المحتوى:

الباب الأول : المياه المنزلية صفاتها الفيزيائية و الكيميائية

الفصل الأول: الصفات الفيزيائية للماء

١. اللون
٢. الرائحة و الطعم
٣. درجة الحرارة
٤. العكارة
٥. الأجسام الصلبة

الفصل الثاني: الصفات الكيميائية للماء

٦. الأس الهيدروجيني
٧. الحامضية
٨. القلوية
٩. قساوة الماء
١٠. الناقلية الكهربائية
١١. الأكسجين البيوكميائي المستهلك
١٢. الأكسجين الكيميائي المستهلك
١٣. الكربون العضوي الكلي
١٤. العدد الأكثر احتملاً

المحاليل :

١. المحليل الحقيقية
٢. المحليل الغروية
٣. المعلقات و المستحلبات

الباب الثاني: معالجة مياه المجاري ، المبدأ العام و أنواع و طرق المعالجة

§ الغرض من معالجة مياه المجاري

§ أسباب معالجة الفضلات السائلة

§ تصنيف تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي

١. المعالجة التمهيدية

- المصافي
- أحواض حجز الرمال و الأتربة

٢. المعالجة الابتدائية

٣. المعالجة الثانوية

- الترسيب

شروط أحواض الترسيب

العوامل المؤثرة في مردود الترسيب

- التهوية

طرق التهوية: بالهواء المضغوط - التهوية الميكانيكية

أنواع المعالجة البيولوجية الشائعة:

طريقة الحمأة المشطة:

١. نظرية المعالجة بالحمأة المنشطة

٢. مزايا المعالجة بالحمأة المنشطة

٣. عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة

٤. أسس التصميم للمعالجة بالحمأة المنشطة

٥. المؤثرات على طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة

٤. المعالجة الثلاثية:

التعقيم:

- غايته
- قياس فعاليته

- مركبات المعالجة:الكلور المميع – هيبوكلوريد الصوديوم – ثاني أكسيد الكلور – الأوزون .

التخلص من الحمأة: تكثيف – تجفيف

٥. المعالجة المتقدمة :

- ازالة المركبات النتروجينية
- ازالة المركبات الفوسفاتية
- الحصول على مياه الشرب

الباب الثالث: محطات معالجة المياه باستخدام طريقة المفاعلات الدفقية المتسلسلة

- توصيف
- وصف لطريقة معالجة مياه الصرف باستخدام ال SBR
- قابلية تطبيق ال SBR
- ميزات و مساوئ ال SBR
- مقاييس التصميم
- بناء أنظمة ال SBR
- وصف لحوض و المعدات
- الصحة و السلامة
- عمل نظام ال SBR
- العمل و الصيانة

الباب الرابع: المذكرة الحسابية لمحطة المعالجة

الملحق :

تعريفات.

Glossary و المراجع.

الباب الأول

المياه المنزلية

صفاتها الفيزيائية و الكيميائية

Chapter (1)

DOMESTIC WASTE WATER

PHYSICAL & CHEMICAL CHARACTERS

أسس المعالجة البيولوجية لمياه الصرف

Principles of Wastewater

Biological Treatment

إن موضوع البيئة وتلوثها ، والأخطار الناجمة عن ذلك التلوث على الإنسان والحيوان والنبات، هو من الموضوعات الرئيسية التي سوف تشغل العالم في العقود وربما في القرون القادمة.

إحدى أسباب قصور الوعي البيئي هو أن البيئة بمعناها الشامل ، تبدو ظاهرياً أن لا علاقة لها بالأفراد من حيث دخلهم أو سكنهم أو رفاههم ، لكن تلوث البيئة ينقض على البشر دون تفريق بين الدول والفئات الاجتماعية، فتنغص الحياة ، ومن المؤكد أن أمراضاً بعينها ، وأجواء بعينها هي نتاج حتمي للعبث بالبيئة.

يعيش الإنسان في إطار أنظمة رئيسية ثلاثة ، ليس له مخرج منها ، وتتحكم في حياته تحكماً كاملاً وهي: النظام البيولوجي، والنظام التقني ، والنظام الاجتماعي.

النظام البيولوجي هو المحيط الحيوي- الطبيعة - حيث توجد أو يمكن أن توجد فيه حياة ، ويجمع بين الغلاف الجوي- الهواء- والطبقات السطحية من الأرض والمياه

أما النظام التقني فهو النظام المصنوع ، لتأمين استقرار الإنسان واستمتاعه بالحياة ، كالمدن والقرى ، وشبكات المواصلات ، وأنظمة الري والصرف ، إلى آخر ما صنع الإنسان في محيطه اليومي .

أما النظام الاجتماعي فيشكل من المؤسسات التي أقامها وطورها الإنسان ليدير شؤونه في مجتمعه أو مع المجتمعات الأخرى.

إن التفاعل بين هذه المنظومات الثلاث هو الذي يضخ الدماء في شرايين المجتمع المنظم .

ولكي نحافظ على دورة التفاعل بين الأنظمة الثلاث ، يجب أن لا يطغى نظام على نظام

قال تعالى : (والسماء رفعها ووضع الميزان ألا تطغوا في الميزان) صدق الله العظيم .

إن كل مشكلات البيئة هي نتاج فشل التفاعلات بين عناصر ومكونات الأنظمة الثلاثة أو تعارضها.

الإنسان هو المبتكر والمطور للنظام التقني (الصناعي) والإنسان هو المسير والموجه في النظام الإجتماعي ، فقراراته تؤثر في النظام الحيوي.

الإنسان إذن هو سبب المشكلات البيئية ، وهو هدفها أيضاً، والإنسان هو الفرد العادي على وجه العموم ، ولكنه الإنسان الذي يقود المؤسسات الصناعية والتقنية والمؤسسات السياسية و الاجتماعية ، وأجهزة الدولة ، والمنظمات العالمية على وجه الخصوص.

عموميات و تعاريف ومصطلحات

Introduction , Definitions and Concepts

الخاصية أو النوعية :

هي كلمة كثيرة الإستعمال في علم الهندسة الكيميائية والبيئية والصحية (Quality) وذلك للتعبير عن مجمـوع المواصفات الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية لنوع من الماء بالنسبة لاستخدام معين.

فنوع من الماء الصالح لاستخدام ما قد يكون غير صالح لاستخدام آخر.

إن خاصية (TDS) Total Dissolved Solids المواد الصلبة المنحلة الكلية هي الأكثر استخداماً وتشمل:

- كثير من الأملاح اللاعضوية ،
- والمركبات العضوية و
- الغازات قابلة للذوبان في الماء .

الفصل الأول :

الصفات الفيزيائية للماء

Physical Standards of Water

١- اللون Colour :

يعود تلون الماء إلى مختلف الأجسام النباتية كالدبال Humus والخث Peat .

(وهو نسيج نباتي لصنف متفحم يتكون من تحلل النباتات تحللاً جزئياً في الماء) والعفص Tannin، والطحالب Algae ....الخ وبشكل عام إلى مواد عضوية متحللة .

وقد يعود اللون إلى تواجد معادن طبيعية natural Minerals كمركبات الحديد و المنغنيز.

كما أن من الصناعات تطرح في المصارف المائية فضلاتها الملونة بالأصبغة وغيرها .

٢- الرائحة والطعم : Odour and Taste

تكتسب المياه رائحة وطعماً غير مستساغين بسبب الأشنيات (الطحالب) والفطور والحشائش وبيوض الأسماك في المياه الراقدة ، لاسيما في المستنقعات وأحواض التخزين وقد يكون للمياه طعماً ترابياً بسبب وجود بعض الأوحال فيها .

ولإزالة الرائحة والطعم يمكن أن تمرر المياه على الكربون المنشط الناعم .

٣- درجة الحرارة : Temperature

تتراوح درجة حرارة المياه الصالحة للشرب بين ٧-١٢مْ وتكون درجة حرارة المياه الجوفية أكثر ثباتاً من درجة حرارة المياه السطحية وتساوي (٢) درجة مئوية على عمق / ١٥ / م تحت سطح الأرض ثم تزداد درجة واحدة تقريباً كلما زاد العمق/٣٠/م.

٤- العكارة Turbidity :

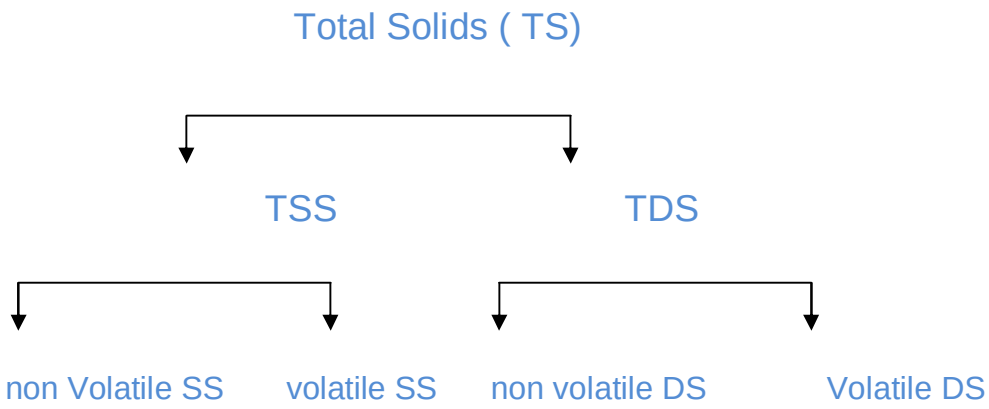
- تنتج من المعلقات الغروية Colloidal والمعلقات الخشنة Coarse ولدرجة إضطراب الماء Turbulance أثر كبير في العكارة .
- ففي البحيرات والأحواض المائية الهادئة تعود معظم العكارة إلى تواجد الجزيئات الغروية والمواد الناعمة جداً كالطمي Silt .
- في حين تعود عكارة الماء في الأنهار والمياه المضطربة إلى تواجد المواد الخشنة كالرمال .
- تتوقف درجة العكارة على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها ودقة حبيباتها .
- وهناك أكثر من طريقة لقياس درجة العكارة للماء إلا أن جميعها تعطي نتائجها مقدرة بجزء في المليون أو ملغ/لتر

٥- الأجسام الصلبة TS Total Solids

إن جميع المواد ، عدا الماء ، الموجودة في المواد السائلة تصنف على أنها مواد صلبة .

إن المواد الصلبة الموجودة في الماء ذات طبيعة مختلفة جداً ، عضوية ولا عضوية ،قابلة للتطاير Volatile TS وثابتة غير طيارة non Volatile TS بعضها منحل في الماء TDS (Total Dissolved Solids) ومنه الطيار Volatile DS ومنه غير الطيارDS

non Volatileوبعضها الآخر غير قابل للانحلال ويبقى معلقاً Suspended ويسمى المواد الصلبة المعلقة الكلية (TSS) Total Suspended Solids ومنه أيضاً المواد الصلبة المعلقة الطيارة Volatile SS والمواد الصلبة المعلقة غير الطيارة الثابتة non SS Volatile



لتحديد كمية المواد المنحلة والمواد الغروية نجري عملية ترشيح فتترسب المواد الغروية على المرشح وتبقى المواد المنحلة في الرشاحة .

E إن كمية المواد العضوية الموجودة في الماء تحدد المواد الصلبة الطيارة حيث تحرق العينة لدرجة حرارة تسمح بتحويل المادة العضوية الى CO_2، H_2O بينما لاتسمح بتفكك وتطاير الأجسام اللاعضوية ، وتحدد درجة الحرارة هذه في مجال ٥٥٠ مْ– ٦٠٠ مْ

$$CX(H2O)y \xrightarrow{\triangle} X\,C + Y\,H20$$

$$C + O2 \xrightarrow{\triangle} CO2$$

الأجسام القابلة للتوضع Settleable Solids

هي الأجسام العالقة التي تتوضع على قعر الأناء في شروط السكون بتأثير الجاذبية أي أنها أجسام خشنة ذات وزن نوعي أكبر من الوزن النوعي للماء .

الفصل الثاني:

الصفات الكيميائية للماء

Chemical Standards of Water

٦- الأس الهيدروجيني(أو رقم PH)PH- Value

هو لوغارتيم مقلوب تركيز أيونات الهيدروجين مقدرة بواحدة /١/ يون غرامي / ليتر

$$PH= \log 1/ [H+]= - \log [H+]$$

تتحول قيم PH في المحاليل بين 0 - 14 ، حيث ترمز القيمة 7 الى نقطة التعادل المطلق .

ان PH هو مقياس فعالية الشاردة وليس لتركيزها ، كما أن PH لا يقيس الحموضة الكلية أو القلوية الكلية.

٧- الحامضية Acidity :

الحامضية هي قدرة الماء لتعديل الأساس القوي . وتعزى في المياه الطبيعية الى وجود أحماض الكربونيك (الفحم) مثل : ($H_2O + CO_2$) $H_2 CO_3$,HCO_3 وأحياناً إلى أحماض قوية أي (H+) .

إن نقطة التعادل النهائية لحمض الكربونيك لن تتحقق إلا بعد وصول PH الى القيمة 8.5 ، واعتمادا على ذلك جرت العادة في كيمياء الماء على اعتبار أن جميع المياه التي تكون فيها PH أقل من 8.5 حامضية .

٨ – 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^{32-} , HCO^{3-}

الهيدروكسيد الكربونات البيكربونات (الكربونات الحامضية)

ويوجد أيضاً أنواع أخرى بتراكيز أقل من هذه بكثير مثل : السيليكات ، النشادر، الفوسفات والأسس العضوية .

٩- قساوة الماء (عسرة الماء) Water hardness

تنشأ قساوة الماء عن وجود كاتيونات الفلزات ثنائية التكافؤ في الماء مثل : Mn^{2+} , Fe^{2+}, Sr^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+} والتي تشكل مع بعض الأنيونات المتواجدة في الماء مثل CO^{2-} , SO^{2+} القشور التي أصبحت مشاكلها معروفة .

وفي بعض الحالات تعتبر شوارد الألمنيوم والحديد كمكونات مساهمة في قساوة الماء Problem Scaling .

يسمى الماء عسراً (HARD WATER) إذا احتوى نسبة عالية من أملاح الكالسيوم أو المغنزيوم أو الحديد أو الألمنيوم ، إلا أن أهم الأملاح المسببة لعسر الماء هي :

- كربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ١٥ ملغ/لتر
- بيكربونات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ٣٨٥ ملغ/لتر
- كربونات المغنزيوم وتذوب في الماء حتى ٧٢٠ ملغ/لتر
- بيكربونات المغنزيوم وتذوب في الماء حتى ١٩٥٠ ملغ/لتر
- كبريتات الكالسيوم وتذوب في الماء حتى ٢٠٠٠ ملغ/لتر
- كبريتات المغنزيوم وتذوب في الماء حتى ٣٤٥٠٠٠ ملغ/لتر

أما أملاح الحديد والألمنيوم فنادراً ما تتواجد في الماء للدرجة تسبب عسراً ملحوظاً وتختلف درجات عسر الماء تبعاً لكمية الأملاح المسببة للعسر.

١٠- الناقلية الكهربائية (EC) (Electrical Conductance)

تعرف الناقلية النوعية أو التوصيل النوعي للمحلول Specific Conductance :بأنها **مقلوب *المقاومة النوعية للموصل (المحلول).***

$$K = \frac{1}{r}$$

حيث **ρ** : (أوم.سم)

K : الناقلة النوعية (التوصيل النوعي) وواحدتها هي : ١/أوم.سم وتقرأ عادة (موز/سم، mohs /cm) أو(سيمنس / سم) Siemens /cm .

كثيراً ما نقوم بقياس الناقلية النوعية للمياه للحصول على تقدير سريع لمجموع الأجسام الصلبة المنحلة (TDS) في عينة الماء ، ونستخدم عملياً العلاقة التجريبية الآتية :

$$TDS = 0.8(1.02) \times Cond.(\mu\ mohs/cm)$$

حيث : **TDS** = مجموع الأجسام المنحلة في الشكل الشاردي في الماء مقدراً بـ (ملغ/ليتر)

T = درجة الحرارة (مْ)

Cond = الناقلية مقدرة بـ ميكروموز/سم

ونحصل على تقدير لمحتوى الأجسام الصلبة المنحلة من ناتج جداء الناقلية النوعية بمعامل تجريبي يتراوح بين (0.55- 0.90) .

تعطي **العكارة** فكرة عن المواد الصلبة العالقة **ss** ، وتعطي **الناقلية** فكرة عن مجموع المواد الصلبة المنحلة **TDS**

ماء	K(µ mohs/cm)
مياه نقية جداً	0.05
مقطرة عادية	1.5
مياه ذوبان الثلوج	7 o
مياه النهر	7 oo
مياه بحر	50 ooo

١١-الأوكسجين البيوكيميائي المستهلك Biochemical Oxygen Demand:(BOD)

يعرف BOD بأنه كمية الأوكسجين المستهلك من قبل مزيج من الكائنات الحية الدقيقة خلال عملية التأكسد الهوائي للمواد العضوية في عينة من المياه الملوثة بدرجة ٢٠ مْ .

ويعتمد على قياس الأوكسجين المنحل **DO** عند الابتداء و**بعد الحضن لمدة خمسة ايام** وهو ما يرمز اليه بـ **BOD_5** .

يتأثر الاختبار **بدرجة الحرارة** و**بالزمن** كما أن **للضوء** تأثير على عملية الأكسدة البيولوجية لذلك نستخدم زجاجات بنية اللون ، ووحداته ملغ أوكسجين / ليتر واحد من المياه الملوثة (ملغ/ليتر) .

١٢ - الأوكسجين الكيمائي المستهلك Chemical Oxygen : (COD) Demand

إن اختبار BOD_5 لا تمكن البكتريا من استهلاك بعض المواد العضوية كما أن بعض المركبات العضوية يصعب على البكتريا هضمها مثل الشعر والورق و السيللوز .... إلاّ أن اختبار COD يؤكسد جميع هذه المواد في المياه الملوثة .

لذلك نجد أن قيم COD تكون عادة أعلى من قيمBOD

ويقيس هذا الاختبار تلك المواد العضوية في المياه الملوثة التي تتفاعل وتختزل محلولاً حاراً من ثاني كرومات البوتاسيوم في حمض الكبريت . إن اختبار COD لا يتجاوز ثلاث ساعات .

ويعبر عن COD بواحدات ملغ أوكسجين في الليتر اللازم لأكسدة المواد العضوية في العينة : ملغ / ليتر.

١٣- الكربون العضوي الكلي Total Organic Carbon: (TOC)

يستخدم هذا الإختبار درجات الحرارة العالية (٩٠٠- ١٠٠٠ مْ) وبنتيجة عملية الاحتراق هذه يتحول الكربون إلى CO_2 ويتم قياس ثاني أكسيد الكربون الناتج بواسطة أجهزة حديثة وحساسة و لاتتجاوز فترة الاختبار سوى بضعة دقائق . بالرغم من تلك المميزات للاختبارين (COD) و(TOC) فإنه لايمكننا الاستغناء عن اختبار BOD لان هذا الأخير يعطينا فكرة جيدة عن معدل التحلل البيولوجي للمواد العضوية في المياه الملوثة وبالتالي نوعية المياه ودرجة تلوثها العضوي.

١٤-العدد الأكثر احتمالاً The Most Probable Number :(MPN)

إن جراثيم الكوليفورم Coliform (القولونيات ،العصيات) هي بحد ذاتها غير مؤذية أو مسببة للمرض ، لكنها تتواجد في المياه المشتملة على الجراثيم المعوية الممرضة enteric pathogens ، أي أن وجود الكوليفورم في الماء دليل على التلوث البرازي . ووجد أن بعض أنواع Coliform ينمو في التربة .

إن تحديد عدد القولونيات في عينة الماء الملوث يعد أساسياً جداً من أجل تقدير مدى التلوث .

يرشح حجم معين من عينة الماء عبر غشاء ذو مسامية ملائمة لحجز كافة الجراثيم ، وبعد فترة الحضن يتم تعداد المستعمرات الجرثومية القولونية وتعطى النتيجة بالنسبة لحجم ١٠٠ مل من الماء .

إن العدد الأكثر احتمالاً (MPN) هو عدد القولونيات (العصيات) المتواجدة في /١٠٠/ مل من العينة .(MPN100 ml)

المحاليل Solutions :

يمكن تصنيف المحاليل تبعاً لدرجة تبعثر المواد التي تدخل في تركيبها وبالتالي تبعاً لأبعاد الجسيمات المنحلة .

١- المحاليل الحقيقية :

تكون أبعاد الجسيمات في المحاليل الحقيقة أقل من /١/ ميلي ميكرون .

- **محاليل شاردية :** المادة المنحلة قابلة للتفكك بشكل كبير مثل حمض الآزوت HNO_3 ومحاليل كلور الصوديوم NaCl وماءات الصوديوم NaOH .
- **محاليل جزيئية :** عملياً لاتتفكك 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 .
- لا يوجد سطوح الفصل الفيزيائية بين المادة المنحلة والمذيب .

٢- المحاليل الغروية :

تتراوح أبعاد الجسيمات المتجمعة من/١/ الى/١٠٠/ ميلي ميكرون .

محاليل مائية لأكاسيد الحديد والألمنيوم والكروم ومعظم كباريت الشوارد المعدنية الثقيلة مثل كبريت الزرنيخ AS_2S_3 . تتبعثر الدقائق في محاليها ولا تترسب بتأثير الجاذبية الأرضية . تنفذ عبر ورق الترشيح الذي أبعاد مساماته حوالي /١٠/ 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 . تتميز أيضاً بشحنة كهربائية سطحية متماثلة تمنع تخثرها وترسبها .

٣- المعلقات والمستحلبات :

تكون أبعاد المعلقات والمستحلبات في المحاليل أكبر من /١٠٠/ ميلي ميكرون .

المعلقات مثل : هاليدات الفضة AgI,AgBr,AgCl

المستحلبات مثل : أكاسيد القصدير والأنتمون .

- ? لزوجة المستحلبات أكبر من المعلقات نتيجة ادمصاصها المفرط للماء (هلام) .
- ? تتميز بوجود شحنة كهربائية سطحية مثل الغروانيات .
- ? المعلقات تتخثر بسهولة (محلول مخثر ممدد).
- ? المستحلباب تتخثر بصعوبة بإضافة محلول مخثر بتركيز كبير .

هناك بعض الرواسب الجيلاتينية مثل الماءات المعدنية وخواصها بين المعلقات والمستحلبات .

الباب الثاني

معالجة مياه المجاري

المبدأ العام & أنواع و طرق المعالجة

Chapter (2)

WASTEWATER TREATMENT

TYPE & METHOD OF TREATMENT

- تحتوي المياه الطبيعية و كذلك المياه المعالجة بغية الإفادة منها مجدداً على أيونات معدنيـــة منحلة عديدة وكذلك عنصري ((الحديد و المنغنيز)) وبالرغم من أن بعضها ضروري لصحة الإنسان وللحياة اليومية عموماً فإن التركيز العالية لبعض هذه الأيونات والعناصر أو وجودها أحياناً حتى بتراكيز صغيرة يكون ضاراً بالصحة ويمنع استخدامها قبل التخلص من هذه الأيونات والعناصر أو خفض تركيزها حتى تصبح مقبولة وتحدد هذه التراكيز المقبولة المنظمات العالمية للصحة أو الهيئات الصحية في كل قطر . ومن هذه العناصر البور و الكوبالت و النحاس و المنغنيز و النيكل والسيلكون و التوتياء و الحديد وغيرها . . وبالرغم من أن وجودها بتراكيز ضئيلة في العمليات الحيوية المعقدة فإن وجودها بتراكيز عالية يؤدي إلى أخطار شديدة على الحياة ذاتها في الكائن الحي .

وقد تحتوي المياه الطبيعية أو المعالجة على أثار من عناصر أخرى مثل الزرنيخ و الرصاص و الكادميوم و الزئبق و السلنيوم و الفضة و القصدير وهي مصنفة تحت العناصر السامة التي لا يجوز أن تتجاوز تراكيزها قيماً ضئيلة جداً في مياه الشرب .

وبذلك تعالج مياه الصرف الصحي والمجارى العمومية ثم يعاد استخدامها في ري بعض الأراضي وبالتالي نحد من الزيادة السريعة لاستهلاك المياه النقية ويتوقف استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة على مستوى المعالجة فلابد أن يكون معالجة متقدمة و بالتالي نستفيد من مياه الصرف بدل من كونها عبئ على تلوث البيئة.

الغرض من معالجة مياه الصرف الصحي:

إن الهدف الرئيسي من عملية معالجة مياه الصرف الصرف الصحي هو التخلص من مسببات تلوث تلك المياه سواء كانت مواد عضوية أو غيرها ، عالقة كانت أم ذائبة ، ويتم ذلك عن طريق حجز هذه المواد وإزالتها أو تحليلها إلى مواد وغازات غير ضارة , إضافة إلى التخلص من الكائنات الحية الضارة والمسببة للأمراض .

وهناك عدة اختيارات أساسية لتحديد المحتويات العضوية لمياه الصرف الصحي أهمها ما يلي:

- احتياج الأكسجين الكيميائي والحيوي (BOD) .
- احتياج الأكسجين الكيميائي (COB) .
- الكربون العضوي الكلي (TOC) .
- احتياج الأكسجين الكلي (TOD) .

وعموماً فإن **المعيار الشائع الاستخدام** والمطبق في تحديد التلوث العضوي في المياه هو احتياج الأكسجين الكيميائي **(COD)** واحتياج الأكسجين الكيميائي والحيوي **(BOD)** . هذا المعيار يتم فيه قياس الأكسجين المنحل المستخدم من قبل الأحياء الدقيقة في عمليات الأكسدة الكيميائية والحيوية (BOD) في مياه الصرف الصحي الخام غير المعالجة ما بين٢٥٠-٦٥٠ملغم/لتر، ويقدر التركيز المقبول للأكسجين الكيميائي والحيوي (BOD) في مياه الصرف الصحي المعالجة بحوالي **٣٠ مل غرام/ ليتر** كمتوسط شهري وقد ينخفض إلى **١٠ مل غرام /ليتر** في بعض البلاد القاسية في شروط حماية البيئة .

أسباب معالجة الفضلات السائلة :

من أهم الأسباب لمعالجة الفضلات السائلة ما يلى :

١- منع أو تقليل الملوثات التي ربما وجدت طريقها لمصدر المياه السطحية أو الجوفية .

٢- منع انتشار الأمراض المعدية بإزالة أو قتل الجراثيم الموجودة في الفضلات السائلة و الحمأة.

٣- موازنة الحمأة لمنع حدوث المخاطر الصحية .

٤- الحد من إنتاج الروائح الكريهة وغيرها من المكدرات .

٥- إعادة استخدام ماء التصريف الخارج من محطات المعالجة وإعادة استخدام الحمأة و النواتج الثانوية من وحدات المعالجة .

ويمكن تصنيف تقنيات معالجة مياه الصرف الصحي كما يلي :

1- المعالجة التمهيدية Preliminary Treatment (الميكانيكية)

2- المعالجة الابتدائية Primary Treatment (الطبيعية أو الطبيعية والكيميائية).

3- المعالجة الثانوية Secondary or Biological Treatment(البيولوجية - الكيميائية).

4- معالجة الحمأة Sludge Treatment (المواد المترسبة).

5- المعالجة الثلاثية Tertiary Treatment (البيولوجية – الكيميائية – الطبيعية).

١- المعالجة التمهيدية :

Preliminary Treatment

الهدف من المعالجة التمهيدية هو إزالة المواد الصلبة العالقة غير القابلة للتحلل في مياه الصرف الصحي ، لحماية المضخات و المنشآت الميكانيكية الموجودة في المراحل اللاحقة من المعالجة ، وتتم هذه المعالجة في الوحدات التالية:

- المصافي.
- أحواض إزالة الرمال.
- أحواض إزالة الزيوت والشحوم من مياه الصرف الصحي.
- أحواض الترسيب الابتدائية.

المصافي:

أنواع المصافي:

أ ـ المصافي العادية :

التي تخلص مياه الصرف الصحي من الجوامد الكبيرة الحجم وذلك بحجزها .

ب ـ المصافي الدقيقة :

التي تخلص مياه الصرف الصحي من الجوامد الصغيرة الحجم وذلك بحجزها.

طرق التخلص من فضلات المصافي :

يمكن تلخيص طرق التخلص من فضلات المصافي كما يلي :

- تخفيفها بالضغط لإزالة أكبر كمية من مائها ثم حرقها .
- حملها وإلقائها بعيداً في مناطق نائية.
- تقطيعها وفرمها بمفارم خاصة ثم نقلها إلى أحواض تخمير الرواسب حيث تعالج ويتم التخلص منها مع بقية الرواسب
- الدفن في خنادق محفورة بالأرض وتغطيتها بطبقة ردم من الرمال لا تزيد عن ٦٠ سم تفادياً لرائحتها وتوالد الذباب على سطحها وهو الإسلوب الممكن استخدامه في القرى .

أحواض حجز الرمال والأتربة :

التي تستعمل عادة لإزالة المواد الصلبة ذات الأصل المعدني كالرمال والأتربة وما شابهها من مياه الصرف الصحي ..

٢- المعالجة الإبتدائية :

Primary Treatment

الهدف من عملية المعالجة الابتدائية هو إزالة المواد الصلبة المعلقة(SS) و التلوث العضوي (BOD) ، وتتم هذه المعالجة في أحواض الترسيب التي تستعمل لحجز المواد الصلبة.
ويمكن للمعالجة الابتدائية (الميكانيكية) هذه أن تزيل تقريباً نسبة 60-70% من المواد المعلقة وتسبب انخفاضاً في الأكسجين الحيوي الممتص من مياه الصرف الصحي بنسبة من 20-30%.

٣- المعالجة الثانوية :

Secondary or Biological Treatment

في هذه المرحلة يتم التخلص من نسبة 30-40 % من المواد الصلبة ونسبة 60-70 %من المواد العضوية.

و تهدف هذه المعالجة إلى أكسدة المواد العضوية الموجودة في مياه المجاري و تحويلها إلى مركبات مستقرة و كتلة حيوية (Biomass) تتألف في معظمها من البكتيريا و بعض الكائنات الدقيقة التي يمكن فصلها عن المياه و معالجتها على انفراد و بالتالي الحصول على مياه خالية تماماً من التلوث العضوي .

تهدف المعالجة الثانوية للمخلفات السائلة إلى :

١. إزالة المواد الغروية الصلبة الغير قابلة للترسيب .
٢. موازنة المواد العضوية.
٣. تقليل نسب المواد العضوية الموجودة في الحمأة .
٤. تخفيض مواد التغذية (مثل النتروجين و الفوسفور) في الحمأة .

يتم التفتيت الحيوي للمواد العضوية بخليط غير متجانس من البكتريا والكائنات الحية الدقيقة . وتقوم الكائنات الدقيقة بتحليل المواد العضوية إما في بيئة هوائية أو لاهوائية أو اختيارية .

وتتم الأكسدة الهوائية في وجود الأكسجين وتعمل المواد العضوية كمصدر للطاقة وممول للكربون وتخليق الخلية الحية وتتم التفاعلات المبينة أدناه عند وجود المادة العضوية :

مادة عضوية + (أكسجين ــ بكتريا) (تخليق خلايا جديدة +طاقة حركية +نواتج ثانوية (ثاني أكسيد الكربون ، الماء ، الكبريتات ، الفوسفات ، النترات ، النتريت))

ويتم التحليل الحيوي للمواد العضوية بواسطة الكائنات الحية الدقيقة في غياب الأكسجين الحر ، غير أنه يستفاد من الأكسجين المتحد مع مركبات مثل النتريت و النترات والكبريتات طبقاً للتفاعل المذكور في المعادلة أدناه :

مواد عضوية (مكونة من كربون ، هيدروجين، أكسجين، نيتروجين ، كبريت) + بكتريا (تخليق خلايا جديدة + طاقة + أحماض عضوية + كحول) .

و بشكل عام تتم المعالجة الثانوية في وحدتين رئيسيتين هما :

- المفاعل أو حوض التهوية (Reactor or Aeration Tank) .
- حوض الترسيب أو الترويق الثانوي أو النهائي .

(Secondary or Final Sedimentation (Clarification) Basin)

الترسيب:

وتوجد أنواع عديدة من أحواض الترسيب , ويتوقف اختبار أي منها على عوامل عديدة منها حجم التصريف المراد معالجته وطبوغرافية موقع أعمال المعالجة ونوع تربته مع مراعاة الناحيتين الفنية والاقتصادية . وتنقسم غالبة أنواع أحواض الترسيب إلى الأنواع التالية :

- من حيث اتجاه سير المياه : رأسي ـ أفقي ـ دائري.
- من حيث شكل الحوض : مستطيل ـ مربع ـ دائري.
- من حيث طريقة سحب الحمأة : يدوي ـ ميكانيكي ـ بضغط المياه .
- من حيث مناسيب قاع الحوض : أفقي ـ بميل بسيط ـ هرمي شديد الميل .

وقد استخدمت عدة أنواع من أحواض الترسيب (خلاف طريقة الملء والتفريغ) يستمر فيها سريان الماء بالحوض ، و روعي في تصميمها أن تكون سرعة المياه بها بطيئة ومدة بقائها بها كافية بحيث تسمحان بترسيب غالبية المواد العالقة بمياه الصرف ـ وصممت في بادئ الأمر بسعة تسمح بمدة بقاء نظرية ٢٤ ساعة أنقصت تدريجياً حتى أصبحت في بعض الحالات ساعة واحدة ، ويرجع سبب ذلك إلى أن كثير من المواد العالقة ترسب في الساعة الأولى وغالبيتها ترسب في الثلاث الساعات الأولى من بدء عملية الترسيب ، وبعد ذلك تقل كمية الراسب منها كثيراً مما لا يتناسب مع زيادة سعة الأحواض وبالتالي زيادة تكاليف إنشائها ، هذا علاوة على أن بقاء مياه الصرف مدة طويلة بهذه الأحواض بعيدة عن الشمس والهواء (اللهم إلا الطبقة السطحية بالحوض إن لم تكن مغطاة بالخبث) يزيد في درجة تعفنها وتعقيدها ؛ مما يزيد من تكاليف معالجتها في الخطوات التي تلي عملية الترسيب . هذا بالإضافة إلى ما ينبعث منها من رائحة كريهة للغاية .

شروط أحواض الترسيب :

يراعى عند أنشاء أحواض الترسيب أن تستوفي الاشتراطات الآتية :

- أن تكون السرعة بها بطيئة في حدود تسمح للمواد العالقة بالرسوب.
- أن تكون مدة البقاء الفعلية كافية لرسوب المواد العالقة إلى قاع الحوض قبل وصولها لمخرجه ، مع مراعاة ألا تكون مدة البقاء سبباً في زيادة نسبة تعفن مياه الصرف بالحوض زيادة كبيرة.
- أن تكون مدة البقاء الفعلية أقرب إلى مدة البقاء النظرية اللازمة.
- ألاّ يسمح للخبث الطافي بالخروج مع السيب الخارج من الحوض .
- عدم السماح بأي حركة في قاع الحوض تثير ما يرسب به.
- أن يختار نوع الحوض مناسباً لتربة الموقع وظروفه ونوع وكمية مياه الصرف المطلوب معالجتها بحيث تكون أقل الأنواع في تكلفة إنشائها وتشغيلها وصيانتها مع الحصول على نسبة الترسيب المطلوبة .

لذا فكل الجهود موجهة إلى توفير هذه المميزات بأحواض الترسيب للحصول على حوض الترسيب المثالي ، وأكثر أنواع الترسيب استخداماً هي الأحواض المستطيلة والأحواض الدائرية.

العوامل المؤثرة في مردود الترسيب :

١- كثافة الماء : كلما قلت كثافة الماء زادت سرعة وكفاءة الترسيب .
٢- لزوجة الماء : كلما قلت لزوجة الماء زادت سرعة ومردود الترسيب .
٣- الكثافة واللزوجة تابعان لدرجة الحرارة فبازدياد درجة الحرارة تزداد كفاءة الترسيب.
٤- حسب المواد المعلقة : شكلها – كروي أفضل لزيادة المردود .
٥- حجمها – كبير أفضل لزيادة المردود .
٦- سرعة جريان الماء في الحوض (سرعة الماء الأفقية) : كلما قلت سرعة الدخول زاد المردود ويفضل ألا تتجاوز 0.3m/min ، ومن 20-40 ضعفاً لسرعة هبوط الجزئيات .

سرعة هبوط المواد العالقة في الماء عند درجة حرارة عشرة مئوية

القطر مم	سرعة الهبوط م/ثا الوزن النوعي ٢,٦٥	١,٢	القطر مم	سرعة الهبوط م/ثا الوزن النوعي ٢,٦٥	١,٢
١,٠	١٠٠	١٢	٠,٠٦	٣,٨	٠,٣٠
٠,٨	٨٣	٩,٦	٠,٠٤	٢,١	٠,١٣
٠,٦	٦٣	٧,٢	٠,٠٢	٠,٦٢	٠,٠٣٤
٠,٥	٥٣	٦,٠	٠,٠١	٠,١٥٤	٠,٠٠٨٤
٠,٤	٤٢	٤,٨	٠,٠٠٨	٠,٠٩٨	٠,٠٠٥٤
٠,٣	٣٢	٣,٦	٠,٠٠٤	٠,٠٢٤٧	٠,٠٠١٣
٠,٢	٢١	٢,٤	٠,٠٠٢	٠,٠٠٦٢	٠,٠٠٠٣٤
٠,١	٨	١,٢	٠,٠٠١	٠,٠٠١٥٤	٠,٠٠٠٠٨ ٤

التهوية

طرق التهوية :

تتم تهوية المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي مع الحمأة المنشطة المعادة من حوض الترسيب النهائي في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية وتظل المياه في حوض التهوية فترة تتراوح من أربع إلى ثماني ساعات تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدى وظيفتها في أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

ويجب أن تتوافر في أحواض التهوية الشروط الآتية :

أ - توافر الأكسجين في جميع أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتريا في أكسدة وتثبيت المواد العضوية .

ب- وجود تقليب مستمر في أحواض التهوية ينتج عنه ترويب المواد المتعلقة الدقيقة لتكوين مواد أكبر حجماً يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي .

جـ - يكون التقليب بشدة كافية تمنع ترسيب المواد المتعلقة – أي هبوطها إلى قاع حوض التهوية – خوفاً من تراكمها لأن ذلك يتعارض مع استكمال عملية الأكسدة وكذلك لخلو هذه الأحواض من وسائل إزالة وكسح الرواسب من القاع .

ويمكن تقسيم طرق التهوية والتقليب إلى ثلاثة أقسام رئيسية:

أ - التهوية بالهواء المضغوط

ب- التهوية الميكانيكـية

ج- التهوية بالطرق المشتركة (الهواء المضغوط مع التقليب الميكانيكي)

أ) التهوية بالهواء المضغوط :

في هذه الطريقة تمزج المخلفات السائلة بعد معالجتها وخروجها من أحواض الترسيب الابتدائي بنسبة حوالي من ٢٠% إلى ١٠٠% من حجم الحمأة المنشطة السابق ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي ثم يمر الخليط في أحواض التهوية التي تتم فيها عملية التقليب والتهوية بواسطة فقاقيع من الهواء تخرج من شبكة من البلاطات أو القوالب المسامية مثبتة في قاع الحوض ومتصلة بمجموعة من المواسير يضغط فيها الهواء وتسمى هذه البلاطات أو القوالب بناشرات الهواء.

ب) التهوية الميكانيكية :

تتم التهوية في هذه الحالة باستخدام طرق ميكانيكية تحدث اضطرابا في سطح المخلفات السائلة – هذا الاضطراب يساعد على أن يمتص السائل الأكسجين من الهواء ومن ثم تقوم البكتريا الهوائية باستخدام هذا الأكسجين في أكسدة وتثبيت المواد العضوية

أنواع المعالجة البيولوجية الشائعة :

رغم أن المعالجة البيولوجية تتطلب أساساً توفر الأكسيجن والبكتيريا إلا أن هناك طرقا أخرى عديدة تختلف باختلاف أسلوب عمل المفاعل بشكل خاص وأهمها :

- طريقة الحمأة المنشطة
- طريقة الأهوار المهواة (Aerated Lagoon) .
- طريقة المرشحات البيولوجية أو مرشحات التسرب (Biological or Trickling Filters).
- أقراص التماس أو الملامسات البيولوجية الدوارة:(Rotationg Biological Contactors).
- برك التثبيت : (Stabilization ponds) .

طريقة الحمأة المنشطة (Activated Sludge) :

تعتبر هذه الطريقة الأكثر شيوعاً واستخداماً في الوقت الحاضر من بين الطرق الأخرى للمعالجة البيولوجية وذلك بسبب فاعليتها العالية في المعالجة ومزاياها التي تناسب كثيرا من الظروف الاقتصادية والاجتماعية والبيئية لمعظم التجمعات السكانية الكبيرة لذلك ستبحث بتفصيل أكبر مقارنة مع الطرق الأخرى . لطرق الحمأة المنشطة عدة نظم لتنفيذ الحمأة المنشطة :

- الحمأة المنشطة التقليدية ذات الجريان الجبهي .
- الحمأة المنشطة ذات التغذية المجزأة .
- الحمأة المنشطة ذات التثبيت بالتماس .
- الحمأة المنشطة ذات المعدل العالي أو المعدل العالي .
- الحمأة المنشطة ذات التهوية المديدة .
- النترتة بمرحلة واحدة و إزالة النترات .

١. نظرية المعالجة بالحمأة المنشطة :

عند معالجة المخلفات السائلة بطريقة الحمأة المنشطة تتم تهوية وتقليب هذه المخلفات بعد خلطها بنسبة معينة من الحمأة المنشطة – وهي الرواسب التي تجمعت في حوض الترسيب النهائي – في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية ونتج عن ذلك إمتصاص الخليط للأكسجين من الهواء وإستعمال البكتريا الهوائية وكائنات دقيقة أخرى لهذا الأكسجين في تثبيت المواد العضوية المتعلقة والذائبة وتحويلها إلى مواد عالقة يمكن ترسيبها على هيئة قشور كما يؤدى التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد المتعلقة الدقيقة أي تجميع هذه المواد ولصقها في حبيبات أكبر يسهل ترسيبها في حوض الترسيب النهائي .

٢. مزايا المعالجة بالحمأة المنشطة :

يمكن تلخيص المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فيما يلـــى :

أ - خلوها من متاعب الرائحة غير المرغوب فيها وعدم إنتشار الذباب .

ب- تحتاج إلى مساحة صغيرة بالنسبة للمساحة التى تحتاجها المرشحات .

ج – مصاريف إنشائها صغيرة نسبياً .

د - يمكن إنشاؤها بالقرب من المساكن دون حدوث ضرر أو مضايقة للسكان .

هـ - لا تحتاج إلى أيدى عاملة كثيرة للتشغيل .

و – لا يتسبب عنها فاقد كبير فى منسوب المياه من أول حوض إلى آخر حوض بالمحطة .

٣. عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة :

يمكن تلخيص عيوب المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فيما يلـــى :

أ - تحتوى الحمأة الناتجة على نسبة عالية من الماء مما يسبب زيادة كبيرة فى حجم الحمأة وكذلك صعوبة فى تجفيفها .

ب – إرتفاع مصاريف الصيانة والتشغيل .

ج – تحتاج إلى إشراف فنى على مستوى عال

د - قد توجد صعوبات فى التشغيل إذا أحتوت المياه المطلوب معالجتها على مواد سامة .

هـ- بدون أسباب معروفة قد تسوء نتائج التشغيل ويحتاج الأمر وقتاً طويلاً لإعادة نتائج التشغيل إلى الدرجة المعتادة

٤. أسس التصـــــميم للمعالجة بالحمأة المنشطة:

يحسب الحمل العضوى (BOD) فى حوض التهوية على أساس الحمل العضوى الداخل فى مياه الصرف الصحى دون إعتبار الحمل العضوى الموجود فى الحمأة المعادة ويعبر عن الحمل العضوى بأنه كمية المواد العضوية الموجودة بالكيلو جرام لكل ١٠٠٠ متر مكعب من حجم حوض التهوية فى اليوم . كما يمكن التعبير عن الحمل العضوى بأنه المواد العضوية (BOD) بالكيلو جرام لكل كجم من المواد العالقة فى اليوم .

كما يستخدم بعض الباحثين نسبة الغذاء / الكائنات الحية (F/ M) كدلالة على الأحمال العضوية وهى تعبر عن المواد العضوية بالكيلو غرام (BOD) لكل كغم من المواد العالقة المتطايرة Volqtile) (Suspended Solids- VSS فى اليوم . كما يتم تحديد مدة المكث بالحوض وذلك بقسمة حجم حوض التهوية على التصريف اليومى المتوسط مع عدم الأخذ فى الإعتبار الحمأة المعادة وتتراوح مدة المكث من ٢.٥ ساعة إلى ٢٤ ساعة .

٥. المؤثرات على طريقة الحمأة النشطة :

من أهم العوامل المؤثرة علي طريقة الحمأة النشطة ما يلي :

١. دفق ونوع الفضلات السائلة : يمكن التحكم الجزئى في مواصفات وعدم ثبات نوع وكمية و الحمأة و الفضلات السائلة عن طريق تصميم وتشغيل محطات التجميع كما يمكن استخدام وحدات موازنة منفصلة لبغض الفضلات السائلة .

٢. زمن مكث الفضلات السائلة: من أن يكون زمن المكث الهيدروليكى طويل ليزيد من فعالية النظام من الحمولة ويفضل أن يكون زمن المكث بين اربعة الى ثمانية ساعات .

٣. حجم الحمأة والتحميل : وهذه تعتمد على نسبة الغذاء مقارنة بكمية الكائنات الحية الدقيقة الموجودة .

٤- المعالجة الثالثية :

Tertiary Treatment

تحتوي مياه الصرف الصحي على فيروسيات تصنف حسب العائل ، وتعد المجموعة الأولى أهم مجموعة فيما يتعلق بمياه الصرف الصحي حيث أنها المصدر الرئيسي للكائنات الحية المسببة للأمراض مثل مرض التيفود والدوسنتاريا والإسهال والكوليرا إضافة إلى ذلك تحتوي أمعاء الإنسان علي أعداد هائلة من البكتريا تعرف باسم بكتريا القولون . ويتخلص الإنسان يومياً من أعداد تتراوح مابين ١٠٠ إلى ٤٠٠ مليون إضافة إلى أنواع أخرى من البكتريا ، وتعد هذه الكائنات غير ضارة للإنسان بل نافعة في التخلص من المواد العضوية أثناء عمليات المعالجة الحيوية لمياه الصرف الصحي.

ونظراً لأن أعداد الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في مياه الصرف الصحي والمسببة للأمراض قليلة ويصعب عزلها، فإن بكتريا القولون ولوجودها بأعداد هائلة في مياه الصرف الصحي يمكن استخدامها ككائن حي للدلالة علي مدى تلوث المياه بالكائنات المسببة للمرض.

التعقيم Disinfection :

يمكن الحصول على درجة المعالجة المرغوب فيها باختيار الوحدات المناسبة ، كما أن بعض طرق المعالجة تصل نسبة التخلص من البكتريا فيها إلى ٩٥ % .
إلا أنه لزيادة الاطمئنان يفضل استعمال الكلور في معالجة المخلفات السائلة للتخلص من رائحتها قبل

صرفها في المجارى المائية التي تستعمل للسياحة أو الصيد أو الترفيه ٠

ويتم إنشاء أحواض الكلور من الخرسانة المسلحة بحيث تتراوح مدة التلامس بين (٢٠ ـ ٣٠) دقيقة عند التصرف المتوسط ، ويتم إضافة الكلور بجرعات من ١٠ إلى ٣٠ غرام / م٣ من المياه المعالجة وبحيث يتراوح الكلور الزائد والمتبقي بين (٠.٢٠ - ١.٠) جزء في المليون٠

S غاية التعقيم :

١- قتل الجراثيم المرضية والفيروسات والعصيات الضارة .

٢- قتل الطحالب المعيقة لترسيب الحمأة .

S قياس فعالية التعقيم :

وذلك بالتعداد الأكثر احتمالاً للعصيات في المياه بعد التعقيم ، وهو عدد العصيات الموجودة بكل /١٠٠/ مل من الماء بعد التعقيم most probable number-MPN . عند استخدام المياه المعالجة لري المرزوعات التي تؤكل نيئة يجب أن تكون MPN = 0 .

S مركبات المعالجة :

١- الكلور.

٢- هيبوكلوريت الصوديوم .

٣- ثاني أوكسيد الكلور .

٤- الأوزون .

لكن الأكثر استعمالاً هو الكلور المميع

١- الكلور المميع Liquid Gas Chlorine

- غاز الكلور أو الكلوراين : مادة سامة – ذات رائحة مخرشة – أثقل من الهواء بحوالي (٢.٥) مرة
- سائل الكلور أو الكلور المميع : أثقل من الماء بـ (١.٥) مرة .
- يتم الحقن بمياه المجاري ويجري التفاعل التالي مع الماء والأوكسجين الوليد المنطلق و هو يقتل الجراثيم .

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HOCl + H^+ + Cl^-$$

- بانخفاض قيمة pH يزداد تأثير الكلور .
- إذا كانت قيم pH عالية تتم زيادة زمن التماس Contact time
- يتفاعل أيضاً الكلور مع العديد من الحموض الأمينية والمواد البروتينية .
- بوجود أيونات الأمونيوم تجري التفاعلات التالية :

مونوكلور أمين $HOCl + NH_4^+ \rightleftharpoons NH_2Cl + H_2O + H^+$

دي كلور أمين $HOCl + NH_2Cl \rightleftharpoons NHCl_2 + H_2O$

تري كلور أمين $NHCL_2 + Hocl \rightleftharpoons NCl_3 + H_2O$

- تؤثر في عملية التعقيم العوامل :

١- كمية الأمونيا و الآزوت العضوي

٢- رقم pH

٣- درجة حرارة المجاري

? أحياناً يحقن في حوض الترسيب الأولي من أجل :

١- انقاص حمولة الماء من المواد العضوية الصلبة

٢- تدمير الطحالب

٣- تسهيل عملية المعالجة في المرحلة اللاحقة

٤- تسمى العملية الكلورة المسبقة Prechlorination ويضاف الكلور إلى مياه الصرف في أماكن مختلفة.

٥- في زمن تماس قدره / ١/ ساعة انقاص للعصيات إلى الرقم (١٠٠/١٠٠ مل) مع كلوراين متبقي ٥ملغ/ل.

٦- ويجب ألا يقل زمن التماس عن /٣٠/ دقيقة .

إضافات الكلور في مواقع مختلفة

الموقع	التركيز (ملغ/ل)	ملاحظات
أ- شبكة الصرف الصحي:		
الإقلال من نمو الطحالب في المصارف	١٠-١	التحكم بالفطريات والبكتريا المنتجة للطحالب
التحكم بالتآكل (H_2S)	(٢-٩)لكل ملغ/ل H_2S	تهديم كبريت الهيدروجين H_2S في المصارف
التحكم بالروائح	(٢-٩) لكل ملغ/ ل H_2S	في المصارف قليلة الميل الطولي وفي المحطات الضخ والرفع
ب- محطة المعالجة:		
إزالة الشحوم	١٠-٢	يضاف قبل التهوية المسبقة
انقاص الـ($B\ O\ D_5$)	(٢-٠.٥) لكل ملغ /ل BOD_5 مزال	أكسدة المواد العضوية
أكسدة كبريتات الحديدوز		انتاج كبريتات الحديديك وكلورايد الحديديك
التحكم بانسداد المرشح البيولوجي	١٠-١	كلور متبقي عند الفراغات
التحكم بالذباب والبعوض عند المرشح الحجري	٠.٥-٠.١	يطبق عادة حين موسم التكاثر
التحكم بانتفاخ الحماة	١٠-١	إجراء مؤقت
أكسدة مياه أحواض الهضم	١٤٠-٢٠	
التحكم بالرغوة من أحواض الهضم	١٥-٢	
انقاص النترات		تحويل النترات إلى أمونيا
جـ- المياه الصادرة عن المعالجة		
انقاص البكتريا	٢٠-٢	للمياه الصادرة عن المحطة
د- التعقيم:		
بعد ترسيب أولي في المحطة	٢٠-٥	
بعد ترسيب كيميائي	٦-٢	
بعد المرشحات البيولوجية	١٥-٣	
بعد الحماة المنشطة	٨-٢	
بعد الحماة المنشطة والمرشحات	٥-١	

٢- هيبوكلوريت الصوديوم (Naocl) (Sodium Hypochlorite)

? له نفس مفعول غاز الكلور

? لكنه مادة شديدة القلوية (وجود +Na) فيرفع pH عكس الكلور .

? التركيز (١٠%) لذلك يعطى بمعدل ١٠٠ملغ/ليتر من مياه الصرف .

٣- ثاني أوكسيد الكلور (ClO_2) (Chlorine Dioxide)

? شديد الفعالية في التعقيم

? يحضر بأكسدة كلوريت الصوديوم ($Naocl_2$) بالكلور عند قيمة الـ (pH) مساوية (٤) أو أقل وفق التفاعل :

$$Hocl + 2CLO_2^- \leftrightarrows 2\ CLO_2 + CL^- + OH^-$$

٤- الأوزون (O_3) ، (Ozone)

v **الإنتاج :** بتفاعل الهواء أو الأوكسجين نفسه في وسط كهربائي شدته حوالي (2000) فولت

١- فعالية شديدة

٢- تأثيره قصير الأجل يتحدد في موقع التماس مع مياه الصرف

v لا يتعلق تأثيره بـ :

١- رقم pH

٢- درجة الحرارة

عدد العصيات بعد التعقيم حوالي (١٠٠/١٠٠ مل) .

بعد الانتهاء من المعالجة الثالثية يمكن صرف المياه وتغذية الأنهار بها ، علي أن لا يقل تخفيفها عن ١ إلى ٨ مرات ويجب ألا يكون (BOD) أقل من عشرين ملغم / لتر ، ولا يتوفر الماء اللازم للتخفيف في كثير من الحالات لذلك تمرر المياه عادة عبر مرشح رملي يزيل نسبة كبيرة من المواد الصلبة المعلقة وينخفض بذلك (BOD) حتى ١٠ ملغم / لتر أو أقل .

التخلص من الحمأة

معالجة الحمأة (المواد الصلبة مع المحتوى المائي لها) والتى تتجمع فى أحواض الترسيب يتم بطرق مختلفة للتخلص منها بطريقة سليمة غير ضارة بالبيئة أو إعادة إستخدامها طبقاً لمواصفات وشروط محددة

وهناك مراحل متتالية لمعالجة الحمأة يمكن إختيار بعضها لنظام المعالجة ويتوقف ذلك على عدة عوامل مختلفة منها:

- الظروف البيئية لكل منطقة ٠
- النواحي الاقتصادية ٠
- الموقع الجغرافي و المناخي للمنطقة ٠
- درجة المعالجة المطلوبة للحمأة ٠
- نوعية استخدام الحمأة المجففة ٠

• تكثيف (تركيز) الحمأة :

المقصود بعملية تكثيف الحمأة هو رفع نسبة المواد الصلبة فيها وبالتالى تقليل حجم الحمأة بنسبة حوالى ٣٠% من الحجم قبل عملية التكثيف ويعتبر ذلك مكسب كبير لوحدات معالجة الحمأة مثل أحواض التخمير أو أحواض التجفيف ٠

• تجفيف الحمأة :

يتم تجفيف الحمأة لإزالة المياه منها وذلك بتوزيعها على أحواض بها طبقة من الزلط والرمل وينشأ عن ذلك تسرب المياه الموجودة فى الحمأة خلال الطبقة الرملية بالإضافة إلى البخر.

المعالجة المتقدمة:

بدأ في الآونة الخيرة في بعض الدول المتقدمة القيام بمرحلة إضافية لمعالجة المياه الناتجة عن المراحل الأولية والثانوية سابقة الذكر وليست الغاية من هذه العمليات التحسين الإضافي للمياه الناتجة فحسب و إنما تهدف أيضاً إلى تحسين هذه المياه الناتجة بحيث تصبح صالحة للشرب من قبل الأنسان من جديد ، وهي الغاية المثلى لهذه المعالجات المتقدمة .

إن الحاجة المستمرة للبحث عن مصادر المياه في معظم البلدان يمزيد من الأبحاث في هذا المجال التي تهدف إلي الوصول إلى حالة تستطيع بها استخدام و إعادة استخدام كميات المياه ذاتها في حلقة مغلقة ((الانتقال بالماء من الحالة النقية بالمنزل إلى المجاري ثم معالجته معالجة تامة ليصبح صالحاً للاستعمال المنزلي من جديد ... وهكذا .))

ففي بعض الدول الأفريقية التي تشكو من قلة المياه يتم استخدام نسبة كبيرة من المياه المعالجة بشكل متقدم لتغذية خزانات مياه الشرب في المدن . وتكون الغاية الرئيسية لهذه المرحلة هي الإزالة التامة للمواد الملوثة الكمياوية والحيوية من المياه بما فيه إزالة المركبات الفوسفاتية والنيتروجنية و الأملاح غير العضوية المنحلة وغيرها من الملوثات .

١.. إزالة المركبات النيتروجينية :

يتواجد النيترجين العضوي في المياه الملوثة ، إما بشكل أمونيا أو بشكل لاعضوي أي نترات منحلة وتهدف المعالجة إلى إزالتها معاً وتتم عملية إزالة النشادر أو النترات بطرق محدودة لازالت تواجه مصاعب فنية عديدة ونتطرق هنا إلى الطريقة التي أثبتت نجاحاً في الوقت الحاضر بحيث يتم إرجاع

(اختزال) النترات إلى غاز نيتروجين الحر وتبدو الطريقة بسيطة من حيت المبدأ ولكنها تحتاج إلى ضبط دقيق . وقد استخدم علماء آخرون طريقة أخري لنزع النشادر بواسطة الهواء بزيادة قيمة PH حتى ١٠.٨ وعندها يتحول النشادر المنحل إلى نشادر غير متأين (جزئي) يمكن نزعه بتيار هواء خالي من النشادر وبما أن النشادر ينحل جيدا في الماء فإنه يستوجب استخدام أحجام كبيرة من الهواء لنزع النشادر تصل إلى حوالي ٣٠٠٠ ضعف من حجم الماء السائب كما يجب أن يكون برج التماس مصمم بشكل خاص للقيام بهذه المهمة .

وهنا لابد من إرجاع قيمة الأس الهيدروجيني PH للمياه إلى حالة التعادل ٧ تقريبا ومن الممكن هنا استعمال ثاني أكسيد الكربون الناتج عن تحويل الأوحال إلى رماد أو أي وسيلة أخري مناسبة وفي الوقت الحاضـــر يصاحب هذه الطريقة لنزع الأمونيا (النشادر) مشكلتان فنيتان ترتبط **الأولى** بترسيب كربونات الكالسيوم في البرج على هيئة أوحال لينة يمكن إزالتها بتيار مائي قوي أما إذا كانت هذه الرواسب قاسية فلابد من اتباع إجراءات اكثر تعقيدا أما **المشكلة الثانية** بزيادة انحلال الأمونيا في الماء عند انخفاض درجة الحرارة في الخارج وبسبب هذه المشكلة الأخيرة فقد تم التوجه نحو التبادل الأيوني كعملية بديلة لإزالة الأمونيوم وتنشط هذه المبادلات بين فترة و أخرى بمعاملتها بمحلول قلوي رخيص الثمن مثل هيدروكسيد الكالسيوم .

٢.. إزالة المركبات الفوسفاتية :

تتم هذه العملية بسهولة نسبية وهي تتضمن إضافة أملاح الحديد أو الحديدي أو الكالسيوم في مرحلة مناسبة للمعالجات السابقة (ففي السويد) تزال جميع أنواع الفوسفات المنحلة باستعمال كبريتات الأمونيوم في معالجة ثالثية وتضاف أملاح الألمونيوم بكميات محسوبة تماما لنتاج المعالجة الثانوية مع الأوحال النشطة ثم توضع المياه في خزان ترسيب مع تحريك خفيف وتنقص بذلك محتويات الفوسفات في الماء المعالج من ٨ ملغم / لتر إلى ١ ملغم / لتر .

ويضاف أحيانا أكسيد الكالسيوم في مرحلة الترسيب الأولي فيترسب الفوسفات مع الوحل علي شكل هيدروكسيد ابيتيد .

وتزيد هذه العملية قيمة PH الوسط إلى حوالي ٩.٥ وهي قلوية مقبولة يمكن تعديلها بثاني أكسيد الكربون الناتج عن الأكسدة الحيوية في الأوحال النشطة كما أن إضافة أكسيد الكالسيوم يوفر القلوية

اللازمة لنزع النشادر بالقرقرة حيث يمرر تيار هوائي مضغوط داخل المحلول حتى يخلط جيدا بمقدار عالي من الأكسجين ، ولكن من الضروري في هذه الحالة التأكد من تعديل المياه قبل استخدامها أو طرحها في الأنهار .

٣.. الحصول على مياه الشرب :

لابد من القيام بعدة إجراءات قبل السماح باستخدام مياه المعالجة الثالثية المتقدمة وتوزيعها علي المنازل وتتلخص هذه الإجراءات فيما يلي :

a. **إزالة الفيروسات والميكروبات الأخرى :** مع أن الكلور شائع للتعقيم العام من البكتيريا الضارة فإن إزالة الفيروسات أصعب بكثير ويستخدم لهذا الغرض كميات كبيرة من الفحم الفعال حيث يمرر الماء خلال الفحم الفعال الحبيبي الناعم وذلك قبل إضافة الكلور الصافي المعقم ويجب ألا تقل فترة التماس بين الماء والكلور عن ساعة مع العلم بأن الإزالة التامة للبكتيريا ممكنة ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة للفيروسات .
b. **إزالة المواد العضوية :** يفضل دوما إزالة هذه المواد بأكبر نسبة ممكنة قبل إعادة استعمال المياه واستخدامها للشرب من جديد .
c. **إزالة المكونات غير العضوية :** إن إزالة الصوديوم والكلوريد تكون أكثر صعوبة من غيرها وتتطلب إزالة هذه المكونات اللاعضوية طرقــاً متطورة لتحليل المياه المالحة (الملوثة) كالتحليل الكهربائي والتناضح العكسي واستخدام المبادلات الأيونية والتقطير الحراري العادي ويحدد العامل الاقتصادي من ناحية التكلفة باختيار هذه الطريقة أو تلك .

إن طريقة الإمتزاز على الفحم الفعال تعتبر مفيدة لإزالة الطعم والرائحة من المياه المعالجة بالرغم من التكلفة المالية الإضافية ويمكن إعادة تنشيط هذا الكربون بين فترة وأخري وذلك بتسخينه في معزل عن الهواء حتى درجة ٩٥٠ درجة مؤية ففي هذه الدرجة يتخلص من الشوائب وتكون كمية الفحم الضائعة صغيرة لا تتجاوز بضعة أجزاء من المائة .

وفي مدينة أوهايو الأمريكية يمرر حوالي ٣٨٠٠٠ م٣ من الماء في اليوم علي الفحـم الفعـال بعـد مرحلة المعالجة الأولية والثانوية والمتقدمة لتحسين الطعم والرائحة وهذا يمكن تعقيم المياه بالأوزون أو الماء الأكسجيني بدلا من الكلور ذو الطعم غير المستحب.

الباب الثالث

محطات معالجة المياه باستخدام طريقة المفاعلات الدفقية المتسلسلة

Chapter (3)

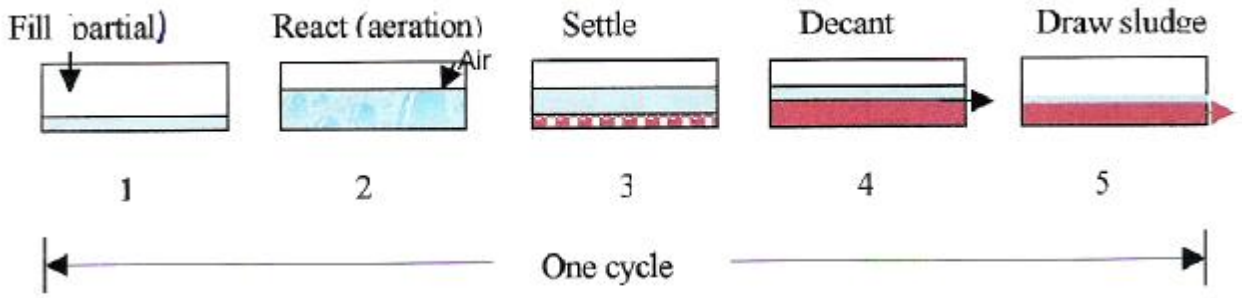
WASTEWATER TREATMENT PLANT USING SEQUENCING BATCH REACTORS

- SBR -

The Sequencing Batch Reactors (SBR):

توصيف :

المفاعلات الدفقية المتسلسلة (SBR) هي نظام حمأة منشطة يعمل على الملء و السحب لمعالجة مياه الصرف . في هذا النظام ، ماء الصرف يضاف لمفاعل دفقي واحد يعالج لإزالة المكونات غير المرغوب بها و من ثم تصريفه . التوزن و التهوية ، و الترويق يمكن أن يحققوا جميعاً باستخدام مفاعل دفعي واحد . لكي يعمل هذا النظام بالشكل الأمثل ، يتم استخدام مفاعل دفقي أو اثنين في تحديد العمليات المتسلسلة . أنظمة ال SBR استخدمت بنجاح لمعالجة مياه الصرف الصحي البلدية و مياه الصرف الصناعية و هي ملائمة بشكل فريد لتطبيقات معالجة مياه الصرف المتميزة بشروط التدفقات المنخفضة أو المتقطعة.



الاهتمام بأنظمة ال SBR ازدهر في أواخر الخمسينيات من القرن الماضي و بدايات الستينيات، مع تطور المعدات الحديثة و التكنولوجيا . إن تحسين تجهيزات التهوية وأجهزة التحكم سمحت لأنظمة ال SBR بالتنافس بنجاح مع أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية .

وحدة المعالجة في أنظمة ال SBR و الحمأة المنشطة التقليدية هي نفسها . تقرير وكالة حماية البيئةEPA عام ١٩٨٣ في الولايات المتحدة ، لخص ذلك بالتبسيط التالي (الSBR ليس أكثر من نظام الحمأة المنشطة الذي يؤثر بالوقت أكثر من المكان) . الاختلاف بين هاتين التقنيتين أن ال

SBRتنجز التسوية ، و المعالجة البيولوجية والترسيب الثانوي في حوض واحد معتمداً على التحكم المتسلسل بالوقت . هذا النوع من المفاعلات في بعض الحالات ، ينجز الترسيب الابتدائي أيضاً . في نظام الحمأة المشطة التقليدي ، وحدة المعالجة هذه تنجز باستخدام أحواض منفصلة .

النسخة المعدّلة لل SBR هي نظام التهوية المطولة المتقطع (ICEAS) في نظام التهوية المطولة المتقطع (ICEAS) ، التدفق الداخل لمياه الصرف يجري لداخل المفاعل بشكل مستمر. في مثل هذه الحالة ، هذا ليس مفاعل دفقي حقيقي ، بقدر ما هو SBR تقليدي . التصميم لترتيب ICEAS و SBR متشابه جداً من النواحي الأخرى.

وصف لطريقة معالجة مياه الصرف باستخدام ال SBR:

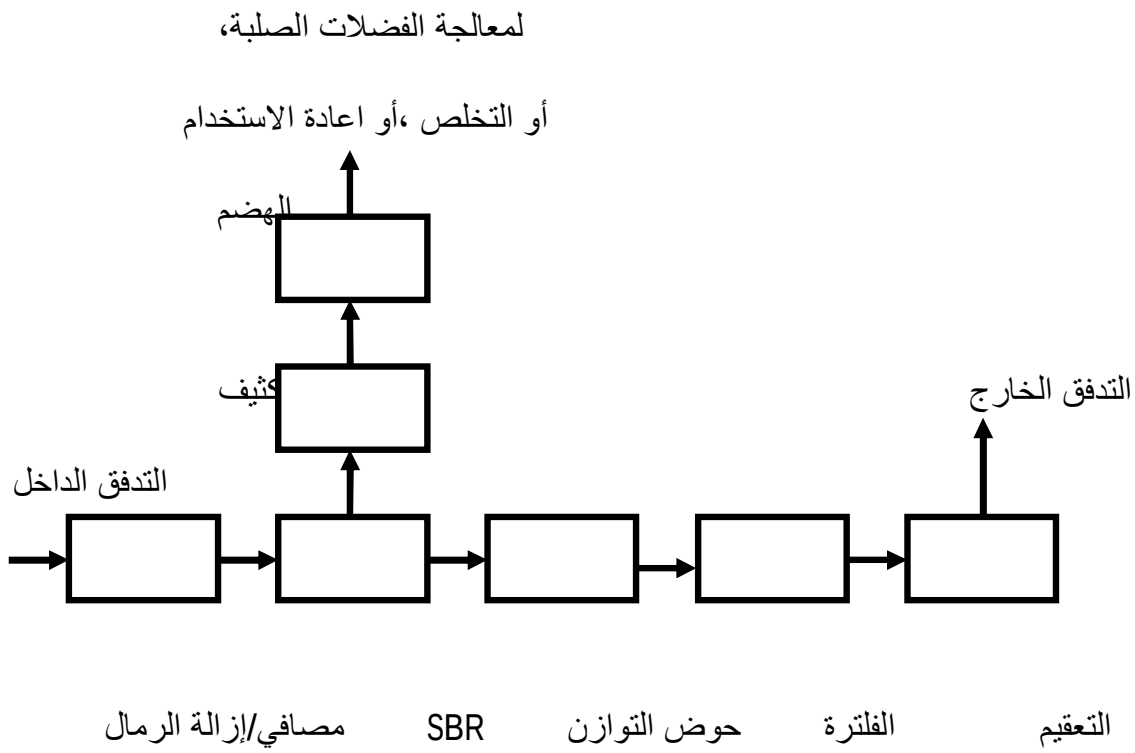
يبين الشكل -١- نموذج لمعالجة تخطيطية لمحطة معالجة مياه صرف منزلية باستخدام الSPR .

يمرر التدفق الداخل لمياه الصرف بشكل عام عبر مصافي و أحواض إزالة الرمال قبل ال SPR. تدخل مياه الصرف بعد ذلك لمفاعل ذو ملئ جزئي ، محتوية على الكتلة الحيوية ، الذي تأقلم مع مكونات مياه الصرف خلال الدورة السابقة . عندما يكون المفاعل ممتلئً ، يصبح مشابهاً لنظام الحمأة المنشطة التقليدي ، و لكن بدون تدفق داخل مستمر أو تدفق خارج . التهوية و المزج لا تكمل بعد إكمال الفعل البيولوجي ، ترسب الكتلة البيولوجية ، و تزال المواد المعالجة . تسحب الحمأة الزائدة في أي وقت من الدورة . إن السحب المتكرر يجعل النسبة F/M في التدفق الداخل ثابتة من دورة لأخرى . أنظمة التدفق المستمر تحافظ على النسبة F/M في التدفق الداخل و يجعلها ثابتة من خلال ضبط معدل تدفق الحمأة المنشطة المعادة باستمرار و إدخالها بمحاذاة التدفق الداخل .

بعد ال SPR ، الدفعات من مياه الصرف تجري إلى حوض التوازن حيث معدلات تدفق مياه الصرف لوحدة المعالجة التقليدية يمكن أن يتحكم بها بالمعدلات المطلوبة . في بعض الحالات تفلتر مياه الصرف لإزالة المواد الصلبة و بعد ذلك تخضع للتعقيم .

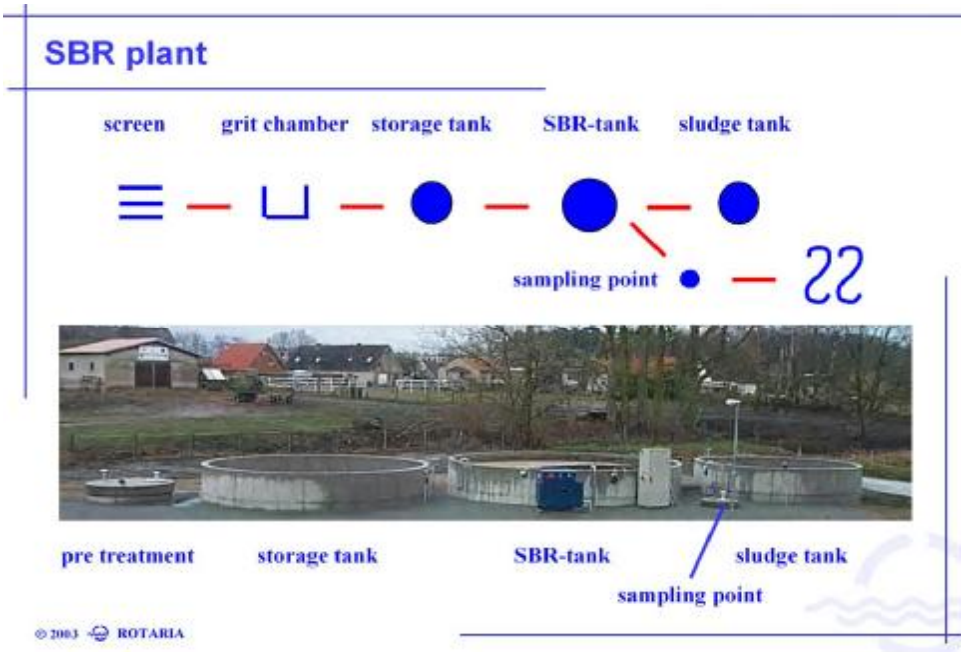
كما هو موضح بالشكل رقم -١- ، نظام معالجة المواد الصلبة (الحمأة) يمكن أن يتألف من التكثيف و الهضم الهوائي . مع أنظمة ال SPR ليس هناك حاجة لمضخات الحمأة المنشطة المعادة (RAS) و مضخات الحمأة الثانوية (PS) مثل هؤلاء المترافقات مع أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية . في ال SBR هناك نموذجياً حمأة واحدة فقط للمعالجة . الحاجة للمكثفات التي تعمل بالجاذبية الأرضية قبل الهضم المطلوب في كل حالة على حدا تعتمد بشكل أساسي على خصائص الحمأة .

ملحقات ال SBR مثل - حوض التوازن - عندما يمتلئ الحوض بمياه الصرف تمكن النظام من تحمّل تدفقات الذروة أو حمولات الذروة في التدفق الداخل و موازنتهم في المفاعل الدفقي . في العديد من أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية ، يطلب وضع حوض توازن منفصل من أجل حماية النظام البيولوجي من تدفقات الذروة ، التي يمكن أن تُخرج (تُبعد) الكتلة الحيوية ، أو حمولات الذروة ، التي يمكن أن تفسد نظام المعالجة .



الشكل-١-

يجب أيضاً ملاحظة أن المرسبات الأولية ليست مطلوبة نموذجياً لتطبيقات مياه الصرف قبل ال SBR . في معظم محطات معالجة مياه الصرف بالحمأة المنشطة التقليدية ، تستعمل المرسبات الأولية قبل النظام البيولوجي . على أي حال ، ينصح بالمرسبات الأولية من قبل منفذي ال SBR إذا كانت المواد الصلبة المعلقة الكلية (TSS) أو الاحتياج الأكسجيني البيولوجي (BOD) أكثر من (400-500 mg/L) . يجب تقييم المعلومات التاريخية و استشارة منفذي ال SBR لنحدد فيما إذا كان ينصح أن تسبق المرسبات الأولية أو أحواض الموازنة لل SBR لتطبيقات المياه المنزلية أو الصناعية . يجب أن تطلب موازنة المياه بعد ال SBR ، اعتماداً على معالجة تيار المياه . إذا لم تستخدم أحواض الموازنة قبل الفلترة ، فيجب أن تكون الفلاتر مناسبة بالحجم لكي تستقبل دفعات مياه الصرف من حوض ال SBR ، مما يتطلب منطقة ذات سطح واسع للفلترة . إن ملائمة حجم الفلاتر للتوافق مع هذه التدفقات « الدفقية » ليس ممكناً عادةً ، و لذلك تستخدم أحواض الموازنة بعد حوض ال SBR للتدفق الذاهب للفلترة . الموازنة المنفصلة التي تلي النظام البيولوجي عادةً ليست مطلوبة في معظم أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية ، لأن التدفق يكون ثابتاً و مستمراً.



قابلية تطبيق ال SBR :

تستخدم أنظمة ال SBR نموذجياً عند معدل تدفق حوالي 5 MGD (مليون غالون في اليوم) أو أقل (أي حوالي 21,500 m^3/d).

باعتبار أن هذه الأنظمة تحتاج مساحات صغيرة نسبياً ، فهي مفيدة للأماكن حيث الأراضي المتوفرة محدودة . إضافة لذلك ، يمكن تعديل الدورات خلال النظام بسهولة لإزالة المغذيات في المستقبل ، إذا أصبح ذلك ضرورياً . هذا يجعل أنظمة ال SBR مرنة للتكيف لأبعد الحدود لتنظم تغيرات بارامترات التدفق الخارج مثل إزالة المغذيات . أنظمة ال SBR مكلفة جداً أيضاً إذا طلبت المعالجة بعد البيولوجي ، مثل الفلترة .

ميزات و مساوئ ال SBR :

بعض ميزات و مساوئ أنظمة ال SBR مصنفة بما يلي :

ميزات ال SBR :

- يمكن أن تحقق كل من الموازنة ، الترسيب الأولي (في معظم الحالات) ، و المعالجة البيولوجية ، و الترسيب الثانوي في حوض واحد.
- سهولة العمليات و كذلك سهولة التحكم بها .
- المساحات المطلوبة أصغرية.
- الإمكانية الكبيرة لتخفيض التكلفة و ذلك بالتخلص من الترسيب و التجهيزات الأخرى.
- تسهّل عملية ازالة المغذيات اذا احتجنا لذلك مستقبلاً .

مساوئ ال SBR :

- مستوى مرتفع من التعقيدات المطلوبة (مقارنة مع الأنظمة التقليدية)، و بشكل خاص للأنظمة الأكبر ، و ذلك لوحدات التحكم و ضبط الوقت.
- مستوى مرتفع من الصيانة (مقارنة مع الأنظمة التقليدية) المترافقة مع تعقيدات أكثر ، و تحكم كهربائي أو أوتوماتيكي ، و صمامات أوتوماتيكية .
- امكانية تصريف الأجسام العائمة أو الحمأة المترسبة خلال السحب أو خلال طور التفريغ في بعض أشكال ال SBR .
- امكانية الوصل الكهربائي لأجهزة التهوية خلال عمل دورات محددة ، و هذا يعتمد على نظام التهوية المستخدم من قبل المنفذ.
- ممكن أن نحتاج أحوض موازنة بعد حوض ال SBR ، و هذا يعتمد على معالجة التيار الخارج.
- الحاجة لتجهيزات ذات حجم كبير للتزويد بالتدفق الداخل (مضخات و أنابيب) و تجهيزات التهوية
-

مقاييس التصميم:

لكي نصمم أي محطة معالجة لمياه الصرف ، أول خطوة نبدأ بها هي تحديد الخصائص المسبقة للتدفق الداخل لمياه الصرف و كذلك خصائص التدفق الخارج المطلوبة للنظام المقترح . هذه البارامترات للتدفق الداخل تتضمن نموذجياً ما يلي :

- التدفق التصميمي.
- التدفق اليومي الأعظمي.
- BOD_5 «الاحتياج الأكسجيني البيوكيميائي».

- TSS «المواد الصلبة المعلقة الكلية».
- .PH
- القلوية.
- درجة الحرارة.
- TKN«تركيز النتروجين الكلي».
- NH_3-N «تركيز الأمونيا».
- TP «الفوسفور الكلي».

ل أجل مياه الصرف المنزلية و الصناعية ، يمكن أن يطلب بعض البارامترات الأخرى المحددة.

البارامترات التي يصرّف عندها التدفق الخارج يجب أن تملى بإذن إدارة النظام الوطني للتخلص من التصريفات الملوثة (NPDES) . البارامترات المسموح بها للأنظمة المحلية هي:

- معدلات التدفق.
- BOD_5.
- .TSS

بالإضافة ، هناك العديد من الدول تتجه لفرض إزالة المغذيات. لذلك يمكن أن يطلب أيضاً ازالة:

- النتروجين الكلي(TN).
- .TKN
- NH_3-N.
- أو TP.

من الضروري تعيين مواصفات التدفق الخارج لأنها ستؤثر في تسلسل العمليات في حوض ال SBR . مثلاً ، إذا كان من المطلوب إزالة المغذيات و NH_3-N أوTKN ، عندها ستكون النترجة ضرورية . و إذا كان النتروجين الكلي مرتفع (TN) عندها ستكون النترجة و النترتة ضرورية.

عندما تحدد خصائص التدفق الداخل و الخارج ، يقوم المهندسون بمراجعة التصميم الذي ينصحون به مع منفذي ال SBR . بالإعتماد على هذه البارامترات الرئيسية للتصميم ، و من جانب آخر بارامترات محددة مثل درجة الحرارة ، نختار نظام المعالجة .

و كمثال على هذه البارامترات لنظام مياه الصرف ندرج الجدول الآتي:

	بلدي	صناعي
F/M **نسبة الغذاء للكائنات الحية**	0.15-0.4/day	0.15-0.6/day
مدة دورة المعالجة	4.0 hours	4.0-24 hours
الحد الأدنى النموزجي ل MLSS	2000-2500 mg/L	2000-4000 mg/L
زمن المكوث الهيدروليكي	6-14 hours	متغيّر

جدول -٢-

البارامترات الرئيسية للتصميم لحمولة تقليدية

عندما تحدد البارامترت الرئيسية للتصميم ، عندها يمكن حساب عدد الدورات في اليوم و عدد الأحوض و الحجم المنقول من الحوض للحوض الذي يليه و حجم المفاعل و أزمنة المكوث . و أيضاً يحسب عندها حجم معدات التهوية ، و قنوات نقل المياه بين الأحوض ، و الأنابيب المساعدة.

بعض الأماكن تحتاج لمعلومات محددة لتحدد حجم معدات التهوية ، مثل الارتفاع فوق مستوى البحر ، و درجة حرارة ماء الصرف ، و التركيز الكلي للمواد الصلبة المنحلة .

العملية في حوض الSBR تعتمد على مبدأ الإملاء و السحب ، و الذي يتألف من الخطوات الخمس الرئيسية التالية:

- فترة السكون.
- الملء.
- التفاعل.
- الترسيب.
- السحب.

مرحلة التوقف عن العمل (أو السكون) تحدث بين مرحلتي الملء و السحب ، و التي خلالها يزال التدفق الخارج و يضاف التدفق الداخل . طول مرحلة السكون يختلف اعتماداً على معدلات التدفق الداخل و استراتيجية العملية . الموازنة تحقق خلال هذه المرحلة إذا استخدمت أوقات مختلفة لفترة السكون . المزج لتكييف الكتلة الحيوية و الحمأة ، يمكن أيضاً أن يحقق خلال مرحلة السكون ، اعتماداً على استراتيجية العملية .

تدفق مياه الصرف الدخل يضاف للمفاعل خلال مرحلة الملء . تستخدم الأمور الثلاثة التالية المختلفة لمرحلة الملء و أي منهم أو جميعهم يمكن أن تستخدم اعتماداً على استراتيجية المعالجة:

- ملء ساكن .
- الملء مع الخلط .
- الملء مع التهوية .

خلال الملء الساكن ، يضاف التدفق الداخل لمياه الصرف إلى الكتلة الحيوية الموجودة حديثاً في حوض ال SBR . يتصف الملء الساكن بعدم التهوية خلاله أو الخلط ، و هذا يعني أنه سيكون هناك

تركيز مرتفع من المواد المغذية (الطعام) عندما يبدأ الخلط . المعدل المرتفع من نسبة الغذاء للأحياء (F/M) يخلق بيئة ايجابية للأحياء الدقيقة المتشكلة و ضد الأحياء الدقيقة الخيطية ، الأمر الذي يعطي خصائص ترسيب جيدة للحمأة .

الملء مع الخلط صنّف بأنه مزج للأحياء الدقيقة الموجودة في التدفق الداخل مع الكتلة الحيوية، الذي يبدأ به الفعل البيولوجي . أثناء عملية الملء مع الخلط ، تقوم البكتريا بتخريب المواد العضوية بيولوجياً و تستخدم الأكسجين المتبقي أو تتحد مع الكاتيونات ، مثل نترات- نتروجين . في هذه البيئة ، يمكن أن تحدث النترتة في ظل هذه الشروط المنقوصة الأكسجين . النترتة هي تحويل النترات – نتروجين بطريقة حيوية إلى غاز النتروجين .

تعرّف الشروط المنقوصة الأكسجين بأنها البيئة التي لا يكون الأكسجين موجوداً فيها و التي تقوم بها الكائنات الدقيقة باستخدام النترات - نتروجين كمستقبل للالكترونات . في نظام الحمأة المنشطة للإزالة البيولوجية التقليدية للمغذيات (BNR) ، الملء مع الخلط قابل للمقارنة مع المنطقة المنقوصة الأكسجين التي تستخدم للنترتة . يمكن أيضاً أن تتحقق الظروف اللاهوائية في طور الملء مع الخلط . بعد أن تقوم الكائنات الحية الدقيقة باستخدام النترات – نتروجين ، تصبح الكبريتات مستقبلة للإلكترونات (كاتيونات) . الظروف اللاهوائية تتميز بنقص الأكسجين و الكبريتات كمستقبلات للإلكترونات.

الملء مع التهوية يصنف بتهوية محتويات المفاعل ليكون الفعل الهوائي كاملاً في مرحلة التفاعل . الملء مع التهوية يمكن أن يقلل الوقت المطلوب للتهوية في مرحلة التفاعل .

الفعل البكتيري يكتمل في مرحلة التفاعل ، و التي خلالها توجد أفعال المزج و أشكال فعل التهوية. خلال فعل التهوية ، يكتمل التفاعل الهوائي الذي يتم أولاً خلال مرحلة الملء مع التهوية و النترجة تنجز.

النترجة هي تحويل الأمونيا - نتروجين إلى نتريت - نتروجين و في النهاية إلى نترات - نتروجين .

إذا اختيرت طريقة المزج مع الخلط ، فإن الظروف المنقوصة الأكسجين يمكن أن تتحقق لإنجاز النترتة. الظروف اللاهوائية يمكن أن تتحقق أيضاً خلال طريقة التفاعل مع الخلط لإزالة الفوسفور.

يزود الترسيب في حوض ال SBR نموذجياً تحت ظروف ساكنة . في بعض الحالات ، المزج اللطيف خلال المراحل الأولية من الترسيب يمكن أن يتسبب في تدفق خارج صافي و حمأة مرسبة ذات تركيز عالٍ . في حوض ال SBR ، ليس هناك تيارات للتدفقات الداخلة أو الخارجة لتتداخل مع عمليات الترسيب كما في نظام الحمأة المنشطة التقليدية .

تستخدم في مرحلة السحب إنبوب تفريغ لإزالة التدفق الخارج المعالج ، و الذي يعتبر عامل تمييز رئيسي بين منفذي ال SBR . و بشكلٍ عام ، هناك أنابيب تفريغ طافية و أنابيب تفريغ مثبتة . أنابيب التفريغ الطافية تقدم ميزات عديدة أكثر من ميزات أنابيب السحب المثبتة .

بناء أنظمة ال SBR :

إن بناء أنظمة ال SBR يحتاج نموذجياً لمكان أصغر من أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية لأن أنظمة ال SBR تزيل الحاجة للترسيب الأولي . في ال SBR لا تحتاج أبداً للترسيب الثانوي . على كل حال نظام ال SBR مفيد إذا كانت المساحة محدودة في الموقع المطلوب . بعض الدراسات مقدمة في الجدول -٢- لتزوّدنا بتقديرات الحجوم العامة لمعدلات تدفق مختلفة .

جدول - ٣ - مجموعة دراسات للعديد من تجهيزات ال SBR :

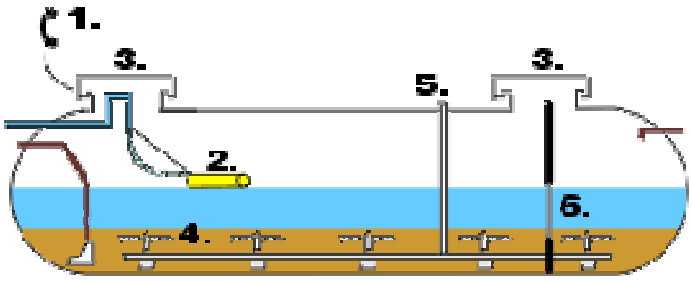
التدفق	المفاعلات			نافثات الهواء	
(MGD)	No.	Size (feet)	Volume (MG)	No.	Size (HP)
0.012	1	18×12	0.021	1	15
0.10	2	24×24	0.069	3	7.5
1.2	2	80×80	0.908	3	125
1.0	2	58×58	0.479	3	40
1.4	2	69×69	0.678	3	60
1.46	2	87×87	0.910	4	40
2.0	2	82×82	0.958	3	75
4.25	4	104×80	1.556	5	200
5.2	4	87×87	1.359	5	125

من أجل محطات إزالة المغذيات بيولوجياً (BNR) ، ال SBR يلغي الحاجة لأنابيب و مضخات الحمأة المنشطة المعادة (RAS) . يمكن أيضاً أن يلغي الحاجة للتدوير الداخلي للتركيز المتوازن للمواد الصلبة المعلقة الكلية (MLSS) ، اذا كان مستخدماً في أنظمة إزالة المغذيات بيولوجياً. نظام التحكم في عمليات ال SBR أكثر تعقيد من المستخدم في نظام الحمأة المنشطة التقليدية و يتضمن المفاتيح الكهربائية الأوتوماتيكية ، و الصمامات الأوتوماتيكية ، و الآلات . أجهزة التحكم هذه تكون معقدة جداً في الأنظمة الأكبر . منفذي ال SBR يبينون أن معظم تركيبات ال SBR في الولايات المتحدة تستخدم لأنظمة مياه الصرف الأقل من 2 مليون غالون / يوم و البعض ينصح بأنظمة ال SBR فقط للتجمعات الصغيرة عندما تكون الأراضي محدودة . لكن هذه ليست الحال دائماً ، على كل حال ، أكبر محطات SBR في العالم أنظمة ال(10 MGD) في الإمارات العربية المتحدة .

وصف الحوض و المعدات :

أنظمة ال SBR تتألف من حوض ، و تجهيزات مزج و تهوية ، وأنابيب تفريغ التدفق و أنظمة التحكم .
الشكل الرئيسي لأنظمة ال SBR يتضمن وحدات التحكم و المفاتيح الكهربائية الأوتوماتيكية و الصمامات التي تتحكم في تسلسل العمليات و أزمنتها .

فيما يلي تفاصيل لحوض ال SBR:



حيث أن:

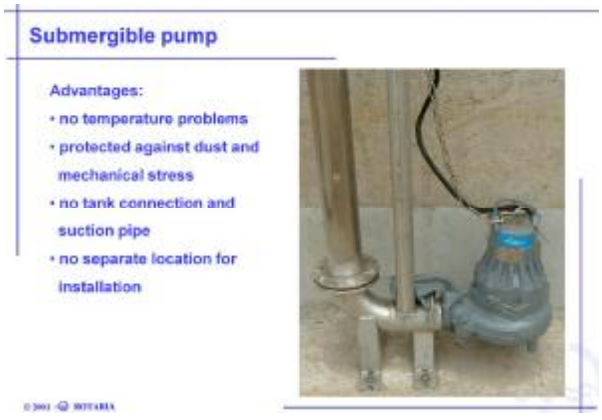
١. وحدة PLC.
٢. مأخذ عائم لنقل الماء المعالج.
٣. غطاء للسيطرة على الروائح و الضجيج.
٤. مسار ناشرات الفقاعات الهوائية.
٥. حوض ال SBR .

حوض ال SBR يتركب نموذجياً من الفولاذ أو الاسمنت . للتطبيقات الصناعية ، تغطى الأحواض بالفولاذ للتحكم بالصدأ و هي الأكثر شيوعاً ، بينما تكون الأحواض الإسمنتية هي الأكثر شيوعاً لمعالجة مياه الصرف البلدية. ***للمزج و التهوية*** ، تكون مآخذ التهوية نموذجية بحيث تسمح بالمزج مع أو بدون تهوية ، و لكن يمكن استخدام أنظمة مزج و تهوية أخرى.

شبكة الأنابيب المثقبة

ضاغط لفقاعات هواء ناعمة

كما أشرنا سابقاً ، ***أنابيب تفريغ التدفق من الأحواض*** هي جزء أساسي من التجهيزات و التي تميز بين مختلف منفذي ال SBR . أنواع أنابيب التفريغ تتضمن الأنابيب الطافية و المثبتة . أنابيب التفريغ الطافية تعطي ميزات للحفاظ على فتحة المدخل أسفل سطح الماء للتخفيض من المواد الصلبة في التدفق الخارج المزال خلال مرحلة السحب . أنابيب التفريغ الطافية تعطي مرونة لتناسب الاختلاف في مستوى الماء بين مرحلتي الملء و السحب . أنابيب التفريغ المثبتة تبنى في جدار الحوض و يمكن أن تستخدم إذا كانت مرحلة الترسيب مطوّلة .إطالة مرحلة الترسيب تقلل من فرصة طفو المواد الصلبة فوق انبوب السحب . في بعض الحالات أنابيب السحب المثبتة تكون أقل تكلفة و يمكن تصميمها لتسمح للميكانيكي برفع أو خفض مستوى إنبوب السحب ، و لكنها لا تعطي مرونة للعملية مثل التي تعطيها الأنابيب الطافية .



المضخة الغاطسة و آلة المزج

الصحة و السلامة :

يجب أن يهتم بالسلامة المهنية بشكل أساسي في كل عمليات النظام و في كل التصاميم . التصميم الدقيق و تطبيق النظام يمكن أن يقلل من الأخطار الممكنة . لذلك يجب أن تحتوي محطات المعالجة على كتيبات السلامة ، و يجب أن تراعى القوانين الرسمية للسلامة المهنية أثناء التصميم و أثناء تطبيق العمليات .

عمل نظام ال SBR :

بالإعتماد على مختلف العمليات ، يمكن لأنظمة ال SBR أن تنجز ازالة جيدة للمغذيات و لل BOD . حيث تكون فعالية ازالة ال BOD فيها بين (85-95) % .

يجب على منفذي ال SBR القيام بالعملية الأفضل لينتجوا تدفق خارج لأقل من :

- TSS : 10 mg/L.
- TN : 5-8 mg/L.
- TP : 1-2 mg/L.

العمل و الصيانة :

تخلصنا طريقة ال SBR نموذجياً من الترسيب الأولي و الثانوي المنفصلان في معظم الأنظمة البلدية ، الأمر الذي يقلل العمليات و الحاجة للصيانة . بالإضافة لذلك ، مضخات RAS (الحمأة

المنشطة المعادة) تكون غير مطلوبة . في الأنظمة التقليدية لإزالة المغذيات بيولوجياً من الضروري وجود الأحواض المنقوصة الأكسجين ، و مناطق المزج المنقوصة الأكسجين ، و أحواض المواد السامة ، و معدات تهوية أحواض المواد السامة و مضخات التدوير الداخلية ل MLSS . أما في أنظمة ال SBR ، يمكن لهذه الأمور أن تنجز في مفاعل واحد باستخدام معدات المزج/ التهوية ، مما يقلل من الحاجات المختلفة للصيانة في أحواض الترسيب و المضخات .

بما أن أنظمة ال SBR تحتاج تحكم ، و صمامات أوتوماتيكية ، و مفاتيح كهربائية أوتوماتيكية فإنها تتطلب صيانة أكثر من أنظمة الحمأة المنشطة التقليدية ، وبالتالي يكون فيها مستوى عالٍ من التعقيدات . مستوى التعقيدات العالي جداً في محطات معالجة المياه بطريقة ال SBR يتطلب مستوى عالٍ من الصيانة للصمامات الأوتوماتيكية و مفاتيح الكهرباء .

أنظمة ال SBR يمكن أن تنظّم بحيث تناسب أي معاجة للحمأة المنشطة التقليدية ، بما فيها أنظمة ال BNR . على سبيل المثال ، ضبط الوقت في طور المفاعل المهوّى .

الباب السابع

المذكرة الحسابية لمحطة المعالجة

SBR

المذكرة الحسابية لمحطة المعالجة...

عدد السكان= 1200 حتى Per 2000

معدل تصريف الشخص = 50 L/d

BOD_5 = 40 gr للشخص الواحد

SS= 60 gr للشخص الواحد

و منه: **التدفق اليومي =** عدد السكان × معدّل تصريف للشخص

$$= 2000 \times 50 \times 10^{-3} = 100 m^3 / d$$

تركيز النتروجين الكلي TKN= 100 mg/L

تركيز الأمونيا NH_4-N = 60 mg/L

حساب التراكيز الداخلة :

١) BOD_5:

بما أن ما يطرحه الفرد : 40 g/p.d ⇦

BOD5 =عدد السكان × ما يطرحه الفرد

$$= 2000 \times 40 = 80000 gr / d = 80 Kg / d$$

الحمل العضوي اليومي $= 2000 \times 40 = 80000 gr / d = 80 Kg / d$

تركيز الBOD في المياه الداخلة:

$$C_{BOD} = \frac{80}{100} = 0.8 \text{ Kg/m}^3$$

= 800 mg/L

- نلاحظ أن تركيز ال BOD في المياه الداخلة للمحطة مرتفع جداً و هذا طبيعي لأن التدفق الداخل للمحطة صغير.

٢) حمل المواد المعلقة الكلية: / SS /

SS= عدد السكان × ما يطرحه الفرد = 2000 × 60 = 120Kg/d

تركيز المواد الصلبة المعلقة:

- Css = $\frac{120}{100}$ = 1.2Kg/m³ = 1200 mg/L ملاحظة لم نهتم لذكر ال COD في تصميم هذه المحطة لأنه يفيدنا فقط في حال مياه الصرف الصناعي.

جدول -١- البارامترات التصميمية لعمليات المعالجة بالحمأة المنشطة

تعديل العملية	عمر الحمأة q_c, d	F/M, lbBOD5 applied/d/lb MLVSS [a]	التحميل الحجمي Volumetric loading LbBOD5/ d/10^3 /cu ft	MLSS, mg/L	زمن الحجز الهيدروليكي (زمن التهوية) $Q, hour$	نسبة الحمأة المعادة Q_r/Q
تقليدية	5-15	0.2-0.4	20-40	1500-3000	4-8	0.25-0.75
مزج كامل	5-15	0.2-0.6	50-120	2500-4000	3-5	0.25-1.0
تغذية على مراحل	5-15	0.2-0.4	40-60	2000-3500	3-5	0.25-0.75
تهوية مطولة	0.2-0.5	1.5-5.0	75-150	200-1000	1.5-3	0.05-0.25
التثبيت بالتماس	5-15	0.2-0.6	60-75	(1000-3000) [b] (4000-10 000) [C]	(0.5-1.0) [b] (3-6) [C]	0.5-1.50
تهوية مطولة	20-30	0.05-0.15	10-25	3000-6000	18-36	0.5-1.50
تهوية بمعدل عالي	5-10	0.4-1.5	100-1000	4000-10 000	2-4	1.0-5.0
معدل عالي من الأكسجين النقي	3-10	0.25-1.0	100-200	2000-5000	1-3	0.25-0.5
خنادق أكسدة	30-10	0.05-0.30	5-30	3000-6000	8-36	0.75-1.50
المفاعلات الدفقية المتسلسلة	NA	0.05-0.30	5-15	1500-5000	12-50	NA
مفاعل عميق	NI	0.5-5.0	NI	NI	0.5-5	NI
النترجة على مرحلة واحدة	8-20	0.10-0.25 (0.02-0.15) [d]	5-20	2000-3500	6-15	0.50-1.50
النترجة بمرحلة منفصلة	15-100	0.05-0.20 (0.04-0.15) [d]	3-9	2000-3500	3-6	0.50-2.00

(تابع للجدول)

[a] MLSS = mixed liquor volatile suspended solids

[d] Contact unit

[C] Solids stabilization unit

[d] Total kjeldahl nitrogen /MLVSS

[e] MLSS varies depending on the portion of the operating cycle.

NA = not applicable.

NI = no information.

من الجدول السابق نفرض ما يلي:

MLSS = 5000mg / L (التركيز المتوازن للمواد الصلبة المعلقة الكلية)

نفرض MLVSS (التركيز المتوازن للمواد الصلبة المعلقة الجافة) كنسبة من MLSS:

MLSS % (65-75) = MLVSS

$$MLVSS = 5000 \times 0.75 = 3750 mg / L = 3750 gr / m^3$$

نفرض أيضاً : F:M من الجدول :

F/M = 0. 1 $Kg_{BOD5}/Kg_{MLVSS}.d$

التصميم:

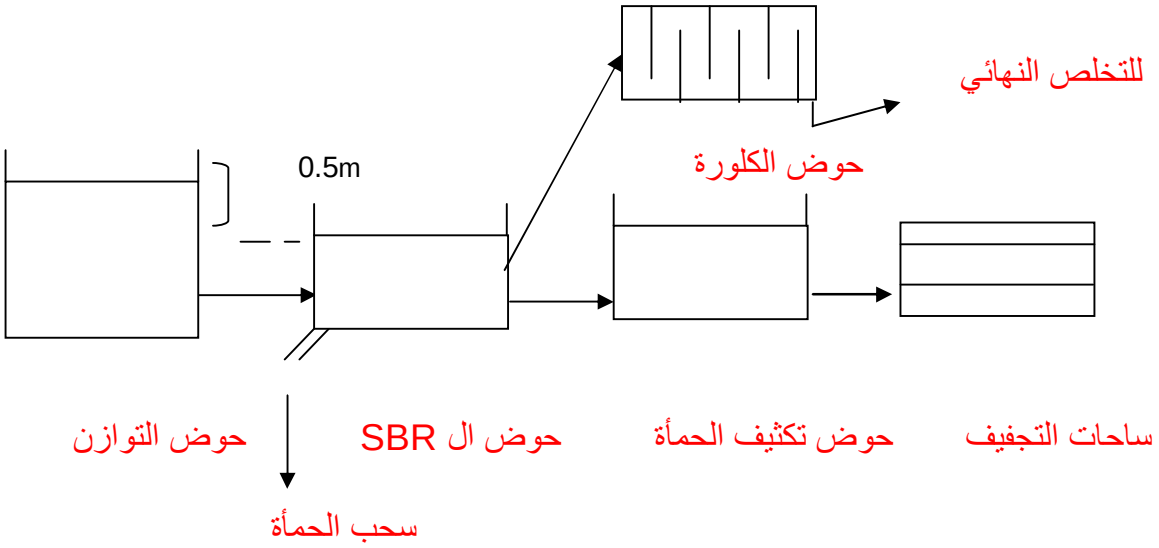
أولاً : حوض التوازن

ثانياً : حوض ال SBR

ثالثاً : أحواض التكثيف.

رابعاً : ساحات التجفيف.

مخطط خوارزمي للمحطة:



أولاً : تصميم حوض التوازن:

آلية عمله:

- سنضع حوض توازن يتم ملؤه يومياً.
- نبدأ بملء الحوض الساعة الثانية ظهراً و حتى الثانية ظهراً لليوم التالي ثم نسحب الماء منه.

- إن من ميزات ال SBR هو التحكم في إزالة الفوسفور و النترات . ولإزالة الفوسفور نحاول أن نجعل الوسط لا هوائياً بشكل كامل و يحدث ذلك أولاً في حوض التوازن و يمكن أن تستمر العملية في حوض ال SBR حيث نوقف كل عمليات التهوية و الخلط أما عملية إزالة النترات فتحتاج إلى وسط منقوص الأكسجين و هذه العملية نتحكم بها من خلال التهوية البسيطة ثم نوقفها كلياً حتى نصل إلى تركيز الأكسجين (0.2- 1) mg/L .

أ حساب حجم حوض التوازن و أبعاده:

التصميم على Per 2000:

$$Q = 100\ m^3/d$$

و بما أن مدة المكوث في حوض التوازن يوم كامل (24 hr):

$$V=100\ m^3$$

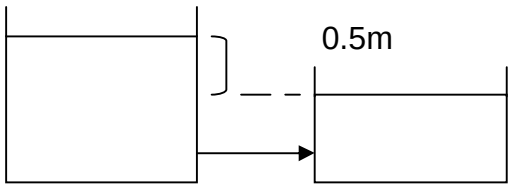
الأبعاد:

سيكون حوض التوازن مربعاً .

نفرض **ارتفاعه** 2.5m و نضيف له 0.5m زيادة فيصبح **3m**.

مساحته:

$$A = \frac{V}{\text{الإرتفاع}} = \frac{100}{3} = 33.33m^2$$



أبعاد القاعدة :

$L = b = 5.7 \approx$ 6m

فتصبح أبعاده: (6 * 6 * 3) m

اخترنا زمن الإملاء ساعة و نصف :

& تعطى السرعة في الأنبوب الموصل بين حوض التوازن و حوض ال SBR بالعلاقة:

$$V = \sqrt{2 \times g \times h}$$

حيث :h فرق المنسوب بين حوض التوازن وحوض ال SBR(بين سطحي الماء فيهما كما هو موضح في الشكل):

$$V = \sqrt{(2 \times 9.81 \times 0.5)} = 3.13 m/s$$

وبما أن الجريان عندنا غير مثالي و بسبب وجود الضياعات:

عند المدخل :0.5

وعند المخرج:1 (مع إهمال الضياع على طول الأنبوب لأنه قصير).

تصبح السرعة :

$$h = 1 \cdot \frac{V^2}{2g} + 0.5 \cdot \frac{V^2}{2g} = 1.5 \cdot \frac{V^2}{2g} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2 \times g \times h}{1.5}}$$

$$V = \frac{3.13}{1.5} = 2.5 m/s$$

$$q = \frac{V}{t} = \frac{100}{1.5 \times 60 \times 60} = 0.019 m^3/s$$

$$S = \frac{q}{v} = \frac{0.019}{2.5} = 7.6 \times 10^{-3} m^2$$

$$S = \frac{p.d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4S}{p}} = 0.098m = 98mm \approx 100mm \Rightarrow$$

d= 100 mm

٧ حساب القدرة الكهربائية للمحرك(الخلاّط) في التوازن (و ذلك لإبقاء المواد المعلقة دون ترسيب):

تعطى القدرة الكهربائية للمحرك من أجل الحفاظ على الحالة المعلقة للسائل(و ليس للتهوية)
(8-12 Watt/m²)

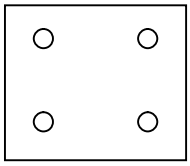
لدينا V= 100m³ ⇦

القدرة الكهربائية للخلاطات = 1200 Watt

نختار أربع خلاطات في الحوض ⇦

القدرة الكهربائية للخلاط الواحد = 1200/4 = 300 Watt

أي نضع أربع خلاطات (3 Watt/m³) و مجال كل خلاط (المجال الذي تؤثر عليه) 25m³ من حجم الحوض(أي ربع حجمه).



- ***حوض التوازن –***

ثانيا ً : تصميم حوض الـ SBR:

- نضع حوض SBR واحد نملؤه في اليوم الأول من حوض التوازن ب 100m³ ثم نترك هذا التدفق 100m³ لليوم الثاني (24hr) و نسحب ال 100m³ من الأعلى و نضيف 100m³ أخرى .

مراحل عمله:

جميع المراحل تتم في الحوض نفسه و هذه هي ميزة الSBR :

1.5	14	4	4	0.5
إملاء	تهوية	منقوص الأكسجين	ترسيب	تفريغ

اخترنا الأزمنة على الأسس التالية :

- زمن الإملاء (1-2) % من زمن الدورة الكلي.
- زمن التهوية (12-50 hr) لأنها تهوية مديدة .
- زمن منقوص الأكسجين (20-30) % من زمن التهوية، و تجرى هذه المرحلة لإزالة النترات ($NO_3 \rightarrow N_2$) و يجب أن يتم به تحريك بسيط جداً دون تهوية لأن الماء جاء من التهوية يحوي على الأكسجين .
- زمن المكوث النظري $3.5d = {}^{1}/_{0.28}$ أي أن المياه الداخلة للحوض تبقى في الحوض ثلاثة أيام و نصف لتخرج معالجة .

أ- حساب حجم حوض الSBR و أبعاده:

حجم المياه الواردة يومياً 100m³، نزيد بمقدار الضعف لأجل إستيعاب الحمأة التي سنبقيها في الحوض كحمأة منشطة ⇦

أنفرض أن الحجم: V=200m³

نتحقق من أن هذا الحجم يحقق جميع بارامترات التصميم لطريقة المفاعلات الدفقية المتسلسلة الواردة في الجدول (- ١ -)

١. النسبة F/M :

F = عدد السكان × BOD ما يطرحه الفرد الواحد من ال

$$= 2000 \times 40 = 80000gr = 80Kg$$

و كنا سابقاً فرضنا أن :MLSS= 5000mg/L

و حسبنا MLVSS فكانت MLVSS = 3750 mg/L (g/m³)

$$M = \frac{V \times MLVSS}{1000} = \frac{200 \times 3750}{1000} = 750Kg$$

فتكون النسبة F/M:

$$\frac{F}{M} = \frac{80}{750} = 0.12$$

و المجال هو (0.3-0.05) و هي ضمنه

٢. نتحقق من التحميل الحجمي:

$$\frac{80}{200} = 0.4Kg/m^3.d$$

و لكن مجال التحميل الحجمي يتراوح بين (5-15) Lb/d/10³cu ft

للتحويل Lb/d/10³cu ft *0.016 =Kg/m³.d

خارج المجال

$$\frac{0.4}{0.016} = 25Lb/d/10^3 cuft \rangle 15$$

أي يجب تصغير التحميل الحجمي حتى يصبح ضمن المجال المسموح أي يجب أن نزيد حجم الحوض:

ثانيا ـ : نختار حجم الحوض 350m³ أي يجب أن يكون حوالي ثلاثة أضعاف التدفق

$$\frac{100}{350} = 0.28$$

١) نتحقق من النسبة F/M:

F =80Kg

$$M = \frac{350 \times 3750}{1000} = 1313Kg$$

$$F/M = \frac{80}{1313} = 0.06 Kg/Kg.d$$

و هي ضمن المجال (0.05-0.3)

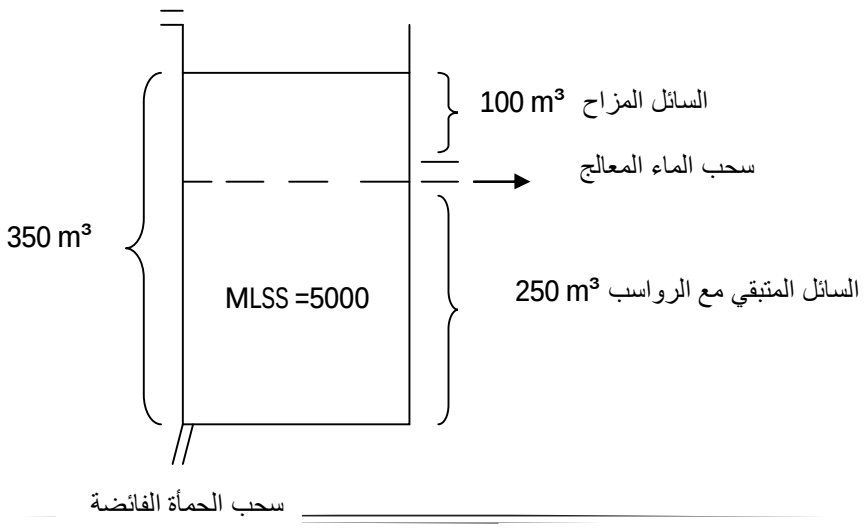
٢) نتحقق من التحميل الحجمي :

$$\frac{80}{350} = \frac{0.23}{0.016} = 13.75 Lb/10^3 cuft$$

و هي ضمن المجال Lb/d/10³cu ft(15-5)

شرح مرحلة بدء التشغيل Start up:

نأتي بحمأة من محطة معالجة أخرى و نضعها في حوض ال SBR و نبدأ بإملائه حتى يكتمل الحجم إلى 350 m³ ثم نسحب 100 m³بعد بقائها في الحوض ليوم كامل في الحوض من مكان سحب الماء المعالج و نضيف 100 m³ جديدة و هكذا....



حساب نصف قطر الحوض:

بفرض **ارتفاع الحوض 5m**:

فتكون مساحته

$$S = \frac{350}{5} = 70m^3$$

و قطر الحوض:

$$S = \frac{p \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4S}{p}} = 9.4m$$

نقوم بعمل ميل بسيط لأرضية الحوض (15°) لتجميع الحمأة و سحبها من المركز .

حساب احتياج الأكسجين في حوض ال SBR:

إن احتياج الأكسجين لكل 1 Kg مزال يتراوح بين (1.4 -1.6 Kg/O_2) .

بفرض أن كمية الأكسجين اللازمة لإزالة 1 Kg_{BOD} هي 1.6 KgO_2 :

كمية الأكسجين المطلوبة $= 1.6 \cdot Q \cdot (S0 - Se)$

$$= 1.6 \times 100 \times (800 - 30) \times 10^{-3}$$
$$= 124 Kg/d$$

- حساب كمية الاوكسجين المطلوبة لنقلها إلى الماء :

هذه العلاقة تؤخذ من المرجع (M& E) الطبعة الثالثة صـ286-287

$$SOTR = \frac{AOTR}{\left[\frac{C_{SW} * B * FA - C}{C_{SW}}\right] * 1.024^{(T-20)} * a}$$

حيث أن :

SOTR : كمية الأوكسجين اللازمة للنقل .

AOTR : كمية الأوكسجين اللازمة للأكسدة .

C_{sw}= 9.08 mg/L قابلية ذوبان O2 في ماء الحنفية في درجة حرارة الموقع

B= 0.95 عامل تصحيح التوتر السطحي نتيجة الملوحة

FA = 1 عامل الارتفاع

C = 2mg/L تركيز الأوكسجين المنحل الأصغري المتبقي في الحوض

a = 0.85

$$SOTR = \frac{124}{\left[\frac{9.08 * 0.95 * 1 - 2}{9.08}\right] * 1.024^{(20-20)} * 0.85}$$

$$= 199.9 = 200\ Kg/d$$

ومن أجل التصميم نأخذ عامل أمان وقدره 1.5 :

الأوكسجين الفعال = 1.5 * 200 = 300 kg /d

- حجم الهواء المطلوب :

لدينا كثافة الهواء 1.201 kg/m3

نسبة الأوكسجين من الهواء هي 23.2%

الهواء المطلوب نقله =300/(1.201*0.232)

=1077 m^3/d

- من أجل النافثات الناعمة يكون نقل الهواء بحدود (30%)

الهواء المطلوب = 1077 /0.3 =3590 m^3/d

تختار شبكة أنابيب مسامية (فخارية)، التباعد بين الأنابيب الفرعي 10 cm و ممتدة على كامل الحوض .

حساب الحمأة الفائضة:

حسبنا سابقاً: SS=120Kg

كمية الحمأة الفائضة المنتجة يومياً : $P_X = Y_{obs} \cdot Q \cdot (S_0 - S_e)$

تركيز ال BOD_5 الداخل $S_0 = 800\, mg\ /\ L$

تركيز الBOD_5 الخارج $S_e = 30\, mg\ /\ L$

$$Y_{obs} = \frac{Y}{(1 + Kd\ .q_C)}$$

عامل الإنتاج الخلوي الصافي $Y = (0.4 - 0.8) \rightarrow 0.6$

$$Kd = (0.04 - 0.075) \rightarrow 0.04$$

$$q_C = 25day$$

$$Y_{obs} = \frac{0.6}{(1+1)} = 0.3$$

وزن كتلة صلبة عضوية $P_X = 0.3 \times 100\,(800 - 30) \times 10^{-3} = 23Kg$

الحمأة الفائضة من المواد الكلية $= \frac{23}{0.75} = 31Kg$ (كلية)

أي وزن المواد غير العضوية =8Kg

تصميم أحواض الكلورة :

أسس التصميم:

إن التعقيم بالكلور هو أكثر الطرق شيوعاً في تعقيم مياه المجاري و الكلور السائل أوسعها انتشاراً كمادة معقمة.

١. زمن التماس يتراوح بين (20-30) دقيقة من أجل التدفق الأعظمي في الطقس الجاف .

٢. جرعة الكلور من (3-5) ملغ / ليتر .

نفرض زمن المكوث 30 دقيقة و لدينا حجم الماء 100 m³ فيكون حجم حوض الكلورة :

$$V = Q \cdot t = \frac{100 \times 30}{60} = 50m^3$$

نفرض عمق الحوض 1.5m فتكون مساحته :

$$S = \frac{V}{H} = 34\,m^2$$

نفرض طول الحوض 7m، عرضه 5m .

نفرض البعد بين كل لسانين متتاليين W=1m

أي لدينا ستة ألسنة و بالتالي يكون طول مسار الماء L:

$$L = 5 \times 7 = 35\,m$$

نتحقق من النسبة $24 \langle \frac{L}{W} \langle 40$

$\frac{L}{W} = 35$ محققة

نتحقق من النسبة $\frac{H}{W} \langle 2$

$\frac{H}{W} = \frac{1.5}{1} = 1.5 \langle 2$ محققة

طول اللسان في الحوض ثلثي عرضه أي :

$$\frac{2}{3} \times 5 = 3.33\ m$$

التعقيم يتم باستخدام مادة هيبوكلوريد الصوديوم ، أو هيبوكلوريد الكالسيوم أيهما الأرخص و المتوفر يستخدم .

ولحساب تركيزها:

نفرض تركيز الكلور الصافي 10 gr/m³ =10 mg/L

$$Nacl \rightarrow cl^- + Na^+$$

$$74.5 \qquad 35.5$$

$$X \qquad 10$$

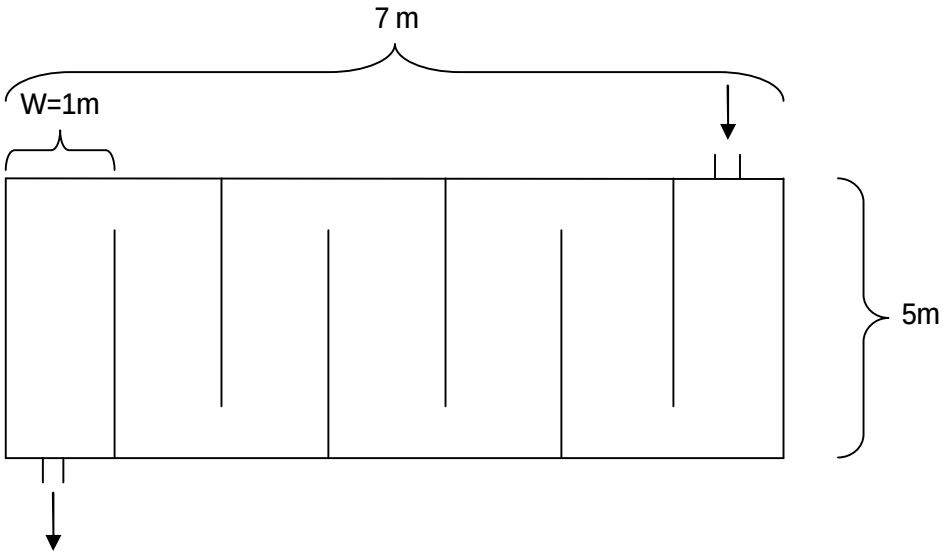
$$\Rightarrow X = 21gr$$

كل ١متر مكعب يحتاج ٢١ غرام NaOcL (هيبوكلوريد الصوديوم)

كل ١٠٠متر مكعب يحتاج Y gr

$$\Rightarrow Y = 2100gr$$

هيبوكلوريد الصوديوم لكل 100 متر مكعب يومياً



حوض الكلورة

التخلص النهائي من المياه المعالجة :

يتم استخدام المياه المعالجة لشطف الساحات و سقاية المزروعات (الأشجار).

ثالثا : تصميم أحواض التكثيف:

الحوض دائري

بفرض رطوبة الحمأة 99%

أي : كل 1 متر مكعب (1000 Kg) يحوي 990 ماء

10 مواد صلبة

كمية الحمأة الفائضة = $3.1m^3 = \frac{31}{10}$

نختار حوض تكيف تكثيف بحجم 5 m³

نفرض **ارتفاع الحوض** h = 3m

فتكون مساحته:

$$S = \frac{V}{h} = \frac{5}{3} = 1.67m^2$$

ويكون القطر:

$$S = \frac{p \cdot d^2}{4} \Rightarrow d = \sqrt{\frac{4S}{p}} = 1.5m$$

حجم الحمأة بعد أحواض التكثيف :

يتوقع أن تنخفض الرطوبة من 99% إلى 96%(تقل نسبة الماء وتزيد نسبة المواد الصلبة بعد التكثيف)

حجم الحمأة بعد التكثيف = $m^3 0.8 = \frac{31}{40}$

رابعا ً : تصميم ساحات التجفيف:

بفرض زمن المكوث 20 day، سماكة طبقة الحمأة 12 cm.

فتكون المساحة الصافية لساحات التجفيف:

$$\frac{20\times 0.8}{0.12}=133m^2$$

تكون ساحات التجفيف على شكل حوض مساحته الصافية 133m²

نختار وضع تسع ساحات فتكون مساحة الواحدة منها :

$$\frac{133}{9}=14.8\approx 15m^2$$

نختار طول المساحة الواحدة 5 m و عرضها 3 m و ارتفاعها 40 cm .

و نضع بين كل ساحة و التي تجاورها مسافة 1 m لزوم تفريغ وتحميل الحمأة.

نجزّأ كل ساحة لثلاثة فرايز يتم ملؤها بالتسلسل .

سيكون توجيه الساحات باتجاه القبلة (الجنوب) و إفراغ الساحات يتم باستخدام تركس صغير .

نضع صاجة على أرضية الساحات لكي لا يتآكل البيتون ...

و يقسم إلى 20 قسم يملأ كل يوم قسم منها ثم الذي يليه و عندما تمتلئ جميعها نبدأ بإفراغ القسم الأول و ملئه من جديد و هكذا.....

بالنسبة لسقف ساحات التجفيف : تغطى الساحات بجوائز معدنية و بألواح من الاترنيت أو من الفخار الأحمر و ذلك لحوالي ربع أو ثلث ساحات التجفيف لاستخدام هذه المساحة في أيام الشتاء .

التخلص النهائي من الحمأة المجففة:

يتم استخدامها كسماد للأراضي الزراعية ، أو للتخلص منها في المطامر الصحية البلدية و ذلك تبعاً لمواصفات الحمأة الناتجة حيث لا يمكن التنبؤ تماماً بنوعية تلك الحمأة الآن.

تصميم أقطار الأنابيب الواصلة بين الأحواض في المحطة:

تحسب الأقطار على سرعات من (1.5-2.5m/s) بالنسبة لجميع الأنابيب المضغوطة عن طريق مضخات و الأنابيب المضغوطة عن طريق فرق المنسوب بين الحوضين :

أولاً : إنبوب نقل الماء من حوض التخزين لحوض ال SBR :

اخترنا قطره سابقاً 100 mm.

ثانياً : إنبوب نقل الماء من حوض ال SBR لحوض الكلورة :

يتم تفريغ حوض ال SBR خلال نصف ساعة .

$$Q = 100 m^3 / d$$

$$q = \frac{V}{t} = \frac{100 m^3}{30 \times 60} = 0.055 m^3 / s = 55 l / s$$

مجال السرعة: $$v = (1.5 - 2.5) m / s$$

نفرض السرعة ضمن الإنبوب : $v = 2.5m/s$

$$q = v \cdot S \Rightarrow S = \frac{q}{v} = \frac{0.055}{2} = 0.028m^2$$

$$S = \frac{pd^2}{4} \Rightarrow$$

$$d = \sqrt{\frac{4S}{p}} = 0.19 \approx 0.2m \Rightarrow$$

$$d = 200mm$$

& نلاحظ هنا أن قطر إنبوب التفريغ أكبر من قطر إنبوب إدخال الماء لحوض ال SBR مع أن حجم الماء الداخل إلى الحوض و الخارج منه هو نفسه في الحالتين (100 m³) و السبب في ذلك أن زمن الإملاء 2 hr أما زمن التفريغ 0.5 hr .

سنختار إنبوب السحب إنبوب طافي حيث سنضع مضخة و عداد تدفق فعندما يتم سحب 100 m³ (على العداد) نغلق السكر الموجود على إنبوب السحب .

ثالثًا : إنبوب سحب الحمأة الفائضة من حوض ال SBR لحوض التكثيف :

يتم سحب الحمأة خلال زمن من (5 - 15) دقيقة ، و لا يوصى باستخدام أنابيب أقل من 100 mm.

حجم الحمأة الفائضة : $V = 3.1m^3$

يتم سحب الحمأة كل ثلاثة أيام فيكون الحجم :

$$V = 3.1 \times 3 = 9.3 \approx 10m^3$$

يتم السحب خلال عشر دقائق :

$$q = \frac{V}{t} = \frac{10}{10 \times 60} = 0.017 m^3 / \sec$$

نفرض السرعة :

$$v = 2m / \sec$$

$$S = \frac{q}{v} = \frac{0.017}{2} = 8.3 \times 10^{-3} m^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4S}{p}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0083}{p}} = 0.103m = 103mm \Rightarrow$$

$$d = 125mm$$

رابعًا : إنبوب سحب الماء الرائق من حوض التكثيف و إعادته لحوض ال SBR :

حجم الحمأة الفائضة 3.1 m³ (قبل التكثيف).

حجم الحمأة بعد التكثيف 0.8m³ ⇐

حجم الماء الرائق في أحواض التكثيف :

$$V = 3.1 - 0.8 = 2.3m^3$$

يتم تفريغ الماء من الحوض كل يومين أي أن الحجم يصبح:

$$V = 2.3 \times 2 = 4.6m^3$$

نقوم بالتفريغ خلال عشر دقائق ⇐

$$q = \frac{V}{t} = \frac{4.6}{10 \times 60} = 7.67 \times 10^{-3} m^3 / \sec$$

نفرض السرعة : $v = 2m / \sec$

$$S = \frac{q}{v} = \frac{0.00767}{2} = 3.8 \times 10^{-3} m^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4S}{p}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.0038}{p}} = 0.069m = 7cm \approx 10cm \Rightarrow$$

$$d = 100mm$$

خامساً : إنبوب تفريغ الحمأة من حوض التكثيف إلى ساحات التجفيف :

لدينا حجم الحمأة 0.8 m³

و يتم التفريغ كل يومين أي أن الحجم يصبح :

$$V = 0.8 \times 3 = 2.4m^3$$

و زمن التفريغ خمس دقائق.

$$q = \frac{V}{t} = \frac{2.4}{5 \times 60} = 8 \times 10^{-3} m^3 / \sec = 8l / s$$

نفرض السرعة :

$v = 2\,m / \sec$

$$S = \frac{q}{v} = \frac{0.008}{2} = 4 \times 10^{-3} m^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4S}{p}} = \sqrt{\frac{4 \times 0.004}{p}} = 0.07m = 7cm \approx 10cm \Rightarrow$$

$$d = 100mm$$

أما بالنسبة لأطوال الأنابيب :

هناك حرم طريق ستة أمتار موجود بين الأحوض (و هي أطوال الأنابيب) بحيث تستطيع السيارات المرور عبره حيث يوجد رصيف و شارع .

الملحق :

تعريفات :

S الخبث :

هو المواد الطافية بالحوض والغير قابلة للرسوب وغالبيتها من الزيوت والشحوم وهي ذات منظر ورائحة كريهتين ، وبتراكمها على السطح تحتجز الهواء والضوء من التخلل بمياه الصرف الصحي بالحوض .

- الحمأة السائلة:

هي المواد المشبعة بالمياه والراسبة بقاع الحوض وكمية الحماة السائلة تقدر بما لا يزيد عن ١ % من كمية مياه الصرف الداخلية للحوض

- مدة البقاء النظرية أو مدة المكث النظرية:

هي المدة النظرية المفروض أن تمكثها نقطة مياه بالحوض ، وبمعنى آخر هي المدة التي تلزم لنقطة المياه التي تقطع فيها المسافة بين مدخل الحوض ومخرجه بالسرعة النظرية

- مدة البقاء الفعلية :

هي المدة الفعلية التي تقطع فيها نقطة المياه المسافة بين مدخل الحوض ومخرجه .

- TKN:

هو مجموع النتروجين العضوي + النتروجين الناتج عن الأمونيا و الذي يحتاج أكسجين ليتأكسد و ليس النترات و النتريت .

- النترجة (أكسدة الأمونيا لنتريت) nitrification :

هي تحويل الآزوت العضوي (الأمونيا – نتروجين) إلى آزوت معدني(نتريت- نتروجين ،نترات – نتروجين : N-NO3 , N-NO2).

- النترتة (اختزال النترات) denitrication :

و هي ارجاع النترات بطريقة حيوية إلى غاز أحادي كسيد الآزوت NO2.

و شروط حدوث التفاعل :

١. درجة حرارة مرتفعة نسبياً (٦٠-٦٥).

٢. وسط لاهوائي

٣. وجود مواد عضوية (موجودة بشكل طبيعي في مياه الصرف)

٤. وسط قلوي .

GLossary:

- SBR: Sequencing Batch Reactors.
- ICEAS: Intermittent Cycle Extended Aeration System.
- SRT: Sludge Retention Time.
- RAS: Return Activated Sludge.
- WAS: Waste Activated Sludge.
- PS: Primary Sludge.
- BNR: Biological Nutrient Removal.
- NPDES: National Pollutant Discharge Elimination System.
- TOD: Total Oxygen Demand.
- COD: Chemical Oxygen Demand.
- BOD: Biochemical Oxygen Demand.
- EC: Electrical Conductance.
- F/M: Food To Microorganisms.
- TKN: **T**otal **k**jeldahl **n**itroge.

- TSS: Total Suspended Solids.
- TP: Total Phosphorus.
- TN: Total Nitrogen.
- TOC: Total Organic Carbon.
- NH_4-N: ammonia – nitrogen.

المراجع:

- Metacaf and eddy

- Design wast water treatment plant

- منظومات الصرف الصرف الصحي و محطات المعالجة

الدكتور المهندس أحمد فيصل أصفري

- United States , Environmental Protection Agency(EPA)