/l .

$(NO_3^- -N)_e$ = النترات الخارجة mg/l.

وبما أن النترجة تحدث في القسم الهوائي فيعطى زمن مكوث المواد الصلبة اللازم للنترجة:

$$\theta`_c = \theta_c / V_{aeration} \qquad (2-1-2-3-20)$$

$V_{aeration}$ = نسبة حجم حوض التهوية.

$\theta`_c$ = زمن مكوث المواد الصلبة اللازم للنترجة في الطريقة المشتركة بمرحلة واحدة، d.

θ_c = زمن مكوث المواد الصلبة اللازم للنترجة في الطريقة التقليديةd.

والكتلة الحيوية يمكن أن تعطى بالرجوع إلى المعادلة (13-6-2-7)

$$V = \frac{\theta_c Q Y (S_0 - S)}{X(1 + k_d \theta_c)} \qquad (7\text{-}2\text{-}6\text{-}13)$$

وبإجراء بعض التعديل فيمكن أن نكتب [2].

$$\theta_a = \theta`_c \, Y_h (S_0\text{-}S) \,/\, X_a\{1+K_d f_{vss} \, \theta`_c\} \qquad (3\text{-}1\text{-}2\text{-}3\text{-}20)$$

بحيث:

X_a = MLVSS , mg/l

θ_a = زمن المكوث الهيدروليكي الكلي d.

$(S_O - S)$ = BOD المزال ويمكن أن نعتبره S_O, mg/l.

k_d =عامل الاضمحلال /يوم أو 1/t أو(معدل موت البكتريا).

Y_h = تؤخذ برقم شائع (055), (mg VSS / mg BOD_5) .

f_{vss} = النسبة المتحللة من MLVSS في التهوية وهو يعطى:

$$f_{VSS} = f`_{VSS} \,/\, \{1 + (1 - f`_{VSS}) \, K_d \, \theta`_c\} \qquad (4 - 1 - 2 - 3 - 20)$$

$f`_{vss}$ = هو النسبة المتحللة من VSS في الجيل ويعطى بشكل أعظمي (0.75-0.8).

زمن الانوكسيك يعطي بالمعادلة:

$$\theta_{DN} = (1- V_{aeration})\theta_a \qquad (5\text{-}1\text{-}2\text{-}3\text{-}20)$$

ولكن الزمن اللازم للانوكسيك $\theta`_{DN}$ (لإزالة النترات) يحدد بالمعادلة:

$$(\theta`_{DN} = N_{Denit}/(U_{Denit}\ X_a) \qquad (6\text{-}1\text{-}2\text{-}3\text{-}20)$$

N_{Denit} = كمية النترات التي سيتم منها إزالة النتروجين (denitrification).

U_{Denit} = معدل إزالة النتروجين d^{-1} من الجدول (20-3-2-1-1).

الجدول(20-3-2-1-1)
معدل إزالة النتروجين لمصادر كربون مختلفة*

مصدر الكربون (المواد العضوية)	معدل إزالة النتروجين U_{Denit}	درجة الحرارة Cº
ميثانول	0.32-0.21	25
ميثانول	0.9-0.12	20
مياه صرف	0.11-0.03	27-15
استقلاب داخلي المنشأ	0.048-0.017	20-12

* [2]

إذا كان $\theta`_{DN} = \theta`_{DN}$ فالحساب مطابق وإذا لم يكن يساوي فيعاد الحساب بافتراض نسبة حجم تهوية جديد.

ونلخص العوامل الحركية لإزالة النتروجين (Kinetics coefficients of the denitrification) بدرجة الحرارة 20Cº بالجدول (20-3-2-1-2).

الجدول(20-3-2-1-2)
العوامل الحركية لإزالة النتروجين بدرجة حرارة 20C° *

العامل	الواحدة	القيمة	
		المجال	النموذجي
μ_m	d^{-1}	0.90-0.3	0.3
K_s	NO_3^- - N, mg/L	0.2-0.06	0.1
Y	mg VSS/mg NO_3^- -N	0.9-0.4	0.8
K_d	d^{-1}	0.08-0.04	0.04

* [2]

مثال. احسب زمن التهوية وزمن منقوص الأكسجين (انوكسيك) لإزالة النتروجين بطريقة مشتركة مع حساب التدوير مفترضاً:

200 mg / l = BOD

الأمونيا نتروجين الداخلة N = 25 mg/l (ammonianitrogen)

الأمونيا نتروجين الخارجة N = 1.5 mg/l (ammonianitrogen)

النترات الخارج N = 5mg / l

الحرارة = $15C^O$

K_d (15 C^O) = 0.04

U_{Denit} (15 C^O) = 0.042

DO = 2 mg / l

θ_c = عمر الحمأة للنترجة 8.9d

$V_{aeration} = 0.71$

$f'_{vss} = 0.8$

الحل:

1 - احسب نسبة التدوير:

$$R = \{\{ (NH_4^+ - N)_O - (NH_4^+ - N)_e\} / (NO_3^- - N)_e\} - 1$$

$$R = (25 - 1.5 / 5) - 1 = 3.7$$

2 - احسب عمر الحمأة الكلي باستعمال المعادلة:

$$\theta`_c = \theta_c / V_{aeration}$$

$$\theta`_c = 8.9 / 0.71 = 12.5 \text{ d}$$

3 - احسب النسبة المتحللة من MLVSS من المعادلة :

$$f_{vss} = f'_{vss} /\{1+ (1-f'_{vss})K_d \theta_{c-n}\}$$

$$f_{vss} = 0.8/\{1+ (1 -0.8)0.04 \text{ x}12.5\} = 0.73$$

4 - احسب زمن التهوية الكلي:

$$\theta_a = \theta`_c Y_h(S_0-S) / X_a\{1+K_d f_{vss} \theta`_c\}$$

$$\theta_a = 12.5 \text{ x } 0.55\text{x}200 / 2500 \{1+ 0.04\text{x}0.73\text{x}12.5\} = 0.4 \text{ d} = 9.6 \text{ h}$$

5 - احسب زمن منقوص الأوكسجين (الانوكسيك):

$$\theta_{DN} = (1- V_{aeration})\theta_a$$

$$\theta_{DN} = (1- 0.71)0.4 = 0.12\ d = 2.9\ h$$

6 - احسب زمن منقوص الأوكسجين (الانوكسيك)اللازم لتحقيق إزالة النترات:

$$\theta`_{DN} = N_{Denit}/(U_{Denit}\ X_a)$$

$$\theta`_{DN} = (25 -1.5 -5)/(0.04x\ 2500)= 0.18d = 4.3h$$

نلاحظ إن الزمن اللازم لإزالة النتروجين غير كافي منه نفرض نسبة زمن جديد للتهوية.

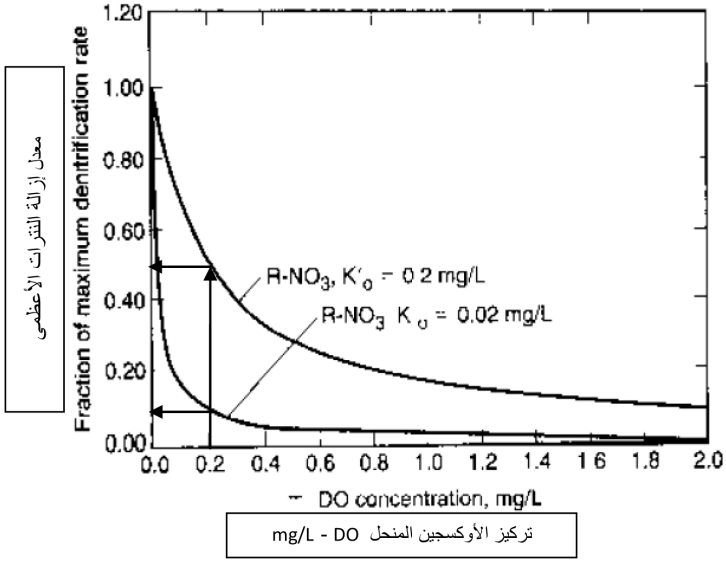
التدوير الداخلي من حوض التهوية حتى 400 % من التدفق أو يمكن التدوير من الحمأة المعادة [3]

- استطاعة المزج اللازمة لحوض المنقوص الأوكسجين (انوكسيك) اكبر من $(10W / m^3)$.

الشكل (20-2-3-1، للاطلاع) يوضح علاقة الأوكسجين المنحلDO بنسبة إزالة النترات(Denitrification) (إزالة النتروجين) ونلاحظ في المثال إنه عندما تنخفض DO عن (0.2 mg/L) تتسارع نسبة إزالة النترات بنسب عالية وذلك في الظروف المعطاة في الشكل. [1]

الشكل (20-3-2-1)

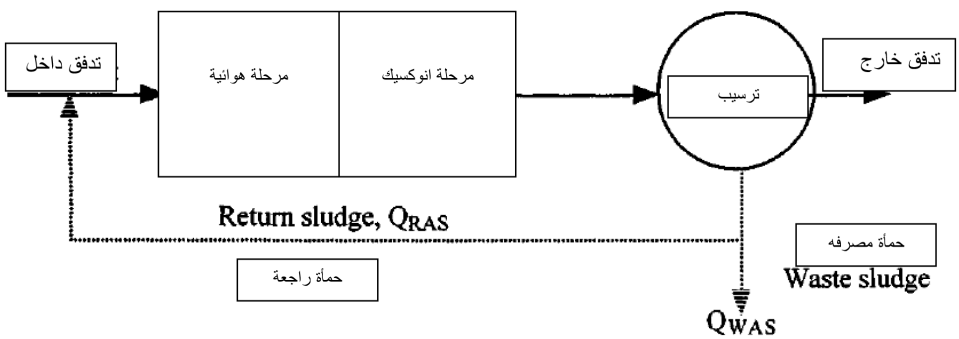
يوضح علاقة الأوكسجين المنحلDO بنسبة إزالة النترات



الأشكال. (a- 2- 2- 3- 20), (b- 2- 2- 3- 20), (c- 2- 2- 3- 20)، بعض الحلول لإزالة النتروجين Denitrification بمرحلة حمأة واحدة.

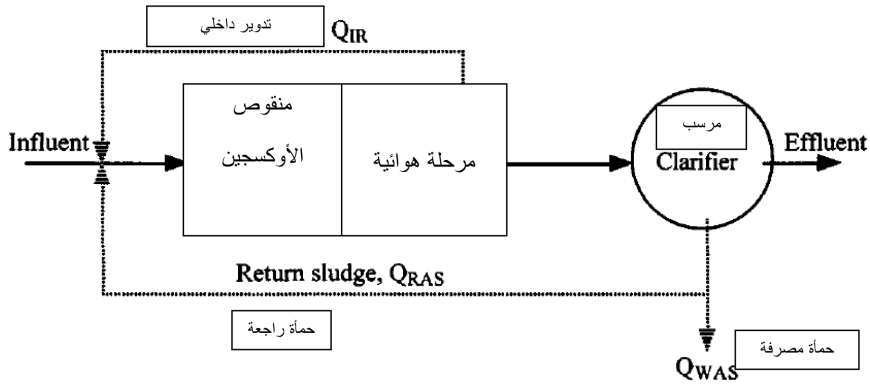
الشكل (a-2- 2- 3- 20)

إزالة النتروجين بمرحلة واحدة.[3]

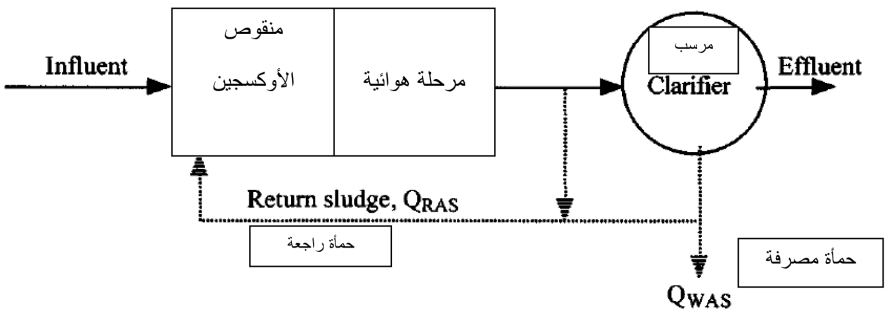


- علاقة التدوير الداخلي مع النترات في المياه المعالجة لمحطة معالجة (منقوص + هوائي) نحصل عليه من الشكل (20-3-2-3)[2] حيث $mg/L = NO_X$ كمية النترات في المياه المعالجة عندما تكون نسبة تدوير الحمأة (0.5).

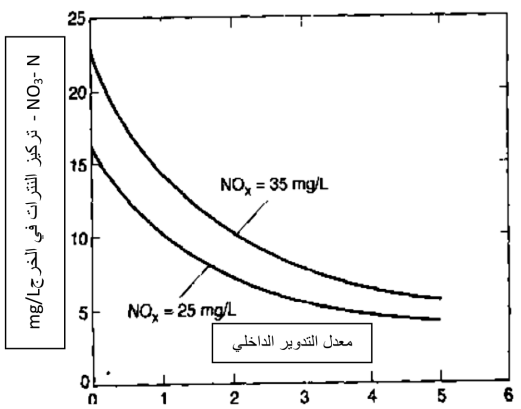
الشكل(20 -3 -2 -2-b)
إزالة النتروجين بمرحلة واحدة. [3]



الشكل (20 -3 -2 -2-c)
إزالة النتروجين بمرحلة واحدة

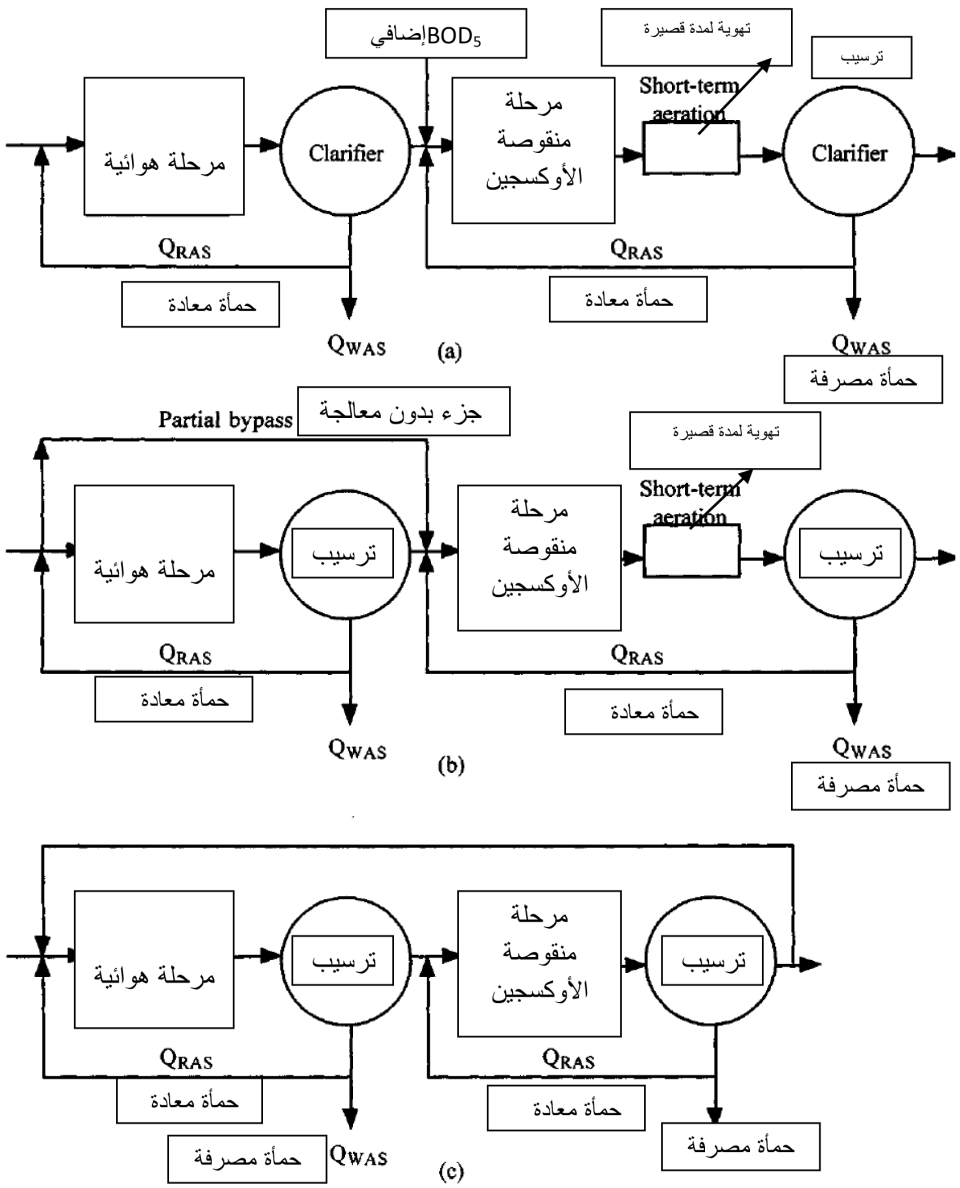


الشكل (20-3-2-3)
علاقة التدوير الداخلي مع تركيز النترات في المياه المعالجة



الأشكال (20- 3 - 2 - 4 - a وb وc) بعض الحلول لإزالة النتروجين Denitrification بمرحلتي حمأة وتدعى الحمأة المزدوجة.

الأشكال (20- 3 - 2 - 4 - a وb وc)
إزالة النتروجين بمرحلتين للحمأة (الحمأة المزدوجة).[3]

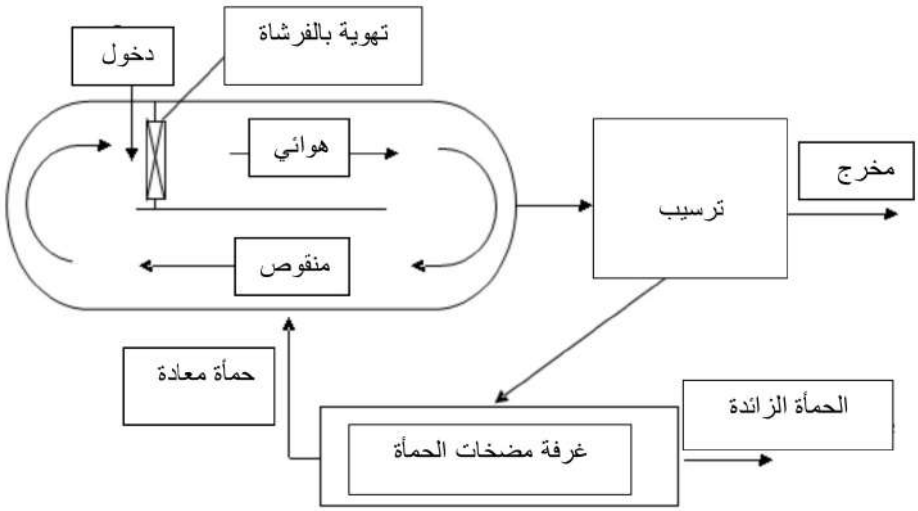


20-3-3. اقنية الأكسدة.Oxidation ditches.

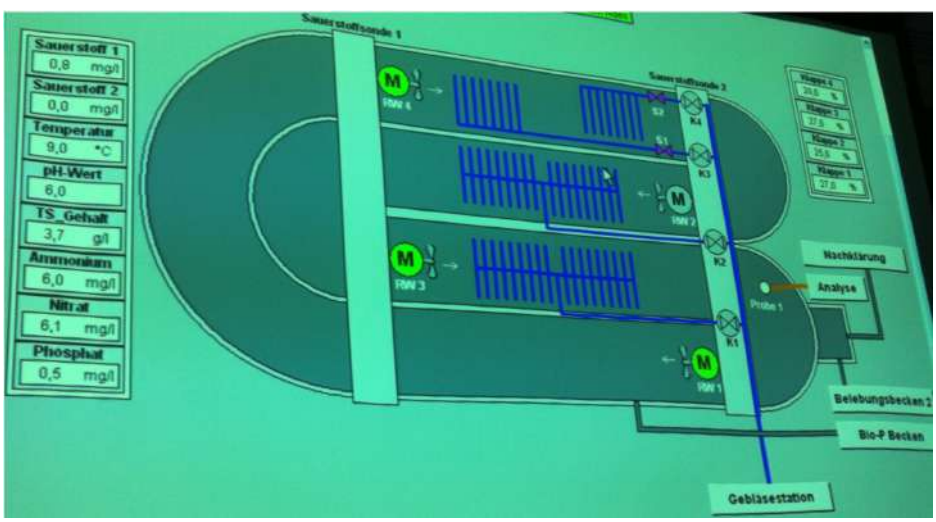
تسمى هذه الطريقة التهوية المدارية الشكل (20-3-3-1)(وتدعوها بعض المصادر بالعربية خنادق الاكسدة) ويزداد استعمالها نظراً لمردودها في المعالجة. تساق المياه ضمن حوض وفق مسارات دائرية أو إهليلجيه، وتستعمل عادة أجهزة تهوية من نوع الفرشاة بحيث تغمر 25 سم تحت الماء أو أحيانا أجهزة التهوية الميكانيكية أو أجهزة الهواء المذرور (الهواء المنشور). ونظرا لبقاء المياه فترة طويلة 16 ساعة أو أكثر وعمر الحمأة من 18-40 يوم، تتحقق فيها عملية النترجة وكذلك إزالة النتروجين وتعتبر إحدى ميزات الطريقة. وتدخل المياه الخام إلى الحوض عند ابتداء عملية إزالة النتروجين، وتكون سرعة الجريان في الحوض **(0.25 - 0.35)م/ث.** الشكل(20 -3 -3 -1 - a ,b ,c) في a صورة لأقنية الاكسدة ،b شكل يتحقق فيها أقسام مهواة وأقسام منقوصة الأوكسجين لإزالة النتروجين c، صورة (محطة في قرب مدينة روستوك بألمانيا) لواجهة برنامج سكادا يوضح عمل محطة المعالجة ومناطق الانوكسيك ونلاحظ مرواح تحريك الماء.

الشكل (20 -3 -3 -1 - a)

الشكل (20 -3 -3 -1 - b)



الشكل (20 -3 -3 -1 - c)



- اقنية أكسدة أزمنة متقطعة.Intermittent aeration process design

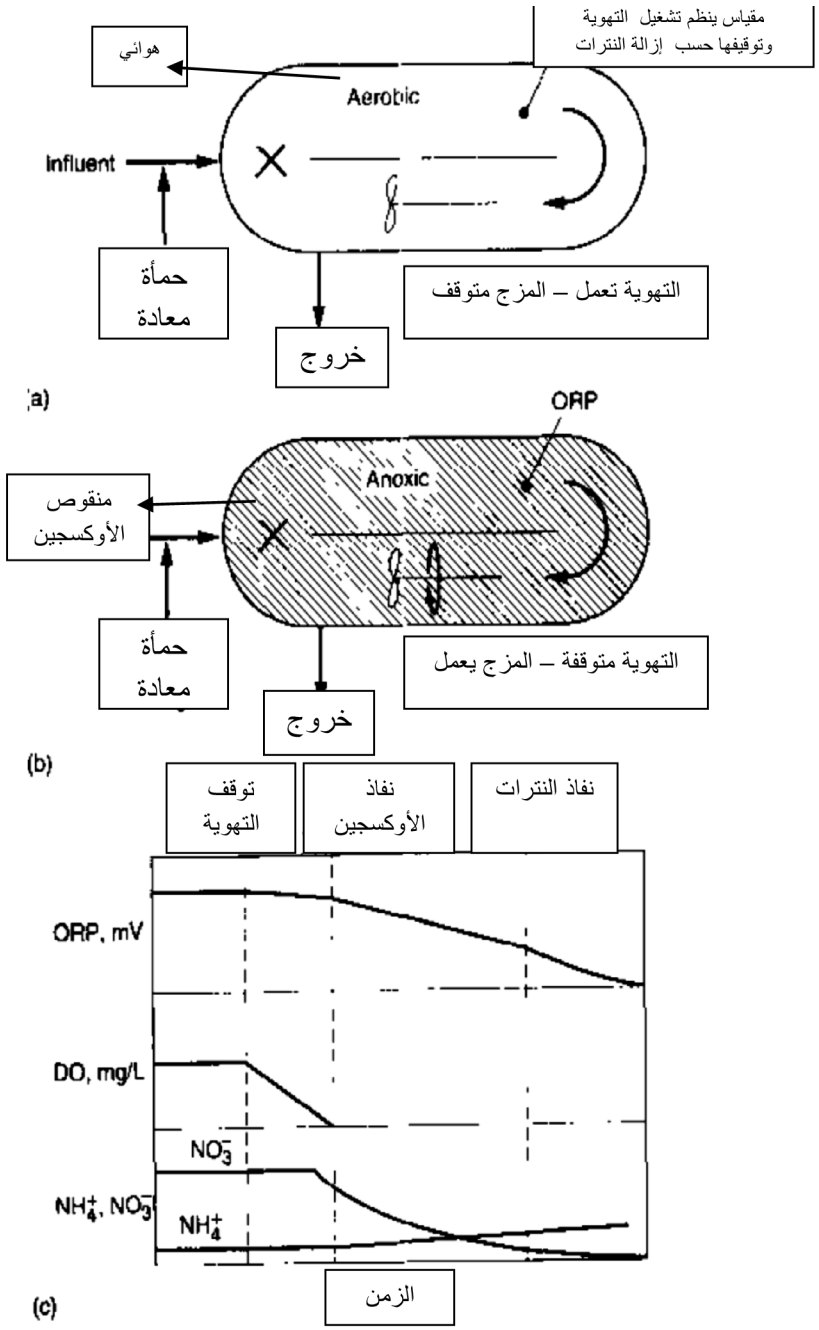
الشكل (20-3-3-2) حيث نحقق في نفس الحوض زمن تهوية ثم زمن آخر يحدث فيه منقوص الأوكسجين ونلاحظ عند انخفاض DO يحصل انخفاض

في النتروجين (يتم المراقبة بشكل آلي)ويتم تحريك مياه الحوض بمراوح خاصة عند توقف التهوية. عمر الحمأة من(18-40) يوم وزمن التهوية في حالة حمل عضوي عال 5-6 ساعة والتوقف 2-3 ساعة مع تحريك وفي حال حمل عضوي عادي وخفيف يمكن أن يكون زمن التهوية 3 ساعات والتوقف 5 ساعات مع تحريك. وفي [مت كالف2003] يعطي للطريقة زمن التهوية أكثر من 16 ساعة. الأوكسجين المنحل المثالي لإزالة النتروجين 0.00 ملغ/ليتر **ويتوقف إزالة النتروجين أعلى من 0.3 ملغ/ليتر** وزمن الدورة في الحوض **5-20 دقيقة** وحجم الحوض اكبر بـ 2-4 مرات من الحجم اللازم للنترجة وذلك للسماح بوجود حجم للانوكسيك كما يلاحظ انخفاض إزالة النتروجين بانخفاض درجة الحرارة فالانخفاض من 20C° إلى 10C° يسبب انخفاض في إزالة النتروجين 25 %.

من

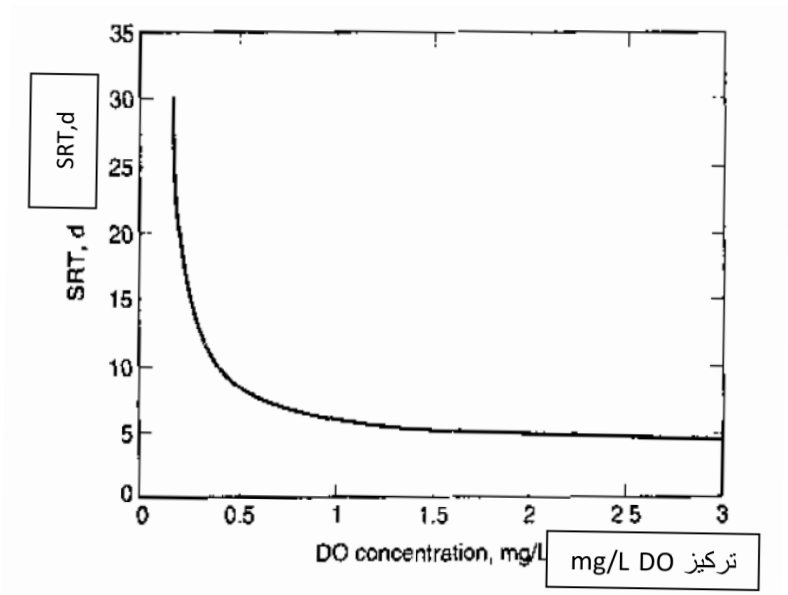
ENHANCING THE PERFORMANCE OF OXIDATION DITCHES (Larry W. Moore، Ph.D.، P.E.، DEE) + [1].

الشكل (20-3-3-2)
اقنية أكسدة / أزمنة متقطعة



الشكل (20-3-3-3) من [2]، يعطي تأثيرDO على SRT اللازم لتحقيق NH_4 - N {(1) mg/L} بدرجة حرارة $20C^0$ في الحمأة المنشطة المزج الكامل ونلاحظ إمكانية تحقيق النترجة بعمر حمأة طويل و DO منخفض أيضاً.

الشكل (20-3-3-3)
يعطي تأثيرDO على SRT اللازم لتحقيق
$20C^o$ بدرجة حرارة {(1) mg / L} (NH4 - N)



21

معالجة الحمأة المصرفة والتخلص منها
SLUDGE (RESIDUALS) TREATMENT AND DISPOSAL

نعني بالحمأة المصرفة هي الحماة الناتجة عن العمليات الفيزيائية الأولية أو المعالجة الثانوية (الثنائية) أو المعالجة الثلاثية، والمعالجة تتناول تصغير حجم الحمأة وتحويل عناصر الحمأة إلى عناصر أكثر استقراراً لتقليل تكاليف التعامل معها حيث قد تصل تكاليف معالجة الحمأة إلى 50 % من تكلفة التشغيل لمحطة المعالجة، وهي من المشاكل الكبيرة التي تحدد نجاح محطة المعالجة. (تتراوح كمية المواد الصلبة الكلية الناتجة بين 0.25 الى 12 % وزنا وذلك حسب طريقة المعالجة والاحمال في مياه الصرف [1]).

21-1. كمية وخصائص الحمأة Quantity and Characteristics of Sludge

كمية ونوع الحمأة تعتمد على نوع مياه الصرف وطريقة المعالجة المتبعة ففي إحصائية عريضة (12750 محطة معالجة) لكمية الحمأة الجافة للشخص الواحد في دولة كالولايات المتحدة وجد أن الشخص يعطي 21 كغ/عام (57.5غرام /يوم) مواد صلبة عضوية (biosolids) (Federal Register USA) وفي دراسة أخرى (إدارة الحمأة ir.Sveenstra) أو من EPA يعطى الشخص كمية من 30-40 ليتر حمأة في العام بتركيز من 5 - 10 % .

ملاحظة: تأخذ بعض المراجع كمية الحمأة لكل شخص 24 غرام تقريباً (إحصائية لـ 10000 محطة)، والوزن النوعي للحمأة وسطياً (1.02 - 1.05)

وللمواد الصلبة في الحمأة (1.2 - 1.45) والمواد الصلبة للحمأة مع مواد كيمائية (1.28 - 1.9)، كما تبلغ كثافة الحمأة الجافة (1300 - 1500)كغ/م^3.

ودراسة خصائص الحمأة يتضمن المواد الصلبة الكلية، المواد الصلبة العضوية (قابلة للتطاير) والمغذيات وPH ،الكائنات الممرضة، المعادن، المواد العضوية الكيمائية، والملوثات الخطرة.

- تحوي الحمأة من أحواض الترسيب الأولي على نسبة (3-7)% مواد صلبة فيها (60-80)% مواد عضوية وهي ذات لون رمادي موحل طيني متوسط الخشونة ذات رائحة كريهة وهي بحاجة لمعالجة لهضم المواد العضوية. الجدول (21-1-1) يعطي أنواع الحمأة من مختلف مراحل المعالجة المختلفة والجدول (21-1-2) النسبة المئوية للمواد الصلبة في مختلف أنواع الحمأة.

- الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الثنائية بنية اللون ورائحتها تشبه رائحة الأرض فإذا كان اللون غامقاً فيعني أن الحمأة متعفنة (septic condition) وتتألف الحمأة الثانوية (75 % - 90 %) مواد عضوية من كائنات دقيقة microorganisms ومواد قابلة للتحلل البطيء. الجدول (21-1-3) يعطي إنتاج الحمأة في منطقة الاتحاد الأوربي والتصرف في الحمأة ونلاحظ انه بتقسيم إنتاج الحمأة في ألمانيا على عدد سكانها البالغ حوالي 85 مليون نجد أن إنتاج الفرد 23.5 كغ/عام، وفي إيطاليا عام 2010 حوالي 25.3 كغ/عام.

الجدول (21-1-1) يعطي خصائص أنواع الحمأة في مختلف مراحل المعالجة*

معالجة مياه الصرف	الترسيب الأولي/ بالثقالة	حمأة المعالجة البيولوجية	المعالجة المتقدمة كيمائية - ترشيح..
الحمأة :			
• كمية الحمأة المتولدة L/m^3 من مياه الصرف .	3.5-2.5	20-15	30-25
- محتوى المواد الصلبة %	7-3	2-0.5	1.5-0.2
- محتوى المواد العضوية %	80 -60	60 -50	50-35
- قدرة المعالجة	سهلة	صعبة	صعبة
• الحمأة من مرشحات الحزام			
- تغذية المواد الصلبة %	7-3	6-3	
- كعكة الحمأة %	44-28	35-20	

*المصدر: EPA, WEF and ASCE (1991)

الجدول(21-1-2)
النسبة المئوية للمواد الصلبة في مختلف أنواع الحمأة [30]

نوع الحمأة	النسبة المئوية للمواد الصلبة في الحمأة	
	حمأة مهضومة	حمأة غير مهضومة
حمأة منفصلة		
من الترسيب الأولي		
• غير مكثفة	5.5 - 2.5	12 - 6
• مكثفة	10 - 5	-
من المرشح البيولوجي		
• غير مكثفة	6 - 3	8 - 6
• مكثفة	9 - 7	-
من الحماة المنشطة		
• غير مكثفة	1.2 - 0.5	3 - 2
• مكثفة	3.3 - 2.5	-
حمأة مشتركة		
ترسيب أولي ومرشحات بيولوجية		
• غير مكثفة	6 - 3	10 - 6
• مكثفة	9 - 7	-
ترسيب أولي وحماة منشطة		
• غير مكثفة	4.8 - 2.6	7 - 3
• مكثفة	9 - 4.6	-

الجدول (21-1-3)
إنتاج الحمأة في دول الاتحاد الأوربي والتصرف بها*

Member State	2010					2020				
	Total Sludge	Recycled to land	Incineration	Landfill	Other	Total Sludge	Recycled to land	Incineration	Landfill	Oth
	tds/a	%	%	%	%	tds/a	%	%	%	%
EU12										
Bulgaria	47,000	50	0	30	20	151,000	60	10	10	2
Cyprus	10,800	50	0	40	10	17,620	50	10	30	1
Czech Republic	260,000	55	25	10	25	260,000	75	20	5	
Estonia	33,000	15			85	33,000	15			8
Hungary	175,000	75	5	10	5	200,000	60	30	5	
Latvia	30,000	30		40	30	50,000	30	10	20	3
Lithuania	80,000	30	0	5	65	80,000	55	15	5	2
Malta	10,000			100		10,000	10		90	
Poland	520,000	40	5	45	10	950,000	25	10	20	4
Romania	165,000	0	5	95		520,000	20	10	30	4
Slovakia	55,000	50	5	5	10	135,000	50	40	5	
Slovenia	25,000	5	25	40	30	50,000	15	70	10	
EU12 Total	1,411,000	41	8	35	17	2,457,000	37	16	17	3
EU15										
Austria	273,000	15	40	>1	45	280,000	5	85	>1	1
Belgium	170,000	10	90			170,000	10	90		
Denmark	140,000	50	45			140,000	50	45		
Finland	155,000	5			95	155,000	5	5		9
France	1,300,000	65	15	5	15	1,400,000	75	15	5	
Germany	2,000,000	30	50	0	20	2,000,000	25	50	0	2
Greece	260,000	5		95		260,000	5	40	55	
Ireland	135,000	75		15	10	135,000	70	10	5	1
Italy	1,500,000	25	20	25	30	1,500,000	35	30	5	3
Luxembourg	10,000	90	5		5	10,000	80	20		
Netherland	560,000	0	100			560,000	0	100		
Portugal	420,000	50	30	20		750,000	50	40	5	
Spain	1,280,000	65	10	20		1,280,000	70	25	5	
Sweden	250,000	15	5	1	75	250,000	15	5	1	7
UK	1,640,000	70	20	1	10	1,640,000	65	25	1	1
EU15 total	10,153,000	43	29	11	17	10,530,000	44	37	4	1
EU27 total	**11,564,000**	**42**	**27**	**14**	**16**	**13,047,000**	**44**	**32**	**7**	**1**
EU12 (% of EU27 total)	*88*	*5*	*1*	*5*	*1*	*81*	*8*	*3*	*4*	
EU15 (% of EU27 total)	*12*	*38*	*26*	*9*	*15*	*19*	*36*	*30*	*3*	*1*

Source: Based on consultant estimates and information from the consultations; see the annexes to the Report on the Baseline Scenario and Analysis of Risk and Opportunities

Notes: As working estimates, 2010 production rates have been taken to be the same as 2020 production for Member States expecte to be in full compliance in 2010. For non-compliant states, rounded 2006 production rates have been used – see Annex 2 of Report for details. The estimate for Belgium includes 110,000 t ds for the Flemish region; 50,500 t ds for the Walloon Region and 5,000 t ds

* المصدر

. (Environmental، economic and social impacts of the use of sewage sludge on land)

إعداد (Milieu Ltd، WRc and RPA for the European Commission).

ملاحظة: في الهضم اللاهوائي يكون تركيز المواد الصلبة أكبر من الهضم الهوائي ويصل إلى أكثر من ضعف ونصف إلى ضعفان.

21-2. خيارات معالجة الحماة Sludge Treatment Alternatives

تختلف طرق إدارة ومعالجة الحمأة حسب كمية ونوع الحمأة والمبادئ الأساسية تتضمن : التكثيف، التثبيت، نزع الماء، التجفيف، التخلص النهائي. الشكل (21-2-1) يوضح طرق المعالجة المختلفة لمعالجة الحمأة، ويمكن تلخيص مراحل المعالجة حسب الحالة ودرجة المعالجة بما يلي:

أ – التخزين قبل المعالجة

- في أحواض الترسيب
- أحواض مستقلة (أقل حجم ممكن للتخزين)

ب – التكثيف قبل نزع الماء

- الترسيب بالثقالة
- التطويف بالهواء المنحل DAF
- بالقوة النابذة

ج – تثبيت الحمأة

- التثبيت بالكلس ويستعمل أيضاً كمعالجة أولية قبل الهضم اللاهوائي
- التثبيت بالحرارة
- الهضم اللاهوائي
- الهضم الهوائي

د – نزع الماء ميكانيكياً

- الترشيح بالإنفراغ

- بالطرد المركزي
- الترشيح تحت الضغط
- التجفيف بالحرارة

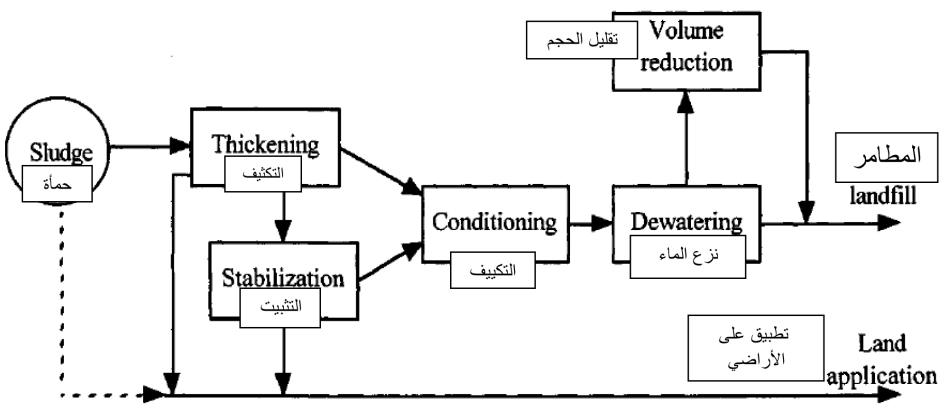
هـ – التجفيف الهوائي للحمأة المهضومة

- أحواض التجفيف الرملية
- البحيرات قليلة العمق

و – التخلص من الحمأة المنزوعة المياه

- الدفن في التربة
- الحرق
- إنتاج مخصبات للتربة
- الإلقاء في البحر

الشكل(21-2-1)
طرق معالجة الحمأة



1-2-21. تكثيف الحمأة Sludge thickening

الهدف من التكثيف هو تقليل حجم الحمأة وزيادة تركيز المواد الصلبة في الحمأة ليسهل التعامل معها بالنسبة للضخ والهضم ونزع الماء ولتقليل حجم المنشآت المعنية فمثلا حمأة منشطة نسبة المواد الصلبة 0.6 % تصبح بعد التكثيف 3 % حيث يتحقق تخفض لحجم الحمأة بحدود 5 مرات تقريباً.

مثال.

احسب حجم الحمأة عندما نخفض من 4 إلى 7 نسبة تركيز المواد الصلبة، بحيث الحمأة المنتجة باليوم 100/م^3/يوم.

الحل :

الخطوة 1. نحسب كمية المواد الصلبة الجافة المنتجة.

$$\text{Dry solids} = 100\ m^3.d \times 1000\ kg/m^3 \times 0.04 = 4000\ kg/d$$

الخطوة 2. نحسب الحجم بحيث 7 % محتوى المواد الصلبة.

$$V_7 = (4000\ kg/d)/[0.07(1000\ kg/m^3)] = 57.1\ m^3/d$$

الخطوة 3. احسب نسبة تنقيص الحجم.

$$\% = \frac{(100 - 57.1)\%100}{100m^3} = \%\ 42.9$$

1-1-2-21. التكثيف بالثقالة Gravity thickener

الشكل التالي(1-1-1-2-21) يوضح استعمال التكثيف بالثقالة لفصل المواد الصلبة عن المياه في الحمأة والطريقة تشبه حوض الترسيب

التقليدي ويتم دخول الحمأة من مركز الحوض من خلال الموجه وخروج المياه الطافية (الرواقة) من الهدارات.

الشكل (21-2-1-1-1)
نموذج مكثف حمأة من احد الشركات

ويمكن أن يضاف مواد كيمائية لتحسين فصل المياه عن الحمأة وفيما يلي ضوابط التصميم للحوض من [3]

- تحميل المواد الصلبة m^2 ,(30 - 60 Kg /m^2.d). من سطح قاع الحوض

- معدل التحميل الهيدروليكي النموذجي {16 to 32 m^3/(m^2. d)} .

- للحمأة المنشطة الترسيب النهائي أي ندف خفيف {4 -8 m^3/(m^2.d)}

- حمأة حوض الترسيب الأولي { 16 to 32 m^3/(m^2 . d) } .

- زمن المكوث للحمأة المنشطة في حوض التكثيف حوالي 18 ساعة إذا أردنا طرد الغازات، وتؤخذ بشكل عام من 3 - 6 ساعات .

- الشكل النموذجي للمكثف هو حوض دائري ارتفاع جدار الحوض (3 - 4)m.

- ميل القاع : 6 : 1 - 4 : 1. ويمكن أن يصل قطر الحوض إلى (25)m.

- يوضع أعمدة شاقوليه معدنية دوارة في الحوض (أو غير معدنية) لتسريع فصل الحمأة عن المياه.

الشكل (21-2-1-1-1) والشكل (21-2-1-1-2، a و cوb) نماذج أحواض تكثيف حمأة مركزية.

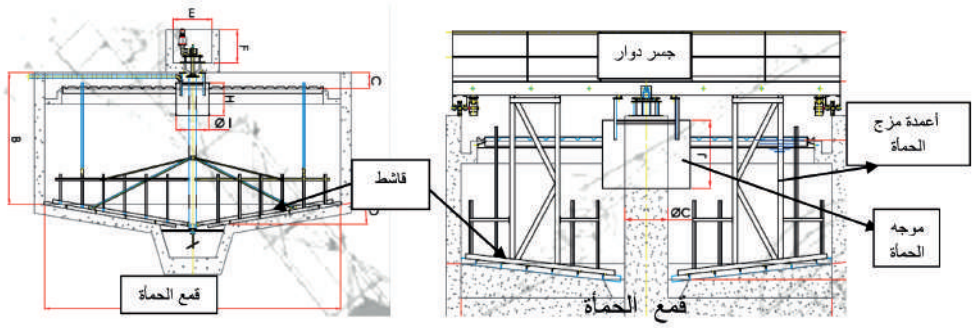
يتم سحب الحمأة من أسفل القمع المركزي السفلي بالضخ أو بالراحة كما تسحب المياه الطافية (الرواقة) من خلال هدارات جانبية كما في حوض الترسيب، يتم اختيار معايير التصميم عادةً من التجربة والقياسات المخبرية ويستعان بالجدول (21-2-1-1-1).

الجدول (21-2-1-1-1)
أهم معايير التصميم العملية للمكثف بالثقالة*

نوع الحمأة	تحميل الحمأة	نسبة المواد الصلبة في الحمأة %	
	$Kg/m^2/d$	قبل التكثيف	بعد التكثيف
حمأة أولية	150 – 100	5.5 – 2.5	10 - 8
حمأة من المرشحات البيولوجية	50 – 40	4 – 1	6 – 3
حمأة منشطة عادية	80 – 30	1.3 – 0.5	3 – 2.5
حمأة منشطة مع تهوية مديدة	35 -20	1 – 0.25	3 – 2
حمأة أولية مع حمأة منشطة	85 - 45	4.25 – 2.25	8 - 4.5

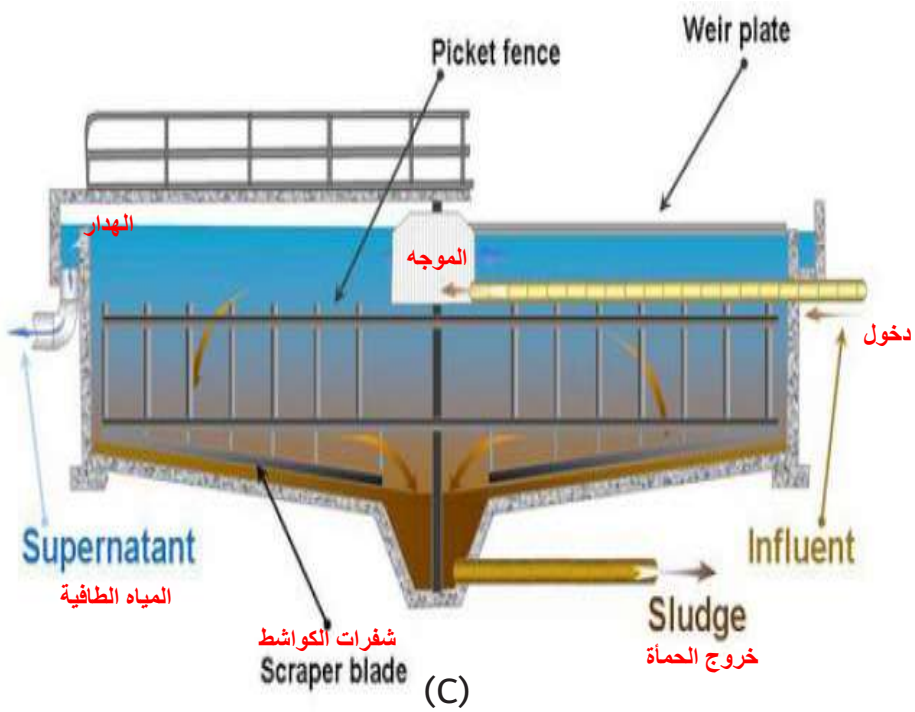
*من [1+2] وغيره من المراجع

الشكل (21-2-1-1-2 a و bوc)
نماذج أحواض تكثيف حمأة مركزية(يتبع)



(a) (b)

تابع الشكل (21-2-1-1-2 a و bوc)
نماذج أحواض تكثيف حمأة مركزية



(C)

مثال 1 :

حمأة كان فيها نسبة المواد الصلبة 4 % كثفت إلى 9 % ما هو عامل التركيز:

$$= \frac{\%9}{\%4} = 2.25$$

ملاحظة: يجب أن يكون عامل التركيز (2) أو أكثر للحمأة الأولية و(3) أو أكثر للحمأة الثنائية.

مثال 2 :

حوض تكثيف حمأة أولية قطره 9m وارتفاعه الجانبي (3m) تدفق الحمأة (303L/ min) مع تركيز المواد صلبة 4.4 %، تدفق الحمأة المسحوبة (125 L/min) بتركيز مواد صلبة (6.8 %)، طبقة الحمأة (1m).

وفي التدفق الخارج من المكثف (TSS = 660 mg/L). حدد:

1 - زمن مكوث الحمأة.

2 - إذا كانت طبقة الحمأة ستزيد أو ستنقص في الظروف الحالية؟

الخطوة1 : حدد زمن مكوث الحمأة.

a . نحسب حجم طبقة الحمأة.

$$V = \pi (9\ m/2)^2 \times 1\ m = 63.6\ m^3$$

b . احسب الحمأة التي تم ضخها p.

$$P = 125\ L/min \times 1440\ min/d = 180000\ L/d$$

c . زمن المكوث DT

$$DT = v/\ p$$

$$= 63،600\ L/(180،000\ L/d) = 0.353\ d\ = 8.48\ h$$

الخطوة 2 : احسب زيادة أو نقص طبقة الحمأة في المكثف.

a . احسب وزن المواد الصلبة الداخلة بفرض المواد الصلبة 1kg /L.

$$S_{in} = 303\ L/min \times 1440\ min/d \times 1\ kg/L \times 0.044 = 19200\ kg/d$$

b . احسب وزن المواد الصلبة المسحوبة.

$$= 125\ L/min \times 1440\ min/d \times 1\ kg/L \times 0.068 = 12240\ kg/d$$

c . احسب وزن المواد الصلبة TSSفي التدفق الخارج من المكثف.

TSS = 660 mg/L = % 0.066

303x1440 x 1 x (%0.066 / %100)= 288Kg/d ~ 290Kg/d

= الصلبة المفقودة

d . احسب وزن المواد الصلبة الكلية الخارجة.

S_{out} = (2b) + (2c) = (12240 + 290) kg/d = 12530 kg/d

e . قارن 2a و 2d.

S_{in} 19200 Kg/d > S_{out} 12530 Kg/d

نستنتج أن سماكة طبقة الحمأة ستزداد.

2-1-2-21. تكثيف الحمأة بالتطويف DAF

ويدعى التطويف بالهواء المنحل، Dissolved air flotation thickening. وهو يستعمل لتطويف المواد الصلبة للحمأة وخصوصاً الحماة المنشطة، وكذلك تستعمل الطريقة لتطويف الزيوت والشحوم. في مكثف DAF يتم حل الهواء في المياه تحت الضغط (saturated الإشباع) في غرفة خاصة (2.80 - 5.50 bar)، وعند تحرر الضغط (ويكون عند مدخل الحوض) تظهر فقاعات صغيرة جداً (60 -100 µm) تقوم بدفع المواد الصلبة باتجاه الأعلى، يتم استعمال مياه مطوفة من حوض التطويف لإعادة ضغطها أو تستعمل مياه جديدة أو تستعمل مياه الصرف بعد حوض التطويف، الشكل (21-2-1-1) يوضح نموذج طريقة إعطاء المياه المتشبعة بالهواء saturated وأغلب تصاميم الشركات تقوم بسحب المياه من الجزء المتوسط السفلي من حوض التطويف، وأهم ما في التصميم نسبة الهواء إلى المواد الصلبة A/S، الجدول رقم (21-2-1-2-1) يوضح مختلف الحالات المذكورة، الأشكال(21-2-1-2-2) توضح تطويف مياه صرف لمعمل ألبان مع

ترسيب باستعمال الصفائح المائلة المثبتة في حوض التطويف.

وفيما يلي أهم ضوابط التصميم:

- نسبة تحميل الحمأة (29 - 300 Kg solids/m^2.d) (في [3] التحميل للحماة المنشطة (10 - 20 Kg solids / m^2.d) .

- مكثف الحمأة بالتطويف يعطي كفاءة 85 % - 99 %.

- زمن الحجز في غرفة الضغط : 1-3 دقيقة.

- زمن الحجز الهيدروليكي : 10-20 دقيقة.

- نسبة الهواء إلى المادة الصلبة A / S : 1 - 4 % .

- الضغط : (2.80 - 5.50 bar).

- التحميل الهيدروليكي : $m^3/m^2/d$ (12 - 200). أو (30 to 120 $m^3/m^2.d$) من water and Waste water engineering

- النسبة المئوية للمواد الصلبة في الزبد وزنا: (4-8)، (في [1] 3 - 6 %).

الجدول (21-2-1-2-1)

يوضح مختلف حالات التحميل لمكثف DAF، من [1]

نوع الحمأة أو المواد الصلبة العضوية	التحميل مواد صلبه (kg /(m^2. h)	
	بدون إضافة مواد كيمائية	مع إضافة مواد كيمائية
حماة منشطة:		
- المزيج المنحل	1.2- 3	حتى 10
- مرسبة	2.4- 4	حتى 10
حمأة منشطة بالأوكسجين الصافي	3- 4	حتى 10
حمأة مرشح بيولوجي	3- 4	حتى 10
حمأة أولية مع حمأة منشطة	3- 6	حتى 10
حمأة أولية مع حمأة مرشح بيولوجي	4- 6	حتى 10
حمأة أولية فقط	4- 6	حتى 12.5

ملاحظة: لحساب كمية المياه المدورة الى خزان الضغط يوجد معادلات لحسابها ويمكن فرض نسبة التدوير /1.25-1/ وادخالها في حساب زمن المكوث والتحقق من التحميل(المراجع)

مثال 1.

احسب نسبة التحميل الهيدروليكي والمواد الصلبة لمكثفDAF قطره (9m) يعالج (303 L/min) حمأة منشطة وTSS للحمأة (7800mg/L).

الحل:

الخطوة 1. المساحة الأفقية للحوض: $A = \pi (9\ m/2)^2 = 63.6\ m^2$

(303 L/min) /63.6 m^2 = 4.76L/ ($min.m^2$) = 6.86 m^3/d

= التحميل الهيدروليكي

الخطوة 2. احسب تحميل المواد الصلبة.

TSS (WAS) = 7800 mg/L = % 0.78

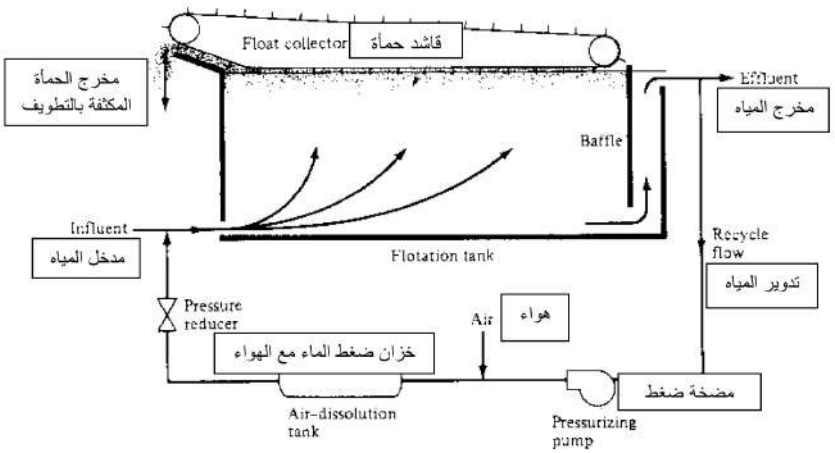
= 303 L/min x 60 min/h x 1 kg/L x (%0.78/%100) = 141.8 kg/h

= حمل المواد الصلبة

= (141.8 kg/h) /63.6m^2 = 2.23 kg/(m^2. h) = 53.3 kg/(m^2. d)

= نسبة تحميل المواد الصلبة

الشكل (21-2-1-2-1) DAF
يوضح إحدى طرق إعطاء المياه المتشبعة بالهواء



الأشكال (21-2-1-2-2)
قشد الدهونDAF في مياه صرف ألبان واجبان
(تطويف مع صفائح مائلة)

مثال 2.

حوض تطويف DAF يعالج (303 L/min) حمأة منشطة مصرفه تركيزها (8600 mg/L) أُضيف الهواء بنسبة (170 L/min) .

1 - حدد نسبة الهواء إلى المواد الصلبة، واعتبر 1.2 غرام من الهواء / ليتر في الشروط النظامية.

2 - بفرض تركيز الحمأة المطوفة (3.7 %). وفي التدفق الخارج (TSS = 160 mg/L) .

الحل.

- 1 :

الخطوة 1. احسب كتلة الهواء المضاف.

هواء - A = 170 L/min x 1.2 g/L= 204 g/min

الخطوة 2. احسب كتلة المواد الصلبة المعالجة S.

مواد صلبه ، S= 8.6 g/L x 303 L/min = 2606 g/min

الخطوة 3. احسب النسبة A/S.

A/S = (204 g/min)/(2606 g/min) = 0.078 g /g

- 2 :

الخطوة 4. محتوى المواد الصلبة الداخل.

8600 mg/L =% 0.86

الخطوة 5. عامل التركيز.

CF= المحتوى من المواد الصلبة المطوفة ÷ محتوى المواد الصلبة الداخلة

$$CF = \%3.7 \div \% 0.86 = 4.3$$

من مردود الازالة.

$$(8600 - 166) \times \% 100 / 8600 = \% 98.1$$

الأشكال (21-2-1-2-3)a وb حوض تطويف حمأة منشطة في مدينة روستوك بألمانيا الأولى أثناء عمله والثاني فارغ ويظهر عملية دفع الحمأة بواسطة الكواشط العلوية باتجاه فتحة خاصة في الحوض.

الأشكال (21-2-1-2-3) ab
حوض تطويف حمأة منشطة في مدينة روستوك بألمانيا

(a)

(b)

3-1-2-21. تكثيف الحمأة بالطرد المركزي- البرميل الدوارCentrifuge thickening + screw thickener

يعمل جهاز الطرد المركزي كمكثف للحمأة المنشطة أو يقوم بنزع المياه من الحمأة المهضومة Digested أو الحمأة المكيفة conditioned (راجع الفقرة 21-2-2-5)، حيث يتم فصل الماء عن الحمأة بقوة الطرد المركزي. والمكثف الحلزوني أو (البرميل الدوار) حيث يقوم حلزون داخل اسطوانة بدفع الحمأة نحو جوانب الاسطوانة والتي هي من الشبك وتتحرك الحمأة إلى الأمام أيضاً بواسطة الحلزون وتخرج الماء في هذه الاثناء عبر الشبك.

- المكثف النابذ Centrifuge thickening : (وعاء الطرد المركزي بالحلزون) ويضاف للحمأة بوليمر وكمية البوليمر اللازمة من 0-4 كغ/طن مواد صلبة[1]. الشكل (21-2-1-3-1)a. وعندما يدور الوعاء بسرعة تتراكم المادة الثقيلة (الحمأة) وتتكثف وتتوجه إلى المخرج. (الحلزون يدور داخل الوعاء بسرعة مختلفة قليلاً) والطريقة جيدة في حال التدفق أكبر من **0.2 م^3/ثا** [1]. الشكل (21-2-1-3-1)b تحضير البوليمر قبل ضخه في الحمأة.

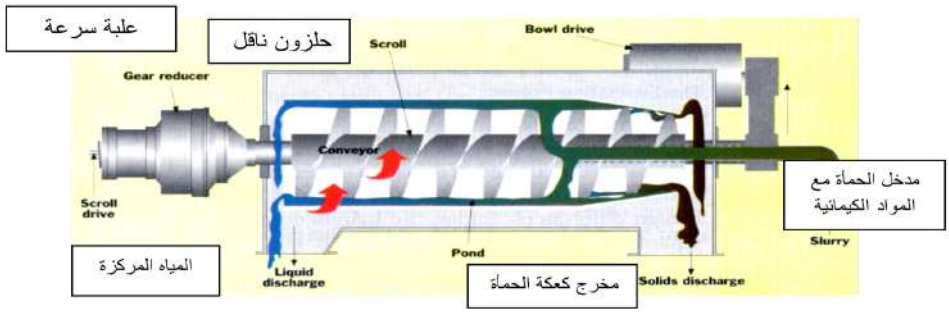
- طريقة البرميل الدوار. rotary drum thickening (screw thickener)

وهو يدور على محور أفقي او مائل ويتم تغذيته بشكل مستمر وتتجمع الحمأة على المحيط (وهو من الشبك) والحلزون يقوم بدفع الحمأة إلى مكان خاص في المقدمة بينما الماء يتم فصله إلى الخارج، ويتم إضافة البوليمر في الجهاز. ويصل التدفق حتى 24 ليتر/ثا [1]. الجدول (21-2-1-3-1) يعطي أداء البرميل الدوار. علما ان التكاليف التشغيلية له أعلى مقارنة بالطرق الأخرى، الجدول (21-2-2-6-1-4-1) الذي سيأتي في الفقرات التالية يعطي كمية البوليمر اللازم لأنواع مختلفة من الحمأة. الشكل (21-2-1-3-2) المكثف الحلزوني (البرميل الدوار).

الجدول (21-2-1-3-1)
يعطي أداء (البرميل الدوار) [1]

نوع المواد الصلبة أو الصلبة العضوية	التزويد %TS	إزالة المياه%	المواد الصلبة المكثفة %	الاستحواذ على المواد الصلبة %
أولية	6 - 3	75 - 40	9 - 7	98 - 93
حمأة مصرفة	1 - 0.5	90 - 70	9 - 4	99 - 93
أولية + حماة مصرفة	4 - 2	50	9 - 5	98 - 93
حمأة مهضومة هوائياً	2 - 0.8	80 - 70	6 - 4	98 -90
حمأة مهضومة لا هوائياً	5 - 2.5	50	9 - 5	98 - 90

الشكل (21-2-1-3-1) a
جهاز تكثيف الحمأة بالطرد المركزي



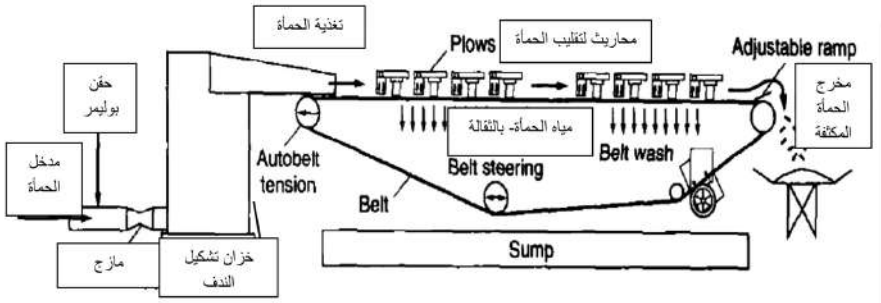
الشكل (21-2-1-3-1) b
نماذج تحضير البوليمر لأجهزة الطرد -
خزانات ومضخات البوليمر من proMinent

الشكل (21-2-1-3-2)
المكثف الحلزوني (البرميل الدوار)، من شركة Hubber

21-2-1-4. تكثيف الحمأة بواسطة السير المكثفGravity belt thickening

وهو سير مثقب يتحرك أفقياً ويتم توزع الحمأة على السير المثقب حيث تخرج الماء من الحمأة بالثقالة الشكل (21-2-1-4-1)a وb وهو جيد للحمأة الخفيفة (مواد صلبة 2 %) ويصل عرض السير من (1-3)م والتحميل النموذجي من (6.7-47) ليتر حمأة /ث حسب عرض السير. أو (800 ليتر/م/دقيقة من [1]).

الشكل (21-2-1-4-1) a
السير المكثف للحمأة



الشكل (21-2-1-4-1) b

21-2-2. تثبيت الحمأة (ونزع الماء) Sludge stabilization

لا يمكن استعمال الحمأة المكثفة مباشرة كسماد وإنما يجب تثبيت المواد العضوية المتبقية والقضاء على العوامل الممرضة فيها والقضاء على الرائحة ومنع تعفن الحمأة والطرق المتبعة هي الهضم اللاهوائي والهوائي أو الكيمائي أو عمل سمادcomposting .

21-2-2-1. الهضم اللاهوائي للحماة Anaerobic digestion

هو تحلل بيوكيمائي في غياب الهواء ويتم فيها إطلاق طاقة، وتتحول المواد العضوية الطيارة إلى غازات الميثان وثاني اوكسيد الكربون وماء وهو

يتم على ثلاث مراحل (التخمر fermentation) { الحلمة - تشكيل الحمض - وتشكيل الميثان}.

-في المرحلة الأولى: تقوم الإنزيمات (خارج الخلايا) extracellular enzymes بتحطيم المواد العضوية المعقدة من البروتين والسيللوز والدهون إلى حموض دهنية عضوية منحلة وكحول وثاني اوكسيد الكربون وأمونيا.

- المرحلة الثانية: تقوم بكتريا تشكيل الأحماض ومنها الاختيارية بتحويل المنتجات في المرحلة الأولى إلى سلاسل قصيرة من المركبات العضوية الحمضية مع ثاني اوكسيد الكربون والهدروجين ويسبب ذلك انخفاض الرقم الهيدروجيني.

المرحلة الثالثة: هي لاهوائية بامتياز حيث تقوم مجموعتان من البكتريا اللاهوائية وهي بكتريا الميثان (methanogens)، الأولى تحول الكربون والهيدروجين إلى ميثان والمجموعة الثانية تحول الخلات (acetate) إلى ميثان وثاني أوكسيد الكربون وغيره.

ملاحظة: كثير من الكتب تعتبر عدد المراحل اثنتان - تستثني الأولى.

العوامل الأساسية في تصميم المفاعل اللاهوائي هو زمن مكوث المواد الصلبة وزمن المكوث الهيدروليكي ودرجة الحرارة و PH والمواد السامة حيث بكتريا الميثان حساسة جداً لهذه العوامل، وعادةً يتم تسخين المفاعل للحفاظ على درجة حرارة $34C^{o}$ - $36C^{o}$ بين ويدعى المجال ميسوفيلك (mesophilic) والبكتريا تكون ذات نمو بطيء نسبياً، ومجال PH من (6.8-7.2). إن انخفاض درجة الحرارة يزيد الزمن اللازم للهضم وكذلك زيادة وجود المعادن ثقيلة أو الأمونيا والكبرتيد sulfide، ammonia أو الكاتيونات المعدنية الخفيفة يمكن إن يثبط عمل البكتريا ويعكس عمل المفاعل.

- زمن المكوث في المفاعلات اللاهوائية النظامية يكون زمن مكوث الحمأة (30-60) يوم**(60 يوم بدرجة حرارة 20C° و30 يوم بدرجة حرارة 34C°)** وهو نفسه عمر الحمأة SRT أما في المفاعلات غير النمطية فتكون مع تدوير ومع تحريك مستمر ويدعى المفاعل المعدل عالي (high rate) وزمن المكوث من (10-20) يوم ويوجد معيار هام هو تحميل المواد الصلبة الطيارة لمنع الزيادة في التحميل في وقت قصير في المفاعل وفق الجدول (21-2-2-1-1).

وتكون المفاعلات على مرحلة أو مرحلتين الشكل (21 -2 - 2 - 1 - 1 - a وb) فالمفاعل ذو المعدل المنخفض التقليدي يكون على مرحلة واحدة ويوجد فيه ثلاث طبقات هي الزبد scum، وطبقة المياه الطافية (الرواقة) وتدعى supernatant، وطبقة الحمأة، حيث تترسب الحمأة المهضومة في الأسفل والمياه الطافية عادةً تعاد إلى محطة المعالجة، وفي المفاعل المعدل العالي الأحادي يسخن المفاعل وتخلط الحمأة بشكل جيد، بينما في الهضم بمرحلتي حمأة، يتم تثبت الحمأة في المرحلة الأول وفي الثانية ترسيب وتكثيف، كما يجب مراقبة القلوية وان تكون: **(2000 - 3500 mg/L as $CaCO_3$)**، ويتم بناء غطاء للمفاعل مع خلاط آلي أو التحريك بواسطة تدوير الغاز الحيوي المنتج.

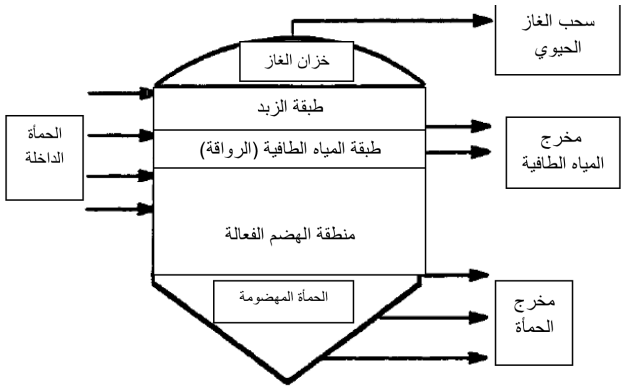
ملاحظة هامة: لكي نتأكد ان المفاعل اللاهوائي يعمل بشكل جيد يجب ان تكون نسبة الحموض الطيارة الى القلوية

أقل من 0.3 عندها المفاعل يعمل بشكل جيد.

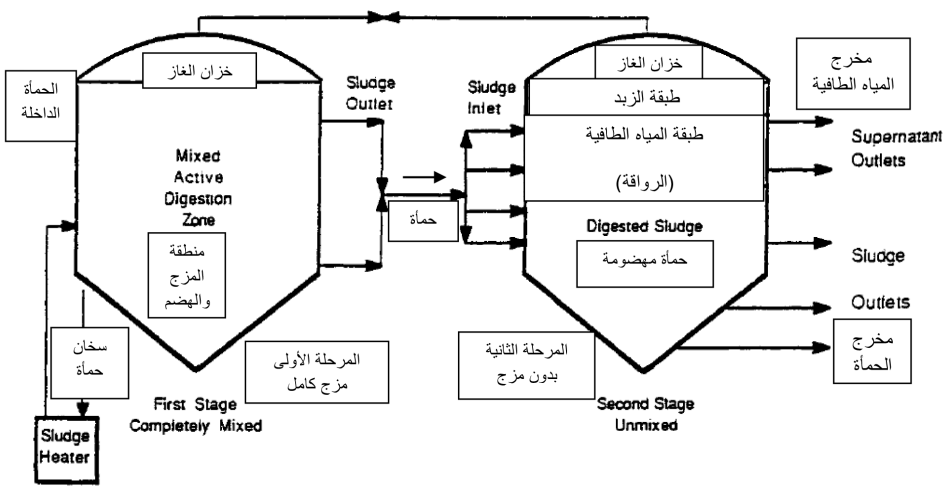
0.3 - 0.5 قصور في المفاعل.

أكثر من 0.8 المفاعل متوقف ونسبة الكربون عالية والغاز الحيوي لا يشتعل. **وتعالج بإضافة الكلس** .

الشكل (21 - 2 - 2 - 1 - 1 - a)
الهاضم اللاهوائي - مرحلة واحدة



الشكل (21 - 2 - 2 - 1 - 1 - b)
الهاضم اللاهوائي - مرحلتان



- إنتاج الغازات:

يتألف الغاز الحيوي من عدة غازات وفق الجدول (21-2-2-1-2) ويجب الانتباه إلى انه إذا تجاوزت كمية ثاني اوكسيد الكربون 35 % فهذا يعني وجود مشكلة ما في المفاعل، وتحسب كمية الميثان المنتجة بالمعادلة (21-2-2-1-1).

ملاحظة: يجب الانتباه إلى انه يمكن أن يتشكل مزيج منفجر عند تسرب الهواء لداخل المفاعل.

الجدول(21-2-2-1-1)
أهم الضوابط لتصميم الهاضم اللاهوائي النظامي وذو المعدل العالي*

المعيار التصميمي	الوحدة	هاضم نظامي	هاضم ذو معدل عالي- مزج كامل
زمن مكوث المواد الصلبة	d	60 - 30	20 -15
تحميل المواد الصلبة الطيارة	KgVSS/m^3/d	1.5 - 0.5	4.8 - 1.6
حجم الحوض الفعال	شخص/m^3		
• حماة أولية فقط		0.1 - 0.06	0.06 – 0.03
• حمأة أولية + حمأة مرشح بيولوجي		0.15 - 0.12	0.09 – 0.07
• حمأة أولية + حمأة منشطة		0.18 - 0.12	0.11 – 0.07
نسبة إنقاص المواد الصلبة الطيارة	%	60	50
معدل إنتاج الغازات من الهاضم	مدمرةkgVSS/m^3	0.810	1,120
محتوى الميثان في الغازات الناتجة	%	65	69

* من [1] وUS EPA و[3]

الجدول(21-2-2-1-2)
النسب المئوية حجماً لمكونات الغاز الحيوي

نوعية الغاز	CH_4	CO_2	CO	N	H_2S	O_2
النسبة الحجمية للغاز	% 70 - 65	%35 - 31	% 4-2	%1	%1,5 - 1	%0,3 - 0

$$V = 350 [Q (S_O - S) / 1000) - 1.42 P_X] \qquad (1 - 1 - 2 - 2 -21)$$

V = حجم الميثان المنتج في الظروف النظامية (درجة حرارة C^O 0 و1 ضغط جوي) L/d.

350 = عامل تحويل لكمية إنتاج الميثان من 1 كغ BOD النهائي المؤكسد (350 L/Kg).

1000g/kg = 1000

Q = معدل التدفق m^3/d .

S_O - Ultimate mg/L BOD النهائي الداخل.

S - Ultimate mg/L BOD النهائي الخارج.

P_X = الكتلة الصافية المنتجة من الخلايا kg/d.(المواد الصلبة الطيارة).

ومن أجل المزج الكامل معدل عال بدون تدوير يعطى P_X بالمعادلة (2-1-2-2-21).

$$P_X = y\{Q(S_0-S)\}/1+K_d\,\theta_c \qquad (2-\ 1-\ 2-\ 2-\ 21)$$

Y = عامل الإنتاج الخلوي الصافي kg/kg

k_d =عامل الاضمحلال /يوم أو 1/t.

θ_c = mean cell residence time زمن الاحتفاظ بالحمأة أو المكوث الوسطي لحجز المواد الصلبة في حوض التهوية (أو عمر الحمأة أو SRT) d.

مثال.

حدد حجم هاضم حمأة لا هوائي لمعالجة حمأة أولية بحيث تستعمل مفاعل المزج الكامل ومن ثم دقق نسبة التحميل واحسب كمية غاز الميثان والغاز الكلي المنتج وفق المعطيات التالية في الجدول.

التدفق الوسطي	3785 m^3/d
المواد الصلبة الجافة المزالة	0.15 kg/m^3
BOD_L النهائي المزال	0.14 kg/m^3
نسبة المواد الصلبة	5 % (نسبة الرطوبة 95%)
الوزن النوعي للمواد الصلبة	1.01
θ_c	15 d
درجة الحرارة	35C°
Y	0.5 kg cells/kg BOD_L
K_d	0.04 / d
كفاءة الاستغلال	0.66

الحل.

الخطوة 1 : احسب كمية الحمأة المنتجة في اليوم.

$(3785m^3/d)(0.15kg/m^3)/ 1.01 (1000 kg/m^3) (0.05 kg/kg)$

= حجم الحمأة لكل يوم

$Q = 11.24m^3/d$

الخطوة 2 : احسب معدل التحميل BOD_L.

$BOD_L = 0.14 kg/m^3 \times 3785 m^3/d = 530 kg/d$

الخطوة 3 : احسب حجم المفاعل من الخطوة 1 .

$V = Q \theta_c = (11.24m^3/d)(15d) = 169m^3$

استعمل نفس الحجم للمفاعل للمرحلة الأولى والثانية.

الخطوة 4 : تحقق من التحميل الحجمي BOD_{LO}.

$$BOD_{LO} = 530kg/d \ /169\ m^3 = 3.14\ kg/(m^3.d)$$

الخطوة 5 : احسب كتلة المواد الصلبة الطيارة المنتجة في اليوم. باستعمال المعادلة (21-2-2-1-2)

$$QS_0 = 530\ kg/d$$

$$QS = 530\ kg/d\ (1 - 0.66) = 180\ kg/d$$

$$P_X = yQ(S_0-S)\ /1+K_d\ \theta_c$$

$$P_X = 0.05Q(530 - 180)/1 + 0.04x15 = 10.9\ Kg/d$$

الخطوة 6 : احسب نسبة التثبيت للمواد العضوية.

$$\% = \{(430 - 180) - 1.42\ (10.9)\}\ Kg\ /\ 530\ Kg/d = 6.31$$

الخطوة 7 : احسب حجم غاز الميثان المنتج باليوم من المعادلة (21-2-2-1-1).

$$V = 350\ L/kg\ [(530 - 180) - 1.42\ (10.9)]\ kg/L = 117000\ L/d = 117\ m^3/d$$

الخطوة 8 : احسب حجم الغاز الكلي V_T المنتج ($CH_4 + CO_2$) وعادةً من (65-69)% من الغاز ميتان - نختار 0.67.

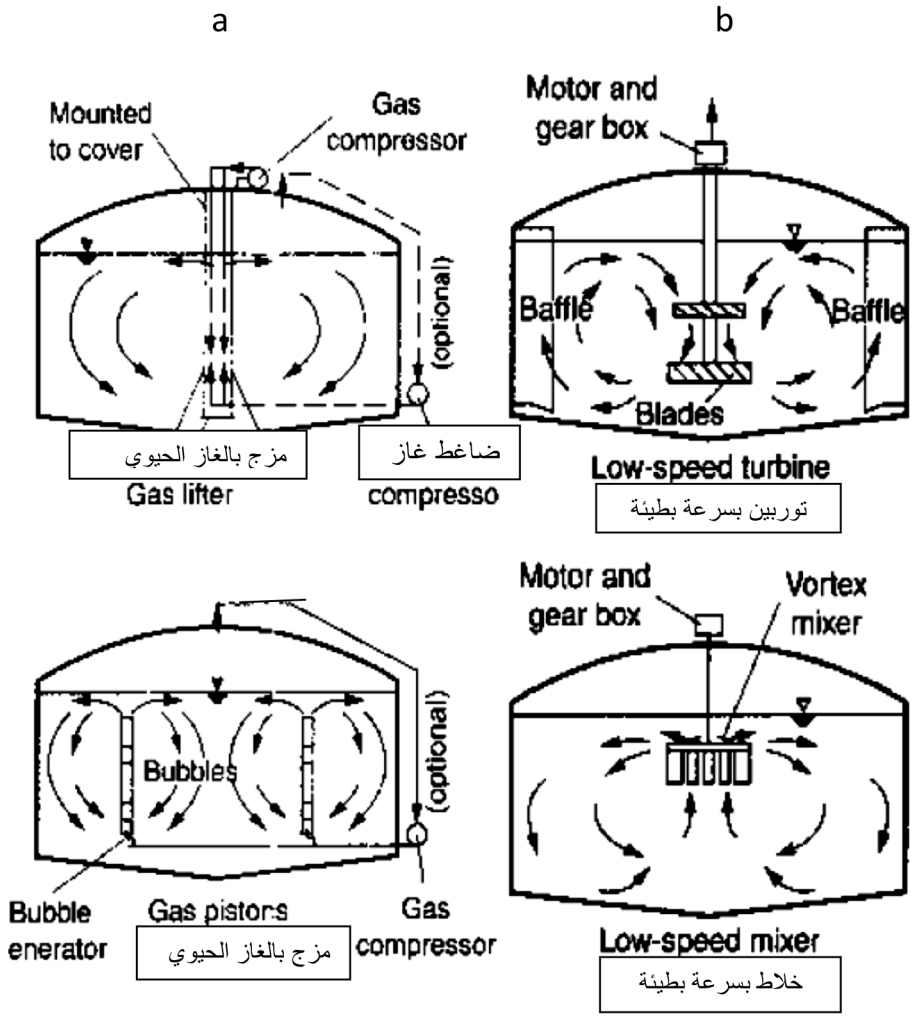
$$V_T = (117\ m^3/d)/0.67 = 175\ m^3/d$$

أنواع الهواضم اللاهوائية وطرق المزج.

الهاضم الاسطواني: يتم المزج بواسطة الغاز الحيوي المنتج وضغطه ضمن الهاضم أو يتم المزج ميكانيكياً الشكل (21 -2 -2 -1 -2-a-b)

يوضح طريقة المزج بالطريقتين المذكورتين. الشكل (21-2-2-1-3،b) نموذج هاضم اسطواني.

الشكل (21-2-2-1-2، a -b)
يوضح طريقة تحريك الحمأة في الهاضم اسطواني



الهاضم اللاهوائي بشكل البيضة.

الهاضم بشكل البيضة المقلوبة (وهو ألماني الاختراع 1950) وهو يقلل الحجم الغير فعال في الهواضم واقل كلفةً بالنسبة لطاقة المزج ويمكن أن يتم ضخ المواد الراسبة من الأسفل إلى الأعلى لتغطيس المواد الخفيفة أو عمل مزج ميكانيكي أو مزج بالغاز الحيوي المنتج ويبنى الهاضم عادةً من الفولاذ ويصل ارتفاعه أكثر من 40 م. الشكل (21 -2 -2 -1 -3 ,c) يوضح نماذج لطريقة مزج الحمأة في الهاضم بشكل البيضة.

جمـع الغــاز.

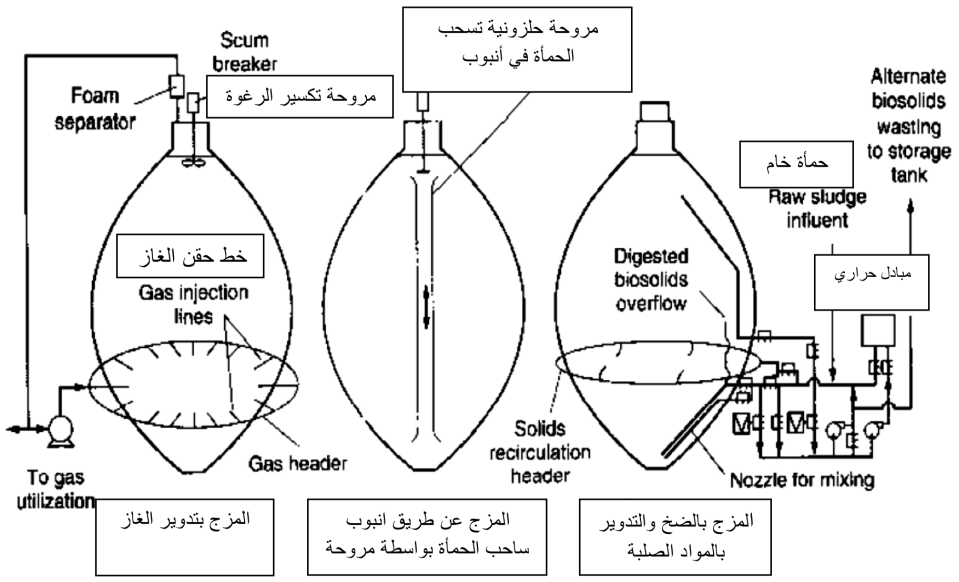
يتم جمع الغاز عن طريق وضع أغطية خاصة للهواضم وهي على ثلاث أنواع { (1) الغطاء الطافي. (2) الغطاء الثابت.(3) الغطاء بالأغشية }. **ويجب أن لا يدخل الهواء من الأغطية لمنع حدوث مزيج منفجر،** ويتم حرق الغاز برأس حرق خاص أو جمعه وضغطه لإعادة استعماله ويوضع مقياس تدفق للغاز بعد المفاعل.

(21-2-2-1-3، a -b)

هاضم هوائي شكل البيضة وهاضم اسطواني

(a) (b)

الشكل (21-2-2-1-3 c)
يوضح نماذج لطريقة مزج الحمأة في الهاضم بشكل البيضة



* للتوسع في الفقرة مراجعة [1] وغيره من المراجع.

21-2-2-2. الهضم الهوائي للحماة Aerobic digestion

يستعمل الهضم الهوائي لكافة أنواع الحمأة من ابتدائية ونهائية أو مشتركة بتهوية مطولة ويصل تدفق الحمأة إلى (2) م^3/ثا (منwef) . حيث يتم إرجاع المواد الصلبة العضوية في الحمأة إلى ثاني اوكسيد الكربون وأمونيا وماء بواسطة بكتريا هوائية ويتم بهذه الطريقة القضاء على الروائح والكائنات الممرضة. ويتم تزويد المفاعل بالحمأة عموماً بالدفقات أو نصف دفقات أو تدفق مستمر، ومن اجل تركيز نسبة مواد VSS ليس أكثر 3 % يكون زمن المكوث (20-15) يوم [3]، ويمكن أن يكون الهضم بالأوكسجين الصافي، والحوض النموذجي يكون على مرحلة واحدة ويشبه عمل الحمأة المنشطة.

ميزات الهضم الهوائي:

1 - المعالجة والهضم بنفس جودة اللاهوائي.

2 - المياه الطافية (الرواقة) اقل تلوثا.

3 - السماد جيد وكميته اكبر من اللاهوائي.

4 - تكاليف الإنشاء اقل.

5 - لا يوجد روائح في المنتجات.

6 - التشغيل أسهل.

7 - جيد للحمأة العالية الحمولة. [1]

ومن أهم المساوئ:

1 - استهلاك الطاقة.

2 - الحمأة صعبة نزع الماء نسبياً.

3 - تتأثر العملية بالحرارة.

بالنسبة للمعالجة بالدفقات batch. يتم إملاء الحوض بالحمأة ويتم التهوية من 2-3 أسبوع ثم يوقف الهضم وتترسب الحمأة ويتم سحب المياه الطافية من الأعلى والحمأة المهضومة الراسبة من الأسفل.
من (US EPA 1991)

بالنسبة لنصف الدفقات semi batch . يتم إضافة الحمأة كل يومين أو ثلاثة والمياه الطافية تسحب بشكل دوري والحمأة يمكن أن تبقى لفترة طويلة في الهاضم قبل سحبها وهو جيد للمحطات الصغيرة.

التدفق المستمر يستعمل في المحطات الكبيرة

وحجم الهاضم يحدده نوع الحمأة وتحميل المواد الصلبة العضوية الطيارة (ينصح بعمل نموذج تجريبي) ودرجة الحرارة المناسبة للهضم الهوائي بين (18-27) درجة مئوية ويزداد زمن الهضم إلى أكثر من مرتين في الدرجة 15 درجة مئوية، ويتم تخفيض المادة العضوية من (40 - 50)% والكائنات الممرضة حتى 90 %، **ويجب زيادة الحجم 25 % إلى حجم الهاضم إذا تم الترسيب في نفس حوض الهضم.**

الجدول (21-2-2-2-1) يعطي أهم ضوابط التصميم للهواضم الهوائية، وهناك أيضا طريقة للتصميم تعتمد الحجم اللازم في المفاعل الهوائي لكل شخص مكافئ، الجدول (21-2-2-2-2) يعطي الحجم الموصى به. ان كمية الأوكسجين في الحوض يجب أن تحقق (DO (1 - 2 mg/L، وينصح بتسخين الهاضم الهوائي في درجات الحرارة المنخفضة.

ويعطى احتياج الحمأة من الهواء المذرور (من أجل الحمأة المنشطة) {(20 - 30) L / (mint. m^3)} (حسب EPA) .

مثال.

حوض هضم حمأة هوائي قطره 15 م وارتفاع الجدار 3 م يعالج 49.2 م^3/يوم حمأة مكثفة من معالجة ثنائية. الحمأة تحوي 3 % مواد صلبة و80 % مواد طيارة. حدد زمن الهضم الهيدروليكي ونسبة تحميل المواد الصلبة المتطايرة:

الجدول (21-2-2-2-1)
يعطي أهم ضوابط التصميم للهواضم الهوائية*

العنصر التصميمي	الوحدة	المجال
- زمن الحجز الهيدروليكي بدرجة حرارة $^{\circ}$20C:	يوم	
• حمأة منشطة دون وجود أحواض ترسيب أولي		20 -15
• حمأة أولية + حمأة منشطة أو حمأة من مرشح		25 - 20
تحميل المواد الصلبة الطيارة	KgVSS/m^3/d	3.2 - 1.1
الاحتياج الأوكسجيني لهضم المواد العضوية:	KgO_2/kgVSS/d	3 - 1.5
- احتياج ضخ الهواء	هواءm^3/hr/$\underline{m^3}$ هاضم	
• حمأة منشطة فقط		2 -1.2
• منشطة + حمأة أولية		4 - 3.5
طاقة المزج اللازمة (مهويات سطحية)	Kw/1000m^3	40 - 20
كمية الهواء للمزج بواسطة النواشر	m^3/m^3.min	0.04 - 0.02
نسبة تهديم المواد الصلبة	%	50 - 40
كمية الأوكسجين المنحل	mg/L	2-1
إنقاص المواد الصلبة الطيارة	%	50 -40

* wef + [1] + [28]

الجدول (21-2-2-2-2)
يعطي الحجم الموصى به في الهاضم الهوائي لكل شخص مكافئ*

نوع الحمأة	الحجم لكل شخص مكافئ m^3
من الحمأة المنشطة بدون ترسيب أولي	0.13
حمأة أولية + حمأة منشطة	0.11
الحمأة المنشطة المصرفة عدا الحمأة الأولية	0.06
حمأة منشطة من تهوية مديدة	0.09
أولية + حمأة من الفيلم الثابت	0.09

*الدراسة مبنية على تهوية اقل من 24 ساعة مع إزالة النترات (المرجع. [3]+ Greater Lakes Upper Mississippi River Board)

الحل.

الخطوة 1 : احسب الحجم الفعال.

$$V = 2.14\ (15/2)^2 \times 3 = 530\ m^3$$

الخطوة 2 : احسب زمن الهضم الهيدروليكي .T1

$$T1 = V/Q = 530/49.2 = 10.77\ d$$

الخطوة 3 : احسب تحميل المواد الصلبة الطيارةSL .

المواد الصلبة = % 3.0 = 30000 mg/L

VSS = 30000 mg/L x 0.8 = 24000 mg/L

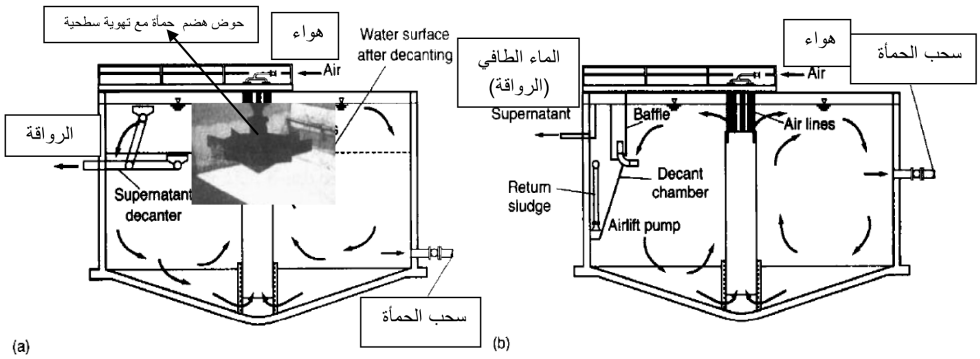
SL (تحميل VSS) = VSS / حجم الهاضم

$= 49.2 \times 24000 / 530 \times 1000 = 2.22\ Kg / d.m^3$

وهو ضمن المجال في الجدول (21-2-2-2-1).

في الشكل (21 -2 -2 -2 -1, a, b) نماذج لأحواض الهضم الهوائي ويظهر كيفية سحب الماء الطافي من الحوض

الشكل (21 -2 -2 -2 -1, a, b)
نماذج لأحواض الهضم الهوائي



21-2-2-3. التثبيت بالكلس Lime stabilization

في تثبيت الحمأة بالكلس يتم رفع درجة PH حتى الدرجة 12 لمدة 2 ساعة كحد ادني وكذلك ترتفع درجة الحرارة أثناء المعالجة، مما يعطل النمو الحيوي ويدمر كثير من العوامل الممرضة ولكن الحمأة عملياً لم تعالج لأنه بمجرد تخفيضPH إلى 11 تبدأ البكتريا بالعمل ويمكن أن تنشط العوامل الممرضة من جديد ولذلك يجب معالجة الحمأة قبل تصريفها

21-2-2-4. الإسماد Composting

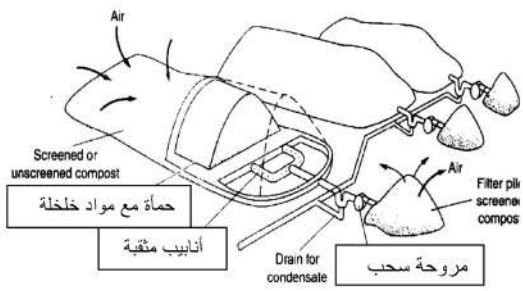
وهي تحلل هوائي للحمأة إلى المنتج النهائي من المواد الثابتة (دبال) بدرجات حرارة عالية (وبعض عمليات الإسماد تتم لا هوائياً) ويتحول حوالي 30-20 % من المواد الصلبة الطيارة إلى ماء وثاني اوكسيد الكربون بدرجة حرارة بين C^{o} 60 - 70 ، حيث يتم تدمير العوامل الممرضة. وتعمل بكتريا خاصة بدرجات حرارة عالية تدعى

(ثيرموفيلك) Thermophilic (بكتريا تكون درجة الحرارة المثالية لنموها 60Cº- 70Cº) على عمليات التحليل، ونسبة الرطوبة اللازمة 50-60 % وتصبح بعد الإسماد حوالي 40-50 %، ونسبة المواد العضوية المتطايرة تصبح 40 %(US EPA 1991)و [3]، ولا يجب أن تزيد الرطوبة عن 60 % وإلا احتاجت إلى نزع للماء (سيأتي شرحه في الفقرات التالية)، ويمكن أن تضاف مواد مساعدة كقطع الخشب والنشارة والتبن لإحداث فراغات في الحمأة. يتم تزويد الهواء إما قسراً أو بالتقليب للحفاظ على(مستوى الأوكسجين بنسبة بين 5-15) [3] لضمان عدم صدور الروائح، كما يمكن خلط الحمأة مع المخلفات الصلبة البلدية بمعدل 1 حمأة 2 نفايات صلبة. في اليوم الخامس يجب أن تكون الحرارة 40Cº ويجب أن تقلب بما لا يقل عن 3 مرات خلال مدة 15 يوم كحد أدنى بدرجة حرارة دنيا 55Cº لقتل العوامل الممرضة. الشكل(21-2-2-4-1،a،b) كُوَم حمأة منعزلة مع تهوية والشكل (21-2-2-4-2، a،b) كوم حمأة مستمرة مع تقليب آلي، وتدعى windrow. الجدول (21-2-2-4-1) يوضح معايير تصميم عملية إسماد الحمأة (الاطلاع على المراجع).

الجدول (21-2-2-4-1)
يوضح معايير تصميم عملية إسماد الحمأة

المعيار	الوحدة	التكديس المنعزل	التكديس المستمر
فترة التكديس (التكويم)	يوم	28 -21	28-20
فترة النضج	يوم	40-30	-
ارتفاع التكديس(الكوم)	m	2.5-2	1-2
عرض التكديس عند القاعدة	m	5-3.5	4-2
نظام التهوية	-	قسري	بالتقليب بمعدل 5 مرات على الأقل خلال فترة التكديس
نوع الحمأة الواردة	-	مهضومة أو خام ومعرضة لإحدى مراحل التجفيف الميكانيكي	مهضومة أو خام ومعرضة لإحدى مراحل التجفيف الميكانيكي
المواد المخلخلة	-	خشب- نشارة - تبن	خشب- نشارة- تبن
نسبة الكربون / نيتروجين	%	30 % وزناً	30 % وزناً

(b،a ،1-4-2-2-21)
كُوَم حمأة منعزلة مع تهوية قسرية



(a) (b)

الشكل (b،a ،2-4-2-2-21)
كُوَم حمأة مستمرة مع تقليب آلي، windrow

(a)

(b)

21-2-2-5. تكييف الحمأة Sludge conditioning

يتم تكييف الحمأة قبل عملية نزع الماء لتحسين أداءها وزيادة إزالة المياه من الحمأة وتتم بإحدى طريقتين:

الطرق الكيمائية: يمكن بتكييف الحمأة تخفيض الرطوبة من 99-90 % إلى 80-65 % حيث تسبب المواد الكيمائية تخثير للمواد الصلبة وإطلاق الماء الممتص، وتستعمل مواد كالكلس، وكلور الحديدي، و(الآلوم) الشب وتستعمل أيضاً البوليمرات. (polyelectrolytes) في التخثير ولكن الكفاءة اقل ويتم زيادة نسبة المواد الصلبة في الحمأة حتى 20-30 %.

الطرق الفيزيائية: ومن أشهر الطرق هي الاهتزازات فوق الصوتية، التكييف الحراري وغيره ...

التكييف الحراري thermal conditioning: ويتم تسخين الحمأة إلى درجة حرارة C^o (240 -177) وتحت ضغط يصل إلى KN/m^2 (2760 - 1720) ولمدة (15) دقيقة حيث تقوم الحرارة والضغط بإطلاق المياه من الخلايا الميكروبية والحمأة المنشطة ولا تحتاج لمواد كيمائية وتصل نسبة المواد الصلبة (40-50 %) وتستعمل الطريقة للحمأة التي تحوي مواد سامة وغير قابلة للهضم البيولوجي. ويطلق التكييف الحراري غازات ومياه ملوثة يجب معالجتها، وعموماً الطريقة مكلفة.

21-2-2-6. نزع الماء من الحمأة Sludge dewatering

بعد تثبيت الحمأة وتكييفها يمكن التخلص منها في نهاية المطاف أو ينزع منها الماء لتخفيف تكاليف الضخ والنقل أو يتم التخلص منها أيضاً في الزراعة أو المطامر أو لإجراء معالجة لاحقة كالحرق وغيره وهي ذو تكاليف كبيرة، ونزع الماء يتم بطرق ميكانيكية أو تبخير طبيعي:

21-2-2-6-1-1. المرشح الإنفراغي Vacuum filtration

21-2-2-6-1. نزع الماء من الحمأة ميكانيكياً Mechanical Sludge dewatering

تم استعمال المرشح الإنفراغي منذ فترة طويلة لنزع الماء وهو يتألف من اسطوانة عليها قماش يسمح بمرور الماء ولا يسمح بمرور الحمأة وهو يتعرض لضغط سلبي من(38 - 75 سم زئبقي)، ويتم تغطيس الاسطوانة في الحمأة بنسبة 40 - 60 % من السطح وكلما دارت الاسطوانة مع الضغط السالب تتكون طبقات من الحمأة على القماش ويتم إخراج الاسطوانة من الحمأة وقشط الحمأة من على القماش إلى وعاء خاص ومن ثم غسيل القماش . متوسط زمن عمل المرشح 16 - 20 ساعة في الحمأة والباقي قشط وغسيل. ويضاف مواد مخثرة مثل كلور الحديدي والكلس ومعدل التحميل على سطح المرشح من اجل الحمأة الأولية من{(20 -60) Kgd.s/m^2/h} ومن أجل الحمأة المنشطة {(12 -17) Kgd.s/m^2/h}، ومن أجل حمأة أولية + حمأة منشطة يكون {(20 -25) Kgd.s/m^2/h}. الشكل (21-2-2-6-1-1) نموذج لمرشح إنفراغي مع قشط مباشر للحمأة.

الشكل(21-2-2-6-1-1):a
نموذج لمرشح إنفراغي مع قشط مباشر للحمأة:b
مرشح إنفراغي في معمل سكر

(a)

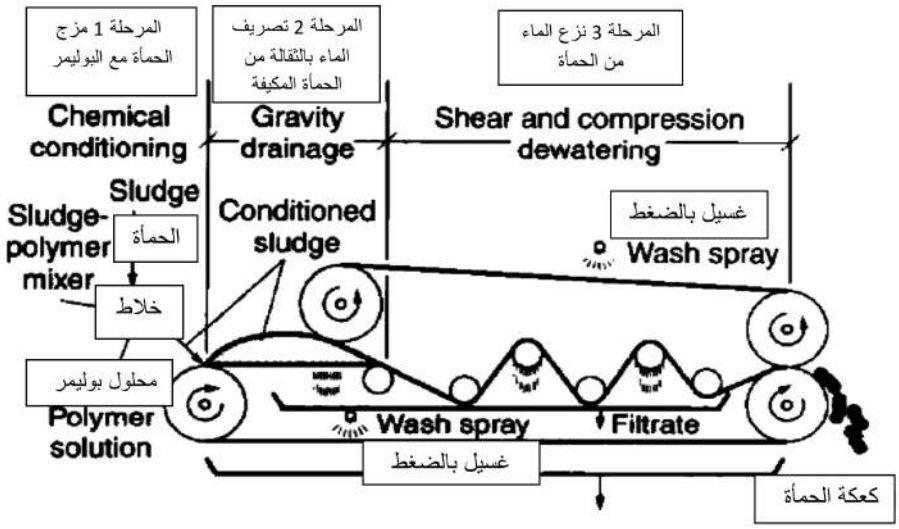
(b)

2-1-6-2-2-21. الحزام الراشح الضاغط Belt filter press

وهو نوع شائع من المرشحات لنزع الماء يستهلك طاقة قليلة بالنسبة للمرشح الإنفراغي. ويتألف من حزام مشدود مثقب وتمر الحمأة وهي على الحزام على عدة بكرات بعدة أقطار حيث تقوم بعصر الحمأة ويسهل سقوطها من الحزام بعد ذلك، ويتم تكييف الحمأة لزيادة فعالية المرشح ويضاف عادة (بوليمر كاتيوني cationic polymers)، وعمل المرشح على ثلاث مراحل تصريف ماء بالثقالة ثم ضغط خفيف ثم ضغط عالي بين حزامين يمران مع الحمأة ضمن بكرتين ويعصران الحمأة الشكل(21 -2 -2 -6 -1 -2 -1,a,b,c) مخطط رمزي لعمل الحزام الراشح الضاغط مع صورة له. عرض المرشح من (0.5 إلى3.5)م (والعرض الشائع 2 م) الجدول التالي (21-2-2-6-1-2-1) يعطي أداء الحزام الراشح الضاغط لأنواع مختلفة من الحمأة. غالباً تشكل الرائحة أثناء عمل الحزام الراشح الضاغط مشكلة مزعجة ولذلك يجب عمل تهوية في صالة العمل لإزالة كبرتيد الهيدروجين وغيرها من الغازات (وعادة يمرر هواء الصالة على وحدة معالجة هواء).

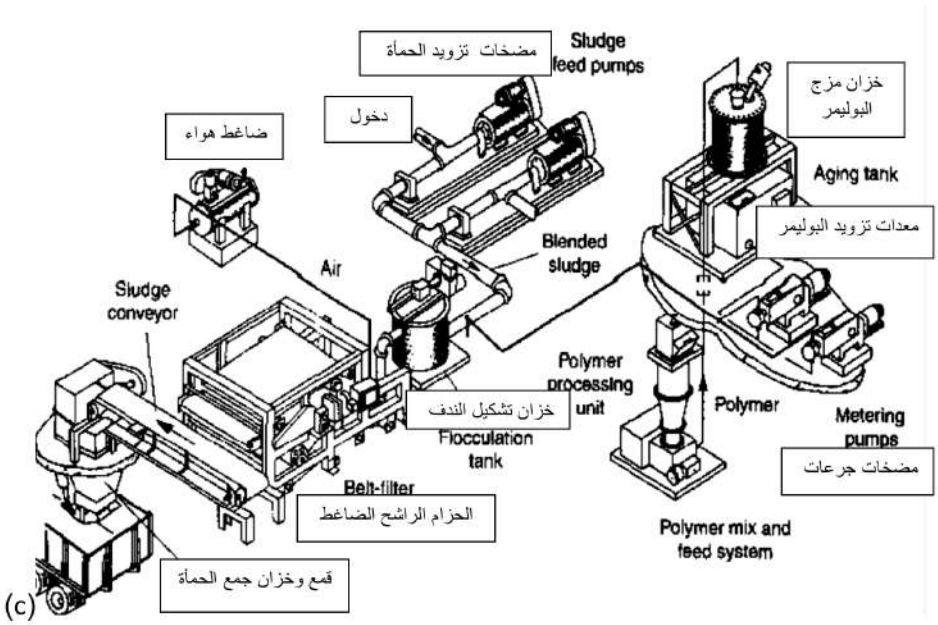
ملاحظة: الجدول (21-2-2-6-1-4-1) التالي يعطى أيضا كمية البوليمرات اللازمة.

الشكل (21 -2 -2 -6 -1 -2 -1,a,b,c)
مخططات لعمل الحزام الراشح الضاغط مع صوره(من Arges)



(a)

(b)



الجدول (21-2-2-6-1-2-1)
يعطي أداء الحزام الراشح الضاغط لأنواع مختلفة من الحمأة

نوع الحمأة	المادة الجافة الداخلة %	التحميل لكل متر طولي من المرشح		بوليمر g/kg صلبة جافة	نسبة المواد الصلبة في كعكة الحمأة%	
		L /S	Kg/h		المجال	النموذجي
أولية	7-3	3.2-1.8	550-360	4-1	28	32-26
was*	4-1	2.5-0.7	180 -45	10-3	15	20-12
أولية+was	6-3	3.2-1.3	320-180	8-2	23	28-20
أولية + 50:50 WAS	6-3	3.2-1.3	320-180	10-2	20	25-18
أولية + 40:60 WAS	6-3	3.2-1.3	320 -180	8-2	25	30-23
مع هضم لا هوائي :						
أولية	7-3	3.2-1.3	550-360	5-2	28	30-24
WAS	4-3	2.5-0.7	135-45	10-4	15	20-12
أولية +WAS	6-3	3.2-1.3	320-180	8-3	22	25-20
مهضومة هوائياً:						
أولية +WAS غير مكثفة	3-1	3.2-0.7	225-135	8-2	16	20-12
أولية +WAS مكثفة50:50	8-4	3.2-0.7	225-135	8 -2	18	25-12
أوكسجين WAS	3-1	2.5-0.7	180-90	10-4	18	23-15

*Was حمأة منشطة مصرفة

21-2-2-6-1-3. المكبس المرشح Filter press

وهو من المرشحات المشهورة نظراً لبساطة أدائه وفعاليته العالية أكثر من المرشحات السابقة حيث تصل نسبة المواد الصلبة في الكعكة إلى (35-50)% بينما في الطرق الأخرى 18 % إضافة للاستهلاك القليل من الطاقة، وإضافة لاستعمالاته في تجفيف الحمأة الصناعية واستعماله في بعض الصناعات الغذائية كالجلوكوز .،، ويتألف المرشح من صفائح معدنية سميكة من الحديد أو الألمنيوم أو من مواد أخرى (كالبولياميد) ويوجد فراغ خاص داخل الصفيحة وعندما يتم إحكام الصفائح على بعضها سيتشكل فجوة بين الصفيحتين ستمتلئ بالحمأة الداخلة الشكل (21 -2 -2 -6 -1 -3 -1 ,a,b) وتدخل الحمأة من فتحات في أعلي الصفيحة الخارجية وتتوزع إلى الفجوات (يمكن تزويد الحمأة بعدة طرق) ويوضع عادة قماش خاص أمام كل فجوات الصفائح يرشح منها المياه ولا تمر الحمأة ويتم إغلاق الصفائح مع الأقمشة وحكمها بالضغط، الشكل (21-2-2-6-1-3-2) شكل منظوري للمكبس المرشح .ثم تضخ الحمأة إلى الفجوات تحت ضغط يصل إلى 15 بار أو أكثر ويبقى الضغط مطبق لمدة تصل إلى(2 ساعة) من [3] أو أكثر (30 دقيقة وحسب نوع الحمأة من [1]) وتخرج الماء من ثقوب خاصة في الصفائح إلى خارج المرشح، وبعد انتهاء الدورة يحرر ضغط الحمأة ويتم تحرير ضغط الصفائح وإبعادها عن بعضها لتظهر كعكة الحمأة وتسقط في قمع خاص. تدهن الصفائح بمواد خاصة أو رماد لمنع لصق القماش عليها، الجدول (21-2-2-6-1-3-1) أهم ضوابط تصميم المكبس المرشح. ويتوفر في الشركات المصنعة مرشحات بإبعاد صفائح مختلفة وعدد صفائح حسب استطاعة المرشح المطلوبة، ويوجد منها تنظيف آلي.

الجدول (21-2-2-6-1-3-1)
أهم ضوابط تصميم المكبس المرشح*

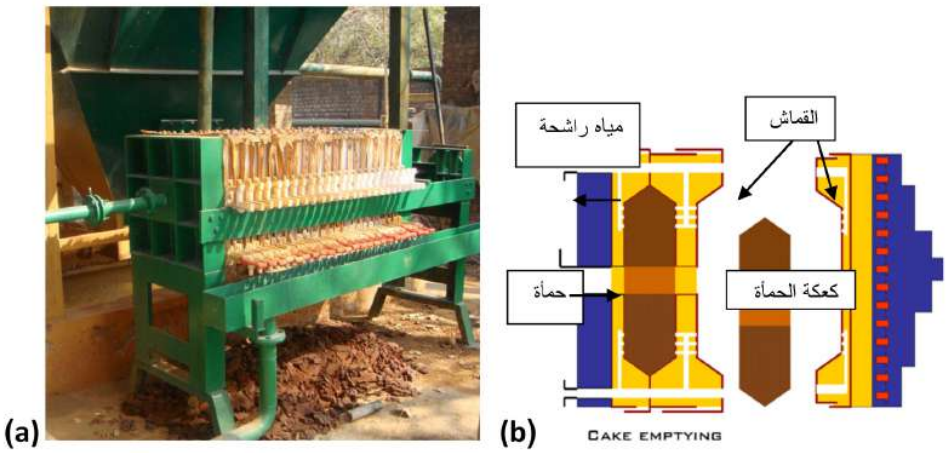
نوع الحمأة	المواد الكيمائية المضافة %		زمن الدورة hr	تركيز المواد الصلبة في الكعكة %
	$FeCl_3$	CaO		
أولية	5	10	2	45
أولية + WAS	5	15	3	45
WAS	7.5	15	2.5	40
أولية + WAS مهضومة لا هوائياً	5	10	2	45

* [29]

21-2-2-6-1-4. نزع الماء بالطرد المركزي Centrifuge dewatering

تم شرح الطريقة في الفقرة (21-2-1-3) وهي تعطي كعكة حمأة بنسبة مواد صلبة(15 - 30)% والجدول (21-2-2-6-1-4-1) يعطي كمية البوليمرات اللازمة لمرشح الطرد المركزي والحزام الراشح الضاغط.

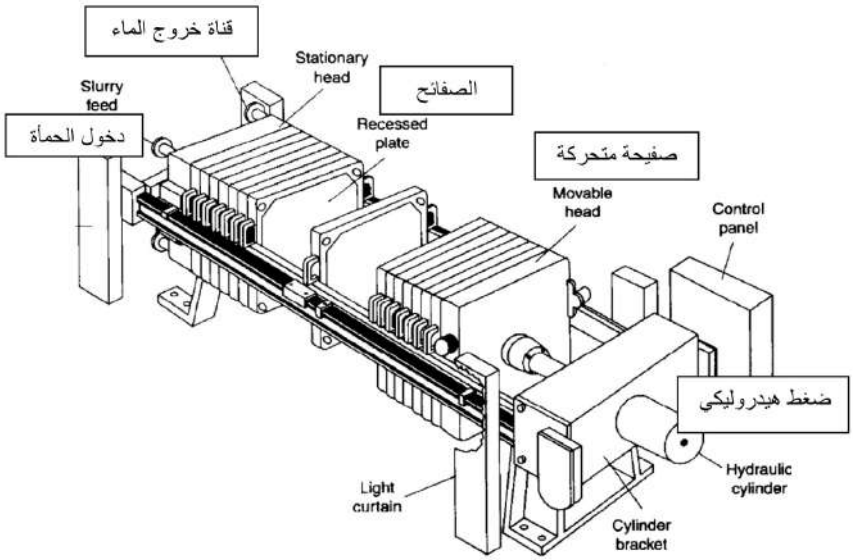
الشكل (21-2-2-6-1-3-1)a. صورة ترشيح حمأة
b. حركة الحمأة والمياه الراشحة ضمن الصفائح



(الصورة من pollucon co)

(الصورة من pollucon co)

الشكل (21-2-2-6-1-3-2)
شكل منظوري للمكبس المرشح



21-2-2-6-2. نزع الماء من الحمأة بالتبخير الطبيعي Natural evaporation

تستخدم عدة طرق لنزع الماء من الحمأة بالتبخير والرشح منها مفترشات التجفيف الرملية وأحواض التجفيف المرصوفة، وبرك التجفيف وغيره وتستعمل لمحطات معالجة التي فيها التدفق أقل من {7500 m^3/dWEFb1996} .

الجدول (21-2-2-6-1-4-1)
يعطي كمية البوليمرات اللازمة لمرشح الطرد المركزي
والحزام الراشح الضاغط

نوع الحمأة	مواد صلبة g /1kg	
	المرشح الحزامي	الطرد المركزي
أولية	4-1	2.5-1
أولية + WAS	8-2	5-2
أولية + مرشح بيولوجي	8-2	*-
WAS	10-4	8-5
أولية مهضومة لا هوائياً	5-2	5-3
أولية مهضومة لا هوائياً+WAS	8.5-1.5	5-2
أولية مهضومة هوائياً+WAS	8-2	*-

* تصنف ضعيفة بالنسبة لفعالية البوليمر ويمكن استعمال مواد كيمائية أخرى ككلور الحديديك والكلس[1]

وتستعمل لتجفيف الحمأة المهضومة والمرسبة من الحمأة المنشطة **بدون تكثيف** والطريقة اقتصادية ونحصل فيها على حمأة عالية المواد الصلبة ولا تحتاج لتكنولوجيا متقدمة، ومن مساوئها احتمال وجود الروائح (يجب

أن تكون اقرب فعالية على بعد100م، [2]) ومساحات أحواض التجفيف الكبيرة واليد العاملة اللازمة لجمع الحمأة الجافة وكذلك احتمال تواجد الحشرات.

21-2-2-6-2-1. مفترشات التجفيف الرملية التقليدية (أحواض التجفيف الرملية) Conventional drying bed

تستعمل أحواض التجفيف الرملية عندما يكون عدد السكان اقل من{ 20000 شخص [1]} وتتألف من طبقتين علوية رمل وسفلية حصى بحيث سماكة الرمل(23-30)سم (وقطر الحبيبات من 0.3-1) ملم ومعامل الانتظام ليس أكثر من (4) والقطر الفعال (0.3-0.75) ملم. ومن حصى أو حجر مكسر سماكة (20 - 50) سم وأبعاد الحصى من:(0.3 - 2.5)سم، عرض الأحواض 6 م والطول لا يتجاوز 30 م ارتفاع جدار الحوض(0.3-1)م. سماكة طبقة الحمأة من(30-45) سم وميول الأرضيات لا يقل عن 1 %.الشكل (21-2-2-6-2-1-1) يوضح مقطع ومسقط لحوض تجفيف حمأة رملية نموذجي والشكل (21-2-2-6-2-1-2) نموذج آخر للتجفيف بالرمال لمحطات صغيرة تستعمله بعض الشركات وطبقات الرمل 1 ،2 كما هي في الشكل السابق.

الشكل (21-2-2-6-2-1-3) صورة للحمأة في أحواض التجفيف الرملية.

وتزود الأحواض بأنابيب خاصة لسحب المياه، أقطار الانابيب لا تقل عن 10 سم وهي مثقبة أو مفتوحة الوصلات، والبعد بين الانابيب (2.5 - 6) م ويتم إعادة المياه الراشحة من الانابيب إلى المعالجة .

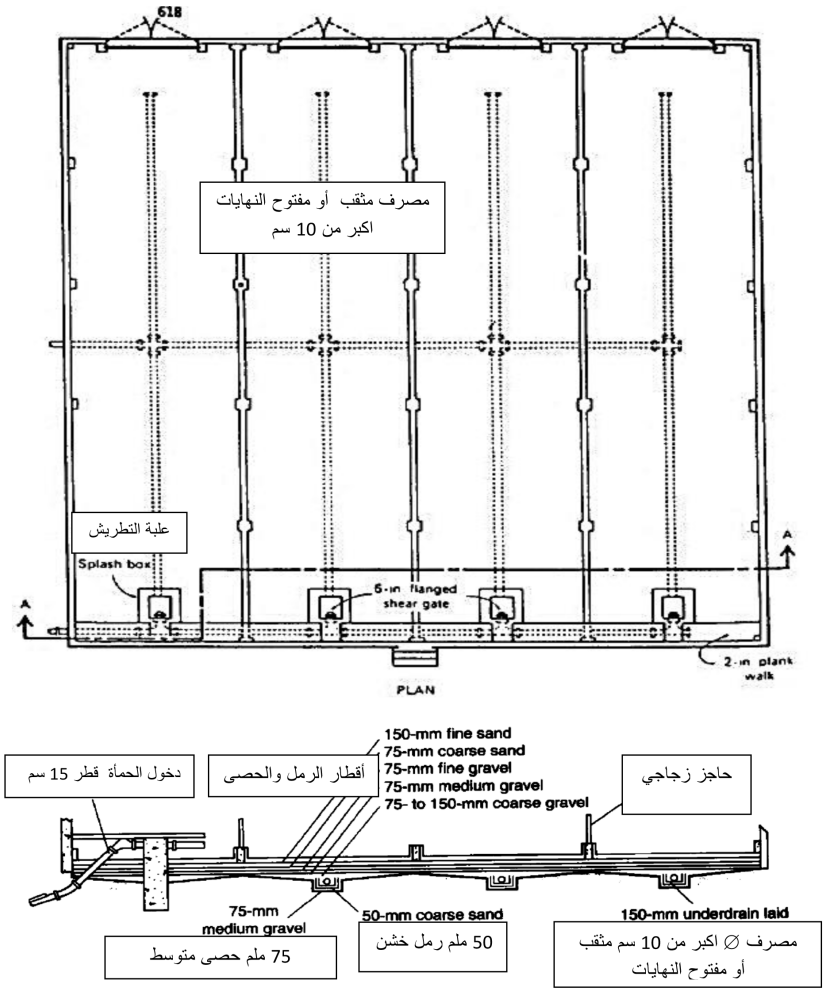
وتصميم حوض التجفيف يتأثر بنوع الحمأة (مكيفة) وكذلك بنسبة التحميل وسماكة الحمأة والظروف الجوية. ومساحة الحوض اللازمة تعتمد على نسبة تحميل الحمأة والتي تحسب للشخص أو تحميل المواد الصلبة كغ على

المتر المربع /عام بعد التجفيف. نسبة المواد الصلبة تصل 20 % ويمكن أن تصل إلى 60 % بزمن تجفيف كاف من 10-15 يوم وتحت ظروف جيدة ،[1].

- المساحة اللازمة للشخص (0.09-0.3) م^2 وحسب نوع الحمأة.
- تحميل الحمأة السنوي ،المواد الصلبة { (58-161)كغ/م^2.عام }.

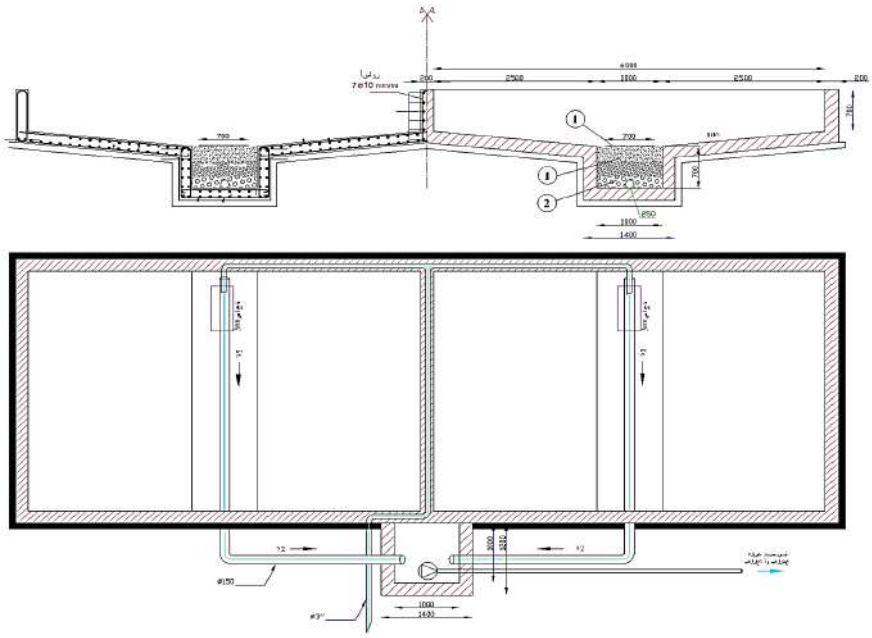
الشكل(21-2-2-6-2-1-1)

يوضح مسقط و مقطع حوض تجفيف حمأة رملي نموذجي*



*من[1] و [29]

الشكل(21-2-2-6-2-1-2)
نموذج لتجفيف الحمأة بالرمال لمحطات صغيرة



الشكل (21-2-2-6-2-1-3)
صورة للحمأة في أحواض التجفيف الرملية

مثال.

حوض تجفيف حمأة رملي 6×30 م يستقبل حمأة مكيفة بعمق 30 سم. نسبة المواد الصلبة في الحمأة 3 % ويحتاج الحوض إلى **29 يوم لكي يجف و1 يوم لإزالة الحمأة.** احسب المواد الصلبة لكل تطبيق والتحميل السنوي. الوزن النوعي للحمأة 1.02 غ/سم^3.

الحل .

1 - احسب حجم الحمأة V لكل تطبيق في الحوض.

ملاحظة: (APP تطبيق)

$$V = 6\ m x\ 30\ m\ x\ 0.3m = 54\ m^3\ /\ app$$

2 - احسب المواد الصلبة لكل تطبيق.

$$54\ m^3/app\ x\ 1000\ kg/m^3\ x\ 1.02\ x\ 0.03 = 1650\ kg/app.$$

= مواد صلبة

3 - احسب المعدل السنوي لتحميل المواد الصلبة.

$$\text{سطح التحميل} = 6\ m\ x\ 30\ m = 180\ m^2$$

$$165\ Kg/app.\ x365d/y/180m^2x30d/app=111Kg/(m^2.y)$$

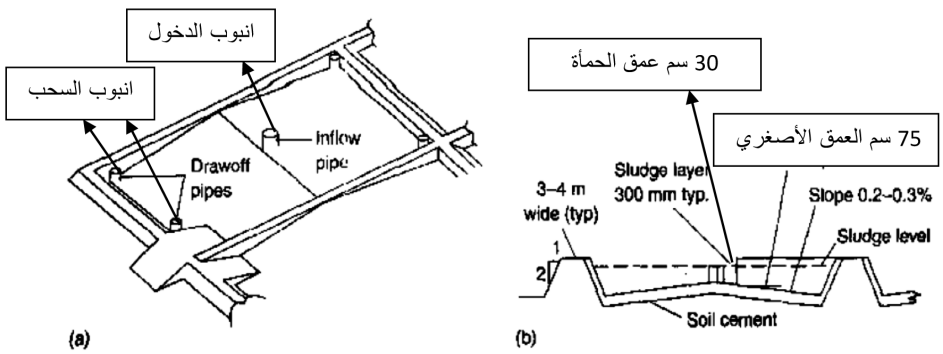
= نسبة التحميل السنوي

المجال ((OK 58 -161 kg/(m^2. y))

21-2-2-6-2-2-1. أحواض التجفيف المرصوفة

وهو يتألف من خلايا مرصوفة بالخرسانة المسلحة أو من الإسفلت وتتجمع مياه الحمأة في القسم السفلي وتخرج من فوهة الخروج، الشكل (21-2-2-6-2-2-1) مقطع ومسقط للخلية، الميول 2-3 % ، العرض من 6-15 م والطول من 21 - 46 م، وارتفاع الجدران كارتفاع جدران حوض التجفيف بالرمال، وعمقه الأدنى 75 سم، ونسبة المادة الجافة تصل 50 % خلال 30-40 يوم وسماكة الحمأة 30 سم في الطقس الجاف.

الشكل (21-2-2-6-2-2-1)
مقطع ومسقط لأحواض التجفيف المرصوفة



21-2-2-6-2-2-3. برك تجفيف الحمأة

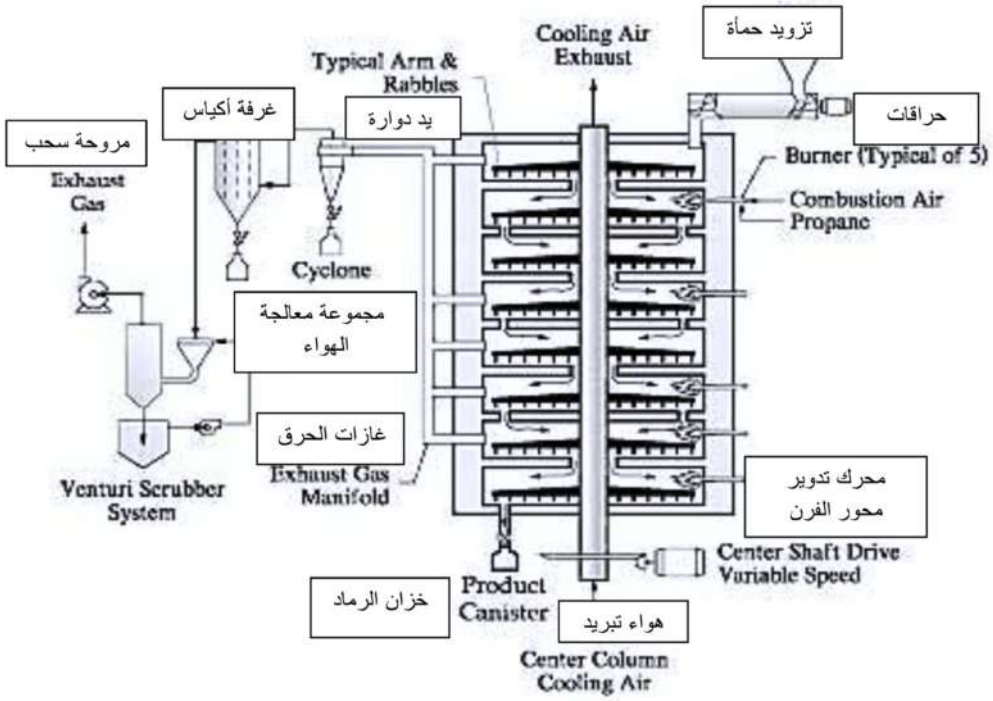
وهي برك توضع فيها الحمأة **المهضومة** ليتم تجفيفها بحرارة الشمس ونزع الماء المتشكل على سطح الحمأة عمق البركة 0.75 - 1.25 م وتصميمها يشبه تصميم أحواض الرمال ومدة التبخر من 2 - 5 شهر وتركيز المواد الصلبة 20-30 % ،وتحتاج الحمأة إلى تخزين من اجل معالجة لاحقة، وينصح بتحميل المواد الصلبة ($Kg/m^3/yr$ 36 - 39)[1] وعادة يكون هناك حوض آخر للعمل بالتوازي إثناء التجفيف. وعلى سبيل المثال: دورة 3 سنوات يمكن أن تكون كالاتي: 12 شهر إملاء و18 شهر تجفيف و6 شهور تنظيف وتحضير.

- هنالك طرق أخرى لنزع المياه من الحمأة كالتجفيف في البيوت الزجاجية، وأكياس GEOTUBE ،وأحواض الرمال مع فاكيوم.... (المراجع) .

3-2-21 . ترميد الحمأة Sludge incineration

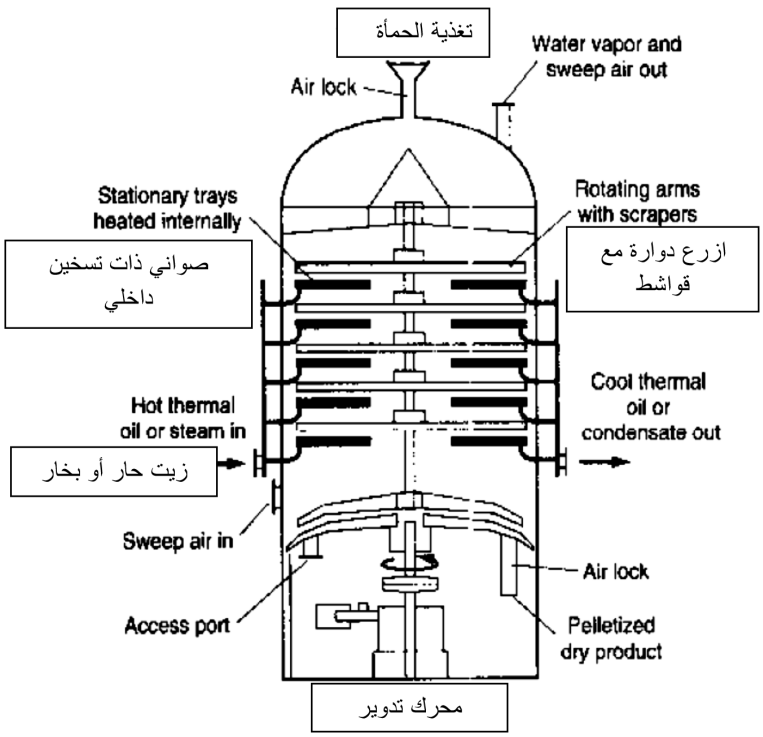
يعتبر حرق الحماة أو الترميد إحدى الطرق المتبعة في معالجة الحماة وتهدف إلى القضاء كلياً على الجراثيم الممرضة والإقلال من حجم الحمأة بتحويلها إلى رماد في المرمدات. ومن أكثر الأفران شيوعاً هو **الفرن متعدد الطبقات (multiple hearth incineration)**: الموضح في الشكل(21-2-3-1) حيث تنتقل كعكة الحمأة في الفرن من طبقة إلى طبقة بواسطة قواشط لتخرج الحمأة من الأسفل بشكل رماد.

الشكل(21-2-3-1)
حرق الحمأة في الفرن متعدد الطبقات



التجفيف غير المباشر: يستعمل نفس مبدأ الفرن السابق بتجفيف الحمأة بطريقة غير مباشرة فبدل استعمال الحراقات يضخ هواء ساخن أو زيت ساخن ضمن دائرة مغلقة على تماس مع الحمأة فنحصل على حمأة بنسبة رطوبة 5-8 % تقريباً وتكون الحماة بشكل حبيبات 2-4 ملم[1] الشكل (21-2-3-2).

الشكل (21-2-3-2)
تجفيف الحمأة بطريقة غير مباشرة

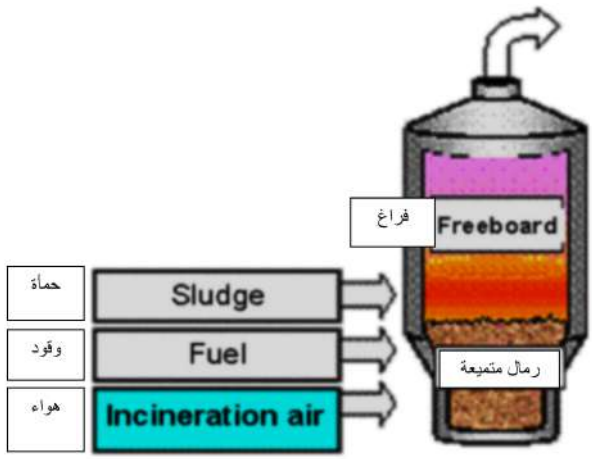


ونموذج أخر لحرق الحماة هو الفرن ذو السرير المتميع Fluidized bed incineration:

الشكل (21-2-3-3) حيث يتم حرق الحماة المجففة ميكانيكياً بضخ الحمأة قرب القاع الذي يحوي على رمل (سيليكات) وعند ضخ الهواء يتم تحريك الرمال فتبدو بحالة غليان ويضخ معها الوقود المساعد

عندما تكون المواد العضوية الطيارة قليلة. تحميل المواد الصلبة في الفرن (20- 60 Kg/m^2/h) من أجل حمأة مجففة وتركيز المواد الصلبة الكلية المعلقة (20-25)%.

الشكل(21-2-3-3) الفرن ذو السرير المتميع



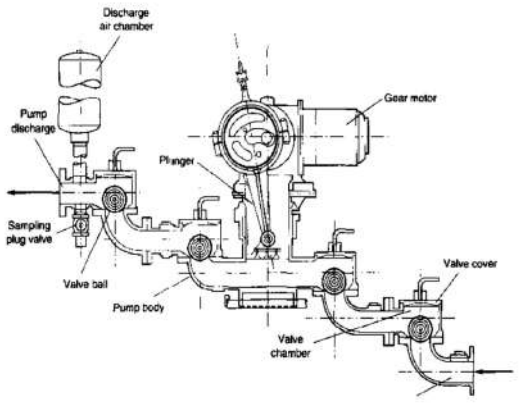
21-2-4. مضخات الحمأة والرغوة

تستعمل مضخات خاصة لنقل الحمأة من أحواض الترسيب إلى أحواض التكثيف ومن أحواض التكثيف إلى مراحل الهضم المختلفة ومن ثم تكييف الحمأة والى عمليات نزع الماء ومن ثم التصرف في الحمأة.

1 - المضخة المكبسية (Plunger pump)

وتدعى أحيانا (المضخة الدافعة)، وتستعمل لضخ الحماة والرغوة الشكل(21-2-4-1)، وهي تعتمد مبدأ حركة المكبس لإحداث فراغ في قميص المضخة لسحب الحمأة ومن ثم إغلاق الصمام وفتح آخر في الأعلى وقيام نفس المكبس بضخ الحمأة للأعلى، السحب يمكن أن يكون من ارتفاع 3م والضخ حتى 60 م والتدفق حتى 30 ليتر/ثا ، وهي تحتاج إلى صيانة دائمة، وتركيز المواد الصلبة في الحمأة يصل إلى15 % وتعطي ضغوط عالية تصل إلى(750Kpa).

الشكل(21-2-4-1) المضخة المكبسية

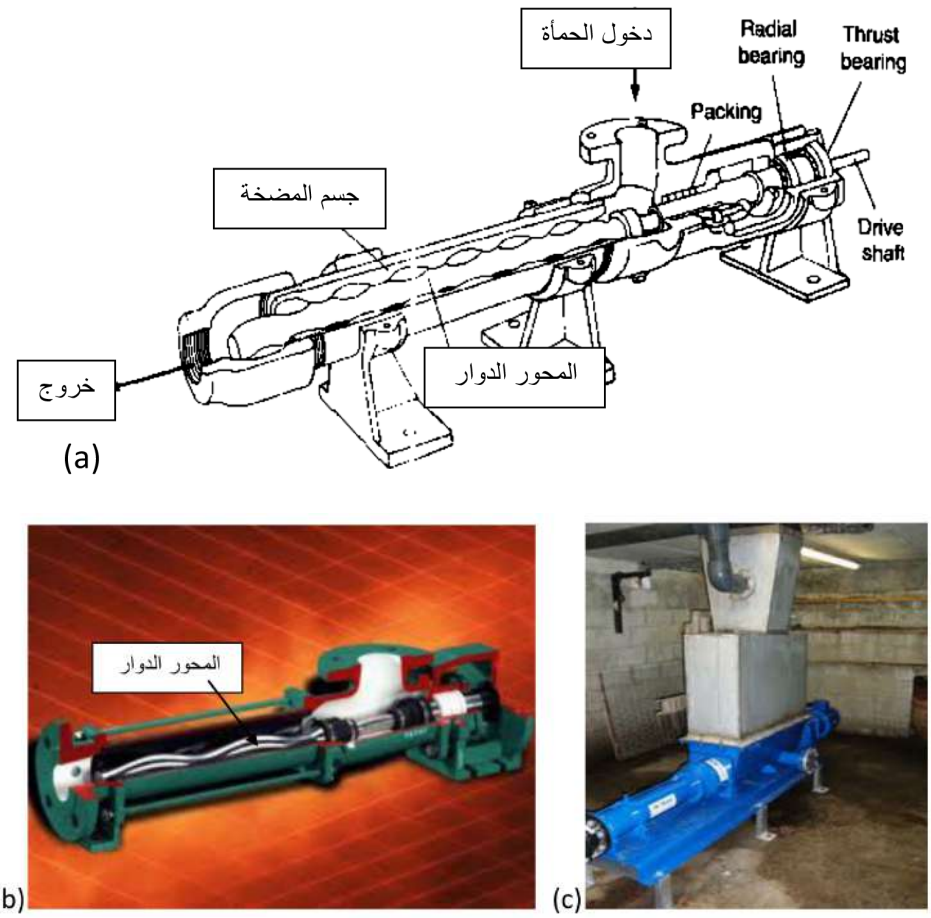


2 - المضخة ذات التجويف المستمر (ذات الحركة التقدمية PC) Progressive cavity

وهي أشهر مضخة لنقل الحمأة ذات تدفق يصل حتى 75 ليتر/ثا وتستطيع تمرير مواد صلبة حتى 20 ملم وهي سهلة التعامل ولها صمام عدم رجوع لمنع عودة الحمأة ويجب أن تكون الحمأة خالية من الرمال والحصى لمنع الانسداد والاهتراء وتستعمل المضخة لكافة أنواع الحمأة

تقريباً وتسحب من عمق 8.5م وتضخ حتى ارتفاع 135م الشكل(21-2-4-2) (a،b) أشكال توضيحية للمضخة، ويجب أن لا تعمل جافة، وعمل المضخة سهل وصيانتها قليلة ويمكن التحكم في كمية التدفق الشكل(21-2-4-2) (c) ضخ كعكة الحمأة.

الشكل(21-2-4-2)a-b-c
المضخة ذات الحركة التقدمية PC



3 - المضخات ذات الطرد المركزي Centrifugal pumps

وهي مضخات حمأة وهي جيدة لأعمال الحمأة الأولية.

من هذه المضخات المضخة التي لا تسد (non clog) لأنها لا تمرر الحمأة داخل المروحة بل يتم إحداث دوامة تقوم بسحب الحمأة بدون دخول الحمأة من خلال مروحة الضخ ،الشكل (21-2-4-3) -a.

المضخة Torque flow (المضخة اللفافة)

وهي مضخة طرد مركزي لا تمرر الحمأة على المروحة ولا يحدث فيها انسداد الشكل(21-2-4-3)-b وتنتقل الحمأة عن طريق تهييج الحمأة المارة في جسم المضخة ويمكن زيادة الضغط بوضع أكثر من مضخة وكذلك يمكن تغيير كمية التدفق عن طريق تعديل سرعة المضخة.

المضخة ذات القطاعة Chopper sludge pump

وهي مضخة توجد فيها سكاكين حادة خاصة تقطع المواد الصلبة الكبيرة التي تحاول سد المضخة. وتدفق المضخة يصل حتى 150 ليتر/ث ويوجد منها مضخات أفقية وشاقوليه الشكل (21-2-4-4).

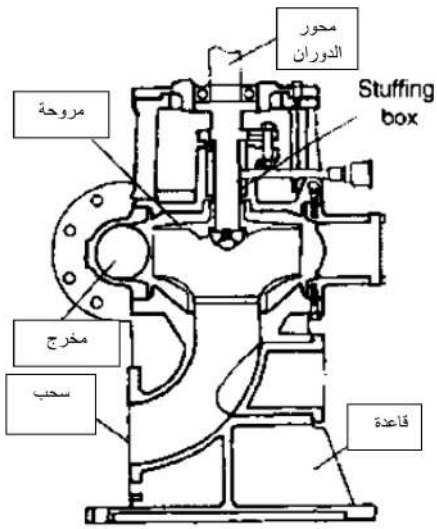
ملاحظة. عدا عن مضخات الطرد المركزي المذكورة يمكن استعمال (المضخة الحلزونية screw pump) الشكل(21-2-4-5) في ضخ الحمأة الراجعة وكذلك مضخة الطرد المركزي البطيئة.

4 - المضخات ذات الحجاب (غشائية) Diaphragm pump

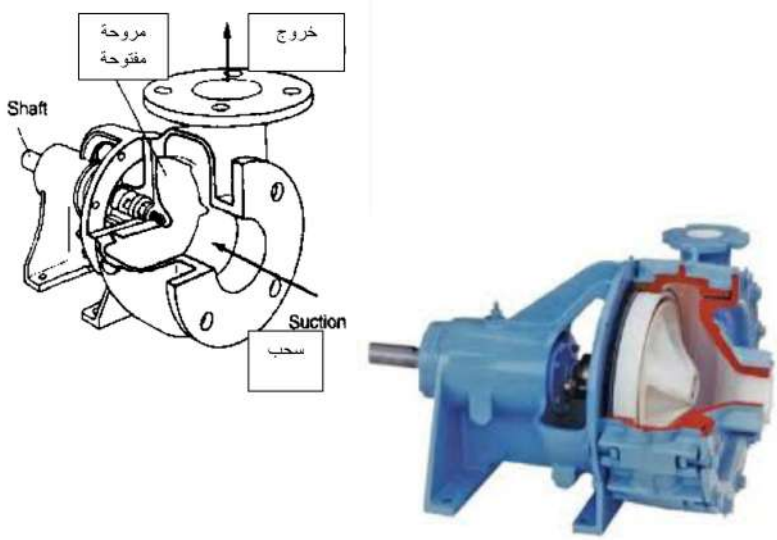
وهي مضخة تمرر الحمأة بدون عوائق ميكانيكية حيث يقوم مكبس بسحب غشاء مما يؤدي لادخال الحمأة الى قناة خاصة وعندما يضغط

المكبس الغشاء ويتم اغلاق صمام الدخول ويفتح صمام الخروج لتمر منه الحمأة، ويمكن ان يكون للمضخة غشائين يعملان بشكل متناوب الشكل (6-4-2-21).

الشكل(21-2-4-3)-a
المضخة ذات الطرد المركزي التي لا تسد



الشكل (21-2-4-3)-b المضخة torque flow



الشكل(21-2-4-4)
المضخة ذات القطاعة chopper sludge pump

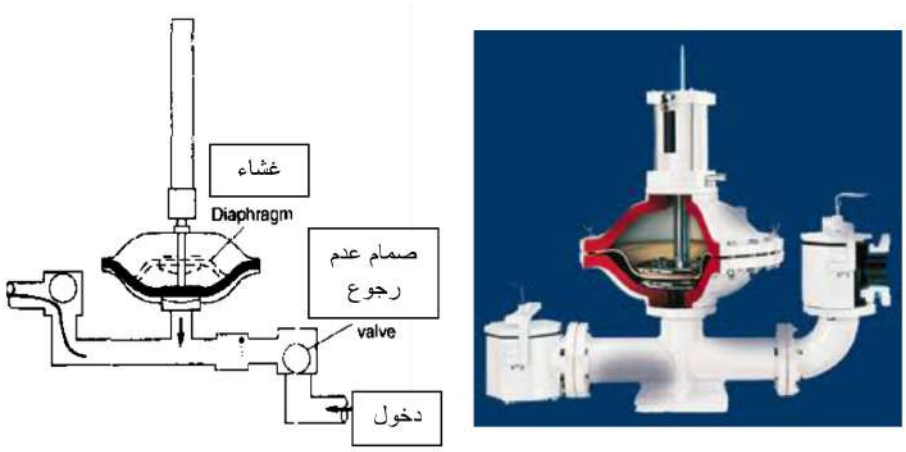
الشكل(21-2-4-5) المضخة الحلزونية

5 - مضخة الفصوص الدوارة. Rotary- lobe pump.

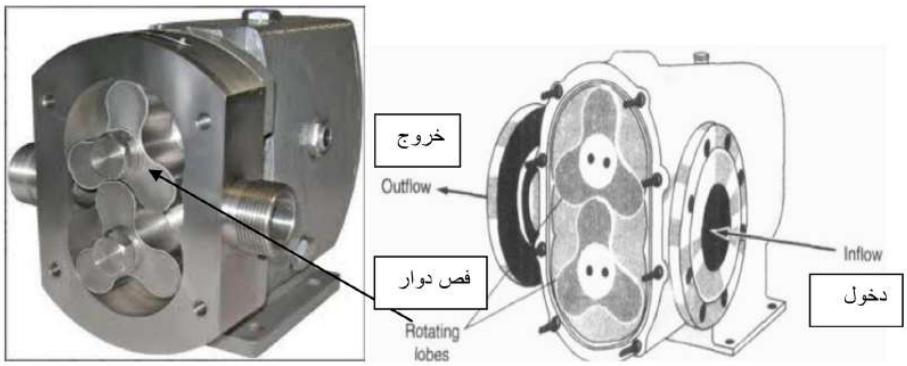
وهي مضخة مشهورة جدا لضخ السوائل اللزجة والكثيفة مثل الحمأة وفيول المراجل اللزج، وهي من نوع الازاحة الايجابية ومن اجل ضخ الحمأة

تكون الفصوص معدنية اومطاطية قاسية، سرعة المضخة بطيئة واعطالها قليلة. الشكل(21-2-4-7).

الشكل(21-2-4-6)
المضخة ذات الحجاب احادية وثنائية



الشكل(21-2-4-7)
مضخة الفصوص الدوارة (rotary- lobe pump)



22

استخدام والتخلص من الحمأة ومياه الصرف المعالجة

Use and Disposal of Sewage Sludge and treated water

22-1. استخدام الحمأة

عند استخدام الحماة لتخصيب التربة يجب أن تكون خالية من الجراثيم والعوامل الممرضة وكذلك من المركبات العضوية الضارة والمعادن الثقيلة وفق اكثر الهيئات العالمية المعتمدة وتستخدم الحمأة في الحالات التالية:

1 - الزراعة.

2 - الغابات.

3 - الأراضي المتعبة.

4 - المكرسة لعمل معين.

ويتم الاستخدام تحت التربة أو فوق التربة.

وقد حددت بعض تلك الجهات الطرق الواجب معالجة الحمأة بها وذلك حسب استخدامها، الجدول (22-1-1). والشكل (22-1-1) عملية توزيع الحمأة الجافة والسائلة.

الجدول (22-1-1)
أنواع المعالجة المطلوبة حسب الاستخدام*

استخدام الحماة	نوع المعالجة المطلوبة
للزراعات المأكولة	معالجة بالحرارة - إسماد
للزراعات غير المأكولة	هضم وتجفيف - وتثبيت بالكلس
استصلاح أراضي	هضم وتجفيف
للردم في المطامر	هضم وتجفيف

*[1]

يتم استخدام آليات خاصة لرش الحمأة السائلة أو ريها أو حقنها ويجب اخذ موضوع الرائحة بعين الاعتبار. ويتم استخدام الحمأة الجافة في التسميد بتوزيعها وفق المقننات الواردة في الجدول (22-1-2) الذي يعطي حدود التلوث المسموح في الحمأة والكمية المسموحة للهكتار.

الشكل (22-1-1)
عملية توزيع الحمأة الجافة والسائلة على الأراضي الزراعية

الجدول (22-1-2)
تركيز المعادن ونسبة تحميل الحمأة على الأراضي*

الملوث	سقف التركيز mg/kg (الجافة)	نسبة تحميل التلوث المتراكم Kg/ha	تركيز لحالة عالية الجودة mg/kg	حدود التحميل السنوي kg/ha
الزرنيخ As	75	41	41	2
كادميوم Ca	85	39	39	1.9
الكروم** Cr	3000	1200	3000	150
نحاس Cu	4300	1500	1500	75
الرصاص pb	840	300	300	15
الزئبق Hg	57	7	17	0.85
النيكل Ni	420	420	420	21
سيلينيوم se	100	100	100	5
الزنك Zn	7500	2800	2800	140

*{EPA 1994 - 1995+[1]}** من [3]

كما يجب أن لا يزيد تركيز المغذيات المساندة - (النتروجين الفوسفور البوتاسيوم) عن حدود معينة بحيث لا تتراكم هذه المواد في التربة إلى حدود غير مقبولة ويختلف تركيزها حسب نوع المحاصيل كما في الجدول (22-1-3).

الجدول (22-1-3)
معدل استهلاك المغذيات المساندة من قبل بعض المحاصيل

المحصول	معدل استهلاك المواد المغذية /kg D.S /ha (kg مادة جافة/هكتار/عام)year		
	النتروجين	فوسفور	بوتاسيوم
الأعلاف	500 - 100	100 -25	300 -100
ذرة	210-180	30 -20	100
قطن	110-75	14	40
قمح	100 - 60	20	20
بطاطا	230	32	350 -300
غابات وأحراج	330	-	-

وعلى ضوء معدلات التحميل المذكورة تحسب مساحة الأراضي التي يمكن أن تستقبل الحمأة على أساس قيمة التحميل الدنيا وفق العلاقة (22-1-1).

$$A=WS/R_C \qquad (22\text{-}1\text{-}1)$$

بحيث:

A : مساحة الأرض اللازمة هكتار.

WS : الإنتاج السنوي من الحمأة kg D.S /ha/year.

R_C : المعدل التصميمي الأدنى لتحميل الحمأة وحسب المعيار الأكثر أهمية.

22-2. الاستخدام والتخلص من المياه المعالجة

تستعمل المياه المعالجة لعدة مستويات منها الثلاثية والمتقدمة في إعمال مختلفة كالتبريد أو التسخين أو في أعمال الري المختلفة أو إلى المسطحات المائية أو لتربية الأسماك أو لإطفاء الحريق أو للمراحيض

العامة (flushing) أو إعادة شحن المياه الجوفية، وقد أوصت منظمة الصحية العالمية باستعمال مياه الصرف في ري المحاصيل التي لا تؤكل نيئة وسقاية الحدائق والملاعب بمياه معالجة لعدة مراحل وأعطت لذلك سقفاً عالياً لعدد العصيات كوليفورم المسموح بها.

22-2-1. الري الزراعي

تستخدم المياه في كثير من الأغراض الزراعية المفيدة ومن أهمها ري المزروعات الشكل(22-2-1-1)، ويجب أن تحقق المياه المستعملة لأغراض الري المواصفات المعمول بها لهذا الغرض (حيث تضع كل دولة المواصفة القياسية الخاصة بها لأغراض الري) لتكون خالية من ما يؤثر على سلامة الإنسان والحيوان والبيئة المحيطة ودراسة تراكم بعض المواد الكيمائية كالكادميوم في النبات، الجدول (22-2-1-1) والجدول (22-2-1-2) والجدول (22-2-1-3) يعطي نتائج نموذجية بإتباع طرق ووسائل مختلفة ومراحل مشتركه لإعادة استعمال المياه المعالجة.

الشكل(22-2-1-1)
ري المزروعات بمياه الصرف

وتعتبر المعالجة الثلاثية لمياه الصرف ضرورية لجعل مياه الصرف المعالجة صالحة للري الزراعي وكذلك فإن المياه المعالجة الحاوية على عصيات اقل من (TC = 2.2 /100 mL) هي قابلة للري غير المقيد.

الملوحة. (SALINITY) وهو تركيز الأملاح المختلفة في مياه الصرف المعالجة وهذا المعيار هام ويعبر عنه بقياس الأملاح الكلية الذائبة TDS (mg/L) وكذلك فإن قياس الناقلية الكهربائية EC (mmho/cm) يعطي فكرة أولية عن كمية الأملاح المنحلة بالعلاقة (22-2-1-1) ونجد أن ارتفاع الناقلية إلى (mmho/cm) 10 يسبب توقف إنتاج المحاصيل الخضرية.

$$TDS = 640\ EC$$

المقنن المائي أو الاحتياج المائي. يحسب المقنن المائي للهكتار الواحد من مياه الري خلال موسم زراعي معين بالمعادلة (22-2-1-2).

$$GIR = (ET_C / E_{FF}) / (1-LR) \qquad (22-2-1-2)$$

بحيث :

GIR: الاحتياج المائي للهكتار الواحد من مياه الري خلال موسم زراعي معين (m^3/ha).

ET_C: الاستهلاك المائي للنبات (m^3/ha).

E_{FF} : كفاءة نظام الري، 55 % ري سطحي - 70 % ري بالرش 85 % تنقيط.

LR : احتياج غسيل التربة وهي كنسبة من الاحتياج الإجمالي ويقدر 25 % صيفاً- 15 % شتاءً- 20 % وسطي.

الجدول (22-2-1-4)بعض المقننات المائية.

(1-1-2-22)
جدول نموذجي لنوعية مياه الصرف
بعد عدة مستويات من المعالجة*

الطريقة	الملوث	مجال نوعية المياه الخارجة mg/l من المعالجة		
		بعد المعالجة الثانوية وإزالة بيولوجية للنتروجين+تعقيم	بعد المعالجة الثانوية وإزالة بيولوجية للنتروجين + ترشيح عميق +تعقيم	بعد المعالجة الثانوية وإزالة بيولوجية للنتروجين+ترشيح ميكروي + RO +تعقيم
التقليدية	TSSالمواد الصلبة المعلقة	20-5	4-1	≤ 1
	المواد الصلبة الغروانية	10-5	5-1	≤ 1
	COD	20-5	5-1	≤ 1
	الأمونيا ammonia	1-0.1	1-0.1	≤ 0.1
	النترات nitrate	10-1	10-1	≤ 1
	النتريت nitrite	0.1-0.001	0.1-0.001	≤ 0.001
	النتروجين الكلي	12-2	12-2	≤ 0.5
	الفوسفور	0.5-0.1	0.5-0.1	≤ 0.5
	العكارة	6-2	≤ 2	1-0.1
	بكتريا	240-2.2	≤ 2.2	≈ 0
	البروتوزوا	10-5	≤ 1	≈ 0
	الفيروسات	10^4-10	$\leq 10^{-4}$	≈ 0
الغير تقليدية	العضويات العنيدة	5-1	5-1	5-1
	VOC	2-1	2-1	≤ 1
	معادن	-	-	≤ 1
	surfactant مسطحات	2-1	1.5-1	≤ 1
	الأملاح المنحلة TDS-	700-500	700-500	50-10

*[1]

ملاحظة: تصنف مياه الري بالنسبة للأملاح، حسب [1]

- < 450 مغ/ل خفيفة
- 450 - 2000 مغ/ل متوسطة
- >2000 مغ/ل شديدة

جدول رقم (2-1-2-22) محتويات مياه الصرف من الملوثات منشآت الاسترداد – mg/l [1]

تقليدية	تركيز المياه الخام	من الترسيب الأولي		من المعالجة الثانوية		من المعالجة الثلاثية		معالجة متقدمة تدفق الخروج - AWT		الكفاءة الكلية
		التركيز	R % الكفاءة	التركيز	R % الكفاءة	التركيز	R % الكفاءة	التركيز	R % الكفاءة	
CBOD*	185	149	19	13	74	4.3	5	لا يوجد		98
TSS	219	131	40	9.8	55	1.3	4	لا يوجد		+99
TOCكل الكربون العضوي	91	72	21	14	64	7.1	8	0.6	7	+99
TS - الصلبة الكلية	1452	1322	9	1183	10	1090	6	43	72	97
NTU - عكارة	100	88	12	14	74	0.5	14	0.27	0	+99
امونيا – N	22	21	5	9.5	52	9.3	1	0.8	39	96
نترات - N	0.1	0.1	0	1.4	0	1.7	0	0.7	0	0
TKN	315	30.6	3	13.9	53	14.2	0	0.9	41	97
P الفوسفور	6.1	5.1	16	3.4	28	0.1	54	0.1	0	98
غير تقليدية										
الزرنيخ	0.0032	0.0031	3	0.0025	19	0.0015	30	0.0003	40	92
البورون	0.35	0.38	0	0.42	0	0.31	13	0.29	3	17
كادميوم	0.0006	0.0005	17	0.0012	0	0.0001	67	0.0001	0	83
كالسيوم	74.4	72.2	3	66.7	7	70.1	0	1	88	99
كلور	240	232	3	238	0	284	0	15	90	94
كروم	0.003	0.004	0	0.002	32	0.001	24	0.001	28	83
نحاس	0.063	0.07	0	0.043	33	0.009	52	0.011	0	83
حديد	0.6	0.53	11	0.18	59	0.05	22	0.04	2	94
رصاص	0.008	0.008	0	0.008	0	0.001	93	0.001	0	91
مغنيزيوم	38.5	38.1	1	39.3	0	6.4	82	1.5	13	96
منغنيز	0.065	0.062	4	0.039	37	0.002	57	0.002	0	97
زئبق	0.0003	0.0002	33	0.0001	33	0.0001	0	0.0001	0	67
نيكل	0.007	0.01	0	0.004	33	0.004	11	0.001	45	89
سيلينيوم	0.003	0.003	0	0.002	16	0.002	0	0.001	64	80
فضة	0.002	0.003	0	0.001	75	0.001	0	0.001	0	75
صوديوم	198	192	3	198	0	211	0	11.9	91	94
سولفايت	312	283	9	309	0	368	0	0.1	91	99
زنك	0.081	0.076	6	0.024	64	0.002	27	0.002	0	97

* المعالجة الثلاثية : الترسيب بالكلس +الترشيح العميق -AWT المعالجة المتقدمة : التعرية بالهواء +الامتزاز بالفحم – CBOD : stage of carbonaceous المرجع من [1]

الشكل (22-2-1-3)
نتائج المعالجة لطرق مشتركة متبعه
في إعادة استعمال مياه الصرف [1]

طريقة المعالجة	نوعية المياه mg/l عدا العكارة						
	TSS	BOD_5	COD	النتروجين الكلي	NH_3-N	PO_4-P	العكارة
حمأة منشطة + ترشيح حبيبي وسطي	4-6	<5-10	30-70	15-35	15-25	4-10	0.3-5
حمأة منشطة + ترشيح حبيبي متوسط + إمتزاز بالكربون	<5	<5	5-20	15-30	15-25	4-10	0.3-3
حمأة منشطة/نترجه مرحلة واحدة	10-25	5-15	20-45	20-30	1-5	6-10	5-15
حمأة منشطة/نترجة وإزالة النتروجين مرحلة منفصلة	10-25	5-15	20-35	5-10	1-2	6-10	5-15
إضافة أملاح معدنية للحمأة المنشطة+ نترجة/ إزالة النتروجين + ترشيح	≤ 5 − 10	≤ 5 − 10	20-30	3-5	1-2	≤ 1	2-0.3
إزالة بيولوجية للفوسفور	10-20	5-15	20-35	15-25	5-10	≤ 2	10-5
إزالة بيولوجية للنتروجين والفوسفور +ترشيح	≤ 10	<5	20-30	≤ 5	≤ 2	≤ 2	0.3-2
حمأة منشطة +ترشيح حبيبي متوسط +إمتزاز بالكربون + RO(تناضح عكسي)	≤ 1	≤ 1	5-10	<2	<2	≤ 1	1-0.01
حمأة منشطة /نترجة - إزالة النتروجين وإزالة الفوسفور +ترشيح حبيبي متوسط +RO	≤ 1	≤ 1	2-8	≤ 1	≤ 0.1	≤ 0.5	1-0.01
حمأة منشطة /نترجة- إزالة النتروجين وإزالة للفوسفور +ترشيح ميكروي +RO	≤ 1	≤ 1	2-8	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.5	1-0.01

جدول(22-2-1-4)
بعض المقننات المائية للمحاصيل*

المحصول	اليومي m^3/ ha /d	
	صيف / خريف	ربيع / شتاء
خضروات	200	80
مروج وحدائق	140	55
حبوب	100	40
أشجار مثمرة 15 ليتر/شجرة /يوم باعتبار 150 شجرة /هكتار	4.5	2.25

*[28] .

الجدول(22-2-1-5) التركيز الأعظمي الموصى به لبعض العناصر في مياه الري (trace elements).

الجدول(22-2-1-5)
التركيز الأعظمي الموصى به لبعض العناصر في مياه الري*

العنصر (trace element)	أعلى تركيز موصى به mg/l	ملاحظات
Al	5	يوقف النمو- ولا يؤثر في التربة القلوية
As	0.1	سام لعدد كبير من النباتات
Be	0.1	
Cd	0.01	يتراكم في النبات
Co	0.05	
Cr	0.1	
Cu	0.2	سام لعدد من النباتات
F	1	
Fe	5	
Li	2.5	سام
Mn	0.2	سام في التربة الحمضية
Mo	0.01	
Ni	0.2	سام لعدد من النباتات
Pb	5	يمنع نمو النبات
Se	0.02	
Sn	-	
Ti	-	
w	-	
v	0.1	سام لعدد من النباتات
zn	2	سام لعدد كبير من النباتات

* [1]

22-2-2. التخلص من مياه الصرف المعالجة

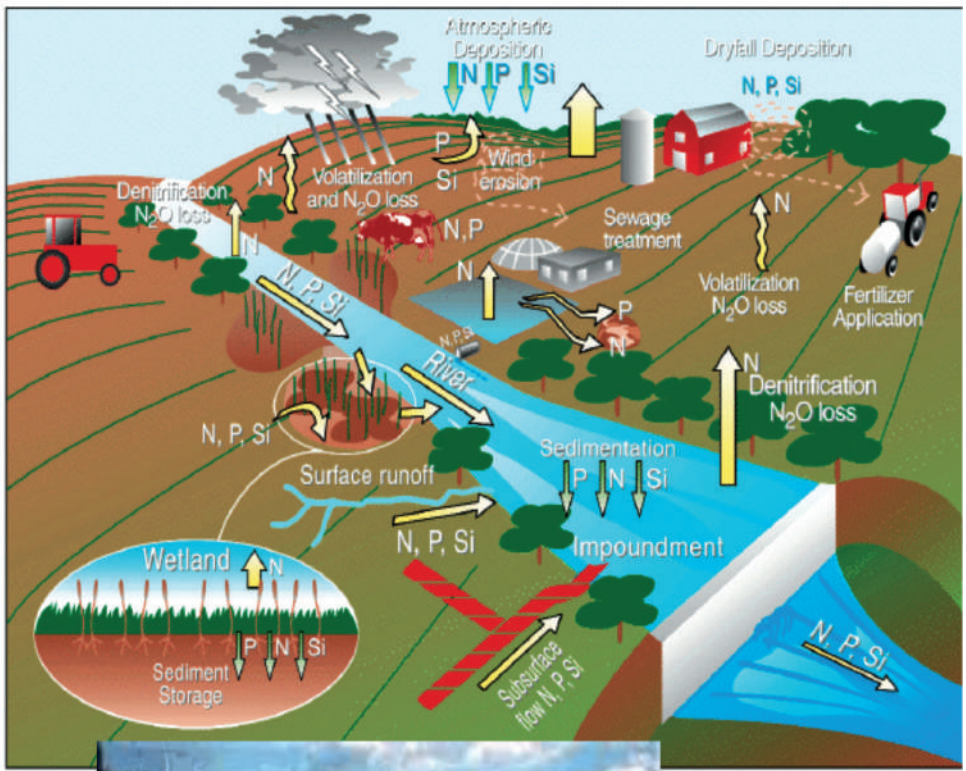
يتم طرح مياه الصرف المعالجة إلى المسطحات المائية كالبحار(المدن الساحلية) والبحيرات الطبيعية أو بحيرات السدود (كما في سدود هولندا) أو

إلى الأنهر (وهي حالة سائدة في كثير من المدن الواقعة على ضفاف الأنهر) (أو إعادة حقن المياه الجوفية) ومن أهم المشاكل هي طريقة مزج مياه الصرف وزيادة بعض المواد الغذائية في مياه الصرف.

في البحيرات الرقيقة يستمر المزج بتأثير الرياح وحركة الموج ولكن في البحيرات العميقة يمكن أن نجد مشكلة في المزج الذي هو ضروري عند إضافة مياه الصرف إليها. أما بالنسبة للأنهار والبحار فتساعد حركة المياه عملية المزج ، ويجب دراسة عملية المزج والطرق المتوفرة ويوجد معادلات ناظمة لعملية المزج في المراجع المختصة.

الانفجار الطحلبي: Eutrophication في المسطحات المائية التي تصب فيها ماء صرف تحوي فوسفور ونتروجين يشاهد نمو واسع للطحالب ويقل الأوكسجين في البحيرة بازدياد الطحالب وتموت الأسماك وكثير من الكائنات الحية، وحتى لا تحدث هذه الظاهرة فانه في معظم المواصفات يجب أن تكون كمية الفوسفور(راجع الفقرة 19-3) في المياه المطروحة في المسطحات المائية (0.1 -2mg / L) كـ (P)[3], ومعظم المؤسسات التي تضع المواصفات تفضل اقل من 1ملغ/ليتر وهذا يتطلب معدل إزالة (80-95)%. وتفضل بعض المراجع أن تكون نسبة الفوسفور **الغير عضوي** 0.01 ملغ/ليتر ونسبة النتروجين **الغير عضوي** 0.3 ملغ/ليتر الشكل (22-2-2-1) شكل رمزي لمسببات الانفجار الطحلبي في بحيرة- مسببات الانفجار الطحلبي في بحيرة سد.

الشكل(22-2-2-1)
مسببات الانفجار الطحلبي في بحيرة سد
- الانفجار الطحلبي في بحيرة



23

أنظمة المعالجة الطبيعية لمياه الصرف
الأراضي الرطبة
WET LAND

23-1. مقدمة عن المعالجات الطبيعية لمياه الصرف

وهي طرق معالجة طبيعية لمياه الصرف تعتمد على النباتات والكائنات الدقيقة الموجودة على الجذور والتربة لمعالجة مياه الصرف المنزلي أو أي مياه ملوثة أخرى.

فأنظمة المعالجة الطبيعية لمياه الصرف تتضمن الكثير من ما يستعمل في الأنظمة الميكانيكية الأخرى مثل الترسيب والترشيح ونقل الغازات (حركة الأوكسجين) والامتزاز والتبادل الأيوني والترسيب الكيميائي والأكسدة الكيميائية والتحولات البيولوجية وقابلية التحليل. إضافة لأنظمة طبيعية اخرى تدخل في المعالجة مثل التركيب الضوئي photo synthesis والأكسدة الضوئيةphoto oxidation .

وإضافة لكون نظام المعالجة الطبيعية هو نشاط طبيعي فيمكن أن يحقق غاية أخرى هي إزالة الملوثات من مياه الصرف، إذاً حوض المعالجة هو معالجة للملوثات ضمن نشاط طبيعي، عكس المعالجات الميكانيكية حيث عمليات المعالجة تتابع في أحواض منفصلة وفعاليتها تتبع نسبة الطاقة المصروفة.

وتصنف من هذه الطرق في المعالجة:

1 - أنظمة الترشيح البطيئة Slow Rate system

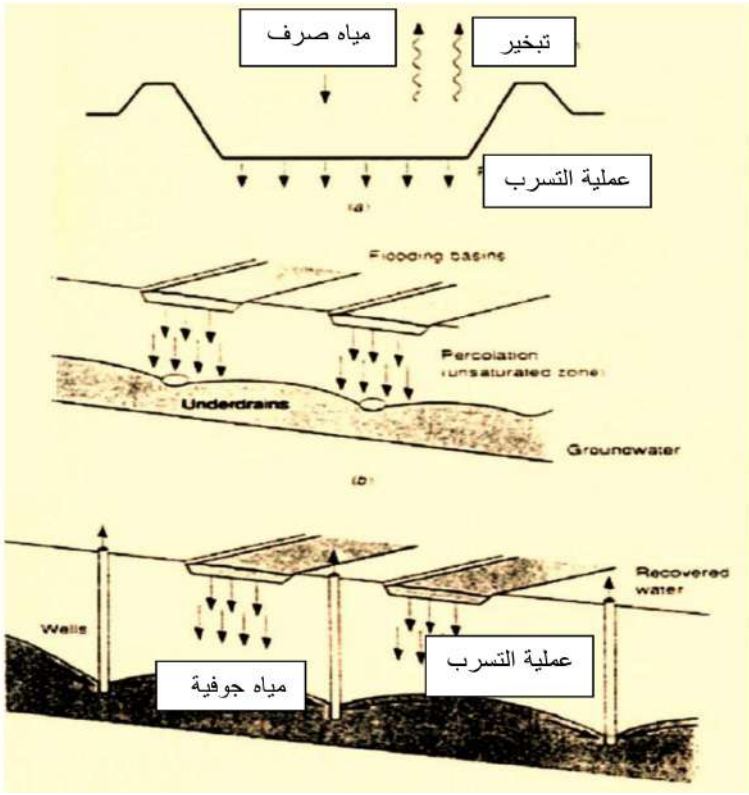
حيث توزيع مياه الصرف ضمن قنوات طبيعية (أو بالرش)على تربة مزروعة بنباتات مناسبة، وتنفذ المياه بشكل بطيء في التربة، الشكل (23-1-1) يبين نموذج المعالجة بهذه الطريقة.

الشكل (23-1-1)
أنظمة الترشيح البطيئة

2 - أنظمة الترشيح السريعة في التربة. Rapid infiltration

الشكل (23-1-2) يبن نموذج المعالجة بالترشيح السريع حيث جزء من المياه يتبخر وجزء يتسرب إلى المياه الجوفية من خلال التربة التي تقوم بأعمال الترشيح والمعالجة البيولوجية من خلال البكتريا الموجودة في التربة حيث يعاد سحبها للاستفادة منها.

الشكل (23-1-2)
يبن نموذج الترشيح السريع في التربة

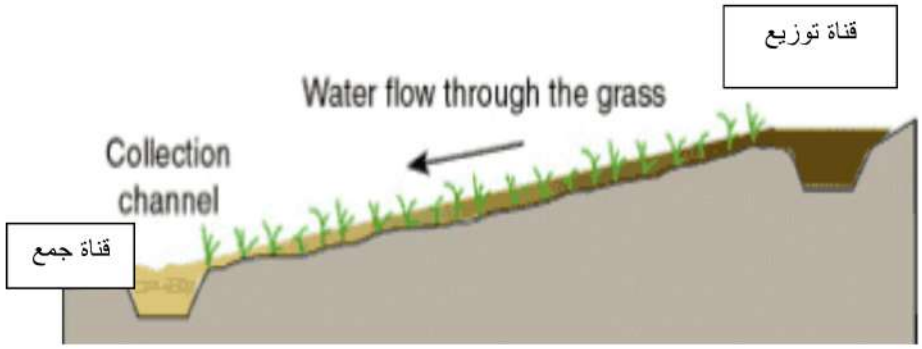


من [1]

3 - أنظمة التدفق فوق الأرض Over land flow الشكل (23-1-3)

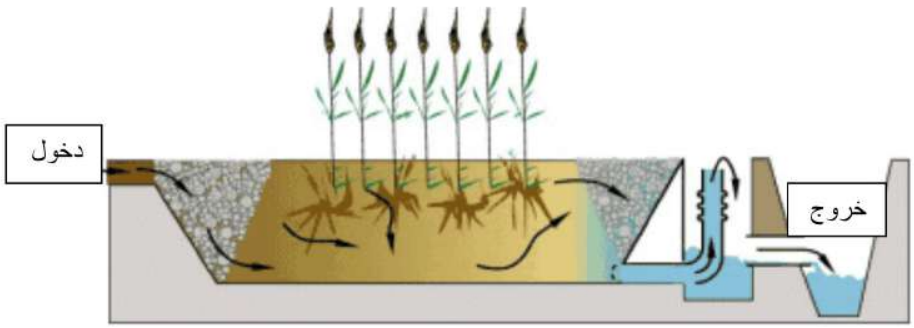
يتم توزيع مياه الصرف المعالجة بشكل أولي بواسطة مرشات أو بالراحة على ارض مائلة مزروعة وتجمع المياه في قنوات جمع الأمطار أسفل المنحدر، وتستعمل عادة في مناطق تكون السطوح قليلة النفاذية، وتحدث المعالجة أثناء جريان الماء خلال جذوع النبات والتعرض للضوء والرياح (يحدث تسرب بطيء في التربة وجزء من الماء يتبخر).

الشكل (23-1-3)
أنظمة التدفق فوق الأرض



4 - أنظمة المعالجة (بالنباتات) الأراضي الرطبة. wet land. والتي سنأتي على شرحها في الفقرات التالية. الشكل (23-1-4) نموذج لأنظمة المعالجة بالنباتات (الأراضي الرطبة wet land).

الشكل(23-1-4)
نموذج لأنظمة المعالجة بالنباتات



23-2. طرق معالجة مياه الصرف بالأراضي الرطبة

1. التدفق السطحي. مياه صرف سطحها حر وتدعى free water surface /FWS/.

2. التدفق تحت سطحي (SF subsurface flow) وهو جريان المياه في تربة نفوذه وهي على نوعين:

أ- التدفق الجبهي.

ب- التدفق الرأسي.

23-3. إمكانيات معالجة الملوثات بالأراضي الرطبة

-SS : ترسيب + ترشيح.

- BOD : تحلل عضوي هوائي ولا هوائي وترسيب.

- النتروجين : تحلل الأمونياAmmonification، + نترجةnitrification، + إزالة النتروجينdenitrification الامتصاص من النبات .

- الفوسفور : إزالة الفوسفور عن طريق الامتزاز والترسيب بالتفاعل مع مواد من التربة مثل: Fe،Al،Ca (بعض المواقع اللاهوائية الممكن توفرها لإزالة الفوسفور).

- الجراثيم الممرضة: - الترسيب والترشيح.
- موت طبيعي.
- الأشعة فوق البنفسجية.
- مضاد حيوي من الجذور.

- المعادن الثقيلة: إمتزاز من التربة + امتصاص من النبات.

23-4. المعالجة الأولية

- استلام مياه الصرف: بما أن محطات المعالجة بالنباتات صغيرة فعادة تمرر مياه الصرف بحفرة تدعى خزان التحلل (Septic tank) وهي معالجة أولية لمياه الصرف ومنها إلى المعالجة بالأراضي الرطبة راجع الشكل

(a, b1 - 6- 11- 13)، ويتم في هذه المرحلة ترسيب المواد الصلبة والثقيلة وفصل الزيوت والشحوم وتخفيض الأحمال المختلفة.

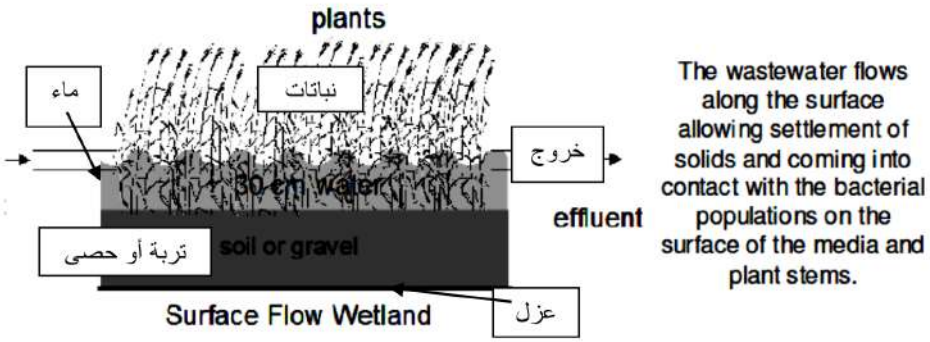
ملاحظة: في المحطات الأكبر يجب معالجة مياه الصرف المعالجة الابتدائية والاولية اللازمة لإزالة المعلقات الخشنة والرمال والزيوت TSS لأنها **تسبب انسداداً أكيداً** في المادة الوسيطة (الرمل والبحص) وتوقف عمل المحطة.

23-5. أنواع الأراضي الرطبة

1 - التدفق السطحي Surface Flow Wetland

مياه الصرف تتدفق على طول السطح الشكل(23-5-1) حيث يتم ترسيب المواد الصلبة وتبقى المواد العضوية على تماس مع البكتيريا التي هي على سطح المادة الوسيطة (التربة) أو الحصى ومع النباتات (الجذور).

الشكل(23-5-1)
التدفق السطحي (المرجع Rob Van Deun)

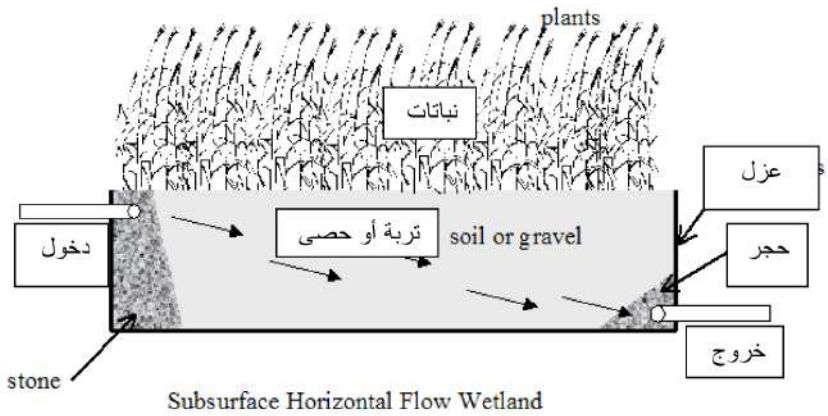


2 - التدفق تحت السطحي الأفقي
Subsurface Horizontal Flow Wetland (SHFW)

يملأ الحوض بمواد وسيطة ولتكن أي نوع من التربة يسمح برشح الماء، الشكل(23-5-2) ولكن ينصح باستعمال الحصى قياس /5-10/ملم.

وفي المدخل والمخرج نضع حصى كبير للتأكد من توزيع المياه، وتخرج المياه من انبوب خاص عند المخرج.

الشكل(23-5-2)
التدفق تحت السطحي

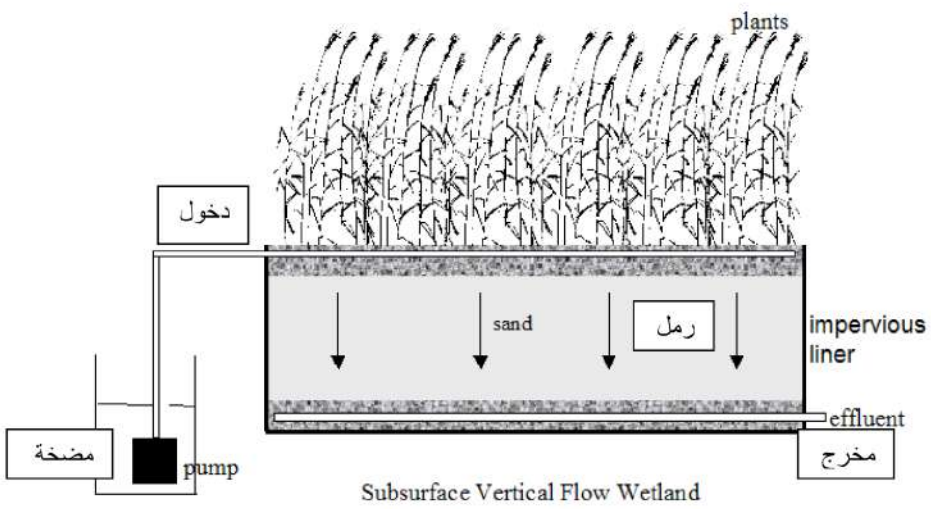


3 - التدفق الرأسي Subsurface Vertical Flow Wetland

تطبق هذه الطريقة 2-4 مرات يومياً على سطح المادة الوسيطة وذلك بالضخ وإعادة التدوير عدة مرات، حيث ترشح المياه رويدا رويدا باتجاه الأسفل مارة على الجذور وعلى المادة الوسيطة المحملة بالبكتيريا الشكل(23-5-3) التدفق الرأسي ضمن مادة وسيطة هي الرمل.

ملاحظة: بشكل رئيسي المعالجة هوائية في هذا النموذج.

الشكل(23-5-3)
التدفق الرأسي ضمن مادة وسيطة



23-5-1. ضوابط التصميم-أبعاد محطات المعالجة بالنباتات

1 - التدفق السطحي:

ضوابط التصميم.

/10-20 م^2 لكل شخص مكافئ pe.

العمق /10-50/ سم.

زمن المكوث الهيدروليكي 10 أيام.

المعادلة (23 -5- 1- 1) $T = LxWxD / Q$

L : طول الحوض (متر) -W : عرض الحوض(متر)- D: عمق الحوض(متر)-Q : التدفق م^3/س :

الأبعاد المقترحة (L/W = 4/1) كحد أدنى.

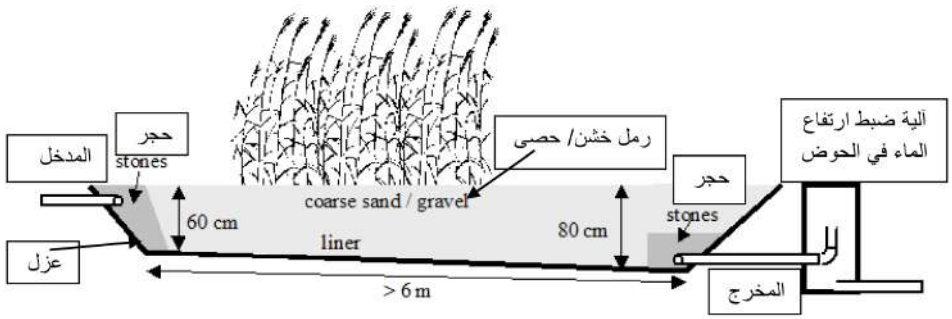
2 - التدفق تحت السطحي الأفقي (SHFW)

ضوابط التصميم.

- (10- 5)m^2 / pe .
- العرض 5 م والطول الأقصى 15 م.
- سطح الأرضية يميل 1 %.
- عمق المدخل كحد أدنى 0.6 ± م.
- عمق المخرج الاقصى حتى /0.8 م/.
- العمق الأدنى /0.3 م/.

الشكل(23-5 - 1- 1) يوضح تصميم حوض (SHFW) .

الشكل(23-5 - 1- 1)
يوضح تصميم وأبعاد حوض (SHFW)



بالرجوع إلى دليل (European water pollution control's cooper 1990):

مساحة الـ (WT.L) لمفترش القصب تعتمد على كمية التخفيض لـ (BOD_5) على الشكل التالي.

المعادلة (23-5-1-1) $A_h = Q_d (I_n C_o - I_n C_t)/K_{BOD}$

A_h : سطح الأراضي الرطبة م^2.

Q_d: التدفق الوسطي اليومي م^3/يوم .

C_o : BOD_5 الوسطي اليومي ملغ/لتر الداخل.

C_t: BOD_5 لمياه الصرف بعد المعالجة.

K_{BOD} ثابت (m/d) و يؤخذ عادة (0.1).

مثال:

إذا أعطي 1 شخص كمية 0.15 م^3/يوم و BOD_5 = 400 ملغ /ليتر.
وإذا كانت كمية تخفيض BOD_5 إلى 50 ملغ/ ليتر فنجد أنه:

$$m^2/P.e=3.12m^2$$

- عادة يعتمد K=0.1 للصيف وK=0.067 للشتاء.

3 - التدفق الرأسي: الشكل (23 - 5 - 1 - 2).

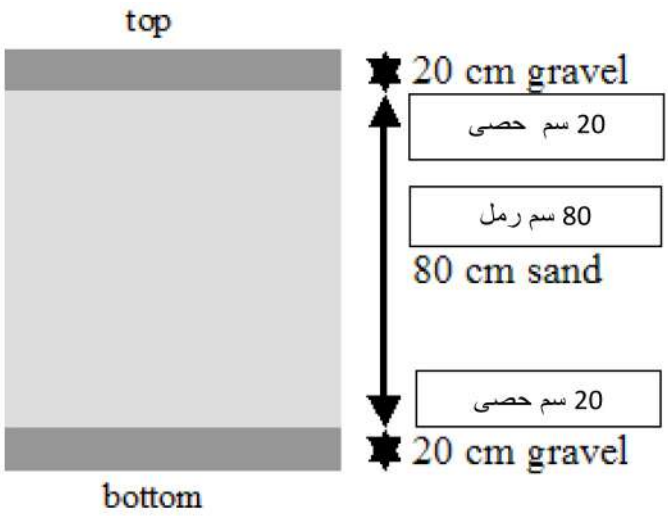
ضوابط التصميم:

- يحتاج {(3 -5) m^2 /pe}
- عمود التسرب الحد الأدنى 0.6 والعمق الكلي من (1-1.2) م
- التحميل الهيدروليكي:

min 25L/m^3/d - max 60 L/m^2.d

ورقم 60 L/m^2 .d يستعمل حين نحتاج لتدوير المياه.

الشكل(23-5 - 1- 2)
يوضح مقطع مع الأبعاد لحوض ذو التدفق الرأسي



6-23. طبقات العزل(البطانة) Liner

مهمة طبقة العزل هو منع مياه الصرف من الوصول إلى المياه الجوفية، ويستخدم عادة من النوع المقاوم للأشعة الفوق بنفسجية uv والصقيع وقدرة الجذور على الثقب واحتكاك الحصى. ونقترح عادة نوعية تدعى EPDM أو PVC أو HDDE وتتراوح السماكة من /1.5-1/ ملم ويمكن أن يوضع تحته طبقة حماية من الجيوتيكستيل GEOTEXTILE وذلك لحماية طبقة العزل من الثقب بسبب الحصى، الشكل(23-6-1) يوضح كيفية وضع طبقة الجيوتكستيل وطبقة العزل.

ويقترح ما يلي لحساب مساحة [GEOTEXTILE] (L1XW1)

L1= Hx2 +L+1m

W1 = Hx2+W+1m

حيث : H عمق الحوض . W عرض الحوض.

الشكل(23-6-1)
(a) طبقة حماية (b) طبقة العزل

(a)

(b)

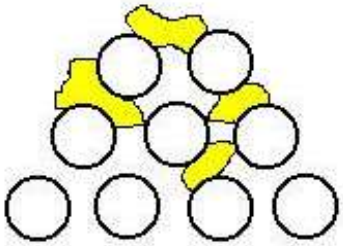
23-7. المفترش الحامل للبكتيريا (الميديا) Media

الملاحظات التي يجب أخذها في الاعتبار:

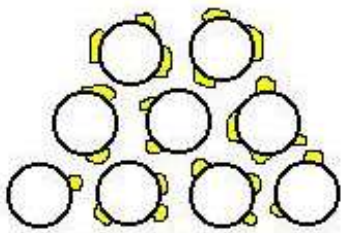
1. حجم الميديا التي ستعيش عليها الكائنات الدقيقة.
2. إن عمل الميديا هي كغربال(مصفاة) مع قابلية الامتصاص.
3. تحديد زمن الحجز الهيدروليكي.

الشكل (23-7-1) يوضح دور حبيبات الرمل في معالجة مياه الصرف ميكانيكي كالغربال وفيزيائي كالامتزاز).

الشكل (23-7-1)
يوضح عمل حبيبات الرمل في معالجة مياه الصرف



غربلة/تصفية



إمتزاز

ومن هذه المواد نذكر:

1. الرمل Sand:

- حجم الحبيبات: من (0.05-2) ملم بحيث:
في التدفق الأفقي: الأبعاد من (0.63-2) ملم.
في التدفق الرأسي: الأبعاد على الشكل التالي:
أقل من نسبة 10 % < 0.06 ملم.
أقل من نسبة 10 % > 0.63 ملم.
- نسبة الغضار أقل من 10 % وإلا حدث انسداد (Clogging).
- يمكن أن نُحسن نسبة إزالة الفوسفور بحيث يضاف 10 كغ/م^3 جزيئات ناعمة من الحديد في الطبقة العلوية ±40 سم.
- المزج المتجانس للمواد ضروري حتى لا يحدث انسداد (التدفق الرأسي).
- يمكن وضع قش في أسفل الطبقة (التدفق الرأسي). الشكل (23-7-2).

ملاحظة:

في التدفق الرأسي يمكن وضع 50 كغ حجر كلسي Limstone لكل 1000 كغ من مادة الرمل لتحسين إزالة الفوسفور (وسط قلوي) (من المرجع Rob Van Deun، KHKempen)

2. الحصى Gravel:

ا- أصله طبيعي بحري أو نهري:

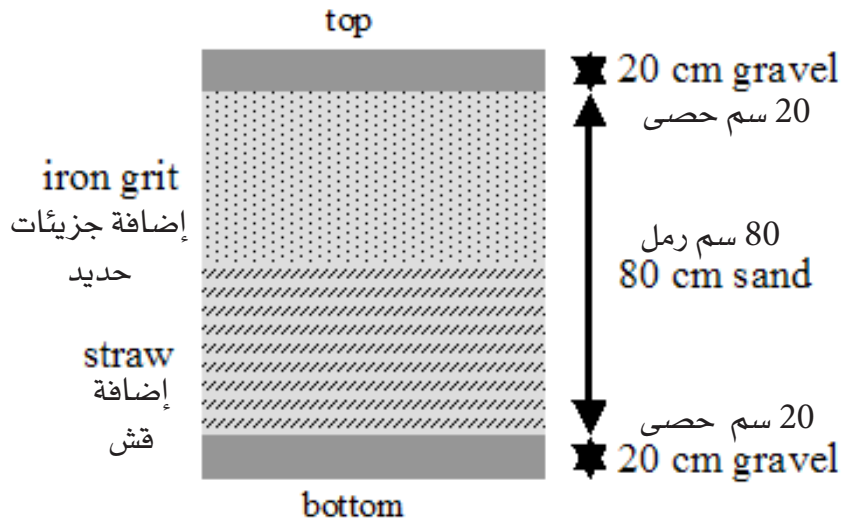
- الأبعاد من /2-63/ملم.
- الأطراف ناعمة و مدورة.

- يوضع حصى ناعم / 2-6.3/ ملم للتدفق الأفقي.
- يوضع حصى خشن في مدخل ومخرج التدفق الرأسي.

ب- (حجر مكسر) من الكسارات:

- الحجر المكسر المستعمل يكون حاد الأطراف.
- يستعمل في مدخل ومخرج وحدة التدفق الأفقي في الأراضي الرطبة.

الشكل (23-7-2)
مقترحات لتحسين أداء الأراضي الرطبة - التدفق الرأسي
Subsurface Vertical Flow



ج- المواد الحصوية الخفيفة:

يمكن استعمال حبيبات الصلصال المسخن لدرجة حرارة أكثر من ألف درجة في الحوض كمادة وسيطة وتقوم بامتصاص الفوسفات.

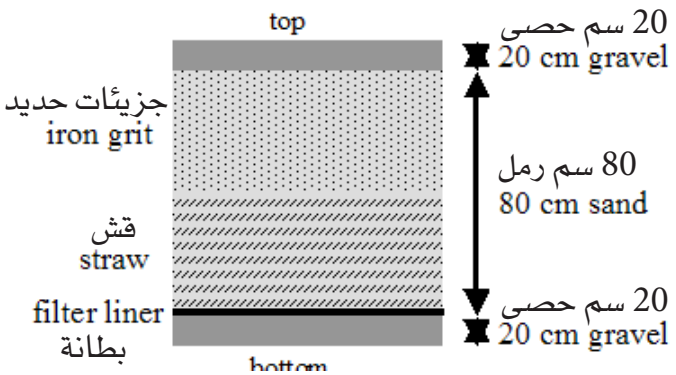
23-8. طبقة ترشيح الجيوتكستيل (بطانة) (Geotextile filter liner)

تستعمل في التدفق الرأسي على الجزء العلوي من سطح الحصى السفلي.

الشكل(23-8-1). والعودة للشكل(23 -6 -1- 1) (a) (b).

- - يمنع الانسداد في المخرج.
- - يستعمل البولي إيتيلين المنسوج لطبقة الجيوتكستيل.
- - فتحات الجيوتكستيل µm(300 - 180) .

الشكل(23-8-1)



23-9. الموصلية الهيدروليكية Hydraulic conductivity

محطات المعالجة بنبات القصب تبنى عادة في تربة الموصلية الهيدروليكية حوالي 3×10^{-3} م/ث والموصلية الهيدروليكية تزداد مع الزمن

فالمجموعة الجذرية تشكل قنوات تبقى مفتوحة وخصوصا بعد موت الجذور وذبولها حيث تتشكل مسامات داخل جسم الأراضي الرطبة ونلاحظها بشكل واضح بعد 5 سنوات.

و فيما يلي جدول بالموصلية الهيدروليكية.

- حصى خشن عالي النفاذية - الموصلية 10^{-2}م/ث.
- حصى جيد النفاذية - الموصلية 10^{-4} م/ث.
- رمل متوسط إلى ناعم (قليل النفاذية)- الموصلية 10^{-5} م/ث.
- طفال رملي نافذ بصعوبة - الموصلية 10^{-6}م/ث.
- غضار ناعم نافذ بصعوبة جداً - الموصلية 10^{-8}م/ث.

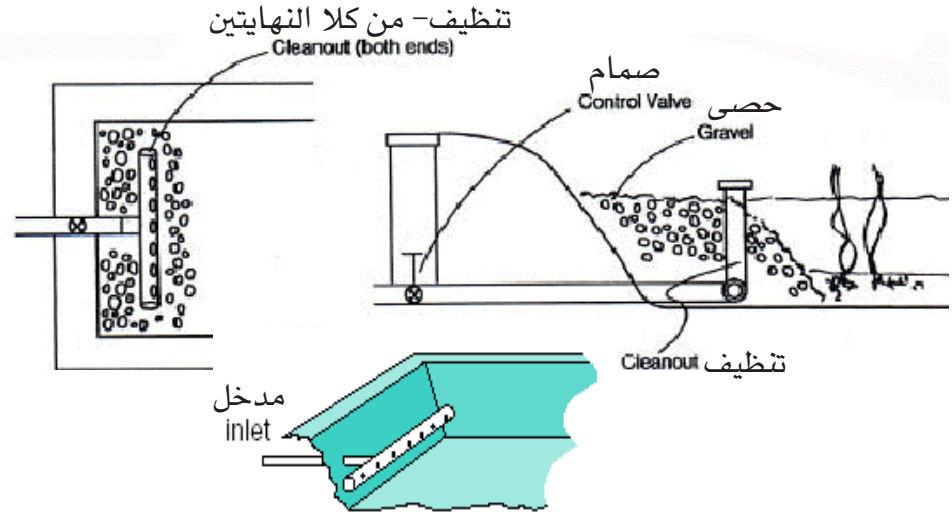
10-23. المدخل inlet

1- المدخل في الأراضي الرطبة ذات التدفق الأفقي. Subsurface Horizontal Flow

نضع في المدخل مادة حصوية مؤلفة من حصى خشن حجر مكسر من / 40 - 80 / ملم على طول /1-2/م (نضع شبك أو سلة لتثبيت الحصى في مكانه) الشكل (23-10-1).

1. يتم توزيع المياه بشكل موحد على عرض الحوض.
2. يتم التوزيع بالضخ أو بالثقالة.
3. توضع قساطل مثقبة منP.V.C قطرها من /50-75/ ملم بفتحات من /10-15/ ملم والبعد بينها /150/ ملم.

الشكل (23-10-1)
المدخل في الأراضي الرطبة ذات التدفق الأفقي



2 - المدخل في الأراضي الرطبة ذات التدفق الرأسي. Subsurface Vertical Flow

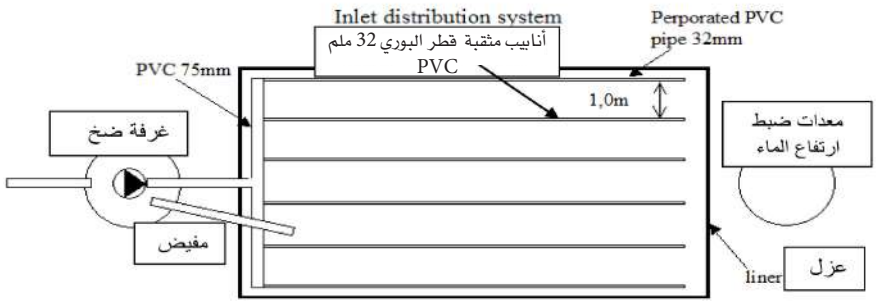
1. سماكة الحصى المستعمل لتوزيع المياه /20/ سم.
2. يتم توزيع المياه عن طريق عمل نظام ضخ.
3. غرفة الضخ 50 % من التدفق اليومي كحد أدنى.
4. كمية الجرعات (التدفق لكل حوض) من /2-4/ مرات في اليوم عن طريق (أجهزة كهربائية تضبط لتعطي أمر الضخ في الأوقات المطلوبة، وتدعى موقتات او ميقاتيات ديجيتال او انالوك).
5. يتم توزيع كل الكمية المخصصة خلال /5-10/ دقائق ويجب أن يكون على أساس ذلك التدفق والرفع.. .
6. أنابيب التوزيع من (P.V.C) بقطر/32-40/ ملم وأقطار الفتحات /6-10/ ملم.
7. البعد بين الفتحات الموزعة للمياه، 1 فتحة لكل /1/ م^2 من الأراضي الرطبة.

8. البعد بين الأنابيب الموزعة للمياه 1م.

الشكل (23-10-2) مسقط في الأراضي الرطبة في التدفق الرأسي يبين نظام توزيع المياه الداخلة.

الشكل (23-10-3) صور أثناء التنفيذ لدارة التوزيع في التدفق الرأسي.

الشكل(23-10-2)
مثال على نظام التوزيع في التدفق الرأسي



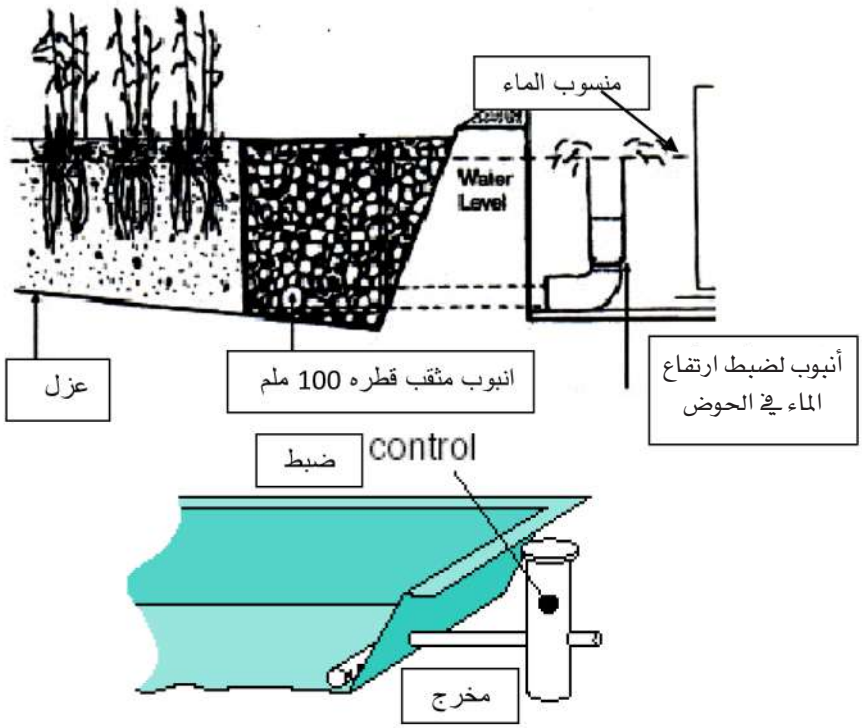
الشكل (23-10-3)
صورة لدارة توزيع الماء في التدفق الراسي

11-23. المخرج outlet

1 - المخرج في الأراضي الرطبة ذات التدفق الأفقي Subsurface Horizontal Flow

1. المادة الوسيطة من الحصى الخشن من/40-80/ ملم على طول /0.5-1/م مع حاجز شبك لمنع حركة الحصى.
2. منسوب المياه يحدد بمنسوب غرفة تفتيش المخرج من خلال انبوب مرفوع وارتفاعه أخفض من منسوب المادة الوسيطة وفق الشكل(23-11-1).

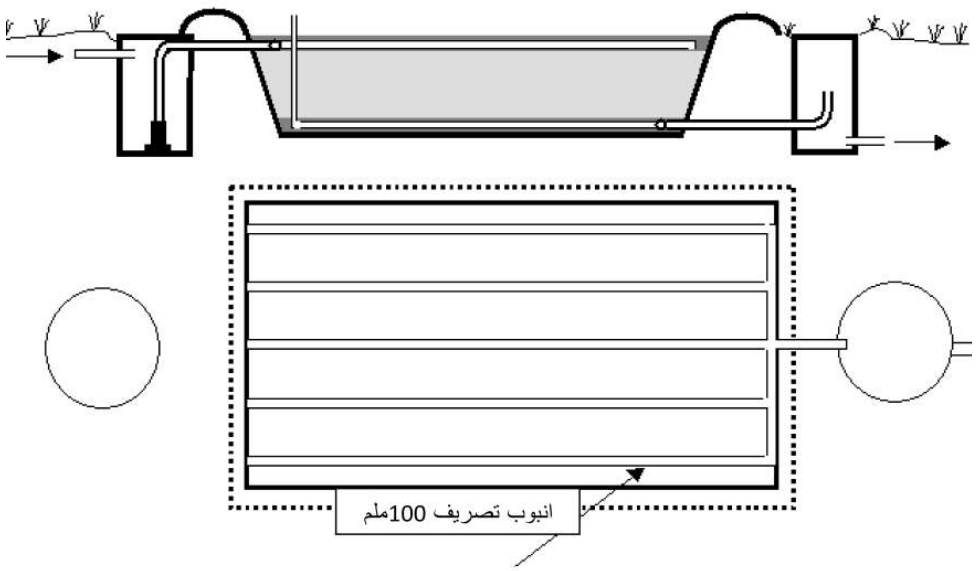
الشكل(23-11-1)
يوضح ترتيب المخرج في التدفق الأفقي



2 - المخرج في الأراضي الرطبة التدفق الرأسي Subsurface Vertical Flow.

الشكل (23-11-1) مقطع ومسقط في حوض الأراضي الرطبة - التدفق الرأسي يوضح توزيع شبكة الدخول والخروج لمياه الصرف.

الشكل (23-11-1)
مسقط ومقطع في حوض التدفق الرأسي

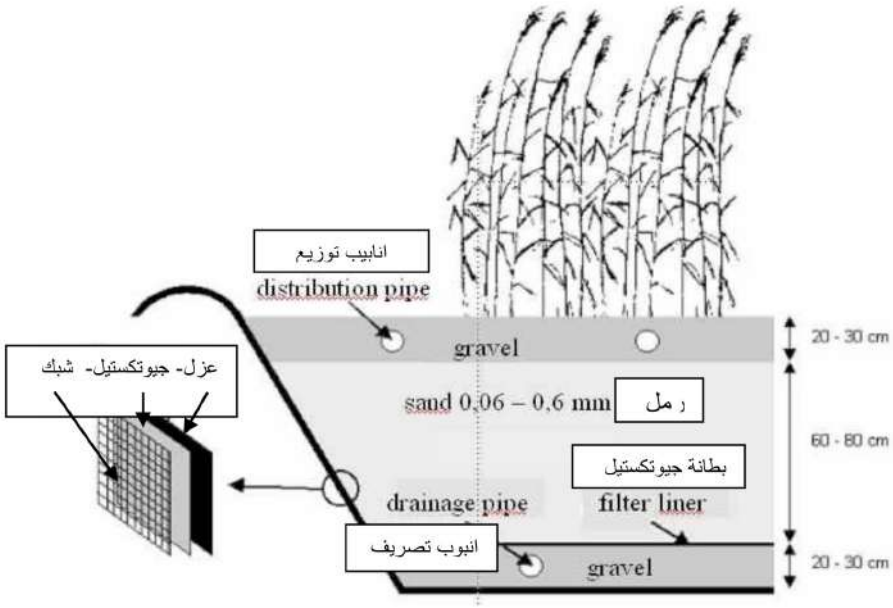


1. انبوب التصريف قطره /100/ملم يوضع في أرضية الحوض. ويمكن أن يلف بطبقة لمنع انسداد الثقوب كما في الشكل (23-11-2).

الشكل (23-11-2)
أنبوب تصريف مياه الأراضي الرطبة
مع طبقة خاصة لمنع الإنسداد

2. سماكة الحصى 20 سم يغطي بطبقة الجيوتكستيل. الشكل (23-11-3) يبين ترتيب مقطع التدفق الرأسي

الشكل (23-11-3)
مقطع يبين ترتيب مقطع التدفق الرأسي



3. أنابيب التصريف تعمل على نقل المياه خارج الأراضي الرطبة، ومنسوب المياه يحدد من قبل أنبوب التصريف المرفوع للأعلى الذي يضبط ارتفاع الماء في الحوض الشكل (23-11-1).

4. منسوب المياه يحدده المخرج وارتفاعه حوالي /40/سم فوق الأرضية أي ارتفاع الماء من الأرضية، (20 حصى + 20سم ماء فوق الحصى السفلي). وذلك لتحقيق إمكانية حدوث إزالة النتروجين denitrification والعمليات اللاهوائية الأخرى. الشكل(23-11-4) أعمال تنفيذ حوض الأراضي الرطبة التدفق الرأسي.

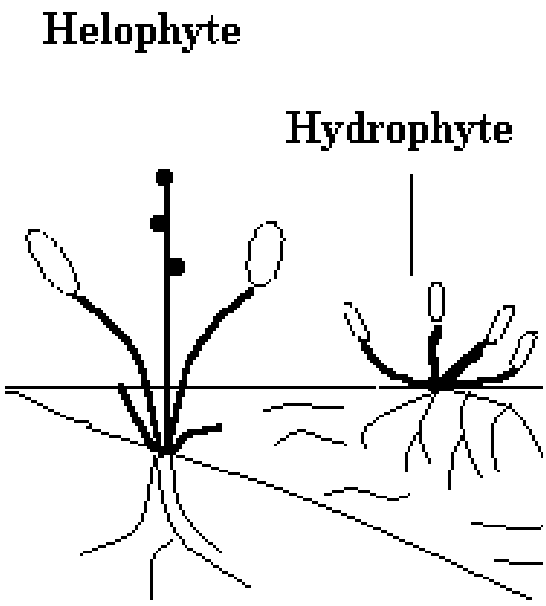
الشكل(23-11-4)
أعمال تنفيذ حوض الأراضي الرطبة - التدفق الرأسي (يتبع)

(تابع) الشكل(23-11-4)
أعمال تنفيذ حوض الأراضي الرطبة - التدفق الرأسي

12-23. نباتات الأراضي الرطبة Plants

23 - 12 - 1. تصنف النباتات المستعملة في الأراضي الرطبة إلى نباتات تعيش في وسط مائي فقط ونباتات تعيش جذورها في تربة ضمن الماء، نسمي الأولى Hydrophytes والثانية Helophytes الشكل (23-12-1-1).

الشكل (23-12-1-1)
النباتات في الأراضي الرطبة



23 - 12 - 2. فوائد استعمال النباتات في الأراضي الرطبة

- جذور النباتات تزيد من السطوح المتوفرة لمستعمرات البكتيريا.
- يصدر من الجذور أوكسجين محدود يسهم في توفير أكسدة هوائية.
- يتم تمثيل NوP (بشكل محدود).
- يتم الحفاظ على ممرات هيدروليكية في الطبقات.
- تعطي نفايات النباتات المزروعة (المتساقطة) على الحوض طبقة مغذية للبكتيريا.

- يعطي تراكم نفايات النباتات المزروعة عزل حراري للحوض.
- منظر جمالي لمحطة المعالجة تجمل الموقع.

23 - 12 - 3. أنواع النباتات.

تستعمل أنواع متعددة من النباتات المائية في الأراضي الرطبة ونسمي منها:

Common Reeds), cattails, rushes, bulrushes, sedges القصب الشائع)

الشكل (23-12-3-1) يعطي صور للنباتات المذكورة.

23-12-3-1. اختيار النباتات.

- يجب اختيار النباتات التي تنمو في البيئة الطبيعية في المنطقة.
- النباتات يجب أن تكون من النوع الذي ينمو حالما يتم زرع مجموعة جذرية منه.
- يؤخذ في الاعتبار الكتلة الحيوية للنبات وكثافة ساق النبات وغيره.
- يمكن المزج بين نوعين من النباتات لتغطي أعماق مختلفة من المياه.

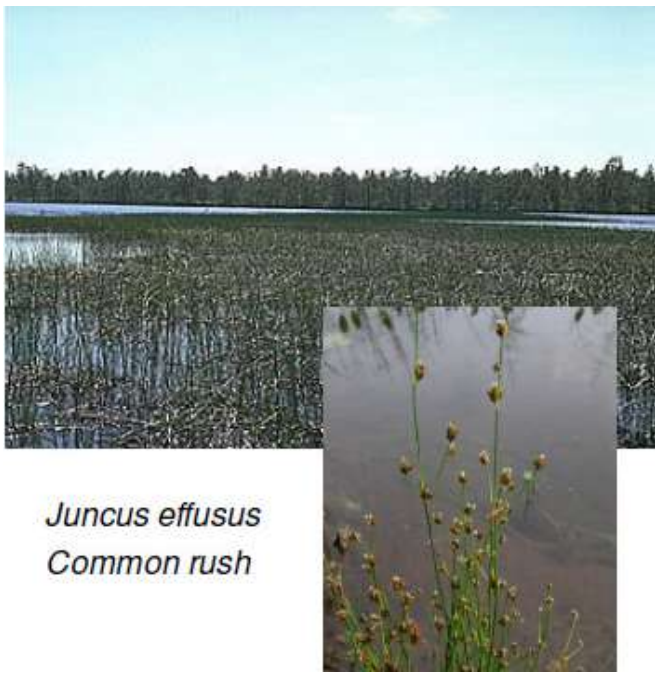
الشكل (23-12-3-1)
صور للنباتات المستعملة في الأراضي الرطبة(يتبع)

Phragmites australis
Common reed
القصب الشائع

Iris pseudacorus
Yellow flag iris

Typha latifolia
Cattail كاتيل

(تابع)الشكل(23-12-3-1)
صور للنباتات المستعملة في الأراضي الرطبة



Juncus effusus
Common rush

Carex spp.
Sedges

Scirpus spp.
Bulrush

1 - القصب الشائع Phragmites australis (Common reeds)

يعتبر القصب الشائع الأكثر انتشاراً في بناء الأراضي الرطبة وخصوصاً في الشرق الأوسط حيث ينتشر على ضفاف الأقنية والبحيرات والأنهر ويدعى (الذل في بعض الدول) وفيما يلي بعض مواصفاته التصميمية:

1. المجموعة الجذرية تنفذ بشكل رأسي ولعمق /20-100/سم. وسطياً 60 سم.
2. يقاوم الملوحة ويعيش في رقم هيدروجين ما بين /2-8/PH أي يقاوم الحموضة.
3. يقاوم الجفاف.
4. يتكاثر بشكل كبير ويجتاح المواقع الرطبة بشكل كبير.
5. يدوم أكثر من الأنواع الأخرى.
6. يزرع بشكل فسائل وشتلات جذعية، أو كتل من القصب.
7. يمكن وضع حتى عشرة شتول صغيرة أو (مقطوعة) لكل 1 $م^2$ من الحوض.
8. وقت الزراعة: يفضل الربيع أو أوائل الصيف ويمكن كذلك أن يزرع في الخريف.
9. الزراعة : عند الزراعة تكون المياه عالية في الحوض ومن ثم يتم تخفيضها تباعا وتقوم الجذور بالامتداد واللحاق بالماء نحو الأسفل. الشكل(23-12-3-1-1) يوضح أعمال ردم طبقة الحصى العلوي وغرس الفسائل.
10. يجب أن لا يكون الإنبات مكتظاً حتى نسمح بحدوث التمثيل الضوئي.

ملاحظة:

- التيفا (Cattails) تعيش في المياه حتى عمق (15) سم وجذورها في التربة حتى (30) سم.
- (bull Rushes) حتى (25-5) سم في الماء وعمق الجذور في التربة حتى (76) سم.

الشكل(23-12-3-1-1)
يوضح أعمال الردم بطبقة الحصى العلوية وغرس الفسائل

11. إزالة النباتات الضارة يمكن أن يتم بتطويف الحوض من [17]
12. الحصاد: الحصاد الدوري، ويمكن أن يعطي فوائد محدودة (مفيد للتخلص من النترات التي يمتصها) ولكن عموما لا يوصى به.

23-12-3-2. بناء محطة المعالجة بالنباتات ذات التدفق ضمن مادة وسيطة في الشتاء.

1. اختيار النباتات المناسبة للطقس البارد هام وأكثر حساسية منه للطقس الحار.
2. بعض الدراسات تقول أن بعض النباتات المزروعة في الأراضي الرطبة يمكن أن تعزز الأكسدة من الأوكسجين المنتج من الجذور لإزالة BOD. (المراجع (Hook, Stein, Allen, Biederman, (2003) .
3. بعض أنواع النباتات في الأراضي الرطبة يمكن أن تعطي غطاء نباتي يعطي عزل أثناء فترة الشتاء القاسية الشكل (23-12-3-2-1) يوضح وضع النباتات في الأراضي الرطبة في فصل الشتاء ونلاحظ جفاف القصب وبقاء الكاركس مخضراً.

23 -13. بناء محطة معالجة بالنباتات بدون مادة وسيطة

الشكل (23-12-3-2-1)
يوضح وضع النباتات في موسم الشتاء

1. الجذور تمتد في الماء وتأخذ الغذاء منه.
2. الجذور متوسطة الترشيح والامتزاز للمواد المعلقة.
3. البكتيريا متوسطة النمو على الجذور.
4. يمكن أن يحدث حالات لا هوائية وتموت الطحالب.
5. كمية انحلال الهواء في الماء غير معتبر.
6. أشعة الشمس لا تدخل إلى الماء لوجود أوراق نباتات الأراضي الرطبة /هيدروفيت/.

الشكل (23-13-1) يوضح نمو نبات duckweed, Lemna. بدون مادة وسيطة.

الشكل(23-13-1)
نمو نبات duckweed، Lemna
في الأراضي الرطبة بدون مادة وسيطة

23-14. الصيانة

الأراضي الرطبة هي نظام طبيعي ولا يحتاج تشغيله إلى قياسات كثيرة ويتطلب قليلاً من التدخل في التشغيل ويمكن أن نلخص بعض المتطلبات الضرورية للصيانة:

1. صيانة دائمة ومراقبة لتكون كمية المياه موزعة ومتجانسة من حيث التدفق أي موزعة بانتظام ويتم عن طريق مراقبة تشغيل المضخات وتنظيف المدخل والمخرج.
2. التحقق من سلامة النباتات.
3. مراقبة روتينية لنوعية المياه.
4. فحص غرف التفتيش.

ملاحظة: العمر المتوقع للأراضي الرطبة أكثر من 25 عام.

23-15. أداء الأراضي الرطبة.

23-15-1. الأراضي الرطبة ذات السريان الأفقي (Subsurface Horizontal Flow)

- كفاءة إزالة BOD_5 > 80%.
- كفاءة إزالة المعلقات < 90%.
- كفاءة إزالة النيتروجين الكلي(10% - 95%).
- كفاءة إزالة الفوسفور الكلي 30 % وفي حال إضافة الحديد ترتفع النسبة إلى 90 %.

23-15-2. الأراضي الرطبة ذات السريان الرأسي (Subsurface Vertical Flow) .*

- كفاءة إزالة BOD_5 89 %.
- كفاءة إزالة COD 80 %.
- النيتروجين الكلي < من 5 % (مردود جيد).
- كفاءة إزالة كيلدال - نتروجين 69 %**
- كفاءة إزالة الفوسفور الكلي - 48 %.و إذا أضفنا الحديد تصبح 89 %.

*المرجع

[17] + (Research KVLT, KHKempen, Geel, oct./2000-jan./2001, household wastewater)

** مراجعة الفقرة : 2.2 - المواصفات الكيمائية لمياه الصرف chemical Constituents of Wastewater .

23-16. أداء الأراضي الرطبة في الجو البارد

- الأراضي الرطبة تعمل بشكل جيد في الطقس البارد مع الأخذ في الاعتبار انخفاض مردود العمليات البيوكيميائية التي تحدث وتأثيرها على الأبعاد.
- لا تحدث نترجة خلال فصل الشتاء.
- ينخفض معدل إزالة الفوسفور.

ويُعمد إلى الاستراتيجيات التالية في الأراضي الرطبة في الجو البارد:

- الطبقة العلوية ستتجمد في الشتاء وتعمل كطبقة عازلة ويعمل الجليد كطبقة عازلة أيضا تحمي النظام.(يجب أن يكون عمق الطبقات اكبر من 60 سم).
- التجمد وذوبان التجمد يشكل طبقة هوائية عازلة تحت الجليد.

- يمكن قطع النباتات ورميها فوق سطح الأراضي الرطبة قبل هطول الثلوج حيث تشكل طبقة عازلة. ويجب رفعها قبل الربيع
- يمكن وضع طبقة عازلة من طبقة اكسترودد /extruded/ من البولسترين أو 30 سم من القش أو من السماد الطبيعي.
- استعمل أنواع من النباتات تغطي السطح في الشتاء أيضا.

فيما يلي الجدول(23-16-1) بقيمة العزل الحراري وسماكة الطبقة اللازمة لتحقيق العزل من (Maehlum, Jenssen 2003).

الجدول(23-16-1)
الناقلية الحرارية وسماكة الطبقات اللازمة

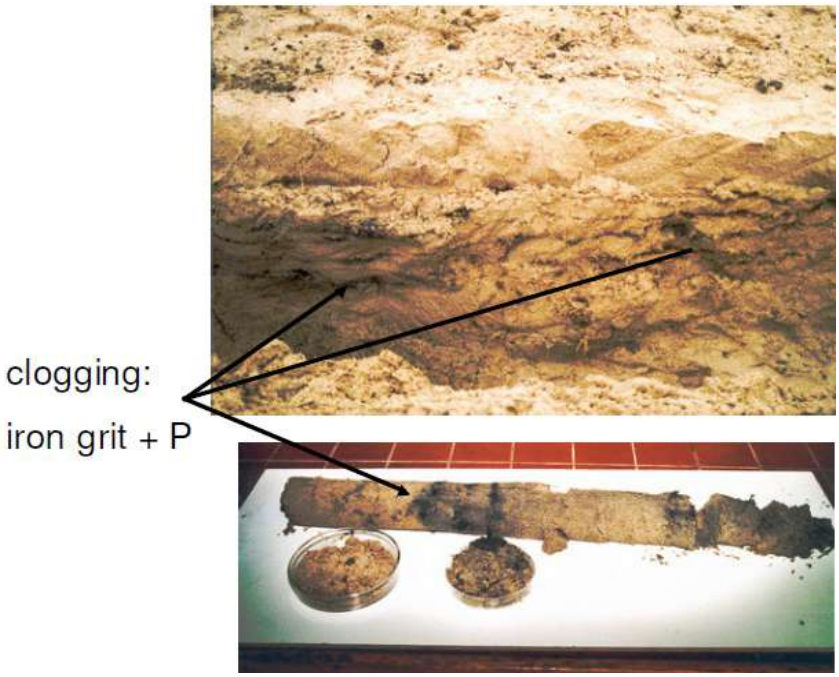
نوع المادة	الناقلية الحرارية (w/m. k)	السماكة المكافئة 10cm XPS
بولسترين xps extruded polystrine	0.030	10
هواء	0.025	8.3
ثلج	0.05-1.28	16-426
ماء	0.57-1.28	190
فحم صخري	0.06	20
قش straw	0.09	30

17-23. أفكار عامة خاطئة عن أداء الأراضي الرطبة

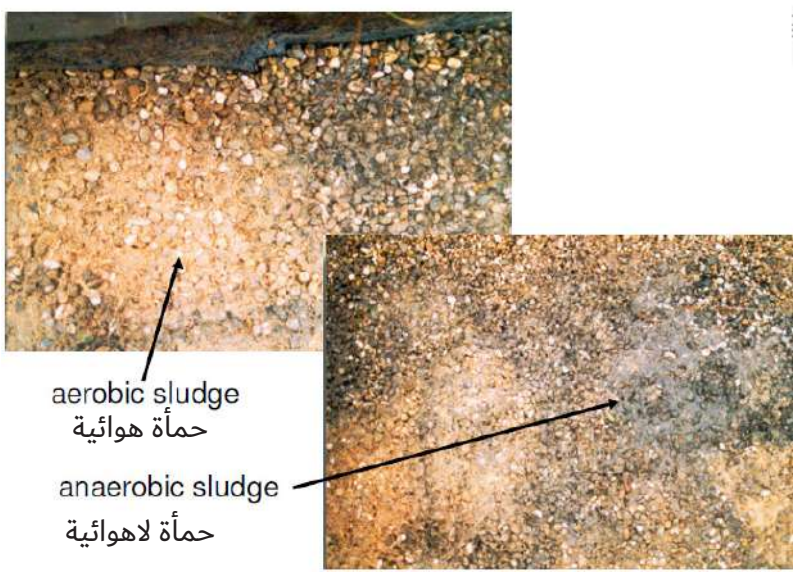
1. إن الأراضي الرطبة تُصمم بناء على معادلات مدروسة ولهذا أي دراسة تهمل الأخذ بالمعطيات يواجه المصمم خطر التصميم وفق معطيات مغلوطة أو غير موثقة.
2. في الأراضي الرطبة مناطق هوائية ولا هوائية ولا يحسب عادة الأوكسجين المنقول من الجذور وهو مهمل بالنسبة للاحتياج الأوكسجيني اللازم.
3. الأراضي الرطبة تستطيع امتصاص جزء لا بأس به من النتروجين ولهذا يجب عمل حصاد لإزالة النتروجين المتراكم في النباتات. وفي التدفق الرأسي النترجة يمكن أن تحدث ولكن إزالة النتروجين غير أكيدة.
4. إزالة الفوسفور أكيدة في الأراضي الرطبة ولكن الإزالة فصلية ومحدودة وقليلة بالنسبة للأحمال القادمة وكذلك الامتصاص على المواد الصلبة محدود.

الشكل (23-17-1) صور لمناطق انسداد clogging في مقطع لطبقة الرمل في الأراضي الرطبة. والشكل (23-17-2) شكل المناطق الهوائية واللاهوائية في الأراضي الرطبة، الشكل (23-17-3) صور لعينات دخول وخروج من محطة تعمل بالأراضي الرطبة في الكويت.

الشكل (23-17-1)
صور لمناطق إنسداد clogging لمقطع في طبقة الرمل



الشكل (23-17-2)
شكل المناطق الهوائية واللاهوائية في الأراضي الرطبة



الشكل (23-17-3)
صور لمحطة تعمل بالأراضي الرطبة في دولة الكويت
مع عينات دخول وخروج
ونلاحظ أن توزيع مياه الصرف تم على سطح الحصى

من شركة Janisch& Schulz الألمانية

18-23. إزالة المعادن الثقيلة والجراثيم في الأراضي الرطبة

المعادن الثقيلة:

- يتم إمتزاز أملاح المعادن الثقيلة في أول متر في الأرض أما الجراثيم والبكتريا فتتوقف في التربة (كما يمكن أن تسير عدة أمتار وذلك حسب نوع التربة).
- فالمعادن تمتز في التربة وتترسب أيضاً ترسيب طبيعي، كما أن الكادميوم يتراكم في النبات حيث من الممكن أن يضر الإنسان والحيوان وخصوصا الجهاز الكلوي.

الجراثيم:

إن النشاط الحيوي للنباتات يفرز منتجات كيماوية إلى الوسط الخارجي تدعى المستقبلات تعمل عمل المضادات الحيوية فتبيد جزء من الجراثيم الممرضة وبعض الفطور والنباتات الدنيا ولكن هذه الخصائص المبيدة غير مدروسة بشكل متكامل.

24

مشاكل وحلول في تشغيل وصيانة محطات معالجة المياه العادمة *[27]

24-1. مشاكل وحلول عامة في تشغيل وصيانة محطات المعالجة.

قبل استعراض المشاكل والحلول التشغيلية العائدة لكل وحدة من وحدات المعالجة في المحطة، فيما يلي عرض لبعض أهم المشاكل العامة التي يمكن أن تتعرض لها التجهيزات الميكانيكية والكهربائية في محطة المعالجة والتشغيلية منها.

قبل البدء بعرض الاعطال فيما يلي شرح للرموز وفق ما يلي:

❖ **المشكلة.**

- **السبب أو الأسباب المحتملة للمشكلة.**

• **الحل أو الحلول الممكنة للمشكلة.**

• ----------

❖ **أعطال متواترة في السلسة أو في مسمار القص.**

- حجم غير مناسب لمسمار القص أو عدم استقامة التركيب أو وجود الجليد (في المناطق الباردة) أو زيادة كمية الحمأة.

• غير حجم مسمار القص إلى الحجم المناسب أو صحح استقامة التركيب أو ازالة الجليد أو شغل مجمعات الحمأة بتواتر أكبر أو لفترات أطول.

• * المرجع [27] (عن منظمة الصحة العالمية - عمان)2004

❖ **سلسلة مكسورة أو مسننات مكسورة.**

- حجم غير صحيح للسلسة أو المسننات أو زيادة مفاجئة في الحمولة الهيدروليكية أو عدم استقامة التركيب.

• أبدل السلسة أو المسننات إلى الحجم الصحيح حسب الحالة أو ركب حواجز عند المدخل لتعديل اتجاه الجريان أو صحح استقامة التركيب.

❖ **ضجيج من وحدة القيادة.**

- ارتخاء السلسة أو اهتراؤها أو اهتراء المسننات أو عدم مطابقتها مع السلسة أو اهتراء المدحرجات أو التزييت غير الصحيح.

• أزل واحدة أو أكثر من حلقات السلسلة أو أبدل القطع المهترئة حسب الحالة أو راجع تعليمات الصانع وأعد التزييت حسب اللزوم.

❖ **سلسلة يابسة أو متصلبة.**

- اهتراء أو تزييت غير صحيح أو صدأ وأوساخ أو عدم استقامة التركيب.

• أبدل السلسة أو نفذ التزييت جيداً وقم بالتنظيف المطلوب وأعد التزييت أو صحح استقامة التركيب.

❖ **اهتراء سريع للسلسلة.**

- ارتخاء السلسلة أو عدم استقامة التركيب أو التزييت غير الصحيح.

• شد السلسلة أو صحح استقامة التركيب أو نفذ التزييت بشكل صحيح.

❖ **عدم انتظام تراكب السلسة فوق المسننات.**

- اهتراء السلسة أو المسننات أو عدم تلاؤمها أو ارتخاء السلسة أو عدم استقامة التركيب.

- أبدل التجهيزات المهترئة أو اختر المقاييس المناسبة للتجهيزات أو شد السلسة بنزع واحدة أو أكثر من حلقاتها أو صحح استقامة التركيب.

❖ **تآكل في التجهيزات.**

طبيعة الفضلات المتحللة.

- أعد طلاء السطوح بطلاء مقاوم للتآكل.
- **تسرب الزيت.**

- أعطال في مواد الكتامة.

- أبدل مواد الكتامة إلى مواد مناسبة وكتيمة.

24-2. مشاكل وحلول في تشغيل وصيانة المضخات ومحطات الضخ.

❖ **عدم إيصال (ضخ) السائل.**

- عدم إملاء المضخة أو سرعتها المنخفضة أو تسرب الهواء في المضخة أو انسداد أنبوب السحب أو أنبوب الضخ أو عكس اتجاه الدوران الصحيح أو إغلاق محبس التصريف.
- املأ المضخة أو دقق الفولت والتوتر أو أصلح مناطق التسرب أو نظف الأنابيب أو صحح اتجاه الدوران أو افتح محبس التصريف.

❖ **ضغط أقل من اللازم.**

- انخفاض السرعة أو تسرب الهواء في المضخة أو تعطل الدافع أو الصندوق أو عكس اتجاه الدوران.
- دقق فرق الجهد والذبذبة أو أصلح مناطق التسرب أو أصلح أو أبدل الدافع أو الصندوق حسب الحالة أو صحح اتجاه الدوران.

❖ **زيادة حرارة المحرك الكهربائي.**

- زيادة لزوجة السائل أو ارتصاص التملئة أو تقييد حركة الدافع أو أعطال في المحرك الكهربائي أو زيادة تزييت (تشحيم) المضخة أو مدحرجات (البيليا) المحرك الكهربائي أو فولت غير صحيح.

• خفض لزوجة السائل أو عدل التملئة أو ركب الدافع بشكل صحيح أو أصلح أو أبدل المحرك الكهربائي أو زيت المضخة أو المدحرجات بشكل صحيح أو عدل الفولت أو أبدل المحرك الكهربائي.

❖ **زيادة سخونة صندوق الحشوة (التملئة).**

- ارتصاص التملئة أو عدم تزييت وتبريد التملئة بشكل كافي أو تعيير خاطئ للتملئة أو عدم إملاء الصندوق بشكل كافي أو عدم صحة منسوب الزيت أو عدم جودة الزيت أو وجود الأوساخ أو المياه في المدحرجات أو عدم دقة التركيب أو زيادة تزييت المدحرجات.

• عدل التملئة أو حقق التزييت والتبريد بشكل ملائم أو صحح عيار التملئة أو املأ الصندوق بشكل كافي أو عدل منسوب الزيت إلى الوضع الصحيح أو أبدل الزيت إلى النوع المناسب أو نظف المدحرجات وأعد تزييتها أو صحح التركيب أو طبق التزييت المناسب للمدحرجات.

❖ **اهتراء سريع للمدحرجات أو كراسي التحميل.**

- التركيب غير الصحيح أو انحناء المحور أو نقص التزييت أو التركيب عير الصحيح للمدحرجات أو الرطوبة في الزيت أو الأوساخ في المدحرجات أو التزييت الزائد.

• صحح التركيب أو أصلح أو أبدل المحور أو زيت المدحرجات أو أعد تركيب المدحرجات بشكل صحيح أو بدل الزيت أو نظف المدحرجات أو أعد التزييت أو طبق التزييت بشكل صحيح.

❖ **ضـخ قليـل.**

- تسرب الهواء في صندوق التملئة أو السرعة البطيئة جداً أو انسداد أنبوب الامتصاص أو الضخ أو تعطل الدافع أو الصندوق.

• أصلح مناطق التسرب أو دقق الفولت والتوتر أو نظف الأنابيب حسب اللزوم.

❖ **زيادة سخونة علبة السرعة أو كراسي التحميل.**

- التزييت (التشحيم) غير المناسب أو الزائد.

• دقق مستوى الزيت أو عمل المزيت أو أبدل الزيت إلى زيت نظيف ومناسب.

❖ **ضجيج واهتزازات.**

- تخبطات في محبس الامتصاص أو التسامحات الكبيرة في كراسي التحميل أو اهتراؤها أو عدم توازن الدوار أو امتلاء غرفة الهواء بالماء أو التزييت غير الصحيح لكراسي التحميل أو عدم ضبط موقع المضخة أو انحناء المحور.

• افتح صمام التهوية أو أزل رقائق التسوية حسب المطلوب أو أبدل المدحرجات أو حقق توازن الدوار أو صرف الماء أو استعمل الزيت المناسب أو اضبط موقع المضخة أو أبدل المحور (الطارد أو الدافع).

❖ **تسريب الزيت.**

- اهتراء الكتامات (المانعات) نتيجة الأوساخ أو انسداد فتحة التهوية.

• أبدل الكتامات أو أصلح أو أبدل المرشح أو نظف أو أبدل حسب اللزوم.

❖ **عدم شروع المحرك الكهربائي بالعمل.**

- انصهار الفواصم أو زيادة الحمولة أو عدم ملائمة طاقة التغذية أو

الوصل غير الصحيح أو فتح الدارة أو الخلل الميكانيكي أو قصر الدارة أو تعطل الدوار.

- أبدل الفواصم إلى نوع مناسب أو دقق التحميل أو دقق الطاقة حسب مواصفات المحرك الكهربائي أو دقق مخطط المحرك الكهربائي أو دقق الوصلات الكهربائية أو دقق حرية حركة المحرك الكهربائي ووحدة القيادة أو دقق انصهار الفواصم أو لزوم إعادة لف المحرك الكهربائي أو دقق وجود قضبان أو حلقات نهائية مكسورة.

❖ **بدء عمل المحرك الكهربائي ثم توقفه عن العمل.**

- انقطاع التغذية.
- افحص القواطع الكهربائية أو وجود وصلات مرتخية.

❖ **عدم وصول المحرك الكهربائي إلى السرعة المقررة.**

- الانخفاض الكبير في الفولت أو حمولة الإقلاع العالية جدا.
- طبق فرق جهد أكبر أو استخدم محول أكبر ودقق الوصلات أو دقق مواصفات المحرك الكهربائي.

❖ **انزلاق الحزام (السير).**

- الشد غير الكافي أو عدم ملائمة نوع الحزام.
- طبق شداً كافياً أو أبدل الحزام إلى أخر مناسب.

❖ **انقطاع الحزام.**

- حمولة مفاجئة أو عناصر غريبة في وحدة القيادة.
- طبق شدا صحيحا ودقق في وحدة القيادة أو تغطية وحدة القيادة.

❖ **الاهتراء السريع للحزام.**

- اهتراء أخاديد البكرة أو صغر قطر البكرة أو عدم ملائمة الحزام أو زيادة تحميل وحدة القيادة أو انزلاق الحزام أو عدم ضبط موقع البكرات أو وجود زيت.

• أبدل البكرة بأخرى جديدة أو أبدل البكرة بأخرى أكبر أو أبدل الحزام إلى آخر مناسب أو أعد تصميم وحدة القيادة أو شد الحزام أو ضبط موقع البكرات أو أزل زيت.

❖ **عطل المضخة.**

- انسداد المضخة أو زيادة ضغط التصريف أو زيادة الحمولة.

• أزل العوائق والأوساخ من المضخة أو نظف أنبوب الضخ أو أبدل المضخة إلى واحدة أكبر أو أضف مضخة أخرى إلى العاملة.

❖ **المضخة لا تعمل.**

- عدم ملء المضخة أو الهواء في الصندوق أو انغلاق محبس الامتصاص أو انغلاق محبس الضخ أو الاستعصاء في الدوار أو اتجاه الدوران الخاطئ أو انسداد أنابيب الجريان.

• املأ المضخة أو فرغ الهواء من الصندوق أو افتح محبس الامتصاص أو افتح محبس الضخ أو نظف الدوار أو اعكس اتجاه أو نظف أنابيب الجريان.

❖ **ضغط كتامة الهواء منخفض.**

- انكسار أنبوب كتامة الماء أو ارتخاء التملئة أو انسداد المصفاة أو استعصاء المحبس اللولبي.

• أصلح أنبوب الكتامة أو أبدله حسب الحالة أو شد أو أبدل التملئة أو نظف المصفاة أو أبدل المحبس اللولبي أو أصلحه حسب الحالة.

❖ **المضخة تسحب طاقة كبيرة جدا.**

- ضخ كميات كبيرة من السائل أو التخلخل أو انحناء أو عدم صحة توقيع المحور أو السرعة العالية جدا أو الدوران الخاطئ.

• حقق قطر الدوار (الدافع) إلى قيمة الموصى بها من قبل المصانع أو انقص رفع المضخة أو أبدل الجذع أو صحح موقعه حسب الحالة أو انقص السرعة أو اعكس الدوران.

❖ **المضخة تعمل لوقت قصير ثم تتوقف.**

- الإملاء غير الكامل للمضخة أو وجود الهواء في السائل.

• حقق الإملاء الكامل للمضخة بالماء أو أبعد أنابيب التهوية عن أنبوب السحب.

24-3. مشاكل وحلول في تشغيل وصيانة تجهيزات تزويد الهواء.

❖ **عدم جريان الهواء في النافخ Blower (مضخة الهواء).**

- انخفاض السرعة الشديد أو الدوران الخاطئ أو العوائق والأوساخ في الأنابيب.

• تأكد من فرق الجهد أو صحح اتجاه الدوران أو أزل العوائق والأوساخ من الأنابيب.

❖ **جريان قليل للهواء في النافخ.**

- انخفاض السرعة أو الضغط الزائد أو الانزلاقات أو العوائق والأوساخ في الأنابيب أو انغلاق محبس أو أكثر.

• تأكد من فرق الجهد أو أصلح محبس تخفيف الضغط أو حقق التسامحات الصحيحة أو أزل العوائق والأوساخ من الأنابيب أو فتح المحابس المغلقة.

❖ **اهتزاز (ارتجاج) النافخ.**

- التثبيت غير الصحيح أو احتكاك الدوار(المروحة او الفصوص) أو عدم توازن الدوار أو ارتخاء مثبتات النافخ أو وحدة القيادة.

• اضبط توقيع النافخ أو الدوار إلى الوضع المناسب أو أزل الترسبات لإعادة التسامحات أو شد براغي التثبيت حسب الحالة.

❖ **اهتراء الحزام نوع V.**

- الانزلاق أو عدم التركيب الصحيح للبكرات أو اهتراء أو عدم ملائمة نوع الحزام.

• شد وحدة القيادة حتى يتوقف الانزلاق أو صحح تركيب البكرات أو أبدل البكرة أو أبدل الحزام إلى النوع المناسب.

❖ **انقلاب الحزام V.**

- المواد الغريبة في الأخاديد أو التركيب غير الصحيح للبكرات أو اهتراء أخاديد البكرات.

• أزل المواد الغريبة من الأخاديد أو أعد توقيع وحدة البكرات أو أبدل البكرات حسب الحالة.

❖ **انفصال الحزام V.**

- حمولة مفاجئة شديدة أو انفلات الحزام عن وحدة القيادة.

• أزل أسباب حمولات الصدمة أو دقق توقيع وحدة القيادة وتأكد من الشد الصحيح للحزام.

24-4. مشاكل وحلول في تشغيل وصيانة وحدات المعالجة.

24-4-1. المصافي.

❖ **روائح – حشرات.**

- تراكم المواد المحجوزة أو مستوى كبرتيد الهيدروجين العالي.

• أزل المواد المحجوزة بتواتر أكبر أو عالج موضوع كبرتيد الهيدروجين.

❖ **جريش ورمل كثير في غرفة أو قناة المصافي.**

- انخفاض سرعة الجريان في الغرفة أو القناة.

• زد سرعة الجريان بإنقاص عدد المصافي أو بالغسيل الدافق بواسطة خراطيم مياه مضغوطة.

❖ **انسداد المصافي وارتفاع منسوب الماء في القناة الموصلة.**

- كثرة الرواسب المنقولة بالمياه العادمة أو عدم ملائمة تواتر تنظيف المصفاة.

• تأكد من احتمال ورود مياه عادمة صناعية ذات رواسب كثيرة، أو استعمل مصفاة أخشن أو قلل الفترة الزمنية بين عمليات الغسيل.

❖ **توقف كاشط (مشط) المصفاة عن العمل أو عدم عودة قاطع الدارة إلى العمل.**

- استعصاء التشغيل.

• أزل أية إعاقة محتملة في المصفاة.

❖ **توقف كاشط المصفاة عن العمل رغم أن المحرك الكهربائي يعمل.**

- انكسار سلسلة (حزام) القيادة أو مسمار القص أو المفتاح الحدي (Limit Switch) حسب الحالة.

- أبدل أو أصلح سلسلة القيادة أو أبدل مسمار القص أو المفتاح الحدي.

❖ **توقف كاشط المصفاة عن العمل دون سبب ظاهر.**

- تعطل دارة التحكم عن بعد أو المحرك الكهربائي.
- أصلح أو أبدل مفاتيح التشغيل أو المحرك الكهربائي.

❖ **عدم توقف المصفاة الميكانيكية عن العمل.**

- فرط تحميل المصفاة.
- أدخل مصافي إضافية في الخدمة.

❖ **استعصاء السلسلة.**

- تراكم المواد الصلبة.
- أزل التراكمات من على المسنن أو السلسة.

❖ **صوت عالي جداً من المصفاة.**

- عدم تطابق التركيب مع الفتحات أو التزييت غير الملائم أو ارتخاء القطع أو تآكل السلسلة أو المسننات أو عدم ملائمة السلسلة.
- عدل موقع تركيب المصفاة أو نظف ثم زيت من جديد أو شد البراغي إذا كانت رخوة أو أبدل أو أعكس وضع السلسلة أو أبدلها.

❖ **اهتزاز الكاشط (مشط المصفاة) عند النزول.**

- ارتخاء سلسلة الكاشط أو جفاف مدحرجات دوارات السلسلة أو اتساخ موجهات الدوار.
- عدل شد السلسلة أو زيت الدورات أو نظف الوجهات.

❖ **استعصاء المصفاة حتى بعد تنظيفها.**

- عدم عمل المشط بالتواتر الكافي أو عدم دخول أسنان المشط في فتحات المصفاة القضبانية.

- زد تواتر عمل المشط أو عدل وضعه.

❖ **عدم توقف المشط بعد إنجاز الدورة.**

- عدم وجود ذراع المفتاح الحدي في موضعه أو تعطل المفتاح الحدي.
- أصلح أو بدل ذراع أو المفتاح.

❖ **توقف الوحدة عن العمل عندما يكون المشط في القناة.**

- ارتخاء سلسلة المشط أو شد السلسلة.
- عدل شد السلسلة.

❖ **استمرار المشط بالحركة بعد توقف الوحدة.**

- تعطل كابح المحرك.
- عدل أو أبدل كابح المحرك.

❖ **عدم انتقال المشط بسلاسة.**

- انحناء أذرع المشط أو عدم انتظام شد السلسلة أو عدم ضبط توقيع المشط.
- أصلح أو أبدل الأذرع أو عدل شد السلسلة أو عدل موقع الذراع.

24-4-2. المفتتات أو الطواحن.

❖ **عدم عمل الوحدة، عدم عمل قاطع الدارة.**

- استعصاء محتمل.
- أزل العوائق المسببة للاستعصاء.

❖ **عدم عمل الوحدة رغم عدم تعطل المحرك.**

- انكسار في الربط.
- أبدل الربط.

❖ **انسداد قناة التوصيل.**

- عدم كفاية مياه الغسيل أو انكسار شفرات المطرقة المتأرجحة.
- زد معدل جريان مياه الغسيل أو أبدل الشفرات المكسورة.

❖ **ناتج التفتيت في التصريف أكبر من المقبول، والمضخة يمكن أن تنسد بالأقمشة (بالخرق) والأوساخ.**

- اهتراء شفرات المفتت أو انكسارها.
- أشحذ الشفرات أو أبدل الأسنان المكسورة.
- **ملاحظة:** افحص بالنظر يوميا حجم المواد المطحونة بالمفتت.

24-4-3. غرف أو أقنية الرمال والجريش.

❖ **تراكم الجريش على المجمعات.**

- ازدياد سرعة المجمعات أو بطئ سرعة تجهيزات الإزالة.
- انقص سرعة المجمعات أو زد سرعة تجهيزات الإزالة.

❖ **اهتزاز (ارتجاج) في جهاز إزالة الجريش الدوامية.**

- عوائق في الجزء العلوي أو في الجزء السفلي أو في كليهما.
- أزل أي عوائق حسب الوضع.

❖ **رائحة بيض فاسد (كبرتيد الهيدروجين) في غرفة الجريش.**

- تشكل كبرتيد الهيدروجين.
- اغسل الغرفة أو القناة وأضف قليلا من محلول الكلور المخفف.

❖ **تراكم الجريش في الغرفة و / أو الأقنية.**

- انخفاض سرعة الجريان أو انكسار السلسلة أو الكاشط.
- زد سرعة الجريان أو أصلح التجهيزات المعطلة.

❖ **تأكل المعادن أو الخرسانة.**

- قلة التهوية عن اللازم لأكسدة كبرتيد الهيدروجين.
- زد أو حسن طريقة التهوية إن كانت موجودة أو ركب جهاز لغسيل الروائح.

❖ **لزوجة ملمس الجريش وتلونه باللون الرمادي.**

- قلة الضغط لجهاز الفاصل الدوامي أو عدم كفاية معدل جريان الهواء أو انخفاض سرعة الجريان في قناة الجريش.
- حافظ على الضغط بين 0.3 و 0.4 بار بتعديل سرعة المضخة أو زد معدل جريان الهواء أو زد السرعة في قناة الجريش.

❖ **قلة الاضطراب السطحي للماء في غرفة الجريش المهواة.**

- انغلاق بعض النوافث الهوائية بالأوساخ والأقمشة أو الجريش أو انفتاح صمام تخفيف الضغط.
- نظف النوافث أو دقق عمل المصافي أو وحدات المعالجة المسبقة الأخرى.

❖ **انخفاض معدل استحواذ الجريش.**

- ضعف فاعلية الكاشط عند القاع أو التهوية الزائدة أو قلة زمن الحجز المائي.
- عدل السرعة إلى حوالي 0.3 متر/ثانية أو قلل التهوية أو زد زمن الحجز المائي باستخدام وحدات أكثر أو بإنقاص الجريان إلى الوحدة المعتبرة.

❖ **فيضان غرفة الجريش.**

- زيادة التصريف للمضخات.
- التحكم بالجريان الداخل أو بالمضخات.

❖ **فضلات متحللة مع فقاعات غازية وشحوم.**

- تجمع الحمأة على قاع الغرفة أو انكسار مجمع الجريش.

• أزل الرواسب من الغرفة واغسلها يوميا أو أصلح مجمع الجريش.

❖ **مواد عضوية زائدة في الجريش المزال من غرف الجريش المهواة.**

- عدم كفاية جريان الهواء.

• زد معدل جريان الهواء.

24-4-4. الترويق (الترسيب) الأولى.

❖ **قلة إزالة المواد الصلبة العالقة.**

- زيادة الحمولة المائية أو تراكم الحمأة في الأحواض ما يؤدي إلى الإقلال من حجم الماء الفعال وبالتالي انتقال المواد الصلبة العالقة مع المياه أو زيادة معدل الجريان المعاد أو ورود مياه عادمة صناعية أو تيارات الرياح أو التيارات الحرارية في الموقع.

• استخدم كافة الأحواض المتاحة، أضف مخثرات كيميائية أو زد تواتر سحب الحمأة أو قلل معدل الجريان المعاد بتحويل جزء منه إلى أمكنة أخرى أو امنع ورود المياه العادمة الصناعية كليا أو جزئيا أو أنشئ مصدات رياح أو اضبط جريان العاصفة الواردة.

❖ **انجراف الحمأة من الحوض.**

- عدم ملائمة عمل مضخة الحمأة أو الجريان العاصف.

• عدل نظام الضخ أو زد حجم الحوض أو استخدم حوض توازن.

❖ **قصر دارة الجريان.**

- عدم انتظام وضع الهدار أو انكسار أو زوال حواجز التهدئة.

- صحح وضع الهدار أو أصلح أو أبدل حواجز التهدئة أو أضف حواجز تهدئة جديدة.

❖ **تراكم الخبث على سطح الماء في الحوض.**

- تعطل منظومة القشد أو قلة تواتر إزالة القشدة أو دخول كميات كبيرة من المواد الطافية إلى المحطة.

- أصلح تجهيزات القشد أو زد تواتر عملها أو أزل المواد الواصلة يدويا إن لزم.

❖ **انسكاب الخبث من الحوض.**

- قلة تواتر إزالة الخبث أو وصول كميات كبيرة من المياه العادمة الصناعة أو تعطل أو اهتراء القاشد أو عدم صحة تركيب تجهيزات القشد أو عدم توقيع حواجز القشد على العمق الصحيح.

- زد تواتر إزالة القشدة أو اضبط دخول المياه العادمة الصناعية إلى المحطة أو نظف أو أصلح القاشد أو صحح توقيع القاشد أو زد عمق غمر حواجز القشد إلى المقدار الملائم.

❖ **تشكل الرغوة على سطح الحوض.**

- دخول مواد مرغية إلى المحطة.

- أضبط دخول المياه العادمة الصناعية إن كانت تعيق عمل المحطة أو استخدم رشاشات المياه أو أضف مياه كيميائية مزيلة أو مخفضة للرغوة.

❖ **ترسب الحمأة في مجاري الدخول إلى الحوض.**

- سرعة الجريان البطيئة.

- استخدم أحواضا أقل لزيادة السرعة أو حرك بالماء أو بالهواء للإبقاء على المواد الصلبة في المياه بحالة معلقة حتى دخولها الحوض.

❖ **حمأة طافية على سطح الماء في الحوض.**

- تحلل الحمأة في الحوض أو تعطل أو اهتراء تجهيزات جمع الحمأة أو زيادة كميات الحمأة المعالجة أو سوء عمل مضخة الحمأة الأولية أو انسداد أنبوب الحمأة أو عودة حمأة منترجة إلى الحوض أو قلة عدد الأحواض في الخدمة أو تعطل أو فقدان الحواجز.

• زد معدل إزالة الحمأة أو ارفع تواتر الإزالة أو أصلح أو أبدل حسب الحالة أو دور الجريان المعاد خلال فترات الجريان المنخفض فقط أو حول جزءا منه إلى مواقع أخرى في المحطة أو أصلح المضخة أو شغل المضخة الاحتياطية مع العاملة أو نظف أنبوب سحب الحمأة أو عدل عمر الحمأة المعادة (مدة البقاء في المنظومة).

• أو حول الحمأة المسحوبة كلياً أو جزئياً إلى عملية أخرى أو أدخل أحواض ترويق إضافية في الخدمة أو أصلح أو أبدل الحواجز.

❖ **مياه عادمة متحللة أو حمأة متحللة.**

- تعطل أو اهتراء تجهيزات جمع الحمأة أو قلة تواتر الإزالة أو عدم كفاية المعالجة المسبقة للمياه العادمة الصناعية أو تحلل المياه العادمة في منظومة الجمع قبل الوصول إلى المحطة أو شدة تلوث المياه المعادة من الهاضم.

• أصلح أو بدل تجهيزات الجمع حسب الحالة أو زد التواتر ومدة إزالة الحمأة حتى تصبح كثافة الحمأة صحيحة أو حسن المعالجة المسبقة للمياه العادمة الصناعية وطبق تهوية على المياه الداخلة إلى الحوض أو انقص زمن الحجز بزيادة السرعة في منظومة الجمع أو أضف مؤكسد (عادة الكلور) في منظومة الجمع أو طبق تهوية أولية على المياه العادمة أو حسن عمل الهاضم لإنتاج مياه أقل شدة أو حقق معالجة ما على المياه المعادة قبل التدوير أو انقص

معدل الإعادة أو اعمل الإعادة خلال فترات الجريان المنخفض أو حول المياه المعادة جزئيا أو كليا إلى مواقع أخرى.

- سوء عمل مضخة الحمأة الأولية أو انسداد أنبوب تصريف الحمأة أو قلة تواتر عمل تجهيزات الجمع أو تحلل المياه العادمة الآتية من الحفر الفنية إلى المحطة.

• أصلح عمل المضخة و/أو أدخل المضخة الاحتياطية في الخدمة أو نظف أنبوب تصريف الحمأة أو زد تواتر عمل تجهيزات الجمع أو اجعل عملها مستمرا أو اضبط تصرفات مياه الحفر الفنية الواردة إلى المحطة.

❖ **تركيز الحمأة الأولية منخفض جدا.**

- زيادة الحمولة الهيدروليكية (المائية) أو زيادة ضخ الحمأة المسحوبة (المزالة) أو مشكلة في منظومة جمع الحمأة أو الحمولة الضعيفة للمواد الصلبة في المياه الداخلة.

• زد عدد الأحواض العاملة أو نظم الجريان عبر الأحواض أو انقص دورة عمل مضخة الحمأة وتأكد من مستوى الحمأة الراسبة أو أصلح تجهيزات الجمع أو اخرج حوض ترويق أولي أو أكثر من الخدمة.

❖ **تركيز المواد الصلبة في الحمأة الأولية عالي جدا ويصعب إزالتها من حفرة التجميع في الحوض.**

- الجريش الزائد وتصلب المواد أو سوء عمل مضخة الحمأة أو انسداد أنبوب سحب الحمأة أو زيادة فترة بقاء الحمأة أو زيادة حمولة المياه الواردة.

• حسن عمل تجهيزات إزالة الجريش أو أصلح المضخة أو أدخل المضخة الاحتياطية في الخدمة أو نظف أنبوب سحب الحمأة أو زد

تواتر عمل تجهيزات الجمع ومعدل سحب الحمأة الأولية أو دقق مستويات الحمأة الراسبة وزد عمل تجهيزات المجمع ومعدل سحب الحمأة الأولية.

❖ **رواسب على السطوح والهدار.**

- تجمع وتراكم المواد الصلبة أو ضعف الصيانة.

• نظف السطوح وزد تواتر التنظيف.

❖ **إعاقة مجمع الحمأة عن العمل بانتظام.**

- استعصاء ما.

• إذا كان منسوب الحمأة الراسبة عاليا بحيث يعيق حركة المجمع أصلح الوضع وذلك بتفريغ الحوض وتدقيق آلية عمل المجمع بشكل حر وإزالة العوائق وتوقيع المجمع بشكل صحيح بالنسبة لقاع الحوض.

❖ **سوء عمل المجمعات.**

- شدة ارتخاء سلسلة القيادة أو تراكم الأقمشة والرواسب على المجمع وإعاقته عن العمل أو تعطل المجمع.

• صحح ارتخاء السلسلة بإزالة واحدة أو أكثر من حلقاتها أو دقق مستويات الحمأة وزد معدل سحبها حسب اللزوم أو أزل العوائق أو أصلح المجمع.

❖ **المجمع لا يبدأ بالعمل.**

- عطل في قاطع الدارة أو عطل في المحرك.

• أعد توقيع القاطع وابدأ من جديد أو أصلح أو أبدل المحرك.

❖ **القاشد لا يعمل بالشكل المطلوب.**

- ارتفاع شفرة القاشد عن سطح الماء.
- صحح ارتفاع القاشد.

24-4-5. الحمأة المنشطة.

❖ **رغوة كثيفة سمراء غامقة على سطح حوض التهوية.**

- انخفاض المواد الصلبة المعلقة في المزيج الحيوي MLSS (نتيجة زيادة سحب الحمأة) أو وجود فضلات سامة أو نقص في المغذيات المساندة أو ارتفاع قيمة pH أو انخفاضها الشديدين أو عدم كفاية الأوكسيجين المذاب في حوض التهوية أو زيادة الحمولة في حوض التهوية.
- قلل معدل سحب الحمأة لزيادة تركيز المواد الصلبة العالقة في المزيج الحيوي ومقابلة الحمولة الزائدة أو أوقف استعمال الحمأة الحالية واجلب حمأة جديدة من محطة معالجة أخرى أو أضف بعض العضويات المجهرية المجمدة أو تعرف على نوع المواد السامة وصحح الوضع تبعا لذلك.

❖ **قتامة لون الماء في أحواض التهوية.**

- التهوية غير الملائمة.
- زد معدل التهوية أو انقص التحميل بإدخال حوض تهوية إضافي في الخدمة أو دقق أنابيب التهوية لاحتمال وجود تسربات فيها أو انغلاق بعض الصمامات (المحابس - السكور) أو نظف النوافث المسدودة.

❖ **اختلاف تركيز المواد الصلبة العالقة في المزيج الحيوي في أحواض التهوية.**

- عدم تساوي توزيع الجريان إلى أحواض التهوية.

• عدل الجريان إلى الأحواض بتعديل تجهيزات التحكم بالجريان.

❖ **صعود فقاعات هوائية كبيرة أو فوران مياه حوض التهوية.**

- انسداد أو انكسار بعض المذرات (النواشر) الهواء في الحوض أو انكسار الانابيب الناقلة للهواء أو عدم إحكامها.

• فرغ الحوض إلى مستوى قريب من المذرات (النواشر) وحدد المشكلة ونظف أو بدل النواشر حسب الحالة.

❖ **تشكل مناطق ميتة (شبه ساكنة) في حوض التهوية.**

- انسداد بعض نوافث (النواشر) الهواء أو انخفاض الأوكسيجين المذاب DO نتيجة قلة التهوية.

• زد معدل التهوية لتحقيق مساويا 2 ملغ/لتر على الأقل في الحوض. (أو يمكن وضع آلية لتحريك مياه الحوض).

❖ **تناقص pH في المزيج الحيوي إلى 6.7 أو أقل.**

- انخفاض قلوية المياه العادمة الواردة نتيجة حدوث النترجة أو ورود مياه عادمة صناعية.

• انقص عمر الحمأة بزيادة معدلات السحب والتصريف لها إذا كانت النترجة غير مرغوبة أو حدد واضبط مصدر المياه العادمة الحمضية.

❖ **تشكل رغوة بيضاء متكتلة على سطح حوض التهوية.**

- حداثة الحمأة في حوض التهوية المحمل بشدة تركيز قليل للمواد الصلبة العالقة في المزيج الحيوي، وعادة تحدث هذه المشكلة

عند بداية تشغيل المحطة وهي مؤقتة ولا داعي للقلق بشأنها أو السحب الزائد من الحمأة خارج المنظومة.

- لا تسحب أي كمية من الحمأة خارج المنظومة أو اسحب كميات قليلة جدا منها وذلك لعدة أيام وكذلك أبحث إمكانية إضافة حمأة جيدة من محطة معالجة أخرى مستقرة، أو قلل كمية الحمأة المسحوبة خارج المنظومة بكميات لا تزيد عن 10 % يوميا حتى تتوازن العملية وزد معدل الحمأة المعادة.

❖ **تشكل رغوة لماعة ذات لون بني غامق على سطح حوض التهوية.**

- ضعف التحميل العضوي (نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة في حوض التهوية) في حوض التهوية نتيجة صرف كميات قليلة من الحمأة الزائدة.

- زد معدل تصريف الحمأة الزائدة (سحب الحمأة) بما لا يزيد عن 10% يوميا حتى تتوازن العملية وتظهر كميات قليلة من الرغوة ذات اللون الأسمر الفاتح على سطح الحوض. الشكل (24-4-5-1).

الشكل (24-4-5-1)
رغوة لماعة ذات لون بني غامق على سطح حوض التهوية

❖ **تشكل رغوة كثيفة على شكل قشدة ذات لون بني غامق على سطح حوض التهوية.**

- ضعف التحميل العضوي في حوض التهوية نتيجة السحب القليل للحمأة الزائدة.

• زد معدل تصريف الحمأة الزائدة (سحب الحمأة) بما لا يتجاوز عن 10 % يوميا حتى تتوازن العملية وتظهر كميات قليلة من الرغوة ذات اللون الأسمر الفاتح على سطح حوض التهوية.

❖ **تشكل رغوة سمراء غامقة شحميه القوام على سطح حوض التهوية تنتقل إلى المروق الثانوي.**

- تواجد كميات من العضويات المجهرية الخيطية(فلمنتيوس).

• تحكم في كميات الدسم والشحوم في المياه الداخلة إلى المحطة والمعادة أيضا إلى حوض التهوية. قلل مدة حجز المواد الصلبة أو

الحمأة إلى 2-9 أيام وأزل الرغوة من حوض التهوية والقشدة من المروق الثانوي. لا تسمح بتدوير الرغوة والقشدة في المحطة، دقق F/M.

❖ **تشكل رغوة بيضاء خفيفة متطايرة.**

- تواجد كميات كبيرة من مواد التنظيف.

• تحكم في كميات المنظفات القادمة ومنع وصولها مع الصرف المنزلي والصناعي ويمكن استعمال مانع الرغوة(انتي فوم،Anti Foam) او رش الماء الشكل (24-4-5-2).

الشكل (24-4-5-2)
الرغوة في حوض التهوية بسبب المنظفات

24-4-6. المرشحات البيولوجية أو النازة.

❖ **تشكل البحرات المائية (تجمعات مياه) على سطح المرشح النازة.**

- صغر أو عدم انتظام أبعاد الوسط المرشح أو تكسر أحجار الوسط المرشح أو ضعف المعالجة الأولية أو شدة نمو وانسلاخ

الطبقة الحيوية (الحمأة) من على سطوح الوسط المرشح أو زيادة التحميل العضوي أو تراكم النفايات على الوسط المرشح أو تراكم الديدان والقواقع والأشنيات على سطح المرشح.

- أبدل الوسط المرشح أو صحح عمليات المعالجة الأولية أو شتت النمو الحيوي باستخدام المياه المضغوطة أو بإضافة الكلور أو أوقف عمل المرشح لتجفيفه أو زد معدل الجريان المدور (المعاد) أو اغمر المرشح بالماء لفترة لتليين(جعلها طرية) وإزالة التراكمات أو نظف النفايات أو اغسل الوسط المرشح أو أضف الكلور.

❖ **ذباب على سطح المرشح البيولوجي.**

- النمو الحيوي الزائد أو التحميل الهيدروليكي المنخفض أو التوزيع السيئ للمياه العادمة.

- أزل النمو الحيوي الزائد بالغمر المائي أو باستخدام مياه مضغوطة أو بإضافة الكلور حتى 1 ملغ/لتر كلور متبقي أو استخدام مبيدا حشريا على الجدران ومناطق تكاثر الذباب أو زد معدل تدوير المياه أو نظف فوهات توزيع المياه العادمة على المرشح أو زد معدل الجريان الوارد.

❖ **روائح كريهة في الموقع.**

- التحميل العضوي الزائد أو ضعف التهوية نتيجة انسدادات في المصارف أو نتيجة النمو الحيوي الزائد أو تجمع النفايات على الوسط المرشح أو وصول مياه متعفنة أو مياه عادمة صناعية.

- حافظ على الظروف الهوائية (بتطبيق تهوية قسرية إن لزم الأمر) أو أضف الكلور إلى المياه الداخلة عندما يكون الجريان منخفضا أو زد معدل تدوير المياه أو أضف مادة مؤكسدة أو نظف المصارف

من الانسدادات أو زد معدل تدوير المياه أو أزل النفايات من على الوسط المرشح أو اضبط المياه العادمة الصناعية الواردة أو أضف الكلور أو طبق تهوية مناسبة.

❖ **تراكم الجليد على الوسط المرشح البيولوجي في المناطق الباردة.**

- برودة الطقس الشديدة أو عدم انتظام توزيع المياه العادمة على المرشح.

• قلل معدل تدوير المياه أو شغل على نظام مرحلتين على التوازي أو عدل الموزعات لتكبير حجم فقاعات الرذاذ أو أزل الجليد أو قلل عدد المرشحات في الخدمة أو قلل زمن الحجز في وحدات المعالجة الابتدائية والأولية أو عدل الموزعات لتنظيم جريان المياه فوق المرشح.

❖ **عدم انتظام توزيع المياه فوق المرشح البيولوجي.**

- انسداد بعض فوهات الموزع أو انخفاض التحميل المائي أو التسربات عند الوصلات.

• نظف فوهات الموزع أو عدل معدل تدوير المياه لتصحيح التحميل المائي أو أبدل أو أصلح حسب الحالة

❖ **نمو الطحالب والأشنيات والحلزون على سطح المرشح البيولوجي.**

- الطقس الدافئ.

• طبق معدلات قصوى لإعادة تدوير المياه وأضف الكلور ليحقق 1 ملغ/لتر كلور متبقي.

❖ **تباطؤ أو توقف حركة الذراع الموزع الدوار.**

- عدم كفاية الجريان أو انسداد الفوهات كليا أو جزئيا أو أعطال في كراسي التحميل أو ارتخاء أسلاك الدعم أو عدم استقامة الذراع الدوار أو تلامس الذراع الدوار مع الوسط المرشح.

- زد التحميل المائي أو نظف فوهات الموزع أو أبدل المدحرجات أو شد أسلاك الدعم أو أزل جزءا من الوسط المرشح عند مواقع التماس مع الذراع الدوار.

❖ **أوساخ في زيت كراسي التحميل الرئيسية.**

- اهتراء الكتامة أو وصلة التمدد.
- أبدل الكتامة أو أصلح أو أبدل وصلة التمدد حسب الحالة.

❖ **تسرب المياه عند قاعدة الموزع الدوار.**

- اهتراء الكتامة أو وصلة التمدد.
- أبدل الكتامة أو أصلح أو أبدل وصلة التمدد حسب الحالة.

❖ **عدم تأمين الكميات الكافية من مياه التدوير من قبل المضخة.**

- زيادة الحمولة نتيجة احتمال انغلاق بعض المحابس أو الأنبوب أو تعطل المضخة أو المحرك الكهربائي.
- افتح المحابس المغلقة وأزل العوائق إن كان ذلك سبب زيادة الحمولة المائية أو أبدل مادة تملئة المضخة أو زيت كراسي التحميل أو اطرد الهواء خارج صندوق المضخة حسب الحالة أو صحح تركيب الكوابح في المحرك الكهربائي أو زيت كراسي التحميل فيه أو أعد لفه حسب الحالة.

24-4-7. الملامسات الحيوية الدوارة(RBC) .

❖ **انسلاخ زائدة للكتلة الحيوية.**

- وجود مواد سامة في المياه العادمة أو شدة تحولات PH.
- تحقق من المصدر السام أو استخدم حوض توازن أو اضبط التغيرات PH لإبقائها بين 10 - 6.5.

❖ **تشكل كتلة حيوية بيضاء على سطوح الملامسات.**

- تحلل المياه العادمة الواردة (H_2S عالي) أو زيادة التحميل العضوي.

• حقق تهوية أولية للمياه العادمة وأضف الأوكسجين تحت الملامسات أو أضف نترات الصوديوم أو بيروكساید الهيدروجين لزيادة الأكسيجين أو أضف ملامسات الدوارة الجديدة.

❖ **انخفاض مردود المعالجة.**

- زيادة الحمولة العضوية أو المائية أو القيم الحدية لـ PH (زيادة أو نقصانا) أو انخفاض درجة الحرارة للمياه العادمة الواردة أو كثرة الحلزون والديدان.

• حسن المعالجة الأولية أو أضف وحدات معالجة جديدة أو وازن الجريان بين المفاعلات أو أضبط الجريان الإضافي ومصادر PH للإبقاء على مجاله بين 6.5 و 8.5 للمعالجة الثنائية وبين 8-8.5 للنترجة وتأكد هنا أن القلوية تساوي سبعة أضعاف تركيز الأمونيا في المياه الداخلة أو أضف وحدات معالجة جديدة إن كان ذلك ممكنا أو اخرج الوحدة من الخدمة من حين لآخر ونظفها بمحلول كاو.

❖ **تراكم الرواسب في أقنية المفاعل.**

- عدم ملائمة المعالجة السابقة.

• أزل المواد المترسبة وحسن عمليات إزالة الجريش والمعالجة الأولية.

❖ **تكاثر الحلزون على سطوح الملامسات.**

- ملائمة البيئة لهذا النمو أو التحميل المنخفض.

• أخرج الوحدة من الخدمة من حين لآخر ونظفها بمحلول كاو أو

بالكلور و / أو زد سرعة دوران الملامسات أو أعد ترتيب نظام التحميل لزيادة تحميل الملامسات.

❖ **تعطل كراسي التحميل لمحور الملامسات.**

- قلة الصيانة الدورية.

• زيت كراسي التحميل بشكل دوري وملائم أو أبدل حسب الضرورة.

❖ **زيادة حرارة المحرك الكهربائي.**

- قلة وضعف الصيانة أو عدم التركيب الصحيح لتجهيزات القيادة.

• راقب مستوى الزيت وطبق التزييت بشكل ملائم أو صحح تركيب تجهيزات القيادة.

24-4-8. برك التثبيت.

❖ **نمو طحلبي وعشبي شديد على سطح وأرضية البركة.**

- ضعف التدوير أو قلة الصيانة أو ضحالة المياه في البركة.

• أزل الأعشاب يدويا أو بالقص أو خفض منسوب المياه في البركة وأحرق الأعشاب أو ارفع منسوب المياه في البركة لإغراق الأعشاب أو استخدم القارب لدفع الأعشاب الطويلة إلى منطقة يمكن عندها إزالتها، أو استخدم مبيدا عشبيا أو ضع رقائق لتبطين قاع البركة أو اجعل قاعها كتيما أو تأكد من أن عمق الماء في البركة لا يقل عن متر واحد.

❖ **جحور حيوانات في أطراف (جوانب) البركة.**

- الظروف الملائمة لجذب هذه الحيوانات.

• أزل الظروف الملائمة لجذب الحيوانات وخاصة بإزالة مصدر غذائها

من السطوح أو خفض وارفع منسوب المياه لمرات عديدة متتابعة لمدة أسبوع لكشف وإغراق الجحور.

❖ **تشكل خبث على سطح البركة.**

- طوفان الحمأة من القاع إلى السطح أو وجود زيوت وشحوم في المياه العادمة الداخلة.

• شتت الخبث باستخدام أمشاط طويلة الأذرع أو باستخدام مياه مضغوطة أو باستخدام القارب لتسهيل إعادة ترسيبها واقشد الكميات الباقية على السطح إلى موقع محدد يتم إزالتها منه.

❖ **نمو الطحالب الزرقاء - الخضراء على سطح البركة الشكل24-4-8-1 الطحالب على سطح برك التثبيت**

الشكل24-4-8-1

الطحالب على سطح برك التثبيت. من [7]

- ضعف المعالجة أو التحميل الزائد أو عدم توفر المغذيات المساندة بشكل ملائم.

• أضف سلفات النحاس بمعدل 0.5 كيلو غرام لكل 1000 متر مكعب أو شتت الطحالب يدويا.

❖ **روائح كريهة في الموقع.**

- زيادة التحميل أو ضعف تدوير الجريان أو ورود مياه عادمة صناعية أو تشكل ظروف لا هوائية أو نمو الطحالب.

• شتت وأعد خلط الحمأة المتحللة والخبث لإعادتهما إلى الحالة المعلقة في المياه أو استخدم وحدات إضافية إن توفرت أو أضف نترات الصوديوم أو أضف الكلور إلى الجريان الداخل أو أعد تدوير المياه بنسبة واحد إلى ستة أو ركب أجهزة تهوية سطحية أو اضبط ورود المياه العادمة الصناعية أو المتحللة أو شتت وأخلط الحمأة المتحللة والخبث مع مياه البركة أو استخدم وحدات إضافية إن توفرت.

❖ **نمو الحشرات في البركة.**

- ضعف تدوير الجريان أو الصيانة.

• أزل الأعشاب والخبث لتسهيل تشكل الأمواج أو أضف الأسماك إلى البركة أو أضف مبيدا حشريا كإجراء أخير وبشكل مراقب ومسموح.

❖ **عدم ثبات منسوب المياه في البركة.**

- الترسبات أو الرشح في التربة أو التبخر.

• استخدم غضار البنتونايت لمنع التسرب.

❖ **تلوث المياه الجوفية.**

- التسرب.

• استخدم غضار البنتونايت أو الرقائق المبطنة لإيقاف التسرب.

❖ **نقص الأكسيجين المذاب في البرك إلى أقل من 3 ملغ في اللتر في الطقس الحار.**

- النمو الطحلبي وقلة اختراق الضوء للمياه في البركة أو انخفاض زمن الحجز المائي أو التدوير الضعيف للمياه أو وجود كبريتيت الهيدروجين في المياه الداخلة أو التحميل العضوي العالي أو وصول فضلات صناعية أو سامة أو قلة الرياح في الموقع.

• أزل الأعشاب الطافية أو زد مدة الحجز المائي أو أضف مراوح تهوية سطحية أو نترات الصوديوم أو اضبط المصادر شديدة الحمولة أو شغل البرك على التوازي أو أقطع الأشجار قرب البركة لتسهيل وصول الهواء إليها.

❖ **معالجة غير كاملة.**

- زيادة التحميل الناجم عن قصر الدارة أو المياه العادمة الصناعية (قيم حدية للاس الهيدروجيني pH) أو صغر البركة أو استقبال كميات زائدة عن الاستيعاب أو الطقس غير الملائم أو فقدان الطحالب من البركة.

• صحح أي قصر في الدارة أو أمنع دخول المياه العادمة السامة (pH يجب أن يكون في المجال 8-8.4) أو طبق معالجة على التوازي أو أعد تدوير المياه الخارجة أو أضف تهوية ميكانيكية سطحية.

❖ **تحول البركة من الظروف الاختيارية إلى الظروف اللاهوائية.**

- زيادة التحميل أو ورود مواد سامة أو قصر الدارة.

- غير نظام التشغيل من التسلسل إلى التوازي لتجزئة الحمولة أو عدل مواقع الدخول والخروج لإلغاء قصر الدارة أو أضف التهوية الميكانيكية و / أو أعد تدوير جزء من المياه الخارجة.

❖ **تدني نوعية المياه الخارجة من البركة.**

- زيادة التحميل العضوي أو انخفاض درجة الحرارة أو ورود مواد سامة أو تناقص حجم البركة نتيجة تراكم الحمأة أو تعطل تجهيزات التهوية (في حال وجودها) أو زيادة العكارة نتيجة وجود الطحالب أو الخبث أو قلة اختراق الضوء نتيجة النمو النباتي.
- وجود مواد سامة.
- اضبط وصول المياه العادمة الصناعية إلى المحطة.

❖ **ندف دبوسية في المياه الخارجة من المروق.**

- مدة طويلة لبقاء الحمأة في المنظومة.
- انقص مدة بقاء الحمأة في المنظومة بزيادة سحب الحمأة (الحمأة المصرفة).

24-4-9. إزالة النترات.

❖ **زيادة قيمة الطلب الأوكسجيني الحيوي الكيميائي في المياه الخارجة.**

- ميثانول كثير جدا أو وجود أية مواد أخرى متطلبة للأكسيجين.
- انقص الميثانول أو المواد المشابهة الأخرى أو حسن أسلوب إضافة الميثانول.

❖ **تزايد النترات في المياه الخارجة.**

- عدم كفاية كمية الميثانول المضاف.

- صحح إلى الكمية المناسبة.

- قيم حدية PH خارج المجال 7-7.5 بسبب نقصان الـ PH في مرحلة النترجة وحافظ على أكبر 2 مغ/ل DO .

- أضف القلوية (كلس أو هيدروكسيد الصوديوم) إلى مرحلة النترجة.

- فقدان المواد الصلبة من مرحلة النترجة بسبب عدم انتظام عملية إعادة الحمأة.

- زد معدل إعادة الحمأة وانقص معدل سحب الحمأة (الحمأة المصرفة) وحول الحمأة من الوحدة الكربونية إلى وحدة مزيل النترات.

- خلط شديد يؤدي إلى إدخال الهواء.

- أوقف عمل الخلاطات جزئيا أو كليا للإقلال من الاضطراب.

❖ **زيادة ضياع الحمولة عبر وحدات إزالة النترات ذات السرير المرشح. الشكل (24-4-9-1).**

- تراكم زائد للمواد الصلبة أو ضمن السرير المرشح.

- أنجز غسيلا شاملا كما يجب إجراء الغسيل العكسي إذا كان المرشح خارج الخدمة ل 24ساعة أو أكثر.

- تراكم غاز النتروجين وانسداد المرشح.

- اغسل عكسياً طبقة الترشيح لفترة قصيرة (1-2 دقيقة) ثم أرجعه إلى الخدمة.

الشكل24-4-9-1.
إزالة النترات بالترشيح الرأسي بالفحم المنشط
(محطة روستوك ألمانيا)

24-4-10. الترويق (الترسيب) الثانوي أو النهائي.

❖ **قيم عالية للمواد الصلبة المعلقة و/أو الطلب الأوكسجيني الحيوي الكيميائي في المياه الخارجة من المروق.**

- انسلاخ زائد للحمأة (الكتلة الحيوية الرقيقة) من المرشح البيولوجي أو الملامسات الدوارة بسبب التغيرات في الطقس.
- أضف بوليمر إلى المياه الداخلة إلى المروق.
- انسلاخ زائد للحمأة الحيوية من المرشح البيولوجي أو الملامسات الحيوية الدوارة بسبب التحميل العضوي الشديد.
- زد معدل الجريان السفلي من المروق.

- انسلاخ زائد للحمأة الحيوية من المرشح البيولوجي أو الملامسات الحيوية الدوارة بسبب PH أو المواد السامة.

• حافظ على قيمة الأس الهيدروجيني للمياه بين 6.5-8.5 واضبط مصدر المواد السامة في المياه الواردة إلى المحطة إلى المحطة.

- إزالة النترات في المروق.

• زد معدل الجريان السفلي من المروق أو زد التحميل على المرشح البيولوجي أو الملامسات الحيوية الدوارة وأزل أو شتت أية تجمعات للحمأة.

- زيادة الحمولة المائية على المروق.

• قلل معدل إعادة التدوير خلال فترة ذروة الجريان.

- سوء عمل التجهيزات في المروق.

• أبدل أو أصلح المعدات حسب الحالة.

- قصر دارة الجريان عبر المروق.

• أصلح وضع هدارات المياه الخارجة و / أو ركب حواجز تهدئة.

- نمو غير مرغوب على المرشح البيولوجي أو الملامسات الحيوية الدوارة.

• أضف الكلور إلى المرشح أو الملامسات الحيوية الدوارة للتخلص من النمو غير المرغوب.

❖ **حمأة صاعدة في المروق.**

- نمو العضويات المجهرية الخيطية في الحمأة المنشطة (الحمأة منتفخة). الشكل (24-4-10-1)

• زد الأكسيجين المذاب في حوض التهوية إذا كان أقل من 2 ملغ/لتر

أو زد قيمة الأس الهيدروجيني إلى 7 أو عدل النقص في المغذيات المساندة (N ، P ، K) أو نسبة BOD إلى المغذيات المناسبة والتي يجب أن تحقق العلاقة BOD/N/P/K = 100/5/1/0.5 حيث يجب إضافة المغذي المساند المناسب حسب اللزوم أو أضف الكلور حتى 50 ملغ/لتر الشكل (24-4-12-2) أو بيروكساید الهيدروجين حتى 200 ملغ/لتر إلى الحمأة المعادة ليصبح دليل حجم الحمأة SVI أقل من 150، أو زد زمن بقاء الحمأة ،SRT في المنظومة أو زد معدل إعادة الحمأة أو أضف مساعد ترسيب كالبوليمر.

- إزالة النترات حيث يلتصق النتروجين الغازي أثناء انطلاقه من المروق بذرات الحمأة.

• انقص مدة الحجز المائي في أحواض التهوية بإخراج أحد الأحواض من الخدمة وذلك بغية إنقاص النترجة أو قلل تركيز المواد الصلبة المعلقة في المزيج الحيوي MLSS بزيادة سحب (تصريف) الحمأة بغية زيادة التحميل العضوي والإقلال من النترجة.

- تهوية زائدة.

• أنقص التهوية إذا كان تركيز الأكسيجين المذاب في حوض التهوية يزيد عن 4 ملغ/لتر.

- حمأة متحللة بسبب عدم إزالة الحمأة بالسرعة الكافية من المروق.

• زد معدلات إعادة الحمأة المنشطة المعادة لإنقاص مدة بقائها في المروق و/أو أضف مادة مؤكسدة كالكلور أو بيروكساید الهيدروجين.

الشكل(24-4-10-1)

الحمأة الصاعدة في حوض الترويق (الترسيب) الثانوي أو النهائي

❖ **وجود ندف دبوسية (دقيقة) في المياه الصادرة عن المروق.**

- مزج شديد في حوض التهوية.
- قلل معدل المزج في حوض التهوية.
- تهوية زائدة في حوض التهوية تجعل الأكسجين المذاب فيه أكبر من 4 ملغ/لتر.
- انقص معدل التهوية في حوض التهوية وزد صرف الحمأة لتخفيض مدة بقائها في المنظومة.
- ظروف لا هوائية في حوض التهوية تجعل DO فيه أقل من 2 ملغ/لتر.
- زد معدل التهوية في حوض التهوية.
- حمولة صدمة سامة كاحتمال ورود مياه عادمة صناعية شديدة.

- اضبط المواد السامة الواردة وأضف حمأة منشطة مناسبة من محطة معالجة أخرى في حوض التهوية أو أضف عضويات مجهرية مجففة في حوض التهوية.

- زمن بقاء الحمأة SRT في المنظومة طويل جدا.

- زد معدل صرف الحمأة الزائدة لتقليل مدة بقاء الحمأة في المنظومة.

- قصر دارة في المروق.

- تحقق من تسوية هدار الخروج.

❖ **فقدان طبقة الحمأة sludge blanket الراسبة من المروق.**

- تهوية غير كافية تجعل لون الماء قاتم في أحواض التهوية.

- زد معدل التهوية في حوض التهوية أو انقص التحميل الهيدروليكي بإدخال حوض تهوية إضافي في الخدمة إن أمكن ذلك أو دقق أنابيب التهوية لاحتمال انسدادها أو انغلاق بعض الصمامات (المحابس) أو نظف نواشر الهواء المسدودة.

❖ **انسكاب الحمأة على طول هدار الخروج في المروق.**

- عدم ملائمة معدل إعادة الحمأة.

- أدخل مضخة أخرى في الخدمة في حال تعطل المضخة العاملة أو زد معدل ضخ الحمأة المعادة وراقب طبقة الحمأة (الحمأة الراسبة) وحافظ على سماكتها بين 0.3 و 1 متر أو نظف أنبوب الحمأة المعادة إذا كان مسدوداً.

- زيادة التحميل المائي لأحد المروقات الثانوية بسبب عدم انتظام توزيع الجريان على المروقات.

- عدل تجهيزات التحكم بالجريان إلى المروقات لموازنة الكميات الواردة إليها.

❖ **انسكاب الحمأة فوق جزء من هدار الخروج في المروق.**

- توزيع غير منتظم للجريان ضمن المروق.
- صحح مستوى هدار الخروج.

❖ **تركيز الحمأة المعادة من المروق قليل جدا (MLSSأقل من 8000 ملغ /لتر).**

- زيادة معدل إعادة الحمأة.
- انقص معدل إعادة الحمأة.

❖ **حمأة طافية على السطح.**

- انتفاخ الحمأة الناجم عن العضويات المجهرية الخيطية في المزيج الحيوي الشكل (24-4-10-2)، الشكل (24-4-10-3).
- زد الأكسجين المذاب في أحواض التهوية إلى أكثر من 1 ملغ/لتر.

❖ **اتساخ (قذارة) هدار الخروج.**

- زد تواتر تنظيف هدار الخروج.

❖ **جهد لي (فتل) شديد على كاشط الحمأة من القاع.**

- حمولة زائدة على الكاشط.
- أصلح أو أبدل الأجزاء المعطلة أو زد تواتر تشغيل الكاشط أو فرغ الحوض للبحث عن عوائق كبيرة محتملة تعيق عمل الكاشط.

❖ **انفصال (تجزؤ) الندف في المروق.**

- وجود مياه عادمة سامة أو حمضية.
- اضبط تصريف المياه العادمة الصناعية الواردة.
- ظروف لا هوائية في حوض التهوية.
- زد الأكسجين المذاب في حوض التهوية.

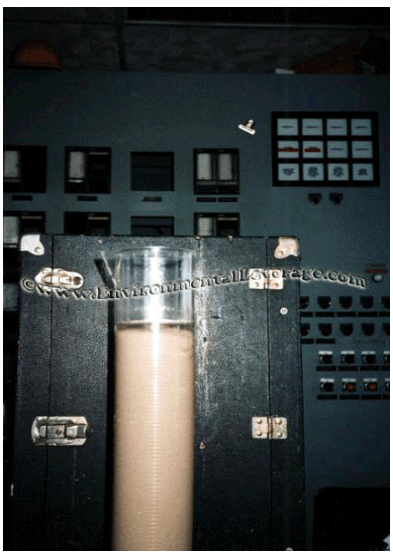
الشكل(24-4-10-2)

حمأة منتفخة في حوض تهوية [7]

الشكل (24-4-10-3)

معالجة الحمأة المنتفخة بالكلور من اليسار

قبل إضافة الكلور وبعد الإضافة من[7]



- زيادة تحميل على حوض التهوية.
• أدخل أحواض تهوية إضافية في الخدمة إن كان ذلك ممكنا.
- عجز في المغذيات المساندة.
• عوض العجز بإضافة مركبات كيميائية مناسبة.

❖ **حمأة مضطربة.**

- أمواج مائية.
• أعمل على تخفيف الأمواج المائية.
- تيارات مائية ذات كثافة مختلفة ضمن الحوض.
• حافظ على عمق حجاب الحمأة (الحمأة الراسبة) منخفضا قدر الإمكان.
- سرعة القاشط.
• انقص سرعة القاشط.

24-4-11. الإمتزاز الكربوني.

❖ **زيادة ضياع الحمولة خلال طبقات التماس.**

- عكر شديد للمياه الواصلة إلى طبقات التماس.
• اغسل عكسيا وحسن المعالجة المسبقة.
- نمو وتراكم المواد الصلبة الحيوية في طبقات التماس.
• اغسل عكسيا بتواتر أكبر وحسن إزالة الطلب الأوكسجيني الحيوي الكيميائي القابل للانحلال في الوحدة.
- تراكم ذرات ناعمة من الكربون.

• أزل التراكم الكربوني الناعم بالغسيل، ويمكن إن يلزم إبدال الكربون بنوع أقسى.

- انسداد مصافي المدخل والمخرج.

• اغسل عكسيا المصافي.

❖ **تشكل كبرتيد الهيدروجين في طبقات التماس.**

- انخفاض الأكسجين المذاب و/أو وجود النترات في المياه الداخلة إلى طبقات التماس.

• حافظ على الظروف الهوائية في طبقات التماس وحسن تخفيض الطلب الأوكسجيني الحيوي الكيميائي القابل للانحلال قبل الوصول إلى الوحدة.

- زيادة فترة التماس.

• انقص فترة التماس بإخراج طبقة تماس أو أكثر من الخدمة.

❖ **تناقص قدرة الكربون على إزالة الطلب الأوكسجيني الكيميائي.**

- استنزاف الكربون.

• أبدل أو أعد تأهيل الكربون.

24-4-12. الترشيح.

❖ **ضياع حمولة شديد عبر طبقة الترشيح (تدني سرعة الترشيح).**

- انسداد ملحوظ في مسامات الوسط المرشح (مقاومة عالية عبر المرشح).

• أوقف المرشح عن الخدمة وقم بالغسيل العكسي.

- غازات وفقاعات هوائية محتجزة في الوسط المرشح.

- أوقف المرشح عن الخدمة واغسله عكسيا ببطء لتحاشي تعطيل المرشح بسبب الهواء المندفع.

❖ **فاقد حمولة شديد عبر سرير المرشح بعد الغسيل العكسي مباشرة.**

- سرعة الغسيل العكسي الزائد أو الغسيل العكسي غير الكافي.
- اغسل المرشح عكسيا لفترات معينة أطول و/أو زد سرعة جريان الغسيل العكسي.
- عدم فعالية منظومتي الغسيل العكسي أو الهواء المخلخل.
- أصلح حسب الحالة.

❖ **تراكم سريع على سطح المرشح وزيادة ضياع الحمولة عبره.**

- عدم كفاية الترويق قبل الترشيح.
- حسن أداء المعالجة المسبقة.
- زيادة جرعات البوليمر المساعد على الترشيح.
- اضبط كميات البوليمر المساعد على الترشيح.
- غسيل سطحي و/أو غسيل عكسي غير ملائمين.
- حسن عمليات الغسيل السطحي و/أو العكسي حسب الحالة.

❖ **دورات قصيرة لعمل المرشح.**

- ضياع حمولة عال نتيجة التراكم السطحي.
- أبدل الوسط المرشح باستخدام وسط مضاعف أو أكثر.
- زيادة جرعة البوليمر المساعد على الترشيح المضاف.
- انقص جرعة البوليمر المضاف.
- مواد صلبة واردة إلى المرشح.

- حسن المعالجة السابقة (الترويق).

- تعطل عمل منظومة الغسيل السطحي.

- أصلح منظومة الغسيل السطحي.

- عدم كفاية دورة عمل الغسيل السطحي.

- زد فترة الغسيل السطحي.

❖ **عكر شديد في المياه الداخلة.**

- الحاجة إلى غسيل عكسي.

- أوقف عمل المرشح واغسله عكسيا.

- عدم ملائمة المعالجة السابقة أو ورود مواد كيميائية إلى المحطة.

- حسن المعالجة السابقة أو صحح عيار المواد المخثرة إن وجدت.

❖ **مياه عكرة خارجة من المرشح وانخفاض ضياع الحمولة.**

- عدم كفاية عيار البوليمر المساعد على الترشيح.

- زد عيار البوليمر.

- سوء عمل منظومة تغذية المادة المخثرة.

- أصلح وحدات تغذية المواد الكيمائية.

- تغير في الطلب على المادة المخثرة.

- عدل عيار المادة المخثرة بالاستناد إلى التجربة المخبرية.

❖ **تشكل كرات من الطين.**

- عدم ملائمة الغسيل العكسي والغسيل السطحي.

- زد معدل جريان الغسيل العكسي وحسن الغسيل السطحي، فرغ المرشح وأزل الكرات الطين بالماء المضغوط وأمشاط التنظيف.

❖ **تزحزح طبقة الحصى التي يستند عليها الوسط المرشح.**

- تسرب الهواء إلى المصارف السفلية للمرشح خلال الغسيل العكسي.

• أبدل الوسط المرشح إذا كانت الإزاحة كبيرة.

❖ **ضياع جزء من الوسط المرشح خلال الغسيل العكسي.**

- غسيل عكسي شديد.

• انقص شدة الغسيل العكسي.

- جريان سطحي شديد.

• انقص زمن الغسيل السطحي، يجب إيقاف الغسيل السطحي قبل انتهاء الغسيل العكسي بدقيقتين.

❖ **انسدادات بالهواء وبالتالي فاقد حمولة منذ بدء الترشيح.**

- تعرض المياه الداخلة إلى المرشح والحاوية على أوكسجين مذاب قرب الإشباع إلى ضغط أقل من الضغط الجوي في المرشح.

• اغسل عكسيا بتواتر أكبر وجريان أقل وزمن أقل.

- انخفاض مستوى المياه في المرشح أو تشغيله جافا.

• حافظ على المستوى الأعظمي للمياه في المرشح.

❖ **صعوبة تنظيف المرشح خلال الطقس الدافئ.**

- تناقص لزوجة مياه الغسيل العكسي بسبب ارتفاع درجة الحرارة.

• زد معدل الغسيل العكسي حتى الوصول إلى الانتفاخ المرغوب لطبقة الترشيح خلال الغسيل العكسي.

❖ **ازدياد نسبة مياه الغسيل العكسي إلى الجريان الإجمالي فوق 5 %.**

- مواد صلبة واردة إلى المرشح.

- حسن المعالجة السابقة للترشيح.

- جرعة عالية جدا للبوليمر المساعد على الترشيح.
- انقص جرعة البوليمر المساعد على الترشيح.

- تعطل منظومة الغسيل السطحي.
- أصلح منظومة الغسيل السطحي.

- قصر دورة عمل الغسيل السطحي (تواتر العمل عالٍ).
- زد دورة عمل الغسيل السطحي.

- فترة الغسيل العكسي أطول من اللازم.
- انقص فترة الغسيل العكسي.

❖ **انسداد سطح الوسط المرشح.**

- زيادة عيار البوليمر المساعد على الترشيح.
- اضبط عيار البوليمر المساعد على الترشيح ونظف الوسط المرشح إذا تراكم البوليمر فيه.

❖ **فوران أو فقدان الوسط المرشح خلال الغسيل العكسي أو جريان مياه الغسيل العكسي على شكل أقنية خلال الوسط المرشح بدلا من التوزيع المنتظم.**

- زيادة معدل الغسيل العكسي أو انكسار منظومة توزيع مياه الغسيل العكسي أو انسدادات أو انكسارات في منظومة المصارف السفلية.
- قلل معدل الغسيل العكسي أو أصلح منظومة المصارف السفلية وعوض الوسط المرشح المفقود.

❖ **ازدياد عكر المياه الراشحة وازدياد الطلب على الكلور.**

- عدم ملائمة المعالجة الكيميائية السابقة.

- عدل جرعة المادة المخثرة وحسن المعالجة السابقة، انقص معدل الترشيح أو ابدأ بإضافة البوليمر المساعد على الترشيح، زد جرعة الكلور.

13-4-24. التطهير بالكلور.

❖ **فقدان ضغط غاز الكلور في الحاقن.**

- نفاذ الكلور.
- انتقل إلى اسطوانة كلور أخرى مليئة.
- صمام (محبس) اسطوانة الكلور مغلق.
- افتح صمام اسطوانة الكلور.
- انسداد المرشح أو صمام إنقاص الضغط.
- نظف المرشح أو أصلح صمام إنقاص الضغط.

❖ **انخفاض ضغط غاز الكلور عند الحاقن.**

- عدد غير كاف من الاسطوانات الموصولة الموضوعة في الخدمة.
- اربط عددا كافيا من الاسطوانات في الخدمة بحيث لا يزيد معدل الطلب (التغذية) على معدل السحب المسموح.
- عائق بين الاسطوانات وحاقنات الكلور.
- أزل العائق (أحيانا جليد متراكم) ونظف وأصلح حسب اللزوم.

❖ **الحاقن لا يعطي الكلور.**

- أوساخ في صمام تخفيض الضغط في المكلور.
- فك المكلور ونظف جذعه وقاعدته.
- عطل في الحاقن.

- أصلح الحاقن ونظف الأنابيب.

- عدم وجود الكلور.

- زد الكلور.

❖ **تسرب غاز الكلور.**

- أسباب مختلفة.

- حدد مكان التسرب بواسطة قارورة أمونيا حيث ستتشكل فقاعات بيضاء عند موقع التسرب ثم أصلح سبب التسرب وألبس تجهيزات الوقاية الشخصية اللازمة أثناء ذلك.

❖ **مناطق باردة أو متجمدة على منظومة التغذية.**

إعاقات في خط التغذية.

- أصلح حسب الحالة.

- معدل سحب عالٍ جدا.

- قلل معدل السحب أو ادخل اسطوانات كلور إضافية في الخدمة.

❖ **سائل ضمن المانومتر (لقياس الضغط) أو مانومتر متجمد.**

- مبخر معطل.

- أصلح المبخر.

- معدل التغذية عالي جدا.

- انقص معدل التغذية أو ادخل مكلور أخر في الخدمة.

- عائق في فوهة المانومتر.

- نظف الأنابيب.

❖ **ضباب حول المبخر.**

- تعطل المبخر أو قلة استطاعته.

• أصلح المبخر أو ادخل مكلور أخر في الخدمة.

❖ **حرارة منخفضة في المبخر.**

- تعطل المسخن.

• ركب مسخنا جديداً.

❖ **عدم الحصول على أقصى تغذية ممكنة من المكلور.**

- ضغط غير كافي للكلور.

• زد الضغط بإضافة اسطوانات جديدة في الخدمة أو إبدال الاسطوانات الفارغة في الخدمة إلى أخرى جديدة.

- انسداد حاقن الماء.

• نظف الحاقن.

- تسرب في صمام تخفيف الانفراغ.

• أفصل صمام تخفيف الانفراغ وأعد ضبط كافة النوابض.

- تسربات في منظومة المكلور.

• أصلح التسربات حسب الحالة.

- حاقن معطل.

• أصلح منظومة الحاقن.

- عوائق في التغذية أو تسربات.

• أصلح العوائق أو التسربات حسب الحالة.

- فوهة غير مناسبة.

• ركب فوهة مناسبة.

❖ **قراءة منخفضة لإنفراغ الحاقن.**

- حاقن عليه أوساخ أو يوجد عائق في الجريان.

• نظف الحاقن أو عدل فوهته.

- ضغط منخفض أو ضغط عالي أو ضغط راجع.

• أغلق العنق أو أفتح العنق أو أبدل و / أو زد تغذية الماء في الحاقن.

❖ **وصلات غير كيتيمة.**

- حلقة (طوق) الكتامة معطلة أو مفقودة.

• أصلح أو ركب حلقة الكتامة.

❖ **حاقن الكلور لا يضبط معدلات التغذية المنخفضة.**

- عطل في صمام تخفيف ضغط الكلور.

• نظف أنبوبة صمام تخفيف الضغط والوصلات.

❖ **زيادة في مستوى العصيات الجرثومية.**

- كلور متبقي قليل في المياه المكلورة.

• زد عيار الكلور.

- ازدياد الطلب على الكلور.

• حسن المعالجة السابقة و / أو زد جرعة الكلور.

- مزج غير تام في غرفة التماس.

• ضع حواجز تهدئة في غرفة التماس أو أضف خلاطاً.

- تراكم المواد الصلبة في غرفة التماس.

• أوقف استخدام الغرفة ونظفها.

- تموجات واضطرابات في الجريان.

• حقق جريانا منتظما ومستقراً.

- نافث مسدود.

• نظف النافث.

- زمن التماس غير كافٍ.

• خفض معدل جريان الماء الداخل إلى غرفة التماس.

❖ **انخفاض الكلور المتبقي في المياه المكلورة.**

- طلب زائد على الكلور.

• حسن المعالجة السابقة و/ أو زد جرعة الكلور.

- تراكم المواد الصلبة في غرفة التماس.

• أوقف عمل غرفة التماس ونظفها.

- تغير معدل الجريان.

• عدل الجرعة لتتوافق مع الجريان.

- أعطال في تجهيزات التغذية.

• أصلح تجهيزات التغذية.

- حدوث نترجة جزئية.

• أصلح العملية لإيقاف النترجة.

❖ **زيادة الكلور الباقي (المتبقي) في المياه المكلورة.**

- تناقص الطلب على الكلور.
- خفض جرعة الكلور المضاف.
- تغير في معدل الجريان أو زيادة في تغذية الكلور.
- عدل الجرعة لتتوافق مع التدفق، أو أنقص معدل تغذية الكلور.

14-4-24. التكثيف بالترسيب الثقالي(بالراحة).

❖ **رائحة كريهة، حمأة صاعدة.**

- ضخ الحمأة المكثفة منخفض جداً وسماكة الحمأة المتراكمة أكثر من 1.2 متر.
- زد معدل السحب للحمأة المكثفة.
- معدل الانسكاب من المكثف منخفض جدا ويقل عن 25 م3/م2/يوم.
- زد معدل الجريان الداخل (أعد التدوير من المروق الثانوي أو أضف مياه تخفيف إن كان ذلك ضرورياً) .
- مياه عادمة متعفنة.
- أضف الكلور أو مؤكسد أخر للمياه الداخلة لتأمين كلور متبقي قدره 1 ملغ/لتر في المياه الخارجة.
- لوح مجمع الحمأة مكسور.
- أصلح حسب الضرورة.

❖ **الحمأة المكثفة رقيقة جداً.**

- معدل الانسكاب عالي جداً يزيد عن 32 $م^3/م^2$/يوم.
- أنقص معدل ضخ المياه الداخلة.

- معدل السحب السفلي (للحمأة) عالي جداً.

• انقص معدل سحب الحمأة وحافظ على سماكة الحمأة المتراكمة بمقدار 0.6-0.9 متر على الأقل.

- قصر دارة الجريان ضمن الحوض.

• اضبط تسوية هدار الخروج وأصلح أو أعد توقيع حواجز المدخل.

❖ **جهد زائد على قاشط الحمأة.**

- تراكم شديد للحمأة.

• شتت الحمأة أمام القاشط بواسطة قضبان معدنية أو نوافير مائية مضغوطة وزد معدل سحب الحمأة.

- أجسام غريبة وثقيلة معيقة للمجمع.

• أزل العوائق على القاشط بواسطة قضيب مزود بخطاف أو فرغ المكثف وأزل العوائق يدويا.

- تركيب غير ملائم للقاشط.

• أضبط توقيع المجمع.

❖ **ذرات ناعمة من الحمأة في المياه الخارجة.**

- زيادة الحمأة المصرفة (المسحوبة من المروق) المحولة إلى المكثف.

• انقص نسبة الحمأة المنشطة المصرفة إلى المكثف أو عالجها بإضافة بعد المواد المخثرة قبل التكثيف.

❖ **تموج واضطرابات في الجريان.**

- دورات عمل مضخات الدخول.

• عدل دورة عمل المضخات. انقص الجريان وزد زمن الضخ.

❖ **نمو زائد على سطوح هدار الخروج.**

- تنظيف غير ملائم.

• نظف السطوح بتواتر أكبر أو أضف محلول كلور ممدد.

❖ **ضجيج أو زيادة حرارة الوصلات أو كراسي التحميل.**

- اهتراء زائد، توقيع غير ملائم أو تزييت غير ملائم.

• أبدل التجهيزات المهترئة، اضبط توقيع التجهيزات أو زيت حسب اللازم.

❖ **تسرب الزيت.**

- أعطال في الكتامة.

• أبدل حشوة منع التسرب.

❖ **حمولة زائدة على المضخة.**

- التركيبات مشدودة جدا أو أنابيب الحمأة مسدودة أو أوساخ في المضخة.

• أضبط التركيبات أو نظف الأنابيب أو المضخة حسب الحالة.

24-4-15. التكثيف بالتعويم (التطويف) بالهواء المنحل.

❖ **الحمأة المكثفة رقيقة جدا.**

- ازدياد سرعة القاشد.

• عدل سرعة القاشد.

- الوحدة محملة فوق طاقتها.

• أوقف تغذية الحمأة وانتظر لتقوم الوحدة بترويق محتواها.

- جرعة البوليمر منخفضة جداً أو نسبة الهواء إلى المواد الصلبة عالية.

• عدل الجرعة حسب المطلوب أو انقص جريان الهواء إلى منظومة إشباع الهواء بالضغط.

❖ **هواء مذاب قليل (الحمأة الطافية رقيقة جدا).**

- مضخة إعادة التهوية مغلقة أو مسدودة أو لا تعمل كما يجب.

• أصلح الوضع حسب الحالة.

- تعطل منظومة تغذية الهواء أو انسداد الحاقن.

• أصلح الوضع حسب اللازم أو نظف الحاقن.

❖ **المواد الصلبة في المياه الخارجة زائدة عن المعدلات المقبولة.**

- الوحدة محملة بشدة أو عيار البوليمر عال جدا.

• أوقف تغذية الحمأة وانتظر لتقوم الوحدة بترويق محتواها أو عدل جرعة البوليمر حسب اللازم.

- القاشد معطل أو بطئ الحركة.

• أصلح أو عدل سرعة القاشد.

- نسبة الهواء إلى المواد الصلبة منخفضة.

• زد جريان الهواء في منظومة الإشباع بالضغط.

❖ **معدل صعود المواد الصلبة منخفض جدا.**

- الوحدة محملة بشدة أو الهواء المذاب قليل.

• أوقف تغذية الحمأة وانتظر لتقوم الوحدة بترويق محتواها أو أصلح أو نظف منظومة تغذية الهواء.

- عيار البوليمر منخفض جداً.

• عدل العيار حسب المطلوب.

❖ **منسوب المياه في حوض الحجز عالي جداً.**

- انخفاض ضغط الهواء أو سوء عمل منظومة ضبط المنسوب أو عدم كفاية الهواء المحقون.

• أصلح حسب المطلوب أو زد معدل تزويد الهواء.

❖ **منسوب الماء في حوض الحجز منخفض جدا.**

- سوء عمل مضخة إعادة التدوير أو منظومة ضبط المنسوب.

• أصلح ونظف حسب اللزوم.

❖ **سعة مضخة إعادة التدوير منخفضة جدا.**

- ضغط خزان الحجز عالي جدا.

• عدل صمام الضغط العكسي.

24-4-16. الهضم الهوائي.

❖ **رغوة زائدة.**

- حمولة عضوية زائدة أو تهوية زائدة.

• قلل معدل التغذية وأعد تدوير المواد الصلبة إلى الهاضم أو قلل معدل التهوية.

❖ **أكسجين مذاب منخفض.**

- انسداد النوافث(النواشر) أو حمولة عضوية زائدة.

• نظف أو أبدل النوافث أو انقص معدل تغذية وأعد تدوير المواد الصلبة إلى الهاضم.

- مستوى السائل ليس ملائما في حالة التهوية السطحية.

• اضبط المستوى المناسب.

- سوء عمل مضخات الهواء (النوافخ) الهوائية.

• أصلح تسربات الأنابيب وعدل موضع الصمامات وأصلح النوافخ.

❖ **رائحة كريهة للحمأة.**

- مدة بقاء الحمأة (عمر الحمأة) غير ملائمة أو تهوية غير كافية.

• أنقص معدل التغذية وأعد تدوير المواد الصلبة إلى الهاضم أو زد التهوية.

❖ **أعطال في المراوح السطحية بسبب الجليد.**

- فترة الطقس البارد جدا طويلة.

• اكسر الطبقة الجليدية وأخرجها من الهاضم قبل تفاقمها.

❖ **انخفاض الأس الهيدروجيني PH في الهاضم إلى أقل من 6.**

- حدوث النترجة وانخفاض القلوية.

• أضف بيكربونات الصوديوم أو الكلس (الجير) أو هيدركسايد الصوديوم إلى الهاضم.

- تراكم ثاني أوكسيد الكربون في الفراغ الهوائي تحت الهاضم المغطى وذوبانه في الحمأة.

• اسحب الهواء المجمع وحقق تهوية في الفراغ المذكور.

24-4-17. الهضم اللاهوائي.

❖ **ارتفاع نسبة الحموض الطيارة إلى القلوية.**

- حمولة هيدروليكية زائدة مفاجئة أو سحب حمأة بمعدل عال جدا.

- إذا زادت النسبة إلى 0.3 أضف حمأة من هاضم جيد وقلل سحب الحمأة وزد مدة الخلط وتأكد من استقرار درجة حرارة الهاضم.

- حمولة عضوية زائدة.

- إذا زادت النسبة إلى 0.3 أضف حمأة من هاضم جيد وقلل سحب الحمأة وزد زمن الخلط وتأكد من استقرار درجة حرارة الهاضم وانقص معدل التحميل.

- ورود مواد سامة إلى الهضم.

- أعد تدوير المواد الصلبة أو خفف بالماء أو انقص تركيز الحمأة الواردة وحافظ على الأس الهيدروجيني في الهاضم أعلى من 7 واضبط ورود المياه العادمة الصناعية.

❖ **ازدياد نسبة ثاني أكسيد الكربون في الغاز الناتج.**

- ازدياد نسبة الحموض الطيارة إلى القلوية إلى 0.5 .

- أضف قلوية مثل الكلس (الجير) إلى الهاضم.

❖ **تناقص الأس الهيدروجيني، تزايد ثاني أكسيد الكربون إلى مستوى انطفاء حراق الغاز (42-45 %) وانطلاق رائحة كبرتيد الهيدروجين.**

- ازدياد نسبة الحموض الطيارة إلى القلوية إلى 0.8.

- أضف قلوية وقلل معدل التحميل إلى أقل من 0.15 كغ مواد صلبة طيارة لكل متر مكعب في اليوم إلى أن تنخفض النسبة إلى أدنى من 0.5 .

❖ **نوعية الرواقة (المياه الطائفة السطحية في الهضم) ملوثة جدا قد تؤدي إلى اضطراب المعالجة في حالة إعادتها إلى بداية المحطة.**

- خلط شديد في الهاضم وزمن ترسيب غير كاف أو منسوب أنبوب سحب الرواقة ليس على نفس منسوب سطح الماء في الهاضم (وإنما أقل).

• زد فترة الترسيب قبل سحب الرواقة أو عدل منسوب سطح الماء في الهاضم أو منسوب أنبوب سحب الرواقة.

- موقع تغذية الحمأة إلى الهاضم قريب جداً من أنبوب سحب الرواقة.

• دقق مواقع الأنابيب بعد التفريغ التالي للهاضم.

- قلة معدل سحب الحمأة المهضومة.

• زد معدل سحب الحمأة المهضومة ولكن ليس إلى أكثر من 5 % من حجم الهاضم يوميا.

❖ **رائحة كريهة من مياه الرواقة من الهاضم الأولي أو الثانوي.**

- انخفاض الأس الهيدروجيني في الهاضم أو تحميله بشدة (رائحة كبرتيد الهيدروجين).

• أضف قلوية أو انقص معدل التحميل.

- حمولة سامة.

• أعد تدوير المواد الصلبة وخفف بالسائل وانقص تركيز الحمأة الداخلة وحافظ على قيمة الأس الهيدروجيني في الهاضم أعلى من 7.

❖ **رغوة في الرواقة من المرحلة الأولى أو الحوض الأول.**

- انقسام حجاب الخبث.

• حالة طبيعية، ولكن أوقف سحب الرواقة لفترة قصيرة إن كان ذلك ممكناً.

- إعادة تدوير شديدة للغاز أو حمولة عضوية شديدة.

• ضيق مخرج الضاغط أو انقص معدل التغذية.

❖ **حمأة القاع رطبة جدا أو رقيقة جدا.**

- قصر دارة بسبب كون أنبوب السحب من منطقة الرواقة مفتوحاً.
- غير إلى خط السحب عند قاع الهاضم.
- مزج شديد جداً.
- أوقف المزج لمدة 24-48 ساعة قبل سحب الحمأة.
- تكتل الحمأة عند القاع ما يسمح بسحب المواد الصلبة الخفيفة من قبل المضخة.
- شغل وأوقف المضخة بالتتابع السريع مرتين إلى ثلاث مرات وأعد ضخ محتويات الهاضم مرة ثانية خلال أنبوب السحب.

❖ **انخفاض درجة حرارة الحمأة دون توقف.**

- انسداد المبادل الحراري بالحمأة أو انسداد جزئي أو كلي لأنبوب إعادة تدوير الحمأة.
- أفتح ونظف المبادل الحراري أو نظف أنبوب إعادة التدوير بالدفق العكسي بالحمأة المسخنة من الهاضم. استعمل وسيلة ميكانيكية لذلك أو استخدم الهواء المضغوط أو أضف حوالي 3.5 كغ من ثلاثي فوسفات الصوديوم لكل متر مكعب من المياه أو أية مادة أخرى مزيلة للشحوم.
- مزج غير كاف أو قلة جريان المياه في المشعات الداخلية المستخدمة في التبادل الحراري.
- زد شدة المزج أو اطرد الهواء الحبيس في المشعات.
- حراق المرجل لا يعمل على غاز الهاضم بسبب ضغط الغاز المنخفض أو كونه غير قابل للاحتراق نتيجة سوء عملية الهضم.

- أصلح التسربات المحتملة أو أضف قلوية للإقلال من انطلاق CO_2 في غاز الهضم وبالتالي تخفيض قابليته للاحتراق.

- مشعات التسخين ضمن الهاضم مطلية بطبقة عازلة.

- أزل الطبقة العازلة (وقد يلزم ذلك تفريغ الهاضم) واضبط الحرارة على 55 درجة مئوية كحد أقصى.

❖ **ازدياد درجة حرارة الحمأة.**

- تعطل جهاز ضبط الحرارة.

- أصلح أو بدل الجهاز حسب الحالة أو أنقص الحرارة إذا كانت أعلى من 50 درجة مئوية.

❖ **مضخة التدوير لا تعمل ودارة الطاقة عاملة.**

- ارتفاع شديد لدرجة حرارة ماء التسخين.

- انتظر حتى تبرد المنظومة ودقق دارات التحكم بالحرارة.

❖ **انسداد خطوط تغذية خلاط الغاز.**

- نقصان الجريان ضمن أنابيب الغاز أو ترسبات وشوائب في أنابيب الغاز.

- اشطف بالماء أو نظف خطوط التغذية والصمامات وأنجز صيانة شاملة عند تفريغ الحوض للفحص.

❖ **اهتراء في علبة السرعة للخلاطات الميكانيكية.**

- تزييت غير جيد أو عدم توقيع التجهيزات بشكل صحيح.

- أنجز التزييت جيدا بالكمية والنوعية المناسبتين حسب إرشادات الصانع أو صحح اختلال التوازن أو التوقيع الناجمة عن تراكم المواد على الأجزاء المتحركة الداخلة.

❖ **تسرب في كتامة جذع (محور) الخلاط الميكانيكي.**

- جفاف أو اهتراء التملئة.

• اتبع تعليمات الصانع عند التملئة في أي وقت يكون فيه الحوض فارغاً إذا لم يكن ذلك ممكناً أثناء العمل.

❖ **اهتراء على الأجزاء الداخلية للخلاط الميكانيكي.**

- جريش ورمال أو توقيع غير صحيح للتجهيزات.

• نظف أو أبدل أو أصلح التجهيزات حسب الحالة.

❖ **اختلال توازن الأجزاء الداخلية بسبب تراكم الرواسب على الأجزاء المتحركة للخلاطات الميكانيكية.**

- طحن وتفتيت غير ملائمين للمواد الصلبة الكبيرة و / أو تصفية ضعيفة.

• أعكس دوران الخلاطات، أوقف وشغل بالتتابع السريع، فرغ الحوض للصيانة وتنظيف الأجزاء المتحركة.

❖ **ضعف أو انعدام الحركة الدورانية المرغوبة لطبقة الخبث.**

- توقف الخلاط عن العمل أو الخلط غير المناسب أو السماكة الشديدة لطبقة الخبث.

• إذا كان الخلاط مزوداً بمؤقت غير معطل فهذا أمر طبيعي وإن لم يكن كذلك أصلح الخلاط ، أو زد معدل الخلط أو شتت طبقة الخبث يدويا بواسطة قضيب مناسب.

❖ **سماكة شديدة لطبقة الخبث(الزبد).**

- انسداد أنبوب سحب الرواقة.

• خفض المنسوب لكشف فتحة أنبوب سحب الرواقة وتنظيفه وذلك بزيادة السحب الخلفي.

❖ **اكتناز شديد لطبقة الخبث.**

- قلة الخلط أو المحتوى العالي من الشحوم.

• فتت طبقة الخبث بزيادة الخلط أو استخدام مضخات تدوير الحمأة وصرف فوق طبقة الخبث أو استخدم مواد كيميائية لتليين هذه الطبقة أو شتتها يدويا بواسطة قضيب مناسب.

❖ **الخلاطات من نوع أنبوب الشفط Draft Tube لا تحرك السطح بشكل مناسب.**

- اكتناز طبقة الخبث وتحرك الحمأة الرقيقة تحتها.

• خفض منسوب الحمأة بمقدار 7 - 10 سنتمتر فوق ذروة الأنبوب للسماح بسحب المواد المكتنزة إلى الأنبوب. استمر لمدة 24 - 48 ساعة أو اعكس الاتجاه إن أمكن ذلك.

❖ **تسرب الغاز من صمام تخفيف الضغط في السقف.**

- عدم تثبيت الصمام بشكل صحيح.

• انزع غطاء الصمام وحرك قابض الوزن حتى يستقر الصمام بشكل صحيح وركب حلقة جديدة إن لزم الأمر.

❖ **ضغط غاز الهاضم أعلى من التصميمي أو المعتاد.**

- عائق مائي في أنبوب حرق الغاز الرئيس أو استعصاء صمام تخفيض الضغط أو انسداد صمام التحكم في ضغط أنبوب حراق الغاز الزائد (المصرف).

• أعد تسوية الغطاء الطافي إذا كان الغاز يهرب حول القبة (الغطاء) نتيجة ميلها (عدم استوائها).

❖ **ضغط غاز الهاضم أقل من التصميمي أو المعتاد.**

- سحب سريع يسبب إنفراغا داخل الهاضم أو إضافة كمية كبيرة جدا من الكلس.

• أوقف سحب الرواقة supernatant وأغلق كافة فتحات خروج الغاز من الهاضم حتى يعود الضغط إلى القيمة التصميمية أو أوقف إضافة الكلس وزد معدل الخلط.

❖ **صمام تنظيم الضغط لا يعمل أثناء زيادة الضغط.**

- قلة مرونة حجاب صمام أو انفتاقه.

• أبدل الحجاب.

❖ **لهيب احتراق الغاز ذو لون أصفر (غاز رديء).**

- نسبة CO_2 عالية في الغاز.

• دقق تركيز الحمأة وإذا كانت مخففة كثيرا زد تركيزها.

❖ **أعطال في مقياس الغاز.**

- فشل ميكانيكي نتيجة أعطال أو أوساخ.

• نظف بالكاز و/ أو أبدل الأجزاء المهترئة.

❖ **فشل مقياس الغاز من نوع ذو الحجاب.**

- انفتاق الحجاب.

• أبدل الحجاب والقطع الملحقة به حسب اللزوم.

❖ **ضغط الغاز أعلى من النظامي (المعتاد) أثناء الطقس البارد جداً.**

- انسداد أنبوب ماء الرواقة أو انغلاق أو استعصاء صمام تخفيف الضغط.

- دقق كل ساعتين خلال فترات التجمد، أحقن البخار وأحفظ الأنبوب بالتغطية وبعزل صندوق الانسكاب. إذا كان التجمد هو سبب استعصاء صمام تخفيف الضغط ضع قليلا من الشحم وطبقة من الملح الصخري.

❖ **ضغط الغاز أقل من التصميمي.**

- استعصاء في صمام تخفيف الضغط أو الوحدات الأخرى للتحكم بالضغط أو تسرب في خرطوم الغاز.

- شغل تخفيف الانفراغ يدويا وأزل التآكل أو أصلح أو أبدل حسب الحالة.

❖ **تسربات حول الأغطية المعدنية.**

- ارتخاء براغي الربط و/ أو تشقق أو انزياح مواد العزل.

- أصلح الخرسانة بمواد سريعة التكتيم. يمكن أن يلزم لحم مشدات جيدة على القديمة ومن ثم إعادة ثقبها. يجب تفريغ الخزانات وتهويتها قبل أية عملية لحام، ويجب أن تطبق مواد كتامة جديدة على أي موقع تسرب.

❖ **احتمال تسرب الغاز عبر الغطاء الخرساني.**

- توسع التشققات الإنشائية نتيجة التجمد والذوبان المتواليين.

- إذا وجدت تسربات هامة فرغ الهاضم ونظف التشققات وأصلح باستخدام كواتم الخرسانة. يجب تفريغ وتهوية الهاضم قبل عملية الإصلاح.

❖ **ميلان الغطاء الطافي، خبث قليل حول الأطراف أحيانا.**

- توزع غير متساوي للوزن أو تجمع مياه للتكثيف أو الأمطار فوق جزء من الغطاء المعدني.

- إذا وجدت أوزان قابلة للتحريك أعد توضعها حتى يستوي الغطاء.

إذا لم توجد هذه الأوزان استعمل أكياس من الرمل لتسوية الغطاء. ويمكن أن يلزم إعادة معايرة صمامات تخفيف الضغط إذا أضيفت الأوزان المعدلة. في حال وجود تجمعات مائية فوق الغطاء صرف الماء وأصلح الغطاء إذا كانت التسربات في السطح تسهم في المشكلة.

❖ **ميلان الغطاء الطافي، تراكم خبث حول الأطراف.**

- خبث كثير في منطقة محددة تسبب الإعاقة أو انكسار أو عدم توقيع صحيح للموجهات أو المنزلقات.

• استخدم مواد كيميائية مزيلة للشحوم لتليين القشدة وبعد ذلك اغسل بالماء المضغوط أو ألن القشدة وأعد توقيع المنزلقات بالشكل الصحيح أو فرغ الحوض إن كان ذلك ضروريا وخذ الحيطة أثناء انخفاض الغطاء إلى نقاط الاستناد بحيث يكون ذلك بشكل منتظم ولا يؤدي إلى استعصاء حركة الجدار، وقد يلزم استخدام رافعة لتحاشي حدوث أضرار إنشائية.

❖ **استعصاء الغطاء رغم أن المنزلقات والموجهات حرة.**

- أعطال أو استعصاء في الموجهات الداخلية أو أسلاك التثبيت للأغطية والتي تبنى على شكل مظلة ذات موجهات مربوطة بالعمود الوسطي.

• قد يلزم استخدام رافعة أو وسيلة أخرى لزحزحة الغطاء بشكل حذر لدرء حدوث أضرار إنشائية على جوانب الغطاء من قبل الحاجز المحيطي. قم بالإصلاحات اللازمة للغطاء واستخدم جهاز تنفس شخصي ومصباحا مضادا للاشتعال. الشكل (24-4-17-1) تجميع الغاز الحيوي بعض ضغطه مع الشعلة

الشكل (24-4-17-1)
تجميع الغاز الحيوي بعض ضغطه

24-4-18. النبذ (الطرد المركزي).

❖ **عكر في المياه قرب محور النابذ.**

- معدل التغذية عالي جدا أو سرعة الدوران عالية جدا أو تركيز المواد الصلبة عالي جدا.
- أنقص معدل الجريان الوارد أو أنقص سرعة الدوران أو مدد الحمأة الواردة إلى أقل من 40 % حجماً
- تكييف كيميائي غير ملائم.
- عدل العيار الكيميائي المضاف.
- اهتراء شفرات الناقل أو عمق قليل للحجرة المركزية.
- أصلح أو أبدل الناقل أو غير أطراف الحجرة المركزية لزيادة عمقها.

❖ **الكعكة الناتجة رطبة جدا.**

- معدل التغذية عالي جدا أو عمق كبير للحجرة المركزية أو سرعة دورانية منخفضة جدا أو تغذية كيميائية غير مناسبة.

• انقص معدل الجريان الوارد أو غير أطراف الحجرة المركزية لإنقاص عمقها أو زد سرعة الدوران أو عدل التغذية الكيميائية حسب اللزوم. الشكل(24-4-18-1).حمأة من(الطرد المركزي) من محطة مدينة روستوك.

الشكل(24-4-18-1)
حمأة من (الطرد المركزي)

❖ **اهتزاز (ارتجاج) في الجهاز.**

- معدل التغذية عالي جدا أو تركيز المواد الصلبة في الحمأة الداخلة كبير جدا أو مواد غريبة في الجهاز.
- انقص معدل الجريان أو مدد الحمأة إلى أقل من 40 % حجما أو أزل المواد الغريبة من الجهاز.
- توقيع غير صحيح لوحدة السرعة أو أعطال في المدحرجات.
- أضبط توقيع وحدة السرعة أو أبدل المدحرجات أو القطع المعطلة.

❖ **اهتراء زائد.**

- تزييت غير صحيح أو توقيع غير صحيح لمانعات الاهتزاز أو تلامس أقماع التصريف مع النابذ.
- زيت بشكل صحيح أو أضبط توقيع المانعات الاهتزاز أو عدل وضع أقماع التصريف.
- اختلال في توازن حلزون الناقل لاحتمال انسداده جزئيا بالمواد الصلبة.
- أغسل النابذ لتنظيفه من المواد الصلبة.
- توقيع غير صحيح لعلبة السرعة أو أعطال في المدحرجات أو عدم توازن(البرميل الدوار)(الحوجلة الدوارة).
- اضبط توقيع علبة السرعة أو أبدل المدحرجات أو وازن الحوجلة الدوارة.
- أجزاء مرتخية أو اهتراء غير متساوي في الناقل.
- شد الأجزاء المرخية أو حقق توازن الناقل.

❖ **استهلاك زائد للطاقة.**

- اهتراء السطوح الداخلية للجهاز.
- أعد صقل المناطق المهترئة وأزل المواد الصلبة المتراكمة.
- انسداد أنبوب المياه الخارجة أو اهتراء في شفرات الناقل.
- نظف أنبوب المياه الخارجة أو أعد صقل الشفرات.

❖ **تصريف غير منتظم للمواد الصلبة.**

- قلة عمق أطراف الحجرة المركزية أو زيادة خشونة حلزون الناقل.
- زد عمق أطراف الحجرة المركزية أو أعد بناء أو صقل حلزون الناقل أو أنقل أنبوب التغذية إلى قرب مخرج مياه.

❖ **عدم إقلاع النابذ أو عدم توقفه بعد الإقلاع.**

- انعتاق (عدم ثبات) الكابح أو انصهار القابس Fuse أو عدم ثبات المرحل Relay.
- ثبت الكابح جيدا أو أبدل القابس أو نظف الكابح وثبته جيدا ثم أقلع من جديد.
- انعتاق (عدم ثبات) أي من مفاتيح الحماية الحرارية أو ضبط الحمولة أو الاهتزاز أو استعصاء ما.
- أصلح المشكلة حسب الحالة وابدأ التشغيل من جديد.

19-4-24. الترشيح الإنفراغي.

❖ **مواد صلبة كثير في المياه الراشحة.**

- جرعة زائدة من المخثر أو انسداد المرشح بسبب زيادة البوليمر أو أوساخ في الوسط المرشح.

- انقص جرعة المخثر أو انقص كمية البوليمر أو استخدم مذيبا مع البخار لتنظيف نسيج المرشح.

❖ **الكعكة الناتجة رقيقة وعالية الرطوبة.**

- انسداد الوسط المرشح نتيجة زيادة البوليمر أو إنفراغ غير ملائم.
- اضبط مغذي المادة المخثرة على الجرعة المناسبة أو أصلح منظومة الانفراغ.
- سرعة عالية لدوران المرشح أو غمر قليل للأسطوانة المرشحة.
- انقص سرعة الدوران أو زد مدة الغمر.

❖ **توقف مضخة الانفراغ عن العمل.**

- نقص الطاقة أو نقص مياه الكتامة أو انكسار الحزام على شكل V.
- أعد توقيع مفتاح تشغيل المضخة، أو اضبط جريان مياه الكتامة، أو أبدل الحزام على شكل V.

❖ **توقف دوران اسطوانة المرشح.**

- نقص في الطاقة.
- اضبط مفتاح دوران الاسطوانة.

❖ **اهتزاز في مضخة الرشاحة.**

- انسداد مضخة الرشاحة Filtrate أو ارتخاء البراغي وحلقة الكتامة.
- أوقف المضخة ونظفها أو شد البراغي وصحح مكان حلقة الكتامة.
- تسربات هواء في أنبوب امتصاص أو فقدان شرائط الكتامة.
- أصلح أماكن التسربات أو زود شرائط كتامة بدلا من المفقودة.

❖ **منسوب الحمأة في حوض الاستقبال مرتفع جدا.**

- تكييف غير ملائم أو سرعة دوران بطيئة للأسطوانة أو معدل التغذية مرتفع جداً.

• عدل جرعة المخثر أو زد سرعة دوران الاسطوانة أو انقص معدل التغذية.

- مضخة الرشاحة معطلة أو مسدودة أو أنبوب الصرف مسدود أو مضخة الانفراغ متوقفة عن العمل أو شرائط الكتامة مفقودة.

• أصلح أو نظف المضخة أو نظف أنبوب الصرف أو اتبع تعليمات إصلاح مضخة الانفراغ كما ورد أعلاه أو ركب شرائط الكتامة بدلا من المفقودة.

❖ **منسوب الحمأة في حوض الاستقبال منخفض جدا.**

- معدل التغذية منخفض جدا أو مصرف تفريغ الحوض مفتوح.

• ارفع معدل التغذية أو أغلق مصرف تفريغ الحوض.

❖ **سحب شديد للتيار من قبل مضخة الانفراغ.**

- انسداد مضخة الرشاحة أو تكييف كيميائي غير مناسب.

• أوقف عمل المضخة ونظفها أو عدل عيار المخثر.

- منسوب الحمأة في حوض الاستقبال عالي جدا.

• راجع ما ورد في المشكلة السابقة.

- جريان مياه التبريد لمضخة الانفراغ عالي جدا.

• أنقص معدل جريان مياه التبريد.

❖ **تراكم أوساخ على كتامات مضخة الانفراغ.**

- مياه عسرة.

• أضف مياه مانعة لتشكل الأوساخ.

24-4-20. المكبس المرشح. Filter Press.

❖ **عدم انغلاق الصفائح بشكل تام.**

- تركيب غير صحيح أو تسوية غير مناسبة للصفائح.
- اضبط مواقع الصفائح أو عدل تسويتها بواسطة رقائق تسوية ملائمة.

❖ **صعوبة تحرر كعكة الحمأة.**

- طلاء قاعديPrecoat غير كاف أو تكييف كيميائي غير ملائم.
- زد تغذية الطلاء القاعدي أو اختر النوعية والكمية الملائمتين للمخثر.

❖ **دورة العمل طويلة.**

- تكييف غير ملائم أو قلة تركيز المواد الصلبة في الحمأة الواردة.
- اضبط الجرعة الكيميائية أو حسن تكثيف الحمأة لزيادة تركيز المواد الصلبة فيها.

❖ **التصاق كعكة الحمأة بتجهيزات النقل.**

- نوع المادة المخثرة.
- اختر المادة المخثرة الحاوية على مواد لا عضوية أكثر وأنقص الرماد.

❖ **انسداد نسيج المرشح بشكل متواتر.**

- الطلاء القاعدي غير ملائم (قليل) ومعدلات التغذية الأولية (حيث لا يستعمل الطلاء القاعدي) عالية جدا.
- زد كمية الطلاء القاعدي أو شكل الكعكة الأولية ببطء.

❖ **رطوبة زائدة في الكعكة.**

- تكييف غير صحيح أو دورة المرشح قصيرة جدا.

• اضبط الجرعة الكيميائية أو طول فترة دورة المرشح.

❖ **انفصال الحمأة في المكبس المرشح.**

- عوائق (كالخرق) في المكبس.

• أوقف عمل مضخة التغذية واضرب على وحدة قيادة إغلاق المكبس ثم أبدأ تشغيل مضخة التغذية من جديد. نظف فتحات التغذية في الصفائح عند نهاية الدورة.

❖ **تسربات حول الوجوه السفلية للصفائح.**

- رطوبة زائدة في الكعكة التي تتجمع على الوجوه السفلي للصفائح.

• راجع مشكلة الرطوبة الزائدة في الكعكة كما ورد في المشكلة السابقة.

24-4-21. الحزام الراشح الضاغط.

❖ **كعكة الحمأة ليست بالكثافة الكافية.**

- معدل تطبيق الحمأة عالي جدا أو سرعة الحزام عالية جدا أو جرعة البوليمر غير مناسب.

• انقص معدل تغذية الحمأة أو قلل سرعة الحزام أو عدل جرعة البوليمر على ضوء تجربة مخبريه على الحمأة.

❖ **اهتراء شديد للحزام.**

- تركيب غير مناسب للأسطوانات الدوارة أو تراكم الحمأة على الاسطوانات مسببة انزياحها.

• اضبط تركيب الاسطوانات أو أصلح أو أبدل آلية المعدل الآلي للحزام.

❖ **مواد صلبة في الرشاحة.**

- جرعة غير ملائمة للبوليمر أو هروب المواد الصلبة في أطراف الحزام المرشح.

• حدد الجرعة الملائمة للبوليمر على ضوء تجربة مخبريه على الحمأة أو انقص معدل ضخ الحمأة إلى الجهاز وعدل حسب اللازم.

❖ **هروب الزيت.**

- تعطل كتامة الزيت.

• أبدل الكتامة.

❖ **ضجيج من الاسطوانات الدوارة أو سخونتها أو سخونة الوصلات.**

- اهتراء زائد نتيجة عدم التركيب الصحيح للأسطوانات أو نقص التزييت.

• أبدل الأسطوانات أو زيت أو أضبط تركيب الوصلة أو الاسطوانات حسب الحالة أو أزل الزيت الزائد وأنجز التزييت حسب توصيات الصانع.

22-4-24. أحواض التجفيف.

❖ **فترة التجفيف طويلة.**

- عمق الحمأة كبير في حوض التجفيف (أكثر من 20 سنتمتر).

• جفف الحوض وانزع الحمأة ثم طبق الحمأة في الحوض بعمق قليل وراقب مقدار نقصان العمق خلال 3 أيام. بعد ذلك طبق الحمأة في كل مرة بعمق يساوي ضعف مقدار ما نقص من عمق الحمأة خلال 3 أيام في الظروف الجوية المتشابهة.

- حوض التجفيف غير نظيف.

- بعد جفاف الحمأة وانزعها من الحوض ونظف قاعه وأبدل حوالي 2.5 سنتمتر من سطحه باستخدام رمل نظيف وتأكد من تسوية الحوض بالشكل المناسب.

- انسداد أو انكسارات في شبكة الصرف السفلي.

- اعمل غسيلا عكسيا بالماء النظيف وببطء خلال المصارف السفلية ثم أعد ترتيب المصارف والحوض خلال الطقس البارد وفرغ المصارف السفلية من الماء لدرء خطر التجمد.

- مساحة الحوض صغيرة.

- عادة يمكن إضافة 15-25 كيلو غراماً من بوليمر كاتيوني لكل طن واحد من المواد الصلبة الجافة في الحمأة لتحسين معدلات نزع المياه من الحمأة.

- ظروف جوية غير ملائمة.

- غط الحوض للحماية من الطقس غير الملائم.

❖ **انسداد أنابيب تغذية الحمأة و / أو المصارف.**

- تراكم الجريش والمواد الصلبة الناعمة في أنابيب التغذية و / أو المصارف.

- افتح المحابس كاملا عند بداية تغذية الحمأة لتنظيف الأنابيب. سلك الأنابيب بالماء المضغوط حسب اللزوم.

❖ **حمأة رقيقة واصلة إلى حوض التجفيف من الهاضم.**

- السحب الشديد من الهاضم ما يؤدي إلى سحب المياه وبقاء الحمأة.

- انقص معدل السحب من الهاضم لتحسين نوعية الحمأة الواصلة إلى حوض التجفيف.

❖ **تكاثر الذباب فوق حوض التجفيف.**

- ملائمة الوسط للنمو الحشري.

• شتت قشرة الحمأة واستخدم مبيدا لليرقات كالبوراكس أو بورات الكالسيوم أو أي مبيد حشري آخر بالرش على السطح.

❖ **انتشار روائح كريهة حين فرش الحمأة على الأحواض.**

- هضم غير ملائم للحمأة.

• صحح عمل الهاضم وأضف مواد كيميائية مناسبة إلى الحمأة حين تطبيقها على حوض التجفيف.

❖ **حمأة جافة جدا ومتكسرة في الحوض وذات قوام غباري.**

- تجفيف زائد.

• أزل الحمأة من الحوض حين جفافها إلى مستوى رطوبة 40 - 60 %.

24-4-23. التثبيت بالكلس (الجير).

❖ **حدوث عملية إطفاء للكلس الحي Quick Lime خلال التخزين.**

- رطوبة أو إمتزاز من الجو خلال فترات الرطوبة العالية.

• حقق كتامة جيدة للتخزين ولا تعمد إلى نقل الكلس بالحقن الهوائي.

❖ **انسداد أنبوب ضخ الكلس.**

- رواسب كيميائية.

• زد كمية مياه التخفيف.

❖ **زيادة الحمل على وحدة قيادة الخلاط.**

- عجينة الكلس كثيفة جدا أو جريش ومواد غريبة تؤثر على عمل الخلاط.

- عدل ضغط صمام ضبط الماء لتعديل قوام العجينة أو أزل الجريش والمواد الغريبة وركب وحدة إزالة الجريش واستعمل الكلس الجيد.

❖ **رواسب كلسية في أنبوب تغذية ملاط الكلس.**

- سرعة جريان منخفضة جدا لملاط الكلس.
- حافظ على سرعة عالية باستمرار باستخدام أنبوب راجع خزان الملاط.

❖ **إطفاء الكلس الحي غير تام.**

- كميات المياه المضافة كبيرة.
- انقص كميات الماء المضافة نسبة إلى الكلس بحيث لا تتجاوز 3.5 إلى 1.

❖ **حرارة عالية (احتراق) خلال عملية إطفاء الكلس الحي.**

- كميات الماء المضافة غير كافية ما يؤدي إلى درجة حرارة تفاعل عالية.
- أضف كميات الماء الكافية لإنجاز عملية الإطفاء.

❖ **بقاء روائح كريهة في الحمأة بعد إضافة الكلس.**

- انخفاض عيار الكلس المضاف.
- زد جرعة الكلس المضاف وصحح قيمة الأس الهيدروجيني حسب اللزوم.

24-4-24. المعالجة الحرارية.

❖ **روائح كريهة في الموقع.**

- قد تكون منطلقة من المكثفات أو أحواض مياه الرواقة (الطافية)، أو تجهيزات النزع الميكانيكي للمياه لا تعمل بكفاءة.

- أجمع الهواء وعالجه قبل تحريره وذلك بإحدى الطرق المناسبة (الغسيل الرطب، الحرق، الإمتزاز) غط الأحواض المفتوحة باستخدام كرات بلاستيكية صغيرة طافية على السطح للإقلال من التبخر وانطلاق الروائح.

- قد تكون منطلقة من المياه المعادة (الرواقة) supernatant إلى بداية المعالجة محملة بالغازات كريهة الرائحة.

- طبق تهوية مسبقة على المياه المعادة في خزان مغطى واجمع وعالج الغازات المنطلقة وأنجز غسيلا بمياه حمضية حسب تعليمات الصانع.

❖ **تقشر على المبادلات الحرارية.**

- رواسب من سلفات الكالسيوم.

- أنجز غسيلا بمياه حمضية حسب تعليمات الصانع.

- درجات حرارة التشغيل عالية جدا تسبب حرق المواد الصلبة إذا لم يكن هناك هواء كافيا.

- شغل المفاعل بدرجة حرارة أقل من 199 درجة مئوية لتكييف الحمأة وزد معدل التهوية ونظف الأنابيب.

❖ **استخدام شديد للبخار.**

- تركيز منخفض جدا للحمأة الواردة إلى المعالجة الحرارية.

- شغل المكثف للمحافظة على تركيز المواد الصلبة 6 % إن كان ذلك ممكنا، وبحد أدنى 3 %.

❖ **نزع ضعيف للمياه من المواد الصلبة.**

- الهضم اللاهوائي قبل المعالجة الحرارية أو حرارة المعالجة ليست عالية بشكل كافي.

- أوقف الهضم اللاهوائي للحمأة التي ستعالج حراريا أو حقق درجة الحرارة 177 درجة مئوية على الأقل.

❖ **ضغط عال في المنظومة.**

- انسداد في المفاعل أو تعيير ضغط عالي جدا أو تقشر على المبادل الحراري.
- أزل انسدادات أو أنقص عيار الضغط على جهاز الضبط أو أغسل المبادل الحراري بماء حمضي.

❖ **جريان غير ملائم من مضخة التغذية.**

- تعيير غير صحيح أو تسرب أو انسداد في صمام الناتج أو انحباس الهواء في اسطوانات المضخة.
- صحح الجرعة العيار إلى القيمة الصحيحة أو أصلح أو أبدل الصمام أو حرر الهواء الحبيس.

❖ **تناقص ضغط المنظومة.**

- ضابط الضغط معير على قيمة منخفضة جدا أو تآكل في صمام التحكم بالضغط.
- عدل ضابط الضغط إلى القيمة الملائمة أو أبدل الصمام.
- تآكل في صمام التحكم بالضغط.
- أبدل الصمام.

❖ **ازدياد حرارة الأكسدة.**

- ارتفاع درجة حرارة الدخول أو انخفاض معدل تغذية الحمأة.
- انقص الحرارة بتمديد الحمأة الواردة بالماء أو زد معدل تغذية الحمأة.

- معايرة غير مناسبة أو توقف أو تباطؤ المضخة.
• عدل إلى المعايرة المناسبة أو شغل المضخة من جديد أو زد المعدل.
- ضخ الزيت أو المواد الطيارة ضمن المنظومة.
• انتقل من الحمأة إلى الماء وأوقف ضاغط هواء المعالجة.

❖ **تناقص حرارة الأكسدة.**

- تعطل المبادل الحراري. حرارة دخول المفاعل منخفضة جدا بسبب انخفاض كثافة الحمأة.
• انقص تمديد الحمأة.
- معدل الجريان ضمن المنظومة عالي جدا أو صمام البخار لا يعمل بشكل صحيح أو المرجل لا يعمل بشكل صحيح.
• انقص معدل الجريان للمضخة ذات الضغط العالي أو أصلح صمام البخار أو اتبع تعليمات صانع المرجل .

❖ **صعوبة تغذية كعكة المرشح في الحراق.**

- كعكة المرشح جافة جدا.
• انقص الحرارة (والضغط) لمنظومة المعالجة أو عدل عملية النزع الميكانيكي للمياه.

❖ **ضغط المنظومة منخفض.**

- ضغط عالي للمضخة أو ضاغط هواء المعالجة.
• أعد تشغيل المضخة أو الضاغط.
- مرشح الدخول مسدود أو عيار ضابط الضغط منخفض جداً.
• نظف أو أبدل المرشح أو زد عيار الضغط على ضابط الضغط.

- انزلاق حزام التشغيل.

• عدل شد الحزام.

❖ **حرارة عالية للهواء.**

- جريان غير ملائم أو كعكة جافة جدا.

• عدل جريان الماء أو عدل في طريقة النزع الميكانيكي للمياه.

- تسرب في صمامات الاسطوانة أو انسداد جهاز التبريد الداخلي أو عدم جريان الزيت من المزيت.

• أصلح أو نظف أو أبدل حسب الحالة أو نظف أو أبدل جهاز التبريد الداخلي أو أضف الزيت أو أصلح جهاز التزييت أو شد الأحزمة المرتخية أو أبدلها إن كان مهترئة.

❖ **تسرب الهواء من صمام الأمان في ضاغط الهواء.**

- عيار ضابط الضغط عالي جدا أو انسداد صمام التحكم في الضغط.

• انقص عيار ضابط الضغط أو انتقل إلى الصمام الاحتياطي للتحكم في الضغط وأصلح الصمام الحالي.

24-4-25. الإسماد.

❖ **درجة حرارة الكومة (المكدس) المحقونة بالهواء لا تصل إلى 50 درجة مئوية خلال بضعة أيام بعد التكويم.**

- خلط ضعيف للحمأة مع مواد التخلخل.

• إذا كان مستوى الأوكسيجين فوق 15 % أنقص زمن تشغيل النافخ.

- الكومة رطبة جدا أو التهوية شديدة جدا.

• ضخ هواء ساخنا مسحوبا من كومة مجاورة لرفع درجة الحرارة أو

انقص معدل التهوية وإذا لم تصل درجة حرارة الكومة إلى القيمة المرغوبة خلال بضعة أيام بعد ذلك أعد خلط وإنشاء الكومة من جديد.

❖ **حرارة الكومة لا تستمر فوق 50 درجة مئوية لأكثر من يوم أو يومين.**

- خلط ضعيف للحمأة مع الوسط المتخلخل.

• عدل دورة النافخ للمحافظة على الأكسجين بين 5 و15 %.

- الكومة رطبة جدا.

• ضخ هواء ساخنا مسحوبا من كومة مجاورة لرفع درجة الحرارة. يجب أن يستمر هذا الإجراء لبضعة أيام فقط كل مرة لتفادي تزايد الرطوبة.

- تهوية زائدة.

• انقص معدل التهوية وإذا لم تعد الحرارة إلى قيمتها الطبيعية يجب إعادة تدوير أو خلط الكومة وتصحيح الوضع قبل عملية الإسماد التالية.

❖ **انتشار روائح كريهة من الكومة.**

- توزيع سيء للهواء ضمن الكومة أو خلط رديء للحمأة مع الوسط المخلخل.

• صحح عمل النافخ وسلك أنابيب توزيع الهواء ضمن الكومة وعدل تصميم منظومة توزيع الهواء ضمن الكومة أو زد فترة عمل النوافخ أو شغلها باستمرار أو قلب المكدسات بتواتر أكثر.

❖ **النافخ لا يعمل.**

- عطل في جهاز التوقيت أو المحرك أو تعطل المروحة بسبب التآكل أو الجليد.

• أصلح حسب الحالة.

24-4-26. الترميد.

(أ) المرمدات متعددة الطبقات.

❖ **حرارة الفرن عالية جدا.**

- تغذية شديدة للوقود أو مواد صلبة زيتية أو تعطل الفاصمة الحرارية Thermocouple.

• انقص معدل تغذية الوقود أو زد معدل تغذية الهواء أو انقص معدل تغذية الحمأة أو أبدل الفاصم الحراري.

❖ **حرارة الفرن منخفضة جدا.**

- ازدياد رطوبة الحمأة أو عطل منظومة الوقود أو معدل عالي لتغذية الهواء.

• زد معدل تغذية الوقود إلى أن تتحسن عملية النزع الميكانيكي للمياه من الحمأة أو أصلح منظومة الوقود وعير إلى المعدل المناسب أو انقص معدل تغذية الهواء أو زد معدل تغذية الحمأة.

❖ **نسبة عالية من الأكسجين في غاز المدخنة.**

- معدل تغذية الحمأة منخفض جدا أو معدل تغذية الهواء عالي جدا أو تغذية الهواء زائدة فوق منطقة الاحتراق.

• أزل أية انسدادات في منظومة تغذية الحمأة وعير إلى المعدل التصميمي (العادي) أو انقص معدل تغذية الهواء.

❖ **نسبة منخفضة جداً من الأكسجين في غاز المدخنة.**

- ازدياد نسبة المواد الطيارة أو الزيتية في الحمأة.

• انقص معدل تغذية الحمأة أو زد معدل تغذية الهواء.

- معدل تغذية الهواء منخفض جدا.

• زد معدل تغذية الهواء.

❖ **أعطال في بطانة الفرن.**

- تشغيل وإيقاف الفرن بشكل سريع.

• أبدل البطانة واتبع تعليمات الصانع حول التشغيل.

❖ **تبريد أكبر من النظامي بين طبقة وأخرى في الفرن.**

- تسرب الهواء.

• أصلح التسربات أو الأعطال حسب الحالة.

❖ **عمر قصير للفرن.**

- احتراق غير منتظم.

• أصلح نظام احتراق لتأمين احتراقات متكافئة على أطراف الطبقات المختلفة.

❖ **حرارة جهاز غسيل الفرن عالية جدا.**

- جريان قليل للمياه في جهاز الغسيل.

• عدل جريان الماء إلى جهاز الغسيل إلى القيمة المناسبة.

❖ **حرارة غاز المدخنة منخفضة جدا (260 - 320 درجة مئوية) مع روائح كريهة.**

- معدل قليل لتغذية الوقود أو معدل عالي لتغذية الحمأة.

• زد معدل تغذية الوقود أو انقص معدل الحمأة.

❖ **حرارة غاز المدخنة عالية جدا (650 - 870 درجة مئوية).**

- القيمة الحرارية للحمأة عالية أو معدل تغذية الوقود عالي.

- زد معدل تغذية الهواء أو انقص معدل تغذية الحمأة.

❖ **تشكل الخبث في حراقات الفرن.**

- خلل في تصميم الحراق.
- استشر الصانع وأبدل الحراقات إلى نوع آخر ذي مواصفات أفضل.

(ب) المحارق (السرير المتميع).

❖ **تناقص درجة حرارة.**

- تغذية قليلة للوقود أو معدل زائد لتغذية الحمأة أو رطوبة زائدة في الحمأة أو جريان زائد للهواء.
- زد معدل تغذية الوقود أو أصلح المنظومة أو انقص معدل تغذية الحمأة أو حسن عمل منظومة النزع الميكانيكي للمياه من الحمأة أو انقص معدل تغذية الهواء إذا كانت نسبة الأكسجين في الغاز العادم أكثر من 6 %.

❖ **أكسجين قليل في غاز العادم (أقل من 4 %).**

- جريان قليل للهواء أو معدل عال لتغذية الوقود.
- زد معدل تغذية الهواء من النافخ أو انقص معدل تغذية الوقود.

❖ **أكسجين زائد في غاز العادم (أكثر من 6 %).**

- معدل منخفض لتغذية الحمأة.
- زد معدل تغذية الحمأة وعدل تغذية الوقود للمحافظة على حرارة مستقرة في السرير.

❖ **قراءات مغلوطة لسماكة القاعدة على لوحة التحكم.**

- فتحات قياس ضغط القاعدة مسدودة بالمواد الصلبة.
- نظف فتحات قياس الضغط عندما يكون المفاعل متوقفا على العمل.

❖ **فشل التسخين المسبق للحراق وصدور صوت الإنذار.**

- الشعلة الأولى لا تتلقى وقودا أو لا تتلقى شرارة أو تعطل منظمات الضغط.

• افتح الصمامات المناسبة وأمن تزويد الوقود أو أصلح حسب الحالة أو فك المنظمات ونظف بشكل شامل.

❖ **حرارة السرير عالية جداً.**

- معدل تغذية الوقود عالي جدا عبر فوهات التغذية في السرير أو وجود حمأة زيتية أو حمأة ذات قيمة حرارية عالية.

• انقص معدل تغذية الوقود عير فوهات القاعدة أو ارفع معدل جريان الهواء أو انقص معدل تغذية الحمأة.

❖ **حرارة السرير خارج حدود المقياس.**

- احتراق الفاصمة الحرارية أو تعطل جهاز الضبط.

• أصلح حسب الحالة.

❖ **ارتفاع حرارة وحدة الغازات.**

- عدم جريان الماء في وحدة الغسيل أو انسداد فوهات الرش أو عدم دوران الماء.

• أفتح الصمامات أو نظف الفوهات والمصافي أو أعد المضخة إلى الخدمة أو أزل انسداد وحدة الغسيل.

❖ **أعطال في مضخة تزويد الحمأة إلى المفاعل.**

- استعصاء المضخة.

• خفف الحمأة الداخلة بالماء إذا كانت كثيفة أو أصلح حسب الحالة.

❖ **القاعدة قليلة التمييع.**

- تسرب الرمل خلال صفيحة الاستناد أثناء توقف الفرن.

• نظف صندوق الهواء أو الأماكن الأخرى حسب الحالة.

24-4-27. المعالجة باستخدام الأراضي.

❖ **تجمع المياه في بعض المناطق.**

- زيادة معدل التحميل أو تصريف غير مناسب إذا كان معدل التحميل مناسبا.

• انقص معدل التحميل إلى المعدل التصميمي أو قم بري بعض مناطق الموقع عندما لا يكون هناك خطر. على المياه الجوفية، وإلا خزن المياه العادمة حتى يهبط المنسوب.

- أعطال في آبار التصريف أو تسربات في المنظومة.

• أصلح آبار التصريف أو زد معدل الضخ منها أو أصلح المنظومة.

❖ **أنابيب التوزيع الفرعية من الألمنيوم مهترئة.**

- فترة بقاء المياه المعالجة في أنابيب الألمنيوم طويلة جدا ما يسبب تآكل كهر كيميائيا أو اختلاف نوعية المعادن (أنابيب ألمنيوم وصمامات فولاذية).

• فرغ أنابيب الألمنيوم الفرعية عند عدم الاستعمال أو أدهن الصمامات الفولاذية أو ركب حماية كاثودية (مهبطيه) أو أنودية (مصعدية) حسب الحالة.

❖ **عدم جريان الماء من فوهات المرشات.**

- انسدادات الفوهات بالذرات الصلبة في المياه نتيجة ضعف التصفية عند مدخل محطات الري.

• أصلح أو أبدل المصفاة.

❖ **جريان المياه العادمة خارج المنطقة المروية (التي تطبق عليها المياه).**

- نسبة امتصاص الصوديوم من المياه العادمة عالية جدا مما يسبب تكتيم التربة الغضارية بشكل خاص.

• أضف الكالسيوم أو المغنيزيوم إلى التربة.

- انسداد سطح التربة بالمواد الصلبة في المياه العادمة حيث معدل التحميل يفوق معدل الارتشاح في التربة.

• انقص معدل التحميل إلى أن يصبح متناسبا مع معدل الارتشاح.

- تناقص قابلة نفوذ التربة بسبب التحميل المستمر للمياه العادمة أو انكسارات في أنابيب التوزيع.

• توقف عن التحميل على كل منطقة لمدة 2-3 أيام بين فترات التحميل لتأمين تصريف المياه من التربة أو أصلح الانكسارات.

- إشباع التربة بمياه الأمطار.

• خزن المياه العادمة حتى يتم تصريف المياه من التربة.

❖ **موت المحصول المروي.**

- مياه التحميل كثيرة جداً أو قليلة جداً.

• انقص أو زد معدل التحميل حسب الحالة.

- وجود عناصر سامة في مياه التحميل (مياه عادمة صناعية) أو استخدام كميات كبيرة من المبيدات العشبية أو الحشرية فيها او وجود بقايا التخثير الكيمائي في مياه الصرف المعالجة او TDS عالي.

• اضبط وصول المياه العادمة الحاوية على مواد سامة أو حدد استخدام الكميات المناسبة من المبيدات.

❖ **غمر منطقة جذور المحصول نتيجة الصرف غير الملائم.**

- تجمعات مائية على السطح.

• حسن نظام الصرف أو قلل معدل التحميل.

❖ **ضعف نمو المحصول.**

- نقص معدل إضافة المغذيات المساندة (النتروجين و / أو الفوسفور) و / أو عدم توافق توقيت إضافة المغذيات المساندة مع نمو النبات.

• إذا لم يؤمن ازدياد معدل تحميل المياه العادمة كميات النتروجين و/أو الفوسفور (P، N) اللازمة ودون الأضرار بالنبات من كميات المياه الزائدة أضف كميات N و / أو P من الأسمدة التجارية أو عدل برنامج إضافة المغذيات ليتناسب مع احتياجات النمو.

❖ **ضغط مضخة مياه الري نظامي ولكن الجريان أكثر من التصميمي.**

- بعض الأنابيب مكسورة أو بعض فوهات المرشات مفقودة أو سدادة أنبوب (أو أكثر) مفقودة أو أنابيب فرعية كثيرة لا تعمل معا.

• أصلح الانكسارات أو أمن القطع المفقودة أو عدل ترتيب الصمامات (المحابس) لضبط عمل الأنابيب الفرعية.

❖ **ضغط مضخة مياه الري كبير ولكن الجريان أقل من التصميمي.**

- انسدادات في منظومة التوزيع (المرشات، الصمامات، المصافي ..) بالذرات الصلبة في المياه أو نتيجة تجمد المياه.

• أصلح الأعطال حسب اللازم.

❖ **الضغط والجريان في مضخة مياه الري كلاهما أقل من التصميمي.**

- اهتراء دافع المضخة (البروانة) أو انسداد جزئي في مصفاة الدخول.

• أصلح أو أبدل دافع المضخة أو نظف المصفاة.

❖ **روائح كريهة في الموقع.**

- تحلل المياه العادمة قبل وصولها إلى موقع الري وانتشار الروائح حين تحميل المياه على الأرض أو بسبب التخزين في حوض التخزين في الموقع.

• أجمع الروائح عند موقع المأخذ على حدود منطقة التحميل واستخدم معالجة مناسبة لإزالة الروائح (أبراج الإزالة الرطبة مثلا)، أو حسن المعالجة الابتدائية أو أدخل تهوية في حوض التخزين في الموقع.

❖ **منصات الري بالمرش المركزي مستعصية في الطين.**

- معدلات تحميل عالية أو دواليب المنصة أو المنصة ذاتها غير ملائمة أو تصريف ضعيف.

• أنقص معدلات التحميل أو ركب دواليب أكبر أو حسن التصريف.

❖ **ازدياد تركيز النترات في المياه الجوفية قرب الموقع.**

- زيادة كميات النتروجين المتاحة على احتياجات المحصول أو إضافة النتروجين خلال فترات سكون نمو المحصول أو عدم جني أو إزالة المحصول في الوقت المناسب.

• أبدل المحصول إلى نوع آخر ذي احتياج أعلى من النتروجين أو استخدم المياه العادمة خلال فترات النمو النشيط للنبات أو احصد المحصول في الوقت المناسب.

25

نماذج من محطات معالجة مياه الصرف في الوطن العربي

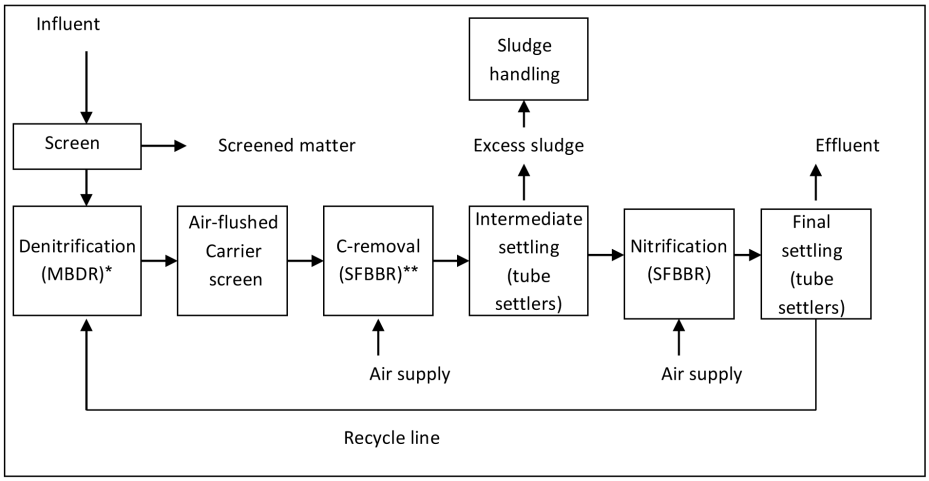
25-1. محطة معالجة بنت سعيدان بطريقة الميديا الثابتة الغاطسة (بيوفيلم، Biofilm).

تقع المحطة قرب تونس العاصمة، قرية بنت سعيدان. والمحطة مصممة لمعالجة مياه الصرف المنزلية وسيتم استخدام المياه بعد المعالجة في أعمال الزراعة، وتعتمد المعالجة طريقة البيو فيلم المتشكلة على سطوح البلاستيك (الميديا الثابتة الغاطسة في حوض التهوية) راجع الفقرة (14-6-2) وتدعى الطريقة أيضاً:

SFBBR (submerged fixed bed biofilm reactor). المرجع [33]. وينفع هذا النموذج للتجمعات الصغيرة نسبيا حيث تكون المساحة المتوفرة لبناء المحطة صغيرة.

وتستعمل تقنيه الفلاتر البلاستيكية التي تنمو عليها الأغشية البيولوجية والتي تقوم بعمليه المعالجة من خلال تماس مياه الصرف مع البكتريا في أحواض المعالجة. الشكل (25-1-1) يمثل مخطط صندوقي لمراحل المعالجة المعتمدة [33].

الشكل (25-1-1)
يمثل مخطط صندوقي لمراحل المعالجة - بنت سعيدان تونس[33]



*Moving Bed Denitrification Reactor - **Submerged fixed bed biofilm reactor

25-1-1. كمية مياه الصرف وحمولة التلوث.

تم تصميم المحطة باعتماد كمية ومواصفات مياه الخام المبينة في الاسفل من احمال عضويه ومعطيات اخرى:

- المخدمين بالمحطة 200 شخص مكافئ
- التدفق اليومي : 20-40 م^3/يوم
- حمل BOD_5 : 20 كغ/يوم

25-1-2. نوعية مياه الصرف المعالجة.

المعايير المطلوبة لمواصفات الماء بعد المعالجة بغرض استخدام المياه المعالجة لأغراض الزراعة بشكل امن وكانت نتائج المعالجة وفق ما يلي:

نوعية مياه الصرف بعد المعالجة:

BOD_5 : ≤10 mg/l

COD : ≤100 mg/l

TSS : ≤25 mg/l

NH_4^+ : ≤2 mgN/l

NO_3^- : ≤10 mgN/l

25-1-3. مراحل المعالجة المعتمدة

تعتمد مراحل المعالجة على معالجة المركبات الكربونية والنيتروجينية وازالة النتروجين بطريقة البيوفيلم البيولوجي على الميديا الثابتة الغاطسة. وتتألف المعالجة من المراحل الآتية:

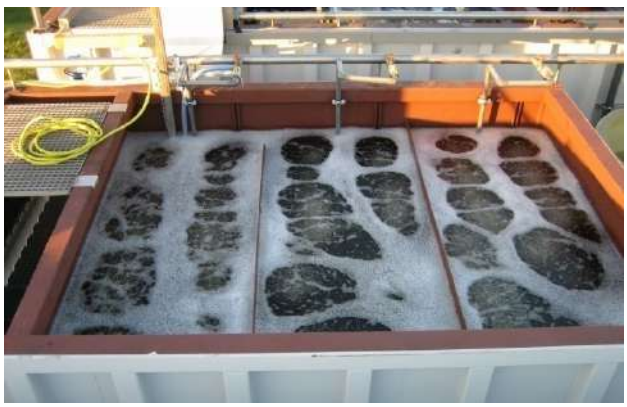
- المصافي
- حوض ازالة النتروجين باستعمال MBDR
- المعالجة البيولوجية وازالة المواد الكربونية (SFBBR)
- الترسيب للمرحلة الاولى بالأنابيب المائلةlamella
- النترجة باستعمال (SFBBR)
- الترسيب للمرحلة الثانية بالأنابيب المائلةlamella

الشكل(25-1-3-1) يبين مرحلة المعالجة البيولوجية خلال مرحلة البناء قبل التشغيل ونلاحظ كتل البيو ميديا الغاطسة حاملة البيوفيلم، والشكل (25-1-3-2) مرحلة المعالجة البيولوجية وتبين أحواض النترجة - خلال مرحلة التشغيل.

بالنسبة للحمأة الزائدة المتولدة من هذه المحطة فتم تجفيفها بأحواض تجفيف واعادة استخدامها في الزراعة بعد التأكد من النوعية ومطابقتها للمعايير العالمية والتونسية الخاصة بإعادة استخدام الحماه والتخلص منها.

الشكل(25-1-3-1)
مرحلة المعالجة البيولوجية
خلال مرحلة البناء قبل التشغيل [33]

الشكل (25-1-3-2)
مرحلة المعالجة البيولوجية - احواض النترجة -
خلال مرحلة التشغيل[33]



25-2. الإمارات العربية المتحدة دبي ، جبل علي، محطة الحدائق، [34].

مقدمة.

في دولة الإمارات العربية المتحدة تعمل الدولة على بناء محطات معالجة لاستغلال مياه الصرف نظراً لما يكلف تأمين المياه العذبة للاستعمال البشري والزراعي، ويتم الاستفادة من المياه المعالجة خاصة في أعمال الري إضافة للمحافظة على البيئة من التلوث بمياه الصرف، وحالياً نسبة كبيرة من مياه الصرف تتجاوز نسبتها 50 % على مستوى الدولة يتم أعادة استعمالها في الأعمال الزراعية على مستوى الحدائق والمروج. ويتم معالجة مياه الصرف لمستوى متقدم يمكن طرحه في المياه السطحية. ويتم التخطيط لجمع ومعالجة كل مياه الصرف حيث بوشر ببناء عدد من المحطات الكبيرة كمحطة مياه الصرف في منطقة جبل علي.

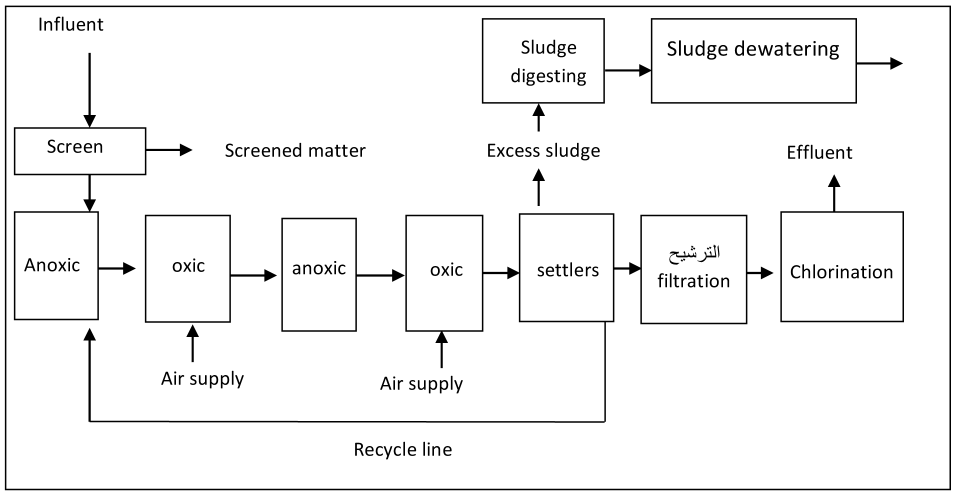
محطة الحدائق - دبي جبل علي[34]:

تتبع المحطة إلى المطور شركة النخيل في دبي، وإنشأت محطة المعالجة على مرحلتين الأولى من أجل غزارة 6000 م^3/يوم ووضعت بالعمل 2002 والمرحلة الثانية توسع من أجل 24000 م^3/يوم ووضعت بالعمل 2005.

25-2-1 محطة معالجة 6000 م^3/يوم.

الشكل (25-2-1-1) مخطط صندوقي لمراحل المعالجة في محطة الحدائق 6000 م^3/يوم دبي. تتألف المحطة من المراحل التالية:

الشكل (25-2-1-1)
مخطط صندوقي لمراحل المعالجة 6000 م^3/يوم -
محطة الحدائق دبي [34]



1. مصافي خشنة يدوية
2. طاحنات Macerator
3. محطة ضخ رطبة تحوي مضخات غاطسة
4. فلاتر كربون منشط لإزالة الروائح من موقع المدخل(محطة الرفع)
5. احواض معالجة بيولوجية بالحمأة المنشطة التهوية المديدة وتتألف من المراحل التالية:

- مرحلة بدون تهوية حيث يتم مزج الحمأة مع مياه الصرف ويتم المزج بواسطة خلاطات شاقوليه والحالة اللاهوائية الحاصلة في هذا الحوض تشجع على إزالة الفوسفور كما يتم إزالة جزء من النتروجين بوجود بعض الأوكسجين من الحمأة المعادة.
- مرحلة هوائية بالمهويات السطحية لإزالة المركبات العضوية وأكسدة المركبات النتروجينية.

- مرحلة Anoxic حيث يتم مزج المزيج المنحل بواسطة خلاطات رأسية ويحدث فيها إزالة للنتروجين Denitrification.
- مرحلة هوائية أخيرة بالمهويات السطحية لإزالة المركبات العضوية وأكسدة المركبات النتروجينية.

6. أحواض الترسيب النهائية الشكل (25-2-1-2) أحواض الترسيب في محطة الحدائق.

الشكل (25-2-1-2)
أحواض الترسيب النهائية في محطة الحدائق

7. خزان استقبال وضخ الحمأة المعادة الزائدة وخزان ضخ الرغوة.
8. هضم الحمأة بالتهوية السطحية وسحب المياه الطافية بواسطة طوافة خاصة.
9. ضخ المياه المعالجة إلى المرشحات القماشية الدوارة Cloth filtration لإزالة المعلقات الشكل (25-2-1-3) المرشحات القماشية الدوارة.

الشكل (25-2-1-3)
المرشحات القماشية الدوارة Cloth filtration

10. الحمأة المهضومة تضخ إلى وحدة نزع الماء Belt filter press مع إضافة البوليمر وترحل بعدها الى المطامر.
11. الحمأة تضخ إلى أحواض تجفيف رملية (عند الطوارئ فقط وتعطل المرشح الحزامي).
12. يتم تطهير المياه المعالجة في أحواض تماس خاصة حيث يتم إضافة هيبوكلوريد الصوديوم (وحالياً يتم تطهرها مع مياه المرحلة الثانية).
13. تُجمع مياه الصرف المعالجة في خزان خاص وترحل لاستعمالها من اجل ري الحدائق وغيره من الاعمال الزراعية.

25-2-2. محطة معالجة الحدائق 24000 م^3/يوم (المرحلة الثانية).[34]

تم عمل توسعة للمحطة بغزارة 24000 م^3/يوم، وتتألف المرحلة الثانية من:

1. مصافي آلية لإزالة المعلقات نوع step screen الشكل (25-2-2-1).

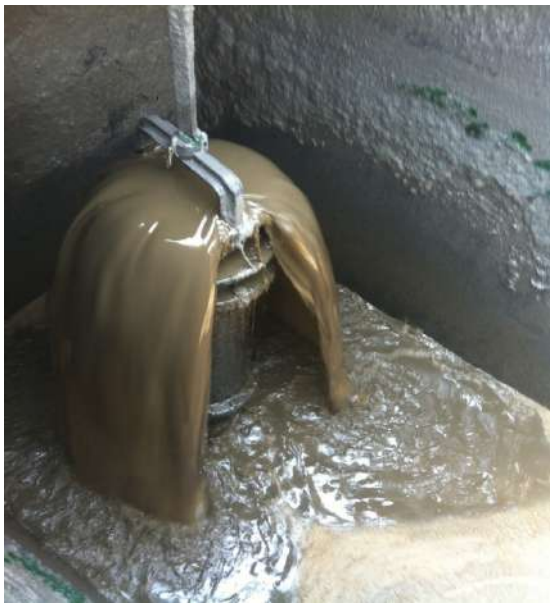
الشكل (25-2-2-1) المصافي الخشنة الآلية في محطة الحدائق المرحلة الثانية

1. غرف فصل الرمال الدوامية. (السكلونية) Vortex-type chamber. وغسيل الرمال الشكل (25-2-2-2) فصل الرمال في محطة الحدائق.
2. وحدة ازالة الروائح باستعمال الكربون المنشط.
3. أحواض المعالجة البيولوجية وتتألف من نفس مراحل المعالجة المستعملة للمرحلة الأولى الشكل (25-2-2-3) أحواض المعالجة البيولوجية.
4. أحواض ترسيب دائرية عدد 3.
5. يتم نقل الحمأة من أحواض الترسيب بالراحة (صمامات تفتح حسب الطلب) إلى حوض ضخ الحمأة المعادة والزائدة. الشكل(25-2-2-4).

الشكل (25-2-2-2)
وحدة ازالة وغسيل الرمال في محطة الحدائق- دبي

الشكل (25-2-2-3)
احواض المعالجة البيولوجية في محطة الحدائق 2015

الشكل (25-2-2-4)
صمام الحمأة القادمة من حوض الترسيب بالراحة



6. ازالة المعلقات بواسطة المرشحات القماشية الدوارة Cloth filtration.
7. التطهير بواسطة هيبوكلوريد الصوديوم.
8. تجميع المياه المعالجة بخزانات خاصة لنقلها للاستعمال الزراعي.
9. يتم هضم وتكثيف الحمأة باستعمال مهوي air ejector ويتم سحب الماء الطافي بعد توقف التهوية بواسطة طوافة خاصة.
10. يتم ضخ الحمأة إلى جهاز نزع الماء من الحمأة وهو من نوع الحزام الراشح الضاغطBelt filter press ويضاف البوليمر بواسطة وحدة إضافة البوليمر للعمل على تشكيل الندف وتكبيره قبل الدخول إلى المرشح الحزامي، وبعد ذلك ترحل إلى المطامر.

25-2-3. نوعية المياه المعالجة لمحطتي المرحلة الاولى والثانية.

عموماً ان محطة المعالجة تعطي مياه مناسبة للري وخصوصاً المسطحات الخضراء فلا يزيد BOD_5 عن 20 مغ/ل والمعلقات والنتروجين منخفضة جداً ولكن الكلوريد والسلفايت والأملاح المنحلة مرتفعة وهذا عائد عموماً إلى مياه المصدر وخصوصاً إذا كانت قادمة من منطقة صناعية أو كانت عالية الملوحة. [34].

25-3. محطة معالجة مياه الصرف لمدينة حلب (الشيخ سعيد).

تقع محطة معالجة مياه الصرف في جنوب مدينة حلب وهدفها معالجة مياه الصرف المطروحة من المدينة ومن المناطق الصناعية وتصريفها إلى نهر قويق بعد معالجتها. وهدف المحطة معالجة مياه الصرف من أجل المحافظة على الصحة العامة والبيئة لأنه يتم ري المزروعات بمياه النهر، ومياه الصرف غير المعالجة تحوي ملوثات عضوية وجراثيم وبكتريا ومعادن ثقيلة كالكادميوم سيؤدي إلى تراكمها في المزروعات وخصوصاً المزروعات التي تؤكل نيئة والتي تزرع على ضفاف النهر كالبقدونس. وتعمل محطة حلب منذ عام 2002 وقد تم تصميمها بطريقة البحيرات وتشمل أربعة سلاسل يعمل منها ثلاثة، والسلاسل مستقلة يمكن إيقاف أي سلسلة منها للصيانة والتنظيف.

25-3-1. أقسام المحطة.

- تتضمن المحطة العناصر الأساسية التالية[35]:
- هدار تصرف المياه الزائدة .
- المصافي الخشنة الآلية .
- الطواحن .

- محطة الضخ وهي مؤلفة من حوض تجميع يتبعها غرف الضخ تقوم المضخات برفع المياه 25 م إلى مرحلة المصافي الناعمة .
- المصافي الناعمة .
- حوض فصل الرمال المهوى .
- قياس التدفق بالفنتوري وتوزع المياه منه إلى البحيرات.
- بحيرات المزج الكامل CM عدد 4 وحالياً يعمل 3.
- أحواض المزج الجزئي FAC عدد 8 وحالياً يعمل 6.
- أحواض الإنضاج MAT عدد 3.
- أحواض الكلورة ومبنى الكلورة .

25-3-2. مقدمة عن المعالجة البيولوجية في المحطة القائمة.

تم تصميم محطة معالجة مياه الصرف بطريقة بحيرات التهوية بالمهويات السطحية ذات المزج الكامل ويتبعها بحيرات اختيارية مزج جزئي ويتبعها بحيرات إنضاج الشكل (25-3-2-1) حوض المزج الكامل للمحطة، الشكل (25-3-2-2) مسقط أفقي لمحطة المعالجة وتتابع مراحل المعالجة، الشكل (25-3-2-3) أحد أحواض إزالة الرمال المهوى وهو بدون فاصل زيوت.

الشكل (25-3-2-1)
محطة الشيخ سعيد حوض المزج الكامل [35]

25-3-3. التدفق ونوعية مياه الصرف التصميمية.

محطة المعالجة مصممة لعام 2000 ومن أجل تعداد سكاني 2 مليون، والتدفق التصميمي 354000 م^3/يوم (4.1 م/ث) وتركيز BOD_5 في مياه الدخل294 مغ/ل.

تتكون محطة المعالجة من اربع سلاسل يستخدم منها ثلاث سلاسل والرابعة غير جاهزة ولم يتم تشغيلها بعد، وكل سلسلة مستقلة تعالج118000 م^3/يوم. وبالاعتماد على التصميم المنجز الحالي فإن زمن الحجز الهيدروليكي الكلي للعمل البيولوجي هو 5.3 يوم من أجل خطوط التشغيل الثلاث ونجد أنه اصغر من المطلوب في جداول التصميم (16-1-2)، (16-1-3).

الشكل (25-3-2-2)

مسقط أفقي يبين مراحل المعالجة في محطة الشيخ سعيد [35]

الشكل (25-3-2-3)
أحد أحواض إزالة الرمال المهوى ونراه بدون فاصل زيوت [35]

الجدول (25-3-3-1) يبين الكمية والنوعية لمياه الصرف الداخلة إلى المحطة خلال الربع الأول من عام 2011 [35].

الجدول (25-3-3-2) متوسط تركيز البارامترات (المعلمات) لتدفق الدخل لمياه الصرف الخام في محطة المعالجة بحلب على أساس القياسات خلال السنوات 2005-2011 وكذلك الجدول (25-3-3-3) الذي يبين الغزارة اليومية في عدة اعوام وأداء محطة المعالجة، ويظهر الجدول الأداء المنخفض للمحطة نتيجة ارتفاع المعدلات (المعلمات/ البارامترات) في مياه الدخل.

الجدول (25-3-3-1)
متوسط تراكيز البارامترات (معلمات)
تدفق الدخل في الربع الأول من العام 2011 [35]

البارامترات	TKN	NH_4	COD	BOD_5	TSS	EC	pH
	mg/lit					-	-
كانون الثاني	67.5	43.4	869.5	455.5	406.0	1394.0	7.9
شباط	63.1	44.1	867.9	442.4	358.7	1434.3	7.7
أذار	79.5	47.5	879.0	455.0	377.9	1434.0	7.6
الوسطي	70	45	872	451	381	1421	7.7

الجدول (25-3-3-2) متوسط تركيز البارامترات (المعلمات) لتدفق الدخل لمياه الصرف الخام في محطة المعالجة بحلب مبنية على القياسات خلال السنوات 2005-2011[35]

البارامترات	الوحدة	القيمة
COD	mg/l	780
BOD_5		425
TSS		390
TKN		65
NH_4		45
O & G		175
TP		15
pH	-	7.7
EC	µS/cm	1430
COLIFORM	#/100cc	8×10^6

الجدول (25-3-3-3)
يبين أداء محطة المعالجة ويظهر الأداء المنخفض[35]

العام	معدل التدفق المتوسط	COD		BOD_5		TSS	
	m^3/day	mg/l	الإزالة %	mg/l	الإزالة %	mg/l	الإزالة %
2006	-	210	70	100	76	140	65
2007	262613	195	72	100	75	110	70
2008	304149	190	72	100	74	100	70
2009	352631	236	68	105	75	150	70
2010	369622	245	66	110	73	130	65
2011	326000	300	65	120	74	110	72

25-3-4. أسباب تدني نسبة المعالجة.

- تراكم الحمأة في الأحواض حتى أن بعض الأحواض وصلت الحمأة فيها إلى حوالي 70 % من حجم الأحواض وسببت انخفاض زمن المكوث الهيدروليكي وأدى ذلك إلى تفاقم وتدهور وضع المحطة وانخفاض مردودها وأصبحت بحاجة ماسة لحلول سريعة لمعالجة الوضع الراهن.
- زيادة الأحمال الهيدروليكية والعضوية عن الحمل التصميمي.
- إن نسبة COD إلى BOD_5 تصل إلى 1.8 وارتفاع الناقلية EC (1000 µS/cm) دلالة على وجود صرف صناعي قوي في مياه الصرف.
- تشكل مياه الصرف الصناعية عبء كبير على محطة المعالجة

لعدم معرفة كميتها بدقة ولحمولتها العالية وعدم انتظامها واحتوائها على الزيوت (من الفيولfuel وهو وقود اسود كثيف يستعمل بكثرة في المراجل البخارية - غسيل السيارات - المصابغ - الصناعة الغذائية ،القلي - من المنازل ....) والمعالجة المتواضعة في مصادرها.

- عدم استعمال التطهير(موقع اجهزة الكلورة متوقفة عن العمل).
- عدم كفاية المهويات لتحقيق المزج الكافي وهو غير محقق، وتعطل دائم في المهويات العاملة بنسبة لا تقل عن 20 % أدى لترسب الحمأة في أحواض المزج الكامل.
- عدم وجود آلية لإزالة الزيوت والشحوم من مياه الدخل.
- بحاجة لمدة مكوث هيدروليكي أكبر.
- السلسلة الرابعة متوقفة عن العمل ولم تدخل في الخدمة.
- بسبب المشاكل الموجودة في عملية التهوية وعدم انخفاض BOD فإن عملية النترجة لا تتم بشكل صحيح وبالتالي فإن NH_3 لا يتحول إلى نترات لذا فإن كمية NH_3 تزداد في البحيرات.

25-3-5. وضع المحطة المستقبلي.

قامت عدة جهات فنية بتقييم محطة المعالجة وكانت كل التقارير قد اجمعت على ضرورة تعديل تصميم المحطة. وأخيراً كلفت الحكومة شركات مختصة لإعادة تقييم المحطة وتطويرها وتقديم دراسة بهدف:[35].

- تغيير مبدأ المعالجة أو تطويرها عن طريق تنفيذ أحواض معالجة بيولوجية مناسبة لتحقيق المواصفة الخاصة بأعمال الري أو لتخزينها في المسطحات المائية كالحمأة المنشطة وغيرها.

- تطوير المصافي الخشنة الآلية.
- تطوير وتوسيع محطة الضخ.
- تطوير وتوسيع المصافي الناعمة.
- تطوير حوض فصل الرمال المهوى وإضافة فاصل زيوت.
- وضع أحواض الكلورة ومبنى الكلورة بالعمل.
- بناء وحدة تجفيف الحمأة.
- سحب الحمأة من برك المعالجة في المحطة القائمة وتجفيفها في وحدة تجفيف خاصة.

25-4. محطة معالجة مياه الصرف في سوبا الخرطوم – السودان*

25-4-1. مقدمة

- تقع المحطة في جنوب الخرطوم وكانت مهمة المحطة معالجة مياه الصرف القادمة إلى المحطة بالراحة وبالضخ ومعالجتها ثم تصريفها في قناة خاصة موجودة نهاية محطة المعالجة بحيث يمكن أن تستعمل المياه للري. وحالياً يتم استعمال برك التثبيت stabilization pondفي المعالجة في محطة قريبة حيث اصبحت غير كافية وغير مناسبة للتوسع العمراني الكبير في الخرطوم.
- تم بناء محطة سوبا الجديدة عام 2004 ووضعت في الخدمة عام 2009 وتوقفت بعدها عن العمل بفترة قصيرة لأسباب فنية عديدة [31].

- المعلومات العلمية من المناقصة (الأولى والثانية) الخاصة بمحطة المعالجة المطروحة من مديرية البيئة والمكتب الهندسي الدارس للتوسع.

- وقد بنيت أحواض المحطة من الردم المغطى بالأغشية (membrane) لمنع التسرب والقواطع بنيت من الخرسانة المسلحة.

25-4-2. طريقة عمل محطة المعالجة

صممت المحطة بطريقة البحيرات المهواة بتهوية سفلية مع النمو المعلق suspended growth مع إعادة تدوير الحمأة وهي قريبة لطريقة الحمأة المنشطة نظراً لعمر الحمأة وزمن المكوث وتدوير الحمأة.

(المرجع ميت كالف وايدي الطبعة الرابعة، الجدول 29-8) وتسمى وفق المرجع:

aerated suspended growth – aerated lagoon – aerobic with solid recycling

أما تفاصيل طريقة بناء أحواض التهوية والترسيب وجمع الحمأة والتطهير وطريقة توزيع التهوية فهو خاص بالشركة المصممة الاصلية.

25-4-3. مصادر وكمية ونوعية مياه الصرف في محطة سوبا

قسم من مياه الصرف يأتي إلى موقع الضخ الرئيسي في محطة المعالجة بالراحة وقسم بالضخ. أما مصادر مياه الصرف القادمة إلى محطة المعالجة فهي مياه الصرف المنزلي، التجاري، والوحدات المؤسسية والوحدات ذات الصلة، وتصريف مياه الصرف الصناعي من المصانع والمؤسسات الصناعية، هطول الأمطار والعواصف المطرية، والفلترة الداخلية للقساطل. الجدول (25-4-3-1) يبين نوعية مياه الصرف القادمة إلى برك الأكسدة في سوبا حيث جزء كبير من هذه المياه سيعالج في محطة سوبا الجديدة فيمكن أعتباره نسبياً يمثل نوعية المياه في عام 2010 تاريخ التحليل، وفي دراسة تعديل المحطة المقدمة من قبل الدارس [31] تم اعتبار الاحمال وفق الجدول (25-4-3-2) وهي الأرقام التي صمم عليها تعديل المحطة. يبلغ التدفق الوسطي لمياه الصرف المطلوب معالجتها عند تصميم محطة المعالجة القائمة 40000 م^3/يوم.

الجدول (25-4-3-1)
نوعية مياه الصرف القادمة لمحطة سوبا من:

Soba Wastewater Treatment Plant (Stabilization ponds) 2010. Azmi Monier Elsaid Maki

المعلمة	الواحدة	الكمية
BOD_5	مغ/ل	320
COD	مغ/ل	560
TSS	مغ/ل	240
PH	مغ/ل	6.13
EC	m.s	915
O&G	مغ/ل	300
CL^-	مغ/ل	39.9
SO_4^-	مغ/ل	58.20

الجدول (25-4-3-2)
نوعية مياه الصرف القادمة لمحطة سوبا من [31]

المعلمة	الواحدة	الكمية
BOD_5	مغ/ل	350
COD	مغ/ل	700
TSS	مغ/ل	600

25-4-4. أقسام محطة معالجة مياه الصرف في سوبا.

تتألف محطة المعالجة القائمة من الأقسام التالية:

1. منشاة المدخل

- مصافي خشنة عدد 2 تعمل حالياً من أجل محطة برك التثبيت العاملة.
- محطة الضخ الرئيسية.

- يوجد 6 مصافي ناعمة من نوع البرميل Drum screen فتحاتها 0.5 ملم تدخل عبرها المياه الى احواض المعالجة البيولوجية، أما الأوساخ فتذهب إلى ضاغط خاص وحالياً الضاغط معطل.
- وعملياً لم تستطع هذه المصافي استيعاب مياه الصرف القادمة وكان هناك إنسداد مستمر بسبب عدم قدرتها على تنظيف نفسها أو عدم كفايتها أدى لتوقف العمل[31].

2. المعالجة البيولوجية Biological treatment

تتألف المحطة من سلسلتان متماثلتان تتوزع فيهما مياه الصرف بالتساوي وتقومان بالمعالجة البيولوجية للمحطة. الشكل (25 -4 -4 -1 -a,b) مقطع في حوض الترسيب ومقطع في احواض المجانسة والتهوية والترسيب وpolishing (الصقل) والشكل (25-4-4-2) مسقط افقي لأحواض المعالجة، ان كل سلسلة تحوي ما يلي:

حوض المجانسة

يوجد مضخات خاصة توزع الحمأة الراجعة للحوضين في السلسلتين، سعة كل حوض 3000 م^3 ومجموع حجم الحوضين في السلسلتين 6000 م^3 ومدة المكوث حوالي 4 ساعات. ويحوي كل حوض 3 خلاطات mixer سفلية صغيرة (حسابياً يلزم من 30 إلى45 كيلواط لكل حوض). وتدخل مياه الصرف من أسفل هذا الحوض من خلال 3 فتحات إلى حوض التهوية.

ملاحظة: عملياً هذا الحوض يعمل كحوض أنوكسيك منقوص الأوكسجين (anoxic tank).

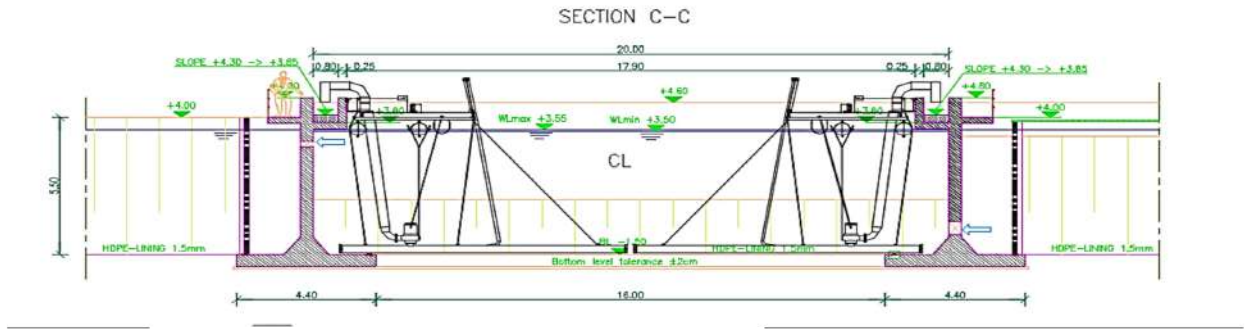
حوض التهوية

سعة الحوض 16000 م^3 مدة المكوث فيه 20 ساعة وفيه نواشر هواء (دفيوزر) مثبتة بالأرض بثقْالة والهواء يزود من 6 مضخات (blowers) استطاعة الواحدة حوالي 60 كيلواط تقريباً [31]. الشكل (25-4-4-3) حوض التهوية مع نواشر الهواء.

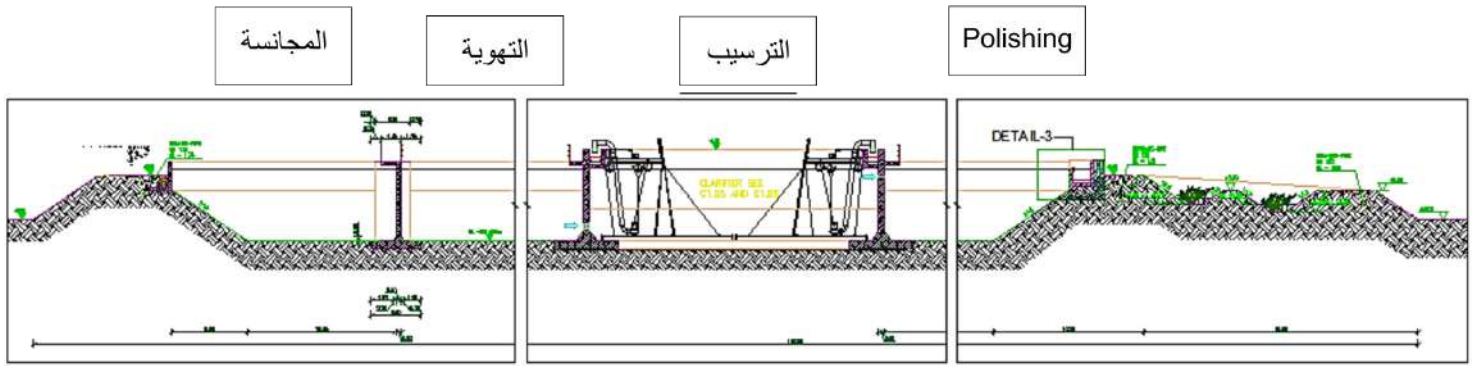
حوض الترسيب Sedimentation tank

سعة حوض الترسيب 4585 م^3 ومدة المكوث 5.5 ساعة تدخل مياه الصرف من الأسفل إلى حوض الترسيب من خلال فتحات على طول حوض الترسيب. الحمأة المترسبة يتم جمعها بواسطة بونتون pontoon .

جهاز مؤلف من طوافة تسير أفقياً فوق الماء تحمل القواشط ومضخة الحمأة ومرتبطة بعربة تسير على طول الحوض تحمل أنبوب الحمأة في قناة خرسانية) عدد 2 طاف على سطح الحوض وتقوم المضخات في الأسفل بسحب الحمأة وضخها إلى قناة خاصة تنقل الحمأة بالراحة إلى موقع قرب حوض المجانسة. إن البونتون والمضخات بالأسفل بحاجة لإصلاح وصيانة وأحد أسباب توقف البنتون هو جدران الخرسانة التي تسير عليها دواليب العربة والتي سببت في توقف الجهاز وكذلك أرضية الحوض التي تسير عليها القواشط. تخرج مياه الصرف المترسبة من حوض الترسيب من فتحات في أعلى الحوض الى حوض الصقل.



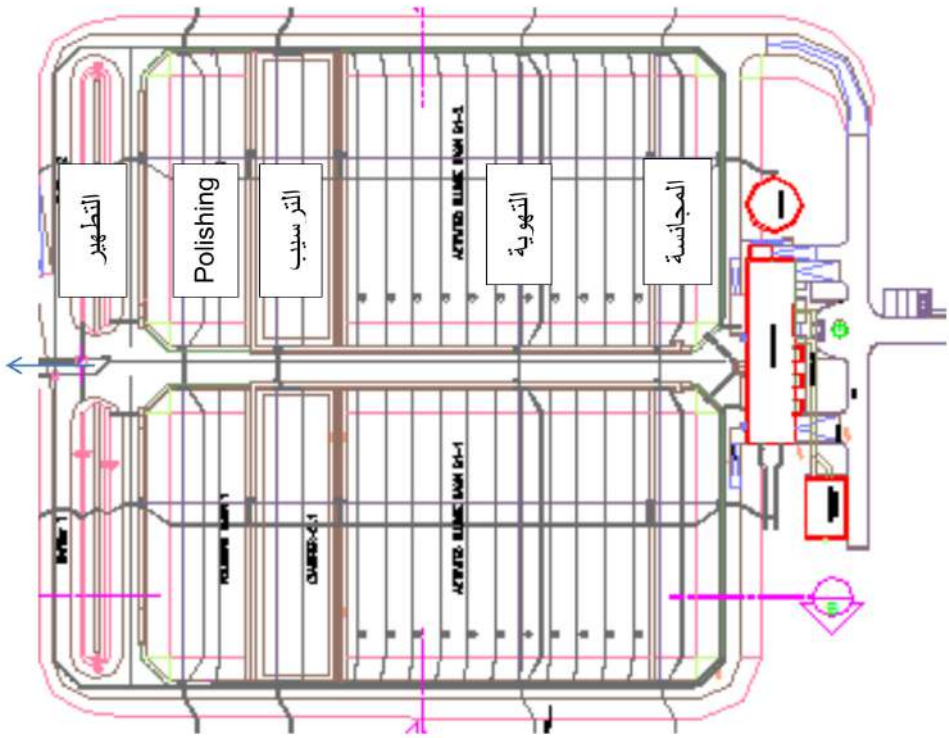
الشكل (25-4-4-1) a مقطع في حوض الترسيب [31]



الشكل (25-4-4-1) b مقطع في محطة المعالجة [31]

الشكل (25-4-4-2)

مسقط أفقي لأحواض المعالجة في محطة سوبا



الشكل (25-6-4-3)

حوض التهوية مع نواشر الهواء

الشكل (25-4-4-4)
حوض الترسيب والبونتون والعربات

حوض. (Polishing)

حوض التجميع سعته حوالي 4585 م^3 وفيه تهوية خفيفة حيث يحوي خط تهوية بالنواشر عدد 1 في الوسط ويوجد في نهاية الحوض هدار خروج إلى حوض الكلورة ومهمة الحوض تجميع المياه وإبقائها في حالة هوائية.

حوض التطهيــر

وهو حوض يحوي متاهة من أجل تماس الكلور مع مياه الصرف المعالجة ولا يوجد معدات كلورة حالياً.

3. جميع الحمأة ومعالجتها

حوض جمع الحمأة Holding tank

يوجد حوض من الخرسانة قطرة 12 م ارتفاعه 3 م يتم فيه جمع الحمأة الزائدة ويحوي خلاط كما يوجد مضخة في أسفل الحوض تضخ الحمأة إلى جهاز نزع الماء من الحمأة.

نزع الماء من الحمأة Dewatering

يستعمل جهاز لنزع الماء من الحمأة يسمى الحزام الراشح الضاغط belt filter press عدد 1وهو يعمل على نزع الماء من الحمأة، وإضافة لذلك يوجد وحدة تحضير وحقن البوليمر. وعموماً وحدة نزع الماء من الحمأة لم توضع في الخدمة.

25-4-5. الأسباب المباشرة لتوقف محطة المعالجة عن العمل

هنالك أسباب عديدة أدت اإلى توقف المحطة عن العمل بعد إقلاعها بفترة وجيزة ونورد منها:

- عدم جودة الخرسانة أدى لتكسر البونتون وتوقف سحب الحمأة.
- المصافي الناعمة وتوقفها عن العمل بشكل مستمر.
- عدم تشغيل جهاز نزع الماء من الحمأة.

25-4-6. الأسباب غير المباشرة.

- طريقة المعالجة وتصميم محطة المعالجة المبنية في سوبا بحاجة لخبرات خاصة في البناء والتشغيل والاستثمار.
- عدم تكامل العمل وكفايته لإعطاء النتائج كمعالجة الحمأة والتصرف بها، التطهير...إلخ

25-4-7. وضع المحطة المستقبلي

كلفت الوزارة ومديرية البيئة المعنية مكتب هندسي [31] بإعادة الدراسة بالكامل ووضع حلول متكاملة لمحطة المعالجة من أجل وضعها في الخدمة بطريقة صحيحة وأهمها:

- دراسة المحطة فنياً من جديد في ضوء الموجودات من الإنشاءات والآلات الصالحة للعمل وإضافة مراحل أخرى كالترسيب الأولي والهضم اللاهوائي.
- أخذ بالاعتبار زيادة كمية مياه الصرف المعالجة الى 60000 م^3/يوم.
- معالجة الحمأة بطرق متقدمة متكاملة.
- صيانة وإصلاح كل الآلات الممكن إصلاحها كالمصافي الناعمة وشبكة التهوية وغيرها.

25-5. محطة معالجة مياه الصرف في عدرا دمشق.

مقدمة

تقع محطة معالجة مياه الصرف عدرا قرب مدينة دمشق وتعد من أكبر محطات المنطقة وهدفها معالجة مياه الصرف المطروحة من المدينة وضواحيها القريبة وعددهم حوالي 5 ملايين نسمة وفي عام 1997، تم وضع المحطة في الاستثمار ويتم استعمال المياه المعالجة في أعمال الري المقيد للبساتين فيتم ارواء مساحة 18 ألف هكتار، ويتم نقل المياه المعالجة في أربعة أقنية مكشوفة للتوزيع على المناطق تتفرع منها أقنية عن طريق منظمات التدفق والمناسيب.

وكذلك يتم التخطيط للاستفادة من المياه المعالجة بعد إجراء معالجة متقدمة في أعمال أخرى كالتبريد أو وضعها في النهر، أو في أعمال الإطفاء أو لأعمال البناء، أما الطاقة المنتجة من الغاز الطبيعي المنتج من هضم الحمأة فتستعمل لتشغيل مولدات الكهربائية التي تعمل على الغاز الطبيعي..

25-5-1. أقسام المحطة.

تعمل المحطة بالحمأة المنشطة وتقوم بمعالجة مياه الصرف والحمأة المنتجة:

1 - معالجة المياه الصرف

الشكل (25-5-1-1) منشآت المدخل والشكل (25-5-1-2) المكثفات وساحات التجفيف والشكل (25-5-1-3) هواضم الحمأة. وتتضمن معالجة مياه الصرف المراحل التالية:

- المصافي الخشنة الآلية.
- أحواض فصل الزيوت .
- المصافي المتوسطة .
- حوض فصل الرمال .
- المصافي الناعمة .
- محطة الرفع .
- أحواض الترسيب الأولي.
- أحواض التهوية.
- أحواض الترسيب الثانوية.
- أحواض الكلورة ومبنى الكلورة .
- مضخات الحمأة المعادة.

الشكل (25-5-1-1)
منشآت المدخل في محطة معالجة الصرف بعدرا

الشكل(25-5-1-2)
محطة معالجة مياه الصرف بعدرا المكثفات وساحات التجفيف

الشكل (25-5-1-3)
هواضم الحمأة في محطة عدرا

2 - معالجة الحمأة وتتضمن:

- أحواض التكثيف .
- الهواضم.
- ساحات تجفيف الحمأة.

تنتج المحطة 50 طن حمأة جافة. والحمأة غنية جداً بالنتروجين وتناسب الترب الفقيرة بهذا العنصر.

25-5-2. التدفق ونوعية مياه الصرف التصميمية

محطة المعالجة مصممة من اجل تدفق 485000 $م^3$/يوم والغزارة العظمى 790000 $م^3$/يوم وتركيز الملوثات في مياه الدخل:

BOD_5 = 275 مغ/ل.

COD = 550 مغ/ل.

SS = 430 مغ/ل.

25-5-3. نوعية مياه الصرف بعد المعالجة

إن تراكيز الملوثات الاساسية في مياه الخرج بعد المعالجة كانت وسطياً:

BOD_5 < 20 مغ/ل.

COD < 75 مغ/ل.

SS < 30 مغ/ل.

الجدول (25-5-3-1) [من تقرير استعمال مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة اصدار وزارة الزراعة السورية] والمياه حسب المواصفات المحلية تقع ضمن الحدود المناسبة لكثير من الزراعات.

نتائج المعالجة بمحطة عدرا من
[تقرير وزارة الزراعة السورية، وجزدان 2002]

نوع المياه	pH	EC_w	شحنة ميلمول/ل							مغ/ل				
		dS/m	Cl^-	HCO_3^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}	NO_3^-	NH_4^+	PO_4^{---}	B	BOD
معالجة	7.40	0.91	3.27	4.96	0.15	1.49	1.28	3.26	2.19	0.40	1.30	8.73	0.63	55

25-5-4. مشاكل محطة المعالجة

الروائح المتصاعدة من أحواض تجفيف الحمأة وهناك توجه لإلغاء ساحات التجفيف المكشوفة واعتماد أسلوب التجفيف الميكانيكي للحمأة بدلاً من الطريقة المعتمدة.

كانت من أهم المشاكل هو ارتفاع المياه الجوفية في منطقة تصريف المياه المعالجة وتأثيرها على الآبار. الشكل (25-5-4-1) إحدى أقنية جر مياه الصرف من محطة عدرا إلى البساتين.

الشكل (25-5-4-1)
إحدى اقنية جر مياه الصرف المعالجة من محطة عدرا إلى البساتين

references / المراجع

1 - Waste water engineering and reuse -Metcalf&eddy - Fourth Edition، 2003.

2 - Waste water engineering disposal and reuse -Metcalf&eddy - Third Edition، 1991.

3- Waste water engineering - Shun Dar Lin.

4 - Advanced oxidation ditch design meets strict effluent requirement . Nathan Cassity، P.E.، Steve Arant، P.E.، DEE Earth Tech، Inc.

5- practical Waste water treatment - David L. Russell، PE

6 - water and waste water engineering system - D Barnes، PJ Bliss، B W Gould...

7 - 2003. Environmental Leverage.

8 - Waste water treatment in constructed wet lands with horizontal sub surface..... - Vymazal، Jan، Kröpfelová، Lenka

9 - ATV (German stander).

10 - Biological waste water series - Anaerobic reactor – carlos augosto de lemose chernicharo

11 - Environmental، economic and social impacts of the use of sewage sludge on land Final Report- by Milieu Ltd.

12 - Environmental engineering dictionary and directory - Thomas M. Pnkratz

13 - Standard Methods - APHA.

14- Richard، Ph.D - Activated sludge microbiology problems and their control.

15- Enhancing the performance of oxidation ditches (Larry W. Moore، Ph.D., P.E.,DEE).

16 - USA Industry Standards.

17- Rob Van Deun، KHKempen - constructed wet land European water pollution control's cooper 1990.

18- Ü. Mander and P.D. Jenssen (eds): Constructed wetlands for wastewater treatment in cold climates.

19- EPA- Wastewater Treatment and In-Plant Wet Weather Management،2008 .

20 - Water and waste water engineering Mackenzie L.Davis.

21- WEF- Design of municipal wastewater treatment plants.

(manual practice Fourth Edition N. 8).

22- Water and waste water treatment plant operations- Frank R. Spellman ، s edition.

23 - WEF -Membrane systems for waste water treatment.

24- Anaerobic Migrating Blanket Reactor ،Treatment of Low-Strength Wastewater at Low Temperatures - Largus T. Angenent، Gouranga C. Banik، Shihwu Sung.

25- Environmental, economic and social impacts of the use of sewage sludge on land.

(Milieu Ltd، WRc and RPA for the European Commission) إعداد

26 - محاضرات الدورة التدريبية في نقابة المهندسين بحلب 2002 د.عبدالحكيم بنود - المهندس الياس خضري - د. درويش يوسف -

المهندس عبد العزيز حمامي - المهندس. معن برادعي.

27 - إرشادات في تصميم وصيانة محطات معالجة المياه العادمة - د. فيصل اصفري (نشر منظمة الصحة العالمية - عمان)2004.

28 - أسس تصميم منشآت مياه الفضلات - د فيصل اصفري.

29 - منظومات الصرف الصحي ومعالجة مياه المجاري - د فيصل أصفري، د صالح المزيني.

30 - تصميم محطات معالجة مياه المجاري، د. فيصل اصفري.

31 - المكتب الهندسي

Technocon engineering group engineering consultant

Introduction to potable water treatment processes – parsons & Jefferson - 32

33 - المحطة دراسة وتنفيذ شركة - Dr. Noama shareef - GEA وبتمويل من الحكومة الالمانية كغرض بحثي.

34 - المحطات دراسة وبناء شركة النسر للكهرباء والميكانيك دبي وحالياً يتم تشغيلها من شركةCorodex .

35 - المعلومات من تقرير تقييم الأثر البيئي لمحطة المعالجة 2012 ومن المعلومات المقدمة من محطة المعالجة.

- صور ومعلومات من شركات وباحثين ومحاضرين:

Janish & Schulz Co., TIA Co - Dr. Muller, Cosme Co، ARGES co, GEA Co، Dr. Abdalla Nassour University of Rostock، ESTRUGAUA co, EMMECOM co, SERECO co، IPROPLAN co, FPZ Co، Robuschi Co, Koudary. Co, Eng. Anton karaziwan, Eng. Riad kabikly, Eng. Faisal Dawood, Dr. Mouhamad Dai, RKR .ARZEN Co, INVENT Co .

قواعـــد النشـــر

قواعد النشر

ترحب سلسلة عالم البيئة باقتراحات التأليف أو الترجمة في المجالات المحددة أدناه وفقاً للشروط التالية :

١ - تكون الأولوية للقضايا الملحة بالمنطقة العربية، والأفكار القابلة للتطبيق.

٢ - أن يكون الحجم في حدود ٢٠٠ - ٣٠٠ صفحة من القطع المتوسط.

٣ - أن لا يكون قد تم نشر الكتاب كاملاً أو في أجزاء من قبل.

٤ - أن لا يكون هناك نسخ لنصوص من كتاب أو بحث آخر باستثناء ما يشار إليه كإقتباس مع تسجيل كل المراجع التي استخدمت في التأليف.

٥ - في حالة الترجمة يُشار إلى صفحات الكتاب الأصلي، المقابلة للنص المترجم، وترفق نسخة باللغة الأصلية للكتاب المُترجم وموافقة المؤلف.

٦ - الهيئة الإستشارية غير ملزمة بقبول كل الاقتراحات التي تقدم لها.

٧ - يكون نشر الكتاب المقترح حسب الأولويات التي تحددها الهيئة الاستشارية وهيئة التحرير.

٨ - لاتُرد المسودات والكتب الأجنبية في حالة الإعتذار عن نشرها.

٩ - أن ترسل أولاً مذكرة بالفكرة العامة للكتاب وموضوعاته وأهميته على الإستمارة المرفقة لإقتراح كتاب للنشر مصحوبة بالسيرة الذاتية للمؤلف.

١٠ - يرسل الكتاب إلى محكمين متخصصين في موضوعه لإبداء الرأي حول صلاحيته للنشر.

١١ - في حالة إجازته من المحكمين والموافقة عليه من هيئة التحرير، يستحق المؤلف مبلغ ١٥,٠٠٠ درهم إماراتي، أو ما يعادلها يتم تحويلها للمؤلف بعد إكمال كل التعديلات المطلوبة، وتقديم نسخة إليكترونية ليطبع الكتاب.

١٢ - في حالة قبول الترجمة والتعاقد يستحق المترجم مبلغ ١٠,٠٠٠ درهم إماراتي أو ما يعادلها، يتم تحويلها بعد إكمال كل التعديلات المطلوبة وتقديم نسخة إليكترونية ليطبع الكتاب.

١٣ - المترجم مسؤول عن حق الملكية الفكرية بالنسبة للمؤلف.

١٤ - مؤسسة زايد الدولية للبيئة غير مسؤولة عن محتويات الكتاب والفكرة المنشورة تعبر عن رأي الكاتب.

١٥ - لايحق للمؤلف أو المترجم إعادة الطبع،إلا بموافقة خطية من «مؤسسة زايد الدولية للبيئة»، التي تحتفظ بحقوق النشر.

مجالات السلسلة :

تدور مـجـالات السلسلة في فلك الإطار الشـامل، لصـون البيئة والموارد الطبيعية، وفقاً لأسس التنمية المستدامة التي تحقق التوازن بين التنمية الاقتصادية والتنمية الاجتماعية، وحماية البيئة، وتشمل المجالات الآتية:

١ – التنمية المستدامة وما يتعلق بتحقيقها من آليات اقتصادية واجتماعية وبيئية.

٢ – إدارة النظم الايكولوجية.

٣ – المياه العذبة .

٤ – صون التنوع الحيوي وحماية الحياة الفطرية وتنميتها.

٥ – البيئة البحرية والإدارة البيئية المتكاملة للمناطق الساحلية.

٦ – التنمية المستدامة للمناطق الزراعية ومناطق الرحل.

٧ – مكافحة التلوث.

٨ – التقنيات السليمة بيئياً وإدخالها في عمليات الإنتاج وإدارة الموارد.

٩ – صحة البيئة.

١٠ – نشر وتعزيز الوعي البيئي والمشاركة الشعبية.

١١ – التربية البيئية، والإعلام البيئي.

١٢ – التشريع البيئي وآليات تطبيق القوانين واللوائح.

١٣ – تعزيز دور المرأة والبيئة والتنمية.

١٤ – الأمن البيئي .

قائمة الإصدارات

Zayed International Foundation for the Environment

سلسلة كتاب عالم البيئة

١- «مقدمة في إقتصاديات البيئة» (٢٠٠٣) د. محمد عبدربه، جامعة الأسكندرية.

٢- «الغطاء النباتي الفطري» (٢٠٠٤) أ.د. محمود زهران، جامعة المنصورة

٣- «الطاقة والتنمية المستدامة في الدول العربية» (٢٠٠٤) د. هشام الخطيب، الأردن

٤- «الزراعة النظيفة» (٢٠٠٥)- أ.د. محمد صابر، المركز القومى للبحوث، القاهرة

٥- «المعارف التراثية في صحارى الوطن العربي» (٢٠٠٦)
أ.د. كمال الدين البتانوني، جامعة القاهرة
والمهندس حسن كمال الدين البتانوني، جهاز شئون البيئة، مصر

٦- «البيئة الحضرية : الفرص والتحديات» (٢٠٠٧)
د. محمد عبد الكريم عبدربه والدكتور محمود عادل حسن، جامعة الأسكندرية

٧- «النظام البيئي لغابات القرم (المانجروف) على سواحل البحر الأحمر وشبه الجزيرة العربية» (٢٠٠٧) أ.د. محمود زهران، جامعة المنصورة

٨- «التخطيط البيئي ودوره الإستراتيجي في الحفاظ على البيئة» (٢٠٠٨)
د. عادل عبد الرشيد عبد الرزاق، الهيئة العامة لحماية البيئة اليمنية – عدن
٩- «الأمن المائي العربي: نحو إدارة متكاملة ومستدامة للموارد المائية العربية»
(٢٠٠٩) د. محمد عبد الحميد داؤد، هيئة البيئة – أبوظبي
١٠- «الربيع الغائم: الحد من دوامة إفساد البيئة» (٢٠٠٩)
أ.د. محمد صابر، المركز القومى للبحوث، القاهرة
١١- «الإدارة البيئية» (٢٠١٠) - د. هشام الزيات، جامعة الأسكندرية
١٢- «البيئة من منظور اسلامي» (٢٠١١)
أحمد مبارك سالم عبد الله – مستشار المجلس الوطني بالبحرين.
١٣- «الأمن البيئي» (٢٠١٢) - أ.د. حيدر عبد الرزاق كمونة – جامعة بغداد
١٤- «الأبنية الخضراء» (٢٠١٣) – د. أيوب أبودية – مهندس استشاري، عمان - الأردن
١٥- «وثيقة دبي حول التنفيذ الإقليمي العربي لمخرجات ريو+٢٠» (٢٠١٣)
الآسكوا / جامعة الدول العربية / برنامج الأمم المتحدة للبيئة / مؤسسة زايد الدولية للبيئة / وزارة البيئة والمياه بدولة الإمارات.
١٦- «جدلية الحداثة والبيئة في عمارة أبوظبي» (٢٠١٤).
د. محمد محمود عباس – مهندس معماري ، بلدية أبوظبي

١٧- «البيئة والميكروبات في حياتنا اليومية» (٢٠١٤).

أ.د. محمد صابر، المركز القومى للبحوث، القاهرة

١٨- «التنمية المستدامة في الدول العربية» (٢٠١٥)

د. نواز عبد الرحمن الهيتي ، جامعة قطر

١٩- «الطاقة والإنسان والبيئة» (٢٠١٦)

د. أيوب عيسى أبودية، الأردن

٢٠- « نحو تنمية مستدامة للموارد الطبيعية لتحقيق أمن غذائي عربي» (٢٠١٦)

أ.د. صبري فارس الهيتي ، جامعة بغداد - العراق

٢١- «الكوارث والبيئة» (٢٠٠٨) – عدد خاص

د. أسامة منصور السواح، أكاديمية شرطة دبي

٢٢- «دبي والإقتصاد الأخضر» (٢٠١٦) – عدد خاص

د. أسامة منصور السواح، أكاديمية شرطة دبي

٢٣ - رحلة الماء من المالح إلى العذب

د هشام الزيات & د شريف قنديل

وتصدر المؤسسة مجلة شهرية

بعنوان «البيئة والمجتمع»

باللغتين العربية والإنجليزية منذ ١٩٩٩

ومجلة شهرية للأطفال

بعنوان «أحباب البيئة» ابتداءاً من ٢٠١٧.

تمّ بحمد الله

العنـوان :دليل تصميم محطات معالجة مياه الصرف
المؤلف : المهندس /محمدمعن برادعي

الموضـــــــــوع : بيئـي
الرقم الدولي للسلسلة :
الرقم الموضوعي :
عـــــدد الصفحات : 718 صفحة
قيـــــاس الصفحة : 17 - 24 سم
عـــــدد النســـخ : 2000 نسخة

الطبعة الأولى
1440 - 2018م

جميع الحقوق محفوظة
يمنع نسخ هذا الإصدار أو أجزائه بكل الطرق، كالطبع، والتصوير، والنقل، والترجمة،
والتسجيل المرئي، والمسموع والإلكتروني، إلا بإذن خطي من
«مؤسسة زايد الدولية للبيئة»

ص. ب: 28299 دبي - الإمارات العربية المتحدة
برج العلي - شارع الشيخ زايد - رقم (54)
هاتف : 3326666 4 971+ - فاكس : 3326777 4 971+
البريد الإلكتروني : zayedprz@emirates.net.ae
الموقع الإلكتروني : www.zayedprize.org.ae