USAID | EGYPT
FROM THE AMERICAN PEOPLE

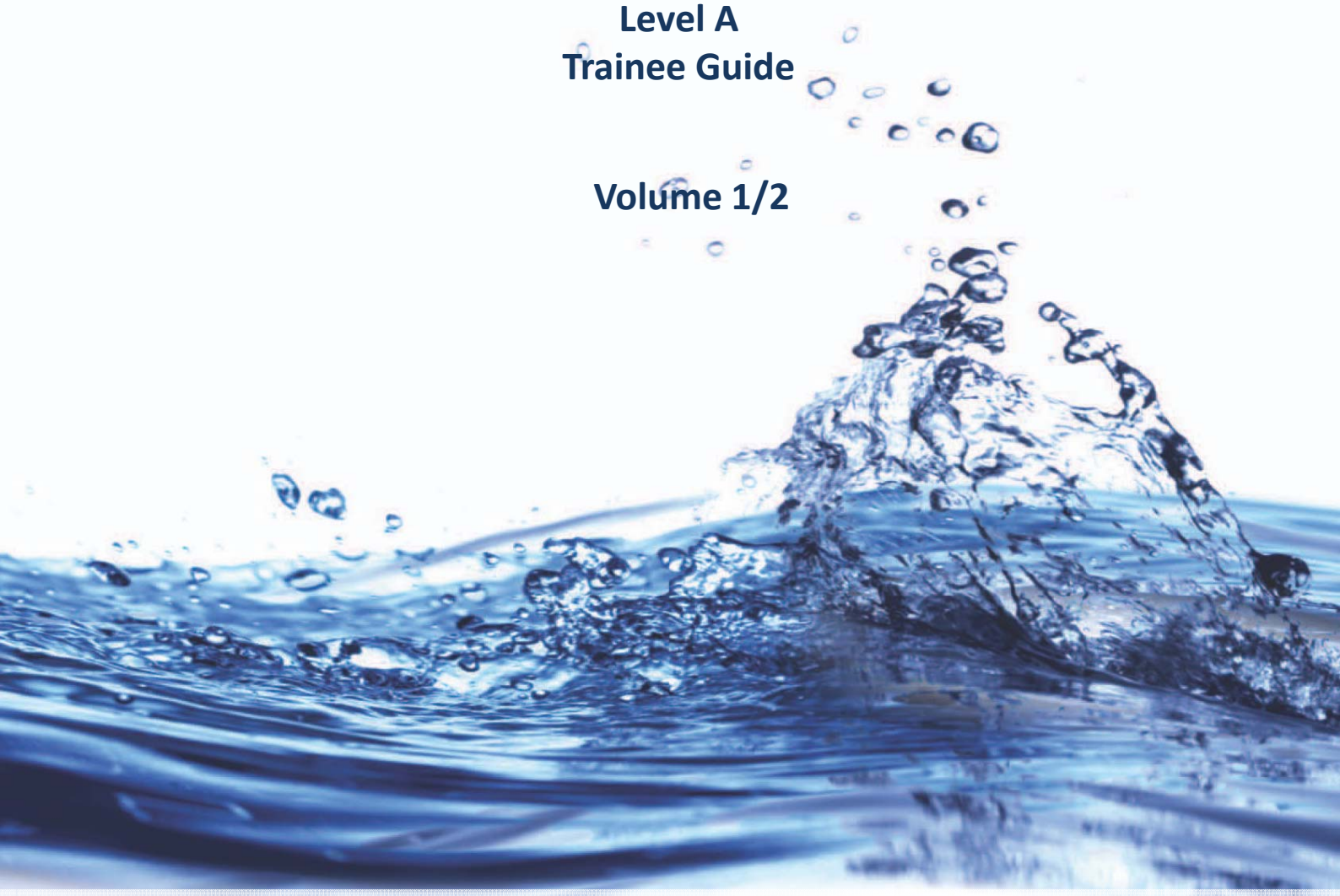
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج اعتماد مشغلى مرافق مياه الشرب و الصرف الصحى
Certification Program for Water and Wastewater Treatment Plant Operators and Lab. Analysts

دليل المتدرب
البرنامج التدريبي لمشغلي محطات معالجة مياه الصرف الصحي
المستوى (أ)

Training Course for WWTP Operators
Level A
Trainee Guide

Volume 1/2



تم اعداد هذا المستند بواسطة مشروع دعم قطاع المياه و الصرف الصحي الممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

برنامج اعتماد مشغلى مرافق مياه الشرب و الصرف الصحى
Certification Program for Water and Wastewater Treatment Plant Operators and Lab. Analysts

مشروع دعم قطاع مياه الشرب و الصرف الصحي
ممول من الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية

دليل المتدرب
البرنامج التدريبي لمشغلي محطات معالجة مياه الصرف الصحي
المستوى (أ)

Training Course for WWTP Operators
Level A
Trainee Guide

Volume 1/2

Contract No. EPP-I-00-04-00020-00, Order No. 3 **T-2012.08.155**

مقدمة

هذا الدليل يمثل حلقة في سلسلة من أعمال التطوير الشامل والدائم في أداء قطاع مياه الشرب والصرف الصحي وكافة مرافقه، كجزء من برنامج "اعتماد مشغلي ومحللي مرافق مياه الشرب والصرف الصحي" والذي يهدف لتأهيل العاملين في هذا القطاع بصورة معتمدة وترتبط بأفضل الممارسات الدولية المعروفة في الدول المتقدمة، بحيث يتم وضعهم في مستويات تمكنهم من تبادل خبراتهم مع كافة المستويات المساوية في أي دولة في العالم واكتساب الخبرات التي تيسر لهم الاطلاع على كل ما هو جديد في مجال أعمالهم واستيعاب التجارب والأبحاث والتقنيات الجديد في هذا المجال.

ومن المؤكد أن برنامج "اعتماد مشغلي ومحللي مرافق مياه الشرب والصرف الصحي" يخدم العديد من الأغراض على مستويات مختلفة، كما يهدف لإنجاز أهداف عديدة للجهات التي سعت إلى وضعه والتخطيط لتنفيذه، فمن أهم أغراض هذا البرنامج أن أي جهة تشارك فيه سوف تكون قادرة على أن:

- تشارك في تنفيذ السياسات القومية للحفاظ على البيئة والصحة العامة وحماية المجتمع من سلبيات أي قصور في أداء مرافق الخدمات العامة.
- تحقق مستويات أداء فني وإداري للمرافق تضمن الحفاظ على استثمارات البنية الأساسية ومشروعاتها وكفاءة تقديم خدماتها وأصول مرافقها ومنشآتها.
- تطور أداء الكوادر الفنية والإدارية المختصة بالتشغيل والصيانة وإدارتها في منشآت مرافق المياه والصرف الصحي لمستويات الدول المتقدمة.
- تضع تصنيفاً واقعيًا لمنشآت المياه والصرف الصحي يرتبط بمستويات تأهيل فني وإداري متميز للقائمين على تشغيلها وجودة خدماتها.
- تطور النظم القائمة للتسجيل والمتابعة والتقييم لأداء كافة أعمال التشغيل والصيانة وفق أحدث النظم ومتطلبات الحفاظ على جودة الخدمات.
- تراجع متطلبات العمالة المدربة والمؤهلة للأداء الأمثل في المرافق وتتبع سياسات متطورة في الاستجابة لهذه المتطلبات مع تطور الأعمال وحجمها.
- تشارك في إنشاء وإتباع نظام تأهيل مستدام ودائم التطور يضمن تدريب وتقييم العاملين في تشغيل المرافق ومعاملها موثق ومتجدد.

وأهمية البرنامج هو أنه بتحقيق هذه الأغراض يضع قطاع المياه والصرف الصحي ومنشآتها في مصاف مثيلاتها بالدول المتقدمة ويساهم في تحقيق سياسات الجهات المعنية بهذا القطاع، بداية من وزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية والشركة القابضة للمياه والصرف الصحي وشركاتها التابعة، وجهاز تنظيم مياه الشرب والصرف الصحي والمركز القومي لبحوث الإسكان والبناء، وصولاً إلى كافة المرافق والمنشآت والوحدات بمرافق وخدمات القطاع.

وفي إطار هذه الأغراض، تم إعداد هذا الدليل ليغطي احتياجات السادة "**مشغلي محطات معالجة مياه الصرف الصحى**"، **وذلك في المستوى (أ)** من برنامج الاعتماد، وتم فيه مراعاة كل ما يضمن الوفاء باحتياجات بناء قدرات هذه الفئة الهامة من العاملين في مرافق الصرف الصحى وتوفير مادة مرجعية يسهل الرجوع إليها والبناء عليها عند الانتقال من مستوى إلى مستوى في هذا البرنامج، وكذلك عند التعامل مع مواقع ومنشآت ومعدات العمل في محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وما تنطوي عليه من أهمية وارتباط مباشر بالصحة العامة ورضا وثقة العملاء الذين يتلقون هذه الخدمة الحيوية.

والدليل يرتبط أساسًا بالأدلة التى سبق إعدادها بواسطة هذا المشروع للمستويات السابقة (د ،ج، ب) مع إضافة ما يحقق ويستوفى الأهداف الموضوعة للمستوى الأعلى منهم مباشرة ضمن هذا البرنامج (المستوى أ)، كما يرتبط بالملامح الرئيسية للعديد من مناهج ودورات التدريب التي تم تنفيذها من قبل، وهي بلا جدال تحوي خبرات عالية ومتخصصة شارك في وضعها خبراء، كما تم وضع مادة هذا الدليل أيضًا بإشراف نفس المستوى من الخبراء، الذين تخصصوا وعملوا مع جهات دولية عديدة في مجال تشغيل وصيانة المرافق، ومرافق الصرف الصحى بصورة خاصة، مع مرجعية لا يمكن تجاهلها لعديد من المصادر المرموقة في هذا المجال، ممثلة في مساهمات واضعي المواد التدريبية التي تم الرجوع إليها بواسطة أصحابها ومن خلال الجهات التي أشرفت على أعمالهم.

وهذا الدليل يغطي كافة الجوانب العملية لمعالجة مياه الصرف الصحي بما تتضمنه من منشآت ومعدات وأجهزة وعمليات وعاملين وشئون مالية وإدارية، وسوف نجد كل ما يختص بمصادر وخواص مياه الصرف الصحى وعمليات المعالجة ووحداتها وخصائص ووظائف هذه الوحدات والمعاملات والاختبارات والمواد المستخدمة وجرعاتها وطرق كل ذلك وضوابطه وأنواع المعدات والأجهزة وأغراض استخدامها وصيانتها، كذلك إجراءات الأمن والصحة المهنية وسلامة العاملين وكافة ما يختص بعمليات معالجة مياه الصرف الصحي، والجوانب المالية والإدارية المرتبطة بكل ذلك.

ونأمل أن تكون هذه المادة وافية وعلى المستوى الذي يكافئ متطلبات تنفيذ هذا البرنامج الهام والضروري والذي يمثل إضافة خبرة ومسئولية كبرى لمن يشارك فيه، لما له من أهمية وضرورة تمس وترتبط مباشرة بكافة سياسات الدولة في مجالات الخدمات الهامة والسكان والصحة العامة والبيئة وإدارة الموارد الطبيعية لصالح المجتمع والمواطنين والله الموفق.

المحتويات

الجزء الأول

الفصل الأول: خصائص مياه الصرف الصحي الخام

أهداف التدريب (التعلم) ١-١
مصـادر ميـاه الصرف الصحي ١-٢
مكونات وخصائص المخلفات السائلـ ـة ١-٥
الملوثات في مياه الصرف الصحي ١-٦
خصائص مياه الصرف الصحي ١-١٠
أنواع المواد الصلبة في مياه الصرف الصحي ١-٢٦

الفصل الثاني: المعالجة الأولية

أهداف التدريب (التعلم) ٢-١
مقدمـ ـة ٢-٢
المصافي ٢-٢
وحدات إزالة الرمال وفصل الزيوت والشحوم ٢-١٥
تجميع وإزالة الرمال من الأحواض ٢-١٩
وحدة السيكلون ٢-٢١
الأسس التصميمية لأحواض إزالة الرمال طبقًا للكود المصرى ٢-٢٢
الأمان ٢-٢٣
سجلات التشغيل ٢-٢٤
أحواض الموازنة ٢-٢٧

الفصل الثالث: المعالجة الإبتدائية - أحواض الترسيب الإبتدائي

أهداف التدريب (التعلم)	٣-١
مقدمة	٣-٢
المتطلبات الأساسية لأحواض الترسيب الابتدائى	٣-٤
أنواع أحواض الترسيب الابتدائي	٣-٥
أحواض الترسيب الإبتدائي الدائرية	٣-٥
أحواض الترسيب الإبتدائي المستطيلة	٣-٩
المتطلبات التصميمية لإحواض الترسيب الابتدائي	٣-١٠
إجراءات التشغيل والصيانة لأحواض الترسيب الابتدائى	٣-١١
الملاحظة البصرية لحوض الترسيب الإبتدائى أثناء التشغيل	٣-١٤
مشاكل التشغيل فى أحواض الترسيب	٣-١٤
قياس كفاءة أحواض الترسيب الابتدائى	٣-١٦
استراتيجية تشغيل أحواض الترسيب الابتدائي	٣-١٨
الأمان	٣-٢٥
سجلات التشغيل	٣-٢٦

الفصل الرابع: المعالجة الثانوية

أهداف التدريب (التعلم)	٤-١
مقدمة	٤-٣
المعالجة البيولوجية	٤-٣
أولا: المعالجة بالنمو الملتصق	٤-٣
ثانياً: المعالجة بالنمو المعلق	٤-٢٨
المشكلات الفنية بمحطات المعالجة بالحمأة المنشطة	٤-٥٧
سجلات التشغيل	٤-٦٨

الفصل الخامس: المعالجة الثلاثية (المتقدمة) لمياه الصرف الصحى

أهداف التدريب (التعلم)	٥-١
المعالجة الثلاثية (المتقدمة)	٥-٢
الغرض من المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحى	٥-٢

الطرق الأساسية للمعالجة الثلاثية ٥-٢
أحواض المروقات ذات اتجاه السريان لأعلى ٥-٣
أحواض الترسيب باستخدام المواد المروبة ٥-٤
المرشحات ٥-٥
إزالة المغذيات بالمعالجة البيولوجية ٥-٩
أولا: إزالة النيتروجين ٥-١٠
النيترة بيولوجيا ٥-١١
العوامل التى تساعد على تثبيت النيتروجين ٥-١٤
الحمأة المنشطة وعملية النيترة ٥-١٦
إزالة الفوسفور بيولوجيًا ٥-٢٢
إزالة الفوسفات وعلاقته بالكائنات الخيطية ٥-٢٥
الترشيح ٥-٣٥

الفصل السادس: المعالجة بالكيماويات

أهداف التدريب (التعلم) ٦-١
مقدمـة ٦-٢
استخدام الكيماويات ٦-٣
أ. الترسيب ٦-٣
ب. التطهير ٦-١٠
ج. إزالة المياه مـن الحمأة ٦-١٠
د. إزالة الروائح ٦-١٠
اختبار الكأس لتحديد جرعة المادة المروبة ٦-٢١
التعديلات الفنية على أعمال المعالجة الكيميائية ٦-٢٢

الفصل السابع: التطهير بالكلور

أهداف التدريب (التعلم) ٧-١
مقدمـة ٧-٢
طرق التطهير ٧-٣
مركبات الكلور ٧-٨
استخدامات الكلور ٧-٩

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور ٧-١١
العوامل التى تؤثر فى عملية التطهير ٧-١٤
سجلات التشغيل ٧-٢٢

الفصل الثامن: صرف وإعادة استخدام المياه المعالجة
أهداف التدريب (التعلم) ٨-١
مقدمـة ٨-٢
الطرق الآمنة للتخلص من مياه الصرف الصحي المعالجة ٨-٣
أولا: التخلص بالتخفيف ٨-٤
ثانياً: التخلص بالحقن (الشحن الصناعي) ٨-٩
ثالثاً: الصرف على المسطحات الأرضية ٨-١٠
الاستخدامات غير الزراعية لمياه الصرف الصحى والصناعى المعالجة ٨-١٤
الجوانب البيئية والصحية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة ٨-٢٠
القوانين المصرية المنظمة للصرف وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي ٨-٢٧

الفصل التاسع: تداول الحمأة
أهداف التدريب (التعلم) ٩-١
مقدمـة ٩-٢
مصادر الحمأة ٩-٤
الحمأة الابتدائية ٩-٥
الحمأة الثانوية ٩-٧
معالجة الحمأة ٩-١٠
تركيز الحمأة ٩-١١
الأسس التصميمية ٩-١٣
أحواض تعويم الحمأة باستخدام الهـواء ٩-١٤
معالجة الحمأة بالهضم الهوائى ٩-١٥
معالجة الحمأة بالهضم اللاهوائى ٩-١٦
تجفيف الحمأة ٩-٣٦
التجفيف الطبيعي للحمأة ٩-٣٧
الغرض من عملية التجفيف ٩-٣٧

مبادئ التجفيف الطبيعي للحمأة ٩-٣٧
بحيرات تجفيف الحمأة ٩-٤٠
أحواض التجفيف المعزولة ٩-٤٠
مكونات الحوض ٩-٤٤
كمر الحمأة ٩-٤٦
طرق التخلص النهائى من الحمأة ٩-٤٧
التجفيف الميكانيكى للحمأة ٩-٥٣
تتبع المشاكل وحلولها لأعمال التجفيف الميكانيكى للحمأة ٩-٦١
سجلات التشغيل ٩-٦٦
المعايير والقونين البيئية الحاكمة لتداول الحمأة ٩-٦٨

الفصل العاشر: التحاليل المعملية الرئيسية المستخدمة فى محطات الصرف الصحى

أهداف التدريب (التعلم) ١٠-١
برنامج جمع العينات ١٠-٢
العينات الممثلة واختيار موقع أخذ العينات ١٠-٢
الأدوات المستخدمة فى جمع العينات ١٠-٤
أنواع العينات ١٠-٤
العينة البسيطة ١٠-٤
العينة المركبة ١٠-٥
حفظ العينات ١٠-٧
استخدام أجهزة سحب العينات الأوتوماتيكية ١٠-٨
التحاليل الرئيسية فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى ١٠-٩
الرقم الأيدروجينى ١٠-١١
المواد الصلبة ١٠-١٣
قياس الأكسجين المذاب ١٠-٢٣
قياس الأكسجين الحيوى المستهلك ١٠-٢٥
قياس الأكسجين المستهلك كيميائيا ١٠-٢٨
التوصيل الكهربى ١٠-٣١
الزيوت والشحوم ١٠-٣٢
الأمونيا ١٠-٣٣

الفوسفات ١٠-٣٦
الكلور المتبقى ١٠-٣٨
القلوية ١٠-٤٠
درجة الحرارة ١٠-٤٢
الفلزات الثقيلة ١٠-٤٣
معدل التنفس ١٠-٤٥
المواد السامة (السيانيد) ١٠-٤٧
التحاليل البكتريولوجية ١٠-٤٩
الفحص الميكروسكوبي ١٠-٦٥

الجزء الثاني

الفصل الحادى العاشر: استخدام و معايرة الأجهزة المعملية

أهداف التدريب (التعلم) ١١-١
الأجهزة المستخدمة فى قياسات ملوثات مياه الصرف الصحى ١١-٢
١. جهاز قياس الرقم الأيدروجينى (pH-meter) ١١-٣
٢. جهاز قياس الأكسجين المذاب Dissolved Oxygen Meter ١١-٦
٣. جهاز قياس التوصيل الكهربائى (Conductometer) ١١-٩
٤. جهاز قياس طيف الإمتصاص المرئي وفوق البنفسجى (سبكتروفوتومتر) - UV-Vis Spectrophotometer ١١-١١
٥. جهاز قياس طيف الإمتصاص الذرى (Atomic Absorption Spectrometer) ١١-١٤
٦. جهاز قياس طيف إمتصاص الأشعة تحت الحمراء (Infrared Spectrometer IR) ١١-١٧
٧. جهاز قياس طيف الكتلة (Mass Spectrometer, MS) ١١-٢٠
٨. جهاز قياس طيف الإنبعاث باستخدام بلازما الحث المزدوج Inductively Coupled (Plasma Spectrometer) ١١-٢٢
٩. الأقطاب الأيونية المنتخبة ذات الأغشية (Ion Selective Membrane Electrodes, ISEs) ١١-٢٤
١٠. جهاز كروماتوجرافيا الغاز (Gas Chromatograph, GC) ١١-٢٦
١١. جهاز كروماتوجرافيا الأيونات (Ion Chromatograph, IC) ١١-٢٧
١٢. جهاز كروماتوجرافيا السائل تحت ضـغط مرتفـع (High Pressure Liquid Chromatography, HPLC) ١١-٣٠
١٣. أجهزة اختبار المواد السامة (السيانيد) ١١-٣٢

الفصل الثانى عشر: تشغيل معدات معالجة مياه الصرف الصحي

أهداف التدريب (التعلم)	١٢-١
مقدمة	١٢-٢
مسئوليات وواجبات القائمين على تشغيل معدات محطات المعالجة	١٢-٢
تقارير تشغيل محطة المعالجة	١٢-٣
الطلمبات	١٢-١٨
المحركات الكهربية	١٢-٤٦
الصيانة الوقائية لمحرك الديـزل	١٢-٦١
أجهزة منظومة الكلور	١٢-٦٨
الهاضمات اللاهوائية	١٢-٨٩
أجهزة القياس	١٢-١٠٣
الصمامات والبوابات	١٢-١٢٩
المواسير والقطع الخاصة	١٢-١٤٣

الفصل الثالث عشر: صيانة معدات معالجة مياه الصرف الصحي

أهداف التدريب (التعلم)	١٣-١
مقدمة	١٣-٢
مفهوم الصيانة	١٣-٤
صيانة الطلمبات	١٣-١٠
صيانة المعدات الكهربية	١٣-٣٢
صيانة المحركات الكهربية	١٣-٤٩
أساسيات وخواص زيوت التزييت	١٣-٦٥
الشحوم	١٣-٧٦
صيانة معدات حقن الكلور	١٣-٧٩
الصيانة الدورية للمحابس	١٣-٨٨
الإصلاح والتجديد	١٣-٨٩

الفصل الرابع عشر: السلامة والأمان في الموقع

أهداف التدريب (التعلم)	١٤-١
مقدمة	١٤-٢
سلامة وأمن المحطة	١٤-٢
أخطار الجراثيم بمياه الصرف الصحى	١٤-٣
أخطـار التعامل مع الكيماويات	١٤-٤
أخطـار التعامل مع أجهزة الكلور	١٤-٤
إجراءات الأمان بالنسبة للأماكن المغلقة	١٤-٦
مخاطر الكهرباء والتعامل معها	١٤-٩
تعليمات عامة لاستخدام المعدات	١٤-٢٠
احتياطات هامة لضمان الأمان والسلامة	١٤-٢٣
خطر الحريق	١٤-٢٥
اعتبارات عامة للأمان	١٤-٢٦
الأخطار المتوقعة فى محطـات المعالجة وطرق تجنبها والتغلب عليها	١٤-٢٩
اعتبارات الأمن	١٤-٣٢
خطوات الإسعافات الأولية	١٤-٣٢

الفصل الخامس عشر: الإجراءات الإدارية في مرافق الصرف الصحي

أهداف الأداء (التعلم)	١٥-١
الإدارة	١٥-٣
العملية الإدارية	١٥-٣
مستويات الإدارة	١٥-٤
التخطيط واتخاذ القرار	١٥-٥
الاستراتيجية	١٥-٨
التنظيم	١٥-١٠
الوصف الوظيفى	١٥-١٣
خطة إدارة الأزمات والطوارئ	١٥-١٥
مقترح خطة تشغيل محطة معالجة فى حالة الطوارئ	١٥-١٧
تخطيط الاجتماعات	١٥-٢١
التفويض	١٥-٢٥

دراسة وتحليل المشاكل	١٥-٢٨
أنواع وأشكال اتخاذ القرار	١٥-٣٣
الرقابة ووضع التقارير	١٥-٣٧
مؤشرات ومعايير الأداء	١٥-٣٩
الاتصالات	١٥-٤١
التدريب	١٥-٤٦
تحديد الاحتياجات التدريبية	١٥-٤٧
الميزانية والموازنة والتكلفة والعائد	١٥-٥٢
إعداد موازنة التشغيل والصيانة	١٥-٦٢
إدارة المعدات	١٥-٦٥
اتخاذ القرارات السليمة بشأن إجراءات التوريد والشراء	١٥-٦٦
اللوائح المنظمة للعمل	١٥-٦٨

الملاحق:

الملحق الأول: التشريعات المصرية الخاصة بتحديد مواصفات المياه الملوثة

الملحق الثانى: المصطلحات الفنية

الملحق الثالث: وحدات القياس

المراجع

الفصل الأول

خصائص مياه الصرف الصحي الخام

الفصل الأول

خصائص مياه الصرف الصحي الخام

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادرا على أن:

١. يحدد المصادر المختلفة لمياه الصرف الصحي.
٢. يذكر مكونات وخصائص المخلفات السائلة.
٣. يذكر أنواع الملوثات التى تتواجد فى مياه الصرف الصحى وتأثيرها على نوعية المياه وعمليات المعالجة.
٤. يذكر الخصائص الطبيعية لمياه الصرف الصحى الخام وطرق تحديدها.
٥. يذكر تأثير درجة حرارة مياه الصرف الصحى على طرق المعالجة البيولوجية.
٦. يتعرف على الغازات والرائحة المنبعثة من مياه الصرف الصحى باستخدام الطرق المناسبة.
٧. تحديد الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحى الخام وطرق تحديدها.
٨. تحديد الخصائص البيولوجية لمياه الصرف الخام وطرق تحديدها.
٩. يذكر أنواع التحلل الذى تتعرض له المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف الصحى.
١٠. يذكر طرق إجراء بعض التجارب المعملية بالموقع مثل تحديد تركيز المواد الصلبة الذائبة والعالقة.
١١. يذكر الاشتراطات الخاصة بالصرف على شبكات الصرف الصحى.

مصـــادر ميـــاه الصرف الصحى

تنتج مياه الصـــرف الصحي أساساً مـــن المخلفات السائلة المنزليـــة الناتجة من المباني السكنية ومن المخلفـــات السائلة الناتجـــة مـــن بعض الصناعات الخفيفة كالصناعات الغذائيـــة بالإضافة إلى مياه الرشح ومياه الأمطار التى تصل إلى الشبكة كما هو موضح بالشكل رقم (١-١).

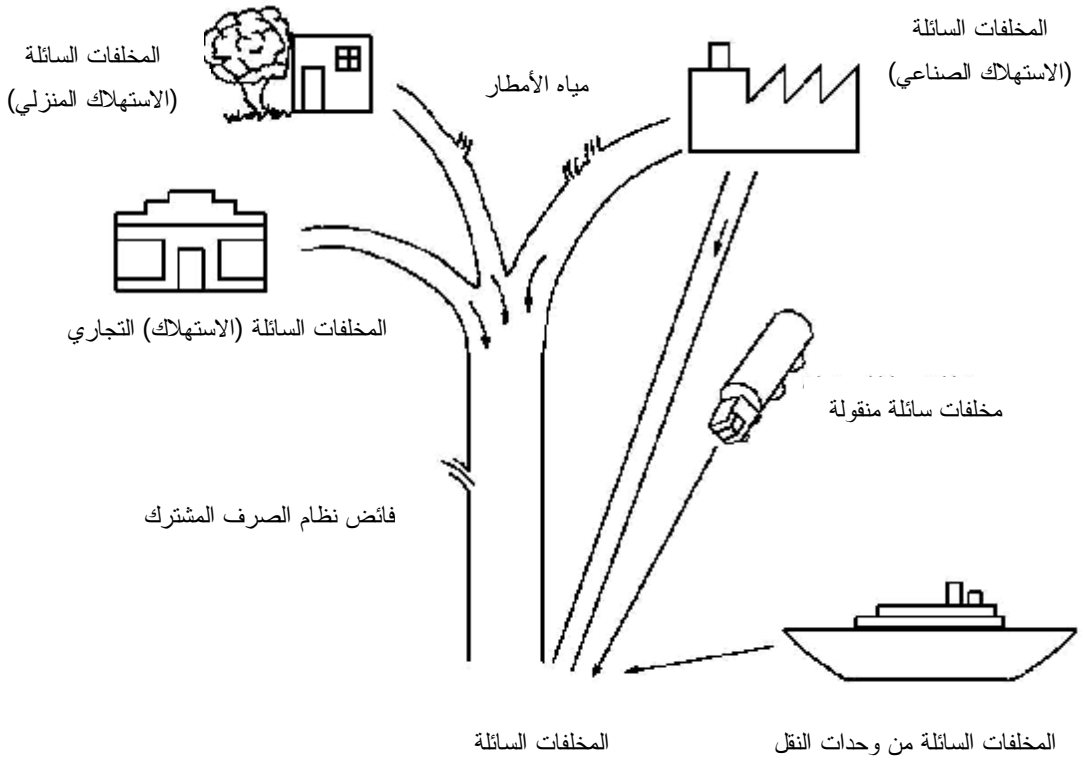
وتتكون مياه الصرف الصحى أساسًا من مياه الشرب المستعملة بما تحتويه من العناصر الكيميائية الموجودة فيها قبل الاستعمال مضافاً إليها الشوائب التى تصاحب استعمالها. وتعتمد هذه الشوائب فى نوعيتها وكمياتها على مجالات استعمال المياه، فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها فى الاستعمالات المنزلية أو مياه الأمطار أو مياه الرشح. وكل نوع من هذه الأنواع تتداخل عوامل كثيرة فى التأثير على مكوناته، وتتفاوت هذه العوامل من منطقة إلى أخرى، وسنتناول فيما يلى أهم مصادر مياه الصرف الصحى للمساعدة في التعرف عليها.

١ - ميـــاه الصـــرف الصحى المنزلى

تشمل الميـــاه المستعملة فى التجهيـــزات الصحيـــة المنزليـــة والمراحيـــض وأحواض المطابخ والأجهزة الأخرى، ويتضح من ذلك أن نوعية الشوائب فى هذه المياه هى مخلفات الطعام والفضلات الآدمية بالإضافة إلى المواد الناتجة عن الاستحمام ونظافة الملابس والأوانى والأرضيات وأعمال النظافة الأخرى.

وتختلف نوعية مياه الصرف الصحى المنزلى طبقاً للعوامل التالية:

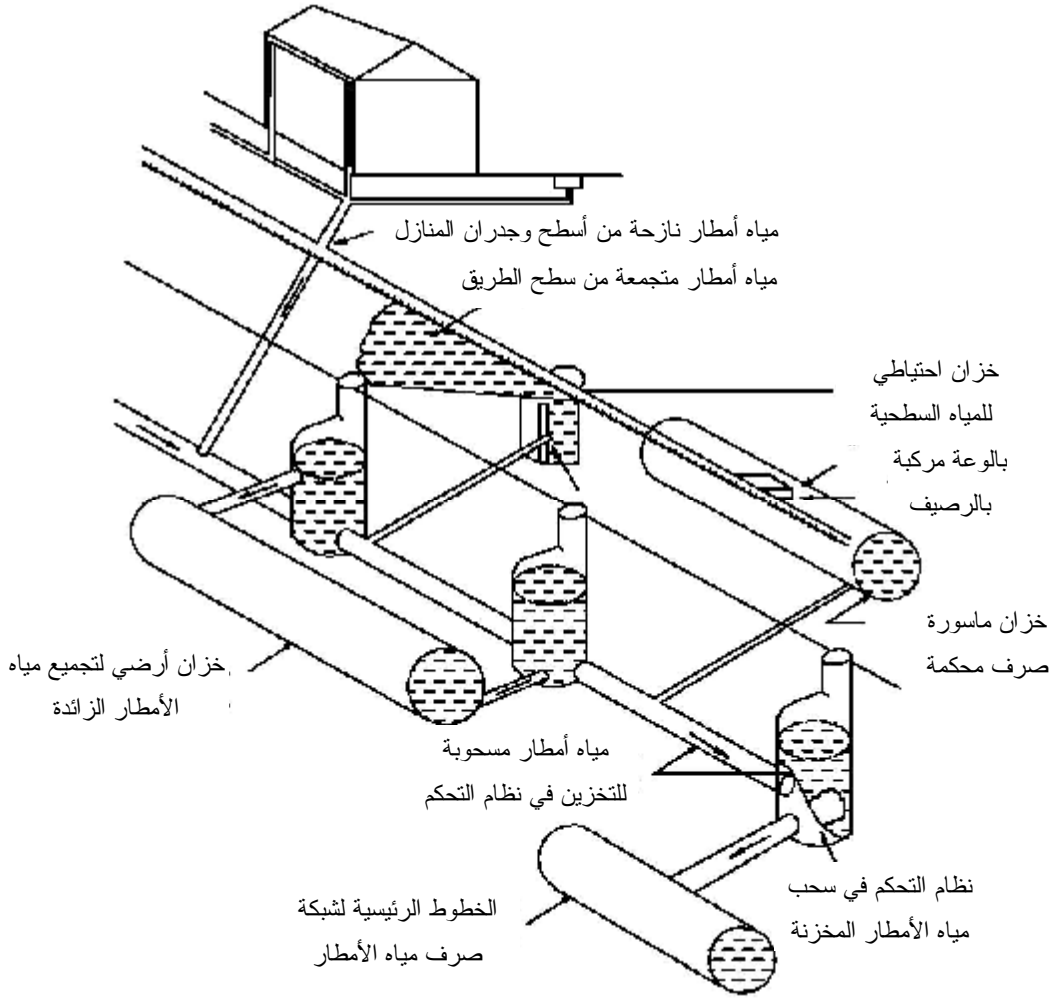
أ - نظام شبكات التجميع (هل هى مشتركة أو منفصلة).
ب- مستـــوى معيشة السكان.
ج- معدلات استهلاك المياه.
د - خصائص مياه الشرب.



شكل رقم (١-١)
مصادر المياه الملوثة (الصرف الصحى)

٢- مياه الامطار

تحتوي مياه الأمطار بعد تجميعها علي المواد التي تحملها الأمطار أثناء سقوطها أو جريانها فوق أسطح المباني والأرض، وتختلف ما تحمله مياه الأمطار من أتربة ورمال ومواد عضوية طبقاً لعدة عوامل كثيرة منها طبيعة الأسطح التي تسقط عليها الأمطار ونوعية رصفها ومدى تكرار سقوط الأمطار ومدتها، وقد تحتوي مياه الأمطار في بعض الأحيان على تركيز عالٍ من المواد العالقة التي تجرفها المياه من الأسطح التي تسقط عليها بالإضافة إلى بعض الغازات الذائبة في الأمطار أثناء هطولها. وفي البلاد شحيحة المياه يفضل إنشاء شبكات منفصلة لتخزين مياه الأمطار لاستخدامها في أعمال الري أو في أي استخدامات أخرى، كما هو موضح بالشكل رقم (١-٢).



شكل رقم (١-٢)
الشبكات المنفصلة لتجميع مياه الأمطار

٣- المخلفات الصناعية السائلة

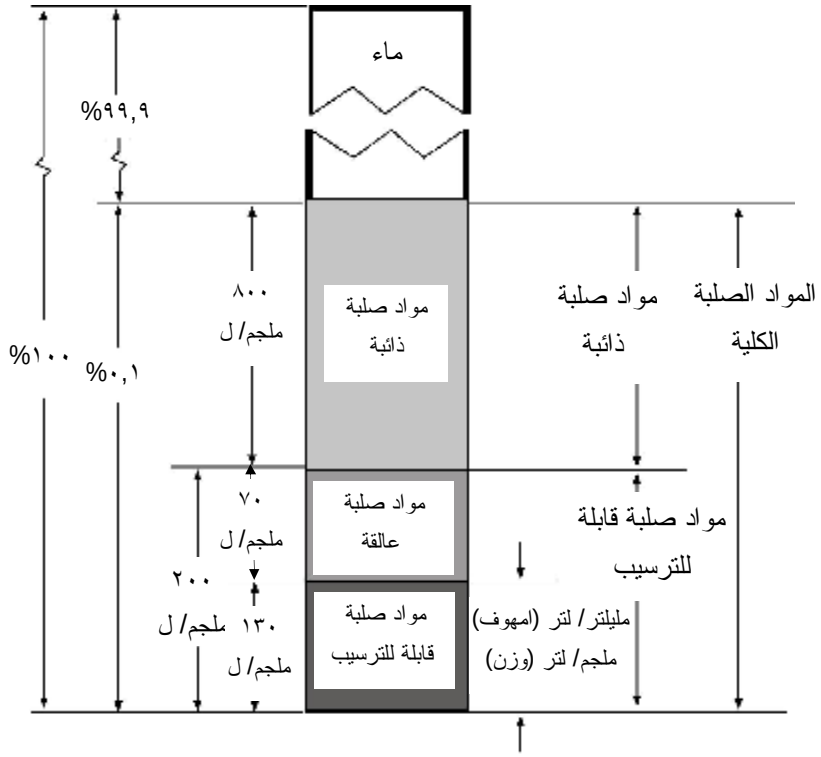
تختلف مكونات المخلفات الصناعية السائلة وخصائصها حسب نوع الصناعة والعمليات الصناعية المستخدمة فيها، وكمية المياه المستعملة والمواد التى تدخل فى التصنيع، والنسبة التى تصل منها إلى مياه الصرف الصحى. وتكون بعض المخلفات الصناعية أشد تركيزاً من مياه الصرف المنزلى بالنسبة للمواد العضوية والمواد العالقة والمواد الذائبة، وقد تكون بعضها أقل تركيزاً، فنجد مثلاً أن المياه المستعملة فى صناعة الورق تحتوى على تركيز عال من المواد العضوية العالقة والذائبة، بينما نجد أن المياه المستعملة فى صناعة التبريد تكون خالية من الشوائب. كما أن بعض المخلفات الصناعية قد تحتوى على مواد سامة أو ضارة بالنسبة للكائنات

الحية الدقيقة والتى لها دور كبير فى عمليات المعالجة، ولذلك لا يُسمح بصرف المخلفات الصناعية على شبكات الصرف الصحى إلا إذا توافرت فيها معايير وخصائص معينة حددها القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ واللائحة التنفيذية الصادرة بالقرار الوزاري رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ فى شأن صرف المخلفات الصناعية السائلة على شبكات الصرف الصحى.

٤ - مياه الرشح وهى المياه التى تدخل مواسير الصرف الصحى من المياه السطحية أو من المياه الجوفية فى باطن الأرض إذا كان منسوبها أعلى من منسوب المواسير. لذا يجب أن تقدر قيمتها لتؤخذ فى الاعتبار عند التصميم. وتدخل المياه الجوفية عن طريق الوصلات والمسام والمطابق المعيبة وأغطية المطابق التى يقل منسوبها عن منسوب سطح الأرض. وتعتمد كمية مياه الرشح على ارتفاع منسوب المياه الجوفية فوق منسوب المواسير وعلى جودة الوصلات ونوعية مواسير الصرف المستخدمة وقطرها وطولها ونوع أغطية المطابق المستخدمة (بفتحات أم بدون فتحات - خاصةً فى المناطق الممطرة). وقد يحدث فى بعض الأحيان ظاهرة الترشيح (عكس حركة مياه الرشح) فى حالة وجود المياه الجوفية على منسوب أقل من منسوب المواسير حيث تتسرب المياه من المواسير إلى طبقات التربة المحيطة، مما يتسبب فى تلوث التربة والمياه الجوفية بالإضافة إلى خلخلة التربة أسفل أساس المواسير والمطابق وتأثير ذلك على سلامة هذه المنشآت والمواسير.

٥ - مياه غسل الشوارع وهذه المياه الملوثة تصرف فى البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال والورق والزيوت والشحومات.

مكونات وخصائص المخلفات السائلة تتغير مكونات مياه الصرف الصحى السائلة من وقت لآخر على مدار السنة والشهر واليوم أسوة بتغير كمياتها، إلا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة تتكون فى المتوسط من ٩٩.٩% ماء، ٠.١% مواد صلبة سواء كانت عالقة أو ذائبة، عضوية أو غير عضوية، كما تحتوى على الكثير من البكتريا (هوائية أو لاهوائية) ويوضح الشكل رقم (١-٣) بيان بمكونات مياه الصرف الخام.



شكل رقم (١-٣)

مكونات مياه الصرف الصحي الخام

الملوثات في مياه الصرف الصحي

وتتشعب آثار صـــرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البيئة حسب نوع الملوثات وتركيزها، ويوضح الجدول رقـــم (١-١) الملوثـــات الهامـــة الموجودة في مياه الصرف الصحي.

فالأجسام الصلبة المعلقة مثلا، تؤدي إلي ترسب الحمأة وتوليد ظروف لاهوائية، بينما تؤدي المواد العضوية غير القابلة للتحلل الحيوي إلي استنفاذ موارد الأكسجين الطبيعية ونشوء ظروف ضارة بالأنواع المائية.

ونظراً لإختلاف طبيعة كل ملوث من الملوثات السابقة بعضها عن بعض، حيث أن كل ملوث له ما يميزه من الصفات والخصائص الطبيعية والكيميائية عن الآخر، لذلك فإن طرق إزالته أو التخلص منه تختلف من ملوث لآخر.

جدول رقم (١ - ١)

الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي وأهميتها

الملوثات	سبب الأهمية
المواد الصلبة العالقة	قد تؤدي إلي ترسب الحمأة وتوليد ظروف لاهوائية إذا تم صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البيئة المائية. والمواد العالقة بكثرة تعيق أنظمة الري في حالة استخدام المياه المعالجة في الري والزراعة، وفي بعض حالات وجود تركيزات عالية من المواد العالقة تقلل من كفاءة تطهير وتعقيم المياه المعالجة وذلك لحجبها كثير من المواد الممرضة.
المواد العضوية القابلة للتحلل البيولوجي	وتشمل المركبات العضوية التي يمكن أن تتحلل عن طريق العمليات البيولوجية المختلفة مثل التي تتم بتأثير الكائنات الدقيقة ومن أمثلة تلك المركبات البروتينات والدهون والكربوهيدرات. ولو تركت هذه المركبات أو تسربت للبيئة المائية تؤدي إلي إستهلاك وإستنزاف الأكسجين الذائب وربما إلي التحلل الذاتي للأنهار والمسطحات المائية الصغيرة، وعند نقص ونضوب الأكسجين تبدأ التفاعلات اللاهوائية داخل المياه مسببة روائح كريهة وتزداد الجراثيم ومسببات الأمراض الأخرى.
الكائنات الحية المسببة للأمراض	وهي الكائنات الدقيقة وغير الدقيقة والتي يؤدي تراكمها أو وجودها نفسه في مياه الصرف الصحي إلي الإصابة بالأمراض سواء للإنسان أو للحيوان أو للنبات داخل البيئة، وتشمل البكتريا والفطريات والطحالب والفيروسات والديدان وبعض الطفيليات.
المواد العضوية الشديدة المقاومة للتحلل	تقاوم طرق المعالجة التقليدية لمياه الصرف الصحي، وتضم العوامل ذات الفعالية السطحية والفينولات والمبيدات الزراعية الثانوية وهذه المواد غير قابلة للتحلل بيولوجيا وتحتاج إلي معالجة كيميائية وفيزيائية لإزالتها، حيث أنها تقاوم طرق المعالجة التقليدية، وتراكم هذه المواد يسبب ضررا شديدا بالبيئة. وقد تشمل تلك المواد أيضاً بعض أنواع المنظفات الصناعية والتي هي مواد خافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي وفي المياه السطحية التي يتم صرف المياه إليها.

تابع جدول رقم (١-١)

الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي وأهميتها

الملوثات	سبب الأهمية
المعادن الثقيلة	تنتج من الأنشطة التجارية والصناعية، وهي تسبب سمية شديدة وتلوثاً كبيرا وذلك في حالة إعادة استخدام المياه المحتوية علي تركيزات معينة منها، ولذلك ينصح بعدم استخدام المياه المحتوية علي العناصر الثقيلة في الري والزراعة ويجب إزالتها من مياه الصرف الصحي قبل إعادة استخدامها.
المكونات الذائبة غير العضوية	تضم الكالسيوم والصوديوم والكبريتات، ويجب إزالة هذه المكونات لإمكانية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي.
المغذيات Nutrients	وهي عناصر لازمة لنمو النبات والحيوان وكثير من الكائنات الحية الدقيقة ولو بنسب ضئيلة. ومن أهمها النيتروجين والفسفور والتي عند وصولها للبيئة المائية كالأنهار والبحيرات تؤدي إلي نمو الطحالب غير المرغوب فيها، وأيضا وجودها بتركيزات عالية يسبب إستنفاذ الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للإختناق، ولو تسربت للأرض تسبب تلوثا للمياه الجوفية.

وقد تتشابه طرق التخلص لأكثر من ملوث وقد تنفرد ملوثات معينه بطرق خاصة حسب طبيعتها. وعموما فإن طرق التخلص من الملوثات هي نفسها أنظمة المعالجة إذ أن المعالجة تهدف إلي التخلص من الملوثات، لهذا نجد أن طرق التخلص من الملوثات إما أن تكون طرق فيزيائية أو كيميائية أو بيولوجية.

الغازات المنبعثة من مياه الصرف الصحي

تحتوى المخلفات السائلة عند بدء جريانها فى شبكة الصرف على بعض الأكسجين الذائب الذى سرعان ما يُستهلك نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية التى تموت إذا لم يتجدد الأكسجين (أى إذا لم يكن هناك إتصال دائم بين المخلفات السائلة والهواء). وعندئذ تنشط البكتريا اللاهوائية ويحدث تحلل لاهوائى للمواد العضوية فتكتسب المخلفات لوناً داكناً ورائحة عفنة نتيجة لهذا التحلل اللاهوائى، وعلى النقيض من ذلك إذا تواجدت المخلفات السائلة على اتصال دائم بالهواء فعندئذ تنشط البكتريا الهوائية مما ينتج عنه تحلل هوائى للمواد

العضوية لا ينتج عنه روائح عفنة أو تركيز عالى فى اللون، وهكذا يتضح أن المواد العضوية تتعرض إلى نوعين من التحلل هما التحلل الهوائى واللاهوائى.

أولاً: التحلل اللاهوائى (Putrefaction):

وهو الذى يحدث نتيجة لنشاط البكتريا اللاهوئية فى غياب الأكسجين وينتج عنه غازات النشادر (Ammonia) والميثان (Methane) وكبريتيد الهيدروجين (Hydrogen Sulphide)، ومعظم هذه الغازات ذات رائحة نفاذة كريهة.

ثانياً: التحلل الهوائي (Oxidation):

وهو الذى يحدث نتيجة نشاط البكتريا الهوائية عند تواجد الأكسجين وينتج عنه أملاح الأزوتات (Nitrates) والكبريتات (Sulphates) وثاني أكسيد الكربون (Carbon Dioxide) ومواد أخرى غير ضارة.

ويتأثر التحلل الهوائي بعدة عوامل مثل:

- درجة حرارة المخلفات (Temperature of sewage)

ويظهر تأثير درجة الحرارة فى زيادة نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية مع ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة معينة يأخذ بعدها نشاط البكتريا فى الهبوط.

- العوامل الميكانيكية (Mechanical factors) مثل مرور المخلفات السائلة على هدارات أو فى منحدرات أو فى وحدات الطلمبات، إذ أن مثل هذه العوامل تساعد على تفتت المواد العالقة الكبيرة الحجم نسبياً إلى مواد أصغر حجماً وتزيد نسبة الأكسجين الذائب.
- كمية المياه المستخدمة (مياه الشرب) فى المدينة وكذلك محتويات هذه المياه وكمية مياه الرشح وكمية مياه المطر، وهذه تؤثر على درجة تركيز المواد الصلبة (عالقة كانت أو ذائبة)، كما أن مياه الرشح بما قد تحتويه من أملاح ذائبة تؤثر على درجة تركيز المواد الذائبة.
- المواد الصلبة الموجودة فى المخلفات السائلة ونسبة المواد العالقة أو

الذائبة فيها.

- المواد العضوية (Organic substances) وتسمى أحياناً مواد طيارة أو غير ثابتة (Volatile-unstable) نظراً لتطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية.
- المواد الغير عضوية (Inorganic substances) وتسمى أحياناً مواد معدنية أو ثابتة (Mineral-stable) ونظراً لثباتها وعدم تطايرها عند التسخين لدرجة حرارة عالية. وتقدر نسبة كل من المواد العضوية والمواد غير العضوية الموجودة فى المخلفات السائلة بحوالى (٥٠%) من مجموع المواد الصلبة.

خصائص مياه الصرف الصحى

إن مستوى هذا البرنامج التدريبى الذى يهدف إلى التعرف على الخصائص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحى الداخلة إلى محطة المعالجة والخارجة منها وكذلك معرفة الطرق المستخدمة فى تحديد هذه الخصائص، أما القدرة على تحديد هذه الخصائص وإجراء بعض التحاليل وتفسير نتائجها فهذه أهداف سيتم تقديمها فى المستوى الأعلى الذى يلى هذا البرنامج.

تُحدَّد نوعية مياه الصرف الصحي حسب خصائصها الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية، فالخصائص الفيزيائية (الطبيعية) تشمل اللون والرائحة ودرجة الحرارة ودرجة العكارة، والمحتويات غير المذابة، ومنها المواد الصلبة العالقة والزيوت والشحوم.

وتصنف المواد الصلبة إلى مواد صلبة عالقة ومواد صلبة ذائبة ومواد صلبة عضوية متطايرة وغير عضوية ثابتة.

وترتبط الخصائص الكيميائية بالمحتويات العضوية لمياه الصرف الصحي، حيث تشمل الطلب البيولوجي الكيميائي على الأكسجين (BOD) والطلب الكيميائي على الأكسجين (COD) ومجموع الكربون العضوي والطلب الكلي

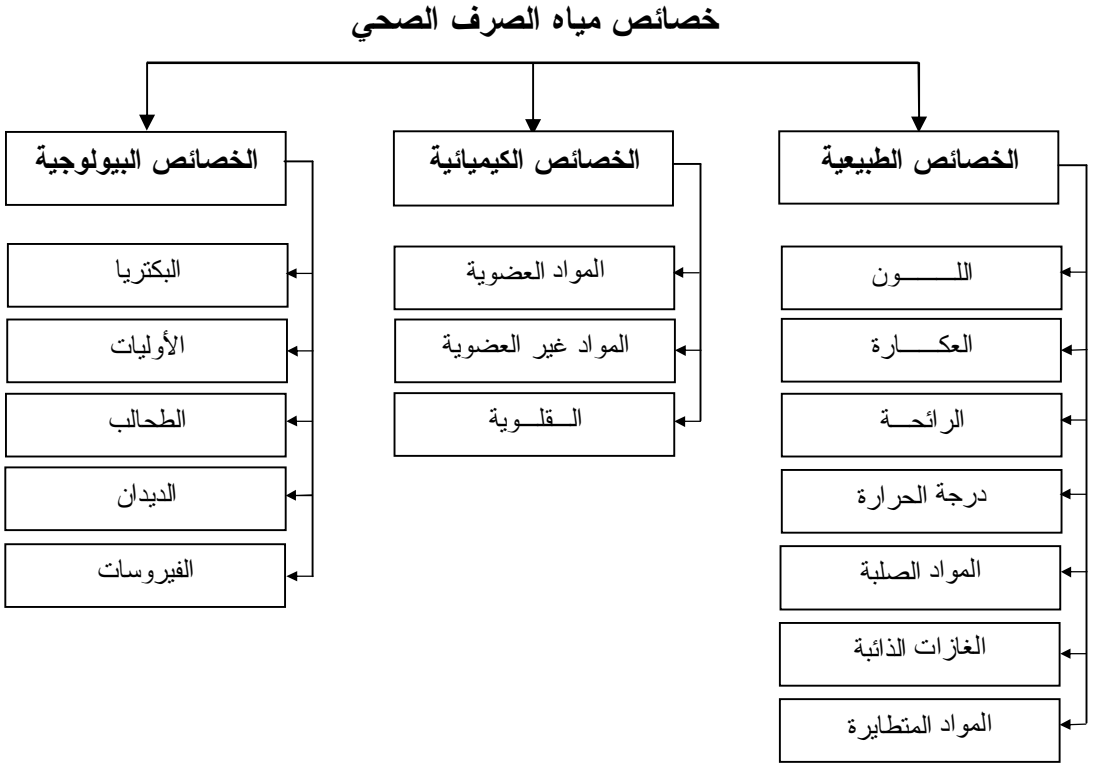
على الأكسجين، أما الخصائص الكيميائية غير العضوية فتشمل الملوحة والعُسر والرقم الهيدروجيني والحموضة والقلوية بالإضافة إلى المعادن المؤيّنة، ومنها الحديد والمنجنيز، المواد الأنيونية، ومنها الكلوريدات والكبريت والنترات والكبريتيد والفوسفات.

وتضمّ الخصائص البكتيريولوجية بكتيريا الكوليفورم وبكتيريا الكوليفورم الغائطية والعوامل الممرضة والفيروسات، وتتغير مكونات مياه الصرف الصحي ومستويات التركيز مع الوقت وحسب الظروف المحلية.

ويوضح الشكل رقم (١-٤) تقسيمًا عامًا مبسطًا للخصائص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحى وسنتناول كل خاصية والطريقة المتبعة فى التعرف عليها وتحديدها، أما أن تقوم بنفسك بإجراء الاختبار اللازم لتحديدها فذلك كما قلنا مستوى تالى سيأتى فى حينه.

وسوف نتناول بالتفصيل هذه الخصائص خلال الفقرات التالية نظراً لأهميتها في فهم عمليات المعالجة.

ويعرض الملحق رقم (١) التشريعات المصرية الخاصة بتحديد مواصفات مياه الصرف الصحى المسموح بصرفها على شبكات الصرف الصحى.



شكل رقم (١-٤)

خصائص مياه الصرف الصحي

أولاً: الخصائص الطبيعية

١. اللون

يكون لون مياه الصرف الصحي في بدء سريانها في شبكة الصرف الصحي رمادي حيث تحتوي على مواد برازية وتتحول تدريجياً الي اللون الداكن عند حدوث التعفن والتحلل اللاهوائي، أما إذا كان لونها خلاف ذلك فإن هذا يعني اختلاط مياه صرف صناعي بمياه الصرف الصحي، وهذا كله يمكن إدراكه بالعين المجردة من القائمين على تشغيل المحطات.

٢. العكارة

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء، ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة مياه الصرف الصحي المعالجة بالنسبة للمواد الغروية العالقة. وعموماً فإنه لا توجد علاقة بين درجة العكارة وتركيز المواد العالقة في المياه الغير معالجة ولكن تتوقف درجة العكارة علي كمية المواد العالقة ونوعها ولونها

ودقة حبيباتها. وغالباً تقاس العكارة للمياه المعالجة الناتجة (مياه السيب النهائي) كاختبار سريع لجودة المياه المعالجة ومدي احتوائها علي مواد عالقة.

ويتم قياس العكارة فى مياه الصرف الصحى المعالجة باستخدام جهاز قياس العكارة (Turbidity meter) وذلك بعد معايرته باستخدام محلول قياسى مباشرة مع اتباع التعليمات الخاصة بالجهاز المستخدم، ووحدة قياس العكارة هى NTU أو JTU.

٣. الرائحة

مياه الصرف الصحي الخام لها رائحة مثل رائحة التربة وهي ليست رائحة نفاذة وخاصة عند توفر الأكسجين الذائب في المياه أثناء سريانها في الشبكة، وتتأثر رائحة مياه الصرف الصحي بقيمة تركيز الأكسجين الذائب في المياه، ففي حالة نقص الأكسجين الذائب في مياه الصرف الصحي تبدأ البكتريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحليل المواد العضوية وتحويلها إلي أمونيا وغازات أخري، ويصبح الماء حينئذٍ ذو رائحة كريهة جداً ويسمي ماءا متعفنا (متحللا)، ويعد غاز كبريتيد الهيدروجين من أكثر الغازات المسببة للرائحة الكريهة في مياه الصرف الصحي، وكما ذكرنا يتصاعد هذا الغاز من التحلل اللاهوائي لمياه الصرف الصحي في حالة غياب الأكسجين.

وتلجأ بعض محطات معالجة مياه الصرف الصحي لتقليل هذه الروائح الكريهة الناتجة باستخدام وحدات تتكون من الكربون النشط لإمتزاز الروائح من المياه قبل صرفها إلى المياه المستقبلة إلا أن ذلك يعد مكلفا من الناحية الاقتصادية (مثل محطة معالجة الصرف الصحى بالبركة بالقاهرة)، كما تلجأ محطات أخرى إلى استخدام الكلور لمعالجة الروائح الشديدة المصاحبة لمياه الصرف الصحي الخام عند دخولها لمداخل المحطات.

وبصفة عامة يمكن الحكم على رائحة مياه الصرف الصحى الخام الداخلة إلى المحطة من خلال الاستدلال عليها باستخدام حاسة الشم ومعرفة مدى مناسبة الأكسجين الذائب بها.

٤. درجة الحرارة

تكون درجة حرارة مياه الصرف الصحى أعلى قليلا من درجة حرارة الجو المحيط بسبب وجود المخلفات الآدمية و بسبب صرف مخلفات صناعية على الشبكة أحياناً. ولدرجة الحرارة تأثير واضح علي نشاط البكتريا سواء الهوائية أو اللاهوائية، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك إلي درجة حرارة معينة يأخذ بعدها النشاط البكتيري في التناقص والهبوط.

تأثير درجة الحرارة على المعالجة البيولوجية

ارتفاع درجة الحرارة يسهم في الإسراع بتحلل وتكسير المواد الصلبة العضوية، كما تزداد في هذه الظروف كمية الأجسام الدقيقة الصغيرة المتحللة والتي تكون معلقة داخل المياه، مسببة تزايد عكارة المياه، وإضافة إلى المعلومة السابقة التي تتعلق بالبكتريا فإن الأكسجين نفسه أقل ذوباناً في المياه الدافئة عنه في المياه الباردة. وخلاصة القول هنا أنه عند إرتفاع درجة حرارة مياه الصرف الصحي في أشهر الصيف يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية وفي نفس الوقت ينخفض تركيز الأكسجين الذائب في المياه مما قد يؤدي إلي استنزاف الأكسجين الذائب.

ويتم قياس درجة حرارة مياه الصرف الصحى الخام الداخلة للمحطة بأخذ عينة وقياسها مباشرة باستخدام ترمومتر زئبقى مدرج من صفر إلى ١٠٠ درجة مئوية ويتكرر هذا مرة فى كل وردية.

٥. المواد الصلبة العالقة

من الناحية المعملية يتم تعريف المواد الصلبة العالقة بمياه الصرف الصحي علي أنها وزن المواد التى يتم حجزها على ورقة الترشيح بعد تجفيفها فى

فرن درجة حرارته ١٠٥° مئوية، ووحدة قياس المواد الصلبة العالقة هى ملليجرام/لتر. والمواد الصلبة العالقة نفسها تنقسم إلي قسمين هما مواد قابلة للترسيب ومواد غير قابلة للترسيب (غروية)، وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب علي أنها المواد التي تترسب في قاع إناء علي شكل مخروطي (يسمي قمع أو مخروط إمهوف) في زمن قدره ٦٠ دقيقة وتقاس بالملليتر لكل لتر، او التي تتبقي بعد التبخر وتقاس بالمليجرام/لتر وهي تقريبا مقياس لكمية الحمأة التي سوف تنفصل في مرحلة الترسيب الابتدائي والتي سيطلق عليها الحمأة الإبتدائية.

٦. الغازات الذائبة

تحتوي مياه الصرف الصحي على بعض الغازات الذائبة والتى تتوقف علي حالة المياه إن كانت قديمة أو طازجة وكذلك على مقدار التلوث الموجود بها، ومن أمثلة هذه الغازات:

- غاز الأكسجين بنسب مختلفة خلال مراحل المعالجة المختلفة ويتوقف ذلك على حالة مياه الصرف الصحي وهل هى حديثة طازجة أم لا.
- غاز ثاني أكسيد الكربون وهو أحد نواتج تحلل المواد العضوية بواسطة البكتريا.
- غاز كبريتيد الهيدروجين ويتواجد بوفرة عند التفاعلات اللاهوائية وهو ناتج عمليات اختزال المواد العضوية الكبريتية.
- غاز الأمونيا الحر الناتج عن تحلل وهضم المواد العضوية النيتروجينية كالبروتينات واليوريا بتأثير البكتريا.
- غاز النيتريت NO_2 والناتج عن أكسدة الأمونيا خلال عملية النترتة وعن عمليات اختزال النترات NO_3 .
- غاز النيتروجين والناتج من عمليات اختزال النترات خلال عمليات (عكس النترتة).

٧. المواد المتطايرة

تتواجد في مياه الصرف الصحي بعض المواد المتطايرة والتي هي في الغالب مواد عضوية ناتجة عن التحلل الهوائي واللاهوائي لمياه الصرف الصحي خلال سريانها في شبكة مياه الصرف الصحي أو خلال مرورها في وحدات المعالجة المختلفة بالمحطة، ومن أمثلة تلك المواد المتطايرة الأحماض العضوية مثل حمض الخليك، والغازات العضوية مثل غاز الميثان وغاز الأمونيا وغاز كبريتيد الهيدروجين.

وتمثل المواد المتطايرة الجزء العضوي الموجود في المياه الذي يتحلل تماما متحولا إلي طاقة أو إلي كائنات حية جديدة. وهذه المركبات لها نقطة غليان أقل من ١٠٠ درجة مئوية /أو ضغط بخار أقل من ١ مم زئبق عند درجة حرارة ٢٥ درجة مئوية.

وعندما توضع المواد الصلبة العالقة التي سبق تجفيفها في درجة ١٠٥ درجة مئوية في فرن حرق درجة حرارته ٥٥٠ درجة مئوية، فإن جميع المواد العضوية تتطاير منها بالحرق، وقد تم التوصل من خلال التجارب العديدة أن المواد المتطايرة في السائل المخلوط بأحواض التهوية يتراوح وزنها من ٧٠ إلي ٨٠% من وزن المواد الصلبة الكلية، بينما تصل هذه النسبة إلي ٦٠% فقط في الحمأة الموجودة في أحواض الهضم اللاهوائي (أحواض التخمير).

ثانياً: الخصائص الكيميائية

تعد المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي ذات طبيعة كيميائية إذ تحتوي هذه المياه علي كثير من المركبات والمواد الكيميائية المختلفة وعموما تنقسم المواد الموجودة في مياه الصرف الصحي من حيث طبيعتها الكيميائية إلي مواد عضوية ومواد غير عضوية.

١. المواد العضوية

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين وفي بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلي بعض العناصر الآخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد.

ومن أمثلة المواد العضوية المتواجدة بكثرة في مياه الصرف الصحي المواد البروتينية والكربوهيدراتية والدهون والزيوت بالإضافة إلي كثير من الكائنات الحية الدقيقة والتي هي في طبيعتها مواد عضوية.

ويمكن تقسيم المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل إلي:

- مواد عضوية قابلة للتحلل بيولوجيا وهي المواد التي يمكن تكسيرها وتحللها بفعل الكائنات الحية الدقيقة إلى مواد ثابتة.
- مواد عضوية غير قابلة للتحلل بيولوجيا وهي التي لا تتحلل بفعل الكائنات الحية الدقيقة وإنما قد تتحلل بفعل بعض الكيماويات المؤكسدة القوية.
- مواد عضوية غير قابلة للتحلل مطلقاً.

هذا، وقد تحتوي مياه الصرف الصحي علي كميات من جزيئات عضوية مُخَلَّقة واردة إليها من صرف مياه المخلفات الصناعية علي شبكة الصرف الصحي، ويتباين التركيب الكيميائي لهذه الجزيئات تبايناً كبيرا مثل المنظفات الصناعية والمبيدات الزراعية، ويُؤَدِّي وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات المعالجة لأن معظم هذه المركبات العضوية المُخَلَّقة لا تتحلل بيولوجيا أو تكون قابلة للتحلل ولكن ببطء شديد.

وتمثل المواد العضوية من ٤٥ إلي ٧٥ % من المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي، في حين تمثل المواد الغير عضوية النسبة الباقية.

٢. المواد الغير عضوية

وتمثل المواد الغير عضوية من ٢٥ إلي٥٥ % من المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي. وتشمل المواد الغير عضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي حبيبات الرمل، وتشمل أيضاً الأملاح المعدنية مثل أملاح الكلوريدات والصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم، كما تشمل كثير من العناصر الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والكادميوم والحديد والمنجنيز والنحاس.

وهناك بعض المواد الغير عضوية الذائبة في مياه الصرف الصحي مثل أملاح السيانيد وأملاح الثيوسيانات وأملاح الثيوسلفات.

٣. القلوية

تنتج القلوية بمياه الصرف من وجود عناصر الهيدروكسيدات والكربونات والبيكربونات مثل أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم والبوتاسيوم والأمونيا، وأملاح الكالسيوم والماغنسيوم هما الأكثر انتشارا. ويمكن اعتبار السيليكات والفوسفات بالإضافة إلي مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف الصحي أهمية من حيث التأثير علي كلٍ من المعالجة الكيميائية والمعالجة البيولوجية للتخلص من المغذيات (الملوثات) كذلك إزالة الأمونيا باستخدام الأكسدة الهوائية.

٤. الرقم الهيدروجيني

الرقم الهيدروجيني هو أحد العوامل الهامة المؤثرة على حياة الكائنات الدقيقة في المخلفات السائلة. وضبط قيمة الرقم الهيدروجيني هو أحد المهام الرئيسية التي يجب التقيد بها لتوفير البيئة الملائمة للكائنات، وأفضل قيمة للرقم الهيدروجيني هو ٧ أي يكون الوسط متعادلا، أما الارتفاع أو الانخفاض الكبير فإنه يؤدي إلى اضطراب في عملية المعالجة، وفي مياه الصرف الصحي تميل القيمة قليلا نحو القلوية أي pH = ٧,٢ تقريباً.

كما يعتبر قياس الأس الهيدروجيني أحد أهم الأدلة للتعرف على صرف مخلفات صناعية على شبكة الصرف الصحي.

٥. الكلوريدات Chlorides

تركيز الكلوريدات في المخلفات السائلة يكون عادة أكبر من تركيزها في مياه الشرب نتيجة لإستخدام كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) في النشاط الآدمي بإستمرار، وربما أضيفت عن طريق الرشح من المياه الجوفية على شبكة الصرف الصحي، أو صرف مخلفات صناعية، ولا تتأثرأملاح الكلوريدات

بالمعالجة الطبيعية أو البيولوجية. كما أن زيادة الكلوريدات في المخلفات تضر الإنشاءات والتركيبات المعدنية.

٦. النتروجين والفسفور Nitrogen – Phosphorous

يتعين وجود الفوسفور والنيتروجين والكربون في مياه الصرف الصحي بنسب ١ (فوسفور) : ٥ (نيتروجين) : ١٠٠ (كربون). حتى تستمر الكائنات الدقيقة في حالة نشاط ونمو طبيعي.

٧. الكبريت Sulfur

يوجد الكبريت في المخلفات السائلة على هيئة كبريتيد الهيدروجين (H_2S) أو كبريتات (SO_4) وفي تكوين المواد العضوية تتأكسد الكبريتيدات بيولوجية في وجود الهواء الجوي مكونة حمض الكبريتيك الذي يهاجم المنشآت الأسمنتية والشبكات.

كما يتم اختزال الكبريتات أيضاً في غياب الأكسجين الذائب على كبريتيد الهيدروجين (H_2S) وهو غاز خانق وقابل للانفجار إذا زاد تركيزه في الهواء. كما أنه يسبب الرائحة الكريهة المميزة لمياه الصرف الصحي، وإلى جانب ذلك هو يستهلك جزءا من الأكسجين اللازم للعمليات الحيوية في محطات المعالجة البيولوجية.

٨. المعادن الثقيلة Heavy Metals

مثل النيكل والكادميوم والزئبق والنحاس والحديد والزنك. وهي تتواجد طبيعيا بنسب ضئيلة في المياه، وهي مطلوبة في تكوين الخلايا الجديدة والنمو الحيوي إلا أن التركيز العالي منها له تأثير سام على الكائنات الحية.

٩. المواد السامة Toxic Compounds

إضافة إلى المعادن الثقيلة توجد مواد أخرى ذات تأثير سام على صور الحياة في المخلفات السائلة مثل مركبات السيانيد وأملاح الفضة والزرنيخ.

ثالثاً: الخصائص البيولوجية

يقصد بالخصائص البيولوجية ما تحتويه مياه الصـــرف الصحي من الكائنات الحية الدقيقة؛ فبالإضافة إلي المحتويات السابق ذكرها؛ تحتوي مياه الصرف الصحي علي كثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة، والتي يوجد منها أعداد بالآلاف وربما بالملايين في كل ملليلتر من مياه الصرف الصحي. إلا أن غالبية أنواع هذه الكائنات غير ضار بل على العكس إن بعضها ضروري وله دور هام في عمليات المعالجة المختلفة وذلك فيما يتعلق بتثبيت المواد الصلبة العضوية وأكسدتها وتحويلها إلي مواد صلبة ثابتة غير عضوية. وبصفة عامة يتم التعرف على الخصائص البيولوجية فى المعمل باستخدام الميكروسكوب.

ومن الطبيعي أن نجد بعضاً من هذه الكائنات الحية الدقيقة يسبب أمراضا أو أضراراً للبيئة المحيطة، بل وقد يخل بالتوازن البيئي إذا تراكم بدرجة معينة. وتنقسم الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بمياه الصرف الصحي إلي كثير من الأنواع نتعرض باختصار لأهمها كما يلي:

١. البكتريا

تعد البكتريا من أهم الكائنات الدقيقة علي الإطلاق من حيث دورها في عملية المعالجة البيولوجية فعليها يقع العبء الأكبر في تكسير وأكسدة المواد العضوية ولهذا فإن دراستها بالتفصيل تعد من أساسيات فهم عملية المعالجة البيولوجية.

والبكتريا كائنات دقيقة وحيدة الخلية، تتواجد بآلاف الأنواع في الطبيعة سواء في الماء أو الهواء أو التربة، وتتكاثر معظم أنواع البكتريا بالإنقسام الثنائي، ويوجد منها أنواع أخرى تتكاثر بالتكاثر الجنسي أو بالتفرع، وتتدرج معظم البكتريا تحت ثلاثة أنواع رئيسية تبعا لشكلها وهي الكروية والأسطوانية (العصوية) والحلزونية (اللولبية)، وحجم البكتريا عموما يتراوح من ٠,١ الي١٠ ميكرون.

وتنقسم البكتريا إلي بكتريا هوائية وهي التي تنشط في وجود الأكسجين، ولا هوائية وهي التي تنشط في غياب الأكسجين الذائب، إختيارية وهى التى تعيش في ظل وجود أو إنعدام الأكسجين.

والبكتريا (سواء كانت هوائية أو لاهوائية أو إختيارية) لها دور هام وأساسي في جميع عمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي والصناعي.

٢. البروتوزوا والروتيفرز

البروتوزوا (الأوليات) هي كائنات أولية ميكروسكوبية لها القدرة علي الحركة، ومعظم البروتوزوا غير ذاتية التغذية وهوائية أي تنشط وتنمو في وجود الأكسجين، علي الرغم من وجود أنواع قليلة منها لاهوائية. والبرتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا إذ يتراوح حجمها بين ١٠ إلي ١٠٠ ميكرون، وهي تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لها. ومن الناحية العملية فأن البرتوزوا تقوم بدور فعال في ترويق المياه الخارجة من محطات المعالجة (السيب النهائي) حيث تستهلك وتلتهم البكتريا السابحة وجزيئات المواد العضوية الدقيقة.

وتتكاثر معظم البروتوزوا بالانقسام الثنائي البسيط وهي تعتمد علي البكتريا في أمدادها بمعظم العناصر اللازمة لنموها، وتوجد البروتوزوا عموما في عمليات الحمأة المنشطة، والمرشحات البيولوجية، وبحيرات الأكسدة. وبصفة عامة توجد أربعة أنواع رئيسية من البرتوزوا وهي كالآتي:

- Stalked Ciliates
- Free swimming Ciliates
- Mastigophora
- Sarcodina

وتعتبر الـ Sarcodina نوع من الطفيليات عبارة عن تركيب أميني خلوي يتحرك بالأقدام الكاذبة.

أما الـــ Citiates فهى كائنات متحركة عن طريق الأسواط كما تحتوي علي أهداب وهي شعيرات صغيرة حساسة تجمع بها الغذاء، وهذه الأهداب تجعلها تتحرك بحركة حرة بسيطة.

أما الروتيفرز فهي كائنات حية دقيقة تنتمي إلى المملكة الحيوانية وهي كائنات غير ذاتية التغذية هوائية ومتعددة الخلايا ويوجد مجموعتين من الأهداب في رأسها ولهذا تُسمَّى أيضاً بالهدبيات، وهذه الأهداب حرة الحركة وتدور حول نفسها مما يعطيها القدرة علي التحرك واصطياد الغذاء.

والروتيفرز مستهلك جيد للبكتريا المنتشرة في السائل المخلوط بأحواض التهوية، كما أنها أيضا مستهلك جيد للبكتريا التي كونت الندف كما أنها تقوم أيضاً بالتغذي على جزيئات المواد العضوية الدقيقة، ويعتبر وجود الروتيفرز في المياه المعالجة دليلاً قوياً علي أن عملية المعالجة البيولوجية بالمحطة تسير بطريقة ممتازة وكفاءة عالية وخاصة المعالجة الهوائية.

وعموماً فإن البروتوزوا والروتيفرز تزيل وتخلص المياه الخارجة من البكتريا الحرة السابحة والبكتريا التي لا تترسب بسهولة مما يؤكد دورها في عملية المعالجة وتخفيض عدد البكتريا الممرضة.

ويوضح الجدول رقم (١-١) يوضح أهمية وجود البروتوزوا والروتيفيرا في عملية المعالجة البيولوجية وتأثيرها علي خصائص وجودة المياه المعالجة، حيث يلاحظ من مقارنة النتائج الواردة بالجدول أن وجود الهدبيات قد زاد من كفاءة المعالجة البيولوجية وبالتالي أصبحت المياه أكثر نقاء، فوجود الهدبيات قد عمل علي تخفيض الأكسجين الكيمائي المستهلك في المياه الخارجة بنسبة ٤٤% ، وعلي تخفيض النيتروجين العضوي بنسبة ٥٠%، وعلي تخفيض المواد العالقة بنسبة ٧٠%، وعلي تخفيض البكتريا بنسبة ٧١%.

جدول (١-١)

تأثير البرتوزوا والروتيفرز على جودة السيب النهائي

جودة المياه الخارجة	غياب الهدبيات	وجود الهدبيات
الأكسجين الكيماوي المستهلك COD mg/1	254-198	142-124
النيتروجين العضوي Organic Nitrogen mg/1	20-14	10-7
المواد العالقة suspended Solids mg/1	118-86	34-26
البكتريا 10^6 ×Bacteria	42-29	12-9

٣. الطحالب

الطحالب كائنات إما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد في غذائها علي ضوء الشمس من خلال عملية البناء الضوئي. وللطحالب تأثيران في المعالجة البيولوجية أحدهما إيجابي والآخر سلبي نوجزها فيما يلي:

أولاً: التأثير الإيجابي يتضح في عملية معالجة مياه الصرف الصحي باستخدام بحيرات الأكسدة حيث تقوم الطحالب باستهلاك ثاني أكسيد الكربون وإنتاج الأكسجين في وجود ضوء الشمس وذلك أثناء النهار، وتقوم البكتريا الهوائية باستهلاك الأكسجين الذي أنتجته الطحالب داخل كلاً من بحيرات الأكسدة الهوائية وبحيرات الأكسدة الاختيارية.

ومن هنا توجد علاقة تعاون تبادلية بين البكتريا الهوائية والطحالب حيث يمكن للطحالب الإستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الأخرى.

ثانياً: التأثير السلبي للطحالب ونجده في عمليات المعالجة البيولوجية بالحمأة المنشطة مثلاً حيث أنه إذا حدث تراكم للطحالب داخل المياه المعالجة والتي قد تجد طريقها إلي المسطحات المائية كالأنهار والبحيرات فتسبب بعض المشاكل البيئية، حيث تنمو الطحالب الغير مرغوب فيها،

كما أن وجودها بتركيزات عالية يسبب استنزاف الأكسجين الذائب في المياه المستقبِلة وموت بعض الأحياء المائية بالاختناق.

إن وجود تركيزات عالية من المغذيات مثل الفسفور والنيتروجين يعتبر من أهم أسباب تراكم الطحالب ونموها بكثرة في المياه، ولهذا يُنصح دائماً بإزالة النيتروجين من المياه المعالجة أو إزالة الفسفور أو كليهما.

٤. الديدان

تتميز الديدان بأنها كائنات أكبر في الحجم وأكثر تعقيدا في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة التي ذكرناها. ويمكن رؤية العديد من هذه الكائنات تحت الميكروسكوب أو بالعين المجردة، وهى تتميز بقدرتها علي تمثيل الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة إلي مركبات معقدة متراكبة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها أو تكسيرها، كما أن دورة حياتها معقدة.

وتعيش الديدان بنشاط في ظروف وفرة الأكسجين الذائب وتوافر الغذاء البكتيري، كما أنها تتواجد بأعداد كبيرة في وحدات المعالجة الثانوية والمرشحات البيولوجية والأقراص البيولوجية الدوارة. إن حركة الديدان داخل مياه الصرف الصحي مفيدة جداً حيث تسمح بتغلغل وانتشار الأكسجين داخل الندف المتكونة، كما أنها تقوم بتجميع واستهلاك أعداد كبيرة من البكتريا كغذاء لها.

٥. الفيروسات

الفيروسات أبسط وأصغر الكائنات الدقيقة، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠,١ إلي ٠.٣ ميكرون، وتتركب الفيروسات أساسا من حامض نووي يحيط به بروتين، وتعتبر كل الفيروسات متطفلة أي لا يمكنها الحياة خارج الكائن الحي أو خارج الخلية الحية، وتعتبر الفيروسات من الكائنات عالية التخصص سواء فيما يتعلق بالكائن الذي تتطفل عليه (العائل) أو من حيث نوعية الأمراض التي تنقلها الفيروسات والتي من أشهرها أمراض الجدري،

الالتهاب الكبدي الوبائي، شلل الأطفال والإيدز هذا بالإضافة إلي مجموعة متنوعة من أمراض الجهاز الهضمي والتنفسي.

ونظراً إلي عدم قدرة الفيروسات علي الحياة خارج الخلية الحية بالإضافة إلى قدرتها علي التبلر، فإنه تم وضع وتصنيف الفيروسات علي الخط الفاصل بين الكائنات الحية والمواد الكيميائية غير الحية، ولرؤية الفيروسات والتعرف عليها يلزم استخدام أجهزه دقيقة جدا من أهمها الميكروسكوب الالكتروني، كما أن عمليات إحصائها تستلزم تقنيات خاصة.

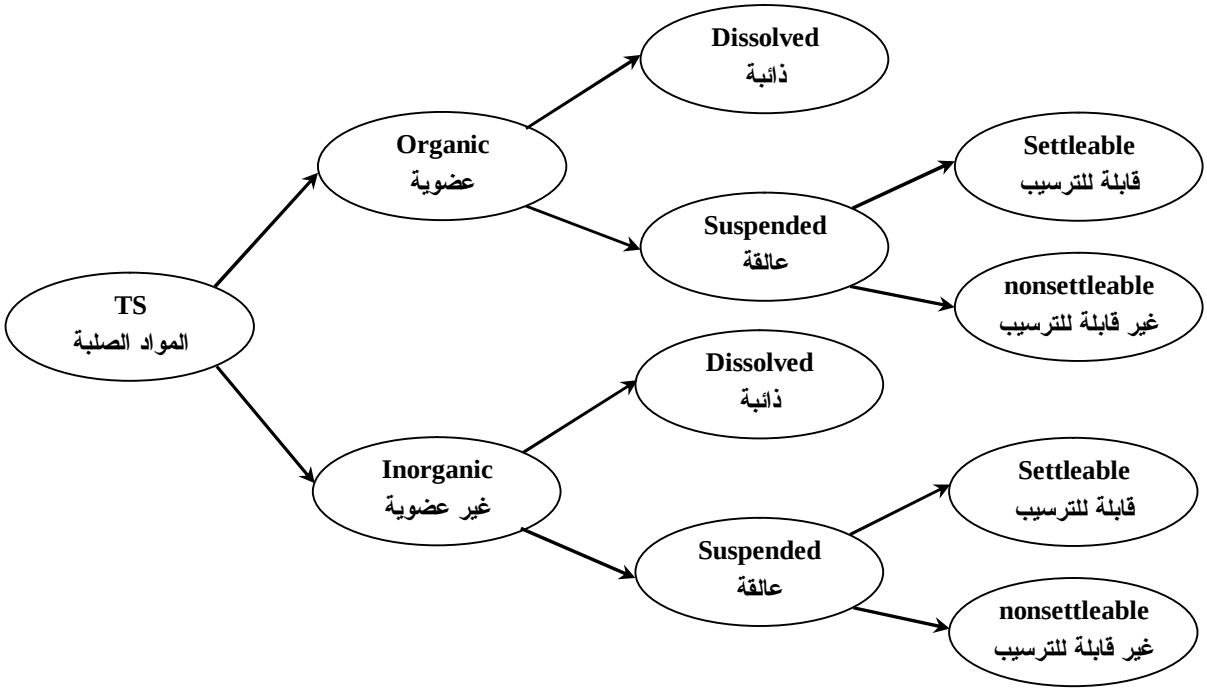
وتحتوي مياه الصرف الصحي علي أعداد وأنواع هائلة من الفيروسات، كما أنها توجد أيضاً في معظم المسطحات المائية الملوَّثة والمعرَّضة للتلوث خاصة التلوث بمياه الصرف الصحي والصرف الزراعي. ونظراً لأن حجم الفيروسات دقيق جداً فإن ذلك يحول دون إزالة كميات كبيرة منها خلال مراحل معالجة المياه بالطرق التقليدية، إلا أنه يمكننا القول بأنه كلما انخفضت كمية الكائنات الممرضة الأكبر حجما من الفيروسات (مثل البكتريا) كلما انخفضت بالتالي كمية الفيروسات خلال مراحل المعالجة المتتابعة. ومن المهم معرفة أن الفيروسات ليس لها أي دور في عمليات المعالجة البيولوجية بجميع أنواعها.

وبصفة عامة فإن مرحلة التطهير التي تتم لمياه الصرف الصحي المعالجة تقوم بالقضاء بفاعلية على كثير من الفيروسات وتجعلها غير فعالة كمسببات للأمراض.

أنواع المواد الصلبة فى مياه الصرف الصحى

إن مياه الصـــرف الصحـــى البلديـــة (Municipal) التى مصدرها التصرفات الآدمية (Domestic)، وكذلك بعض التصـــرفات التجاريـــة والصناعية يكون اهتمام كل من المصمم والمشغل لمحطات المعالجة هو إزالة كل من المواد الصلبة العضوية العالقة، والمواد الصلبة الغير عضوية العالقة، والمواد الصلبة العضوية الذائبة (Dissolved Organic Solids)، (محطات المعالجة جهدها قليل فى إزالة المواد الصلبة الغير عضوية الذائبة)، وكذلك قتل أو إيقاف نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض وذلك بأعمال التطهير، أما الملوثات الحرارية والإشعاعية فهى تتطلب أعمال معالجة خاصة.

وحيث أن الغرض الرئيسى من محطات المعالجة هو إزالة المواد الصلبة من مياه الصرف الصحى فسنتولى شرح هذه المواد الصلبة بشىء أكبر من التفصيل، ويوضح الشكل رقم (١-٥) تقسيم المواد الصلبة العضوية والغير عضوية بمياه الصرف الصحى الخام.



شكل رقم (١-٥)

تقسيم المواد الصلبة العضوية والغير عضوية بمياه الصرف الصحي الخام

المـــواد الصلبة العضوية والغير عضـــويـــة

المـــواد الصلبة الكلية الموجـــودة بمياه الصرف الصحى الخام الداخلة للمحطة يمكن تقسيمها بصفـــة رئيسية إلى مـــواد صلبة عضوية، ومـــواد صلبة غير عضوية وبناءًا على ذلك الشكل من التقسيم نجد أن كلاً من المواد العضوية والغير عضوية يندرج تحتها المواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة العالقة.

ومن المهم جدًا قياس تركيز المواد العضوية بمياه الصرف الصحى الداخلة لمحطة المعالجة فذلك يساعد فى تصميم محطة المعالجة بشكل جيد للتعامل مع القيم الصحيحة للمواد الصلبة المتوقعة وإنشاء أحواض المعالجة والمعدات التى تزيل المواد الصلبة العضوية بالكفاءة المطلوبة. ولا تنس أن المواد الصلبة العضوية ضارة جدًا بالمياه المستقبلة إذا ما وصلت إليها.

المـــواد الصلبة الطافيـــة

عند تصميم وحدات المعالجة فى محطات معالجـــة مياه الصرف الصحى يتم الأخذ فى الاعتبار إزالة المواد الصلبة من مياه الصرف الصحى الخام الداخلة إلى المحطة وكذا المياه المعالجة (السيب النهائى)، وفى الحقيقة لا توجد طرق قياسية لتقدير وتقييم المواد الصلبة الطافية.

إن وجود المواد الطافية بمياه الصرف الصحى المعالجة يعد أمرًا غير مرغوب فيه ذلك لأن منظر هذه المواد الطافية فى مجارى المياه المستقبلة للماء المعالج يعتبر علامة على وجود مياه صرف صحى غير معالج بشكل جيد.

تحديد تركيـــز المواد الصلبة بمياه الصرف

<u>تحديد تركيز المواد الصلبة الكلية</u>

افترض أنك أخذت عينـــة مقدارها لتر واحد من مياه الصرف الصحى الداخلة للمحطة، سخن هذه العينة بما يكفى لتبخير كل المياه (عند درجة حوالى ١٠٥° مئوية)، قم بوزن المواد الصلبة المتبقية ستجدها ١٠٠٠ مجم، إذن فإن تركيز المواد الصلبة فى العينة يساوى ١٠٠٠ مجم/لتر وهذا الوزن يشمل كلاً من المواد الصلبة العالقة والمواد الصلبة الذائبة وكل منها يحتوى على مواد عضوية ومواد غير عضوية.

تحديد تركيز المواد الصلبة الذائبة والعالقة

لتحديد قيمة تركيز كل من المواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة العالقة كل على حدة يجب أخذ عينة من مياه الصرف الصحى الخام الداخلة للمحطة مقدارها لتر واحد، ثم قم بترشيحها باستخدام ورق ترشيح فيبر جلاس مثلاً، فسوف تحتجز المواد الصلبة العالقة فى ورق الترشيح بينما تستمر المواد الصلبة الذائبة مع المياه، والآن يمكنك أخذ المياه التى مرت وتبخيرها ثم زن المادة المتبقية تحصل على وزن المواد الصلبة الذائبة بمياه الصرف الصحى فإذا كان وزن المواد الصلبة الذائبة يساوى حوالى ٨٠٠ مجم فيكون الوزن المتبقى وهو ٢٠٠ مجم يشير إلى وزن المواد الصلبة العالقة، وذللك طبقًا للتجربة التى تم إجراؤها فى تحديد تركيز المواد الصلبة الكلية السابق الإشارة إليها.

وترجع أهمية تقدير كمية المواد الصلبة القابلة للترسيب فى مياه الصرف الصحى الخام الداخلة للمعالجة إلى المساعدة فى تصميم أحواض الترسيب الابتدائى وطلمبات الحمأة ومنشآت التعامل مع الحمأة الناتجة، كما أن قياس كميات المواد الصلبة القابلة للترسيب الداخلة إلى أحواض الترسيب الابتدائى والخارجة منه تساعدنا على حساب كفاءة أداء هذه الأحواض فى إزالة المواد الصلبة القابلة للترسيب.

ويستخدم قمع إمهوف (Imhoff Cone) فى قياس حجم المواد الصلبة القابلة للترسيب بالملليلتر/لتر، كما يتم توضيح ذلك فى الفصل رقم (٩) والخاص بالتحاليل المعملية، ويوضح الشكل رقم (١-٤) أن تركيز المواد الصلبة القابلة للترسيب يساوى حوالى ١٣٠ مجم/ لتر، والمواد المترسبة فى قمع إيهوف يجب أن يتم تجفيفها ثم وزنها باتخاذ الإجراءات المناسبة لتحديد وزنها.

ويمكن أيضًا قياس وزن المواد الصلبة الغير قابلة للترسيب بسهولة وذلك بإجراء عملية طرح كل من المواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة القابلة للترسيب من المواد الصلبة الكلية سيتضح أن تركيز المواد الصلبة الغير قابلة للترسيب حوالى ٧٠ مجم/ لتر.

المياه المعالجة

تحديد الخصائص

يجب على المشغل أن يكون لديه معرفة بالتشريعات المصرية الخاصة بحماية البيئة التى لها علاقة بعمله وخاصة القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ فى شأن حماية نهر النيل والمجارى المائية، والمادة (٦٦) الخاصة بالصرف على مسطحات المياه غير العذبة (المصارف الزراعية) والتى تنص على ما يلى:

مادة ٦٦

يجب أن تتوافر فى مياه الصرف الصحى والمخلفات الصناعية السائلة التى يرخص بصرفها إلى مسطحات المياه غير العذبة – المعايير والمواصفات الآتية:

البيان	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (ملليجرام/لتر) ما لم يذكر غير ذلك	
	مياه الصرف الصحى	المخلفات الصناعية السائلة
درجة الحرارة	٣٥° مئوية	٣٥° مئوية
الأس الأيدروجينى	٦ – ٩	٦ – ٩
الأكسجين الحيوى الممتص	٦٠	٦٠
الأكسجين الكيماوى المستهلك الميكرومات	٨٠	١٠٠
الأكسجين الكيماوى المستهلك (برمنجات)	٤٠	٥٠
الأكسجين الذائب	لا يقل عن ٤	-
الزيوت والشحوم	١٠	١٠
المواد الذائبة	٢٠٠٠	٢٠٠٠
المواد العالقة	٥٠	٦٠
المواد الملونة	خالية من المواد الملونة	خالية من المواد الملونة
الكبريتيدات	١	١
السيانيد	-	٠,١
الفوسفات	-	١٠
النيترات	٥٠	٤٠

البيان	الحد الأقصى للمعايير والمواصفات (ملليجرام/لتر) ما لم يذكر غير ذلك	
	مياه الصرف الصحى	المخلفات الصناعية السائلة
الفلوريدات	-	٠,٥
الفينول	-	٠,٠٠٥
مجموع المعادن الثقيلة	١	١
المبيدات بأنواعها	معدوم	معدوم
العدد الاحتمالى للمجموعة القولونية ١٠٠سم^{٣}	٥٠٠٠	٥٠٠٠

وطرق تحديد خصائص المياه المعالجة هى أخذ عينات يومية من مياه الصرف الصحى المعالجة وتحليلها بالمعمل بواسطة الكيميائيين.

أما الطرق المتبعة لإجراء هذه التحاليل للعناصر الواردة بالقانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ فسوف يتم استعراضها بالتفصيل فى هذا البرنامج التدريبى فى موضوع "التحاليل المعملية الرئيسية".

مـــدى مطابقـــة مواصفات المياه المعالجة

يجب على المشغل أن يكون على اتصال مباشر بالقائمين على تحليل عينات المياه بالمعمل والاطلاع على النتائج أولاً بأول وبصفة يومية ما لم تكن هناك تغيرات بالمواصفات تستدعى إجراء تحاليل إضافية ومتابعة للنتائج.

ويجب أن يتم مقارنة نتائج التحاليل اليومية مع متطلبات القانون رقم ٤٨ لسنة ١٩٨٢ لمعرفة مدى مطابقتها، وإذا تلاحظ حدوث خلل فى أى بند من البنود بالمياه المعالجة فهذا يعنى وجود خلل من عمليات المعالجة يستلزم تحديد المشكلة ومعرفة احتمالات أسبابها ثم اتخاذ الحل الملائم لها فورًا.

ويجب التنويه هنا إلى أن المسئول عن حل المشاكل المتعلقة بأعمال المعالجة يجب أن يكون شخصًا واحدًا فقط بالمحطة ذا خبرة وهو الذى يتولى التحليل والتوجيه ومتابعة النتائج.

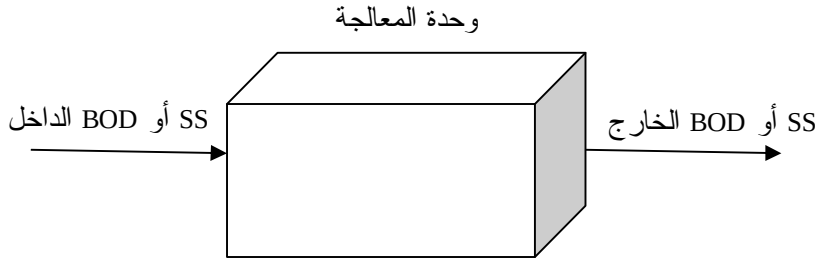
تحـــديـــد كفاءة عملية المعالجة

يعنى التعبير "كفاءة عملية المعالجة" بتحديد مدى فعالية محطة معالجة مياه الصرف الصحى فى إزالة ما تحتويه من ملوثات، وتعتبر عملية إزالة الأكسجين الحيوى الممتص (BOD) والمواد الصلبة العالقة (SS) من أشهر المؤشرات التى يتم قياسها لمعرفة كفاءة عملية المعالجة. ويجب على المشغل حساب كفاءة المعالجة لكل مرحلة على حدة من مراحل محطة المعالجة، وأيضًا يمكن حساب كفاءة المحطة ككل فى إزالة هذين النوعين من الملوثات BOD & SS.

وبصفة عامة، فإنه يتم حساب الكفاءة كما يلى:

$$\text{نسبة إزالة BOD \%} = \frac{\text{BOD المزال}}{\text{BOD الداخل}} \times ١٠٠$$

$$\text{نسبة إزالة SS \%} = \frac{\text{SS المزال}}{\text{SS الداخل}} \times ١٠٠$$



ويقصد بوحدة المعالجة المرحلة التى تتم فيها المعالجة مثل الترسيب الابتدائى أو التهوية أو الترسيب النهائى كل على حدة لتحديد كفاءة كل مرحلة، ويتم القياس أيضًا على مستوى المحطة بالكامل من العينات المأخوذة من مدخل المحطة والمخرج لتحديد الكفاءة الكلية لمحطة المعالجة.

تفسير التحاليل المعملية لمياه الصرف الصحى الخام

مقدمة

يجب على المسئولين عن تشغيل محطات معالجة مياه الصرف الصحى المراجعة اليومية المنتظمة لنتائج تحاليل العينات من الأماكن المختلفة بالمحطة، ومن نتائج التحاليل التى يجب أن يوليها المشغل أهمية نتائج تحاليل عينات مياه الصرف الصحى الخام الداخلة إلى المحطة.

ويجب على المشغل عند مراجعة نتائج التحاليل المعملية للمياه الداخلة للمحطة أن يقارنها بالأرقام التصميمية الخاصة بمواصفات المياه الخام الداخلة، ومن المعلوم أن كل رقم من الأرقام أو المعايير التصميمية للمياه الخام تشمل حدًا أدنى وحدًا أقصى وهو المسموح به ولا يمثل خطورة ولا يدل على أى مواصفات غير عادية.

والهدف من هذه المهمة التى يجب أن يقوم بها المشغل يوميًا وربما أكثر من مرة هو معرفة الأرقام الخارجة عن المعايير التصميمية واتخاذ ما يلزم فى أسرع وقت لحماية عمليات المعالجة والمعدات والمواسير.

تحديد الصرف الصناعى الداخل للمحطة

يجب على مشغل محطة المعالجة الإلمام بالأنشطة التجارية والصناعية التى تقوم بالصرف على شبكة المواسير والتى تصل فى النهاية إلى مدخل محطته، كما يجب أن يكون لديه معلومات تفصيلية عن نوعية الأنشطة ونوعية المخلفات الصناعية الناتجة من هذه المصانع وكمياتها وتركيزات هذه المخلفات كما يجب أن يكون المشغل على علم تام بالمعايير والمواصفات الواجب توافرها فى المخلفات السائلة التى يرخص لها بالصرف فى شبكات الصرف الصحى العامة فيجب على المشغل أن يكون لديه علم بالنسب والمعايير الواردة بالقرار الوزارى رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ الخاص بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة والمرفق بنهاية هذا الفصل.

كما يجب على المشغل الاحتفاظ بالمعايير التصميمية الخاصة بمياه الصرف الصحى الخام الداخلة إلى محطته التى تم أخذها فى الاعتبار عند تصميم وتنفيذ محطة المعالجة.

تغير درجة حرارة مياه الصرف الصحى الخام

تعتبر درجة حرارة مياه الصرف الصحى الخام من المؤشرات الهامة المؤثرة فى عمليات المعالجة حيث أنها تؤثر على التفاعلات الكيميائية وسرعتها، كما أنها تؤثر على الكائنات الحية الدقيقة ومعدل نموها وتكاثرها.

ودرجة الحرارة لها تأثير واضح على نشاط البكتريا سواء كانت هوائية أو لاهوائية، حيث أن زيادة درجة الحرارة تسبب زيادة فى نشاط البكتريا وذلك حتى درجة حرارة معينة فإذا زادت عنها يأخذ نشاط البكتريا فى التناقص.

وترجع زيادة درجة حرارة مياه الصرف الصحى الخام الداخل للمحطة إلى مصادر صناعية مثل محطات توليد الكهرباء، وأى نشاط صناعى يوجد ضمن معداته غلايات، ومصانع الصباغة، والمشغل الذى يواجه أى زيادة غير عادية فى درجة حرارة مياه الصرف الصحى الخام يستطيع بسهولة وبسرعة الوصول إلى المصدر فى البيئة المحيطة به التى يقوم بخدمتها ومن ثم منع استمرار الأضرار المترتبة على ذلك.

التدابير الفنية الاحترازية لخصائص المياه الخام

تتعرض الكثير من محطات معالجة مياه الصرف الصحى لمواجهة استقبال مياه صرف صحى خام مخالفة للمعايير التصميمية مما يسبب مشاكل للمحطات نفسها ومعداتها وحتمًا يتبعها مشكلة بيئية تتمثل فى خروج مياه صرف صحى معالجة بمعايير مخالفة لما جاء بالقانون والتى تجعل مشغلى المحطات عرضة للعقوبات القانونية.

وهنا تظهر أهمية وجود أحواض الموازنة ضمن منشآت محطات المعالجة وهى باختصار، كما سيتم استعراضه فى الفصل التالى الذى سيتناولها بشىء من التفصيل، عبارة عن أحواض خرسانية يتم إنشاؤها ضمن المكونات الأولية للمحطة ومهمتها التعامل مع مياه الصرف الصحى الخام فى الظروف الغير عادية ذات المعايير الخارجة عن التصميم.

وتختلف أحواض الموازنة من محطة معالجة إلى أخرى حيث تتواجد ضمن مكونات المحطة وتختلف فى مكوناتها التفصيلية عن الأخرى، لذلك من واجبات مشغل المحطة معرفة الأبعاد والمكونات التفصيلية لمنظومة أحواض الموازنة وما تتضمنه من خطوط مواسير وصمامات وأى معدات أخرى كما يجب عليه معرفة خطوات التشغيل القياسية لهذه المنظومة عند الاحتياج إلى تشغيلها سواء فى استقبال المياه بها أو طريقة التعامل معها وصرفها وكذلك المعدلات والأوقات المناسبة والتى تضمن استمرار عمليات المعالجة بالمحطة بكفاءة عالية.

القرار رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة

مادة ١٤ – المعايير والمواصفات الواجب توافرها فى المخلفات السائلة التى يرخص بصرفها فى شبكات الصرف الصحى العامة:

يشترط للترخيص بصرف المخلفات السائلة من المنشآت الصناعية أو التجارية إلى شبكات الصرف الصحى العامة ألا تتجاوز النسب والمعايير الآتية:

درجة الحرارة	٤٣ درجة مئوية
الأس الهيدروجينى pH	لا تقل عن ٦,٠ ولا تزيد عن ٩,٥
الأكسجين الحيوى الممتص BOD_5	٦٠٠ جزء فى المليون
الأكسجين الحيوى المستهلك COD (داى كرومات)	١١٠٠ جزء فى المليون
المواد العالقة	٨٠٠ جزء فى المليون
زيوت وشحوم	١٠٠ جزء فى المليون
كبريتيدات ذائبة	١٠ جزء فى المليون
النيتروجين الكلى	١٠٠ جزء فى المليون
الفسفور الكلى	٢٥ جزء فى المليون
السيانيد	٠,٢ جزء فى المليون
الفينول	٠,٠٥ جزء فى المليون
المواد الراسبة/لتر:	
• بعد ١٠ دقائق	٨ سم^3
• بعد ٣٠ دقيقة	١٥ سم^3
المعادن الثقيلة:	
• الكروم السداسى	٠,٥ مللجم / لتر
• الكادميوم	٠,٢ مللجم / لتر
• الرصاص	١ مللجم / لتر
• الزئبق	٠,٢ مللجم / لتر
• الفضة	٠,٥ مللجم / لتر
• النحاس	١,٥ مللجم / لتر
• النيكل	١,٠ مللجم / لتر
• القصدير	٢,٠ مللجم / لتر
• الزرنيخ	٢,٠ مللجم / لتر
• البورون	١,٠ مللجم / لتر
على ألا يتعدى مجموع المعادن الثقيلة ٥ مللجم/لتر	

الفصل الثانى

المعالجة الأولية

الفصل الثاني

المعالجة الأولية

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادراً على أن:

١. يشرح أسباب استخدام المصافى ويحدد أنسب أنواع المصافى للاستخدام والمقارنة الفنية بينها.
٢. يذكر الأسس التصميمية الواجب توافرها بالمصافى والشروط المختلفة لها.
٣. يذكر الخطوات اللازم اتباعها قبل بدء تشغيل المصافى والاحتياطات التى يجب اتخاذها أثناء التشغيل.
٤. يشرح المكونات الأساسية لأحواض فصل الرمال ويذكر الأسس التصميمية لها.
٥. يشرح أهمية إزالة الزيوت والشحوم والطرق المختلفة المتبعة.
٦. يذكر المشاكل المحتملة عند تشغيل المصافى الميكانيكية وطرق علاجها.
٧. يحدد المشاكل المحتملة عند تشغيل أحواض فصل الرمال وأسلوب تجميع والتخلص من الرمال.
٨. يحدد استخدامات أحواض الموازنة وأنسب مواضعها.
٩. يذكر طرق الحسابات الأساسية لأحواض الموازنة.

مقدمة

تعتمد طرق المعالجة الأولية على العوامل الطبيعية الموجودة فى الطبيعة نفسها بدون تدخل الإنسان، أي أن القوي المؤثرة المستخدمة هى القوي الطبيعية التى لاحظها واكتشفها الإنسان داخل البيئة المحيطة، وعلى الرغم من أن إستخدام العمليات الطبيعية في معالجة مياه الصرف الصحي بدأت منذ زمن طويل إلا أنها لا تزال أساسا لمعظم أنظمة المعالجة المستخدمة حتى الآن، ووحدات المعالجة الأولية هي دائما الوحدات التمهيدية لكل مشروعات معالجة المخلفات السائلة، ومن أهم عمليات المعالجة الأولية المصافي وإزالة الرمال وفصل الزيوت والشحوم بالإضافة إلي قياس التصرف الداخل ويوضح الشكل رقم (٢-١) مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي. ويوضح الشكل رقم (٢-٢) رسم توضيحى لمحطة معالجة تعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدية. ويوضح الشكل رقم (٢-٣) رسم توضيحي لمحطة معالجة تعمل بنظام التهوية الممتدة أما الشكل رقم (٢-٤) فيوضح رسم توضيحي لمحطة معالجة تعمل بنظام المرشحات الزلطية

المصافي

أهمية المصافي

المصافي هى عبارة عن قضبان مائلة، تصنع غالبا من قضبان الصلب الذى لا يصدأ وتوضع بشكل متوازي بحيث تكون فى مستوى واحد مائل يعترض سير المخلفات السائلة، فتحجز أمامها المواد الطافية الأكبر من سعة فتحاتها.

وتهدف المصافى إلى تخليص المياه من المواد الصلبة كبيرة الحجم والتى غالباً ما تكون مواد غير قابلة للتحلل فى مياه الصرف الصحي مثل علب الصفيح والبلاستيك والطوب والقماش والعلب الألمونيوم وغيرها بغرض حماية المضخات والمواسير داخل المحطة من الإنسداد وكذلك منع تواجد المواد الطافية على سطح الأحواض بشكل يؤذى النظر.

ويوضح الشكل رقم (٢-٥) رسم تخطيطي لمجري المصافي.

مراحل عملية معالجة مياه الصرف الصحي

المصافي: الغرض منها إزالة المـواد الصـلبة كبيـرة الحجم.

فاصل الرمال: يتم فيه إزالة المواد الصلبة ثقيلة الـوزن مثل الرمل وكذلك إزالة الزيوت والشحوم علي أن لا تزيد سرعة المياه فيـه عـن ٠,٣م/ ث.

التهوية الأولية: ويتم فيها إضافة الهواء للمساعدة علـى فصل الزيوت والشحوم وزيـادة تركيـز الأكسجين بالمياه

قياس التدفق: لحسـاب الأحمـال والكفـاءة لعمليـات المعالجة وكذلك تحديد معدلات الضـخ، الكلور، تشغيل الهويات ...الخ.

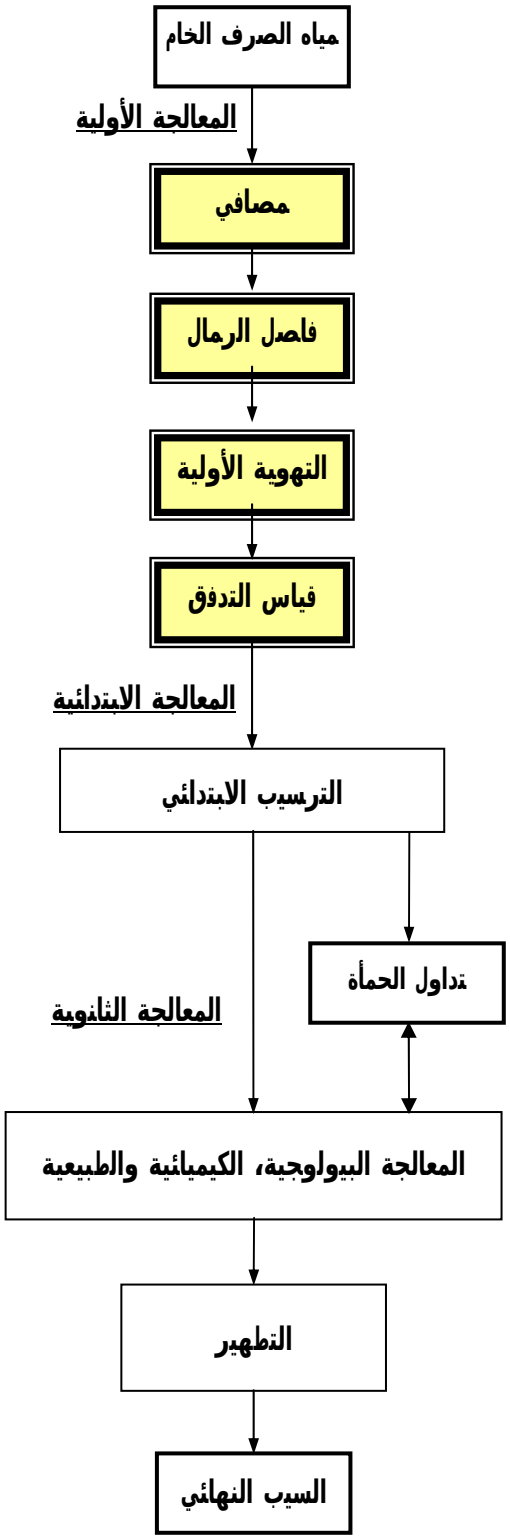
الترسيب الابتدائي: يتم فيها تقليل سـرعة الميـاه إلـى ٠,٠٠٥ : ٠,٠١ م/ ث ليسـ ـ ـمح بترسيب المـواد الصـلبة القابلـة للترسيب الي قاع الخـزان وكـذلك إزالة المواد الطافية.

المعالجة الثانوية: تتكون من المرشـحات الزلطيـة أو أحواض التهوية مع أحواض الترسيب النهائي ويتم فيها المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وإزالـة مـن ٧٠-٨٥% من المواد العضوية.

التطهير: يتم فيه إضافة الكلور للتخلص من الكائنـات الحية الدقيقة المسببة للأمراض علي أن تتبقـي كمية من الكلور في الماء الخارج.

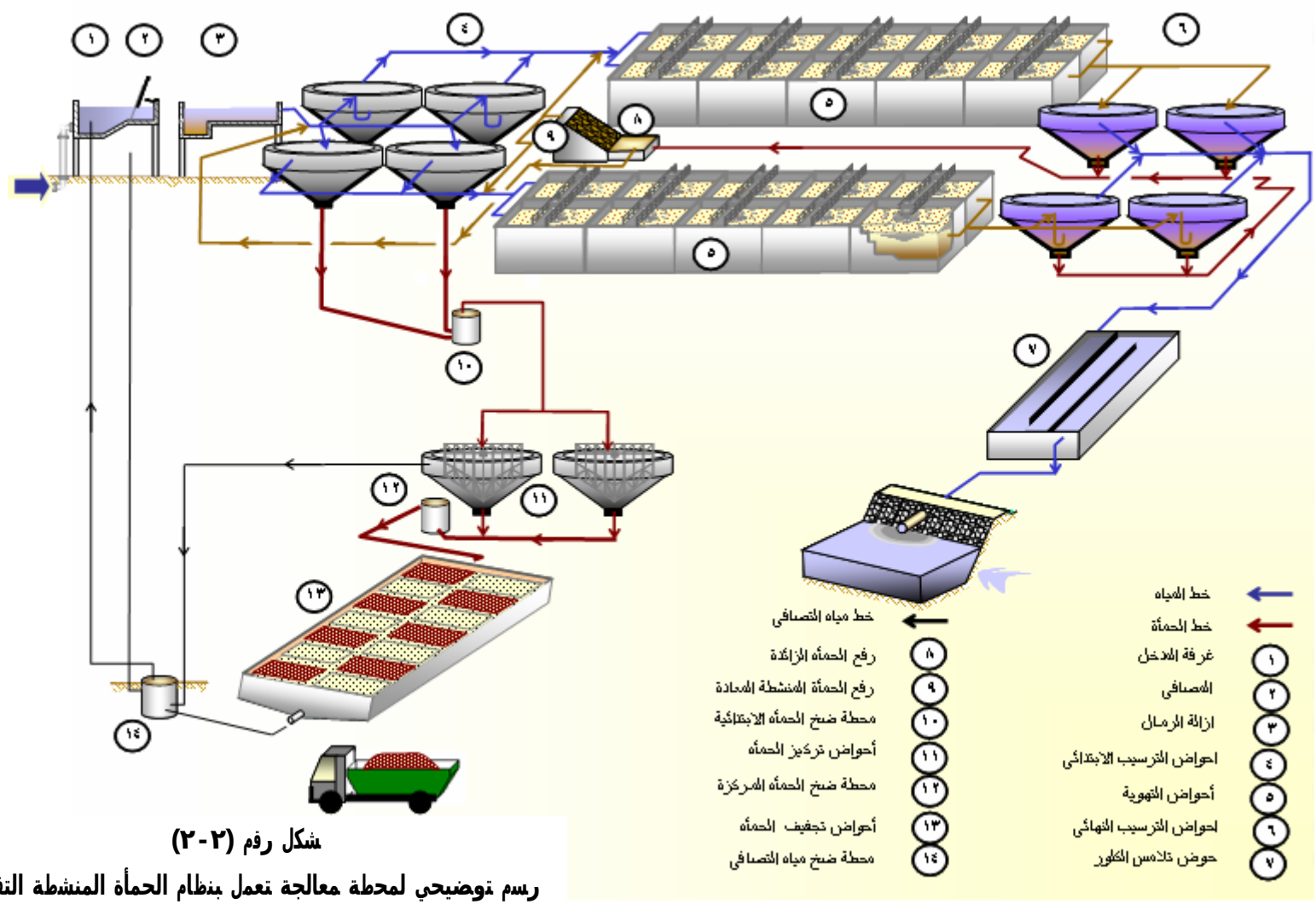
تداول الحمـأة: يتم استقبال الحمأة الإبتدائية والزائدة ليتم تركيزها وتجفيفها ومعالجتهـا تمهيـدا لإعادة استخدامها

ملاحظة: تختلف مراحل المعالجة طبقا لتكنولوجيا التنقية



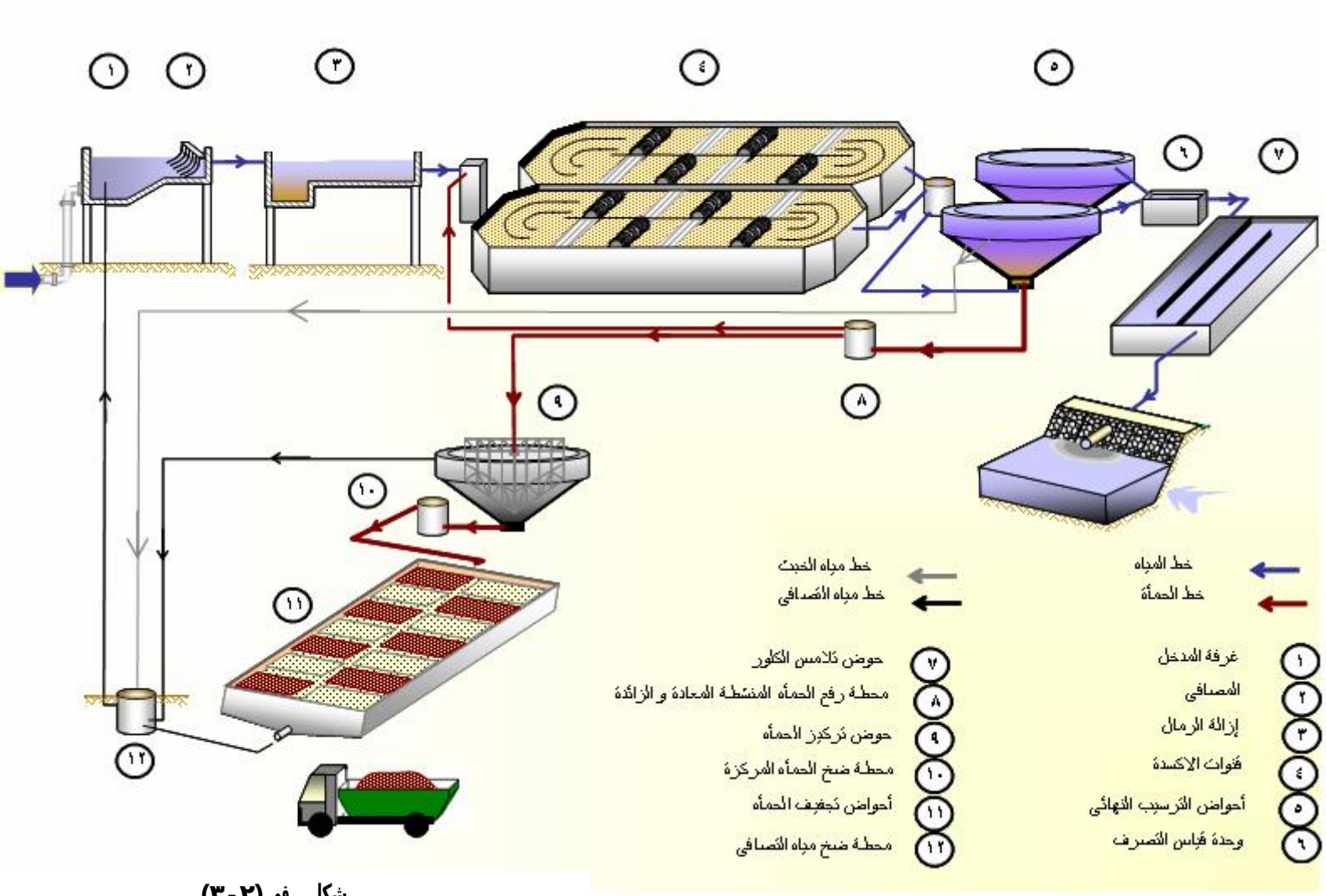
شكل رقم (٢-١)

مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي



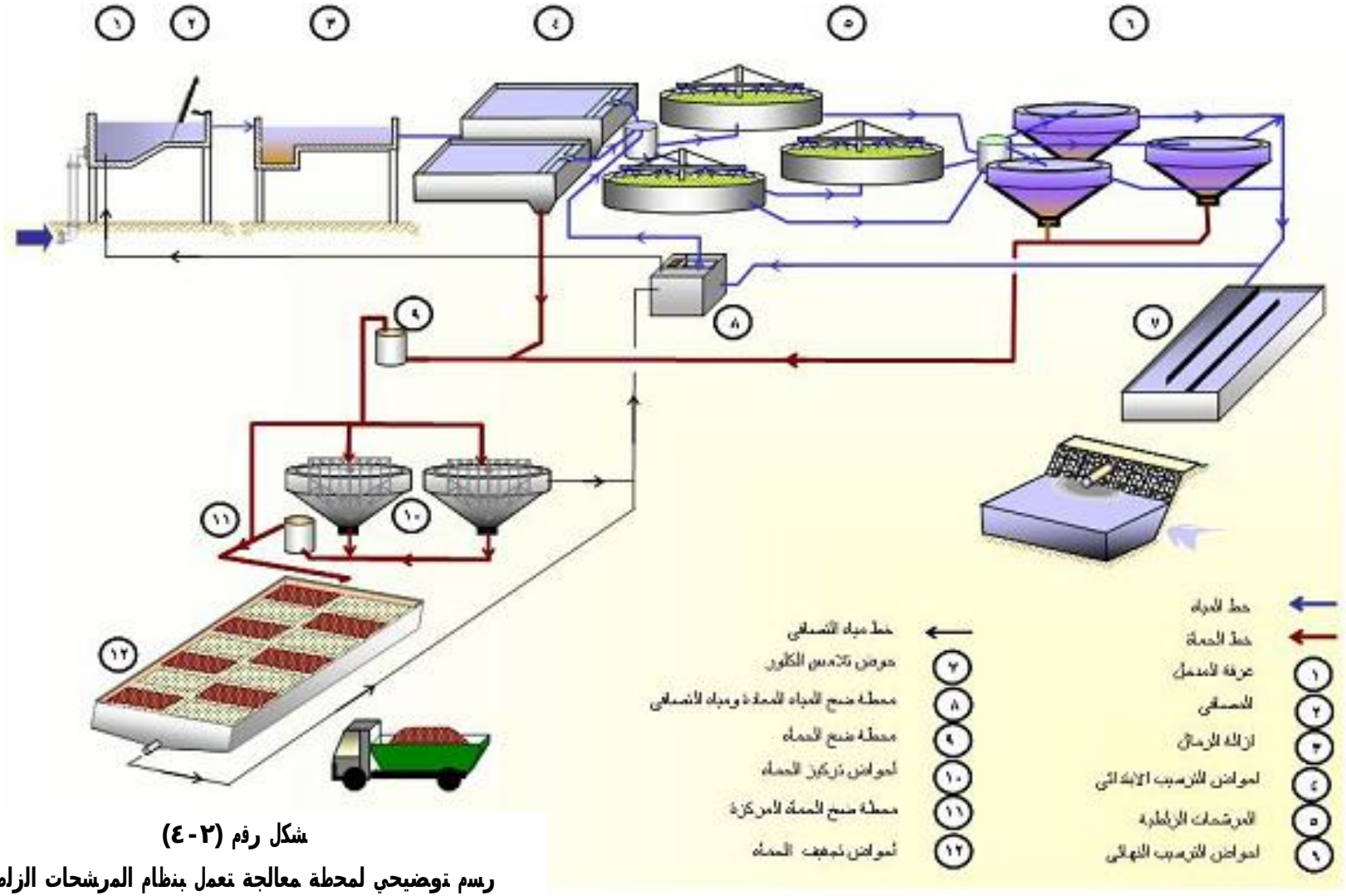
شكل رقم (٢-٢)

رسم توضيحي لمحطة معالجة تعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدية



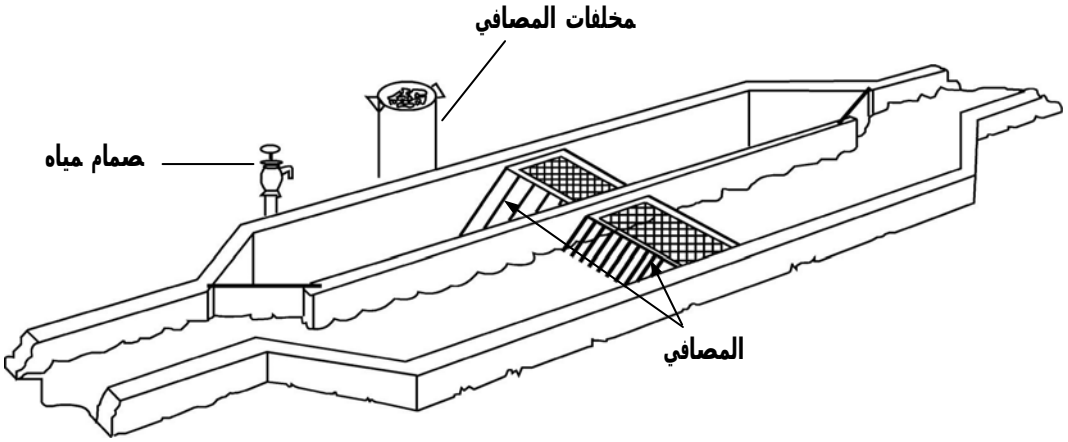
شكل رقم (٢-٣)

رسم توضيحي لمحطة معالجة تعمل بنظام التهوية الممتدة



شكل رقم (٢-٤)

رسم توضيحي لمحطة معالجة تعمل بنظام المرشحات الزلطية



شكل رقم (٢-٥)
رسم تخطيطي لمجري المصافي

تصنيف المصافي **١. تصنيف المصافي من حيث النوع:**

أ- المصافى المتوسطة والكبيرة الفتحات Coarse Screens:

تتراوح عرض فتحات المصافى المتوسطة من ٦ إلي ٣٨ مم، والمصافي الكبيرة من٣٨ إلي ١٥٠ مم، ويفضل دائماً استخدام المصافى ذات السعة الصغيرة فى وحدات المعالجة الابتدائية، أما المصافى ذات السعة الكبيرة فيفضل استخدامها أمام محطات ضخ مياه الصرف الخام.

ب- المصافى الدقيقة Fine Screens:

هى ألواح معدنية بها فتحات (شقوق) تنفذ من خلالها مياه الصرف الخام، ويتراوح عرض هذه الشقوق من ١,٦ إلي ٦,٤ مم وطولها من ١٢,٧ إلي ٥٠,٨ مم (٢/١-٢ بوصة) ، ولا يفضل استخدامها فى المناطق الريفيـة، وتستعمل فى الحالات الآتية:

- تصفية المخلفات السائلة قبل التخلص منها فى البحار والمحيطات بدون معالجة.
- وجود مخلفات صناعية تحوى مواد عالقة يصعب ترسيبها.
- الاستغناء كلية عن أحواض الترسيب الإبتدائى فى بعض عمليات المعالجة.

ج- المصافي المتحركة (الدوارة):

هى مصافي على شكل شريط دائري يلف على أسطوانتين أفقيتين وتسمى أيضاً بالمصافي الدوارة، كما توجد منها أنواع ترفع من مكانها لتنظيفها وتحل محلها مصافي أخرى ثم تعاد إلى مكانها. ولا يفضل استخدام جميع هذه الأنواع فى المناطق الريفية نظرا لإحتياجها لأعمال صيانة وقطع غيار بصفة مستمرة.

٢. تصنيف المصافي من ناحية طريقة تنظيفها

أ- مصافي يدوية وهي الموضحة بالصورة رقم (٢-١)

ب- مصافي ميكانيكية وهي الموضحة بالصورة رقم (٢-٢)

كما يوضح الشكل رقم (٢-٦) رسم تخطيطي لمصفاة ميكانيكية كاملة.

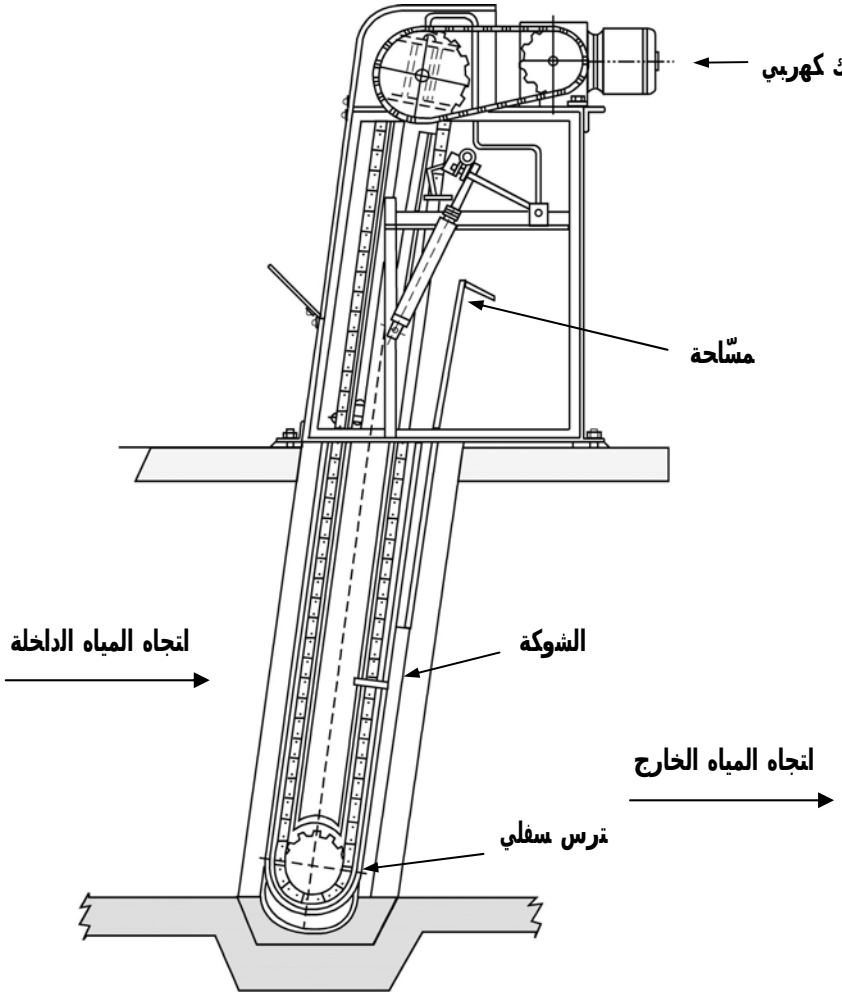
الحسابات الأساسية للمصافي

أ- يجب أن تكون القضبان الحديدية مستطيلة المقطع وتتراوح ما بين ٢/١ بوصة إلى ٤/٣ بوصة.

ب- يجب أن تكون زاوية ميل القضبان على المستوى الأفقى ما بين ٣٠ إلى ٨٠ درجة وذلك ليسهل تنظيفها كما أن هذا الميل يساعد على حجز المخلفات أمامها على منسوب سطح الماء.

صورة رقم (٢-١)
المصافي اليدوية

صورة رقم (٢-٢)
المصافي الميكانيكية



شكل رقم (٢-٦)
رسم تخطيطي لمصفاة ميكانيكية كاملة

ج- يجب أن تساوى المساحة الصافية ما بين القضبان ضعف مساحة المقطع المائى للمجرى المؤدى إلى غرفة المصافى (وذلك فى حالة استعمال شبكة صرف صحي فقط).

د- فى حالة استعمال شبكة صرف صحى مشتركة (صرف صحي وصرف أمطار) يكون صافى المساحة ما بين القضبان مساوياً لثلاثة أمثال مساحة المقطع المائى للمجرى المؤدى إلى غرفة المصافى.

هـ- يجب ألا تزيد سرعة المياه عند المصفاة عن ١٥سم/ الثانية حتى لا تسبب ضغطاً على الفضلات فتمر بين القضبان.

الأسس التصميمية للمصافى طبقًا للكود المصرى

حدد الكود المصرى لتصميم محطات المعالجة الأسس التصميمية للمصافى طبقاً لما يلى:

- مركبة السرعة الأفقية المتعامدة على المصافى لا تزيد عن ٠,٦ م / ث.
- السرعة الأفقية خلال فتحات المصفاة ٠,٣ – ١,٠ م / ث.
- المسافة بين الأسياخ:

المصافى الدقيقة (Fine Screen)	٢٥ مم – ٥٠ مم
المصافى الواسعة (Coarse Screen)	٢٥ مم – ٧٥ مم

- زاوية ميل المصفاة:

المصافى اليدوية	٤٥° - ٦٠°
المصافى الميكانيكية	٦٠° - ٨٠°

- كمية نواتج المصافى: تحدد بـ ٢٠ لتر / ١٠٠٠ م^3 / يوم.
- أبعاد مقطع القضيب:

العرض	١ – ٢ سم.
الطول	٢ – ٦ سم.
القطر (القضبان الدائرية)	١,٥ – ٣ سم.

- الفاقد فى الضغط خلال المصفاة (عند بدء التشغيل) من ١٠ – ١٥ سم.
- المعادلة المستخدمة فى حساب فاقد الضغط خلال المصفاة:

$$H = B \left(\frac{w}{b}\right)^{4/3} h_v \sin\theta$$

Where:

h = head loss, (m)

B = bar shape factor

= 2.42 (for sharp – edged rectangular.)

= 1.83 for (reactangular semicircular upstream)

= 1.67 rectangular semicircular upstream face & down strem face.

= 1.79 for circular bars.

w = max. cross sectional width of bars facing direction of flow, mm.

b = min. clear spacing between bars, mm .

h_v = velocity head of flow approaching rack (m)= $\frac{V^2}{2g}$

θ = angle between the screen and the horizontal plane.

طرق تنظيف المصافي توجد طريقتان رئيسيتان لتنظيف المصافي هما:

١. تنظيف المصافي يدوياً:

صورة رقم (٢-٣)
عملية التنظيف اليدوي للمصافي اليدوية

وتتم هذه الطريقة غالبـا للمصافي اليدوية حيـث أنهـا بسـيطة التركيـب وقليلة التكـاليف، لكنهـا تحتـاج لعمالـة دائمـة للمواظبة على تنظيفهـا، ويتم التنظيف بأن يقـف العامل علـى الرصـيف الـذى ترتكـز عليـه المصـفاة وبواسطـة شوكة ذات يد طويلة يرفع المواد الطافية التى تم حجزها أمـام المصـافي لتجميعها على الرصيف والتخلص منها، ويستخدم هذا النظام فى المحطات الصغيرة التي يتم إنشاؤها في القرى أو المدن الصغيرة وتوضح الصـورة رقم (٢-٣) صورة توضيحية لطريقة التنظيف.

٢. تنظيف المصافي آلياً:

صورة رقم (٢-٤)
سير الرواسب

يستخدم التنظيف الآلي في المحطات ذات التصرفات الكبيرة، وذلك بواسـطة أمشاط متحركة لها أسنان تتخلـل الفتحـات بـين القضبان، وعند وصـول المشط إلى الرصيف الذى ترتكـز عليه المصفاة يتم إزاحة الرواسب ميكانيكياً وإلقاءها علي سير نقل الرواسب كما هو موضـح

بالصورة رقم (٢-٤) الذي ينقلها بدورة إلي الحاوية ومن ثم نقلها إلي حيـث يتم التخلص منها أو مكبس معد لذلك حيث يتم تصفيتها وتعبئتها في أكيـاس من البلاستيك أو في حاويات كما بالصورة رقم (٢-٥) ومن ثـم الـتخلص منها.

صورة رقم (٢-٥)
تصفية وتعبئة رواسب المصافي

وعملية التنظيف فى حد ذاتها هامة جدا سواء كان التنظيف ميكانيكيـاً أو يدويا لذلك يجب على العاملين والمشغلين أن يحافظوا على المصافي فـى حالة نظيفة باستمرار ففي حالة عدم تنظيفها سيؤدي ذلـك إلـى إنسـداد الفتحات بين القضبان، ومن ثم ارتفاع المياه أمام المصافى. بعـد إجـراء أعمال النظافة ستندفع كميات كبيرة من مياه الصرف الصـحي الصـحى المحجوزة فى المصفاة إلى داخل محطة المعالجة ويسبب ذلك حمل زائـد على وحدات المعالجة وبالتالي يؤدي إلى إنخفاض كفاءة المعالجـة فـي المراحل التالية.

وبالرغم من أن التنظيف الميكانيكي يعد وسيلة جيدة وفعالة للتنظيـف، إلا أنه يحدث أحياناً أن تتخلف بعض المواد وتحتجز في أماكن لا تصل إليها الشوكة الميكانيكية، وهذا يتطلب إيقاف الوحدة وتنظيفها يدوياً.

ويجب على العاملين الإمتناع تماماً عـن محاولـة تنظيـف المصـافى الميكانيكية وهي في حالة تشغيل حيث أن ذلك قد يعرضهم إلـى أخطـار شديدة قد تصل إلى الصعق بالكهرباء والموت.

بدء تشغيل المصافى:

١. تأكد أن مصدر التيار الكهربى للوحدة مفصول تماما.
٢. تأكد من تنظيف أجزاء المصفاة من المواد الملتصقة والعالقة يدويا، فمـن المحتمل أن تلتصق بعض المخلفات في أماكن بعيدة عن حركة الشـوكة الميكانيكية.
٣. التأكد من أن جميع أعمال الصيانة الدورية والوقائية مثل التشحيم وتغيير زيوت المحركات قد تمت علي أكمل وجه.
٤. قم بفحص جميع أجزاء الوحدة وتأكد أن جميع الأجزاء ثابتـة ومحكمـة التربيط وذلك لتفادى الإهتزاز والإرتجاج عند تشغيل الوحدة.
٥. قم بتوصيل التيار الكهربي وابدأ في تشغيل المصفاة يدوياً دورة كاملـة، لاحظ حركتها الميكانيكية وتأكد أنها حركة منتظمة خالية من الإهتزاز أو الإرتجاج وأنه لا يوجد ما يعوق الوحدة عن العمل.
٦. قم بتحويل مفتاح التشغيل إلي الوضع آلي مع مراقبة عمل المصفاة علـي الاقل لمدة دورة واحدة.
٧. عند الشك في وجود أى أعطال يجب فصل التيار الكهربي والبـدء فـي معرفة طبيعة الأعطال وسببها والعمل علي إصلاحها بفريـق الصـيانة المتخصص وعن طريق كتيبات الصيانة الخاصة.
٨. احرص علي جعل مكان العمل في غاية النظافة وخالي من أيـة عوائـق للسير والعمل، وغسل الأرضيات دوريا مستعملا المياه وفرش النظافة.
٩. يجب علي العاملين أن يحرصوا علي نقـل المخلفـات المرفوعـة قبـل تراكمها، حيث أن تراكمها يؤدي إلى تولد الـروائح الكريهـة ويجعلهـا مصدرا لتوالد وتكاثر الذباب والفئران لاحتوائها علي كثير مـن المـواد العضوية.

١٠. يجب تسجيل حجم وعدد الحاويات التي تم ملؤها بالمخلفـات - فمعرفـة حجم وكمية المخلفات هام جدا لمعرفة حجم المكان المخصص لإسـتقبال وتشوين المخلفات وتقدير التكاليف اللازمة للتخلص من هذه المخلفات.
١١. يجب دائماً الحرص على ترك المصافى الميكانيكية نظيفـة سـواء كـان التنظيف يدويا أو آليا حتى لا تصبح المواد العالقة عائقاً فى تـدفق ميـاه المجارى الواردة للمحطة.
١٢. تتأثر الأجزاء المتحركة تحت سطح المياه بوجود المياه حولها ومـن ثـم فإنها تحتاج إلى تشحيم وتزييت أكثر من الأجزاء المتحركة فوق سـطح المياه.
١٣. احرص دائماً على إتباع قواعد الأمن الصناعى والسلامة المهنيـة أثنـاء التشغيل.

التخلص من مخلفات المصافى:

تحتوى معظم مخلفات المصافى على أكثر من ٨٠ % من وزنها مـاء، كمـا تشتمل على قطع الورق والخشب والأقمشة وبقايا الأطعمة وتحتوى على نسبة من المواد الملوثة ذات الطبيعة العضوية سريعة التحلل والتى يمكن أن تتعفن مع الوقت، ولذلك يجب التخلص منها سريعاً عقب تجميعها أمـام المصـافى، ويتم ذلك بإحدى الطرق الآتية:

- ضغطها لإزالة أكبر كمية من مائها ثم حرقها.
- نقلها والتخلص منها بالدفن في المدافن الصحية المحددة لذلك.
- تقطيعها وفرمها بمفارم خاصة ثم نقلها إلى أحواض تخمير الرواسـب حيث تعالج ويتم التخلص منها مع بقية الرواسب.
- الدفن فى خنادق محفورة بالأرض وتغطيتها بطبقة ردم من الرمـال لا تزيد عن ٦٠ سم تفادياً لرائحتها وتوالد الذباب عليها واقتراب الفئـران منها، وهو الأسلوب الذى يمكن استخدامه فى القـرى، كمـا يراعـى تغطيتها بطبقة من الجير الحي فى المناطق الحارة.

مشاكل تشغيل المصافى الميكانيكية، والأسباب، والعلاج:

مشكلة (١): تراكم المخلفات أمام المصافى الميكانيكية:

السبب: عدم كفاءة المصافى لقصر مدة تشغيلها أو لزيادة المـواد التـي تـم حجزها عن معدل التشغيل مما قد ينتج عنه ارتفاع منسوب المياه أمام المصافي عن منسوب المياه خلفها.

العلاج: يتم فحص المصافى من الناحية الميكانيكية للتأكد من سلامة الأمشـاط وفي حالة سلامتها يتم زيادة فترات تشغيل المصافى لتتناسب مع كمية المخلفات الواردة مع المياه.

مشكلة(٢): إنسداد فتحات المصافى اليدوية:

السبب:

- عدم قيام العمال بالتنظيف اللازم للمصافى باستمرار.
- عدم تناسب فتحات المصافى مع طبيعة وحجم المواد المراد حجزها.

العلاج: زيادة عدد مرات تنظيف المصافى بواسطة العمالة.

وحدات إزالة الرمال وفصـل الزيـوت والشحـوم

هذه الوحدات هى المرحلة التالية من المعالجة الأولية وهى تتكون إمـا من أحواض إزالة الرمال وإزالة الزيوت والشحوم كما فى المدن، أو من وحدات فصل الرمال فقط كما فى القرى حيث تكون كمية الزيوت قليلـة، وسـوف نتكلم عن كل منهما بالتفصيل.

وتنبع أهمية وحدات إزالة الرمال في كونها تقوم بفصل الرمـال المتسـربة لمياه الصرف الصحي من الشوارع والطرق الغير مرصوفة، أو مـن ميـاه الأمطار عند تساقطها ووصولها للشبكة أو من التربة نتيجة وجود شروخ فى المواسير أو فى المطابق كما تقوم أيضاً بفصـل الزيـوت والشـحوم فـي الأحواض المهواه.

أحواض إزالة الرمال

هى أحـواض مستطيلة أو دائرية الشكل، متوسط مدة مكث المياه فيها دقيقة واحدة وبسرعة لا تزيد عن ٠,٣ م/ ث, وذلـك نظـراً لأن الرمـال سـهلة الترسيب كما أنها مادة خاملة لا تتحلل، لذلك يفضل فصلها أولاً قبل دخـول المياه إلى أحواض مراحل المعالجة التالية، ويوضح الجـدول رقـم (٢-١) المكونات الأساسية لحوض إزالة الرمال والغرض من كل جزء. كما يوضح الشكل رقم (٢-٧) المكونات الأساسية للحوض.

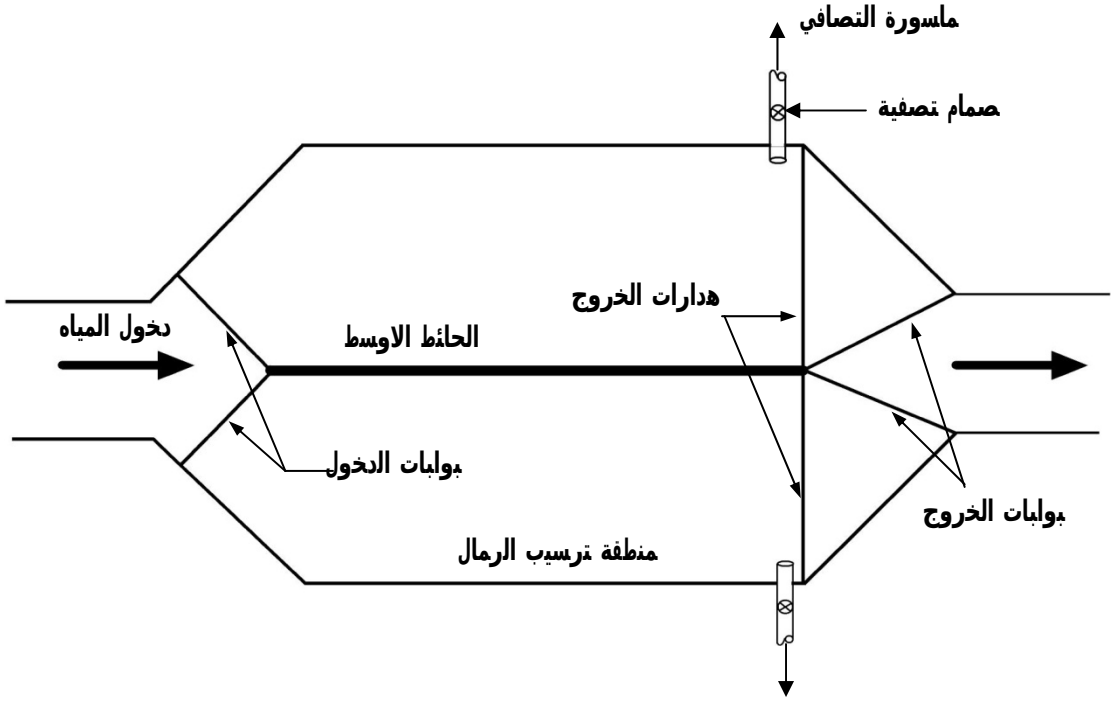
جدول رقم (٢-١)
المكونات الأساسية لحوض إزالة الرمال

الجزء	الغرض منه
مجاري الحوض	يتم فيها خفض سرعة المياه حيث ان السرعة المنخفضة تؤدي الي ترسيب الرمال إلي القاع مع الإحتفاظ بالمواد العضوية الأخف وزنا الي المراحل التالية.
منطقة الترسيب	هي المنطقة التي تترسب بها الرمال ويتم تجميعها وإزالتها.
الحائط الأوسط	يوجد في الأحواض التي تحتوي علي أكثر من مجري للفصل بينهم.
بوابة الدخول	تستخدم في تنظيم عمل مجاري الحوض وكذلك المحافظة علي السرعة بالمجري.
بوابة الخروج	تستخدم فى إخراج الحوض من الخدمة لعدم الاحتياج إليه أو لصيانته.
الهدار	يستخدم للتحكم في السرعة والمساعدة على انتظامها داخل فاصل الرمال.
حجرة تجميع الرمال	يتم فيها تجميع الرمال وتخزينها قبل إزالتها والتخلص منها.
ماسورة التصافي	يتم من خلالها تصفية المجري للإصلاح والفحص والنظافة.
صمام التصفية	يركب علي ماسورة التصافي للتحكم في تصفية المجري.

إزالة الزيوت والشحوم

ترجع أهمية استـخدام أحواض فصل الزيوت والشحوم عندما تعتمد المرحلة التالية من المعالجة البيولوجية على إستخدام أحواض الحمأة المنشطة نظراً لما تسببه هذه المواد الدهنية من ضرر بالغ لهذه الأحواض.

ويتم إزالة الزيوت والشحوم إما في أحواض منفصلة أو في نفـس أحـواض إزالة الرمال ويستخدم الهواء المضغوط مع كلا النوعين للمساعدة في تعـويم الزيوت والشحوم وسهولة التخلص منهما.



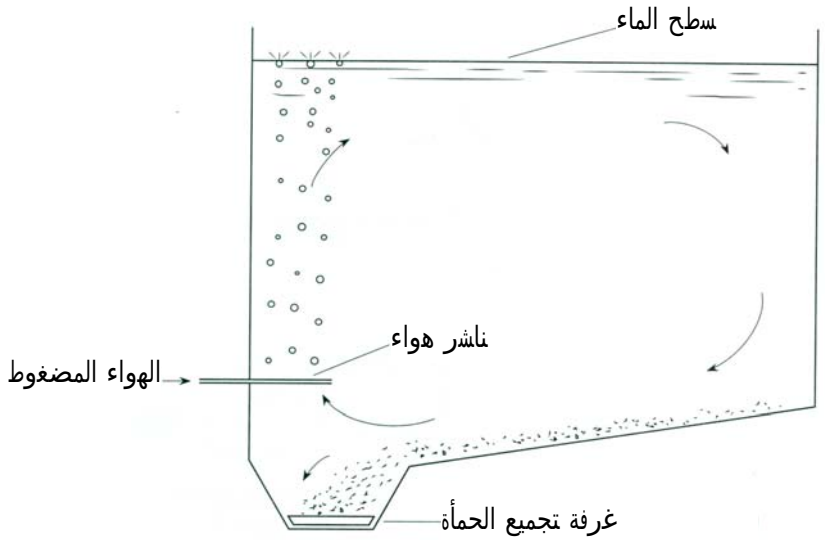
شكل رقم (٢-٧)
المكونات الأساسية لحوض إزالة الرمال

الأحواض المهواه

غالباً ما يتم إنشاء حـوض واحـد لكل من فصل الـرمال وفصل الـزيوت والشحوم ويوضح الجدول رقم (٢-٢) أجزاء الأحواض المهواه والغرض من كل جزء، وتتراوح فترة المكـث بين ٥ – ١٠ دقائق وتوضح الصورة رقـم (٢-٦) حوض فصل رمال مهوي مستطيل الشكل يتم فيـه فصـل الرمـال والزيوت والشحوم، كما يوضح الشكل رقم (٢-٨) تأثير حركة الهواء علـي ترسيب الرمال بالحوض، وتقدر كمية الهواء الحر اللازم لذلك حوالى ١٤م^3 لكل حوالى ٤٠٠٠ م^3 من مياه الصرف– وقد وجد أن إضـافة حـوالى ١,٥ جزء/ المليون من الكلور يساعد أيضاً على سرعة إزالة هذه المواد العضوية.

صورة رقم (٢-٦)

أحواض فاصل رمال مهوي مستطيل الشكل



شكل رقم (٢-٨)

تأثير حركة الهواء علي ترسيب الرمال بالحوض

جدول رقم (٢-٢)
مكونات أحواض إزالة الرمال المهواه

الجزء	الغرض منه
حـوض إزالـة الرمـال والزيوت والشحوم المهوي	إزالة الرمال وكذلك إزالة الزيوت والشحوم.
فواني الهواء	يتم من خلالها ضغط الهواء بالحوض لتقليل سرعة المياه، (الثقل النوعي لخلـيط الماء والهواء أقل من الماء منفردا) حتى يمكن رسوب الرمال بصـورة أفضـل، الحركة الدائرية الناتجة من حركة الهواء تدفع الرمال الي قاع الحوض حيث يـتم كسحها وإزالتها وكذلك تدفع الزيوت والشحوم الي أعلي حيث يتم كشطها وإزالتها.
غرفة تجميع الرمال	يتم بها تجميع الرمال المترسبة بقاع الحوض تمهيدا لإزالتها
طريقة إزالة الرمال	يتم إزالة الرمال من غرفة التجميع بطرق مختلف تشمل المضـخات الغاطسـة او سير حلزوني أو كباش.

تجميع وإزالة الرمال من الأحواض

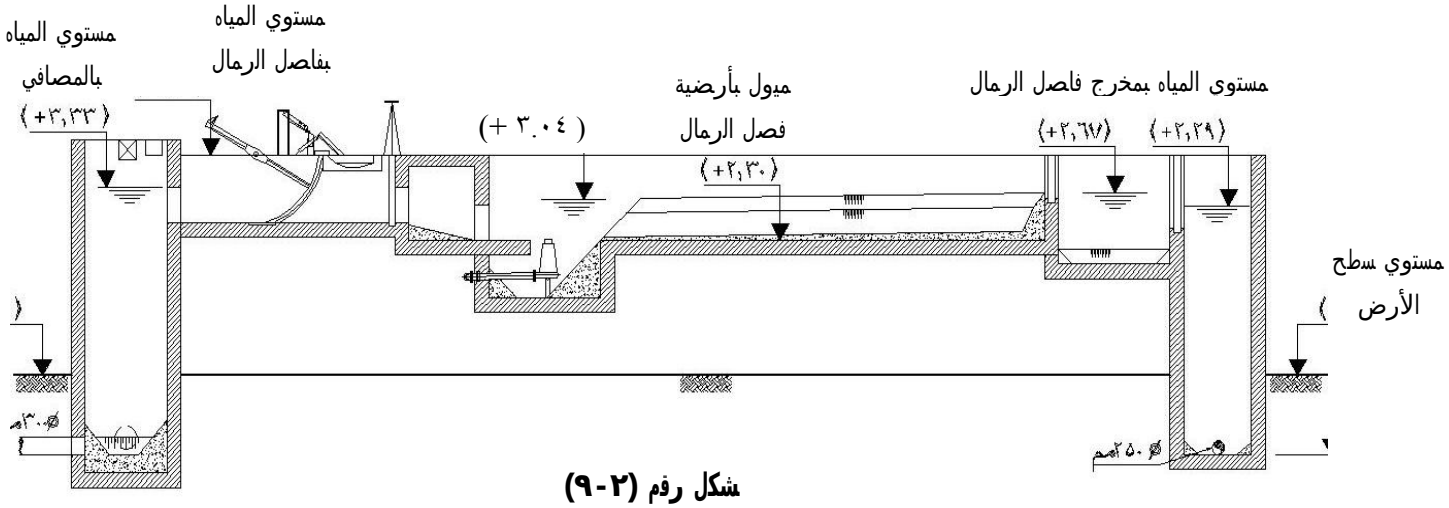
الغرض من هذه الأحواض كما سبق ذكره هو ترسيب الرمال والمـواد الغير عضوية وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب، عن طرق التحكم فـي السرعة التى تسمح بترسيب المواد الغير عضوية التى يبلغ قطرها ٠,٢ مـم، وكثافتها أكبر من ١.٢ ويتم تجميع وإزالة الرمال بطرق عدة نذكرها فيما يلي:

١. **<u>يدويا:</u>**

باستخدام خرطوم مياه ذات ضغط عالى نسبياً وذلك لدفع الرمال خـارج الحوض من خلال مواسير (صمامات تحكم)، ويتم تجميع هذه الرمال فى خزانات متحركة موجودة أسفل هذه المواسير، وخزانات تجميع الرمـال هذه غالباً تصنع من معادن لا تصدأ وتكون مهمتها أيضاً السماح للرمال بالانفصال عن المياه والتجمع أسفل الخزان ومن ثم يـتم سـحب الميـاه للخارج، ثم يتم تحريك الخزان إلى مكان ردم الرمال.

٢. **<u>باستخدام الميول في أرضية الحوض</u>**

ويتم ذلك بعمل ميول في أرضية الحوض أثناء الإنشاء في اتجاه عكـس سريان المياه حيث يتم ترسيب الرمال وتجميعها بغرفة التجميع (Hopper) في نهاية الحوض ثم رفعها بواسطة مضخة كما يوضح ذلك الشكل رقـم (٢-٩).



شكل رقم (٢-٩)

حوض ازالة رمال (بدون كوبرى) ذو أرضية مائلة

٣. استخدام الكباري الميكانيكية:

يحتوى الكوبري على زحافتين إحداهما سفلية وتستخدم في كسح الرمـال في قاع الحوض والأخرى علوية، وتقوم بقشط الزيوت والشحوم من علي سطح المياه، وتوضح الصورة رقم (٢-٧) كـوبري ميكـانيكي، يقـوم الكوبري بكسح الرمال في شوط العودة وتجميعها فـي غرفـة التجميـع (Hopper) حيث يتم إزالتها بواسطة مضخات الي وحدة فصـل الرمـال (السيكلون) حيث يتم فصل الرمال عن المياه وتتم إعادة المياه إلي مدخل المحطة أما الرمال فيتم التخلص منها بالدفن أو بأي طريق آمنة.

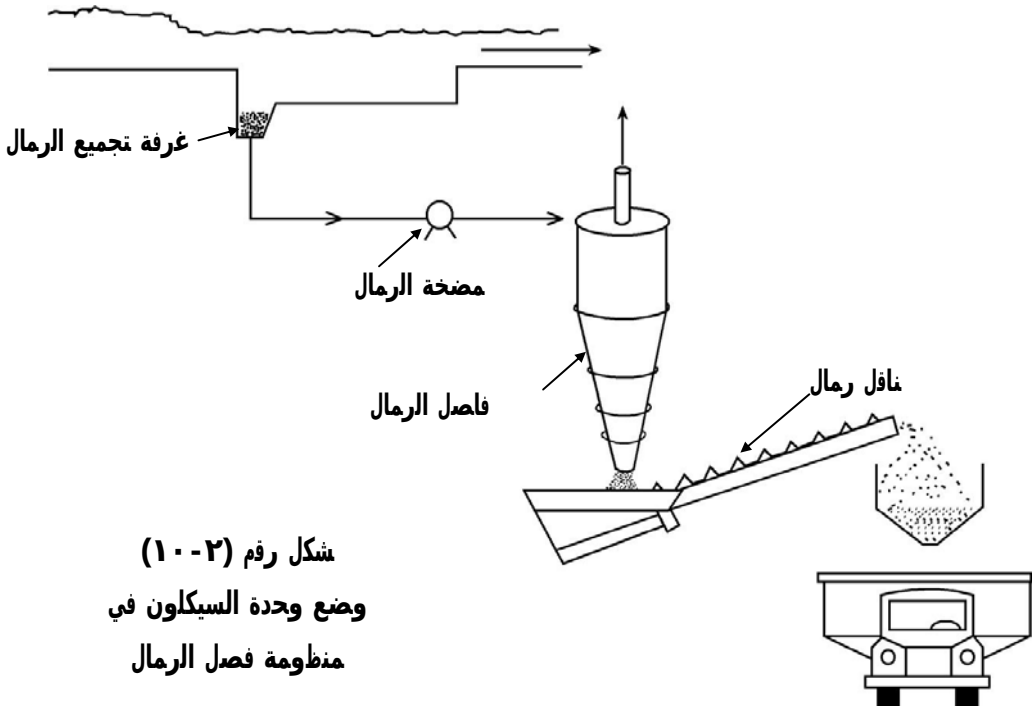
أما الزيوت والشـحوم فيتم قشطها في شوط الـذهاب حيـث يـتم تجميعها في صـندوق أو مجري في نهايـة الحـوض والـتخلص منها بعد ذلك بطريقة آمنة.

صورة رقم (٢-٧)

كوبري أحواض إزالة الرمال

وحدة السيكلون

تعتبر وحدة السيكلون إحدى وسائل فصل الرمال من المياه والمواد العضوية الملاصقة لها ويوضح الشكل رقم (٢-١٠) وضع وحدة السيكلون في منظومة فصل الرمال



شكل رقم (٢-١٠)
وضع وحدة السيكلون في
منظومة فصل الرمال

التخلـص مـن الرمال المزالة

يمكن التخلص من الـرمال المترسبة من هـذه الأحـواض بإحـدى الطرق التالية:

أ - تفرد على سطح الأرض الطينية شديدة التماسك كسـماد حيـث أنهـا تحتوى على كمية من المواد العضوية (تتراوح من ٣– ٥% من المواد العضوية فى مياه الصرف).

ب- استخدامها في أعمال الردم على أن يفرش على سطحها أتربة جافة.

ج- تدفن في خنادق حيث أنها كما ذكرنا تحتوى على كميات عاليـة مـن المواد العضوية (من ٣ – ٥%).

الأسس التصميمية لأحواض إزالة الرمال طبقًا للكود المصرى

حدد الكود المصرى لتصميم محطات المعالجة نوعين من أحـواض إزالـة الرمال وذلك طبقاً للأسس التصميمية التالية:

النوع الأول: أحواض فصل الرمال ذات التصرف الأفقى

- السرعة الأفقية تتراوح ما بين ٠,٢٥ – ٠,٥ م / ث
- مدة المكث ٤٥ – ٩٠ ثانية
- معدل التحميل السطحى لا يزيد عن ١٢٠٠ م^3/م^2/يوم
- عمق المياه ٦٠ – ١٠٠ سم
- عرض الحوض (١ – ٢) عمق المياه
- السرعة الرأسية تكون ٢ سم/ ث لقطر حبيبات أكبر من ٠,٢ مم
- طول الحوض (٢٠ – ٣٠) عمق المياه
- كمية الرمال المترسبة من ١٠٠ إلى ٢٥٠ لتر/١٠٠٠ م^3 من التصرف فى اليوم

النوع الثانى: أحواض فصل الرمال المهواه:

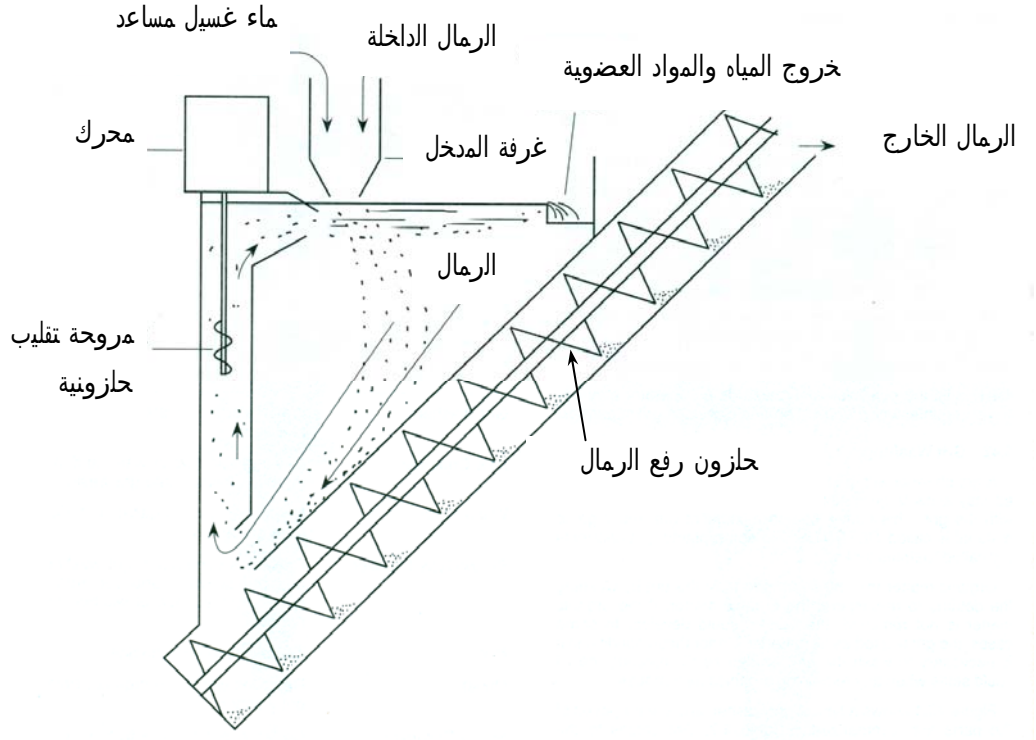
- مدة المكث ٢ – ٥ دقيقة
- معدل التحميل السطحى لا يزيد عن ١٠٠٠ م^3/م^2/يوم
- عمق المياه بالحوض ٣,٠ – ٥,٠ متر
- السرعة الحلزونية للمياه (helical) من ٠,١ – ٠,٢ متر/ثانية
- السرعة الأفقية تتراوح ما بين ٠,٢٥ – ٠,٣٠ متر/ثانية
- الطول ٧,٥٠ – ٢٠,٠٠ متر
- عرض الحوض لا يزيد عن ٢,٠ متر
- معدل إمداد الهواء = ٠,٣ – ٠,٧ م^3/دقيقة/م طـول الحوض بمتوسـط ١٠ م^3/ ساعة/ م^3 من الحوض
- فى حالة وجود كمية عالية من الزيوت والشحوم فى المخلفات السائلة على صـورة مـواد عالقة دقيقة فتضاف وحدة تعويم بعد أحواض فصل الرمال وذلـك لغـرض تحسين كفاءة المعالجة البيولوجية.
- قطر حبيبات الرمل تكون أكبر من ٠,٢ مم.
- تؤخذ كمية الرمال المترسبة من ١٠٠ – ٢٥٠ لتر/١٠٠٠م^3 من التصرف فى اليوم.

الأمان

يحتاج العمل حول ومع وحدة إزالة الرمال إلـي إتبـاع تعليمـات الأمـن الصناعي قبل التعامل مع المعدات، فمن الضروري إيقاف الوحدة عن العمل وفصل التيار الكهربي عنها تماماً من المصدر الرئيسي للتيار قبل البدء فـى تنظيفها وصيانتها وكذلك يجب أن يحرص العاملون على إتباع قواعد السلامة والأمان فيما يختص بطريقة الوقوف وتجنب الانزلاق وعدم رفع مواد ثقيلـة بطريقة خاطئة، كما يجب أن يقوم بعملية التنظيف أكثر من فرد وذلك لطلب المساعدة والنجدة عند حدوث أى خطر قد يهدد أحد العاملين.

غسل الرمال

من الممكن أن يؤدي انخفاض السرعة داخل أحواض إزالـة الرمـال إلـي ترسيب كمية كبيرة من المواد العضوية وخروجها مع الرمـال، وفـى هـذه الحالة من الأفضل أن يتم فصل المواد العضوية من الرمال وذلك بغسل هـذه الرمال ونزع المواد العضوية. ويوضح الشـكل (٢-١١) منظومـة غسـل الرمال حيث تحتوي علي المكونات التالية والموضحة بالجدول رقم (٢-٣).



شكل رقم (٢-١١)
منظومة غسل الرمال

جدول رقم (٢-٣)
منظومة غسل الرمال

الجزء	الغرض منه
غرفة الدخول	يتم فيها خلط الرمال الخارجة من حوض فصل الرمال مع مـاء الغسـيل ويـتم إدخالها الي وحدة الغسيل
ماء الغسيل	يساعد علي فصل المواد العضوية من الرمال
مروحـ ـة تقليـ ـب حلزونية	تعمل علي تدوير المحتويات لفصل المواد العضوية ورفعها مع المياه الي سـطح وحدة الغسيل لأزالتها.
موتور كهربي	يستخدم في إدارة الخلاط الحلزوني
المخرج	يتم منه خروج الماء والمواد العضوية من وحدة الغسيل
السير الحلزوني (حلزون رفع الرمال)	يتم به نقل الرمال من قاع وحدة الغسيل الي غرفة التجميع تمهيداً لنقلها الي عربة لنقلها التخلص منها

سجلات التشغيل

ترجع أهمية السجلات المستخدمة في تشـغيل وصـيانة محطـات معالجـة الصرف الصحى في أنه يمكن الرجوع إليها في أي وقت لمعرفـة مجريـات عملية المعالجة أو التاريخ الاصلاحي للمعدات، وأهميـة سـجلات التشـغيل بالذات تنبع من كونها هي المرآة التي يمكن من خلالها الوقوف علي سـلامة الاجراءات التنفيذية التي تتم داخل المحطة وأثناء المراحل المختلفة وبالأخص في حالات إعادة استخدام المياه المعالجة وكذلك استخدام الحمأة المنتجة مـن المحطة.

وفيما يلي نموذج من سجلات تشغيل المصافي والراسب الرملي والتي يمكـن استخدامها بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي.

سجل تشغيل المصافي والراسب الرملي

	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة
العمالة			

المصافي الميكانيكية									السيور الناقلة			
رقم المصفاة	الحالة الفنية			عدد دورات التشغيل			الوحدات العاطلة	تاريخ العطل وسببه	رقم السير	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة
	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة			1			
1									2			
2									3			
3									4			
4									5			
5									كمية المخلفات التي يتم إزالتها بالمصافي	م3	م3	م3
6									الإجمالي	م3		
7												
8												
9												
10												
11												
12												
مدة تشغيل الدورة (دقيقة)												
المدة بين كل دورة (دقيقة)												

توقيع مسئول الأولى	توقيع مسئول الأولى	توقيع مسئول الأولى

ملاحظات: .....

.....

..... **توقيع**

سجل تشغيل المصافي والراسب الرملي

رقم الحوض	نظام تفريغ الرمال	الحالة الفنية لنظام رفع أو تفريغ الرمال			عدد مرات رفع أو تفريغ الرمال			كمية الرمال التي تم إزالتها			الأعطال وأسبابها
	طلمبات – كباشات – صمامات	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	....
1											.....
2											.....
3											.....
4											.....
5											.....
6											.....
	يتم تشغيل عدد ( ) دورة بكل وردية (ذهاب وعودة)				إجمالي كمية الرمال			$م^3$			.....

رقم الجهاز	متوسط القراءة اللحظية $م^3/ث$			القراءة الإجمالية			الأعطال
	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	السابقة	الحالية	كمية التصرف	.....
							.....
							.....
							.....

ملاحظات الوردية الأولى	ملاحظات الوردية الثانية	ملاحظات الوردية الثالثة
.....	.....	.....
.....	.....	.....
..... التوقيع	..... التوقيع	..... التوقيع

ملاحظات .....

..... توقيع .....

أحواض الموازنة

أهمية أحواض الموازنة

أحواض الموازنة هى أحواض خرسانية يتم إنشاؤها فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى ضمن مكونات المعالجة الأولية، والهدف العام منها هو المساعدة على استمرار المعالجة الفيزيائية والبيولوجية بكفاءة عالية وبالتالى تطابق معايير المياه المعالجة مع قوانين البيئة المصرية.

ومهمة أحواض الموازنة هى استقبال مياه الصرف الصحى الخام الداخل إلى محطة المعالجة مؤقتًا فى حالة حدوث متغيرات فى التصرفات الداخلة، والملوثات البيولوجية، والغير بيولوجية، ودرجات الحرارة، وأحواض الموازنة، وكذلك يمكن استخدام أحواض الموازنة كخزانات طوارئ تستقبل مياه الصرف الصحى الخام بصفة مؤقتة فى حالة حدوث مشاكل فنية فى أعمال المعالجة وخاصة البيولوجية.

مميزات استخدام أحواض الموازنة

يمكن إيجاز أهمية استخدام أحواض الموازنة فيما يلى:

- ضمان استمرار وثبات متوسط تصرفات المياه الداخلة للمعالجة.
- المساعـدة فى استمـرار عمليات المعالجة بصفة عامة فى فترات توقف.
- محطات الرفع عن ضخ مياه الصرف الصحى الخام.
- المساعـدة فى استمـرار المعالجة البيولوجية خاصة عن طريق ضمان
- استمرار تدفق المواد العضوية اللازمة كغذاء للبكتيريا.
- ضمان استمـرار المعالجـة البـيولوجية بكفاءة وذلك بضمان الظروف.
- المناسبة لنمو وتكاثر البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى مثل حجز
- التصرفات الصناعية ذات المواد السامة.
- استمـرار عمليات المعالجـة الكيميائيـة بكفاءة حيث يكـون تصرفات وخصائص مياه الصرف الصحى الداخلة طبقًا للتصميم.
- استمـرار أداء أحـواض الترسيب عامـة بكفاءة حيث تكـون الأحمال الهيدروليكية والعضوية متطابقة مع تصميم الأحواض.

مكونات حوض الموازنة

يجب أولاً أن يكـون تصميم حجم حوض الموازنة ومكوناته مناسبًا لاستيعاب التغيرات المتوقعة فى كل من معدلات التصرفات والملوثات العضوية والغير عضوية، ويجب أن يكون حوض الموازنة مزودًا بها هى وسائل للتقليب والتهوية.

وترجع أهمية وجود وسيلة التقليب لمنع ترسيب المواد الصلبة العالقة فى حوض الموازنة، وأما وسيلة التهوية فهى لمنع نشاط البكتيريا اللاهوائية وتجنب حدوث حالة تعفن (Septecity) لمياه الصرف الصحى بحوض الموازنة.

كما يتم تزويد حوض الموازنة بطلمبة غاطسة مهمتها تنظيم ضخ مياه الصرف الصحى من حوض الموازنة إلى مراحل المعالجة التالية.

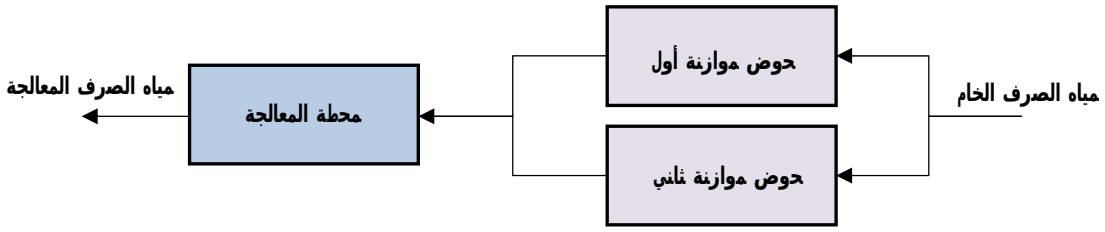
وتحدد الدراسات التصميمية لمحطة المعالجة عدد أحـواض الموازنـة، ومكان تنفيذها مع باقى الحسابات اللازمة لجميع مكوناتها من حيث الحجم وأبعاد الحوض وقدرات وأعداد ومعدات التقليب والتهوية والطلمبات والمواسير والصمامات.

طرق استخدام أحواض الموازنة

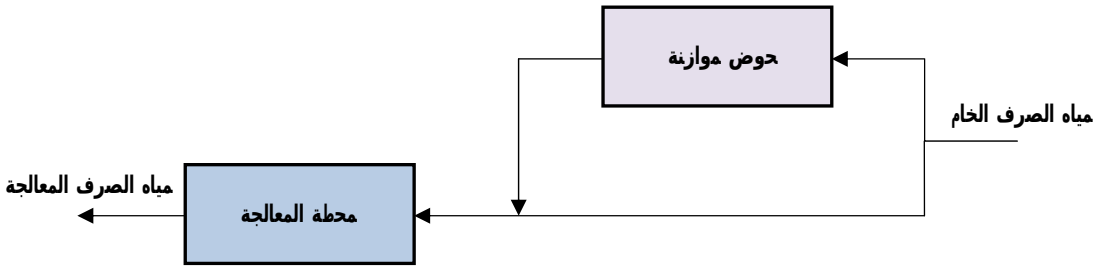
يوجـد هناك بصفـة عامة أربعة طرق هى الأكثـر شـيوعًا لاستخدام هذه الأحواض يوضحها الشكل رقم (٢-١٢) ونتناولها كما يلى:

١. طريقة استقبال التصرفات بالتبادل

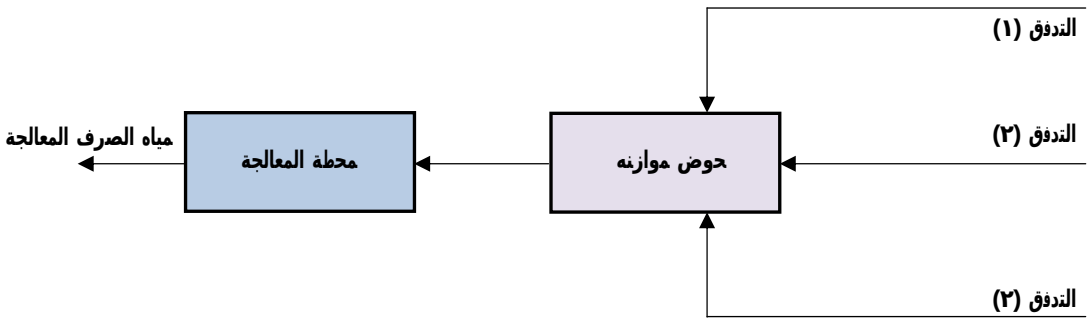
وفى هذه الطريقة يوجد بمحطة المعالجة حوضين للموازنة أحدهما يستقبل مياه الصرف الصحى الخام الداخلة بينما الآخر يقوم بضخ ما به من مياه صرف صحى إلى مراحل المعالجة.



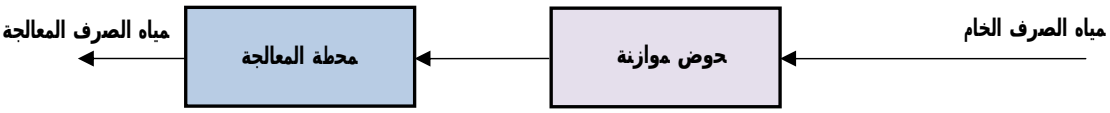
(١) مخطط يبين طريقة التصرف بالتبادل



(٢) مخطط يبين طريقة التصرف المتقطع



(٣) مخطط يبين طريقة الخلط التام المجمع



(٤) مخطط يبين طريقة الخلط التام الثابت

شكل رقم (٢-١٢)
طرق استخدام أحواض الموازنة

٢. طريقة استقبال التصرفات عند الحاجة فقط

وفى هـذه الطريقة غالبًا ما يوجـد حوض مـوازنة واحد يتم السماح بدخول تصرفات مياه الصرف الصحى الخام عنـد الاحتياج فقط، ثم تعود التصرفات للدخول إلى المعالجة المبدئية عند زوال المتغيرات.

٣. طريقة تجميع التصرفات

وهذا النظام يقوم فيه حوض الموازنة باستقبال تصرفات مختلفة المعدلات من عدة مصادر (محطات رفع) ثم يقوم بضخها بانتظام إلى مراحل المعالجة ويفضل فى هذا النظام تطابق مواصفات مياه الصرف الصحى الخام من المصادر المختلفة.

٤. طريقة الخلط لتثبيت التصرفات

وعادة يتم إنشاء حوض المـوازنة فى مدخل المحطة التى لها خط دخول مياه صرف صحى واحد يضخ تصرفات غير منتظمة ومهمة حوض الموازنة فى هذه الحالة هو استقبال كل مياه الصرف الصحى الخام الداخلة وتجميعها ثم ضخها بمعدلات ثابتة إلى داخل مراحل المعالجة.

الفصل الثالث

المعالجة الإبتدائية - أحواض الترسيب الإبتدائي

الفصل الثالث

المعالجة الإبتدائية- أحواض الترسيب الإبتدائي

أهداف التدريب (التعلم):

بإنتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادراً على أن:

١. يشرح المتطلبات التصميمية الأساسية لأحواض الترسيب الابتدائى.
٢. يذكر الأنواع المختلفة من أحواض الترسيب الابتدائى.
٣. يحدد مكونات الحوض وأجزاءه ووظيفة كل جزء.
٤. يحدد المهمات الميكانيكية الأساسية لأحواض الترسيب الابتدائى.
٥. يذكر الظواهر التى يجب ملاحظتها ومراقبتها عند تشغيل أحواض الترسيب الابتدائى.
٦. يستطيع تفسير الظواهر الغير طبيعية التى يراها.
٧. يذكر حلول لمشاكل أحواض الترسيب الابتدائى التى تحدث.
٨. يحدد متطلبات التصميم الأمثل لأحواض الترسيب.
٩. يحدد التشغيل الأمثل لأحواض الترسيب.
١٠. يحدد احتياطات الأمان التى يجب مراعاتها عند العمل حول أحواض الترسيب.
١١. يحدد مشاكل تشغيل أحواض الترسيب الابتدائى وطرق علاجها.

مقدمة

الترسيب الإبتدائي هو مرحلة من مراحل معالجة مياه الصرف الصحي الهامة، وتهدف هذه المرحلة إلى إزالة المواد الصلبة العالقة القابلة للترسيب والمواد الصلبة القابلة للطفو وذلك بحفظ مياه الصرف الصحي فى حالة هدوء لفترة من ١ إلى ٤ ساعات، حيث تتمكن جزيئات المواد القابلة للترسيب من النزول إلى القاع والمواد الخفيفة الوزن من الطفو إلى السطح، وبذلك يمكن التحكم فى جمعها وإزالتها تاركة مياه الصرف الصحي رائقة نسبياً من غالبية المواد غير العضوية والقليل من المواد العضوية التى تحتويها.

وتستقبل أحواض الترسيب الإبتدائي المياه بعد خروجها من مرحلة المعالجة الأولية أي بعد مرورها من المصافى لحجز المواد كبيرة الحجم ثم مرورها بأحواض حجز الرمال لحجز المواد ثقيلة الوزن مثل الرمال والحصى. ويوضح الشكل (٣-١) مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي كما يوضح الشكل رقم (٣-٢) موقع أحواض الترسيب الإبتدائي بمحطة المعالجة.

مراحل عملية معالجة مياه الصرف الصحي

المصافي: مهمتها إزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم.

فاصل الرمال: يتم فيه إزالة المواد الصلبة ثقيلة الـوزن مثل الرمل وكذلك إزالة الزيوت والشحوم علي أن لا تزيد سرعة المياه فيـه عـن ٠.٣م/ ث.

التهوية الأولية: ويتم فيها إضافة الهواء للمساعدة علـى فصل الزيوت والشحوم وزيـادة تركيـز الأكسجين بالمياه

قياس التدفق: لحسـاب الأحمـال والكفـاءة لعمليـات المعالجة وكذلك تحديد معدلات الضـخ، الكلور، تشغيل الهويات ...الخ.

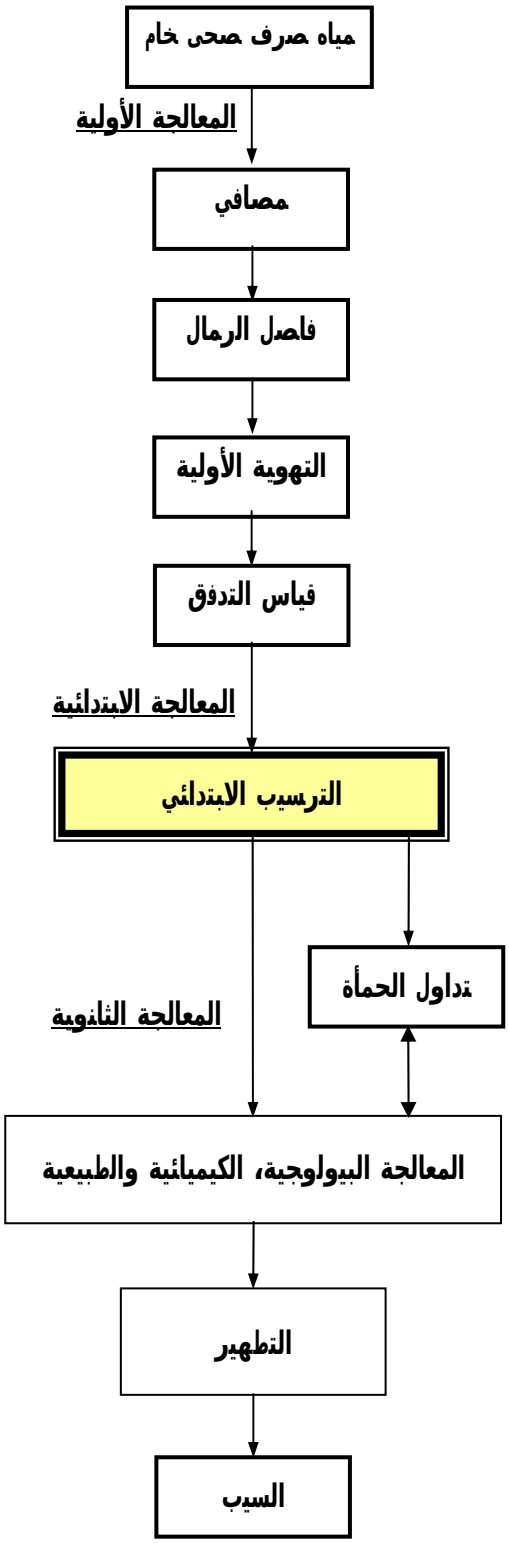
الترسيب الابتدائي: يتم فيها تقليل سـرعة الميـاه إلـى ٠.٠٠٥ : ٠.٠١ م/ ث ليسـمح بترسيب المـواد الصـلبة القابلـة للترسيب الي قاع الخـزان وكـذلك إزالة المواد الطافية.

المعالجة الثانوية: تتكون من المرشـحات الزلطيـة أو أحواض التهوية مع أحواض الترسيب النهائي ويتم فيها المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وإزالـة مـن ٧٠-٨٥% من المواد العضوية.

التطهير: يتم فيه إضافة الكلور للتخلص من الكائنـات الحية الدقيقة المسببة للأمراض علي أن تتبقـي كمية من الكلور في الماء الخارج.

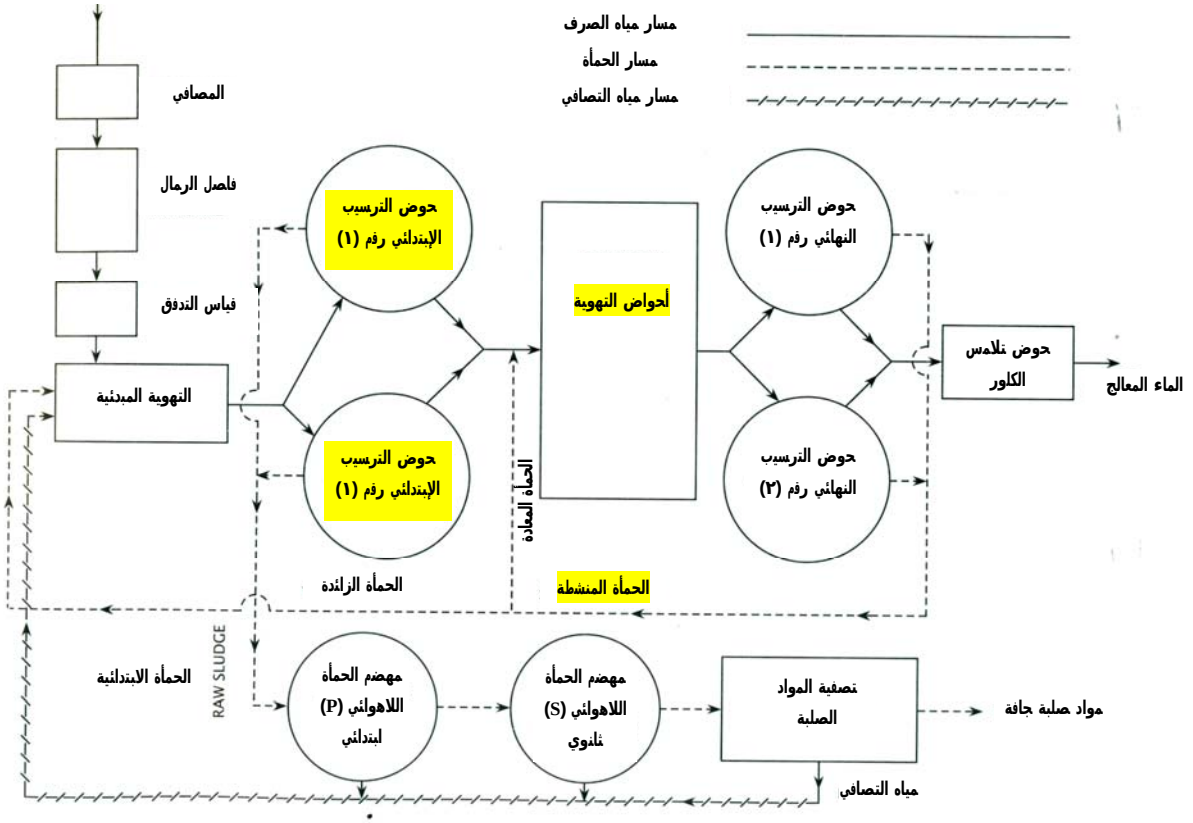
تداول الحمأة: يتم استقبال الحمأة الإبتدائية والزائدة ليـتم تركيزها وتجفيفها ومعالجتهـا تمهيـدا لإعادة استخدامها

ملاحظة: تختلف مراحل المعالجة طبقا لتكنولوجيا التنقية



شكل رقم (٣-١)

مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي



شكل رقم (٣-٢)

موقع أحواض الترسيب الإبتدائي بمحطة المعالجة

المتطلبات الأساسية لأحواض الترسيب الابتـدائى

عند إنشاء أحواض الترسيب الابتدائى فإنه يجب أن تستوفى الشروط التالية:

١. أن تكون السرعة بها بطيئة فى حدود تسمح للمواد الصلبة القابلة للترسيب أن ترسب والمواد الصلبة القابلة للطفو أن تطفو.
٢. أن تكون مدة البقاء الفعلية كافية لرسوب المواد العالقة إلى قاع الحوض قبل وصول المياه إإلى هدار الخروج، مع مراعاة ألا تكون مدة البقاء زائدة لدرجة تسبب تعفن مياه الصرف الصحي بالحوض.
٣. أن تكون مدة البقاء الفعلية أقرب إلى مدة البقاء النظرية اللازمة.
٤. ألا يسمح للخبث الطافي بالخروج مع السيب الخارج من الحوض.
٥. عدم السماح بأى حركة فى قاع الحوض تثير الحمأة المترسبة به.
٦. أن يتم اختيار نوع الحوض ليناسب تربة الموقع وظروفه ونوع وكمية مياه الصرف الصحي المطلوب معالجتها بحيث تكون أقل الأنواع فى

تكلفة إنشائها وتشغيلها وصيانتها مع الحصول على نسبة الترسيب المطلوبة.

أنـواع أحـواض الترسيب الابتدائي

توجد أنواع عديدة من أحواض الترسيب، ويتوقف اختيـار أى منها على عدة عوامل منها حجم التصرف المطلوب معالجته وطبوغرافية موقع أعمال المعالجة ونوع التربة التي ستنشأ فيها محطة المعالجة مع مراعاة الناحيتين الفنية والإقتصادية، ويمكن تقسيم أحواض الترسيب من حيث:

- اتجاه سير المياه إلى: (رأسى – أفقى - دائرى).
- شكل الحوض إلى: (مستطيل – مربع – دائرى).
- طريقة سحب الحمأة إلى: (يدوى – ميكانيكى – بضغط المياه).
- مناسيب قاع الحوض إلى: (أفقى – بميل بسيط – هرمى شديد الميل).

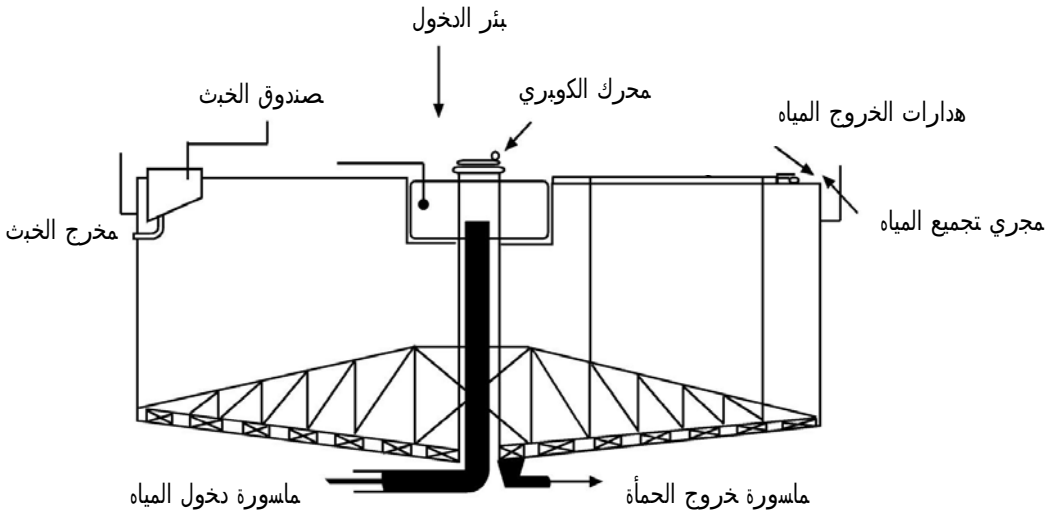
أحواض الترسيب الإبتدائي الدائرية

هي أحواض ذات قطاع دائري الشكل يتم تصميمها بدقة لتُؤدي الغرض منها في منظومة المعالجة وهو السماح للمواد القابلة للترسيب أن ترسب وللمواد القابلة للطفو أن تطفو ثم يتم إزالتهما من المياه باستخدام كوبري له كاسحة سفلية وكاشطة علوية، وحوض الترسيب الإبتدائي الدائري يتكون بصفة رئيسية من الوحدات الآتية والمبينة بالصورة رقم (٣-١)، والشكل رقم (٣-٤).

بئر الدخول المركزى

هو عبارة عن اسطوانة مفرغة من الداخل مصنوعة من الخرسانة أو من المعدن موجود فى النصف العلوى من حوض الترسيب الدائرى، وتمر رأسياً فى هذه الاسطوانة من قاع الحوض ماسورة من الزهر تدخل عن طريقها مياه الصرف الصحى بعد معالجتها أولياً. ويوجد ببئر الدخول الاسطوانى هذا فتحات على محيطه تمر منها المياه لتنتشر فى حوض الترسيب بهدوء وانتظام وتبقى فيه "مدة المكث" التصميمية.

ويتم حفظ المياه شبه ساكنة لمدة حوالى ١.٥ - ٣ ساعات حيث يسمح للجزيئات التي كثافتها أكبر من كثافة الماء بالرسوب إلى القاع وجزيئات المواد التى كثافتها أقل من كثافة الماء بالطفو على السطح مكونة ما يعرف بالخبث.



صورة رقم (٣-٤)

قطاع فى حوض ترسيب ابتدائى دائري

صورة رقم (٣-١)

مكونات حوض الترسيب الدائري

مخرج المياه الرائقة:

تخرج المياه عبر هدار مثبت على القطر الداخلى لقناة تجميع المياه ثم تخرج من خلال فتحة الخروج، والهدار يجب أن يكون مصنوعًا من الصلب الذي لا يصدأ وأن يكون علي منسوب أفقى واحد حتى لا تسمح الأجزاء المنخفضة منه بخروج الماء دون أن يمكث المدة المطلوبة ويخرج فى هذه الحالة عكراً، فى الوقت الذى يمكث الجزء الآخر من الماء الملامس للمنطقة الأعلى مدة أطول من اللازم فتنشط البكتيريا اللاهوائية مسببة عفونة وبالتالى تقل كفاءة تشغيل حـوض الترسيب، وتسمـى هـذه الظاهـرة قصر دائرة "Short Circuiting" ويتم ضبط منسوب الهدار بالتساوى باستخدام ميزان المياه مع الاستعانة بمسامير التثبيت التى تضبط أفقية منسوب الهدار على طول محيط الهدار ويوضح صورة رقم (٣-٢) هدار حوض الترسيب.

الكوبري

يتم تصميم كباري أحواض الترسيب الدائرية على شكل الكباري الفعلية، ويختلف طول الكوبري فقد يكون طوله بكامل الحوض أو ثلاث أرباع أو نصف الحوض ويلحق بالكوبري منظومة ميكانيكية تشمل زحافة الحمأة وكاشطة الخبث الطافي كما يوضح ذلك صورة رقم (٣-٣)، ويتحرك الكوبري باستمرار على محور في منتصف الحوض بواسطة محرك كهربي قد يكون في منتصف الحوض أو على المحيط الخارجي والكوبري له عجلة أو أكثر بإطار من المطاط تتحرك على المسار الخرساني الخارجي للحوض، ويدور الكوبري باستمرار بسرعة بطيئة بما يتضمنه من زحافة الحمأة وكاشطة الخبث الطافي.

صورة رقم (٣-٢)
صندوق الخبث الطافي في حوض الترسيب الابتدائي

صورة رقم (٣-٣)
كوبري حوض ترسيب ابتدائي دائري

زحافة (كاسحة) الحمأة:

تتم إزاحة وتوجيه المواد الصلبة التي تترسب فى قاع الحوض بهدوء إلى حجرة التجميع الموجودة فى منتصف الحوض بواسطة الزحافة من خلال الميل الموجود بقاع الحوض، وتتحرك هذه الزحافة مع حركة الكوبري بسرعة بطيئة (من متر إلى مترين فى الدقيقة) وذلك حتى لا تحدث إثارة أو خلخلة للمادة المترسبة، ويثبت على الزحافة شريحة من الكاوتش ملامسة للأرضية وفي أغلب التصميمات تكون الزحافة مزودة بعدد من العجلات صغيرة الأقطار بهدف تسهيل حركة الزحافة على أرضية الحوض.

مخرج الحمأة الابتدائية:

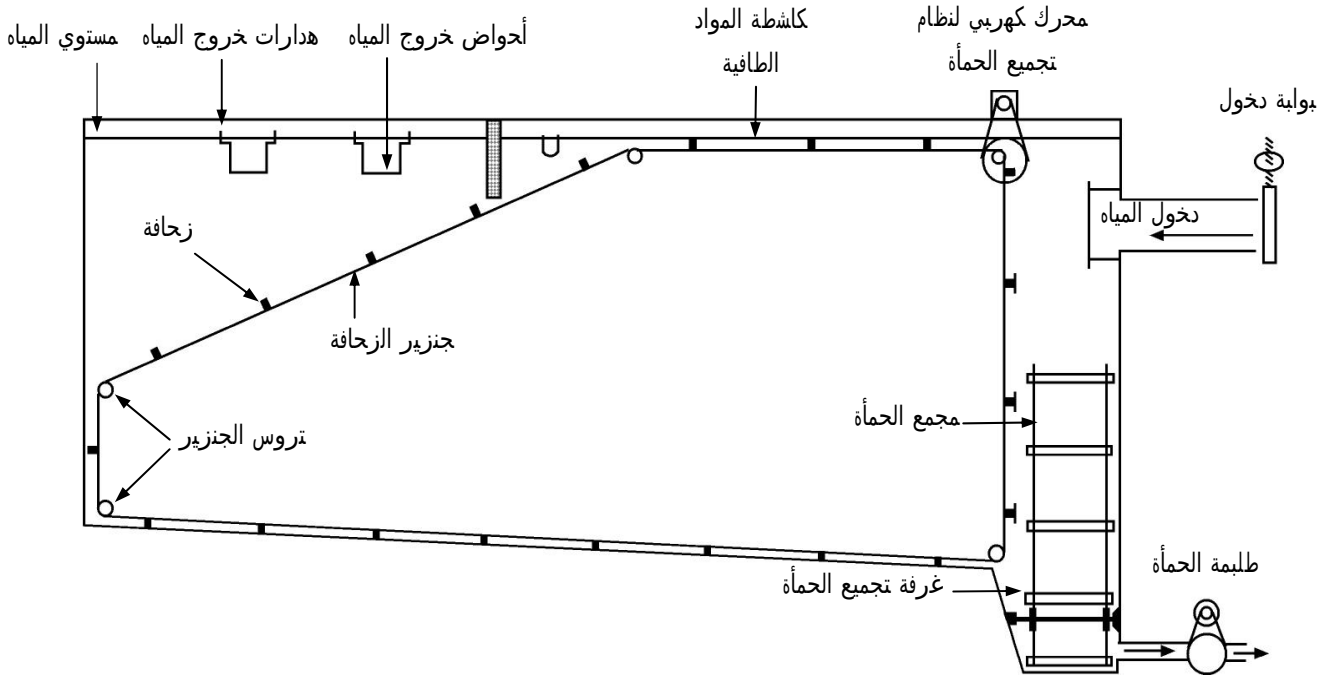
تخرج المواد الصلبة التي ترسبت في بئر التجميع الموجود فى قاع الحوض من خلال ماسورة يتم التحكم فيها بواسطة صمام يكون غالباً من النوع التلسكوبي الذي يمكن تشغيله يدويا أو آليا بمحرك كهربي أو بإستخدام ضغط الهواء ويتم التحكم في تشغيله باستخدام منظم للوقت (تايمر)، وتسمى الرواسب الخارجة من الحوض الإبتدائي بالحمأة الابتدائية.

كاشطة الخبث الطافي:

يتم إزاحة المواد الطافية على سطح المياه بحوض الترسيب بواسطة كاشطة مثبتة مع الكوبري وملامسة لسطح الماء، والكاشطة مثبت على حافتها الملامسة للماء شريحة مطاطية، عند دوران الكوبري تقوم الكاشطة بإزاحة الخبث الطافي المتصاعد إلى سطح الماء وتوجيهه إلى صندوق الخبث حيث يتم خروجه من أسفل الصندوق عبر ماسورة إلى بئر تجميع مستقل خارج حوض الترسيب ثم إلى منطقة التخلص النهائي

أحـواض الترسيب الإبتدائي المستطيلة

يوضح الشكل رقم (٣-٣) قطاع في حوض ترسيب مستطيل الشكل وموضح عليه العناصر التي يتكون من منها الحوض وملحقاته.



شكل رقم (٣-٣)

قطاع في حوض ترسيب ابتدائي مستطيل الشكل

المتطلبات التصميمية لأحواض الترسيب الابتدائى

سـ وف يتم تحديد الأسس التصميمية لأحواض الترسيب الابتدائى طبقا لنوع الحوض دائريا أم مستطيلا كما هو موضح فيما يلى:

أسس التصميم:

الأحواض المستطيلة	
العمق الجانبى للمياه	٣ – ٥ متر
الطول لا يزيد عن	٤٠ متر
العرض	٦ – ١٢ متر
الطول : العرض	٣ : ١ – ٥ : ١
ميل الأرضية (لقاع الحوض)	١ : ٤٠ أو ١ : ٥٠
مدة المكث	
ترسيب ابتدائى تعقبه مرشحات زلط	١.٥ – ٣ ساعة
ترسيب ابتدائى تعقبه أحواض تنشيط حمأة	١ – ١.٥ ساعة
ترسيب ابتدائى بدون معالجة ثانوية	٣ – ٤ ساعة
معدل التحميل السطحى	
أحواض ترسيب ابتدائى لا يعقبها معالجة ثانوية	١ – ١.٣٣ م / ساعة
أحواض ترسيب ابتدائى يعقبها مرشحات بيولوجية	١ – ٢.٠ م / ساعة
أحواض ترسيب ابتدائى يعقبها أحواض تهوية	١ – ١.٥ م / ساعة
معدل التحميل السطحى = $\frac{\text{عمق المياه}}{\text{مدة المكث}}$ م / ساعة	

الأحواض المستديرة	
العمق	٢.٥ – ٤ متر
القطر	لا يزيد عن ٤٠ متر
ميل القاع	١ : ١٠ – ١ : ١٥
معدل التحميل السطحى	كما فى المستطيل
مدة المكث	كما فى المستطيل
معدل التحميل على هدار المخرج	١٥٠ – ٦٠٠ م^3/ م/ يوم

مثال

التدفق الوارد لحوض الترسيب هو ١٠٠٠٠ م٣/ يوم وأبعاد هذا الحوض هى ٢٠ م طول و١٠ م عرض و ٣ م عمق احسب زمن المكث.

$$\text{زمن المكث} = \frac{\text{حجم الحوض} \times ٢٤}{\text{التدفق}}$$

حجم الحوض = الطول × العرض × العمق

= ٢٠ × ١٠ × ٣ = ٦٠٠ م٣

$$\text{زمن المكث} = \frac{٦٠٠ \text{ م}^٣ \times ٢٤}{١٠٠٠٠} = ١.٤٤ \text{ ساعة}$$

إجـراءات التشغيل والصيانة لأحواض الترسيب الابتدائى

إجراءات ما قبل التشغيل:

١. **الفحص**: ابدأ بإجراءات الفحص الروتينية اليومية بالنظر والسمع وتأكد من عدم وجد أي خلل بالمنظومة.
٢. **النظافة**: استخدم المياه المضغوطة في تنظيف الحوض والمنطقة عموما من أية تراكمات أو شحوم أو أية مواد أخري علي المشايات والدرابزين وكل الأجزاء الأخري المعرضة للهواء.
٣. **التشحيم**: شحم كل الأجزاء المتحركة طبقا لتعليمات الشركات المُصنعة وتأكد من مستوي الزيت في صندوق التروس لموتور الكوبري.
٤. **الصيانة الوقائية**: اتبع تعليمات الشركة المُصنعة لمعدات الحوض.
٥. قبل فتح صمام دخول المياه إلى حوض الترسيب الإبتدائي، تأكد من أن الحوض نظيف والأرضية خالية من أية مخلفات.
٦. تأكد من إتمام أعمال الصيانة الوقائية لعناصر الكوبرى من تشحيم وتغيير زيوت للمحرك والعجل والصمامات.
٧. اكشف على فتحات دخول المياه وخروجها وفتحة خروج الخبث الطافي والحمأة وتأكد من أن جميع الفتحات نظيفة وخالية من أية عوائق.

٨. افحص ملحقات الكوبري مثل زحافة الحمأة وكاشطة الخبث، وتأكد أن الشرائح المطاطية سليمة ومثبتة جيداً وملاصقة للأرضية وأن عجل الزحافة سليم.
٩. افحص ظاهريًا لوحة التشغيل الكهربي، وتأكد من أن جميع التوصيلات سليمة قبل توصيل التيار الكهربى.
١٠. قم بتشغيل الكوبري وراقب حركة دورانه خلال ثلاث دورات كاملة ومدى مرونة الحركة، وتأكد من عدم وجود أى اهتزاز أو ارتجاج أو أصوات غير عادية صادرة منه ثم افصل التيار الكهربى عنه.
١١. افحص وسجل قراءة التيار الكهربى لمحرك الكوبري.

إجراءات التشغيل العادى

١. افتح صمام دخول المياه إلى حوض الترسيب.
٢. عندما يصل مستوى المياه إلى منتصف الحوض قم بتشغيل الكوبرى.
٣. بعد حوالي ثمانية ساعات من بدء التشغيل ابدأ فى أخذ عينات من المياه الداخلة والخارجة من حوض الترسيب لحساب كفاءة الحوض فى إزالة المواد الصلبة القابلة للترسيب.
٤. ابدأ مهمة سحب الحمأة الإبتدائية المترسبة بقاع حوض الترسيب بصفة دورية. وتأكد أن تركيز الحمأة طبقاً لما ورد في المواصفات التصميمية الخاصة بالمحطة أن تصريف الحمأة وهى فى تركيز أقل يزيد من تكلفة التشغيل، وكذلك إذا تم سحب الحمأة عند تركيز أكبر يسبب بعض المشاكل منها زيادة الحمل على الزحافة، وكذلك تحلل الحمأة المترسبة بالقاع لاهوائياً وتعفنها.
٥. لا تسحب الحمأة من حوض الترسيب باستخدام المحبس السريع.
٦. إذا كانت عملية سحب الحمأة من حوض الترسيب تتم بالطريقة الآلية فتأكد أن المنظومة الآلية تعمل بطريقة صحيحة وفى مواعيدها.
٧. إذا كانت عملية سحب الحمأة من حوض الترسيب تتم بطريقة يدوية فيجب أن تلتزم بمواعيد فتح صمامات السحب وغلقها على مدار اليوم كله.

٨. راقب شكل الحمأة المسحوبة ورائحتها وتأكد أنها ليست فى حالة تعفن.
٩. تأكد أن المياه بحوض الترسيب الابتدائى خالية من قطع الحمأة الطافية ولا تنتشر عليها الغازات.
١٠. عند ملاحظة أى ظاهرة غير عادية قم بإبلاغ رئيسك لاتخاذ ما يلزم.
١١. سجل البيانات وملاحظاتك فى السجل الخاص بأحواض الترسيب الابتدائى. جدول رقم (٣-١).

إجراءات الإيقاف العادى

فى حالة إخراج أحد الأحواض من الخدمة لإجراء عملية الصيانة الروتينية السنوية أو التصحيحية خلال الفترات التى يقل فيها التدفق، فإنه يجب اتباع ما يلي:

١. أغلق بوابة الدخول تمهيدا لإيقاف الحوض.
٢. اسحب الحمأة المتبقية بالحوض.
٣. قم بصرف مياه الحوض إلي المدخل أو إلي الأحواض الأخرى بواسطة خط التصفية أو باستخدام طلمبة غاطسة.
٤. اغسل الحوائط والأرضيات وباقي المعدات داخل الحوض بإستخدام خرطوم مياه أثناء أعمال التصفية حتى يتم التخلص من مياه الغسيل مع مياه التصفية.
٥. نفذ الصيانات البسيطة مثل التشحيم والتزييت.
٦. أعد طلاء الأجزاء المعدنية بمادة إيبوكسية مقاومة لمياه الصرف الصحى.

الملاحظـة البصـرية لحـوض الترسـيـب الإبتدائى أثناء التشغيل

تعد المراقبة البصرية لحوض الترسيب الإبتـدائي من أهم عوامل التشـغيل الناجح حيث أن المراقبة الجـيدة هى إحدى أهم وسائـل التحكم فى عمليات التشغيل، ويجب مراقبة حوض الترسيب الإبتدائي لملاحظة أية مواد غريبـة أو ظواهر غير عادية قد تتواجد على سطح المياه والتأكد من ملائمة ظروف التشغيل ومرونتها، وتوضح النقاط التالية ما يجـب مراقبتـه فـى حـوض الترسيب الابتدائي:

١. وجود مواد طافية بكميات كبيرة جداً على سطح المياه بالحوض.
٢. وجود كميات من الزيوت والشحوم طافية فوق سطح الحوض.
٣. هل لون المياه داخل الحوض ذو عكارة عالية لوجود مواد عالقة لم تترسب؟
٤. هل تنبعث من الحوض رائحة كريهة جداً؟
٥. هل تتصاعد بعض الغازات من الحوض حاملة معها بعض الرواسب من القاع؟
٦. هل كاشطة الخبث تعمل جيداً ويزيل الخبث الطافي أم لا؟
٧. هل الماء الخارج من حوض الترسيب رائق نسبياً أم لا؟
٨. هل زحافة الحمأة تعمل جيداً أم لا؟
٩. هل فتحات دخول وخروج المياه والهدار نظيفة وخالية من أية تراكمات؟

مشاكل التشغيل فى أحـواض الترسيب

يتم داخل حوض الترسيب التخلص من المواد الصلبة العالقة القابـلة للترسيب والمواد الصلبة القابلة للطفو وذلك بحفظ مياه الصرف الصحي فى حالة هدوء لفترة من ١ إلى ٤ ساعات طبقًا للتصميم وذلك لإتاحة الفرصة لترسب الجزيئات وبذلك يمكن جمعها وإزالتها بواسطة زحافة الحمأة كما تقوم الكاشطة فى نفس الوقت بإزاحة الخبث تاركة مياه الصرف الصحي رائقةً نسبياً من غالبية المواد الصلبة غير العضوية التى تحتويها.

أما مشاكل التشغيل فى أحواض الترسيب الإبتدائي فيمكن تحديدها فيما يلى:

١. انخفاض نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة من حوض الترسيب الإبتدائي.
٢. طفو أجزاء من الحمأة على سطح المياه بالأحواض نتيجة تراكمها فى القاع.

تحديد مشاكل التشغيل وطريقة علاجها:

مشكلة (١): خروج بعض المواد الطافية مع المياه الخارجة من حوض الترسيب الإبتدائي.

السبب: كاشطة الخبث لا تعمل جيداً أو عاطلة عن العمل.

الحل: البدء فوراً في إزالة المواد الطافية (الخبث) يدوياً وإبلاغ طاقم الصيانة لإصلاح كاشطة الخبث، وإعادة تشغيلها.

مشكلة (٢): خروج كثير من المواد العالقة مع المياه الخارجة من حوض الترسيب الإبتدائي.

السبب: مدة بقاء المياه فى الحوض أقل من المدة التصميمية فتخرج بعض المواد الصلبة العالقة قبل أن تُعطى الفرصة للترسيب.

الحل: ضبط مدة بقاء المياه فى الحوض وذلك بالتأكد من كمية المياه الداخلة إليه، مع إدخال حوض ترسيب آخر في الخدمة إن كان ذلك متاحاً.

مشكلة (٣): انخفاض معدل ونسبة إزالة المواد الصلبة من حوض الترسيب الإبتدائي.

السبب:

١. مدة بقاء المياه فى الأحواض غير كافية لإتمام عملية ترسيب المواد الصلبة العالقة.

٢. سمك طبقة الحمأة المترسبة أكبر مما ينبغي فيطفو جزء منها مرة أخرى إلى سطح الحوض مما يظهر فى نهاية الأمر في صورة انخفاض معدل ترسيب المواد الصلبة داخل الحوض.
٣. زيادة تركيز المواد الصلبة العالقة فى مياه الصرف الصحي الخام الداخلة إلى حوض الترسيب.

الحل:

١. ضبط مدة بقاء المياه فى حوض الترسيب الإبتدائي.
٢. التحكم فى عمق طبقة الحمأة ويفضل التحكم الآلي عندما يكون متاحاً وذلك بصرف معدلات أكبر من الحمأة من حوض الترسيب لضبط سمك الحمأة مع مراعاة الأصول السابق ذكرها وعدم استخدام الصمام السريع حيث أنه مخصص فقط لأعمال الصيانة.

قياس كفاءة أحواض الترسيب الابتدائى

تُقاس كفاءة أحواض الترسيب الإبتدائي بمدى قدرتها على إزالة المواد الصلبة العالقة والمواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيا، ولتحديد هذه الكفاءة يتم قياس تركيز كل من المواد الصالبة العالقة والأكسجين الحيوى المطلوب (BOD) لعينات المياه الداخلة لحوض الترسيب وتقاس أيضاً في نفس الوقت لعينات المياه الخارجة من الحوض، وبمقارنة النتيجتين يمكننا حساب نسبة إزالة المواد العالقة وإزالة (BOD) وبالتالى تحديد كفاءة حوض الترسيب، وهذا يتضح من خلال المعادلة التالية:

$$\text{كفاءة عملية إزالة المواد الصلبة العالقة} = \frac{\text{المواد العالقة الداخلة إلى حوض الترسيب} - \text{المواد العالقة الخارجة من حوض الترسيب}}{\text{المواد العالقة الداخلة إلى حوض الترسيب}}$$

كفاءة عملية إزالة الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD) =

الأكسجين الحيوى المطلوب الداخل لحوض الترسيب – الأكسجين الحيوى المطلوب الخارج من حوض الترسيب

الأكسجين الحيوى المطلوب الداخل لحوض الترسيب

ويوضح الجدول التالى القيم النموذجية لكفاءة الإزالة للعناصر المختلفة بأحواض الترسيب الابتدائى.

المواد المزالة	كفاءة الإزالة
المواد القابلة للترسيب	٩٥% - ٩٩%
المواد الصلبة	٥٠% - ٧٠%
إجمالي المواد الصلبة	١٠% - ١٥%
الأكسجين الحيوي (BOD)	٢٠% - ٥٠%
البكتريا	٢٥% - ٢٧%

مثال الأكسجين الحيوي (BOD) الداخل لحوض الترسيب الإبتدائي ٢٠٠ ملجم/ لتر والخارج ١٤٠ ملجم/ لتر.

ماهي كفاءة حوض الترسيب الإبتدائي في إزالة الأكسجين الحيوي (BOD)؟

الحل باستخدام المعادلة السابقة فإن:

كفاءة عملية إزالة الأكسجين الحيوي المطلوب (BOD)

$$= \frac{\text{٢٠٠ ملجم/ لتر} - \text{١٤٠ ملجم/ لتر}}{\text{٢٠٠ ملجم/ لتر}}$$

$$= \frac{\text{٦٠ ملجم/ لتر}}{\text{٢٠٠ ملجم/ لتر}} \times ١٠٠\%$$

$$= ٠.٠٣ \times ١٠٠\%$$

= ٣٠% إزالة (BOD)

استراتيجية تشغيل أحواض الترسيب الابتدائى

يتحـدد الغرض من وجود أحواض الترسيب الابتدائـى بمحطة المعالجة هو السمـاح للمواد الصلبة العالقـة القابلة للترسيب أن ترسب، والسمـاح للمواد الصلبة القابلة للطفو أن تطفو.

وتعتبر التصرفات الداخلة إلى المحطة من أكثر العوامل تأثيرًا على أداء حوض الترسيب ويجب على مشغل محطة معالجة مياه الصرف الصحى أن يهتم هنا بحساب ومتابعة كل من معدل التحميل السطحى (Surface Loading) وزمن البقاء (Detention Time) واللذين لهما علاقة مباشرة بمعدل تصرف المياه الداخلة للمعالجة. وفى معظم المحطات نجد أن قيم كل من التحميل السطحى وزمن البقاء تتغير خلال ساعات اليوم طبقًا للاختلاف فى معدل تصرف المياه الداخلة للمحطة والتى تختلف تبعًا لأنشطة المستفيدين والمصانع بمناطق الخدمة.

وعلى الرغم من هذا التذبذب فى القيم فإن معظم أحواض الترسيب تنتج مياهًا ذات نسبة إزالة ثابتة لكل من المواد الصلبة العالقة والأكسجين الحيوى الممتص BOD.

معادلة حساب معدل التحميل السطحى:

$$\text{ساعة} \quad \frac{\text{التصرف الداخل لحوض الترسيب}}{\text{مساحة سطح حوض الترسيب}} =$$

معادلة حساب زمن البقاء:

$$\text{م}^3/\text{م}^2/\text{يوم} \quad \frac{\text{التصرف الداخل لحوض الترسيب}}{\text{مساحة سطح حوض الترسيب}} =$$

وعلى المشغل أن يدرك أن خروج المياه غير مطابقة للمعايير التصميمية من حوض الترسيب الابتدائى يرجع لأحد الأسباب الآتية:

١. أخطاء من القائمين على التشغيل.
٢. قصور فى أداء المعدات الكهروميكانيكية.
٣. زيادة الأحمال الهيدروليكية الفعلية عن التصميمية.

إن مهمة المشغل بسيطة جدًا فيجب عليه المواظبة على إزالة المواد الصلبة المترسبة فى قاع حوض الترسيب (الحمأة) قبل أن تصبح متعفنة أو يتصاعد منها غازات إلى سطح حوض الترسيب.

كذلك يجب على المشغل أن يتأكد من أن المواد الطافية على سطح الحوض (الخبث الطافى) يتم كشطها باستمرار وإزالتها من سطح المياه بالحوض وذلك حتى لا تجد طريقها إلى مراحل المعالجة التالية.

قصور أداء المشغل أو المعدات

يمكن تحديد نواحى القصور التى إذا حدثت فإنها تؤثر على سلامة أداء أحواض الترسيب وتقلل من كفاءة أدائها وذلك لكى تتجنب هذه النواحى السلبية:

١. معدلات سحب الحمأة من حوض الترسيب غير كافية وكذلك الزمن الذى تستمر فيه عملية السحب.
٢. عدم مقدرة المشغل على إدراك مشاكل المعدات الكهروميكانيكية وإهمال صيانتها بالمعدلات المطلوبة.
٣. عدم وجود دراسة كافية لدى المشغل عن معدلات التحميل وعمليات المعالجة، وضعف القدرة على تحليل التقارير الخاصة بما يلى:
   - نتائج تحاليل العينات بالمعمل.
   - معدلات التحميل الخاصة بحوض الترسيب:
     - معدل تصرف المياه الداخلة للمعالجة (م^3/ يوم).
     - زمن البقاء بالحوض (ساعة).
     - معدل التحميل السطحى (م^3/ م^2/ يوم).
     - معدل التحميل على الهدار (م^3/ م/ يوم).
   - عدم إدراك أهمية سرعة إعادة تشغيل المعدات الكهربية عند عودة مصدر الكهرباء بعد توقفها المفاجئ.

أفضل استراتيجية لتشغيل أحواض الترسيب

إن أفضل استراتيجية يتبعها المسئول عن تشغيل أحواض الترسيب الابتدائى هى كما يلى:

- إعداد وتنفيذ برنامج صيانة وقائية للمعدات.
- مراقبة أحوال التشغيل عن قرب.
- الاستجابة لنتائج تحاليل العينات التى تظهر أنك بصدد مشكلة فى تشغيل أحواض الترسيب.

وهنا يجب العلم أن أى مشكلة أخرى ستظهر فإنها عادة تكون نتيجة حدوث أحوال غير عادية.

التشغيل الأمثل لأحواض الترسيب

سوف نوضح هنا إحدى طرق تحقيق التشغيل الأمثل لأحواض الترسيب الابتدائى، إذا كنت مسئولاً عن تشغيل إحدى محطات المعالجة ذات السعات الكبيرة والتى يوجد بها عدد ٤ أحواض ترسيب ابتدائى أو أكثر فإن أداء المحطة يمكن تحسينه ورفع كفاءته وذلك بتحويل التصرفات إلى عدد أكبر من أحواض الترسيب أو أقل حسب الحالة التى تواجهها.

فعلى سبيل المثال فى الفترة من منتصف الليل وحتى السادسة صباحًا حيث تقل التصرفات الواردة إلى المحطة عن متوسط التصرف التصميمى، سيتطلب ذلك تشغيل عدد أقل من أحواض الترسيب الابتدائى وهنا يجب مراعاة الآتى:

- حدد عدد أحواض الترسيب التى يجب أن تكون فى الخدمة.
- احسب زمن البقاء بالحوض حيث أنه لا يجب أن يزيد عن ٣ ساعات ولا يقل عن نصف ساعة.
- تجنب زمن البقاء الزائد فى أحواض الترسيب وذلك لضمان وصول مياه طازجة (غير متعفنة) إلى مرحلة المعالجة البيولوجية الهوائية.

- عند إدخال حوض ترسيب ابتدائى إضافى فى الخدمة أو إخراجه منها يجب اتباع الإجراءات التالية:

١. افتح بوابة الدخول لحوض الترسيب الإضافى.
٢. شغل كوبرى الزحافة والكاسحة وطلمبات الضخ متبعًا إجراءات التشغيل القياسية.
٣. يجب مراعاة سحب الحمأة من قاع الحوض أو الأحواض التى ما زالت بالخدمة وضخ هذه الحمأة إلى حوض التركيز، اهتم بمراقبة تركيز الحمأة وسمك الحمأة وذلك بواسطة حساس قياس السمك إذا كان لديك واحد منها أو بملاحظة صوت طلمبة الضخ.
٤. لاحظ أن كوبرى الزحافة والكاسحة من الممكن تركه فى حالة تشغيل مستمر أو تشغيله على فترات وهذا يتوقف على تقديرك وملاحظتك للحمأة الموجودة بالقاع والخبث الطافى على سطح أحواض الترسيب.
٥. أما عندما تريد إخراج حوض ترسيب من الخدمة فقم بإغلاق بوابة الدخول إليه ثم حول المياه التى كانت تدخل إليه إلى حوض ترسيب آخر.
٦. لاحظ أن الإجراءات المتبعة فى إدخال حوض ترسيب إضافى تفترض أن الحوض الذى سيتم إدخاله فى الخدمة كان قد تم إخراجه من الخدمة منذ أقل من يومين، أيضًا عندما يتم إخراج حوض ترسيب ابتدائى من الخدمة فإنه يفترض أنه سيتم إعادته للخدمة خلال يومين.

<u>الحالات غير العادية</u>

هناك حالات غير طبيعية يمكن أن تتعرض لها محطة المعالجة ولها تأثير على أداء أحواض الترسيب ألا وهى:

- ملوثات سامة صادرة من أحد المصانع.
- حمل هيدروليكى زائد جدًا عن الحمل التصميمى.
- دخول مياه صرف صحى غير طازجة (متعفنة) نتيجة مشاكل موجودة بخطوط المواسير أو توقف محطة الرفع عن العمل.

وفى حالة حدوث حالات غير عادية، فإن مسئول المحطة ليس لديه وسيلة إلا تنفيذ بعض الإجراءات التصحيحية اللازمة لتحسين أداء التشغيل فى حالة الملوثات السامة فإنه يجب تحديد نوعها أولاً ثم يتم معالجتها والتحكم فيها بإضافة المواد الكيميائية المناسبة.

أما مواجهة الحمل الهيدروليكى الزائد عن التصميمى فلعل أحد أنسب الحلول هو حوض الموازنة (فى حالة وجوده) الذى يستقبل هذه التصرفات الزائدة ثم يعاد ضخها إلى مدخل المحطة فى الأوقات المناسبة.

وقد يكون تحول مياه الصرف الصحى إلى الحالة المتعفنة داخل خطوط المواسير بسبب طول المسافة التى تقطعها مياه الصرف الصحى حتى تصل إلى مدخل محطة المعالجة هذا مع ارتفاع درجة الحرارة، وفى هذه الحالة يمكن إضافة الكلور إلى محطة الرفع فتتحسن حالة المياه.

سحب الحمأة والخبث

تسمى الجزيئات التى تترسب فى قاع حوض الترسيب بالحمأة ويجب إزالة الحمأة المتراكمة باستمرار ويتم إنجاز ذلك فى معظم الأحواض بواسطة المعدات الميكانيكية والطلمبات ولا تحتاج الأحواض التى يتم تنظيفها ميكانيكيًا إلى الإيقاف أثناء عملية التنظيف. وإذا لم يتم إزالة الحمأة بانتظام من أحواض الترسيب الابتدائية ستحدث لها حالة عفونة. وتعتمد الفترات التى يجب إزالة الحمأة فيها على عدة شروط كما يمكن تحديد هذه الفترات بالخبرة المكتسبة. ويمكن اكتشاف عفونة الحمأة عند تسبب غازات الحمأة فى جعل كتل كبيرة من الحمأة تطفو على سطح الماء والحمأة المتعفنة تكون بشكل عام لها رائحة قوية وتكون حمضية (ذات رقم هيدروجينى صغير pH).

ويجب سحب الحمأة عندما تكون غليظة القوام بقدر الإمكان، وأن تكون كمية المياه بها أقل ما يمكن. وتؤثر كمية المواد الصلبة فى الحمأة على حجم الحمأة التى يتم ضخها وعلى عملية هضم الحمأة. والحمأة الابتدائية الجيدة قد

تحتوى على نسبة من ٤ إلى ٨ % من المواد الصلبة الجافة ويمكن معرفة ذلك بواسطة اختبار المواد الصلبة الكلية الذى يتم إجراؤه فى المعمل. وتؤثر عدة عوامل على تركيز الحمأة منها: الكثافة النوعية، حجم وشكل الجزيئات، درجة حرارة مياه الصرف الصحى، والتيارات الدوامية فى حوض الترسيب.

ويجب أن يكون معدل إزالة الحمأة بطيئًا لتجنب سحب الكثير من المياه مع الحمأة، كما يجب أخذ عينات من الحمأة باستمرار أثناء سحب الحمأة ويتم فحصها بالنظر لمعرفة كمية المياه بها فإذا وجد أن الحمأة بسيطة ورقيقة يجب التوقف عن الضخ.

ويجب التدريب على معرفة الفرق بين الحمأة الخفيفة والحمأة المركزة (الثقيلة) وهناك العديد من الطرق لتحديد كثافة وتركيز الحمأة أو خفتها بدون إجراء تحاليل معملية باتباع الطرق التالية أو أحدها:

١. صوت طلمبة الحمأة الابتدائية: عادة يكون صوت طلمبة الحمأة مختلفًا إذا كانت الحماة خفيفة عنه إذا كانت الحمأة ثقيلة.
٢. قراءة عداد الضغط: سيكون الضغط أعلى فى جهة الطرد بالطلمبة ويكون التخلخل كبيرًا فى جهة السحب عندما تكون الحمأة غليظة (ثقيلة).
٣. قراءة عداد كثافة الحمأة.
٤. الملاحظة العينية لكمية صغيرة من الحمأة.
٥. استخدام زجاجة بيان على خط الحمأة لملاحظة تدفق الحمأة عند الضخ.

وعند معرفة استخدام المؤشرات التى سبق ذكرها، فإنه يجب مقارنتها باستمرار مع التجارب المعملية. فالتجارب المعملية هى الطريقة الدقيقة الوحيدة لتحديد الكثافة الفعلية، وتعتبر الطريقة التحليلية طريقة بطيئة جدًا للتحكم فى عملية السحب.

أما المواد الصلبة التى تطفو على سطح مياه حوض الترسيب الابتدائى فمن الممكن أن تخرج من الحوض مع المياه المعالجة مما يشكل انخفاضًا فى كفاءة المعالجة بهذه المرحلة لذلك يجب منعها وجمعها وإزالتها من الحوض أولاً بأول.

والمسئول عن إزالة هذا الخبث الطافى هو الكاسحة العلوية وصندوق الخبث ثم تقوم طلمبات الخبث بالتخلص منه بعيدًا أو التخلص منه بالانحدار أو بطريقة يدوية حسب تصميم المحطة. ويجب تكرار فحص حوض الخبث للتأكد من أنه يعمل جيدًا مع تنظيف الصندوق بواسطة الفرشاة والمياه. وعادة يتم التخلص من الخبث بواسطة الحرق أو الدفن فى المدافن الصحية المخصصة لذلك.

وبصفة عامة فإنه يجب الالتزام بالخطوات التالية للحفاظ على بقاء على حوض الترسيب فى العمل بطريقة صحيحة:

١. احتفظ بنظام للسجلات والملفات للرجوع إليها عند الحاجة. ويجب أن يشمل صفحات لكتابة الوصف والتاريخ لجميع الإصلاحات والصيانات الدورية مثل التشحيم. ومن الأشياء الأخرى التى يجب الاحتفاظ بها فى الملف كتيب تعليمات التشغيل، النشرات الدورية، وأسماء وعناوين وتليفونات المصنعين ووكلائهم. وبعض المحطات تحتفظ بهذه البيانات على الحاسب الآلى.
٢. قم دائمًا بتشحيم المعدات طبقاً لتعليمات منتج المعدة مع استخدام نوع الشحم الصحيح مع الحرص على عدم زيادة الشحم عن المقرر.
٣. نظف جميع المعدات والمنشآت بانتظام وقم بإزالة المواد العائمة والطحالب من حاجز الدخول والخروج (Baffles) ومن على هدار خروج المياه مع المحافظة على معدات إزالة الخبث نظيفة ومضبوطة جيدًا حيث يساعد ذلك على منع انبعاث الروائح.

٤. افحص مصدر أى ضوضاء غير عادية، أى تسريبات، عدادات الضـغط والسحب، السيور، الأنظمة الكهربية وأجهـزة الأمـن الصـناعى وقـم بإصلاحها إذا أمكن.
٥. حافظ على منسوب الهدارات، فهذا يمنع حدوث اختصار المسارات التى يقلل من كفاءة حوض الترسيب.

الأمان

عند العمل بمنطقة أحواض الترسيب الإبتدائي فإنه يجب تجنب ما يلي:

١. **الغازات:** تتولد هذه الغازات فى الأماكن المغلقة مثل بيارات التجميع بمحطات الطلمبات أو غرف الحمأة الابتدائية حيث أنها من الأماكن التي تتراكم فيها الغازات السامة، الخانقة أو القابلة للاشتعال في حالة عدم وجود التهوية الكافية ومن أشهر هذه الغازات كبريتيد الهيدروجين، أول وثاني أكسيد الكربون، الميثان.

٢. **السقوط:** يمكن تجنب السقوط إذا تم:
- التأكد من نظافة المشايات من الزيوت والشحوم.
- المشي البطىء وخاصة بالمناطق القريبة من الأحواض والخزانات المفتوحة.
- عدم التسلق أو الجلوس علي الأسوار.
- المحافظة علي وضع سلاسل الأمان حول المناطق المفتوحة.

٣. **الغرق:** لتجنب السقوط والغرق بالحوض فإنه يجب الإلتزام بما يلى:
- وضح درابزينات أو بيان مسارات عند المناطق المفتوحة.
- تغطية البيارات المفتوحة.
- توفير أطواق النجاة والحبال لسحب أي فرد سقط في الحوض، ويجب أن توجد هذه المعدات في متناول اليد (توضع فوق الحوض).
- استخدم سترات النجاة عند العمل قريبا من سطح المياه بالحوض.

٤. **الصدمات الكهربية:** لتجنب الصدمات الكهربية فإنه يجب الإلتزام بما يلى:

- عدم استخدام المياه في نظافة لوحات الكهرباء، المحركات أو أي معدات كهربية.
- استخدام حصيرة (مشاية) كاوتش أمام اللوحات الكهربية.
- عدم التعامل مع المعدات الكهربية إلا إذا كنت مؤهل لذلك.

سجلات التشغيل يوضح الجدول رقم (٣-١) نموذج من سجلات التشغيل لاحواض الترسيب الإبتدائي التى يمكن استخدامها بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي.

جدول رقم (٣-١)
سجل تشغيل أحواض الترسيب الابتدائي

العمالة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة

رقم الحوض	حالة الكويري			حالة بلوف سحب الحمأة (التلسكوبي)			حالة بلوف سحب الحمأة (السريع)		
	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة
١									
٢									
٣									
٤									
٥									
٦									
٧									
٨									
٩									
١٠									
١١									
١٢									

ملاحظات الوردية الأولى	ملاحظات الوردية الثانية	ملاحظات الوردية الثالثة
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
التوقيع	التوقيع	التوقيع

ملاحظات

.....

.....

توقيع

الفصل الرابع

المعالجة الثانوية

الفصل الرابع

المعالجة الثانوية

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادراً على أن:

١. يشرح الغرض من أعمال المعالجة الثانوية والفرق بينها وبين المعالجة الابتدائية.
٢. يذكر الطرق المختلة لأنواع المعالجة البيولوجية ذات النمو الملتصق والنمو المعلق وبحيرات الأكسدة.
٣. يحدد موقع وترتيب خطوات المعالجة الثانوية على مخطط مراحل عمليات معالجة الصرف الصحى.
٤. يذكر المكونات الرئيسية للمرشحات الزلطية والغرض من كل جزء وأساسيات تشغيل المرشح.
٥. يعدد أنواع المرشحات الزلطية طبقاً للأحمال الهيدروليكية والأحمال العضوية.
٦. يذكر المتطلبات التصميمية الأساسية لطرق المرشحات (النمو الملتصق).
٧. يذكر مزايا وعيوب المعالجة باستخدام المرشحات الزلطية.
٨. يشرح طريقة المعالجة باستخدام الاقراص البيولوجية الدواره وأجزاء القرص الدوار وعملية تشغيله ومميزاته.
٩. يشرح طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية وأن يرسم مخطط يبين تتابع العمليات بها.
١٠. يذكر الطرق المختلفة لتعديلات تصميمات طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة.
١١. يذكر مزايا وعيوب المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة.

١٢. يشرح نظرية تشغيل بحيرات الأكسدة وأنواعها المختلفة ومزاياها وعيوبها.
١٣. يذكر المتطلبات التصميمية الأساسية لطرق الحمأة المنشطة (النمو المعلق).
١٤. يذكر المتطلبات التصميمية الأساسية لأحواض الترسيب النهائى.
١٥. يذكر المتطلبات التصميمية الأساسية لطرق برك الأكسدة.

مقدمـــــة

الغرض من أعمال المعالجة الثانوية (البيولوجية) هو تحويل المواد العضـــوية الصلبة العالقة التى لم ترسب فى أحواض الترسيب الابتدائى، وكـــذلك جـــزء كبير من المواد العضوية الذائبة إلى مواد ثابتة عالقة يمكن ترســـيبها، وذلـــك عن طريق تهيئة الظروف المناسبة للبكتيريا الهوائية وغيرها مـــن الكائنـــات الحية الدقيقة التى تعتمد على الأكسجين فى حياتها؛ مما يـــؤدى إلـــى أكســـدة وتثبيت هذه المواد العضوية. ولذلك سميت هذه المعالجة بالمعالجة البيولوجية نظراً لاعتمادها على نشاط الكائنات الحية.

والمقصود بعملية أكسدة المواد العضوية هو تحويلها الـــي غـــازات (أغلبهـــا يحتوى على أكسجين، مثل ثاني أكســـيد الكربـــون والنيتـــرات– Co_2, No_3)، بالإضافة إلى الماء، ونظراً لأن هذه المواد تحتوى على كربـــون وأكســـجين ونيتروجين وهيدروجين (C, O, N & H) فإن البكتيريا تتغذى عليها فتتكـــاثر وتؤكسدها، أما مخلفات عملية الاكسدة فتتحول إلى قشور تلتصق بها البكتريا وتصبح حمأة قابلة للترسيب فى أحواض الترسيب النهائى، وتســـمي الحمـــأة المرسبة بالحمأة النشطة لأن أعداد البكتريا فيها تكون كبيرة والغذاء المتـــاح أمامها قليل فتصبح شرهة ونشطة، ويوضح الشكل رقم (٤-١) مراحل عملية المعالجة.

المعالجة البيولوجية تنقسم طريقة المعالجة البيولوجية من حيث نمو الكائنات الحية الدقيقـــة إلـــى نوعين رئيسيين هما النمو الملتصق والنمو المعلق.

أولاً: المعالجة بالنمو الملتصق هـــى عمليـــة المعالجة لمياه الصرف الصحى والتى تتم فيها أكسدة المـــواد العضوية العالقة والذائبة بفعل الكائنات الحية الدقيقة التـــى تكـــون ملتصـــقة بوسط ثابت خامل مثل البلاستيك أو الزلط، وسنتناول بالشـــرح فيمـــا يلـــى نموذجين للمعالجة بهذه الطريقة وهما المرشحات البيولوجيـــة، والأقـــراص البيولوجية الدوارة.

مراحل عملية معالجة مياه الصرف الصحي

المصافي: مهمتها إزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم.

فاصل الرمال: يتم فيه إزالة المواد الصلبة الثقيلة الوزن مثل الرمل وكذلك إزالة الزيوت والشحوم ولا تزيد سرعة المياه فيه عن ٠.٣م/ ث.

التهوية الأولية: ويتم فيها إضافة الهواء للمساعدة على فصل الزيوت والشحوم وزيادة تركيز الأوكسجين بالمياه.

قياس التدفق: لحساب الأحمال والكفاءة لعمليات المعالجة وكذلك تحديد معدلات الضخ، الكلور، تشغيل الهويات ...الخ .

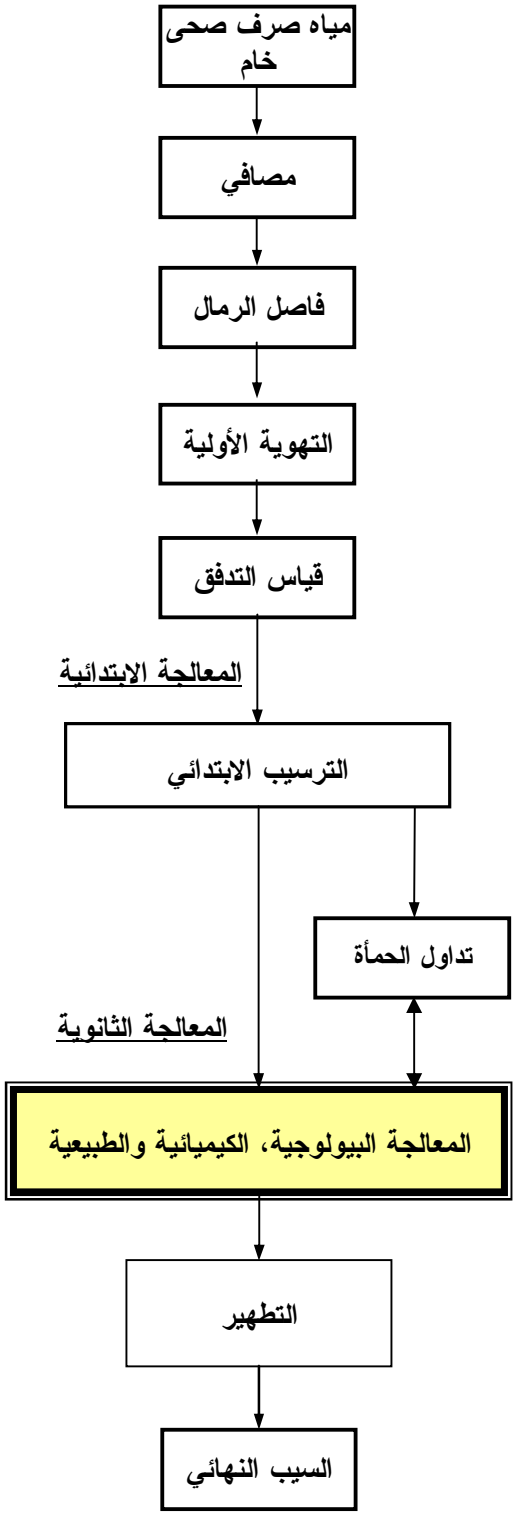
الترسيب الابتدائي: يتم فيها تقليل سرعة المياه إلى ٠.٠٠٥ : ٠.٠١ م/ ث ليسمح بترسيب المواد الصلبة القابلة للترسيب الي قاع الخزان وكذلك إزالة المواد الطافية.

المعالجة الثانوية: تتكون من المرشحات الزلطية أو أحواض التهوية مع أحواض الترسيب النهائي ويتم فيها المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وإزالة من ٧٠-٨٥% من المواد العضوية.

التطهير: يتم فيه إضافة الكلور للتخلص من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض علي أن تتبقي كمية من الكلور في الماء الخارج.

تداول الحمأة: يتم استقبال الحمأة الإبتدائية والزائدة ليتم تركيزها وتجفيفها ومعالجتها تمهيدا لإعادة استخدامها

ملاحظة: تختلف مراحل المعالجة طبقا لتكنولوجيا التنقية



شكل رقم (٤ - ١)

مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي

١. المعالجة باستخدام المرشحات البيولوجية (Trickling Filters)

معالجة المياه الملوثة بإستخدام المرشحات الزلطية هى عملية تقليدية، ولكنها تستخدم على نطاق واسع فى جميع أنحاء العالم نظـراً لسـهولة تشـغيلها، والنتائج الجيدة التى يمكن الحصول عليها، بالإضافة إلى قدرتها على معالجة مياه الصرف الصحى الشديدة التلوث. كما تزيل المرشحات الزلطية المـواد الصلبة العضوية العالقة والذائبة من مياه الصرف الصحى وتعـرف طريقـة المعالجة باستخدام المرشحات الزلطية بطريقة المعالجة بالنمو الملتصق.

وتتلخص هذه الطريقة في رش المياه الخارجـة مـن أحـواض الترسـيب الابتدائى على الوسط الترشيحي وذلك في وجود الأكسجين والبكتريا الهوائية. وتقوم البكتريا الهوائية والكائنات الدقيقة الأخـرى مثـل الـ Fungi والـ Protozoa بعملية الأكسدة للمواد العضوية الموجودة فى مياه الصـرف فـي الخطوتين الآتيتين:

أ- تجميع المواد الصلبة الموجودة فى مياه الصرف الصـحى مـع نمـو الكائنات الحية الدقيقة والتى تعتمـد في نموهـا على التغذيـة مـن مكونات مياه الصرف الصحى. حيث يقوم نوع معين مـن البكتريـا- Nitrifying Bacteria – بأكسدة المواد النتروجينية الموجودة فـى ميـاه الصرف.

ب- يتم تنظيف المرشح الزلطى بواسطة أنواع معينة من الكائنـات الحيـة الدقيقة تسمـى الـ Protozoa تقوم بإلتهام الطبقة الرقيقة التى تغلـف الوسط الترشيحي والتي تحتوى على مـواد عضـوية تتأكسـد بفعـل البكتريا إلى غازات وماء مما يؤدى إلى تكسير هذه الطبقة وخروجهـا مع المياه الخارجة من المرشحات الزلطية.

وقد تم إنشاء أول محطة لمعالجة مياه الصرف تعمل بهذه الطريقة قبـل نهاية القرن الثامن عشر.

المكونات الرئيسية للمرشحات الزلطية

يتكون المرشح الزلطي من العناصر الرئيسية التالية:

- الوسط الترشيحي ويحيط به حائط دائري يتم إنشاؤه فوق قاعدة دائرية من الخرسانة المسلحة. وتصنع الحوائط الدائرية للمرشحات من الطوب أو من الحجر أو من الخرسانة. ويجب أن تتحمل الحوائط الإجهادات الجانبية والأحمال المختلفة وظروف التشغيل المختلفة، والغرض من الوسط الترشيحي هو العمل كوسط خامل لتجميع البكتريا الهوائية والمواد العضوية الموجودة فى مياه الصرف على سطحه، حيث تتم عملية الأكسدة. ويحتوى الوسط الترشيحي على فراغات بين حبيباته لتسهيل عملية دخول وخروج الهواء من المرشح الزلطى. ونتيجة لعملية أكسدة المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف فإن حرارة الهواء الموجود بين فراغات الوسط الترشيحي تزداد مما يقلل كثافة الهواء وبالتالي يتحرك الهواء إلى أعلى فيحل محله هواء بارد؛ وبالتالي تتم عملية تهوية المرشح الزلطى، وتتم عملية ذوبان الأكسجين الموجود بالهواء الجوى فى مياه الصرف المتجمعة على سطح الوسط الترشيحي، مما يزيد من معدل نمو البكتريا الهوائية التى تقوم بعملية الأكسدة للمواد العضوية أثناء مرورها مع مياه الصرف خلال المرشح الزلطى من أعلى إلى أسفل، وتتأكسد المواد الكربونية إلى ثاني أكسيد الكربون بينما تتأكسد المواد النتروجينية إلى الأمونيا ومن الممكن أن تتأكسد إلى نترات أو نتريت إذا طالت مدة بقائها فى مياه الصرف.

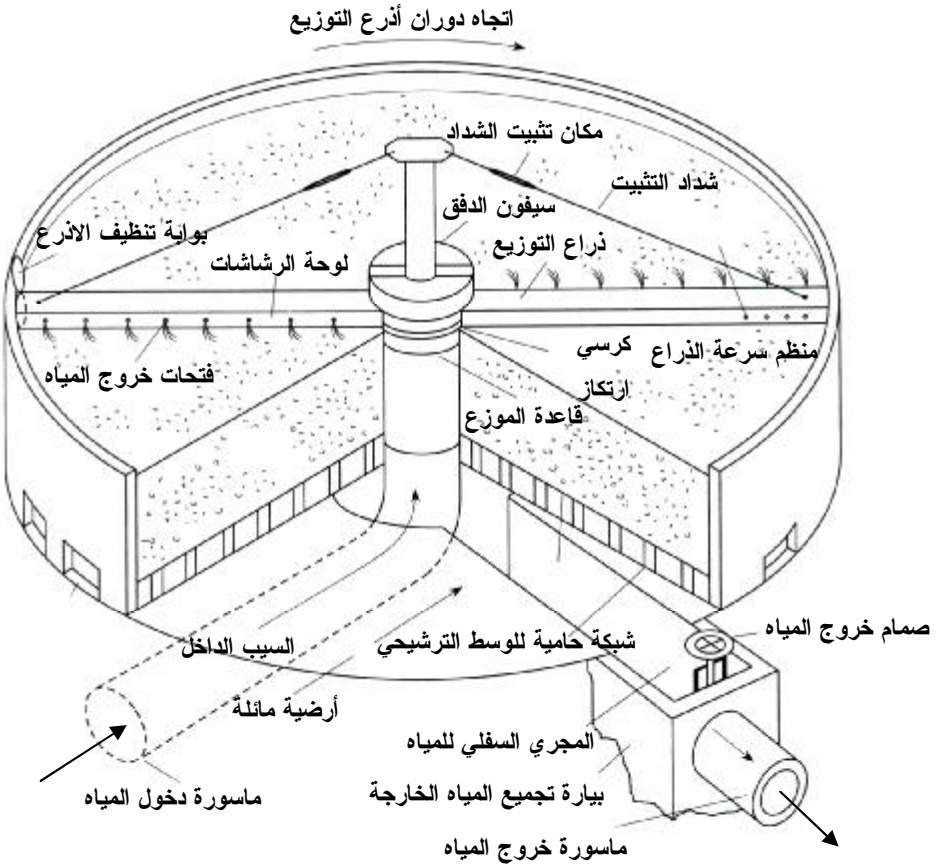
  وكلما زاد حجم الطبقة المتجمعة حول الوسط الترشيحي كلما سهل انفصالها وانزلاقها وخروجها مع مياه الصرف الخارجة من المرشح.

  ويعتبر الزلط هو أشهر مادة تستخدم كوسط ترشيحى ويبلغ قطره ٥-١٠ سم، ويتراوح عمق طبقة الترشيح بالمرشح ١-٢.٥ متر.

- نظام التوزيع (الأذرع الرشاشة): هو جزء دوار يتكون عادة من إثنين أو أكثر من المواسير الأفقية يكون مستواها أعلي من الوسط الترشيحي بمسافة صغيرة.

- نظام التجميع السفلي للمياه: يجب أن تكون أرضية المرشحات والقنوات ذات ميل كاف بحيث تمنع أى ترسيب للمواد العالقة. ويجب أن تغطـــى الأرضية بواسطة قنوات نصف دائرية مفتوحة – نصف ماسورة.

ويوضح شكل رقم (٤-٢) قطاعاً لمكونات المرشح الزلطى كما يوضـــح الجدول رقم (٤-١) المكونات التفصيلية للمرشح الزلطي ووظيفة كـــل جزء.



شكل رقم (٤-٢)
قطاع يوضح مكونات المرشح الزلطى

جدول رقم (٤ - ١)

المكونات التفصيلية للمرشح الزلطي

الجزء	الغرض منه	الجزء	الغرض منه
ماسورة الدخول	دخول مياه الصرف المراد معالجتها إلي المرشح	**قناة التصريف السفلية**	تصريف خرج الفلتر الي بيارة التجميع الخارجية
قاعدة الموزع	تقوية (تدعيم) لأذرع الموزع الدوارة	**بيارة التجميع الخارجية**	تجميع خرج المرشح قبل مروره الي المرحلة التالية
كرسي ارتكاز الموزع	يسمح لأذرع الموزع بالدوران	**محبس الخروج**	تنظيم خرج المرشح من بيارة الخروج الي ماسورة الخروج ويغلق عندما يفيض المرشح
فتحات خروج المياه من الأذرع	تتحكم في التدفق إلي الوسط الترشيحي، ويمكن ضبطها لتوزيع المياه علي كل متر مربع من الوسط الترشيحي	**ماسورة الخروج**	حمل التدفق الخارج من المرشح الي المرحلة التالية
منظم سرعة الأذرع	ينظم سرعة أذرع الموزع	**فتحات التهوية**	تسمح بدخول الهواء الي الوسط الترشيحي
لوحة الرشاشات	تقوم بتوزيع التدفق من الفتحات علي الوسط الترشيحي	**قضيب التثبيت**	تثبيت أذرع التوزيع
بوابة تنظيف الأذرع	تستخدم في: • تصفية الأذرع • نظافة الأذرع لإزالة أية مواد مترسبة تعمل علي سدد الفتحات	**شداد قضيب التثبيت**	دوام ضبط ورفع الذراع ليعمل علي توزيع مياه الصرف علي الوسط الترشيحي
الوسط الترشيحي	يزود المرشح بمساحة سطح كبيرة غالبا ما تكون من الزلط بأبعاد بين ٥-١٠ سم تعمل علي نمو وتجميع البكتريا الهوائية والمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف على سطحه	**سيفون الدفق**	يعمل علي حفظ المياه في مستوي مرتفع ليحافظ علي التوزيع المتساوي للتدفق إلي اذرع الموزع، عادة ما يكون ارتفاع المياه مابين ٤٥-٦٠سم أعلي من فتحات خروج المياه.
شبكة حامية للوسط الترشيحي	تعمل علي ثبيت الوسط الترشيحي في مكانه وبعيد عن نظام التصريف السفلي للمرشح	**نظام التصريف السفلي للمرشح**	تجميع المياه المعالجة من أسفل الوسط الترشيحي وتحويلها إلي قناة التصريف ويسمح بمرور الهواء خلال الوسط الترشيحي
المعدات المساعدة			
مضخات إعادة أو تدوير المياه	تستخدم في إعادة المياه المعادة أو إعادة تدوير التدفق إلي المرشح مرة أخري		

أساسيات تشغيل المرشحات

يمكن تحديد أساسيات التشغيل طبقًا للمكونات الأساسية للمرشحات كما يلى:

سيفون الدفق:

يقوم سيفون الدفق بحجز مياه الصرف الداخلة إلى المرشح الزلطى حتى تصبح بكمية وضغط كافيين لضمان استمرار دوران الأذرع الرشاشة. فعندما يرتفع منسوب مياه الصرف فى سيفون الدفق تخرج هذه المياه بضغط كاف لإدارة الأذرع الرشاشة التى ترش المياه الملوثة على الوسط الترشيحي مكونة الطبقة الرقيقة التى تتغذى عليها البكتريا، وعندما يقل منسوب المياه فى حوض الدفق تقل المياه عن التصرف اللازم لتشغيل السيفون فلا يتم رش مياه الصرف على الوسط الترشيحي وبالتالي يتم تجويع البكتريا التى لا تجد الطبقة التى تتغذى عليها، وتكون فى حالة نشطة انتظاراً لعملية الدفق التالية.

وتصنع سيفونات الدفق من الحديد الزهر وتصنع مواسير الأذرع من الحديد المجلفن، ويجب أن تكون المواسير نظيفة وغير منفذة للهواء.

مسار المياه بالمرشحات الزلطية:

في المرشحات الزلطية يتم دخول مياه الصرف الصحى القادمة من هدار حوض الترسيب الابتدائى، أو من سيفون المرشح الزلطى عن طريق ماسورة تغذية تمتد أسفل مركز المرشح، وتنتهى أعلاه على أربعة أذرع توزيع (رشاشة) محملة على كرسي تحميل لتسهيل دوران الأذرع، وكل ذراع عبارة عن ماسورة أفقية تمتد فى اتجاه قطرى نحو المحيط الخارجى للمرشح، وترتفع بحوالي ٢٠ سم فوق الوسط الترشيحي (الزلط).

وتوجد فى أحد جوانب المواسير ثقوب موزعة لضمان توزيع المياه على المساحة الكلية لسطح المواد الموجودة بالمرشحات الزلطية – ولا تتفاعل هذه المواد (مثل الزلط، كسر الحجارة أو قطع البلاستيك) مع المياه الملوثة – وتمر المياه الملوثة من خلال هذه المواد إلى نظام التجميع السفلى بالحوض، وقد تأكد أن تهوية المياه الملوثة وتوزيعها بإنتظام على سطح الوسط الترشيحي وكذلك التدرج الحجمي للوسط الترشيحي من العوامل المؤثرة فى عملية نجاح تشغيل المرشحات الزلطية.

تهوية المرشحات الزلطية:

تهوية المرشحات الزلطـــية عملية ضرورية جداً لنجـــاح عملـــية المعالجة البيولوجية لمياه الصرف وتعتمد طريقة التهوية على منسوب المرشح هل هو مبنى فوق سطح الأرض أو تحت سطح الأرض؟

وتتم عملية تهوية المرشحات الزلطية بإستخدام:

- فتحات تهوية فى جدار المرشح للمرشحات المنشأة فوق سطح الأرض
- مواسير تتصل بنظام الصرف السفلى بالمرشح ويكون طرف الماســورة الثانى مفتوحاً للهواء الجوى فى حالة وجود المرشحات كلهـــا أو جـــزء منها تحت سطح الأرض وفى هذه الحالة يتم وضع شبكة ســـلك علـــى فوهة الماسورة العلوية لمنع سقوط يرقات الذباب أو أى شئ حتى لا يسد ماسورة التهوية.

ويمكن قياس حجم الهواء اللازم للمحافظة على النشاط البيولوجي في المرشح تقريبياً، وذلك بقياس محتوى الأكسجين الحيوي لميـــاه الصـــرف المترســـبة وأيضاً بفرض درجة المعالجة التى يمكن الحصول عليها من المرشح.

ومن الناحية العملية نجد أن كل (١) متر مكعب من مياه الصرف يحتاج إلـــى ١ متر مكعب هواء. ولكن يجب أن تكون كميات الهواء المتاحة أكبر من هذه القيمة حيث أن كمية الأكسجين المستفاد منها أثناء تشغيل المرشح تتراوح من ٥ إلى ٩% من كمية الأكسجين الموجود بالهواء الجـــوى. وتحـــدث عمليـــة التهوية نتيجة للفرق فى درجات الحرارة والكثافة بين الهواء الجوى والهـــواء الساخن نتيجة عمليات الأكسدة داخل المرشح، ويكون إتجاه عمليـــة التهويـــة لأسفل صيفاً ولأعلى شتاءاً، ولكن يمكن أن يتغير إتجاه التهوية خـــلال اليـــوم الواحد. وتتغير درجة حرارة الهواء الجوى عادة بحـــوالي مـــن ٦ إلـــى ١١ درجة مئوية أعلى أو أقل من درجة حرارة مياه الصرف.

وفى حالة ما إذا كان الفرق فى درجات الحرارة ٦ درجات مئوية فإن ماسورة التهوية يمكن أن تمد المرشح بحوالي ٢٠ متر مكعب هواء لكل متر مكعب من مياه الصرف، وفى هذه الحالة إذا كانت كفاءة الأكسجين الممتص ٥% فإن عملية التهوية تكون كافية. وبصفة عامة فإن التهوية الطبيعية تكون كافية لنجاح عملية معالجة مياه الصرف بإستخدام المرشحات الزلطية.

عمق المرشحات الزلطية:

ينص الكود المصري لتصميم محطات المعالجة علي أن العمق الأمثل للمرشح مابين ١.٥ - ٢ متر في المرحلة الأولى، و ١ - ٢ متر بالمرحلة الثانية. ويمكن أن يصل عمق المرشح إلى ٢.٥ متر وذلك فى حالة توفر الضاغط الكافى. وفى المرشحات قليلة العمق يقل زمن مرور مياه الصرف فى المرشح، وبالتالي تزيد احتمالات حدوث المسارات القصيرة. وتتم معظم عملية الأكسدة فى الثلاثين سنتيمتراً الأولى من عمق المرشح، ولكن باقى العمق ضرورى للحصول على مياه معالجة بها مواد عالقة ثابتة وقابلة للترسيب وبحيث يكون هناك فرصة لحدوث عملية النترتة.

أنواع المرشحات الزلطية

يتم تقسيم المرشحات الزلطية إلى أنواع طبقاً للأحمال الهيدروليكية والأحمال العضوية. ومنها؛ المرشحات ذات المعدل البطئ، والمرشحات ذات المعدل المتوسط والمرشحات ذات المعدل السريع والمرشحات الخشنة، ويوضح الجدول رقم (٤-٢) المتطلبات التصميمية للمرشحات الزلطية وأنواعها المختلفة.

ويعرف معدل التحميل الهيدروليكى بالمعدل الكلى لتصرف المياه فى وحدة المساحات من المرشح ويشمل هذا المعدل مجموع معدل تصرف المياه فى خط الإعادة بالإضافة إلى معدل التصرف لمياه الصرف الصحى الخارجة من حوض الترسيب الابتدائى. أما معدل التحميل العضوى فيمكن تعريفه بأنه كمية الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD_5) الذى يتم تغذية المرشح يوميًا به فى وحدة الحجوم من المرشح ولا تشمل هذه الكمية على الأكسجين فى خط الإعادة.

جدول رقم (٤ - ٢)
أنواع المرشحات الزلطية طبقًا للمعدلات التصميمية

البند	الوحدة	مرشحات ذات المعدل البطيء*	مرشحات ذات المعدل المتوسط	مرشحات ذات المعدل العالى*	مرشحات زلطية تحضيرية
نوع مادة الوسط الترشيحى		كسر حجارة أو زلط	كسر حجارة أو زلط	كسر حجارة أو زلط أو مواد بلاستيكية	أىٍّ من المواد السابقة
عمق مادة الوسط الترشيحي	متر	١.٨ – ٣.٠	١.٥ – ٣.٠	١ - ٢	٣.٠ – ٩.١
معدل التحميل العضوى (BOD_5)	جم (BOD_5)/ م^3/ يوم	٨٠ – ٣٢٠	٠.٢٤ – ٠.٤٨	٥٠٠ -١٠٠٠	أكبر من ١.٦
معدل التحميل الهيدرولكى	م^3/ م^2/ يوم	١ - ٤	٤.١ – ٩.٣	١٠ -٣٠	٢٨.٦ – ١٢٢.٢
نسبة المياه المعادة (R)		--	٠.٥ – ٢.٠	٠.٥ – ٣.٠	٠.٥ – ٢.٠

* طبقاً للكود المصري لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحى

ويتم تحديد نسبة المياه المعادة طبقًا للمعادلة التالية:

$$R = \frac{C_i - C_M}{C_M - C_e}$$

Where:

R: Reciculation ratio
C_e: Effluent concentration mg/L
C_M: Concentration in reciculated water = 150 mg/L
C_i: Influent Concentration mg/L

ولا تحتوى مرشحات المعدل المنخفض على خطوط للإعادة. ويتراوح عمق وسط الترشيح فى مرشح المعدل المنخفض بين ١.٨ م إلى ٣ م. ويكون حجم وسط الترشيح فى مرشح المعدل المنخفض أكبر منه فى مرشح المعدل العالى وينتج عن ذلك زيادة فى تكاليف الإنشاء للأول. ويتميز مرشح المعدل المنخفض بسهولة التشغيل والقدرة على معالجة المياه بكفاءة وإنتاج مياه معالجة ذات جودة عالية.

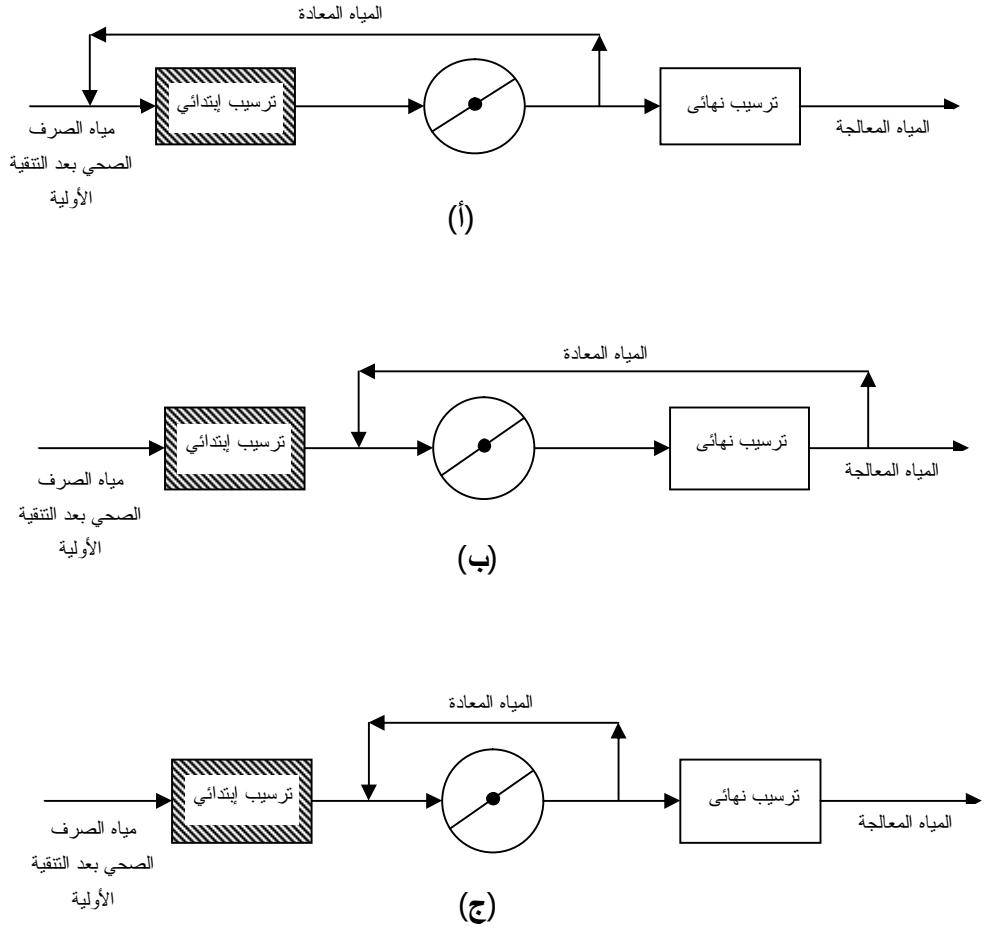
أما مرشح المعدل العالى فيتم تشغيله بإعادة جزء من المياه المعالجة بعد أو قبل الترسيب النهائى إلى المرشح. وتسمح عملية الإعادة بمرور المواد العضوية خلال الطبقات الحية فى المرشح أكثر من مرة وذلك يزيد من كفاءة المرشح نظرًا لإمكانية تحليل المواد العضوية التى لم يتم أكسدتها بعد. وتزيد عملية الإعادة من معدل التحميل الهيدروليكى وذلك يقلل من درجة انسداد المرشح ويسمح بتوزيع المواد العضوية بالتساوى خلال المرشح. وتقلل عملية الإعادة من تأثير التغييرات المفاجئة والمرتفعة فى تركيز المواد العضوية ومعدلات سريان مياه الصرف الصحى.

وتعرف نسبة معدل تصرف المياه المعادة إلى معدل تصرف مياه الصرف الصحى الخام بنسبة الإعادة وتتراوح هذه النسبة بين ٠.٥ إلى ٣ ويعتبر استخدام نسب أعلى من ٣ غير اقتصادى وبالرغم من ذلك فيتم استعمال نسبة عالية قد تصل إلى ٨ فى حالات معالجة مياه الصرف الصناعى.

وتنشأ مرشحات المعدل العالى من مرحلة واحدة أو مرحلتين، ويتراوح عمق وسط الترشيح فى مرشح المعدل العالى ما بين ٠.٩ إلى ٢ م إلا أن العمق الأمثل للمرشح يكون ١.٥ – ٢ م فى المرحلة الأولى، ١ – ٢ م فى المرحلة الثانية.

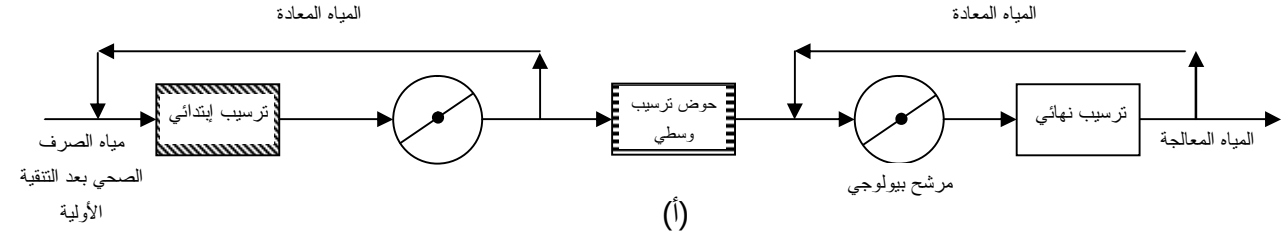
ويوضح الشكل رقم (٤-٣) الطرق المختلفة للمياه المعادة فى المرشح البيولوجى ذو المرحلة الواحدة وتوضح الدراسات العملية بأن كفاءة تشغيل المرشح لا تتأثر بتركيب خط الإعادة قبل أو بعد عملية الترسيب النهائى.

كما يوضح الشكل رقم (٤-٤) طرق إعادة المياه فى المرشح البيولوجى ذو المرحلتين. وتعطى أنظمة الترشيح ذات المرحلتين درجة معالجة أعلى من أنظمة الترشيح ذات المرحلة الواحدة والتى تحتوى على حجم مماثل من وسط الترشيح. ويستعمل المرشح ذو المرحلتين لمعالجة المياه ذات التركيز العالى ولإنتاج مياه معالجة تحتوى على تركيز أكسجين حيوى مستهلك أقل من ٣٠ مجم/ لتر.

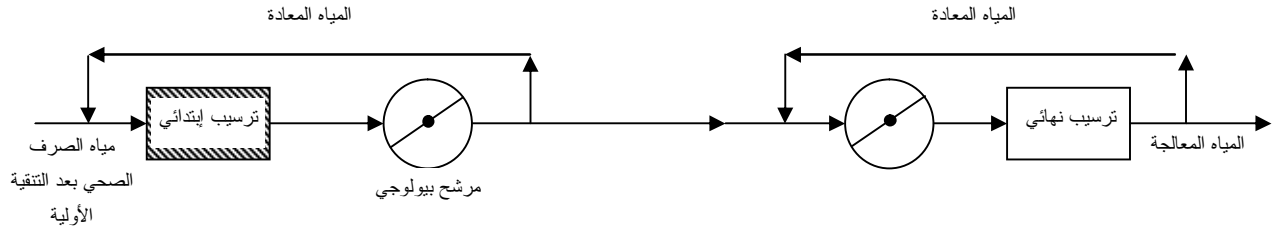


شكل رقم (٤-٣)

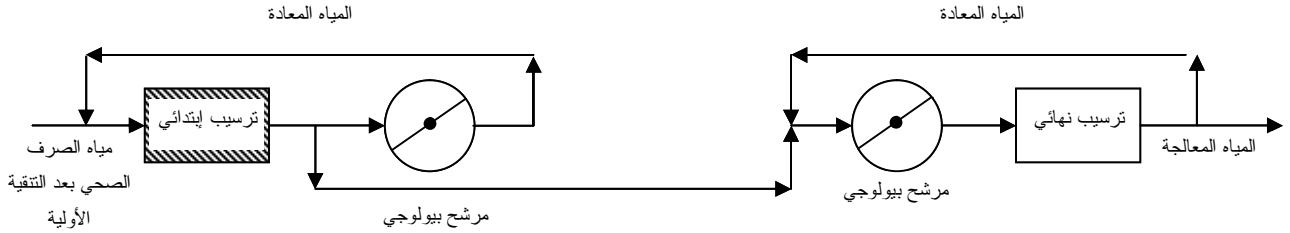
طرق إعادة المياه للمرشح العالي ذو المرحلة الواحدة



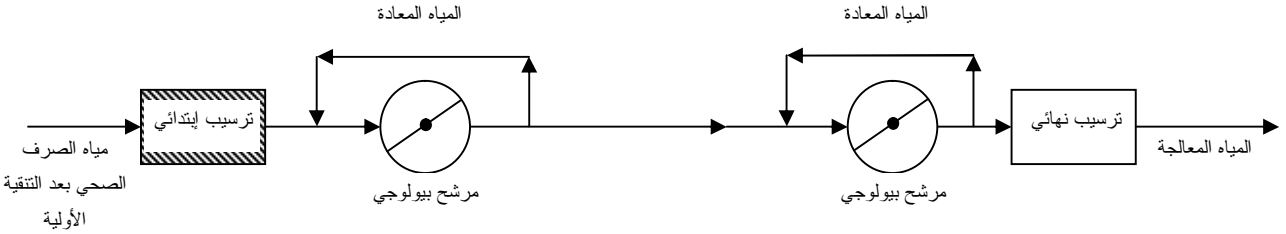
(أ)



(ب)



(ج)



(د)

شكل رقم (٤ - ٤)

طرق إعادة المياه للمرشح العالي ذو المرحلتين

١. مراجعة تصميمات المرشحات البيولوجية

تعتبر مراجعة المستندات والبيانات التصميمية والمواصفات الفنية لمحطة المعالجة من الأمور التى يجب الاهتمام بها سواء قبل إنشاء محطة جديدة أو تنفيذ أعمال التوسعات أو حتى فى المحطة التى يقوم المشغل بتشغيلها فعلاً، ومن ثم يتعرف على المشكلات الموجودة، بمستندات التصميم ومحاولة تقديم اقتراحات وبدائل فنية وحلول لهذه المشاكل التى يراها المشغل من خلال خبرته السابقة فى أعمال التشغيل وذلك لتجنب حدوثها، وسوف نستعرض النقاط الهامة التى ينتبه إليها المشغل لمراجعتها مع اقتراح التعديلات الفنية لها، وكذلك نوضح بعض المشاكل التى من الممكن أن يواجهها والحلول المناسبة لها، وذلك بهدف تحسين أداء تشغيل المحطة.

ويجب عند مراجعة تصميمات لمحطة المرشحات البيولوجية أن تتضمن المتطلبات الأساسية كما يلي:

أولاً: من ناحية الموقع

١. يجب الوضع فى الاعتبار سهولة الوصول لأجزاء الفلتر لتنفيذ مهام التشغيل والصيانة.
٢. التأكد من سهولة حركة الونش المستخدم فى الصيانة وعدم تعرض خطوط الكهرباء والتليفونات للتلف بسببه.
٣. التأكد من أن الأشجار والشجيرات بعيدة عن المرشحات البيولوجية بمسافة كافية لمنع تساقط أوراقها على الوسط الترشيحى فتسبب انسداده، وأنها أيضًا بعيدة عن خطوط المواسير حتى لا تخترق جذورها هذه المواسير.
٤. التأكد من وجود حنفيات مياه الضغط العالى المستخدمة فى أعمال نظافة المرشح وصيانته فى أماكن مناسبة تكفل سهولة هذه الصيانة.

ثانيًا: انشاء المرشح البيولوجى

١. التأكد من وجود مشايات تضمن للمشغل سهولة الوصول إلى الأجزاء الميكانيكية ولأداء أعمال الصيانة مثل عمليات تزييت كراسى التحميل.

٢. التأكد من سلامة قاع المرشح البيولوجى وممراته ووجود ميول بأرضيته، وتأكد من سهولة الوصول لتنفيذ أعمال إزالة المواد الصلبة المترسبة بالقاع وكذلك تأكد من وجود التهوية المناسبة.
٣. التزود بصمامات وبوابات تمكن المشغل من سهولة التصرف فى حالات فيضان المياه فوق مستوى الوسط الترشيحى، وكذلك سحب المياه من صندوق التحكم فى المياه الخارجة من المرشح، وتصفية المياه من أسفل المرشح، وان تكون محكمة الغلق وارتفاعها مناسب بحيث تمنع التسرب العكسى لداخل القنوات فى عمليات نزح المياه من المرشح.
٤. يجب أن يكون الوصول إلى صناديق تجميع الماء الخارج من المرشح سهلاً لإزالة الأغطية وإجراء أعمال الصيانة اللازمة.
٥. دعامات تثبيت الماسورة المركزية لدخول المياه يجب أن تكون متسعة بما يكفى لوضع الونش أو الرافعة لرفع موزع المياه وإجراء الصيانات اللازمة.

ثالثًا: المعدات

أ- الموزعات

١. يجب توفير أغطية قابلة للضبط على فتحات المياه الداخلة بأذرع الدخول.
٢. يجب توفير حواجز الأمان الخاصة بمنع تعلق يد البوابة بالوسط الترشيحى أثناء عملية غسل ذراع التوزيع.
٣. شدادات موزع المياه الداخلة للمرشح يجب أن يكون بها طول كافٍ من القلاووظ بما يضمن إعادة ضبط المستوى الأفقى للأذرع الموزعة للمياه الداخلة للمرشحات.

ب- الصمامات:

١. يجب أن تكون محكمة الغلق وارتفاعها مناسب بحيث تمنع التسرب العكسى لداخل القنوات فى عمليات نزح المياه من المرشح.
٢. يجب أن تكون كل البوابات وإطاراتها مطلية بطلاء مناسب مقاوم لمياه الصرف الصحى.

٣. صواميل نهاية مشوار الفتايل يجب أن تكون مثبتة فى أماكنها.

رابعًا: السلامة والصحة المهنية

١. تأكد من وجود سلاسل وحواجز الأمان فى الأماكن الضرورية.
٢. ابحث عن المناطق التى بها انتشار وطرطشة للمياه والتى يمكن أن تتسبب فى انزلاق العاملين وقدم اقتراحات لتفادى هذا الخطر.
٣. تأكد من وجود مفاتيح إيقاف عمل الطلمبات التى تضخ المياه إلى عمود التوزيع للمرشح فى أماكن يسهل التعامل معها وبالسرعة اللازمة.
٤. تأكد من وجود مصادر تيار كهربى لاستخدام لمبات (بلادوس) لإضاءة أماكن فحص الأجزاء المنخفضة بالمرشح.

٢ - مراجعة المواصفات الفنيـــة للمرشحات البيولوجية

عند مراجعة مواصفات المرشحات البيولوجية ومكوناتها، فإنه يجب المراجعة بدقة للبنود التالية، حيث أن معظم المشكلات التصميمية قد تكون بسبب عدم توافرها:

١. البيانات التفصيلية للمعدات الكهروميكانيكية يجب أن يكون واضحًا فيها قدرة كل معدة وسعتها، ومعدل التصرف، والضغط، والقدرة، وكفاءة أدائها، والمواد المصنوعة منها.
٢. مقدرة المعدات الكهروميكانيكية على أداء العمل.
٣. التفاصيل الخاصة باختبار المعدات الكهروميكانيكية، وعما إذا كانت الاختبارات ستتم بأماكن تصنيعها أم بأماكن تركيبها بالمحطة وما هى تحديدًا الاختبارات التى ستتم على المعدات.
٤. المسئوليات التى تقع على عاتق ممثل الجهة المصنعة للمعدات وذلك فيما يتعلق بما يلى:
   - فحص سلامة تركيب المعدات.
   - اختبار المعدات.
   - تدريب العاملين على التشغيل والصيانة.
   - المساعدة فى أعمال بدء تشغيل المعدات.
   - الالتزام ببنود فترة الضمان.

٥. توفير عدد من النسخ الخاصة بالمعدات الكهروميكانيكية، وكتيبات التشغيل والصيانة، وكتيبات أعمال الصيانة الدورية الصادرة من الجهة المصنعة للمعدات.
٦. توافر قائمة بقطع الغيار (شاملة الرقم التسلسلى والرقم المخزنى) والكمية التى يجب توريدها من كل قطعة ومعدل استهلاكها المتوقع.
٧. فيما يتعلق بالسلامة والصحة المهنية يجب التأكد من توفر كل من:
   - المعدات اللازمة لحماية العاملين.
   - موافقة الجهات المسئولة عن السلامة والصحة المهنية.

أهم مشاكل تشغيل المرشحات البيولوجية

من أهم مشاكل تشغيل المرشحات البيولوجية انسداد وسط الترشيح، وتكون برك المياه الراكدة فى داخل المرشح، ويؤثر تكوين برك المياه الراكدة فى داخل المرشح على كفاءة التشغيل نتيجة لما يلى:

- انخفاض درجة التهوية بداخل المرشح.
- نقص الحجم الفعال للمرشح.
- نقص فى كفاءة الترشيح.

وتنشأ مشكلتى الانسداد والبرك من العوامل التالية:

- زيادة معدلات التحميل العضوى.
- معدلات تحميل هيدروليكى غير مناسبة.
- خطأ فى تصميم حجم المرشح.

ويمكن حل هذه المشاكل باستخدام الطرق التالية:

- تقليب مكونات وسط الترشيح.
- غسل مكونات المرشح برش السطح بتيار من المياه تحت ضغط مرتفع.
- معالجة مياه الصرف الصحى الداخلة للمرشح بالكلور بمعدل لا يزيد عن ٥ كجم / ١٠٠ م^{٢} من سطح المرشح.

ويمثل تكاثر الذباب مشكلة أخرى فى تشغيل المرشح ذو المعدل المنخفض، حيث يتوالد الذباب على جدران المرشح الداخلية، وتتم مكافحة الذباب باستخدام الأساليب التالية:

- التخلص من الطبقات الحية المتزايدة فى الحجم وذلك لمنع انسداد المرشح وتكون البرك والتى تساعد على تكاثر الذباب.
- غمر المرشح بالمياه لمدة ٢٤ ساعة كل أسبوع أو أسبوعين (وذلك فى حالة ما تكون حوائط الخزان مصممة على ذلك).
- رش جدران المرشح بتيار شديد من المياه تحت ضغط مرتفع.
- معالجة مياه الصرف الصحى الداخلة للمرشح بالكلور (٠.٥- ١.٠ مجم/ لتر) لعدد من الساعات مرة كل أسبوع أو أسبوعين.
- رش جدران المرشح وسطحه بالمبيدات الحشرية مرة واحدة كل ٥ أسابيع.

ومن المشاكل الأخرى المرتبطة بمرشح المعدل المنخفض انبعاث الروائح الكريهة من المرشح ، ويتم التغلب على هذه المشكلة باستعمال خط لإعادة المياه والتأكد من تهوية المرشح بصورة جيدة.

ويوضح الجدول رقم (٤-٣) أهم المشكلات الفنية وطرق التغلب عليها.

جدول رقم (٤ - ٣)

بعض مشاكل التشغيل والطرق المقترحة للتغلب عليها

م	المشكلة	طرق التغلب عليها
١	زيادة تركيز الأحمال الصلبة والعضوية الخارجة من أحواض الترسيب النهائى (BOD & TSS).	١- زيادة معدلات المياه المعادة من المرشحات. ٢- زيادة معدلات سحب الحمأة.
٢	انتشار الروائح الكريهة حول المرشحات الزلطية.	١- زيادة معدلات الحمأة المعادة لزيادة الأحمال الهيدروليكية للمرشح. ٢- تنظيف فتحات دخول الهواء "فتحات التصريف". ٣- عند تشغيل وحدة الكلورة تضاف جرعة فى حدود ٢ مجم/ لتر للمياه. ٤- غمر المرشح بالمياه لمدة ٢٤ ساعة كل أسبوع.
٣	ظهور برك مائية على سطح المرشح	١- غسل الوسط الترشيحى بمياه مضغوطة. ٢- زيادة معدلات الأحمال الهيدروليكية للمرشح. ٣- تقليب مكونات سطح المرشح. ٤- إضافة جرعة كلور فى حدود ٢ مجم/ لتر. ٥- وقف تشغيل المرشح لعدة ساعات حتى تجف الكائنات الحية وتخرج. ٦- عند استمرار المشكلة يوصى برفع الزلط وغسله تماما ثم إعادة تشغيل المرشح من جديد.
٤	انتشار الذباب والبعوض حول المرشح	١- زيادة معدلات الأحمال الهيدروليكية للمرشح. ٢- رش المسطحات القريبة من المرشح وكذا الجدار الداخلى له بالمبيدات بشكل دورى.
٥	توقف دوران الأذرع اللفافة أو بطء حركتها.	١- زيادة معدلات الأحمال الهيدروليكية الواردة للمرشح. ٢- تسليك الرشاشات والأذرع. ٣- مراجعة أسلاك (وايرات) الأذرع. ٤- مراجعة طبات فرامل الأذرع.

تابع جدول رقم (٤-٣)
بعض مشاكل التشغيل والطرق المقترحة للتغلب عليها

م	المشكلة	طرق التغلب عليها
٦	تسرب المياه من قاعدة ارتكاز الأذرع اللفافة.	١- مراجعة كرسى الارتكاز من حيث التشحيم والتآكل. ٢- مراجعة غرفة التوزيع من حيث التآكل. ٣- مراجعة الأحمال الهيدروليكية الواردة للمرشح.
٧	اختفاء الكائنات الحية فوق سطح المرشح.	١- التشغيل المستمر وعدم إيقاف دوران الأذرع. ٢- تقليل الأحمال الهيدروليكية على المرشح. ٣- تسليك الوسط الترشيحى والرشاشات. ٤- عدم السماح بجفاف الوسط الترشيحى حيث يؤدى ذلك لقتل الكائنات الحية وخروجها مع المياه المرشحة.

مـــميـــزات وعيـــوب المرشحات البيولوجية يمكن إيجاز مميزات وعيوب المرشحات البيولوجية كما يلى:

المميزات:

١. نجاحها فى عملية أكسدة المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف الصحى.
٢. لا تحتاج إلى عمالة ماهـــرة مثل طريقة الحمأة المنشطة.
٣. يمكن أن تستوعب الأحمال العالية المفاجئة فى وقت قصير.
٤. لا يحتـــاج نظـــام المرشحات بطيئة المعدل إلى طاقة كبيرة لتحريك الأذرع الدوارة وبالتالى تقل تكاليف التشغيل للمحطة.
٥. يتم فى المرشحات الزلطية عالية المعدل عملية إعادة المياه مرة أخرى من حوض الترسيب النهائى إلى المرشح الزلطى حيث تُزيد من معدل مياه الصرف، وبالتالى تقل مشكلة تكَّون يرقات الذباب حول المرشحات الزلطية، كما يقل تركيز المواد العضوية داخل المرشح وبالتالى تنشط البكتريا.

العيوب:

١. الفاقد فى الضغط كبير فى حالة المرشحات الزلطية عنه فى حالة الحمأة المنشطة.
٢. تحتاج المرشحات الزلطية إلى مساحة أرض كبيرة بالمقارنة بطريقة الحمأة المنشطة.
٣. يتجمع الذباب حول المرشحات الزلطية نتيجة لبطء معدل مياه الصرف ويضع يرقات الذباب ويتكاثر بأعداد كبيرة مما يسبب مضايقات للسكان وتلوثاً للبيئة المحيطة بالمرشحات والمباني القريبة منها.

٢. المعالجة البيولوجية باستخدام الأقراص البيولوجية الدوارة RBC

تعتبر الأقراص البيولوجية الدوارة إحدى طرق المعالجة البيولوجية الهوائية ذات النمو الملتصق، فمع الأقراص البيولوجية الدوارة تنمو البكتريا على الوسط الترشيحي للقرص الدوار المصنوع من البلاستيك ولذلك تعتبر من أنواع المعالجة بالنمو الملتصق، فمع دوران القرص في مياه الصرف يتم تغذية الكائنات الحية بالغذاء ثم مرورها في الهواء فيتم إمدادها بالأكسجين اللازم.

فالكائنات الحية تعمل على إزالة المواد العضوية من مياه الصرف الصحي فمع تكرار مرور هذه المياه على الأقراص المتوازية أو المتعامدة تبدأ في المعالجة (من مرحلة إلى مرحلة أو من خزان إلى خزان).

ويصنع الوسط الترشيحي للقرص الدوار من مادة بلاستيكية عالية الكثافة بألواح يصل قطرها إلى ٣ متر تدور قطريًا على عامود طوله يبلغ حوالى ٧,٥ متر على أن تسمح الفراغات بين هذه الألواح بتوزيع مياه الصرف والهواء على القرص بالكامل.

أسس التصميم (طبقًا للكود المصرى لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحى):

سمك مادة تصنيع القرص الدوار	١-٢ سم
قطر القرص الدوار	٢-٣.٥ متر
سرعة دوران القرص الدوار	١-٢ لفة / دقيقة
المسافة بين مركز كل قرصين	٣٠- ٤٠ سم
الحمل الهيدروليكي	٤٠- ٦٠ لتر/ م^{٢}/ يوم
الحمل العضوي	١٥-٢١٠ جرام BOD/ م^{٣}/ يوم

عملية التشغيل

توضع الأقراص الدوارة في محطات المعالجة في أحواض من الحديد أو الخرسانة المسلحة على أن يكون ٤٠% من القرص مغمورًا في المياه أثناء الدوران فعند دوران مادة القرص تتلامس مياه الصرف الصحي مع الطبقة البيولوجية اللزجة المتكونة على مادة القرص والتي تتواجد فيها البكتيريا فتتغذى هذه البكتيريا على المواد العضوية الموجودة بالمياه وتستخدم الأكسجين الممتص من الهواء فتبدأ في أكسدة المواد الصلبة العضوية وكما هو الحال فى حالة المرشحات البيولوجية يتكون غشاء رقيق من الكائنات الحية التى يزداد حجمها ووزنها فتنفصل عن الأقراص إلى أسفل الحوض، وبعد ذلك تمر المياه إلى أحواض الترسيب النهائي حتى يتم ترسيبها وإزالتها.

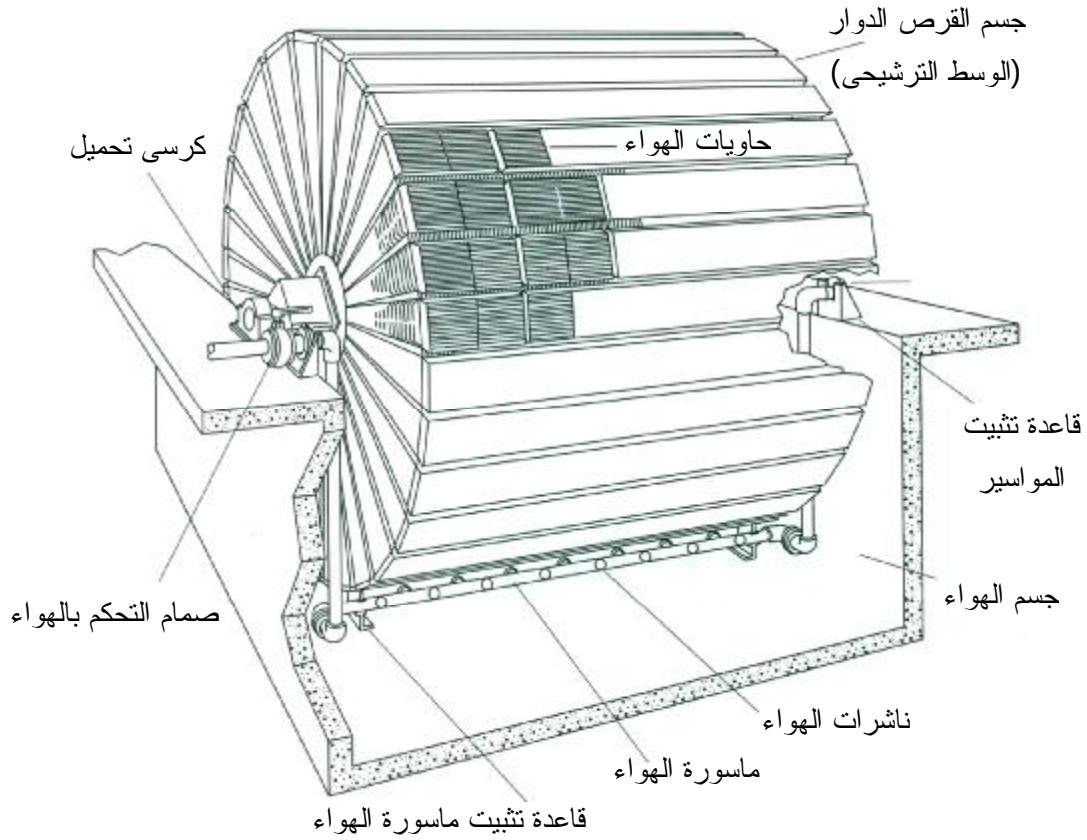
ويوضح الشكل رقم (٤-٥) قطاع في حوض التهوية وبيان مكونات القرص الدوار. هذا النظام بسيط لأنه لا يحتاج إلى إعادة حمأة أو مياه إلى الأحواض مرة أخرى. ويوضح الجدول رقم (٤-٤) المكونات الأساسية للنظام.

ويتأثر أداء وحدة الأقراص البيولوجية الدوارة بالتحميل الهيدروليكى عند درجة حرارة أقل من ١٣° م، ويتم تصميم هذه النظم للعمل مع تدفقات تبدأ من ٧ م^{٣}/ يوم حتى ٢٠ ألف م^{٣}/ يوم.

جدول رقم (٤ - ٤)
المكونات الرئيسية لمنظومة الأقراص البيولوجية

الجزء	الوظيفة
جسم الحوض الخرساني أو الحديدى مقسم إلى أجزاء بواسطة جدران عرضية (فواصل)	استقبال مياه الصرف الصحي للبدء في معالجتها ويسمح فيه للتلامس بين البكتيريا ومياه الصرف بواسطة الأقراص الدوارة، الأجزاء والفواصل لا تسمح بوجود دوائر قصر بالمياه.
الفتحات أو الهدارات الموجودة على الفواصل	تتحكم في التدفق من مرحلة إلى المرحلة التالية أو من جزء إلى الجزء التالي.
الأقراص الدوارة (Rotating Media)	تساعد الكائنات الحية فى الحصول على الغذاء من مياه الصرف الصحى والأكسجين من الهواء الجوي.
غطاء الأقراص الدوارة	يحمي الكائنات الحية من تقلبات الجو وخصوصًا فى حالات الانخفاض الشديد في درجات الحرارة، كما أنها تتحكم في الرائحة المنبعثة من الأقراص.
المحرك الكهربى	يستخدم في إدارة القرص
خطوط وصمامات الدخول	خطوط الدخول: تنقل مياه الصرف الصحي المراد معالجتها إلى وحدات الأقراص البيولوجية الدوارة. صمامات الدخول: تنظم السيب الداخل إلى الأقراص وكذلك تستخدم لعزلها عند إجراء أعمال الصيانة.
خطوط وصمامات الخروج	خطوط الخروج: تحول مياه الصرف الصحي من وحدة الأقراص الدوارة إلى أحواض الترسيب النهائي. صمامات الخروج: تنظم الماء الخارج من الوحدة وكذلك تستخدم لعزلها عند إجراء الصيانة.
التصرف السفلي للخزان	يسمح بإزالة المواد الصلبة التي تترسب بالحوض.

وتنقسم عملية المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة عادة إلى أربعة أو خمسة مراحل مختلفة وكل مرحلة تكون منفصلة عن التى تليها بواسطة حاجز يمكن إزالته وتمر مياه الصرف الصحى إما موازية لعمود الإدارة أو متعامدة عليه، كما يوضح الشكل رقم (٤-٥) وكل حاجز يوجد بأسفله فوهة أو فتحة تسمح للمياه بالانتقال من مرحلة إلى أخرى.



شكل رقم (٤-٥)
قطاع في حوض التهوية وبيان مكونات القرص الدوار

وتهدف عملية التقسيم إلى مراحل، إلى الحصول على أعلى كفاءة معالجة من نفس مساحة الوسط الترشيحى المتاحة، حيث أن الكائنات الحية الدقيقة فى الوسط الترشيحى بالمرحلة الأولى تكون معرضة لمستويات عالية من الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD_5) وتقوم بتخفيضها بمعدلات سريعة، ومع تناقص مستويات الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD_5) من مرحلة لأخرى تقل أيضًا المعدلات التى تستطيع بها الكائنات الحية الدقيقة تخفيض الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD_5)، وهنا تبدأ عملية النترتة (Nitrification).

وعملية النترتة هذه هى عملية المعالجة البيولوجية الهوائية التى تقوم فيها البكتيريا بتحويل الأمونيا والنيتروجين العضوى الموجود فى مياه الصرف الصحى إلى نيتريت.

وفى مثل هذه المحطات يوجد أربعة أعمدة دوران أو أكثر لحمل وإدارة الوسط الترشيحى ويتم ترتيبها بحيث يعمل كل عمود إدارة ووسطه الترشيحى كأنه مرحلة منفصلة للمعالجة، وفى حالة وجود أربعة أعمدة أو أكثر يتم ترتيب الأعمدة بحيث يكون اتجاه سريان المياه الداخلة للمعالجة عموديًا على الأعمدة.

مميزات المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة

تتميز المعالجة بالأقراص البيولوجية الدوارة عن المرشحات الزلطية بعدة مميزات يمكن إيجازها فيما يلي:

- بسيطة فى تشغيلها حيث أنها لا تحتاج إلى إعادة حمأة ولا إلى إعادة مياه إلى الأحواض.
- عدم احتوائها على أذرع توزيع قابلة للتعطل.
- تقليل حدوث مشاكل في الوسط الترشيحي وذلك لعدم إمكانية تكون البرك عليها.
- التقليل من الحشرات الطائرة المتولدة.
- عدم حدوث حالات تواجد البكتريا اللاهوائية مثلما يحدث في قاع المرشحات الزلطية.
- الأقراص الدوارة ذات حساسية أقل للصرف الصناعي نظراً لأنه لن يحدث تقليل للأكسجين المذاب بواسطة الصرف الصناعي.

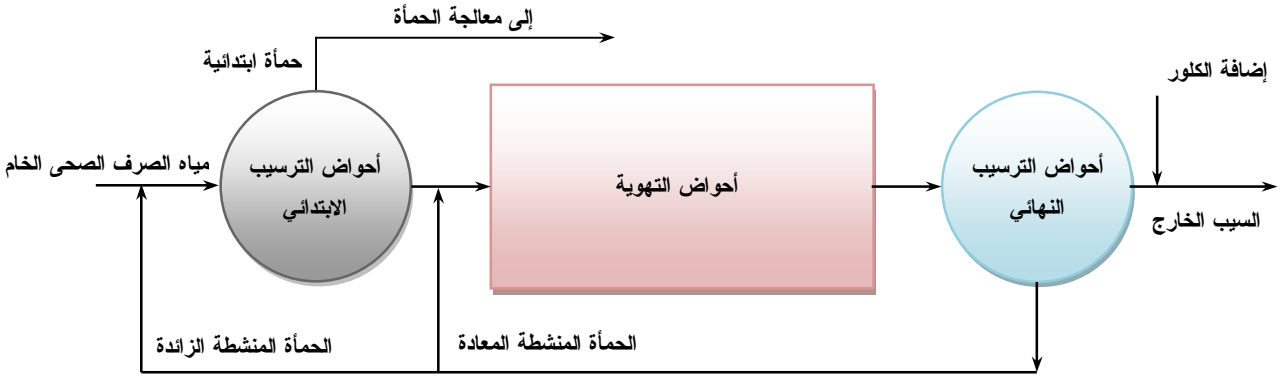
ثانيًا: المعالجة بالنمو المعلق

١. المعالجة البيولوجية باستخدام الحمأة المنشطة التقليدية

مقدمة

الحمأة المنشطة هى الحمأة التي تترسب في حوض الترسيب النهائي ويتم إعادة استخدام جزء منها بخلطها مع المياه الخام في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية حيث يتم تهوية وتقليب المخلوط باستخدام مراوح أو وسائل تهوية أخري حيث يتم تزويد الخليط بالأكسجين الموجود في الهواء الجوي اللازم لتنشيط وإستعمال البكتريا الهوائية والكائنات الدقيقة الأخرى فى تثبيت المواد العضوية العالقة والذائبة وتحويلها إلى مواد ثابتة يمكن ترسيبها. كما يؤدى التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد المتعلقة الدقيقة أى تجميع هذه المواد والتصاقها على هيئة فى حبيبات أكبر يسهل ترسيبها فى حوض الترسيب النهائى.

ويوضح الشكل رقم (٤-٦) مسار مياه الصرف فى وحدات المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة التقليدية.



شكل رقم (٤-٦)

نظام المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية (Conventional Activated Sludge)

تعديـــلات طـــرق المعالجة بالحمأة المنشطة

نظراً لما تمتاز به طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة من مرونة فى التشغيل فقد أدت الدراسات إلى إدخال بعض التعديلات فى أسس التصميم وطريقة التشغيل لنظم المعالجة بالحماة المنشطة، ومن هذه الطرق:

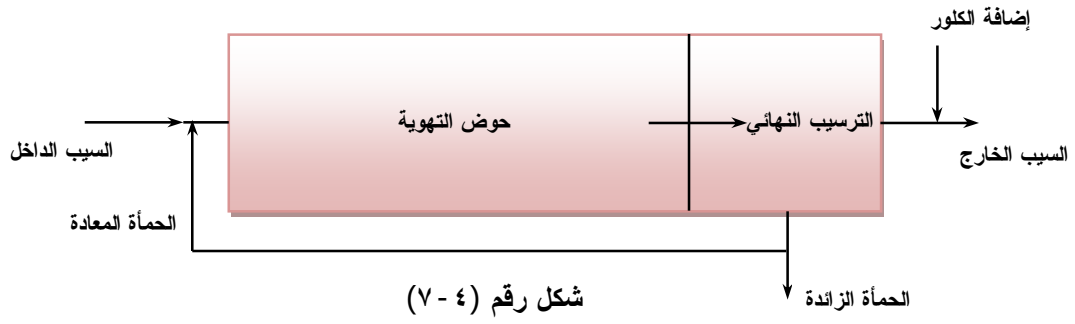
١- نظام التهوية الممتدة.

٢- نظام التثبيت بالتلامس

٣- الخلط الكامل.

١- نظام التهوية الممتدة (Extended Aeration):

تتشابه طريقة التهوية الممتدة مع طريقة المعالجـــة بالحمـــأة المنشـــطة التقليدية، فيما عدا أن الكائنات الحية تظل بأحواض التهوية مدة أطـــول ففي هذه الطريقة يستمر تهوية الخليط لمدة تتـــراوح بـــين ١٨ و ٢٤ ساعة، ويتراوح تركيز المواد الصلبة العالقة بالخليط في هذه الطريقـــة (Mixed Liquor Suspended Solid, MLSS) مـــا بـــين ٢٠٠٠ - ٦٠٠٠ ملجم/ لتر كما تتراوح مدة المكث فى حوض الترسيب النهـــائى بين ٣ و ٦ ساعات، ويمكن الاستغناء فى هذه الطريقة عـــن حـــوض الترسيب الإبتدائى. والمواد المنتجة من هذه الطريقة هي ثاني أكســـيد الكربون، ماء ومخلفات بيولوجية، فالتهوية الممتدة لا ينتج عنها حمـــأة كثيرة مثل باقي النظم ويوضح الشكل رقـــم (٤-٧) رســـم توضـــيحي لمراحل المعالجة، وتستخدم كمية كبيرة من الهواء في هذا النظام لـــذا فإن تكاليف التشغيل تكون مرتفعة جداً.



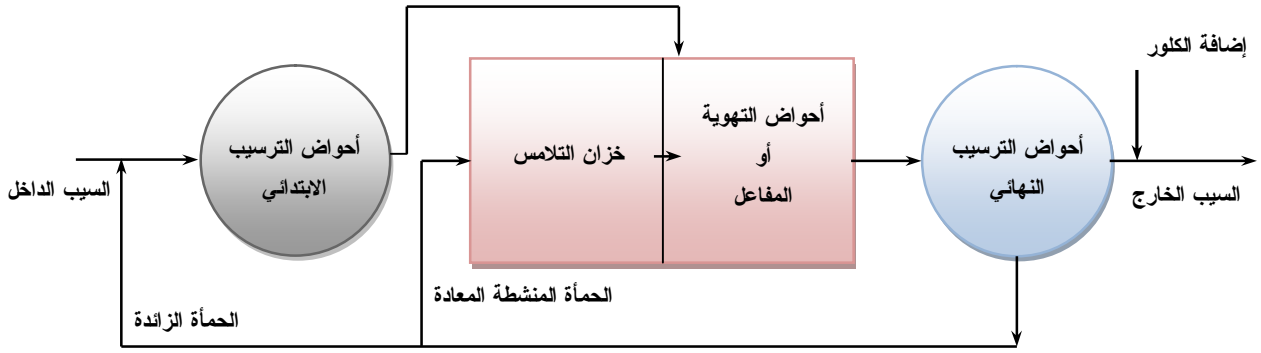
شكل رقم (٤-٧)

التهوية الممتدة (Extended Aeration)

٢- نظام التثبيت بالتلامس (Contact Stabilization):

تتشابه طريقة التثبيت بالتلامس مع المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية، وهي تعرف بعملية الامتصاص الحيوي، فيما عدا أن إدمصاص وامتصاص المخلفات وهضمها بواسطة الكائنات الحية يتم في أحواض تهوية مختلفة (حوضين تهوية) كما يوضح الشكل رقم (٤-٨).

وتقوم الكائنات الحية بإدمصاص (تكثيف) المخلفات علي جدار خليتها في حوض التهوية بالتلامس لفترة قصيرة تتراوح بين ٠.٥ – ١.٥ ساعة ثم يتبع ذلك ترسيب الحمأة بحوض الترسيب النهائي حيث يتم سحبها وضخها إلي حوض تهوية يسمي حوض التثبيت. حيث يتم فيه تثبيت الحمأة المعادة لمدة من ٣ الي ٦ ساعات (طبقًا لمتطلبات الكود المصري) لتستهلك كل الغذاء حتي تُصبح جائعة وبعد ذلك يتم إعادتها الي خزان التلامس وهي جاهزة وشرهة للطعام.



شكل رقم (٤-٨)

نظام التهوية بالتثبيت مع التلامس (Contact Stabilization)

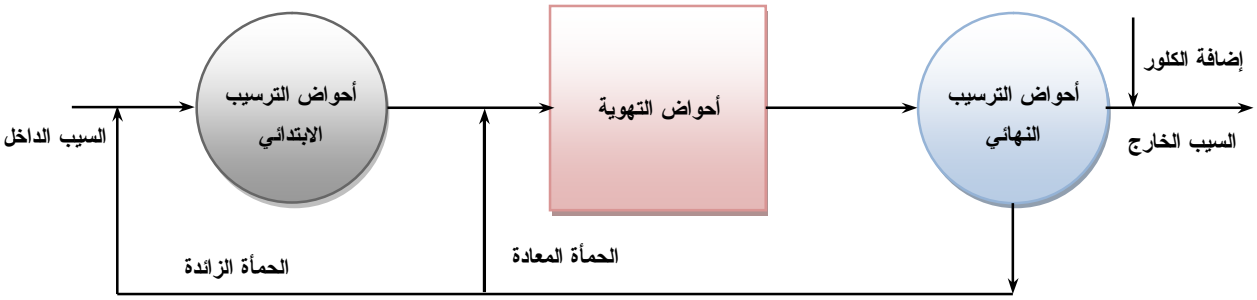
وتتراوح نسبة المواد الصلبة بالخليط في هذه الطريقة (Mixed Liquor Suspended Solid, MLSS) ما بين ١٥٠٠ - ٢٠٠٠ ملجم/ لتر وهو يعتبر أعلي قيمة من طريقة المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية، ويتطلب هذا النظام كمية هواء مماثلة للنظام التقليدي يتم تقسيمها علي حوضي التلامس والتثبيت وبالرغم من ذلك فإن مجموع حجم الحوضين يساوي نصف حجم الحوض في النظام التقليدي.

٣- الخلط الكامل (Complete Mix)

يتم تغذية حوض التهوية بمياه الصرف الصحي الخام بشكل متساوي علي طول الحوض ويتم سحب الحمأة من الحوض بنفس الطريقة وذلك من الجانب الآخر علي أن تكون قيم تركيز السائل المخلوط MLSS متماثلة في جميع أجزاء الخزان وفي حدود ٢٠٠٠-٥٠٠٠ مجم/ لتر.

ويمكن للمشغل تقييم درجة الخلط بالحوض بقياس قيم الأكسجين المذاب (DO) والمواد الصلبة، فاذا كان الخليط متماثل فستكون هذه القياسات تقريبا متماثلة، ويوضح الشكل رقم (٤-٩) نظام الخلط الكامل.

ويتميز هذا النظام بقدرة إستيعاب لكميات كبيرة من المواد الصلبة العالقة بحوض التهوية مما يؤدي إلي خفض حجم الحوض بالإضافة إلي إستقرار النظام بدرجة عالية تسمح بمواجهة أي زيادة في الأحمال الهيدروليكية والعضوية.



شكل رقم (٤-٩)

نظام الخلط الكامل (Complete Mix)

طـرق التهوية

تتم تهوية المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائى مع الحمأة المنشطة المعادة من حوض الترسيب النهائى فى أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية. وتظل المياه فى حوض التهوية فترة تختلف باختلاف النظام

المستخدم وتتراوح من أربع إلى ثماني ساعات في المعالجة التقليدية حيث تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدى وظيفتها فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية، ويمكن تقسيم طرق التهوية والتقليب إلى ثلاثة أنواع رئيسية:

أ - التهوية بالهواء المضغوط.
ب- التهوية الميكانيكية.
ج- التهوية بالطرق المشتركة (الهواء المضغوط مع التقليب الميكانيكى).

ويجب أن تتوافر فى أحواض التهوية الشروط الآتية:

- توافر الأكسجين فى كافة أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتريا فى أكسدة وتثبيت المواد العضوية.
- وجود تقليب مستمر فى أحواض التهوية ينتج عنه ترويب المواد العالقة الدقيقة لتكوين مواد أكبر حجماً يسهل ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائى.
- التقليب بشدة كافية لمنع ترسيب المواد العالقة فى قاع حوض التهوية خوفاً من تراكمها لأن ذلك يتعارض مع استكمال عملية الأكسدة، وكذلك لخلو هذه الأحواض من وسائل إزالة وكسح الرواسب من القاع.

أ. التهوية بالهواء المضغوط

ويتم فى هذه الطريقة مزج المخلفات السائلة بعد معالجتها وخروجها من أحواض الترسيب الابتدائى بنسبة حوالى من ٢٠% إلى ١٠٠% من حجم الحمأة المنشطة السابق ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائى. ثم يمر الخليط فى أحواض التهوية التى تتم فيها عملية التقليب والتهوية بواسطة فقاعات من الهواء تخرج من شبكة من البلاطات أو الأقراص المسامية المثبتة فى قاع الحوض ومتصلة بمجموعة من المواسير يضغط فيها الهواء وتسمى هذه البلاطات أو الأقراص بناشرات الهواء كما هو موضح بالصور رقم (٤-١).

صور رقم (٤-١)
ناشرات الهواء بحوض التهوية

ب. التهـــويـــة الميكانيكية

وتتم التهوية فى هذه الحالة باستخدام طرق ميكانيكية تحدث اضطراباً فى سطح المخلفات السائلة – ويساعد هذا الإضطراب على أن يمتص السائل الأكسجين من الهواء ومن ثم تقوم البكتريا الهوائية بإستخدام هذا الأكسجين فـــى أكســـدة وتثبيت المـــواد العضويـــة، وتستخدم الهوايات السطحية في هذه الطريقة كما يوضح ذلك الصورة رقم (٤-٢)

صورة رقم (٤-٢)
الهوايات السطحية

٢. المعالجة بالحمأة المنشطة (التهوية الممتدة)

التهوية الممتدة هي شكل معدل لعمليات الحمأة المنشطة التقليديـــة وعـــادة لا تحتاج هذه النظم إلي أحواض ترسيب ابتدائي والأجزاء الرئيســـية للوحـــدات العاملة بقنوات الأكسدة هي:

- حوض التهوية ويتكون من قناتين متجاورتين ومنفصلين إلا عند نهايتهما حيث النهايات دائرية الشكل وذلك لضمان استمرار دوران السائل بالحوض وعدم تكون الدوامات والمناطق الميتة وأيضا حماية هذه النهايات من التآكل كما توضح الصور رقم (٤-٣).
- الفرشة الدوارة وهي تستخدم في أعمال التهوية بالحوض واستمرار خلط ودوران السائل المخلوط بالقنوات بسرعة في حدود (٠.٣- ٠.٤٥ م/ ث) وهي السرعة التي لا تسمح بترسيب الرواسب المتكونة داخل القنوات.
- خزان الترسيب (حوض الترسيب النهائي)
- طلمبات الحمأة المعادة والزائدة.

صور رقم (٤-٣)
حوض التهوية بنظام التهوية الممتدة

ويوضح الجدول رقم (٤-٥) بعض المؤشرات الخاصة بطرق المعالجة بالحمأة المنشطة المختلفة من حيث نوع النظام والحمل العضوى المناسب، مدة المكث ونسبة الإزالة للملوثات.

جدول رقم (٤-٥)

المؤشرات الخاصة ببعض طرق المعالجة بالحمأة المنشطة

(مرتبة حسب مدة المكث بالحوض)

النظام	الحمل العضوى		مدة المكث (ساعة)	نسبة الحمأة المعادة (%)	كفاءة إزالة BOD (%)
	كجم BOD/ ١٠٠٠ م^3 فى اليوم	كجم BOD/ كجم MLSS فى اليوم			
نظام الحمأة المنشطة ذات المعــدل العالى	حتى ١.٦	٠.٥ – ١.٠	٢.٥- ٣.٥	١٠٠	٦٠ - ٨٠
نظام التهوية المتدرجة	٠.٤٨ -٠.٨	٠.٢ - ٠.٥	٥ - ٧	٥٠	٨٠- ٩٥
نظام التهوية التقليدية	٠.٤٨ - ٠.٦٤	٠.٢ -٠.٥	٦ - ٧.٥	٣٠	٩٥
نظام التثبيت بالتلامس	٠.٤٨ -٠.٨	٠.٢ - ٠.٥	٦ – ٩	١٠٠	٨٥ – ٩٧
نظام التهوية الممتدة	٠.١٦ – ٠.٤٨	٠.٠٥ – ٠.٢	٢٠ – ٣٠	١٠٠	٨٠ – ٩٥

* المصدر: الدورات التدريبية للمكتب الاستشارى كيمونكس مصر.

المتطلبات التصميمية لعمليــة المــعالجة بالحمأة المنشطة

من الممكن أن تكون من موقعك كمشغل مفيدًا جدًا لمصممى أى محطة معالجة جديدة، أو عمل توسعات لمحطة قائمة فعلاً وذلك بمراجعتك للرسومات التصميمية والمواصفات الفنية، وتوجيه المصممين إلى بعض النقاط التى تجعل أداء المحطة أفضل، لذا يجب مراجعة البنود التالية وتفحصها فى محطتك الحالية التى تقوم بتشغيلها.

١ - فى المحطات ذات التهــوية الممتدة

يجب التأكد من وجود واستكمال العناصر التالية:

١- البيانات التصميمية الخاصة بالمحطة تضمن المرونة فى معالجة مياه الصرف الصحى بما يكفل متطلبات ومعايير المعالجة فى المستقبل.
٢- وجود أحواض معالجة ومعدات احتياطية بتصميم المحطة.
٣- وجود سلالم وأسوار آمنة بالمحطة لسلامة العاملين أثناء تنفيذ مهام التشغيل والصيانات المختلفة للأحواض والمعدات.
٤- توفير وسائل التحكم عن قرب أو عن بعد فى تشغيل المعدات الكهروميكانيكية بالمحطة.

٥- معدات المحطة الكهروميكانيكية وأجهزة القياس مصممة على الأداء بكفاءة مع تصرفات المياه المنخفضة المتوقعة فى بداية تشغيل المحطة.
٦- وجود منظومة خطوط مواسير وصمامات لتفريغ الأحواض عند الاحتياج فى تصميم المحطة لأداء الصيانات المختلفة للمعدات.
٧- منظومة الكلور بها مرونة فى التشغيل بحيث تسمح بإضافة الكلور الأولى، والمنظومة بها أجهزة تحكم مناسبة.
٨- يمكن - من الناحية الكهربية - تشغيل كل المعدات الكهروميكانيكية للمحطة بالتوازى.
٩- وجود منظومة أحواض موازنة ملائمة لمواجهة التصرفات الزائدة أثناء الأمطار أو التصرفات الصناعية.
١٠- وجود معدات تسمح باستبدال وإصلاح ناشرات الهواء الموجودة بأحواض التهوية.
١١- المعمل مجهز بالمعدات والكيماويات والزجاجيات المطلوبة لأقل التجارب الضرورية للتحكم فى عمليات المعالجة.
١٢- أحواض تجفيف الحمأة الموجودة بالمحطة كافية لتجفيف كمية الحمأة المتوقعة ولأحوال الطقس بالمنطقة.
١٣- وجود طلمبات لضخ الحمأة إلى أحواض التجفيف.
١٤- أحواض التجفيف مصممة بحيث يسهل إزالة الحمأة الجافة منها، ووجود نظام للتخلص من هذه الحمأة.
١٥- وجود مولد كهرباء احتياطى ذو قدرة كافية لإدارة معدات ووحدات المحطة كلها عند انقطاع مصدر الكهرباء الرئيسى.

٢ - فى المحطات ذات التهــوية الممتدة (قنــوات أكسدة)

يجب التأكد من وجود واستكمال العناصر التالية:

١- مياه الصرف الصحى والحمأة المنشطة المعادة يجب أن يدخلا إلى قناة الأكسدة فى بدايتها وبما يحقق خلطًا جيدًا مع السائل المخلوط الموجود بقناة الأكسدة.

٢- السائل المخلوط الخارج من قناة الأكسدة يجب أن يكون فى نهاية القناة وبعيدًا عن مكان الدخول وذلك تجنبًا لحدوث قصر دائرة.

٣- يجب أن تكون قناة الأكسدة مزودة بهدار خروج قابل للضبط وذلك للتحكم فى منسوب السائل المخلوط بالقناة. الحسابات التصميمية لأعلى منسوب للهدار يجب أن تأخذ فى اعتبارها أقصى تصرف تصميمى لمياه الصرف الصحى الداخلة وكذلك أقصى تصرف تصميمى للحمأة المنشطة المعادة للقناة.

٤- يجب أن تتوفر بقناة الأكسدة مشايات بأسوار أمان لكى تتم أعمال صيانة الهوايات بسهولة وأمان. والمشايات يجب أن تكون عند بدايات الهوايات Upstream وذلك لتجنب تراكم الرذاذ على هذه المشايات، كما يجب توفير أجهزة عوم معتمدة ومتوافق عليها وتوضع فى أماكن حيوية بالقناة وذلك لإمكانية النزول إلى القناة عند الاضطرار.

٥- يجب أن يكون هناك عوارض أفقية مثبتة بالقناة على بعد ٤.٥ م من الهواية وفى اتجاه سريان السائل المخلوط الخارج منها (Down Stream) ويكون عمق هذه العوارض حوالى ١.٥ م، وذلك لضمان الخلط الجيد لجميع محتويات القناة.

٦- إذا كانت بالمحطة قناة أكسدة واحدة فإنه من الأسهل لأعمال الصيانة أن يكون محرك إدارة الهواية على الجانب الخارجى للقناة.

٧- يجب أن يكون قاع القناة وجوانبها مبطنة بمواد مناسبة مقاومة لمياه الصرف الصحى.

٨- كل المحركات الكهربية الخاصة بالهوايات وصناديق تخفيض السرعة يجب أن تكون مرتفعة عن منسوب السائل المخلوط، كما يجب أن يكون الوصول إليها لأعمال الصيانة سهلاً وآمنًا.

٩- يجب أن تتوفر بمحطة المعالجة مصدر قوى كهربية احتياطى أو مولدات كهربية لإمكانية تشغيل المعدات الضرورية لاستمرار أعمال المعالجة.

١٠- من المفيد تزويد قناة الأكسدة بوحدة تهوية عائمة لاستخدامها فى حالة حدوث أعطال بوحدة التهوية (الأساسية) وذلك بهدف استمرار عملية المعالجة البيولوجية.

الأسس التصميمية لأحواض التهوية

تنص الأسس التصميمية لأحواض التهوية طبقًا للكود المصرى لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحى على ما يلى:

١- لإيجاد حجم حوض التهوية تستخدم المعادلة (١)

حوض التهوية Volume of aeration tank

$$\frac{F}{M} = \frac{Q}{V} (L_i - L_e) / MLSS \quad \text{.....(1)}$$

Where:

حيث: نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية $\frac{F}{M} = Food\ to\ Microorganism\ ratio$

التصرف التصميمى Q = Design flow m^3/day

حجم حوض التهوية V = Reactor volume m^3

الاحتياج للأكسجين الحيوى فى المياه المرسبة قبل حوض التهوية L_i = BOD to reactor gm/ m^3

الاحتياج للأكسجين الحيوى فى المياه المرسبة بعد حوض التهوية L_e = BOD required gm/ m^3

تركيز المواد العالقة الكلية فى حوض التهوية MLSS = Mixed liquor suspended solids gm/ m^3

ومن خلال القيم المذكورة بالعمود رقم (٩) بالجدول رقم (٤-٦) والخاص بالنسبة المئوية لإزالة BOD_5 يمكن تحديد نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) من العمود رقم (٤) وبالتالى اختيار كمية المواد العالقة الكلية بحوض التهوية من العمود رقم (٢) (MLSS) ومن معلومية التصرف (Q) ثم تستخدم المعادلة رقم (١) فى إيجاد حجم حوض التهوية (V).

٢- يتم التحقق من مدة المكث فى الحوض بإستعمال المعادلة رقم (٢) ومقارنتها بالعمود رقم (٥)

مدة المكث Hydraulic retention time in reactor

$T = \frac{V}{Q}$ .....(2)

$T = (L_i - L_e)/(^F/_M)$ * MLss

٣- يتم حساب معدل التحميل العضوى

حيث يتم مقارنة هذه القيمة بالعامود رقم (٦)

٤- يتم حساب الحمأة الزائدة باستعمال المعادلة رقم (٣)

الحمأة الزائدة Excess sludge production

$\frac{M_W}{F} = (a - b)/(^F/_M)$

$M_W = aF - bM$.....(3)

حيث: Where:

M_W = Excess solids produced (Kg/day) الحمأة الزائدة الناتجة فى اليوم

F = BOD removed = Q (L_i - L_e) (gm/day) الغذاء المستهلك

a, constant = 0.7 ثابت

b, constant = 0.075 ثابت

٥- يتم حساب زمن بقاء الحمأة باستعمال المعادلة رقم (٤) ومقارنة الناتج بالعامود رقم (٧).

زمن بقاء الحمأة Sludge retention time (SRT)

$$SRT = \frac{Total\ MLSS\ in\ Aerator}{Excess\ sludge\ production} = \frac{M}{M_W}$$

$$SRT = \frac{M}{aF - bM}$$

معدل إعادة الحمأة (R) Recirculation rate of sludge, R

$C_2 R = C_1 (R + Q)$

C_1 = MLSS in reactor gm/ m^3 تركيز المواد العالقة بحوض التهوية

C_2 = MLSS in returned sludge gm/ m^3 تركيز المواد العالقة بالحمأة المعادة

= 1000 gm/ m^3 (max)

R = return sludge 100 % of Q m^3/ hr.

Q = flow rate m^3/ hr.

SVI, sludge volume index

الحجم باللتر لواحد جرام من الحمأة المنشطة بعد فترة ترسيب قدرها نصف ساعة فى مخبار حجمه واحد لتر = $\frac{m\ /settled\ sludge*1000}{mg/\ lit\ \text{suspended solids (MLSS)}}$

٦- يتم حساب معدل إعادة الحمأة باستعمال المعادلة رقم (٥) ومقارنة الناتج بالعامود رقم (٨).

كمية الأكسجين المطلوبة Oxygen requirement

$O_C = [a\,F / M + b\,]M$.....(6)

a, constant = 0.55 for domestic wastewater

b, constant = 0.15 for domestic wastewater

٧- يتم حساب كمية الأكسجين المطلوب من المعادلة رقم (٦) لأكسدة المواد العضوية الكلية (الكربونية والنيتروجينية).

(7) For nitrification

$Q_{nit} = 4.6\ Q\ (NH_3)/\ 10^3$ .....(7)

Q_{nit} = Oxygen required for nitrification

= 4.6 kg of O_2 for to NO_3

NH_3 = (Influent NH_3 as N – Effluent NH_3 as N) gm/ m^3

= NH_3 gm/ m^3

DO = dissolved oxygen (1-2) gm/ m^3

= 2.0 kg / kg BOD removed for extended

= (0.9 – 1.2) kg O_2 / kg BOD Removed for conventional

جدول رقم (٤ - ٦)
المعدلات التصميمية فى أنظمة التشغيل المختلفة لعملية الحمأة المنشطة

نظام عملية المعالجة	الخصائص الهيدروليكية لسريان المياه	كمية المواد العالقة الكلية (مجم/ لتر)	نسبة المواد العالقة الطيارة إلى المواد العالقة الكلية	كمية الغذاء/ الكائنات الحية كجم BOD/ كجم اليوم	زمن البقاء الهيدروليكى (ساعة)	معدل التحميل القصوى كجم BOD/ م^3	زمن بقاء المواد الصلبة (يوم)	نسبة الحمأة المعادة إلى تصرف مياه الصرف الصحى الخام	النسبة المئوية لإزالة BOD الأكسجين الحيوى المستهلك	كجم أكسجين – (كجم BOD تمت إزالته)	كمية الهواء اللازمة لكل كجم أكسجين حيوى مستهلك (متر^3)
(١)		(٢)	(٣)	(٤)	(٥)	(٦)	(٧)	(٨)	(٩)	(١٠)	(١١)
تقليدى	مكبسى	١٥٠٠ – ٣٠٠٠	٠.٨	٠.٢ – ٠.٤	٤-٨	٠.٣ – ٠.٧	٥ – ١٥	٠.٢٥ – ٠.٥	٨٥ – ٩٥	٠.٨ – ١.١	٤٠ – ٦٠
تناقص تدريجى لمعدلات التهوية	مكبسى	١٥٠٠ – ٣٠٠٠	٠.٨	٠.٢ – ٠.٤	٤-٨	٠.٣ – ٠.٨	٥ – ١٥	٠.٢٥ – ٠.٥	٨٥ – ٩٥	٠.٧ – ١.٠	٥٠ – ٨٠
تغذية مرحلية	مكبسى	٢٠٠٠ – ٣٠٠٠	٠.٨	٠.٢ – ٠.٤	٣-٥	٠.٧ – ١.٠	٥ – ١٥	٠.٢٥ – ٠.٧٥	٨٥ – ٩٥	٠.٧ – ١.٠	٥٠ – ٨٠
التثبيت بالتلامس	مكبسى	١٠٠٠-٣٠٠٠ (١) ٣٠٠٠-٦٠٠٠ (٢)	٠.٨	٠.٢ – ٠.٥	٠.٥-١.٥ (١) ٣-٦ (٢)	١.٠ – ١.٢	٥ – ١٥	٠.٢٥ – ١	٨٥ – ٩٥	٠.٧ – ١.٠	٥٠–٨٠ (٢)
الخلط التام	خلط تام	٣٠٠٠ - ٦٠٠٠	٠.٨	٠.٢ – ٠.٦	٣-٥	٠.٨ – ٢.٠	٥ – ١٥	٠.٢٥ – ١.٠	٨٥ – ٩٥	٠.٧ – ١.٠	٥٠ - ٨٠
التهوية ذات المعدل السريع	مكبسى	٣٠٠ – ٨٠٠	٠.٨	٠.٥ – ١.٥ ١.٥	١.٥ - ٣	١.٢ – ٢.٤	٠.٢ – ٠.٥	٠.٥ – ٠.١٥	٦٠ – ٧٥	٠.٤ – ٠.٦	٢٥ – ٥٠
تهوية ممتدة وقنوات الأكسدة	خلط تام	٣٠٠٠ - ٨٠٠٠	٠.٥ – ٠.٦	٠.٠٥	١٨ - ٣٦	٠.٢ – ٠.٤	٢٠ - ٣٠	- ٠.٣٥	٩٠ – ٩٨	- ١.٠	١٠٠-١٤٠

(١) حوض التهوية بالتلامس (٢) حوض تثبيت الحمأة (٢) هذه الكمية تُقسم بالتساوى على حوض التهوية بالتلامس وحوض تثبيت الحمأة

المصدر: الكود المصرى لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحى - ٢٠٠٤

أحواض الترسيب النهائى (الثانوى)
Secondary Sedimentation Tanks

أحواض الترسيب النهائى من الوحدات الهامة جدًا من وحدات المعالجة فهى جزء مكمل لأجزاء عملية المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى، فهى التى تحسن من خواص المياه المعالجة فى نهاية مراحل المعالجة. ولهذا سميت المروقات حيث تقوم بترويق المياه. وفى عمليات الحمأة المنشطة تقوم وحدات الترسيب بإمداد أحواض التهوية بالحمأة المنشطة المعادة التى تحتوى على كميات كبيرة من الكائنات الحية الدقيقة النشطة التى تقوم بأكسدة المواد العضوية وتثبيتها.

وبالرغم من أن أحواض الترسيب الابتدائى والنهائى تتشابه إلى حد كبير فى الوصف والتركيب إلا أن أحواض الترسيب الثانوى تعمل على ترسيب جزيئات من المواد أخف من الجزيئات التى تقوم بترسيبها أحواض الترسيب الابتدائى، لذلك تكون مدة بقاء المياه فى أحواض الترسيب الثانوى أكبر.

وفى عمليات الحمأة المنشطة يكون الحمل على أحواض الترسيب النهائى غير عادى، حيث تحتوى المياه الخارجة من أحواض التهوية على تركيزات عالية قد تزيد عن ٢٠٠٠ ملليجرام/ لتر من المواد العالقة التى يجب ترسيبها فى أحواض الترسيب النهائى وترجع أهمية ترسيب المواد العالقة للأسباب الآتية:

أهمية أحواض الترسيب النهائى

١. ترسب المواد العالقة لإعادة نسبة منها إلى أحواض التهوية كحمأة معادة نشطة بيولوجيًا بها العديد من الكائنات الدقيقة التى تقوم بأكسدة المواد العضوية فى أحواض التهوية.
٢. ترويق المياه عن طريق التخلص من نسبة كبيرة من المواد الصلبة العالقة بالترسيب، وتخرج المياه بعد ذلك وقد تخلصت من نسبة كبيرة من العكارة والمواد العضوية.

ويجب مراعاة أن البيئة المناسبة للحمأة المنشطة هو أحواض التهوية حيث توافر الأكسجين الذائب والمواد العضوية (الغذاء)، أما قاع حوض الترسيب

فتقل به نسبة الأكسجين الذائب، كما يفضل أن يكون إعادة الحمأة المنشطة مستمرًا بلا توقف وبدون تخزين فى أحواض الترسيب النهائى وذلك لتلافى حدوث النشاط اللاهوائى فى قاع أحواض الترسيب والذى ينتج عنه تصاعد الروائح غير المرغوب فيها، وكذلك حدوث عكس النيترة (التأزت) والذى يحدث نتيجة استهلاك الأكسجين الذائب الموجود بواسطة الكائنات الدقيقة، فتبدأ الكائنات فى الحصول على الأكسجين من تكسير المواد النيتروجينية الناتجة من عملية التأزت مثل النترات وتحولها إلى غاز النيتروجين الذى يتكون حاملاً معه أجزاء كبيرة من الحمأة مسببًا تصاعد كرات كبيرة من الحمأة ذات لون داكن من قاع المروق إلى السطح.

أسس تصميم أحواض الترسيب الثانوى

من أهم الأسس التى يجب مراعاتها فى تصميم أحواض الترسيب النهائى سهولة وسرعة تجميع المواد المترسبة بالقاع، وذلك تجنبًا للمشاكل التى تحدث عند زيادة مدة بقاء الحمأة داخل أحواض الترسيب النهائى.

وتكون هذه الأحواض غالبًا دائرية ويميل قاعها بدرجة مناسبة ناحية المركز لتجميع الرواسب، ويتبع فى تصميمها الأسس الخاصة بأحواض الترسيب الابتدائى مع مراعاة العوامل الآتية:

الأسس التصميمية لأحواض الترسيب الثانوى

- التحميل السطحى لا يزيد عن ٣٢ متر^{٣}/ م^{٢}/ يوم.
- السرعة الرأسية تتراوح بين (٣-٤) سم/ دقيقة.
- يفضل ألا تقل مدة بقاء المياه فى الأحواض عن ثلاث ساعات وذلك لضمان الترسيب الكامل ولا تزيد عن ٥ ساعات.
- يصل عمق الحوض إلى خمسة أمتار.
- معدل التحميل على هدار المخرج لا تزيد عن ١٢٠ م^{٣}/ متر/ يوم.
- يفضل ألا يزيد معامل حجم الحمأة عن ١٥٠ حتى لا تتأثر كفاءة المعالجة.

أحواض الترسيب النهائى

عند مراجعة أعمال التصميم للمحطة التى تعمل بنظام الحمأة المنشطة ذات التهوية الممتدة باستخدام قنوات الأكسدة، فإنه يجب التأكد من أن معدل التحميل الهيدروليكى السطحى لأحواض الترسيب النهائى حوالى ٢٤ م^{٣}/ يوم/ م^{٢}، وإذا كانت المحطة معرضة لاختلافات متباينة فى تصرفات المياه الداخلة إليها فيجب التأكد ألا يزيد معدل التحميل الهيدروليكى السطحى اللحظى عن ٤٩ م^{٣}/ يوم/ م^{٢}.

أ. أما عن التحميل العضوى فيجب أن تعلم أن التشغيل ومعدلات التحميل الهيدروليكى السطحى العادى لقنوات الأكسدة تمنع التحميل العضوى الزائد على أحواض الترسيب النهائى، ومع ذلك إذا كانت محطة المعالجة تم تصميمها على أساس النيترة الكاملة طوال العام فإن الحد الأقصى اللحظى للتحميل العضوى يجب ألا يزيد عن ٢٠٠ كجم/ يوم/ م^{٢}.

ب. زمن البقاء بالحوض يكون حوالى ٣ ساعات، وهذا يعتمد على التصرف التصميمى للمحطة، ومع ذلك فإنه فى جميه الأحوال يجب مراعاة أن عمق المياه بجوار الحائط لا يزيد عن ٢,٤ متر.

التخلص من الماء المعالج

عند مراجعة الجزء الخاص بالتخلص من الماء المعالج، تأكد من أن ماسورة الخروج إلى المياه المستقبلة (المصرف مثلاً) فى وضع لا يسمح بعودة الماء الفائض من المصرف إلى المحطة فى حالة انقطاع التيار الكهربى أو تعطل طلمبات الضخ.

ومن الممكن تركيب صمام عدم رجوع على ماسورة الخروج لمنع التدفق العكسى للمياه، تأكد أيضًا من أن ماسورة خروج الماء المعالج مغمورة بالمياه المستقبلة وذلك لتقليل المشاكل التى تنتج من تكون الرغاوى والخبث الطافى على سطح المياه المستقبلة.

مزايا المعالجة بالحمأة المنشطة

يمكن إيجاز مزايا المعالجة بنظم الحمأة المنشطة فيما يلى:

١. خلوها من متاعب الرائحة غير المرغوب فيها وعدم انتشار الذباب.
٢. تحتاج إلى مساحة صغيرة مقارنة بالمساحة التى تحتاجها المرشحات البيولوجية.
٣. مصاريف إنشائها صغيرة نسبياً.
٤. يمكن إنشاؤها بالقرب من المساكن دون حدوث أضرار بيئية للسكان مع ضرورة التشغيل الجيد للمحطة.
٥. لا تحتاج إلى أيدي عاملة كثيرة للتشغيل.
٦. لا ينتج عنها فاقد كبير فى منسوب المياه من أول حوض إلى آخر حوض بالمحطة.

عيوب المعالجة بالحمأة المنشطة

يمكن تلخيص عيوب المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فيما يلى:

١. تحتوى الحمأة الناتجة على نسبة عالية من الماء مما يسبب زيادة كبيرة فى حجم الحمأة وكذلك صعوبة فى تجفيفها.
٢. ارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة.
٣. تحتاج إلى إشراف فنى على مستوى عالٍ.
٤. قد توجد صعوبات فى التشغيل إذا احتوت المياه المطلوب معالجتها على مواد سامة.
٥. قد تسوء نتائج التشغيل بدون أسباب معروفة، ويحتاج الأمر وقتاً طويلاً لإعادة نتائج التشغيل إلى الدرجة المعتادة.

ج. المعالجة البيولوجية باستخدام بحيرات الأكسدة

بحيرات الأكسدة هي أحواض كبيرة ضحلة (قليلة العمق) تتكون من تشكيل فى الأرض الطبيعية سواء بالحفر أو الردم. وتتم فيها معالجة مياه الصرف الصحى بطريقة طبيعية وتعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا وبعض العناصر الموجودة أساسًا فى مياه الصرف الصحى، وذلك باستخدام المقومات الطبيعية مثل درجة الحرارة والرياح وقوة أشعة الشمس. ومن المعروف أنه فى وجود الهواء والماء الملوث والشمس يتم تكوين طحالب تمد البكتريا بالأكسجين اللازم لنشاطها.

وتعتبر مدة مكث مياه الصرف الصحى فى البحيرات من أهم العوامل المؤثرة فى المعالجة، وتتراوح هذه المدة من ٣٠ – ٥٠ يوماً طبقا لنوع البحيرات الطبيعية. ويفضل استخدام بحيرات الأكسدة فى معالجة مياه الصرف الصحى للمناطق المنعزلة والصغيرة والريفية، وخاصة فى المناطق الحارة والجافة وذلك لعدم احتياجها للصيانة المعقدة أو العمالة المدربة، وتعتبر الحل الاقتصادى لمعالجة مياه الصرف الصحى فى حالة توفر الأرض اللازمة لإنشاء مثل هذه البحيرات وخاصة فى الأراضى الصحراوية.

نظـــرية تشغيل بحيرات الأكسدة

يتم إنشاء بحيرات الأكسدة أساساً لإزالة جزء كبير من المواد العضوية الذائبة فى مياه الصرف الصحى. ويعبر عن كفاءة البحيرات بنسبة إزالة كمية الأكسجين الحيوى الممتص (BOD) بواسطة البكتريا لتثبيت المادة العضوية ويتم ذلك بطريقتين هما:

١- طريقة المعالجة اللاهوائية.

٢- طريقة المعالجة الهوائية.

طريقة المعالجة اللاهوائية

تتم عملية التحلل اللاهوائى نتيجة لوجود وسط مناسب لنشاط وتكاثر البكتريا اللاهوائية وتتم عملية الأكسدة على مرحلتين:

- تثبيت المواد العضوية الذائبة حيث تتحول إلى أحماض عضوية (أمينية).
- تقوم البكتريا الميثانية اللاهوائية بتحويل الناتج (الأحماض العضوية) إلى المكونات الأساسية وهى غازات الميثان وثاني أكسيد الكربون والأمونيا (تتحول إلى نيتريت ثم إلى نترات) بالإضافة إلى الماء ومواد ثابتة مترسبة (قشور).

طريقة المعالجة الهوائية

تتم عمليـــة التحلل الهوائى نتيجة لوجود وسط مناسب لنشاط وتكاثر البكتريا الهوائية وتتم فيها عملية أكسدة المواد العضوية (تحويل المواد العضوية) فى وجود البكتريا الهوائية إلى ثانى أكسيد الكربون وفوسفات وأمونيا (ثم تتحول الأمونيا إلى نيتريت ثم إلى نترات)، ويتم إمداد البكتريا بالأكسجين اللازم

لنشاطها عن طريق التمثيل الضوئى للطحالب التى تتكاثر فى وجود أشعة الشمس والمياه وثانى أكسيد الكربون.

أنواع بحيرات الأكسدة

تنقسم البحيرات إلى ثلاثة أنواع هى بحيرات الأكسدة الطبيعية والبحيرات المهواة والبحيرات الخاصة.

بحيرات الأكسدة الطبيعية

تنقسم بحيرات الأكسدة الطبيعية إلى ثلاثة أنواع هى البحيرات الهوائية والبحيرات الاختيارية (المترددة) والبحيرات اللاهوائية، فمعظم بحيرات التثبيت والأكسدة تثبت المخلفات العضوية خلال عملية طبيعية معقدة مستخدمة ضوء الشمس والأكسجين وتيارات الماء ونشاط البكتريا والطحالب، كما تحتاج هذه البحيرات إلى مساحات مسطحة كبيرة وأعماق قليلة ووقت طويل حتى يتم التثبيت الطبيعى، ويوضح الشكل رقم (٤-١٠) رسم تخطيطي لنظام المعالجة باستخدام برك الأكسدة المهواه ميكانيكيا.

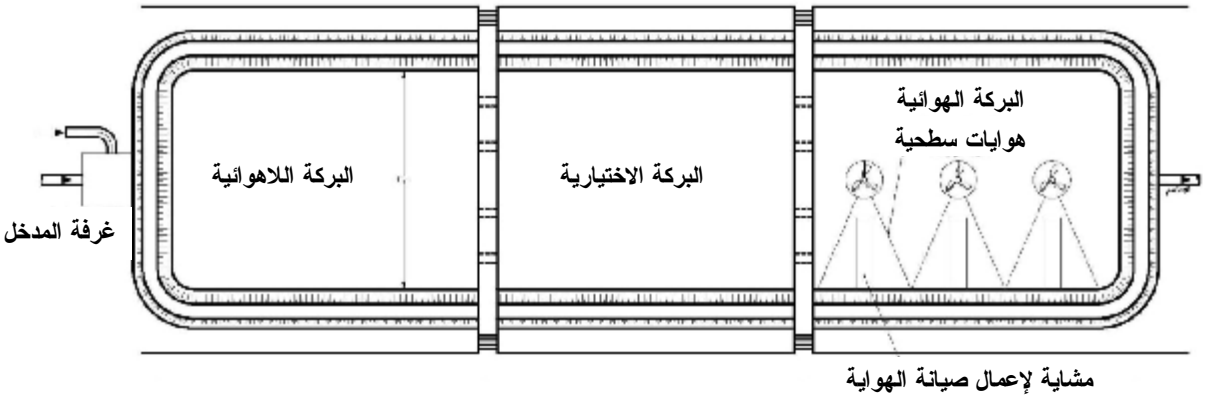
البحيرات اللاهوائية:

تأتي البحيرات اللاهوائية في الجزء الاول من محطة المعالجة وهى بحيرات مصممة لتعالج المخلفات ذات الإحتياج العالى من الأكسجين والحمل العضوى عال فى هذه البحيرات حيث تنتشر خلالها الظروف اللاهوائية. وتشبه هذه البحيرات الخزانات ذات الهضم اللاهوائى أو بيارة تخزين المياه الملوثة (الصرف الصحى)، ويتراوح عمق هذه البحيرات اللاهوائية بين ٢ و ٥ متر.

البحيرات الاختيارية (المترددة):

تأتي البحيرات الإختيارية في الجزء الأوسط من محطة المعالجة وهي تلي البحيرات اللاهوائية، وهى أكثر الأنواع المعروفة من البحيرات، و تستخدم فى برك التثبيت والأكسدة، وتحتوى على طبقتين (منطقتين) للمعالجة وهى الطبقة السطحية الهوائية وطبقة القاع اللاهوائية، فالبحيرات الإختيارية تعمل على عمق من الماء بين ١م إلى ٢.٤م وعادة ما تتحمل من ١.٧ – ٩.٠ جم للمتر المربع من

الأكسجين الحيوى الممتص. ويتم إمداد الطبقة السطحية بالأكسجين من الطحالب وتأثير الرياح. بينما تتحلل المواد العضوية المترسبة فى طبقة القاع لاهوائياً.



شكل رقم (٤-١٠)

شكل تخطيطي لنظام المعالجة باستخدام برك الأكسدة المهواه ميكانيكيا

ومن الممكن رفع كفاءتها إما بزيادة وقت المكث أو بخفض الحمل العضوى على السطح أو بكل منهما. والطريقة الأخرى هى زيادة عمق البحيرة ووضع مصدر ميكانيكى للتهوية، ويستخدم الهواء المضغوط عندما يكون المناخ بارداً ويمكن بناء بحيرات أخرى لتساعد فى أغراض خاصة.

البحيرات الهوائية:

تستقبل البحيرات المخلفات المعالجة من البحيرات الاختيارية ويتراوح عمق هذه البحيرات الهوائية بين ٥٠ سم و ٧٥ سم وتعمل فى مجموعات تسمى بحيرات الأكسدة ويمكن أن تعمل كمعالجة ثانوية (بيولوجية) تتبع محطة معالجة أولية (مصافى- حوض فصل الرمل- وحوض ترسيب ابتدائى).

البحيرات المهواة:

وتستخدم فى حالات يكون فيها إضافة الأكسجين ضرورياً نتيجة الحمل العضوى العالى، فمثلاً عندما تصبح البحيرات الاختيارية زائدة الحمل فإنها تستخدم أكسجين أكثر من الذى تنتجه وبالتالى تتحول إلى لاهوائية، وتحصل هذه البرك على الأكسجين اللازم لها من ثلاثة مصادر:

- **التهوية الميكانيكية (Mechanical Aeration)**

بإستخدام الهوايات أو القلابات بحيث يشمل التقليب جميع أجزاء البركة حيث لا تتواجد أماكن لاهوائية بالقاع، في هذا النوع لا يوجد أي دور للطحالب، ويتم اللجوء إلى التهوية الميكانيكية إذا كان الهدف استقبال أحمال عضوية عالية.

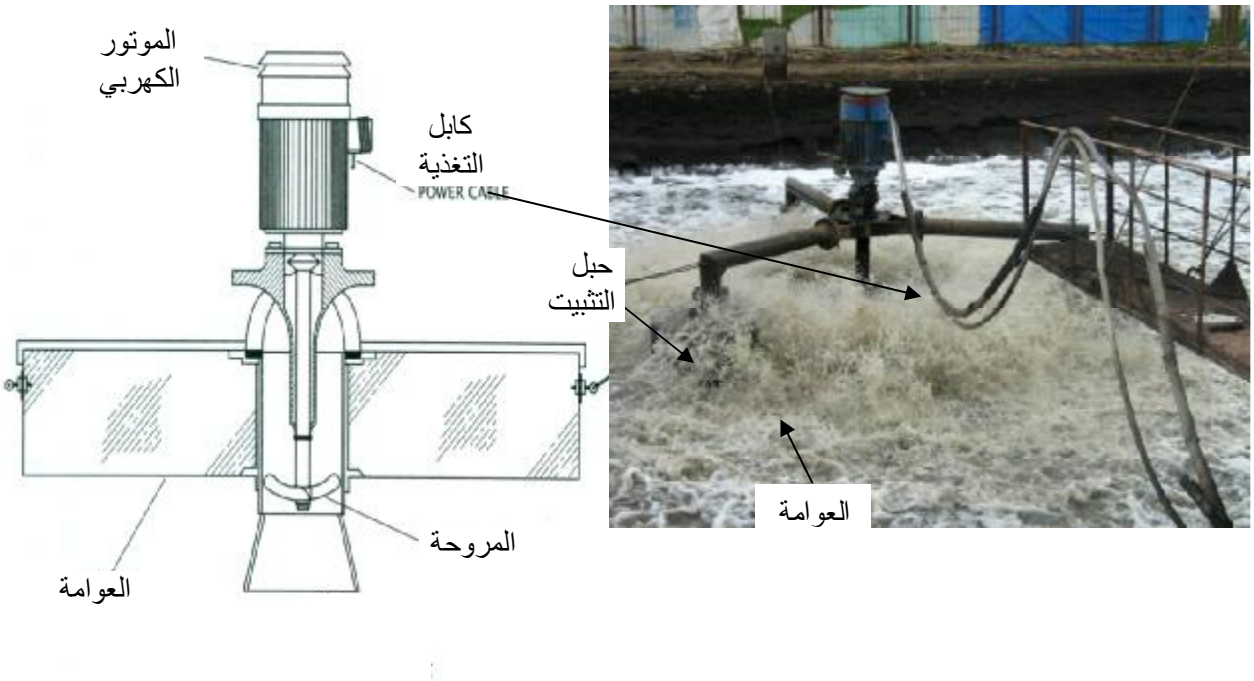
- **الطحالب (Algea)**

ينطلق الأكسجين من الطحالب التي تتكون في البرك تحت تأثير ضوء الشمس النافذ إلى المياه، نتيجة لعملية التمثيل الضوئي نهارا، ومن خلال الأكسجين الناتج من الطحالب تتم عملية التثبيت وتعتبر الطحالب العامل الرئيسي في المعالجة والذي يؤثر بشكل مباشر على أداء البرك الهوائية كما توجد علاقة تكامل بين الطحالب والبكتريا حيث توفر الطحالب الأكسجين للبكتريا بينما توفر البكتريا ثاني أكسيد الكربون للطحالب.

- **التقليب (Mixing)**

المقصود بالتقليب هنا هو ما يحدث في البركة نتيجة حركة الرياح أو بسبب تغير درجات الحرارة، مما يساعد على تشبع الوسط في البركة بالهواء، ويوجد بعض الأنواع من البحيرات يتم تصميمها للعمل بأنظمة التهوية السطحية وذلك لتسمح بتحمل حمل عال فى مساحات صغيرة، وتحصل هذه البحيرات أساساً على كل الأكسجين المطلوب بالطرق الميكانيكية كما تنمو فيها كمية صغيرة جداً من الطحالب.

وتوضح الصور رقم (٤-٤) الهوايات المستخدمة في التهوية.



صور رقم (٤ - ٤)
الهوايات المستخدمة في تهوية برك الأكسدة المهواه

البحيرات الخاصة

بحيرات الإنضاج الطبيعية:

وهى التى تستخدم فى تنظيف الخارج من عمليات المعالجة الثانوية (البيولوجية) العادية وتسمى المعالجة الثالثة الإضافية، وغالباً ما تستخدم آخر بحيرة للإنضاج (للتثبيت أو الأكسدة) وذلك لإزالة الطحالب قبل تفريغ المياه الخارجة. وتشبه هذه البحيرات البحيرات المترددة فيما عدا أنها تتحمل حمل عضوى خفيف، وعادة ما يكون أقل من ١,٧ جم BOD/ م^{٢}/ يوم.

البحيرات ذات المعدل العالى للتهوية الطبيعية:

وهذه البحيرات محددة الاستخدام إذ تستخدم لنمو كميات كبيرة من الطحالب التى تستخدم كغذاء للماشية، وهذه البحيرات ذات عمق صغير يتدرج من ٣٠ إلى ٤٥ سم وعادة يكون الحمل العضوى من ٦.٥ إلى ٢٢.٥ جم BOD_5/ م^{٢}/ يوم.

مراجعة التصميمات والمواصفات الفنيـــة لبـــــرك الأكـــســـدة

يجب على مشغل محطة مياه الصرف الصحى مراجعة التصميمات والمواصفات الفنية لمحطة المعالجة الجديدة باستخدام بحيرات الأكسدة المزمع تنفيذها، حيث يمكنه تقديم اقتراحات بإدخال تعديلات أو تحسينات قبل تنفيذ الإنشاءات مما يسمح بأداء أفضل لكل من المشغل والمحطة.

وسنوضح فيما يلى بعض الإرشادات للبنود التى يجب أن يهتم المشغل بمراجعتها فى أعمال تصميم المحطة:

١. الموقع

إن اعتبارات اختيار موقع إنشاء محطة المعالجة باستخدام بحيرات الأكسدة مثلها مثل أى محطة معالجة أخرى لمياه الصرف الصحى، فيجب عند اختيار موقع الإنشاء مراعاة ما يلى:

- أن تكون بعيدة عن العمران لأبعد مسافة تكون مناسبة اقتصاديًا، حيث يهدف ذلك منع الروائح والحشرات المرتبط وجودها بمحطات معالجة مياه الصرف الصحى من مضايقة السكان والأنشطة التجارية المجاورة وكذلك تجنب المخاطر المرورية المحتملة التى من الممكن تسببها الحشرات الطائرة.
- يجب مراعاة اتجاه الرياح بمنطقة إنشاء المحطة بحيث تأخذ الرياح معها الروائح والحشرات بعيدًا عن المنطقة السكنية.
- يجب على المشغل أن يأخذ فى اعتباره أن الرياح لها تأثيران مختلفان على بحيرات الأكسدة أحدهما يعتبر من المميزات والآخر من العيوب:

– فمن مميزات الرياح أنها تساعد فى إزاحة الخبث الطافى والبذور إلى احد أطراف البحيرة حيث تتم إزالتهما وكذلك تساعد فى عملية خلط محتويات البحيرة من مياه الصرف الصحى الداخلة والأكسجين الذائب والطحالب.

– أما من ناحية التأثيرات السلبية لهبوب الرياح فإن موجاتها تسبب تآكل الحواجز بين البحيرات.

وعند اختيار موقع إنشاء البحيرات يجب أخذ مميزات وعيوب تأثيرات الرياح فى الاعتبار وكذلك ترتيب البحيرات وأطوالها، فإذا كانت هناك رياح عالية متوقعة فى المنطقة المزمع إنشاء البحيرات بها، فإنه يجب أن ترتب البحيرات بحيث تهب الرياح عبر الاتساع الضيق (العرض) للبحيرة بدلاً من الطول وذلك لتقليل تآكل الحواجز بين البحيرات الذى يمكن أن تسببه الرياح.

٢. الخصائص الكيميائية لمياه الصرف الصحى الداخلة إلى البحيرات

- قبل البدء فى الأعمال التصميمية لأى بحيرة يجب تحديد عما إذا كانت مياه الصرف الصحى التى ستتم معالجتها تحتوى على مواد سامة (أى مواد تؤذى الكائنات الحية الدقيقة) التى لها تأثيرات سلبية على الطحالب والبكتيريا، حيث أن هناك أنواع معينة من مياه الصرف الصحى يصعب معالجتها مثل مخلفات مصانع منتجات الألبان وذلك بسبب انخفاض قيمة الأس الهيدروجينى لها pH.
- يجب فحص مياه الصرف الصحى بشكل كامل قبل اتخاذ قرار بإمكانية معالجتها باستخدام بحيرات الأكسدة، حيث أن بعض الملوثات بمياه الصرف الصحى قد تحتوى على مبيدات قوية للفطريات ومواد مطهرة، والتى لها تأثيرات مثبطة ومانعة للنشاط البيولوجى فى البحيرة.
- بعض أنواع من مياه الصرف الصحى لا تحتوى على مغذيات كافية وتتسبب فى إعاقة نمو الأنواع المرغوب فيها من الطحالب.
- بعض مصادر المياه الطبيعية بها تركيز عالى من الكبريت أو المواد الكيميائية التى تُحِد من إمكانية حدوث عملية تحلل للحمأة المطلوبة.

٣. منشآت المدخل والمصافى

- يجب مراعاة أن تحتوى منشآت مدخل المحطة على مصافى لإزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم وذلك منعًا لدخولها مواسير المحطة.
- يجب الأخذ فى الاعتبار أن وجود جهاز لتقطيع المخلفات كبيرة الحجم يعتبر نوعًا من الرفاهية ليس من الضرورى وجوده حيث أن أى مخلفات ستنفذ من المصافى لن تكون ضارة للطلمبات.

٤. أجهزة قياس التصرف

- أهمية وجود أجهزة قياس تصرفات مياه الصرف الصحى الداخلة ضمن تصميم المحطة وذلك لمعرفة وتسجيل كميات مياه الصرف الصحى الداخلة للمعالجة فى بحيرات الأكسدة، والتى بمساعدتها أيضًا مع معرفة الأكسجين الحيوى الممتص الداخل BOD يمكن تقدير الحمل العضوى للبحيرة.
- يجب تركيب جهاز لقياس التصرفات الخارجية من البحيرات حيث أنه يجب المقارنة بين التصرفات الداخلة والخارجة من البحيرات بهدف تقدير فاقد المياه الذى يتم بسبب الترشيح والبخر، حيث يساعد هذا الجهاز على معرفة البيانات التى تساعد على التنبؤ بخطط التوسعات المستقبلية أو اكتشاف أى تصرفات زائدة قد تكون غير مصرح بها أو تصرفات غير عادية.
- يجب الاحتفاظ بسجلات دقيقة لكميات المياه الداخلة للبحيرات للمعالجة حيث يساعد ذلك فى أعمال تصميم توسعات للمحطة أو إنشاء محطة جديدة.

٥. منشآت المدخل والمخرج

أ- المدخل:

- تأكد من أن منشآت المدخل بسيطة وآمنة وأنه تم إنشاؤها وتركيبها من مواد ذات مواصفات تصنيع قياسية يمكن الحصول عليها بسهولة عند الحاجة إلى استبدالها.
- من الأفضل ألا يوجد بالمدخل صمامات من النوع التليسكوبى حيث أن هذه الصمامات معرضة للأعطال وعدم الحركة بسبب تزايد النمو البيولوجى والتصاقه بين أجزائها، وفى حالة وجوده فإنه يجب القيام بتنظيف هذه الصمامات التلسكوبية بمعدلات منتظمة، مع تنظيفها بجرعات من محلول الهيبوكلوريت، لمنع التصاق النمو البيولوجى بأجزاء الصمام.
- تأكد من أن فتحات المواسير الداخلة إلى البحيرة مغمورة تحت

الماء لتمنع ظهور المواد العائمة على السطح، كما أنها تساعد على الاحتفاظ بدرجة الحرارة داخل البحيرة عن طريق استمرار دخول مياه الصرف الصحى الأكثر دفئًا إلى أعماق البحيرة.

- افحص أماكن ومستويات تركيب خطوط المواسير الداخلة للبحيرة والخارجة منها وتأكد من أنها تضمن عدم حدوث قصر دائرة.

ب- المخرج

- لاحظ أن منشآت المخرج يجب أن تحتوى على حاجز ومواسير مغمورة وذلك لمنع الخبث والمواد الطافية الأخرى من الخروج من البحيرة ولاحظ أيضًا أنه يمكن التحكم فى مستوى المياه بالبحيرة وكذلك معدل خروج الماء المعالج باستخدام حواجز (Flash boards)، وفى هذه الحالة من الممكن استخدام قارب تجديف للوصول إلى حواجز الماء الخارج من البحيرة.
- تأكد من أن مواسير الماء المعالج الخارج من البحيرة مغمورًا فى المياه المستقبلة وليس حرًا، وذلك لتجنب المشاكل التى تنتج عن انبعاث الروائح الغير مستحبة بالرغاوى.

٦. الحواجز بين البحيرات

- يجب اختيار درجة ميل الحواجز، وهذا الاختيار يعتمد على عدة متغيرات، فالميل شديد الانحدار يجعل الحاجز يتآكل بسرعة بسبب الأمواج ما لم يكن مصنوعًا من مادة مقاومة للتآكل كالأحجار مثلاً، والميل البسيط للحاجز يجعل تشغيل المعدات وصيانتها أسهل إلا أن من عيوبه زيادة فرصة نمو الأعشاب المائية. تأكد من أن مواصفات الحاجز تنص على جودة دمكه ومنع التسرب منه وخاصة فى مناطق مرور المواسير وفتحات النظافة وأماكن الصمامات ومنشآت التحكم فى المياه الخارجة من البحيرة وخطوط إعادة المياه المعالجة لمدخل البحيرة حيث حدوث تسرب للمياه بعد

الانتهاء من إنشاء المحطة سيكون من الصعب جدًا إيقافه.

- يجب مراجعة عرض الحواجز بين بحيرات الأكسدة والتأكد أن لا يقل عن ٣.٠ متر وذلك للسماح لمرور سيارة الصيانة.
- تأكد من أن المواصفات الفنية تشترط وجود ميل بسطح الحواجز لتصريف مياه الأمطار. كما أنه يجب رصفها بالأسفلت أو الزلط إذا كانت ستستخدم كطريق لمرور السيارات داخل المحطة.

٧. أعماق البحيرات

- يجب الاهتمام بمراجعة أعماق البحيرات لما لها من أهمية كبيرة فى عملية معالجة مياه الصرف الصحى.
- لاحظ أن البحيرات الضحلة التى يقل عمقها عن متر واحد ربما تكون المعالجة بها هوائية تمامًا، وذلك بشرط عدم وجود حمأة فى القاع (وهذا غير محتمل)، وذلك بسبب تغلغل الشمس إلى عمق البحيرة، وهذا يعنى أن معالجة مياه الصرف الصحى تتم أساسًا بتحويل المواد الصلبة العضوية إلى خلايا طحلبية والبحيرات من هذا النوع التى لها أعماق قليلة ومدة بقاء صغيرة معرضة لعدم الانتظام فى الأداء وذلك لأن الطحالب سوف تنمو بكثرة وبالقدر الذى سيجعل كميات منها تموت، وحينئذ ستغرق هذه الطحالب الميتة وتنزل إلى قاع البحيرة مسببة زيادة فى الأحمال العضوية بالمياه، وهذه الحالة ممكن أن تؤدى إلى بحيرة لاهوائية، وهكذا فإن أعماق البحيرات الضحلة ستصبح لاهوائية عندما تتجمع المواد الصلبة فى القاع وعندما تغرب الشمس.
- يجب مراجعة مخطط البحيرات الضحلة والمواصفات الفنية الخاصة للتأكد من وجود وسيلة لإزالة الطحالب من المياه المعالجة الخارجة منها وقبل إلقائها على المياه المستقبلة.
- يجب أن تنتبه إلى أن هناك ظاهرة تحدث فى البحيرات الضحلة وهى أنها عرضة للإصابة بالطحالب الخيطية والتى تؤدى إلى الحد من تغلغل ضوء الشمس فى عمق البحيرات وأيضًا إلى إنسداد

منشآت الدخول والخروج بالبحيرات، ولحل هذه المشاكل الناتجة عن هذه الظاهرة على المشغل أن يزيد الحمل الهيدروليكى من مياه الصرف الصحى بالبحيرة وذلك لتغيير الظروف التى تناسب الطحالب الخيطية حيث أنها تفضل المياه ذات المغذيات القليلة (Low nutrients).

- أما البحيرات التى تبلغ أعماق كل منها ١.٢ متر أو تزيد فإنها تحتفظ بدرجات الحرارة بمياه الصرف الصحى الداخلة إليها مما يساعد على تشجيع الأنشطة البيولوجية، ففى البحيرات الاختيارية (هوائية ولاهوائية) تجد أن الأعماق التى تزيد عن ١.٢ متر تكون مخزنًا طبيعيًا للأكسجين الذائب الذى تجمع أثناء النهار. وهذا الأكسجين يتم استهلاكه أثناء الليل حين لا تنتج الطحالب أى أكسجين. لاحظ أن وجود طحالب عائمة وإعادة تدوير للمياه بالبحيرات يسبب عدم الاحتفاظ بالأكسجين داخل البحيرة نهارًا وسيجعل الأكسجين دائمًا بالقرب من سطح البحيرة.
- ضع فى الاعتبار أن البحيرة التى عمقها ١ متر على الأقل يمكن ظهور الأعشاب الضارة بها، ويمكن التحكم فى ظهور هذه الأعشاب برشها بأحد المبيدات المتاحة، أما البحيرات المصممة على أعماق أقل من ١ متر فإنه يجب التوصية بتبطين القاع وذلك لمنع نمو الحشائش الضارة المزعجة.

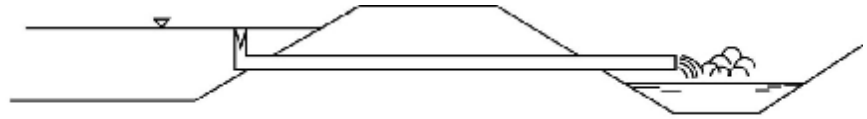
٨. السور الخارجى والعلامات الإرشادية

تأكد من وجود سور حماية حول المحطة لمنع دخول الحيوانات ولحماية ممتلكات المحطة المختلفة من التعدى عليها، ويجب أن تكون البوابة بالاتساع الذى يكفى لدخول المعدات المطلوبة.

٩. الهوايات السطحية

يجب التأكد من أن الرسومات التصميمية تشمل التجهيزات والمساحات التى تضمن سهولة الوصول للهوايات السطحية الثابتة لتنفيذ أعمال

الصيانة المطلوبة لها، وأيضًا يجب وجود نقاط تثبيت بديلة للهوايات القائمة، كما أن الكابلات الكهربية يجب ان تكون طويلة بما يكفى لسهولة حركة الهوايات وأن تتحمل الأحمال الكهربية الزائدة المتوقعة.



تدفق حر (غير مرغوب فيه)

تدفق مغمور (الأفضل)

شكل رقم (٤-١١)
التدفق المغمور والتدفق الحر

المشكـــلات الفنيـــة بمحطـــات المعالجة بالحمـــأة المنشطة

يواجه العاملون بمحطات معالجة مياه الصرف الصحى بالحمأة المنشطة سواء التقليدية أو ذات التهوية الممتدة العديد من المشاكل التى تؤثر سلبًا على كفاءة المعدات والأحواض وكذلك مواصفات السيب النهائى وعدم تطابقها أحيانًا مع معايير قانون البيئة.

والجدول رقم (٤-٧) يوضح أهم المشاكل التى قد توجد بمحطات المعالجة بالحمأة التقليدية وكيفية تتبعها ومعرفة الأسباب ومن ثم اختيار الحلول المناسبة، كما يوضح الجدول رقم (٤-٨) الاحتمالات المختلفة لنتائج الفحص الظاهرى لعينات مياه الصرف الصحى من خلال تجربة اختبار الترسيب لمدة ٣٠ دقيقة خلال مراحل المعالجة المختلفة.

جدول رقم (٤-٧)

إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحمأة المنشطة

م	المشكلة	مظاهر المشكلة فى أحواض الترسيب	نتائج اختبار الترسيب	الأسباب المحتملة	بنود المراجعة	علاج المشكلة
١	انخفاض جودة المياه المعالجة	ظهور العكارة خروج المياه عكرة من أحواض الترسيب	الترسيب ضعيف وتظل المياه عكرة بعد الاختبار	١. العضوى على أحواض التهوية أكثر من اللازم، وعمر الحمأة منخفض جدا	التغير فى نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية، وعمر الحمأة، وتركيز المواد العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط، ومعدّل صرف الحمأة الزائدة، ومعدل التنفس	يتم خفض معدل صرف الحمأة الزائدة
				٢. خلط زائد عن الحد فى أحواض التهوية يؤدى إلى تفكك الندف المتجمعة، وأيضا عدم السماح لها بالتجمع	يجرى اختبار ميكروسكوبى للحمأة الخارجة من الأحواض للتأكد من تكسر الندف	يتم خفض معدل التهوية
				٣. انخفاض تركيز الأكسجين الذائب	- يراجع تركيز الأكسجين الذائب (لا ينبغى أن يقل عن ٢مجم/ لتر فى كل أنحاء الحوض) - وجود البروتوزوا	تتم زيادة معدل التهوية أو خفض تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط إذا كانت نسبة الغذاء إلى الكائنات تسمح بذلك.

جدول رقم (٤-٧)

إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحمأة المنشطة

م	المشكلة	مظاهر المشكلة فى أحواض الترسيب	نتائج اختبار الترسيب	الأسباب المحتملة	بنود المراجعة	علاج المشكلة
				٤. وصول مواد سامة إلى المحطة	- اختبار ميكروسكوبى للتأكد من وجود البروتوزوا - معدل التنفس	يعتمد على حجم المشكلة تعاد جميع المواد الصلبة العالقة إلى أحواض التهوية، كما يمكن إضافة مواد صلبة عالقة أخرى إذا أمكن ذلك.
٢	زيادة كمية المواد الصلبة العالقة بالمياه الخارجة من حوض الترسيب عن المعدل المسموح به	ظهور الندف الدقيقة (فى حجم رأس الدبوس)، ويظهر هذا النوع من الندف الدقيقة منتشرا خلال مياه حوض الترسيب وينصرف مع المياه الخارجة فوق الهدار	تتكون طبقة كثيفة من الحمأة فى قاع المخبار، وفى نفس الوقت تنتشر الندف الدقيقة فى المياه (الرائقة) بانتظام	- التحميل العضوى بأحواض التهوية غير كاف - عمر الحمأة كبير جدا	تتم مراجعة المعاملات التالية: - نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة (F/M) - متوسط عمر الحمأة - تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط - معدل صرف الحمأة الزائدة - معدل التنفس	تتم زيادة معدل صرف الحمأة الزائدة
٣	ارتفاع نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية الدقيقة	ظهور الرغاوى البيضاء		١. متوسط عمر الحمأة منخفض جدا، والحمل العضوي مرتفع.	متوسط عمر الحمأة أو نسبة الغذاء للكائنات الدقيقة.	تتم زيادة متوسط عمر الحمأة من خلال خفض معدل صرف الحمأة الزائدة.

جدول رقم (٤-٧)

إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحمأة المنشطة

م	المشكلة	مظاهر المشكلة فى أحواض الترسيب	نتائج اختبار الترسيب	الأسباب المحتملة	بنود المراجعة	علاج المشكلة
				٢. وجود مخلفات صناعية غير قابلة للتحلل البيولوجي، وتتصف بوجود مواد لها نشاط سطحى مرتفع		يتم تتبع مصدر الملوثات وعزلها إن أمكن
٤	طفو طبقة من الحمأة على سطح حوض الترسيب ، قد تخرج مع المياه المعالجة	إزاحة المواد العالقة: ا. تجمعات من الحمأة تطفو فى بعض مناطق حوض الترسيب	الترسيب عادى والمياه رائقة	- قصور أو أعطال فى المعدات المستخدمة	- خط إعادة الحمأة أو خط الحمأة الزائدة قد يكون مسدودا - مضخات الحمأة (قد تكون عاطلة) - كساحات الخبث - السلاسل والعجلات المسننة - كواشط (زحافات) الحمأة - قنوات تصريف الحمأة	إصلاح الأعطال واستبدال التالف وعمل الصيانة اللازمة
				- التيارات الحرارية (نتيجة تغير درجات الحرارة بين الطبقات السطحية من حوض الترسيب والطبقات السفلى)	تراجع درجة حرارة المياه السطحية والعميقة فى حوض الترسيب. (من المفروض ألا يزيد فرق درجات الحرارة بين القاع والسطح عن درجة واحدة مئوية)	زيادة وقت مكث المياه فى أحواض الترسيب إذا أمكن ذلك يتم تتبع مصدر الملوثات وعزلها إن أمكن

جدول رقم (٤-٧)

إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحمأة المنشطة

م	المشكلة	مظاهر المشكلة فى أحواض الترسيب	نتائج اختبار الترسيب	الأسباب المحتملة	بنود المراجعة	علاج المشكلة
		ب. تجمعات من الحمأة تطفو فى جميع مناطق حوض الترسيب	الترسيب عادى والمياه رائقة	- حمل هيدروليكى زائد عن الحد	- مصدات الدخول والخروج - معدل التحميل السطحى ومعدل التحميل فوق الهدار - المسار القصير	- يتم تعديل المصدات - يتم خفض معدل الحمأة الزائدة - يتم تخفيض معدل الحمأة المعادة لتخفيض معدل التصرف الداخل - يحول جزء من التصرف إلى الوحدات الاحتياطية
				- تركيز مرتفع للمواد الصلبة العالقة بحوض الترسيب	- عمق طبقة الحمأة - معدل تحميل المواد الصلبة العالقة	- تتم زيادة معدل صرف الحمأة الزائدة والحمأة المعادة
٥	طفو طبقة سميكة من الخبث قد تخرج مع المياه المعالجة.	ظهور طبقة سميكة من الخبث الغامق وسمراء الرغاوى		متوسط عمر الحمأة كبير للغاية، مع انخفاض نسبة الغذاء للكائنات الحية.	متوسط عمر الحمأة أو نسبة الغذاء للكائنات الحية.	تتم زيادة معدل صرف الحمأة من أجل خفض متوسط عمر الحمأة.
٦	طفو كتل رمادية اللون على سطح حوض الترسيب، قد تخرج مع المياه المعالجة.	ظهور الرماد: تظهر أجزاء صغيرة من مواد شبيهة بالرماد ترتفع إلى سطح مياه أحواض	تتكون طبقة كثيفة من الحمأة فى قاع المخبار، وفى نفس الوقت تنتشر الندف الدقيقة فى المياه	١. بداية عملية تحول النترات إلى غاز نيتروجين.	- يتم تحريك السطح لتكسير التجمعات الطافية بعد إجراء اختبار الترسيب لمدة ٣٠ دقيقة. - إذا تم ترسيب هذه التجمعات، انظر علاج المشكلة.	يتم خفض متوسط عمر الحمأة.

جدول رقم (٤-٧)

إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحمأة المنشطة

م	المشكلة	مظاهر المشكلة فى أحواض الترسيب	نتائج اختبار الترسيب	الأسباب المحتملة	بنود المراجعة	علاج المشكلة
		الترسيب.	(الرائقة) بانتظام.		- إذا لم تترسب انظر (٢).	
				٢. كميات زائدة من الشحوم والزيوت فى السائل المخلوط.	يحتاج الأمر إلى تحليل للشحوم والزيوت الموجودة.	- عند زيادتها عن ١٥% وزنا، تستخدم كشاطات مناسبة لذلك. - يعزل المصدر الأصلى قبل دخول المياه إلى المحطة.
٧	طفو كتل كروية من الحمأة بعد ترسبها، قد تخرج مع المياه المعالجة.	ظهور قطع كروية: أ - تظهر كريات كبيرة بنية اللون قد تصل إلى حجم كرة السلة تصعد إلى سطح مياه حوض الترسيب مع ظهور الفقاعات أعلى سطح حوض الترسيب.	الترسيب جيد، لكن بعد مرور أربع ساعات تقريبا تبدأ الحمأة المترسبة فى الطفو.	حدوث ظاهرة تحلل النترات فى حوض الترسيب وتصاعد غاز النيتروجين.	- عمر الحمأة. - عمق طبقة الحمأة. - معدل إعادة الحمأة. - تركيز الأكسجين الذائب فى أحواض التهوية.	يتم ضبط عمر الحمأة ومعدل إعادة الحمأة حسب الطلب مع التأكد من عدم انخفاض تركيز الأكسجين الذائب عن ٢ مجم/لتر فى الأحواض.
		ب - بالإضافة إلى ما سبق فإن القطع	انظر أعلاه.	حدوث تحلل لاهوائى فى أحواض الترسيب.	- الأكسجين الذائب فى الأحواض. - عمق طبقة الحمأة.	- تتم زيادة معدل إعادة الحمأة. - تتم زيادة معدل التهوية.

جدول رقم (٤-٧)

إرشادات لمواجهة مشاكل تشغيل عملية الحمأة المنشطة

م	المشكلة	مظاهر المشكلة فى أحواض الترسيب	نتائج اختبار الترسيب	الأسباب المحتملة	بنود المراجعة	علاج المشكلة
		الكبيرة تأخذ اللون الأسود.			- خط إعادة الحمأة قد يكون مسدودا.	- تنظف حوائط حوض الترسيب أو أى مناطق تعلقت بها المواد الصلبة.
٨	زيادة كمية المواد الصلبة العالقة بالمياه الخارجة، مع وجود كتل من الحمأة عالقة فى مياه حوض الترسيب	انتفاخ الحمأة : انتشار تجمعات من الحمأة المنتفخة خلال حوض الترسيب وظهور مواد عالقة بتركيز مرتفع فى المياه الخارجة منه.	- الترسيب بطئ واندماج الحمأة ضعيف. - المياه رائقة. - المؤشر الحجمى للحمأة يزيد عن ٢٠٠.	١. الحمل العضوى كبير للغاية.	- يراجع تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير فى السائل المخلوط، ومتوسط عمر الحمأة، ونسبة الغذاء للكائنات الدقيقة، وأيضا معدل استهلاك الأكسجين.	يتم خفض معدل صرف الحمأة الزائدة وزيادة معدل إعادة الحمأة.
				٢. وجود الكائنات الخيطية بكثرة.	- يُجرى اختبار ميكروسكوبى - يُراجع تركيز الأكسجين الذائب، والرقم الهيدروجينى، وتركيز النيتروجين والفوسفور فى مياه الصرف الصحى، وفى حالة احتفاظ المعايير السابقة بقيمها المعتادة، تتم مراجعة الملوثات السامة الصناعية.	- يتم تصحيح تركيز النيتروجين والفسفور وأيضا تركيز الأكسجين الذائب والرقم الهيدروجينى، وعند ظهور مواد سامة اطلب المساعدة - يعزل المصدر الأصلى قبل دخول المياه إلى المحطة.

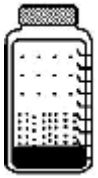
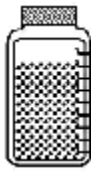
جدول رقم (٤-٨)

الاحتمالات المختلفة لنتائج الفحص الظاهري لعينات مياه الصرف الصحي خلال مراحل المعالجة (تهوية ممتدة)

م	مظهر حوض التهوية	عينة حوض التهوية	مظهر حوض الترسيب	عينة حوض الترسيب	ملاحظات
١	• بني كلون الشكولاتة. • رغوة Foam بنية قليلة أو معدومة. • تركيز الأكسجين الذائب أكثر من ١,٠ مجم/ لتر. • رائحة كرائحة التربة.	• تركيز السائل الممزوج في الحدود المطلوبة. • حجم الحمأة بالمخبار بين ٢٠٠ و٧٠٠ سم^{3}. • الروق صافي.	• الشفافية ٥٠ سم على الأقل	• كمية قليلة جدًا من الرواسب في القاع. • المياه صافية	• كفاءة التشغيل مرتفعة ، وهذه هي الحالة المثالية.
٢	• بني كلون الشكولاتة. • رغوة Foam بنية قليلة أو معدومة. • تركيز الأكسجين الذائب أكثر من ١,٠ مجم/ لتر. • رائحة كرائحة التربة.	• تركيز السائل الممزوج في الحدود المطلوبة. • حجم الحمأة بالمخبار بين ٢٠٠ و ٧٠٠ سم^{3}. • الروق صافي	• الحمأة المترسبة تقترب من الهدار. • توجد مواد صلبة عالقة بالسيب.	• كمية المواد الصلبة بالقاع كثيرة نسبيًا.	• فقد المواد الصلبة العالقة نتيجة زيادة التصرف عن التصرف التصميمي. • إذا كان التصرف غير مرتفع قد يكون هناك مسار قصير للمياه، ويجب التأكد أن الهدارات مستوية بأحواض الترسيب.

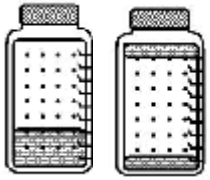
"تابع" جدول رقم (٤-٨)

الاحتمالات المختلفة لنتائج الفحص الظاهري لعينات مياه الصرف الصحي خلال مراحل المعالجة (تهوية ممتدة)

م	مظهر حوض التهوية	عينة حوض التهوية	مظهر حوض الترسيب	عينة حوض الترسيب	ملاحظات
٣	• بني كلون الشكولاتة. • رغوة Foam بنية قليلة أو معدومة. • تركيز الأكسجين الذائب أكثر من ١,٠ مجم/لتر. • رائحة كرائحة التربة.	• ارتفاع تركيز السائل الممزوج. • المواد الصلبة أكثر من ٧٠٠ سم^{3}.	• عمق السائل الصافي صغير.	• كمية كبيرة من المواد الصلبة المترسبة. 	• ارتفاع تركيز المواد الصلبة العالقة بأحواض التهوية. • يجب زيادة معدل سحب الحمأة الزائدة.
٤	• لون الحمأة بني فاتح. • كمية كبيرة من الرغوة البيضاء. • تركيز الأكسجين الذائب أكثر من ١,٠ مجم/لتر. • رائحة كرائحة التربة.	• تترسب الحمأة ببطء تاركة كمية قليلة من الروق الصافي. 	• تصل المواد الصلبة لسطح الحوض وتفقد مع السيب.	• كمية كبيرة من المواد الصلبة المترسبة.	• تركيز المواد الصلبة بأحواض التهوية منخفض. • يجب وقف سحب الحمأة الزائدة. • تأكد أن الرقم الهيدروجيني يزيد عن ٦,٥، وإلا فإن احتمال وجود كائنات خيطية يكون واردًا.

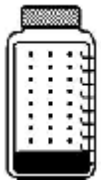
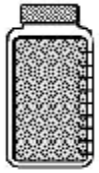
"تابع" جدول رقم (٤-٨)

الاحتمالات المختلفة لنتائج الفحص الظاهري لعينات مياه الصرف الصحي خلال مراحل المعالجة (تهوية ممتدة)

م	مظهر حوض التهوية	عينة حوض التهوية	مظهر حوض الترسيب	عينة حوض الترسيب	ملاحظات
٥	• بني فاتح. • تركيز الأكسجين الذائب أكثر من ١,٠ مجم/ لتر. • رائحة كرائحة التربة.	• انخفاض تركيز السائل الممزوج. • حجم الحمأة لا يزيد عن ٢٠٠ سم^{٣}. • روق صافي. 	• قد يكون الروق عكرًا.	• وجود كمية من الرواسب في قاع المرسب. 	• انخفاض تركيز المواد الصلبة. • ارفع معدلات الحمأة المنشطة المعادة.
٦	• بني كلون الشكولاتة. • رغوة قليلة أو معدومة. • تركيز الأكسجين الذائب أكثر من ١,٠ مجم/ لتر. • رائحة كرائحة التربة.	• حجم المواد الصلبة العالقة بين ٢٠٠ و٧٠٠ سم^{٣}. • روق صافي 	• وجود بعض الحمأة طافية على السطح	كمية كبيرة من المواد الصلبة في قاع المرسب. 	• عملية إزالة النيتروجين نشطة وتتسبب في انبعاث غاز النيتروجين في حوض الترسيب إلى السطح حاملاً معه قطعًا من الحمأة. • تطفو الحمأة في المخبار قبل انقضاء ساعتين. • ارفع معدل سحب الحمأة الزائدة. • ارفع معدل إعادة الحمأة المنشطة إلى أحواض التهوية. • ممكن إخراج حوض ترسيب نهائي من الخدمة.

"تابع" جدول رقم (٤-٨)

الاحتمالات المختلفة لنتائج الفحص الظاهري لعينات مياه الصرف الصحي خلال مراحل المعالجة (تهوية ممتدة)

م	مظهر حوض التهوية	عينة حوض التهوية	مظهر حوض الترسيب	عينة حوض الترسيب	ملاحظات
٧	• لون الحوض بني غامق أو أسود. • انخفاض تركيز الأكسجين. • رائحة عفونة.	• حجم المواد الصلبة العالقة بين ٢٠٠ و٧٠٠ سم^{3}. • روق صافي	• كتل كبيرة من الحمأة بين بني غامق ورمادي أو أسود.	• كمية كبيرة من الحمأة السوداء على سطح وقاع المخبار. 	• وجود نشاط لا هوائي نتيجة: ١. انخفاض معدل التهوية. ٢. انخفاض معدل سحب الحمأة الزائدة من حوض الترسيب. ٣. التصاق الحمأة بحوائط الحوض. ٤. تعطل بالمعدات.
٨	• بني فاتح.	• ترسيب سيء	• عكر	• عكر 	• حمل غير عادي أخل بعملية المعالجة نتيجة وجود سموم أو تغير في الرقم الهيدروجيني أو وصول حمل عضوي مرتفع.

سجلات التشغيل

تستخدم سجلات التشغيل لمتابعة التشغيل فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى، ونوضح فيما يلى بعض نماذج السجلات التى يمكن استخدامها فى:

- حوض التهوية
- حوض الترسيب النهائي

جدول رقم (٤ - ٩)

سجل تشغيل أحواض التهوية

العمالة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة

رقم الحوض	رقم وحدة التهوية	قراءة الأمبير للوحدات الموجودة بالخدمة						تركيز الأوكسجين	قرارة العداد		
		9 ص	1 ظ	5 م	9 م	1 ص	5 ص		حالية	سابقة	عدد ساعات التشغيل

ملاحظات الوردية الأولى	ملاحظات الوردية الثانية	ملاحظات الوردية الثالثة
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
..... التوقيع	..... التوقيع	..... التوقيع

ملاحظات

.....

.....

.....

..... **توقيع**

جدول رقم (٤-١٠)

سجل تشغيل أحواض الترسيب النهائي

العمالة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة

رقم الحوض	حالة الكوبري ...			حالة بلوف سحب الحمأة (التلسكوبي)			حالة بلوف سحب الحمأة (السريع)			كمية الحمأة النشطة م^3/ يوم		
	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	الإجمالي	المعادة	الزائدة
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
11												
12												
13												
14												
15												
16												

ملاحظات الورادي

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

..... **توقيع**

الفصل الخامس

المعالجة الثلاثية (المتقدمة) لمياه الصرف الصحى

الفصل الخامس

المعالجة الثلاثية (المتقدمة) لمياه الصرف الصحى

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادرا على أن:

١. يشرح الهدف من وجود مرحلة المعالجة الثلاثية بمحطة معالجة مياه الصرف الصحى.
٢. يذكر أهم الطرق المختلفة لأعمال المعالجة الثلاثية.
٣. يذكر المبادئ الفنية الأساسية لأعمال إزالة الفوسفور والنيتروجين.
٤. يذكر التطبيقات التصميمية لأعمال إزالة النيتروجين والفوسفور.
٥. يذكر المبادئ الفنية لأعمال الترشيح بالأغشية.
٦. يذكر المبادئ الفنية للأعمال المماثلة للترشيح.
٧. يذكر بعض التطبيقات لإزالة المركبات والأملاح من مياه الصرف الصحى والصناعى.

المعالجة الثلاثية (المتقدمة)

هى عملية معالجة إضافية الغرض منها تحسين مواصفات "مياه الصرف الصحى المعالج" لتتطابق مع متطلبات إعادة استخدامها فى مجالات الرى.

تشمل المعالجة المتقدمة (الثلاثية): إزالة "ملوثات معينة من المياه لم تتم إزالتها" بطريقة كافية أثناء المعالجة التقليدية، وبمعنى أوضح نظافة عامة للمياه.

ومن نماذج هذه المعالجة:

- المعالجة الكيميائية.
- الترشيح باستخدام مرشحات الضغط.

الغرض من للمعالجة الثلاثيـــة لميـــاه الصرف الصحى

الغرض من مرحلة المعالجة الثلاثية هو التخلص من مختلف الملوثات التى لم يتم التخلص منها فى مراحل المعالجة الثانوية مثل الفوسفور والنيتروجين والمواد العضوية وبعض العناصر السامة، حيث يتم إزالة ما يقرب من ٩٩,٥% من المواد الصلبة العالقة للحصول على مياه عالية النقاوة.

الطرق الأساسية للمعالجة الثلاثية

يتوقف اختيار نوع المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحى والوحدات المكونة لها على درجة المعالجة المطلوبة، واشتراطات استخدام هذه المياه فى الرى أو صرفها على المسطحات المائية، وذلك حتى تتطابق مع قانون حماية البيئة والصرف على المجارى المائية لحمايتها من التلوث ومنع انتشار الأمراض ومتطلبات إعادة استخدام هذه المياه.

وهناك طرق كثيرة يمكن استخدامها مجتمعة أو استخدام بعضها فى المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحى منها:

أ- أحواض المروقات ذات اتجاه السريان لأعلى.

ب- أحواض الترويب والترسيب.

ج- المرشحات الرملية.

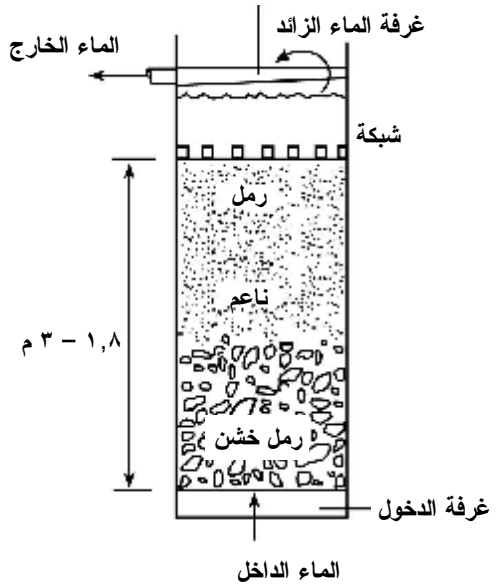
د- وحدات التأزت (النترتة).

هـ- وحدات إزالة الأملاح.

و- وحدات المعالجة بالكلور.

أحواض المروقات ذات اتجاه السريان لأعلى

فى هذا النوع من المروقات يمر السيب النهائى (المياه الخارجة بعد المعالجة الثانوية) داخل إلى الحوض من أسفل حيث يوجد خزان للمواد المروقة المترسبة يمر الماء ثم من خلال طبقة من مادة مناسبة (مثل الزلط الرفيع أو السلك الشبكى أو شبكة بلاستيكية) إلى أعلى خارجاً من الحوض. ويمكن استخدام المروقات ذات الأسطح المنحدرة حيث يتم فيها استبدال الوسط السابق الإشارة إليه بالألواح المعدنية أو بأنابيب مائلة يتم بداخلها ترسب المواد العالقة الصلبة الدقيقة. وقد يتغير شكل السريان بسبب التغير فى درجات الحرارة وأيضاً بسبب تراكم طبقات من المواد العالقة الملتصقة بالبكتريا على الأسطح مما يسبب بعض الصعوبة العملية فى التنفيذ. ويمكن استخدام هذه الطريقة فى حالة تطوير المروقات القائمة حالياً هل توجد مروقات فى أعمال المعالجة الثانوية.



شكل رقم (٥-١)

نموذج لمروق ذو اتجاه السريان لأعلى

وفى المروقات الزلطية وطبقًا للمواصفات البريطانية فإن سمك الطبقة الزلطية يجب أن تكون فى حدود ١٥٠مم وقطر الزلط فى حدود ٥ – ٧مم وتكون الطبقة مثبتة فوق سطح مثقب مُصنع إما من مادة مقاومة للصدأ أو من الخرسانة أو من أى مادة أخرى مناسبة. ويجب أن يكون منسوب السطح الذى ترتكز عليه الطبقة الزلطية أسفل منسوب المياه بـ ٤٥٠مم على الأقل، وهذا يوفر ارتفاعاً للمياه لا يقل عن ٣٠٠مم فوق سطح الزلط وهو الارتفاع الضرورى لضمان عدم حدوث أى اضطرابات (بعثرة) للمواد الصلبة الموجودة على سطح الوسط تحت تأثير الرياح أو مياه الأمطار، وأيضاً لمنع الوسط من الانتفاخ وبالتالى تسرب المواد الصلبة. ويجب أيضاً ألا تسمح نهايات الحاجز ومثبت الوسط وحواف اتصالها مع الحوائط بتسريب المياه بالإضافة إلى تحملها للضغوط والأوزان الواقعة عليها.

ويتراوح مقدار الفاقد فى الضغط من صفر – ٥٠ مم (عندما يكون الوسط نظيفاً) وعندما يصل إلى الحد الأقصى له (٥٠مم) فإن ذلك يدل على احتياج المروق إلى الغسيل. ويتم الغسيل على فترات بأن يخفض منسوب المياه فى المروق إلى أقل من النصف ثم يعاد غسيل السطح بواسطة مياه نظيفة تحت ضغط، ونتيجة لخروج مياه الغسيل بما تحتوى عليه من مواد عالقة بتركيز عال لذلك تُعاد إلى مدخل محطة المعالجة بمعدل ثابت حتى لا تسبب حملاً أكبر من اللازم للمواد العالقة على وحدات المعالجة.

أحواض الترسيب باستخدام المواد المروبة

الغرض الأساسى من استخدام هذه الأحواض هو تحسين نسبة إزالة المواد العالقة الدقيقة وتقليل الأكسجين الحيوى الممتص وإزالة الفسفور من المياه المعالجة (السيب)، وذلك فى أحواض منفصلة بعد المعالجة البيولوجية وذلك بإضافة مواد كيميائية مروبة مثل الشبة للسيب لتتفاعل مع المواد العالقة الموجودة بمياه السيب (وهى مواد قلوية) مكونة أكاسيد الهيدركسيد المعقدة (الندف) ذات الحجم والوزن الكبير مما يساعد على سهولة ترسيبها.

ويتم مزج المادة المروبة (الشبة- كبريتات الألومنيوم) أو كلوريد الحديديك

أو كبريتات الحديدوز أو كبريتات الحديديك ... الخ) سريعاً ثم تقلب بعد ذلك ببطء لتساعد فى تكوين الندف قبل الترسيب. ويتم استخدام مواد البوليمر (مثل النالكو) مع المواد الكيميائية المروبة الأخرى، ويتم تحديد جرعة المواد الكيميائية اللازمة طبقاً لكمية الندف المتكونة وتركيز المواد العالقة الدقيقة والأكسجين الحيوي الممتص وتركيز الفسفور. وذلك طبقاً للتجارب المعملية مع ملاحظة أن إضافة جرعة زائدة عن المطلوب قد يتسبب فى تسمم الكائنات الحية الدقيقة، حيث أن هناك تأثير واضح للمواد الكيميائية المروبة على الكائنات الحية الدقيقة والأحادية الخلايا والكائنات المائية الموجودة فى أماكن التخلص من السيب.

إن عملية مزج المواد الكيميائية السريع بكفاءة عند نقطة الإضافة وكذلك عملية التقليب البطئ والترويب قبل الترويق ضروريان للحصول على أعلى كفاءة حيث تتفاعل المواد الكيميائية مع المواد القلوية لتنتج أملاح الهيدروكسيد غير القابلة للذوبان على شكل ندف. وإذا كانت درجة القلوية غير كافية فإنه يمكن إضافة الجير أو كربونات الصوديوم بنسب مناسبة.

وتصل نسبة إزالة المواد العالقة الدقيقة إلى ٨٠% ونسبة تخفيض الأكسجين الحيوي الممتص إلى ٦٥%، وينتج عن الترسيب باستخدام المواد المروبة كميات كبيرة من الحمأة قد تسبب مشاكل فى التعامل والتخلص منها.

وتتكون الوحدات المستخدمة فى هذا النظام من مخزن المواد الكيميائية وأحواض إضافة المواد الكيميائية وشبكة الألواح ونظام التحكم فيها وحوض المزج السريع والمروب وحوض الترسيب.

المرشحات تستعمل المرشحات فى أعمال المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحى إما منفردة أو مع طريق أخرى فى نفس الوقت. وغالباً ما تستعمل بعد المعالجة البيولوجية أو الكيميائية حيث تحجز المواد العالقة الدقيقة سواء العضوية أو غير العضوية المتبقية بعد أحواض الترسيب. ويمكن إزالة جزء كبير من

البكتريا (حوالي ٥٠% من E Coli) بالإضافة إلى إزالة جزء صغير من الأمونيا والأكسجين الحيوي الممتص، حيث أنه مازال هناك فرصة لحدوث تفاعل بيولوجي على جسم المرشح وبالتالى تنخفض نسبة المواد العضوية الذائبة المتبقية وبعض المركبات الكيميائية والعضوية المختلفة طبقاً لنوع مصدر المياه.

وفى حالة النظافة المستمرة للمرشحات أثناء المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحى تصل نسبة إزالة المواد العالقة المتبقية إلى حدود ٦٠% وتكون حوالى ٤٠% للأكسجين الحيوي الممتص.

وبناءً على خصائص مياه السيب النهائى المطلوبة بعد المعالجة الإضافية، فإنه يمكن استخدام أحد المرشحات التالية:

- مرشحات اتجاه سريان المياه إما إلى أسفل أو إلى أعلى.
- مرشحات ذات اتجاه دائري.
- مرشحات ذات وسط واحد أو أثنين.
- مرشحات ذات وسط متحرك.

وهناك مواد مختلفة يمكن أن يتكون منها وسط المرشح، ويتوقف استخدام هذه المواد على نوعية المواد المتاحة والسهلة الاستعمال والتى تفى بالغرض المطلوب، وهى إما مواد طبيعية مثل الرمل والزلط والفحم وكسر الحجارة أو مواد صناعية مثل البلاستيك وناتج خبث الأفران.

وعادة ما تستعمل مرشحات الرمل سريعة المعدل حيث يكون الغرض الأساسى منها هو إزالة ما تبقى من المواد العالقة وجزء كبير من البكتريا كما تقل نسبة المواد العضوية الذائبة ونسبة أملاح الحديد والمنجنيز إذا كان عمق الرمل أكبر من ٦٠سم. وفى حالة تزويد مرشحات الرمل بطبقة من الفحم أو عمل مرشح جديد من الفحم فإنه يتم إزالة ما تبقى من اللون والرائحة فى السيب النهائى.

وحدات النيترة

هى وحدات لأكسدة الأمونيا (النشادر) وتحويلها إلى صورة النترات والغرض منها هو تجنب عملية التسمم التى قد تحدث للأسماك والكائنات الحية فى المسطح المائى الذى سيتم صرف السيب النهائى عليه، وأيضاً لتجنب تقليل المحتوى الأكسوجيني الذائب في المياه،ويمكن أن يتم ذلك إما بالتهوية لمدة لا تقل عن ساعتين أو باستخدام بعض المواد الكيميائية أو البوليمرات لإتمام إزالة المواد العضوية أو باستخدام الاثنين معاً.

وحدات إزالة الأملاح

فى حالة زيادة تركيز الأملاح عن الحدود المسموح بها بالسيب النهائى فإنه يجب إضافة أى من الوحدات التالية بغرض إزالة جزء كبير من هذه الأملاح حتى تصبح المياه صالحة للاستخدام فى أعمال رى الزراعات المختلفة:

أ- وحدات تعمل بالضغط الأسموزي.

ب- وحدات تعمل بالتحليل الكهربائى.

ج- وحدات تعمل بالتبادل الأيوني.

وحدات المعالجة بالكلور

يمكن إضافة الكلور أو أى من مشتقاته إلى مياه السيب النهائى وذلك لعدة أغراض منها ما يلى:

أ- إزالة اللون.

ب- إزالة الرائحة.

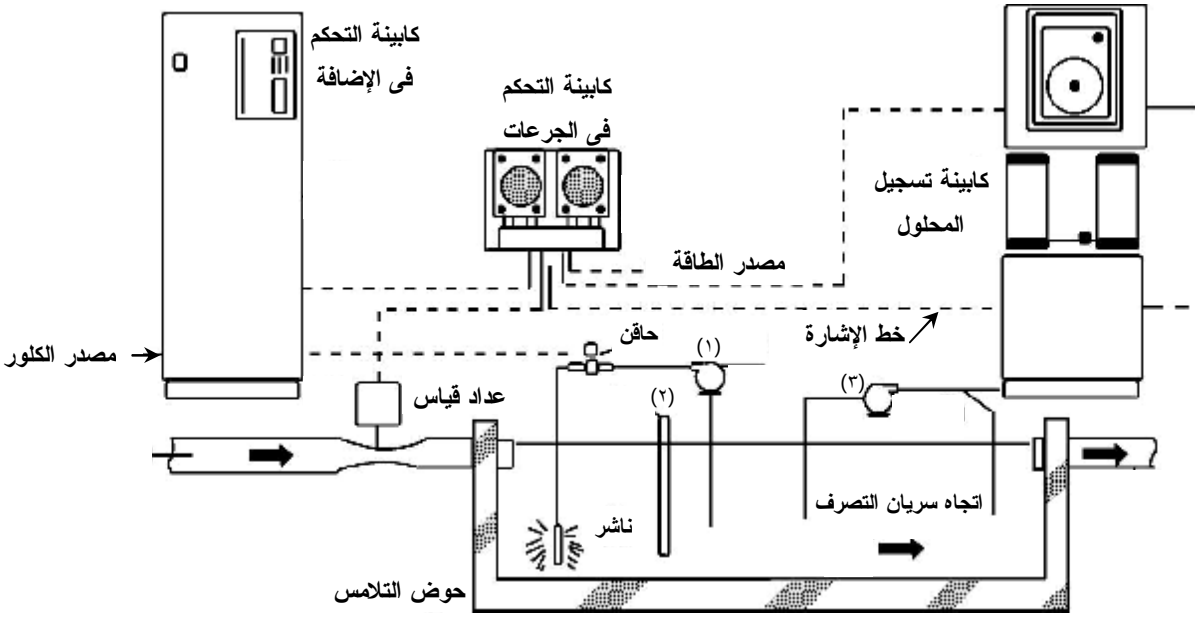
ج- إزالة بعض الأملاح المعدنية.

د- إزالة بعض المركبات العضوية.

هـ- تعقيم السيب النهائى.

وتتراوح الجرعة اللازمة لتفي بجميع الأغراض السابقة من ١٠ إلى ٣٠جم/م^3 من مياه السيب على أن تكون فترة مكث السيب فى أحواض التلامس من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة.

وتوضح الأشكال أرقام (٥-٢)، (٥-٣)، طرق وأجهزة إضافة الكلور ومشتقاته.

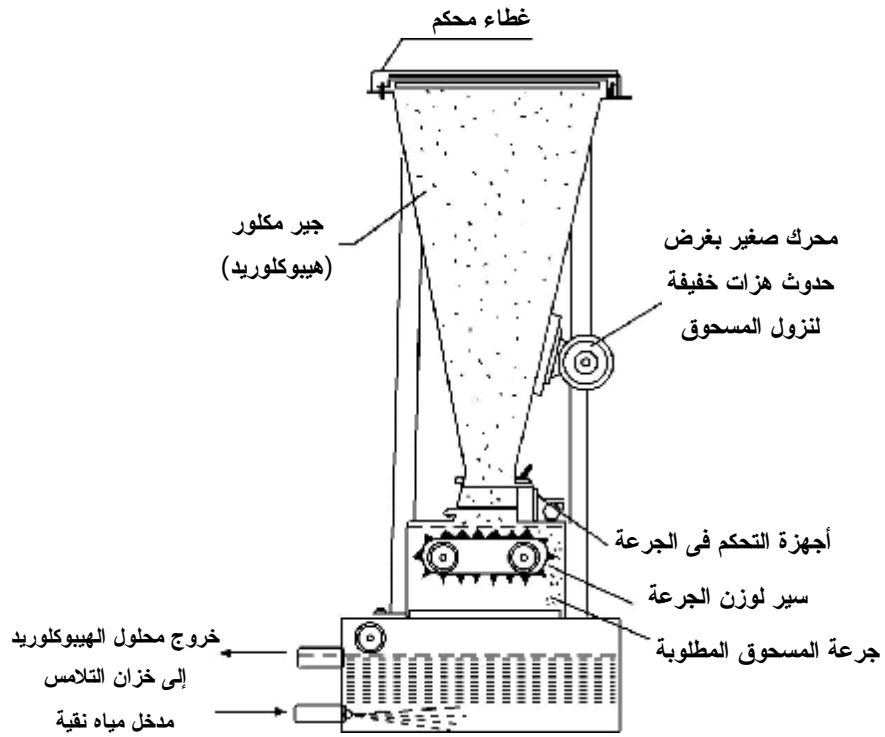


١- طلمبة لحقن الكلور ٢- الحاجز الأول داخل حوض التلامس

٣- طلمبة سحب المحلول

شكل رقم (٥-٢)

أجهزة تعقيم مياه الصرف بغاز الكلور



شكل رقم (٥-٣)

أجهزة إضافة مسحوق التعقيم

إزالة المغذيات بالمعالجة البيولوجية

أهمية النيتروجين والفسفور فى عمليات المعالجة البيولوجية

تحتاج عمليات المعالجة البيولوجية إلى وجود عناصر مغذية (Nutrients) مثل النيتروجين والفسفور فى المخلفات السائلة، وهذه العناصر موجودة أصلاً فى مياه الصرف الصحى المنزلية بتركيزات مناسبة كافية للنشاط البيولوجى، إلا أن كثيرًا من المخلفات الصناعية لا تحتوى على هذه العناصر.

ويلزم لتشغيل عمليات المعالجة البيولوجية مثل عملية الحمأة المنشطة ألا تقل نسبة النيتروجين والفسفور إلى الأكسجين الحيوى المستهلك المطلوب إزالته عن ١ فسفور : ٥ نتروجين : ١٠٠ أكسجين حيوى مستهلك.

وتعتبر إزالة هذه المغذيات من مياه الصرف الصحى والتخلص منها مسألة هامة فى عمليات المعالجة، وذلك للأسباب الآتية:

١. صرف مياه ملوثة تحتوى على كثير من هذه المغذيات فى مجارى الأنهار ومصادر المياه العذبة تعد مسألة خطيرة حيث يمكن أن تؤدى إلى الإسراع بتحلل وموت الأنهار الذاتى وذلك لانعدام الأكسجين الذائب فى النهر والذى يسببه وجود المغذيات بكثرة فى المياه.
٢. صرف مياه صرف صحى أيضًا بدون معالجة يزيد عملية النيترة (Nitrification) والتى بدورها تؤدى إلى تناقص واستنزاف تركيز الأكسجين الذائب فى المياه والذى يؤثر على الحياة النباتية داخل النهر ونمو وازدهار الطحالب.
٣. احتمالية تسرب المياه الملوثة بالمغذيات إلى المياه الجوفية والتى قد تكون مصدرًا من مصادر المياه العذبة لبعض المناطق مما يؤثر بشدة على الصحة العامة.

وتتم عملية إزالة المغذيات بأحد النظم الآتية:

أ- إزالة النيتروجين بدون إزالة الفسفور.

ب- إزالة النيتروجين والفسفور معًا.
ج- إزالة الفوسفور مع عملية النيترة أو بدونها.

أولاً: إزالة النيتروجين Nitrogen Removal

يوجد النيتروجين فى مياه الصرف الصحى على صورة نتروجين عضوى وأمونيا ويتراوح النيتروجين الكلى فى مياه الصرف الصحى بين ٣٥ إلى ٤٠ مجم/ لتر.

وتزيل المعالجة الابتدائية لمياه الصرف حوالى ١٥% من النيتروجين الكلى من خلال عمليات الترسيب للمواد الصلبة والتى تحتوى على نتروجين عضوى.

وتزيل المعالجة البيولوجية التقليدية ١٠% أخرى من النيتروجين الكلى والذى يكون مصاحبًا وموجودًا فى كتلة الخلايا الحية والتى تترسب فيما بعد فى أحواض الترسيب النهائية.

وتحتوى مياه السيب النهائى (Effluent) المعالجة بيولوجيًا على نيتروجين يكون ٩٠% منه فى صورة أمونيا.

أكسدة المواد النيتروجينية

فى ظروف بيئية معينة تتحول المواد العضوية النيتروجينية إلى أمونيا ثم إلى نيتريت ثم إلى نترات وذلك بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، وقد يكون نشاط البكتريا فى أكسدة المواد العضوية النيتروجينية بطيئًا ويبدأ عادة بعد أكسدة المواد العضوية الكربونية، والأكسجين المطلوب لأكسدة المواد النيتروجينية يسمى الأكسجين النيتروجينى المستهلك.

إزالة المغذيات بيولوجيًا من الطرق قليلة التكلفة لإزالة النيتروجين والفوسفور من مياه الصرف الصحى، وقد أثبتت الخبرة أن العمليات البيولوجية فعالة وموثوق فيها للتخلص منهما.

ويحدث كثير من التحولات للنيتروجين خلال مراحل معالجة مياه الصرف

الصحى، وهذه التحولات تتيح للنيتروجين أمونيا (نتروجين فى صورة أمونيا) أن تتحول إلى نواتج يسهل التخلص منها وإزالتها وهناك طريقتين لإزالة النيتروجين وهما (الامتصاص والاستيعاب) والنيترة.

ولأن النيتروجين من مواد الإثراء الغذائى فإن الميكروبات بأنواعها المختلفة فى مراحل المعالجة سوف تقوم بتمثيل الأمونيا النيتروجينية وتدخلها داخل مكوناتها الخلوية، وهناك جزء آخر من الأمونيا النيتروجينية سوف يعود لمياه الصرف من خلال موت وتحلل خلايا الكائنات الدقيقة.

وتتم عملية تثبيت النيتروجين فى عمليتى النيترة Nitrification وعكس النيترة De-nitrification حيث يتم إزالة النيتروجين من خلال مرحلتين رئيسيتين كما يلى.

فى المرحلة الأولى: وهى مرحلة تثبيت النيتروجين حيث يتم تحول الأمونيا إلى نترات ويكون ذلك مصحوبًا باستهلاك الأكسجين حيث أن هذا التفاعل هو تفاعل الأكسدة، ومع ذلك فإنه لم يتم التخلص من النيتروجين ولكنه تغير من صورة إلى أخرى أى تم تثبيته فى صورة أبسط.

فى المرحلة الثانية: وهى عكس النيترة وتتحول النترات بالاختزال إلى صورة نواتج غازية.

النيترة بيولـوجيًا Biological Nitrification

النيترة هى عملية تثبيت النيتروجين وهى العملية الأولى فى إزالة النيتروجين البيولوجية والتى تشمل النيترة وعكس النيترة.

وصف عملية النيترة

هناك نوعين من البكتيريا مسئولتان عن النيترة وهما بكتريا النيتروزوموناس (Nitrosomonas) وبكتيريا النيتروباكتر (Nitrobacter) فالنيتروزوموناس تؤكسد الأمونيا إلى مركب وسيط وهو النيتريت (Nitrite, NO_2) أما النيتروباكتر فتحول النيتريت إلى النترات (Nitrate NO_3).

وهاتان الخطوتان متعاقبتان، كما يتضح من المعادلات الآتية:

$$55\ NH_4 + 76\ O_2 + 109\ HCO_3 \longrightarrow C_5H_7O_2N + 54\ NO_2 + 57\ H_2O + 104\ HCO_3$$

$$400\ NO_2 + NH_4 + 4\ H_2CO_3 + HCO_3 + 195\ O_2 \longrightarrow C_5H_7O_2N + H_2O + 400\ NO_3$$

ومن خلال هذه المعادلات يتبين أن هناك مواد كيميائية تلزم لإتمام التفاعلات فيلزم ٤.٣ مليجرام من الأكسجين لأكسدة مليجرام من الأمونيا إلى نترات، وخلال عملية تحول الأمونيا إلى نترات فإنه يستهلك كمية كبيرة من القلويات (المركبات المسئولة عن القلوية)، فيستهلك ٨,٦٥ مليجرام من البيكربونات لأكسدة مليجرام من الأمونيا إلى نترات.

من الملاحظ أن تحول الأمونيا إلى نترات ليس عملية إزالة للنتروجين، ولكنه عملية استهلاك الأكسجين لغرض إتمام هذه الأكسدة. البكتريا المسئولة عن عملية النيترة حساسة جدًا لكثير من المؤثرات والظروف البيئية، وخاصة عند تعرضها لمختلف المثبطات التى تعوق وتثبط نشاطها ونموها داخل مياه الصرف، فمثلاً كثير من المركبات الكيميائية العضوية وغير العضوية يمكن أن تثبط نمو ونشاط هذه الكائنات، فالتركيز العالى جداً من الأمونيا وحمض النيتروز يعتبر من عوامل التثبيط القوية لبكتريا النيترة. تركيز أيون الهيدروجين له تأثير هام على عملية النيترة وقيمة الأس الهيدروجينى من ٧,٥ إلى ٨,٦ مناسبة جدًا لنمو البكتريا ومع ذلك فالنظام البيئى يمكنه إتمام عملية النيترة عند انخفاض قيمة الأس الهيدروجينى قليلاً.

والحرارة أيضًا لها تأثير فى نشاط ونمو بكتريا النيترة، وعمومًا القياس الكمى الدقيق لهذه العوامل صعب جدًا.

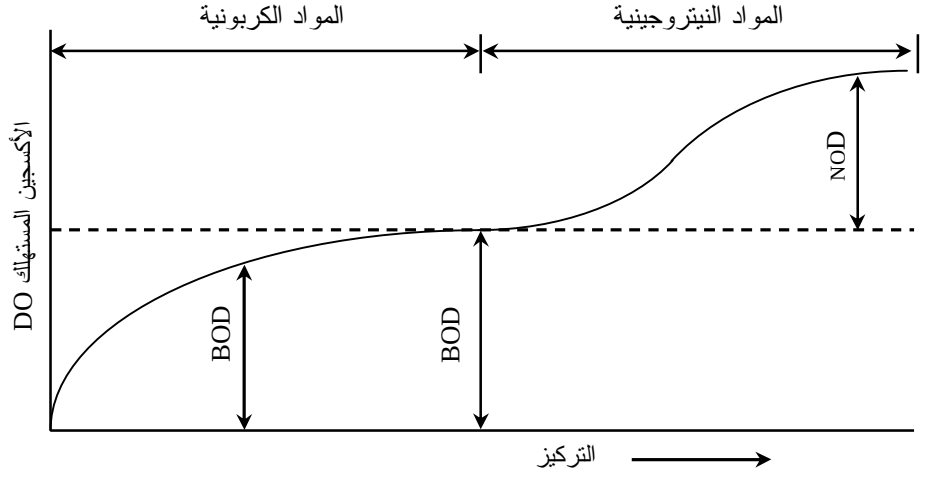
ومن الجدير بالذكر أن هناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة تستطيع أن تقوم بتثبيت النيتروجين وفى مياه الصرف الصحى أو فى الطبيعة عمومًا.

الأكسجين المطلوب لتثبيت النيتروجين

طبقًا للمعادلات السابقة، فإنه يلزم ٤,٣ مليجرام من الأكسجين لأكسدة ملليجرام من الأمونيا إلى نترات، وفى حالة زيادة تركيز الأكسجين الذائب عن ١ ملجم/ لتر فإن هذا يساعد على عملية النيترة وإذا إنخفض عن هذا المعدل يؤدى إلى إبطاء عملية النيترة أو إلى توقفها نهائياً.

وتعود أهمية الأكسجين، إلا أن عملية أكسدة المواد النيتروجينية تبدأ عادة بعد أكسدة المواد الكربونية وبمعدل أبطأ، وتحتاج أكسدة المواد النيتروجينية إلى أكسجين ذائب مما يضيف عبئًا وحملاً إضافيًا إلى عملية المعالجة أو إلى المسطحات المائية التى تصرف فيها المياه المعالجة.

ويوضح الشكل رقم (٥-٤) عملية أكسدة المواد الكربونية والنيتروجينية والأكسجين المستهلك.



شكل رقم (٥-٤)
الأكسجين المستهلك فى أكسدة المواد الكربونية والنيتروجينية

وإذا اعتبرنا أن تصرف كل شخص من النيتروجين يتراوح ما بين ٦ إلى ١٠ جرام فى اليوم، فإن الاحتياج لتثبيتها من الأكسجين يتراوح ما بين ٢٥ إلى ٥٠ جرام فى اليوم.

العـــوامل التى تساعد على تثبيت النيتروجين توجد عدة عوامل تساعد على عملية تثبيت النيتروجين وهى كما يلى:

١. يفضل أن يكون الأس الهيدروجينى من ٧,٥ إلى ٨,٦.
٢. لا يقل تركيز الأكسجين الذائب عن ٢ ملجم/ لتر لإتمام العملية بكفاءة.
٣. يجب أن تكون المواد الكربونية قد تم تثبيتها، أو أن تكون المخلفات السائلة قد مرت بمراحل المعالجة البيولوجية التقليدية.
٤. درجة الحرارة التى وجد أن ٩٥% من عمليات النيترة تتم فيها تكون بين ١٥ إلى ٣٥ درجة مئوية، وتعتبر درجة الحرارة المثالية لعملية النيترة فى الظروف العادية هى ٣٠ درجة مئوية تقريبًا.
٥. تكون مدة بقاء المياه فى وحدات المعالجة البيولوجية أكبر من معدل نمو البكتريا التى تقوم بعملية أكسدة النيتروجين حتى لا تخرج كميات كبيرة من هذه البكتريا فى المياه المعالجة قبل إتمام وظيفتها بتثبيت النيتروجين.
٦. نسبة المواد العالقة المتطايرة فى أحواض التهوية تتراوح بين ١٢٠٠ إلى ٢٠٠٠ مليجرام لكل لتر.
٧. ألا تزيد نسبة العناصر الثقيلة المثبطة لعملية النيترة (النحاس – الزنك – الكادميوم – النيكل – الرصاص – الكروم) عن ٥ مليجرام/ لتر.
٨. ألا توجد بعض المواد العضوية السامة المثبطة للنيترة مثل:
   - الفينولات الهالوجينية.
   - المذيبات الهالوجينية.
   - الفينول والكيروسول (لا يزيد عن ١٥ مجم/ لتر).
٩. أن لا تزيد مركبات السيانيد والمواد العالقة المطلقة لحمض الهيدروسيانيد عن ٢٠ مجم/ لتر.

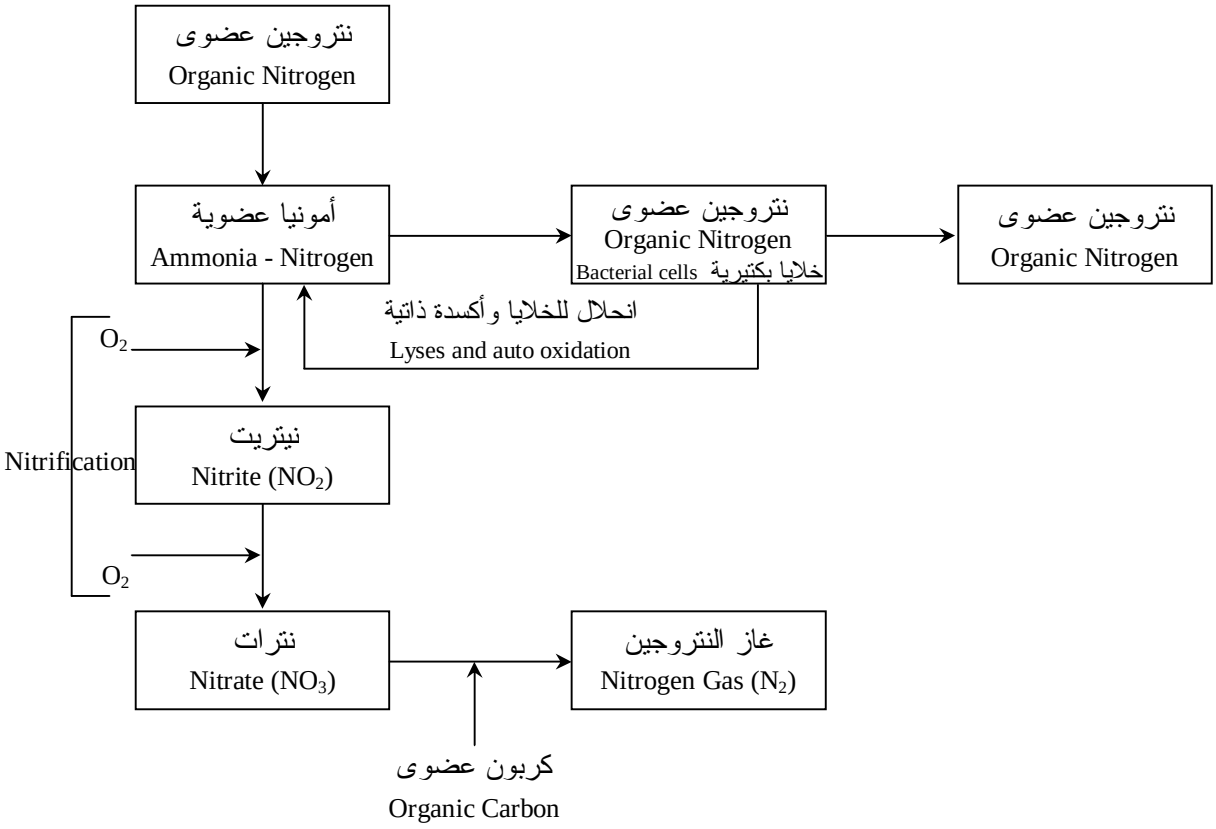
ويحدث تثبيت المواد النيتروجينية عند مدة بقاء الحمأة من ٣٥ إلى ٤٨ ساعة عند درجة حرارة ١٤ إلى ١٧ مئوية، أو حوالى ١٢٠ ساعة عند درجة حرارة من ٩ إلى ١١ مئوية.

وعلى أساس أن مدة بقاء الحمأة فى عمليات الحمأة المنشطة التقليدية تساوى من يومين إلى خمسة عشرة يومًا، فإن عملية تثبيت النيتروجين يمكن أن تتم

فيها، طالما أن درجة الحرارة لا تنخفض بدرجة كبيرة تعوق أكسدة المواد النيتروجينية، أيضًا لا تنخفض الحرارة إلى الدرجة التى تؤثر على نشاط البكتريا المثبتة للنيتروجين.

ولذا فإنه غالبًا تتم عملية تثبيت النيتروجين صيفًا بدرجة أكبر منه شتاءًا وبصفة عامة فإن أنسب طريقة يمكن أن يحدث بها أكبر نسبة لتثبيت النيتروجين هى طريقة التهوية الممتدة لأن مدة بقاء الحمأة داخل نظام المعالجة كبير فيساعد ذلك على عملية الأكسدة للمواد النيتروجينية.

ويوضح الشكل رقم (٥-٥) تفاعلات وتحولات النيتروجين فى عمليات المعالجة البيولوجية.



شكل رقم (٥-٥)

تفاعلات وتحولات النيتروجين فى عمليات المعالجة البيولوجية

الحمأة المنشطة وعملية النيترة

تعتمد كفاءة المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فى إزالة الأكسجين الحيوى المستهلك الكربونى (Carbonaceous BOD) بالإضافة إلى تثبيت النيتروجين بعملية النيترة، على النقاط الآتية:

- مدى إمكانية الكائنات الحية الدقيقة القيام بعمليات البناء والهدم للمواد العضوية والأمونيا.
- مدة بقاء المواد الصلبة داخل مراحل المعالجة وقيمة الغذاء للكائنات الدقيقة الحية.
- عدد وأنواع الكائنات الحية الدقيقة النشطة الموجودة داخل أحواض التهوية.
- الحمل الهيدروليكى وكفاءته داخل المفاعلات البيولوجية.
- العوامل البيئية المختلفة مثل تركيز الأكسجين الذائب، توافر المغذيات، القلوية، قيمة الأس الهيدروجينى، الحرارة ووجود المواد السامة.
- كفاية التصميمات الهندسية للخلط الجيد وضخ الحمأة العائدة والحمأة المنصرفة وإمداد كافى للهواء.
- الصيانة الجيدة للمعدات والماكينات.
- توافر التدريب الجيد على نظم المعالجة الفنية من مشتغلين ومهندسين وكيميائيين.

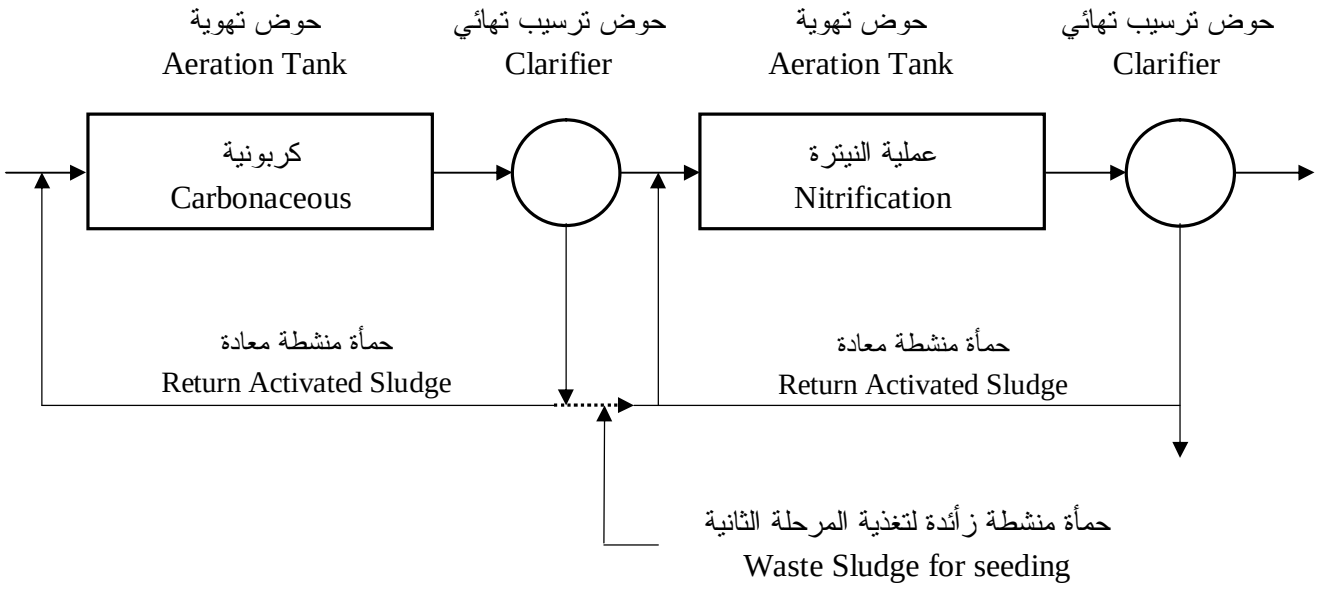
تطبيقات عملية النيترة (تثبيت النيتروجين)

إن عملية النيترة يمكن تصنيفها من عمليات النمو المعلق أو عمليات النمو المتلاصق، حيث يمكن أن تتم عملية النيترة خلال عمليات إزالة المواد العضوية الكربونية فى نفس أحواض المفاعلات (أحواض التهوية)، أو فى مفاعلات خاصة بها تلى أحواض التهوية فى عمليات الحمأة المنشطة التقليدية.

وعندما تتم عمليات إزالة المواد العضوية الكربونية وعمليات النيترة فى نفس المفاعل (حوض التهوية أو حوض التثبيت) تسمى هذه المعالجة النيترة أحادية المرحلة، أما عندما تتم النيترة فى مفاعلات خاصة بها يليها أحواض

ترسيب داخل نظام الحمأة المنشطة العادية فإن هذه المعالجة تسمى النيترة ثنائية المرحلة، وتتم عملية أكسدة الأمونيا إلى نترات بالتهوية العادية أو باستخدام الأكسجين عالى النقاوة كما هو موضح بالشكل رقم (٥-٦).

ومن الممكن أيضًا أن يتم إزالة النيتروجين وإتمام عمليات النيترة وعكسها فى عمليات المعالجة باستخدام المرشحات البيولوجية والأقراص البيولوجية الدوارة.



شكل رقم (٥-٦)

نيترة ثنائية المرحلة (مرحلتين كربونية – نيتروجينية)

عكس النيترة
De-nitrification

عملية عكس النيترة هى ثانى مرحلة من مراحل إزالة النيتروجين بيولوجيًا والتى تشمل كلاً من النيترة وعكس النيترة.

وتتم عملية إزالة النترات عن طريق تحويلها إلى غاز النيتروجين عبر سلسلة من التفاعلات بيولوجيًا تعرف بعملية عكس النيترة، حيث أنها عملية اختزال وليست أكسدة كما فى حالة تثبيت النيتروجين بالنيترة.

وتتم عملية عكس النيترة بيولوجيًا فى غياب الأكسجين أو فى ظروف نقصه وندرته، ومن أشهر الأنواع البكتيرية التى تقوم بهذه العملية الأنواع الآتية:

Acheromobacter, Aerobacter, Alcaligenes, Bacillus, Brevibacterium, Lavobacterium, Lactobacillus, Micrococcus, Proteus, Pseudomonas and Spirillum.

وهذه البكتريا غير ذاتية التغذية قادرة على تمثيل النيتروجين واختزاله خلال خطوتين (تفاعلين رئيسيين) الخطوة الأولى هو تحول النترات إلى نيتريت. ويتبع هذه الخطوة تحول النيتريت إلى أكسيد النيتريك ثم أكسيد النيتروز ثم غاز النيتروجين كناتج نهائى، والمركبات الثلاثة الأخيرة هى غازات ومن ثم يسهل التخلص منها بتحررها وانطلاقها إلى الهواء الجوى.

وتوضح المعادلة الآتية سلسلة التفاعلات التى تحدث فى عملية عكس النيترة:

نترات **ß** نيتريت **ß** أكسيد النيتريك **ß** أكسيد النيتروز **ß** غاز النيتروجين

NO_3^- **à** NO_2^- **à** NO **à** N_2O **à** N_2

ويعتبر تركيز الأكسجين الذائب من العوامل الحرجة التى تؤثر جدًا فى العملية حيث أن وجود الأكسجين يعوق ويثبط النشاط الإنزيمى اللازم لإتمام التفاعلات.

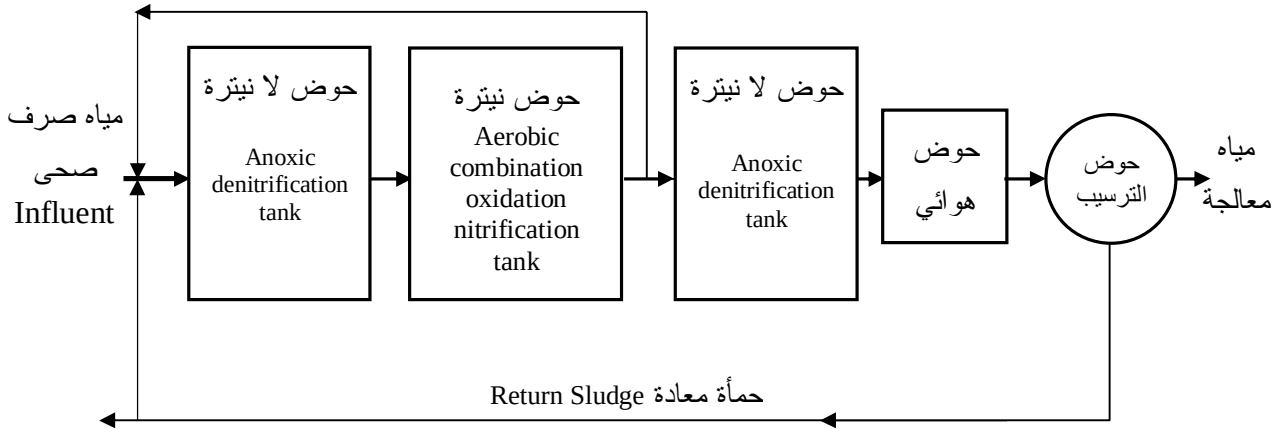
فى ظروف غياب الأكسجين فإن أنواع كثيرة من البكتريا غير ذاتية التغذية تستطيع اختزال النترات إلى غاز الأكسجين فى وجود معطى (مصدر للالكترونات).

وتعمل القلوية الناتجة عن تحول النترات إلى غاز النيتروجين على خفض قيمة الأس الهيدروجينى فى المياه، فالقيمة المثلى للأس الهيدروجينى تقع بين ٧ إلى ٨ مع اختلاف الدرجة المثلى لكل نوع من الأنواع البكتيرية.

وتؤثر الحرارة أيضًا على معدل تحول النترات إلى غاز النيتروجين، كما أنها تؤثر على معدل نمو البكتريا المسئولة عن التفاعلات البيولوجية، حيث أن معظم الأنواع البكتيرية حساسة جدًا للتغير فى درجات الحرارة.

ويفضل فى عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة أن تتم عملية تثبيت النيتروجين داخل أحواض التهوية لما فى ذلك من قدرتها على التخلص من نسبة من المواد العضوية النيتروجينية. ومن المهم جدًا تفادى حدوث عملية عكس التأزت فى أحواض الترسيب النهائى، فهذه مشكلة، حيث أن أحواض الترسيب النهائى بها نسبة أكسجين ذائب قليلة، فتبدأ الكائنات فى الحصول على الأكسجين اللازم لها من تكسير المواد النيتروجينية الناتجة من عملية التأزت مثل النترات وتحولها إلى غاز النيتروجين الذى يتكون حاملاً معه أجزاء كبيرة من الحمأة تخرج مع الماء المعالج مسببة ارتفاع تركيز المواد الصلبة العالقة بها.

ووجود كمية ضئيلة من غاز النيتروجين أو غازات عكس النيترة تزيد من صعوبة عملية ترسيب الحمأة داخل أحواض الترسيب النهائى، ولهذا قد تنشأ وحدات لإزالة وفصل غاز النيتروجين قبل دخول المياه إلى أحواض الترسيب النهائى، كما هو مبين بالشكل رقم (٥-٧).



شكل (٥-٧)

نظام للمعالجة لعمليات عكس النيترة

ويمكن تلخيص العوامل اللازمة لحدوث عملية عكس النيترة:

- تركيز ونسبة النترات الموجودة فى المياه.
- تركيز المادة الغذائية المتاحة (كمصدر للطاقة).
- درجة الحرارة.
- تركيز الأكسجين كعنصر مثبط للعملية.
- قيمة الرقم الهيدروجينى.

الوحدات المستخدمة فى إزالة النيتروجين من مياه الصرف الصحى

كما ذكرنا من قبل فإن النيتروجين والفوسفور كلاهما يجب التحكم فيه، وذلك لمنع النمو المتزايد للطحالب فى المياه المستقبلة.

وتوجد عدة أنواع من أنظمة إزالة النيتروجين يمكن توضيحها كما يلى:

١. المعالجة الفيزيائية
٢. المعالجة الكيميائية
٣. المعالجة البيولوجية

وسوف نتناول بالشرح أنظمة التخلص من النيتروجين بيولوجيًا حيث أنها الأكثر شيوعًا مع التركيز على طرق التعامل المختلفة مع الوحدات المستخدمة فى المحطات لإزالة النيتروجين.

وعند دراسة إزالة النيتروجين بيولوجيًا، فإنه يجب إعادة دراسة كلا من:

١. أحواض التهوية فى نظام المعالجة بالنمو المعلق.
٢. المرشحات البيولوجية والأقراص البيولوجية الدوارة وهما الأكثر استخدامًا فى نظام المعالجة بالنمو الملتصق.

ففى أحواض التهوية يجب على المشغل مراعاة النقاط الآتية بصفة عامة:

- أن يكون حجم حوض التهوية مناسبًا لتركيز السائل المخلوط، وزمن البقاء من ٤ إلى ٨ ساعات، وعمر الحمأة يجب أن يكون كبيرًا بطريقة مناسبة (٤ أيام أو أكثر) وذلك لإعطاء بكتيريا النيترة وقتًا كافيًا للنمو.
- أما فى المحطات التى تستخدم المرشحات البيولوجية أو الأقراص الدوارة

فيجب أن تكون مساحة أسطح الوسط الترشيحى مناسبًا لضمان زمن التلامس المناسب بين مياه الصرف الصحى والكائنات الحية الدقيقة، وذلك لتحقيق مستوى المعالجة المطلوب، أيضًا لابد أن تضمن مصدر الأكسجين والمعالجة الأولية المناسبة لتقليل الـ BOD.

- اهتم بإعادة تدوير (Recirculation) المياه الخارجة من المفاعل (المرشح أو الأقراص الدوارة)، وذلك لتحقيق درجة المعالجة المطلوبة.

إزالة الفسفور يعتبر الفسفور أحد المصادر الغذائية للطحالب، والفوسفور المتحد مع النيتروجين غير العضوى يشكل ملوثًا خطيرًا يهدد المياه المستقبلة، حيث يؤدى إلى النمو المتزايد للطحالب فى هذه المياه المستقبلة نتيجة توافر هذين المغذيين فيها.

ويعتبر وجود الطحالب في مياه الصرف الصحى المعالجة غير مرغوب فيه (Unsightly) فالطحالب يمكن أن تسبب الرائحة والطعم غير المستساغ لمصادر المياه، كما أن موت وتحلل الطحالب يسبب مشاكل نفاذ الأكسجين في المياه نتيجة تأكسدها وهذا يؤدى إلى قتل الأسماك بالإضافة لباقي الأحياء المائية (Aquatic wildlife) وبإزالة الفوسفور من مياه الصرف الصحى المعالجة الخارجة من المحطات سوف تفقد الأنهار أو البحيرات التي تصرف عليها محطات المعالجة مغذي من مغذيات نمو الطحالب فإختزال مغذي من هذه المغذيات سوف يقلل من نمو الطحالب.

أنظمة إزالة الفوسفور تتضمن أنظمة إزالة الفوسفور، الإزالة البيولوجية أو الكيماوية كما يلى:

- الإزالة البيولوجية: وتستخدم الإزالة البيولوجية للفوسفور في نظم المعالجة التقليدية، حيث أن الكائنات الدقيقة الموجودة بالحمأة المعادة تستهلك الفوسفور الموجود بالمياه ويؤدى استهلاك الأكسجين إلى موت هذه الكائنات وتحرر الفوسفور حيث يمكن إزالته من المياه.

- الإزالة الكيميائية: حيث تتم باستخدام إضافة كيمياوات مثل الجير أو الشبة للمساعدة فى عملية التدريب، وتكون مركبات جديدة يمكن ترسيبها فى أحواض الترسيب.

إزالة الفوسفور بيولوجيًا
Biological Removal of Phosphorous

يوجد الفوسفور فى مياه الصرف الصحى غالبًا على هيئة ثلاث صور وهى:

١. أورثوفوسفات.
٢. عديد الفوسفات.
٣. الفوسفور المتحد بجزيئات عضوية.

ويمثل عنصرى الفوسفات والفوسفور العضوى حوالى ٧٠% من كمية الفوسفور الموجودة فى مياه الصرف الصحى الخام، وتستهلك الكائنات الحية الدقيقة الفوسفور خلال بناء الخلايا الجديدة ونقل الطاقة ونتيجة لذلك فإن ١٠ إلى ٣٠% من الفوسفور الداخل لوحدات المعالجة مع مياه المدخل تزال خلال عمليات المعالجة الثانوية البيولوجية.

وهناك استهلاك آخر للفوسفور من خلال إصلاح وصيانة وإعادة بناء الخلايا الحية حيث تحتاج الخلايا للفوسفور بشدة، مما يؤدى فى النهاية إلى انخفاض كمية الفوسفور الخارجة مع الماء المعالج.

وقد يتحرر الفوسفور من الخلايا فى ظروف غياب الأكسجين ومن ثم فإن إزالة الفوسفور بيولوجيًا تتم فى خطوات بيولوجية متتابعة فى ظروف بيئية مختلفة تبعًا لكل مرحلة.

وصف عملية إزالة الفوسفور بيولوجيًا

يعد (Acinetobacter) من الكائنات المسئولة بصورة كبيرة عن إزالة الفوسفور وهذا الكائن له استجابة عالية لوجود الأحماض الدهنية المتطايرة الموجودة فى مياه المدخل حيث يتم تحرير الفوسفور المختزن فى الخلايا وذلك فى ظروف لاهوائية لإعطاء الطاقة اللازمة لحدوث عملية الهضم وتكوين الأحماض الدهنية المتطايرة.

وتتم المعالجة البيولوجية لإزالة الفوسفور عن طريق وحدات معالجة لاهوائية متبوعة بوحدات هوائية أو وحدة متكاملة لها مناطق لاهوائية يليها مناطق هوائية، وذلك يجعل الكائنات الحية الدقيقة تستهلك الفوسفور بمعدلات ومستويات عالية أعلى من المعدل الطبيعى، والفوسفور يستهلك من أجل بناء الخلايا وإنتاج الطاقة المطلوبة للكائنات الحية الدقيقة.

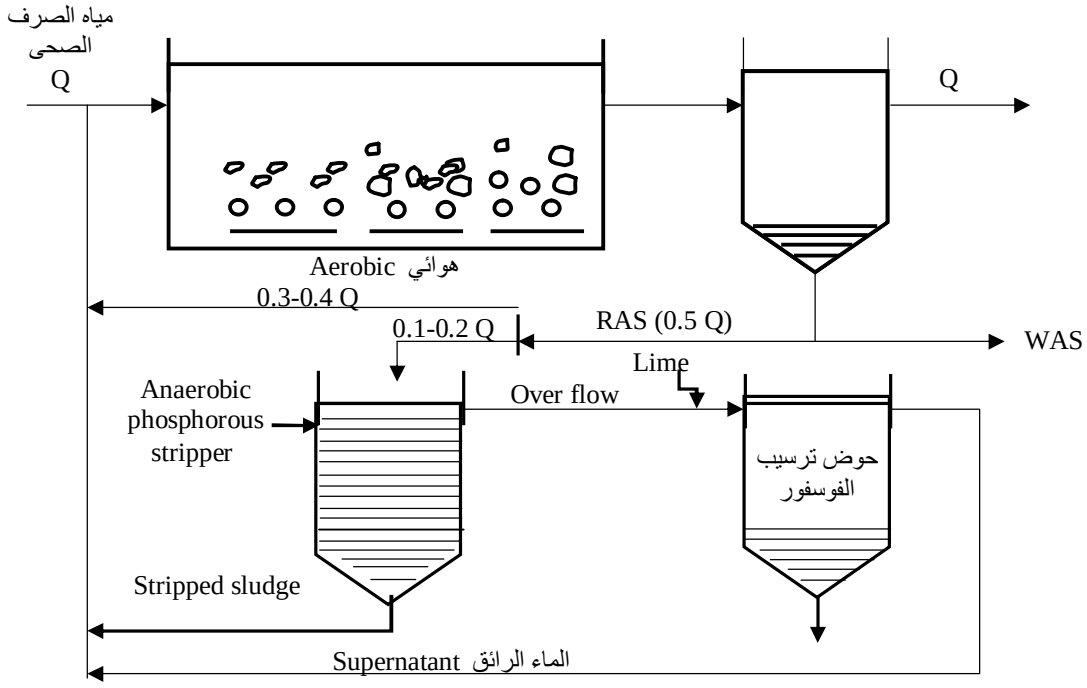
أما الحمأة المحتوية على كميات كبيرة من الفوسفات فيتم صرفها أو إزالتها أو معالجتها فى وحدات معالجة جانبية لتحرير وإطلاق الفوسفور الزائد.

وعملية تحرير وإطلاق الفوسفور تتم فى ظروف غياب الأكسجين ومن ثم فإزالته تتطلب مفاعلات لاهوائية وهوائية أو مناطق لاهوائية وهوائية موجودة داخل هذه المفاعلات البيولوجية، ويوضح الشكل رقم (٥-٨) طريقتين من طرق إزالة الفوسفور بيولوجيًا، وهما:

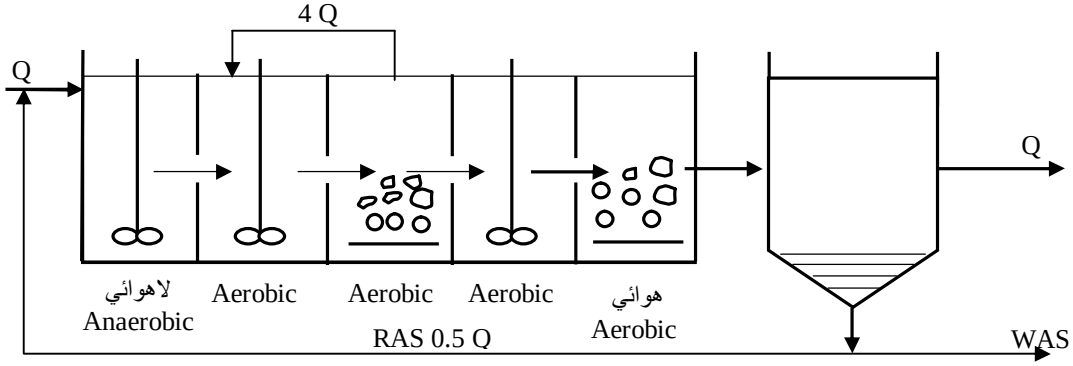
١. الطريقة الأولى وتسمى (Phostrip process).
٢. الطريقة الثانية وتسمى عمليات المراحل الخمس (Five stage Bardenpho).

وفى كلتا الطريقتين تتم معالجة المياه هوائيًا ولاهوائيًا فى أحواض كبيرة فى تتابع مع وجود بعض الاختلافات لكل طريقة، ففى الطريقة الأولى (Phostrip): الفوسفور المحرر بيولوجيًا فى ظروف غياب الأكسجين يستخدم لزيادة وتركيز المغذيات فى مسار جانبى لمعالجة كيميائية، وبصفة عامة يتم استخدام الجير لترسيب الفوسفور.

أما فى الطريقة الثانية: (Five-stage Bardenpho)، فتتضمن تتابع خطوات المعالجة اللاهوائية – اللاكسجينية – الهوائية وهذا التتابع يستخدم لإزالة كل من النيتروجين والفوسفور. والفوسفور يزال بالتخلص من الحمأة من نظام المعالجة أى أن هناك نسبة كبيرة من الفوسفور تخرج مع الحمأة المنصرفة وبهذا يتم تخفيض الفوسفور وإزالته من مياه الصرف الصحى.



(أ) الطريقة الأولى Phostrip Process



(ب) الطريقة الثانية Five-stage Bardenpho

شكل رقم (٥-٨)

طرق إزالة الفوسفور بيولوجيًا

إزالـــة الفوسفات وعلاقته بالكائنات الخيـــطـــيـــة

من خلال الدراسات السابقة تبين أن الفوسفات المستهلك بواسطة الكائنات الخيطية الموجودة داخل تجمعات للرغوة فى وحدات المعالجة بالحمأة النشطة يكون أكثر منه فى عمليات الحمأة المنشطة العادية غير المصحوبة بتجمعات للرغوة أو التى لا يوجد بها كائنات خيطية بصورة كبيرة.

أى أن معدل استهلاك الفوسفات بواسطة الكائنات الخيطية أكبر منه عن البكتريا الموجودة فى وحدات المعالجة بالحمأة النشطة، ووجد أيضًا أن عنصرى البوتاسيوم والماغنسيوم لهما دور كبير وهام فى إنجاح عملية إزالة الفوسفور بيولوجيًا.

وهناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة التى تستطيع تمثيل الفوسفور وإدخاله فى المكونات والجزيئات الكبيرة فى الخلية، والكائنات الحية الدقيقة لها القدرة على تخزين الفوسفور فى صورة عديد الفوسفات على هيئة حبيبات كبيرة والتى قد تمثل من ١٠ إلى ٢٠% من وزن الخلية الجاف.

الإزالة الكيميائية للفوسفور

يمكن إزالة الفوسفور من مياه الصرف الصحى كيميائياً بإحدى الطرق التالية:

<u>الترسيب بالجير</u>:

عند إضافة الجير مع مياه الصرف الخارجة من محطة المعالجة بكمية كافية فانه يرفع (pH) في المياه ويكون مركبات كيميائية من أيونات الفوسفور والكالسيوم والهيدروكسيل التي تتجمع أو تتحد مع بعضها بطريقة معينة لتكوين مواد صلبة ثقيلة يمكن أن تترسب في الأحواض الخاصة بإزالة الفوسفور.

كما أن الجير المضاف يتحد مع قلوية المياه لتكوين كربونات الكالسيوم التي تترسب و تخرج مع حمأة الفوسفور ويمكن أن يتم فصل الكالسيوم من الحمأة مرة أخري وتحويله إلي جير ويعاد استخدامه مرة اخري.

وبصفة عامة فإن استخدام الجير كمرسب لا يفضل فى محطات المعالجة، وذلك لأن استخدامه ينتج عنه زيادة الحمأة الناتجة مقارنة باستخدام المركبات الأخرى، هذا بالإضافة إلى المشاكل الناتجة عن نقل الجير وتداوله وتشغيل معداته وصيانتها.

استخدام كبريتات الألمونيوم:

تستخدم الشبة (كبريتات الألمونيوم) في عمليات الترويب ثم عملية الترسيب، حيث يساعد إتحاد الشبة مع مياه الصرف أيضا علي ترسيب الفوسفور علي هيئة (فوسفات الألمونيوم) كما هو الحال في حالة استخدام الجير حيث تتجمع جزيئات فوسفات الألمونيوم وتزداد كثافتها وتترسب بفعل الجاذبية لأسفل المروق ثم يتم التخلص من الروبة المحتوية علي خليط كبريتات الألمونيوم والفوسفور، أى أنه يمكن إزالة الفوسفور من مياه الصرف بيولوجيا وكيميائيا، وبصفة عامة فإنه يتم استخدام نظم إزالة الفوسفور كيميائيا أكثر منه بيولوجيا.

ويعتبر التحكم في الأكسجين هو المفتاح الرئيسي في عمليات التغذية البيولوجية أثناء عمليات الإزالة، وعند توافر الأكسجين تتم العمليات الهوائية مع الكائنات الهوائية، وفي حالة عدم وجود الأكسجين (Anoxic) تعتمد الأحياء الدقيقة علي الحصول علي الأكسجين من المركبات الكيميائية الموجودة مثل الكبريتات والنترات والنيتريت.

ويوضح الجدول رقم (٥-١) نسب الإزالة للفوسفور باستخدام المواد الكيميائية.

جدول رقم (٥-١)

نسب إزالة الفوسفور باستخدام المواد الكيماوية

طرق الإزالة	نسبة الإزالة
الترسيب بالجير	٧٠ % - ٩٠ % إزالة للفوسفور
الترسيب بالأملاح المعدنية	٧٠ % - ٩٠ % إزالة للفوسفور

وتنقسم المواقع التى يمكن أن يزال منها الفوسفور إلى ثلاث مناطق:

- الترسيب فى المرحلة الابتدائية.
- الترسيب فى المرحلة الثانوية.
- الترسيب فى السيب النهائى.

أ- الترسيب فى المرحلة الابتدائية

وفيه يتم إضافة الكيماويات لمياه الصرف الخام لترسيب الفوسفور فى أحواض الترسيب الابتدائى حيث يزال الفوسفور مع الحمأة الابتدائية المزالة، كما بالشكل رقم (٥-٩أ).

ب- الترسيب فى المرحلة الثانوية

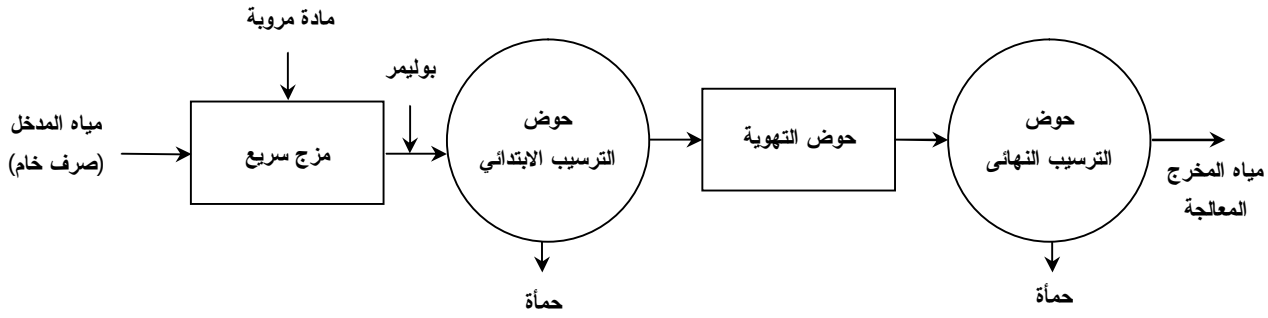
وفيه يتم إضافة الكيماويات للمياه خلال مراحل المعالجة البيولوجية الثانوية لتكوين مواد يمكن ترسيبها وتزال مع الحمأة الثانوية المنصرفة. وفى هذه الحالة يمكن إضافة الكيماويات إلى:

- المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائى.
- أو إلى السائل المخلوط بأحواض التهوية.
- أو إلى المياه الخارجة من المعالجة البيولوجية قبل دخولها إلى وحدات الترسيب النهائى، كما يوضح الشكل رقم (٥-٩ب).

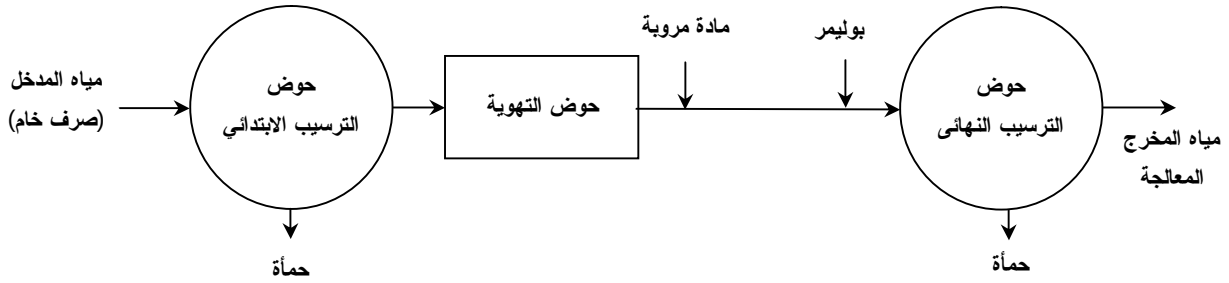
ج- الترسيب فى السيب النهائى

وفيه يتم إضافة الكيماويات للمياه الناتجة المعالجة الخارجة من وحدات الترسيب الثانوية، ومن ثم تزال الحمأة المترسبة فى أحواض ترسيب خاصة أو من خلال مرشحات أو فلاتر خاصة لمياه المخرج، كما يوضح الشكل رقم (٥-٩ج).

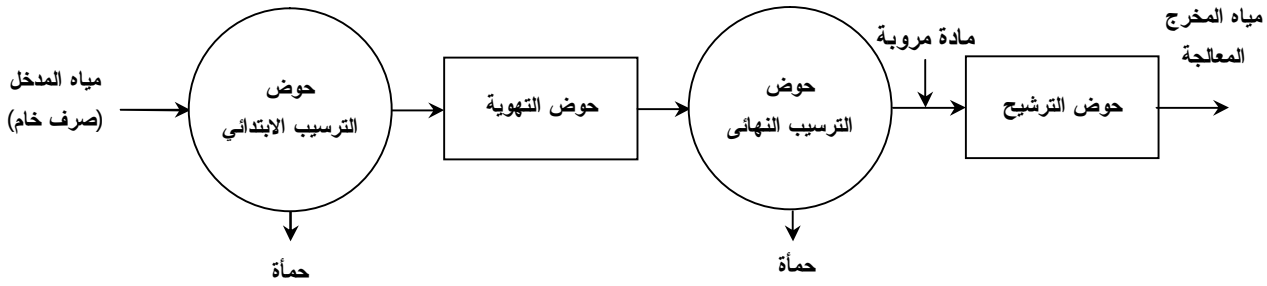
ويوضح الشكل رقم (٥-١٠) نموذج لمنظومة إزالة الفوسفور من مياه السيب النهائى باستخدام الجير.



أ- إزالة الفوسفور فى مرحلة المعالجة الأولية



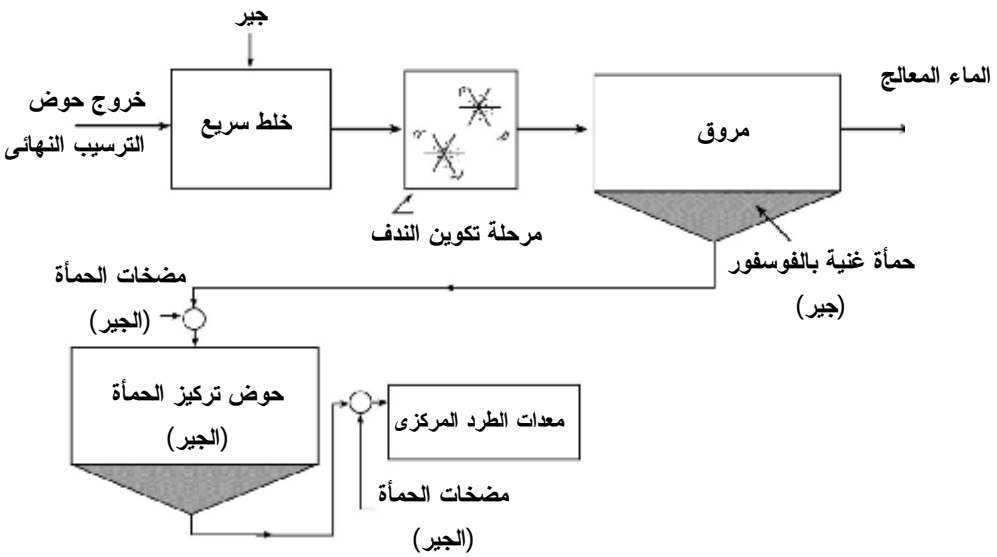
ب- إزالة الفوسفور فى مرحلة المعالجة الابتدائية



ج- إزالة الفوسفور فى مرحلة المعالجة الثانوية

شكل رقم (٥-٩)

أعمال إزالة الفوسفور فى مراحل المعالجة المختلفة



شكل رقم (٥-١٠)
نموذج لمنظومة إزالة الفوسفور باستخدام الجير

العوامل والظروف التى تعمل على زيادة كفاءة إزالة الفوسفور بيولوجيًا:

- نسبة الفوسفور إلى الأكسجين الحيوى المستهلك تتراوح بين ٠,٠١ إلى ٠,٠٣.
- نسبة النترات إلى الأكسجين الحيوى المستهلك أقل من ٠,٢٥ إلى ١,٠.
- وجود نسبة وتركيزات عالية من المواد القابلة للتحلل بيولوجيًا فى مياه الصرف والتى قد ترد من الصرف الصناعى مثل حمض الأسيتيك.
- أن يكون عمر الحمأة قصيرًا بقدر الأمكان.

الوحدات المستخدمة فى إزالة الفوسفور

سوف نتناول بالشرح فيما يلى الوحدات المستخدمة فى بعض الأنظمة المستخدمة فى إزالة الفوسفور وطرق التعامل مع هذه الوحدات.

كما تم ذكره من قبل فإن الكائنات الحية الدقيقة بمياه الصرف الصحى عادة تستخدم الفوسفور لبناء الخلايا، ولكن عندما تكون الكائنات جائعة جداً، وتحتاج للغذاء والأكسجين فإنها تميل إلى امتصاص مزيد من الفوسفور بحرية تامة وهذه العملية تسمى الاستهلاك الترفيهى (Luxury Uptake)

وحيث تستهلك الكائنات الحية المزيد من الفوسفور داخل خلايا فى إشارة واضحة أنها موجودة فى بيئة مناسبة تحتوى على الغذاء والأكسجين.

وهذه الكائنات الحية الدقيقة نفسها إذا ما وجدت فى بيئة لاهوائية خالية من الأكسجين (Anaerobic) فإن أول عنصر يتحرر من هذه الكائنات الحية عندما تبدأ فى الموت هو الفوسفور الذى يمكن سحبه وإزالته من مياه الصرف الصحى.

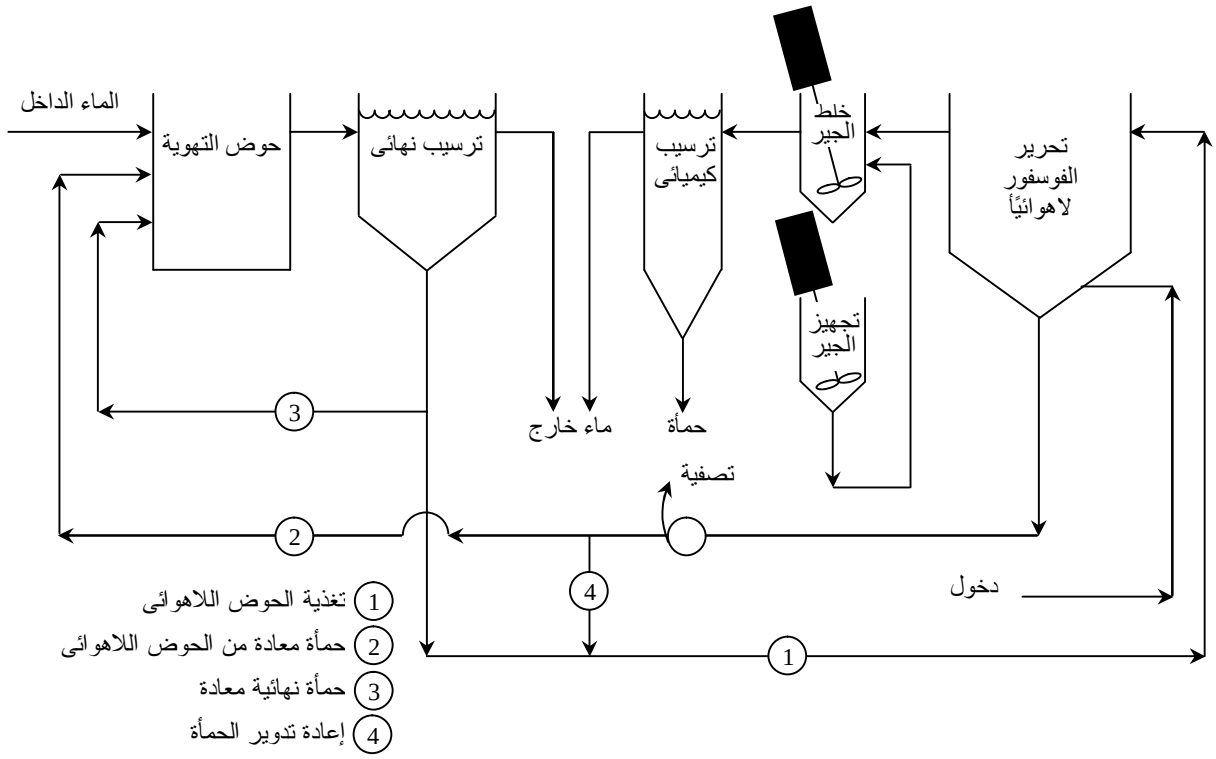
وتعتبر عملية إزالة الفوسفور بالاستهلاك الترفيهى تعديل لعملية المعالجة بالحمأة المنشطة الأساسية.

ومن الناحية العملية فإن محطات المعالجة الجيدة التصميم يتم تزويدها بمنظومة إزالة كيميائية للفوسفور، سواء كانت تطبق عملية إزالة الفوسفور بيولوجيًا أم لا.

وفى المنظومة المطورة التى سنتولى شرحها (Luxury Uptake) يتم استخدام الجير كمادة كيميائية كما هو موضح بالشكل رقم (٥-١١).

أولاً: إجراءات ما قبل تشغيل الوحدة

١. جهز محلول الجير المطلوب.
٢. افحص معدات تغذية الجير من طلمبات وصمامات ومواسير.
٣. قم بإجراء فحص ما قبل التشغيل لأجزاء حوض ترسيب الفوسفور والجير متبعاً نفس الخطوات التى يتم تنفيذها فى حالة أحواض الترسيب النهائية.



شكل رقم (٥-١١)

خريطة تدفق منظومة إزالة الفوسفور بالاستهلاك الترفيهى

Luxury Uptake

ثانياً: إجراءات بدء التشغيل

١. اختبر الأس الهيدروجينى (pH) لمحلول الجير فى حوض الخلط السريع حيث أن الأس الهيدروجينى إذا كانت قيمته أقل من ١١ فإن كفاءة إزالة الفوسفور سوف تتناقص.

٢. لاحظ أن حوالى ٧٥ % من الفوسفور ترسب قبل أن تنخفض قيمة الـــ (pH) من ١١ إلى ١٠، لذا يجب قياس قيمة الـــ(pH) بصفة منتظمة.

ثالثاً: مراقبة المنظومة أثناء العمل اليومى:

١. راقب بعناية ما يأتى:

- منظومة إضافة وخلط الجير.
- مستوى الأس الهيدروجينى (pH) فى حوض الترسيب الكيميائى.
- الحالة اللاهوائية فى حوض ترسيب الفوسفور.

- مستويات تركيز الأكسجين فى حوض التهوية.

٢. تأكد من عدم وجود أكسجين ذائب فى حوض إزالة الفوسفور اللاهوائى (Stripper)، وذلك باستخدام الجهاز المتنقل لقياس الأكسجين.
٣. تحكم بدقة فى مدة البقاء فى حوض إزالة الفوسفور اللاهوائى حيث أن المطلوب هو أن تستمر الكائنات الحية الدقيقة مدة كافية لكى تُطلق (تحرَّر) أقصى كمية من الفوسفور من خلاياها، وفى نفس الوقت يجب ألا تترك الخلايا فى هذه البيئة اللاهوائية المدة الطويلة التى تؤدى إلى موتها.
٤. تأكد من وجود أكسجين ذائب فى حوض التهوية بين ٢ – ٤ مجم/ لتر، وذلك حتى تتمكن الكائنات الحية الدقيقة من استهلاك المغذيات بمياه الصرف الصحى.
٥. إذا نقص تركيز الأكسجين فى حوض التهوية قم بزيادة التهوية فى مكان دخول الحمأة المعادة.
٦. يجب سحب الرواسب المكونة من الجير والفوسفور من حوض ترسيب الكيماويات وعدم تركها تتراكم وذلك للاحتفاظ بمدة البقاء التصميمية للحوض.
٧. افحص طلمبة ضخ الحمأة بصفة منتظمة للتأكد من سلامة وكفاءة أدائها.

ولتحسين أداء عملية إزالة الفوسفور بيولوجياً، فإنه يجب مراعاة ما يلى:

- تجنب دخول أكسجين إلى مرحلة التحلل اللاهوائى.
- تجنب فرصة إعادة الفوسفور إلى الوضع السائل نتيجة فترات التهوية الممتدة أو الحالة اللاهوائية.
- أعمل على استمرار وتوازن معدل انسياب الفوسفور السائل المعاد.
- قم بزيادة معدل سحب الفوسفور المزال وذلك بزيادة معدل سحب الحمأة الناتجة.

ثانياً: إزالة الفوسفور كيميائيًا باستخدام الجير

عندما يضاف الجير (هيدروكسيد الكالسيوم) مع مياه الصرف الصحى المعالجة وعندما يكون تركيز هذا الجير كافياً لرفع الأس الهيدروجينى فى الماء فإنه يتكون مركبات كيميائية تحتوى على الفوسفور والكالسيوم وأيون الهيدروكسيل، وتندمج هذه المركبات مع بعضها البعض مكونة رواسب أثقل وزناً يسهل ترسيبها فى حوض ترسيب مخصص لإزالة الفوسفور وفى هذا النظام تتم ثلاث خطوات عامة كيميائية أو فيزيائية وهى الترويب والتنديف والترسيب. ويوضح الشكل رقم (٥-١١) خريطة التدفق لمنظومة إزالة الفسفور بالاستهلاك الترفيهي.

ونوضح فيما يلى طرق التعامل مع وحدات إزالة الفوسفور باستخدام الجير حيث أن الوحدات الرئيسية التى توجد فى هذا النظام هى منظومة تغذية الجير، مناطق الخلط والتنديف، وأحواض كيميائية للترسيب، ومجموعة من الطلمبات المناسبة والمواسير لإزالة الحمأة المكونة من الجير والفوسفور.

إجراءات التشغيل:

١. ارجع للمواصفات التصميمية لحوض الترسيب الكيميائى للتأكد من معدلات التدفق وتأكد أنها لا تزيد عما ورد بهذه المواصفات.
٢. تأكد أن الجرعة المناسبة للتحكم فى الأس الهيدروجينى سليمة وأن الأس الهيدروجينى ١١ أو أكثر، حيث يساعد ذلك الفوسفور وهيدروكسيد الكالسيوم على الاتحاد معاً مكونين مواد أثقل وزناً ترسب بسهولة فى عملية الترسيب.
٣. افحص الأس الهيدروجينى فى حوض الخلط السريع، ويجب أن يكون ١١ أو أكثر.
٤. فى مرحلتى الترويق والترسيب، فإنه يجب أن تكون معدلات التصرف الهيدروليكى وفقاً للمواصفات التصميمية وذلك لضمان الترسيب الجيد ومنع حدوث "قصر دائرة" (Short Circuit) لمنع حدوث خروج للندف قبل أن ترسب فى الحوض.

٥. اهتم بضبط معدلات تشغيل طلمبات سحب الجير والفوسفور المترسب من أسفل حوض الترسيب، حيث أن معدلات السحب السريعة تؤدى إلى سحب روبة خفيفة، ومعدلات السحب البطيئة تؤدى إلى زيادة سمك الحمأة فى أحوض الترسيب.
٦. توجد طريقتان للتخلص من الحمأة المكونة من الفوسفور والجير، فى الطريقة الأولى يتم استخدام جهاز طرد مركزى لفصل الفوسفور عن الجير، حيث يمكن معالجة الجير وإعادته إلى هيدروكسيد كالسيوم، وفى الطريقة الأخرى يتم ضخ الجير والفوسفور معاً إلى موقع خاص للتخلص منه.
٧. إذا تضمنت المنظومة وجود جهاز طرد مركزى لنزع المياه من الجير فيجب التأكد من أن تركيز الجير الناتج طبقاً للمواصفات التصميمية وبما يضمن عملية إعادة جيدة للجير الحى كهيدروكسيد كالسيوم.

إجراءات إيقاف المنظومة عن العمل:

١. أغلق صمام دخول الماء المعالج القادم من حوض الترسيب النهائى.
٢. اتخذ إجراءات إيقاف معدات الجير عن العمل.
٣. اخرج حوض الترسيب الكيميائى من الخدمة وذلك باستخدام صمامات التحويل (By Pass).
٤. اسحب الحمأة من حوض الترسيب الكيماوى (الجير والفوسفور).
٥. اسحب المياه المتبقية بحوض الترسيب الكيميائى.
٦. افحص حوض الترسيب هذا ونفذ أعمال الصيانة المطلوبة.
٧. اغسل المعدات وخطوط المواسير بالمياه.

ثالثاً: إزالة الفوسفور كيميائيًا باستخدام الشبة يمكن استخدام الشبة بنفس الطريقة التى يستخدم بها الجير فى ترسيب الفوسفور فى الأحواض، ويتم إتباع نفس الخطوات الثلاثة فى هذه العملية كما ذكرنا من قبل وهى الترويب والتنديف والترسيب فى إزالة الفوسفور من الماء المعالج الخارج من أحواض الترسيب النهائى، ولكن بصفة عامة فإنه يفضل استخدام الجير نظراً لانخفاض سعره.

الترشيح Filtration تعرف عملية الترشيح بأنها حجز وفصل المواد على وسط معين يسمى وسط الترشيح، وكل وسط له خصائصه التى تتوافق مع طبيعة المواد المطلوب حجزها.

الهدف من الترشيح تهدف عملية الترشيح إلى إزالة وفصل المواد الصلبة العالقة وغير العضوية وكذلك الجراثيم والشوائب الأخرى التى لم يتم فصلها فى أحواض الترسيب الثانوية وحيث أن كلاً من الفوسفات (PO_4)، والأكسجين الكيميائى المطلوب (COD)، والأكسجين الحيوى المطلوب (BOD_5) تتواجد على شكل جزيئات عالقة فإنها ستزال بنسبة كبيرة أثناء عملية الترشيح.

وقد أصبح ترشيح المياه المعالجة مؤخرًا أكثر شيوعًا، حيث تستهدف إزالة إضافية للأجسام الصلبة العالقة فى المياه المعالجة بيولوجيًا أو كيميائيًا، وإزالة الفوسفور المترسب كيميائيًا.

ويوضح الشكل رقم (٥-١٢) الأنواع المختلفة للمرشحات المستخدمة فى معالجة مياه الصرف الصحى.

وسوف نتناول بالشرح فيما يلى نوعين من المرشحات هما:

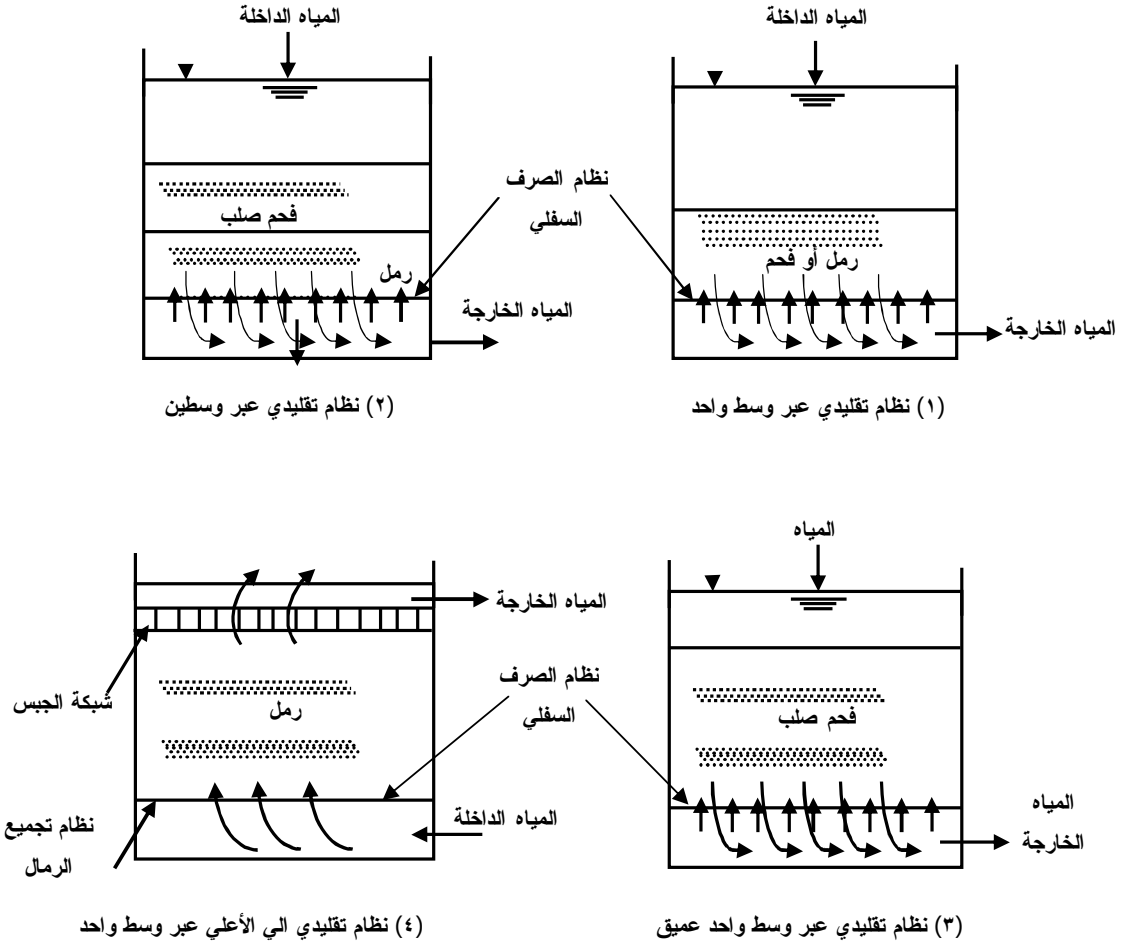
- المرشحات الرملية البطيئة.
- المرشحات الرملية السريعة

المرشحات الرملية البطيئة:

وهى مناسبة لمحطات المعالجة الصغيرة ويبلغ التحميل فيها (٢-٥) م^3/ م^2/ يوم وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة فيها (٤٥-٦٨) % ويستخدم هذا المرشح عادة فى مياه المخرج الخارجة من قنوات الأكسدة.

المرشحات الرملية السريعة:

وهى مناسبة لمحطات المعالجة الكبيرة ويبلغ معدل التحميل (١٢٠-٢٤٠) م^3/ م^2/ يوم وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة حوالى ٧٥%.



شكل رقم (٥-١٢)

الأنواع المختلفة للمرشحات المستخدمة فى معالجة مياه الصرف الصحى

أولاً: المـــرشـــــحات الرملية البطيئة

فى الترشيح الرملى البطىء تستخدم طبقة من الرمال رفيعة والتى تنفذ المياه من خلالها ببطء لأسفل، ونظرًا لصغر حجم حبيبات الرمل فإن الفراغات للوسط الترشيحى تكون صغيرة وبالتالى فمرور المياه يكون بصورة بطيئة. والمرشح الرملى البطىء يمكنه حجز كميات كبيرة من المواد العالقة فى السطح العلوى للمرشح بسمك من ٠,٥ إلى ٢,٠ سم وهذا يمكن من تنظيف المرشح بكشط الطبقة العلوية من الرمال ونظرًا لأن معدل الترشيح يكون قليلاً (٢-٥ م^3/ م^2/ يوم) لبطء مرور الماء فإن الفترات الزمنية بين عمليات النظافة تكون كبيرة وتبلغ عادة عدة شهور.

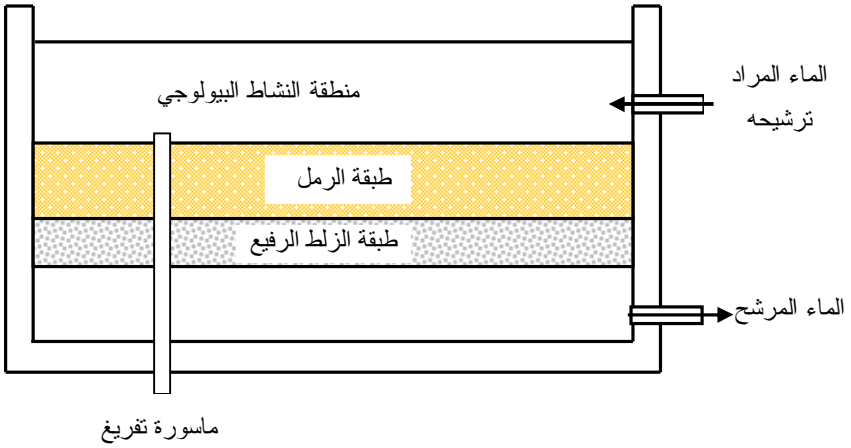
وتحجز الأجسام العالقة كبيرة الحجم والتى لا تمر من خلال الوسط الترشيحى على سطح المرشح وتحتجز على الطبقة العليا للمرشح بما يزيد من كفاءة تنقية المياه بحجز الملوثات ولكن تراكم المواد العالقة وحجزها على سطح المرشح يزيد من مقاومة تدفق المياه لأسفل وبإزالة الملوثات والأجسام الكبيرة من على السطح العلوى فإنه يمكن استعادة قوة تدفق المياه مرة أخرى

ونظرًا لأن المساحة السطحية لجسيمات الرمل للوسط الترشيحى كبيرة جدًا، والتى تصل إلى ١٢-٢٠ ألف متر مربع لكل متر مكعب من الرمل، وأن معدل الترشيح منخفض فإن كفاءة حجز الملوثات بالترشيح تكون كبيرة جدًا بما يمكن من إزالة الأجسام الصغيرة، وتتم هذه الإزالة فى السطح العلوى للوسط الترشيحى ولا يتسرب إلى عمق الوسط الترشيحى سوى المواد العضوية منخفضة الكثافة النوعية والمواد الذائبة.

وتعتبر الوظيفة الرئيسية للمرشح الرملى البطىء هى إزالة المواد العالقة من مياه الصرف المعالجة وحجز كميات كبيرة من البكتريا والفيروسات من المياه أى تخفيض الحمل الوبائى للمياه كما يزيل المرشح البطىء البروتوزوا والأوليات بكفاءة عالية.

وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة فى المرشح الرملى البطىء من (٤٥-٧٠) % ويستخدم المرشح الرملى البطىء عادة فى مياه المخرج الخارجة من قنوات الأكسدة ويفضل ألا تزيد درجة عكارة مياه الصرف المعالجة التى يستخدم لتنقيتها المرشح البطيء عن ١٥ NTU.

وللمرشحات الرملية البطيئة ميزة جيدة حيث يمكن إنشاؤها من مواد الإنشاء المحلية مع الاستغناء عن كثير من المعدات الميكانيكية والكهربية. ويوضح الشكل رقم (٥-١٣) مكونات مرشح رملى بطي.



شكل رقم (٥-١٣)
مكونات مرشح رملي بطئ

مــزايا وعــيــوب المرشحات البطيئة

عيوب المرشح البطيء

١. يحتاج إلى مساحة كبيرة من الأرض مما يجعل تكاليف الإنشاء أكثر من المرشحات السريعة.

٢. نمو الطحالب بكثرة لعدم تغطية المرشحات وتعرضها لأشعة الشمس وخاصة فى الدول الحارة.

مزايا المرشح البطيء

ذو كفاءة ملحوظة فى إزالة مسببات الأمراض مثل البكتريا والفيروسات والطفيليات.

ثانياً: المــرشــحات الرملية السريعة

يتكون المرشح الرملى السريع من طبقة من الرمل مدعمة بطبقة من فحم الإنثراسيت أو بطبقة من الحصى (الزلط الصغير الحجم). ويتم تشغيل المرشح الرملى السريع بمعدلات ترشيح تتراوح بين ٥-١٢ متر مكعب/ ساعة/ متر مربع. ويتم غسل المرشح السريع بالغسيل العكسى بعكس اتجاه التدفق بضغط مناسب لغسل الرمل من الملوثات العالقة به. وعمليات الترشيح بالمرشحات السريعة تبدو أنها أقل كفاءة لإزالة البكتريا والفيروسات وحويصلات البروتوزوا إلا إذا سبقتها عمليات الترويب والترسيب الكيميائى، ويوضح الجدول رقم (٥-٢) كفاءة إزالة الملوثات بواسطة المرشحات الرملية.

جدول (٥-٢)
كفاءة إزالة الملوثات بواسطة المرشحات الرملية

الملوث	نسبة الإزالة
البكتريا القولونية البرازية	٧٦ %
الأكسجين الحيوى المستهلك	٧٠ %
المواد العالقة الكلية	٧٠ %
الكربون العضوى الكلى	٤٨ %
النيتروجين الكلى	٢١ %
بعض العناصر الثقيلة (الحديد – الرصاص – الزنك)	٤٥ %

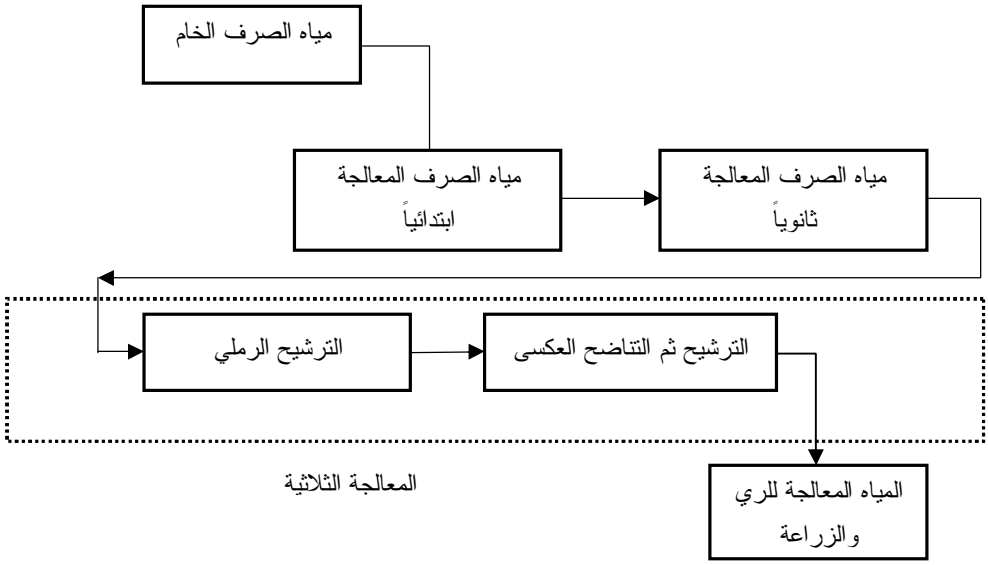
التناضح العكسى Reverse Osmosis (RO)

اتجهت النظم الحـــديثة فى معالجة مياه الصرف إلى الاستفادة من تكـــنولوجيًا الأسموزية العكسية فتم إدخال هذه التكنولوجيا كأحد مراحل المعالجة المتقدمة لمياه الصرف، حيث يتم استخدامها على المياه المعالجة الناتجة عن العمليات المعالجة الابتدائية والثانوية لمياه الصرف.

واستخدام تكنولوجيا التناضح العكسى (RO) يمكن من استخدام مياه الصرف المعالجة فى جميع أغراض الرى والزراعة بالإضافة إلى إعادة تدويرها فى العمليات الصناعية المختلفة، كما قد تم فى الآونة الأخيرة إجراء العديد من التطوير على أغشية الأسموزية العكسية بجعلها أرفع لتقليل مقاومة السريان إلى أدنى حد ممكن.

وهناك تطوران ساعدا على تخفيض تكلفة تشغيل محطات التناضح العكسى هما: تطوير الغشاء الذى يمكن تشغيله بكفاءة عند ضغوط منخفضة واستخدام وسائل استرجاع الطاقة.

ويوضح الشكل رقم (٥-١٤) مخطط لنظام معالجة ثلاثية يتضمن استخدام التناضح العكسى (RO).

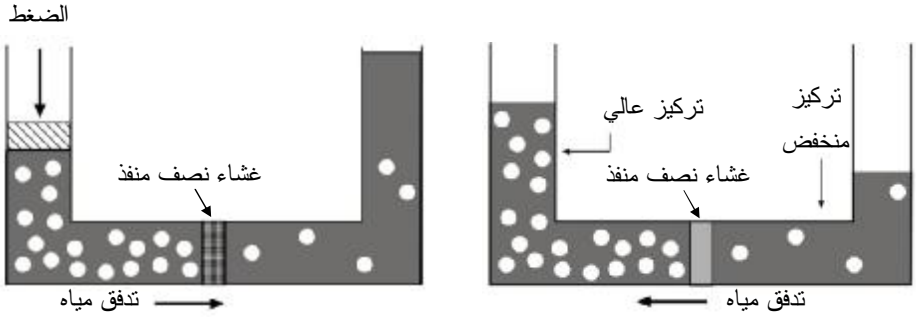


شكل رقم (٥-١٤)

مخطط لعمليات المعالجة الثلاثية بالتناضح العكسي لاستخدامها في الزراعة

والتناضح أو الإسموزية هو عبارة عن انتقال المذيب عبر غشاء شبه مسامى إلى المذاب ويوضح الشكل رقم (٥-١٥أ) الأسموزية الطبيعية أو التناضح الطبيعى، وكما هو موضح فى الشكل فإن المياه تنتقل من المنطقة ذات التركيز المنخفض للأملاح إلى المنطقة ذات التركيز المرتفع عبر الغشاء شبه المنفذ، حتى يتم التوازن بين تركيز الأملاح على جانبى الغشاء.

أما عملية الأسموزية العكسية فتتم لدفع المياه تحت ضغط مرتفع وبقوة يسمح لها بتخطى الغشاء باتجاه عكسى لما يحدث فى الأسموزية الطبيعية مما يؤدى إلى نفاذ المياه النقية تاركة الأملاح والملوثات الأخرى مثل البكتيريا والفيروسات، وهذا يتضح من خلال الشكل رقم (٥-١٥ب) الذى يبين فكرة الأسموزية العكسية.



(ب) التناضح العكسى (أ) التناضح الطبيعى

شكل رقم (٥-١٥)
التناضح الطبيعى والعكسى

ويتكون نظام التناضح العكسى من المراحل التالية:

١. المعالجة الأولية (ما قبل المعالجة).
٢. الضغط.
٣. الفصل باستخدام الأغشية.
٤. المعالجة النهائية أو مرحلة التثبيت.

مرحلة المعالجة الأولية (ما قبل المعالجة)

وفيها يتم معالجة التغذية لتكون منسجمة ومتوافقة مع خصائص وظروف عمل الأغشية ولتكون خالية من المواد الصلبة العالقة عبر الترشيح الرملي ووحدات الترشيح الميكروبية وضبط الرقم الهيدروجينى وإضافة كيماويات معينة لمنع تكون القشور (التكلسات) ومنع ترسب الكائنات الحية الدقيقة ونموها على الأغشية، وإذا احتوت المياه على الحديد والمنجنيز مثل مياه الآبار فإنه يجب تركيب وحدة لإزالة الحديد والمنجنيز.

مرحلة الضغط

وفيه يتم ضغط المياه المتدفقة المعالجة الأولية إلى مستوى ضغط يناسب الأغشية المستخدمة حسب نسبة الأملاح فى المياه الخام.

ويجب أن يكون هذا الضغط كافيًا لعبور الماء من خلال الأغشية وحجز الأملاح، ويتراوح هذا الضغط ما بين ١ إلى ٧٠ ضغط جوى.

مرحلة الفصل باستخدام الأغشية

فى هذه المرحلة تسمح الأغشية شبه المنفذة بنفاذ المياه فقط أما الأملاح والملوثات فلا تنفذ ويتم تحويلها إلى خط الصرف ذات التركيز الملحى العالى، مع العلم أن هناك نسبة قليلة جدًا من الأملاح (بعض أملاح الصوديوم والبوتاسيوم) تبقى مع تدفق المياه المنقاة العذبة وذلك لعدم قدرة الأغشية على حجز كافة الأملاح وليس هناك غشاء محكم إحكامًا كاملاً فى طرد الأملاح، مما يعنى عبور النسبة القليلة جدًا منها.

ويوضح الجدول رقم (٥-٣) أهم الأملاح التى يمكن لوحدات التناضح العكسى حجزها وإزالتها ومنها مواد قد تتواجد فى بعض أنواع مياه الصرف.

ولرفع كفاءة عملية التناضح العكسى، فإنه يجب الاختيار الجيد للغشاء المناسب طبقًا للخواص التالية:

١. الغشاء له القدرة على حجز نسبة عالية من الأيونات والأملاح.
٢. يجب وجود تدفق مناسب للماء لإتمام الانسياب.
٣. يجب أن يكون الغشاء سهل التشييد فى وحدات الترشيح الغشائى.
٤. يجب أن يتحمل الغشاء الضغط الواقع عليه.
٥. يجب أن تكون للغشاء متانة ميكانيكية جيدة.
٦. يجب أن يعيش الغشاء لفترة مناسبة.
٧. يجب أن يحتوى الغشاء على مدى تشغيلى كبير للأيونات الموجودة فى الماء الخام والضغط ودرجة الحرارة ومقاومة التفاعلات الكيميائية والحيوية ويمكن أن يعمل فى ظروف مختلفة.
٨. يجب أن يكون سعر الغشاء مناسب ورخيص واقتصادى.
٩. يجب أن يتغلب الغشاء على مشاكل التآكل والرائحة ويسهل نظافته.

جدول رقم (٥-٣)
الأملاح المزالة بواسطة وحدات التناضح العكسى

الأملاح	الوزن الجزيئى	نسبة الحجز %
فلوريد الصوديوم NaF	٤٢	٨٥
سيانيد الصوديوم NaCN pH 11	٤٩	٨٥
كلوريد الصوديوم NaCL	٥٨	٨٠
بيكربونات الصوديوم $NaHCO_3$	٨٤	٨٨
نترات الصوديوم $NaNO_3$	٨٥	٩٣
كلوريد الماغنسيوم MgCL	٩٥	٩٨
كلوريد الكالسيوم CaCL	١١١	٩٩
كبريتات الماغنسيوم $MgSO_4$	١٢٠	٩٨
كبريتات النيكل $NiSO_4$	١٥٥	٩٩
كبريتات النحاس $CuSO_4$	١٦٠	٩٩
الفورمالدهيد	٣٠	٣٥
الكحول الإيثيلى	٤٦	٧٠
الكحول الميثيلى	٣٢	٢٥
الكحول الأيزوبروبيلى	٦٠	٩٠
اليوريا	٦٠	٧٠
حمض اللاكتيك	٩٠	٩٤
الجلوكوز	١٨٠	٩٨
السكروز	٣٤٢	٩٩
المبيدات الكلورينية	-	٩٩

تطبيقات التناضح العكسى على معالجة مياه الصرف الصحى والصناعى

توجد العديد من التطبيقات التى يستخدم فيها التناضح العكسى لإزالة المركبات والأملاح من مياه الصرف الصحى والصناعى، حيث تستخدم هذه التطبيقات فى إزالة ملوثات الصرف الصناعى لكثير من الصناعات ذات الملوثات غير التقليدية مثل صناعات طلاء المعادن والطلاء الكهربى وصناعات الورق وغيرها، ويوضح الجدول رقم (٥-٤) التطبيقات المختلفة للتناضح العكسى فى إزالة ملوثات الصرف الصحى والصناعى.

جدول رقم (٥-٤)

التطبيقات المختلفة للتناضح العكسى فى إزالة ملوثات الصرف الصحى والصناعى

التطبيق (مخلفات الصناعة)	المواد والمركبات التى تزال بوحدات التناضح العكسى
مياه البحر – مياه الآبار المالحة – وحدات التقطير	أنواع عديدة من الملاح
المخلفات العضوية	مختلف المواد العضوية – المبيدات – مبيدات الأعشاب – المواد العضوية القطبية – الفينولات – الهيدروكربونات الكلورانية – الأمينات
الطلاء الكهربى – طلاء المعادن	النيكل – الكروم – الألمونيوم – الكادميوم – الذهب – حمض الفسفوريك
مخلفات صناعات ومعالجة الورق واللب	السائل الأسود – نكزنات غسيل المياه والورق – مواد التبييض
مخلفات صناعات ومعالجة المواد الغذائية	بقايا اللحوم – المواد العضوية – مخلفات عصر الزيتون
مخلفات معالجة المواد ذات النشاط الإشعاعى	بعض النظائر المشعة – مركبات اليورانيوم – نترات اليورانيوم
مخلفات الصناعات النسيجية	الألوان الصناعية – المواد العضوية – الأملاح الذائبة
المياه شديدة التلوث	المواد العضوية – الأملاح الذائبة – الكربون العضوى – المواد المسببة للقلوية – النترات – العناصر الثقيلة
مياه الصرف الصحى	المواد العضوية – الأملاح الذائبة – الكربون العضوى – القلونيات البرازية

الفصل السادس

المعالجة بالكيماويات

الفصل السادس

المعالجة بالكيماويات

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادراً على أن:

١. يذكر المواد الكيماوية المختلفة التى يمكن استخدامها في المساعدة في أعمال الترسيب بمحطات معالجة مياه الصرف الصحى.
٢. يشرح كيف يمكن تحسين أداء محطات مياه الصرف الصحى بواسطة الترسيب الكيميائى
٣. يذكر المواد الكيماوية المختلفة التى يمكن استخدامها لإزالة الرائحة من مياه الصرف الصحى.
٤. يشرح فوائد استخدام الكلور ومركباته فى إزالة الروائح وأهم المعادلات الكيميائية التى تتحكم فى التفاعل.
٥. يذكر مزايا وعيوب استخدام بيروكسيد الهيدروجين فى التحكم فى الرائحة والطرق المحتملة لذلك.
٦. يذكر الفرق بين استخدام غاز الكلور وغاز الاوزون والمزايا والعيوب لكل طريقة.
٧. يشرح كيفية التحكم فى الرقم الهيدروجينى لمنع الرائحة باستخدام هيدروكسيد الصوديوم.
٨. يذكر المواد الأخرى التى تستخدم فى أغراض إزالة الروائح وكذلك استخدام الفحم المنشط.
٩. يذكر التعديلات التصميمية الهامة الضرورية التى يجب أن تكون موجودة فى أعمال المعالجة الكيميائية.

مقدمـــة

تعد معالجة مياه الصرف الصحى من أهم وسائل وطرق حماية البيئة المائية والأرضية من التلوث إذ توفر المعالجة العلمية الصحيحة التخلص الآمن والصحيح من هذه المياه وإعادة تدويرها بأمان داخل المنظومة البيئية وتحقق سلامة الإنسان والحفاظ علي بيئته وصحته.

وتستخدم بعض المواد الكيماوية لمساعدة المعالجة الطبيعية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي في تحسين كل من عمليات:

١. الترسيب بإحواض الترسيب
٢. التطهير
٣. ازالة المياه من الحمأه (مع التجفيف الميكانيكي)
٤. ازالة الروائح
٥. إزالة الفوسفور والنيتروجين

ومن عيوب المعالجة بالكيماويات أنها تعتبر عملية إضافية، ففي معظم الحالات يتم إضافة مركب كيماوي معين إلى مياه الصرف الصحي لتحقيق تحسين في إزالة عنصر وينتج عن ذلك زيادة في إحدي المركبات في المياه، فعلي سبيل المثال عند اضافة الكيماويات لتحسين كفاءة عملية الترسيب تحدث زيادة في تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية، وأيضاً من عيوب استخدام المواد الكيميائية زيادة تكاليف المعالجة.

أما اختيار نوعية ونظام المعالجة باستخدام المركبات الكيميائية فهـــو يعتمـــد على دراسة العوامل التالية:

- كمية ونوعية المياه الملوثة.
- توافر الكيماويات وتكلفة تطبيقها.
- نوعية الملوثات الجديدة الناتجة.
- سلامة تطبيق العملية.
- كمية الرواسب الناتجة (الحمأة).

ومن الجدير بالذكر أن الحاجة إلى ضبط العمليات هنا أكبر منها فى حالة أنظمة المعالجة البيولوجية وخاصة أن من أبرز عيوب المعالجة باستخدام بعض المواد الكيميائية هو زيادة بعض المواد الذائبة فى مياه الصرف الصحى، ويوضح الجدول رقم (٦-١) بعض أنواع عمليات المعالجة الكيميائية وتطبيقاتها.

جدول رقم (٦-١)
بعض عمليات المعالجة الكيميائية والغرض منها

عمليات المعالجة	تطبيقاتها
الترسيب الكيميائى	عمليات إزالة الفوسفور، وعمليات إسراع إزالة المواد العالقة فى وحدات الترسيب الابتدائى.
الادمصاص	إزالة المواد العضوية والتى لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيميائية والبيولوجية التقليدية.
التطهير	قتل الكائنات المسببة للأمراض بوسائل التطهير المتعددة وأشهرها الكلور.
إزالة الكلور	إزالة الكلور الكلى المتبقى بعد عملية التطهير بإضافة الكلور.
التبادل الأيونى	إزالة الأيونات وبعض العناصر غير المرغوب فيها.

استخدام الكيماويات سوف يتم هنا الاستعراض بالتفصيل لاستخدامات الكيماويات فى تحسين عمليات الترسيب، والتطهير، وإزالة المياه من الحمأة، وإزالة الروائح، وإزالة الفوسفور، وإزالة النيتروجين.

أ. **الترسيب**: يتم استخدام المواد الكيميائية في تحسين عمليات الترسيب بمحطات المعالجة وذلك لتغيير الحالة الطبيعية للمواد الصلبة الذائبة والعالقة وتسهيل ازالتها بعملية الترسيب ومن المواد التي تستخدم في تحسين عملية الترسيب كل من:

- الشبة (Alum Sulfate)
- الجير (Lime)
- كبريتات الحديدوز مع الجير (Ferrous Sulfate and Lime)
- كلوريد الحديديك (Ferric Chloride)

- كلوريد الحديديك مع الجير (Ferric Chloride and Lime)
- كبريتات الحديديك مع الجير (Ferric Sulfate and Lime)

ويتم إضافة هذه المواد لتحسين عملية الترسيب حيث تعمل علي تجميع الجزيئات لتتكون ندف كبيرة سهلة الترسيب.

وتعتبر إضافة المواد الكيميائية وسيلة مساعدة جيدة فى عملية الترسيب الطبيعى، والذى زاد الاهتمام بعمليات الترسيب الكيميائى هو الاحتياج إلى إزالة أكبر ما يمكن من تركيزات المواد الصلبة العالقة العضوية والنيتروجين والفوسفور من مياه الصرف الصحى.

وقد تم تطوير العمليات الكيميائية للمعالجة الثانوية الكاملة للمياه الملوثة، بما فيها إزالة النيتروجين أو الفوسفور أو كليهما، بالإضافة إلى تطوير عمليات كيميائية أخرى لإزالة الفوسفور بالترسيب الكيميائى إلى جانب المعالجة البيولوجية. ويبين الجدول رقم (٦-٢) نسبة إزالة بعض الملوثات من مياه الصرف الصحى فى حالتى الترسيب الطبيعى والترسيب الكيميائى.

<u>الترسيب وعلاقته بقطر المواد القابلة للترسيب</u>

يعد قطر المواد الموجودة فى مياه الصرف من العوامل المحددة لنوعية الترسيب المناسبة لإزالة هذه المواد، فالمواد الذائبة تتميز بأنها ذات قطر أقل من ٠.٠٠١ ميكروميتر وبالتالى فإنه لابد من استخدام الترسيب الكيميائى لإزالتها، أما المواد الغروية فذات أقطار تتراوح بين ٠.٠٠١ إلى ١ ميكروميتر ويمكن استخدام الترسيب الكيميائى أو الترويب لإزالتها، أما الندف القابلة للترسيب فأقطارها أكبر من ١٠٠ ميكروميتر لهذا فهى تترسب بالجاذبية أى الترسيب العادى.

جدول رقم (٦-٢)

نسبة إزالة بعض الملوثات من مياه الصرف الصحى بالترسيب الطبيعى والكيميائى

الملوثات	نسبة الإزالة %	
	الترسيب الطبيعى	الترسيب الكيميائى
المواد الصلبة الكلية العالقة	٤٠ – ٧٠	٦٠ – ٩٠
الأكسجين الحيوى المستهلك	٢٥ – ٤٠	٤٠ – ٧٠
الأكسجين الكيميائى المستهلك	-	٣٠ – ٦٠
الفوسفور	٥ – ١٠	٧٠ – ٩٠
الحمل البكتيرى	٥٠ – ٦٠	٨٠ – ٩٠

ويعتمد اختيار المادة الكيميائية المساعدة على الترسيب على أدائها وتكلفتهـا، ومن هذه المواد المستعملة عادة لمعالجة مياه الصرف الصحى الشبه وكلوريد الحديديك، وكبريتيد الحديديك وكبريتيد الحديدوز والجير.

وتزال المواد الصلبة العالقة بالمعالجة الكيميائية من خلال العمليات المتتابعـة وهى:

١. تجهيز المادة المروبة
٢. المزج السريع Coagulation
٣. التنديف Flocculation
٤. الترسيب Sedimentation

ففى المرحلة الأولى، تضاف المادة الكيميائية وتمزج مزجًا سريعًا خلال مـن ٢٠ إلى ٣٠ ثانية، ثم تندف الجسيمات عبر إحداث تـدرجات فـى السـرعة بطريقة ميكانيكية، ويسلتزم التنديف من ١٥ إلى ٣٠ دقيقة فى حوض مجهـز بدقة، وأخيرًا تصفى المياه بتأثير الجاذبية. والتركيز، بالرغم من فعاليته، ينتج كمية أكبر من الحمأة الأولية التى يصعب تجفيفها ويتسم بالصعوبة وارتفـاع كلفة التشغيل.

تطبيق عملية الترسيب الكيميائى

ويستخدم فى الترسيب بعض الكيماويات غير القابلة للذوبان فى المـــاء مثـــل مركبات الحديد والألومنيوم والكالسيوم والبوليمر والتى تكون مع المياه نـــدف هلامية (Floc) تلتصق بالمواد الصلبة العالقة فى المياه ويزداد حجمها ووزنها وتتجمع وتترسب. والكيماويات المستخدمة فى الترسيب غالبًا تحمـــل شـــحنة موجبة بينما الأجسام العالقة تحمل شحنة سالبة وعندما يلتصقان يحدث نـــوع من تعادل الشحنات مما يسهل من عملية ترسيب المواد العالقـــة فـــى الميـــاه لزيادة وزنها وحجمها.

المادة المروبة + مزج سريع ← ندف

ندف + مزج بطىء ← ترسيب الندف

يجب على المشغل أن يفرق جيدًا بين عملية الترويب (Coagulation) وعملية التنديف (Flocculation)، فعملية الترويب (التجلط) هى عملية إضافة وخلـــط المادة الكيماوية (المروبة) لفك استقرار (Destabilize) المواد الصلبة العالقـــة لتسمح لها أن تلتصق ببعضها البعض مكونة جسيمات أكبـــر، أمـــا عمليـــة التنديف (تكون الندف) فهى التجمع الحقيقى لهذه الجســـيمات الأكبـــر التـــى تكونت للمواد الصلبة العالقة وجعلها على شكل ندف مكونة كتل أكثر قابليـــة للترسيب بسهولة.

١. عملية تجهيز المروبات

يجهز المحلول المروب باستخدام الشبة والماء فى خزانات معينة مجهـــزة أو توضع الشبة فى صندوق معدنى مثقب ثم ترش بالماء ثم يوضع المحلول فى خزانات حيث يكون تركيز الشبة من ٣ إلى ٥ %، ويجب ألا يقـــل التركيـــز عن ٢%.

٢. عملية المزج السريع (الترويب Coagulation)

تتوقف الطريقة المستخدمة فى عملية المزج السريع للمادة المروبة مع الميـــاه على نوع المادة المروبة وتركيز المواد العالقة ومعدل تدفق ميـــاه الصـــرف

الصحى بالمحطة، والغرض من عملية المزج السريع انتشار المادة المروبة فى المياه بأسرع طريقة ممكنة وفى مدة قصيرة تتراوح بين ٢٠ إلى ٦٠ ثانية.

وتتم عملية المزج السريع بأحد الطرق الآتية:

١. الخلط الميكانيكى وفيه يستخدم خلاط ميكانيكى لإتمام عملية المزج بحيث تكون سرعة القلاب (ذراع الخلط) ٣٠٠ إلى ٦٠٠ لفة فى الدقيقة.
٢. الخلط باستخدام المضخات وهو لا يتأثر بمعدل التدفق.
٣. إضافة المادة المروبة فى مدخل حوض المزج السريع.
٤. الخلط فى خط المواسير الداخل إلى الحوض.

وتؤثر العوامل التالية على كفاءة الترويب:

١. تركيز أيون الهيدروجين فى المياه.
٢. وجود الأيونات السالبة فى المياه.
٣. تركيز المادة المروبة المضافة.
٤. درجة ومعدل خلط المياه مع المادة المروبة.
٥. تركيز المواد العالقة فى المياه.
٦. درجة الحرارة.

٣. عملية التنديف (Flocculation)

تهدف هذه العملية إلى التصاق أكبر كمية ممكنة من المواد الصلبة العالقة على سطح الكيماويات المضافة. وتتميز هذه العملية بما يلى:

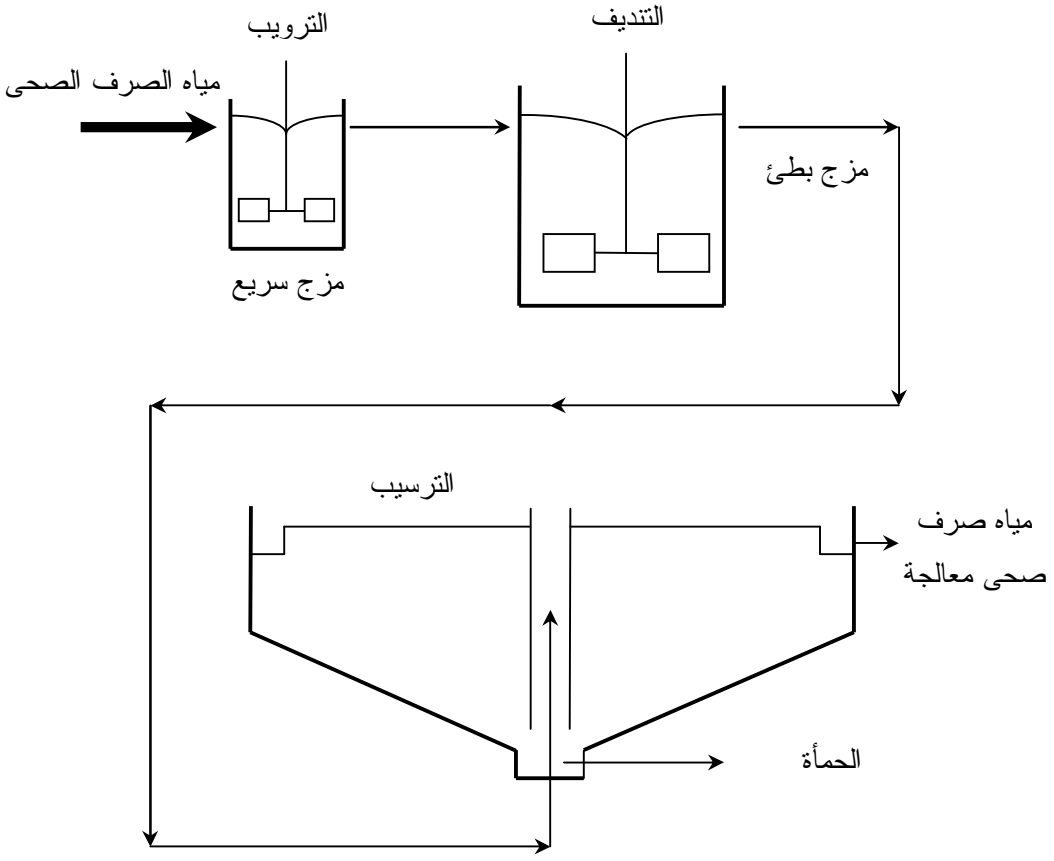
- زيادة نسبة التخلص من المواد العالقة والأوكسجين الحيوى الممتص (BOD) فى أحواض الترسيب الابتدائى.
- تحسين أداء أحواض الترسيب النهائية وخاصة فى عمليات الحمأة المنشطة وأيضًا من أجل زيادة احتمالات الاصطدام بين حبيبات الترويب وبالتالى زيادة التصاقها ببعض لتكوين مواد صلبة قابلة للترسيب أو للترشيح. وتتم العملية من خلال التحريك المطول للندف لزيادة الحجم والكثافة.

- المعالجة المتقدمة للسيب النهائى الخارج من أحواض الترسيب النهـائى، وفى هذه الحالة يمكن إجراء هذه العملية فى أحواض منفصـلة تراعـى أثناء تصميم حوض الترسيب.

٤. الترسيب (Sedimentation)

وهى المرحلة الأخيرة من مراحل الترسيب الكيميائى فبعـد تكـون النـدف الهلامية فى المياه (Flocs) تلتصق هذه الندف بالمواد الصلبة العالقة فى المياه ويزداد حجمها ووزنها وتتجمع وتترسب ممتزة علـى سـطحها الجسـيمات العالقة الدقيقة.

ويوضح الشكل رقم (٦-١) مخطط لمحطة معالجة مياه الصـرف الصـحى يبين عمليات الترويب شاملة عمليات المزج البطىء والسريع والترسيب.



شكل (٦-١)

مخطط لتوضيح عملية الترسيب الكيميائى

دور الترسيب الكيميائى لتحسين أداء محطات مياه الصرف الصحى

يمكن من خلال تطبيق الترسيب الكيميائى الحصول على صرف ذى درجة عالية من النقاء وخال إلى حد كبير من المواد العالقة والغروية.

والكيماويات المضافة لمياه الصرف تتفاعل مع مواد موجودة أصلاً وطبيعيًا فى مياه الصرف (المركبات المسببة للقلوية) أو تتفاعل مع مواد قد تكون أضيفت لمياه الصرف ويوضح الجدول رقم (٦-٣) أهم المواد الكيميائية المستخدمة في الترسيب الكيميائي.

جدول رقم (٦-٣)

أهم المواد الكيميائية المستخدمة فى الترسيب الكيميائى

المادة الكيميائية	الرمز الكيميائى	الوزن الجزئى
كبريتات الألومنيوم (الشبة)	Aluminum Sulfate (alum) $Al_2(SO_4)_3.18\ H_2O$	٦٦٦.٧
كبريتات الحديدوز	Ferrous Sulfate, Fe_2 $FeSO_4.7H_2O$	٢٧٨.٠
كبريتات الحديديك	Ferric Sulfate, Fe_2 $(SO_4)_3$	٤٠٠.٠
كلوريد الحديديك	Ferric Chloride, $FeCl_3$	١٦٢.١
هيدروكسيد الكالسيوم "جيرمطفى"	$Ca(OH)_2$	as ٥٦ CaO

ومن خلال الترسيب الكيميائى يمكن إزالة من ٨٠ إلى ٩٠ % من المواد الصلبة العالقة الكلية ومن ٥٠ – ٨٠ % من الأوكسجين الحيوى الممتص BOD ومن ٨٠ – ٩٠ % من نسبة البكتيريا الموجودة فى مياه الصرف. وفى المقابل يوفر الترسيب الطبيعى إزالة ٥٠ إلى ٧٠ % فقط من المواد العالقة الكلية و ٢٥ إلى ٤٠ % من البكتيريا.

وعند استخدام الكيماويات يجب أن تضاف إلى مياه الصرف ثم تخلط جيدًا مع المياه حتى يتم التفاعل الكيميائى وتتكون الندف التى تنتقل بدورها إلى أحواض الترسيب حيث تترسب ومعها المواد الصلبة العالقة، كما يجب أن

تتناسب الكيماويات المضافة مع معدلات تدفق مياه الصرف الصحى، حيث تضبط الجرعات مما يعطى ندف يسهل ترسبها فى الأحواض.

ب. التطهير يتم استخدام المواد الكيماوية مثل الكلور، الهيبوكلوريت للمساعدة علي قتل الميكروبات والفيروسات والكائنات الحية في مياه الصرف الصحي المعالج (السيب النهائي) ضمانا لعدم نقل الامراض وزيادة الامان وبالاخص عند إعادة استخدام المياه او صرفها علي المصارف العمومية وسوف يتم التطرق الي أعمال التطهير في الجزء الخاص بالكلور وسوف يتم عرضها بالتفصيل فى الفصل السادس.

ج- إزالة المياه من الحمأة يتم استخدام بعض المواد الكيميائية مثل البوليمرات المختلفة لزيادة كفاءة إزالة المياه من الحمأة وخاصة عند استخدام النظم الميكانيكية في أعمال التجفيف حيث تعمل هذه البوليمرات علي المساعدة في تخليص الحمأة من المياه فيسهل كبسها وضغطها والتخلص منها.

د- إزالة الروائح ومن الأشياء الضرورية أيضا في منظومة الصرف الصحي التحكم في الروائح وخاصة عندما تزيد أطوال شبكات الصرف الصحي في المدن الكبيرة وتبعد محطات المعالجة عن نظم التجميع بمسافات طويلة مما يسبب روائح زائدة في مياه الصرف الصحي مما يستدعي إستخدام بعض الطرق للحد من مسببات الروائح والقضاء عليها وفيما يلي بعض الوسائل التى يمكن استخدامها للحد من الروائح وكذلك إزالة الفوسفور:

١. إستخدام الكلور

هى من أقدم الطرق وأكثرها كفاءة في عملية التحكم فى الرائحة (إزالة الرائحة السمكية والعشبية وكبريتيد الهيدروجين)، ويستخدم الكلور فى عمليه التطهير وهى عملية مستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحى بالمحطات فالكلور ماده فعالة كيميائيا ولذلك فهى تؤكسد كثير من المركبات في مياه الصرف الصحى، فقد تم دراسة التفاعل بين الكلور

وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا في أبحاث كثيرة، ويحدث التفاعل الاتـــى بين الكلور وكبريتيد الهيدروجين.

$$H_2S + 4CL_2 + 4H_2O \rightarrow H_2SO_4 + 8HCL$$

كما يحدث التفاعل التالى بين الكلور والأمونيا لتكـــوين أحـــادى وثنـــائى وثلاثى الكلورامين

$$Cl_2 + NH_3 \rightarrow NH_2CL + HCL$$
$$NH_2CL + CL_2 \rightarrow NHCL_2 + HCL$$
$$NHCL_2 + CL_2 \rightarrow NCL_3 + HCL$$

ومن أهم الأدوار التي يلعبها الكلور في التحكم في الرائحة هي:

- يعيق نمو الطبقات الطافية (طين لزجة Slime) في المجارى المائية.
- يقضي على البكتريا التي تحول الكبريتات إلى الكبريتيد.
- يقضي على كبريتيد الهيدروجين عند نقطة التطبيق.

وهذا التحكم المسبق في الرائحة يحتاج إلي كيماويات أقل مـــن محاولـــة أكسدة الرائحة في حال تكونها، هذا يعني أنه يتطلب إضافة الكلـــور فـــي شبكة تجميع الصرف الصحي، ولا يستخدم الكلور دائماً لإزالـــة الرائحـــة في حال تكونها حيث أن تفاعله مع بعض الكيماويات المكونـــة للرائحـــة يمكن أن ينتج عنه غازات لها رائحة أيضًا، ومثال ذلك هو تفاعل الكلـــور مع الفينول ليكون الكلوروفينول ومواد ذات رائحة كريهة.

وقد وجد أن الجرعات العالية من الكلور ومحلول الكبريتيد بتركيـــز (١٢ ملجم/ لتر كلور الي ١ ملجم/ لتر كبريتيد) سوف تمكننا من الـــتحكم فـــي توليد كبريتيد الهيدروجين في مياه الصرف الصحي (Sewage)، ولا يـــتم حساب جرعة الكلور على أساس تركيز كبريتيد الهيدروجين H_2S فى مياه الصرف الصحي (Sewer Atmosphere) ولكن يمكن إســـتخدام الطـــرق القياسية وتحديد الكلور المستهلك خلال وقت تلامس يقدر بخمس دقـــائق، والجرعة السليمة سوف تعطى كلور متبقي مقاس عند نهاية وقت التلامس حيث أن الوقت كافي لكي يتفاعل الكلور مع الكبريتيد تفاعلاً تاماً.

كما يمكننا استخدام هيبوكلوريت الصوديوم مثل الكلور في التحكم في الرائحة ونجد أن التفاعلات التى تحدث معه مثل التفاعلات مع الكلور.

٢. **استخدام ثانى اكسيد الكلور"$Cl\ O_2$"**

ويستخدم في عملية الكلورة لمنع تكون مركبات الترای هالوميثان ويستخدم لتوليده جهاز يتم تجهيزه في المكان المطلوب إضافة الكلور فيه للتعقيم وفى نفس الوقت المطلوب فيه للمعالجة، كما يستخدم في حالات التعامل مع الملوثات الصناعية وخاصة عندما يسبب الكلور مشاكل فى التفاعلات الجانبية.

ويتحدد مكان الحقن عند دخول المحطة بعد الترسيب، وتستعمل بجرعات مناسبة للتحكم في الرائحة وعدم تكوين أيونات الكلوريت والكلورات غير المرغوبة (غير المستحبة).

٣. **إضافة بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2**

منذ عدة سنوات كان بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 يستخدم كمادة مؤكسدة للتحكم في الرائحة، وهو بثلاثة طرق مختلفة وهى:

- عملية الأكسدة

حيث يستخدم في أكسدة المركبات ذات الرائحة إلى مواد لا رائحة لها، مثال ذلك هو تحويل كبريتيد الهيدروجين إلى مركبات الكبريتات، وعمليا تكون الجرعة ١:٢ أو ١:٤ من البيروكسيد : الكبريتيد للتحكم في الرائحة.

- إنتاج الأكسجين

يعمل على منع تكوين المركبات المولدة للرائحة، فيساعد إنتاج الأكسجين علي المحافظة على منظومة البكتريا الهوائية بالمعالجة البيولوجية.

- التأثير القاتل للبكتريا المختزلة للكبريتات

يعمل بيروكسيد الهيدروجين على قتل البكتريا المسببة للرائحة دون التأثير علي النشاط البيولوجى وعندئذ يتوقف توليد الرائحة، ففي هذه الحالة يحتاج الي إضافة جرعة عالية من البيروكسيد ربما تكون غير مجدية اقتصاديا.

مميزات إستخدام البيروكسيد

- فعال كمادة مؤكسدة
- المقدرة على وقف (تثبيط) نشاط الميكروبات المختزلة للكبريتات
- التقليل من تكوين السموم نتيجة التفاعلات (Toxic by- Product).

عيوب استخدام البيروكسيد

- عدم مقدرته على معالجة الأمونيا أو المواد العضوية المسببة للرائحة.
- زمن التلامس المطلوب للتحكم بفاعلية في الرائحة يتراوح من ١٥ دقيقة إلي ساعتين.
- ذو تكلفة عالية.

٤. استخدام غاز الأوزون

عامل مؤكسد قوى له تأثير فعال في إزالة الرائحة، استخداماته محدودة بسبب ارتفاع درجة تركيزه الفعال الذي ربما يكون عالي التكلفة وذلك في حالة إستخدامه في محطات المعالجة الكبيرة، فهو يعمل جيدا عندما يستخدم لإزالة الروائح من الهواء والتي تتجمع فوق مصدر الروائح.

مميزات الاستخدام

- لم تظهر أى حالات معروفة للموت نتيجة استخدام الأوزون.
- يمكن استنشاقه عند تركيز ما بين ٠.٠١-٠.٠٢ جزء في المليون.
- يمكن إنتاجه داخل محطة المعالجة ولا يحتاج إلى مستودعات أو نقل.

عيوب الاستخدام

- لا يمكن تخزينه في أوعية نظرا لعدم ثباته النسبي.
- يمكن أن يسبب تهيجًا في الأنف والحنجرة عند تركيز ١ جزء فى المليون.
- تكلفة إنتاجه وصيانة الأجهزة مرتفعة.

٥. استخدام الكرومات Chromate

يمكن أن تعيق أيوناته اختزال الكبريتات إلى كبريتيد وهذه الطريقة تتسبب فى إنتاج معادن ثقيلة ضارة في الحمأة ومياه الصرف وربما يتسبب أيضا زيادة في الرائحة.

عيوب الاستخدام

- أيونات المعادن الثقيلة مثل الكرومات تسبب حالات سمية خطيرة وهذه تحد من استخدامه.
- استخدام أيونات معادن معينة مثل (الزنك) في ترسيب المركبات الكبريتيدية، وهذه الرواسب غير ذائبة ولها تأثير سام على العمليات البيولوجية مثل هضم الحمأة ولكن هذه الطريقة محدودة جدا.

٦. استخدام البرمنجنات

عامل مؤكسد قوي استخدم قديما وهو يقضي على الكثير من المركبات العضوية الطبيعية المنشأ أوالمنتجة بفعل الإنسان ويؤكسد أيضا الحديد والمنجنيز ومركبات الكبريتيد ويستخدم مع عمليات التهوية للتحكم في الرائحة والناتج النهائي هو أكسيد الحديد والمنجنيز غير الذائب والذي يمكن إزالته بالترسيب وذلك قبل عمليات الترشيح.

٧. التحكم في الرقم الهيدروجينى (pH) لمنع الرائحة باستخدام هيدروكسيد الصوديوم

إن زيادة الرقم الهيدروجينى في مياه الصرف الى قيمة فوق ٩ يعمل على إيقاف العمليات الحيوية وعدم تكوين (Biological Slime) وبذلك

يتم إيقاف أو إعاقة زيادة الحمأة وبالتالي يتم إيقاف تكـوين الكبريتيـدات المسئولة عن الرائحة.

ولذلك فإن الكبريتدات التي قد توجد على شكل أيون الكبريتـد أو أيـون الكبريت التى تتكون (عندم يرتفع الرقم الهيدروجينى فوق ١١)، سـوف ينتج عنها تكون غازات كغاز كبريتد الهيدروجين حيث يمكن التخلص منه عند قيم منخفضة من الرقم الهيدروجينى، ويمكن أن تضاف جرعة فعالـة من هيدروكسيد الصوديوم في مدة قصيرة لتحويل الكبريتيدات إلى أيونات لتصل بالرقم الهيدروجيني إلى أكثر من ١٢ وتكون فعالة في التحكم فـي الكبريتيد المتولد في مدة قد تصل لشهر أو أكثر إعتمـادا علـى درجـة الحرارة وحالة مياه الصرف.

وعند الوصول الى الرقم الهيدروجينى ١٣ يكـون أيونـا (HS^-) & (S^-) متساويين في التركيز ولا يوجد عندئذ كبريتيد هيدروجين متكون، ويجب الحذر من تحديد طول مدة الجرعة لأنهـا سـوف تـؤثر علـي النظـام البيولوجي في محطة المعالجة.

٨. **استخدام الفحم المنشط بطريقة الإمتزاز (Adsorption)**

يستخدم الفحم المنشط للتخلص من المواد العضوية المسببة للرائحة وهـو ليس مادة سامة عند استخدامها علي المدي البعيد في المعالجـة، ويمكـن وضعه عند أي نقطة من نقط المعالجة قبل الترشيح وتتراوح الجرعة من ١-١٥ مللجم لكل لتر.

ويستخدم لها أجهزة حقن خاصة من أحواض يمزج فيها الفحم والمـاء مع استمرار التقليب بصفة مستمرة عند إضافة الجرعة لمنع التكتل وذلـك في حالة استخدام الفحم البودرة ويمكن حساب جرعـات الفحـم مثـل حسابات جرعات الشبة مع اختلاف تركيز الاحواض الخاصة بالفحم.

وعادة يتم اللجوء لاستعمال الامتزاز بالكربون المنشط من أجل إزالة المواد العضوية التى لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيماوية والبيولوجية التقليدية، وتشمل المركبات المطلوب إزالتها: المركبات العضوية السامة والملوثات المقاومة للمعالجة البيولوجية.

كما تستخدم أعمدة الكربون فى إزالة المركبات العضوية المتطايرة من مياه الصرف حيث أن هذه المركبات يمكن امتصاصها بسهولة على سطح الكربون. ويستخدم الكربون المنشط لإزالة بعض المواد العضوية وغير العضوية من المياه الملوثة بجذب هذه المواد على سطح الكربون ويؤثر فى هذه العملية عدة عوامل هى:

(١) خواص وطبيعة المواد المراد التخلص منها وتركيزها فى المياه.
(٢) خواص ونوع الكربون المنشط.
(٣) خواص المياه المطلوب معالجتها.
(٤) طريقة إنشاء وتجهيز المرشح الكربونى.

ويصنَّع الكربون المنشط بتسخين الفحم إلى حرارة عالية ومن ثم تنشيطه عبر تعريضه لغاز مؤكسد، ويؤدى الغاز إلى إنتاج مسام فى الفحم بحيث يزيد من المساحة السطحية الداخلية، ويتم الحصول على الكربون المنشط من مصادر مختلفة فقد يتم تصنيعه من الخشب أو اليجنين أو فحم البيتومين، والكربون المنشط المنتج من فحم البيتومين له كثافة أعلى من الأنواع الأخرى.

ويعتبر الكربون المنشط عامل امتزاز مؤثر فمسامية هذا الكربون من ٦٠-٧٠ % والمساحة السطحية لوحدة الوزن ٤٠٠-٩٠٠ م^{٢}/ جرام. وتتوقف خاصية الامتزاز للكربون المنشط إلى حد كبير على المكونات وحجم الفرغات وتوزيع المسام، ويقاس نشاط الكربون المنشط بكمية المادة التى تمتز لوحدة الكتلة الكربونية (جرام/ كيلو جرام)، ويوضح

الجدول رقم (٦-٤) المساحة السطحية لأنواع مختلفة من الكربون المنشط.

جدول رقم (٦-٤)
المساحة السطحية لأنواع مختلفة من الكربون المنشط

مصدر الكربون المنشط	المساحة السطحية متر مربع/ جرام
فحم البيتومين	١٢٠٠ – ١٤٠٠
فحم البيتومين	٨٠٠ – ١٠٠٠
فحم جوز الهند	١١٠٠ – ١١٥٠
فحم مخلفات الورق	٥٥٠ – ٦٥٠
فحم مخلفات الورق	١٠٥٠ – ١١٠٠
فحم الخشب	٧٠٠ – ١٤٠٠

Source:
Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies, N&P limited 2002. Nicholas P. Cheremisinoff, Ph.D

ويوجد نوعين من الكربون المنشط هما الكربون المنشط الحبيبى (ذو الحبيبات Granular Activated Carbon) والكربون المنشط البودرة (المسحوق Powdered Activated Carbon).

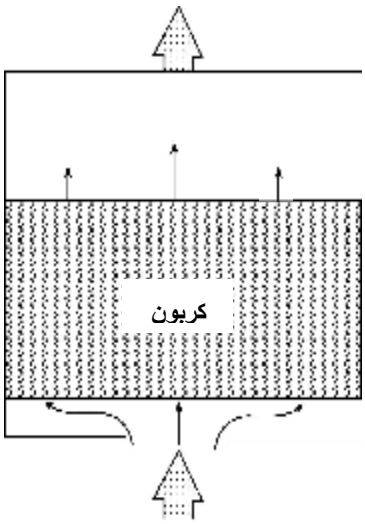
ويختلف النوعين عن بعضهما من حيث حجم الدقائق الكربونية وقدرة وسعة الامتزاز، فالكربون المنشط البودرة دقائقه الكربونية لها قطر أقل من فتحات المنخل رقم (٢٠٠)[١]، بينما الكربون الحبيبى تبلغ دقائقه قطر أكبر من ٠.١ ملليمتر.

وتقوم بعض الشركات التى تستخدم هذه الطريقة بإعادة تنشيط الكربون المستخدم فى مصانعها وهى عملية مكلفة إذا كانت كمية المياه قليلة،

[١] هو أحد المناخل القياسية لتحديد التدرج الحبيبى طبقاً للمواصفات البريطانية (BS 410:1762) والأمريكية (ASTM E-1961) والذى فيه عرض فتحة المنخل ٧٥ ميكرون (٠.٠٧٥ مم).

ويمكن التخلص من الكربون المستعمل ولكن بطريقة سليمة حيث أنه يصنف كمخلف خطر مما يرفع من تكلفة التخلص.

ويستخدم الكربون المنشط في إزالة مركبات الروائح الكريهة من مياه الصرف الصحي، وقد تم تنفيذ هذا النوع من المعالجة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي بالبركة بالقاهرة، حيث يتم سحب الغازات من غرفة دخول مياه الصرف الصحي ثم إمرارها علي الكربون المنشط حيث يتم إزالة الروائح وتخرج الغازات خالية من الروائح الكريهة وذلك كما يوضح الشكل رقم (٦-٢).



شكل رقم (٦-٢)
إزالة مركبات الروائح من الغاز عن طريق الالتصاق بسطح صلب

ولمعالجة مياه الصرف باستخدام مسحوق الكربون المنشط، يضاف المسحوق مباشرة إلى المياه فى خزان التلامس لبعض الوقت، حيث يترسب المسحوق فى القاع ويزال. ويمكن إزالة مسحوق الكربون بسهولة أكبر بالترشيح عبر المرشحات الرملية.

وفى نظم أخرى للمعالجة قد يضاف الكربون المنشط المسحوق (البودرة) فى نظم المعالجة بالحمأة المنشطة بجرعة ١٠-٥٠ جرام لكل متر مكعب وهذا يحقق هدفين:

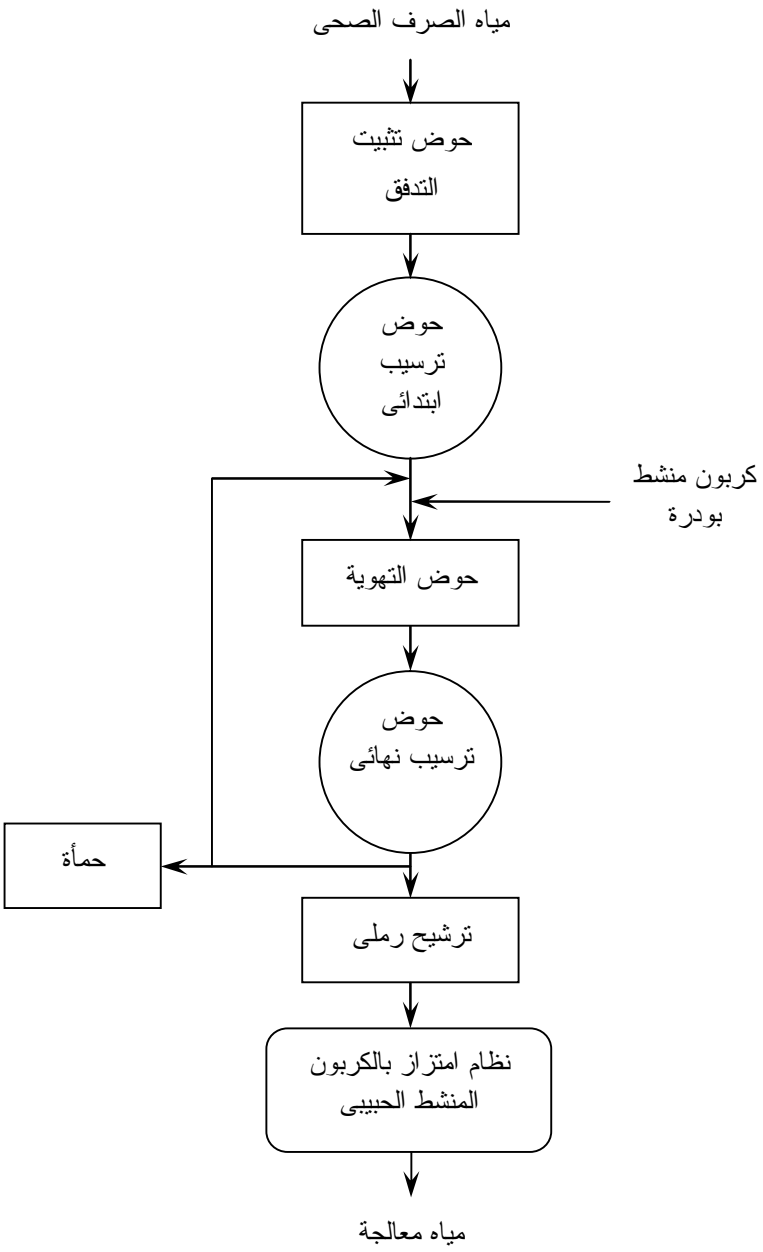
- الأول: تقليل كمية الملوثات العضوية غير القابلة للتحلل بيولوجيًا بالإضافة إل امتزاز العناصر التى تكون ذات سمية للكائنات الدقيقة الحية.
- الثانى: اختزال كميات الحمأة المنتجة وتحسين عملية الترسيب التالية فى أحواض الترسيب النهائى.

ومن الجدير بالذكر أن استخدام الكربون المنشط فى محطات الصرف الكبيرة الحجم ليس عمليًا إذ أن كفاءة المعالجة المحققة باستخدام الكربون المنشط لا تعادل التكاليف المرتفعة نتيجة استخدامه.

ويوضح الشكل رقم (٦-٣) مخطط لأحد محطات معالجة مياه الصرف التى يستخدم فيها الامتزاز بالكربون المنشط.

٩. **استخدام الأوزون مع بيروكسيد الهيدروجين (Pre-Ozone Process):**

ويستخدم الأوزون مع بيروكسيد الهيدروجين حيث أن مع اتحادهما معًا يعطي (OH^-) الحر، وهو عالي الكفاءة في تكسير المواد المسببة للرائحة مثل مادة (الجيوسمين/ 2-mib) حيث أن تفاعل الأوزون وحده لا يكون كاملا للقضاء علي هذه المواد المسببة للرائحة كما أن هذه العملية فعالة أيضا في إزالة كثير من المواد العضوية الملوثة للمياه، وتستخدم هذه الطريقة أحيانا قبل عملية الترشيح.



شكل رقم (٦-٣)

مخطط لأحد محطات معالجة مياه الصرف الصحى يستخدم فيها الامتزاز بالكربون المنشط

اختبار الكأس لتحديد جرعة المادة المروبة

يعد اختبار الكأس Jar Test من أفضل الاختبارات لتحديد جرعة المادة المروبة ولتعيين أفضل الظروف للترويب، واختبار القنينة هو اختبار معملى ويتكون جهاز من قاعدة مضاءة معلق عليها أذرع للخلط عددها غالبًا ستة أذرع والأذرع متصلة بعامود إدارة إدارة ومحرك تشغيل واحد، والأذرع متصلة بقلابات لعمل خلط للماء مع المادة المروبة والجهاز مزود بعدة ساعات حيث تتغير السرعات بعدد اللفات فى الدقيقة وذلك لمحاكاة عملية الخلط السريع وعملية الخلط البطئ والترسيب التى تحدث عمليًا فى أحواض الترسيب. وأذرع الخلط هذه تدور داخل الكؤوس للخلط شفافة سعة ١ لتر لكل كأس ويوضح الشكل (٦-٤) جهاز إختبار الكأس.

شكل رقم (٦-٤)

صورة لجهاز تقدير الجرعة المروبة (Jar Test)

خطوات التجربة

١. تحضر عينات ماء الصرف المراد اختبارها وتوضع فى الكؤوس.
٢. يشغل جهاز السرعات فتدور القلابات ثم تضاف المادة المروبة بجرعات مختلفة بكل كأس، ويتم خلط الماء مع المادة المروبة بالخلط السريع لمدة من خمسة إلى عشرة دقائق.
٣. تقلل السرعة ويحدث الخلط البطيء للماء مع المادة المروبة وتكوين الندف.

٤. يتم إيقاف القلابات حتى تعطى الفترة الزمنية لمدة ١٠-٣٠ دقيقة لرسوب الخليط أو لأى فترة زمنية مناسبة لحدوث الترسيب.
٥. تتم الملاحظة البصرية لكل جرعة من جرعات المادة المروبة من حيث شكل حجم الندف درجة تجمعها ودرجة صفاء المياه العلوية بعد الترسيب والزمن الذى استغرق فى الترسيب.
٦. من خلال القياسات يتم تحديد جرعة المادة المروبة المناسبة لأفضل ترويب وأفضل ترسيب لمياه الصرف الصحى.

كما ذكرنا من قبل فى هذا الفصل أن عمليات المعالجة الكيميائية هى تلك العمليات التى يتم فيها إزالة الملوثات من المخلفات السائلة عن طريق إضافة الكيماويات، وذكرنا أيضًا أن من أشهر أمثلة هذه العمليات الكيميائية الترسيب الكيميائى، والدمصاص، والتطهير وهذه العمليات عادة ما يتم دمجها مع عمليات المعالجة الفيزيائية والمعالجة البيولوجية، وبالإضافة إلى ذلك هناك عمليات معالجة كيميائية أخرى للمساعدة فى تركيز الحمأة، وإزالة الرائحة، كما أنه يمكن استخدام الكيماويات فى حل بعض مشاكل المعالجة البيولوجية مثل مشكلة تضخم الحمأة (Bulking).

التعديلات الفنية على أعمال المعالجة الكيميائية

مراجعة الرسومات التصميمية والمواصفات الفنية

أحياناً يطلب من مشغلى محطات معالجة مياه الصرف الصحى مراجعة اللوحات التصميمية والمواصفات الفنية للمحطات وكتابة تعليقاتهم بشأنها، ومن الناحية العملية فإن الرسومات الهندسية عادة تحتوى على تفاصيل دقيقة كثيرة ومن الصعب على المشغل أن يفهمها كلها، ومع ذلك فعندما يُطلب منك كمشغل مراجعة الرسومات الهندسية من الواجب عليك الاهتمام بالملامح العامة والنقاط التى لها تأثير مباشر على عمليات التشغيل اليومية، وكفاءتها، ومدى تطابق مواصفات الماء المعالج مع معايير القانون وأيضًا على أعمال الصيانات المتنوعة.

وحيث أننا فى هذا الفصل نتناول معالجة مياه الصرف الصحى باستخدام المواد الكيميائية فنستعرض معك بعض الحالات التى يمكن أن تقدم رأيك فيها واقتراحات تعديلها فى عمليات معالجة مياه الصرف الصحى التى تستخدم فيها المواد الكيميائية.

محطة معالجة تستخدم الشبة

يجب على المشغل عند مراجعة الرسومات الهندسية والمواصفات التصميمية التأكد من وجود المواصفات التى سيأتى ذكرها وإلا فإنه يجب عليك تقديم اقتراحات بالتعديلات الفنية المطلوبة التى تراها من خلال خبرتك العملية:

١. يجب أن يكون المكان المخصص لتخزين الشبة الجافة ومن الأفضل أن يخصص لها مبنى.
٢. الخزانات التى يوضع فيها سائل كبريتات الألومنيوم (الشبة) يجب أن تكون مصنعة من الفيبرجلاس أو من مادة لا يدخل فى تصنيعها الحديد.
٣. نظرًا لأن مواسير وطلمبات الشبة قابلة للانسداد بسبب التصاق الشبة بها لذلك يجب وجود خطوط بديلة من المواسير والطلمبات.
٤. يجب أن يتضمن التصميمي الهندسى نظام غسيل لطلمبات ومواسير الشبة.

محطة معالجة تستخدم الجير

من الممكن أن يزود المشغل المصمم بمعلومات مفيدة فى الجزء الخاص باستخدام الجير لإزالة الفوسفور بيولوجيًا، وفى هذه الحالة فإنه يجب على المشغل مراجعة البنود التالية:

١. المواسير الناقلة لمسحوق الجير من السيارة إلى حوض التخزين، يجب أن تكون مبطنة بالزجاج حيث أن الجير يستهلك المياه بشراهة.
٢. يجب مراعاة أن يتم إضافة المياه للجير باستخدام رشاشات مياه وذلك لمنع تصاعد الغبار ولتركيز البخار ومنعهما من الصعود لأعلى.

٣. مواسير تغذية الجير يجب أن يكون الوصول إليها سهلاً وكذلك أن تكون إمكانية تنظيفها مما يتراكم بها من الجير.
٤. يجب وجود منظومة للتحكم فى غبار الجير حيث أن هذا الغبار ضار بصحة العاملين.
٥. التأكد من وجود هوايات لسحب الهواء المليء بالغبار مع وجود خزانات مناسبة بجانب كل هواية لتجميع الغبار فيها.
٦. يجب توافر معدات الصحة والسلامة المهنية (الأمن الصناعى) لغسل العيون والأجسام عند تعرضها للإصابة.

استخدام كيماويات أخرى

فى حالة استخدام كيماويات أخرى بخلاف الجير، فإنه يجب التأكد مما يلى:

١. أن تكون خزانات المواد الكيميائية فى مكان يمكنه استيعاب هذه الكيماويات ولا يسمح بتسريبها خارجة إذا حدث تمزق فى الخزان – فإذا وجدت عند مراجعة الرسومات أن مكان التخزين غير مناسب، قم بتسجيله فى تقريرك الذى ستسلمه إلى المصمم.
٢. يجب أن تكون المواسير الناقلة للمواد الكيميائية مصنعة من مادة مناسبة للمحلول الذى سيمر فيها فى ظروف تشغيل متوقعة مثل زيادة درجة الحرارة أو زيادة الضغط، كما يجب عليك أن تضمن وجود أغطية على وصلات المواسير والصمامات لضمان حماية المشغل إذا ما حدث تسرب للمادة الكيميائية.
٣. يجب أن تكون طلمبات المواد الكيميائية (Chemical metering pump) من النوع مزدوج الغشاء (Double Diaphram) وذلك لأنها الأكثر كفاءة.
٤. يجب أن يتوافر بالمواصفات وجود طلمبة متنقلة، والتأكد من أن مواصفات طلمبة متنقلة من النوع ذو الإزاحة الموجبة (Positive displacement pump) وذلك لاستخدامها فى سحب المواد الكيميائية المتسربة فى أماكن التخزين، وكذلك غسيل الأرضيات بالمياه.

٥. التأكد من توافر معدات الصحة والسلامة المهنية (الأمن الصناعى) وتحديدًا لغسيل العيون (Eye wash) وغسيل الجسم (Safety shower)، وكذلك التأكد من توافر العلامات الإرشادية والتحذيرية وأنها مكتوبة بطريقة سليمة وسهلة.

محطة معالجة بها منظومة التحكم بالروائح

إذا كان لديك منظومة للتحكم فى الروائح المنبعثة من عمليات المعالجة بالمحطة وطلب منك مراجعة الرسومات الهندسية والمواصفات الفنية فيجب عليك المراجعة بعناية والتوصية بما تراه للبنود التالية:

١. إذا كان بالمحطة أغطية على بعض أحواض المعالجة للتحكم فى الرائحة فيجب عليك التأكد من توافر ما يلزم لإزالة هذه الأغطية لإجراء ما يلزم من فحص للأحواض ولتنفيذ الصيانات المطلوبة.
٢. التأكد من أن كل الأسطح من مبانى ومعدات ومواسير وصمامات مصنعة من الصلب أو الزهر قد تم طلائها بمواد مقاومة للتآكل الذى يحدث بفعل غاز كبريتيد الهيدروجين.
٣. التأكد من وجود نظام تهوية لأى مكان مغلق، وضمان دخول هواء نقى قبل دخول أيٍ من العاملين إلى هذا المكان، ويجب التأكد أيضًا من وجود أجهزة القياس الخاصة بقياس الحالة داخل الأماكن المغلقة من حيث تركيز الأكسجين، والقابلية لحدوث انفجار، وتركيز كبريتيد الهيدروجين، والتأكد من أن هذه القياسات يمكن تنفيذها قبل الدخول للأماكن الخطرة وأثناء قيام العاملين بأداء مهامهم فى التشغيل والصيانة.

الفصل السابع

التطهير بالكلور

الفصل السابع

التطهير بالكلور

أهداف التدريب (التعلم):

بإنتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادراً على أن:

١. يشرح الغرض من عملية التطهير والفرق بين التطهير والتعقيم.
٢. يذكر الطرق المختلفة للتطهير.
٣. يحدد موقع عملية التطهير ودورها بين عمليات المعالجة.
٤. يذكر خصائص غاز الكلور والنسب التى يمكن أن يتحملها الانسان وأشكال تواجده.
٥. يحدد المركبات المختلفة للكلور والفرق بينها.
٦. يذكر الفوائد المختلفة لاستخدام الكلور فى معالجة مياه الصرف الصحى.
٧. يشرح المصطلحات المختلفة التى تستخدم فى مجال الكلور.
٨. يحدد العوامل التى تؤثر فى فى عملية التطهير.
٩. يذكر أساليب تعبئة وتداول غاز الكلور والأجهزة المستخدمة فى إضافته.
١٠. يشرح طريقة حماية العاملين من خطورة الكلور المتسرب وكيفية عمل نظام تعادل الكلور المتسرب.
١١. يذكر الحسابات التصميمية الأساسية لأعمال التطهير.
١٢. يذكر دور كل جزء فى منظومة الكلور.

مقدمة

الغرض من عملية التطهير جعل المياه آمنة لصرفها علي المسطحات المائية أو إعادة استخدامها، فلا يمكن لأحواض الترسيب التخلص من كل ما فى الماء من بكتريا وكائنات دقيقة مسببة للأمراض (Pathogens)، لذلك كان لابد من وجود طريقة للتخلص من هذه الكائنات الحية التى تسبب الأمراض (Pathogens)، وذلك طبقا لمعايير قياسية خاصة بمياه الصرف الصحي المعالجة.

يمكن تقسيم مسببات الأمراض فى مياه الصرف الصحى إلى ثلاثة مجموعات رئيسية هى البكتيريا، والفيروسات، والطفيليات الأميبية، ويوجد بكل لتر من مياه الصرف الصحى عدة بلايين من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض لكن من حسن الحظ أن معظمها غير ضار بصحة الإنسان، ومن الجدير بالذكر أن أهم الأمراض المعروفة التى تنتشر بواسطة مياه الصرف الصحى هى التيفود والكوليرا والدوسنتاريا وشلل الأطفال والتهاب الكبد الوبائى كما هو مبين بالشكل رقم (٧-١).

شكل رقم (٧-١)
الأمراض الشائعة التى تسببها مياه الصرف الصحى

وتهدف عملية التطهير (Disinfection) إلى القضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (Pathogens)، أو وقف نشاطها، بينما تهدف عملية التعقيم (Sterilization) إلى القضاء الكامل على جميع الكائنات الحية فى المياه ويستخدم التعقيم فى أعمال محدودة، لذا تعتبر عملية التطهير مرحلة جزئية من عملية التعقيم. وفى أعمال معالجة مياه الصرف الصحي تستخدم عملية التطهير فقط وهو ما سيتم شرحه خلال هذا الفصل. ويوضح الشكل

(٧-٢) مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي وترتيب منظومة التطهير بها.

طرق التطهير

توجد طرق كثيرة للتطهير تستخدم حسب نوع وطبيعة الظروف التى يجرى فيها التطهير والغرض منه، ومن هذه الطرق ما يلى:

* التطهير بالحرارة
* التطهير بالأشعة فوق البنفسجية
* التطهير بالأوزون
* التطهير الكيميائى

التطهير بالحرارة

من المعروف أن الكائنات الحية الدقيقة الموجودة فى المياه لا تتحمل درجات الحرارة العالية، خاصة إذا استمر غليان الماء من ٥ إلى ٢٠ دقيقـة، وهـذه الطريقة تستخدم في تطهير مياه الشرب في بعض الحالات الخاصـة إلا أن هذه الطريقة غير عملية ومكلفة فى حالة استخدامها فـى تطهيـر الكميـات الكبيرة من المياه، وإنما تستخدم عادة فى المعامل والمستشفيات والسفن وفى المنازل وفى المخيمات.

التطهير بالأشـعة فوق البنفسجية

تهدف هـذه الطـريقـة إلى قتـل الكائنات المسببة للأمراض (Pathogens) بتعريض المياه مباشـرة للأشعـة فوق البنفسجية (Ultraviolet)، إلا أن عملية إنتاج هذه الأشعة مكلفة، كما أنها غير مجدية إذا كانت أحواض المياه عميقة. إذ أن المعالجة الإشعاعية تتم بتعريض طبقة رقيقة من الماء (سنتيمترات قليلة) إلى الأشعة وبسرعة مرور بطيئة جدا. لذلك فإن هذه الطريقة لا يتم استخدامها في حالة تطهير مياه الشرب ولكن فى حالات معينة وبالأخص فى المعامل والمستشفيات وبعض الصناعات وفى وحدات تحليه مياه البحـر التى تعمل بنظرية التناضح العكسي (Reverse Osmosis)، والتى تكون تصرفاتها صغيرة جداً إذا ما قورنت بوحدات معالجة المياه فى المدن أو القرى.

مراحل عملية معالجة مياه الصرف الصحي

المصافي: مهمتها إزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم.

فاصل الرمال: يتم فيه إزالة المواد الصلبة ثقيلة الـوزن مثل الرمل وكذلك إزالة الزيوت والشحوم علي أن لا تزيد سرعة المياه فيـه عـن ٠,٣م/ ث.

التهوية الأولية: ويتم فيها إضافة الهواء للمساعدة علـى فصل الزيوت والشحوم وزيـادة تركيـز الأكسجين بالمياه

قياس التدفق: لحسـاب الأحمـال والكفـاءة لعمليـات المعالجة وكذلك تحديد معدلات الضـخ، الكلور، تشغيل الهويات ...الخ.

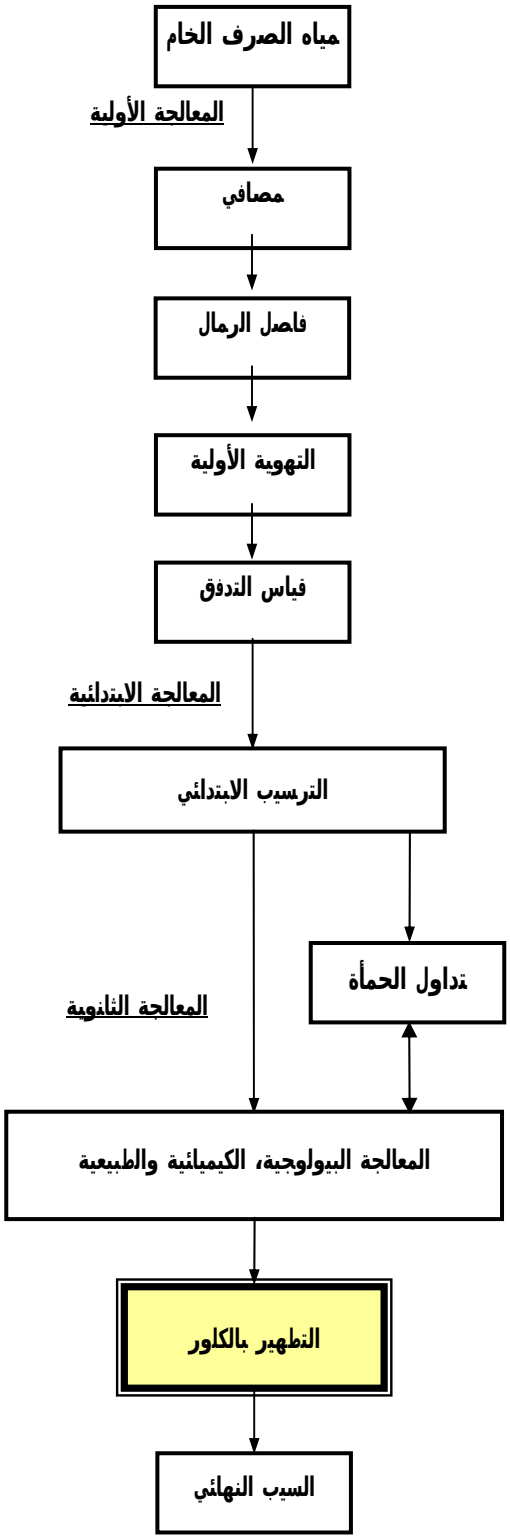
الترسيب الابتدائي: يتم فيها تقليل سـرعة الميـاه إلـى ٠,٠٠٥ : ٠,٠١ م/ ث ليسـ ـ ـمح بترسيب المـواد الصـلبة القابلـة للترسيب الي قاع الخـزان وكـذلك إزالة المواد الطافية.

المعالجة الثانوية: تتكون من المرشـحات الزلطيـة أو أحواض التهوية مع أحواض الترسيب النهائي ويتم فيها المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وإزالـة مـن ٧٠-٨٥% من المواد العضوية.

التطهير: يتم فيه إضافة الكلور للتخلص من الكائنـات الحية الدقيقة المسببة للأمراض علي أن تتبقـي كمية من الكلور في الماء الخارج.

تداول الحمأة: يتم استقبال الحمأة الإبتدائية والزائدة ليـتم تركيزها وتجفيفها ومعالجتهـا تمهيـدا لإعادة استخدامها

ملاحظة: تختلف مراحل المعالجـة طبقـا لتكنولوجيـا المعالجة



شكل رقم (٢-٧)

مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي

التطهير بالأوزون الأوزون غاز مؤكسد قوى يتم إنتاجه من الأكسجين الجوى داخل أجهزة خاصة، وذلك بتمرير الأكسجين بين قطبي كاثود ذو جهد عالى، ونظراً لأنه غاز نشيط جداً، فإنه يتفاعل مع كل المكونات الموجودة بالماء (عضوية وغير عضوية)، لذلك يمكن إستخدام غاز الأوزون (O_3 Ozone) أيضاً للتحكم فى لون ورائحة الماء.

إلا أن غاز الأوزون غير مستقر كيميائياً، حيث أنه يتحلل ويختفي فى بضع دقائق ولا يترك أى نسبة من الأوزون المتبقي لمواصلة التطهير فى المجاري المائية التي يتم صرف المياه عليها، لذا يجب مزجه بالماء المراد تطهيره بمجرد إنتاجه مباشرة.

التطهير بالكيماويات وهي أنسب وسيلة تستخدم فى تطهير المياه على نطاق واسع، وذلك بإضافة مواد كيماوية بجرعات خاصة، للتخلص من الكائنات الحية المسببة للأمراض (Pathogens) والقضاء عليها دون الإضرار بصحة الإنسان والحيوان، وتساعد على التحكم في لون ورائحة المياه المعالجة، ويعتبر التطهير بالكلور من أهم طرق التطهير الكيميائي.

التطهير بالكلور يعتبر التطهير بالكلور من أكثر الطرق شيوعا في عمليات تطهير المياه، وكان لظهور عملية الكلورة في أواخر القرن الماضي أثراً كبيراً في القضاء علي الأمراض التي ينقلها الماء وذلك بأقل التكاليف وأبسط المعدات وأقل عدد من العاملين ولولا عملية الكلورة لانتشرت أوبئة الكوليرا والتيفود مثلما كان الأمر منذ مائة عام، ويتميز التطهير بالكلور بسهولة استعماله، وكذلك سهولة الحكم علي مدي فاعليته بالتأكد من بقاء قدرا من الكلور في الماء بعد فترة من إضافته.

ولا يعرف علي وجه التحديد كيف يعمل الكلور علي قتل البكتريا في الماء والمعتقد أن مركبات الكلور التي تتكون عند إضافة الكلور إلى الماء تقضي علي بعض الأنزيمات الضرورية للعمليات الحيوية في هذه الكائنات ولم يعد أحد يعتقد

بأن البكتريا تتأكسد نتيجة إضافة الكلور مثلما كانوا يعتقدون في الماضي وذلك لأن عملية التأكسد تحتاج إلى كميات هائلة من الكلور، في حين أن التطهير الناجح الآن لا يتطلب إلا كميات ضئيلة منه. ومع هذا فإن الكلور عامل مؤكسد قوي.

صناعة الكلور

يتم تحضير الكلور فى الصناعة بواسطة التحليل الكهربى لمحلـول كلوريـد الصوديوم (ملح الطعام)، ويتجمع الغاز عند القطب الموجب ويتم سحبه حيث تتم إسالته ويحفظ فى خزانات كبيرة إلى أن تتم عملية تعبئته فى الإسطوانات المستخدمة فى محطات المعالجة.

خصائص الكلور

يمكن أن يتواجد الكلور مثله مثل أى مادة فى ثلاث صور مختلفة هى الغازية أو السائلة أو الصلبة، ولكل منها خصائصه.

غاز الكلور

غاز الكلور غاز لونه أصفر مائل إلى الخضرة، وهـو أثقل من الهواء مرتين ونصف، وغاز الكلور سام له رائحة مميزة شديدة النفاذية ومهيج للأغشية المخاطية المبطنة للأنف والعين والجلد والرئتين ويسبب سعال وصعوبة فى التنفس.

والكلور الغازي وزنه الذري ٣٥.٥ وهو ضعيف القابلية للذوبان في الماء (٧.٧ جم/ لتر ماء عند ٢٠°م، ١٤.٨ جم/ لتر ماء عند صفر°م)، ولذلك لا ينبغي رش الماء على الكلور المتسرب، كما إن حفظ محلول الكلور في درجة حرارة منخفضة يحافظ على تركيزه لفترة طويلة.

وبرغم أن الكلور ليس مادة ملتهبة قابلة للإشتعال أو الإنفجار، إلا أنه يمكن أن يساعد على الإشتعال تحت ظروف معينة، كذلك فإن الكلور الجاف ليس مادة مسببة للتآكل، إلا أنه يتحول إلى ذلك بشكل مؤثر إذا تعرض للرطوبة.

ويسال غاز الكلور بالتبريد (عند -٣٤,١°م تحت ضغط جوى ١ بار) أو يسال تحت ضغط عالي (حوالي ٧ كجم/ سم^{٢}، في درجات الحرارة العادية)

ولذلك يحفظ وينقل علي هيئة غاز مسال بالضغط في اسطوانات من الصلب تختلف سعتها من خمسين إلي ألف كيلوجرام وتتوقف العبوة المستعملة علي الكمية المستهلكة في محطة المعالجة.

في حالة وجود تسرب لغاز الكلور فى الجو فإن ٣ جزء في المليون هى أقل نسبة يمكن حسها بالشم، وعند ١٥ جزء في المليون يصبح تأثيرها مهيج للعين والرئة، ويصبح خطرا إذا ما استنشق لفترة من ٣٠ –٦٠ دقيقة عند تركيز من ٤٠ -٦٠ جزء في المليون، وإذا زاد التركيز في الجو ليصل إلى ١٠٠٠ جزء في المليون فيصبح مميت، حيث يصاب الفرد الذى يتعرض لهذه الجرعة بالاختناق والوفاة مباشرة.

الكلور السائل:

عبارة عن محلول نقى كهرمانى اللون وهو أثقل من المـاء مـرة ونصـف تقريباً، وللكلور السائل معامل تمدد عالى، إذ يزداد حجمه بسـرعة كبيـرة بإزدياد درجة الحرارة، حيث يزداد تمدد السائل ليملأ الاسـطوانة بالكامـل عندما ترتفع درجة الحرارة إلى ٦٧,٥ درجة مئوية، ولذلك يلتزم دائماً بعـدم ملء اسطوانات الكلور بأكثر من ٨٥ % من حجمهـا. وحيـث أن الكلـور السائل يتبخر بسرعة شديدة إذا ما تعرض للهواء الجوى، لذلك فهو نادراً ما يرى فى صورته السائلة.

وعند تبخر الكلور السائل فإن وحدة الحجوم الواحدة منه تنتج حـوالى ٤٥٦ وحدة حجم من الغاز النقى عند درجة حرارة ١٥ درجة مئوية، وضغط ٧٦٠ مم زئبق، وبالتالى فإنه عند وجود تسرب فى اسطوانة الكلور، يتحتم تعـديل وضع الاسطوانة بحيث تكون منطقة التسرب فى أعلاها لكى يتسرب غـاز الكلور وليس السائل.

الكلور الصلب:

نظراً لأن الكلور السائل يتجمد عند درجة حـرارة منخفضـة جـداً (-١٠٢ درجة مئوية) فهو نادراً ما يوجد فى صورته الصلبة، غير أنه يتواجد متحداً مع بعض العناصر الأخرى فى صورة مركبات على هيئة بودرة أو حبيبات.

مركبات الكلور بخلاف الكلور النقى يتواجد الكلور علي هيئة مركبات سائلة أو صلبة:

١- محلول الكلور:

ويسمي كيماويا (هيبوكلوريت الصوديوم) وتركيبه الكيماوي هو NaOCl وهو محلول يحتوي علي حوالي ١٥٪ من الكلور الحر ويباع في المحلات العامة كمنظف تحت أسماء مختلفة، ويمكن استعماله كمطهر للمياه بشرط ألا يضاف إليه أي أنواع من المنظفات ويضاف مباشرة إلى الماء سواء بالصب المباشر من وعاء أو باستعمال مضخة مناسبة، ويسبب محلول الكلور تآكلا في المواسير.

٢- المسحوق المبيض:

ويسمي أحيانا (كلوريد الجير أو الجير المكلور) وتركيبه الكيماوي هو مزيج من (كلوريد كالسيوم قاعدي $CaCl_2Ca(OH)_2$، هيبوكلوريت كالسيوم قاعدي $Ca(OCl)_2Ca(OH)_2$)، وهو مسحوق أبيض مائل للإصفرار، له رائحة قوية نفاذة، يحتوي الجديد منه علي ٣٢٪ من وزنه كلور فعال. إلا أن هذه النسبة تأخذ في النقصان بمضي الوقت خصوصا إذا تعرض للجو أو للضوء، ولذلك يجب حفظه في عبوات خاصة محكمة القفل، كما يجب اختباره لمعرفة نسبة الكلور الفعال قبل كل استعمال حتى يمكن تقدير الكمية التي تعطي جرعة الكلور المطلوبة، وبعد تقدير تركيز المسحوق المبيض تعمل عجينه سميكة تخفف تدرجيا حتى تصير مستحلب بنسبة ١: ١٠٠ وهذا المستحلب يمزج جيدا ثم يترك لمدة ساعة ثم يصفي لإزالة ما به من رواسب ثم يضاف إلى الماء بالمعدل المطلوب بواسطة أجهزة خاصة.

٢- مسحوق أو أقراص الكلور:

ويسمي كيماوياً (هيبوكلوريت الكالسيوم) وتحتوي هذه المادة علي حوالي ٦٠-٧٠٪ من الكلور الحر. ويمتاز عن المسحوق المبيض بارتفاع نسبة الكلور الفعال وبأن نسبة الكلور الفعال لا تتأثر بالتخزين لفترات طويلة. وعند الإستعمال يحضر محلول مركز منه ثم يضاف إلى الماء المعالج بالجرعات اللازمة بواسطة أجهزة خاصة.

استخدامات الكلور

تعتبر المواد الكيميائية إحدى الوسائل للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة، ويعتبر الكلور أكثر مواد التطهير الكيميائية إستخداماً فالغرض الرئيسي من إستخدام الكلور، هو القضاء على الكائنات الحية الضارة. وذلك لسهولة الحصول عليه، ورخص ثمنه بالإضافة إلى أنه يترك كلور متبقى "Residual Chlorine" يمكن قياسه، وهذا الكلور المتبقى دليل على إتمام عملية تطهير المياه "Disinfection". وتستخدم عملية الكلورة فى مجالى مياه الشرب والصرف الصحى لأغراض عديدة. ويتمثل الاستخدام الأهم للكلور فى تطهير المياه المعالجة.

إستخدامات الكلور فى معالجة مياه الصرف الصحى

يستخدم الكلور فى معالجة مياه الصرف الصحى لأغراض التطهير والتحكم فى الرائحة والمساعدة على الترسيب وتخفيض الأكسجين الحيوي الممتص وإزالة الخبث الطافي وتكتلات الحمأة والقضاء على ظاهرة تكون البرك وانتشار الذباب فى المرشحات الزلطية وسنتعرض لكل استخدام فيما يلى:

١- التطهير

إن المياه المعالجة والتى يتم صرفها فى المجارى المائية، لابد وأن تخضع لعملية الكلورة قبل صرفها. ويتم ذلك بإضافة الجرعات الكافية من الكلور والتى تكفل بقاء ٠.٥ ملجم/ لتر على الأقل من الكلور المتبقى فى الماء بعد فترة تلامس ٢٠ دقيقة. وذلك لضمان القضاء على الكائنات الحية الدقيقة والمسببة للأمراض قبل صرفها على المجرى المائى.

٢- التحكم فى الرائحة

ترجع الروائح الموجودة فى محطات معالجة مخلفات الصرف عادة إلى التحال اللاهوائى لمخلفات المواد العضوية. فإذا كانت المخلفات الداخلة الى محطة المعالجة فى حالة تعفن أو تحال، استلزم ذلك إضافة الكلور إلى التصرف الداخل إلى محطة المعالجة.

أما المخلفات ذات معدلات الأكسجين الممتص العالية كمخلفات صناعات التعبئة والتغليف، ومخلفات تعليب الأطعمة، ومزارع الألبان، والمخلفات الصناعية والتجارية الأخرى؛ فيجب إضافة الكلور إليها قبل وصولها إلى مجارى الصرف.

٣- المساعدة على الترسيب

فى الأحوال التى تظهر فيها بوادر التحال أو التعفن فى أحواض الترسيب، تفيد عملية كلورة التصرفات الداخلة للمحطة فى تحسين قدرة المواد الصلبة العالقة على الترسيب. إذ أن المواد الصلبة المتحللة تنتج غازات تؤدى إلى زيادة المواد الصلبة العالقة فى حوض الترسيب.

٤- تخفيض الأكسجين الحيوى الممتص (BOD)

يعد الأكسجين الحيوى الممتص مقياساً لقوة تركيز الملوثات العضوية الغير مستقرة الموجودة بمياه الصرف الصحى. ويقوم الكلور بخفض جزء من تركيز الأكسجين الحيوى الممتص وذلك بأكسدة بعض المواد العضوية الغير ثابتة.

٥- إزالة الشحم

يمكن استخدام الكلور فى إستحلاب الشحوم (تحويلها الى مستحلب) مما يسمح بكشطها من السطح بعد ذلك. كما يتم إستخدام الهواء أحياناً بإدخاله من خلال قاع الحوض/الخزان ليساعد على طفو الشحم المستحلب.

٦- إزالة الخبث الطافى وتكتلات الحمأة

يستخدم الكلور فى بعض الأحيان للتحكم فى الحمأة الطافية داخل محطة الحمأة المنشطة عن طريق كلورتها. كما يمكن أيضاً استخدام الكلور فى محطات الحمأة المنشطة للمعادلة فى حالات التحميل الزائد.

٧- القضاء على ظاهرة تكون البرك وانتشار الذباب فى المرشحات الزلطية

قد يستخدم هيبوكلوريت الكالسيوم فى المرشحات الزلطية التى تظهر بها مشكلة تكـون البرك (انسداد وسط المرشح وركود المياه) وتنتج هذه الظاهرة عادة عن وجود كثافات كبيرة جداً من المواد الهلامية (كتل هلامية من البكتريا تتشكل عند انتفاخ جدران الخلية نتيجة لإمتصاص الماء). ويؤدى استخدام الكلور إلى قتل هذا النمو الزائد، والذى ينسلخ من تلقاء نفسه بعد ذلك وينجرف إلى المروق النهائى. هذا بالإضافة الى أن استخدام الكلور يساعد أيضاً فى القضاء على يرقات الذباب بالمرشح.

المصطلحات الفنية الخاصة بالكلور

جرعة الكلور تعرف جرعة الكلور بأنها أقل كمية كلور تضاف إلى وحدة حجم من الماء تكفى للقضاء على الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض وينتج عنها كلور متبقى لا يقل عن ٠,٥ ملجم/ لتر.

ووحدة الجرعة ملجم كلور/ لتر ماء أو جم كلور/م^{٣} ماء.

ويتم تحديد الجرعة المثلى للكلور عن طريق تجارب معملية حسب نوعية المياه المراد معالجتها.

كمية الكلور المطلوب إضافتـها للمـاء المطلوب معالجته يتم تحديد كمية الكلور المطلوب إضافتها لمياه السيب النهائى طبقا لما يلى:
حاصل ضرب جرعة الكلور × كميـة المياه المعالجة، وهى غالباً تحدد فى الساعة ووحدتها كجم/ ساعة.

مثال:

ما هى كمية الكلور المطلوب إضافتها لمعالجة ٢٠٠٠٠ م^{٣}/ س بجرعة ٥ جم/ م^{٣}.

الحـ ـل:

$$\text{كمية الكلور المطلوبة} = \frac{٢٠٠٠٠ \text{ م}^{٣}/\text{ س} \times ٥ \text{ جم/ م}^{٣}}{١٠٠٠} = ١٠٠ \text{ كجم/ ساعة}$$

وفى حالة إضافة هيبوكلوريت الكالسيوم بتركيز ٦٥ % بدلاً من الكلور دون حدوث أى تأثير على المياه المعالجة، فإنه يلزم أولاً معرفة كمية الكلور المطلوب إضافتها.

$$\text{كمية الهيبوكلوريت التى تعوض كمية الكلور} = \frac{\text{كمية الكلور} \times ١٠٠}{\text{نسبة تركيز الهيبوكلوريت}}$$

مثـال:

ما هى كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٧٥ %) التى تضاف إلى المياه بدلاً من ١٠٠ كجم كلور/ ساعة.

$$\text{كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٧٥\%)} = \frac{١٠٠ \times ١٠٠}{٦٥} = ١٥٣,٨٥ \text{ كجم/ ساعة}$$

الكلور المستهلك

ويعرف الكلور المستهلك بأنه الفرق بين كمية الكلور المضاف للماء وكمية الكلور الحر أو المتحد المتبقى فى الماء بعد فترة تلامس محددة.

الكلور المستهلك = كمية الكلور المضاف - كمية الكلور المتبقى

مثال:

ما هى كمية الكلور المستهلك إذا كان الكلور المتبقى ٠,٢ جم/ م^{٣} بعد إضافة ١٠٠ كجم كلور لكمية مياه مقدارها ٢٠٠٠٠ م^{٣}؟

الحل:

الكلور المستهلك = الكلور المضاف - الكلور المتبقى

كمية الكلور المتبقى = ٠,٢ جم/ م^{٣} × ٢٠٠٠٠ م^{٣} = ٤٠٠٠جم = ٤ كجم

∴ الكلور المستهلك = ١٠٠ - ٤ = ٩٦ كجم

وهذه الكمية قد استهلكت بواسطة الكائنات الحية والمواد العضوية وغير العضوية والشوائب.. إلخ. ويجب المحافظة على وجود كلور متبقى بعد كل هذه الإستهلاكات، حيث يعطى ذلك الدليل على أنه لم يعد هناك أى كائنات حية أو خلافه وأن المياه أصبحت خالية منها وكاملة التطهير.

الكلور المتبقى

يوجد نوعان من الكلور المتبقى هما الكلور المتبقى الحر، والكلور المتبقى المتحد حيث الكلور المتبقى = الكلور المتبقى المتحد + الكلور المتبقى الحر.

١- الكلور المتبقى المتحد: (Total Chlorine)

ينتج عند إضافة قدر من الكلور يكفى للاتحاد مع الأمونيا الموجودة بالماء. وقدرته على أكسدة المركبات الناتجة أقل من قدرة الكلور الحر، إلا أن فعاليته كمادة مطهرة تقل عن فعالية الكلور الحر. وللحصول على الكلور المتبقى المتحد يضاف إلى الماء قدر من الكلور يكفى للإتحاد مع الأمونيا الموجودة فى الماء، فإذا كان الماء يحتوى على قدر ضئيل من الأمونيا لا يكفى للإتحاد مع الكلور، فإنه يتم إضافة الأمونيا أيضاً إلى الماء قبل عملية إضافة الكلور.

٢- الكلور المتبقى الحر: (Free Chlorine)

يمكن الحصول على الكلور الحر المتبقى مباشرة عند إضافة الكلور أو مركباته بكميات تكفى لأكسدة كل المواد العضوية والحديد والمنجنيز وباقى المواد المختزلة الموجودة بمياه الصرف الصحى حتى يكون الكلور المتبقى بمياه الصرف الصحى المعالجة حرًا وغير متحد مع أى من المواد الموجودة. ويجب أن يكون معلومًا أن الكلور المتبقى الحر أعلى كفاءة فى تطهير المياه من الكلور المتبقى المتحد.

العوامل التى تؤثر فى عملية التطهير

يجب أن يدرك المشغل أن هناك عـدة عـوامل لها تأثير واضح على كفاءة عملية تطهير مياه الصرف الصحى ويمكن إيجازها فيما يلى:

١- درجة تركيز الأس الهيدروجينى

يمكن للأس الهيدروجينى (pH) للمياه المراد معالجتها أن يغير من كفاءة عملية التطهير، فالكلور أكثر تأثيرًا فى تطهير المياه التى تبلغ قيمة الأس الهيدروجينى لها (٧) عنه فى حالة الأس الهيدروجينى (٨).

٢- درجة الحرارة

تؤثر درجة الحرارة كذلك فى كفاءة التطهير، فكلما كانت درجة حرارة الماء مرتفعة كلما كانت عملية تطهير الماء أكثر فعالية ويمكن معالجتها. فالماء الذى تكون درجة حرارته من ٢١ - ٢٩°م يمكن تطهيره بسهولة عن الماء الذى تكون درجة حرارته من ٤ - ١٦°م. فعند الدرجات المنخفضة تتطلب عملية التطهير وقت أو زمن تلامس أطول (Contact time). وللإسراع من عملية المعالجة فإن المشغلين يلجأون ببساطة إلى استخدام كميات أكبر من المواد الكيماوية.

٣- العكارة

فى الظروف العادية للتشغيل، ينخفض مستوى العكارة فى الماء المعالج مع مرور الوقت الذى يصل فيه الماء لعملية التطهير، وتقلل العكارة الزائدة كثيراً من كفاءة المواد الكيميائية المطهرة أو تقلل من كفاءة عملية التطهير نفسها.

٤- المواد العضوية

تؤدى المواد العضوية (Organic matters) إلى إستهلاك كميات كبيرة من المادة المطهرة (الكلور) وذلك أثناء تكوينها لمركبات غير مرغوب فيها.

جرعة الكلور = الكلور المطلوب + الكلور المتبقى

٥- المواد غير العضوية

إن وجود بعض المركبات غير العضوية (Inorganic matters) فى المياه المراد معالجتها مثل الأمونيا (NH_3)، يمكن أن تخلق بعض المشاكل الخاصة. ففى وجود الأمونيا، تُكون بعض المواد الكيميائية المؤكسدة مركبات إضافية ينتج عنها ضعف لقوة التطهير. كذلك فإن الطمى أو الغرين يمكن أن ينتج عنه احتياج لزيادة جرعة المواد الكيميائية (Chemical Demands).

٦- عدد الكائنات الحية الدقيقة

ان عدد الكائنات الحية الدقيقة فى مياه الصرف الصحى المطلوب تطهيرها لها تأثير واضح على مقدار جرعة الكلور المطلوب إضافتها فكلما زاد عدد الكائنات الحية الدقيقة تطلب الأمر زيادة جرعة الكلور المضافة للتطهير.

٧- نوع الكائنات الحية الدقيقة

ان نوع الكائنات الحية الدقيقة فى مياه الصرف الصحى لها تأثير يجب تداركه، فكما أن هناك أنواع من البكتريا يسهل القضاء عليها، توجد أنواع أخرى من البكتريا تكون متحوصلة وتقاوم المطهرات المستخدمة، وفى هذه الحالة قد يضطر المشغل إلى استخدام أكثر من مادة كيميائية.

التعامل مع غاز الكلور

نظراً لخطورة غاز الكلور عند تداوله واستخدامه فى عمليات التطهير، سوف نوضح أسلوب تعبئته وتداوله والأجهزة المستخدمة فى إضافته.

اسطوانات غاز الكلور

يتم تصنيع اسطوانات الكلور من الحديد الصلب طبقا لمواصفات خاصة لتتحمل ضغطا داخليا حوالى ٣٥ كجم/ سم^2. ويتم ملؤها بالكلور عادة إلى ما لا يزيد عن ٨٥٪ من سعتها عند درجة حرارة ٢٠° مئوية (٧٨° ف). ويجب عدم تعريض هذه الاسطوانات للحرارة الزائدة أو تعريضها للسقوط أو الدحرجة العنيفة.

ويتم تصنيع الاسطوانات بثلاثة أحجام؛ صغيرة سعة حوالى ٥٠ كجم، ومتوسطة سعة نصف طن، وكبيرة سعة طن واحد. ويوضح الشكل رقم (٧-٣) قطاع رأسي في كل من الاسطوانة الصغيرة والاسطوانة والكبيرة كما توضح الصورة رقم (٧-١) مبنى اسطوانات الكلور والأجهزة.

وتستعمل الاسطوانة الصغيرة عادة وهي فى وضع رأسى للإمداد بغاز الكلور، بينما الاسطوانة المتوسطة أو الكبيرة عادة يتم وضعها فى وضع أفقى، بحيث يمكن الحصول منها على غاز كلور من الصمام العلوى (أ) أو الحصول على كلور سائل من الصمام السفلى (ب)، وذلك فى محطات المعالجة ذات السعات التصميمية الكبيرة التى تستلزم استخدام كميات كلور كبيرة فيتم سحب سائل الكلور من الصمام السفلى وإمراره على مبخر لتحويله إلى غاز.

أجهزة إضافة الكلور

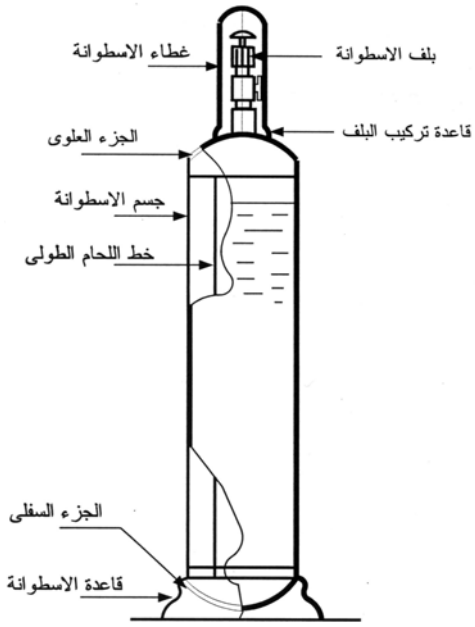
نظراً لضرورة السيطرة الدقيقة على كمية الكلور المضافة، ونظرًا لطبيعة الكلور الغازية فى الضغوط العادية؛ تستخدم أجهزة خاصة لإضافة جرعات الغاز إلى الماء تعرف بأجهزة إضافة الكلور، وتعمل هذه الأجهزة بطريقة التفريغ، ولهذا فإن أى تسريب فى أى وصلة يسحب الهواء إلى الداخل، بعكس ما يحدث فى الأجهزة التى تعمل بطريقة الضغط حيث من الممكن أن يتسرب غاز الكلور إلى الخارج عند حدوث تسريب فى وصلات المواسير.

ويتم إحداث التفريغ عن طريق مفرغ مائى وهو عبارة عن ماسورة بها اختناق فى مسارها، وطبقا لقاعدة برنوللى والتى تقول "أن مجموع طاقات السائل ثابتة"، فإن زيادة سرعة الماء فى هذا الجزء الضيق يزيد من طاقة الحركة وبالتالى يصاحبه هبوط فى الضغط فى منطقة الاختناق، ومنطقة الاختناق هذه متصل بها أيضًا ماسورة يمر بها غاز الكلور القادم من الاسطوانة، فيتم سحب الغاز ليمر مع الماء عبر المفرغ. ويستخدم ضغط الماء الذى يقوم بتشغيل المفرغ فى حقن جرعات الكلور المذاب بالجرعات المناسبة.

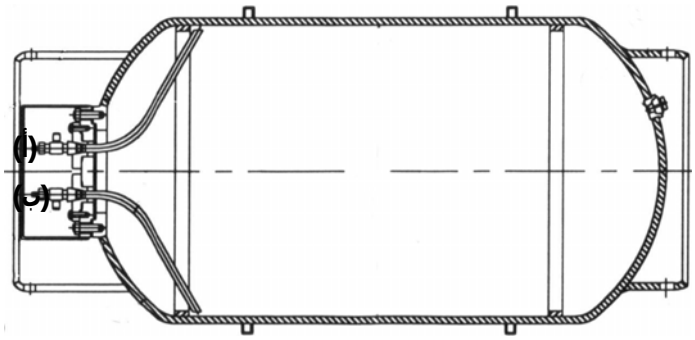
وتوجد أنواع متعددة من أجهزة إضافة الكلور، منها:

- جهاز الكلور المدمج.
- جهاز الكلور اليدوي ذو السعة الكبيرة.
- جهاز الكلور الآلي ذو السعة الكبيرة.

ويوضح الشكلين رقم (٧-٤)، (٧-٥) جهاز الكلور المدمج وجهاز الكلور ذو السعة الكبيرة.



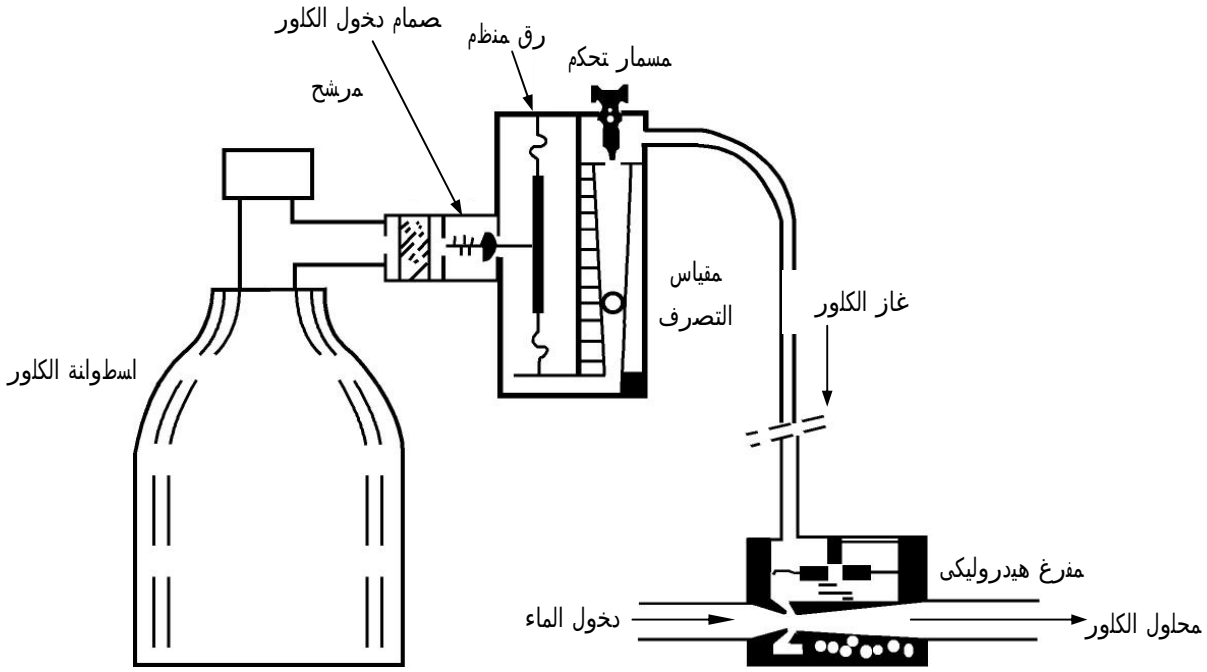
أسطوانة سعة ٥٠ كجم



أسطوانة سعة واحد طن

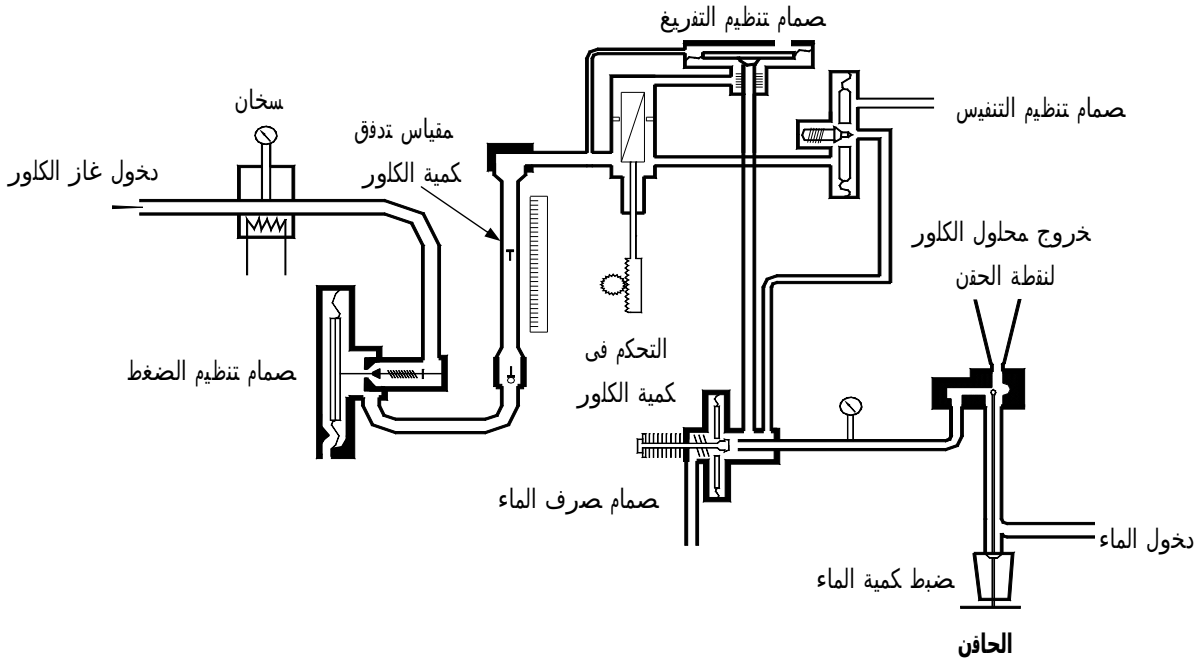
شكل رقم (٧-٣)
اسطوانات الكلور

صورة رقم (٧-١)
مبنى اسطوانـات الكلـور والأجهزة



شكل رقم (٧-٤)

جهاز الكلور المدمج



شكل رقم (٧-٥)
جهاز الكلور ذو السعة الكبيرة

تحديد جرعة الكلور

يجب تحديد جرعة الكلور في نهاية مراحل المعالجة حيث يتم تحديد الجرعة فى معامل محطة المعالجة بعمل تجارب يضاف فيها تركيزات مختلفة من الكلور وتترك لفترة تلامس لا تقل عن ٣٠ دقيقة. ويتم تحديد الجرعة المناسبة عندما يكون الكلور المتبقي في المياه لا يقل عن ٠,٥ مجم/ ل.

حوض تلامس الكلور

هو الحوض أو الخزان الذى يتم فى أوله ضخ الكلور السائل إلى مياه الصرف الصحى المعالج بعد خروجه من مرحلة المعالجة البيولوجية، ويوجد بالحوض عوارض فى مسار المياه على شكل زجزاج تزيد فترة مكث المياه والكلور المضاف إليها للوصول إلى فترة التلامس التصميمية والتى تضمن حدوث تطهير لمياه الصرف الصحى المعالجة قبل وصولها إلى المسطحات المائية مثل المصارف والبحيرات.

نظام تعادل الكلور المتسـرب

يعمل هذ النظام على حماية العاملين بمحطة المعالجة والسكان المحيطين بهـا من خطورة الكلور المتسرب، فهو يعمل على سحب الكلور المتسرب من أماكن التسرب وهي مبنى الاسطوانات أو مبنى الأجهزة والمبخرات- ودفعه إلى برج التعادل حيث يتساقط عليه محلول الصودا الكاوية الذى يتفاعل مع الكلور وينتج ملح الطعام وبذلك يتم القضاء على خطورة الكلور المتسرب.

ويتكون نظام معادلة الكلور المتسرب مما يلى:

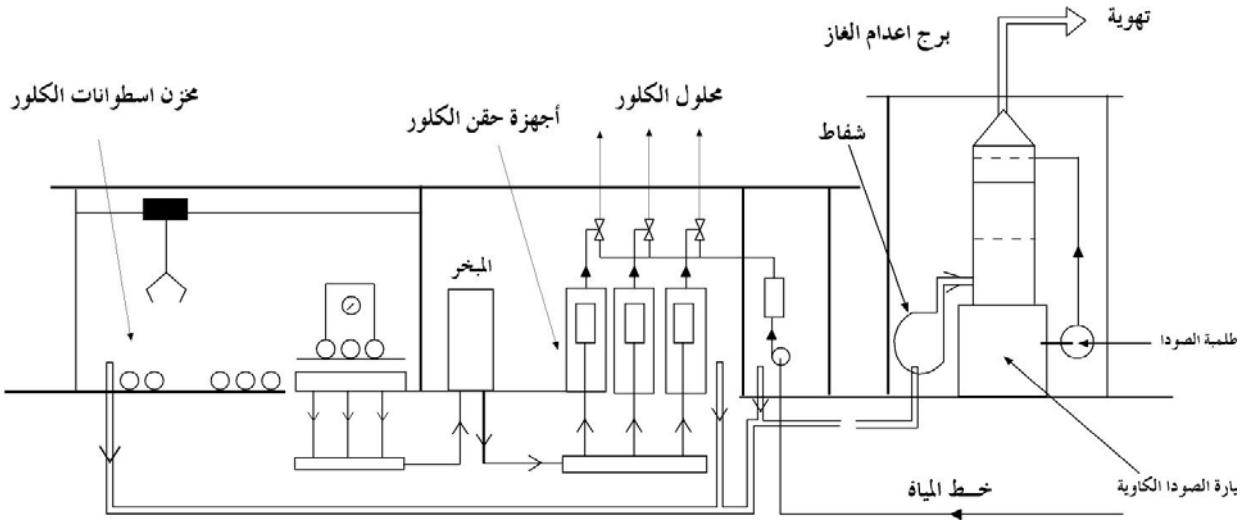
١. خزان محلول الصودا الكاوية سعة ١٠ م^{٣} وتبلغ قوة تركيزها ٤٠ %.
٢. عدد (٢) طلمبة لسحب الصودا الكاوية ودفعها إلى أعلى برج التعادل ثم تتساقط لأسفل من خلال رشاشات، لتتلامس وتتحد مع غاز الكلور.
٣. عدد (٢) مروحة شفط الكلور المتسرب ودفعه إلى برج التعادل من أسفل لتتساقط عليه الصودا الكاوية الساقطة من أعلى.
٤. عدد (٢) حساس لقياس تركيز الكلور المتسرب بمخزن الاسطوانات.
٥. عدد (١) حساس لقياس تركيز الكلور المتسرب بمبنى الأجهزة والمبخرات.

<u>قياس تركيز الكلور المتسرب</u>

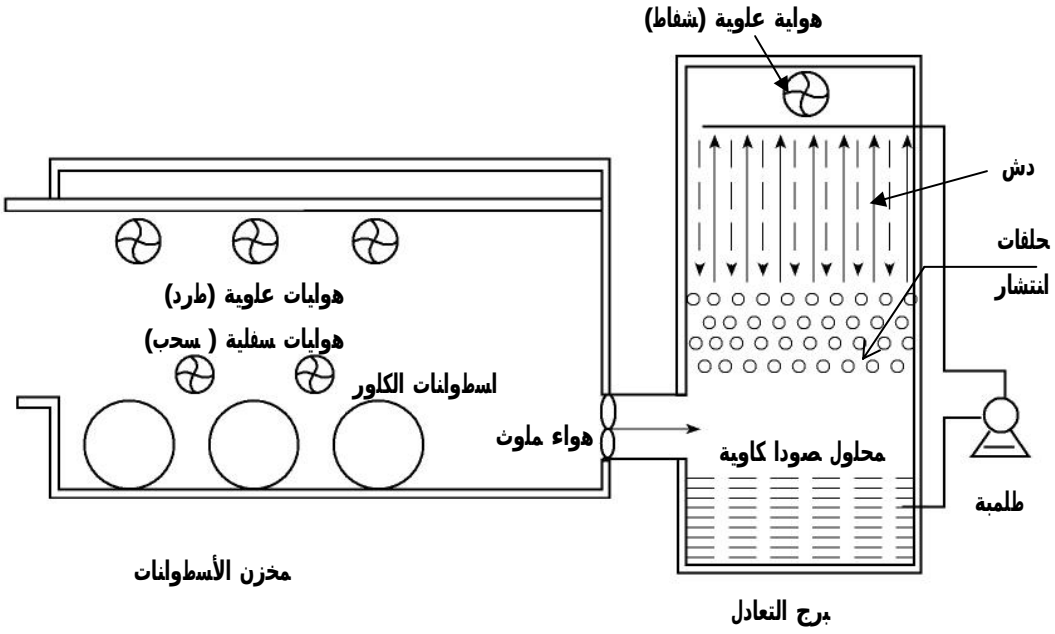
هذه الأجهزة هامة جدًا لإعطاء إنذار عند حدوث تسرب لغاز الكلور وكذلك لتشغيل منظومة التعادل، وتنشط هذه الأجهزة الحساسة عند وصول نسبة تركيز الكلور في الهواء إلى ٣ جزء في المليون لإعطاء إنذار وعندما تصل إلى ٥ جزء في المليون تعطي إشارة إلى مرواح الشفط وطلمبات الصودا للعمل أوتوماتيكياً في معادلة الكلور المتسرب وفي نفس الوقت تقوم بإيقاف مراوح التهوية العادية.

وحتي تقوم الحساسات بعملها على أكمل وجه وتستشعر الكلور المتسرب يجب أن يتم غلق جميع الأبواب والشبابيك الخاصة بمبنى الكلور. ويجب أن يتم قياس تركيز الصودا دوريا خاصة بعد حدوث أي تسريب وتشغيل المنظومة لزيادة التركيز إذا لزم الأمر.

ويبين الشكل رقم (٧-٦أ) مخطط لنموذج منظومة حقن الكلور المتكامل متضمنًا منظومة امتصاص الغاز المتسرب، كما يبين الشكل رقم (٧-٦ب) مخطط لنموذج مكونات منظومة معادلة الكلور المتسرب.



(أ)مخطط لنموذج منظومة حقن الكلور، ومعادلة التسرب



(ب) مخطط لنموذج منظومة معادلة الكلور المتسرب

شكل رقم (٧-٦)

نموذج مكونات منظومة معادلة الكلور المتسرب

سجلات التشغيل

نوضح فيما يلي نموذج من سجلات التشغيل لمنظومة الكلور التى يجب استخدامها بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي، والتى يجب أن تتضمن مكونات المنظومة من أجهزة ومعدات وأعداد كل منها.

سجل تشغيل عنبر الكلور

	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة
العمالة			

	الوحدات الموجودة بالتشغيل											الوحدات العاطلة							
الورادي	عدد الاسطوانات بالخدمة	رقم المبخر (الشحان)	درجة حرارة الغاز	درجة حرارة المياه	رقم كابينة التوزيع والحاقن	ضغط مياه الخلط	ضغط الكلور	جرعة الكلور كجم/ ساعة	عدد ساعات التشغيل	الكلور المتبقي ملجم/ لتر	توقيع المسئول	م	بيان الأعطال	سبب العطل
الوردية الأولى														
الوردية الثانية														
الوردية الثالثة														

- حالة أجهزة إنذار تسرب الكلور [ ) تعمل لا تعمل ( )
- كمية الكلور المستهلكة في اليوم ( ) كجم
- الرصيد المتبقي من الكلور ( ) كجم موزعة في عدد ( ) اسطوانة
- عدد الاسطولنات الفارغة ( ) اسطوانة
- إجمالي عدد الاسطولنات الفارغة ( ) اسطوانة سعة الاسطوانة ( ) كجم
- عدد الاسطولنات الواردة للمحطة ( ) اسطوانة حالتها ( )
- عدد الاسطوات الخارجة ( ) اسطوانة

ملاحظات الورادي :

.....

.....

.....

.....

توقيع :

الفصل الثامن

صرف وإعادة استخدام المياه المعالجة

الفصل الثامن

صرف وإعادة استخدام المياه المعالجة

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادراً على أن:

١. يذكر دواعى إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة.
٢. يشرح ثلاث طرق مختلفة للتخلص الآمن من مياه الصرف الصحى المعالج.
٣. يذكر الاحتمالات السلبية التى تزيد تردد البعض من استخدام طريقة التخلص من الماء المعالج بالتخفيف.
٤. يحدد العوامل الهامة التى يجب دراستها عند التخلص من مياه الصرف المعالجة بطريقة الحقن.
٥. يذكر مواصفات ومعايير المياه الملوثة وأهم الملوثات المحتمل تواجدها فى شبكات الصرف الصحى.
٦. يحدد الاستخدامات المختلفة التى يمكن استعمال مياه الصرف المعالجة بها.
٧. يذكر الجوانب البيئية والجوانب السلبية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة.
٨. يذكر مقاييس التخلص الآمن من المياه المعالجة بالتخفيف.
٩. يذكر مقاييس التخلص الآمن من المياه المعالجة على المسطحات الأرضية.
١٠. يذكر مقاييس التخلص الآمن من مياه الصرف الصحى بالحقن.
١١. يذكر المعدات اللازمة للمعالجة الإضافية اللازمة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى فى الأغراض المختلفة وخطوات تشغيلها.

مقدمـــــة

إن الاحتياج للماء في زيادة مستمرة، وفي كل عام يزداد عدد سـكان العـالم، كما أن أعداد المصانع تتزايد وتزداد حاجتها إلى الماء، وكما هو معلـوم لأن المياه العذبة تبلغ نسبتها ٣% فقط من مياه الكرة الأرضـية. وبحلـول عـام ٢٠٠٠ م تضاعف احتياج العالم للماء العذب عما كان عليه فـي ثمانينيـات القرن العشرين، ولكن ستبقى هناك كميات كافية منه تلبي احتياجات البشـر. وتصرف المدن والمصانع مخلفاتها في البحيرات والأنهار، وهي بذلك تلـوث المياه، ثم يعود الناس بعد ذلك للبحث عن مصادر جديدة للماء. وقـد يحـدث نقص في الماء حينما لا تستثمر بعض المدن مصادرها المائية علـى الوجـه الأمثل، فقد تمتلك كميات كبيرة من المياه ولكنها تفتقد خزانات المياه الكافيـة وشبكات توزيع المياه التي تفي باحتياجات الناس. وكلما ازداد احتياجنا للميـاه وجبت علينا الاستفادة أكثر من مصادره المتاحة.

وهنا دعت الحاجة العلماء الي البحث عن طرق وتقنيات حديثة لتنقية ومعالجة المياه من أجل توفير المياه النقية لشرب واستعمال الانسـان علـي الارض، فالتلوث مرتبط بزيادة النشاط الصناعي والتجاري، فكلما زاد نشاط الانسـان الصناعي والتجاري زادت معه فرص تلوث المصـادر المائيـة بالملوثـات المختلفة ومن ثم زادت الحاجة الي طرق غير تقليدية لمعالجـة المـاء مـن الملوثات الجديدة التي يصعب معالجتها بالطرق التقليدية، ومن هنـا ظهـرت تكنولوجيات جديدة وطرق حديثة مبتكرة لمعالجة الماء.

وتعد مياه الصرف الصحي أحد أنواع المياه الملوثـة الناتجـة عـن أنشـطة الإنسان المختلفة واستعمالاته المتعددة للماء في كثير من الأغراض. إذ تحمِل مياه الصرف الكثير من الملوثـات المتخلفـة عـن النشـاطات الإنسـانية. والتي يتخلص منها الإنسان من خلال شبكات مياه الصرف كوسـيلة سـهلة وسريعة للتخلص من الفضلات، وهذه الملوثات الموجودة في مياه الصـرف ويجب التعامل معها بحرص من أجل سلامة البيئة وصحة الانسان وسـلامة الكائنات الموجودة معه في بيئته.

وترتبط مياه الصرف ارتباطا وثيقا بتلوث المياه والتربة، ولهذا فإنه من الضروري والحتمي معالجة مخلفات مياه الصرف والمخلفات السائلة عموما معالجة متكاملة، حتى لا تصل تلك المخلفات إلي مصادر المياه سواء استخدمت هذه المياه في أغراض منزلية أو ترفيهية أو في الزراعة.

ويجب أن تكون عملية معالجة مياه الصرف الصحى والتخلص من المياه المعالجة والاستفادة منها عملية منظمة تراعي فيها جميع الظروف البيئية والاجتماعية والإنسانية، وتعد معالجة مياه الصرف الصحى معالجة جيدة وفعالة من أهم وسائل وطرق حماية البيئة المائية والأرضية من التلوث إذ توفر المعالجة العلمية الصحيحة التخلص الآمن والصحيح من هذه المياه وإعادة تدويرها بأمان داخل المنظومة البيئية وتحقق سلامة الإنسان والحفاظ علي بيئته وصحته.

الطرق الآمنة للتخلص من مياه الصرف الصحي المعالجة

الغرض من هذه الأعمال هو التخلص الآمن من مياه الصرف بعد معالجتها مع عدم الإضرار بالصحة العامة أو مضايقة أو إزعاج المواطنين بما قد ينتج عن هذه المخلفات من روائح نتيجة لتحلل ما فيها من مواد عضوية، أو من تشويه للأماكن العامة التى قد تصل إليها هذه المخلفات السائلة.

ويتم التخلص من هذه المخلفات، سواء بعد المصافي– وهو ما يطلق عليه بالمخلفات السائلة الخام- أو بعد المعالجة الابتدائية فقط، أو بعد المعالجة البيولوجية، أو بعد المعالجة الثلاثية، بالطرق التالية:

أولاً – التخلص بالتخفيف من خلال الصرف فى المسطحات المائية (الترع، المصارف، الأنهار، البحار، المحيطات، البحيرات).
ثانيًا - الحقن في باطن التربة.
ثالثًا - الصرف على مسطحات أرضية وهو ما يسمى بالتخلص على سطح الأرض (أو بالري).

أولاً: التخلص بالتخفيف أى التخلص بصرف الماء المعالج فى المسطحات المائية سواء كانت أنهاراً أو فروعها أو مصارف زراعية أو بحيرات عذبة أو مالحة أو بحاراً أو محيطات.

ويتردد البعض فى استعمال هذه الطريقة خوفاً من حدوث أحد الاحتمالات التالية:

أ - انخفاض تركيز الأكسجين الذائب فى المسطح المائى نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية فى أكسدة ما تحويه المخلفات السائلة من مواد عضوية، إذ تقوم البكتريا الهوائية بتثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد غير عضوية ثابتة باستخدام الأكسجين الذائب أصلاً فى الماء. وهذا الانخفاض فى تركيز الأكسجين قد يصل إلى الدرجة التى تحد وتمنع نشاط الكائنات المائية الحية من أسماك وخلافها مما يؤدى إلى موتها، بل قد يصل الخفض فى تركيز الأكسجين إلى استهلاك كل الأكسجين الذائب فى ماء البحيرة أو النهر مما يسبب تكاثر البكتريا اللاهوائية التى تسبب التحلل اللاهوائي للمواد العضوية، وهو التحلل الذى ينتج عنه روائح كريهة.

ب- احتواء المخلفات السائلة على مواد صلبة عالقة أو طافية تطفو على سطح الماء فى النهر أو البحر بشكل يؤذى النظر (نتيجة سوء أعمال المعالجة).

ج- احتواء المخلفات السائلة على مواد كيماوية سامة وضارة بالكائنات الحية فى النهر أو البحيرة (نتيجة احتوائها علي مياه الصرف الصناعي).

د - احتواء المخلفات السائلة على بكتريا ضارة ومسببة للأمراض إذا لم يتم التطهير الكافي للمياه قبل صرفها.

هـ- احتمال وجود مواد مشعة تضر بالصحة العامة.

إلا أنه باستعمال الطرق العملية السليمة والنظريات العلمية الصحيحة يمكن للمسطحات المائية استيعاب كمية من هذه المياه دون الإضرار بها سواء

كمصدر لمياه الشرب أو مكان للترفيه والسباحة، أو للملاحة، أو كمصدر للثروة السمكية.

التخلص من السيب النهائى بالصرف على الترع والمصارف الزراعية

ينظم القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ معايير الصرف على المسطحات المائية سواء العذبة مثل الترع والأنهار أو المسطحات الغير عذبة مثل المصارف الزراعية، ويحدد القانون فى كل بند من بنوده المعايير اللازم توافرها عند الصرف، وكذلك يضع معاييرًا خاصة لخصائص المسطح المائى الذى سيتم الصرف الصحى عليه بحيث إن تعدت معايير المسطح المائى المعايير المسموح بها فإنه لا يجوز الصرف على المسطح حتى لو كان السيب النهائى المطلوب صرفه مطابق للاشتراطات المطلوبة طبقًا للقانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢.

التخلص من المخلفات السائلة فى البحار والمحيطات

وهذه الطريقة يمكن تطبيقها فى البلاد التى تقع على شواطئ البحار والمحيطات. وقبل البدء فى تصميم عمليات التخلص من المخلفات السائلة بهذه الطريقة يجب الاهتمام بإجراء الدراسات الآتية:

أ- دراسة التيارات البحرية.

ب- دراسة الأمواج.

جـ- دراسة الرياح.

د- دراسة المد والجزر.

ومن الممكن أن تستمر هذه الدراسات لمدة عام فى أماكن مختلفة فى البحر أو المحيط لتمثل الفصول الأربعة وذلك لتحديد اتجاه وسرعة التيارات والأمواج السائدة فى هذه المسطحات المائية بمنطقة الدراسة، وبناءًا على هذه الدراسة يتم اختيار أفضل موقع للمصب الذى تساعد فيه اتجاهات التيارات والرياح والأمواج على إزاحة المخلفات إلى داخل المسطح المائى.

وتعتبر محطة الصرف الصحى بالسويس إحدى محطات المعالجة التى يتم فيها صرف المياه المعالجة على البحر الأحمر وقد تم وضع نظام لمراقبة

التلوث الناتج عن صرف المياه المعالجة بخليج السويس وذلك منذ أكثر من عشر سنوات.

وعند إعداد التصميمات اللازمة يجب مراعاة ما يلى:

أ- الابتعاد بالمصب عن أماكن توالد الأحياء الصدفية حتى لا تلوث المخلفات السائلة هذه الأماكن، وهذا يعتبر شرط هام نظرًا لأن الأحياء الصدفية تعتمد فى غذائها على البكتيريا ومن هذه البكتيريا ما هى مسببات للأمراض وبذلك يزداد تركيز هذه البكتيريا فى الأحياء البحرية مما يخشى معه انتقال الأمراض إلى الإنسان وكذلك يجب الابتعاد بالمصب عن أماكن توالد الأحياء البحرية يجنبنا أخطار تراكم العناصر الثقيلة والمواد السامة داخل أجسام هذه الأحياء التى قد يتناولها الإنسان فيصاب بالأمراض.

ب- أن تمتد ماسورة المصب ما لا يقل عن ١٥٠ مترًا داخل البحر أو المحيط مع مراعاة أن تكون نهاية الماسورة على عمق كبير مناسب لا يقل عن ١٦ مترًا.

ج- يفضل أن يزود مخرج الماسورة بصمام عدم رجوع يسمح بخروج الماء منها إلى البحر ولا يسمح بدخول ماء البحر إليها وذلك فى حالة ارتفاع سطح الماء أثناء المد.

د- يفضل أن تبنى أحواض كافية لتخزين المخلفات السائلة فى الفترة التى يكون فيها المد عاليًا، بحيث تصرف المياه من أحواض التخزين هذه فى فترة الجزر.

ه- يجب أن تمر المخلفات السائلة خلال مصافى لحجز المواد الطافية ومنعها من الوصول إلى المصب تفادياً لوجود المواد الطافية على سطح البحر بشكل يؤذى النظر.

و- استعمال طلمبات الضخ السائلة فى ماسورة المصب إذا كانت مناسيب محطة المعالجة منخفضة عن منسوب ماء البحر أو بعيدة مسافة لا تسمح بوصول المياه إلى نهاية المصب بالميل الطبيعى.

ز- ضرورة تطهير مياه الصرف الصحى المعالجة قبل صبها إلى المياه.

ضخ المياه المعالجة مباشرة إلى المياه المستقبلة (المياه السطحية)

إن عملية التخلص من مياه الصرف الصحى المعالجة (السيب النهائى) إلى المياه المستقبلة لها نفس الخطوات الرئيسية التى تتبعها فى تشغيل محطتك، أى يجب أن تلتزم بخطوات بدء التشغيل وخطوات التشغيل العادية، وخطوات الإيقاف.

خطوات بدء التشغيل

١. اختبر صلاحية خط مواسير المياه الخارجة، إذا كان ذلك ممكناً.
٢. افتح كل الصمامات المطلوبة.
٣. شغل الطلمبات.
٤. لاحظ بالنظر عدم وجود ملوثات أو رغاوى أو زيوت وشحوم أو تغير فى لون المياه حيث أن ذلك كله يعتبر غير مرغوب فيه.

خطوات التشغيل العادية

١. يجب أن يكون لديك برنامجًا مكتوبًا لمراقبة جودة المياه المعالجة التى تقوم بضخها، ويتم تنفيذ هذا البرنامج بكل دقة، وذلك من خلال أخذ عينات من الماء المعالج وتحليلها بالمعمل والتأكد من مطابقتها للمعايير المطلوبة.
٢. إذا لاحظت أى تغير فجائى فى نتائج التحاليل أو من الملاحظة البصرية راجع فورًا عمليات التشغيل بمحطة المعالجة.

خطوات الإيقاف

١. قم بإيقاف تشغيل طلمبة ضخ الماء المعالج (إلا إذا كان التصرف بالانحدار الطبيعى).
٢. أغلق الصمام المغذى لخط السيب النهائى.
٣. قم بغسيل خط الطرد بماء نظيف غير ملوث إذا كان لديك هذه المنظومة.

استراتيجية التشغيل

استراتيجية التشغيل التى يجب أن تتبعها لها عنوان رئيسى وهو "افعل كل ما هو ممكن لتقليل صرف الملوثات إلى المسطحات المائية المستقبلة". وللمساعدة فى ذلك فإن المحطة قد يكون فيها خزان طوارئ لتحويل المياه إليه فى حالة إذا ما حدث اضطراب فى عملية المعالجة بالمحطة أو حدوث دخول مواد سامة إليها، وبعد إزالة السبب وعودة كفاءة المعالجة إلى طبيعتها يجب إعادة صرف المياه الملوثة من خزان الطوارئ، ولتنفيذ هذه العملية فإن أمامنا ثلاثة بدائل يتم اختيار أحدها حسب حالة المحطة طبقًا لما يلى:

١. صرف المياه بالتخفيف أى بإضافتها ببطء للمياه المعالجة الخارجة من المحطة.
٢. إعادة المياه من الخزان إلى مدخل محطة المعالجة مرة أخرى فى فترات انخفاض معدل التصرف الداخل إلى المحطة.
٣. إذا كانت المياه الموجودة فى خزان الطوارئ سامة جدًا، فإنه يجب أولاً معالجتها كيميائيًا أو تركها حتى تتبخر المياه وتصبح أكثر تركيزًا ثم يتم التخلص الآمن منها بأسلوب معتمد من جهاز شئون البيئة كمخلفات خطرة.

خطوات التشغيل فى الظروف الطارئة

١. إن انقطاع مصدر الكهرباء الرئيسى يشكل خطرًا على معايير المياه المعالجة ولذلك يجب أن تتضمن منظومة إعادة استخدام مياه الصرف الصحى وجود وحدة توليد كهرباء احتياطية لتشغيلها للمحافظة على استمرارية تشغيل المنظومة بكفاءة.
٢. فى حالة حدوث خلل فى وحدات معالجة مياه الصرف الصحى، فإنه يجب تحويل المياه الخارجة إلى خزان الطوارئ وليس إلى المياه المستقبلة حتى يتم إصلاح الخلل فى وحدات المعالجة.

ثانيًا: التخلص بالحقن (الشحن الصناعى) تستخدم هذه الطريقة عندما تتواجد طبقات رملية على أعماق بسيطة وبسمك كبير وذات نفاذية عالية، وعند عدم استخدام المياه الجوفية فى الرى أو الشرب، وكذلك عندما تكون المنطقة بعيدة عن مناطق استغلال الخزان الجوفي. كل هذه الظروف تشير إلى أن هذه الطبقات يمكن أن تستقبل مياها من عمليات الشحن الصناعى، غير أنه توجد عدة عوامل هامة يجب دراستها بالتفصيل وهى:

أ - الشحن الصناعى بالآبار.
ب- وجود ضغوط بيزومترية للمياه الجوفية داخل هذه الطبقات.
ج- المشاكل الفنية التى تحدث فى التربة نتيجة لشحن مياه بها مواد عالقة والطرق الفنية للتغلب عليها.
د - مواصفات مياه الصرف الصحى المعالجة من الناحية الطبيعية والبيولوجية.
هـ- مدى انتشار التلوث للمياه الجوفية على المدى البعيد.
و - تكاليف تنفيذ مشروع الشحن الصناعى سواء فى الطبقة العليا أو الطبقة العميقة وعمل مقارنة اقتصادية بينهما.

والشحن الصناعى بالآبار هو عملية عكس عملية الضخ من الآبار، وفى معظم الحالات تقل عمليات الشحن عن مثيلاتها فى معدلات الضخ، وبينما تنظف عمليات ضخ الآبار الطبقة الحاملة للمياه فإن عمليات الشحن تؤدى إلى عكس ذلك، ويمكن استخدام العلاقات الرياضية للمياه الجوفية العادية لحساب مقدار الشحن بمعرفة معامل النفاذية والتخزين من تجارب الآبار، كما يدخل فى الحساب الهيدروليكى وجود ضغوط عكسية للمياه الجوفية، ويجب مراعاة ذلك عند تصميم طلمبات الشحن.

ويمكن إيجاز أهم أسباب انسداد طبقات التربة نتيجة للشحن الصناعى للسيب النهائى في حالة عدم وجود معالجة كافية فيما يلى:

- حجز المواد العالقة فى المياه داخل مسام التربة.

- فقاعات الهواء فى المياه.
- تكون البكتريا حول مصافى الآبار.
- المكونات الكيميائية حول المصافى أو فى جزئيات التربة.
- تمدد الطبقات الطينية.
- تفاعل المواد العضوية على سطح التربة الطينية.

ثالثًا: الصرف على المسطحات الأرضية

إن المتاح من الموارد المائية العذبة فى مصر يبلغ ٥٥,٥ مليار م^{٣}/سنة بينما تصل الاحتياجات المائية للقطاعات المختلفة بالدولة إلى حوالى ٦٥ مليار م^{٣}/سنة أي أن هناك عجزًا في الوقت الحالي بين المتطلبات والمتاح يقدر بحوالي ٩,٥ مليار م^{٣}/ سنة. ويتم تدبير هذا العجز عن طريق إعادة استخدام ورفع كفاءة الإدارة المائية ويصل المقدار الذي يعاد استخدامه من مياه الصرف الصحي في أغراض الري والزراعة بحوالي ٠,٤ مليار م^{٣}/سنة. ويعد استخدام مياه الصرف الصحى فى رى بعض المزروعات، أسلوب تتبعه بعض البلاد الداخلية التى لا تطل على أنهار أو بحار أو محيطات، وهى وسيلة للتخلص من المخلفات السائلة وإعادة استخدامها وهى خام (بعد التصفية) أو بعد المعالجة الابتدائية أو بعد المعالجة الثنائية. وفى جميع الأحوال يفضل عدم استخدام مياه الصرف الصحى فى الرى إلا بعد مرورها بعملية المعالجة الابتدائية على الأقل.

ولا يفضل استعمال هذه الطريقة فى التخلص من المخلفات الخام بدون معالجة لما تسببه من انسداد سريع لمسام التربة نظراً لما تحتويه هذه المخلفات الخام من مواد صلبة عالقة بتركيزات عالية.

وتختلف كمية المياه التى يمكن للفدان الواحد أن يستوعبها طبقاً لنوع التربة والنباتات، وكذلك طبقاً لمحتويات المخلفات السائلة ودرجة تركيز المواد العالقة العضوية والغير عضوية بها، وكذلك طبقًا للطريقة المستخدمة فى التطبيق أى طريقة الرى ويقدر المقنن المائى للفدان كالآتى:

٥٠ متراً مكعباً يومياً للمخلفات المعالجة بيولوجياً فى الأراضى الرملية.
٣٠ متراً مكعباً يومياً للمخلفات المعالجة بيولوجياً فى الأراضى الرملية الطينية.
١٥ متراً مكعباً يومياً للمخلفات المعالجة بيولوجياً فى الأراضى الطينية الخفيفة، أما الأراضى الطينية المتماسكة فلا تصلح لاستقبال المخلفات السائلة، سواء المعالجة أو غير المعالجة.

على أنه يجب الأخذ فى الاعتبار أن عملية التخلص من المخلفات السائلة بطريقة الرى تعتبر أيضاً عملية معالجة لهذه المخلفات، إذ أن البكتريا الهوائية الموجودة فى التربة وفى المخلفات السائلة نفسها تنشط فى تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلى مواد غير عضوية ثابتة باستخدام الأكسجين الذى تمتصه البكتريا من الهواء، وبذلك تفقد المخلفات السائلة قدرتها على الإضرار بالصحة العامة وهو الغرض الرئيسى من معالجتها والتخلص منها.

وهناك أربع طرق للتطبيقات العملية للتخلص من مياه الصرف الصحى المعالجة على سطح الأرض للرى هى:

١- طريقة الرى العادية.
٢- طريقة الترشيح المتقطع.
٣- طريقة المصاطب الترابية.
٤- استخدام الماء المعالج فى الري بالرش.

وفيما يلى سيتم استعراض هذه التطبيقات وأهم متطلبات التصميم لاستخدامات مياه الصرف الصحى المعالجة فى أعمال الصرف على الأرض لأغراض رى المزروعات.

١ - طريقة الرى العادية

- عند تطبيق هذه الطريقة يجب على المصمم أن يراعى تقسيم الأرض المستخدمة إلى أحواض صغيرة، تفصل بينها جسور قليلة الارتفاع تمامًا كما يتم تنفيذه فى حالات الأراضى الزراعية العادية؛ على أن تزود بالقنوات الرئيسية والقنوات الفرعية اللازمة لتوزيع المخلفات السائلة ووصولها إلى جميع الأحواض، كما يجب إنشاء مصارف زراعية مغطاة أو مكشوفة تحمل المياه المتسربة من الأرض إلى أقرب مصرف رئيسى.
- كذلك يجب عدم غمر الأرض بمياه الصرف الصحى إلا بالمعدلات المسموح بها حيث أن تشبع الأرض بالمياه يمنع انتشار البكتيريا الهوائية فى التربة وبالتالى لا يتم تحويل المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ثابتة وفى حالة حدوث غمر للأرض بمياه الصرف الصحى فإن ذلك يؤدى إلى تكون برك على سطح الأرض وعندئذ يجب إيقاف غمر الأرض بالمخلفات وإجراء عملية غسيل لها وذلك بحرثها أكثر من مرة وريها من حين لآخر بمياه الترع أو الأنهار أو الآبار المنخفضة الملوحة.

٢ - طريقة الترشيح المتقطع:

وهى لا تختلف كثيرًا عن الطريقة السابقة فعند تطبيق هذه الطريقة يتم غمر الأرض بالمخلفات السائلة بارتفاع يتراوح من خمسة عشر سنتيمترًا إلى عشرين سنتيمترًا ثم تترك لتتسرب إلى باطن الأرض ثم يعاد الغمر مرة كل ثمانى عشرة ساعة ويستمر ذلك لمدة عشرة أيام. ثم تترك الأرض للراحة لمدة عشرة أيام تكون المخلفات السائلة موجهة لرى أراضٍ أخرى، وفى هذه الحالة لا يفضل زراعة الأرض باية محاصيل بل يتم زراعة حشائش أو أشجار خشبية تستعمل كمصدات للرياح.

ويفضل تطبيق هذه الطريقة فى الأراضى الزراعية الرملية كثيرة المسام، حيث تتسرب المياه إلى داخل الأرض، كما يمكن عمل شبكة من المواسير

بقطر من ٣-٤ بوصة مفتوحة الوصلات فى الأراضى العادية كمصارف مغطاة فى باطن الأرض، وتتراوح المسافة بين المواسير من ١٠ إلى ٢٠ مترًا وتكون على عمق متر واحد تحت سطح الأرض، وتصب جميع هذه المواسير كل ما يصل إليها من مياه فى مصرف رئيسى.

٣ - طريقة المساطب الترابية:

وفى هذه الحالة تعمل خطوط وخنادق متوازية متقاربة من بعضها لتمر المخلفات السائلة من خلالها وتتسرب إلى باطن الأرض. وهذه الطريقة لا تتبع كثيرًا لارتفاع تكاليفها.

٤ - استخدام المخلفات السائلة فى الرى بالرش:

وفيها ترش المخلفات السائلة على سطح الأرض بمعدل ثابت على هيئة قطرات مثل قطرات المطر وذلك بواسطة رشاشات دوارة، وتستلزم هذه الطريقة إنشاء مصارف مغطاة تصب فى مصرف رئيسى.

دور مياه الصرف الصحى فى تخصيب الأراضى

تختلف الآراء حول قيمة المخلفات السائلة فى التخصيب وإمداد النبات باحتياجاته الغذائية، إلا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة الخام تحتوى على حوالى ٢٠ جزء فى المليون أزوت منها حوالى ١٠ جزء فى المليون أزوت قابل للامتصاص بالنبات، إلا أن المخلفات السائلة المعالجة قد تحتوى على نسبة أقل من ذلك، فالمياه الخارجة من المرشحات العادية مثلاً تحتوى على عشرة أجزاء فى المليون أزوتات، ونصف جزء فى المليون أزوتيت.

كما أن المخلفات السائلة الخام تحتوى على خمسة أجزاء فى المليون حامض فوسفوريك وعشرة أجزاء فى المليون بوتاسيوم، وهذه النسب للمواد الغذائية الموجودة فى المخلفات السائلة بالإضافة إلى نوع النبات واحتياجاته الغذائية توضح القيمة الاقتصادية للمخلفات السائلة كمخصب للأراضى الزراعية.

الاستخدامات غير الزراعية لمياه الصرف الصحى والصناعى المعالجة

يمكن استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في أغراض الري والزراعة، كما أن هناك بعض الاستخدامات الأخرى للمياه المعالجة ومستخدمة عالمياً مع مراعاة الآثار البيئية اللازمة عند الاستخدام تحت محاذير معينة ومن هذه الاستخدامات ما يلي:

١. غسيل الشوارع.
٢. رش الطرق الترابية لتثبيت الأتربة.
٣. أعمال دمك التربة في إنشاء الطرق (طبقة الأساس – التربة الزلطية – الطبقة السطحية).
٤. تشغيل النافورات المخصصة للزينة.
٥. المزارع السمكية.
٦. إطفاء الحريق سواء عن طريق حنفيات الشوارع أو الرش بالطائرات.
٧. غسيل الزلط والرمل وخلط الخرسانة بأنواعها.
٨. تبريد الآلات في المصانع.
٩. الشحن الصناعي للخزان الجوفي لوقف ظاهرة تداخل مياه البحر.
١٠. تغذية صناديق الطرد داخل المنازل.
١١. إنشاء البرك الصناعية في مناطق توقف الطيور والمهاجرة.
١٢. تغذية المسطحات المائية مثل البرك والبحيرات.
١٣. غسيل المصانع.
١٤. تثبيت الكثبان الرملية ومنع زحفها.
١٥. تثبيت الردم حول خطوط المواسير.
١٦. المحافظة على اتزان السفن.
١٧. العمليات الصناعية التي لا تحتاج لمواصفات خاصة للمياه (مثل تقسية الصلب).
١٨. ري الأراضي الرطبة المشيدة (Irrigating Constructed Wetlands).
١٩. ري المسطحات الخضراء داخل المدن – ملاعب الجولف.
٢٠. غلايات المياه بغرض إنتاج البخار.

الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحى المعالجة

يتم إعادة استخدام مياه الصرف الصحى التى تمت معالجتها وذلك لسبب رئيسى وهو الاحتياج للمياه وأن السيب النهائى الخارج من المحطة يحقق المعايير البيئية والاشتراطات اللازمة لإعادة الاستخدام طبقًا لنوعية الاستخدام المطلوبة.

ولذلك فإن إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة ينظر إليها بعين الاعتبار فى الحالات التالية:

١. عدم كفاية كمية المياه السطحية المخصصة للرى.
٢. عدم توافر المياه الجوفية أو ارتفاع تكاليف تنقيتها وضخها.

وفى المستقبل، وبسبب القوانين الخاصة بصرف مياه الصرف الصحى المعالجة والتى تزداد صرامة كل فترة فإن مياه الصرف الصحى المعالجة سوف تصبح أكثر جذبًا باعتبارها أفضل مصدر متاح للمياه للمساعدة فى إيجاد موارد جديدة للمياه نظرًا لمحدودية الموارد المتاحة لمصر حسب اتفاقية عام ١٩٥٩ أو الاتفاقيات الجارى مناقشتها حاليًا مع دول حوض النيل التى ترغب فى تقليل الحصة السنوية لمصر ومواردها من نهر النيل.

ولهذه الأسباب فإنه يجب على مسئول التشغيل التأكد من إنتاج مياه معالجة يمكن استخدامها إما مباشرة أو بعد مرورها بمعالجة إضافية لإمكانية إعادة استخدامها فى المجالات المختلفة المحددة لها.

أهم المعدات اللازمة

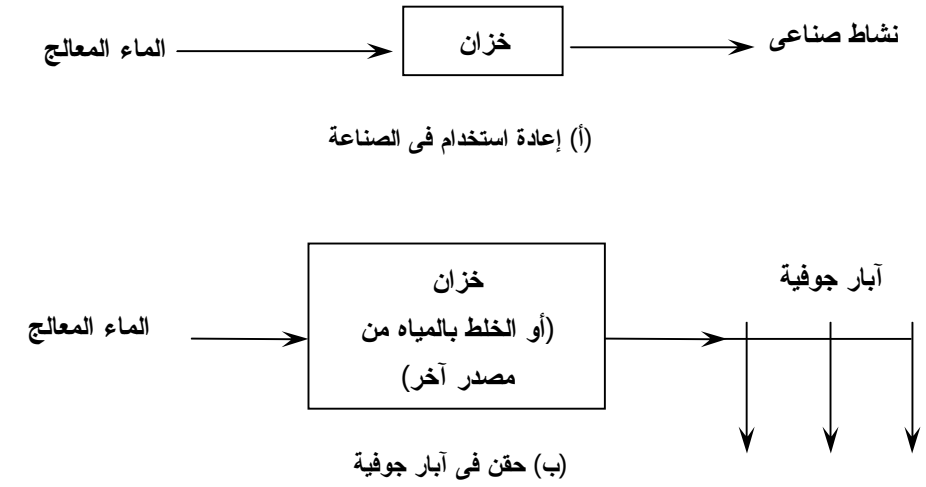
ستلاحظ أن المعدات والتجهيزات المستخدمة فى المعالجة الإضافية لمياه الصرف الصحى قريبة الشبه جدًا من تلك المعدات التى تستخدم فى معظم محطات المعالجة التقليدية. غير أن هناك معدات إضافية مطلوبة تتمثل فى وسائل نقل وتوصيل المياه المعالجة إلى مواقع المستخدمين مثل محطة رفع السيب النهائى أو خطوط المواسير أو القنوات أو الترع، كما يجب تركيب عدادات قياس ومنظومة تحكم وذلك لمراقبة تصرفات المياه التى يتم توصيلها للمستخدمين ومعايير جودتها.

ففى منظومة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى حقن الآبار تشتمل المعدات المطلوبة على خطوط المواسير، والطلمبات، وآبار مزودة بعدادات قياس ومعدات تحكم، وعادة ما يتم خلط مياه الصرف الصحى المعالجة بمياه نظيفة غير ملوثة بهدف تخفيفها مثل حقنها فى الآبار، وفى هذه الحالة فإنه يجب وجود حوض لتنفيذ عملية الخلط.

وفى منظومة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى بحيرات الأنشطة الترفيهية مثل صيد الأسماك أو ركوب القوارب فإن المعدات الأساسية التى تستخدم هى نفسها التى تستخدم لتخفيف مياه الصرف الصحى المعالجة.

خطوات التشغيل

تعتبر إجراءات تشغيل وحدات المعالجة الإضافية لمياه الصرف الصحى المعالجة بهدف إعادة استخدامها واحدة بصفة عامة لكل نوع مع وجود بعض الاختلافات بينها طبقًا لعمليات المعالجة التى يتم تنفيذها، وسنتناول فيما يلى إجراءات تشغيل وحدات المعالجة بصفة عامة قبل إعادة استخدام المياه فى الصناعة، وفى آبار المياه الجوفية وفى الأنشطة الترفيهية كما يوضح الشكل رقم (٨-١).



الشكل رقم (٨-١)

إعادة استخدام المياه فى الصناعة وفى آبار المياه الجوفية وفى الأنشطة الترفيهية

تشغيل النظام

خطوات ما قبل التشغيل

- راجع أحدث نتائج التحاليل المعملية للماء المعالج.
- راجع آخر سجل فحص يومى لمعرفة آخر التعليمات الخاصة.

خطوات بدء التشغيل

- حدد كمية المياه المطلوبة يوميًا.
- اقرأ عداد كمية التصرف وسجله.
- افتح صمام الضخ.
- ابدأ تشغيل الطلمبة.

خطوات التشغيل العادى

- افحص الطلمبات مرة كل وردية، وتأكد من سلامة الحشو، ومن عدم وجود أصوات غير طبيعية صادرة منها، وكذلك تأكد من نظافة المنطقة حولها.
- قم بتزييت الطلمبة أو تشحيمها حسب نوع الطلمبة الموجود لديك.
- سجل كمية التصرف فى نهاية الوردية.
- افحص بالنظر المياه المعالجة التى يتم ضخها كل ساعتين، وتأكد من عدم وجود مواد صلبة عائمة وأن المياه بالخزان لا لون لها ولا رائحة.
- اجمع عينات من المياه الخارجة من الطلمبات إلى معمل المحطة لإجراء التحاليل اللازمة.

إجراءات الإيقاف

- قم بإيقاف الطلمبة عن العمل.
- قم بإغلاق كل الصمامات.
- سجل قراءة عداد تجميع كمية التصرف.
- سجل باقى البيانات بسجل التشغيل.

استراتيجية التشغيل

- يتم التحكم فى تصرفات المياه الخارجة من محطة المعالجة إلى الخزان لإعادة استخدامها باستخدام أوقات تشغيل الطلمبة وضبط الصمامات.
- إذا كنت تستخدم نظام الخلط لمياه الصرف الصحى المعالجة فإن الوصول لقيم جودة المياه المطلوبة يكون بإضافة مياه نظيفة غير ملوثة.

فمثلاً:

- إذا كان تركيز الأمونيا بمياه الصرف الصحى المعالجة هو ٢٠ ملجم/ لتر بينما تركيز الأمونيا المطلوب هو ١٠ ملجم/ لتر، وفى نفس الوقت تركيز الأمونيا فى المياه النظيفة التى سيتم إضافتها هو صفر ملجم/ لتر، ففى هذه الحالة يتم إضافة كمية مياه نظيفة أكثر قليلاً من كمية مياه الصرف الصحى المعالجة وهذا ينتج عنه مياه تحتوى على تركيز أمونيا قيمته أقل

قليلاً من التركيز الموجود بمياه الصرف الصحى المعالجة أى أقل قليلاً من ١٠ ملجم/ لتر.

- إذا كانت أحد معايير نتيجة التحاليل المعملية لمياه الصرف الصحى المعالجة لا تتطابق مع المواصفات القياسية ولم تكن لديك منظومة الخلط المذكورة فى الفقرة السابقة، فإنه يجب إعادة المياه إلى محطة المعالجة مرة أخرى وذلك لإضافة مواد كيماوية أخرى مثل الكلور لقتل البكتريا المسببة للأمراض أو إعادتها إلى مرحلة التهوية لزيادة تركيز الأكسجين الذائب.
- إذا لاحظت وجود رائحة فى المياه المعالجة أو لون أو شحم أو زيت فهذا يعنى أن هناك اضطرابًا وخللاً فى عملية المعالجة بالمحطة يجب مراجعته.

إجراءات التعامل عند حدوث طوارئ

عند حدوث خلل فى عملية المعالجة بأحد المراحل بالمحطة، فإنه يجب التوقف فورًا عن ضخ المياه المعالجة إلى المستخدمين ويتم الضخ مباشرة إلى خزان الطوارئ، وفى حالة عدم وجود هذا الخزان، فإنه يجب إعادة المياه المعالجة داخل المحطة فى دائرة مغلقة حتى يتم الانتهاء من علاج المشكلة الموجودة فى أقل وقت.

ويوضح الجدول رقم (٨-١) تتبع مشاكل المياه المعالجة فى بحيرات الأكسدة وأحواض الترسيب النهائى وأعمال التطهير.

الجوانب البيئية والصحية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحى فى الزراعة

١. الجوانب الإيجابية:

- يمكن استغلال بعض الملوثات الموجودة في مياه الصرف الصحي مثل المواد العضوية ومركبات النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم كمغذيات عند ري الأراضي بها أو في برك الأسماك مما يزيد الإنتاج ويقلل من استخدام الأسمدة التجارية.
- تعتبر إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة أفضل طريقة لغسيل التربة من الملوحة العالية التي قد تحدث من استخدام المياه الجوفية في الري.
- يمكن استخدامها في زراعة الغابات مما يفيد البيئة المحيطة بالمدن الكبيرة وكذلك زراعة الأحزمة الشجرية التي تساعد على تثبيت الكثبان الرملية حول المدن وتقلل من تأثير الزوابع والعواصف وكذلك يمكن الاستفادة من أشجارها.

٢. الجوانب السلبية:

- يمكن أن تسبب المياه الغير معالجة جيدا في انتشار الأمراض وتلوث المياه السطحية والجوفية.
- يمكن أن تتسبب في تراكم النترات في المياه الجوفية التي تسبب مشكلات عديدة – وتتزايد هذه المشكلة في حالة وجود طبقة سطحية غير مشبعة ذات مساحة عالية أعلى الطبقة المشبعة بالمياه.
- عند استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لفترة طويلة في الزراعة تؤدي إلى قلوية التربة وسوء التغذية وتراكم العناصر الثقيلة إلى حد يصيب التربة بالسمية.
- من الممكن أن تصبح موطناً لنواقل الأمراض مثل الناموس أو القواقع ويتكاثر البعوض الذي ينقل أمراض الملاريا في المياه الملوثة والبرك الساكنة.

جدول رقم (٨-١)
تتبع مشاكل المياه المعالجة وحلولها

م	الملاحظة	الأسباب المحتملة	الحلول الممكنة
أولاً: بحيرات الأكسدة			
١	ظهور المواد الصلبة العالقة فى المياه المعالجة الناتجة من البحيرة.	- منسوب حاجز الخروج (Baffle) غير مناسب. - وجود مواد صلبة عائمة وخبث بكثافة على سطح البحيرة.	- أعد ضبط منسوب هدار الخروج. - تخلص من المواد الصلبة العائمة على سطح البحيرة باستخدام معدات يدوية، وتخلص من الخبث باستخدام خراطيم المياه.
٢	طحالب بكميات كبيرة فى المياه المعالجة.	- اختلاف فى درجة الحرارة.	- شغل البحيرات على التوالى. - إذا كان ذلك متوافرًا اسحب المياه من البحيرة من مستوى أقل من مستوى سطح البحيرة. - يمكن إضافة أية تعديلات فنية تساعد فى إنشاء مرشح رملى أو صخرى لحجز المواد الصلبة قبل أن تذهب إلى المياه المستقبلة. - يمكن إضافة كبريتات الألومنيوم (الشبة) بجرعات تركيز ٢٠ ملجم/ لتر للمساعدة على ترسيب المواد الصلبة فى البحيرة ومنعها من الخروج مع المياه المعالجة.
٣	ارتفاع زائد فى تركيز الأكسجين الحيوى الممتص BOD.	- مدة البقاء غير كافية. - مدخل البحيرة والمخرج فى مكانين غير ملائمين. - زيادة الحمل العضوى أو الهيدروليكى. - وجود مواد سامة فى الماء المعالج.	- راجع خطوط شبكة التجميع ومناطق الصرف الصناعى. - استخدم مضخة متنقلة لإعادة تدوير محتويات البحيرة. - خفض الأحمال عندما تزيد عن السعة التصميمية. - توقف عن صرف المياه المعالجة إلى المياه المستقبلة.

جدول رقم (٨-١)

تتبع مشاكل المياه المعالجة وحلولها

م	الملاحظة	الأسباب المحتملة	الحلول الممكنة
ثانيًا: أحواض الترسيب النهائى			
١	وجود مواد صلبة عائمة تخرج مع المياه المعالجة.	- حمل هيدروليكى زائد يدخل محطة المعالجة.	- خفض معدلات صرف الحمأة المعادة والزائدة لتخفيف الحمل الهيدروليكى. - تحويل جزء من التصرفات الداخلة إلى الوحدات الاحتياطية أو إلى أحواض الموازنة.
٢	وجود مواد صلبة عالقة وارتفاع تركيز الأكسجين الحيوى الممتص BOD فى المياه المعالجة.	- حمل عضوى زائد يدخل محطة المعالجة. - وجود كائنات خيطية بكثرة.	- خفض معدلات صرف الحمأة الزائدة وزيادة معدلات تصرف الحمأة المعادة. - أعد ضبط تركيز كل من النيتروجين والفوسفور والأكسجين الذائب والأس الهيدروجينى. - حول جزءًا من المياه الداخلة إلى المحطة إلى حوض الموازنة.
ثالثًا: أعمال التطهير			
١	تركيز الكلور المتبقى فى المياه المعالجة أقل من المعايير المطلوبة.	- منظومة إضافة الكلور لا تعمل بطريقة سليمة.	- افحص أجزاء المنظومة ونفذ الإصلاحات المطلوبة.
٢	العد الاحتمالى للبكتريا القولونية فى المياه المعالجة أعلى من المعايير المطلوبة	- تركيز الكلور المتبقى أقل جدًا من المطلوب. - زمن التلامس بين المياه المعالجة والكلور قصير. - وجود مواد صلبة عالقة فى المياه المعالجة. - وجود حمأة مترسبة فى حوض التلامس. - انسداد بناشرات محلول الكلور.	- زود جرعة الكلور. - أعد ضبط حاجز الخروج (Baffle) بحوض التلامس. - راجع كفاءة المعالجة البيولوجية. - قم بنزح المياه من حوض التلامس ونظفه ثم أعده إلى العمل. - نظف الناشرات أو استبدلها.

الإجراءات الاحترازية من الاستخدام المباشر لمياه الصرف الصحى المعالجة

إن إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى الصناعة سوف يتزايد مستقبلاً، ومتطلبات معايير مياه الصرف الصحى المعالجة المستخدمة فى الصناعة تختلف اختلافًا كبيرًا حسب مجال الاستخدام، فعلى سبيل المثال المياه التى يتم استخدامها فى التبريد أو الغسيل لن تكون فى نفس المعايير القياسية المرتفعة التى سوف تكون مطلوبة حتمًا فى تلك التى تستخدم فى مصانع تجهيز وتعبئة الأغذية. ولهذه الأسباب فإن الصناعات الكبيرة تفضل أن يكون لها محطات معالجة للمياه خاصة بها داخل المصانع تزودها بالمياه بدرجة المعالجة والمعايير التى تتطلبها عمليات الإنتاج.

وبناءًا على هذه الشروط فإن مياه الصرف الصحى المعالجة يمكن استخدامها مباشرة لأعمال الغسيل أو التبريد فى بعض الصناعات أو إدخالها إلى محطات معالجة خاصة. وفى كل الحالات فإن معظم الصناعات تتطلب أن تكون جودة المياه الخارجة من محطة المعالجة ثابتة بقدر الإمكان.

وبصرف النظر عن المجال الذى سيتم فيه استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فإن المواطنين يتوقعون أن تكون هذه المياه وفقًا لمعايير القوانين المنظمة لذلك، وإذا حدث خلل فى عملية المعالجة ونتج عنه تجاوز لمعايير مياه الصرف الصحى فى محطة المعالجة، فإنه يجب على القائمين بالتشغيل اتخاذ الإجراءات اللازمة لإعلام المستخدمين بذلك أو تخزين هذه المياه مؤقتًا أو التخلص منها وضمان عدم وصولها إلى المستخدمين.

لذا يجب مراعاة المتطلبات التالية عند إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة:

١. عند إعادة الاستخدام فى مجال الصناعة فإنه يجب أن تكون معايير وحدة المعالجة منتظمة، ومن أهم هذه المعايير درجة الحرارة والأس الهيدروجينى واللون ودرجة العسر، فإذا ما حدث انحراف لهذه

المعايير على سبيل المثال فإنه يجب إخطار المصانع المستخدمة للمياه المعالجة فورًا.

٢. أما إذا كان الماء المعالج يتم ضخه إلى خزان حيث يتم خلطه غالبًا بماء نظيف غير ملوث ثم يتم حقنه فى الآبار الجوفية فإنه يجب فى هذه الحالة اتباع الخطوات المحددة الخاصة "بمعدل شحن البئر"، والمقصود بمعدل شحن البئر هو معدل تصرف المياه الذى يتم حقنه إلى المياه الجوفية، مع التأكد مما يلى:

- نوع الطلمبات المستخدمة، ضغط الطلمبة، وصيانة صمامات التهوية على خط المواسير.
- عدم تكون طبقات من الكائنات الحية الدقيقة "Slimes" بسبب المواد العضوية وفى وجود المغذيات ودرجة الحرارة المناسبة حيث أن وجود هذه الطبقات ستسبب نقص معدلات إعادة شحن البئر.
- أخذ كل الاحتياطات اللازمة لتجنب حدوث تلوث للمياه الجوفية المستخدمة كمصدر لمياه الشرب، حيث أن تلوث المياه الجوفية قد يحدث بسبب ضخ كميات كبيرة بها مقادير ولو ضئيلة من المواد العضوية أو المعادن، أو المغذيات مثل الفوسفور والنيتروجين، أو المواد السامة.

٣. أما معالجة مياه الصرف الصحى لإعادة استخدامها فى الأنشطة الترفيهية، فإنه يجب مراعاة عاملين رئيسيين ألا وهما صحة الناس، والمظاهر الجمالية، وذلك لأن:

- أقل المعايير القياسية التى تهتم بصحة الإنسان فى هذا الشأن تتطلب عدم وجود الكائنات الحية المسببة للأمراض.
- تقييم النواحى الجمالية والمحافظة عليها بمراعاة عدم وجود كل من المواد الصلبة العائمة والخبث، فكلما كان شكل المياه رائقًا كلما كان ذلك مرضيًا.
- يجب التحكم فى المغذيات الموجودة فى المياه المعالجة مثل

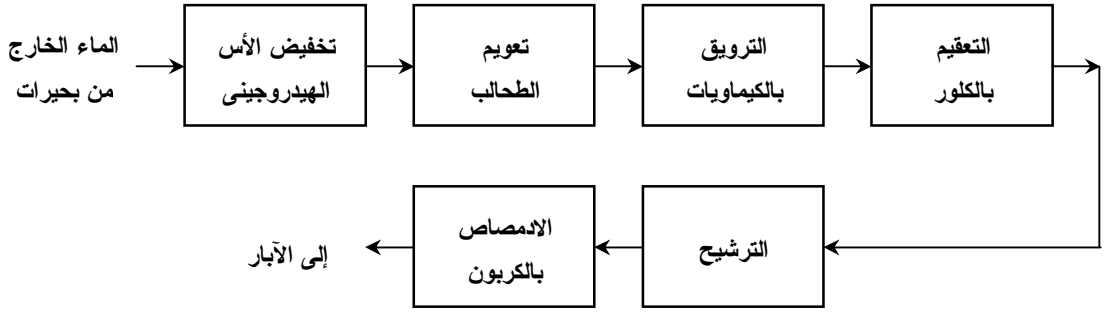
الفوسفور والنيتروجين حيث أن زيادتها تساعد على نمو الطحالب التى تضفى مظهرًا غير مستحب على المياه.

- التهاون فى الوصول بتركيز الأكسجين الحيوى المطلوب BOD إلى المعايير المطلوبة حيث يتسبب ذلك فى استهلاك الأكسجين فى المياه السطحية المستقبلة ومن ثم موت الأسماك.

٤. فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى باستخدام بحيرات الأكسدة والتى يتم استخدام المياه المعالجة منها فى حقن آبار المياه الجوفية فإنه يجب مراعاة أن تمر المياه المعالجة بالمراحل الإضافية التالية كما هو موضح بالشكل رقم (٨-٢):

- حوض تخفيض الأس الهيدروجينى باستخدام الكربون.
- حوض تعويم الطحالب.
- حوض الترويق باستخدام الكيماويات لإزالة الفوسفور والعكارة.
- حوض الكلورة للقضاء على كل الكائنات الحية المسببة للأمراض وتخفيض مستويات الأمونيا.

ويجب على المشغل فى هذه المحطات تنفيذ ومتابعة برنامج مراقبة وإجراء التحاليل المعملية اللازمة لضمان جودة السيب النهائى والتزامه بالمعايير البيئية المطلوبة كما هو موضح بالجدول رقم (٨-٢).



شكل رقم (٨-٢)

معالجة مياه الصرف الصحى (من بحيرات الأكسدة) قبل حقنها للآبار الجوفية

جدول رقم (٨-٢)

معايير المياه المعالجة قبل الحقن بالآبار الجوفية

التحليل	بعد بحيرات الأكسدة	بعد تعويم الطحالب	بعد الترويق بالكيماويات	بعد الترشيح	بعد الادمصاص
النيتروجين الكلى ملجم/ ل	٣٥	٣٢	١٥	١٤	١٣
النيتروجين العضوى ملجم/ ل	٣,٢	١,٣	٠,٩	٠,٧	-
الأمونيا ملجم/ ل	١٤,٩	١٤	٠,٢	٠,٣	٠,١
النترات ملجم/ ل	١٧	١٧	١٤	١٣	١٣
الفوسفات ملجم/ ل	١٠	-	-	-	-
BOD ملجم/ ل	٣٠	٤	١	١	٠,٣
pH	٨,٥	٧,١	٨,٠	٨,٠	٨,٠

القوانين المصرية المنظمة للصرف وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي

يتضمن الملحق رقم (١) القوانين والتشريعات المنظمة لعملية صرف مياه الصرف الصحي المعالجة وتتضمن القانون رقم (٤٨) لسنة ١٩٨٢، القرار رقم (٤٠٢) لسنة ٢٠٠٩، والقانون رقم (٩٣) لسنة ١٩٦٢، والقانون رقم (٤) لسنة ١٩٩٤، وسوف نضيف هنا بعض القرارات الوزارية والقوانين ذات الصلة لعملية الصرف وإعادة استخدام مياه الصرف الصحى.

القانون رقم ١٢ لسنة ١٩٨٤م بشأن إصدار قانون الرى والصرف

تم إصدار هذا القانون بشأن الرى والصرف ثم صدر بعد ذلك قرار وزير الري رقم ١٤٧١٧ لسنة ١٩٨٧ الخاص باللائحة التنفيذية لقانون الرى والصرف ثم تم تعديل هذا القانون بالقانون رقم ٢١٣ لسنة ١٩٩٤م، ثم أعقبه إصدار قرار وزير الري رقم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥م، والذي تضمن الفصل الثاني منه الترخيص بري الأراضي الجديدة من المصادر المختلفة وجدير بالذكر أن هذا القانون يغطي الجوانب الإجرائية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

قرار وزير الرى رقـــم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥ م

<u>الفصل الثانى في ري الأراضي الجديدة</u>

مادة (٦)

الأرض الجديدة في أحكام الفصل الخامس من قانون الري والصرف المشار إليه هي كل أرض لم يسبق الترخيص لها بالري من مجاري مياه النيل أو من مياه الصرف الزراعي أو الصحي أو المياه المخلوطة بأي منها وسواء كانت هذه الأراضي داخل الوادي أو الدلتا أو في أرض أخرى داخل جمهورية مصر العربية ومتوافر لها موارد مائية في خطة الدولة التي تقررها وزارة الأشغال العامة والموارد المائية.

مادة (٧)

لا يجوز الترخيص بري الأرض الجديدة إلا باتباع طرق الري المتطورة ومنها الري بالرش والري بالتنقيط، أو بأى أسلوب آخر للري تقره وزارة الأشغال العامة في ضوء طبيعة التربة والدورة الزراعية المقترحة.

مادة (٨)

يلتزم المرخص له باتباع أسلوب الري المتطورة الذي يحدد له في الترخيص ويعتبر الترخيص لاغي إذا خالف المرخص له طريقة الري المرخص له بها ولم يقم بإزالة أسباب المخالفة خلال ثلاثين يوما من تاريخ إنذاره بكتاب موصى عليه بعلم الوصول.

مادة (٩)

يقدم طلب الترخيص بري الأرض الجديدة إلى الإدارة العامة للري المختصة على أن يتضمن الطلب البيانات الآتية:

(أ) اسم طالب الترخيص وصفته ومحل إقامته.

(ب) سند مقدم الطلب في حيازته للأرض موضوع طلب الترخيص.

(ج) مساحة الأرض المطلوب ريها موقعه على خرائط مساحية بمقياس رسم مناسب، وموقع عليها مهندس نقابي.

(د) تصنيف كامل للتربة من جهة متخصصة.

(هـ) مصدر الري المقترح.

(و) طريقة الري المتطور المقترحة.

(ز) الدورة الزراعية المقترحة.

مادة (١٠)

تتولى الإدارة العامة للري المختصة فحص طلب الترخيص ومستنداته ، ويجب على الإدارة أن تصدر قرارها في الطلب خلال شهرين على الأكثر من تاريخ تقديم المستندات كاملة وإخطار الطالب بذلك.

مادة (٦٧)

في حالة التخلص من مياه الصرف الصحي أو مخلفات صناعية سائلة مختلطة بمياه الصرف الصحي على مسطحات مياه غير عذبة، يجب بناء على طلب الجهة الصحية المختصة معالجة المياه المنصرفة بالكلور لتطهيرها قبل صرفها بحيث لا يقل الكلور المتبقي بها بعد عشرين دقيقة من

إضافته عن ٠,٥٠ ملليجرام/ لتر، وبحيث تكون أجهزة ومواد التطهير متوفرة وجاهزة بصفة مستمرة لإنجازه هذه المعالجة عند طلب إجرائها.

مادة (٦٨)

يجب أن تبقى مسطحات المياه غير العذبة التي يرخص بصرف المخلفات السائلة المعالجة إليها في حدود المعايير المبينة بالجدول رقم (٨-٣).

جدول رقم (٨-٣)

حدود المعايير والمواصفات لمسطحات المياه غير العذبة

البيان	المعايير والمواصفات
درجة الحرارة	لا تزيد على (٥) درجات مئوية فوق المعدل المألوف
الأكسجين الذائب	لا يقل عن (٤) ملليجرام/ لتر في أي وقت
الأس الهيدروجيني	لا يقل عن (٧) ولا يزيد على (٨,٥)
المنظفات الصناعية	لا تزيد على (٠,٥) ملليجرام/ لتر
الفينول	لا تزيد على (٠,٥٠٠) ملليجرام/ لتر
العكارة	لا تزيد على (٠,٥) وحدة
المواد الصلبة الذائبة	لا تزيد على (٦٥٠) ملليجرام/ لتر
العد الاحتمالي للمجموعة القولونية في ١٠٠ سم^{٣}	لا تزيد على (٥٠٠٠)

مادة (٦٩)

في حالة صرف المخلفات السائلة إلى البحيرات – يجب مراعاة ألا تزيد عدد البكتيريا القولونية في مصايد الأسماك بالبحيرة على (٧٠) لكل ١٠٠ سم^{٣} كما يجب ألا تزيد عددها على (٢٣٠) لكل ١٠٠ سم^{٣} في ١٠% من العينات المأخوذة من مياه البحيرة في موسم الصيد وذلك حفاظًا على الثروة السمكية وعدم تأثير صرف هذه المخلفات على مصايد الأسماك.

القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة

ينظم هذا القانون أحكام تجميع المخلفات السائلة من المساكن والمصانع والمحـــال العامة والتجاية والصناعية وغيرها ومياه الرشح والأمطار، بغرض التخلص منها بطرق صحية بعد معالجتها.

وقد تضمنت اللائحة التنفيذية للقانون والصادرة بقرار وزير الإسكان والمرافق رقم ٦٤٩ لسنة ١٩٦٢ في الباب السادس/ ثانيًا الإشتراطات والمعايير الواجب توافرها في المخلفات السائلة التي يتم صرفها بالري السطحي أو بري الأراضي الزراعية وجدير بالذكر بأن اللائحة التنفيذية للقانون عاليه ثم استبدالها بالقرار الوزاري رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بشأن تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣/ ١٩٦٢. وقد تضمنت اللائحة التنفيذية المعدلة، المادة ١٥ بشأن الإشتراطات العامة والمعايير الواجب توافرها في المخلفات السائلة الصرف الصحي المعالجة والتي يتم استخدامها للأغراض الزراعية.

قرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠

تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ في شأن صرف المخلفات السائلة

مادة (١٥)

الاشتراطات العامة والمعايير الواجب توافرها في المخلفات للصرف الصحي المعالجة والتي يتم إعادة استخدامها للأغراض الزراعية.

يتم تقسيم المخلفات السائلة إلى ثلاث فئات:

الفئة الأولى: وتشمل المخلفات السائلة لعمليات الصرف الصحي العامة والتي تخضع مباشرة للجهات الحكومية المركزية أو المحلية أو المؤسسات العامة التي تملكها الحكومة.

الفئة الثانية: وتشمل المخلفات السائلة لعمليات الصرف الصحي الخاصة وهي مماثلة لمياه الفئة الأولى إلا انها غير مملوكة للجهات الحكومية المركزية أو المحلية أو المؤسسات العامة.

الفئة الثالثة: وتشمل المخلفات الصناعية

وتطبق على الفئات الثلاث الاشتراطات العامة والمعايير الواردة بالجداول التالية: (٨-٤)، (٨-٥)، (٨-٦).

اشتراطات عامة

- لا يجوز استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة لري الأراضي إلا بعد الحصول على تصريح من وزارة الصحة ويجب الحصول على موافقة وزارة الصحة على الموقع المختار لمحطات تنقية الصرف الصحي العامة كما يتم بعد تشغيل المحطات أخذ عينات دورية من المياه المنصرفة لتحليلها طبقًا لما يقرره وزير الصحة.

- أن تكون مياه الصرف الصحي العامة والخاصة والمخلفات الصناعية مطابقة للمعايير الواردة بهذه اللائحة.
- أن تبعد الأراضي التي يتم صرف المخلفات السائلة إليها بمسافة لا تقل عن ٣-٥ كيلو متر حسب درجة معالجة نواتج الصرف المستخدمة من العمران أو كردون المدينة أو القرية أيهما أبعد.
- لا تقل درجة معالجة المخلفات السائلة بأنواعها عن المعالجة الابتدائية.
- يحظر زراعة الخضروات أو الفاكهة أو النباتات التي تؤكل نيئة في المزارع التي تروى بمياه الصرف الصحي المعالجة ابتدائيًا أو ثانويًا كما لا يجوز تربية الحيوانات أو المواشي المدرة للألبان على هذه المزارع.
- يجب تصريف المياه بالسرعة التي لا ينجم عنها أي تجمعات مائية.

يراعي عند الترخيص لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة ما يلى:

أولاً: الاتصال بجهاز شئون البيئة المنوط به أعمال دراسات تقييم الأثر البيئي بموجب الاختصاصات الممنوحة له بالقانون رقم (٤) لسنة ١٩٩٤ لتشكيل لجنة يكون اختصاصها أعمال التقييم البيئي للمناطق التي يتم فيها استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة.

ثانيًا: لا يتم استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة إلا بموجب ترخيص يتم الحصول عليه من الجهات المختصة التي يحددها وزير الإسكان والمرافق ويحدد فيه نوعية المياه المعالجة المعاد استخدامها وتحاليلها وتجري الفحوص دوريًا كل أربعة أشهر على الأقل ويقوم مستخدم هذه المياه بسداد تأمين لحساب تكاليف التحاليل.

ثالثًا: تقوم جهات الترخيص بإخطار الجهات الصحية المحلية بالمناطق المصرح لها إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة لتقوم بمراقبة توافر الاحتياطات الصحية ومكافحة الحشرات وناقلات الأمراض.

رابعًا: يجب أن يحمل كل من يعمل بهذه المزارع شهادات صحية سارية المفعول.

خامسًا: يحظر جني المحاصيل التي تروى بمياه الصرف الصحي المعالجة إلا بعد إيقاف الري بأسبوعين على القل.

سادسًا: حظر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ابتدائيًا أو ثانويًا في ري الأراضي المخصصة لدى الماشية المدرة للألبان والمنتجة للحوم.

سابعًا: يشترط للموافقة على استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة أن تكون مطابقة للمعايير والاشتراطات الواردة في الجداول الآتية أرقام (٨-٤)، (٨-٥)، (٨-٦).

جدول رقم (٨-٤)

الحد الأقصى لمعايير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة المسموح بها طبقًا لدرجة المعالجة*

م	البيان	الوحدة	المجموعة الأولى مياه معالجة ابتدائيًا	المجموعة الثانية مياه معالجة ثانوية	المجموعة الثالثة مياه معالجة متقدمة
١	الأكسجين الحيوي الممتص $B.O.D_5$	جزء في المليون	٣٠٠	٤٠	٢٠
٢	الأكسجين الكيميائي المستهلك C.O.D داي كرومات	جزء في المليون	٦٠٠	٨٠	٤٠
٣	المواد الصلبة العالقة T.S.S	جزء في المليون	٣٥٠	٤٠	٢٠
٤	الزيوت والشحوم	جزء في المليون	غير محددة	١٠	٥
٥	عدد خلايا أو بيض النيماتودا المعوية	العدد/ لتر	٥	١	١
٦	عد خلايا الكوليفورم البرازي	لكل ١٠٠ مليلتر	غير محددة	١٠٠٠	١٠٠
٧	أقصى تركيز للأملاح الكلية الذائبة حسب درجة تحمل النبات	جزء في المليون	حتى ٢٥٠٠	٢٠٠٠	٢٠٠٠
٨	نسبة امتصاص الصوديوم حسب نوع النفاذية	نسبة %	٢٥	٢٠	٢٠
٩	تركيز الكلوريدات	جزء في المليون	حتى ٣٥٠	٣٠٠	٣٠٠
١٠	تركيز البورون	جزء في المليون	حتى ٥	حتى ٣	حتى ٣

* طبقًا لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة.

جدول رقم (٨-٥)

الحد الأقصى لمعايير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

المسموح بها للمعادن الثقيلة طبقًا لدرجة المعالجة*

درجة المعالجة/ المعايير المعدن	الوحدة	المجموعة الأولى مياه معالجة ابتدائيًا	المجموعة الثانية مياه معالجة ثانوية	المجموعة الثالثة مياه معالجة متقدمة
الكادميوم	جزء في المليون	٠,٠٥	٠,٠١	٠,٠١
الرصاص	جزء في المليون	١٠	٥	٥
النحاس	جزء في المليون	غير محددة	٠,٢	٠,٢
النيكل	جزء في المليون	٠.٥	٠,٢	٠,٢
الزنك	جزء في المليون	غير محددة	٢	٢
الزرنيخ	جزء في المليون		غير محددة	٠,١
الكروم	جزء في المليون	غير محددة	غير محددة	٠,١
الموليبدنوم (الأعلاف الخضراء فقط)	جزء في المليون	غير محددة	٠,٠١	٠,٠١
المنجنيز	جزء في المليون	٠,٢	٠,٢	٠,٢
الحديد	جزء في المليون	غير محددة	٥	٥
الكوبلت	جزء في المليون	غير محددة	٠,٠٥	٠,٠٥

* طبقًا لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة.

جدول رقم (٨-٦)

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة ودرجة المعالجة ونوع النبات والتربة وطرق الري*

رقم المجموعة	درجة المعالجة	النباتات المسموح بزراعتها	الاحتياطات البيئية والصحية	طرق الري المناسبة	أنواع التربة المقترحة
الأولى	ابتدائية	الأشجار الخشبية	• عمل سياج حول المزارع • عدم التلامس مع المياه مباشرة مع عدم دخول غير العاملين للمزارع • منع دخول الماشية للمزارع • اتخاذ الإجراءات الصحية اللازمة للحماية من الإصابة بالكائنات الممرضة والعلاج.	بالخطوط	خفيفة القوام يصرح بالاستخدام في الأراضي الصحروية التي تبعد عن التجمعات السكانية بمسافة ٥ كم مع الالتزام بإجراء التقييم البيئي دوريًا.
الثانية	ثانوية	• أشجار النخيل – القطن – الكتان – التيل - الجوت • محاصيل الأعلاف • المحاصيل والفواكه القشرية • الخضروات التى تطهى • الفواكه المصنعة بالحرارة • مشاتل الزهور	• يمكن تربية الماشية غير المدرة للبن أو المنتجة للحوم. • يجب طهي الطعام قل تناوله	بالخطوط والغمر	خفيفة ومتوسطة القوام
الثالثة	متقدمة	• النباتات التي تؤكل نيئة • النباتات القشرية • جميع أنواع المحاصيل والبساتين • الأعلاف والمراعي الخضراء	لا توجد	جميع الطرق عدا الرش	جميع أنواع التربة

* طبقًا لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة.

قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن حماية البيئة

تم إصدار القانون رقم ٤ في عام ١٩٩٤ ثم تم إصدار اللائحة التنفيذية له بقرار رئيس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥ ولم يتطرق القانون لمياه الصرف الصحي المعالجة أو مشروعات إعادة استخدام المياه المعالجة بنصوص صريحة ولكن المادتين رقم ١٩، ٢٠ من القانون تضمنتا النص على ضرورة عمل دراسات تقييم الأثر البيئي لأي مشروع قبل البدء في تنفيذه وهاتين المادتين تعتبران من المواد الواجب إعمالها عند التخطيط لمشروعات إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة وتغطي جزء آخر من الجوانب الإجرائية وفيما يلي نص المادتين سالفتي الذكر.

مادة (١٩)

تتولى الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص تقييم الأثر البيئي للمنشأة المطلوب الترخيص لها وفقًا للعناصر والتصميمات والمواصفات والأسس التي يصدرها جهاز شئون البيئة بالاتفاق مع الجهات الإدارية المختصة، وتحدد اللائحة التنفيذية لهذا القانون المنشآت التي تسري عليها أحكام هذه المادة.

مادة (٢٠)

تقوم الجهات الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص بإرسال صورة من تقييم الأثر البيئي المشار إليه بالمادة السابقة إلى جهاز شئون البيئة لإبداء الرأي وتقديم المقترحات المطلوب تنفيذها في مجال التجهيزات والأنظمة اللازمة لمعالجة الآثار البيئية السلبية، وتتولى هذه الجهات التأكد من تنفيذ هذه المقترحات. ويجب على جهاز شئون البيئة أن يوافي الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص برأيه في هذا التقييم خلال مدة أقصاها ٦٠ يومًا من تاريخ استلامه له، وإلا اعتبر عدم الرد موافقة على التقييم.

وفي إيضاح لهاتين المادتين المتقدمتين نورد ما يلي:

المادة التاسعة عشر من قانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن حماية البيئة

أ- الجهة الإدارية المختصة في تقييم الأثر البيئي للمنشآت:

حددت المادة ١٩ من قانون البيئة ٤ لسنة ١٩٩٤ والمادة العاشرة من اللائحة التنفيذية للقانون الصادر بقرار رئيس الوزراء رقم ٣٣٨ لسنة ١٩٩٥ كيفية تقييم الأثر البيئي للمنشأة بحيث تتولى الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص تقييم الأثر البيئي للمنشأة المطلوب الترخيص لها وفقًا للعناصر والتصميمات والمواصفات والأسس التي يصدرها جهاز شئون البيئة بالاتفاق مع الجهة الإدارية المختصة وعلى جهاز شئون البيئة مراجعة ذلك كلما لزم الأمر.

ب- نطاق سريان الأحكام الواردة في المادة (١٩)

تضمنت المادة العاشرة من اللائحة التنفيذية نطاق سريان المادة المذكورة (١٩) من القانون حيث أوجبت سريانها على المنشآت المبينة في الملحق رقم (٢) لهذه اللائحة.

ويتبين من مطالعة الملحق رقم (٢) أنه يتضمن تحديد الجهات الخاضعة لأحكام تقييم الأثر البيئي.

ج- كيفية تحديد المنشآت التي تخضع لأحكام تقييم الأثر البيئي وفقًا للضوابط الأساسية التالية:

أولاً: نوعية نشاط المنشأة

١- المنشأت الصناعية الخاضعة لأحكام القانونين رقمي ٢١ لسنة ١٩٨٥ بشأن تنظيم الصناعة وتشجيعها، ورقم ٥٥ لسنة ١٩٧٧ بشأن إقامة وإدارة الآلات الحرارية والمراجل البخارية.

٢- المنشآت السياحية الخاضعة لأحكام القوانين الآتية:

أ- القانون رقم ١ لسنة ١٩٧٣ في شأن المنشآت الفندقية

ب- القانون رقم ٣٨ لسنة ١٩٧٧ في شأن تنظيم الشركات السياحية

ج- القانون رقم ١١٧ لسنة ١٩٨٣ في شأن حماية الآثار.
د- في القانون رقم لسنة ١٩٩٢ في شأن المحال السياحية.

٣- جميع مشروعات البنية الأساسية ومنها محطات معالجة الصرف الصحي وإعادة استخدام مياهها أو مياه الصرف الزراعي ومشروعات الري والطرق والكباري والقناطر والأنفاق والمطارات والموانى البحرية ومحطات السكك الحديدية وغيرها.

٤- أية منشأة اخرى أو نشاط أو مشروع يحتمل أن يكون له تأثير ملحوظ على البيئة ويصدر بها قرار من جهاز شئون البيئة بعد الاتفاق مع الجهة الإدارية المختصة.

ثانيًا: المنشآت الخاضعة لتقييم التأثير البيئي وفقًا لمواقعها

ومنها تلك التي تقام على شواطئ النيل وفروعه والرياحات أو في المناطق السياحية والأثرية أو حيث تزيد الكثافة السكانية أو عند شواطئ البحار والبحيرات أو في مناطق المحميات.

ثالثًا: مدى استنزاف المنشآت للموارد الطبيعية

ومنها تلك التي تسبب تجريف الأراضي الزراعية أو التصحر أو إزالة تجمعات الأشجار والنخيل أو تلوث موارد المياه وخاصة نهر النيل وفروعه والبحيرات أو المياه الجوفية.

رابعًا: نوع الطاقة المستخدمة لتشغيل المنشأة وهي

١- المنشآت الثابتة التي تعمل بالوقود الحراري ويصدر عنها انبعاثات تجاوز المعايير المصرح بها.
٢- المنشآت التي تستخدم وقود نووي في التشغيل.
٣- المنشآت العاملة في مجال الكشف عن البترول واستخراجه وتكريره وتخزينه ونقله والخاضعة لأحكام القوانين التالية:
أ- القانون رقم ٦ لسنة ١٩٧٤ بالترخيص لوزير البترول في التعاقد للبحث عن البترول.
ب- القانون رقم ٤ لسنة ١٩٨٨ في شأن خطوط أنابيب البترول.

٤- منشآت إنتاج وتوليد الكهرباء الخاضعة لأحكام:

أ. القانون رقم ١٤٥ لسنة ١٩٤٨ بإنشاء إدارة الكهرباء والغاز لمدينة القاهرة.

ب. القانون رقم ٦٣ لسنة ١٩٧٤ بشأن منشآت قطاع الكهرباء.

ج. القانون رقم ٢١ لسنة ١٩٦٧ بشأن إنشاء هيئة كهرباء مصر.

د. القانون رقم ١٣ لسنة ١٩٧٦ بشأن هيئة المحطات النووية لتوليد الكهرباء.

ه. القانون رقم ٢٧ بسنة ١٩٧٦ بشأن هيئة كهرباء الريف.

و. القانون رقم ١٠٢ لسنة ١٩٨٦ بشأن إنشاء هيئة تنمية واستخدام الطاقة الجديدة والمتجددة.

٥- المنشآت العاملة في المناجم والمحاجر وإنتاج مواد البناء الخاضعة لأحكام:

أ. القانون رقم ٦٦ لسنة ١٩٥٣ الخاص بالمناجم والمحاجر.

ب. القانون رقم ٨٦ لسنة ١٩٥٦ الخاص بالمناجم والمحاجر.

د- إجراءات الترخيص للمنشآت الخاضعة لتقييم الأثر البيئي

حددت المادة الثانية عشر من اللائحة التنفيذية لقانون البيئة إجراء الترخيص للمنشآت التي تخضع لتقييم التأثير البيئي، حيث ألزم طالب الترخيص بأن يرفق بطلبه بياناً مستوفيًا عن المنشأة شاملة البيانات التي يتضمنها النموذج الذي يعد جهاز شئون البيئة بالاتفاق مع الجهة الإدارة المختصة، ويعد جهاز شئون البيئة سجلاً يتضمن صور هذه النماذج ونتائج التقييم وطلبات الجهاز من صاحب المنشأة.

هـ- حق جهاز شئون البيئة في الاستعانة بالخبراء لإبداء الرأي في تقييم الأثر البيئي للمنشأة

أجازت المادة الثالثة عشر من اللائحة التنفيذية لقانون جهاز شئون البيئة أن يستعين بأي من المتخصصين الذين تصدر بهم قائمة من الجهاز طبقًا للمعايير التي يضعها مجلس إدارة الجهاز، وذلك لإبداء الرأي في تقييم الأثر البيئي للمنشأة المزمع إقامتها وكذلك المطلوب الترخيص له.

المادة العشرون من قانون ٤ لسنة ١٩٩٤ في شأن حماية البيئة

أ- واجبات الجهة الإدارية المختصة بشأن تقييم الأثر البيئي

يجب أن تقوم الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص بإرسال صورة من تقييم الأثر البيئي المشار إليه بالمادة السابقة إلى جهاز شئون البيئة لإبداء الرأي وتقديم المقترحات المطلوب تنفيذها في مجال التجهيزات والأنظمة اللازمة للمعالجة الآثار البيئية السلبية وتتولى هذه الجهات التأكد من تنفيذ هذه المقترحات.

ب- يجب على جهاز شئون البيئة الرد بالرأي خلال مدة أقصاها ٦٠ يومًا

يحب على جهاز شئون البيئة أن يوافي الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص برأيه في هذا التقييم خلال مدة أقصاها ٦٠ يومًا من تاريخ استلامه له. وإلا اعتبر عدم الرد موافقة على هذا التقييم.

ج- أثر عدم الرد في ميعاد الستين يومًا هو موافقة من الجهاز

اعتبرت المادة العشرون من القانون أن عدم رد الجهة الإدارية في ميعاد الستين يوما هو موافقة من الجهاز.

هذا الاتجاه غير مرفق لأنه يلزم أن تكون الموافقة صريحة في أمر يتعلق بسلامة وصحة البيئة والمجتمع وليس مفترضًا بمضي ٦٠ يومًا.

تعقيب على نصوص التشريعات المنظمة لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة

من جميع النصوص السابق ذكرها يتضح أنها قد جاءت خالية من أي عقوبات صدرت بشأنها هذه القوانين نتيجة مخالفتها أو عدم الالتزام بأحكامها، الأمر الذي يستوجب النظر في إفراد تشريعات عقابية مناسبة بعد اكتمال الجوانب الفنية والصحية والاقتصادية لعملية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

قرار نائب رئيس مجلس الوزراء ووزيـــر الزراعـــة واستصلاح الأراضي رقم ٦٠٣ لسنة ٢٠٠٢ في شأن تقييد استخدام مياه الصرف الصحي في القطاع الزراعي.

مادة أولي:

يمنع استخدام مياه الصرف الصحي سواء المعالجة أو غير المعالجة في ري الزراعات التقليدية ويقتصر استخدامها فقط في ري الشجار الخشبية وأشجار الزينة.

مادة ثانية:

مراعاة التدابير الوقائية لعمال الزراعة عند استخدام مثل هذه النوعية من المياه.

الكود المصرى لاستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى مجال الزراعة

صدر هذا الكود برقم ٥٠١- ٢٠٠٥ بقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم (١٧١) لسنة ٢٠٠٥ ليتم العمل به لاستخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى مجال الزراعة، ومن الجدير بالذكر بأنه جارى حاليًا إعادة دراسة وتعديل هذا الكود من خلال لجنة علمية متخصصة بمركز بحوث البناء التابع لوزارة الإسكان والمرافق والتنمية العمرانية.

الباب الثانى: مجال الكود

١. يختص هذا الكود بتحديد اشتراطات ومعايير مياه الصرف الصحى المعالجة من أجل الاستخدام المباشر فى الحالات التالية:
   أ. رى المسطحات الخضراء بالقرى السياحية وما فى حكمها.
   ب. المسطحات الخضراء داخل كردون الكتل السكنية بالمدن الجديدة.
   ج. رى الأحزمة الخضراء حول المدن.
   د. تشجير الطرق السريعة.
   هـ. رى أراضى صحراوية تخصص لغرض الاستغلال الزراعى لمياه الصرف الصحى المعالجة دون غيرها.
٢. تسرى مواد وشروط هذا الكود على جميع التطبيقات الزراعية لمياه الصرف الصحى المعالجة سواء كان مصدر هذه المياه محطات صرف صحى مملوكة لجهة عامة أو جهة خاصة.
٣. لا يختص هذا الكود بأى من الاستخدامات الأخرى لمياه الصرف الصحى المعالجة مثل الأغراض الصناعية أو إعادة ضخها فى الخزانات الجوفية أو الإطفاء أو الاستزراع السمكى.
٤. لا يختص هذا الكود بعملية إعادة الاستخدام غير المباشر عن طريق الاستغلال الزراعى لمياه الصرف الصحى المعالجة بعد صرفها على المسطحات المائية بأنواعها أو التصريف على الخزانات الجوفية باعتبار أن القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ ولائحته التنفيذية هو القانون المختص بهذا الشأن.

الباب الرابع: المعايير المحددة لنوعيات مياه الصرف الصحى المعالجة والمسموح بإعادة استخدامها لأغراض الاستغلال الزراعى

٤-١ بموجب هذا الكود يحظر استخدام مياه الصرف الصحى الخام التى لا تجرى عليها عمليات المعالجة بدءًا من المستوى الابتدائى على الأقل فى أى تطبيق زراعى.

٤-٢ يصنف هذا الكود مياه الصرف الصحى المعالجة حسب مستوى معالجتها إلى ثلاثة درجات: أ، ب، جـ. وقد تم تحديد هذه الدرجات بناءًا على فعالية عمليات المعالجة التى تجرى على مياه الصرف الصحى الخام وصولاً إلى الحدود الدنيا المناظرة لعدد من المعايير الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والتى سيرد ذكرها تفصيلاً فى هذا الفصل.

وقد بنى هذا التصنيف على أساس أن مياه الصرف الصحى الخام قد تم تجميعها من كافة الاستخدامات المنزلية والتجارية والصناعية طبقًا لمتطلبات القانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ ولائحته التنفيذية والقرار الوزارى ٤٤ لسنة ٢٠٠٠، قبل إخضاعها لعمليات المعالجة لتحويلها إلى مياه صرف صحى معالجة.

٤-٣ نوعية المياه المعالجة درجة (أ):

الدرجة (أ) هى درجة المعالجة المتقدمة التى يمكن تحقيقها بتطوير محطات المعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحى لتشمل عمليات الترشيح الرملى والتطهير وخلافه ونظرًا لارتفاع تكلفة هذه النوعية من المعالجة فإنها تستخدم فى حالات خاصة إذا تطلب الأمر ذلك.

٤-٤ نوعية المياه المعالجة درجة (ب)

الدرجة (ب) هى درجة المعالجة الثانوية التى تتناسب مع المحطات

القائمة فى المدن والقرى المصرية والتى تم تنفيذها باستخدام أى من الطرق التالية وفقًا للكود المصرى لأعمال تصميم وتنفيذ محطات معالجة مياه الصرف الصحى:

- الحمأة المنشطة Activated Sludge
- أحواض الأكسدة Oxidation Ditches
- المرشحات الزلطية Trickling Filters
- برك الأكسدة الطبيعية Stabilization Ponds

وتتطابق الدرجة (ب) من حيث المعايير الفيزيائية والكيميائية ونسبة التخلص من الكائنات الممرضة مع ما ورد بالمادتين ٦٦، ٦٧ من القانون ٤٨ لسنة ١٩٨٢ فيما عدا ما يخص عدد خلايا النيماتودا المعوية العدد / اللتر.

٤-٥ نوعية المياه المعالجة درجة (جـــ):

الدرجة (جـــ) تكافئ نوعية المياه الناتجة من محطات المعالجة التى تقتصر على مراحل المعالجة التمهيدية (المصافى وأحواض إزالة الرمال وأحواض إزالة الزيوت) والمعالجة الأولية (أحواض الترسيب).

ويحدد الجدول رقم (٨-٧) المعايير المحددة لنوعيات مياه الصرف الصحى المعالجة المسموح بإعادة استخدامها لأغراض الاستغلال الزراعى.

جدول رقم (٨-٧)

المعايير المحددة لنوعيات مياه الصرف الصحى المعالجة والمسموح بإعادة استخدامها لأغراض الاستغلال الزراعى*

المتطلبات والمحددات / درجة المعالجة		الدرجة أ	الدرجة ب	الدرجة جـ
الحد الأقصى للمعايير الفيزيائية والكيميائية للسيب الخارج من محطة المعالجة	الأكسجين الحيوى الممتص، (١) ملليجرام/ لتر	< ٢٠	< ٦٠	< ٤٠٠
	المواد العالقة، ملليجرام/ لتر	< ٢٠	< ٥٠	< ٢٥٠
الحد الأقصى للمعايير البيولوجية للسيب الخارج من محطة المعالجة	العدد الاحتمالى (٢) للمجموعة القولونية، فى ١٠٠ سم^{٣}	< ١٠٠٠	< ٥٠٠٠	غير محدد
	عدد الخلايا أو بيض النيماتودا المعوية، العدد/ اللتر	< ١	< ١	غير محدد

١- بعد الترشيح

٢- فى حالة تعذر إجراء تحليل Escherichia Coli test يمكن الاستعاضة عنه بإجراء تحليل Fecal Coliforms

* يعتبر هذا الجدول تعديلاً لاحقًا لما ورد بالقرار الوزارى رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ تعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة.

الباب الخامس: النباتات والمحاصيل المحظورة والمسموح بريها بمياه الصرف الصحى المعالجة

١. يحدد هذا الكود الاستخدامات المحظورة التالية لمياه الصرف الصحى المعالجة:

أ- يحظر استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة – أيًا كان مستوى المعالجة – فى زراعة الخضر سواء تلك التى تؤكل نيئة أو مطبوخة.

ب- يحظر استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة – أيًا كان مستوى المعالجة – فى زراعة جميع أنواع أشجار الفاكهة التى تؤكل نيئة بدون قشرة مثل الجوافة والعنب .. إلخ.

ج- يحظر فى جميع الأحوال استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى رى محاصيل التصدير ومنها القطن والأرز والبصل والبطاطس والنباتات الطبية والعطرية والموالح وما يمكن أن تتضمنه القرارات الإدارية المعنية من محاصيل استراتيجية وذلك حماية للدعاية التسويقية المضادة.

د- يحظر استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة فى رى حدائق الأطفال والمدارس.

٢. تصنيف النباتات والمحاصيل المسموح بريها بمياه صرف صحى معالجة:

وفقًا لهذا الكود فقد تم تصنيف النباتات والمحاصيل التى يسمح بريها بمياه الصرف الصحى المعالجة طبقًا لهذا الكود إلى ثلاثة مجموعات زراعية تنقسم بدورها إلى إحدى عشر مجموعة فرعية. وقد تم هذا التقسيم بناءًا على مراجعة الظروف المحلية لتناسب إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة بدرجاتها الثلاثة.

ويوضح الجدول رقم (٨-٨) التصنيف المشار إليه.

جدول رقم (٨-٨)

تصنيف النباتات والمحاصيل المسموح بريها بمياه الصرف الصحى المعالجة*

درجة المعالجة	المجموعة الزراعية	التوصيف
أ	مج ١-١ النباتات والأشجار التى تزرع بالمسطحات الخضراء بالقرى السياحية والفنادق	النجيل، سانت أوجستين جراس وأنواع الصبار ونخيل الزينة والمتسلقات وشجيرات وأشجار الأسيجة والأشجار الخشبية وأشجار الظل
	مج ١-٢ النباتات والأشجار التى تزرع بالمسطحات الخضراء داخل كردون الكتل السكنية بالمدن الجديدة	النجيل، سانت أوجستين جراس وأنواع الصبار ونخيل الزينة والمتسلقات وشجيرات وأشجار الأسيجة والأشجار الخشبية وأشجار الظل
ب	مج ٢-١ محاصيل الأعلاف	أنواع السورجم
	مج ٢-٢ أشجار الفواكه ذات القشرة	بشرط كونها تنتج لأغراض التعليب أو التصنيع مثل الليمون والمانجو والزيتون ونخيل البلح. أو الجوزيات مثل اللوز والبكان
	مج ٢-٣ الأشجار الملائمة لتشجير الطرق السريعة والأحزمة الخضراء حول المدن	الكازورينا والكافور والأثل والدفلة والأشجار المثمرة، نخيل البلح والزيتون
	مج ٢-٤ المشاتل	شتلات الأشجار الخشبية ونباتات الزينة أو أشجار الفاكهة
	مج ٢-٥ الورد وزهور القطف	الورد البلدى – الورد النسر – مجموعة الأبصال مثل الجلاديولس وعصفور الجنة .. إلخ
	مج ٢-٦ محاصيل الألياف	الكتان والجوت والتيل والسيزال
	مج ٢-٧ التوت لإنتاج حرير القز	التوت اليابانى
جـ	مج ٣-١ نباتات إنتاج الزيوت الصناعية	الهوهوبا والخروع والجيتروفا
	مج ٣-٢ الأشجار الخشبية	الكايا والكافور – الأشجار الخشبية بجميع أنواعها

مج: مجموعة

* يجوز استخدام مياه بدرجة معالجة أعلى لزراعة مجموعات زراعية نظيرة لمياه معالجة بدرجة معالجة أدنى بما لا يتعارض مع ما ورد بالبند (٤-٧) من الكود الخاص بالحدود القصوى للمعايير الكيميائية لمياه الصرف الصحى المعالجة والتى يتم استخدامها كمصدر لرى النباتات والمحاصيل.

الفصل التاسع

تداول الحمأة

الفصل التاسع

تداول الحمأة

أهداف التدريب (التعلم):

بإنتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادراً على أن:

١. يحدد موقع عملية تداول الحمأة ودورها بين مراحل عمليات معالجة الصرف الصحى.
٢. يشرح ما هى الحمأة وما هى مصادرها وأنواعها.
٣. يحدد الحسابات الأساسية لتقدير كميات الحمأة.
٤. يذكر أهمية استخدام أحواض تركيز الحمأة ومبادئ عملها.
٥. يذكر حسابات التصميم الأساسية لأحواض تركيز الحمأة.
٦. يذكر خصائص وفوائد عملية الهضم الهوائى للحمأة.
٧. يتعرف على مشاكل وأعطال الهاضم الهوائى.
٨. يذكر خصائص وفوائد عملية الهضم اللاهوائى للحمأة.
٩. يذكر مراحل تحول المواد العضوية بيولوجيًا بالهضم اللاهوائى.
١٠. يحدد العوامل المؤثرة فى عملية الهضم اللاهوائى.
١١. يذكر مبادئ التجفيف الطبيعى للحمأة.
١٢. يعدد ويصنف الأنواع المختلفة للتجفيف الطبيعى للحمأة والفرق بينها ومراحل تطورها.
١٣. يشرح المقصود من عملية كمر الحمأة وأنواع الكمر ومراحله.
١٤. يذكر طرق التخلص الآمن من الحمأة.
١٥. يذكر بعض الاستخدامات المفيدة للحمأة والتى يمكن عن طريقها التخلص من الحمأة مع الاستفادة منها.
١٦. يشرح الطرق الميكانيكية المختلفة لتجفيف الحمأة.
١٧. يذكر المشاكل المحتمل مواجهتها فى أعمال التجفيف الميكانيكى للحمأة وكيفية حل هذه المشاكل.

مقدمة

الغرض الأساسى من معالجة الصرف الصحى هو فصل السوائل (المياه) عن المواد الصلبة (الجوامد) العالقة، وبعد المعالجة يتم التخلص من السيب النهائى بأحد الطرق المناسبة لظروف البيئة المحيطة بمواقع محطات معالجة الصرف الصحى. أما معالجة الحمأة (الجوامد العالقة مع المحتوى المائى) والتى تتجمع بعد رسوبها فى أحواض ترسيب منفصلة، أو مع المواد الطافية (الخبث) فيتم التخلص منها مباشرة (بدون معالجة) أو بعد معالجتها. وبالتالى فإن الحمأة السائلة عبارة عن المواد العضوية العالقة التى ترسبت بأحواض الترسيب المختلفة ممزوجة بكمية كبيرة من المياه تختلف نسبتها باختلاف نوعية الصرف الصحى الخام وخصائصه وكذلك نظم معالجته، ومثالاً لذلك نجد أن نسبة المياه بالحمأة المنشطة حوالى ٩٨,٥% بينما نسبتها بالحمأة العادية الراسبة بأحواض الترسيب الابتدائية حوالى ٩٥%.

ويتضح من ذلك أن أقل كمية حمأة سائلة نحصل عليها هى الناتجة من أحواض الترسيب النهائى، والتى تعقب نظم المعالجة بالنمو الملتصق (المرشحات الزلطية) إذ تبلغ ٠,٧٥ متر مكعب لكل ١٠٠٠ متر مكعب من مياه الصرف الصحى الخام، بينما تكون أكبر كمية لها هى الناتجة من أحواض الترسيب النهائى التى تعقب نظم المعالجة بالاستنبات المعلق (بالحمأة المنشطة) إذ تبلغ كميتها حوالى ٢٠ متر مكعب لكل ١٠٠٠ متر مكعب من الصرف الصحى الخام، أى حوالى ٢٦ ضعفاً. لذا يجب تكثيفها قبل معالجتها أو التخلص منها، أو إعادة الزائد منها (الحمأة المنشطة) إلى أحواض الترسيب الابتدائية.

مراحل عملية معالجة مياه الصرف الصحي

المصافي: مهمتها إزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم.

فاصل الرمال: يتم فيه إزالة المواد الصلبة ثقيلة الـوزن مثل الرمل وكذلك إزالة الزيوت والشحوم علي أن لا تزيد سرعة المياه فيـه عـن ٠,٣م/ ث.

التهوية الأولية: ويتم فيها إضافة الهواء للمساعدة علـى فصل الزيوت والشحوم وزيـادة تركيـز الأكسجين بالمياه

قياس التدفق: لحسـاب الأحمـال والكفـاءة لعمليـات المعالجة وكذلك تحديد معدلات الضـخ، الكلور، تشغيل الهويات ...الخ.

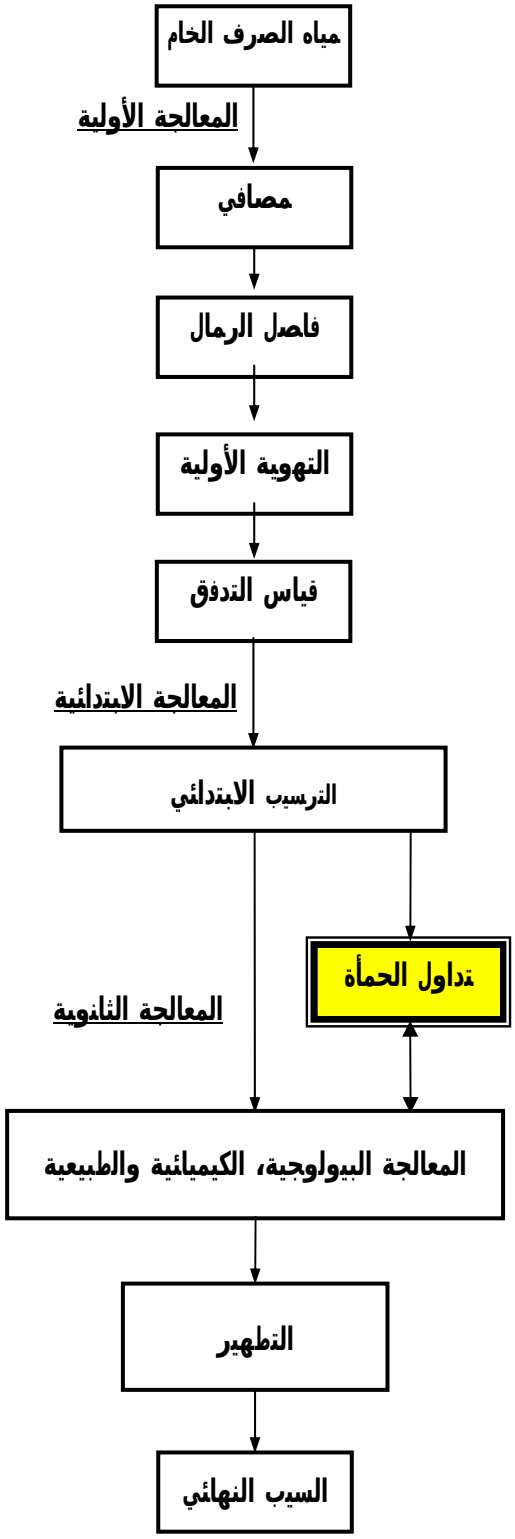
الترسيب الابتدائي: يتم فيها تقليل سـرعة الميـاه إلـى ٠,٠٠٥ : ٠,٠١ م/ ث ليسـ ـ ـمح بترسيب المـواد الصـلبة القابلـة للترسيب الي قاع الخـزان وكـذلك إزالة المواد الطافية.

المعالجة الثانوية: تتكون من المرشـحات الزلطيـة أو أحواض التهوية مع أحواض الترسيب النهائي ويتم فيها المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي وإزالـة مـن ٧٠-٨٥% من المواد العضوية.

التطهير: يتم فيه إضافة الكلور للتخلص مـن الكائنـات الحية الدقيقة المسببة للأمراض علي أن تتبقـي كمية من الكلور في الماء الخارج.

تداول الحمأة: يتم استقبال الحمأة الإبتدائية والزائدة ليتم تركيزها وتجفيفها ومعالجتهـا تمهيـدا لإعادة استخدامها

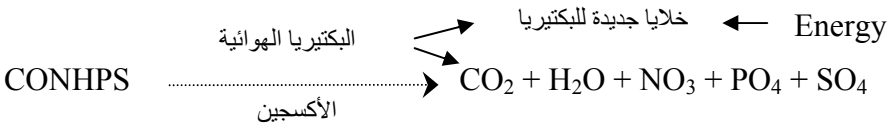
ملاحظة: تختلف مراحل المعالجة طبقا لتكنولوجيا التنقية



شكل رقم (٩-١)
مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي

مصادر الحمأة

تحتوى مياه الصرف الصحى على مواد صلبة عالقة وذائبة، والمواد العالقة قد تكون مواد عضوية أو غير عضوية بعضها قابل للترسيب يجرى التخلص منها فى أحواض ترسيب الرمال والترسيب الإبتدائى أما المواد الغير قابلة للترسيب والمواد العضوية الذائبة فيجرى التخلص منها فى مرحلة العلاج البيولوجى حيث يتم توفير بيئة هوائية تنمو فيها البكتيريا الهوائية التى تقوم بالتغذية على بعضها لبناء خلايا جديدة كما تقوم بتحليل وتكسير وأكسدة الجزء الآخر من المواد العالقة الغير قابلة للترسيب والمواد الذائبة إلى مواد ثابتة غير عضوية للحصول على الطاقة اللازمة لهذه البكتيريا.



ثم يجرى ترسيب الخلايا البكتيريا المتزايدة العدد لوفرة الغذاء والمواد العالقة التى لم يتم تمثيلها فى أحواض الترسيب الثانوى، يتم إعادة جزء من هذه البكتيريا النشطة والمترسبة فى أحواض الترسيب الثانوية إلى عملية العلاج البيولوجى للمساهمة فى مزيد من تمثيل المواد الغذائية العالقة والذائبة بمياه الصرف الصحى، أما الجزء الثانى فيجرى التخلص منه مع المواد الراسبة فى أحواض الترسيب الابتدائى وتسمى المواد العالقة التى يتم ترسيبها فى أحواض الترسيب الابتدائى بالحمأة الابتدائية، أما المواد العالقة التى يتم ترسيبها فى أحواض الترسيب الثانوي فتسمى بالحمأة الثانوية ويتم توجيه الحمأة الابتدائية وجزء من الحمأة الثانوية التى لا يتم إعادتها لأحواض تجفيف هوائية حيث يجرى نشر الحمأة لتجفيفها بواسطة الهواء الجوى وبعد تمام الجفاف يتم تشوين هذه الحمأة والتخلص منها بالبيع أو بالدفن فى مقالب معدة لذلك.

الحمأة الابتدائية تسمى المواد التى ترسب فى قاع أحواض الترسيب الابتدائية بالحماة الابتدائية، ويتم إزالتها دوريا بواسطة كاسحات الحمأة خارج أحواض الترسيب ثم ضخها بواسطة طلمبات إلى أحواض التركيز.

ونظراً لأن كفاءة المرحلة الابتدائية هى إزالة حوالى ٦٠-٧٠ % من المواد الغير عضوية بالإضافة إلى ٣٠-٣٥ % من المواد العضوية، لذلك تتميز الحمأة الابتدائية باحتوائها على مركبات خشنة غير عضوية أكثر من العضوية ويسهل نزع المياه منها عند تجفيفها.

وتختلف كمية وحجم الحمأة الابتدائية طبقا لإختلاف:

- حجم المياه المعالجة.
- تركيز المواد الصلبة العالقة فى المياه الداخلة إلى أحواض الترسيب.
- كفاءة أداء أحواض الترسيب.

ولعملية الترسيب الابتدائي أهمية كبرى حيث أن كفاءة مرحلة الترسيب الابتدائى فى إزالة نسبة كبيرة من المواد العالقة القابلة للترسيب تؤدى إلى نجاح المراحل التى تليها وهى عملية المعالجة البيولوجية والترسيب الثانوى وذلك لتخفيف الحمل العضوى بمياه الصرف الصحى المطلوب معالجته.

ونظراً لطبيعة مياه الصرف الصحى والتى تتكون من مجموعة من المواد متفاوتة الصفات، فإن عملية الترسيب الإبتدائى تصبح هى الأخرى عملية معقدة وتتفاوت كفاءة الترسيب بإختلاف عوامل كثيرة متعددة مثل:

١. تصميم حوض الترسيب.
٢. مدة بقاء المياه داخل حوض الترسيب.
٣. الفرق فى الكثافة بين المواد الصلبة العالقة والسائل الحامل لها.
٤. زيادة حجم المادة العالقة أثناء عملية الترسيب.
٥. التيارات الدوامية التى تخالف المسار الطبيعى لتيار المياه داخل الحوض.

٦. حدوث قصر دائرة (Short Circuiting) بسبب عدم تساوى مستوى منسوب الهدار.
٧. الاضطراب (Turbulence) للمياه وتأثير الرياح السائدة.

كمية الحمأة الناتجة

كما هو معلوم أن كمية الحمأة الابتدائية والثانوية الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحى تختلف من محطة إلى أخرى، لذلك يجب إعداد التقديرات والحسابات اللازمة لتحديد كمية الحمأة التى سيتم إزالتها يوميًا من محطة المعالجة وذلك قبل تصميم وشراء وتركيب معدات تداول الحمأة. وعلى الرغم من أن تصميم وتركيب هذه المعدات تعتبر من مسئوليات مهندس التصميم إلا أن مشغلى محطات المعالجة يجب أن يكونوا على دراية بكيفية قيام المهندسين بهذه الحسابات والتقديرات.

حساب وزن الحمأة الابتدائية المسحوبة من حوض الترسيب الابتدائى

مثال: احسب وزن الحمأة المسحوبة من حوض ترسيب ابتدائى حمولته ١٠٠٠٠ متر مكعب فى اليوم ودرجة تركيز المواد العالقة الداخلة ٢٥٠ مجم/ لتر والخارجة ١٥٠ مجم/ لتر ودرجة تركيز المواد الصلبة فى الحمأة المسحوبة ٤ فى المائة.

الحل:

وزن المواد العالقة الداخلة = تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام × معدل التحميل (متر مكعب فى اليوم).

= ٠,٢٥ × ١٠٠٠٠ = ٢٥٠٠ كيلو جرام فى اليوم.

وزن المواد العالقة الخارجة = تركيز المواد العالقة بالكيلو جرام × معدل التحميل (متر مكعب فى اليوم).

= ٠,١٥ × ١٠٠٠٠ = ١٥٠٠ كيلو جرام فى اليوم.

وزن الحمأة المسحوبة فى اليوم = ٢٥٠٠ – ١٥٠٠ = ١٠٠٠ كيلو جرام فى اليوم.

حجم الحمأة المسحوبة بالمتر المكعب = وزن الحمأة ÷ تركيز المواد الصلبة

= ١٠٠٠ ÷ ٠,٠٤ = ٢٥٠٠٠ كيلو جرام

= ٢٥ متر مكعب/ يوم

الحمأة الثانوية تسمى المواد التى ترسب فى قاع أحواض الترسيب الثانوية بالحمأة الثانوية، فى عمليات المعالجة (بالنمو المعلق)، وتنقسم الحمأة المسحوبة من الأحواض الثانوية إلى قسمين أحداهما يعاد إلى أحواض التهوية ويسمى بالحمأة المعادة أما الذائبة فيتم ضخها من خلال محطة الحمأة الزائدة إلى أحواض التركيز، وتتكون الحمأة المنشطة من الكائنات الحية الدقيقة التى استخدمت فى علمية المعالجة البيولوجية، ومعنى هذا أن أغلب مكوناتها هى مواد عضوية قابلة للتحلل وهى مواد أخف فى الوزن وأقل فى الخشونة عن الحمأة الابتدائية وتحتوى على كمية عالية من الرطوبة وليس من السهل تجفيفها بدون تركيزها ومعالجتها بيولوجيا.

وتختلف كمية الحمأة الثانوية الناتجة طبقًا للعوامل التالية:

- كمية المياه الداخلة إلى المرحلة الثانوية.
- تركيز المواد العضوية فى المياه الداخلة لأحواض التهوية.
- كفاءة عملية المعالجة فى المرحلة الثانوية.
- درجة التركيز وأنواع الكائنات الحية الدقيقة التى تنمو فى أحواض التهوية.

وتختلف طريقة حساب حجم الحمأة الثانوية الناتجة عن طريقة حساب حجم الحمأة الابتدائية حيث يتوقف حجم الحمأة الثانوية على معدل نمو الكائنات الحية الذى يعتمد على عوامل كثيرة مختلفة مثل:

- درجة الحرارة.
- أنواع المواد التى تتغذى عليها الكائنات الحية.
- كمية الأكسجين الذائبة ومدة البقاء فى أحواض التهوية.

وأسهل طريقة لحساب وزن الحمأة الثانوية الناتجة هى ما أظهرته الخبرات العملية وهى أن كل كيلو جرام يزال من المواد العضوية BOD ينتج ما بين ٠,٣ – ٠,٧ كيلو جرام من الحمأة الثانوية.

حساب وزن الحمأة الثانوية الناتجة من المعالجة الثانوية

كما ذكرنا سابقًا عن الحمأة الابتدائية والحسابات التصميمية لها، فإنه يجـب إجراء الحسابات التصميمية للحمأة الثانوية والتى يجب على مشغلى محطات معالجة مياه الصرف الصحى معرفتها وإجرائها بأبسط الحسابات والتقديرات.

مثال:

إذا كان لديك:

- مياه صرف صحى داخل إلى المعالجة الثانوية = ١٠٠٠٠ م^3/ يوم
- قيمة الـ BOD_5 الداخل للمعالجة الثانوية = ٢٠٠ مجم/ لتر
- قيمة الـ BOD_5 الخارج من المعالجة الثانوية = ٣٠ مجم/ لتر
- معدل نمو البكتيريا = ٠,٥ كجم مواد صلبة عالقة SS لكـل ١ كجـم BOD_5 تتم إزالته.

احسب ما يلى:

١. وزن الـ BOD_5 الداخل للمعالجة الثانوية.
٢. وزن الـ BOD_5 الخارج من المعالجة الثانوية.
٣. وزن الـ BOD_5 الذى تمت إزالته فى المعالجة الثانوية.
٤. وزن الحمأة الجافة الناتجة من المعالجة الثانوية.

الحل:

١. وزن الـ BOD_5 الداخلة

= (١٠٠٠٠ م^3/ يوم × ٢٠٠ جم/ م^3)

= ٢٠٠٠٠٠٠ جم/ يوم = ٢٠٠٠ كجم/ يوم

٢. وزن الـ BOD_5 الخارجة

= (١٠٠٠٠ م^٣/ يوم × ٣٠ جم/ م^٣)

= ٣٠٠٠٠٠ جم/ يوم = ٣٠٠ كجم/ يوم

٣. وزن الـ BOD_5 الذى تمت إزالته

= ٢٠٠٠ – ٣٠٠ = ١٧٠٠ كجم/ يوم

ملحوظة:

يمكن حساب وزن الـ BOD_5 الذى تتم إزالته فى مرحلة المعالجة الثانوية بطريقة أخرى كما يلى:

وزن الـ BOD_5 المزال

= معدل تصرفات المياه (تركيز الـ BOD_5 الداخل - تركيز الـ BOD_5 الخارج).

= ١٠٠٠٠ م^٣/ يوم (٢٠٠ جم/ م^٣ – ٣٠ جم/ م^٣)

= ١٠٠٠٠ × ١٧٠ = ١٧٠٠٠٠٠ جم/ يوم = ١٧٠٠ كجم/ يوم

٤. وزن الحمأة الجافة SS الناتجة من المعالجة الثانوية

= ١٧٠٠ × ٠,٥ (كمتوسط) = ٨٥٠ كجم/يوم

وبعد أن تمكن المشغل من حساب وزن الحمأة فإن من الحسابات الهامة الأخرى التى يجب عليه أن يكون على دراية بها هى حجم الحمأة الناتجة، ويمكننا حساب حجم الحمأة الناتجة فى المثال السابق كما يلى، مع ضرورة الاستعانة بتركيز الحمأة الناتجة التى نفرض أنها ١%.

حجم الحمأة الناتجة

= وزن الحمأة SS الخارجة كجم/يوم ÷ تركيز الحمأة ١%

= ٨٥٠ ÷ ٠,٠١

= ٨٥٠٠٠ م^٣

معالجة الحمأة
(Sludge Processing)

معالجة الحمأة (الرواسب الصلبة) الناتجة عن محطات المعالجة المختلفة قد تشمل عمليات كيميائية وفيزيائية وبيولوجية. فالعمليات الكيميائية مثل تثبيت الحمأة بالصودا أو بالجير أو تطهير الحمأة كيميائيًا أو تجهيزها كيميائيًا، والعمليات الفيزيائية مثل التجفيف الحرارى والتجفيف بالطرد المركزى والتركيز بالطفو والجاذبية، والعمليات البيولوجية مثل الهضم الهوائى واللاهوائى للحمأة.

ويوضح الجدول رقم (٩-١) كافة الطرق والعمليات التى يمكن عن طريقها معالجة المخلفات السائلة وهى تختص بمعالجة الجزء السائل منها، ولا بد من الأخذ فى الاعتبار ومراعاة طرق معالجة الحمأة الصلبة فى تصميم محطات الصرف الصحى والصناعى حيث ينتج من عمليات المعالجة كميات من المواد الصلبة فى صورة حمأة نشطة يجب معالجتها وتثبيتها للحصول على مواد ثابتة يمكن الاستفادة منها كسماد أو يمكن التخلص منها بصورة آمنة بيئًيا.

جدول رقم (٩-١)
أساسيات ومبادئ عمليات معالجة وتدوير الحمأة الصلبة

طرق المعالجة (Treatment Methods)	وحدات وطرق المعالجة (Units and Treatment Methods)
العمليات التمهيدية (Preliminary Operations)	ضخ الحمأة (Sludge Pumping) طحن الحمأة (Sludge Grinding) خلط وتخزين الحمأة (Sludge Blending and Storage)
التركيز (Thickening)	التركيز بالجاذبية (Gravity Thickening) التركيز بالطفو (Floating Thickening) التركيز بالطرد المركزى (Centrifugation Thickening) التركيز بالاسطوانات الدورانية (Rotary Drum Thickening)
تثبيت المواد العضوية (Stabilization)	التثبيت بالصودا (Lime Stabilization) المعالجة الحرارية (Heat Treatment) الهضم الهوائى (Aerobic Digestion) الهضم اللاهوائى (Anaerobic Digestion) التحويل لمركبات ثابتة (Compositing)

طرق المعالجة (Treatment Methods)	وحدات وطرق المعالجة (Units and Treatment Methods)
التجفيف ونزع الماء (Dewatering)	التجفيف بالترشيح (بتفريغ الهواء) (Vacuum Filter) التجفيف بالطرد المركزى (Centrifugation) التجفيف بالمرشحات المضغوطة (Belt Press Filters) التجفيف بأحواض تجفيف الحمأة (Drying Beds) التجفيف فى البرك والبحيرات
التجفيف الحرارى (Heat drying)	التجفيف بالمجففات المتغيرة (Dryer Variations) التجفيف بالمجففات متعددة المراحل والتأثير (Multiple Effect Evaporators)
التعقيم وتطهير الحمأة (Disinfections)	التطهير الجزئى (Pasteurization) التطهير بالتخزين الطويل الممتد (Long-term Storage)
ضبط وتجهيز الحمأة (Conditioning)	التجهيز الكيميائى (Chemical Conditioning) المعالجة الحرارية (Heat Treatment)
التخلص النهائى من الحمأة (Sludge Disposal)	طبقات إضافية للتربة (Land Application) التوزيع والتسويق بالبيع (Distribution and Marketing) الدفن فى المدافن الصحية (Landfill) تجميعها فى بحيرات خاصة (Lagoon) التثبيت الكيميائى (Chemical fixation)

تركيز الحمأة

تحتوى الحمأة الناتجة من أحواض الترسيب الابتدائى والنهائى على من ٩٥ إلى ٩٧% من وزنها ماء، فإذا ما تم ضخها ونقلها خارج المحطة وهى على هذا الحال كان ذلك مكلفًا جدًا، لذا يجب التخلص من جزء كبير من المياه الموجودة بالحمأة، ومن هنا ظهرت فكرة إنشاء أحواض تركيز الحمأة.

أهمية أحواض تركيز الحمأة

الغرض الأساسى من أحواض تركيز الحمأة هو التخلص من بعض المياه الموجودة فى الحمأة الابتدائية أو الثانوية وزيادة تركيز المواد الصلبة بها ليصل إلى ٧% فتصبح عملية تداول الحمأة والتخلص منها منخفضة التكاليف.

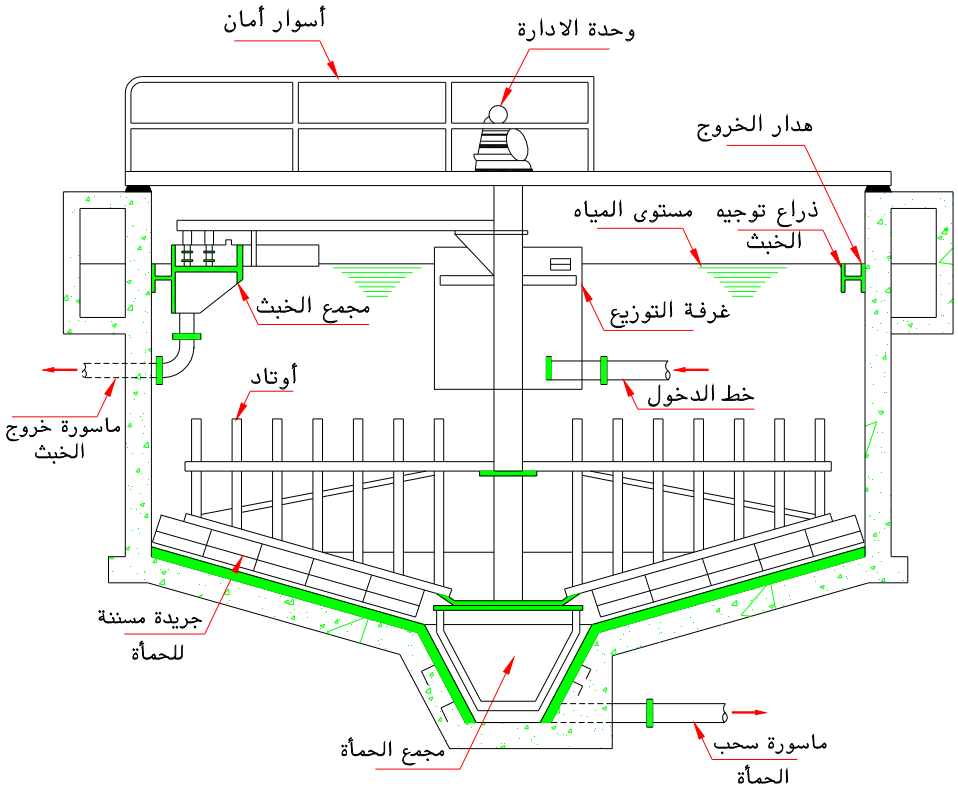
المبادئ الفنية لأحواض تركيز الحمأة

تقوم هذه الأحواض بتركيز الحمأة بالجاذبية، وحينما يتم ضخ الحمأة المخففة إلى الحوض تمكث مدة البقاء التصميمية فتترسب وتتجمع المواد الصلبة فى قاع الحوض كما تقوم العوارض الرأسية المتحركة بإحداث خلخلة مستمرة تساعد على إطلاق الغازات والمياه المحبوسة بالحمأة فتزيد كفاءة عملية تركيز الحمأة.

حوض تركيز الحمأة الدائرى

يقوم حوض تركيز الحمأة الدائرى الشكل بتركيز الحمأة باستخدام الجاذبية الأرضية، وهو يشبه بصفة عامة حوض الترسيب العادى، كما هو موضح بالشكل رقم (٩-٢) فالحمأة تدخل خلال ماسورة أفقية؛ تمر أعلى الحوض غالبًا؛ إلى بئر فى المنتصف مفتوح من أسفل، ومن المكونات الرئيسية بالحوض أذرع رأسية (كاسحات) تدور بسرعة بطيئة لإحداث خلخلة بالحمأة ومساعدتها على خروج بعض ما بها من ماء وغازات والترسيب لأسفل، وتخرج الحمأة المركزة من القاع المخروطى بينما يخرج السائل الرائق عبر الهدار الموجود على محيط سطح الحوض.

وتحتوى الحمأة المركزة (Thickened Sludge) المسحوبة من أسفل حوض التركيز على حوالى ٧% مواد صلبة وهذه المواد الصلبة نفسها ٧٥% منها مواد عضوية، أما الماء الرائق (Supernatant) الذى يخرج عبر الهدار فهو يحتوى على مواد صلبة (SS) تركيزها ما بين ١٠٠ إلى ١٥٠ ملجم/ لتر، بينما يكون تركيز الأكسجين الحيوى المستهلك بها (BOD_5) حوالى ٢٠٠ جم/ لتر، والماء الرائق تتم إعادته إلى مدخل أحواض الترسيب الابتدائى أو أحواض التهوية مرة أخرى.



شكل رقم (٩-٢)

حوض تركيز الحمأة

الأسس التصميمية

يعتمد تصميم حوض تركيز الحمأة على ما يلى:

المحددات التصميمية التالية طبقًا للكود المصرى لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحى

فترة المكث:	تتراوح من ١ – ٢ يوم وتؤخذ ١,٥ يوم وتتوقف على (SVR)
معدل التحميل السطحى الهيدروليكى:	يكون بين ٢٠ و ٤٠ م^3/ م^2/ يوم.
الحمل العضوى:	تختلف قيمته باختلاف نوع الحمأة المطلوب تركيزها كما يلى: - (١٠٠ – ١٥٠) كجم مواد صلبة/ م٢/ يوم فى حالة الحمأة المسحوبة من أحواض الترسيب الابتدائى. - (٥٠ – ٦٠) كجم مواد صلبة/ م٢/ يوم فى حالة الحمأة المسحوبة من أحواض الترسيب النهائى التى تلى المرشحات البيولوجية.

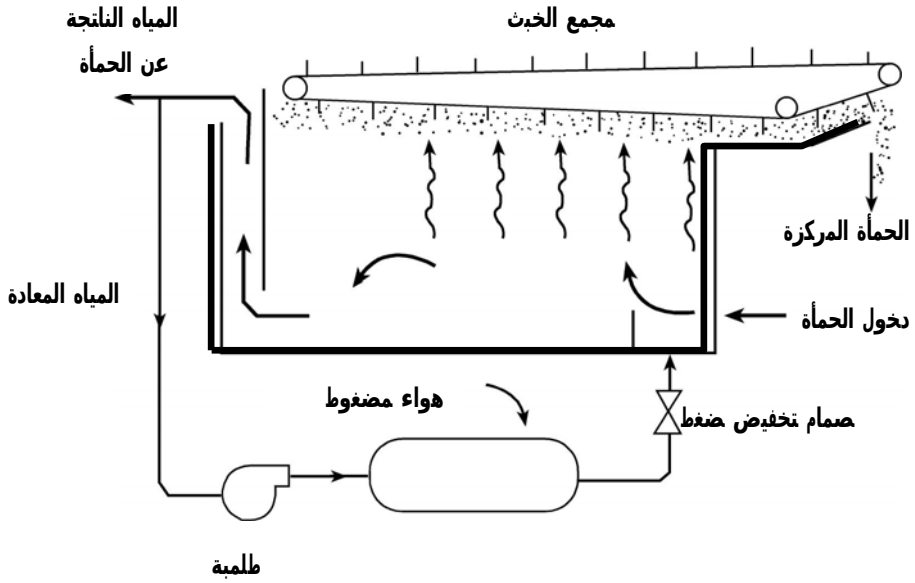
	- (٢٠ – ٣٠) كجم مواد صلبة/ م^{٢}/ يوم فى حالة الحمأة المسحوبة من أحواض الترسيب النهائى التى تلى أحواض التهوية فى محطات المعالجة بالحمأة المنشطة. - (٥٠ – ٦٠) كجم مواد صلبة/ م^{٢}/ يوم فى حالة الحمأة المجمعة من كل من أحواض الترسيب الابتدائى وأحواض الترسيب النهائى التى تلى أحواض التهوية فى محطات المعالجة بالحمأة المنشطة.
سرعة دوران الأذرع:	تؤخذ بحيث لا تزيد السرعة الخطية عند محيط الحوض عن ٣ م/ دقيقة.
عمق المياه:	يتراوح بين ٢.٥٠ – ٣.٥٠ م.
ميل أرضية الحوض:	٦/١ أو ٤/١.
ماسورة سحب الحمأة:	لا يقل قطرها عن ١٥٠ مم.

أحواض تعويم الحمأة باستخدام الهواء

أسس التصميم

استخدام الهواء المضغوط يعرض جزء من الحمأة إلى ضغط يتراوح بين (٣-٥) كجم/ سم^{٢} وعند تصميم الحوض يراعى ما يلى:

- خلط مياه من غرفة الضغط مع الحمأة الخام قبل إدخالها لأحواض التعويم الهوائى.
- بعد إدخال الحمأة لأحواض التعويم ونتيجة لتخفيف الضغط عليها تطفو المواد الصلبة العالقة نتيجة تشبعها بالهواء وقلة وزنها وتتكون الحمأة الطافية التى يمكن تجميعها باستخدام نظام تجميع الخبث كما يوضحه الشكل رقم (٩-٣).
- يمكن تحسين كفاءة التشغيل لنظام التعويم الهوائى بإضافة مواد كيميائية مثل كبريتات الألومنيوم والبوليمر التى تساعد على زيادة كفاءة فصل المواد الصلبة والتى قد تصل نسبتها إلى ٩٨ %.



شكل رقم (٩-٣)

تركيز الحمأة بالطفو بواسطة دفع الهواء

معالجة الحمأة بالهضم الهوائى

تستخدم الهاضمات الهوائية لمعالجة الحمأة فى الحالات الآتية:

١. الحمأة الناتجة من المعالجة بالحمأة المنشطة التقليدية أو المرشحات البيولوجية.
٢. الحمأة الناتجة خليط من أعمال معالجة ابتدائية وحمأة منشطة تقليدية ومرشحات بيولوجية.
٣. الحمأة المنشطة الناتجة من المعالجة بالحمأة المنشطة ذات التهوية الممتدة أى التى ليس لها أحواض ترسيب ابتدائى.

وتوضح المعادلة التالية التفاعل الهوائى:

$$C_5H_5NO_2 \longrightarrow 5\ CO_2 + NO_3 + 3\ H_2O + H$$

خصائص الهضم (التحال) الهوائى:

- يحتاج إلى الأكسجين لتكسير وتحلل المواد الغذائية (عملية هدم).
- ينتج عنه ثانى أكسيد الكربون والماء وخلايا جديدة.
- يحدث لمدى واسع من المواد الغذائية الموجودة والكثير مـن المكونـات والمركبات.
- عملية تكون الخلايا الجديدة تتم بصورة سريعة مساوية لمعدل الاستهلاك

السريع للمادة الغذائية الموجودة.
- ينتج عنه كميات كبيرة من الحمأة.
- يتم التحلل بكفاءة عالية طالما أن مستوى الأكسجين الحيـوى الممـتص BOD بين ٥٠٠ و٨٠٠ ملجم/ لتر، وتقل كفاءة التحلل الهـوائى إذا زاد الـ BOD عن ١٠٠٠ ملجم/ لتر.
- التحلل الهوائى ينتج عنه مياه معالجة ذات جودة عالية مقارنة بالمياه التى تنتج من التحلل اللاهوائى.
- التحلل الهوائى يكون فعالاً عند دخول تصرفات عالية مـن الميـاه ذات مكونات عديدة ومتنوعة من الملوثات.

ويوضح الجدول رقم (٩-٢) بعض المشاكل وكيفية حلولها فى المهضم الهوائى.

معـالجة الحـمأة بالهضم اللاهوائى

عملية التحلل اللاهوائى تحدث فى الطبيعة بصورة عادية وذلك عندما تتواجد كميات كبيرة من المواد العضوية فى غياب الأكسجين، حيث تنشط الكائنـات الحية الدقيقة اللاهوائية وتنمو وتتغذى على المواد العضوية الموجودة.

وتعد عملية تشغيل أحواض التحلل اللاهوائى للحمأة أمراً صعباً لأن البكتريا اللاهوائية التى تقوم بعملية التحلل للمواد العضوية لا تتواجد بصورة كافيـة فى مياه الصرف الصحى، بالإضافة إلى أن معدل نموها بطىء جداً بالمقارنة بالبكتريا الهوائية، وعند بداية تشغيل الهاضمات فإنه يتم تغذية الهاضم بحمأة من وحدات معالجة قريبة تحتوى على بكتريا لاهوائية نشطة.

وتتم عملية هضم (أو تخمر) الحمأة من خلال تخزين الحمأة فى أحواض خاصة مغلقة تسمى الهاضمات (Digesters)، ويتم التخمير بمعزل عن الهواء وتنشط البكتريا وتتحلل المواد العضوية إلى غازات ومركبات غازية ثابتة يمكن استخدامها لتوليد الطاقة بصورة معينة.

جدول رقم (٩-٢)
تتبع المشاكل وحلولها فى المهضم

م	المشكلة	السبب المحتمل	افحص / راقب	الحلول الممكنة
١	ارتفاع الأكسجين الذائب المتبقى مع معدل امتصاص طبيعى	معدلات هواء مرتفعة	معدل الهواء	خفض معدل الهواء
٢	ارتفاع الأكسجين الذائب المتبقى مع معدل امتصاص منخفض	انخفاض درجة حرارة الهضم	أجهزة التسخين والحرارة	ارفع درجة الحرارة
		انخفاض الـرقم الهيـدروجينى للهاضم	اختبار الرقم الهيـدروجينى للنترتة	قم بمعادلة الرقم الهيدروجينى
		حمل المـواد الصـلبة العالقـة المتطاير مرتفع جدًا أو منخفض جدًا	معدل التدفق وتركيز التغذية	خفض معدل الهواء وزمن الهضـم اضبط حتى تحصل علـى التحميـل المطلوب
		زمن الهضـم مرتفـع جـدًا أو منخفض جدًا	معدل التدفق	اضبط للحصول على زمن المكـث الموصى به
		درجة السمية	آثار مركبات سـامة فـى الحمأة الواردة	تحكم فى تدفقات المخلفات الصناعية
٣	الرغاوى	نمو البكتريا الخيطية	فحـص ميكروسـكوبى وأكسجين ذائب متبقى	زد من معدل الهواء وأضف مزيلات الرغاوى
		زيادة الدوامات	معدل الهواء والأكسـجين الذائب المتبقى	خفض معدل الهواء وإضافة مزيلات الرغاوى
٤	انخفاض تكسر وهدم المواد الصلبة العالقة المتطايرة	زمن الهضم قصير	التدفق وتركيز التغذية	قلل التدفق
		حمل المـواد الصـلبة العالقـة مرتفع		
		درجة الحرارة منخفضة	الحرارة	زد من معدل الهواء
		أكسجين ذائب منخفض	الأكسجين الذائب	زد من معدل الهواء
		رقم أيدروجينى منخفض	الرقم الأيدروجينى	قم بمعادلة الرقم الأيدروجينى
		السمية	المركبات السامة فى الحمأة الواردة	اضبط وتحكم فى تصرفات المخلفات الصناعية
٥	ترسيب ضعيف للحمأة	زمن الهضـم مرتفـع جـدًا أو منخفض جدًا	معـدل التـدفق وإهـدار المخلفات	إجراء اختبار الكأس لتحديد الجرعة المثالية من الشبة، الجير، أو البوليمر

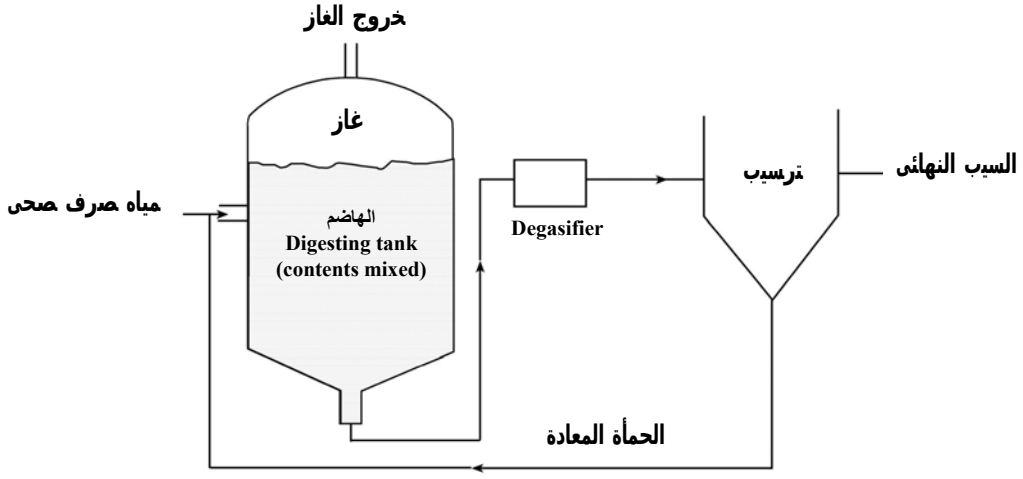
خصائص الهضم اللاهوائى Anaerobic Decomposition

- لا يحدث فى وجود الأكسجين أو النترات.
- الكبريتات وثانى أكسيد الكربون هما مستقبلات للإلكترونات.
- يتم فيه اختزال الكبريتات إلى كبريتيد الهيدروجين مسببًا مشاكل الروائح الكريهة.
- التحال اللاهوائى يتم على مرحلتين:

- مرحلة إنتاج الأحماض ذات الوزن الجزيئى المنخفض (الأحماض المتطايرة).
- مرحلة تحول الأحماض إلى ميثان.

- أهم المشاكل التى تؤثر فى التحال اللاهوائى عدم ضبط الرقم الهيدروجينى، حيث أن التحال اللاهوائى حساس جدًا للتغير فى قيمة الأس الهيدروجينى وانخفاض المواد المسببة للقلوية داخل نظام المعالجة.
- نواتج التحال اللاهوائى ثانى أكسيد الكربون والماء وخلايا جديدة وكبريتيد الهيدروجين.
- عملية تكون الخلايا الجديدة تتم بصورة بطيئة مساوية لمعدل الاستهلاك البطىء للمادة الغذائية الموجودة.
- ينتج عنه كميات قليلة من الحمأة لأنه أثناء التحال اللاهوائى يتم اختزال كبير للمادة العضوية.
- التحال اللاهوائى لايحتاج إلى كميات كبيرة من الطاقة حيث عدم الحاجة إلى عمليات التهوية وإمداد الأكسجين والتى تستهلك حوالى ٦٠% من طاقة محطات المعالجة البيولوجية الهوائية.
- يحتاج لدرجات حرارة مرتفعة لتوفير الظروف البيئية المناسبة للبكتريا اللاهوائية.

ويوضح الشكل رقم (٩-٤) شكل تخطيطى لهاضم لاهوائي.



شكل رقم (٩-٤)
الهاضم اللاهوائي

وتتكون الغازات الناتجة عن التفاعلات اللاهوائية فى الهاضمات مما يلى:

الغازات	النسبة المئوية
غاز الميثان Methane gas (CH_4)	٥٥ – ٧٥ %
غاز ثانى أكسيد الكربون Carbon Dioxide (CO_2)	٢٥ – ٤٠ %
غاز النيتروجين Nitrogen	١,٥ – ٧,٠ %
غاز الهيدروجين Hydrogen	١ – ٥ %

وقد تتكون مواد وغازات أخرى مثل كبريتيد الهيدروجين إذا احتوت المياه المغذية للهاضمات على كبريت عضوى أو غير عضوى، ويمكن أن تنتج الأمونيا من تحلل البروتينات.

وعمومًا يمثل الميثان القيمة الحيوية العليا من حيث كونه وقود يمكن استغلاله فى توليد طاقة تساهم فى تشغيل محطات الصرف (قد تصل نسبة الاستفادة من غاز الميثان إلى ٦٠ % من طاقة محطة الصرف الكلية).

وإذا نقصت نسبة الميثان عن ٥٥ % من القيمة الكلية للغازات الناتجة فإن ذلك يدل على أن عملية الهضم اللاهوائى لم تتم بصورة جيدة، وإذا كان ذلك يعتمد بدرجة أساسية على مكونات وتركيب الحمأة الداخلة لحوض الهضم.

ويتصاعد الغاز من الناتج من هضم الحمأة إلى حيز ضيق فى أعلى الحوض ومنه يصل إلى قبة الغاز التى يجب أن تكون قمتها مرتفعة إلى أعلى من أعلى منسوب للحمأة أو للسائل الناتج عن الهضم بما لا يقل عن متر وربع وبالقرب من هذه القمة تخرج ماسورة سحب الغازات إلى خزان الغاز تمهيدًا لاستعماله ويزود حوض الهضم بصمامات أمان يمكنها أن تفتح تلقائيًا عند زيادة الضغط الداخلى للغاز داخل الحوض زيادة كبيرة حتى لا يؤدى إلى إنفجاره، وتغلق هذه الصمامات بمجرد إنخفاض الضغط داخل الحوض.

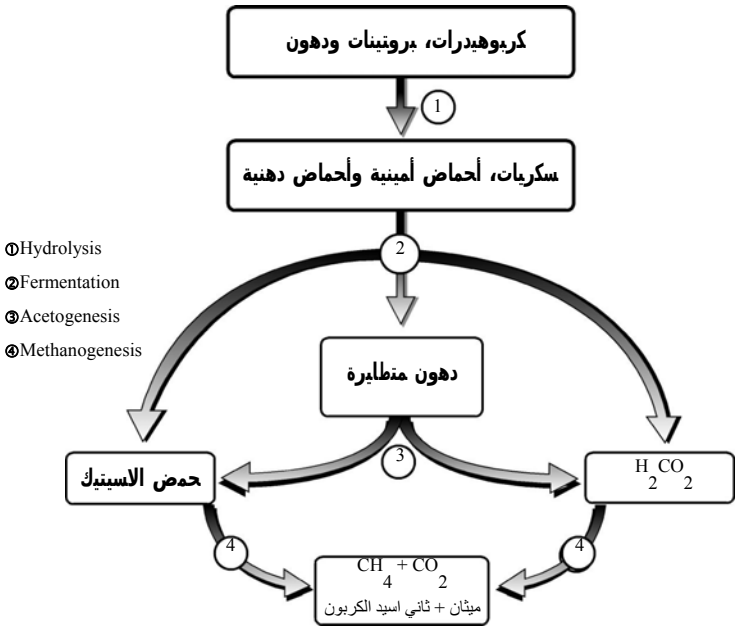
ويجب العلم بأن مياه الصرف التى تحتوى على أحمال عضوية عالية (أى تحتوى على تركيزات عالية من المواد العضوية القابلة للتحلل بيولوجيًا) مثل مياه الصرف الناتجة التى يتم صرفها من بعض الصناعات الغذائية، أو مصانع المشروبات الكحولية أو المدابغ والمجازر، وتحتوي هذه المياه على تركيز عالي من (BOD and COD) بحيث لايمكن بسهولة معالجته باستخدام الأكسدة الهوائية لصعوبة توفير الأكسجين اللازم للأكسدة لتلك الأحمال العضوية العالية، وبالتالى فإن المعالجة اللاهوائية يمكن أن تعطى الحل لإزالة الأحمال العضوية العالية وخاصة فى المحطات ذات التجهيزات البسيطة.

وبالإضافة إلى القيمة الحرارية العالية التى نحصل عليها من استغلال غاز الميثان الناتج من التفاعلات اللاهوائية، فهذا الغاز فى هذه الحالة يعد تعويضًا وخفضًا لتكلفة التشغيل فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى.

خطوات الهضم اللاهوائى

١. التحلل المائى.
٢. الهضم.
٣. تكوين الأحماض.
٤. تكوين الميثان.

ويوضح الشكل رقم (٩-٥) خطوات الهضم الاهوائي.



شكل رقم (٩-٥)
خطوات الهضم اللاهوائي

فوائد عملية الهضم اللاهوائى

أ- تركيز المواد الصلبة فى الحمأة بصورة جيدة، إذ أن المواد الصلبة فى الحمأة قبل الهضم حوالى ٥ % وتزيد فى الحمأة المهضومة إلى ١٠%، مما يؤدى إلى خفض حجم الحمأة إلى ٦٠% من حجمها الأصلى.
ب- خفض آخر فى حجم الحمأة نتيجة تحلل المواد العضوية لاهوائيًا وتحولها إلى غازات.
ج- الحمأة تامة الهضم لا يتصاعد منها رائحة كريهة.

د- يمكن الاستفادة الكاملة للغازات المتصاعدة من الهاضمات وذلك كوقود (فكرة عمل مولدات الميثان).
ه- الحمأة بعد الهضم أسهل وأقل تكلفة فى التجفيف من الحمأة قبل الهضم.
و- الحمأة بعد الهضم تكون عالية القيمة كسماد عن الحمأة قبل الهضم، حيث تزداد قدرة النبات على الاستفادة من عناصر الحمأة كلما زاد تثبيتها وهضمها.
ز- الهضم يؤدى إلى خفض فى عدد البكتريا الضارة وكذلك كثير من الطفيليات الضارة.

أنواع أحواض هضم الحمأة

فى الهاضمات يتم التعامل مع مخلوط من الحمأة الابتدائية القادمة من أحواض الترسيب الابتدائى والحمأة الثانوية القادمة من أحواض الترسيب الثانوية أو من أحواض معالجة الحمأة بالهواء المذاب حيث يتم تحويل المواد البيولوجية العضوية إلى نواتج نهائية مثل الميثان وثانى أكسيد الكربون.

ويتم سحب الحمأة المهضومة باستمرار أو بصورة متقطعة من أحواض الهضم ليتم تجفيفها، وهذه الحمأة المهضومة تسمى الحمأة المثبتة جيدًا حيث أنها قد تم اختزال مكوناتها العضوية وانخفض تركيز الكائنات الممرضة بها بدرجة كبيرة ورائحتها ليست نفاذة، وأصبحت جاهزة للتجفيف وإعادة الاستعمال.

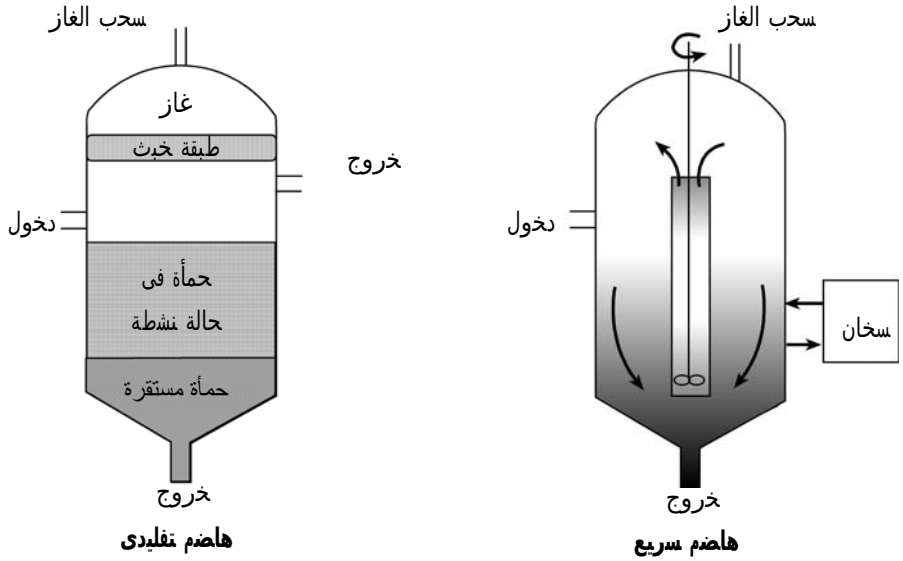
وهناك نوعان شائعان من أحواض هضم الحمأة كما يبين الشكل رقم (٩-٦)، وهما:

١. الأحواض ذات المعدل القياسى (العادى).
٢. الأحواض ذات المعدل العالى (السريع).

فى الأحواض ذات المعدل القياسى، فإن محتويات الحوض عادة لا ترفع درجة حرارتها ولا تخلط مع بعضها البعض وتتراوح مدة بقاء الحمأة فى الأحواض من ٣٠ إلى ٦٠ يومًا.

أما فى الأحواض ذات المعدل السريع، فإن محتويات الحوض عادة تُرفع درجة حرارتها وتخلط مع بعضها البعض خلطًا ومزجًا جيدًا وكاملاً وتكون مدة بقاء الحمأة فى الأحواض ١٥ يومًا.

واتحاد كل من النوعين فى عملية واحدة يسمى عمليات المرحلتين والوظيفة الأساسية للمرحلة الثانية هى فصل المواد الصلبة المهضومة عن المياه السائلة.



شكل رقم (٩-٦)
أنواع أحواض هضم الحمأة

أسس تصميم أحواض هضم الحمأة:

يمكن تقدير حجم الحمأة المجمعة فى الحوض أثناء عملية الهضم من خلال المعادلة الآتية:

$$Q = \frac{(V_1 + V_2)}{2} T$$

حيث:

Q = حجم الحمأة المجمعة فى الحوض.

V_1 = حجم الحمأة التى تدخل يوميًا إلى الحوض.

V_2 = حجم الحمأة التى تخرج يوميًا إلى الحوض

أى الحجم الذى تصير إليه الحمأة بعد أن يتم هضمها.

T = زمن الهضم بالأيام.

مثال:

صمم أحواض هضم لمدينة تعداد سكانها نصف مليون نسمة علمًا بما يلى:

المواد العالقة / شخص / يوم = ٩٠ جرام

درجة حرارة الحوض = ٢٠° مئوية

الكفاءة الكلية لعملية التنقية = ٩٠ %

نسبة الرواسب فى الحمأة قبل الهضم = ٤ %

نسبة الرواسب فى الحمأة بعد الهضم = ٧ %

الحل:

كمية المواد العالقة يوم = ٩٠ × ٥٠٠٠٠٠ × ٤٥٠٠٠٠٠٠ جرام = ٤٥٠٠٠ كيلو جرام

يرسب منها ٩٠ % فى حوضى الترسيب الابتدائى والنهائى أى ٤٠٥٠٠ كيلو جرام

الوزن الكلى للحمأة = (٤٠٥٠٠ ÷ ٤) × ١٠٠ = ١٠١٢٥٠٠ كيلو جرام/ يوم

∴ حجم الحمأة المجمعة = ١٠١٠,٥ م^3/ يوم

ويفرض أن ٦٠ % من هذه المواد هى مواد عضوية

∴ كمية المواد العضوية = ٤٠٥٠٠ × ٠,٦ = ٢٤٣٠٠ كيلو جرام/ يوم

∴ كمية المواد غير العضوية = ١٦٢٠٠ كيلو جرام/ يوم

ويفرض أن ٤٠ % فقط من المواد العضوية سيتم تخميرها وتحويلها إلى غازات وسوائل فى نهاية فترة الهضم والتخمير.

∴ كمية المواد العضوية المتبقية = ٢٤٣٠٠ × ٠,٦ = ١٤٥٨٠ كيلو جرام يوم

مجموع الرواسب المتبقية = ١٤٥٨٠ + ١٦٢٠٠ = ٣٠٧٨٠ كيلو جرام

وباعتبار أن الحمأة المخمرة تحتوى على ٧ % مواد صلبة

∴ الوزن الكلى للحمأة بعد تخميرها = ٣٠٧٨٠ ÷ ٠,٠٧ = ٤٣٩٧١٤ كيلو جرام

أى حوالى ٤٤٠٠٠٠ كيلو جرام

∴ حجم الحمأة بعد التخمير = ٤٤٠ م^{٣}/ يوم

ووجد العلماء أن درجة حرارة ٧٠ فهرنهيت تلزمها زمن قدره ٤٠ يومًا، وبالتطبيق فى المعادلة السابقة:

$$\text{حجم حوض الهضم} = \frac{٤٤٠ + ١٠١١}{٢} \times ٤٠ = ٢٩٠٢٠ \text{ م}^{٣}$$

بيولوجية ودور الكائنات الدقيقة فى عملية الهضم اللاهوائى

تتم عملية تحول المواد العضوية بيولوجيًا بالهضم اللاهوائى وذلك بفعل مجموعات وأنواع عديدة من البكتريا اللاهوائية ويتم من خلال أربع مراحل:

- مرحلة التحلل المائى (Hydrolysis).
- مرحلة تكوين الأحماض (Acidogensis).
- مرحلة تكوين حمض الخليك (Acetogensis).
- مرحلة تكوين الميثان (Methanogensis).

وسوف نوضح بالتفصيل مكونات كل مرحلة من مراحل الهضم اللاهوائى.

أولاً: مرحلة التحلل المائى (Hydrolysis)

أ- عملية تحلل الكربوهيدرات: وفيها يتم تحلل الجزيئات الكبيرة (البوليمرات الكبيرة Macromolecule Polymer) من الكربوهيدرات مثل النشا والسليولوز إلى جزيئات أبسط مونوميرات (Monomers) مثل السكريات الأحادية كالجلوكوز.

ب- عملية تحلل البروتينات: وفيها يتم تحلل الجزيئات الكبيرة (البوليمرات الكبيرة Macromolecule Polymer)، مثل البروتينات وعديد الببتيد إلى جزيئات أبسط مونوميرات (Monomers) مثل الأحماض الأمينية.

ج- عملية تحال الدهون: وفيها يتم تحال الجزيئات الكبيرة (Macromolecule Polymer) إلى جزيئات أبسط مثل الأحماض الدهنية.

ثانيًا: مرحلة تكوين الأحماض (Acidogenesis)

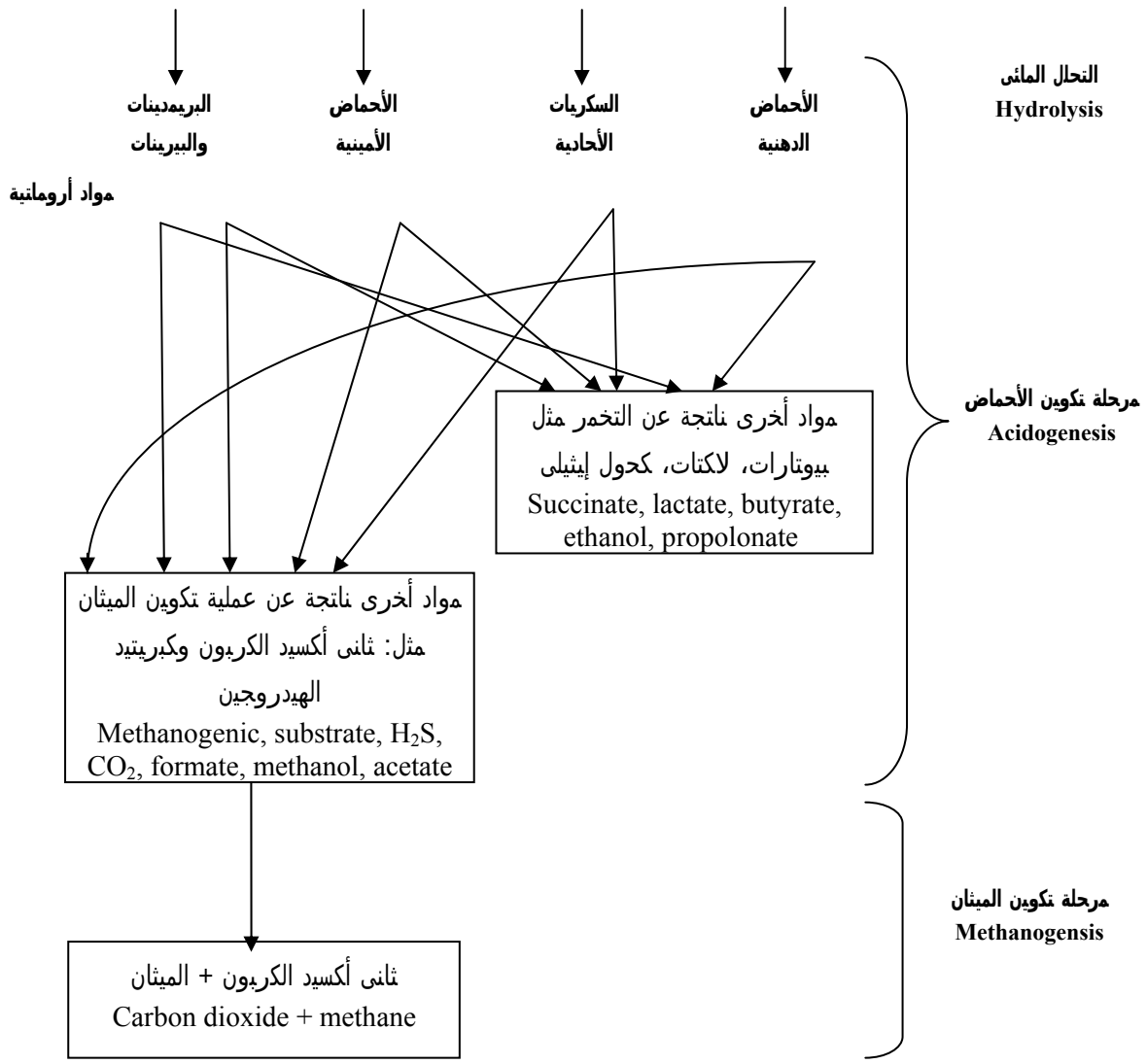
وتشمل هذه المرحلة قيام البكتيريا بتحويل المواد الناتجة عن التحال المائى فى المرحلة الأولى إلى مركبات وسيطة منخفضة الوزن الجزيئى، ومن أمثلة هذه المواد اللاكتات والبروبلونات والسكسينات والإيثانول.

فالسكريات والأحماض الأمينية الدهنية تتحول إلى أحماض دهنية متطايرة ذات أربعة وثلاث ذرات كربونية بنسبة ٧٦ % وإلى غاز الهيدروجين بنسبة ٤ % وإلى حمض الخليك بنسبة ٢٠ % وتتم هذه العملية فى قيمة الأس الهيدروجينى بين ٦,٠ إلى ٦,٢.

ثالثًا: مرحلة تكوين حمض الخليك (Acetogenesis)

وتشمل هذه المرحلة قيام البكتيريا بتحويل الأحماض الدهنية المتطايرة إلى حمض الخليك بنسبة ٦٨ % وإلى غاز الهيدروجين بنسبة ٢٠ % وهذه المرحلة التالية لها وهى مرحلة تكون الميثان.

ويوضح الشكل رقم (٩-٧) نظام تفاعلات الكربون داخل الهاضم اللاهوائي.



شكل رقم (٩-٧)
نظام تفاعلات الكربون داخل الهضم اللاهوائى

رابعًا: مرحلة تكوين الميثان (Methanogenesis)

وتشمل هذه المرحلة قيام البكتيريا بتحويل المواد الوسيطة إلى نواتج نهائية بسيطة التركيب مثل الميثان وثانى أكسيد الكربون، حيث يتم استهلاك الهيدروجين فى مركباته البسيطة وحمض الفوليك وتحويلهم إلى ميثان وثانى أكسيد الكربون وتتم هذه العملية فى مدى للأس الهيدروجينى بين ٦.٧ إلى ٧.٤.

وهذه المرحلة حساسة جدًا للتغير فى درجة الحرارة وتظهر فى هذه المرحلة أهمية المركبات المسببة للقلوية، حيث أن هذه المركبات تعمل على إحداث اتزان هام للتفاعلات الحيوية وتكوين الميثان بصورة أفضل وأسرع.

أنواع البكتيريا المتواجدة بمراحل الهضم اللاهوائى:

فى خلال هذه العملية البيولوجية والكيميائية تتضافر جهود أنواع كثيرة من الكائنات الدقيقة (البكتيريا)، حيث يوجد ثلاث مجموعات من البكتيريا فالمجموعة الأولى تقوم بعملية التحال المائى للمواد العضوية الدهنية والبروتينية والسكريات العديدة.

أما المجموعة الثانية فهى مسئولة عن تكسير وتخمر المواد الناتجة عن التحال المائى إلى الأحماض العضوية، مثل حض الخليك، وهذا النوع من البكتيريا يعرف بالبكتيريا المكونة للأحماض مثل (Acidogens of Acid formers).

ومن أشهر أنواع البكتيريا المكونة للأحماض الأنواع الآتية:

- Clostridium spp;
- Peptococcus anaerobes;
- Bifidobacterium spp;
- Desulphovibrio spp;
- Corynebacterium spp;
- Lactobacillus;
- Actionmyces;
- Staphylococcus; and
- Escherichia coli.

وتنتج هذه البكتيريا العديد من الأنزيمات المحللة للبروتينات والدهون واليوريا (Proleolytic, lipolytic, uereolytic, or cellulytic enzymes).

وتقوم المجموعة الثالثة بتحويل الهيدروجين وحمض الخليك إلى غاز الميثان وثانى أكسيد الكربون، وهذا النوع من البكتيريا هو لاهوائى ويعرف بالبكتيريا المكونة للميثان أو مكونات الميثان (Methanogens or Methane formers).

ومن أشهر أنواع البكتيريا المكونة للميثان الأنواع الآتية:

- عصوية الشكل وتشمل (Methanobacterium, and Methanobacillus)
- كروية الشكل وتشمل (Methanococcus, and Methanosarcina)

وتتم عملية التثبيت الجيد للحمأة بنجاح فى عمليات المعالجة بالهضم اللاهوائى عندما ينتج الميثان وثانى أكسيد الكربون، وغاز الميثان لا يذوب فى السوائل وانطلاقه وتحرره من المحاليل والسوائل دليل حقيقى على التثبيت الممتاز للحمأة.

ويجب العلم بأن بكتريا الميثان تستطيع فقط استخدام واستهلاك عدد محدد من المواد لتكوين الميثان، وهى تستخدم فقط المواد الآتية لتكوين الميثان (ثانى أكسيد الكربون، والهيدروجين، الفورمات، والآسيتات والميثانول، والميثيل آمين، وأول أكيد الكربون)، وهذا يتضح من خلال المعادلات الآتية:

ثانى أكسيد الكربون + الهيدروجين ⟵ ميثان + ماء

حمض الخليك ⟵ ميثان + ثانى أكسيد الكربون + ماء

حمض الخليك ⟵ ميثان + ثانى أكسيد الكربون

ميثانول ⟵ ميثان + ثانى أكسيد الكربون + ماء

ميثيل الآمين + ماء ⟵ ميثان + ثانى أكسيد الكربون + ماء + أمونيا

Routes to Formation of Methane

Hydrogenotrophic methanogens

$$4H_2 + CO_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

$$4HCOOH \longrightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O$$

Acetotrophic methanogens

$$CH_3COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

Methylotrophic methanogens

$$4CH_3OH \longrightarrow CH_4 + CO_2 + 2H_2O$$

$$4(CH_3)\,3N + H_2O \rightarrow 9CH_4 + CO_2 + 6H_2O + 4NH_3$$

ويوضح الجدول رقم (٩-٣) أنواع البكتيريا الشائعة المسئولة عن تكوين الميثان المادة التى تستهلكها وتحللها لإنتاج الميثان.

جدول رقم (٩-٣)
أنواع البكتيريا الشائعة المسئولة عن تكوين غاز الميثان

نوع البكتريا	المادة التى تحولها لميثان
ميثانوبكتريم (Methanobacterium)	ثانى أكسيد الكربون والهيدروجين (H_2/CO_2)
ميثانوبريفيبكتر (Methanobervibacter)	ثانى أكسيد الكربون والهيدروجين (H_2/CO_2)
ميثانوكوكس (Methanococcus)	ثانى أكسيد الكربون والهيدروجين (H_2/CO_2)
ميثانوسرسينا (Methanosarcina)	ثانى أكسيد الكربون والهيدروجين والأسيتات (H_2/CO_2 Acetate)
ميثانوسيريكس (Methanothrix)	الأسيتات (Acetate)

وغالبًا ما تكون البكتريا المكونة للأحماض والتى تقوم بالمرحلة الثانية من مراحل الهضم اللاهوائى قادرة على التكيف مع الظروف البيئية والطبيعية بصورة أفضل من البكتريا المكونة للميثان، والبكتريا المسئولة عن تكوين غاز الميثان حساسة بدرجة كبيرة للتغير فى الظروف الطبيعية والبيئية، ولهذا نجد أن مكونات الميثان تستطيع العمل فى مدى للأس الهيدروجينى يتراوح بين ٦,٥ – ٧,٥، لذا يجب التحكم بدقة فى الظروف المحيطة بعملية إنتاج الميثان حتى نوفر لبكتريا الميثان الظروف الملائمة لها.

وفى ظروف معينة، فإنه يتم إنتاج كميات كبيرة من الأحماض من خلال البكتريا المكونة للأحماض مما يؤدى لانخفاض قيمة الأس الهدروجينى بسرعة والذى يترتب عليه توقف عمل البكتريا المكونة للميثان (نتيجة تدمير القلوية المنظمة لإنتاج الميثان من الحمأة) وتصل التفاعلات البيولوجية إلى

إنتاج كميات أكبر من الأحماض مما يؤدى إلى تصاعد كميات كبيرة من الغازات الكريهة والنفاذة.

وقد يؤدى إنتاج الأحماض أكثر وأكثر إلى انخفاض الأس الهيدروجينى بدرجة أن تثبط البكتريا المكونة للأحماض نفسها ويتوقف التفاعل عند تلك المرحلة.

ويمكن إعادة تصحيح قيمة الأس الهيدروجينى عند انخفاضه بإضافة المواد الكيماوية مثل الجير على هيئة جرعات صغيرة وبصورة تدريجية ليتم مزجها بسرعة داخل الحوض.

ولمعالجة مشكلة الروائح الكريهة النفاذة التى تكونت، فإنه يجب استعمال الكربون المنشط من خلال إضافته إلى أحواض التخمير لأهميته فيما يلى:

أ- منع وامتصاص الروائح الكريهة فى الحمأة أثناء الخمير.
ب- زيادة كمية الميثان المنتجة أثناء عملية التخمير.
ج- منع الفوران داخل حوض التخمير.
د- زيادة سرعة تجفيف الحمأة.

وفى هذه المرحلة يتم ملء أحواض التخمير بالحمأة تدريجيًا وبصورة دقيقة حيث يتم ملء حوالى ١٠٠ متر مكعب يوميًا للحوض سعة ١٠,٠٠٠ متر مكعب حيث يلاحظ أنه مع زيادة إنتاج غاز الميثان فإن إنتاج الأحماض العضوية المتطايرة يقل إلى أن يحدث التوازن المطلوب بين إنتاج الأحماض وإنتاج غاز الميثان بدون أن يحدث أية عمليات تثبيط لأى نوع من البكتريا.

ويجب قياس الأس الهيدروجينى كل ساعتين، كما تقاس القلوية الكلية يوميًا وأيضًا الأحماض العضوية المتطايرة وذلك لمعرفة التفاعلات البيولوجية بدقة ومراحلها المختلفة.

وتصل نسبة الأحماض المتطايرة العضوية عادة ما بين ١٠٠ إلى ٨٠٠ ملجم/ لتر وعند زيادتها إلى أكبر من ١٠٠٠ مجم/ لتر فإن ذلك يؤدى إلى حدوث مشاكل.

وعمومًا يكون الهضم جيدًا عندما تكون القلوية الكلية من ١٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ ملجم/ لتر، وقيمة الأحماض الدهنية المتطايرة أقل من ٢٥٠ ملجم/ لتر.

أهمية قياس القلوية الكلية والأحماض المتطايرة:

تؤدى التركيزات العالية من الأحماض المتاطيرة داخل الهاضمات اللاهوائية إلى حدوث انخفاض فى قيمة الأس الهيدروجينى وبالتالى زيادة حمضية الوسط، ويتسبب هذا الانخفاض فى قيمة الأس الهيدروجينى فى تثبيط وإيقاف النشاط البكتيرى وحدوث خلل فى عمليات المعالجة البيولوجية اللاهوائية.

وبوجود المركبات المسئولة عن القلوية مثل الكربونات والبيكربونات فإن نظام المعالجة لديه مقاومة جيدة لتغير قيمة الأس الهيدروجينى، حيث يمكن أن يحدث تراكم للأحماض المتطايرة قبل حدوث تغيير ملحوظ فى الأس الهيدروجينى.

لذا يجب معرفة تركيزات الأحماض المتطايرة حيث يعطى ذلك إنذارًا مبكرًا ودليلاً على أن نظام المعالجة فى صورة متزنة أو به خلل معين يبدأ فى الظهور ويعطى الوقت اللازم لمعرفة أسباب هذا الخلل ومعالجته قبل زيادته وتدميره لنظام المعالجة كليًا، ومن الجدير بالذكر أن نظم المعالجة اللاهوائية تأخذ وقتًا طويلاً للتعافى من أى خلل يحدث لها.

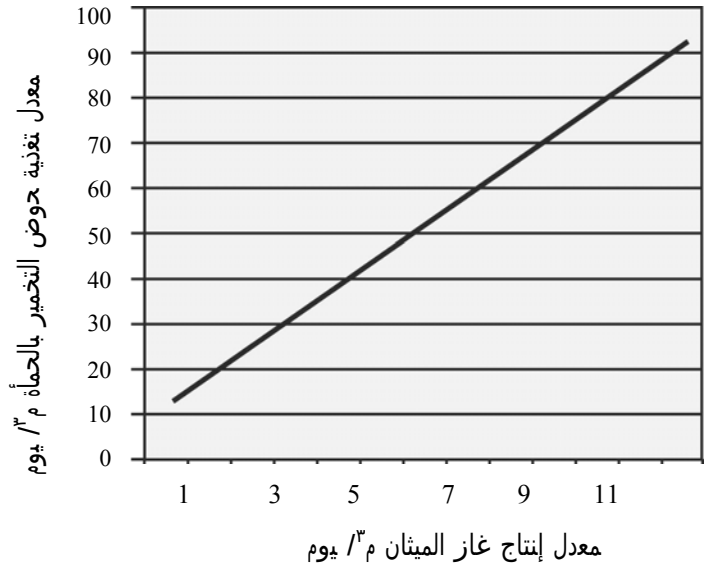
وعادة تتراوح قيمة الأحماض المتطايرة بين ١٥٠ إلى ٨٠٠ مجم/ لتر فى معظم النظم البيولوجية اللاهوائية التى تدار وتشغل بصورة جيدة. وعندما تتخطى قيمتها ١٨٠٠ مجم لكل لتر فذلك يعنى أن هناك خلل ما قد يؤدى إلى فشل نظام لمعالجة كاملاً إذا لم يعالج سريعًا.

ولإصلاح تراكم الأحماض العضوية المتطايرة فإنه يجب إضافة الجير للمحافظة على الاتزان القائم بين القلوية والحامضية داخل الهاضمات اللاهوائية.

ويوضح الشكل رقم (٩-٨) العلاقة بين معدل التغذية التدريجية لحوض التخمير وإنتاج غاز الميثان، ويتضح من الرسم البيانى أن معدل إنتاج غاز الميثان يكون منتظمًا وبصورة جيدة كلما كانت تغذية الحوض بالحمأة تدريجية ومنتظمة، حيث يتزايد معدل الغاز الناتج تدريجيًا مع ازدياد معدل تغذية الحمأة.

وتؤثر العوامل البيئية المحيطة بالبكتريا على عمليات الهضم اللاهوائية داخل الهاضمات، وذلك تبعًا لما يلى:

- إحتياجها للأكسجين.
- درجة الحرارة الملائمة لها.
- قيمة الأس الهيدروجينى المثالية لها.
- تأثير المواد السامة المختلفة عليها.



الشكل رقم (٩-٨)

العلاقة بين التغذية التدريجية لحوض التخمير وانتاج غاز الميثان

وتتفاوت درجة حساسية الأنواع البكتيرية المختلفة للتغيرات البيئية المحيطة بالتفاعلات اللاهوائية وبالتالى قدرتها على تحمل تلك التغيرات، وتتفاوت الظروف المثالية لنمو وتكاثر البكتريا من نوع لآخر.

وبصفة عامة فإن البكتريا التى تقوم بأعمال التحلل المائى للكربوهيدرات والدهون والبروتينات، وكذلك البكتريا المكونة للأحماض المتطايرة تتميز بانخفاض حساسيتها للتغيرات البيئية المحيطة بالتفاعلات اللاهوائية وبالتالى فإن لها قدرة عالية على تحمل هذه التغيرات.

بينما البكتريا المكونة لحمض الخليك ومكونات الميثان تكون أكثر حساسية لتلك التغيرات لذلك يطلق على النوع الأول بكتريا قوية بينما يطلق على النوع الثانى بكتريا حساسة ضعيفة.

لذا فإن مرحلتى تكوين حمض الخليك والميثان هى مراحل حساسة ويجب توفير كافة الظروف الملائمة لحدوثها بنجاح.

ولكى يتم المحافظة على نظام المعالجة اللاهوائى الذى يعمل على تثبيت المواد العضوية بفاعلية داخل الهاضمات، فإن البكتريا المكونة للميثان والبكتريا الغير مكونة للميثان يجب أن تكونا فى حالة اتزان ديناميكى وللوصول إلى هذا الاتزان يجب مراعاة الظروف الآتية:

أ- أن تكون مكونات الهاضم اللاهوائى خالية من الأكسجين الذائب وخالية من مسببات التثبيط مثل العناصر الثقيلة والكبريتيد.
ب- أن تكون قيمة الأس الهيدروجينى داخل البيئة المائية للهاضم من ٦.٦ إلى ٧.٧.
ج- وجود قدر من القلوية الكلية كافٍ لكى لا تنقص قيمة الأس الهيدروجينى عن ٦.٢، وذلك لأن بكتريا الميثان لا تؤدى وظيفتها جيدًا فى قيمة أقل من تلك القيمة.

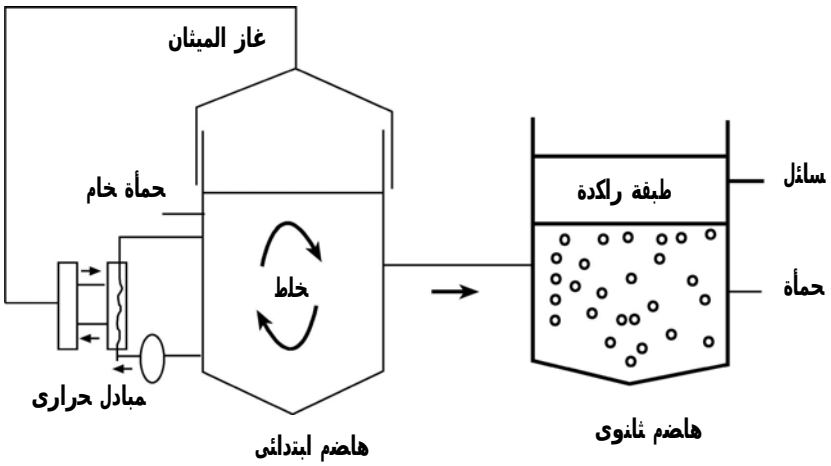
د- الهضم يكون جيدًا عندما تكون القلوية الكلية من ١٠٠٠ إلى ٥٠٠٠ ملجم/ لتر، وقيمة الأحماض الدهنية المتطايرة أقل من ٢٥٠ ملجم/ لتر.

هـ- وجود المغذيات (كالنيتروجين والفوسفور) وعوامل النمو بصورة كافية هام جدًا لحيوية النظام البيولوجى.

و- ضبط درجة الحرارة داخل الهاضم لنشاط البكتريا، حيث أن درجة الحرارة المثالية لنشاط البكتيريا المحبة للحرارة المتوسطة تتراوح من ٣٠° إلى ٣٨°، وتتراوح من ٤٩° إلى ٥٧° للبكتيريا المحبة للحرارة العالية.

ويوضح الشكل رقم (٩-١٠) مكونات وحدة هضم لاهوائية تقليدية حيث تتكون من هاضم لاهوائى ابتدائى تدخل إليه الحمأة الخام المراد هضمها وتثبيتها وتخلط مع الحمأة الموجودة من قبل ويحدث داخله عمليتى الخلط والهضم الذى يتم فى درجة حرارة مناسبة للبكتريا المستخدمة فى الهضم.

ويتم ضبط درجة الحرارة المطلوبة من خلال مبادل حرارى متصل بوحدة الهضم الابتدائية حيث يتم هضم الحمأة وتوليد غاز الميثان الذى يجمع من أعلى الحوض للاستفادة منه.



شكل رقم (٩-١٠)
مكونات وحدة هضم لاهوائية تقليدية

وتنتقل الحمأة الخارجة من الهاضم الابتدائى إلى وحدة الهضم الثانوية (عبارة عن حوض مفتوح) حيث يتم فصل الحمأة عن السوائل المتخلفة عنها التى تطفو فوق سطح الحمأة وتترسب الحمأة أسفل الحوض حيث يمكن سحبها للتجفيف.

تجفيف الحمأة

المقصود بعملية التجفيف هو جعل نسبة المياه فى الحمـأة صفراً، وذلك عن طريق وضعها فى أفران التجفيف ولكننا هنا سوف نستخدم كلمـة التجفيـف بمعنى تقليل نسبة المياه إلى أقل نسبة ممكنة.

وتحتاج الحمأة قبل التخلص منها إلى عمليات ترشيح (سحب الميـاه منهـا) لتقليل حجمها. وعمليـة الترشيح هذه تعنى مـن الناحيـة العلميـة تقليـل المحتوى المائى فى الحمأة المترسبة حتى يمكن نقلها بطريقة إقتصادية وسهلة إلى مناطق التخلص النهائى لاستخدامها كمادة ردم للأراضي المنخفضـة أو استخدامها كسماد عضوي، وهو الإستخدام الأمثـل والإقتصـادي والأكثـر شيوعًا وخاصة للأراضى الرملية ومناطق الاستصلاح الجديدة فى مصر.

وتصل نسبة المواد الصلبة فى الحمأة التى يتم تجفيفها إلى ٢٠% على الأقل، فى حين تكون النسبة قبل التجفيف ٥% فى المتوسط فى الحمأة الناتجة مـن عملية المعالجة. وهذا يعنى تقليل حجم الحمأة إلى أقل من ٢٥% من حجمها مما يسهل التعامل معها كما يقلل تكلفة النقل إلى أقل ما يمكن، ويمكن إيجاز طرق التجفيف الشائعة الاستخدام كما يلى:

أ- تجفيف طبيعى ويتم باستخدام أحواض التجفيف الرملية أو المعزولة أو بحيرات التجفيف.

ب- تجفيف ميكانيكى بأحد الطرق التالية:

- تجفيف بالقوة الطاردة المركزية.
- ترشيح بالضغط بمرشحات الرمل تحت ضغط.
- ترشيح بالخلخلة باستخدام المصـافى والضـغط الأسـموزى (لا يستخدم فى مصر لمعالجة حمأة الصرف الصحى لزيادة تكـاليف

ولكن يستخدم فى معالجة المخلفات الصناعية المائية).

- التجفيف بآلات العصر.

الغرض من عملية التجفيف

تتم عملية التجفيف للحمأة المركزة، سـ ـواء كـانت مهـضومة أو غيـ ـر مهضومة، لكى يمكن فصل الكمية الباقية من السوائل عن المواد الصلبة وبذلك تقل حجم وكتلة الحمأة ليسهل التخلص منها سواء باستعمالها كسماد أو للردم أو الحرق. وتتم عملية التجفيف إما عن طريق استخدام أحواض التجفيف أو بالطرق الميكانيكية. وتعتمد كفاءة عملية التجفيف على نوع الحمأة ومصدرها، فالحمأة الإبتدائية تتكون من رمل وطين ومواد خشنة بنسبة أعلى من المواد العضوية ويتم تجفيفها بسهولة وكفاءة عالية، ولكن الحمأة الثانوية وخاصة الغير مهضومة فتحتفظ بنسبة رطوبة أعلى وفى صورة متماسكة داخل خلايا الكائنات الحية، وهذا يجعل تجفيفها يحتاج إلى مدة أطول فى أحواض التجفيف أو طاقة أكبر فى التجفيف الميكانيكى.

مبادئ التجفيف الطبيعي للحمأة

يمكن إيجاز مبادئ التجفيف الطبيعى للحمأة فيما يلى:

- فصل المواد الصلبة عن السوائل فى أحواض التجفيف عن طريق البخر والترشيح.
- السماح بإنسياب الحمأة إلى أحواض التجفيف ببطء وعادة يكون عمق طبقة الحمأة حوالى ٣٠ - ٤٥ سنتيمتر، وإذا زاد سمك الطبقة عن هذا المقدار تقل سرعة جفافها لعدم تعرض جميع الجزيئات للشمس والهواء، ومن الأفضل تقليب الحمأة لزيادة كفاءة التجفيف.
- تعمل الأسطح المتساوية، وتوزيع فتحات الدخول على الأحواض على توزيع طبقة الحمأة بطريقة متساوية مما يساعد فى عمليات البخر والترشيح.
- تساعد طبقات الترشيح المكونة من الرمال الخشنة الجيدة على تجفيف الحمأة فى مدة وجيزة، حيث تسمح بمرور المياه خلال حبيبات الرمل، ويتم تصريفها بسرعة من خلال شبكة التصريف.

- تزداد كفاءة التجفيف فى الجو الحار والجاف وتقل فى الجو البارد أو الممطر أو عند زيادة الرطوبة في الجو.
- تعتمد كفاءة التجفيف على نوع الحمأة، فتجفيف الحمأة الابتدائية أسهل وأسرع من تجفيف الحمأة الثانوية نظرا لأن الحمأة الابتدائية تتكون من جزيئات المواد الصلبة منفصلة عن الماء ولكن جزيئات الحمأة الثانوية تكون متشبعة بما تحتويه من ماء، وفى مثل هذه الحالة يعتمد التجفيف على البخر، فلذلك تجف الحمأة الثانوية فى فترة أطول.
- الحمأة التى يتم تجفيفها تكثر بها الجراثيم الناقلة للأمراض والطفيليات، وتعرض العاملين بها والمستخدمين لها لكثير من الأخطار، وتكون الحمأة الخام عند جمعها متجانسة فى اللون والملمس ويلزم كمرها قبل السماح باستعمالها.

ويجب جمع الحمأة فى أكوام وتترك لفترة حوالى ٤٥ يوم حيث يتم خلالها هضم المواد العضوية القابلة للتحلل بواسطة البكتريا، ونظرا لأن هذا التفاعل يولد حرارة عالية قد تؤدى إلى حرائق، لذا يجب أن تكون أماكن تشوين الحمأة بعيدا عن المنازل والحقول والمخازن. والحمأة المهضومة يكون لونها وملمسها متجانس ورائحتها (زنخة) تشبه رائحة التراب، وبالرغم من أن كمية الجراثيم تكون قد انخفضت إلا أنها لا تزال ملوثة ويلزم التعامل معها بحرص شديد، ويكون استخدامها كسماد تحت رقابة صحية وزراعية طبقا للقوانين واللوائح المعمول بها للحماية من التلوث، ويجب أن لا تكون الأراضى التى تسمد بهذه الطريقة معرضة للفيضان حيث تغسل المياه الأملاح وتلوث المياه الجوفية وتعرض الصورة رقم (٩-١) أحد أحواض تجفيف الحمأة الشائعة الاستخدام فى مصر.

صورة رقم (٩-١)
صورة توضيحية لأحواض التجفيف

أحواض التجفيف الطبيعى

كما قلنا إن التجفيف الطبيعى يتم باستخدام أحـواض التجفيـف الرمليـة أو المعزولة أو باستخدام بحيرات التجفيف، وسنتناولهم بالشرح فيما يلى.

أحواض التجفيف الرملية

تستعمل عدة طرق لفصل المياه عن المواد الصلبة فى الحمأة، ومـن أكثـر الطرق شيوعا استخدام أحواض التجفيف حيث تنساب الحمأة على أحـواض مكونة من طبقة من الرمال الخشنة مفروشة على شبكة مواسـير تصـريف مثبتة فى قاع الحوض، وبهذه الطريقة يتم فصل المياه من المـواد الصـلبة بطريقة الترشيح والتبخير، وعند تمام جفاف الحمـأة تجمـع إمـا يـدويا أو ميكانيكيا ثم تعرض للشمس مدة كافية، ثم يتم التخلص منها نهائيا.

وتكون عملية التجفيف بإستخدام أحواض التجفيف اقتصادية فى المناطق التى تتوفر فيها مساحات رخيصة الثمن من الأراضى الصحراوية البعيـدة عـن المناطق السكنية والتجارية والتى يكون مناخها حار وجاف معظـم شـهور السنة وكمية الأمطار بها قليلة، ومصر من المنـاطق الملائمـة لإسـتعمال أحواض التجفيف كمرحلة نهائية للتخلص من الحمأة، وتعتبر هذه الطريقة أقل تكلفة من إستعمال طرق التجفيف الميكانيكى.

بحيرات تجفيف الحمأة تعتبر بحيرات التجفيف للحمأة أحد بدائل تجفيف الحمأة الرملية حيث تترك الحمأة فى بحيرات يكون سمك الحمأة فيها بين ٠,٨ – ١,٥ متر، وتترك لتتبخر المياه من الحمأة، ولكن لا ينصح باستخدام تلك البحيرات لتعدد الاحتياطات المطلوبة لتأمين وعدم وصول مياه رشح إلى المياه الجوفية ولمنع انبعاث رائحة كريهة منها وكذلك لإبعاد الحيوانات والطيور عن البحيرة.

وتستخدم هذه الطريقة فى الأرض الصخرية لتجفيف الحمأة الخام غير المعالجة أو المثبتة بالجير أو الحمأة التى تحتوى على تركيز عالى من المواد العضوية الذائبة، ومدة المكث فى البحيرة تتراوح ما بين ستة شهور إلى سنتين ويجب فى هذه الحالة إزالة المياه من السطح باستمرار وإعادتها لمحطة معالجة مياه الصرف الصحى مرة أخرى.

وهذه الطريقة مستخدمة بالفعل بمحطة معالجة أبو رواش بمحافظة البحيرة وذلك لمعالجة الحمأة الناتجة من محطتى زنين (معالجة ثانوية) وأبو رواش بمحافظة الجيزة (معالجة ابتدائية ومعالجة ثانوية)، وهى مسطحات كبيرة ولا تحتاج إلى أعمال صيانة ولا إلى تطهير حيث تعتمد على تجفيفها باستخدام الشمس والهواء، ثم استخدامها فى أغراض مختلفة تتوافق مع القوانين المنظمة لذلك.

أحواض التجفيف المعزولة (Surface Sludge Drying Beds)

بداية يجب أن نشير إلى أن أحواض التجفيف التى تستخدم الزلط والرمل وخطوط مواسير لتصريف المياه لا يمكن تنظيفها مما بها من حمأة جافة إلا يدويًا باستخدام الشوكة والجاروف، وذلك لأن استخدام أى معدة مثل اللودر داخل الحوض ستؤدى إما إلى كسر خطوط مواسير تصريف المياه أو إلى ضغط طبقة الرمال أو إلى خلط طبقتى الرمل والزلط.

ويقوم بعض العاملين فى بعض محطات المعالجة بوضع ألواح من الصاج على سطح الرمل ويستخدم معدات تتحرك على هذه الألواح لتفريغ الحمأة ميكانيكيًا، إلا أن هذه الطريقة تؤثر سلبًا على أداء أحواض التجفيف فى دوراتها التالية حيث أن العمال يقومون بإزالة هذه الألواح دون إعادة تسوية لطبقة الرمل.

ومن هنا ظهرت فكرة عزل أرضية أحواض التجفيف إما بطبقة من الخرسانة لتسهيل عملية إزالة الحمأة الجافة من الأحواض باستخدام المعدات الخفيفة مثل اللودر، ويعتبر هذا تطويرًا من أهم مميزاته إزالة الحمأة الجافة بمعدلات أسرع.

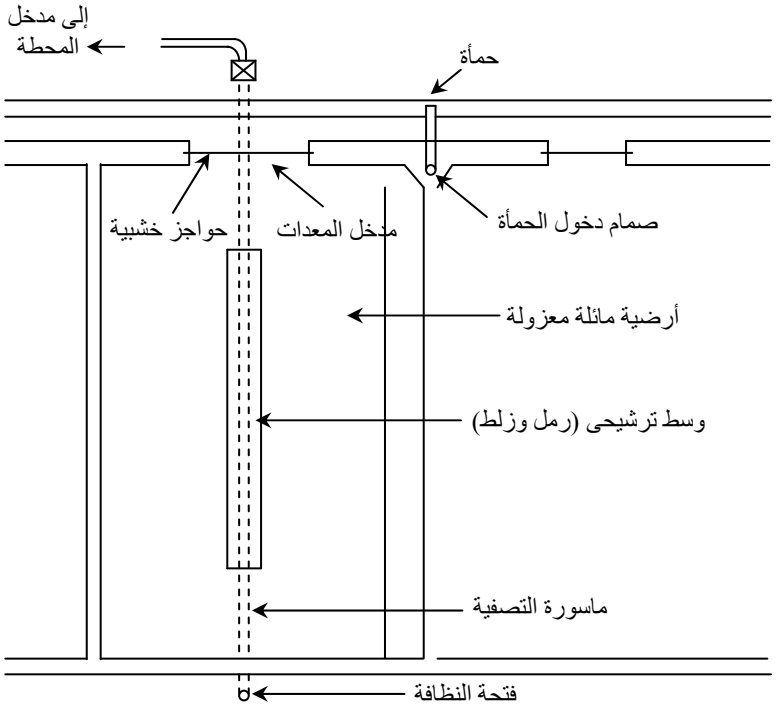
وطبقًا لأسلوب سحب المياه المنفصلة عن الحمأة فإنه يمكن تصنيف أحواض التجفيف المعزولة إلى نوعين هما أحواض التجفيف ذات شبكة الصرف السفلية والتى سنتكلم عنها بشىء من التفصيل اللازم، وأحواض التجفيف ذات منظومة الصرف العلوية.

أولاً: أحواض التجفيف المعزولة ذات شبكة الصرف السفلية

يتم تصميم أحواض تجفيف الحمأة ذات الأرضية المعزولة (المبطنة) للسماح باستخدام معدات إزالة الحمأة، ومن اعتبارات التصميم الأخرى إمكانية تجفيف الحمأة المهضومة (الخارجة من أحواض هضم الحمأة) ونزع المياه منها وتصريفها إلى خارج أحواض التجفيف كما هو واضح بالشكل رقم (٩-١١)، ويكون حوض التجفيف المبطن مستطيل الشكل يتراوح عرضه من ٦ إلى ١٥ مترًا وطوله من ٢٠ إلى ٦٠ مترًا.

وتتوقف مساحة أحواض التجفيف على حجم الحمأة التى ستنتجها محطة المعالجة وسعتها التصميمية ونوع المعالجة بها، فمحطة المعالجة الثانوية ذات السعة التصميمية ٧٥٧٠ م^3/ يوم ربما تحتاج إلى أربعة أحواض تجفيف عرض الواحد ١٢ مترًا وطوله ٤٠ مترًا. وعلى ذلك فإن محطة المعالجة ذات السعة التصميمية ٣٧٨٥٠ م^3/ يوم والتى تقوم بمعالجة مياه الصرف

الصحى بالحمأة المنشطة والتى لا يوجد ضمن مكوناتها أحواض لتركيز الحمأة قبل أحواض الهضم (Digestors) ربما تحتاج إلى عدد ٢٠ حوض تجفيف حمأة عرض كل حوض منها ١٥ مترًا وطوله ٦٠ مترًا وذلك لضمان تجفيف جيد للحمأة.

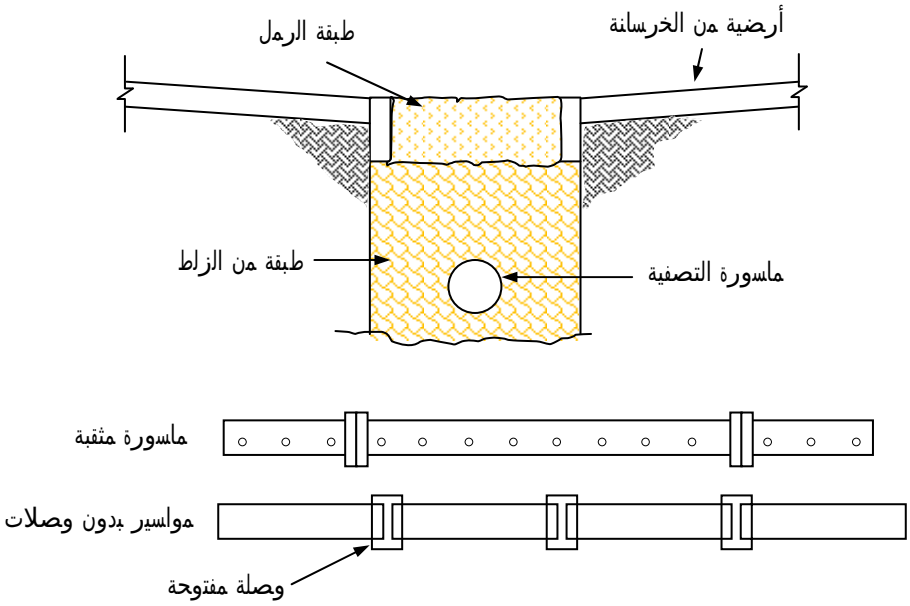


شكل رقم (٩-١١)

رسم تخطيطى لحوض تجفيف معزول

مواسير التصفية:

يتم تزويد أحواض التجفيف بمواسير لتصفية المياه ويتراوح قطر الماسورة بين ١٠٠ و ١٥٠ مم ويتم وضعها أسفل منتصف الحوض تحت مستوى أرضية الحوض بمسافة تتراوح بين ٤٥، ٧٥ سم، ومواسير التصفية هذه إما أن تكون مثقبة أو تتكون من عدة مواسير ليس بينها روابط كما هو موضح بالشكل رقم (٩-١٢) ويوضع بين كل ماسورتين شريحة مصفاة ذات ثقوب مناسبة تسمح بمرور المياه وتمنع دخول الزلط والرمل، ويوضع خط المواسير فى مجرى فى منتصف حوض التجفيف يتم ملؤها بالزلط والرمل وهما الوسط الترشيحى ليسمح بمرور المياه وحجز الرواسب.



شكل رقم (٩-١٢)

موقع مواسيراتصفية بالحوض وأنوعها المختلفة

طبة النظافة:

ويوجد فى أحد طرفى خط مواسير التصفية المتجه إلى مدخل المحطة صمام وظيفته عزل أى حوض تجفيف عن العمل ضمن المنظومة حسب متطلبات العمل، أما الطرف الآخر من خط المواسير فيتم عمل وصلة امتداد له إلى سطح الأرض مع وضع طبة لنظافة الخط عند الحاجة أو لإجراء الصيانة الدورية.

الحواجز الخشبية:

يوجد فى مدخل كل حوض فتحة اتساعها ٣,٦ متر لدخول معدات إزالة الحمأة الجافة من الحوض ويستخدم لغلق هذه الفتحة حواجز خشبية خاصة (Stop Logs) عرض كل منها ٣٠ سم وسمكها ٥ سم وهذه الحواجز الخشبية مهمتها غلق حوض التجفيف ومنع تسرب الحمأة منه أثناء امتلائه وأثناء فترة التجفيف.

ثانيًا: أحواض تجفيف بمنظومة صرف علوية Decanting System

وتستخدم هذه النوعية من الأحواض غالباً فى المناطق الحارة، ويعتمد تصميم أرضية هذه الأحواض على استخدام طبقات عازلة مثل الخرسانة العادية أو الرمل المثبت بالأسمنت (حالة محطة أبو رواش عام ١٩٩٢ قبل إنشاء التوسعات الحالية بها)، حيث يتم سحب مياه التصافى من الطبقات العلوية إما عن طريق فتحات جانبية على مناسيب مختلفة يتم التحكم فى السحب منها باستخدام بوابات، أو عن طريق مواسير رأسية داخل الحوض حيث يتم التحكم أيضا فى ارتفاعاتها وفى السحب منها.

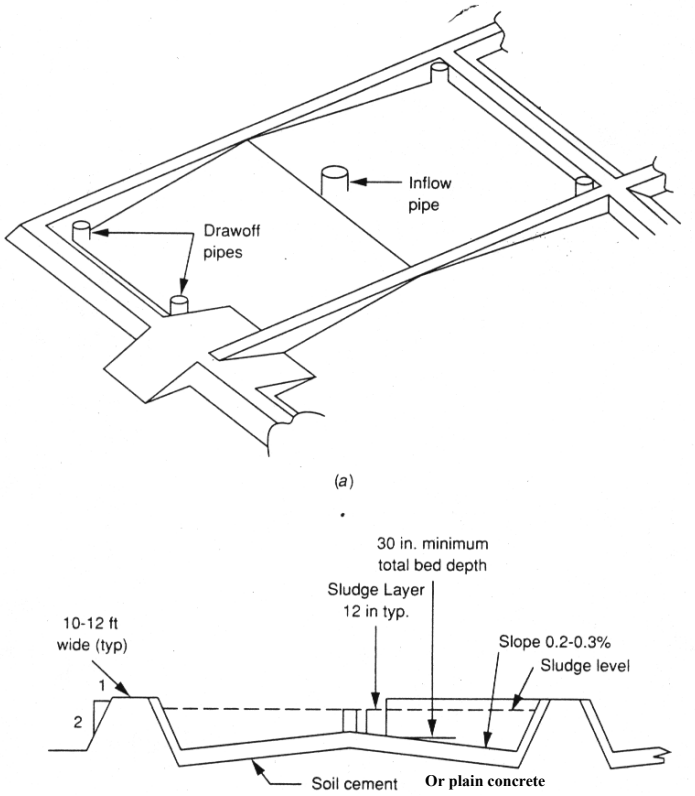
ويعتمد هذا النوع من الأحواض على نظرية التبخر للطبقات السطحية من الحمأة مع التقليب المستمر لمحتويات الحوض، ويتم تغذية الحوض بالحمأة من ماسورة فى منتصف الحوض، ولا يعتمد هذا النوع على الترشيح لعدم وجود طبقات الرمال أو الزلط حيث يعتمد فقط على سحب مياه التصافى من سطح الحوض وليس من أسفل الحوض.

وتصل كفاءة إزالة مياه التصافى فى هذه الأحواض إلى ٢٠-٣٠ % ويتراوح تركيز الحمأة الناتجة من ٤٠-٥٠ % بعد زمن بقاء يتراوح من ٣٠-٤٠ يوم وتصل طبقة الحمأة المضافة إلى ٣٠ سم، كما توجد فى قاع هذه الأحواض ميول يتم تصميمها بدقة لصرف مياه الرشح، ويوضح الشكل رقم (٩-١٣) منظرا عاما لأحواض التجفيف المعزولة ذات منظومة الصرف العلوية.

مكونات الحوض

يتكون حوض تجفيف الحمأة من المكونات الاساسية التالية:

- **طبقة الزلط**: يبلغ عمق طبقة الزلط من ١٥ – ٣٠ سم ويكـون الـزلط متساوى الحجم من ٣ – ٦ مم ويوزع الزلط فوق شبكة صـرف الميـاه بارتفاع لا يزيد عن ١٥ سم للطبقة الواحدة.
- **طبقة الرمل**: يجب أن تكون طبقة الرمل نظيفة ويكون متوسط حجم حبيباته من (٠,٥ – ٠,٧٥ مم) ويتراوح عمق الطبقة الرملية حوالى ١٥ – ٣٠ سم ويجب تسوية السطح العلوى للطبقة الرملية.



شكل رقم (٩-١٣)

أحواض التجفيف المعزولة ذات منظومة الصرف العلوية

- **شبكة الصرف**: يتم تنفيذ شبكة الصرف من مواسير الفخار المزجج أو البلاستيك مع ترك الوصلات غير ملحومة وتكون ذات قطر يتراوح من ١٠٠ مم – ١٥٠ مم وتوضع هذه المواسير على مسافات متباعدة لا تزيد عن ٦ م.
- **حوائط الأحواض**: يتم تنفيذ حوائط الحوض من الخرسانة المسلحة وبارتفاع ٤٠ سم على الأقل فوق سطح الرمل.
- **قاع الأحواض**: ينفذ قاع الأحواض من طبقة من الخرسانة العادية فى حالة وجود مياه الرشح قريبة من منسوب سطح الأحواض وفى حالة كون مياه الرشح بعيدة عن سطح الأحواض يكتفى بوضع طبقة من التربة غير المنفذة فى قاع الأحواض. (الطين الأسوانى فى حالة محطة معالجة أبو ساعد بالتبين فى عام ١٩٩٥ – المرحلة الأولى بالمحطة)

كما يمكن تنفيذ أرضية الحوض من الخرسانة المسلحة أو الخرسانة العادية التى يتم عزلها بلفائف البولى إيثلين.

عيوب أحواض التجفيف المعزولة بمنظومة صرف علوية:

تم استخدام هذا النوع من الأحواض فى توسعات محطة معالجة عرب أبو ساعد بالتبين بالقاهرة وتسببت فى مشاكل جمة لازالت قائمة مما أدى إلى امتلائها تماما وعدم جفافها، وهناك أسباب كثيرة لذلك، إلا أن نوعية الحمأة الناتجة من المحطة أو كمياتها قد تكون أحد الأسباب لفشلها، كما لا توجد بها وسيلة تقليب لزيادة سرعة البخر.

وتتركز المشكلة الحالية فى هذه الأحواض فى طفو طبقة من الحمأة التى تحتوى على نسبة عالية من الزيوت والشحومات وكذا مخلفات أحواض الراسب الرملى التى يتم كسحها من سطح هذه الأحواض مع الحمأة الناتجة من كسح سطح أحواض الترسيب الابتدائى، وتتسبب هذه الحمأة الطافية فى تقليل نسبة البخر تماما وبالتالى عدم جفاف الحمأة. كما تلاحظ أيضا تعرض مواسير سحب مياه التصافى للانسداد، وبالتالى عدم جفاف الحمأة فى الزمن التصميمى المفترض لها مما يتسبب فى تفاقم المشكلة.

كمر الحمأة

هى عملية تحلل بيولوجى للمواد العضوية، وقد استخدمت عملية الكمر لسنوات عديدة للحصول على سماد جاف منخفض الرائحة ومهضوم نسبيا، فعند كمر السماد الجاف ترتفع درجة حرارته إلى (٥٠-٧٠) درجة مئوية فتتعرض البكتيريا الممرضة للقتل، كما تهدف عملية الكمر أيضا إلى تقليل الرطوبة حيث ينخفض تركيز المواد العضوية الطيارة.

أنواع الكمر

يوجد نوعان من الكمر هما: هوائى– لاهوائى، ويتميز النظام الهوائى بانخفاض تركيز الروائح الناتجة منه مقارنة بالكمر اللاهوائى، وتتم عملية الكمر الهوائى بتقليب محتويات الحمأة أو تهويتها بمصدر هواء خارجى أو بنظام مشترك.

مراحل عملية الكمر

تمر الحمأة المكمورة على ثلاث مراحل:

- مرحلة الكمر عند درجة حرارة منخفضة (٤٠ درجة مئوية) وتسمى ميزوفيلك.
- مرحلة الكمر عند درجة حرارة مرتفعة (٤٠-٧٠ درجة مئوية) وتسمى ثرموفيلك.
- مرحلة التبريد.

وتصاحب المرحلة الأولى ظهور بكتيريا حمضية وبعض الفطريات، وتصاحب المرحلة الثانية ظهور بكتيريا أخرى تسمى بكتيريا وفطريات ثرموفيلك، وفى هذه المرحلة يتم تكسير وهضم الحمأة الجافة تماما، أما فى مرحلة التبريد فينخفض فيها نشاط البكتيريا الممرضة وتحل بكتيريا المرحلة الثانية محل بكتيريا المرحلة الأولى، مع انخفاض مستوى الرطوبة واستقرار الرقم الهيدروجينى، وتستخدم بعض المواد المساعدة فى عملية الكمر مثل قش الأرز ونشارة الخشب.

مدة الكمر

<u>عند استخدام مصدر هواء خارجى:</u>

يتم التقليب لمدة ٢٥ يوم ثم يترك ساكنا لمدة ٣٠ يوما أخرى على هيئة كومة بارتفاع ٢.٥ متر ثم تغطى بطبقة من التراب أو الرمل لعزله تماما.

<u>عند الكمر فى خنادق مكشوفة:</u>

يتم التقليب لمدة ٢٥ يوما بمعدل خمس مرات ثم يترك ٣٠ يوما أخرى مع تغطيته أيضا بالأتربة وتشون على هيئة هرم قاعدته ٣ متر وارتفاعه ١,٥ متر وتصل درجة الحرارة عندئذ إلى ٥٥ درجة مئوية.

طـرق التخلـص النهائى من الحمأة

تتميز الحمأة المجففة بارتفاع أحمالـها العضوية والميكروبية والطفيلية والتي لها القدرة على البقاء حية في البيئة لفترات طويلة وقادرة على إصابة كل من يتعرض لها، كذلك يجب الأخذ فى الاعتبار أن الحمأة قد زادت محتوياتها من الزيوت والشحوم والمنظفات الصناعية والمبيدات الحشرية ونفايات المصانع السامة والضارة والتي تتباين طبقا لنوعية الصناعة التي تولدت عنها.

ويوجد العديد من الطرق للتخلص النهائي من الحمأة، وأكثر الطرق شيوعا في التخلص النهائي من الحمأة المجففة هي استعمالها إما كسماد أو في الردم واستصلاح الأراضي أو يتم حرقها، وتعتبر الزراعة المجال الأوسع والمستفيد الأول من إعادة استخدام الحمأة المجففة كسماد بشرط معالجتها لتصل إلى المعايير المناسبة وأن تستخدم في إطار يكفل حماية البيئة والناس وتحت رقابة صارمة للرصد البيئي والصحي.

وتحتل العوامل البيئية مكانة هامة عن غيرها من العوامل التي تؤثر على نجاح استخدام الحمأة المجففة كسماد، وتتضمن هذه العوامل عدة عناصر أهمها:

أ- انتشار الميكروبات والفيروسات المرضية وقدرتها على البقاء حية ونشطة وإصابة الإنسان والحيوان، وتتوقف درجة العدوى على قدرة هذه الكائنات الممرضة على الحياة لفترة ما بين أيام حتى شهور وأعوام حسب طبيعة العامل المرضى وصفات التربة فلقد أظهرت التحاليل أن بويضات الإسكارس يمكنها أن تعيش نشطه في التربة لمدة ٧ سنوات، وبكتريا الدرن لمدة ٦ شهور، والتيفود لمدة ٧٤ يوم، ويرقة التنيا ٦ أسابيع وأميبيا الدوسنتاريا ٨ أيام.

ب- يجب توخي الحذر في المحاصيل المزمع تسميدها حيث أن الحمأة المجففة قد تحتوى على مركبات وعناصر كيماوية سامة تستطيع النباتات امتصاصها وتصبح ضارة لصحة الإنسان والحيوان عند استهلاكهم لهذه المحاصيل.

ج- يجب مراعاة ألا تكون الأرض المسمدة بالحمـأة المجففـة معرضـة للفيضان، وألا تستعمل كميات زائدة في الري وذلك لإحتـواء الحمـأة المجففة على بعض العناصر الكيميائيـة السـامة المحتمـل ذوبانهـا وتسربها إلى موارد المياه الجوفية وتلويثها.

فبعد عملية تجفيف الحمأة وتثبيت المواد العضوية بها وعندما يصل تركيز المواد الصلبة الجافة بها إلى نسبة من ٢٠ إلى ٧٥ % طبقًا للطريقة المتبعة فى محطة المعالجة، حيث يتم التخلص الآمن من الحمأة أو إعادة استخدامها للاستفادة منها. وسوف نوضح هنا أشهر الطرق التى يمكن استخدامها للتخلص الآمن من الحمأة، ثم بعد ذلك نتكلم عن الاستخدامات المفيدة لها.

أولاً: طرق التخلص الآمن من الحمأة

١. التخلص بالحرق فى أفران خاصة ذات درجات حرارة عالية لا تقل عن ٧٠٠°م والحرارة الناتجة عن حرق جزء من الحمأة تساعد على تجفيف وحرق الجزء التالى لها، وفى حالة اختيار التخلص من الحمأة بالحرق يلزم أن تلحق بالمحرقة منظومة للتخلص من الروائح والدخان والغازات الناتجة عن احتراق المواد العضوية، وذلك لحماية البيئة، أما الحرارة التى تنتج عن حرق الحمأة يمكن استخدامها لتجفيف كميات أخرى من الحمأة أو لتسخين المياه فى الغلايات مثلاً.

وفى النهاية وبعد عملية الحرق نجد الناتج عبارة عن رماد لا يزيد حجمه عن ٥ – ١٠ % من الحجم الأصلى للمواد الصلبة، ويمكن التخلص من هذا الرماد بالدفن فى باطن الأرض أو استخدامه كمحسن للتربة الزراعية.

٢. التخلص من الحمأة بالدفن فى الأرض، وفى هذه الطريقة يتم دفن الحمأة فى مدافن صحية مصممة خصيصًا لهذا الغرض حيث يتم جمع الحمأة فى حفر ثم تغطيتها بالتربة. ويتم تطبيق هذه الطريقة فى بعض الدول بنسب مختلفة تبعًا لتوفر طرق أخرى للتخلص من الحمأة، وكذلك حسب حجم الحمأة الناتجة.

ومن أهم المشاكل البيئية التى يمكن أن تسببها هذه الطريقة، تعريض المياه الجوفية والمياه السطحية للتلوث بملوثات تنقلها هذه الحمأة، وهذا

التلوث يمكن أن يتم ببساطة بأحد سببين أو كلاهما؛ إما العصارة السائلة (مياه الرشيح) التى تنتج من إنفصال وتجميع المحتوى المائى للحمأة، أو بوصول مياه الأمطار إلى هذه الحفر المدفون فيها الحمأة ثم تبدأ فى السير والتدفق نحو أقرب مصدر مائى ناقلة إليه ما تحمله من الكائنات الحية المسببة للأمراض والمعادن الثقيلة، وهنا تظهر أهمية تطبيق كل الاشتراطات التى تكفل حماية البيئة.

٣. التخلص من الحمأة فى البحر أو المحيط،

وتتم هذه الطريقة فى بعض البلدان الساحلية التى تقع على البحار والمحيطات وبشرط أن يكون المسطح المائى قريب من مكان إنتاج الحمأة ويكون كافيًا لاحتواء كميات الحمأة دون أن يكون لها تأثيرًا سلبيًا على البيئة المائية ودون أن يتم استنزاف الأكسجين الذائب فى البحر.

ويتطلب اللجوء إلى التخلص من الحمأة فى البحر أو المحيط بعض الشروط ومن أهمها أن يكون الموقع داخل البحر مناسبًا وعلى أعماق كافية وبكميات محسوبة فى كل مرة حتى لا تتسبب التيارات فى دفع الحمأة وإعادتها إلى الشواطئ مرة أخرى، أما عن كيفية وصول الحمأة إلى هذه المواقع والأعماق، فيتم إما بواسطة طلمبات تقوم بضخها أو تحميلها على سفن مخصصة لذلك تتولى نقلها إلى المواقع المحددة داخل البحر أو المحيط.

ويجب أن ندرك أن التخلص من الحمأة فى البحار أو المحيطات له آثار بيئية سلبية حيث تبين وجود بعض الكائنات الحية البرازية المسببة للأمراض فى أحد المدافن البحرية للحمأة.

ثانيًا: الاستخدامات المفيدة للحمأة

إذا علمت الاستخدامات المفيدة للحمأة الناتجة من محطات معالجة مياه الصرف الصحى، وخاصة لاحتوائها على بعض المواد العضوية التى يمكن الاستفادة منها، وأن هناك كميات هائلة من الحمأة تنتج يومياً من محطات

معالجة مياه الصرف الصحى بالقاهرة وحدها، لذا يجب على الشركات القائمة بالتشغيل الأستفادة من هذه الحمأة بدلاً من أن تكون عبئًا عليها، وسنعرض هنا ثلاثة نماذج من الاستخدامات المفيدة للحمأة:

١. استعمال الحمأة الجافة كسماد لتسميد الأرض الزراعية

نظرًا لما تحتويه الحمأة الجافة من عناصر غذائية ضرورية للنبات والتى من أهمها النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم، فإنه فى هذه الحالة يجب أن يتم التخمير الجزئى للحمأة الجافة التى نحصل عليها من أحواض التجفيف الرملية وتخزينها على هيئة أكوام مربعة بارتفاع حوالى متر، ثم نغطيها بطبقة من الرمل بسمك حوالى ٣ سم لمنع توليد الذباب على سطحها وتترك هذه الأكوام مدة حوالى ٤٠ يومًا فتتخمر جزئيًا حيث ترتفع درجة حرارتها إلى حوالى ٧٠ درجة مئوية بسبب عمل البكتيريا اللاهوائية والرطوبة الموجودة بالحمأة، وتعتبر درجة الحرارة التى تعرضت لها الحمأة عامل جيد يساعد على قتل يرقات الحشرات وقتل كثير من الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض. وهنا فقط يمكن أن تباع هذه الحمأة للمزارعين لاستخدامها بأمان كسماد حيوى للأراضى الزراعية.

٢. تصنيع السماد من الحمأة

يتم استخدام الحمأة فى تصنيع السماد للأغراض الزراعية بطريقة عملية بيولوجية هوائية. تهدف الطريقة البيولوجية المستخدمة فى صناعة السماد إلى هضم المواد العضوية الموجودة بالحمأة وتحويلها إلى مواد عضوية ثابتة ويتولد عن هذه العملية أيضًا غاز ثانى أكسيد الكربون والماء. وأشهر العمليات التى تتم لتطبيق هذه الطريقة إما فى مصانع مخصصة لذلك أو فى أرض متاحة داخل المحطة وذلك من خلال وضع الحمأة على الأرض على هيئة أكوام فى صفوف طويلة هرمية الشكل بارتفاع حوالى ١,٥ متر وعرض ٣ متر، ثم يتم تقليبها مع ما يضاف إليها من نشارة خشب أو مخلفات عضوية باستخدام معدات آلية خاصة للتقليب

وذلك حتى تصل درجة الحرارة التى تنبعث من العمليات الحيوية بفعل البكتيريا إلى ما يزيد عن ٥٠ درجة مئوية.

وباختصار شديد لكى نحصل على سماد آمن مفيد، فإنه يجب على العاملين بهذه الصناعة المراقبة الجيدة لبعض العناصر التى من أهمها الاهتمام بنسبة المغذيات فى أكوام الحمأة أى نسبة الكربون إلى النيتروجين، ثم مراعاة ضبط التهوية للوفاء باحتياجات البكتيريا، وأخيرًا مراقبة درجة الحرارة التى تلعب دورين رئيسيين فى تحلل المواد العضوية والتطهير.

٣. استخدام الحمأة فى صناعة الطوب الأسمنتى

يعتبر تطبيق استخدام الحمأة فى صناعة الطوب الأسمنتى أحد طرق التخلص من الحمأة واستخدامها فى أحد أهم أنشطة الإنسان ألا وهى صناعة المبانى، فبهذه الطريقة يتم التخلص من العناصر الثقيلة الضارة الموجودة الحمأة وإنتاج عنصر هام من عناصر إنشاء المبانى للأغراض المختلفة.

٤. استعمال الحمأة المجففة فى الردم واستصلاح الأراضي

يمكن الإستفادة من الحمأة المجففة في إستصلاح الأراضي نظرا لما تحتويه من مواد عضوية ومركبات آزوتية وفسفورية وعناصر أخرى لازمة لتغذية النباتات وجميع هذه المواد هي الأساس في خلق تربة صالحة للاستعمال ولكن يجب معرفة أن احتواء الحمأة الجافة على كمية عالية من الأملاح وأن الإستمرار في إستعمال الحمأة يؤدى إلى تراكم الأملاح في المجموع الجذري للنبات حتى لو كانت مياه الري عذبة، والأثر العكسي لإستخدام الحمأة المجففة في الردم أو إستصلاح الأراضي أثر تدريجي لا يظهر إلا بعد عدة سنوات تطول أو تقصر تبعا لما يتخذ من إجراءات سليمة للتحكم في خفض تراكم الأملاح وتركيز المعادن الثقيلة الضارة نتيجة لتلوثها بنفايات المصانع السامة مما يسبب تدهور

التربة وعدم صلاحيتها على المدى الطويل، فنجاح هذا الإستخدام وجدواه أمر يعتمد على عدة معايير نوجزها فيما يلي:

- كمية ونسبة الأملاح ومكوناتها.
- نسبة إمتصاص الصوديوم.
- درجة تركيز العناصر السامة والضارة.
- رقم الأس الأيدروجينى للتربة.
- مدى انتشار الميكروبات الممرضة والحشرات.
- مدى تلوث المياه الجوفية بما قد تحتويه الحمأة المجففة من سموم.
- نوع المحاصيل المزروعة.

التجفيف الميكانيكى للحمأة

يعد نزع المياه الموجودة بالحمأة ذو فائدة اقتصادية أكبر من ضخ الحمأة إلى أماكن التخلص منها بحالتها السائلة والهدف الرئيسى من نزع المياه من الحمأة هو تقليل الرطوبة الموجودة بالحمأة وبالتالى تقليل حجم الحمأة التى تتطلب تكلفة أقل فى التخلص النهائى منها، ويمكن التخلص من المياه الموجودة بالحمأة بطريقة طبيعية أو ميكانيكية، فمن الطرق الطبيعية التى سبق شرحها استخدام أحواض التجفيف الرملية، أما أشهر الطرق الميكانيكية التى يمكن استخدامها فى التخلص من المياه من الحمأة السائلة ما يلى:

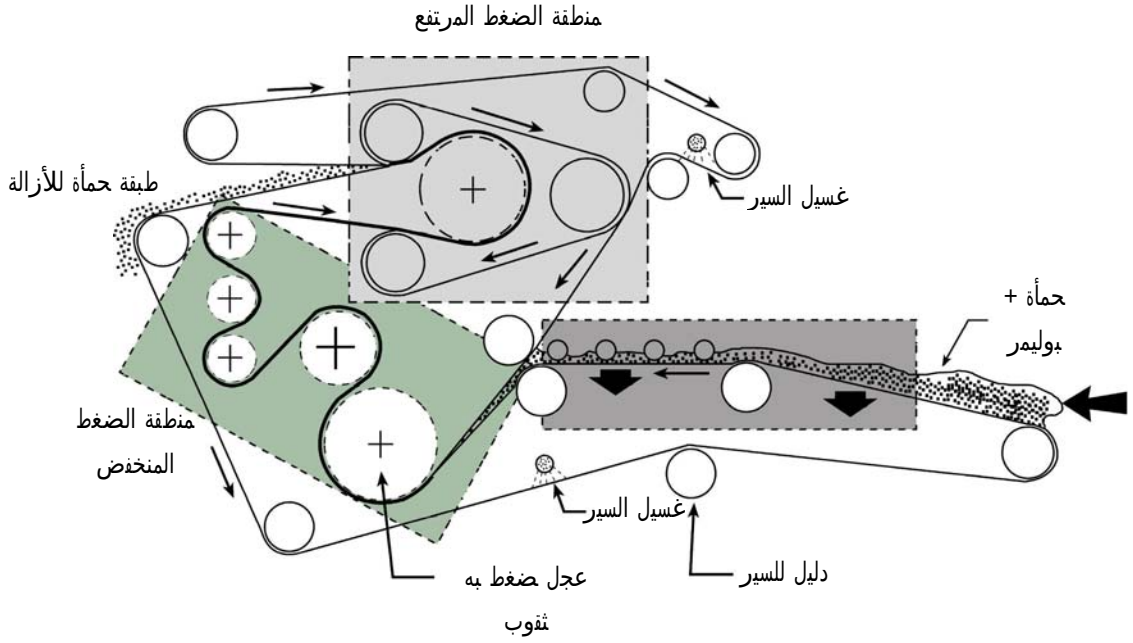
- مرشحات الضغط (Pressure Filtration)
- مرشحات خلخة الهواء (Vacuum Filtration)
- الطرد المركزى (Centrifugation)

التجفيف بمرشحات السيور المضغوطة (Belt Press Filters)

تعمل مرشحات السيور المضغوطة على تجفيف الحمأة بطريقة التغذية المستمرة باستخدام المعالجة الكيميائية وصرف المياه بالجاذبية والضغط الميكانيكى. وفى معظم مرشحات السيور المضغوطة يتم إدخال الحمأة المعالجة (المجهزة) إلى منطقة التصريف بالجاذبية حيث يتم تركيزها وفى هذه المنطقة (الوحدة) يتم التخلص من معظم الماء الحر بفعل الجاذبية، وفى

بعض الأحيان تزود مثل هذه الوحدات بجهاز تفريغ الضغط (Vacuum) الذى من شأنه تحسين الصرف وتقليل الروائح الكريهة ويلى هذه المرحلة إدخال الحمأة فى وحدة ضغط منخفض يليها وحدة ضغط عالى حيث تتعرض الحمأة إلى قوة سطحية (Shearing Force) عندما تمر السيور خلال سلسلة من الاسطوانات الدوارة، ويوضح الشكل رقم (٩-١٥) مراحل مرور الحمأة داخل مرشح السيور المضغوطة.

وبذلك فإن القوة السطحية وقوة العصر يساعدان فى التخلص من كميات إضافية من المياه، ويتم إزالة قوالب الحمأة النهائية المجففة من على السيور من خلال شفرات كاشطة.



شكل رقم (٩-١٥)

مراحل مرور الحمأة داخل مرشح السيور المضغوطة

ويتكون نظام مرشحات السيور المضغوطة عادة من عدة أجزاء: مضخات تغذية - معدات تغذية البوليمر- أحواض تجهيز الحماة - مرشح السيور المضغوطة - سيور لتحريك الحماة المجففة - أجزاء مساعدة (مضخات المياه - هواء مضغوط).

مكبس مرشح السيور المضغوطة Belt Press Filters

يستـخدم مكبس مرشح السيور المضغوطة حزاما واحدا أو حزامين متحركين لنـزح المياه من الحمأة باستمرار وتتضمن العملية أربع مراحل أساسية هى: منطقة التكييف أى تجهيز الحمأة بإضافة البوليمر ومنطقة تصـريف الميـاه بالجاذبية، ومنطقة الضغط المنخفض ومنطقة الضغط المرتفع، كما يوضـح ذلك الجدول رقم (٩-٤).

جدول رقم (٩-٤)

المراحل التشغيلية لمكبس الترشيح الحزامى

مرحلة الترشيح	وصف المرحلة
تجهيز الحمأة بإضافة البوليمر Polymer Conditioning	تتضمن خزان قرب المكبس وإسطوانة دوارة ملتصقة بالمكبس أو محقنة مستقيمة.
منطقة الصرف بالجاذبية Gravity Drain	تتضمن حزاما مسطحا أو مائلا بدرجة صغيرة، وتركز الحمأة عبر الصرف بالجاذبية للمياه الجارية، ويمكن تعزيز هذه العملية بالتفريغ.
منطقة الضغط المنخفض Low Pressure	هي المنطقة التى يلتقى فيها الحزام العلوى مع الحزام السفلى وتكون الحمأة بين الحزامين. وتحضر هذه المنطقة الحمأة بحيث تستطيع تحمل قوى القص فى منطقة الضغط المرتفع.
منطقة الضغط المرتفع High Pressure	فى هذه المرحلة تؤثر حركة الحزامين العلوى والسفلى بقوة على الحمأة خلال مرورها عبر مجموعة من الاسطوانات المتناقصة القطر وتنزع الحمأة المنتجة باستخدام ريش كاشطة.

مكبس الترشيح

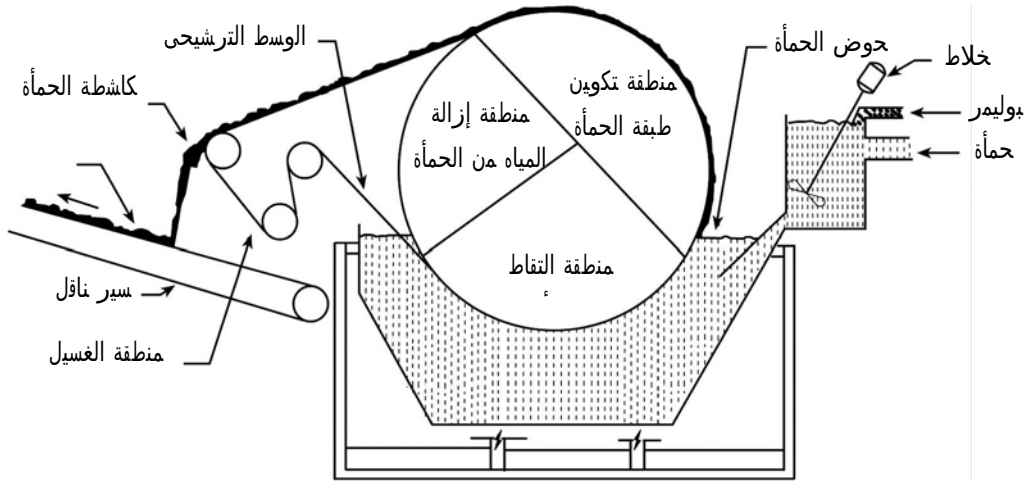
يتم نزح المياه في مكبس الترشيح تحت ضغط الحمأة ومن مميزات هذه العملية التركيز المرتفع لكتلة الحمأة المحتوية على كمية كبيرة من المواد الصلبة وصفاء الماء الناتج، غير أن النظام يتسم بالتعقيد الميكانيكي وارتفاع تكلفة التشغيل والصيانة.

ومكابس الترشيح الشائعة الاستخدام هي على حجمين: الحجم الثابت والحجم المتغير. ويتكون مكبس الترشيح ذو الحجم الثابت من مجموعة ألواح مستطيلة مسندة وجها لوجه فى وضعية عمودية على قماش مرشح معلق فوق

كل لوح، وتضخ الحمأة المكيفة فى الفراغ بين الألواح ويتم تعريضها لضغط مرتفع لمدة تتراوح بين ساعة وثلاث ساعات بحيث يخرج السائل عبر القماش وفتحات الخروج فى الألواح وبعد ذلك تفصل الألواح وتنزع الحمأة ويشبه مكبس الترشيح المجوف ذو الحجم المتغير المكبس ذا الحجم مع فارق واحد هو وجود غشاء مطاطيا بين الألواح لخفض حجم كتلة الحمأة خلال الضغط.

مرشحات خلخلة الهواء يتكون مرشح خلخة الهواء المستخدم فى نزع المياه من الحمأة من أسطوانة معدنية مثقبة الجدار تدور باستمرار بحيث يكون الجزء السفلي منها مغموراً فى حوض الحمأة المراد تجفيفه، ويغطي جدار الأسطوانة الخارجى بوسط ترشيحي يصنع من قماش من الألياف الطبيعية أو الصناعية ويزود حوض الحمأة بقلاب لتجنب ترسب الحمأة بالقاع. وتقسم الأسطوانة إلى قطاعات مستقلة عن بعضها وتقع تحت تأثير تفريغ الهواء كالتالى وكما هو موضح بالشكل رقم (٩-١٦).

- مرحلة التقاط الحمأة من الحوض (مرحلة تكون طبقة الحمأة).
- مرحلة سحب المياه من طبقة الحمأة (مرحلة التجفيف)، مع استمرار دوران الأسطوانة وخروجها من حوض الحمأة، يقل تفريغ الهواء قليلاً فيتم سحب المياه من طبقة الحمأة عبر الوسط الترشيحى ليمر خلال مواسير داخلية إلى خارج الأسطوانة.
- مرحلة فصل الحمأة الجافة: قبل نقطة انفصال الوسط الترشيحى عن الاسطوانة يقل التفريغ إلى المستوى صفر لتقليل التصاق الحمأة بالوسط الترشيحى, وعندئذ تتم إزالة طبقة الحمأة من سطح الوسط الترشيحى بواسطة كاشطة مثبتة بطول الاسطوانة ثم يدخل الوسط الترشيحى إلى منطقة الغسيل حيث تتم إزالة بواقى الحمأة منه لمنع انسداده ولتكمل الاسطوانة دورتها.



شكل رقم (٩-١٦)
مرشح يعمل بخلخلة الهواء

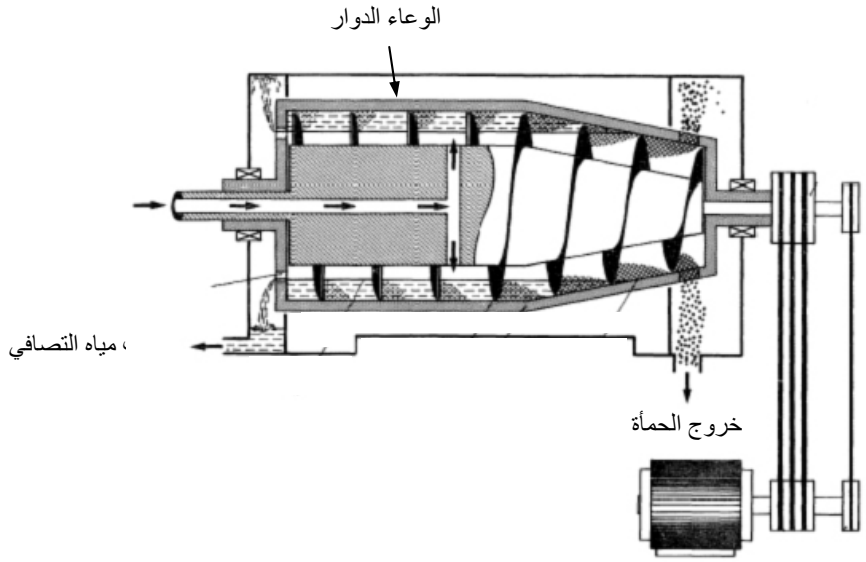
التجفيف بقوة الطرد المركزية

يستخدم هذا الأسلوب من أجل فصل السوائل ذات الكثافات المختلفة ولتركيز الحمأة وإزالة المواد الصلبة حيث تستخدم قوة الطرد المركزي لتسريع معدل الترسيب وفصل الماء. والمعدات التى تستخدم فى التجفيف بالقوى الطاردة المركزية تكون إما وعاء صلب او اسطوانة ذات جدران مسامية ويوضح الشكل (٩-١٧) آلة الطرد المركز ذات الوعاء الصلب.

أ- آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب):

فى داخل هذه الآلة يتم تغذية الوعاء الدوار بالحمأة بمعدل ثابت حيث يتم فصلها علي شكل قالب (Cake) كثيف يحتوى على المواد الصلبة وينتج سائل مخفف يحتوى على المواد الصلبة ذات الكثافة المنخفضة ويتم استرجاعه إلى وحدات معالجة مياه الصرف الصحي، أما قالب الحمأة الذى يحتوى على نسبة ٧٠-٨٠ % من الرطوبة فيتم إخراجه من الوعاء من خلال مصفاة (Screen Seeder) إلى مخروط استقبال (Hopper) أو إلى سيور ناقلة.

وتتناسب آلة الطرد المركزية مع تطبيقات عديدة فى تجفيف الحمأة وتتيح الوحدة تجفيف الحمأة بدون أى معالجة كيميائية سابقة ولكن استخدام البوليمر المناسب يؤدى إلى تحسين جودة الحمأة المجففة والسائل المخفف.



شكل رقم (٩-١٧)
آلة الطرد المركزية (الوعاء الصلب)

ب- آلة الطرد المركزية ذات الأسطوانة المثقبة

يستخدم هذا النوع من الآلات بالذات فى الوحدات الصغيرة الحجم، ويمكن استخدامها لتركيز وتجفيف الحمأة المنشطة بدون تجهيز كيميائى وبقدرة فصل للمواد الصلبة تصل إلى ٩٠ %.

وبمجرد أن تمتلىء الأسطوانة بالمواد الصلبة بعد مشوار التشغيل، تبدأ الوحدة بخفض سرعتها وفى حالة التجفيف تتم عملية الكشط قبل البدء فى التقليب والكشط عبارة عن إزالة الحمأة المبللة من الجدار الداخلى للأسطوانة وعادة يساوى حجم الحمأة المكشوطة من ١٥-٥٠% من حجم الأسطوانة ثم يتم بعد ذلك استرجاع الحمأة المشكوطة وإدخالها فى نظام المعالجة.

التجفيف بمرشحات الألواح المرصوصة المجوفة

هذه النوعية من المرشحات يتم فيها التجفيف من خلال نزع الماء من الحمأة بالقوة تحت ضغط مرتفع والتي تتميز بما يلي:

١. التركيز العالى للحمأة المجففة.
٢. نقاء الماء المرشح.
٣. قوة فصل للمواد الصلبة.

وأما عيوبها فتتمثل فيما يلي:

١. تعقيد الاجزاء الميكانيكية.
٢. ارتفاع تكلفة الكيماويات.
٣. ارتفاع تكلفة العمالة المطلوبة للتشغيل والصيانة.
٤. قصر العمر الافتراضى للنسيج المستخدم فى الترشيح.

وهناك أنواع عديدة من هذه المرشحات من أهمها مرشحات الألواح المجوفة بنوعيها الحجم الثابت والحجم المتغير.

أ- مرشحات الألواح المجوفة ذات الحجم الثابت:

وتتكون هذه المرشحات من سلسلة من الألواح المستطيلة المجوفة من الناحيتين ويتم تثبيتها وجها لوجه فى وضع رأسى على إطار به رأس متحركة وثابتة. ويتم تثبيت أو تعليق مرشح نسيجى على هذه الألواح مع ربط الألواح بعضها ببعض بحيث تقوى على تحمل الضغط المرتفع أثناء عملية الترشيح.

وأثناء التشغيل يتم ضخ الحمأة المعالجة كيميائيا فى الفراغ الموجود ما بين الألواح ثم يتم نزع الماء عن طريق وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع يتراوح ما بين ٧ - ١٥ كجم/ سم^{٢} لمدة ساعة إلى ثلاث ساعات فيخرج الماء من خلال النسيج المرشح ومجارى الألواح إلى الخارج.

ثم يتم بعد ذلك فصل الألواح وأزالة الحمأة واسترجاع الماء المرشح إلى بداية عمليات المعالجة ويتراوح سمك قوالب الحمأة المجففة من ٢٥-٣٨ مم وتتراوح نسبة الرطوبة من ٤٨ إلى ٧٠ % ويتراوح زمن الدورة الترشيحية من ساعتين إلى خمس ساعات ويشمل الوقت المستغرق فيما يلي:

١. ملء المرشح
٢. وضع الحمأة تحت ضغط مرتفع
٣. فتح المرشح
٤. الغسيل وإزالة الحمأة المجففة
٥. غلق المرشح

ويوضح الجدول رقم (٩-٥) تتبع المشاكل وحلولها لأعمال التجفيف الميكانيكى للحمأة.

جدول رقم (٩-٥)
تتبع المشاكل وحلولها لأعمال التجفيف الميكانيكى للحمأة

أ- المرشح الحزامى

المشكلة	السبب المحتمل	افحص ما يلى	الحلول الممكنة
خروج الحمأة من السير	• جرعة البوليمر غير كافية. • زيادة كبيرة فى الحمل الهيدروليكى • سرعة السير (الحزام) بطيئة جدًا • انسداد السير	• معدل تصرف البوليمر • معدل تصرف الحمأة • سرعة السير (الحزام) • معدات غسيل السير والجرعة الزائدة للبوليمر	• زود معدل جرعة البوليمر • قلل معدل تصرف الحمأة • زود سرعة السير • زود معدل غسيل السير • امنع مرور الحمأة والبوليمر ونظف السير • قلل البوليمر إذا كانت جرعته زائدة
ضعف كفاءة الترشيح	• خروج الحمأة من السير • حمأة مضغوطة بواسطة السير	• الخطوات التى أجراءها فى المشكلة السابقة • قوة شد السير • معدات غسيل السير	• الحلول التى نفذتها فى المشكلة رقم ١ السابقة • قلل قوة شد السير • اغسل السير
طبقات الحمأة رطبة جدًا	• سرعة السير عالية جدًا • قوة شد السير منخفضة جدًا • تغير فى خصائص الحمأة الداخلة	• سرعة السير • قوة شد السير • مكونات المادة الكيميائية المضافة للحمأة الداخلة	• ١. قلل سرعة السير • ٢. زود قوة شد السير • المراجعة والتحكم فى الصرف الصناعى الداخل لمحطة المعالجة • مراجعة عملية معالجة مياه الصرف الصحى بالمحطة • إعادة ضبط جرعة المادة الكيميائية المضافة • إجراء دراسة معملية للحالة لمعرفة سبب التغيرات

تابع جدول رقم (٩-٥)
تتبع المشاكل وحلولها لأعمال التجفيف الميكانيكى للحمأة

ب. مرشح التفريغ

المشكلة	السبب المحتمل	افحص ما يلى	الحلول الممكنة
فقد التفريغ	• عدم استقامة وضع الوسط الترشيحى • وجود قطع فى الوسط الترشيحى • عدم وجود حمأة فى الحوض • مشاكل فى طلمبة التفريغ	• استقامة وضع الوسط الترشيحى • سلامة الوسط الترشيحى وعدم وجود قطع به • أفقية حوض الحمأة • سلامة أداء طلمبة التفريغ	• أعد ضبط استقامة الوسط الترشيحى • قم بإصلاح السير أو استبدله • املأ الحوض بالحمأة • قم بإدارة الطلمبة أو إصلاحها
ضعف كفاءة الترشيح	• عدم استقامة وضع الوسط الترشيحى • وجود قطع فى الوسط الترشيحى • البوليمر غير كافٍ	• استقامة وضع الوسط الترشيحى • سلامة الوسط الترشيحى وعدم وجود قطع به • منظومة إضافة البوليمر	• أعد ضبط استقامة الوسط الترشيحى • قم بإصلاح السير أو استبدله • زيادة جرعة البوليمر أو تركيزها
طبقة الحمأة رطبة وإزالتها ضعيفة	• عدم استقامة وضع الوسط الترشيحى • وجود قطع فى الوسط الترشيحى • مشاكل فى طلمبة التفريغ • زيادة سرعة الاسطوانة • عدم كفاية البوليمر • تغير فى خصائص الحمأة الداخلة	• استقامة وضع الوسط الترشيحى • سلامة الوسط الترشيحى وعدم وجود قطع به • سلامة أداء طلمبة التفريغ • سرعة الاسطوانة • منظومة البوليمر • المحتويات الكيميائية فى الحمأة الداخلة	• أعد ضبط استقامة الوسط الترشيحى • قم بإصلاح السير أو استبدله • قم بإدارة الطلمبة أو إصلاحها • تقليل سرعة الاسطوانة • زود جرعة البوليمر • المراجعة والتحكم فى الصرف الصناعى الداخل للمحطة • مراجعة عملية معالجة مياه الصرف الصحى بالمحطة • أعادة ضبط قيمة جرعة الكيماويات • إجراء دراسة معملية للحالة لمعرفة سبب التغيرات

تابع جدول رقم (٩-٥)

تتبع المشاكل وحلولها لأعمال التجفيف الميكانيكى للحمأة

ب. مرشح التفريغ

المشكلة	السبب المحتمل	افحص ما يلى	الحلول الممكنة
ضعف تكون طبقة الحمأة	• عدم استقامة وضع الوسط الترشيحى • وجود قطع فى الوسط الترشيحى • مشاكل فى طلمبة التفريغ • انسداد الوسط الترشيحى	• استقامة وضع الوسط الترشيحى • سلامة الوسط الترشيحى وعدم وجود قطع به • سلامة أداء طلمبة التفريغ • حالة الوسط الترشيحى	• أعد ضبط استقامة الوسط الترشيحى • قم بإصلاح السير أو استبدله • قم بإدارة الطلمبة أو إصلاحها • نظف الوسط الترشيحى

تابع جدول رقم (٩-٥)
تتبع المشاكل وحلولها لأعمال التجفيف الميكانيكى للحمأة

ج- جهاز الطرد المركزى

المشكلة	السبب المحتمل	افحص ما يلى	الحلول الممكنة
القادوس (السلة)			
المياه الخارجة جيدة ولكن المواد الصلبة خفيفة	• زمن التغذية قصير جدًا. • معدل التغذية ضعيف جدًا.	• زمن انتهاء انسياب المياه. • معدل تدفق الحمأة.	• زيادة زمن التغذية. • زيادة معدل التغذية.
المياه الخارجة سيئة أثناء نهاية الدورة ولكن المواد الصلبة المنصرفة جيدة	• زمن التغذية كبير جدًا. • معدل التغذية مرتفع جدًا. • جرعة الكيماويات غير صحيحة.	• زمن انتهاء انسياب المياه. • معدل تدفق الحمأة. • منظومة الكيماويات.	• تقليل زمن التغذية. • تقليل معدل التغذية. • زيادة الجرعة الكيماوية.
المياه الخارجة سيئة والمواد الصلبة المتصرفة خفيفة	• تحميل مرتفع. • الكيماويات غير كافية.	• معدل التغذية وزمن انتهاء انسياب المياه. • منظومة الكيماويات.	• تقليل معدل التغذية. • زيادة الجرعة الكيماوية.
اهتزازات	• عطل ميكانيكى مثل كراسى التحميل، المحرك، أو تثبيت القاعدة. • فتحة التغذية مسدودة.	• افحص كل المعدات الميكانيكية.	• إجراءالإصلاحات الميكانيكية اللازمة. • نظافة فتحة التغذية
الناقل الدوار Scroll			
المياه الخارجة جيدة ولكن المواد الصلبة خفيفة.	• سرعة الناقل عالية جدًا. • عمق الحوض كبير جدًا.	• سرعة دوران الناقل. • عمق الحوض.	• تقليل سرعة دوران الناقل. • تقليل عمق الحوض.

تابع جدول رقم (٩-٥)
تتبع المشاكل وحلولها لأعمال التجفيف الميكانيكى للحمأة

ج-جهاز الطرد المركزى

المشكلة	السبب المحتمل	افحص ما يلى	الحلول الممكنة
المياه الخارجة سيئة ولكن المواد الصلبة الناتجة جيدة	• سرعة دوران الناقل بطيئة جدًا • الحمل الهيدروليكى كبير جدًا • عمق الحوض صغير جدًا • الجرعة الكيميائية غير صحيحة	• سرعة دوران الناقل • معدل التدفق • عمق الحوض • المنظومة الكيماوية	• زيادة سرعة الناقل • تقليل التدفق • زيادة عمق الحوض • زيادة الجرعة الكيماوية
المياه الخارجة سيئة والمواد الصلبة المنصرفة خفيفة.	• سرعة الوعاء بطيئة جدًا • التحميل عالى جدًا • الكيماويات غير كافية • سرعة الناقل وعمق الحوض غير مناسب.	• سرعة دوران الوعاء • معدل التدفق • منظومة الكيماويات • سرعة دوران الناقل وعمق الحوض	• زيادة سرعة الوعاء • تقليل معدل التدفق • زيادة جرعة الكيماويات • تغيير سرعة دوران الناقل وعمق الحوض
فونية القرص (الديسك)			
المياه الخارجة جيد ولكن المواد الصلبة المنصرفة خفيفة	• مقاس وعدد الفوانى كبير جدًا	• الفوانى	• تقليل عدد أو مقاس الفوانى
المياه الخارجة سيئة ولكن المواد الصلبة المنصرفة جيدة	• مقاس وعدد الفوانى كبير جدًا • التحميل الهيدروليكى مرتفع جدًا	• الفوانى • معدل التدفق	• زيادة عدد أو مقاس الفوانى • تقليل معدل التدفق
اهتزازات	• أعطال ميكانيكية مثل كراسى التحميل، المحرك، أو تثبيت القاعدة • انسداد الفوانى	• المعدات الميكانيكية • الفوانى	• إجراء الإصلاحات الميكانيكية اللازمة • تنظيف الفوانى

سجلات التشغيل نوضح فيما يلي بعض نماذج سجلات التشغيل لكلٍ من أحواض تركيز وأحواض تجفيف الحمأة بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي.

سجل تشغيل أحواض تركيز الحمأة

العمالة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة

الوردية	رقم الحوض	دورات ضخ الحمأة الخام				دورات سحب الحمأة المركزة				الوحدات العاطلة	
		1 من – إلى	2 من – إلى	3 من – إلى	4 من – إلى	1 من – إلى	2 من – إلى	3 من – إلى	4 من – إلى	رقم الحوض	سبب العطل
الوردية الأولى											
الوردية الثانية											
الوردية الثالثة											

الوردية	كمية الحمأة الخام ($م^3$)	كمية الحمأة المركزة ($م^3$)	تصرفات السائل الرائق	مدة المكوث بالأحواض
الأولى				
الثانية				
الثالثة				
الإجمالي				

ملاحظات الورادي

.....

.....

.....

.....

..... **توقيع**

سجل تشغيل أحواض تجفيف الحمأة

العمالة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة

الوردية	نشر وتوزيع الحمأة السائلة على أحواض الترسيب							الحمأة الجافة المزالة	
	رقم الحوض	بداية الفتح عليه	زمن ضخ الحمأة		مدة الضخ (دقيقة)	حجم الحمأة الواردة المركزة (م٣)	تركيز الحمأة الواردة	رقم الحوض	كمية الحمأة المنتجة (م٣)
			من	إلى					
الأولى									
الثانية									
الثالثة									

- كمية الحمأة السائلة الواردة خلال اليوم( ) م٣/ اليوم
- كمية الحمأة الجافة المنتجة ( ) م٣/ اليوم
- عدد الأحواض الممتلئة بالحمأة ( ) حوض
- عدد الأحواض الجافة ( ) حوض
- عدد الأحواض الفارغة ( ) حوض
- عدد الكومات المشونة بمخزن السماد ( ) كومة
- عدد الأحواض الخارجة من الخدمة ( ) سبب الخروج .....

.....

.....

ملاحظات الورادي

.....

.....

.....

.....

..... **توقيع**

المعايير والقوانين البيئية الحاكمة لتداول الحمأة

قرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
رقم (٢١٤) لسنة ١٩٩٧ فى شأن إصدار اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والإستخدام الآمن للحمأة

السيد الدكتور وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية.

أنه بعد الاطلاع على القانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ فى شأن صرف المخلفات السائلة ولائحته التنفيذية.
والقانون رقم ٤ لسنة ١٩٩٤ ولائحته التنفيذية.
وعلى قرار وزير الإسكان والمرافق رقم "٣٣٩" لسنة ١٩٩٥ والقرار المعدل له رقم "٦٥" لسنة ١٩٩٧ بشأن تشكيل لجنة قيادية عليا لدراسة إعادة استخدام الحمأة المنتجة من محطات الصرف الصحى.
وموافقة وزير الصحة على إصدار اللائحة التطبيقية الخاصة بتداول والاستخدام الآمن للحمأة.

قرر

مادة أولى:

الموافقة على إصدار اللائحة التطبيقية الخاصة بالتداول والاستخدام الآمن للحمأة.

مادة ثانية:

تنشر هذه اللائحة على الجهات المختصة بإنتاج الحمأة والجهات المستخدمة لها فى الزراعة والجهات الرقابية المسئولة عن الصحة والبيئة ويتم العمل بها من تاريخ إصدارها.

الفصل الأول
اللائحة التطبيقية لاستخدام الحمأة كمخصب زراعي

عام:

١. تصدر هذه اللائحة بناء على توصيات اللجنة القيادية العليا المشرفة على دراسة استخدام الحمأة فى الزراعة والمشكلة بقرار السيد المهندس/ وزير الإسكان والمرافق رقم "٣٣٩" لعام ١٩٩٥.

٢. يتم العمل بهذه اللائحة مرحليا بغرض وضع الاشتراطات والمعايير لاستخدام الحمأة فى الزراعة لحين نهو الدراسة التى تجرى بمنحة من بنك الاستثمار الأوربي، والتى تشمل تقييم إعادة استخدام الحمأة من خلال تجارب حقلية تمتد لمدة ثلاث سنوات، وينتهي العمل بهذه اللائحة بصدور اللائحة الدائمة بقرار من اللجنة القيادية العليا وباعتماد السيد الدكتور/ وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية.

٣. استرشد فى إعداد هذه اللائحة بالمعايير الموضوعة بواسطة منظمة حماية البيئة فى الولايات المتحدة الأمريكية.

٤. على الجهات المعنية بإنتاج الحمأة والزراعة والبيئة والصحة مراعاة الآتي كل فيما يخصه:

- المتابعة الدورية وإجراء التحاليل السنوية اللازمة للتأكد من أن مدى تراكم المعادن الثقيلة فى الحمأة والتربة والنباتات فى الحدود البيئية والصحية المسموح بها.
- إجراء تحاليل دورية للتأكد من محتوى الكائنات الممرضة بكل من الحمأة والتربة والنباتات واتخاذ كافة الإجراءات اللازمة طبقا لما تسفر عنه نتائج هذه التحاليل.
- الرصد الدورى لمصادر المياه السطحية والجوفية ومنتجات المزارع للتأكد من عدم تأثرها باستخدام الحمأة.
- تؤخذ العينات ويتم التحليل طبقا للطرق القياسية مع تحديد المكلف بأخذ العينة من كل جهة والمعامل المصرح فيها بالتحليل.

تعريفات عامة:

الحمأة:

المقصود بالحمأة هو المخلف المترسب الناتج من محطات معالجة الصرف الصحى، ويمكن استخدام هذه الحمأة كمخصب للتربة الزراعية بشرط مطابقتها للمعايير الموضحة بالفصل الثانى من هذه اللائحة.

خصائص الحمأة:

الحمأة الابتدائية:

هى المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الابتدائى ذات لون رمادي غامق يميل للأسود وهى خفيفة القوام كريهة الرائحة وتحتوى على مواد عضوية ذائبة وعالقة وعلى العديد من الكائنات الممرضة (Pathogens) مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات.

الحمأة الثانوية:

هى المخلفات المترسبة بأحواض الترسيب الثانوى وهى ذات لون بنى خفيفة القوام تحتوى على كتل بيولوجية والعديد من الكائنات الممرضة مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات وغيرها.

الحمأة الآمنة:

هى الحمأة التى يمكن تداولها واستخدامها بحيث لا تضر بالصحة العامة ولا بالبيئة، وحتى تكون الحمأة آمنة يجب أن يكون تركيز المعادن الثقيلة بها فى الحدود المسموح بها، كما هو موضح بالفصل الثانى من اللائحة وأن يتم خفض محتوى الكائنات الممرضة بها للحدود الآمنة وذلك بتثبيتها بالطرق المتعارف عليها قبل تداولها.

الفصل الثانى
معايير الحمأة التى يسمح بإعادة استخدامها فى الزراعة

يصرح باستخدام الحمأة المطابقة للمعايير الآتية فى الزراعة:

أ- محتوى المعادن الثقيلة فى الحمأة الجافة لا يزيد عن الحدود الآتية:

المكونات	الرمز	حدود الحمأة الآمنة مجم/ كجم
زنك	Zn	٢٨٠٠
نحاس	Cu	١٥٠٠
نيكل	Ni	٤٢٠
كادميوم	Cd	٣٩
رصاص	Pb	٣٠٠
زئبق	Hg	١٧
كروم	Cr	١٢٠٠
موليبدنم	Mo	١٨
سلينيوم	Se	٣٦
زرنيخ	As	٤١

مع الالتزام بتطبيق نظام أخذ العينات وتحليلها حسب الطرق القياسية ويكفى تعدى محتوى عنصر واحد بالحمأة للحدود الآمنة الموضحة بالجدول عليه لحظر بيع كمية الحمأة المأخوذ منها العينة بالكامل.

ب- محتوى الكائنات الممرضة (Pathogens) لا يزيد عن الحدود الآتية:

١. أن يكون العد الإحتمالي لخلايا الكوليفورم البرازى (Fecal Coliform) أقل من ١٠٠٠ خلية لكل جرام مواد صلبة على أساس الوزن الجاف، ويكون العدد الاحتمالي للسلامونيلا أقل من ٣ خلية لكل ١٠٠ مللي عند تركيز ٤ % مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.

٢. الفيروسات (المعوية الكلية):
عدد (١) وحدة لكل ١٠٠ مللي عند تركيز ٥ % مواد صلبة على أساس الوزن الجاف.

٣. بويضات الديدان:

(الاسكارس): ١ بويضة لكل ١٠٠ مللي عند تركيز ٥ % مواد صـلبة على أساس الوزن الجاف. (ولا يسمح بتواجد أكثر من ثلاثة أجناس من بويضات الديدان).

الفصل الثالث
إرشادات لإنتاج وتداول الحمأة داخل محطات معالجة مياه الصرف الصحى

على الجهات المنتجة للحمأة مراعاة الآتي:

أولا: المعايير:

على الجهات المنتجة للحمأة مراعاة تطابق معايير الحمأة التى يتم بيعها ليعاد استخدامها فى الزراعة للمعايير الواردة بالفصل الثانى من هذه اللائحة وذلك بالقيام بالآتي:

١- تثبيت الحمأة بإحدى الطرق الآمنة مثل:
- التخمر الهوائي.
- التخمر اللاهوائى.
- المعال جة الحرارية.
- إضافة الجير.
- الكمر.

ويمكن استخدام تكنولوجيا بسيطة غير مكلفة بكمر هذه الحمأة بإضافة وخلط واحد من هذه المواد:

أ- الجير الحي.

ب- تراب الأسمنت (Cement Dust).

ج- قمامة المدن المعالجة أوليا.

د- المخلفات العضوية النباتية مثل حطب القطن وقشر الأرز وحطب الذرة وقشر الفول السوداني أو نشارة الخشب أو التبن أو مخلفات مصـانع العنب أو خلافه.

ثانيا: تداول الحمأة:

يراعى الآتي:

١. أن تملأ أحواض التجفيف بحيث لا يتوالد الذباب والبعوض والـروائح بقدر الإمكان، وذلك بأن يتم ملئها على فترات كل ٤ أيام بعمق ١٥ سم فى المرة الواحدة وأن لا يزيد العمق الكلى عن ٤٥ سم.

٢. أن تكون الأحواض معزولة عن المياه الجوفية أو مصادر المياه وأبسط طرق العزل طبقتين من الطين والرمل بنسبة دمك أكبر مـن ٩٥ % وسمك الطبقة ٢٠ سم قبل الدمك وأنه يمكن استخدام تراب الأسمنت أو الجير أو خام البانتونيت فى أعمال الدمك.

٣. عدم نقل الحمأة إلى مواقع التخزين إلا بعد الوصول لنسبة جفاف فـى حدود ٣٠ % بالوزن، مع مراعاة الشروط الآتية:
   - أن يكون قاع هذه المواقع معزولا عن المياه الجوفية.
   - أن يكون ارتفاع التخزين (التكويم) فى حدود من ٦٠ – ٨٠ سم.
   - أن تغطى أكوام الحمأة بحمأة أخرى جافة أو مواد تغطية أخـرى لمنع تكاثر الذباب.

٤. أن يتم نقل الحمأة بواسطة عربات خاصة مغطاة، على أن يتم تطهيرها وغسلها دوريا.

٥. توعية عمال الصرف الصحى المتعاملين مع الحمأة بأخطارها، ويلتزم الجميع بالآتي:
   - إرتداء الأحذية والقفازات الواقية وأن يتم تطهيرها فى كـل مـرة تستخدم فيها.
   - إجراء فحوص طبية دورية على العاملين مع إجراء التطعيم ضد أية أمراض محتملة.
   - تقديم التسهيلات الطبية السـريعة لمعالجـة أمـراض الإسـهال والمعالجة المنتظمة لمنع العدوى.
   - إصدار نشرات توعية عن استخدامات الحمأة ونوعيتها وأخطـار كل منها وتوزيع صورة منها على المستخدمين.

- إعداد نموذج بيع حمأة كالمرفق بهذه اللائحة مـع إعـلام وزارة الصحة وجهاز شئون البيئة ومكاتب الإرشاد الزراعـي كـل ٣ أشهر بصورة من هذه النماذج، نموذج رقم (٩-١).

نموذج رقم (٩-١)
بيع حمأة صالحة للاستخدام الزراعي

نموذج
بيع حمأة صالحة للاستخدام الزراعي

أسم الجهة المختصة: ..... ت: .....
أسم المشترى : ..... ت: .....
عنوان المشترى بالتفصيل: قرية ..... مركز ..... محافظة .....
نوع المحاصيل بالحيازة: .....
عدد الأفدنة: .....
كمية الحمأة: ..... متر مكعب
تحليل الحماة: ١. المعادن الثقيلة:
.....
.....
٢. كائنات ممرضة:
.....
.....
٣. نسبة الكربون إلى الآزوت فى الحماة C/N ratio
.....
.....
نوع التربة التى تصلح لها الحماة: .....
تم تحليل العينة بمعمل: ..... بتاريخ .../ ..... / ٢٠٠
المسئول عن العمل: .....

الاسم: .....
التوقيع: .....

الفصل الرابع
إرشادات استخدام الحماة فى الزراعة

يراعى عند استخدام الحمأة كمخصب عضوي فى الزراعة ما يلى:

١- أن لا تزيد كمية النيتروجين المضافة مع الحمأة عن حاجة المحصـول المزروع وأن تكون نسبة الكربون إلى الأزوت فى الحمأة فى حـدود من ١٨: ١، ١:٢٢.

٢- أن تكون معدلات الإضافة السنوية من الحمأة المعالجة الجافة كالأتي:
- أراضى **ثقيلة** القوام (طينية - جيرية) فى حدود من ٨ – ١٤ م^{٣}/ للفدان.
- أراضى **متوسطة** القوام (رملية طينية - جيرية) فى حدود من ١٠ – ١٦ م^{٣}/ للفدان.
- أراضى **خفيفة** القوام (رملية) فى حدود ١٢ - ٢٠ م^{٣}/ فدان.

٣- عدم استخدام الحمأة فى الأراضي المنزرعة بالخضراوات التى تؤكـل نيئة أو زراعة الدرنات.

٤- عدم استخدام الأراضي المنزرعة بالحمأة كمراعى للماشية والأغنام إلا بعد مرور شهرين على إضافة الحمأة.

٥- تتولى إدارات الشئون الوقائية بوزارة الصحة متابعة الحالة الصـحية للعاملين بالمزارع.

٦- عدم استخدام الحمأة أثناء هبوب الرياح وحظر استخدام الحمأة الناتجة من الصرف الصحى فى الحدائق العامة أو الملاعب التـى ترتادهـا الجماهير.

الفصل الخامس
أساليب التخلص من الحمأة الغير مطابقة

فى حال احتواء الحمأة على معادن ثقيلة أو سموم أو كائنات ممرضة تزيد عن المعايير القياسية الموضحة بالفصل الثانى من هذه اللائحة فإنه يجب ردم هذه الحمأة ردما صحيا فى حفرة ردم طبقا للمواصفات الفنية المعروفة للردم الصحى.

أو يمكن ترميدها بمحارق آمنة على أن يكون الغاز الناتج نظيفا.

وعلى أن يراعى إتخاذ كافة الاحتياطات والشروط البيئية المتعلقة فى هذا المجال.

الفصل العاشر

التحاليل المعملية الرئيسية المستخدمة فى محطات الصرف الصحى

الفصل العاشر

التحاليل المعملية الرئيسية المستخدمة فى محطات الصرف الصحى

أهداف التدريب (التعلم):

بانتهاء التدريب على أعمال هذا الفصل يكون المتدرب قادراً على أن:

١. يقوم بجمع العينات للتحاليل بطريقة سليمة.
٢. يشرح طريقة التعامل مع العينات، ويذكر أنواع العينات والفرق بينها.
٣. يذكر أنواع التجارب المعملية التى يتم إجراؤها على مياه الصرف الصحى، ويشرح الغرض من إجراء كل اختبار.
٤. يتبع الخطوات القياسية لتشغيل ومعايرة الاجهزة المستخدمة.
٥. يقوم بتجهيز الأوساط البكتريولوجية المناسبة بالمعمل.
٦. يذكر بالتفصيل خطوات إجراء كل اختبار من الاختبارات المطلوبة والقدرة على قياس التحليل معملياً.
٧. يفسر نتائج كل تجربة ومدلولاتها وتأثير ذلك على عملية المعالجة.
٨. يذكر الاحتياطات الواجب اتباعها فى المعامل عند إجراء التحاليل البكتريولوجية.
٩. يقوم بإجراء الكشف عن المجموعة القولونية وبكتريا القولون البرازى.
١٠. يفسر معنى وجود كل نوع من الكائنات الحية المختلفة فى عينات المياه عند إجراء الفحص الميكروسكوبى.

برنامج جمع العينات

إن وضع برنامج لأخذ (تجميع) وتجهيز عينات مختلفة من محطات المعالجة لتحليلها هو أمر هام ويتطلب دراية كاملة بطرق أخذ العينات وأدواتها وطرق التحليل المختلفة.

والغرض من وضع مثل هذا البرنامج هو ما يلى:

١. التأكد من أن عملية معالجة مياه الصرف الصحى تتم طبقًا لأهدافها.
٢. تحديد الكفاءة التى تعمل بها كل وحدة من وحدات المعالجة.
٣. ضبط والتحكم فى عملية المعالجة وتخفيض تكاليفها كلما أمكن ذلك.
٤. تحديد الأسباب والوحدات التى تظهر كفاءة منخفضة أو مصاعب فى تشغيلها.
٥. جمع كافة المعلومات وتسجيلها لعمل التخطيط المناسب للتوسعات المستقبلية والتطوير اللازم.

العينات الممثلة واختيار موقع أخذ العينات

إن أخذ عينة من مجرى مائى أو خزان تختلط فيه المياه خلطًا جيدًا يعتبر أمرًا يسيرًا، ولكن كثيرًا من المصادر لا تكون مياهها متجانسة أو جيدة الخلط، وبذلك فإن الحصول على عينة مماثلة متجانسة يعتمد على طريقة أخذ العينة. ويعتبر أخذ عينة مجمعة من نقاط مختلفة من نفس المصدر أفضل من أخذ عينة من نقطة واحدة، وكلما تعددت النقاط كلما كانت العينة أكثر تمثيلا، ويعتمد الحجم الذى يجب تجميعه على عدد وأنواع الاختبارات المطلوب إجراؤها.

يجب اختيار موقع يمثل تمامًا الوضع والظروف الحقيقية ويسمى (النقطة الممثلة)، ويعتمد اختيار هذا الموقع على عدة أمور:

١. تجانس العينة حيث تؤخذ من المواقع التى تختلط فيها المياه، ثم تمزج بطريقة متجانسة.
٢. يجب أن تؤخذ العينة من مكان تكون المياه فيه جارية (وليست راكدة) مثل غرف التوزيع أو من خطوط طرد الطلمبات أو من القنوات التى تحمل مياه متدفقة إلى مدخل المحطة أو من مدخل حوض الترسيب.

٣. اختيار مواقع مناسبة من حيث إمكانية قياس سرعة تدفق المياه وسهولة الوصول إليها.
٤. يجب ألا تحتوى العينة على أحجام كبيرة من المخلفات مثل قطعة زلط أو حجر أو علبة بلاستيك فارغة – لذلك تؤخذ العينات الممثلة للمياه الداخلة بعد مرور المياه خلال المصافى.
٥. تجنب أن تحتوى العينة على المواد الطافية مثل الأعشاب والطحالب لأنها لا تمثل نوعية المياه المطلوب تحليلها وعند أخذ عينة من محابس يستحسن ترك المحبس مفتوح لمدة ١٥ ثانية لتطرد المياه المخزونة فى المواسير ثم تؤخذ العينة من المياه الجارية.
٦. يجب أن يكون حجم العينة كافيًا للقيام بالتحاليل المطلوبة.
٧. يجب عمل سجل لكل عينة عند جمعها بإرفاق بطاقة عليها البيانات التالية: موقع أخذ العينة – يوم وتاريخ وساعة جمعها – اسم جامع العينة – رقم العينة والتحاليل المطلوبة، بالإضافة إلى أى بيانات أخرى يرى أنها لازمة.
٨. نظرًا لتغير بعض الخواص سريعًا مثل درجة الحرارة والأس الهيدروجينى وكمية الأكسجين الذائب فلذلك يجب أن يتم قياسها فور جمع العينة فى الموقع باستخدام الأدوات الخاصة بالتحاليل فى الموقع.
٩. يجب وضع العينة فى ثلاجة مبردة إلى درجة حرارة ٤ درجة مئوية فور أخذها لحفظها من التحلل بواسطة البكتيريا المستمر ودرجة التبريد هذه تقلل من نشاط البكتيريا وتأثيرها على النتائج.
١٠. بعض التحاليل تحتاج إلى تثبيت العينة بإضافة كيماويات خاصة فور أخذ العينة. والمعمل الكيماوى مسئول عن تجهيز زجاجات أخذ العينات وعادة يمكن الحصول على طرق تثبيت العينات من المراجع الخاصة بطرق التحليل.
١١. يجب رج الزجاجة جيدًا قبل القيام بأى تحليل وفى لحظة الاختبار حتى تحتفظ العينة بنفس تكوينها. والتهاون فى رج الزجاجة لإعادة مزج العينة يعطى نتائج خاطئة بسبب الترسيب السريع لكثير من المواد.

١٢. احرص على أن تكون أماكن أخذ العينات جيدة وسهل الوصول إليها ومحاطة بوسائل الأمان مثل وجود أسوار للحماية من السقوط.

الأدوات المستخدمة فى جمع العينات

١. إناء بلاستيك (جردل) مربوط بحبل أو سلك طوله حوالى ٤ متر.
٢. دورق من البلاستيك أو الألومنيوم ذو فوهة واسعة مثبت فى يد خشبية طويلة ويجب الامتناع عن استخدام الزجاج لتعرضه للكسر.
٣. ويفضل أيضًا استخدام أوعية من البلاستيك ذات فوهة واسعة لحفظ العينات وذلك لأن البلاستيك غير معرض للكسر مثل الزجاج ولأن الأوعية المعدنية تعمل على تلوث العينة والسبب فى اختيار الفوهة الواسعة هو سهولة عملية الغسيل والتنظيف.
٤. يجب أن تكون كل زجاجة عينة مصحوبة ببطاقة عليها جميع البيانات المطلوبة مثل التاريخ واليوم والساعة ومكان جمع العينة واسم جامع العينة ورقم العينة والتحاليل المطلوبة وخلاف ذلك مما يلزم من بيانات.
٥. يمكن استعمال جامع عينات أوتوماتيكى لأخذ العينات وفى هذه الحالة يجب على العاملين أن يتدربوا على استعمال مثل هذه الأجهزة ويتبعوا إرشادات المنتجين وخصوصًا التعليمات الخاصة بتشغيل الأجهزة وتجهيز زجاجات أخذ العينات وتنظيف أنابيب سحب العينة من الرواسب والأعشاب التى تتراكم بداخلها وتغير من صفات العينات.

أنواع العينات

يوجد نوعان من العينات وهما العينة البسيطة (Grab Sample) والعينة المركبة (Composite Sample).

١ - العينة البسيطة

هى العينة الواحدة التى تؤخذ فى أى وقت ومن أى مكان بدون برنامج زمنى محدد لكى تبين خواص مياه الصرف الصحى فى الوقت الذى أخذت فيه، ويمكن الاعتماد على العينة البسيطة فى الحالات التالية:

أ. عندما تكون المياه غير جارية بصفة مستمرة فى وحدة من وحدات المعالجة فالعينة البسيطة تعطى النتائج اللازمة.
ب. عندما تكون خواص المياه غير متغيرة.

ج. عندما نريد معرفة خواص معينة فى لحظة معينة.

د. العينة البسيطة لازمة لاختبار التحاليل التالية:

درجة الحرارة – الرقم الهيدروجينى – كمية الأكسجين الذائبة – الكلور المتبقى – التحليل البكتيريولوجى.

ويجب إجراء هذه الاختبارات بمجرد جمع العينة فلو تركت مدة ولو بسيطة فإن النتائج لن تكون ممثلة للواقع.

٢ - العينة المركبة

تسحب العينة المركبة لدراسة ظروف العينة فى فترة تشغيل كاملة، وهى عبارة عن تجميع لعينات سحبت على فترات مناسبة (كل نصف ساعة أو ساعة) من المكان المحدد عند النقطة التى يكون معدل التدفق ممثلاً تماماً لها، ثم تخلط فى نهاية المدة المحددة لتجميع العينة، وتمثل العينة المجمعة متوسط خواص المياه الملوثة خلال فترة التجميع.

وتجمع العينة المركبة فى فترات ثابتة من الزمن (على مدى أربعة وعشرون ساعة أو أقل فى اليوم) فمثلاً إذا جمعت ١٢ عينة فى إثنى عشرة ساعة تسمى العينة عينة مركبة لإثنى عشرة ساعة.

إذا كانت نوعية وكمية مياه الصرف الصحي الواردة متغيرة فيجب أن تؤخذ عينة على فترات متقاربة كل ساعة مثلاً، أما إذا كانت الأمور تسير بدون تغيير فى الكمية فيمكن أخذ عينة مرة كل ساعتين أو كل ٤ ساعات طبقًا لما يقرر المعمل الكيميائى.

ويتم تكوين العينة المركبة بخلط العينات البسيطة المأخوذة فى أوقات محددة من مأخذ واحد ثابت التدفق أو متغير التدفق، أو بأحجام محددة (مرتبطة بمعدل التدفق) من مآخذ مختلفة وينتج عن تحليل العينة المركبة قيمة متوسطة لنوعية مياه الصرف.

وتكمن المشكلة الأساسية فى العينة المركبة فى أن العينات قد تتدهور خلال فترة أخذ العينات، مما يجعل من الضرورى الحفاظ عليها وكذلك يمكن الإخفاق فى اكتشاف التغيرات السريعة فى تركيب العينة. ويمكن إجراء العينات المركبة يدويًا أو عن طريق معدات متوسطة التكلفة وقد تكون تكلفة التشغيل هامة عند أخذ العينات المركبة يدويًا ولكنها تكون أقل كثيرًا إذا تم أخذ العينات أوتوماتيكيًا.

ويمكن جمع العينات بانتظام على أساس عينة كل ساعتين وفى كل مرة يتم تسجيل معدل التصرف (المياه الداخلة) كما يجب وضع كل عينة بمجرد جمعها فى ثلاجة مبردة إلى درجة ٤ مئوية وفى نهاية المدة وهى مدة ٢٤ ساعة يبدأ بتجميع عينة واحدة مركبة مجمعة من ١٢ عينة جمعت للتحليل. ويجب أيضًا رج كل زجاجة جيدًا قبل أخذ الكمية المطلوبة لأن ترك العينات فترة من الزمن فى الثلاجة يؤدى إلى ترسيبها.

تجهيز العبوات

تكون العبوات (الأوعية) التي توضع فيها العينات مصنوعة من البولي إيثيلين، ويكون محكم الغلق أيضًا، وذلك حسب نوع التحليل المطلوب. ويجب أن يكون الوعاء سهل التنظيف، وذا فوهة واسعة، وأن يسع الحجم المطلوب من العينة.

وتتبع الخطوات التالية في غسل العبوات، وأغطيتها، المستخدمة في تجميع العينات لإجراء تحاليل المواد غير العضوية والعوامل الأخرى.

١- غسل العبوات، وأغطيتها بمنظف صناعى لا يحتوى على فوسفات وباستخدام فرشاة نظيفة.
٢- غسل العبوات الزجاجية بحمض الكروميك.
٣- غسل العبوات بالماء العادى، ثم المقطر، ثم إمرار البخار بها.
٤- قلب العبوات لتصفية الماء وتجفيفها.
٥- تعقيم العبوات المستخدمة فى تجميع عينات للفحص الميكروبيولوجي، وذلك بحفظها فى أوتوكلاف لمدة ٢٤ ساعة.

حفظ العينات يتم تحليل العينة عقب سحبها مباشرة حيث لا توجد طريقة قياسية واحدة للحفظ، وإذا تعذر إجراء الاختبارات اللازمة بعد أخذها مباشرة فيجب حفظها عند درجة حرارة ٤ºم، وذلك بوضعها فى صندوق ثلاجة عند نفس الدرجة لمدة لا تزيد عن ٢٤ ساعة، أو بوضعها فى صندوق مكسو من الداخل بألواح الزنك أو أى معدن آخر يحل محله مع إحاطة الوعاء بطبقة من نشارة الخشب أو أى مادة أخرى تقوم مقامها، ومن الثلج المجروش بحيث تبقى درجة الحرارة أقل من ٤ºم إلى نهاية مدة التجميع، ووصولها إلى المعمل للتحليل. ولا تستخدم نفس العينة للتحليل الكيميائى، والتحليل البكتريولوجى لأن طرق الحفظ تختلف.

حجم العينات لا يقل حجم العينة المأخوذة للتحليل عن ٢ لتر، ولبعض الاختبارات تسحب عينات أكبر حجماً، كما سيرد فيما بعد عند تناول اشتراطات عينات التحليل الكيميائي.

بطاقات تمييز العينات عند تجميع عينات مياه الشرب يجب لصق بطاقة تحتوى على المعلومات.

تكرارية جمع العينات يجب وضع خطة لتكرارية جمع العينات تأخذ فى الاعتبار اللوائح المنظمة المحلية بحيث تحدد تكرارية جمع العينات وقت الجمع وعدد العينات لكل مرفق على حدة حسب الظروف. ويتم تعديل هذه الخطة حسب الحاجة. وعلى العموم فإن برنامج جمع العينات واختبارها فى محطات المعالجة يعتمد على نوع المحطة والغرض من تجميع نتائج التحاليل، فقد يتطلب الأمر مثلاً:

- تتبع أنظمة التشغيل بالمحطة.
- مراقبة عمليات المعالجة بالمحطة.
- اتخاذ احتياطات وقائية بالمحطة.

سجلات العينات يلزم إعداد سجلات تبين حالة العينة كما هو موضح بالجدول رقم (١٠-١) من لحظة تجميعها وحتى نهاية تحليلها. وتسمى هذه المتابعة (سجل تسلسل الحيازة)، وتعتبر العينة تحت الوصاية لشخص ما دامت فى حوزته وتحت مسئوليته.

جدول رقم (١٠-١)
نموذج لتقرير تسلسل الحيازة للعينة

البيان	بيانات وصف العينة
رقم العينة:	
توقيع من قام بجمعها:	
تاريخ وزمن التجميع:	
موقع العينة:	
اسم من قام بنقل العينة:	
تاريخ الاستلام:	
وقت وتاريخ وصول العينة للمعمل:	
اسم مستلم العينة:	
وقت بدء تحليل العينة:	
اسم مستلم العينة للتحليل:	

استخدام أجهزة سحب العينات الأوتوماتيكية

يمكن استخدام أجهزة أوتوماتيكية فى سحب عينات مجمعة أو عينات مخطوفة تجمع على فترات زمنية أوعند طلب عينة مستمرة (Continuous Sample). وبالنسبة لسحب عينات مجمعة متناسبة زمنيًا أو متناسبة مع معدل التدفق فيستخدم جهاز أوتوماتيكى لهذا الغرض.

وفى حالة سحب عينات متناسبة مع معدل التدفق يتم تشغيل جهاز سحب العينة الأوتوماتيكى من خلال تشغيل جهاز قياس معدل التدفق الملائم له والمرتبط بتشغيله. ويمكن أيضًا فى هذه الحالة سحب العينات باستخدام جهاز أوتوماتيكى مزود بعدة قارورات بحيث يتم خلط العينات الفردية بمعرفة المفتش على اساس نسب معدل التدفق لعمل العينة المجمعة، وعادة ما يجرى جمع عينات مياه للتحاليل من محطات الصرف الصحى قبل وحدات الترسيب وبعدها وتجرى عليها اختبارات مختلفة لحساب مدى كفاءة هذه الوحدات.

التحاليل الرئيسية فى محطات معالجة مياه الصرف الصحى

بعد أن تعرفنا على أنواع العينات وطرق جمعها والمحافظة عليها سوف يتم في هذا الجزء شرح تفصيلى عن أهم التجارب التى يتم إجراؤها بمحطات المعالجة حتى يتم الوقوف على سلامة إجراءات المعالجة وخروج المياه من المحطة مطابق للمواصفات القياسية المصرية.

التحاليل الرئيسية

١. الرقم الأيدروجينى.
٢. المواد القابلة للترسيب.
٣. المواد العالقة والمتطايرة.
٤. الأكسجين المذاب.
٥. الأكسجين الحيوى المستهلك.
٦. الأكسجين الكيميائى المستهلك.
٧. التوصيل الكهربى.
٨. الشحوم والزيوت.
٩. الأمونيا.
١٠. الفوسفات.
١١. الكلور المتبقى.
١٢. القلوية.
١٣. درجة الحرارة.
١٤. معدل التنفس.
١٥. المعادن الثقيلة.

التحاليل البكتيريولوجية والفحص الميكرسكوبى

١. بكتيريا المجموعة القولونية.
٢. الطفيليات الأولية.

ويوضح الجدول رقم (١٠-٢) نوعية ودورية القياسات فى محطات المعالجة.

جدول رقم (١٠-٢)

أنواع ومعدلات الاختبارات لمياه الصرف فى محطات المعالجة

الاختبارات	المعدل	المكان
الأكسجين المذاب (DO)	يوميا	الداخل للمحطة – الخارج من المروق الابتدائى – الخارج من المرشح – السيب النهائى
المواد الصلبة القابلة للترسيب	يوميا	الداخل – بعد فاصل الرمل – الخارج من المروق الابتدائى – السيب النهائى
الرقم الايدروجينى pH	يوميا	الداخل – الخارج من المروق الابتدائى- السيب النهائى
درجة الحرارة	يوميا	الداخل – الخارج من المروق الابتدائى
الأكسجين الحيوى المستهلك BOD	مره أسبوعيا	الداخل – بعد المروق الابتدائى – السيب النهائى
الأكسجين الكيميائى المستهلك COD	مرتين أسبوعيا	الداخل – بعد المروق الابتدائى – السيب النهائى
المواد الصلبة العالقة	ثلاث مرات أسبوعيا	الداخل – بعد المروق الابتدائى – السيب النهائى
الكلور المتبقى	يوميا	السيب النهائى
بكتريا المجموعة القولونية	مرة أسبوعيا	السيب النهائى

١ - قياس الرقم الأيدروجينى (pH)

الغرض من التجربة يعتبر الرقم الأيدروجينى مقياساً للتعبير عن درجة الحامضية أو القاعدية للعينة. فعندما يكون مقدار الأس الأيدروجينى للعينة ٧ تعتبر هذه العينة متعادلة أى ليست قلوية أو حامضية. وكلما زاد الرقم من ٧ إلى ١٤ تزداد درجة قاعدية العينة، وكلما تناقص الرقم الأيدروجينى من ٧ إلى صفر تزداد درجة حموضة العينة.

الأدوات المستخدمة جهاز قياس الرقم الأيدروجينى مزود بألكترودات خاصة للقياس:

تعاير هذه الألكترودات قبل الاستعمال بمحاليل ذات رقم أيدروجينى قياسى معروف. فمثلا يوجد محلول قياسى بدرجة أس أيدروجينى ٧ وآخر بدرجة ٤,٠١ أوبدرجة ١٠، وباستخدام هذه المحاليل القياسية المعروفة يتم معايرة الجهاز وضبطه لإعداده لقياس العينات.

ونظراً لأن درجة الحرارة تؤثر على قياس درجة الأس الأيدروجينى، فجميع الأجهزة الإلكترومترية مزودة بمقياس لدرجة حرارة العينة. وقد يتم ضبط درجة حرارة العينة أتوماتيكيًا فى بعض الأجهزة الأكثر تكلفة.

جمع العينات يجب أن يقاس الرقم الهيدروجينى في موقع جمع العينة وإذا تعذر ذلك تجرى عملية القياس بأسرع ما يمكن من وقت أخذ العينة وتجمع العينة فـــى وعـــاء زجاجى أو بلاستيك نظيف وغير مطلوب إضافة مواد حافظة.

خطوات إجراء التجربة يجب استعمال كل جهاز طبقا للتعليمات المرفقة مع الجهاز، والمكتوبة بواسطة مصممى الجهاز.

ويمكن تلخيص الخطوات الأساسية لاستعمال هذه الأجهزة كما يلى:

١. تأكد أن الجهاز موصل بالتيار الكهربائى أو أن البطارية التى يعمل بها الجهاز سليمة.

٢. تأكد أن الإلكترود مملوء بمحلول كلوريد البوتاسيوم المركز حيث أن الإلكترود الجاف يفقد حساسيته ويعتبر غير صالح للاستعمال.
٣. يتم غسل الإلكترود بالماء المقطر قبل وبعد وضعه فى أى محلول أو عينة وتجفيفها.
٤. يتم ضبط الصفر الخاص بابتداء عمل الجهاز.
٥. يجب معايرة الجهاز بمحلولين أو ثلاثة محاليل قياسية.
٦. يتم غمس الإلكترود النظيف الجاف فى كأس المحلول القياسى، ويحرك مفتاح ضبط المعايرة ليطابق درجة المحلول القياسى مع درجة الحرارة المقابلة.
٧. يغسل الإلكترود بالماء المقطر ويجفف، ثم يغمس فى محلول المعايرة الثانى ويحرك مفتاح ضبط المعايرة ليطابق درجة المحلول القياسى الثانى مع درجة الحرارة المقابلة.
٨. يغسل الإلكترود بالماء المقطر ويجفف ثم يغمس فى العينة وتقرأ نتيجة الأس الأيدروجينى للعينة بعد التأكد من أن هذه القراءة مضبوطة على درجة حرارة العينة إذا كان ضبط درجة الحرارة فى الجهاز يتم يدويًا.
٩. يغسل الإلكترود بالماء المقطر ويجفف فى المكان المخصص له حتى يكون جاهزاً للاستعمال فى العينات التالية.

تفسير النتائج

يتراوح الرقم الأيدروجينى لمياه الصرف الصحى غير الملوثة بمياه صرف صناعى بين ٦,٥- ٨,٥، فإذا إزداد أو نقص الأس الأيدروجينى فى العينة عن هذا المستوى فيكون ذلك دليل على صرف مخلفات صناعية على مياه الصرف الصحى. وإذا إزداد تركيز التلوث بالمخلفات الصناعية، فإن ذلك يسبب تسمم الكائنات الحية التى تقوم بعملية تنقية مياه الصرف الصحى.

٢ - المواد الصلبة

تقدير المواد الصلبة الكلية Total Solids

يقاس محتوى مياه الصرف الصحى من المواد الصلبة الكلية بتبخير لتر واحد من المياه عند ١٠٣°م – ١٠٥°م ، ثم وزن كتلة المواد الصلبة المتبقية وتجرى هذه التجربة بنقل حجم معلوم مناسب من العينة بعد رجها جيدًا إلى بوتقة بورسلين أو كأس زجاجى سبق وزنه ويبخر المحلول باستخدام قرص تسخين حتى تمام الجفاف ثم يوضع الكأس فى فرن كهربى عند درجة حرارة ١٠٣° – ١٠٥°م لمدة ساعة على الأقل ثم يوزن الكأس ويعاد التسخين والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة الكلية (ملليجرام/ لتر)} = \frac{(\text{أ} - \text{ب}) \times ١٠٠٠}{\text{ج}}$$

حيث:

أ = وزن الكأس + الراسب

ب = وزن الكأس فارغًا

ج = حجم العينة المستخدمة بالملليلتر

قياس المواد القابلة للترسيب (Settleable Solids)

التعريف

هو تحديد مدى قابلية المواد الصلبة على الانفصال من السائل والترسيب فى حوض الترسيب، يجرى هذا الاختبار على السائل المخلوط أو الحمأة المعادة، ويتم قياس لتر واحد من العينة التى توضع فى قمع إمهوف خلال مدة زمنية معينة (ساعة مثلاً) لقياس حجم المواد القابلة للترسيب، وهو يشير إلى حجم الرواسب التى تتم إزالتها بواسطة الترسيب فى أحواض الترسيب أو المروقات أو البحيرات المهواة، وتُقرأ النتائج مباشرة من قمع إمهوف (مللى/ لتر). أو ترسم النتائج على رسم بيانى يوضح العلاقة بين النسبة المئوية والوقت.

الغرض من تجربة قياس المواد القابلة للترسيب

تحدد هذه التجربة حجم المواد الصلبة القابلة للترسيب فى لتر واحد من عينة الصرف الصحى. فإذا تم تحديد كمية المواد الراسبة فى العينة الداخلية لوحدة

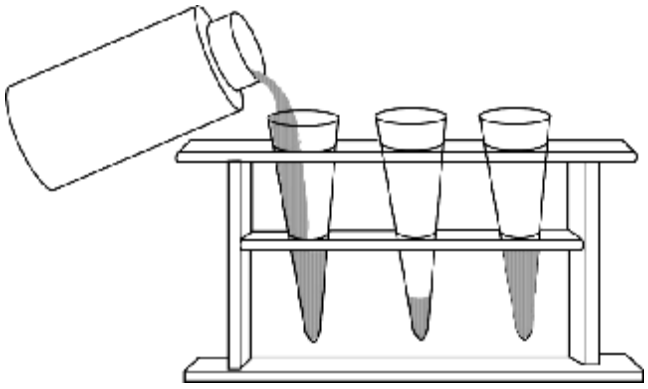
ترسيب وفى عينة أخرى خارجية يمكن بذلك حساب مدى كفاءة وحدات الترسيب فى مراحل التنقية المختلفة.

الأدوات المستخدمة

١. قمع شفاف من الزجاج أو البلاستيك سعة ١ لتر وبه تدريج من أسفل لقياس حجم المواد الراسبة، واسمه قمع إمهوف (Imhoff cone)، والموضح بالشكل رقم (١٠-١) ويثبت هذا القمع على حامل خشبى.
٢. ساق زجاجية للتقليب الخفيف.
٣. ساعة توقيت زمنية.

خطوات التجربة

١. اخلط العينة جيدًا.
٢. املأ قمع إمهوف حتى علامة اللتر.
٣. اضبط ساعة التوقيت لمدة ٤٥ دقيقة.
٤. بعد انتهاء مدة ٤٥ دقيقة، يتم تحريك العينة برفق مستخدمًا الساق الزجاجى وذلك لتمكين المواد العالقة بجدار القمع من الرسوب إلى القاع.
٥. اضبط ساعة التوقيت بجدار القمع لمدة ١٥ دقيقة إضافية.
٦. بعد تمام انتهاء مدة الساعة المحددة للترسيب يتم قراءة حجم المواد الراسبة فى قاع القمع، وتسجيل النتيجة بالمللى لتر فى اللتر



شكل رقم (١٠-١)
أقماع إمهوف

تفسير النتائج

من النتائج التى يتم الحصول عليها يمكن وصف مقدار تركيز عينة مياه الصرف الصحى كما هو موضح بالجدول رقم (١٠-٣).

جدول رقم (١٠-٣)
تركيز المواد القابلة للترسيب فى عينات مختلفة

متوسط النتيجة	مكان أخذ العينة	وصف العينة
٨ مللى لتر/ لتر	مياه صرف غير معالجة	ضعيفة التركيز
١٢ مللى لتر/ لتر	مياه صرف غير معالجة	متوسطة التركيز
٢٠ مللى لتر/ لتر	مياه صرف غير معالجة	قوية التركيز
٣ مللى لتر/ لتر	مياه معالجة ابتدائية	كفاءة مقبولة
> ٣ مللى لتر/ لتر	مياه معالجة ابتدائية	كفاءة ضعيفة
٠,٥ مللى لتر/ لتر	مياه معالجة ثانوية	كفاءة مقبولة
> ٠,٥ مللى لتر/ لتر	مياه معالجة ثانوية	كفاءة ضعيفة

تقدير المواد الصلبة القابلة للترسيب والقابلة للتطاير
Volatile Settleable Solids

يتم إجراء هذه التجربة بنقل الراسب المجمع فى قاع قمع إمهوف إلى بوتقة بورسلين سبق وزنها ثم تجفف عند درجة ١٠٣° - ١٠٥°م وتوزن ويعاد التسخين والوزن حتى ثبات الوزن لمعرفة كمية المادة القابلة للترسيب الجافة ثم تسخن البوتقة فى فرن حرق عند درجة ٥٥٠°م لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة ثم تترك لتبرد فى الهواء ثم فى مجفف ويوزن، ويعاد التسخين والتبريد والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة القابلة للترسيب المتطايرة (ملليجرام/ لتر)} = \frac{[١٠٠٠ \times (\text{أ} - \text{ب})]}{\text{د}}$$

$$\text{المواد الصلبة القابلة للترسيب الثابتة (ملليجرام/ لتر)} = \frac{[١٠٠٠ \times (\text{ب} - \text{ج})]}{\text{د}}$$

حيث:

أ = وزن الراسب الجاف من المواد القابلة للترسيب قبل الحرق – وزن الراسب من المواد القابلة للترسيب قبل الحرق بالملليجرام.

ب = وزن الراسب + البوتقة بعد الحرق بالملليجرام.

ج = وزن البوتقة فارغة بالملليجرام.

تقدير المواد الصلبة الكلية القابلة للتطاير
Total Volatile Solids

تقدر المواد الصلبة المتطايرة على أساس وزن ما يتطاير من هذه المواد بالتسخين عند درجة حرارة ٥٥٠ - ٦٠٠ °م، حيث يتم أكسدة الجزء العضوى، ويتطاير مخلفاً الجزء غير العضوى، ولا تتأثر معظم المواد غير العضوية بالتسخين عند درجة ٦٠٠°م سوى كربونات الماغنسيوم التى تتحول عند درجة ٣٥٠°م إلى أكسيد الماغنسيوم، وثانى أكسيد الكربون. وتستخدم اختبارات التطاير على المواد الصلبة فى مياه الصرف الصحى لقياس ثباتها البيولوجي والمحتوى التقريبى من المواد العضوية فى الجزء الصلب.

وتجرى هذه التجربة بنقل البوتقة أو الكأس الزجاجى المحتوى على المواد الصلبة الكلية الجافة الذى حصل عليه من التجربة السابقة إلى فرن تسخين عند درجة ٥٥٠°م ويسخن لمدة ١٥-٢٠ دقيقة ثم يترك ليبرد فى الهواء ثم فى مجفف ويوزن، ويعاد التسخين والتبريد والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة الكلية المتطايرة (ملليجرام/ لتر)} = \frac{[(\text{أ} - \text{ب}) \times ١٠٠٠]}{\text{د}}$$

$$\text{المواد الصلبة الكلية الثابتة (ملليجرام/ لتر)} = \frac{[(\text{ب} - \text{ج}) \times ١٠٠٠]}{\text{د}}$$

حيث:

أ = وزن الراسب + البوتقة قبل الحرق بالملليجرام.

ب = وزن الراسب + البوتقة بعد الحرق بالملليجرام.

ج = وزن البوتقة فارغة بالملليجرام.

د = حجم العينة بالمليلتر.

تقدير المواد الصلبة الذائبة
Dissolved Solids

ينقل حجم معلوم مناسب من العينة بعد رجها جيدًا إلى بوتقة ترشيح سبق وزنها ومتصلة بجهاز ترشيح وترشح العينة. وينقل الرشيح الى كأس زجاجى أو بوتقة بورسلين وتوضع البوتقة أو الكأس فى فرن كهربى عند درجة حرارة ١٨٠°م لمدة ساعة على الأقل ثم توزن البوتقة. يعاد التسخين والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة الذائبة (ملليجرام/ لتر)} = \frac{(\text{أ} - \text{ب}) \times ١٠٠٠}{\text{ج}}$$

حيث:

أ = وزن البوتقة + الراسب.

ب = وزن البوتقة فارغة.

ج = حجم العينة المستخدمة بالمليلتر.

تقدير المواد الصلبة الذائبة القابلة للتطاير
Volatile Dissolved Solids

تجرى هذه التجربة بنقل البوتقة أو الكأس الزجاجى المحتوى على المواد الصلبة الذائبة الكلية الجافة الذى حصل عليه من التجربة السابقة إلى فرن تسخين عند درجة ٥٥٠°م ويسخن لمدة ١٥-٢٠ دقيقة ثم يترك ليبرد فى الهواء ثم فى مجفف ويوزن، ويعاد التسخين والتبريد والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة الذائبة المتطايرة (ملليجرام/لتر)} = \frac{[١٠٠٠ \times (\text{أ} - \text{ب})]}{\text{د}}$$

$$\text{المواد الصلبة الذائبة الثابتة (ملليجرام/لتر)} = \frac{[١٠٠٠ \times (\text{ب} - \text{ج})]}{\text{د}}$$

حيث:

أ = وزن الراسب + البوتقة قبل الحرق بالملليجرام.

ب = وزن الراسب + البوتقة بعد الحرق بالملليجرام.

ج = وزن البوتقة فارغة بالملليجرام.

د = حجم العينة بالمليلتر.

تقدير المواد الصلبة العالقة
Suspended Solids

ينقل حجم معلوم مناسب من العينة بعد رجها جيدًا إلى بوتقة ترشيح سبق وزنها ومتصلة بجهاز ترشيح وترشح العينة. يغسل الراسب بقليل من الماء المقطر وتوضع البوتقة المحتوية على الراسب فى فرن كهربى عند درجة

حرارة ١٠٣ – ١٠٥°م لمدة ساعة على الأقل ثم توزن البوتقة، ثم يعاد التسخين والتبريد والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة العالقة (ملليجرام/لتر)} = \frac{(\text{أ} - \text{ب}) \times ١٠٠٠}{\text{ج}}$$

حيث :

أ = وزن البوتقة + الراسب

ب = وزن البوتقة فارغة

ج = حجم العينة المستخدمة بالملليلتر

تقدير المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير

Volatile Suspended Solids

تجرى هذه التجربة بنقل بوتقة الترشيح المحتوية على المواد الصلبة العالقة الجافة التى حصل عليها من التجربة السابقة إلى فرن تسخين عند درجة ٥٥٠°م ويسخن لمدة ١٥-٢٠ دقيقة ثم يترك ليبرد فى الهواء ثم فى مجفف ويوزن. يعاد التسخين والتبريد والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة العالقة المتطايرة (ملليجرام/لتر)} = \frac{(\text{أ} - \text{ب}) \times ١٠٠٠}{\text{د}}$$

$$\text{المواد الصلبة العالقة الثابتة (ملليجرام/لتر)} = \frac{[١٠٠٠ \times (\text{ب} - \text{ج})]}{\text{د}}$$

حيث:

أ = وزن الراسب + البوتقة قبل الحرق بالملليجرام.

ب = وزن الراسب + البوتقة بعد الحرق بالملليجرام.

ج = وزن البوتقة فارغة بالملليجرام.

د = حجم العينة بالملليلتر.

الغرض من التجربة

المواد العالقة هى الجزئيات التى يتسبب حجمها ووزنها فى عدم ترسبها بدون معالجة ثانوية أو إضافية، وبالتالى فهى كمية المواد المتبقية بعد ترسيب العينة. وعند تعيين المواد العالقة قبل وبعد عملية المعالجة يمكن تحديد كفاءة وحدات المعالجة.

الأدوات المستخدمة

١. فرن للتجفيف مضبوط على درجة حرارة ١٠٣ - ١٠٥ درجة مئوية.
٢. فرن للحرق مضبوط على درجة حرارة ٥٥٠ درجة مئوية.
٣. مضخة كهربائية لسحب الهواء للترشيح .
٤. مجفف به مواد ماصة للرطوبة (كلوريد كالسيوم أو سليكا جيل).
٥. جهاز ترشيح بوخنر مكون من قمع (Buchner) ودورق برقبة وفوهة واسعة وله ذراع جانبية متصلة بخرطوم طرفه الآخر يتصل بفرع من وصلة دورق يستعمل كمصيدة، والطرف الآخر يتصل بمضخة سحب الهواء. والغرض من المصيدة هو منع تسرب الماء المرشح من الوصول الى مضخة الترشيح.
٦. بوتقة ترشيح مكونة من قمع (Buchner) سعة ١٢٥ أو ٤٠ سم^{٣} بقطر ٢٢ مم تركب على جوان مطاطى مناسب مثبت على فوهة دورق الترشيح (Buchner).
٧. وسط للترشيح مصنوع من الألياف الزجاجية التى تتحمل الحرارة عند الحرق على درجة ٥٥٠ درجة مئوية.
٨. ميزان كهربائى حساس.
٩. ماسك معدنى.
١٠. مخبار مدرج سعة ٢٥ -٥٠ سم^{٣}.

خطوات التجربة

١. استعمل ملقاط صغير لوضع ورقة الترشيح بداخل البوتقة الصينى بحيث يكون سطح الورقة الخشن إلى أعلى.
٢. ابدأ بتشغيل مضخة سحب الهواء، واغسل ورقة الترشيح عدة مرات بالماء المقطر.
٣. ضع البوتقة المثبت بها ورقة الترشيح المغسولة فى فرن التجفيف المضبوطة على درجة ١٠٥ درجة مئوية لمدة ساعة على الأقل لتجفيفها ثم فى فرن الحرق المضبوطة على درجة ٥٥٠ درجة مئوية لمدة ساعة أخرى.
٤. ضع البوتقة فى المجفف لتبريدها.

٥. قم بوزن البوتقة وورقة الترشيح فارغة وتؤخذ القراءة إلى رابع رقم عشرى. ويجب ملاحظة تكرار عملية التجفيف والتبريد حتى تتأكد من ثبات الوزن الفارغ ويسمى "و١".
٦. قم بخلط العينة جيدا، وقياس كمية ٢٥ سم^{٣} باستعمال المخبار المدرج.
٧. بعد تركيب البوتقة على جهاز الترشيح وتشغيل مضخة السحب، قم بصب البوتقة حتى النهاية واغسل المخبار بالماء المقطر عدة مرات وتأكد من أن جميع المواد العالقة فى العينة قد تم ترشيحها ثم اغسل البوتقة ومابها عدة مرات بالماء المقطر.
٨. أوقف مضخة سحب الهواء وارفع البوتقة من جهاز الترشيح وضعها فى فرن التجفيف على زجاجة ساعة عند درجة حرارة ١٠٥° م لمدة ساعة أو أكـــثر حتى تتأكد من تمام جفافها بثبات وزنها بعد تبريدها فى المجفف.
٩. قم بوزن البوتقة المحتوية على المواد المرشحة والمجففة على درجة ١٠٥° م وتسمى هذة الوزنة "و٢".
١٠. لتعيين المواد العالقة المتطايرة، يتم وضع البوتقة باستعمال الماسك الصلب بعناية داخل فرن الحريق المضبوط على درجة ٥٥٠°م وتترك لمدة حوالى ١٥ دقيقة.
١١. أخرج البوتقة من فرن الحريق مستعملا الماسك الصلب وضعها فى المجفف لتبريدها.
١٢. أوزن البوتقة بعد تبريدها فى الميزان الكهربائى الحساس، وسجل وزن المواد الباقية بعد الحرق عند ٥٥٠ درجة مئوية وتسمى الوزنة "و٣".

طريقة الحساب

١- المواد العالقة الكلية بالملليجرام / لتر =

$$\frac{\text{وزن البوتقة عند ١٠٥°م و٢ - الوزن الفارغ و١}}{\text{حجم العينة (سم}^{٣}\text{)}} \times ١٠٠٠٠٠٠$$

٢- المواد العالقة المتطايرة بالملليجرام / لتر =

$$\frac{\text{وزن البوتقة عند ٥٥٠°م و٣ - وزن البوتقة عند ١٠٥°م و٢}}{\text{حجم العينة (سم}^{٣}\text{)}} \times ١٠٠٠٠٠٠$$

٣- النسبة المئوية للمواد العالقة المتطايرة =

$$\frac{\text{وزن المواد المتطايرة بالملليجرام / لتر}}{\text{وزن المواد الكلية بالملليجرام / لتر}} \times ١٠٠$$

تفسير النتائج تستعمل نتائج تحليل المواد المتطايرة العالقة فى حساب كفاءة وحدات التنقية كما هو مبين فى المثال التالى:

مثال:

كمية المواد العالقة الكلية فى المدخل = ٣٣٠ مجم/ لتر

كمية المواد العالقة الكلية بعد المرحلة الابتدائية = ١١٠ مجم/ لتر

كمية المواد العالقة الكلية بعد المرحلة الثانوية =٣٠ مجم/ لتر

الحل

$$\text{كفاءة محطة التنقية} = \frac{\text{المدخل - المخرج}}{\text{المدخل}} \times ١٠٠$$

$$\text{كفاءة المرحلة الابتدائية} = \frac{٣٣٠ - ١١٠}{٣٣٠} \times ١٠٠ = ٦٦,٧ \%$$

$$\text{كفاءة المرحلة الثانوية} = \frac{٣٣٠ - ٣٠}{٣٣٠} \times ١٠٠ = ٩٠,٩ \%$$

لضمان دقة هذا التحليل يجب مراعاة الاحتياطات التالية:

١. ضبط درجة حرارة الأفران.
٢. ضبط الميزان الحساس.
٣. ملاحظة أى تسرب فى عملية الترشيح بسبب عدم وضع ورقة الترشيح بالطريقة السليمة، وذلك يعطى نتائج منخفضة عن الواقع. ولمعالجة ذلك يجب وضع ورقة الترشيح وغسلها بقليل من الماء المقطر مع تشغيل مضخة الهواء حتى تثبت فى المكان الصحيح.
٤. يجب العناية بخلط زجاجة العينة جيدا قبل قياسها فى المخبار.

٥. تجهيزعدة بواتق للعمل حتى لا يحدث عطل فى حالة حدوث تسرب فى أى بوتقة أو كسر.

حساب مؤشر حجم الحمأة

هو الحجم الذى يشغله واحد جرام من الحمأة المنشطة بعد ٣٠ دقيقة من ترك واحد لتر من مياه حوض التهوية بدون حركة.

إذا أخذنا عينة من السائل المخلوط من أحواض التهوية فإن معدل الترسيب يختلف باختلاف تكوين الحمأة، فمعدل الترسيب البطىء يدل على خفة وزن الحمأة وأنها حديثة التكوين (صغيرة السن) والثقيلة فى الوزن ترسب بسرعة وتكون كبيرة السن. ولكى نتمكن من التحكم فى معدل الترسيب يجب أن نحسب معدل حجم الحمأة من المعادلة التالية:

$$\text{مؤشر حجم الحمأة} = \frac{\text{حجم الحمأة المترسبة بعد ٣٠ دقيقة ملليلتر/ اللتر}}{\text{تركيز المواد العالقة فى نفس العينة (ملجم / اللتر)}}$$

والمدى الجيد هو من (٨٠-١٢٠) سم^{٣}/ جرام

٣ - قياس الأكسجين المذاب

الأكسجين المذاب من العوامل الهامة جداً فى الأنظمة المائية، ومصدره الرئيسى هو الهواء المحيط، وعمليات التمثيل الضوئي للنباتات الخضراء. ويمكن اعتبار الأكسجين المذاب معياراً لتحديد نوعية المياه، فالمياه الملوثة بمواد عضوية يقل فيها الأكسجين المذاب، ووجود كمية مناسبة من الأكسجين فى الماء يعمل أيضاً على تنقية المياه ذاتياً.

الغرض من التجربة

تستهلك المواد الملوثة للمياه كمية من الأكسجين المذاب (Dissolved Oxygen)، فكلما زاد تركيز المواد العضوية تقل كمية الأكسجين المذاب، لذلك بقياس كمية الأكسجين المذاب يمكن تعيين درجة تركيز المواد العضوية، أى تحديد درجة التلوث، كما يمكن أيضا الحد من حدوث تآكل للطلمبات وشبكات المياه وذلك حيث أن زيادة الأكسجين تساعد على تآكل الحديد.

الأدوات المستخدمة

١. جهاز قياس الأكسجين المذاب.
٢. الإلكترود الخاص بقياس الأكسجين المذاب.
٣. زجاجة BOD سعة ٣٠٠ سم^{٣}.

خطوات التجربة

يجب أن يكون الإلكترود صالحًا للاستعمال وغير جاف وذلك بأن يكون مملوءًا بمحلول كلوريد البوتاسيوم المركز والغشاء الحساس مشدودًا ولا يوجد أى فقاعات هواء بداخله ويتم توصيل الإلكترود بالجهاز بعد التأكد من صلاحيته، ونظراً لاختلاف هذه الأجهزة، فينصح باتباع الطريقة المذكورة فى تعليمات الجهاز والمذكورة فى الكتاب المرفق مع الجهاز.

وتلخص الطريقة التالية طريقة المعايرة بطريقة استخدام الماء المشبع بالأكسجين:

١. املأ زجاجة BOD لمنتصفها بكمية من الماء.

٢. قم بتغطية الزجاجة واقلبها عدة مرات ليتشبع الماء بالهواء الذى يشغل النصف الآخر من الزجاجة.
٣. ارفع غطاء الزجاجة وضع الإلكترود فى الزجاجة.
٤. اضبط الصفر اليدوى قبل فتح الجهاز.
٥. ضع الإلكترود في عينة مياه نقية مشبعة بالهواء.
٦. اضبط مفتاح درجة الحرارة ليطابق درجة حرارة العينة.
٧. باستعمال الجدول المرافق للجهاز يتم استعمال مفتاح المعايرة ويضبط المؤشر ليقرأ تركيز الأكسجين المقابل لدرجة الحرارة المقروءة.
٨. يتم قراءة كمية الأكسجين المذاب فى أى عينة بعد عملية معايرة الجهاز بأن يوضع الإلكترود فى العينة وقراءة التركيز مباشرة على الجهاز.

يسهل استعمال هذه الأجهزة فى قراءة كمية الأكسجين المذاب فى أحواض التهوية عندما تكون هذه الأجهزة تعمل بالبطارية ومزودة بإلكترود مزود بسلك طويل ومثبت فى قضيب من الحديد لغمسه فى أحواض التهوية.

٤ - قياس الأكسجين الحيوى المستهلك

الغرض من التجربة يحدد قياس الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) بطريقة غير مباشرة تركيز المواد العضوية فى مياه الصرف الصحى، وذلك بقياس كمية الأكسجين المذاب قبل وبعد مدة خمسة أيام تحضين داخل حضانة مضبوطة عند درجة ٢٠°م، ومن قياس كمية الأكسجين المستهلك بواسطة الكائنات الحية يمكن حساب تركيز المواد العضوية بالعينة.

الأدوات المستخدمة

١. زجاجات (BOD) سعة ٣٠٠ سم^{٣} بغطاء غاطس وفوقه غطاء بلاستيك.
٢. حضانة مضبوطة على درجة حرارة ٢٠° م.
٣. مخبار مدرج سعة ٢٥٠ سم٣.
٤. ماصة سعة ١٠ سم٣.
٥. جهاز قياس الأكسجين المذاب أوالأدوات المستخدمة فى قياس الأكسجين بطريقة "ونكلر".

الكيماويات المستعملة

١. محلول الفوسفات.
٢. محلول كبريتات الماغنسيوم.
٣. محلول كلوريد الكالسيوم.
٤. محلول كلوريد الحديديك.
٥. مياه التخفيف.

خطوات التجربة

١. تأكد من أن الأس الأيدروجينى للعينة يتراوح بين ٦,٥ – ٧,٥ درجة وإلا يجب إعادة ضبط الأس الأيدروجينى باستخدام المحلول المخفف من حامض الكبريتيك أو أيدروكسيد البوتاسيوم حسب الحاجة.
٢. يجب أن تكون العينة خالية من الكلور الحر.
٣. يتم اختيار حجم العينة المناسب لخلطه مع مياه التخفيف طبقاً للجدول رقم (١٠-٤).

٤. من الأفضل اختيار تخفيف مزدوج للتأكد من تطابق النتائج، وفى حالة المخلفات الصناعية عندما يحتمل أن يزداد تركيز (BOD)، فإنه يمكن استخدام (٠,١) من حجم العينات التى تخفف. وبذلك يمكن اختبار عينات من تركيز ١٠٠٠ - ٣٠٠٠ ملجم/ لتر. ويجب مراعاة أن يبقى فى العينة ١-٢ ملجم/ لتر أكسجين مذاب غير مستهلك بعد مدة خمسة أيام تحضين لكى تكون صحة النتائج مضمونة.

٥. يتم ملء زجاجة (BOD) إلى نصفها تقريبًا بمياه التخفيف ثم أضف إليها الحجم المختار من العينة، وتكمل الزجاجة بمياه التخفيف بدون أن تسمح لفقاعات الهواء من الاحتباس فى الزجاجة، وبعد ذلك يوضع غطاء الزجاجة برفق وفوقه غطاء البلاستيك.

جدول رقم (١٠-٤)

العلاقة بين حجم العينة المطلوب تخفيفها وكمية الأكسجين الحيوى المستهلك

حجم العينة المطلوب تخفيفها إلى ٣٠٠ سم^3	الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) ملجم/ لتر
٣ سم^3	٢١٠ - ٥٦٠
٦ سم^3	١٠٥ - ٢٨٠
٩ سم^3	٧٠ - ١٨٧
١٢ سم^3	٥٣ - ١٤٠
١٥ سم^3	٤٢ - ١١٢
١٨ سم^3	٣٥ - ٩٤
٢١ سم^3	٣٠ - ٨٠
٢٤ سم^3	٢٦ - ٧٠
٢٧ سم^3	٢٤ - ٦٢
٣٠ سم^3	٢١ - ٥٦
٤٥ سم^3	١٤ - ٣٧
٦٠ سم^3	١١ - ٢٨
٧٥ سم^3	٨ - ٢٢

٦. بنفس الطريقة يتم تحضير زجاجتين (BOD) بدون عينة، توضع واحدة منهما فى الحضانة مع الزجاجتين التى تحتوى الأولى منهما على العينات، وتستعمل الأخرى لقياس مقدار الأكسجين المذاب فيها فى بداية التجربة.

٧. بعد مدة التحضين (خمسة أيام) يتم قياس كمية الأكسجين المذاب فى كل زجاجة.

٨. يسجل مقدار الفرق فى تركيز الأكسجين النهائى عن الابتدائى.

طريقة الحساب:

تركيز الأكسجين فى بداية التجربة = أ ملجم/ لتر

تركيز الأكسجين فى نهاية مدة التحضين = ب ملجم/ لتر

كمية (BOD) فى العينة = نسبة التخفيف × (أ - ب) ملجم/ لتر

٥ - قياس الأكسجين المستهلك كيميائيًا

قياس الأكسجين المستهلك كيميائيا والمكافىء للمواد العضوية الكلية بمياه الصرف الصحى (COD) "Chemical Oxygen Demand".

الغرض من التجربة

يمكن أكسدة جميع المواد العضوية فى عينة المياه بواسطة ثنائى كرومات البوتاسيوم المحمضة بحامض الكبريتيك فى وجود كبريتات الفضة كحافز للتفاعل وكبريتات الزئبق لإزالة تأثير الكلور إذا وجد. ويستغرق إتمام هذه التجربة مدة ٣-٤ ساعات ولذلك تتميز هذه الطريقة الكيماوية بالسرعة وعدم الانتظار لمدة الخمسة أيام اللازمة لتجربة (BOD).

ولكن من الضرورى ملاحظة أن هذه التجربة هى مقياس لجميع المواد العضوية فى العينة وليست فقط كمية المواد العضوية التى تستهلك بواسطة الكائنات الحية. وعند عدم وجود مخلفات صناعية يمكن وجود علاقة بين (COD) وكمية (BOD)، فعادة تكون قيمة (COD) ضعف (BOD).

الأدوات المستخدمة

١. مخبار مدرج سعة ٥٠ سم^3.
٢. ماصة ١٠ سم^3 بطرف واسع للعينة.
٣. ماصة ١٠ سم^3.
٤. كرات زجاج (مادة موزعة للحرارة).
٥. كأس مخروطى ٢٥٠ سم^3 مركب على فوهته مكثف (Reflux).
٦. دورق عيارى ١ لتر.
٧. سخان كهربائى بضابط حرارى منظم من ١٥٠-٣٠٠°م.
٨. سحاحة مدرجة ٥٠ سم^3 وحامل للسحاحة.
٩. دورق مخروطى.

الكيماويات المستعملة

١. محلول قياسى من ثنائى كرومات البوتاسيوم قوة ٠,٠٢٥ ع.
٢. محلول كبريتات الفضة فى حامض الكبريتيك المركز.
٣. كاشف الفريون (Ferrion indicator So1).
٤. كبريتات الحديدوز النوشادرى ٠,٢٥ عيارى.

خطوات التجربة

١. قم بتجهيز الدوارق والمكثفات ووصلات مياه التبريد للمكثف.
٢. ضع العينة فى الدورق بواسطة ماصة واسعة الفوهة (وهى عادة حوالى ١-٥ سم^3 بعد رج زجاجة العينة جيداً).
٣. أضف لدورق العينة بعض كرات الزجاج (لتوزيع الحرارة).
٤. أضف ٠,٤ جرام كبريتات الزئبق، واستكمل حجم العينة حتى ١٥ سم^3 بالماء المقطر.
٥. أضف بكل دقة ١٠سم^3 من محلول ثنائى كرومات البوتاسيوم العيارى.
٦. أضف مقدار ٣٠ سم^3 من خليط حامض الكبريتيك وكبريتات الفضة بواسطة استعمال المخبار على جدران الدورق من الداخل مع ملاحظة توجيه فوهة الدورق بعيدًا عن ملابسك ووجهك، أى فى الاتجاه المضاد، ويترك حتى يبرد.
٧. يتم تركيب الدورق فى المكثف وعلى سطح السخان الكهربائى، ولاحظ أن مياه التبريد تمر فى المكثف.
٨. ابدأ رفع درجة الحرارة الى ١٥٠°م.
٩. ابدأ بتجهيز "البلانك" الذى يشمل جميع الخطوات السابقة (الخطوات من (١-٨) ماعدا وضع العينة (الخطوة رقم ٢).
١٠. بعد مرور ساعة من الزمن على التسخين فى درجة حرارة ١٥٠°م ارفع درجة الحرارة لمدة ساعة أخرى مع استمرار مراقبة عملية التبريد.
١١. يغلق السخان وتترك الأجهزة لتبرد مع مراقبة استمرار سريان مياه التبريد.
١٢. بواسطة زجاجة الغسيل بالمياه المقطرة اغسل المكثف من أعلى لضمان مرور البخار من المكثف الى الدورق.

١٣. ترفع الدوارق برفق وتفصل عن المكثفات ويتم تبريدها ثم تكمل حتى يصل الحجم الى ١٤٠ سم^{٣} بالماء المقطر.
١٤. ابدأ بعملية المعايرة مع كبريتات الحديدوز النوشادرية القياسية، مع استخدام كاشف الفريون الذى يغير اللون من اللون الأصفر الى اللون البنى المحمر.

طريقة الحساب

تركيز COD (ملجم/ لتر) =

$$\frac{\text{قراءة العينة - قراءة البلانك}}{\text{حجم العينة}} \times ٨٠٠٠ \times \text{عيارية كبريتات الحديدوز النشادرية}$$

ضمان جودة النتائج

للتأكد من صحة النتائج يتم استخدام محلول قياسي معلوم التركيز (COD) مثل محلول فيثالات البوتاسيوم الحامضية حيث تحتوى على ٥٠٠ ملجم/ لتر (COD) (وتحضر بإذابة ٠,٤٢٥ جرام من ميثالات البوتاسيوم الحامضية المجففة عند درجة حرارة ١٢٠° م فى ماء مقطر يكمل الى ١ لتر).

ويعامل هذا المحلول معاملة العينة تماما بإضافة ٢٠سم^{٣} منه وتتم الأكسدة والمعايرة وحساب (COD) ويعد هذا بمثابة مراقبة جودة التحاليل.

٦ - التوصيل الكهربى

أساس القياس تتفاوت قيمة التوصيل الكهربى للعينة حسب مصدرها نتيجة وجود بعض الأملاح المعدنية الذائبة. ويمكن استخدام قيم التوصيل الكهربى فى معرفة كمية المواد الذائبة، ومعامل التحويل يتراوح بين ٠,٦٥ إلى ٠,٩. وعند ضرب قيمة التوصيل الكهربى (ميكروسيمنز أو ميكروموه/ سم) فى هذا المعامل ينتج كمية المواد الذائبة (ملجم/ لتر).

الأدوات المستخدمة جهاز قياس التوصيل الكهربى (conductometer)

الاحتياطات

١. تحفظ الخلية أو أقطاب التوصيل فى ماء مقطر فى فترة عدم الاستخدام.
٢. تسجل درجة الحرارة ويجرى تصحيح للقيم المقروءة.
٣. تجرى معايرة للخلية المستخدمة.
٤. يستخدم ماء توصيل (Conductivity Water) عند تحضير المحاليل القياسية.
٥. يجرى قياس التوصيل بأسرع ما يمكن.

طريقة الحساب

$$\text{Conductivity at } 25°C = \frac{\text{Conductivity Reading (ms/m or } \mu \text{ mho/cm)}}{1 + 0.0191\ (T-25)}$$

حيث:

T هى درجة الحرارة التى يجرى عندها القياس.

وحدة القياس: milli Siemens / meter or micro siemens/ cm

تفسير النتائج هو رقم للتعبير عن قابلية المحلول المائى على توصيل التيار الكهربى، وهذه القدرة تعتمد على وجود الأملاح، وتركيزها، وتكافؤات أيوناتها ويتراوح التوصيل الكهربى للمياه النقية من ٥٠ إلى ١٥٠٠ مللى موه/ سم.

٧- الزيوت والشحوم

الغرض من التجربة تعرف الزيوت والشحوم على أنها مواد عضوية يمكن استخلاصها باستخدام مذيب عضوى مثل الكلوروفورم أو ثنائى كلوروميثان أو الإثير البترولى أو أى مذيب آخر، وتأتى الزيوت والشحوم بأنواعها نتيجة النشاطات المختلفة للإنسان فى مجتمعاته السكانية.

ويساعد تقدير الشحوم والزيوت فى محطة المعالجة على تحديد كفاءة المحطة وتحديد المتاعب التى تنتج من التخمير أو تجفيف الحماة.

طرق جمع العينات تجمع العينات فى أوعية زجاجية ذات فوهة واسعة ويمكن أن تحفظ العينة بإضافة حمض الكبريتيك أوالهيدروكلوريك ليصل الرقم الهيدروجينى لأقل من (٢) وفى هذه الحالة يمكن أن تصل مدة الحفظ إلى أربعة اسابيع.

أساس الطريقة تعتمد الطريقة على استخلاص الزيوت والشحوم باستخدام الأثير البترولى ثم التبخير وقياس الوزن وتعتبر هذه الطريقة مناسبة لاستخلاص الأحماض الدهنية والمواد الهيدروكربونية البترولية والمواد البترولية الخام، كما تعتبر هذه الطريقة مناسبة لتعيين الزيوت والشحوم فى المخلفات السائلة المعالجة وغير المعالجة.

الطريقة تنقل العينة المحمضة فى قمع فصل مع المذيب مع الرج ثم تترك حتى يتم فصلها إلى طبقتين، ويجمع المذيب ويرشح وتزال المياه بإضافة كبريتات الصوديوم اللامائية ثم يجمع ويقطر فى جهاز التقطير عند درجة ٨٥°م ثم ينقل المذيب فى كأس ويجفف في حمام مائى ويوزن بعد التجفيف وتنسب النتيجة إلى ملجم/ لتر.

٨ - الأمونيا Ammonia

جمع العينات يجب مراعاة الأسس السليمة التالية لجمع العينات حتى لاتتأثر دقة النتائج:

- يفضل أن تجرى التحاليل بأسرع ما يمكن حتى يمكن أن يعتمد عليها.
- تجمع العينة في وعاء زجاجي أو بلاستيك بحجم لا يقل عن ٥٠ سم^{٣}.
- يتم التخلص من الكلور المتبقى فورًا لمنع التفاعل مع الأمونيا.
- في حالة عدم إمكان إجراء التحليل الفورى يحفظ بواسطة إضافة حوالى ٠,٨ سم^{٢} حمض كبريتيك مركز/ لتر وتحفظ العينة عند ٤ درجة مئوية بحيث يكون قيمة الرقم الهيدروجيني من ١,٥ الي ٢,٠.

أسباب الزيادة وطرق التخلص منها

- توجد الأمونيا في المياه السطحية والجوفية بصورة طبيعية وتتكون عند تحلل اليوريا والمركبات العضوية المحتوية على النيتروجين.
- يمكن أن تزيد المعالجة الابتدائية من قيمة الأمونيا نتيجة تحلل بعض مركبات البروتين أثناء عملية المعالجة.
- في المعالجة الثانوية يمكن أن تتأكسد الأمونيا إلى النيتريت ثم إلى النترات بدرجات مختلفة اعتمادًا على بعض العوامل مثل درجة الحرارة وزمن المكث والأحياء الدقيقة وكمية الأكسجين.
- إذا كانت المحطة تعمل بكفاءة فإن تركيز الأمونيا يجب أن يقل خلال المسافة من المدخل إلى المخرج بينما يزيد تركيز النترات وإذا لم يحدث ذلك فهذا يدل على أن هناك خلل فى عملية المعالجة ويجب مراجعتها.

تأثير الأمونيا علي أعمال المعالجة والبيئة

تسبب الأمونيا بعض المشاكل فى المعالجة مثل زيادة جرعة الكلور المطلوبة وازدياد الطلب على الأكسجين فى المياه المستقبلة للمخلفات وبالتالى تؤدى إلى اختناق الأسماك ونفوقها.

التخلص من الأمونيا يتم توفير الوسط المناسب لأكسدة الأمونيا لعمليات المعالجة البيولوجية حيث يتم أكسدة الأمونيا بمساعدة البكتيريا الهوائية فى وجود الأكسجين اللازم ويحولها إلى نيتريت ثم إلى نترات.

ويمكن أن تحتوى المياه المعالجة النهائية على ما بين صفر – ٥٠ مللجم/ لتر – نترات حسب كمية النيتروجين الموجودة فى المياه الخام.

طريقة تحديد تركيز الأمونيا وتفسير النتيجة

تعتبر كيمياء النيتروجين معقدة نظرًا لأشكال النيتروجين المختلفة ومن أهمها الأمونيا والنيتريت والنترات، وتتراوح قيمة الأمونيا فى مياه الصرف الصحى ما بين ١٠ – ٤٠ ملجم/ لتر، وتوجد ثلاث طرق رئيسية لتحديد تركيز الأمونيا هى:

١. طريقة التقطير والمعايرة N_2-NH_3.
٢. طريقة القطب الاختيارى (Ion Selective Electrode).
٣. الطريقة اللونية باستخدام الاسبكتروفوتوميتر (Spectrophotometric).

طريقة الحساب:

(١) المعايرة الحجمية:

$$NH_3 - N = \frac{(A - B)\ N \times 14 \times 1000}{S}$$

حيث:

A = حجم حمض الكبريتيك المستخدم فى معايرة الأمونيا الناتجة من تقطير العينة
B = حجم حمض الكبريتيك المستخدم فى معايرة التجربة الغفل.
N = عيارية حمض الكبريتيك المستخدم فى المعايرة.
S = حجم العينة.

(٢) القياس باستخدام قطب الأمونيا:

$$NH_3 - N \ \frac{(A - B) \times 1000}{C}$$

حيث:

A = ملليجرامات الأمونيا - نيتروجين من منحنى القياس الجهدى.

B = ملليجرامات الأمونيا - نيتروجين فى التجربة الغفل.

C = حجم العينة.

(٣) قياس طيف الامتصاص:

$$NH_3 - N = \frac{A \times 1000}{D} X \frac{B}{C}$$

حيث:

A = ملليجرامات الأمونيا - نيتروجين المقروءة من منحنى القياس.

B = حجم المحلول المقطر المجمع فى حمض البوريك.

C = حجم المحلول الذى تم تفاعله مع محلول نسلر.

D = حجم العينة الرئيسى.

وحدة القياس: ملجم/ لتر (mg / L)

إجراءات التحكم في الجودة ومدي دقة النتائج:

١. يجب إزالة الكلور إذا كانت العينة تحتوى على كلور متبقى.
٢. استخدام ماء خالٍ من أيونات الأملاح.
٣. يتم قراءة عينة البلانك مرتين ثم عينة واحدة قياسية غير معلومة لكل عشر عينات يجرى تحليلها.
٤. عمل عينة مزدوجة (أو متكررة) مع عينة (spike) لكل عشر عينات يجري تحليلها.
٥. فى حالة وجود المواد العضوية فى القياس بأجهزة الاسبكتروفوتوميتر فى العينات يتم القراءة عند ٣٧٠ نانومتر.

٩ - الفوسفات

جمع العينات وتجهيزها يجمع ما لا يقل عن ١٠٠سم^{٣} من العينة فى إناء زجاجى سبق شطفه بحمض الكبريتيك ١:١ أو الهيدروكلوريك ثم يتم الشطف بالماء المقطر، ولا تستعمل المنظفات الصناعية التجارية المحتوية على الفوسفات.

ويجب أن لا يتم حفظ العينات المحتوية على قليل من الفوسفور فى أوعية بلاستيك لأن الفوسفور يمكن أن يُمتص على جدار الوعاء.

ويقسم الفوسفور إلى (فوسفور عضوى) فى المواد العضوية ومركب فوسفورى غير عضوى (بولى فوسفات) المستخدم فى المنظفات وكذلك (الأورثوفوسفات) الغير عضوى الذائب وهو المركب المتاح للاستخدام البيولوجى والناتج من سلسلة تكسير المواد العضوية.

وفى حالة تعيين الفوسفات المذاب ترشح العينة مباشرة أوتحفظ بالتبريد حتى أقل من ١٠°م ويضاف ٤٠ ملجم/ لتر من كلوريد الزئبق.

فى حالة تعيين الفوسفات الكلى يضاف ١سم^{٣} من حمض الهيدروكلوريك المركز لكل لتر أو يبرد إلى التجمد بدون إضافات. ويتم هضم العينة لأكسدة المواد العضوية لإطلاق الفوسفور فى شكل أورثوفوسفات ويجب أن يتم تحليل العينات خلال ٤٨ ساعة.

أساس طريقة القياس يقاس الأرثوفوسفات بتفاعله مع موليبدنات الأمونيوم الذي يتم اختزاله ليعطى لوناً أزرقًا يعرف بأزرق الموليبدنم وترتبط درجة لونه مع تركيز الفوسفات بالعينة، ويتم قياس هذا اللون باستخدام جهاز قياس الطيف عند طول موجى مناسب لامتصاص الكثافة الضوئية للأرثوفوسفات.

وتقاس الفوسفات الكلية العضوية وغير العضوية بإجراء عملية هضم مسبقة لتحويل الفوسفور إلى أرثوفوسفات الذى يُقدر بطريقة أزرق الموليبدنم.

الحسابات

يقاس معامل النفاذ عند الطول الموجى المناسب ومن القراءة يتم حساب تركيز الفوسفات باستخدام المنحنى القياسى المعد لذلك مع مراعاة حجم العينة المستخدم كالتالى:

$$\text{تركيز الفوسفات} = \frac{\text{القراءة من المنحنى القياسى بالمللى جرام} \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة}}$$

مصادر التلوث وطرق التخلص من الفوسفات:

يحتوى الصرف الصحى على معدل من ١٧٥-٢٥٠ ملجم/ لتر من المواد العضوية ومن المحتوى الفوسفورى على ٨-١٢ ملجم وتعتبر هذه النسبة كمية زائدة فى المعالجة البيولوجية.

يعتبر الفوسفور عنصرًا أساسيًا فى عملية التمثيل الغذائى للمواد العضوية ووجودها فى محطة المعالجة ضرورى لعمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحى، ولكن عندما توجد بكميات زائدة تخلق مشكلة مسببة نمواً كبيراً للنباتات المائية مما يسبب نقصًا فى مستوى الأكسجين الذائب ويؤدى الى انسداد المجرى المائى نتيجة لنمو هذه النباتات، كما يؤدى إلى نفوق الأسماك وظهور طعم ورائحة للمياه.

طرق الإزالة

فى حالة الإزالة بالمواد الكيماوية للفوسفور، فإنه يتم التخلص من الفوسفور فى الأشكال الآتية غير الذائبة (فوسفات الكالسيوم، فوسفات الألومنيوم، فوسفات الحديد) وتتم الإزالة باستعمال مساعدات المروبات الآتية (الجير، الشبة، ألومينات الصوديوم، كلوريد الحديديك).

١٠ - قياس الكلور المتبقى بطريقة محلول DPD

عند إضافة كاشف N, N-diethyl-p-phenylenediamine (DPD) إلى عينة ماء، يتفاعل الكلور الحر المتاح فى الحال لينتج لونًا أحمر. وتوجد أجهزة خاصة لقياس درجات اللون حسب كمية الكلور المتبقى.

خطوات قياس الكلور الحر والمتحد باستخدام الطريقة اللونية

لقياس الكلور الحر:

- يضاف ١٠ ملليلتر من العينة في أنبوبة الاختبار.
- يضاف قرص من الكاشف DPD1 ويمزج بالعينة حتى تمام الذوبان.
- يظهر اللون الأحمر بدرجاته المختلفة حسب تركيز الكلور المتبقى فى العينة (ملجم/ لتر).
- يتم قياس الكلور مباشرة باستخدام جهاز الفوتوميتر وتسجل النتائج.

لقياس الكلور المتحد:

يضاف إلى نفس العينة السابقة قرص من كاشف DPD3 ويمزج حتى تمام الذوبان ويقرأ على الجهاز مباشرة (الكلور المتحد ملجم/ اللتر) أو يؤخذ ١٠ ملليلتر من العينة ويضاف إليها قرص كاشف DPD4 ويمزج حتى تمام الذوبان ويقرأ على الجهاز ليعطي (الكلور الكلي ملجم/ اللتر) ويطرح قيمته من الكلور المتبقي ليعطي (الكلور المتحد).

حسابات جرعات الكلور

١- لإيجاد كمية الكلور الغاز (بالكجم) اللازمة لإضافة جرعة محددة إلى مقدار معلوم من الماء يتم استخدام المعادلة التالية:

كمية الكلور المطلوبة (كجم)

= كمية المياه ($م^3$) × الجرعة (ملجم/ لتر) × ٠,٠٠١

مثال:
ما مقدار كمية غاز الكلور (بالكجم) المستخدمة لتحقيق جرعة كلور تعادل ٤,٠٠ ملجم/ لتر لإضافتها إلى ٢١٠٠٠ م^{٣} من الماء؟

الحل: الكمية = ٢١٠٠٠ × ٤ × ٠,٠٠١ = ٨٤ كجم كلور

٢- لإيجاد مقدار هيبوكلوريت الكالسيوم المطلوب ليعطى ٨٤ كجم كلور،

فإن:

$$\text{كمية الهيبوكلوريت بالكجم} = \frac{\text{الكلور المطلوب (كجم)} \times ١٠٠}{\text{تركيز الهيبوكلوريت ٪}}$$

مثال:
ما كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥٪) المطلوبة إذا علمت أن مقدار الكلور المطلوب هو ٨٤ كجم؟

$$\text{الكمية} = \frac{٨٤ \times ١٠٠}{٦٥} = ١٢٩,٢٣ \text{ كجم}$$

أهمية إضافة الكلور يتم إضافة الكلور إلى المياه أوالمخلفات السائلة للتأكد من مطابقتها من الناحية البكتريولوجية أو لتحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للمياه.

١١ - القلوية Alkalinity

مقدمة

القلوية الكلية للمياه أو المخلفات السائلة هى مقياس لمقدرتها على معادلة الأحماض، وترجع قلوية المياه إلى محتوياتها من أملاح الأحماض الضعيفة وأيضا الأملاح القاعدية الضعيفة أو القوية ويعتبر أيون البيكربونات المكون الرئيسي للقلوية نتيجة تفاعل ثانى اكسيد الكربون مع المواد القاعدية الموجودة في التربة.

وتحتوى المياه الطبيعية في بعض الأحيان على كميات محسوسة من أملاح الكربونات والمواد الهيدروكسية، لذا فان قلوية المياه الطبيعية ترجع أساسا إلى أملاح الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيدات أما أملاح اليورات والبورات والسليكات والفوسفات فإن تأثيرها محدود جدا ولا يذكر.

يتراوح المدى المعتاد للقلوية للمياه الخارجة والداخلة من ٥٠-٥٠٠ ملجم/ لتر.

طريقة التحليل

تستخدم طرق المعايرة باستخدام الكواشف (الاتزان بين القاعدة والحمض) أو باستخدام جهاز الرقم الهيدورجيني (الطريقة الإليكترومترية).

وتتم معايرة حجم معلوم من العينة في دورق زجاجي بحمض قياسى معلوم التركيز (حمض كبريتيك ٠,٠٢ عياري) مع استخدام دليل الميثيل البرتقالى أو جهاز الرقم الهيدروجيني للوصول إلى نقطة التعادل حيث يعاير المحلول حتى يصل إلى أس أيدروجينى ٤,٥ وفى حالة المياه المحتوية على نسبة عالية من الأحماض يعاير حتى يصل إلى أس أيدروجينى ٣,٩.

الاحتياطات:

١. لا يجب ترشيح أوتخفيف أوتركيز عينة القياس.
٢. لا تفتح القارورة المحتوية على العينة إلا قبل التحليل مباشرة.
٣. التأكد من عدم وجود زيوت أوشحوم بدرجة عالية.

طريقة الحساب:

$$\text{القلوية الكلية} = \frac{\text{أ} \times \text{ع} \times ٥٠ \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة بالمللتر}} \quad \text{(مللجم/ لتر)}$$

حيث:

أ = الحجم المستخدم من الحمض في المعيارية بالملليلتر

ع = عيارية الحمض

وحدة القياس: $mg/L\ as\ CaCO_3$

تفسير النتائج تُعزى قلويـــة المياه لوجود هيدروكسيدات- كربونات - بيكربونات بعض عناصر الاقلاء، ويؤدى ارتفاع قلوية المياه إلى تزايد التكاثر البيولوجى. وتحسب قلوية المياه بإضافة حمض الكبريتيك فى وجود دليلى الفينولفثالين والميثيل البرتقالى. ولا توجد أضرار من المياه المحتوية على قلوية حتى ٤٠٠ ملجم/ لتر وعادة ما تكون مياه الصرف الصحى قلوية.

١٢- درجة الحرارة

أسباب التغير فى درجة الحرارة

تساعد درجة الحرارة فى اكتشاف التغيرات التى تحدث فى نوعية مياه الصرف الصحى حيث أن الإنخفاض فى درجة الحرارة يشير إلى وجود تسرب لمياه الرشح الأرضى إلى داخل شبـــكة مواسير الصرف الصحى، وكذلك وجود ارتفاع فى درجة الحرارة يشير إلى وصول مياه ساخنة من مخلفات الصناعة إلى محطة المعالجة.

وقياس درجة الحرارة من أساسيات تشغيل المحطة وتستخدم فى حساب درجة تشبع المياه بالأكسجين الذائب.

وتتأثر عملية الترسيب بدرجة الحرارة حيث تزداد كفاءتها عند ارتفاع درجة الحرارة عنها فى حالة انخفاض درجة الحرارة.

ويمكن قياس درجة الحرارة فى مكان أخذ العينة وعادة تقاس درجة الحرارة فى مكان أخذ العينات اللحظية لأنها تتغير بسرعة.

وتقاس الحرارة باستخدام الترمومومتر، ومعظم الأجهزة الخاصة بالقياس مثل الرقم الهيدروجينى والتوصيل الكهربى والأكسيجين المذاب مزودة بأجهزة قياس داخلية لقياس درجة الحرارة وتظهر قيمتها على الشاشة أوتوماتيكيا. والمدى العادى لاختبار درجة الحرارة يكون كالتالى:

العينة	المدى العادى
مياه الصرف الخام	١٨-٢٩°م
مياه الصرف بعد المعالجة	١٦-٣٥°م أو أكثر فى بحيرات الاكسدة
المجارى المائية	١٦°م- درجة حرارة الجو.

١٣ - الفلزات الثقيلة

تجميع العينات تجمع العينات فى عبوات بلاستيك سعة ١٠٠ مللى أو أكبر مع إضافة حمض النيتريك لجعل الرقم الهيدروجينى أقل من ٢ ويجب أن تحلل خلال ٤٨ ساعة بدون إضافة.

طرق القياس يتم قياس الحديد والمنجنيز بالطريقه الكيميائية بالطرق اللونية باستخدام جهاز الاسبكتروفوتوميتر أو باستخدام جهاز الامتصاص الـذرى أو جهـاز حـث البلازما المزدوج ICP. ويلزم هضم العينة مع حمض النيتريك والتبخير ثـم الإذابة فى الماء قبل القياس لتحويل العناصر إلى الصورة الذائبة.

أساس طريقة القياس تعتمد الطريقة على هضم العينة مع حمض النيتريك والتبخير ثم الإذابة فـى الماء وقياس طيف الإمتصاص المناسب للعناصر.

الاحتياطات

١. تحميض العينات وإجراء عملية هضم كاملة.
٢. قياس طيف الإمتصاص عند الطول الموجى المناسب للعنصر.
٣. عمل منحنى قياس بتركيزات تتناسب مع ما هو متوقع فى العينة.

تفسير النتائج يتراوح تأثير العناصر الموجودة فى مياه الشرب أوالصرف الصحى بين مـا هو غير ضار، وما قد يؤدى إلى مشاكل، وما هو سام وذو خطـورة عاليـة، وفيما يلى أمثلة لهذه العناصر وتأثيرها:

أ- عنصر الرصاص:

وهوعنصر سام بالتراكم، وتتسبب المياه المحتوية عليه فى الإصابة بالإمساك - الاضطرابات المعوية - الأنيميا - الشلل التدريجى للعضلات، ويستخدم فى الصناعة، وصناعة مواسير الرصاص.

ب- عنصر النحاس:

لا يسبب تسمماً بالتراكم، ويمكن تجنب التسمم به بالإعتماد على التذوق، حيث يمكن تمييزه عندما تصل تركيزاته إلى ١-٢ ملجم/ لتر، ولا يحدث تسمم إلا بتركيزات أعلى من ذلك بكثير. ويحدث التلوث بالنحاس بتركيزات عالية من التلوث الزراعى والصرف الصحى.

جـ - عنصر الحديد:

غير ضار، ولكن وجوده بتركيز عال يجعل للمياه طعماً غير مستساغ، كما أنه عندما تتعرض المياه المحتوية عليه للأكسجين فإن الحديد يترسب ويؤدى إلى ظهور بقع فى الغسيل والأحواض.

د - عنصر المنجنيز:

وجود كميات ضئيلة منه يؤدى إلى مشاكل كثيرة، والكميات الكبيرة منه سامة، ومصدره غالباً التلوث الصناعى.

١٤ - معدل التنفس

مقدمة

تستخدم هذه التجربة لتعيين معدل استهلاك الأكسجين للعينة (الحمأة المنشطة مثلا) خلال فترة زمنية.

وهى تجربة مهمة فى الدراسات المعملية وفى وحدات التجارب كما هى مهمة فى تشغيل محطات المعالجة التى تعمل بأقصى طاقة لها، وعند استخدام هذه التجربة فى المعمل بشكل روتينى فإنه يجب الأخذ فى الاعتبار الظروف البيئية لأن ظروف التجربة ليست كظروفها فى مكان أخذ العينة حتى لا تكون النتائج المقاسة غير معبرة عن معدل الاستهلاك الحقيقى للأكسجين

وتعطى هذه الطريقة مؤشر واضح لما يلى:

١. مدى تسمم البكتريا من مياه الصرف أثناءالمعالجة البيولوجية.
٢. تقدير الأكسجين المطلوب استهلاكه فى حوض التهوية.
٣. توضح لنا بعض التغيرات التى تطرأ على ظروف التشغيل بالوحدة حتى يمكن تداركها فى الوقت المناسب.

وتعتمد هذه الطريقة على ما يلي:

١. تقدير الأكسجين الذائب فى حوض التهوية كل دقيقة ورسم العلاقة الخطية بين الأكسجين الذائب والزمن، وميل هذا الخط هو الأكسجين المستهلك لكل لتر/ دقيقة.
٢. تقدير المواد الصلبة المتطايرة فى السائل المخلوط وتسمى (MLVSS) ويحسب معدل استهلاك الأكسجين من العلاقة الاتية:

$$\text{معدل الاستهلاك} = \frac{\text{ميل المستقيم} \times ٦٠}{\text{MLVSS}} \quad \text{ملجم/ لتر}$$

وفى حالة استخدام جهاز التنفس يتبع كتالوج التشغيل لبداية التشغيل على أن يكون سعة قراءته أكبر من معدل الإستهلاك للأكسجين فى العينة ويلزم ذلك تعيين نسبة المواد العالقة المتطايرة فى العينة.

تحضير العينة ضبط درجة الحرارة للدرجة التى جمعت منها أو لدرجة الحرارة المراد تقييمها وتترك ثابتة أثناء التحليل ونسجل درجة الحرارة على الجهاز.

ويتم زيادة تركيز الأكسجين للعينة بواسطة الرج أو بإمرار فقاعات هوائية أو أكسجين خلالها.

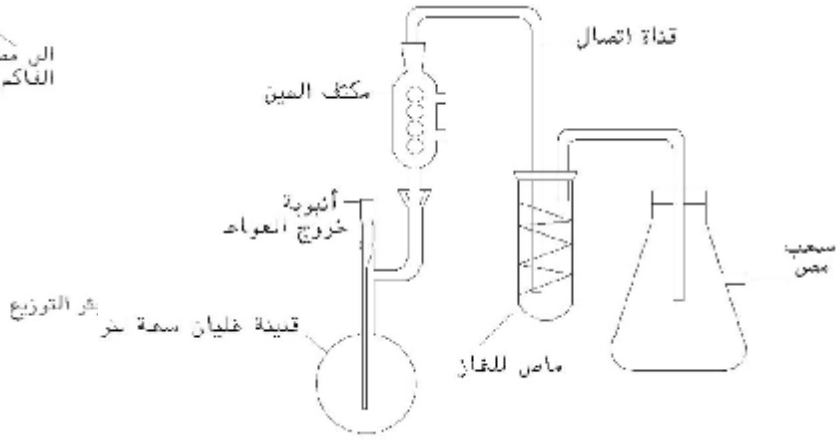
وفى حالة استخدام جهاز الرقم الهيدروجينى يغمس الإلكترود الخاص بالجهاز فى الحال فى زجاجة الإحتياج الأكسجينى الحيوى المحتوية على العينة والموضوعة فوق قلاب مغناطيسى بعد إزالة الكمية المنسكبة جراء وضع الإلكترود ويراعى أن تعزل المحتويات عن الجو. وفى وجود العينة ذات التركيز العالى (أكثر من ٥٠ مللجم/ لتر) تزيد درجات التقليب المغناطيسى لزيادة الأكسجين.

بعد ثبوت القراءة يتم قياس الأكسجين الذائب ونبدأ فى حساب الوقت من البداية وبمعدل كل دقيقة وذلك لمدة ١٥ دقيقة حتى تصل نسبة الأكسجين إلى نسبة محددة، علما بأن إلكترود الجهاز لا يعطى قراءات دقيقة فى القيم الأقل من واحد مللجم/ لتر أكسجين.

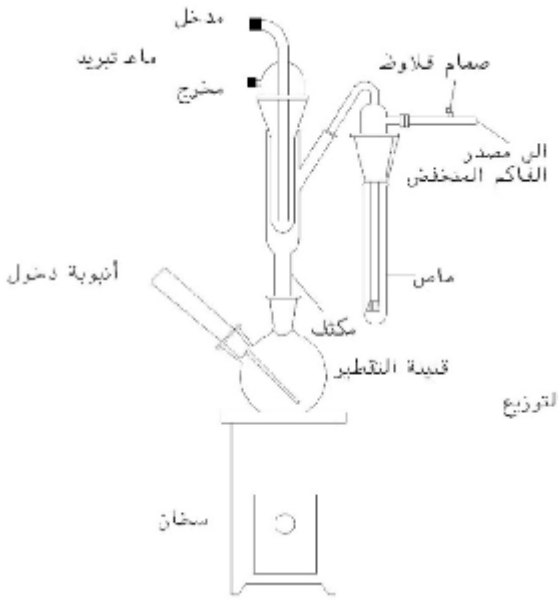
القيمة الأقل من (٢) سوف تحد من معدل إستهلاك الأكسجين بالعينة وتعمل على نقصان معدلات الإستهلاك أثناء سير التجربة.

١٥ - المواد السامة (السيانيد)

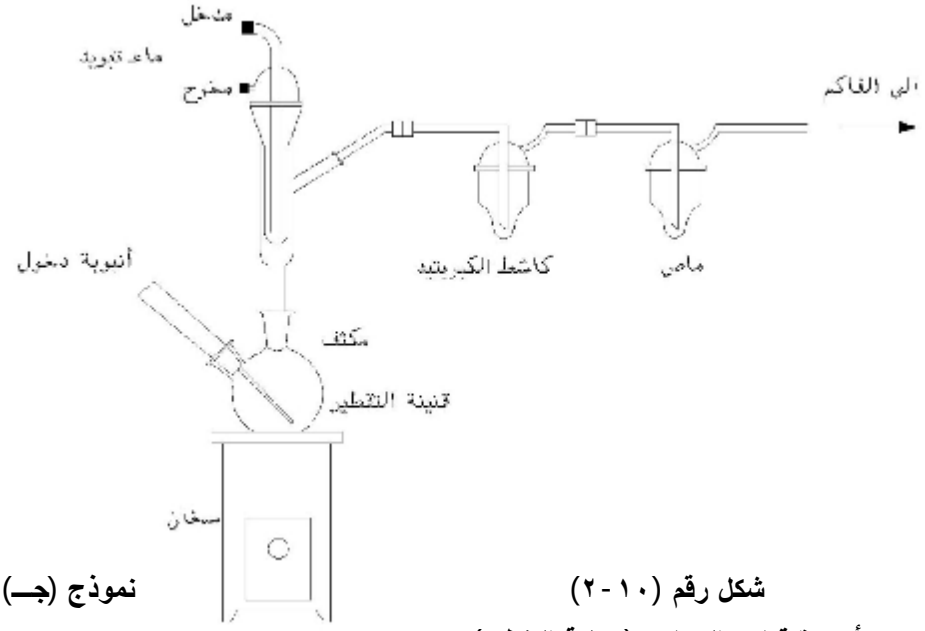
أساس الطريقة تعتمد الطريقة على تقطير العينة المحمضة وجمع حمض الهيدروسيانيك الناتج فى أيدروكسيد صوديوم وتقديره بالمعايرة الحجمية، أو بتحويله إلى كلوريد السيانوجين وتقديره طيفيا. ويستخدم أحد الأجهزة المبينة في الأشكال (١٠-٢ "أ-ب-ج") فى عملية التقطير.



نموذج (أ)



نموذج (ب)



نموذج (جـ)

شكل رقم (١٠-٢)
أجهزة قياس السيانيد (عملية التقطير)

الاحتياطات

١. يضاف حمض الاسكوربيك في وجود الكلور في العينة.
٢. تحفظ العينة في وسط قلوي (أس أيدروجينى أكبر من ١٢).
٣. تحلل العينة بمجرد جمعها.
٤. في حالة وجود النتريت أوالنترات يجب إضافة حمض السلفاميك.
٥. في حالة وجود أحماض أليفاتية فإنها تدخل في التقدير ويجب إزالتها باستخلاصها بمذيب عضوى.
٦. في حالة وجود كبريتيد في العينة يجب إمرار الحمض المتطاير في خلات الرصاص.

طريقة الحساب

(١) طريقة المعايرة الحجمية:

$$CN = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{ml of original sample}} \quad X \quad \frac{250 \times 26 \times N}{\text{ml of aliquat titrated}}$$

حيث:

A = حجم نترات الفضة المستخدمة في معايرة العينة المأخوذة من ٢٥٠ سم^3 هوالحجم الكلى.

B = حجم نترات الفضة المستخدمة في التجربة الغفل.

N = عيارية نترات الفضة.

(٢) الطريقة الطيفية:

$$CN = \frac{A \times 1000}{B} \times \frac{50}{C}$$

حيث:

A = وزن السيانيد (ميكروجرام) من منحنى المعايرة.

B = حجم العينة المأخوذة للمعايرة.

C = حجم العينة المأخوذة للقياس الطيفى.

وحدة القياس: µg/L.

١٦ - التحاليل البكتريولوجية

مقدمة

قد تحتوى المياه غير المعالجة بطريقة صحيحة على كائنات دقيقة تسبب الأمراض، ويستغرق الكشف عن أنواع محددة من هذه الكائنات والتى تسبب أمراضاً مثل الدوسنتاريا والتيفود وقتاً طويلاً، كما أنه يتطلب أجهزة خاصة. لذا يستعاض عن الكشف عن كل المسببات المرضية الموجودة فى الماء بالكشف عن وجود البكتريا القولونية كمؤشر للتلوث.

ويعتبر خلو المياه من البكتريا القولونية مؤشراً لصلاحية المياه للاستخدام الآدمى من الناحية البكتريولوجية. وعلى العكس فإن وجود هذه البكتريا فى فى مياه الصرف المعالجة يعطى مؤشراً على عدم صلاحية هذه المياه لإعادة الاستخدام.

والبكتريا القولونية غير الغائطية لها قدرة على تخمر اللكتوز مع إنتاج غاز فى ٤٨ ساعة عند درجة حرارة ٣٧°م (درجة حرارة جسم الإنسان). فى حين أن البكتريا القولونية الغائطية تنمو عند درجات حرارة أعلى (٤٥°م). وتتضمن المجموعة القولونية كل البكتريا الهوائية واللاهوائية سالبة الجرام غير المكونة للحويصلات العضوية الشكل.

ويستخدم الفحص البكتريولوجى لعينات الصرف الصحى التى يتم تنقيتها وتطهيرها بالكلور لتحديد مدى كفاءة عملية التطهير.

وتحدد النوعية البكتريولوجية لمياه الصرف الصحى بما يعرف بقانون الحد الأعلى للتلوث (Maximum Contamination Limit, MCL) وهذا القانون يحدد ما يلى:

- الطريقة المستخدمة فى القياس.
- عدد العينات المطلوبة للتحليل.
- حجم العينة المستخدمة فى التحليل.

- الحد الأقصى للبكتريا القولونية الغائطية وغير الغائطية المسموح بها فى مياه الصرف الصحى المعالجة.

الاحتياطات الواجب اتباعها فى التحاليل البكتريولوجية

١. يجب إجـــراء التحليل بمجرد جمع العينة وإذا تأخر التحليل عن ســـاعة لاعتبارات النقل أو خلافه وجب وضع العينة فى صندوق مبرد. ويجب تحت أى ظرف من الظروف ألا تستغرق الفترة بين الجمع والتحليل أكثر من ٢٤ ساعة.
٢. يراعى تسجيل وقت ودرجة حرارة تخزين العينات لتؤخذ فى الاعتبار عند تفسير النتائج.
٣. تعقم كل الأدوات والمواد المستخدمة فى الاختبار.
٤. عند إجراء كل تخفيف يجب الرج والخلط الجيدين.
٥. عند إجراء كل تخفيف وإزالة غطاء الأنابيب يجب إجراء ذلك فى منطقة معقمة باللهب وتغلق العينة مباشرة.
٦. يجب أن تكون الحضانة ذات حجم مناسب يسمح بانتشار الهواء وتجانس درجة الحرارة، كما يجب أن تحفظ أطباق بترى فى أكياس بلاستيك لمنع جفاف وسط الآجار.
٧. يجب مراقبة الزجاجات والأدوات والتأكد من خلوها من البقع ويستخدم صابون غير سام فى الغسيل.
٨. تستخدم تجربة غفل دائماً مع العينة للتأكد من التعقيم.
٩. تستخدم قطعة من القطن فى الماصات المستخدمة.
١٠. لا يعتد بنتائج عينات أجرى تحليلها بعد ٣٠ ساعة من جمعها حتى وإن حفظت فى صندوق مبرد.
١١. تستبعد العينات التى لا يصاحبها بطاقة بيانات كاملة.

الأجهزة المستخدمة فـــى التحاليـــل البكتريولوجية

١. أجهزة قياس درجة الحرارة بدقة ٠,٥°م أو أقل وتختبر دورياً.
٢. حمام مائـــى (Water Bath) عند درجة حرارة ٤٤,٥°م ويستخدم معه ترمومتر مغمور بدقة ٠,٢°م.
٣. جهاز قياس وتسجيل درجة الحرارة متصل بالحمام المائى والأوتوكلاف.
٤. ميزان حساس (Sensitive Balance) حساسية ١ ملجم.
٥. جهاز قياس الرقم الأيدروجينى (pH-meter) مزود بمحاليل منظمة ذات أرقام أيدروجينية ٤,٠، ٧,٠، ١٠,٠ ومنظم لدرجة الحرارة.
٦. جهاز تقطير مياه (Water Deionization Unit) لإنتاج ماء مقطر يمكن إزالة ما به من أيونات باستخدام أعمدة تحتوى على راتنجات أيونية.
٧. ماصـــــات (Pipettes) مختلفـــــة الأحجـــام ومخـــابير مدرجـــة (Graduated Cylinders) سعات مختلفة.
٨. فرن هواء ساخن (Hot Air Sterilizing Oven) للتعقيم تقل درجة الحرارة فيه إلى ١٦٠ - ١٨٠°م.
٩. جهاز أوتوكلاف (Auto Clave) للتعقيم مزود بمسجل للضغط والوقت والحرارة.
١٠. ثلاجة (Refrigerator) لتخزين الأوساط والعينات والمحاليل تصل درجة الحرارة فيها ١ - ٤,٤°م وتسجل درجة الحرارة يومياً وتنظف شهرياً.
١١. مجمد (Freezer) تضبط درجة حرارته يومياً ويفضل نوعية بها نظام إنذار.
١٢. جهاز ترشيح (Membrane Filter Equipment) عبارة عن قمع وحامل وطلمبة تفريغ هواء (Vacuum Pump) ودورق ترشيح بالتفريغ (Vacuum Flask) وقمع ترشيح بقاعدة قطرها ٤٧ ملليمتر وغشاء ترشيح بقطر ٤٧ ملليتر ومسامية ٤٥ ميكرون.
١٣. ميكرسكوب (Binocular Microscope) بدرجة تكبير ١٠ - ٢٠ مرة مزود بمصدر ضوئى فلورسنت.

١٤. حضانة (Incubator) بغلاف هواء أو ماء يمكن ضبط درجة حرارتها أوتوماتيكياً على درجات حرارة ٣٥-٤٤°م.
١٥. أدوات تحضير الأوساط وهى مصنوعة من زجاج البوروسليكات أوالصلب الذى لا يصدأ وفى حالة استخدام طريقة الترشيح الغشائى تستخدم آنية بلاستيك ٧٦ × ١٥مم.
١٦. أطباق بيترى (Petri Dishes) قطر ٤٧ ميللمتر مزودة بمخدات أسفنجية ويراعى استواء القاع وعدم وجود خدوش وذلك لتجانس الوسط وتحفظ الآنية المعقمة فى علب من الألومنيوم.
١٧. أنابيب تخمير (Fermentation Tubes).
١٨. زجاجات عينات (Sampling Bottles) ذات سعة مناسبة (١٢٥ ملليلتر) مصنوعة من الزجاج أو البلاستيك جيد الإحكام ومقاوم للمذيبات ويسهل تعقيمه. وقبل التعقيم فى الأوتوكلاف يضاف ٠,١ ملليلتر من ١٠% ثيوكبريتات الصوديوم لكل قارورة سعة ١٢٥ ملليلتر وهذه الكمية كافية لإزالة أثر ١٥ ملجم/ لتر من الكلور المتبقى.
١٩. لولب من سبيكة النيكل أو بلاتين - أيريديم للتعقيم باللهب.
٢٠. أنابيب أو قوارير تخفيف مصنوعة من زجاج البوروسليكات أو البلاستيك ذات غطاء قلاووظ سعة ٩٩ ملليلتر.
٢١. أدوات متنوعة مثل كؤوس مخروطية وعادية سعة ٥٠، ١٠٠ سم^{٣} و١ و٢ لتر بغطاء بلاستيك وملقط (Forceps) من الصلب الذى لا يصدأ وأنابيب تفريغ (Vacuum tubes).
٢٢. موقد بنزن (Bunsen burner) أو موقد بالكحول.

طرق الكشف عن المجموعة القولونية وبكتريا القولون البرازي

ويعتمد اختبار الكشف عن البكتريا القولونية الغائطية (Escherichia Coli) على أثرها فى تخمر اللكتوز لينتج حامض وغاز عند درجة حرارة ٣٦، ٤٤°م فى أقل من ٢٤ ساعة. وينتج الأندول فى ماء الببتون. ويتم تحديد عدد البكتريا القولونية بطريقتين قياسيتين كما يلي:

١. طريقة تخمر الأنابيب المتعددة
(Multiple tube fermentation method)

٢. طريقة الترشيح الغشائى (Membrane filter method).

ويوضح الجدول رقم (١٠-٥) المتطلبات اللازمة لإجراء الاختبار بهاتين الطريقتين.

جدول رقم (١٠-٥)

التجهيزات المطلوبة للتحاليل البكترويولوجية

التجهيزات المطلوبة	طريقة العدد الأكثر احتمالية (MPN)	طريقة الترشيح الغشائى (MF)
أوتوكلاف يعمل عند ضغط ١٥ رطل/ بوصة^{٢}	+	+
فرن يعمل عند درجة حرارة ١٦٠ - ١٧٠°م	+	+
ثلاجة	+	+
وعاء لتجميع العينة من الصلب الذى لا يصدأ	+	+
أنابيب	+	-
أطباق بترى	-	+
أنابيب درهام	+	-
أغشية ترشيح	-	+
آنية لتحضير الأوساط من صلب لا يصدأ	+	+
جهاز ترشيح	-	+
موقد (بنزن)	-	+
ملقط	-	+
حامل لأنابيب الزرع	+	-
قطع قطن	+	-
جهاز قياس الرقم الأيدروجينى	+	+
ماصات ٠,١ - ١ - ٥ - ١٠ - ٢٠سم^{٣}	+	+
مخبار مدرج	+	+
إناء للماصات	+	+
وعاء تخفيف	+	+
صندوق تبريد	+	+
آنية تجميع١٠٠-٢٥٠-٥٠٠- ١٠٠٠سم^{٣}	+	+
عدسة مكبرة	-	+
حضانة عند درجة حرارة ٤٤,٥°م	+	+

طريقة تخمـــــر الأنابيب المتعددة

الغرض من الطريقة:

تستخدم هذه الطريقة لتعيين وجود وعدد بكتيريا المجموعة القولونية (مخمرات سكر اللبن) عن طريق زرع سلسلة أجزاء مقاسة الحجم من العينة داخل أنابيب محتوية على أوساط زرع ملائمة.

إعتبارات خاصة بطريقة تخمر الأنابيب المتعددة:

يجرى الاختبار من خلال ثلاث مراحل محددة:

١. الاختبار الأولى.
٢. الاختبار التأكيدى.
٣. الاختبار المكمل.

ويمكن إيقاف فحص عينة المياه عند نهاية أى من هذه المراحل إذا ما تحقق الهدف من الاختبار أو استكمال الفحص مباشرة من مرحلة إلى المرحلة التالية. ويهدف الاختبار التأكيدى والاختبار المكمل إلى زيادة التأكد من أن النتائج الإيجابية فى الاختبار الأول هى فى الواقع نتيجة لبكتريا القولون وليست نتيجة لنشاط أى أنواع أخرى من البكتريا.

- الاختبار المكمل (Complete test) هوالاختبار القياسى لتعيين مدى مطابقة المياه للمعايير القياسية وصلاحيتها للشرب من الوجهة البكتريولوجية. وتحت هذه المقاييس يمكن أن ينتهى الفحص بعد الاختبار التأكيدى، ولكن بعد أن يثبت أن الاختبار التأكيدى قد أعطى نتائج مكافئة للاختبار المكمل بسلسلة من الاختبارات المتوازنة.

- فى المعمل الروتينى توقف الاختبارات البكتريولوجية لمعظم مصادر المياه العامة عند نهاية الاختيارات التأكيدية. والاختبار التأكيدى له أهمية كبيرة فى فحص عينات من مصادر إمداد المياه ومن الأجزاء المختلفة فى محطة معالجة المياه.

- طريقة الأنابيب المتعددة مبنية على قوانين الإحتمالية وتستخدم للحصول على تقدير العدد البكتيرى فى العينة معبراً عنه بالعدد

الاحتمالى "MPN". لهذا السبب تسمى طريقة العدد الاحتمالى وذلك بالنظر إلى وجود بكتيريا المجموعة القولونية من عدمه (إيجابية أو سلبية) وبعد إتمام الخطوات المعملية تلخص كل النتائج الإيجابية والسلبية ثم يتم الربط بين هذه النتائج وأحجام العينة التى تم زرعها. وفى النهاية يتم تعيين العدد الاحتمالى بالرجوع إلى جدول الأعداد الاحتمالية أو باستخدام القانون الآتى:

$$\text{العدد الاحتمالى} = \frac{\text{عدد العينات التى أعطت نتائج إيجابية} \times ١٠٠}{\sqrt{\text{عدد الملليلترات من العينات التى أعطت نتائج سلبية} \times \text{عدد الملليلترات من العينات فى كل الأنابيب}}}$$

وهناك عدة طرق مختلفة لزرع العينة منها:

- الزرع المبدئى لخمسة أجزاء كل منها ١٠ مللى لتر ويستخدم فى اختبار نوعية مياه الشرب. وحتى يكون الاختبار أكثر حساسية تنفذ هذه الطريقة وتطبق باستخدام خمسة أجزاء كل منها ١٠٠ مللى لتر من العينة وهى مفضلة فى كثير من محطات المعالجة.

- الزرع بطريقة السلسلة العشرية وهى: زرع خمسة أجزاء كل منها ١٠ مللى لتر، خمسة أجزاء ١ مللى لتر، خمسة أجزاء ٠,١ مللى لتر. وتطبق فى اختبار المياه الأقل فى النوعية من مياه الشرب. وعندما يكون معلوماً أن بكتيريا المجموعة القولونية موجودة، ويكون الغرض من هذا الاختبار فى هذه الحالة هوتعيين العدد.

ويمكن توضيح السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها) بالنسبة لكثافة بكتريا المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مللى لتر فى الجدول رقم (١٠-٦).

جدول رقم (١٠-٦)
كثافة المجموعة القولونية المتوقعة

كثافة المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مل	السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها)
٢ - ٥٤٢	١٠، ١، ٠,١ مللى لتر
٢٠ - ٥٤٢٠	١، ٠,١، ٠,٠١ مللى لتر
٢٠٠ - ٥٤٢٠٠	٠,١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مللى لتر
٢٠٠٠ - ٥٤٢٠٠٠	٠,٠١، ٠,٠٠١، ٠,٠٠٠١ مللى لتر

مصادر الخطأ فى التحاليل البكتريولوجية

يمكن إيجاز أهم مصادر الخطأ فى التحاليل البكتريولوجية فيما يلى:

- قيام عامل وليس فنى بتجميع العينات
- الحصول على عينات من أماكن غير مناسبة.
- عدم نقل العينات فوراً للعمل.
- عدم استخدام ثلاجة لنقل العينات.
- استخدام مياه تخفيف أو بيئات وزجاجيات غير معقمة.
- استخدام بيئات انتهت فترة صلاحيتها.
- استخدام أجهزة غير معايرة.
- عدم استخدام برامج ضبط وتأكيد جودة التحاليل

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند جمع العينة

يجب مراعاة الإحتياطات التالية عند جمع العينات:

- عدم ملء العبوة لدرجة الانسكاب.
- عدم لمس العبوة أو غطائها من الداخل.
- قياس تركيز الكلور المتبقي والعكارة فى موقع أخذ العينة.
- منع تساقط الأتربة أثناء جمع العينة.
- ألا يزيد الوقت بين سحب العينة وتحليلها عن ٦ ساعات.

الخطوات المعملية:

أ- الاختبار الاحتمالى:

١. جهز شوربة الماكونكى فى أنابيب ورتب هذه الأنابيب فى حامل أنابيب الزرع بطريقة منظمة لزرع ١٠ مللى لتر أو أكثر من العينة باستخدام التركيز الصحيح.
٢. نقوم بترقيم أنابيب الزرع وندون ذلك فى النموذج الخاص المعد لذلك بالمعمل وكذلك نسجل الحجم المختار المزروع من العينة.
٣. رج العينة بشدة ٢٥ مرة تقريباً إلى أعلى وإلى أسفل.
٤. توضع الأنابيب داخل الحضانة ويجرى تحضينها لمدة ٢٤ ساعة عند ٣٧ درجة مئوية.
٥. يسجل عدد العينات الايجابية للأنابيب (التى يظهر فيها غاز فى أنبوبة درهام الصغيرة المقلوبة). ونسجل العينات السلبية التى لا يظهر فيها أى غاز.

ملحوظة:

يستخدم ماكونكى مزدوج التركيز فى حالة زرع ١٠ مل من العينة ومفرد التركيز فى حالة زرع ١ مل من العينة أو أقل.

ب- الاختبار التأكيدى:

١. تلقح جميع الأنابيب التى ظهر فيها الغاز (الايجابية) على شوربة الماكونكى وذلك باستخدام عقدة تلقيح بعد تعقيمها باللهب ثم نبردها قبل إجراء كل عملية نقل.
٢. أعد المزارع إلى الحضانة ليجرى تحضيها لمدة ٢٤ ساعة + ٢ ساعة عند درجة حرارة ٣٥ درجة مئوية، ثم نسجل الأنابيب الإيجابية (وجود غاز).
٣. فى كل الأحوال تحضن العينات السلبية ٢٤ ساعة أخرى عند ٣٥ درجة مئوية.

جـ- الاختبـــار المكمل:

- عقم باللهب إبرة التلقيح وأغمرها داخل مزرعة الاختبار التأكيدى الإيجابية التى يجرى نقلها. عند تعليم الطبق تجنب تمزق سطح وسط المزرعة بالإبرة. ويجرى التلقيح بأن يلمس بخفة جانب النهاية مع الحرص ألا تحدث فجوة أو ثقب. ونسحب بلطف الإبرة إلى الخلف والأمام فوق كامل مساحة مربعين متجاورين من سطح بيئة الإندوآجار (Endo - agar) أو آجار أزرق ميثيلين الأيوسين (E.M.B)، وتعقم الإبرة وتبرد ويلقح الثلث الثانى والثالث بنفس الطريقة.
- تغطى أطباق بترى وتحضن لمدة ٢٤ + ٢ ساعة عند ٣٥ درجة مئوية وهى وفى وضع مقلوب.
- أخرج الأطباق من الحضانة وافحصها باحثاً عن مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية النموذجية معزولة جيداً عن بعضها البعض.
- مستعمرات المجموعة القولونية النموذجية لها مركز قاتم عند رؤيتها خلال قاع طبق بترى. وعند رؤيتها من السطح العلوى قد يكون لها لمعان ذهبى أخضر وقد لا يكون وذلك فى بيئة (E.M.B)، أو الأزرق الكوبيا لامع البريق مع بيئة الاندوآجار.
- تسجل العينات الإيجابية التى تحتوى على مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية النموذجية ويمكن حساب العد الاحتمالى للمجموعة القولونية من الجداول.

طريقة الترشيح الغشائى

يقاس حجم معين من عينة المياه ويرشح باستخدام مضخة تفريغ خلال غشاء ترشيح. ثم يوضع الغشاء فى وعاء معقم ويتم تحضينه مع أوساط زرع مختارة مختلفة حيث تظهر مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية التى تم تجميعها أثناء عملية الترشيح. ويمكن عد المستعمرات لبكتريا المجموعة القولونية بطريقة عد بسيطة لتعيين عدد مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية لكل ١٠٠ مللى لتر من العينة. وفى الاختبارات التى تجرى لتعيين مدى مطابقة مياه الشرب والاستعمال المنزلى للمعايير البكتريولوجية القياسية فإن حجم العينة القياسية يجب أن يكون ٥٠ مللى لتر على الأقل، ويفضل أن يكون ١٠٠ مللى لتر. وعندما يكون الغرض من الاختبار تعيين الكم العددى فضلاً عن النوع على سبيل المثال عندما نرغب فى معرفة عدد بكتيريا المجموعة القولونية فى مياه الصرف الصحى أو المياه التى يتم الصرف عليها، فإن أحجاماً أصغر من العينات تكون قياسية. وحتى يمكن إجراء العد يختار الحجم الذى يغطى من ٢٠ إلى ٨٠ مستعمرة من مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية واللاقولونية التى تظهر فوق غشاء الترشيح المستخدم لإجراء العد عن ٢٠٠ مستعمرة.

ويوضح الجدول رقم (١٠-٧) الأحجام المقترحة للعينات التى يجب ترشيحها لتتلاءم مع الأعداد المتوقعة لبكتريا المجموعة القولونية.

جدول رقم (١٠-٧)
الأحجام المقترحة للعينات التى يجب ترشيحها

مستعمرات المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مللى لتر	حجم العينة الذى يجب ترشحيه (ملليلتر)
١ إلى ٨٠	١٠٠
٨١ إلى ٣٢٠	٢٥
٣٢١ إلى ١٣٠٠	٥
١٣٠١ إلى ٤٠٠٠	٢
٤٠٠١ إلى ١٦٠٠٠	٠,٥

الأجهزة والأدوات المستخدمة

معدات التعقيم:

فرن تعقيم أو أوتوكلاف - حضانة - ميزان - جهاز تقطير - زجاجات عينات - زجاجات تخفيف - ماصات قياسية.

معدات الترشيح:

١. مضخة ترشيح (Water aspirator) أو مضخة تفريغ كهربية.
٢. مضخة شفط: (دورق ايرلين ماير ذوجدار سميك بذراع جانبى ويتم توصيله بوسيلة التفريغ بأنبوبة مطاط ذات جدار سميك يسمح بأن تظل عملية التفريغ مستمرة أثناء الترشيح).
٣. وحدة حامل الترشيح (Filter holding unit) وتتركب من جزئين: الجزء السفلى أو القاعدى الذى يركب على دورق الشفط بسدادة مطاط، ويثبت غشاء الترشيح فى هذه الوحدة بعد تجميعها، وسطحها المثقب يسمح بمرور المياه المرشحة إلى دورق الشفط خلال إجراء عملية الترشيح.

والجزء العلوى والذى يثبت فى الجزء القاعدى أثناء التشغيل ويشبه القمع إلى حد ما ليوزع المياه التى يجرى ترشيحها على كل مساحة غشاء الترشيح. ووحدة حامل الترشيح يمكن أن تكون من المعدن (وهوالغالب) أو من الزجاج وبأشكال وتصميمات عديدة.

ويلف الجزئين السفلى والعلوى فى ورق الألمونيوم وتعقم داخل الأوتوكلاف لمدة ١٥ دقيقة على الأقل عند درجة ١٢١ درجة مئوية لمدة ١٥ دقيقة. ويجب ألا توضع أية وحدة تحتوى على أجزاء من المطاط أو البلاستيك فى فرن التعقيم.

أطباق بترى:

زجاجية أو من البلاستيك سابق التعقيم ٦٠ × ١٥ مم للمزارع تستخدم مرة واحدة، أما الزجاجية فيعاد استخدامها بعد غسيلها وتعقيمها.

أغشية الترشيح:
ذات قطر ٤٧ - ٥٠ ملليلتر وقطر الفتحة المناسب للاختيارات البكتريولوجية للمياه ٠,٤ - ٠,٧ ميكرون.

وتغلف هذه الأغشية فى لفافات من الورق بطريقة مناسبة وتعقم داخل أوتوكلاف لمدة عشر دقائق عند درجة ١٢١ درجة مئوية وتجفف بعد التعقيم بالتخلص السريع من البخار العادم.

بطانات مص الغذاء:
تتركب من أقراص ورق ترشيح ذات سمك حوالى ١مم ولها نفس قطر أغشية الترشيح. ولتجهيز وتعقيم هذه البطانات تتبع نفس الخطوات المتبعة لأغشية الترشيح.

ملقـــــاط.

جهاز عد المستعمرات:
ذو عدسة تكبير قوة (من ٤ الي ٥) أو ميكروسكوب تشريح مزدوج العينية ذو إضاءة مناسبة.

المحاليل والبيئات:
مـــاء تخفـــيف منظـــم (وهومحلـــول الفـــوسفـــات المنظـــم المخفـــف)- (M - Endo broth & M - FC broth) وهى إما أمبولات جاهزة معقمة سعة ٢ ملليلتر أو عبوات بودرة ويتم تحضيرها معمليا.

خطوات الاختبار:
١. نظف سطح البنش بالماء أو بمحلول مطهر ويترك السطح ليجف قبل بدء الخطوات.
٢. دون أرقام العينات على الأوعية وافتح كل أغطية أوعية الزرع وضع الغطاء بجانب كل وعاء. وتوضع بطانة مص معقمة واحدة فى النصف

الأسفل لكل وعاء زرع باستخدام ملقاط صغير معقم يستخدم فى مسك بطانات المص.

٣. باستخدام ماصة معقمة ضع كمية من الوسط المجهز كافية لتشبع كل بطانة مص وكمية وسط الزرع المطلوبة لتشبع كل بطانة مص فى حوالى ٢ مللى لتر تقريباً، ولكن لا يمكن تحديدها تماماً. وتوضع الكمية الكافية من وسط الزرع حتى تتشبع بطانة المص وبحيث يكون هناك قطرة حرة (معقولة الحجم) غير ممتصة فوق البطانة تظهر عند إمالة وعاء الزرع ثم تغطى أوعية الزرع بأغطيتها.

٤. ضع غشاء الترشيح المعقم بحيث يكون السطح الشبكى الشكل لأعلى على الجزء القاعدى من وحدة حامل الترشيح بحيث يتمركز على الجزء المثقب من حامل الغشاء. ولما كانت أغشية الترشيح سهلة التلف لذلك يجب مسكها بالملقاط المعقم بعناية. ويراعى مسك قرص الترشيح من الخارج بعيداً عن الجزء الذى سوف تمر العينة خلاله أثناء ترشيحها. ولكى يحتفظ بالملقاط معقماً يجب حفظه بحيث تكون حافتة مغمورة فى حوالى ٣ سم من الكحول الايثيلى أو المثيلى. وعند استعمال الملقاط اشعل الكحول المبلل لحافة الملقاط مع مراعاة أنه لا يجب أن يتعرض الملقاط للهب لفترة أطول من الفترة اللازمة لإشعال الكحول.

٥. أجمع وحدة الترشيح بتثبيت الجزء العلوى (القمع) فى الجزء القاعدى، ويجب إجراء ذلك بعناية تامة حتى تتجنب إتلاف غشاء الترشيح (الذى تم وضعه داخل وحدة الترشيح).

٦. رج العينة بشدة عشرون مرة تقريباً بالتحريك لأعلى ولأسفل.

٧. قبل استخدام التفريغ صب الحجم المقاس من العينة المراد إجراء الاختبار لها فى داخل قمع وحدة الترشيح. إذا كان حجم العينة المختبرة أقل من ١٠ مللى لتر صب فى القمع ١٠ مللى لتر تقريباً من ماء التخفيف المعقم بعد صب العينة. وإذا كان حجم العينة المختبرة ١٠ مللى لتر أو أكثر فلا يجب صب أى مياه تخفيف.

٨. شغل وسيلة التفريغ للإسراع من ترشيح العينة خلال الغشاء. وبعد مرور كل العينة خلال غشاء الترشيح أوقف التفريغ واشطف القمع بـــ

٢٠ - ٣٠ مللى لتر من ماء التخفيف المعقم. كرر الشطف بعد مرور كل ماء الشطف الأول.

٩. فك وحدة الترشيح واستخدام الماسك المعقم لتزيل غشاء الترشيح من قاعدة حامل وحدة الترشيح. وبعناية تامة ضع الغشاء وبحيث يكون السطح الشبكى إلى أعلى فوق بطانة المص داخل وعاء الزرع المناسب مع تجنب وجود أى فقاعات هواء بين بطانة المص والغشاء، حيث أن فقاعات الهواء تمنع انتشار وسط الزرع من بطانة المص خلال غشاء الترشيح. وإذا أمكنك إعادة وضع الغشاء للتخلص من فقاعات الهواء يكون أفضل. ويمكنك تقليل الفقاعات المحصورة بوجود كمية كافية من وسط الزرع فوق بطانة المص وبوضع غشاء الترشيح فوق بطانة المص فى وضع صحيح.

١٠. بعد إتمام عملية ترشيح يمكنك إجراء الترشيح التالى له فى سلسلة الترشيح دون الحاجة إلى إعادة التعقيم بعد إتمام سلسلة ترشيحات متتابعة. وإذا كان هناك فاصل زمنى أكثر من ١٥ دقيقة بين ترشيح عينات متتابعة، يعاد تعقيم الوحدة بواسطة غمرها فى ماء مغلى لمدة دقيقتين وتبرد قبل استخدامها مرة أخرى فى الترشيح.

١١. بعد إتمام عمليات الترشيح، احكم إغلاق أوعية الزرع وإقلبها وتوضع داخل الحضانة فى درجة حرارة ٣٥ + ٠.٥ درجة مئوية فى جومشبع بالرطوبة لمدة ٢٤ ساعة. (أحياناً من ١٨ - ٢٢ ساعة).

١٢. بعد فترة التحضين أخرج المزارع، وعد مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية (مخمرات سكر اللبن) باستخدام عدسة بسيطة (أو ميكروسكوب تشريح). ومستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية لها لون أحمر أو أحمر وردى ذات سطح له بريق معدنى أو أخضر ذهبى. هذا البريق قد يغطى كل المستعمرة. وقد يظهر فى مركز المستعمرة فقط. مستعمرات البكتيريا الغير قولونية تتدرج من عديمة اللون إلى اللون الأحمر أو الأحمر الوردى ولكن ليس لها بريق سطحى مميز.

١٣. سجل عدد مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية. إذا تم ترشيح أكثر من حجم واحد للعينة فى البداية، يختار الحجم الذى يعطى بين ٢٠ -

٨٠ مستعمرة من مستعمرات بكتيريا المجموعة القولونية ولا يزيد عن ٣٠٠ مستعمرة من كل الأنواع.

$$\text{عدد المستعمرات/١٠٠ مللى لتر} = \frac{\text{عدد المستعمرات لكل ١٠٠ مللى لتر من العينة}}{\text{حجم العينة المرشحة (مللى لتر)}} \times ١٠٠$$

١٧ - الفحص الميكروسكوبى للكائنات الحية

الغرض من التحاليل البيولوجية

الغرض من هذه التحاليل هو معرفة عدد الكائنات الحية الدقيقة التى لا ترى بالعين المجردة، والتعرف على أنواع الكائنات الدقيقة المختلفة التى توجد بالحمأة المنشطة ومعرفة تأثير كل منها على العملية البيولوجية.

طرق جمع العينات للتحليل والفحص

لجمع عينة سطحية نضع الوعاء لأسفل تحت الماء مسافة (١٥-٢٥ سم) ثم نجعله يُملأ وهو تحت سطح الماء ثم يغطى تحت الماء ويرفع.

- لو استعملنا مواد حافظة تؤخذ العينة فى وعاء آخر ثم تصب بسرعة فى الوعاء المحتوى على المادة الحافظة.
- لعينات الأعماق يستخدم جهاز كيميرر ونسقط الوعاء إلى العمق المطلوب وتجمع العينة ويتم غلق الوعاء باستخدام الصمامات أوتوماتيكياً ويسحب إلى السطح.

إعداد العينة لإجراء الفحص

- يفضل فى حالة فحص الطحالب أن يؤخذ جزء منها أثناء الجمع دون حفظ وترسل للفحص مباشرة، وتحفظ الكمية الأخرى.
- لا يتم الحفظ للعينة فى حالة معرفة وفحص البروتوزوا، والروتيفير وبعض السوطيات الحية.
- يتم فحص العينة غير المحفوظة بالمعمل وكلما أسرعنا كان ذلك أفضل. (يجب أن لا تزيد المدة عن ٣٠ – ٦٠ دقيقة فى الجو العادى وعن ٢ - ٣ ساعات فى الجو البارد أو العينات المثلجة).
- يمكن أخذ عينات مركبة إذا كانت هناك أنواع أخرى للدراسة عليها.

تحديد الأنواع المختلفة للكائنات الحية ميكروسكوبياً

إن الفحص الميكروسكوبى يعنى التعرف على أنواع الكائنات الدقيقة المختلفة التى توجد بالحمأة المنشطة، ومعرفة تأثير كل منها على العملية البيولوجية.

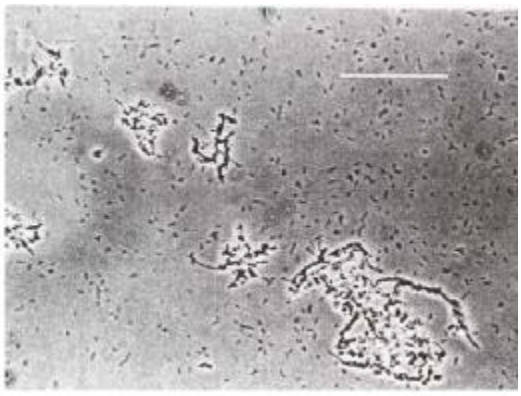
ومن أهم الكائنات الدقيقة التى تتكون منها الحمأة المنشطة ما يلى:

١. البكتيريا
٢. البروتوزوا
٣. الروتيفيرز (الكائنات الدوارة)
٤. الكائنات الخيطية (فطر أو بكتيريا)

وكل من تلك الكائنات ينمو ويتكاثر وينتعش فى ظروف معينة، ويمكن عــن طريق الفحص المجهرى معرفة الظروف السائدة فى وسط الحمأة المنشطة.

البكتريا (Bacteria)

هى الاهتمام الرئيسى فى معالجة مياه الصرف الصحي ولها وهى أنواع مختلفة تقع جميعها تحت مجموعة (Heterotrophs) وتظهر تحت الميكرسكوب كنقاط سوداء صغيرة جدا ووجود الكثير منها يدل على معالجة مبكرة ووجود نسبة عالية من الغذاء: المواد العضوية (Food : BOD) أو (F/M) ويمكن مشاهدتها بالميكرسكوب بتكبير X٤٠٠. ويوضح الشكل رقم (١٠-٣) بعض أنواع البكتيريا المتواجدة فى مياه الصرف الصحى.

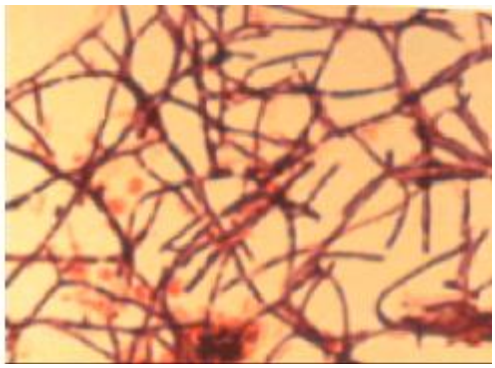


شكل رقم (١٠-٣)
بعض أنواع البكتيريا المتواجدة فى مياه الصرف الصحى

البكتريا الخيطية (Filamentous Bacteria)

يوجد نوع آخر من البكتيريا يسمى البكتيريا الخيطية تعمل على تثبيت المخلفات مثلها مثل البكتيريا العادية غير أنها تسبب مشاكل لأنها لا تترسب جيدا. وتبدأ هذه البكتيريا فى الإنتشار عندما تكون الظروف غير مناسبة مثل

إنخفاض الأس الأيدروجيى (pH) أو قلة الأكسجين المذاب (DO) أو ارتفاع تركيز المواد العضوية التى تصلح كغذاء للبكتريا. ووجودها يدل على زيادة نسبة المواد الصلبة فى المياه الناتجة من المروق الثانوي وتعثر عملية المعالجة البيولوجية، ويوضح الشكل رقم (١٠-٤) نوع من البكتيريا الخيطية المتواجدة فى مياه الصرف الصحى.



شكل رقم (١٠-٤)
البكتيريا الخيطية

البروتوزوا (Protozoans)

لا تتغذى البرتوزوا على المواد العضوية المتوفرة فى مياه الصرف الصحي ولكنها تتغذى على البكتريا وبالتالي تساهم فى التخلص من البكتريا العائمة وتساعد على ترويق المياه، وهى كائنات شبة حيوانية وتتضمن:

الأميبا (Amoeba)

هى خلية واحدة ليس لها جدار خلوى ولكن لها غشاء سيتوبلازمى لها أرجل كاذبة لإقتناص الغذاء والحركة وتتغذى على الكائنات الحية وتعمل الإنزيمات التى تفرزها على تحلل الغذاء وهضمها وامتصاصها من خلال غشاء الخلية ويكثر تواجدها وأعدادها عند بداية تشغيل محطة المعالجة. ووجودها يدل على حمأة نشطة شابة ونسبة عالية من (F/M). ويوضح الشكل رقم (١٠-٥) شكل من الأميبا المتواجدة فى مياه الصرف الصحى.

شكل رقم (١٠-٥)
الأميبا

السوطيات (Flagellates)

تختلف السوطيات فى أحجامها وتتميز بوجود أسواط متصلة على جدار الخلايا وخصوصًا فى المقدمة والمؤخرة وتتكاثر عندما تقل اعداد البكتيريا ويكون الحمل العضوى (BOD) مرتفع. ووجود السوطيات يدل على أن الحمأة النشطة شابة وحديثة وأن نسبة (F/M) مرتفعة، ويمكن مشاهدتها تحت الميكرسكوب بقوة تكبير X١٠٠.

الهدبيات (Ciliates)

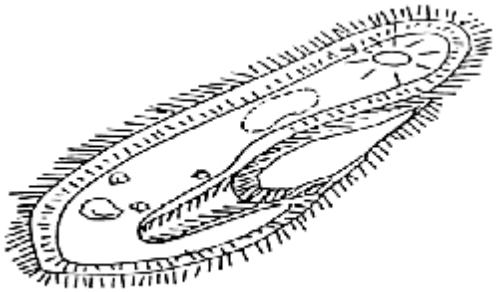
هي نوع من البروتوزوا يغطى كل أو بعض جدران خلاياها ما يشبه الشعر الذى يساعدها علي الحركة ويسبب تيارا من الماء يؤدى الى حصولها على الغذاء، وتتغذى على البكتيريا والمواد العضوية وتكثر عندما تكون الحمأة حديثة. ويوضح الشكل رقم (١٠-٦) بعض أنواع الهدبيات المتواجدة فى مياه الصرف الصحى.

وتنقسم الهدبيات إلى ثلاثة أنواع :

1. Free-Swimming
2. Grazers
3. Stalked

وتتواجد السيليلتا حرة السباحة (Free-Swimming) بأعداد وفيرة عندما تزداد أعداد البكتيريا ويدل وجودها على أن نظام الحمأة النشطة قد قارب على تمام المعالجة، ويوضح الشكل رقم (١٠-٧) الهدبيات حرة السباحة.

شكل رقم (١٠-٧)
هدبيات حرة السباحة



شكل رقم (١٠-٦)
هدبيات

كما أن وجود الكثير من هدبيات (Grazers) الموضحة فى الشكل رقم (١٠-٨) يدل على مستوى معالجة أفضل.

أما البروتوزوا ذات الأعناق (Stalked Ciliates) الموضحة فى شكل رقم (١٠-٩)، (١٠-١٠)، (١٠-١١) فإنها قادرة على المعيشة فى مياه ذات حمل عضوى منخفض وتتواجد فرادى أو فى مستعمرات وتتكاثر عندما لاتستطيع بروتوزوا حرة السباحة من المنافسة على الغذاء لقلة أعدادها.

ويدل وجودها على جودة المعالجة فى نظام الحمأة المنشطة النمطية وجودة الترسيب وشفافية المياه المعالجة. ويمكن مشاهدتها تحت الميكرسكوب بقوة تكبير X١٠٠ أو X ٢٠٠.

شكل رقم (١٠-٨)
هدبيات من نوع جريزر

شكل رقم (١٠-٩)
بروتوزوا ذات الأعناق

شكل رقم (١٠-١٠)
بروتوزوا ذات الأعناق (مفردة) أو احادية

شكل رقم (١٠-١١)
مستعمرات بروتوزوا ذات الأعناق

ويلاحظ أن إنخفاض أعداد البروتوزوا الهدبية العائمة بالنسبة للبرتوزوا الهدبية ذات العنق يشير إلى أنخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M)، أو زيادة متوسط عمر الحمأة. وعند التأكد من هذا الوضع اعتماداً على بعض الاختبارات الأخرى مثل اختبار معدل القابلية للترسيب وقياس F/M، ومتوسط عمر الحمأة فإن هذا يتطلب خفض تركيز المواد الصلبة العالقة.

وعندما تزيد كميات البروتوزوا الهدبية العائمة فإن هذا يشير إلى ارتفاع نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M)، (وإنخفاض متوسط عمر الحمأة) وبالتالي يحتاج الأمر إلى رفع مستوى المواد الصلبة العالقة. تقوم البكتريا بتثبيت

المواد العضوية، كما أن وجود البروتوزوا العائمة ذات الأعناق هو مؤشر جيد عن استقرار عملية المعالجة.

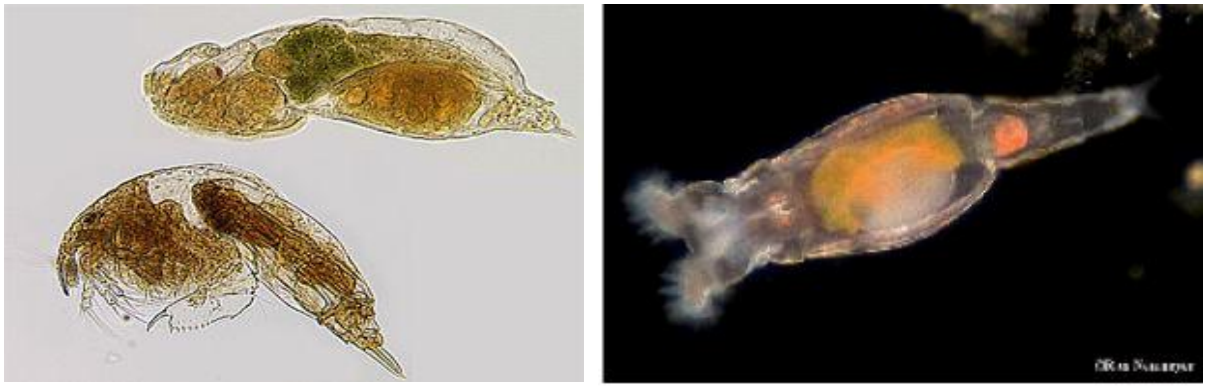
ميتازوا (Metazoas)

هى أكبر الكائنات فى نظام الحمأة المنشطة وهى تشمل:

- روتيفرزRotifers
- نيماتودا Nematodes
- الديدان الدوارة Bristleworm

روتيفرز (Rotifers)

تتواجد عادة فى الحمأة المنشطة القديمة ويدل وجودها على جودة أعمال المعالجة بالحمأة المنشطة وجودة الترسيب وشفافية المياة المعالجة. وتتطلب وجود تركيز عالى من الأكسجين المذاب الذى يسبب إنخفاضه الحاد موتا لها. فوجود الروتيفرز فى الحمأة المنشطة النمطية يشير إلى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة أو طول عمر الحمأة، ويوضح الشكل رقم (١٠-١٢) بعض أشكال الروتيفرز.



شكل رقم (١٠-١٢)

روتيفرز

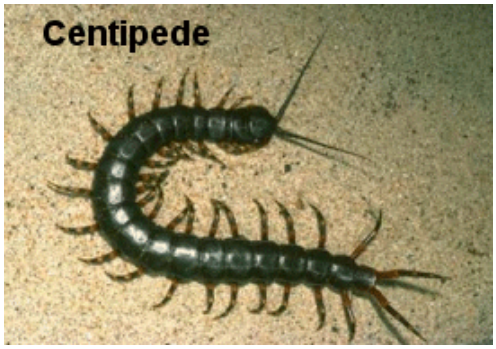
نيماتودا (Nematodes)

تتواجد عادة فى مياة الصرف وهى ديدان أسطوانية غير مقسمة وذات أحجام كبيرة ومقدمة ومؤخرة حادة وتتغذى على البكتيريا والبرتوزوا والرواسب العضوية، ووجودها يدل على أن الحمأة قديمة. ويمكن مشاهدتها تحت الميكرسكوب بقوة تكبير X٤ كما هى مبينة فى الشكل رقم (١٠-١٣).

شكل رقم (١٠-١٣)
نيماتودا

الديدان الدوارة (Bristleworms)

ديدان مفصلية تتواجد عادة فى الحمأة المنشطة القديمة وهى تتغذى على المواد العضوية، ويوضح الشكل رقم (١٠-١٤) الديدان الدوارة.



شكل رقم (١٠-١٤)
الديدان الدوارة

دور الكائنات الحية الدقيقة وتحليل نتائج الفحص المجهرى:

١. تعد البكتيريا أهم تلك الكائنات وترجع أهميتها لكونها تقوم بالدور الأساسى فى أكسدة المواد العضوية فى مياه الصرف الصحى، وهناك أنواع عديدة من البكتيريا يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحى، وتختلف أنواع البكتيريا الموجودة تبعاً لنوع وكمية المواد العضوية المتاحة.

٢. تشكل البروتوزوا ذات الأهداب أحد الكائنات الهامة فى الحمأة المنشطة، وهناك نوعان منها يمكن التمييز بينهما تحت الميكروسكوب، هما:
- البروتوزوا الهدبية العائمة (فى الحمأة الحديثة).
- البروتوزوا الهدبية ذات العنق (فى الحمأة المنشطة الكبيرة).

ولا تتغذى البروتوزوا على المواد العضوية المتوفرة فى مياه الصرف، ولكنها تتغذى على البكتيريا وبالتالى تساهم فى التخلص من البكتيريا العائمة وتساعد على ترويق المياه.

٣. أما وجود الروتيفرز فى الحمأة المنشطة فهو غير شائع، ولكن إذا وجدت فإن هذا يشير إلى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة، أو طول عمر الحمأة، كما أن انخفاض أعداد البروتوزوا الهدبية العائمة بالنسبة للبروتوزوا الهدبية ذات العنق تؤدى لنفس الأسباب، وعند التأكد من هذا الوضع اعتماداً على بعض الاختبارات الأخرى مثل اختبار معدل القابلية للترسيب، وقياس F/M ومتوسط عمر الحمأة، فإن هذا يتطلب خفض تركيز المواد الصلبة العالقة، وعلى عكس ذلك يحتاج الأمر إلى رفع مستوى المواد الصلبة العالقة.

وبصفة عامة فإن البكتيريا تقوم بتثبيت المواد العضوية كما أن وجود البروتوزوا العائمة ذات الأعناق هو مؤشر جيد لاستقرار عملية المعالجة.

٤. أما الكائنات الخيطية التى تظهر على شكل خصل الشعر أو حزم القش، هى كائنات بطيئة الترسيب ويعنى وجودها بكثرة وجود ظـــروف غيـــر ملائمة فى المعالجة البيولوجية مما يؤدى إلى فشـــل عمليـــة الترســـيب وزيادة نسبة المواد الصلبة فى المياه الناتجة من المروق الثانوى.

ويمكن أن تكون الكائنات الخيطية أنواعاً من البكتيريا أو الفطريات، ويرتفـــع تركيز الكائنات الخيطية نتيجة انخفاض الرقم الهيدروجينى والأكسجين الذائب وارتفاع تركيز المواد العضوية التى تصلح كغذاء للبكتيريا.