

برنامج اعتماد مشغلي مرافق مياه الشرب و الصرف الصحي
**Certification Program for Water and Wastewater
Treatment Plant Operators and Lab. Analysts**

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

**Training Course for WWTP Operators
Level B
Trainee Guide**

Volume 1/2

برنامج اعتماد مشغلي مرافق مياه الشرب و الصرف الصحي
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 (ب)

Training Course for WWTP Operators
Level B
Trainee Guide

Volume 1/2

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 ومحلي 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 الجديدة في هذا المجال.

ومن المؤكد أن برنامج "اعتماد مشغلي ومحلي 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 ومنشأتها.
- تطور أداء الكوادر الفنية والإدارية المختصة بالتشغيل والصيانة وإدارتها في منشآت مرافق المياه والصرف الصحي لمستويات الدول المتقدمة.
- تضع تصنيفاً واقعياً 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 الصحي"، وذلك في المستوى (ب) من برنامج الاعتماد، وتم فيه مراعاة كل ما يضمن الوفاء باحتياجات بناء قدرات هذه الفئة الهامة من العاملين في مرافق الصرف الصحي 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 أساساً بالأدلة التي سبق إعدادها بواسطة هذا المشروع للمستويات السابقة (د، ج) مع إضافة ما يحقق ويستوفي الأهداف الموضوعية للمستوى الأعلى منهما مباشرة ضمن هذا البرنامج (المستوى ب)، 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 أيضاً بإشراف نفس المستوى من الخبراء، الذين تخصصوا وعملوا مع جهات دولية عديدة في مجال تشغيل وصيانة المرافق، ومرافق الصرف الصحي بصورة خاصة، مع مرجعية لا يمكن تجاهلها لعدد 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 الصحي 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.

- ()
 -
 -
 -
 -
 -

- ()
 -
 -
 -
 -
 -
 -
 -
 -
 -

	-	:
	()	
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
-		
		:
	()	
-		
-		
-		
-		:
-		:
-		
-		

	() :
-	()
-	()
-	
-	
-	
-	
-	
-	:
-	
-	
-	:
-	
-	:
-	
-	:
-	()
-	
-	
-	.
-	.
-	.
-	.
-	

:

()

-
-
-
-
-
-
-
-

الفصل الثامن: صرف وإعادة استخدام المياه المعالجة

()

-
-
-
-
-
-
-
-

:

()

:

:

-
-
-
-

:

()

-
-
-
-
-
-
-

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

:

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

()

[illegible]

()

	:
-	()
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	

	:
-	()
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	
-	

-
-
-
-

:

()

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

:

()

-
-
-
-
-
-
-
-

-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-
-

:

:
:
:

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 قادراً على أن:

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

مصادر مياه

الصرف الصحي

تنتج مياه الصرف الصحي أساساً من المخلفات السائلة المنزلية الناتجة من المباني السكنية ومن المخلفات السائلة الناتجة من بعض الصناعات الخفيفة كالصناعات الغذائية بالإضافة إلى مياه الرش ومياه الأمطار التي تصل إلى الشبكة كما هو موضح بالشكل رقم (١ - ١).

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

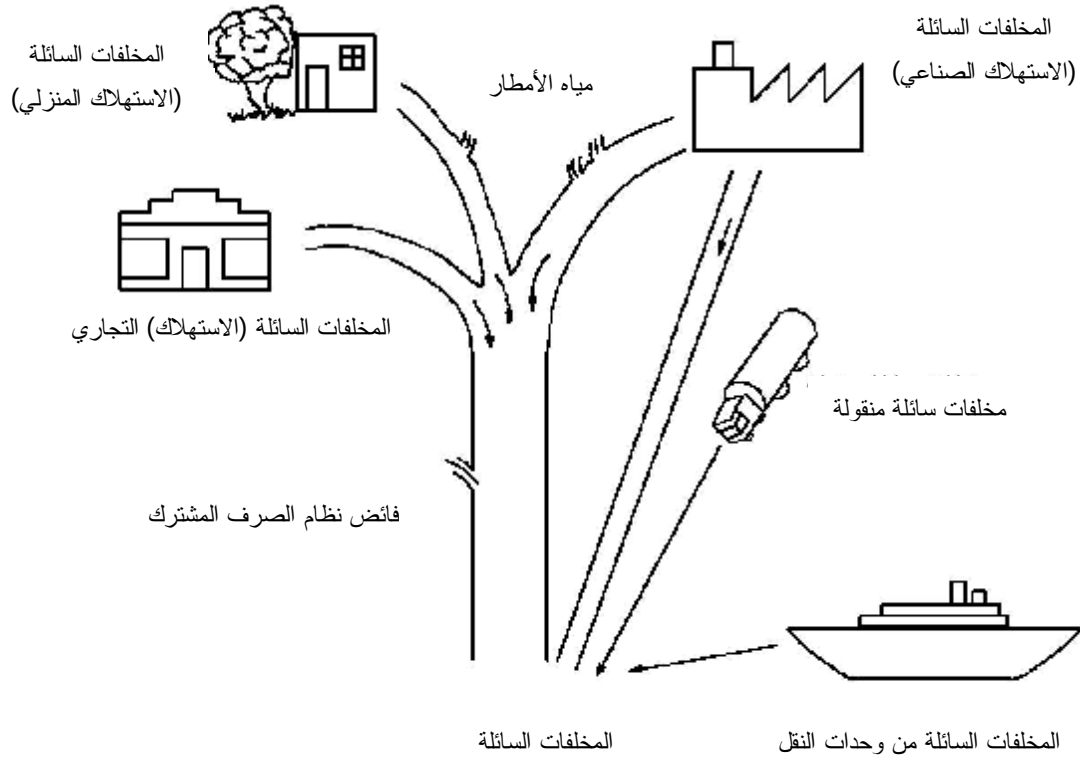
١ - مياه الصرف

الصحي المنزلي

تشمل المياه المستعملة في التجهيزات الصحية المنزلية والمراحيض وأحواض المطابخ والأجهزة الأخرى، ويتضح من ذلك أن نوعية الشوائب في هذه المياه هي مخلفات الطعام والفضلات الأدمية بالإضافة إلى المواد الناتجة عن الاستحمام ونظافة الملابس والأواني والأرضيات وأعمال النظافة الأخرى.

وتختلف نوعية مياه الصرف الصحي المنزلي طبقاً للعوامل التالية:

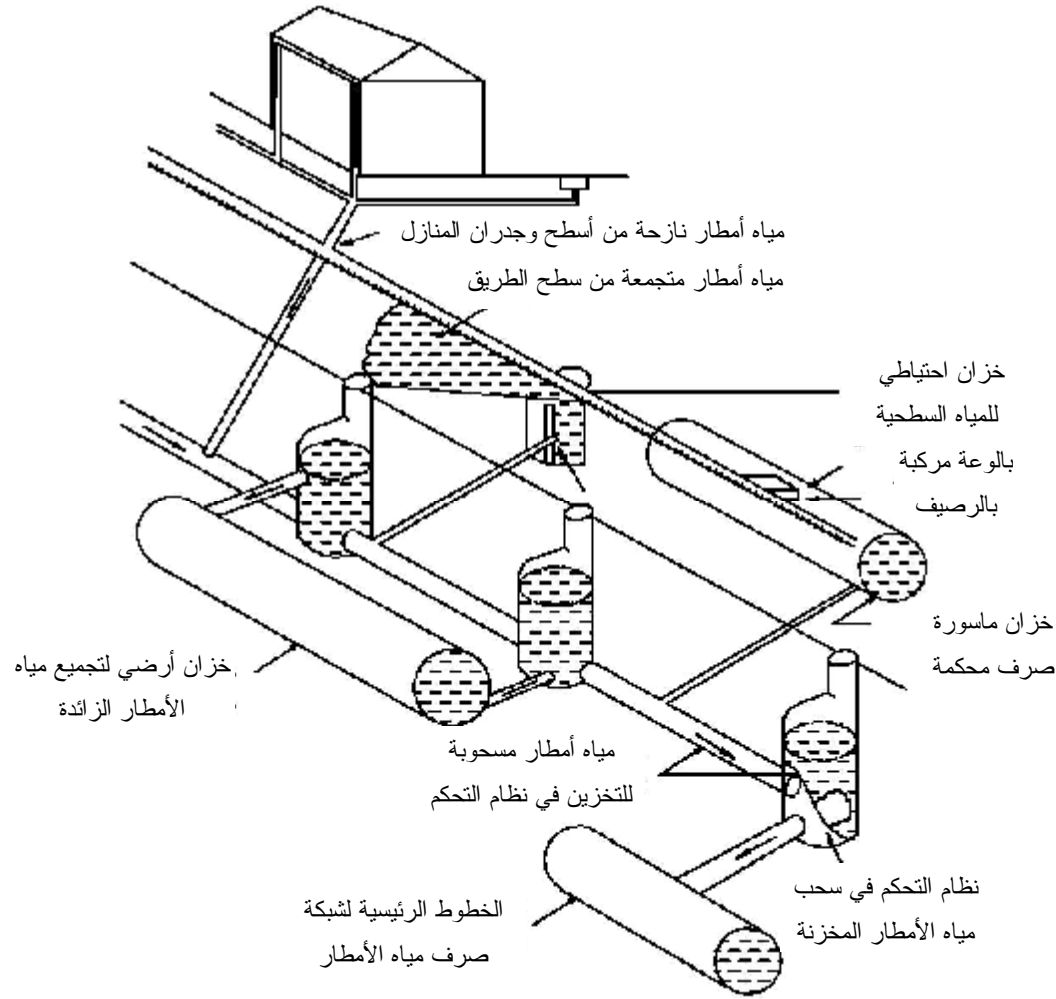
- أ - نظام شبكات التجميع (هل هي مشتركة أو منفصلة).
- ب - مستوى معيشة السكان.
- ج - معدلات استهلاك المياه.
- د - خصائص مياه الشرب.



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

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 التي تدخل في التصنيع، والنسبة التي تصل منها إلى مياه الصرف الصحي. وتكون بعض المخلفات الصناعية أشد تركيزاً من مياه الصرف المنزلي بالنسبة للمواد العضوية والمواد العالقة والمواد الذائبة، وقد تكون بعضها أقل تركيزاً، فنجد مثلاً أن المياه المستعملة في صناعة الورق تحتوي على تركيز عال من المواد العضوية العالقة والذائبة، بينما نجد أن المياه المستعملة في صناعة التبريد تكون خالية من الشوائب. كما أن بعض المخلفات الصناعية قد تحتوي على مواد سامة أو ضارة بالنسبة للكائنات

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

٤ - مياه الرش

وهي المياه التي تدخل مواسير الصرف الصحي من المياه السطحية أو من المياه الجوفية في باطن الأرض إذا كان منسوبها أعلى من منسوب المواسير. لذا يجب أن تقدر قيمتها لتؤخذ في الاعتبار عند التصميم. وتدخل المياه الجوفية عن طريق الوصلات والمسام والمطابق المعيبة وأغطية المطابق التي يقل منسوبها عن منسوب سطح الأرض. وتعتمد كمية مياه الرش 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 - خاصة في المناطق الممطرة). وقد يحدث في بعض الأحيان ظاهرة الترشيح (عكس حركة مياه الرش) في حالة وجود المياه الجوفية على منسوب أقل من منسوب المواسير حيث تتسرب المياه من المواسير إلى طبقات التربة المحيطة، مما يتسبب في تلوث التربة والمياه الجوفية بالإضافة إلى خلخلة التربة أسفل أساس المواسير والمطابق وتأثير ذلك على سلامة هذه المنشآت والمواسير.

٥ - مياه غسل

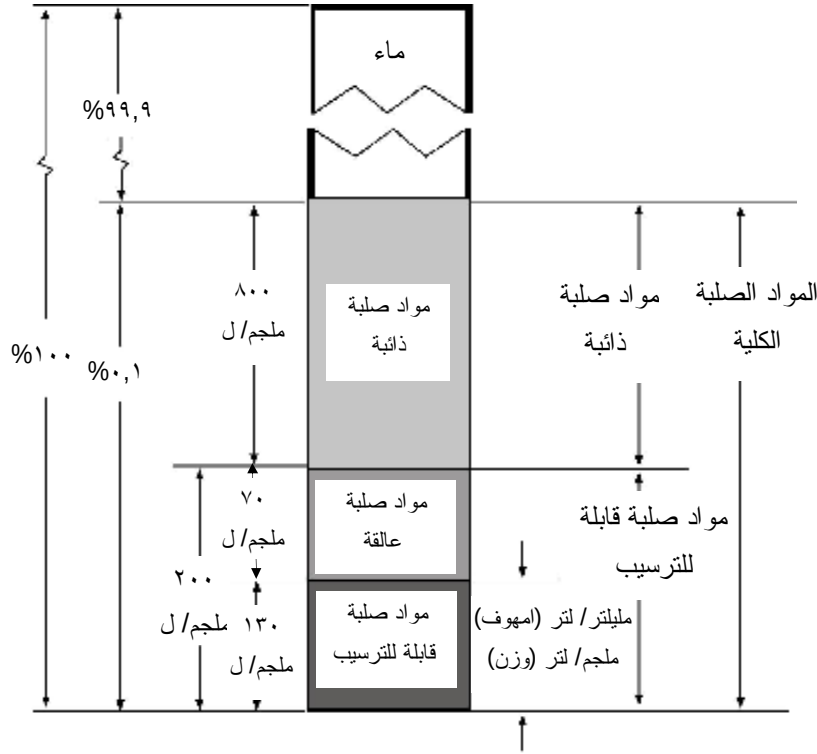
الشوارع

وهذه المياه الملوثة تصرف في البالوعات ومنها إلى شبكة الصرف حاملة معها بعض الرمال والورق والزيت والشحومات.

مكونات وخصائص

المخلفات السائلة

تتغير مكونات مياه الصرف الصحي السائلة من وقت لآخر على مدار السنة والشهر واليوم أسوة بتغير كمياتها، إلا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة تتكون في 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 صرف مياه الصرف الصحي غير المعالجة في البيئة حسب نوع الملوثات وتركيزها، ويوضح الجدول رقم (١-١) الملوثات الهامة الموجودة في مياه الصرف الصحي.

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

ونظراً لاختلاف 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 إلى 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 إلى إستهلاك وإستنزاف الأكسجين الذائب وربما إلى 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 إلى الإصابة بالأمراض سواء للإنسان أو للحيوان أو للنبات داخل البيئة، وتشمل البكتيريا 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 إلى 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 كبيراً 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، وأيضاً وجودها بتركيزات عالية يسبب إستنفاد الأكسجين الذائب في المياه وموت بعض الكائنات المائية كالأسماك نتيجة للإختناق، ولو تسربت للأرض تسبب تلوثاً للمياه الجوفية.

وقد تتشابه طرق التخلص لأكثر من ملوث وقد تتفرد ملوثات معينة 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

تحتوي المخلفات السائلة عند بدء جريانها في شبكة الصرف على بعض الأكسجين الذائب الذي سرعان ما يُستهلك نتيجة لنشاط البكتريا الهوائية التي 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 عالٍ في اللون، وهكذا يتضح أن المواد العضوية تتعرض إلى نوعين من التحلل هما التحلل الهوائي واللاهوائي.

أولاً: التحلل اللاهوائي (Putrefaction):

وهو الذي يحدث نتيجة لنشاط البكتيريا اللاهوائية في 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 الذي يحدث نتيجة نشاط البكتيريا 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 في زيادة نشاط البكتيريا سواء الهوائية أو اللاهوائية مع ارتفاع درجة الحرارة إلى درجة معينة يأخذ بعدها نشاط البكتيريا في الهبوط.
- العوامل الميكانيكية (Mechanical factors) مثل مرور المخلفات السائلة على هدارات أو في منحدرات أو في 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) في المدينة وكذلك محتويات هذه المياه وكمية مياه الرش وكمية مياه المطر، وهذه تؤثر على درجة تركيز المواد الصلبة (عالقة كانت أو ذائبة)، كما أن مياه الرش بما قد تحتويه من أملاح ذائبة تؤثر على درجة تركيز المواد الذائبة.
- المواد الصلبة الموجودة في 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 في المخلفات السائلة بحوالى (٥٠%) من مجموع المواد الصلبة.

خصائص مياه الصرف الصحي

إن مستوى هذا البرنامج التدريبى الذى يهدف إلى التعرف على الخصائص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي 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.

تُحدّد 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

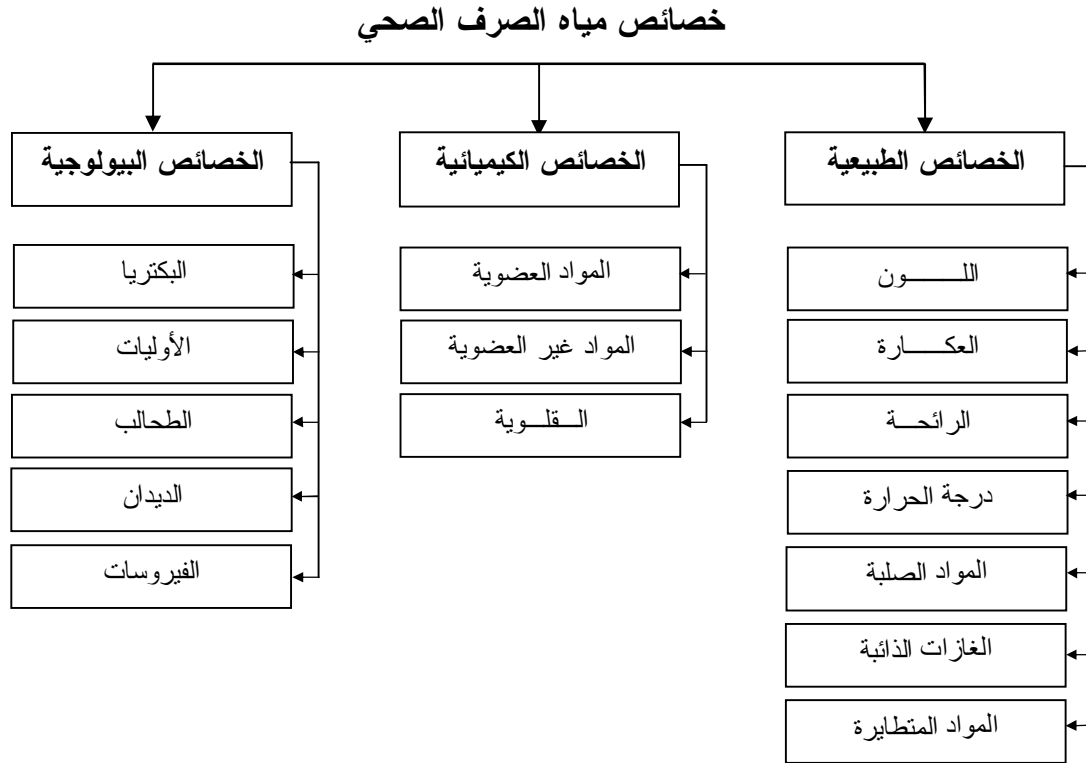
على الأكسجين، أما الخصائص الكيميائية غير العضوية فتشمل الملوحة والعُسر والرقم الهيدروجيني والحموضة والقلوية بالإضافة إلى المعادن المؤيئة، ومنها الحديد والمنجنيز، المواد الأنيونية، ومنها الكلوريدات والكبريت والنترات والكبريتيد والفوسفات.

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) تقسيماً عاماً مبسطاً للخصائص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية لمياه الصرف الصحي وسنتناول كل خاصية والطريقة المتبعة في 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 الصحي المسموح بصرفها على شبكات الصرف الصحي.



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 إلى 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 على كمية المواد العالقة ونوعها ولونها

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

ويتم قياس العكارة في مياه الصرف الصحي المعالجة باستخدام جهاز قياس العكارة (Turbidity meter) وذلك بعد معايرته باستخدام محلول قياسي مباشرة مع اتباع التعليمات الخاصة بالجهاز المستخدم، ووحدة قياس العكارة هي 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 البكتيريا اللاهوائية في النمو والنشاط وتأخذ في استهلاك وتحليل المواد العضوية وتحولها إلى أمونيا وغازات أخرى، ويصبح الماء حينئذ ذو رائحة كريهة جداً ويسمى ماء متعفناً (متحللاً)، 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 المستقبلية إلا أن ذلك يعد مكلفاً من الناحية الاقتصادية (مثل محطة معالجة الصرف الصحي 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 الصحي 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 الصحي أعلى قليلاً من درجة حرارة الجو المحيط بسبب وجود المخلفات الآدمية و بسبب صرف مخلفات صناعية على الشبكة أحياناً. ودرجة الحرارة تأثير واضح على نشاط البكتيريا سواء الهوائية أو اللاهوائية، فزيادة الحرارة تزيد من النشاط البكتيري وذلك إلى 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 بالبكتيريا فإن الأكسجين نفسه أقل ذوباناً في المياه الدافئة عنه في المياه الباردة. وخلاصة القول هنا أنه عند ارتفاع درجة حرارة مياه الصرف الصحي في أشهر الصيف يزداد معدل التفاعلات البيوكيميائية وفي نفس الوقت ينخفض تركيز الأكسجين الذائب في المياه مما قد يؤدي إلى استنزاف الأكسجين الذائب.

ويتم قياس درجة حرارة مياه الصرف الصحي الخام الداخلة للمحطة بأخذ عينة وقياسها مباشرة باستخدام ترمومتر زئبقي مدرج من صفر إلى ١٠٠ درجة مئوية ويتكرر هذا مرة في كل ورديّة.

٥. المواد الصلبة العالقة

من الناحية العملية يتم تعريف المواد الصلبة العالقة بمياه الصرف الصحي على أنها وزن المواد التي يتم حجزها على ورقة الترشيح بعد تجفيفها في

فرن درجة حرارته 105° مئوية، ووحدة قياس المواد الصلبة العالقة هي ملليجرام/لتر. والمواد الصلبة العالقة نفسها تنقسم إلى قسمين هما مواد قابلة للترسيب ومواد غير قابلة للترسيب (غروية)، وتعرف المواد الصلبة القابلة للترسيب على أنها المواد التي تترسب في قاع إناء على شكل مخروطي (يسمى قمع أو مخروط إمهوف) في زمن قدره ٦٠ دقيقة وتقاس بالمليلتر لكل لتر، أو التي تبقى بعد التبخر وتقاس بالملليجرام/لتر وهي تقريبا مقياس لكمية الحمأة التي سوف تتفصل في مرحلة الترسيب الابتدائي والتي سيطلق عليها الحمأة الابتدائية.

٦. الغازات الذائبة

تحتوي مياه الصرف الصحي على بعض الغازات الذائبة والتي تتوقف على 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 هي 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 النترية وعن عمليات اختزال النترات NO_3 .
- غاز النيتروجين والناتج من عمليات اختزال النترات خلال عمليات (عكس النترية).

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 إلى طاقة أو إلى 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 إلى ٨٠% من وزن المواد الصلبة الكلية، بينما تصل هذه النسبة إلى ٦٠% فقط في الحمأة الموجودة في أحواض الهضم اللاهوائي (أحواض التخمر).

ثانياً: الخصائص

الكيميائية

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

١. المواد العضوية

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

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

ويمكن تقسيم المواد العضوية من حيث قابليتها للتحلل إلى:

- 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 مُخلَّقة واردة إليها من صرف مياه المخلفات الصناعية علي شبكة الصرف الصحي، ويتباين التركيب الكيميائي لهذه الجزيئات تبايناً كبيراً مثل المنظفات الصناعية والمبيدات الزراعية، ويؤدّي وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات المعالجة لأن معظم هذه المركبات العضوية المُخلَّقة لا تتحلل بيولوجيا أو تكون قابلة للتحلل ولكن ببطء شديد.

وتمثل المواد العضوية من ٤٥ إلى 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 إلى ٥٥ % 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 والزنك والكاديوم 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 انتشاراً. ويمكن اعتبار السيليكات والفوسفات بالإضافة إلى مركبات مشابهة مكونة لجزء من القاعدية. ويشكل تركيز القاعدية في مياه الصرف الصحي أهمية من حيث التأثير على كل 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 متعادلاً، أما الارتفاع أو الانخفاض الكبير فإنه يؤدي إلى اضطراب في عملية المعالجة، وفي مياه الصرف الصحي تميل القيمة قليلاً نحو القلوية أي $pH = 7.2$ 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 الأدمي بإستمرار، وربما أضيفت عن طريق الرش من المياه الجوفية على شبكة الصرف الصحي، أو صرف مخلفات صناعية، ولا تتأثر أملاح الكلوريدات

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

٦. النتروجين والفسفور Nitrogen – Phosphorous

يتعين وجود الفوسفور والنتروجين والكربون في مياه الصرف الصحي بنسب ١ (فوسفور) : ٥ (نتروجين) : 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 خائف وقابل للانفجار إذا زاد تركيزه في الهواء. كما أنه يسبب الرائحة الكريهة المميزة لمياه الصرف الصحي، وإلى جانب ذلك هو يستهلك جزءاً من الأكسجين اللازم للعمليات الحيوية في محطات المعالجة البيولوجية.

٨. المعادن الثقيلة Heavy Metals

مثل النيكل والكاديوم والزنك والنحاس والحديد والزنك. وهي تتواجد طبيعياً 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 الصرف الصحي من الكائنات الحية الدقيقة؛ فبالإضافة إلى المحتويات السابق ذكرها؛ تحتوي مياه الصرف الصحي على كثير من الكائنات الميكروسكوبية الدقيقة، والتي يوجد منها أعداد بالآلاف وربما بالملايين في كل مليلتر 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 بتنشيط المواد الصلبة العضوية وأكسدها وتحويلها إلى مواد صلبة ثابتة غير عضوية. وبصفة عامة يتم التعرف على الخصائص البيولوجية في المعمل باستخدام الميكروسكوب.

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

١. البكتريا

تعد البكتريا من أهم الكائنات الدقيقة على 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 بالانقسام الثنائي، ويوجد منها أنواع أخرى تتكاثر بالتكاثر الجنسي أو بالتفرع، وتندرج معظم البكتريا تحت ثلاثة أنواع رئيسية تبعاً لشكلها وهي الكروية والأسطوانية (العصوية) والحلزونية (اللولبية)، وحجم البكتريا عموماً يتراوح من ١،٠ إلى ١٠ ميكرون.

وتنقسم البكتريا إلى بكتريا هوائية وهي التي تنشط في وجود الأكسجين، ولا هوائية وهي التي تنشط في غياب الأكسجين الذائب، إختيارية وهي التي 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 وتتمو في وجود الأكسجين، علي الرغم من وجود أنواع قليلة منها لاهوائية. والبروتوزوا كائنات أكبر في الحجم من البكتريا إذ يتراوح حجمها بين ١٠ إلى ١٠٠ ميكرون، وهي تستهلك البكتريا كمصدر من مصادر الطاقة والغذاء لها. ومن الناحية العملية فأن البروتوزوا 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 البروتوزوا وهي كالآتي:

- Stalked Ciliates
- Free swimming Ciliates
- Mastigophora
- Sarcodina

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

أما الـ Citiates فهي 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 أيضاً 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 الكيميائي 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 Bacteria $\times 10^6$	42-29	12-9

٣. الطحالب

الطحالب كائنات إما وحيدة الخلية أو متعددة الخلايا ذاتية التغذية تعتمد في غذائها على 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 الاستفادة من ثاني أكسيد الكربون الموجود داخل البحيرات والمنتج من الكائنات الأخرى.

ثانياً: التأثير السلبي للطحالب ونجده في عمليات المعالجة البيولوجية بالحماة 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 المستقبلية 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 تعقيداً في تركيبها الخلوي من الكائنات الحية الدقيقة التي ذكرناها. ويمكن رؤية العديد من هذه الكائنات تحت الميكروسكوب أو بالعين المجردة، وهي تتميز بقدرتها على تمثيل الغذاء وتحويل المواد العضوية البسيطة إلى مركبات معقدة متراكبة لا تستطيع بقية الكائنات تحليلها أو تكسيدها، 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 والأفراس 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 البكتيريا كغذاء لها.

٥. الفيروسات

الفيروسات أبسط وأصغر الكائنات الدقيقة، حيث يتراوح حجمها ما بين ٠,١ إلى ٠,٣ ميكرون، وتتركب الفيروسات أساساً 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 إلى مجموعة متنوعة من أمراض الجهاز الهضمي والتنفسي.

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

وتحتوي مياه الصرف الصحي على أعداد وأنواع هائلة من الفيروسات، كما أنها توجد أيضاً في معظم المسطحات المائية الملوثة والمعرضة 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 حجماً من الفيروسات (مثل البكتيريا) كلما انخفضت بالتالي كمية الفيروسات خلال مراحل المعالجة المتتالية. 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.

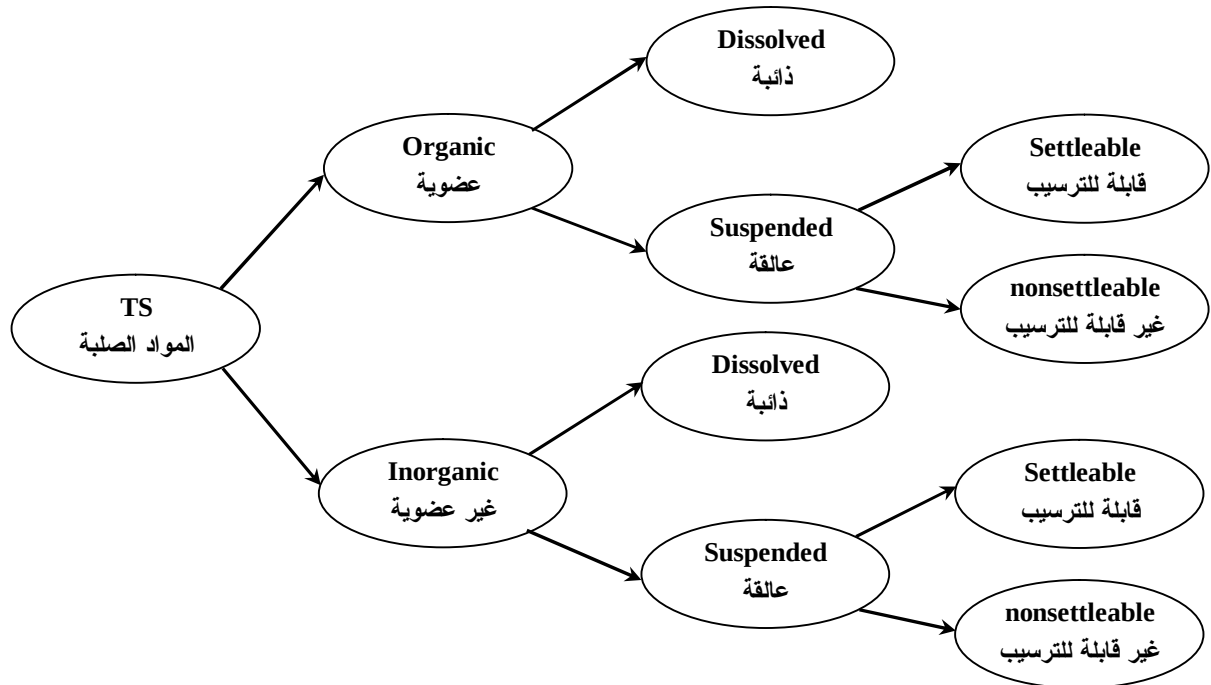
أنواع المواد الصلبة

في مياه الصرف

الصحي

إن مياه الصرف الصحي البلدية (Municipal) التي مصدرها التصريفات الآدمية (Domestic)، وكذلك بعض التصريفات التجارية 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 جهدا قليل في إزالة المواد الصلبة الغير عضوية الذائبة)، وكذلك قتل أو إيقاف نشاط الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض وذلك بأعمال التطهير، أما الملوثات الحرارية والإشعاعية فهي تتطلب أعمال معالجة خاصة.

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



شكل رقم (١-٥)

تقسيم المواد الصلبة العضوية والغير عضوية بمياه الصرف الصحي الخام

المواد الصلبة العضوية والغير عضوية

المواد الصلبة الكلية الموجودة بمياه الصرف الصحي الخام الداخلة للمحطة يمكن تقسيمها بصفة رئيسية إلى مواد صلبة عضوية، ومواد صلبة غير عضوية وبناءً على ذلك الشكل من التقسيم نجد أن كلاً من المواد العضوية والغير عضوية يندرج تحتها المواد الصلبة الذائبة والمواد الصلبة العالقة.

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

المواد الصلبة الطافية

عند تصميم وحدات المعالجة في محطات معالجة مياه الصرف الصحي يتم الأخذ في الاعتبار إزالة المواد الصلبة من مياه الصرف الصحي الخام الداخلة إلى المحطة وكذا المياه المعالجة (السيب النهائي)، وفي الحقيقة لا توجد طرق قياسية لتقدير وتقييم المواد الصلبة الطافية.

إن وجود المواد الطافية بمياه الصرف الصحي المعالجة يعد أمراً غير مرغوب فيه ذلك لأن منظر هذه المواد الطافية في مجارى المياه المستقبلية للماء المعالج يعتبر علامة على وجود مياه صرف صحي غير معالج بشكل جيد.

تحديد تركيز المواد الصلبة الكلية

افتراض أنك أخذت عينة مقدارها لتر واحد من مياه الصرف الصحي 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 الصحي الخام الداخلة للمحطة مقدارها لتر واحد، ثم قم بترشيحها باستخدام ورق ترشيح فيبر جلاس مثلاً، فسوف تحتجز المواد الصلبة العالقة في ورق الترشيح بينما تستمر المواد الصلبة الذائبة مع المياه، والآن يمكنك أخذ المياه التي مرت وتبخيرها ثم زن المادة المتبقية تحصل على وزن المواد الصلبة الذائبة بمياه الصرف الصحي فإذا كان وزن المواد الصلبة الذائبة يساوي حوالى ٨٠٠ مجم فيكون الوزن المتبقى وهو ٢٠٠ مجم يشير إلى وزن المواد الصلبة العالقة، وذلك طبقاً للتجربة التي تم إجراؤها في تحديد تركيز المواد الصلبة الكلية السابق الإشارة إليها.

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

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

ويمكن أيضاً 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 تتوفر 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	
٣٥ ° مئوية	٣٥ ° مئوية	درجة الحرارة
٩ - ٦	٩ - ٦	الأس الأيدروجينى
٦٠	٦٠	الأكسجين الحيوى الممتص
٨٠	١٠٠	الأكسجين الكيماوى المستهلك الميكرومات
٤٠	٥٠	الأكسجين الكيماوى المستهلك (برمنجات)
لا يقل عن ٤	-	الأكسجين الذائب
١٠	١٠	الزيوت والشحوم
٢٠٠٠	٢٠٠٠	المواد الذائبة
٥٠	٦٠	المواد العالقة
خالية من المواد الملونة	خالية من المواد الملونة	المواد الملونة
١	١	الكبريتيدات
-	٠,١	السيانيد
-	١٠	الفوسفات
٥٠	٤٠	النترات

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

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

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

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 تستدعي إجراء تحاليل إضافية ومتابعة للنتائج.

**مدى مطابقة
مواصفات المياه
المعالجة**

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

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

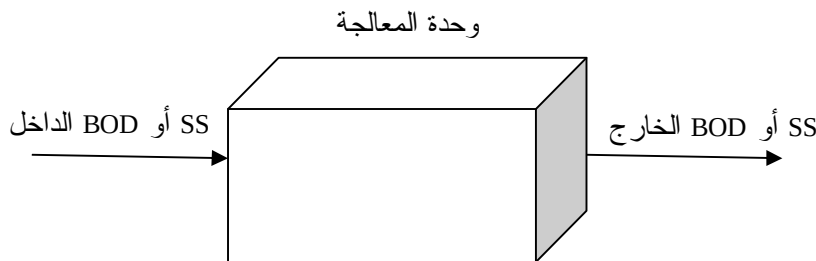
تحديد كفاءة**عملية المعالجة**

يعنى التعبير "كفاءة عملية المعالجة" بتحديد مدى فعالية محطة معالجة مياه الصرف الصحي 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، وأيضاً يمكن حساب كفاءة المحطة ككل فى إزالة هذين النوعين من الملوثات BOD & SS.

وبصفة عامة، فإنه يتم حساب الكفاءة كما يلى:

$$\text{نسبة إزالة BOD \%} = \frac{\text{BOD المزال}}{\text{BOD الداخلى}} \times 100$$

$$\text{نسبة إزالة SS \%} = \frac{\text{SS المزال}}{\text{SS الداخلى}} \times 100$$



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 أيضاً على مستوى المحطة بالكامل من العينات المأخوذة من مدخل المحطة والمخرج لتحديد الكفاءة الكلية لمحطة المعالجة.

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 المصافي ويحدد أنسب أنواع المصافي للاستخدام والمقارنة الفنية بينها.
٢. يذكر الشروط المختلفة الواجب توافرها بالمصافي والأسس التصميمية لها.
٣. يشرح المكونات الأساسية لأحواض فصل الرمال ويذكر الأسس التصميمية لها.
٤. يذكر المشاكل المحتملة عند تشغيل المصافي الميكانيكية وطرق علاجها.
٥. يحدد المشاكل المحتملة عند تشغيل أحواض فصل الرمال وأسلوب تجميع والتخلص من الرمال.
٦. يحدد استخدامات أحواض الموازنة وأنسب مواضعها.
٧. يذكر طرق الحسابات الأساسية لأحواض الموازنة.

مقدمة

تعتمد طرق المعالجة الأولية على العوامل الطبيعية الموجودة فى الطبيعة نفسها بدون تدخل الإنسان، أي أن القوى المؤثرة المستخدمة هى القوى الطبيعية التى لاحظها واكتشفها الإنسان داخل البيئة المحيطة، وعلى الرغم من أن استخدام العمليات الطبيعية في معالجة مياه الصرف الصحي بدأت منذ زمن طويل إلا أنها لا تزال أساساً لمعظم أنظمة المعالجة المستخدمة حتى الآن، ووحدات المعالجة الأولية هي دائماً الوحدات التمهيدية لكل مشروعات معالجة المخلفات السائلة، ومن أهم عمليات المعالجة الأولية المصافي وإزالة الرمال وفصل الزيوت والشحوم بالإضافة إلي قياس التصريف الداخلى ويوضح الشكل رقم (٢-١) مراحل عمليات المعالجة لمياه الصرف الصحي. ويوضح الشكل رقم (٢-٢) رسم توضيحي 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

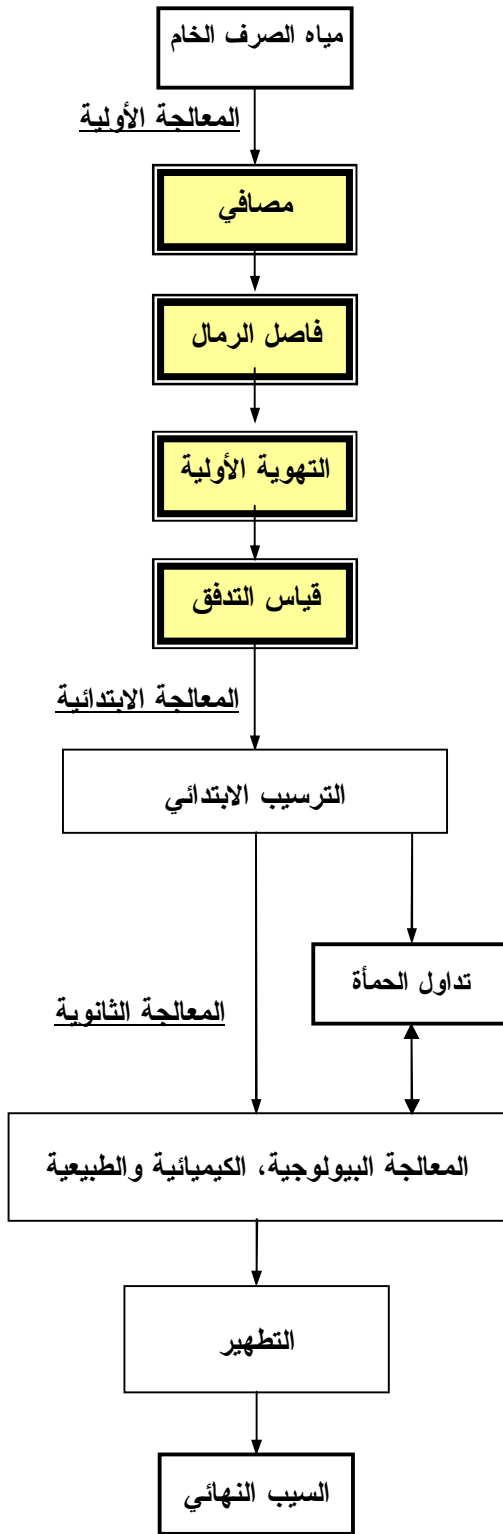
أهمية المصافي

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

وتهدف المصافي إلى تخليص المياه من المواد الصلبة كبيرة الحجم والتي 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



شكل رقم (٢ - ١)

مراحل عمليات معالجة مياه الصرف الصحي

المصافي: الغرض منها إزالة المواد الصلبة كبيرة الحجم.

فاصل الرمال: يتم فيه إزالة المواد الصلبة ثقيلة الوزن مثل الرمل وكذلك إزالة الزيوت والشحومات علي أن لا تزيد سرعة المياه فيه عن ٣,٠ م/ث.

التهوية الأولية: ويتم فيها إضافة الهواء للمساعدة على فصل الزيوت والشحومات وزيادة تركيز الأكسجين بالمياه

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

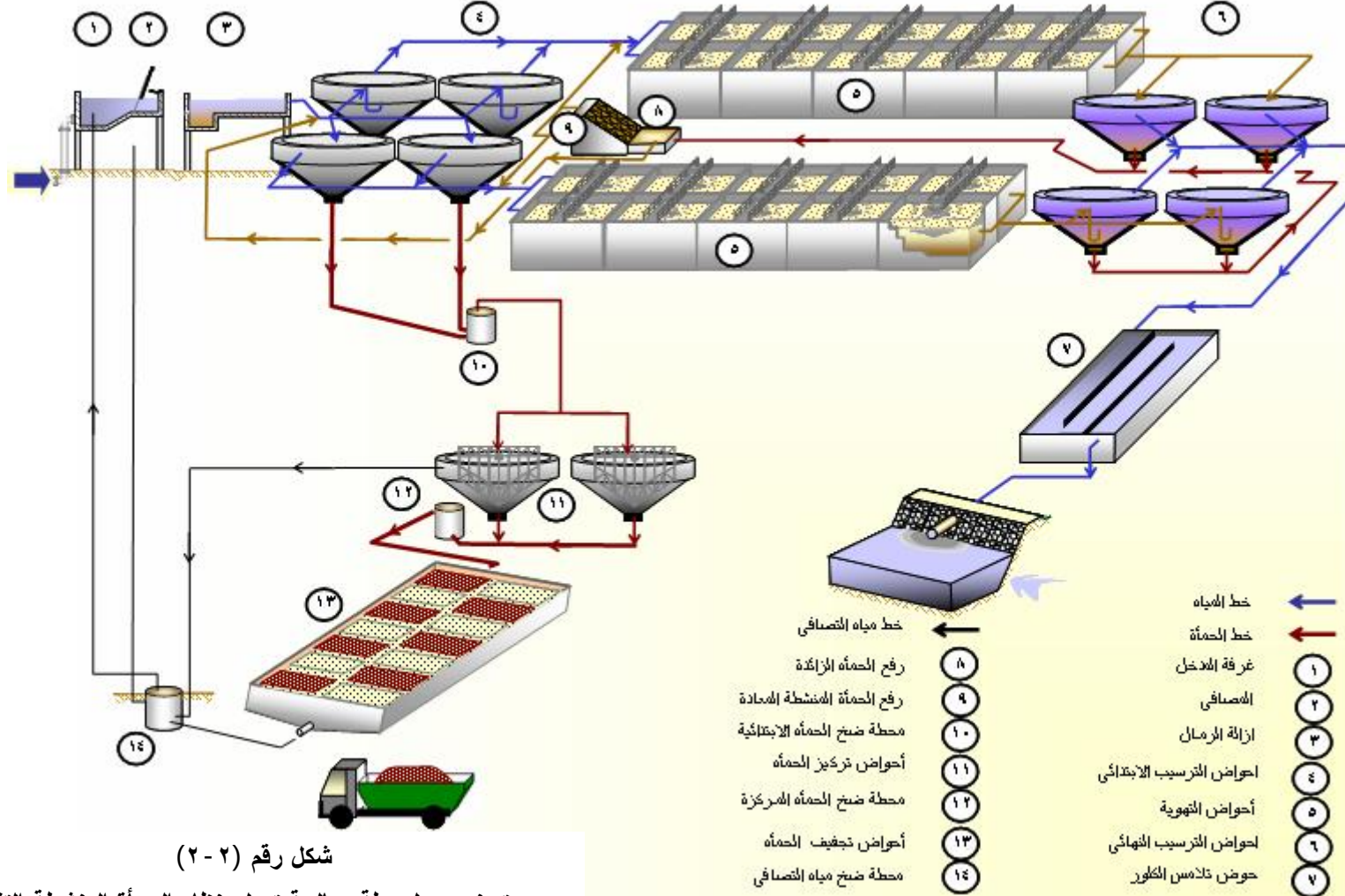
الترسيب الابتدائي: يتم فيها تقليل سرعة المياه إلى ٠,٠٠٥ : ٠,٠١ م/ث ليسمح بترسيب المواد الصلبة القابلة للترسيب الي قاع الخزان وكذلك إزالة المواد الطافية.

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 تبقى كمية من الكلور في الماء الخارج.

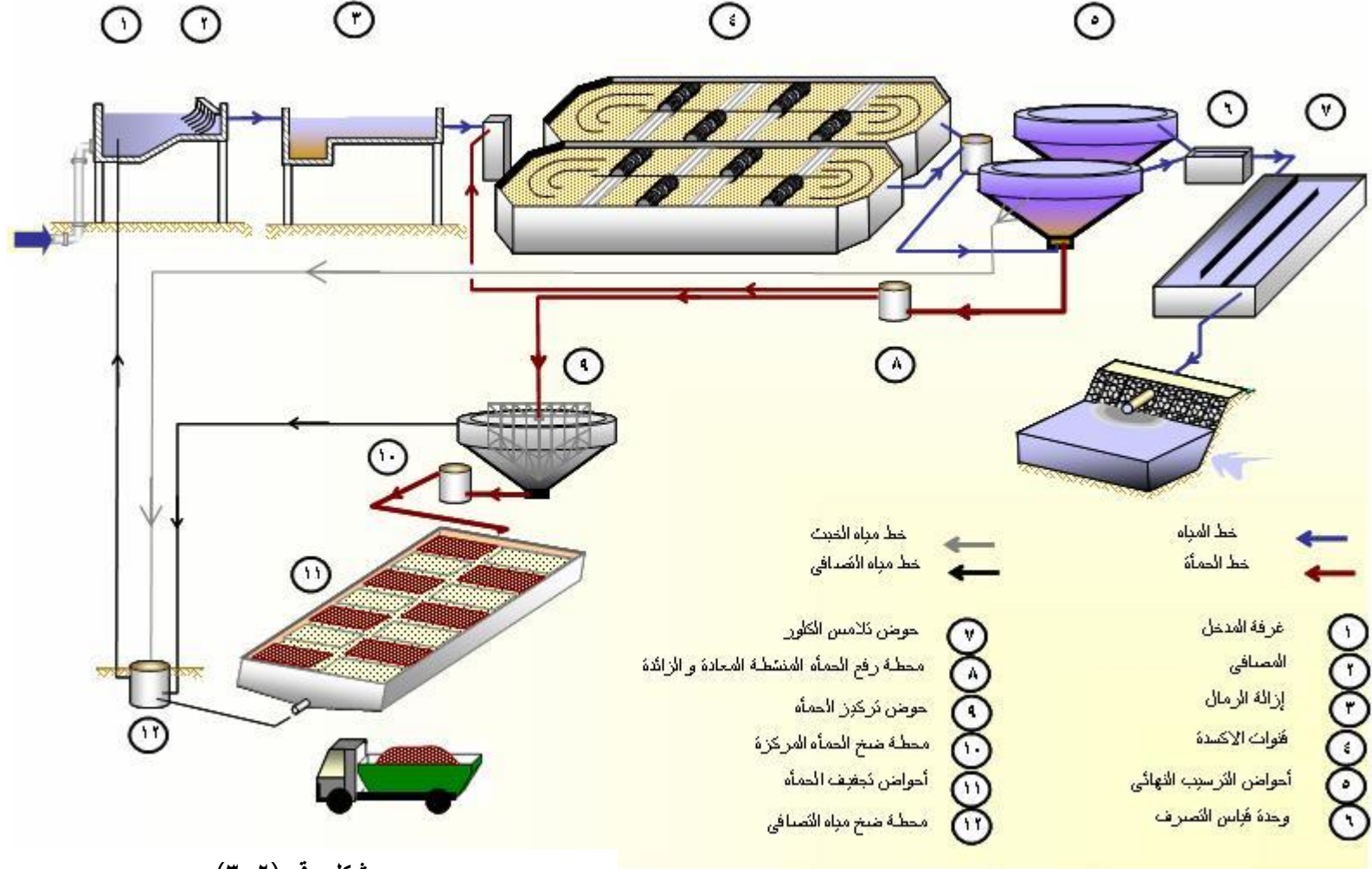
تداول الحمأة: يتم استقبال الحمأة الإبتدائية والزائدة ليتم تركيزها وتجفيفها ومعالجتها تمهيدا لإعادة استخدامها

ملاحظة: تختلف مراحل المعالجة طبقا لتكنولوجيا التنقية



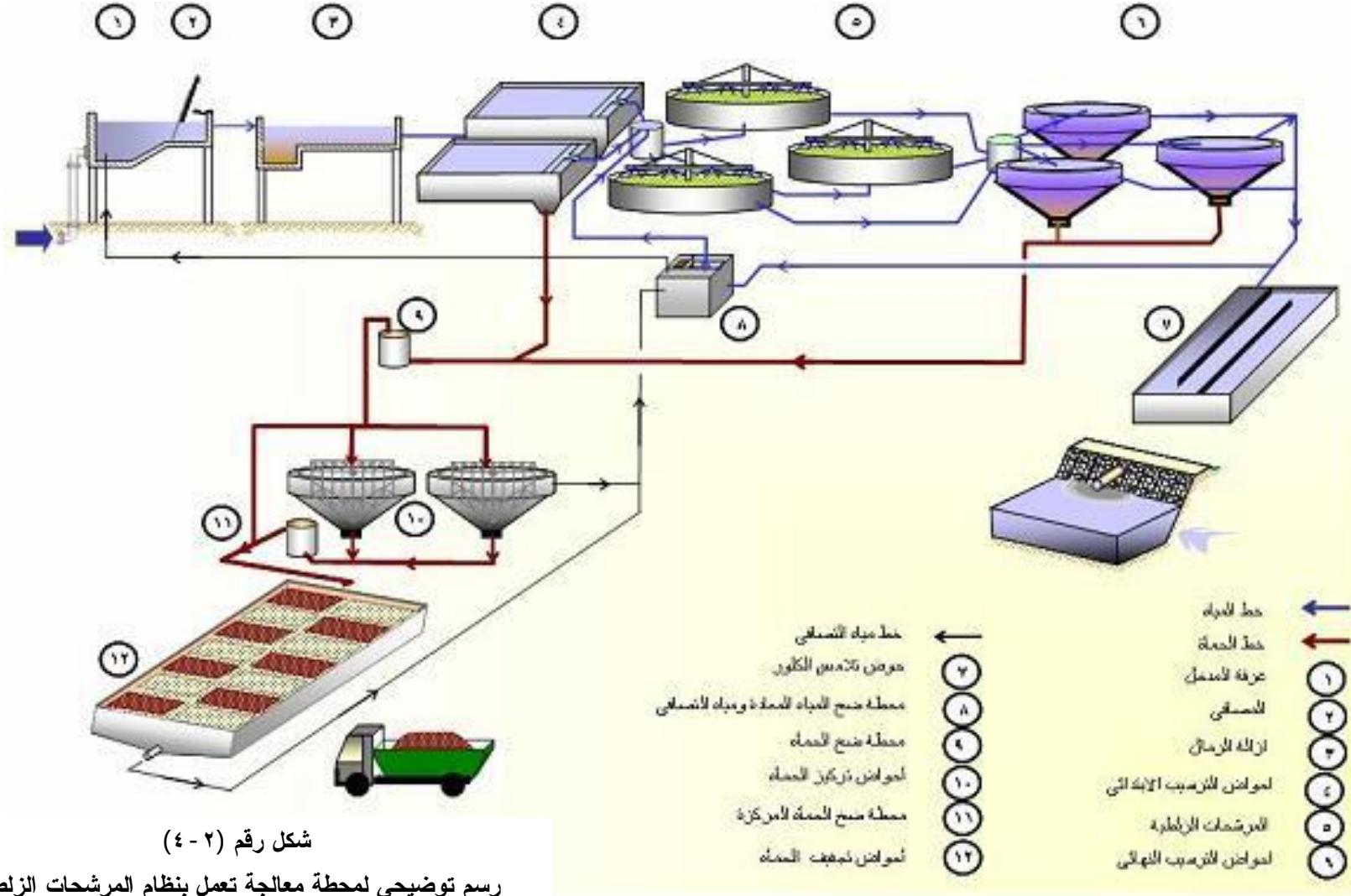
شكل رقم (٢-٢)

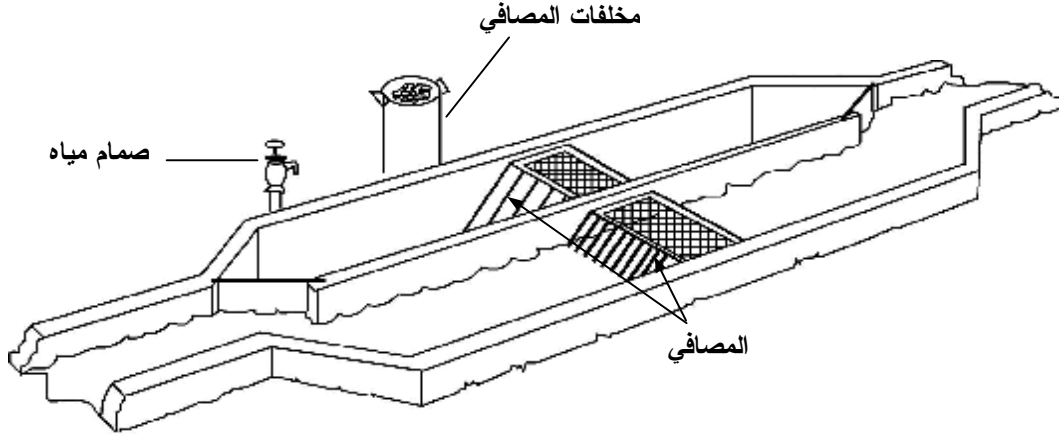
رسم توضيحي لمحطة معالجة تعمل بنظام الحمأة المنشطة التقليدية



شكل رقم (٢ - ٣)

رسم توضيحي لمحطة معالجة تعمل بنظام التهوية الممتدة





شكل رقم (٢ - ٥)

رسم تخطيطي لمجري المصافي

تصنيف المصافي

١. تصنيف المصافي من حيث النوع:

أ- المصافي المتوسطة والكبيرة الفتحات Coarse Screens:

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

ب- المصافي الدقيقة Fine Screens:

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

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

ج - المصافي المتحركة (الدوارة):

هي 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 في المناطق الريفية نظراً 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.

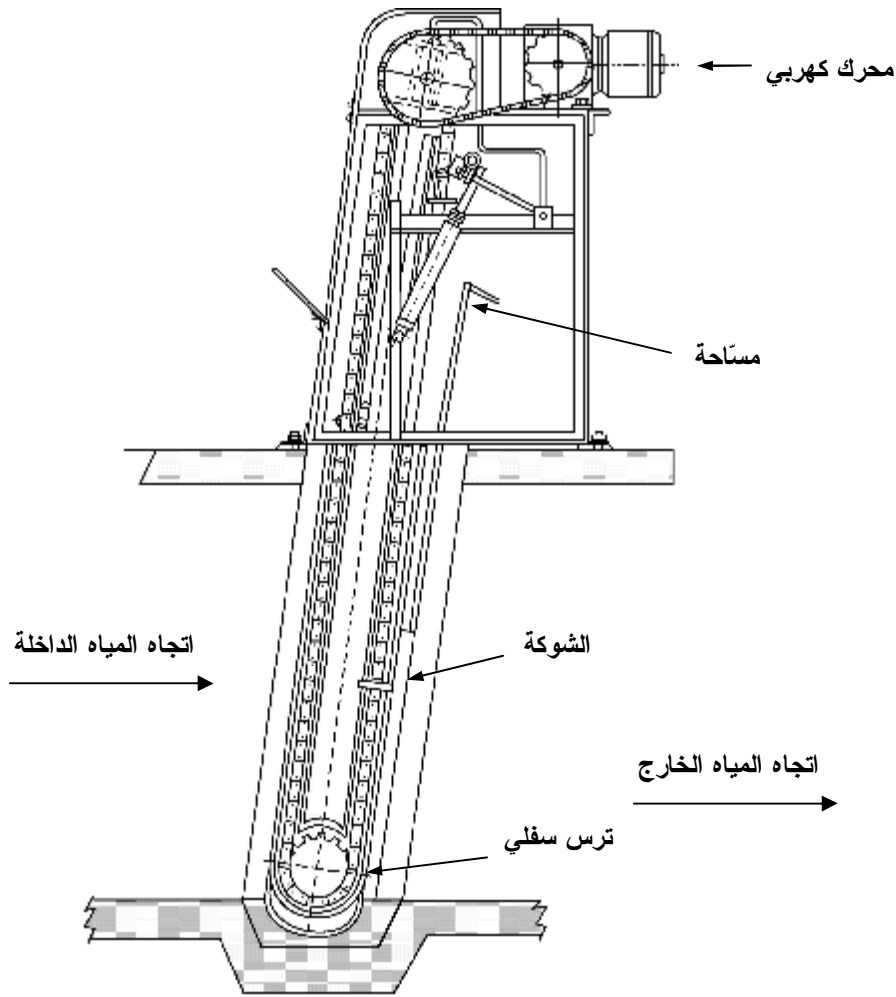
ب - يجب أن تكون زاوية ميل القضبان على المستوى الأفقى ما بين ٣٠ إلى ٨٠ درجة وذلك ليسهل تنظيفها كما أن هذا الميل يساعد على حجز المخلفات أمامها على منسوب سطح الماء.



صورة رقم (٢ - ٢)
المصافي الميكانيكية



صورة رقم (٢ - ١)
المصافي اليدوية



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 صحي مشتركة (صرف صحي و صرف 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 ١٥ سم/ الثانية حتى لا تسبب ضغطاً على الفضلات فتتمر بين القضبان.

الأسس التصميمية للمصافي طبقاً للكود المصري

حدد الكود المصري لتصميم محطات المعالجة الأسس التصميمية للمصافي طبقاً لما يلي:

- مركبة السرعة الأفقية المتعامدة على المصافي لا تزيد عن ٠,٦ م / ث.
 - السرعة الأفقية خلال فتحات المصفاة ٠,٣ - ١,٠ م / ث.
 - المسافة بين الأسياخ:
 - المصافي الدقيقة (Fine Screen) ٢٥ مم - ٥٠ مم
 - المصافي الواسعة (Coarse Screen) ٢٥ مم - ٧٥ مم
 - زاوية ميل المصفاة:
 - المصافي اليدوية ٤٥° - ٦٠°
 - المصافي الميكانيكية ٦٠° - ٨٠°
 - كمية نواتج المصافي: تحدد بـ ٢٠ لتر / ١٠٠٠ م^٣ / يوم.
 - أبعاد مقطع القضيب:
 - العرض ١ - ٢ سم.
 - الطول ٦ - ٢ سم.
 - القطر (القضبان الدائرية) ١,٥ - ٣ سم.
 - الفاقد في الضغط خلال المصفاة (عند بدء التشغيل) من ١٠ - ١٥ سم.
 - المعادلة المستخدمة في 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 (rectangular semicircular upstream)

= 1.67 rectangular semicircular upstream face & down stream 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:



وتتم هذه الطريقة غالباً للمصافي اليدوية حيث أنها بسيطة التركيب وقليلة التكاليف، لكنها تحتاج لعمالة دائمة للمواظبة على تنظيفها، ويتم التنظيف بأن يقف العامل على الرصيف الذى تركز عليه المصفاة وبواسطة

صورة رقم (٢-٣)

عملية التنظيف اليدوي للمصافي اليدوية

شوكة ذات يد طويلة يرفع المواد الطافية التى تم حجزها أمام المصافي لتجميعها على الرصيف والتخلص منها، ويستخدم هذا النظام فى المحطات الصغيرة التى يتم إنشاؤها فى القرى أو المدن الصغيرة وتوضح الصورة 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 بواسطة أمشاط متحركة لها أسنان تتخلل الفتحات بين القضبان، وعند وصول المشط إلى الرصيف الذى تركز عليه المصفاة يتم

إزاحة الرواسب ميكانيكياً وإلقائها علي سير نقل الرواسب كما هو موضح

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



صورة رقم (٢-٥)
تصفية وتعبئة رواسب المصافي

وعملية التنظيف في حد ذاتها هامة جدا سواء كان التنظيف ميكانيكياً أو يدوياً لذلك يجب على العاملين والمشغلين أن يحافظوا على المصافي في حالة نظيفة باستمرار ففي حالة عدم تنظيفها سيؤدي ذلك إلى انسداد الفتحات بين القضبان، ومن ثم ارتفاع المياه أمام المصافي. بعد إجراء أعمال النظافة ستندفع كميات كبيرة من مياه الصرف الصحي المحجوزة في المصفاة إلى داخل محطة المعالجة ويسبب ذلك حمل زائد على وحدات المعالجة وبالتالي يؤدي إلى انخفاض كفاءة المعالجة في المراحل التالية.

وبالرغم من أن التنظيف الميكانيكي يعد وسيلة جيدة وفعالة للتنظيف، 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 عن محاولة تنظيف المصافى الميكانيكية وهي في حالة تشغيل حيث أن ذلك قد يعرضهم إلى أخطار شديدة قد تصل إلى الصعق بالكهرباء والموت.

بدء تشغيل المصافى:

١. تأكد أن مصدر التيار الكهربى للوحدة مفصول تماماً.
٢. تأكد من تنظيف أجزاء المصفاة من المواد الملتنقة والعالقة يدويا، فمن المحتمل أن تلتصق بعض المخلفات في أماكن بعيدة عن حركة الشوكة 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 ثابتة ومحكمة التربيط وذلك لتفادى الإهتزاز والإرتجاج عند تشغيل الوحدة.
٥. قم بتوصيل التيار الكهربى وابدأ في تشغيل المصفاة يدوياً دورة كاملة، 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 علي الأقل لمدة دورة واحدة.
٧. عند الشك في وجود أى أعطال يجب فصل التيار الكهربى والبدء في معرفة طبيعة الأعطال وسببها والعمل علي إصلاحها بفريق الصيانة المتخصص وعن طريق كتيبات الصيانة الخاصة.
٨. احرص علي جعل مكان العمل في غاية النظافة وخالي من أية عوائق للسير والعمل، وغسل الأرضيات دوريا مستعملا المياه وفرش النظافة.
٩. يجب علي العاملين أن يحرصوا علي نقل المخلفات المرفوعة قبل تراكمها، حيث أن تراكمها يؤدي إلى تولد الروائح الكريهة ويجعلها مصدرا لتوالد وتكاثر الذباب والفئران لاحتوائها علي كثير من المواد العضوية.

١٠. يجب تسجيل حجم وعدد الحاويات التي تم ملؤها بالمخلفات - فمعرفة حجم وكمية المخلفات هام جداً لمعرفة حجم المكان المخصص لإستقبال وتشوين المخلفات وتقدير التكاليف اللازمة للتخلص من هذه المخلفات.
١١. يجب دائماً الحرص على ترك المصافى الميكانيكية نظيفة سواء كان التنظيف يدوياً أو آلياً حتى لا تصبح المواد العالقة عائقاً فى تدفق مياه المجارى الواردة للمحطة.
١٢. تتأثر الأجزاء المتحركة تحت سطح المياه بوجود المياه حولها ومن ثم فإنها تحتاج إلى تشحيم وتزييت أكثر من الأجزاء المتحركة فوق سطح المياه.
١٣. احرص دائماً على إتباع قواعد الأمن الصناعى والسلامة المهنية أثناء التشغيل.

التخلص من مخلفات المصافى:

تحتوى معظم مخلفات المصافى على أكثر من ٨٠ % من وزنها ماء، كما تشتمل على قطع الورق والخشب والأقمشة وبقايا الأطعمة وتحتوى على نسبة من المواد الملوثة ذات الطبيعة العضوية سريعة التحلل والتي يمكن أن تتعفن مع الوقت، ولذلك يجب التخلص منها سريعاً عقب تجميعها أمام المصافى، 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 الرواسب حيث تعالج ويتم التخلص منها مع بقية الرواسب.
- الدفن فى خنادق محفورة بالأرض وتغطيتها بطبقة ردم من الرمال لا تزيد عن ٦٠ سم تفادياً لرائحتها وتوالد الذباب عليها واقتراب الفئران منها، وهو الأسلوب الذى يمكن استخدامه فى القرى، كما يراعى 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 المواد التي تم حجزها عن معدل التشغيل مما قد ينتج عنه ارتفاع منسوب المياه أمام المصافى عن منسوب المياه خلفها.

العلاج: يتم فحص المصافى من الناحية الميكانيكية للتأكد من سلامة الأمشاط 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

وفصل الزيوت

والشحوم

هذه الوحدات هي المرحلة التالية من المعالجة الأولية وهي تتكون إما من أحواض إزالة الرمال وإزالة الزيوت والشحوم كما في المدن، أو من وحدات فصل الرمال فقط كما في القرى حيث تكون كمية الزيوت قليلة، وسوف نتكلم عن كل منهما بالتفصيل.

وتتبع أهمية وحدات إزالة الرمال في كونها تقوم بفصل الرمال المتسربة لمياه الصرف الصحي من الشوارع والطرق الغير مرصوفة، أو من مياه الأمطار عند تساقطها ووصولها للشبكة أو من التربة نتيجة وجود شروخ في المواسير أو في المطابق كما تقوم أيضاً بفصل الزيوت والشحوم في الأحواض المهواة.

أحواض إزالة

الرمال

هي أحواض مستطيلة أو دائرية الشكل، متوسط مدة مكث المياه فيها دقيقة واحدة وبسرعة لا تزيد عن ٠,٣ م/ث، وذلك نظراً لأن الرمال سهلة الترسيب كما أنها مادة خاملة لا تتحلل، لذلك يفضل فصلها أولاً قبل دخول المياه إلى أحواض مراحل المعالجة التالية، ويوضح الجدول رقم (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

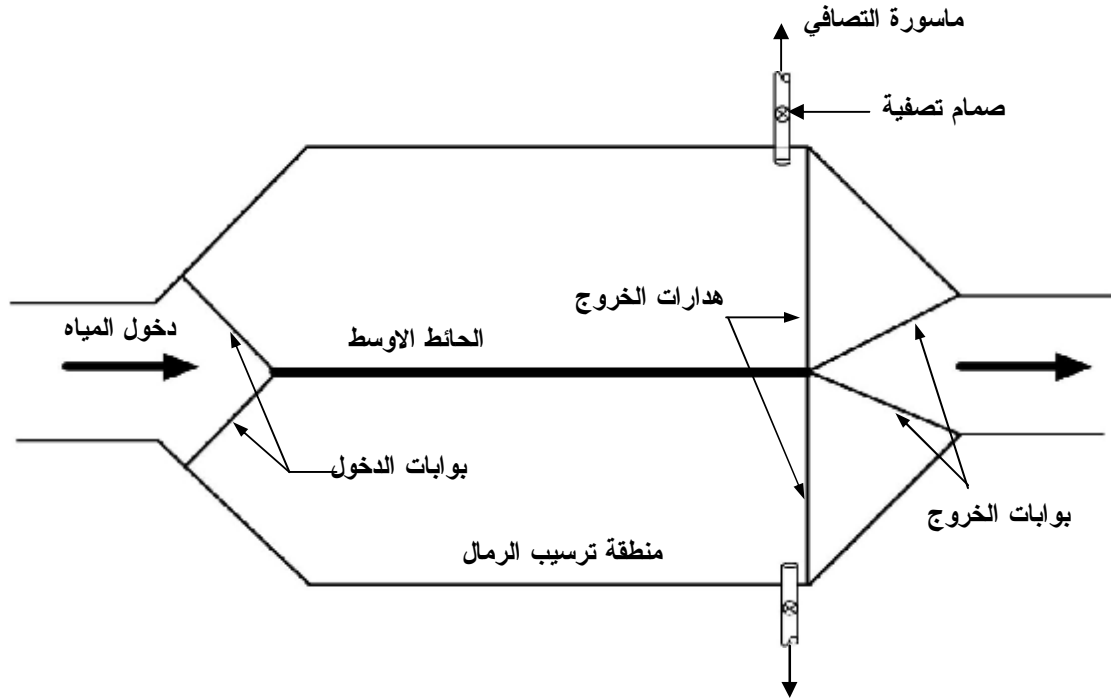
الجزء	الغرض منه
مجاري الحوض	يتم فيها خفض سرعة المياه حيث ان السرعة المنخفضة تؤدي الي ترسيب الرمال إلي القاع مع الاحتفاظ بالمواد العضوية الأخف وزناً الي المراحل التالية.
منطقة الترسيب	هي المنطقة التي تترسب بها الرمال ويتم تجميعها وإزالتها.
الحائط الأوسط	يوجد في الأحواض التي تحتوي علي أكثر من مجري للفصل بينهم.
بوابة الدخول	تستخدم في تنظيم عمل مجاري الحوض وكذلك المحافظة علي السرعة بالمجري.
بوابة الخروج	تستخدم في 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 استخدام أحواض فصل الزيوت والشحوم عندما تعتمد المرحلة التالية من المعالجة البيولوجية على استخدام أحواض الحمأة المنشطة نظراً لما تسببه هذه المواد الدهنية من ضرر بالغ لهذه الأحواض.

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



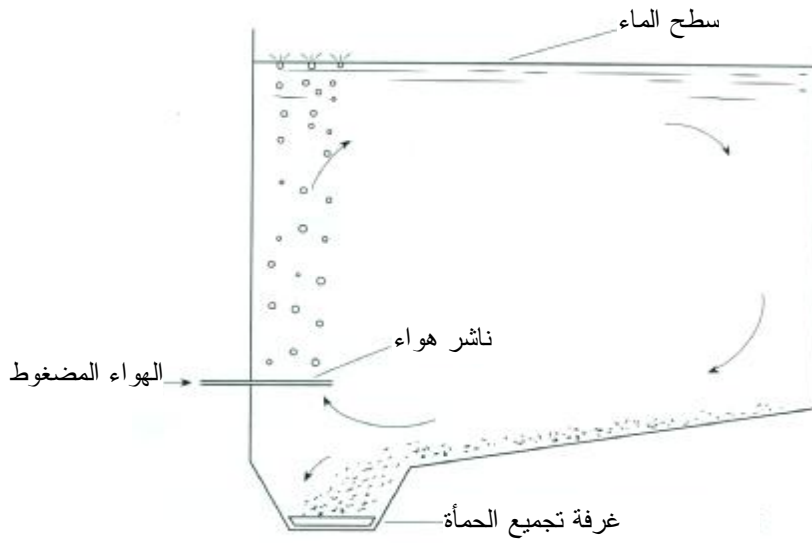
شكل رقم (٢ - ٧)
المكونات الأساسية لحوض إزالة الرمال

الأحواض المهواه

غالباً ما يتم إنشاء حوض واحد لكل من فصل الرمال وفصل الزيوت والشحوم ويوضح الجدول رقم (٢ - ٢) أجزاء الأحواض المهواه والغرض من كل جزء، وتتراوح فترة المكث بين ٥ - ١٠ دقائق وتوضح الصورة رقم (٢ - ٦) حوض فصل رمال مهوي مستطيل الشكل يتم فيه فصل الرمال والزيوت والشحوم، كما يوضح الشكل رقم (٢ - ٨) تأثير حركة الهواء علي ترسيب الرمال بالحوض، وتقدر كمية الهواء الحر اللازم لذلك حوالي ٤ م^٣ لكل حوالي ٤٠٠٠ م^٣ من مياه الصرف- وقد وجد أن إضافة حوالي 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 المهبوا

الجزء	الغرض منه
حوض إزالة الرمال والزيوت والشحوم المهبوي	إزالة الرمال وكذلك إزالة الزيوت والشحوم.
فواني الهواء	يتم من خلالها ضغط الهواء بالحوض لتقليل سرعة المياه، (الثقل النوعي لخليط الماء والهواء أقل من الماء منفرداً) حتى يمكن رسوب الرمال بصورة أفضل، الحركة الدائرية الناتجة من حركة الهواء تدفع الرمال الي قاع الحوض حيث يتم 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 المضخات الغاطسة أو سير حلزوني أو كباش.

تجميع وإزالة الرمال

من الأحواض

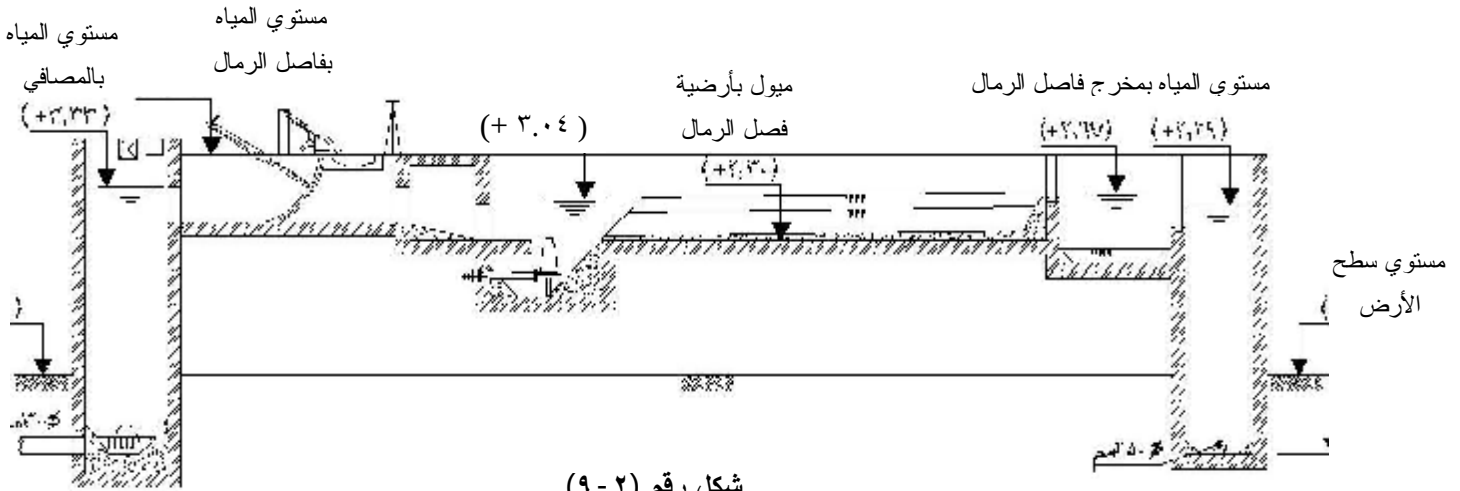
الغرض من هذه الأحواض كما سبق ذكره هو ترسيب الرمال والمواد الغير عضوية وذلك دون السماح للمواد العضوية بالترسيب، عن طرق التحكم في السرعة التي تسمح بترسيب المواد الغير عضوية التي يبلغ قطرها ٠,٢ مم، وكثافتها أكبر من ١.٢ ويتم تجميع وإزالة الرمال بطرق عدة نذكرها فيما يلي:

١. يدويًا:

باستخدام خرطوم مياه ذات ضغط عالي نسبياً وذلك لدفع الرمال خارج الحوض من خلال مواسير (صمامات تحكم)، ويتم تجميع هذه الرمال في خزانات متحركة موجودة أسفل هذه المواسير، وخزانات تجميع الرمال هذه غالباً تصنع من معادن لا تصدأ وتكون مهمتها أيضاً السماح للرمل بالانفصال عن المياه والتجمع أسفل الخزان ومن ثم يتم سحب المياه للخارج، ثم يتم تحريك الخزان إلى مكان ردم الرمال.

٢. باستخدام المبول في أرضية الحوض

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



شكل رقم (٢-٩)
حوض إزالة رمال (بدون كوبري) ذو أرضية مائلة

٣. استخدام الكباري الميكانيكية:

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

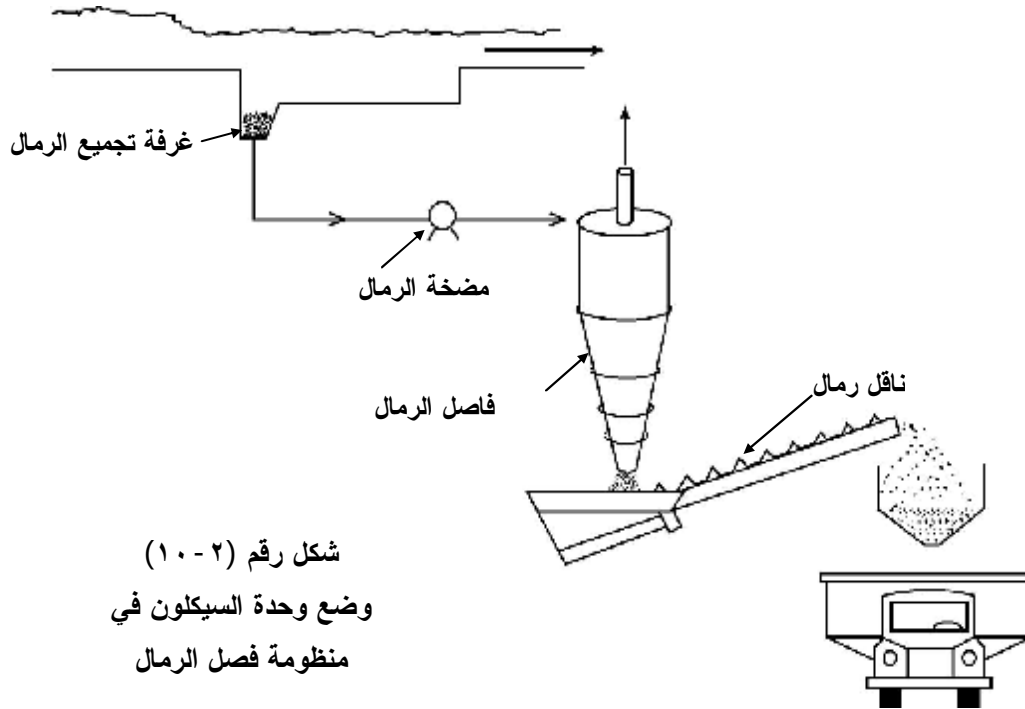


صورة رقم (٢-٧)
كوبري أحواض إزالة الرمال

أما الزيوت والشحوم فيتم قشطها في شوط الذهاب حيث يتم تجميعها في صندوق أو مجري في نهاية الحوض والتخلص منها بعد ذلك بطريقة آمنة.

وحدة السيكلون

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



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

التخلص من الرمل المزالة

يمكن التخلص من الرمال المترسبة من هذه الأحواض بإحدى الطرق التالية:

- أ - تفرد على سطح الأرض الطينية شديدة التماسك كسماد حيث أنها تحتوى على كمية من المواد العضوية (تتراوح من ٣ - ٥%) من المواد العضوية في 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 عالية من المواد العضوية (من ٣ - ٥%).

الأسس التصميمية
لأحواض إزالة الرمال
طبقاً للكود المصرى

حدد الكود ائلمصرى لتصميم محطات المعالجة نوعين من أحواض إزالة الرمال وذلك طبقاً للأسس التصميمية التالية:

النوع الأول: أحواض فصل الرمال ذات التصريف 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^٣/م^٢/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^٣ من التصريف فى اليوم

النوع الثانى: أحواض فصل الرمال المهبوء:

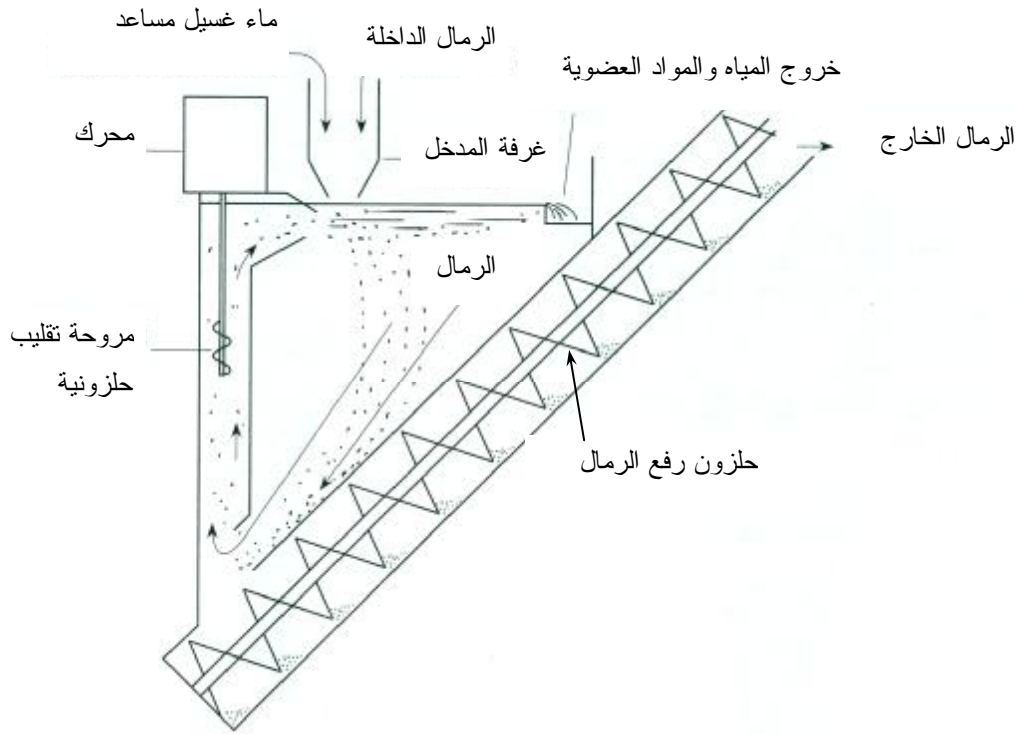
- مدة المكث ٢ - ٥ دقيقة
- معدل التحميل السطحى لا يزيد عن ١٠٠٠ م^٣/م^٢/يوم
- عمق المياه بالحوض ٣,٠ - ٥,٠ متر
- السرعة الحلزونية للمياه (helical) من ٠,١ - ٠,٢ متر/ثانية
- السرعة الأفقية تتراوح ما بين ٠,٢٥ - ٠,٣٠ متر/ثانية
- الطول ٧,٥٠ - ٢٠,٠٠ متر
- عرض الحوض لا يزيد عن ٢,٠ متر
- معدل إمداد الهواء = ٠,٣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

الأمان

يحتاج العمل حول ومع وحدة إزالة الرمال إلي إتباع تعليمات الأمان الصناعي قبل التعامل مع المعدات، فمن الضروري إيقاف الوحدة عن العمل وفصل التيار الكهربائي عنها تماماً من المصدر الرئيسي للتيار قبل البدء في تنظيفها وصيانتها وكذلك يجب أن يحرص العاملون على إتباع قواعد السلامة والأمان فيما يختص بطريقة الوقوف وتجنب الانزلاق وعدم رفع مواد ثقيلة 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 إزالة الرمال إلي ترسيب كمية كبيرة من المواد العضوية وخروجها مع الرمال، وفي هذه الحالة من الأفضل أن يتم فصل المواد العضوية من الرمال وذلك بغسل هذه الرمال ونزع المواد العضوية. ويوضح الشكل (٢-١١) منظومة غسل 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 ماء الغسيل ويتم إدخالها الي وحدة الغسيل
ماء الغسيل	يساعد علي فصل المواد العضوية من الرمال
مروحة تقليب حلزونية	تعمل علي تدوير المحتويات لفصل المواد العضوية ورفعها مع المياه الي سطح وحدة الغسيل لأزالتها.
موتور كهربى	يستخدم في إدارة الخلط 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 تشغيل وصيانة محطات معالجة الصرف الصحي في أنه يمكن الرجوع إليها في أي وقت لمعرفة مجريات عملية المعالجة أو التاريخ الاصلاحى للمعدات، وأهمية سجلات التشغيل بالذات تتبع من كونها هي المرآة التي يمكن من خلالها الوقوف علي سلامة الاجراءات التنفيذية التي تتم داخل المحطة وأثناء المراحل المختلفة وبالأخص في حالات إعادة استخدام المياه المعالجة وكذلك استخدام الحمأة المنتجة من المحطة.

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

سجل تشغيل المصافي والراسب الرملي

العمالة	الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة

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

..... ملاحظات:

.....

.....

..... توقع

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
	ظلميات - كياشات - 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						

الأعطال	القراءة الإجمالية			متوسط القراءة اللحظية			رقم الجهاز
	كمية التصرف	الحالية	السابقة	الوردية الثالثة	الوردية الثانية	الوردية الأولى	

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

..... ملاحظات

.....

..... توقيع

أحواض الموازنة

أهمية أحواض الموازنة

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

ومهمة أحواض الموازنة هي استقبال مياه الصرف الصحي الخام الداخل إلى محطة المعالجة مؤقتاً في حالة حدوث متغيرات في التصريفات الداخلة، والملوثات البيولوجية، والغير بيولوجية، ودرجات الحرارة، وأحواض الموازنة، وكذلك يمكن استخدام أحواض الموازنة كخزانات طوارئ تستقبل مياه الصرف الصحي الخام بصفة مؤقتة في حالة حدوث مشاكل فنية في أعمال المعالجة وخاصة البيولوجية.

مميزات استخدام أحواض الموازنة

- يمكن إيجاز أهمية استخدام أحواض الموازنة فيما يلي:
- ضمان استمرار وثبات متوسط تصريفات المياه الداخلة للمعالجة.
- المساعدة في استمرار عمليات المعالجة بصفة عامة في فترات توقف محطات الرفع عن ضخ مياه الصرف الصحي الخام.
- المساعدة في استمرار المعالجة البيولوجية خاصة عن طريق ضمان استمرار تدفق المواد العضوية اللازمة كغذاء للبكتيريا.
- ضمان استمرار المعالجة البيولوجية بكفاءة وذلك بضمان الظروف.
- المناسبة لنمو وتكاثر البكتيريا والكائنات الحية الدقيقة الأخرى مثل حجز التصريفات الصناعية ذات المواد السامة.
- استمرار عمليات المعالجة الكيميائية بكفاءة حيث يكون تصريفات وخصائص مياه الصرف الصحي الداخلة طبقاً للتصميم.
- استمرار أداء أحواض الترسيب عامة بكفاءة حيث تكون الأحمال الهيدروليكية والعضوية متطابقة مع تصميم الأحواض.

مكونات حوض الموازنة

يجب أولاً أن يكون تصميم حجم حوض الموازنة ومكوناته مناسباً لاستيعاب التغيرات المتوقعة في كل من معدلات التصريفات والملوثات العضوية والغير عضوية، ويجب أن يكون حوض الموازنة مزوداً بها هي وسائل للتقليب والتهوية.

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

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

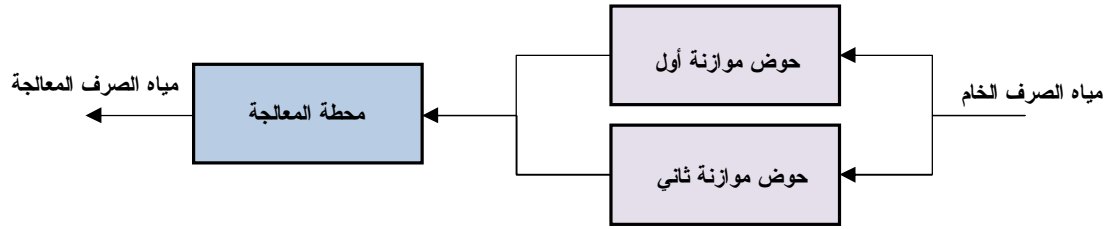
وتحدد الدراسات التصميمية لمحطة المعالجة عدد أحواض الموازنة، ومكان تنفيذها مع باقى الحسابات اللازمة لجميع مكوناتها من حيث الحجم وأبعاد الحوض وقدرات وأعداد ومعدات التقليب والتهوية والظلمبات والمواسير والصمامات.

طرق استخدام أحواض الموازنة

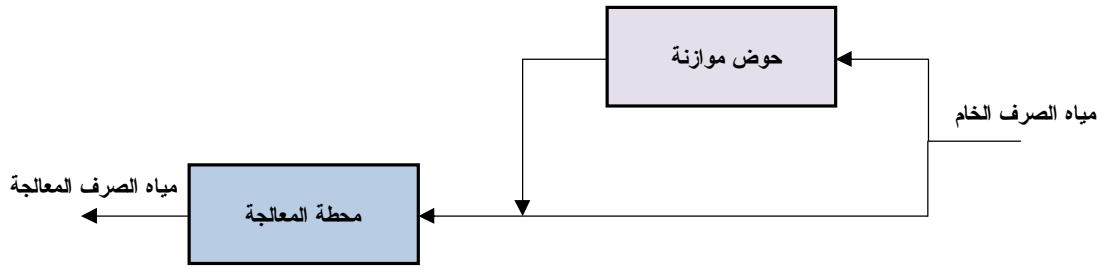
يوجد هناك بصفة عامة أربعة طرق هي الأكثر شيوعاً لاستخدام هذه الأحواض يوضحها الشكل رقم (٢-١٢) ونتناولها كما يلي:

١. طريقة استقبال التصريفات بالتبادل

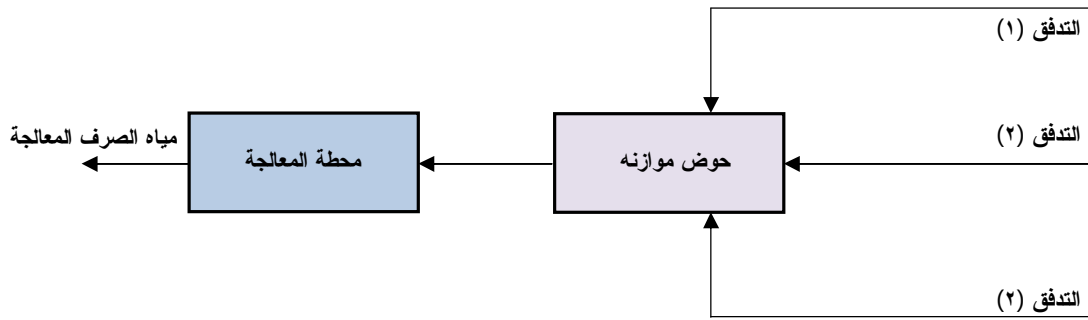
وفي هذه الطريقة يوجد بمحطة المعالجة حوضين للموازنة أحدهما يستقبل مياه الصرف الصحي الخام الداخلة بينما الآخر يقوم بضخ ما به من مياه صرف صحي إلى مراحل المعالجة.



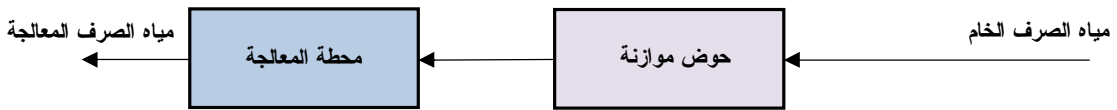
(١) مخطط يبين طريقة التصريف بالتبادل



(٢) مخطط يبين طريقة التصريف 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 التصريفات عند الحاجة فقط

وفى هذه الطريقة غالباً ما يوجد حوض موازنة واحد يتم السماح بدخول تصريفات مياه الصرف الصحي الخام عند الاحتياج فقط، ثم تعود التصريفات للدخول إلى المعالجة المبدئية عند زوال المتغيرات.

٣. طريقة تجميع التصريفات

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

٤. طريقة الخلط لتثبيت التصريفات

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

الفصل الثالث

المعالجة الابتدائية - أحواض الترسيب الابتدائي

-

:()

:

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

-

(-)

-

:

.

.

(-)

.

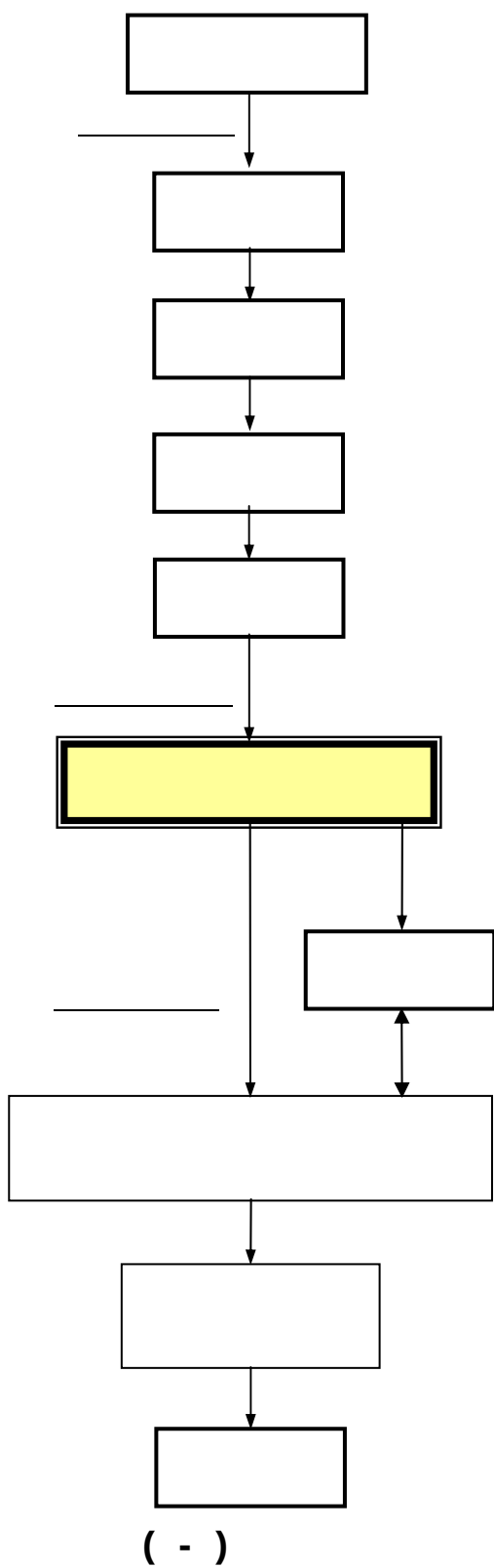
(-)

-

(-)

-

:



—

(-)

—

•

.

■ ■ ■

$$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$$

■

■

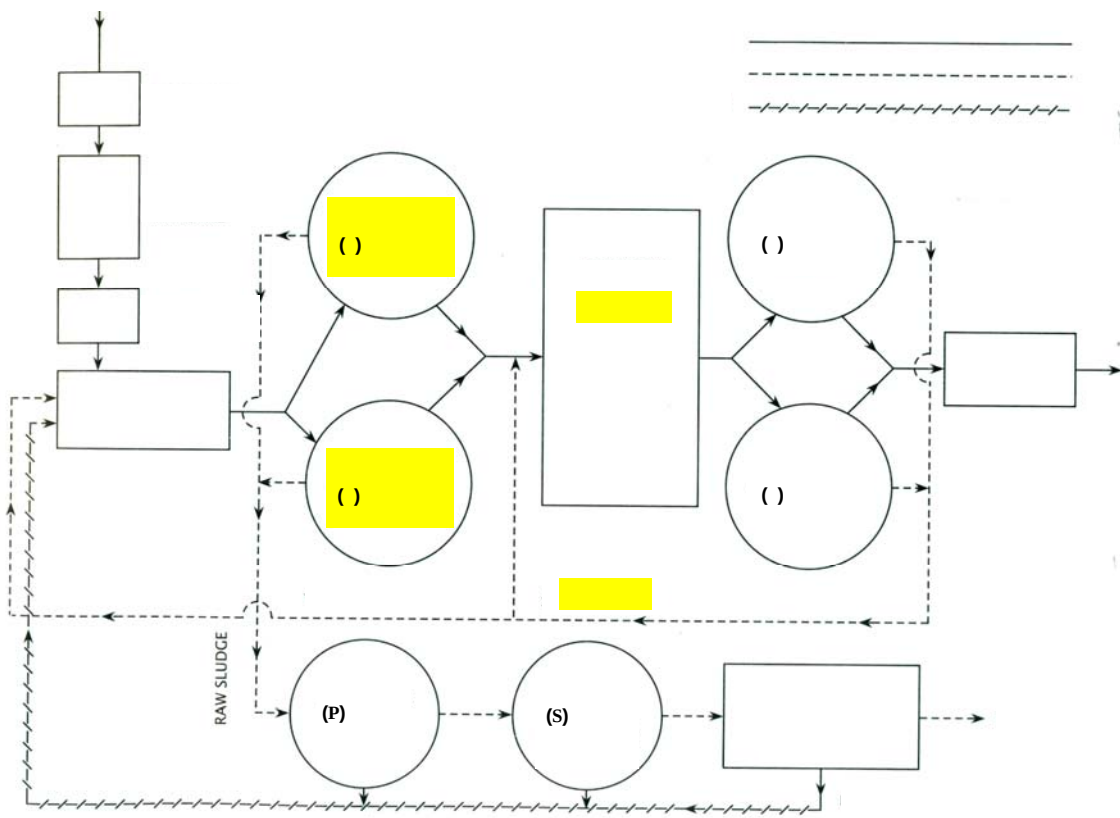
_____ % -

■

•

■

■



(-)

(-)

.

:

.(- -):

•

.(- -):

•

.(- -):

•

.(- -):

•

-) (-)

.(

.

" "

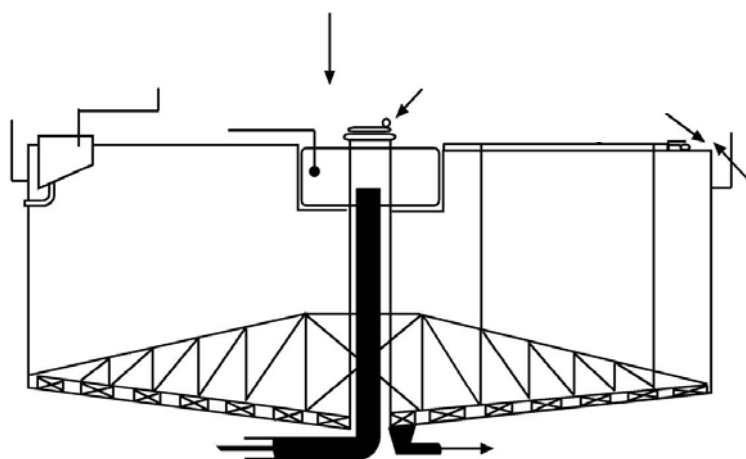
.

-

(-)

-

:



(-)



(-)

(-)

:

“Short

Circuiting”

.

(-)

(-)

.

-

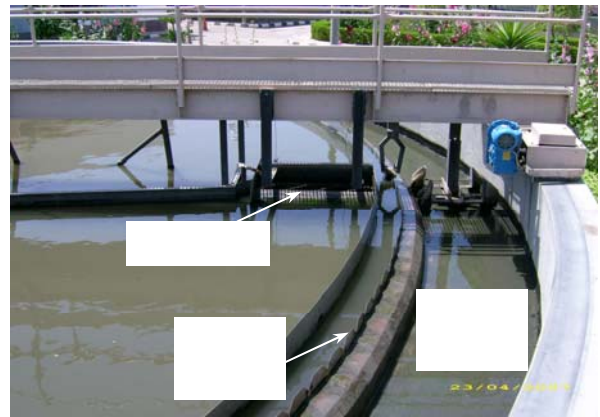
(-)

-

:



(-)



(-)

: ()

()

.

:

()

.

-

(-)

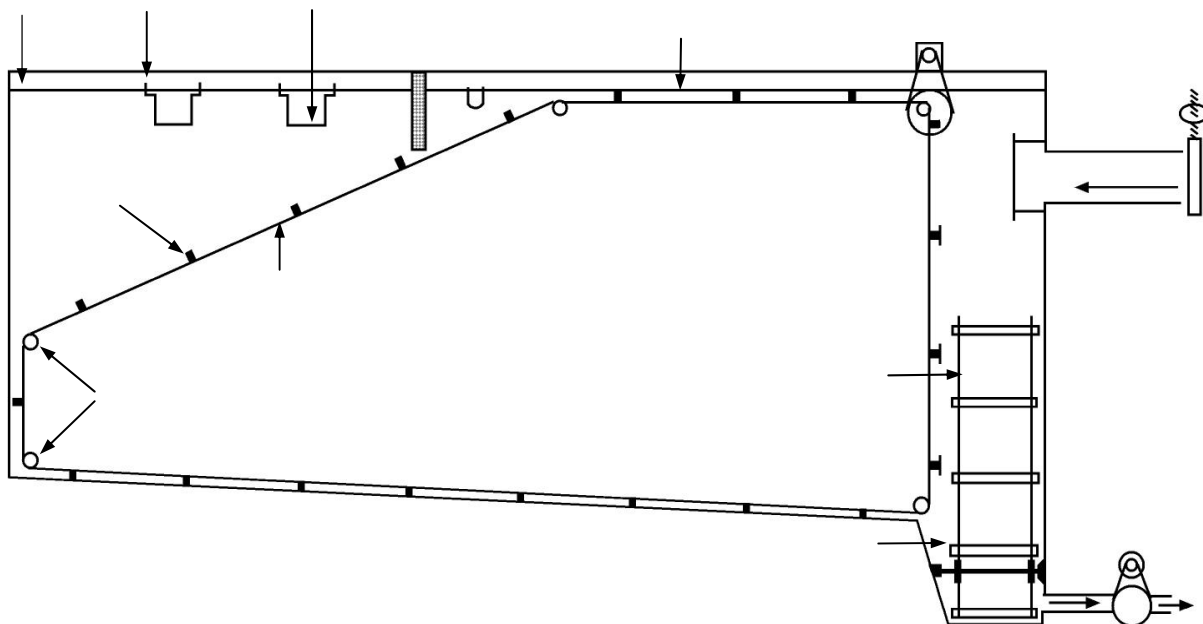
-

:

:

(-)

.



(-)

-

(-)

-

:

:

:

-

-

: - :

:

: :

()

- .

. -

-

/ . -

/ . -

/ . -

/ _____ =

- .

: - :

/ / -

-

(-)

-

:

/

.

$$\frac{\times}{\quad} =$$

$$\begin{array}{ccc} \times & & \times \\ = & \times & \times \\ & & = \end{array}$$

$$\cdot = \frac{\times}{\quad} =$$

⋮

⋮ .

.

⋮ .

.

⋮ .

.

.

⋮ .

.

.

.

.

.

.

-

(-)

-

:

:

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

-

(-)

-

:

:

.

.

.

.

:

: ()

.

.

()

.

:

:

: ()

.

:

:

.

.

: ()

.

:

.

.

-

(-)

-

:

(BOD)

(BOD)

:

=

-

-

(-)

-

:

$$= \text{(BOD)}$$

-

.

% - %	
% - %	
% - %	
% - %	(BOD)
% - %	

$$/ \qquad \qquad \qquad \text{(BOD)}$$

$$. \quad /$$

$$\text{(BOD)}$$

:

$$\frac{\text{(BOD)} \quad / \quad - \quad /}{/} =$$

$$\% \quad \times \quad \frac{/}{/} =$$

$$\% \quad \times \quad . \quad =$$

$$\text{(BOD)} \quad \% \quad =$$

-

$$(\quad - \quad)$$

-

:

.

(Surface Loading)

(Detention Time)

.

.

.BOD

:

$$\text{_____} =$$

:

$$/ \quad / \quad \text{_____} =$$

:

.

.

.

.

.

.

-

(-)

-

:

()

.

()

.

:

.

.

.

.

.

:

.

•

:

•

.(/)

-

.()

-

.(/ /)

-

.(/ /)

-

•

.

-

(-)

-

:

⋮

•

•

•

•

•

⋮

•

•

•

•

•

()

•

(-)

-

-

⋮

•

:

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

:

.

.

•

.

•

()

•

.

-

(-)

-

:

.

()

.

.

.

_____.

_____.

.(pH)

.

.

-

(-)

-

:

%

.

:

.

.

()

:

:

.

.

:

.

.()

.

.

.

.

.

.

.

.

-

(-)

-

:

.

.

.

.

:

.

.

.

.

.

.

.

.

(Baffles)

.

-

(-)

-

:

□

□

□

□

■

()

●

●

(-)

■

■

■

—

(-)

—

•

(-)

()			()						

.....		
.....		
.....		
.....		

.....
.....

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 المختلفة لأنواع المعالجة البيولوجية ذات النمو الملتصق والنمو المعلق وبحيرات الأكسدة.
 ٣. يحدد موقع وترتيب خطوات المعالجة الثانوية على مخطط مراحل عمليات معالجة الصرف الصحي.
 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 الأقراص البيولوجية الدوارة وأجزاء القرص الدوار وعملية تشغيله ومميزاته.
 ٩. يشرح طريقة المعالجة بالحماة المنشطة التقليدية وأن يرسم مخطط يبين تتابع العمليات بها.
 ١٠. يذكر الطرق المختلفة لتعديلات تصميمات طريقة المعالجة بالحماة المنشطة.
 ١١. يذكر مزايا وعيوب المعالجة بطريقة الحماة 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 النهائي.
١٥. يذكر المتطلبات التصميمية الأساسية لطرق برك الأكسدة.

مقدمة

الغرض من أعمال المعالجة الثانوية (البيولوجية) هو تحويل المواد العضوية الصلبة العالقة التي لم ترسب فى أحواض الترسيب الابتدائي، وكذلك جزء كبير من المواد العضوية الذائبة إلى مواد ثابتة عالقة يمكن ترسيبها، وذلك عن طريق تهيئة الظروف المناسبة للبكتيريا الهوائية وغيرها من الكائنات الحية الدقيقة التى تعتمد على الأكسجين فى حياتها؛ مما يؤدى إلى أكسدة وتثبيت هذه المواد العضوية. ولذلك سميت هذه المعالجة بالمعالجة البيولوجية نظراً لاعتمادها على نشاط الكائنات الحية.

والمقصود بعملية أكسدة المواد العضوية هو تحويلها إلى غازات (أغلبها يحتوى على أكسجين، مثل ثاني أكسيد الكربون والنيترات - CO_2 , NO_3)، بالإضافة إلى الماء، ونظراً لأن هذه المواد تحتوى على كربون وأكسجين ونيتروجين وهيدروجين (C, O, N & H) فإن البكتيريا تتغذى عليها فتتكاثر وتؤكسدها، أما مخلفات عملية الأكسدة فتتحول إلى قشور تلتصق بها البكتيريا وتصبح حمأة قابلة للترسيب فى أحواض الترسيب النهائى، وتسمى الحمأة المرسبة بالحمأة النشطة لأن أعداد البكتيريا فيها تكون كبيرة والغذاء متاح أمامها قليل فتصبح شرهة ونشطة، ويوضح الشكل رقم (٤ - ١) مراحل عملية المعالجة.

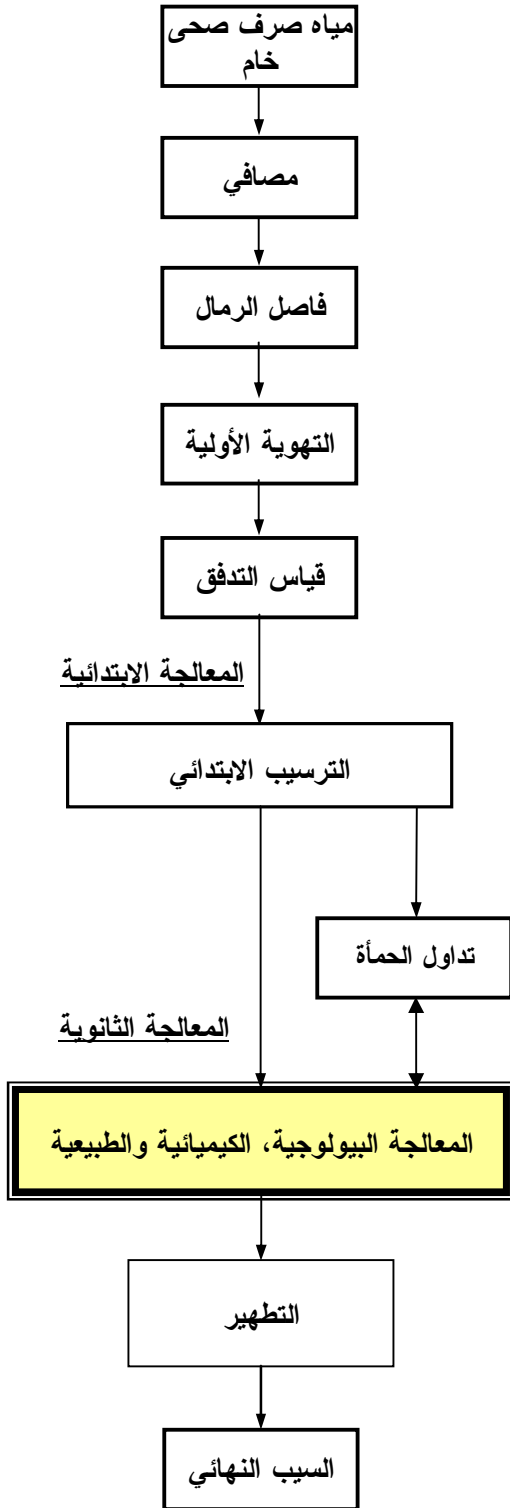
المعالجة البيولوجية

تتقسم طريقة المعالجة البيولوجية من حيث نمو الكائنات الحية الدقيقة إلى نوعين رئيسيين هما النمو الملتصق والنمو المعلق.

أولاً: المعالجة بالنمو الملتصق

هى عملية المعالجة لمياه الصرف الصحى والتي تتم فيها أكسدة المواد العضوية العالقة والذائبة بفعل الكائنات الحية الدقيقة التى تكون ملتصقة بوسط ثابت خامل مثل البلاستيك أو الزلط، وسنتناول بالشرح فيما يلى نموذجين للمعالجة بهذه الطريقة وهما المرشحات البيولوجية، والأقراص البيولوجية الدوارة.

مراحل عملية معالجة مياه الصرف الصحي



شكل رقم (٤ - ١)

مراحل عمليات 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 ٠.٣ م/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

١. المعالجة باستخدام المرشحات البيولوجية (Trickling Filters)

معالجة المياه الملوثة باستخدام المرشحات الزلطية هي عملية تقليدية، ولكنها تستخدم على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم نظراً لسهولة تشغيلها، والنتائج الجيدة التي يمكن الحصول عليها، بالإضافة إلى قدرتها على معالجة مياه الصرف الصحي الشديدة التلوث. كما تزيل المرشحات الزلطية المواد الصلبة العضوية العالقة والذائبة من مياه الصرف الصحي وتعرف طريقة المعالجة باستخدام المرشحات الزلطية بطريقة المعالجة بالنمو الملتصق.

وتتلخص هذه الطريقة في رش المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي على الوسط الترشيحي وذلك في وجود الأكسجين والبكتيريا الهوائية. وتقوم البكتيريا الهوائية والكائنات الدقيقة الأخرى مثل الـ Fungi والـ Protozoa بعملية الأكسدة للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف في الخطوتين الآتيتين:

أ - تجميع المواد الصلبة الموجودة في مياه الصرف الصحي مع نمو الكائنات الحية الدقيقة والتي تعتمد في نموها على التغذية من مكونات مياه الصرف الصحي. حيث يقوم نوع معين من البكتيريا - Nitrifying Bacteria - بأكسدة المواد النتروجينية الموجودة في مياه الصرف.

ب - يتم تنظيف المرشح الزلطي بواسطة أنواع معينة من الكائنات الحية الدقيقة تسمى الـ Protozoa تقوم بإلتهاام الطبقة الرقيقة التي تغلف الوسط الترشيحي والتي تحتوى على مواد عضوية تتأكسد بفعل البكتيريا إلى غازات وماء مما يؤدي إلى تكسير هذه الطبقة وخروجها مع المياه الخارجة من المرشحات الزلطية.

وقد تم إنشاء أول محطة لمعالجة مياه الصرف تعمل بهذه الطريقة قبل 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 الزلطي. 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 الزلطي، 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 الزلطي 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.

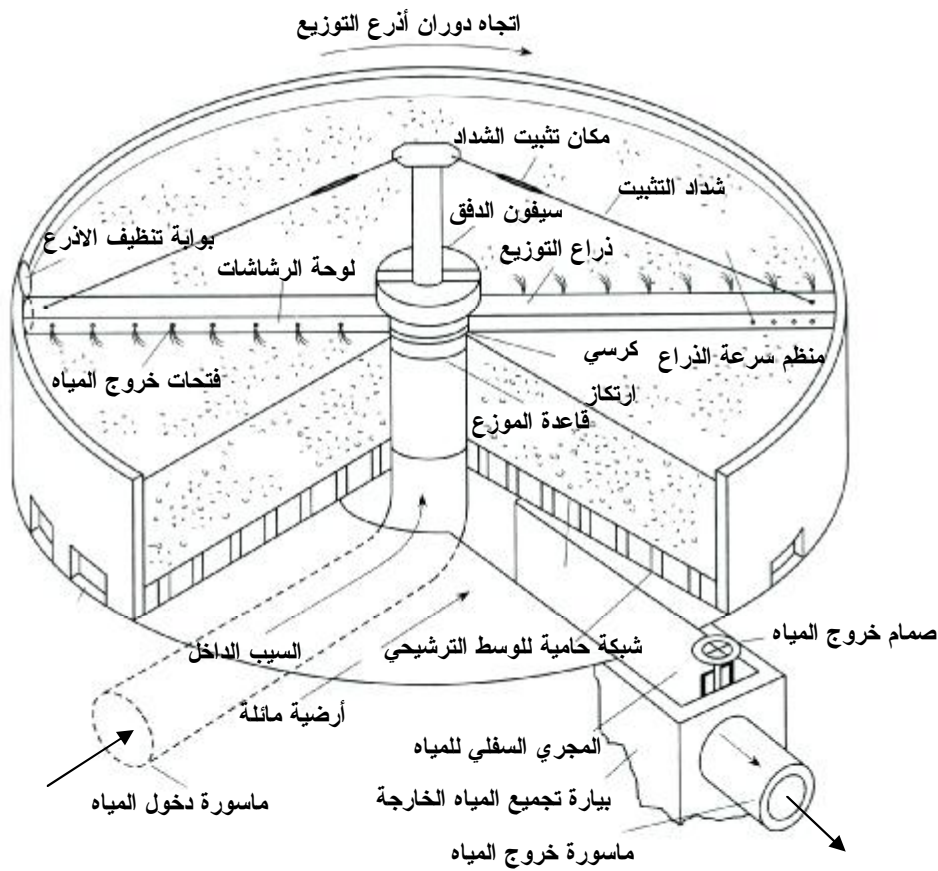
وكلما زاد حجم الطبقة المتجمعة حول الوسط الترشيحي كلما سهل انفصالها وانزلاقها وخروجها مع مياه الصرف الخارجة من المرشح.

ويعتبر الزلط هو أشهر مادة تستخدم كوسط ترشيحي 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 أي ترسيب للمواد العالقة. ويجب أن تغطي الأرضية بواسطة قنوات نصف دائرية مفتوحة - نصف ماسورة.

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



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

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 سد 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 علي سطحه	سيفون الدفق	يعمل علي حفظ المياه في مستوي مرتفع ليحافظ علي التوزيع المتساوي للتدفق إلي اذرع الموزع، عادة ما يكون ارتفاع المياه ما بين ٤٥ - ٦٠ سم أعلي من فتحات خروج المياه.
شبكة حامية للوسط الترشيحي	تعمل علي تثبيت 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 أخرى		

أساسيات تشغيل

المرشحات

يمكن تحديد أساسيات التشغيل طبقاً للمكونات الأساسية للمرشحات كما يلي:

سيفون الدفق:

يقوم سيفون الدفق بحجز مياه الصرف الداخلة إلى المرشح الزلطي حتى تصبح بكمية وضغط كافيين لضمان استمرار دوران الأذرع الرشاشة. فعندما يرتفع منسوب مياه الصرف في سيفون الدفق تخرج هذه المياه بضغط كاف لإدارة الأذرع الرشاشة التي ترش المياه الملوثة على الوسط الترشيحي مكونة الطبقة الرقيقة التي تتغذى عليها البكتريا، وعندما يقل منسوب المياه في حوض الدفق تقل المياه عن التصرف اللازم لتشغيل السيفون فلا يتم رش مياه الصرف على الوسط الترشيحي وبالتالي يتم تجويع البكتريا التي لا تجد الطبقة التي تتغذى عليها، وتكون في 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 الصحي القادمة من هدار حوض الترسيب الابتدائي، أو من سيفون المرشح الزلطي عن طريق ماسورة تغذية تمتد أسفل مركز المرشح، وتنتهي أعلاه على أربعة أذرع توزيع (رشاشة) محملة على كرسي تحميل لتسهيل دوران الأذرع، وكل ذراع عبارة عن ماسورة أفقية تمتد في اتجاه قطري نحو المحيط الخارجي للمرشح، وترتفع بحوالي ٢٠ سم فوق الوسط الترشيحي (الزلط).

وتوجد في 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 السفلي بالحوض، وقد تأكد أن تهوية المياه الملوثة وتوزيعها بانتظام على سطح الوسط الترشيحي وكذلك التدرج الحجمي للوسط الترشيحي من العوامل المؤثرة في

عملية نجاح تشغيل المرشحات الزلطية.

تهوية المرشحات الزلطية:

تهوية المرشحات الزلطية عملية ضرورية جداً لنجاح عملية 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 الماسورة الثانى مفتوحاً للهواء الجوى فى حالة وجود المرشحات كلها أو جزء منها تحت سطح الأرض وفى هذه الحالة يتم وضع شبكة سلك على 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 تقريباً، وذلك بقياس محتوى الأكسجين الحيوي لمياه الصرف المترسبة وأيضاً بفرض درجة المعالجة التى يمكن الحصول عليها من المرشح.

ومن الناحية العملية نجد أن كل (١) متر مكعب من مياه الصرف يحتاج إلى 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 الجوى. وتحدث عملية التهوية نتيجة للفرق فى درجات الحرارة والكثافة بين الهواء الجوى والهواء الساخن نتيجة عمليات الأكسدة داخل المرشح، ويكون إتجاه عملية التهوية لأسفل صيفاً ولأعلى شتاءً، ولكن يمكن أن يتغير إتجاه التهوية خلال اليوم الواحد. وتتغير درجة حرارة الهواء الجوى عادة بحوالي ٦ إلى 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 تمتد المرشح بحوالى 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 باستخدام المرشحات الزلطية.

عمق المرشحات الزلطية:

ينص الكود المصري لتصميم محطات المعالجة على أن العمق الأمثل للمرشح ما بين ١.٥ - ٢ متر فى 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 الهيدروليكي بالمعدل الكلى لتصريف المياه فى وحدة المساحات من المرشح ويشمل هذا المعدل مجموع معدل تصريف المياه فى خط الإعادة بالإضافة إلى معدل التصريف 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 يومياً به فى وحدة الحجم من المرشح ولا تشمل هذه الكمية على الأكسجين فى خط الإعادة.

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

البند	الوحدة	مرشحات ذات المعدل البطيء*	مرشحات ذات المعدل المتوسط	مرشحات ذات المعدل العالي*	مرشحات زلطية تحضيرية
نوع مادة الوسط الترشيحي		كسر حجارة أو زلط	كسر حجارة أو زلط	كسر حجارة أو زلط أو مواد بلاستيكية	أى من المواد السابقة
عمق مادة الوسط الترشيحي	متر	٣.٠ - ١.٨	٣.٠ - ١.٥	٢ - ١	٩.١ - ٣.٠
معدل التحميل العضوى (BOD ₅)	جم / (BOD ₅) م ^٣ / يوم	٨٠ - ٣٢٠	٠.٢٤ - ٠.٤٨	٥٠٠ - ١٠٠٠	أكبر من ١.٦
معدل التحميل الهيدرولكى	م ^٣ / م ^٢ / يوم	٤ - ١	٩.٣ - ٤.١	٣٠ - ١٠	١٢٢.٢ - ٢٨.٦
نسبة المياه المعادة (R)		--	٢.٠ - ٠.٥	٣.٠ - ٠.٥	٢.٠ - ٠.٥

* طبقاً للكود المصري لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي

ويتم تحديد نسبة المياه المعادة طبقاً للمعادلة التالية:

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

Where:

- R: Recirculation ratio
C_e: Effluent concentration mg/L
C_M: Concentration in recirculated 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.

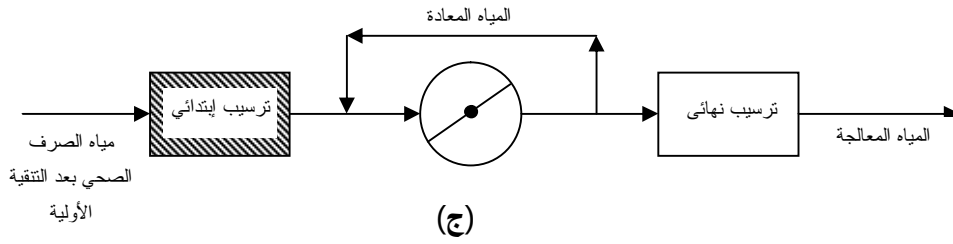
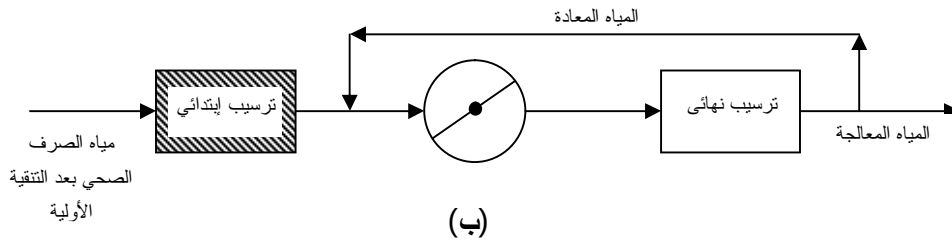
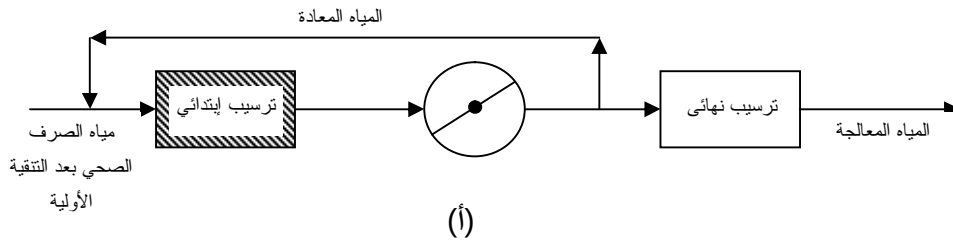
أما مرشح المعدل العالى فيتم تشغيله بإعادة جزء من المياه المعالجة بعد أو قبل الترسيب النهائى إلى المرشح. وتسمح عملية الإعادة بمرور المواد العضوية خلال الطبقات الحية فى المرشح أكثر من مرة وذلك يزيد من كفاءة المرشح نظراً لإمكانية تحليل المواد العضوية التى لم يتم أكسدتها بعد. وتزيد عملية الإعادة من معدل التحميل الهيدروليكي وذلك يقلل من درجة انسداد المرشح ويسمح بتوزيع المواد العضوية بالتساوى خلال المرشح. وتقلل عملية الإعادة من تأثير التغيرات 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.

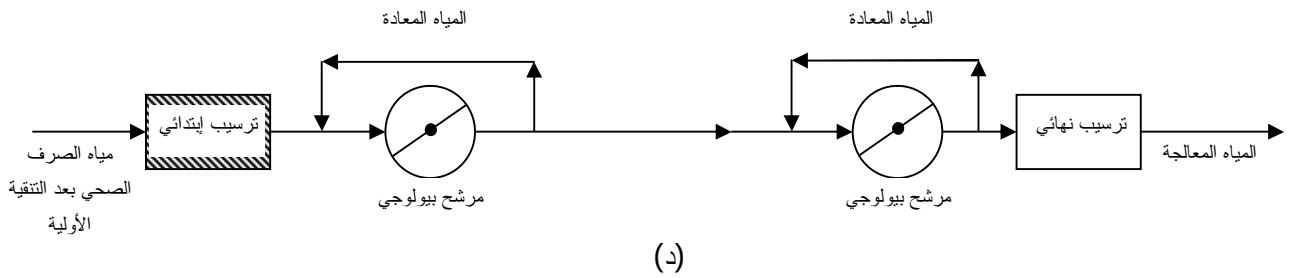
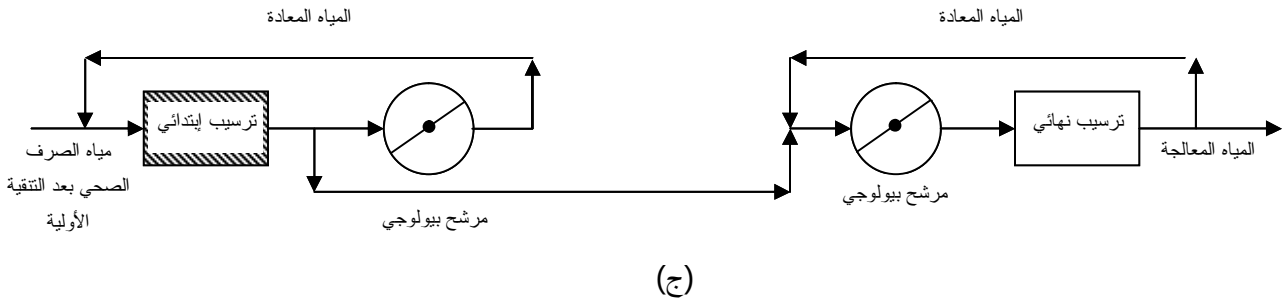
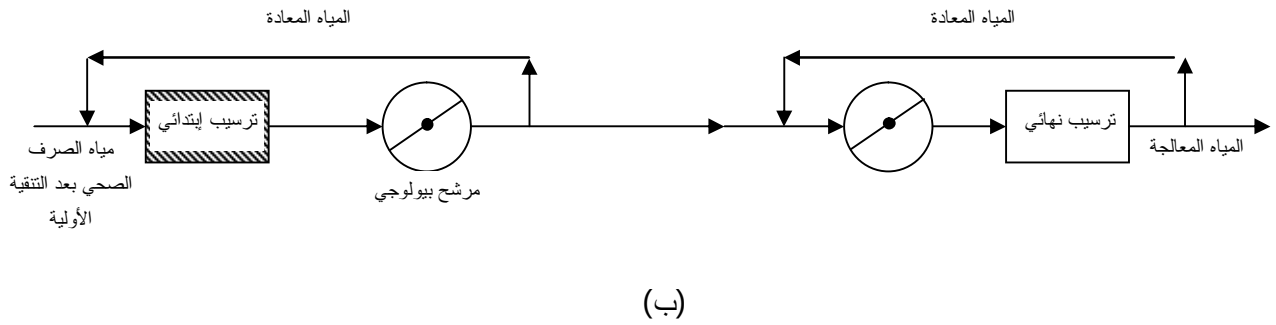
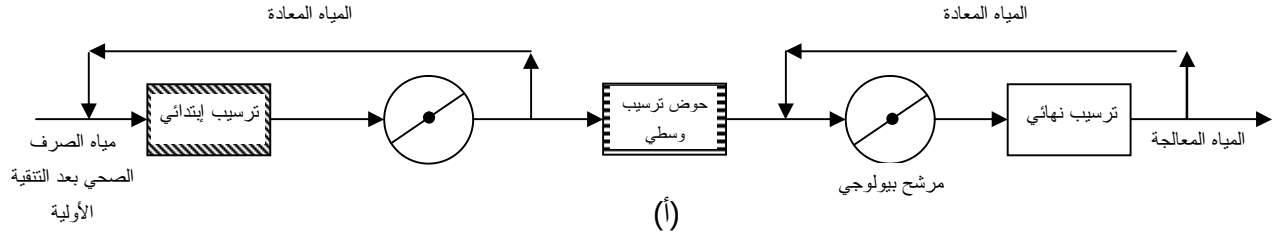
وتنشأ مرشحات المعدل العالى من مرحلة واحدة أو مرحلتين، ويتراوح عمق وسط الترشيح فى مرشح المعدل العالى ما بين ٠.٩ إلى ٢ م إلا أن العمق الأمثل للمرشح يكون ١.٥ - ٢ م فى المرحلة الأولى، ١ - ٢ م فى المرحلة الثانية.

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



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 التي يجب الاهتمام بها سواء قبل إنشاء محطة جديدة أو تنفيذ أعمال التوسعات أو حتى في المحطة التي يقوم المشغل بتشغيلها فعلاً، ومن ثم يتعرف على المشكلات الموجودة، بمستندات التصميم ومحاولة تقديم اقتراحات وبدائل فنية وحلول لهذه المشاكل التي يراها المشغل من خلال خبرته السابقة في أعمال التشغيل وذلك لتجنب حدوثها، وسوف نستعرض النقاط الهامة التي ينتبه إليها المشغل لمراجعتها مع اقتراح التعديلات الفنية لها، وكذلك نوضح بعض المشاكل التي 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 في الاعتبار سهولة الوصول لأجزاء الفلتر لتنفيذ مهام التشغيل والصيانة.
٢. التأكد من سهولة حركة الونش المستخدم في 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 الترشيحي فتسبب انسدادها، وأنها أيضاً بعيدة عن خطوط المواسير حتى لا تخترق جذورها هذه المواسير.
٤. التأكد من وجود حنفيات مياه الضغط العالي المستخدمة في أعمال نظافة المرشح وصيانته في أماكن مناسبة تكفل سهولة هذه الصيانة.

ثانياً: إنشاء المرشح البيولوجي

١. التأكد من وجود مشايات تضمن للمشغل سهولة الوصول إلى الأجزاء الميكانيكية ولأداء أعمال الصيانة مثل عمليات تزييت كراسي 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 نزع المياه من المرشح.
٤. يجب أن يكون الوصول إلى صناديق تجميع الماء الخارج من المرشح سهلاً لإزالة الأغشية وإجراء أعمال الصيانة اللازمة.
٥. دعائم تثبيت الماسورة المركزية لدخول المياه يجب أن تكون متسعة بما يكفى لوضع الونش أو الرافعة لرفع موزع المياه وإجراء الصيانات اللازمة.

ثالثاً: 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 نزع 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.

رابعاً: السلامة والصحة المهنية

١. تأكد من وجود سلاسل وحواجز الأمان فى الأماكن الضرورية.
٢. ابحث عن المناطق التى بها انتشار وطرشة للمياه التى 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 وبالسريعة اللازمة.
٤. تأكد من وجود مصادر تيار كهربى لاستخدام لمبات (بلادوس) لإضاءة أماكن فحص الأجزاء المنخفضة بالمرشح.

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

١. البيانات التفصيلية للمعدات الكهروميكانيكية يجب أن يكون واضحاً 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 التسلسلي والرقم المخزني) والكمية التي 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 المسؤولة عن السلامة والصحة المهنية.

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

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

وتنشأ مشكلتي الانسداد والبرك من العوامل التالية:

- زيادة معدلات التحميل العضوي.
- معدلات تحميل هيدروليكي غير مناسبة.
- خطأ في تصميم حجم المرشح.

ويمكن حل هذه المشاكل باستخدام الطرق التالية:

- تقليل مكونات وسط الترشيح.
- غسل مكونات المرشح برش السطح بتيار من المياه تحت ضغط مرتفع.
- معالجة مياه الصرف الصحي 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 بالكlor (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 الترشيحي 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 طبقات 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 الترشيحي والرشاشات. ٤ - عدم السماح بجفاف الوسط الترشيحي حيث يؤدي ذلك لقتل الكائنات الحية وخروجها مع المياه المرشحة.

**مميزات وعيوب
المرشحات البيولوجية**

يمكن إيجاز مميزات وعيوب المرشحات البيولوجية كما يلي:

المميزات:

١. نجاحها في عملية أكسدة المواد العضوية الموجودة بمياه الصرف الصحي.
٢. لا تحتاج إلى عمالة ماهرة مثل طريقة الحمأة المنشطة.
٣. يمكن أن تستوعب الأحمال العالية المفاجئة في وقت قصير.
٤. لا يحتاج نظام المرشحات بطيئة المعدل إلى طاقة كبيرة لتحريك الأذرع الدوارة وبالتالي تقل تكاليف التشغيل للمحطة.
٥. يتم في المرشحات الزلطية عالية المعدل عملية إعادة المياه مرة أخرى من حوض الترسيب النهائي إلى المرشح الزلطي حيث تزيد من معدل مياه الصرف، وبالتالي تقل مشكلة تكون يرققات الذباب حول المرشحات الزلطية، كما يقل تركيز المواد العضوية داخل المرشح وبالتالي تنشط البكتيريا.

العيوب:

١. الفاقد في الضغط كبير في حالة المرشحات الزلطية عنه في 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 البكتيريا 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 قطرياً على عمود طوله يبلغ حوالي ٧,٥ متر على أن تسمح الفراغات بين هذه الألواح بتوزيع مياه الصرف والهواء على القرص بالكامل.

أسس التصميم (طبقاً للكود المصري لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي):

سمك مادة تصنيع القرص الدوار	٢-١ سم
قطر القرص الدوار	٣.٥-٢ متر
سرعة دوران القرص الدوار	٢-١ لفة / دقيقة
المسافة بين مركز كل قرصين	٣٠ - ٤٠ سم
الحمل الهيدروليكي	٤٠ - ٦٠ لتر/م ^٢ /يوم
الحمل العضوي	٢١٠-١٥ 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 مغموراً 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 في حالة المرشحات البيولوجية يتكون غشاء رقيق من الكائنات الحية التي يزداد حجمها ووزنها فتتفصل 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.

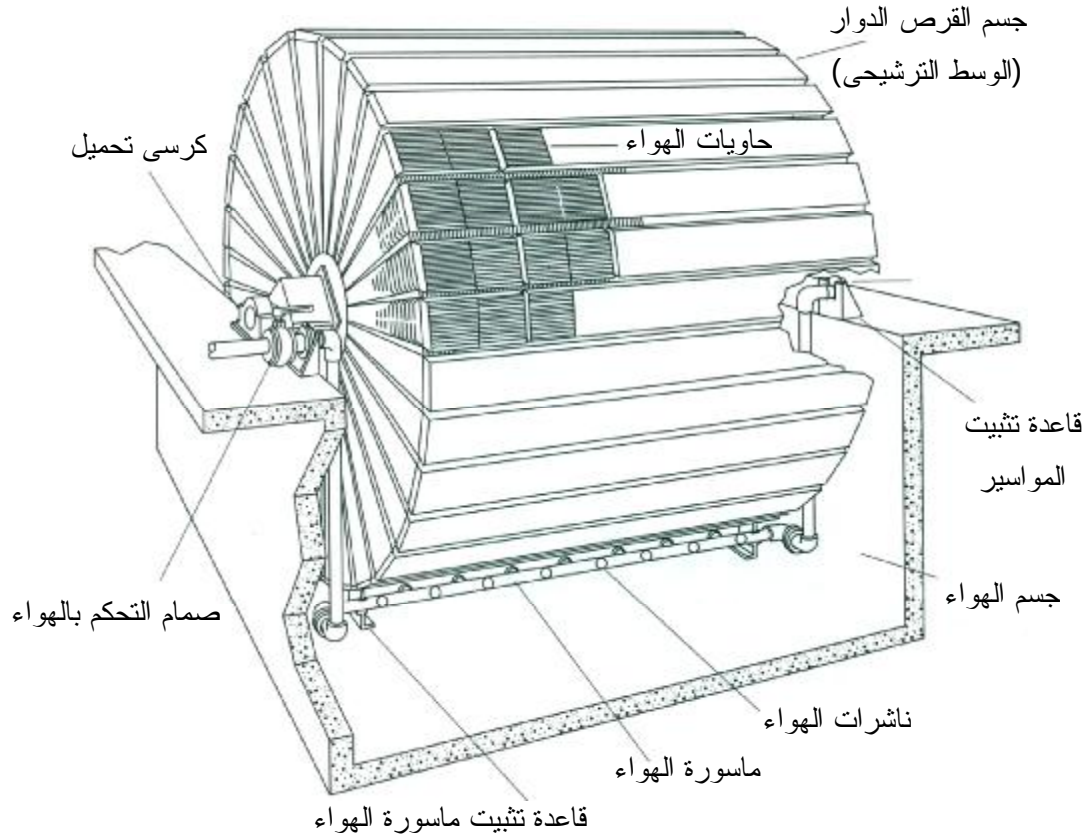
ويتأثر أداء وحدة الأقراص البيولوجية الدوارة بالتحميل الهيدروليكي عند درجة حرارة أقل من ١٣°م، ويتم تصميم هذه النظم للعمل مع تدفقات تبدأ من ٧ م^٣/يوم حتى ٢٠ ألف م^٣/يوم.

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 في الحصول على الغذاء من مياه الصرف الصحي والأكسجين من الهواء الجوي.
غطاء الأقراص الدوارة	يحمي الكائنات الحية من تقلبات الجو وخصوصاً في 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 السيبب 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 للخران	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 التي تليها بواسطة حاجز يمكن إزالته وتمر مياه الصرف الصحي 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 الترشيحي المتاحة، حيث أن الكائنات الحية الدقيقة في الوسط الترشيحي 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 أيضاً المعدلات التى تستطيع بها الكائنات الحية الدقيقة تخفيض الأكسجين الحيوى المطلوب (BOD_5)، وهنا تبدأ عملية النترية (Nitrification).

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

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

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

- بسيطة في 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 البكتيريا اللاهوائية مثلما يحدث في قاع المرشحات الزلطية.
- الأقراص الدوارة ذات حساسية أقل للصرف الصناعي نظراً لأنه لن يحدث تقليل للأكسجين المذاب بواسطة الصرف الصناعي.

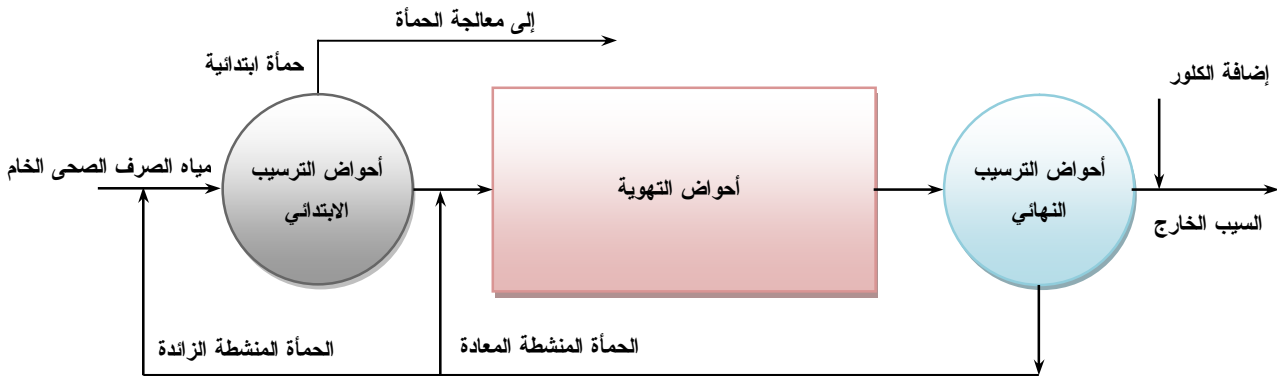
ثانياً: المعالجة بالنمو المعلق

١. المعالجة البيولوجية باستخدام الحمأة المنشطة التقليدية

مقدمة

الحمأة المنشطة هي 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 أخرى حيث يتم تزويد الخليط بالأكسجين الموجود في الهواء الجوي اللازم لتنشيط وإستعمال البكتريا الهوائية والكائنات الدقيقة الأخرى في تثبيت المواد العضوية العالقة والذائبة وتحويلها إلى مواد ثابتة يمكن ترسيبها. كما يؤدي التقليب المستمر للخليط إلى ترويب المواد المتعلقة الدقيقة أى تجميع هذه المواد والتصاقها على هيئة فى حبيبات أكبر يسهل ترسيبها فى حوض الترسيب النهائي.

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)

تعديلات طرق المعالجة بالحماة المنشطة

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

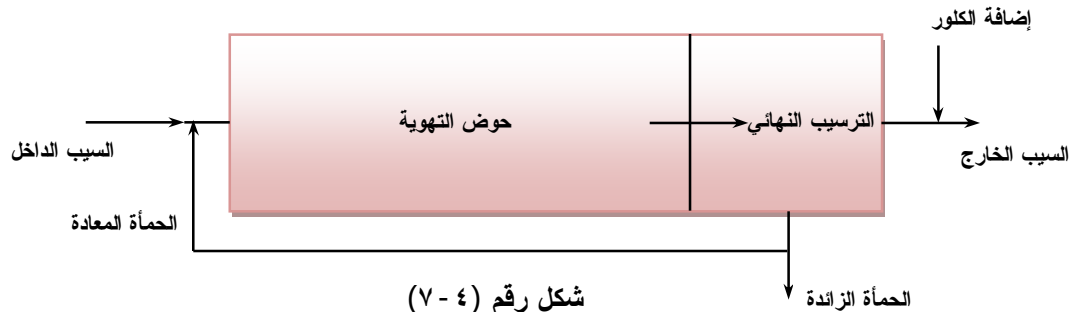
١ - نظام التهوية الممتدة.

٢ - نظام التثبيت بالتلامس

٣ - الخلط الكامل.

١ - نظام التهوية الممتدة (Extended Aeration):

تتشابه طريقة التهوية الممتدة مع طريقة المعالجة بالحماة المنشطة التقليدية، فيما عدا أن الكائنات الحية تظل بأحواض التهوية مدة أطول ففي هذه الطريقة يستمر تهوية الخليط لمدة تتراوح بين ١٨ و ٢٤ ساعة، ويتراوح تركيز المواد الصلبة العالقة بالخليط في هذه الطريقة (Mixed Liquor Suspended Solid, MLSS) ما بين ٢٠٠٠ - ٦٠٠٠ ملجم/ لتر كما تتراوح مدة المكث في حوض الترسيب النهائي بين ٣ و ٦ ساعات، ويمكن الاستغناء في هذه الطريقة عن حوض الترسيب الابتدائي. والمواد المنتجة من هذه الطريقة هي ثاني أكسيد الكربون، ماء ومخلفات بيولوجية، فالتهوية الممتدة لا ينتج عنها حمأة كثيرة مثل باقي النظم ويوضح الشكل رقم (٤-٧) رسم توضيحي لمراحل المعالجة، وتستخدم كمية كبيرة من الهواء في هذا النظام لذا فإن تكاليف التشغيل تكون مرتفعة جداً.

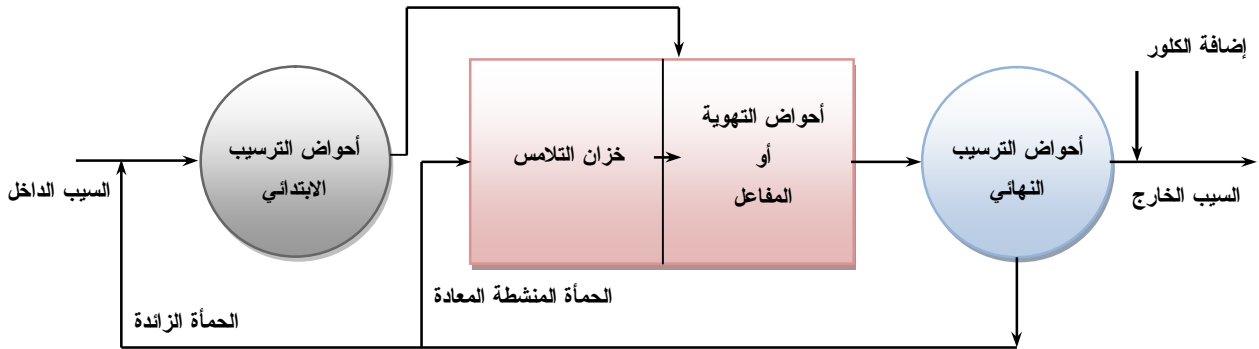


التهوية الممتدة (Extended Aeration)

٢ - نظام التثبيت بالتلامس (Contact Stabilization):

تتشابه طريقة التثبيت بالتلامس مع المعالجة بالحماة 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 الحماة بحوض الترسيب النهائي حيث يتم سحبها وضخها إلي حوض تهوية يسمى حوض التثبيت. حيث يتم فيه تثبيت الحماة المعادة لمدة من ٣ الي ٦ ساعات (طبقاً لمتطلبات الكود المصري) لتستهلك كل الغذاء حتي تصبح جائعة وبعد ذلك يتم إعادتها الي خزان التلامس وهي جاهزة وشرهة للطعام.



شكل رقم (٤ - ٨)

نظام التهوية بالتثبيت مع التلامس (Contact Stabilization)

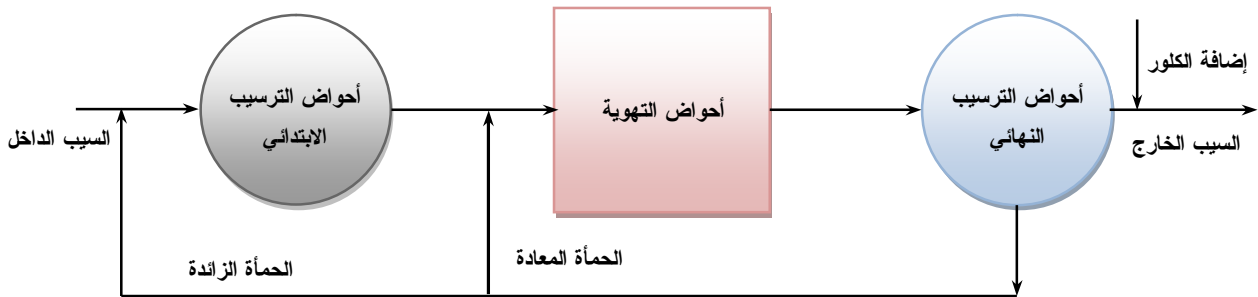
وتتراوح نسبة المواد الصلبة بالخليط في هذه الطريقة (Mixed Liquor Suspended Solid, MLSS) ما بين ١٥٠٠ - ٢٠٠٠ ملجم/ لتر وهو يعتبر أعلى قيمة من طريقة المعالجة بالحماة المنشطة التقليدية، ويتطلب هذا النظام كمية هواء مماثلة للنظام التقليدي يتم تقسيمها علي حوضي التلامس والتثبيت وبالرغم من ذلك فإن مجموع حجم الحوضين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

طرق التهوية تتم تهوية المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي مع الحمأة المنشطة المعادة من حوض الترسيب النهائي في أحواض خاصة تسمى أحواض التهوية. وتظل المياه في حوض التهوية فترة تختلف باختلاف النظام

المستخدم وتتراوح من أربع إلى ثماني ساعات في المعالجة التقليدية حيث تنشط فيها البكتريا الهوائية لتؤدي وظيفتها في أكسدة وتنشيط 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 الميكانيكي).

ويجب أن تتوفر في أحواض التهوية الشروط الآتية:

- توافر الأكسجين في كافة أنحاء الحوض لتأكيد نشاط البكتريا في أكسدة وتنشيط المواد العضوية.
- وجود تقليب مستمر في أحواض التهوية ينتج عنه ترويب المواد العالقة الدقيقة لتكوين مواد أكبر حجماً يسهل ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي.
- التقليب بشدة كافية لمنع ترسيب المواد العالقة في 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 في هذه الطريقة مزج المخلفات السائلة بعد معالجتها وخروجها من أحواض الترسيب الابتدائي بنسبة حوالى من ٢٠% إلى ١٠٠% من حجم الحمأة المنشطة السابق ترسيبها في أحواض الترسيب النهائي. ثم يمر الخليط في أحواض التهوية التي تتم فيها عملية التقليب والتهوية بواسطة فقاعات من الهواء تخرج من شبكة من البلاطات أو الأقراص المسامية المثبتة في قاع الحوض ومتصلة بمجموعة من المواسير يضغط فيها الهواء وتسمى هذه البلاطات أو الأقراص بناشرات الهواء كما هو موضح بالصورة رقم (٤ - ١).



صور رقم (٤ - ١)

ناشرات الهواء بحوض التهوية

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

ب. التهوية
الميكانيكية



صورة رقم (٤ - ٢)

الهوايات السطحية

٢. المعالجة بالحماة المنشطة (التهوية الممتدة)

التهوية الممتدة هي شكل معدل لعمليات الحماة المنشطة التقليدية وعادة لا تحتاج هذه النظم إلى أحواض ترسيب ابتدائي والأجزاء الرئيسية للوحدات 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 وأيضاً 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)
- طلبات 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 العضوي المناسب، مدة المكث ونسبة الإزالة للملوثات.

جدول رقم (٤ - ٥)

المؤشرات الخاصة ببعض طرق المعالجة بالحماة المنشطة
(مرتبة حسب مدة المكث بالحوض)

النظام	الحمل العضوى		مدة المكث (ساعة)	نسبة الحماة المعادة (%)	كفاءة إزالة BOD (%)
	كجم BOD ١٠٠٠ م ^٣ فى اليوم	كجم BOD / كجم MLSS فى اليوم			
نظام الحماة المنشطة ذات المعدل 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 لعملية المعالجة بالحماة المنشطة

من الممكن أن تكون من موقعك كمشغل مفيدًا جدًا لمصممي 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 محطاتك الحالية التى تقوم بتشغيلها.

١ - فى المحطات ذات التهوية 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 الكهربائية - تشغيل كل المعدات الكهروميكانيكية للمحطة بالتوازي.
- 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 طلبات 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 التهوية الممتدة (قنوات أكسدة)

يجب التأكد من وجود واستكمال العناصر التالية:

- ١ - مياه الصرف الصحى والحمأة المنشطة المعادة يجب أن يدخل إلى قناة الأكسدة فى بدايتها وبما يحقق خلطاً جيداً مع السائل المخلوط الموجود بقناة الأكسدة.

- ٢- السائل المخلوط الخارج من قناة الأكسدة يجب أن يكون فى نهاية القناة وبعيداً عن مكان الدخول وذلك تجنباً 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 للحماة 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 الكهربائية الخاصة بالهوايات وصناديق تخفيض السرعة يجب أن تكون مرتفعة عن منسوب السائل المخلوط، كما يجب أن يكون الوصول إليها لأعمال الصيانة سهلاً وآمناً.
- 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 في حالة حدوث أعطال بوحدة التهوية (الأساسية) وذلك بهدف استمرار عملية المعالجة البيولوجية.

الأسس التصميمية
لأحواض التهوية

تتص الأسس التصميمية لأحواض التهوية طبقاً للكمود المصرى لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي على ما يلي:

١ - لإيجاد حجم حوض التهوية تستخدم المعادلة (١)

حوض التهوية Volume of aeration tank

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

Where:

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

Q = Design flow m³/day التصريف التصميمي

V = Reactor volume m³ حجم حوض التهوية

L_i = BOD to reactor gm/ m³ الاحتياج للأكسجين الحيوى فى

المياه المرسبة قبل حوض التهوية

L_e = BOD required gm/ m³ الاحتياج للأكسجين الحيوى فى

المياه المرسبة بعد حوض التهوية

MLSS = Mixed liquor suspended solids gm/ m³ تركيز المواد العالقة

الكلية فى حوض التهوية

ومن خلال القيم المذكورة بالعمود رقم (٩) بالجدول رقم (٤-٦) والخاص بالنسبة المئوية لإزالة BOD₅ يمكن تحديد نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية (F/M) من العمود رقم (٤) وبالتالي اختيار كمية المواد العالقة الكلية بحوض التهوية من العمود رقم (٢) (MLSS) ومن معلومية التصريف (Q) ثم تستخدم المعادلة رقم (١) فى إيجاد حجم حوض التهوية (V).

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

مدة المكث Hydraulic retention time in reactor

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

$$T = (L_i - L_e) / (F/M) * ML_{ss}$$

- ٣ - يتم حساب معدل التحميل العضوى
حيث يتم مقارنة هذه القيمة بالعمود رقم (٦)
٤ - يتم حساب الحمأة الزائدة بإستعمال المعادلة رقم (٣)

الحمأة الزائدة Excess sludge production

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

$$M_W = aF - bM \dots\dots\dots (3)$$

حيث: Where:

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

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

ثابت a , constant = 0.7

ثابت b , constant = 0.075

- ٥ - يتم حساب زمن بقاء الحمأة بإستعمال المعادلة رقم (٤) ومقارنة الناتج بالعمود رقم (٧).
- زمن بقاء الحمأة Sludge retention time (SRT)

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

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

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

$$C_2 R = C_1 (R + Q)$$

تركيز المواد العالقة بحوض التهوية C_1 = MLSS in reactor gm/ m³

تركيز المواد العالقة بالحمأة المعادة C_2 = MLSS in returned sludge gm/ m³

= 1000 gm/ m³ (max)

R = return sludge 100 % of Q m³/ hr.

Q = flow rate m³/ hr.

SVI, sludge volume index

الحجم باللتر لواحد جرام من الحمأة المنشطة بعد فترة ترسيب قدرها نصف ساعة في

$$\frac{m / \text{settled sludge} * 1000}{\text{mg / lit suspended solids (MLSS)}} = \text{مخبر حجمه واحد لتر}$$

٦ - يتم حساب معدل إعادة الحمأة باستعمال المعادلة رقم (٥) ومقارنة الناتج بالعامود رقم (٨).
 كمية الأكسجين المطلوبة
 Oxygen requirement

$$O_c = [a F / M + b] M \dots \dots \dots (6)$$

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

$$Q_{\text{nit}} = 4.6 Q (\text{NH}_3) / 10^3 \dots \dots \dots (7)$$

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 الهيدروليكي (ساعة)	معدل التحميل القصوى كجم BOD/ م ^٢	زمن بقاء المواد الصلبة (يوم)	نسبة الحمأة المعاداة إلى تصرف مياه الصرف الصحي الخام	النسبة المئوية لإزالة BOD الأكسجين الحيوى المستهلك	كجم أكسجين - (كجم BOD تمت إزالته)	كمية الهواء اللازمة لكل كجم أكسجين حيوى مستهلك (متر ^٣)
	(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
تتاقص 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	١.٥-٠.٥ ^(١) ٣-٦ ^(٢)	١.٠ - ١.٢	٥ - ١٥	١ - ٠.٢٥	٨٥ - ٩٥	٠.٧ - ١.٠	٥٠-٨٠ ^(٢)
الخلط التام	خلط تام	٣٠٠٠ - ٦٠٠٠	٠.٨	٠.٦ - ٠.٢	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	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	٠.٥	١٨ - ٣٦	٠.٢ - ٠.٤	٢٠ - ٣٠	٠.٣٥ -	٩٠ - ٩٨	١.٠ -	١٠٠-١٤٠

(١) حوض التهوية بالتلامس (٢) حوض تثبيت الحمأة (٣) هذه الكمية تُقسم بالتساوى على حوض التهوية بالتلامس وحوض تثبيت الحمأة

المصدر: الكود المصرى لتصميم محطات معالجة مياه الصرف الصحي - 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 الصحي، 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 وثبيتها.

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 بيولوجياً 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 مستمرة بلا توقف وبدون تخزين في أحواض الترسيب النهائي وذلك لتلافي حدوث النشاط اللاهوائي في قاع أحواض الترسيب والذي ينتج عنه تصاعد الروائح غير المرغوب فيها، وكذلك حدوث عكس النيترة (التأزت) والذي يحدث نتيجة استهلاك الأكسجين الذائب الموجود بواسطة الكائنات الدقيقة، فتبدأ الكائنات في الحصول على الأكسجين من تكسير المواد النيتروجينية الناتجة من عملية التأزت مثل النترات وتحولها إلى غاز النيتروجين الذي يتكون حاملاً معه أجزاء كبيرة من الحمأة مسبباً تصاعد كرات كبيرة من الحمأة ذات لون داكن من قاع المروق إلى السطح.

أسس تصميم أحواض الترسيب الثانوى

من أهم الأسس التي يجب مراعاتها في تصميم أحواض الترسيب النهائي سهولة وسرعة تجميع المواد المترسبة بالقاع، وذلك تجنباً للمشاكل التي تحدث عند زيادة مدة بقاء الحمأة داخل أحواض الترسيب النهائي.

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

الأسس التصميمية لأحواض الترسيب الثانوى

- التحميل السطحي لا يزيد عن ٣٢ متر^٣/م^٢/يوم.
- السرعة الرأسية تتراوح بين (٣-٤) سم/دقيقة.
- يفضل ألا تقل مدة بقاء المياه في 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 النهائي

عند مراجعة أعمال التصميم للمحطة التي تعمل بنظام الحمأة المنشطة ذات التهوية الممتدة باستخدام قنوات الأكسدة، فإنه يجب التأكد من أن معدل التحميل الهيدروليكي السطحي لأحواض الترسيب النهائي حوالي ٢٤ م^٣/يوم/م^٢، وإذا كانت المحطة معرضة لاختلافات متباينة في تصرفات المياه الداخلة إليها فيجب التأكد ألا يزيد معدل التحميل الهيدروليكي السطحي اللحظي عن ٤٩ م^٣/يوم/م^٢.

أ. أما عن التحميل العضوي فيجب أن تعلم أن التشغيل ومعدلات التحميل الهيدروليكي السطحي العادي لقنوات الأكسدة تمنع التحميل العضوي الزائد على أحواض الترسيب النهائي، ومع ذلك إذا كانت محطة المعالجة تم تصميمها على أساس النيترة الكاملة طوال العام فإن الحد الأقصى اللحظي للتحميل العضوي يجب ألا يزيد عن ٢٠٠ كجم/يوم/م^٢.

ب. زمن البقاء بالحوض يكون حوالي ٣ ساعات، وهذا يعتمد على التصرف التصميمي للمحطة، ومع ذلك فإنه في جميع 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 المستقبلية (المصرف مثلاً) في وضع لا يسمح بعودة الماء الفائض من المصرف إلى المحطة في حالة انقطاع التيار الكهربائي أو تعطل طلمبات الضخ.

ومن الممكن تركيب صمام عدم رجوع على ماسورة الخروج لمنع التدفق العكسي للمياه، تأكد أيضاً من أن ماسورة خروج الماء المعالج مغمورة بالمياه المستقبلية وذلك لتقليل المشاكل التي تنتج من تكون الرغاوى والخبث الطافي على سطح المياه المستقبلية.

مزايا المعالجة**بالحمأة المنشطة**

- يمكن إيجاز مزايا المعالجة بنظم الحمأة المنشطة فيما يلي:
١. خلوها من متاعب الرائحة غير المرغوب فيها وعدم انتشار الذباب.
 ٢. تحتاج إلى مساحة صغيرة مقارنة بالمساحة التي 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 في منسوب المياه من أول حوض إلى آخر حوض بالمحطة.

عيوب المعالجة**بالحمأة المنشطة**

- يمكن تلخيص عيوب المعالجة بطريقة الحمأة المنشطة فيما يلي:
١. تحتوى الحمأة الناتجة على نسبة عالية من الماء مما يسبب زيادة كبيرة في حجم الحمأة وكذلك صعوبة في تجفيفها.
 ٢. ارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة.
 ٣. تحتاج إلى إشراف فنى على مستوى عالٍ.
 ٤. قد توجد صعوبات في 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 في الأرض الطبيعية سواء بالحفر أو الردم. وتتم فيها معالجة مياه الصرف الصحي بطريقة طبيعية وتعتمد على نشاط مشترك متكامل تقوم به الطحالب والبكتريا وبعض العناصر الموجودة أساساً في مياه الصرف الصحي، وذلك باستخدام المقومات الطبيعية مثل درجة الحرارة والرياح وقوة أشعة الشمس. ومن المعروف أنه في وجود الهواء والماء الملوث والشمس يتم تكوين طحالب تمد البكتريا بالأكسجين اللازم لنشاطها.

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

نظرية تشغيل

بحيرات الأكسدة

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

١ - طريقة المعالجة اللاهوائية.

٢ - طريقة المعالجة الهوائية.

طريقة المعالجة

اللاهوائية

تتم عملية التحلل اللاهوائي نتيجة لوجود وسط مناسب لنشاط وتكاثر البكتيريا اللاهوائية وتتم عملية الأكسدة على مرحلتين:

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

طريقة المعالجة

الهوائية

تتم عملية التحلل الهوائي نتيجة لوجود وسط مناسب لنشاط وتكاثر البكتيريا الهوائية وتتم فيها عملية أكسدة المواد العضوية (تحويل المواد العضوية) في وجود البكتيريا الهوائية إلى ثاني أكسيد الكربون وفوسفات وأمونيا (ثم تتحول الأمونيا إلى نيتريت ثم إلى نترات)، ويتم إمداد البكتيريا 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 (المتردة) 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 المهواة ميكانيكيا.

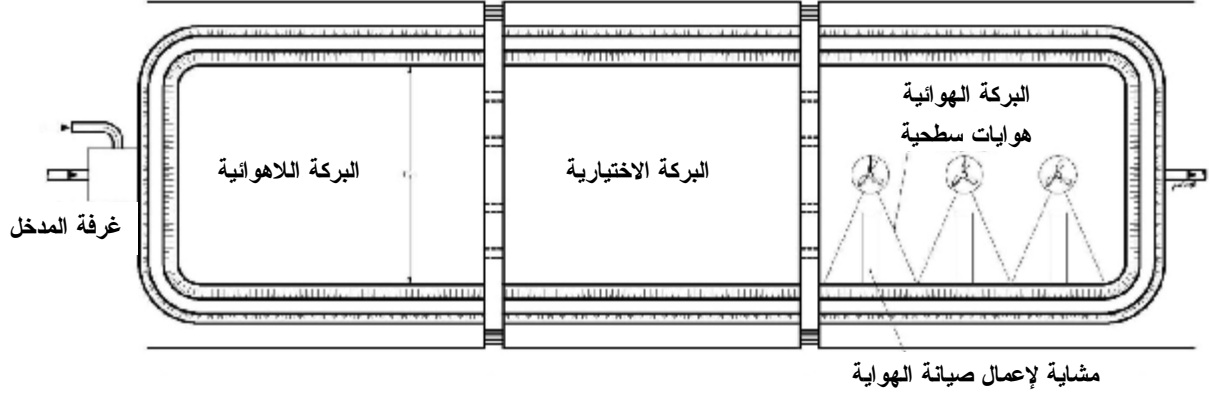
البحيرات اللاهوائية:

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 (المتردة):

تأتي البحيرات الاختيارية 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 الاختيارية 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 المهباه 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 - حوض ترسيب ابتدائى).

البحيرات المهباه:

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 وبالتالي تتحول إلى لاهوائية، وتحصل هذه البرك على الأكسجين اللازم لها من ثلاثة مصادر:

• التهوية الميكانيكية (Mechanical Aeration)

باستخدام الهوايات أو القلابات بحيث يشمل التقلاب 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.

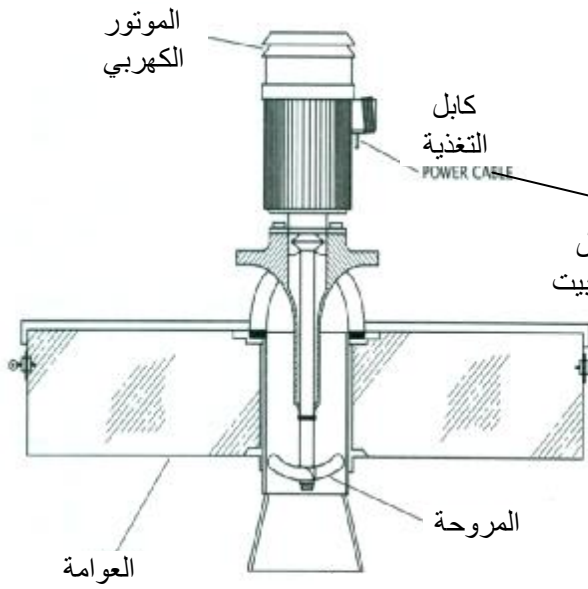
• الطحالب (Algae)

ينطلق الأكسجين من الطحالب التي تتكون في البرك تحت تأثير ضوء الشمس النافذ إلى المياه، نتيجة لعملية التمثيل الضوئي نهاراً، 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 والبكتيريا حيث توفر الطحالب الأكسجين للبكتيريا بينما توفر البكتيريا ثاني أكسيد الكربون للطحالب.

• التقلاب (Mixing)

المقصود بالتقلاب 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 في 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:

وهي التي تستخدم في 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 عضوي خفيف، وعادة ما يكون أقل من ١,٧ جم BOD / م^٢ / يوم.

البحيرات ذات المعدل العالي للتهوية الطبيعية:

وهذه البحيرات محددة الاستخدام إذ تستخدم لنمو كميات كبيرة من الطحالب التي تستخدم كغذاء للماشية، وهذه البحيرات ذات عمق صغير يتدرج من ٣٠ إلى ٤٥ سم وعادة يكون الحمل العضوي من ٦.٥ إلى ٢٢.٥ جم BOD₅ / م^٢ / يوم.

مراجعة التصميمات والمواصفات الفنية لبرك الأكسدة يجب على مشغل محطة مياه الصرف الصحي 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 يلي بعض الإرشادات للبنود التي يجب أن يهتم المشغل بمراجعتها في أعمال تصميم المحطة:

١. الموقع

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

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

- فمن مميزات الرياح أنها تساعد في إزاحة الخبث الطافي والبذور إلى أحد أطراف البحيرة حيث تتم إزالتها وكذلك تساعد في عملية خلط محتويات البحيرة من مياه الصرف الصحي 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 الصحي الداخلة إلى البحيرات

- قبل البدء فى الأعمال التصميمية لأي بحيرة يجب تحديد عما إذا كانت مياه الصرف الصحي 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 الصحي يصعب معالجتها مثل مخلفات مصانع منتجات الألبان وذلك بسبب انخفاض قيمة الأس الهيدروجينى لها pH.
- يجب فحص مياه الصرف الصحي بشكل كامل قبل اتخاذ قرار بإمكانية معالجتها باستخدام بحيرات الأكسدة، حيث أن بعض الملوثات بمياه الصرف الصحي قد تحتوى على مبيدات قوية للفطريات ومواد مطهرة، والتى لها تأثيرات مثبطة وممانعة للنشاط البيولوجى فى البحيرة.
- بعض أنواع من مياه الصرف الصحي 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 تُحد 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 منعاً لدخولها مواسير المحطة.
- يجب الأخذ فى الاعتبار أن وجود جهاز لتقطيع المخلفات كبيرة الحجم يعتبر نوعاً من الرفاهية ليس من الضرورى وجوده حيث أن أى مخلفات ستنتفد من المصافى لن تكون ضارة للطمبات.

٤. أجهزة قياس التصريف

- أهمية وجود أجهزة قياس تصريفات مياه الصرف الصحي الداخلة ضمن تصميم المحطة وذلك لمعرفة وتسجيل كميات مياه الصرف الصحي الداخلة للمعالجة في بحيرات الأكسدة، والتي بمساعدتها أيضاً مع معرفة الأكسجين الحيوى الممتص الداخل BOD يمكن تقدير الحمل العضوى للبحيرة.
- يجب تركيب جهاز لقياس التصريفات الخارجية من البحيرات حيث أنه يجب المقارنة بين التصريفات الداخلة والخارجة من البحيرات بهدف تقدير فاقد المياه الذى يتم بسبب الترشيح والبحر، حيث يساعد هذا الجهاز على معرفة البيانات التى تساعد على التنبؤ بخطط التوسعات المستقبلية أو اكتشاف أى تصريفات زائدة قد تكون غير مصرح بها أو تصريفات 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 التلييكوبى حيث أن هذه الصمامات معرضة للأعطال وعدم الحركة بسبب تزايد النمو البيولوجى والتصاقه بين أجزائها، وفى حالة وجوده فإنه يجب القيام بتنظيف هذه الصمامات التلييكوبية 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 لمتنع ظهور المواد العائمة على السطح، كما أنها تساعد على الاحتفاظ بدرجة الحرارة داخل البحيرة عن طريق استمرار دخول مياه الصرف الصحي الأكثر دفئاً 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 أيضاً 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 مغموراً فى المياه المستقبلية وليس حرّاً، وذلك لتجنب المشاكل التى تنتج عن انبعاث الروائح الغير مستحبة بالرهاوى.

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 مصنوعاً 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 في عملية معالجة مياه الصرف الصحي.
- لاحظ أن البحيرات الضحلة التي يقل عمقها عن متر واحد ربما تكون المعالجة بها هوائية تمامًا، وذلك بشرط عدم وجود حمأة في القاع (وهذا غير محتمل)، وذلك بسبب تغلغل الشمس إلى عمق البحيرة، وهذا يعني أن معالجة مياه الصرف الصحي تتم أساسًا بتحويل المواد الصلبة العضوية إلى خلايا طحلبية والبحيرات من هذا النوع التي لها أعماق قليلة ومدة بقاء صغيرة معرضة لعدم الانتظام في الأداء وذلك لأن الطحالب سوف تنمو بكثرة وبالقدر الذي سيجعل كميات منها تموت، وحينئذ ستغرق هذه الطحالب الميتة وتنزل إلى قاع البحيرة مسببة زيادة في الأحمال العضوية بالمياه، وهذه الحالة ممكن أن تؤدي إلى بحيرة لاهوائية، وهكذا فإن أعماق البحيرات الضحلة ستصبح لاهوائية عندما تتجمع المواد الصلبة في 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 المستقبلية.
- يجب أن تنتبه إلى أن هناك ظاهرة تحدث في البحيرات الضحلة وهي أنها عرضة للإصابة بالطحالب الخيطية والتي تؤدي إلى الحد من تغلغل ضوء الشمس في عمق البحيرات وأيضًا إلى إنسداد

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

- أما البحيرات التي تبلغ أعماق كل منها ١.٢ متر أو تزيد فإنها تحتفظ بدرجات الحرارة بمياه الصرف الصحي الداخلة إليها مما يساعد على تشجيع الأنشطة البيولوجية، ففي البحيرات الاختيارية (هوائية ولاهوائية) تجد أن الأعماق التي تزيد عن ١.٢ متر تكون مخزنًا طبيعيًا للأكسجين الذائب الذي 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 في الاعتبار أن البحيرة التي عمقها ١ متر على الأقل يمكن ظهور الأعشاب الضارة بها، ويمكن التحكم في 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.

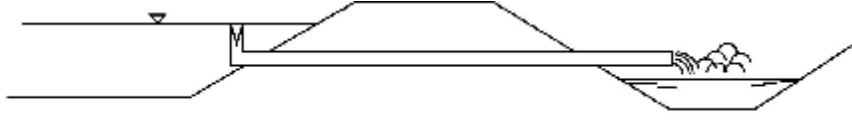
٨. السور الخارجي والعلامات الإرشادية

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

٩. الهوايات السطحية

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

الصيانة المطلوبة لها، وأيضاً يجب وجود نقاط تثبيت بديلة للهوايات القائمة، كما أن الكابلات الكهربائية يجب أن تكون طويلة بما يكفي لسهولة حركة الهوايات وأن تتحمل الأحمال الكهربائية الزائدة المتوقعة.



تدفق حر (غير مرغوب فيه)



تدفق مغمور (الأفضل)

شكل رقم (٤-١١)

التدفق المغمور والتدفق الحر

يواجه العاملون بمحطات معالجة مياه الصرف الصحي بالحماة المنشطة سواء التقليدية أو ذات التهوية الممتدة العديد من المشاكل التي تؤثر سلباً على كفاءة المعدات والأحواض وكذلك مواصفات السيخ النهائي وعدم تطابقها أحياناً مع معايير قانون البيئة.

**المشكلات الفنية
بمحطات المعالجة
بالحماة المنشطة**

والجدول رقم (٤-٧) يوضح أهم المشاكل التي قد توجد بمحطات المعالجة بالحماة التقليدية وكيفية تتبعها ومعرفة الأسباب ومن ثم اختيار الحلول المناسبة، كما يوضح الجدول رقم (٤-٨) الاحتمالات المختلفة لنتائج الفحص الظاهري لعينات مياه الصرف الصحي 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 في 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 في نسبة الغذاء إلى الكائنات الحية، وعمر الحمأة، وتركيز المواد العالقة القابلة للتطاير في السائل المخلوط، ومعدل صرف الحمأة الزائدة، ومعدل التنفس	يتم خفض معدل صرف الحمأة الزائدة
				٢. خلط زائد عن الحد في أحواض التهوية يؤدي 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 ينبغي أن يقل عن ٢مجم/ لتر في كل أنحاء الحوض) - وجود البروتوزوا	تتم زيادة معدل التهوية أو خفض تركيز المواد الصلبة العالقة القابلة للتطاير في 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 في أحواض الترسيب	نتائج اختبار الترسيب	الأسباب المحتملة	بنود المراجعة	علاج المشكلة
				٢. وجود مخلفات صناعية غير قابلة للتحلل البيولوجي، وتتصف بوجود مواد لها نشاط سطحي 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: ١. تجمعات من الحمأة تطفو في بعض مناطق حوض الترسيب	الترسيب عادي والمياه رانقة	- قصور أو أعطال في المعدات المستخدمة - التيارات الحرارية (نتيجة تغير درجات الحرارة بين الطبقات السطحية من حوض الترسيب والطبقات السفلى)	- 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
					تراجع درجة حرارة المياه السطحية والعميقة في حوض الترسيب. (من المفروض ألا يزيد فرق درجات الحرارة بين القاع والسطح عن درجة واحدة مئوية)	زيادة وقت مكث المياه في 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 هيدروليكي 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 التصريف الداخلى - يحول جزء من التصريف 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 المخبر، 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 في 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 في السائل المخلوط.	يحتاج الأمر إلى تحليل للشحوم والزيوت الموجودة.	- عند زيادتها عن ١٥% وزناً، تستخدم كشاطات مناسبة لذلك. - يعزل المصدر الأصلي قبل دخول المياه إلى المحطة.
٧	طفو كتل كروية من الحمأة بعد ترسيبها، 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 تقريباً تبدأ الحمأة المترسبة في الطفو.	حدوث ظاهرة تحلل النترات في حوض الترسيب وتساعد غاز النيتروجين.	- عمر الحمأة. - عمق طبقة الحمأة. - معدل إعادة الحمأة. - تركيز الأكسجين الذائب في أحواض التهوية.	يتم ضبط عمر الحمأة ومعدل إعادة الحمأة حسب الطلب مع التأكد من عدم انخفاض تركيز الأكسجين الذائب عن ٢ مجم/لتر في الأحواض.
		ب - بالإضافة إلى ما سبق فإن القطع	انظر أعلاه.	حدوث تحلل لاهوائي في أحواض الترسيب.	- الأكسجين الذائب في 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 في 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 في مياه حوض الترسيب	انتفاخ الحمأة : انتشار تجمعات من الحمأة المنتفخة خلال حوض الترسيب وظهور مواد عالقة بتركيز مرتفع في المياه الخارجة منه.	- الترسيب بطئ واندماج الحمأة ضعيف. - المياه رائقة. - المؤشر الحجمي للحمأة يزيد عن ٢٠٠.	١. الحمل العضوي كبير للغاية. ٢. وجود الكائنات الخيطية بكثرة.	- 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.
					- 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 والفوسفور وأبضا تركيز الأكسجين الذائب والرقم الهيدروجينى، وعند ظهور مواد سامة اطلب المساعدة - يعزل المصدر الأصلي قبل دخول المياه إلى المحطة.

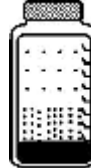
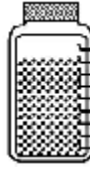
جدول رقم (٤ - ٨)

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 كريهة التربة.	• تركيز السائل الممزوج في الحدود المطلوبة. • حجم الحمأة بالمخبر بين ٢٠٠ و ٧٠٠ سم^٣. • 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 كريهة التربة.	• تركيز السائل الممزوج في الحدود المطلوبة. • حجم الحمأة بالمخبر بين ٢٠٠ و ٧٠٠ سم^٣. • الروق صافي	• الحمأة المترسبة تقترب من الهدار. • توجد مواد صلبة عالقة بالسبب.	• كمية المواد الصلبة بالقاع كثيرة نسبيًا.	• فقد المواد الصلبة العالقة نتيجة زيادة التصريف عن التصريف التصميمي. • إذا كان التصريف 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^٣. 	• 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 و ٧٠٠ 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 قطعاً من الحمأة. • تطفو الحمأة في المخبر 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 و ٧٠٠ سم^٣. • 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 في محطات معالجة مياه الصرف

الصحي، ونوضح فيما يلي بعض نماذج السجلات التي يمكن استخدامها في:

- حوض التهوية
- حوض الترسيب النهائي

سجل تشغيل أحواض التهوية

الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة	العمالة

[illegible]

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

.....

.....

.....

.....

توقيع

جدول رقم (٤ - ١٠)

سجل تشغيل أحواض الترسيب النهائي

الوردية الأولى	الوردية الثانية	الوردية الثالثة

رقم الحوض	حالة الكوبري			حالة بلوف سحب الحمأة (التلوكوبي)			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 الصحي

الفصل الخامس

المعالجة الثلاثية (المتقدمة) لمياه الصرف الصحي

أهداف التدريب (التعلم):

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

١. يتعرف على الهدف من وجود مرحلة المعالجة الثلاثية بمحطة معالجة مياه الصرف الصحي.
٢. يذكر بعض 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.

المعالجة الثلاثية (المتقدمة)

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

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 الثلاثية لمياه الصرف الصحي

الغرض من مرحلة المعالجة الثلاثية هو التخلص من مختلف الملوثات التي 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 الصحي والوحدات المكونة لها على درجة المعالجة المطلوبة، واشتراطات استخدام هذه المياه فى الري 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 الصحي منها:

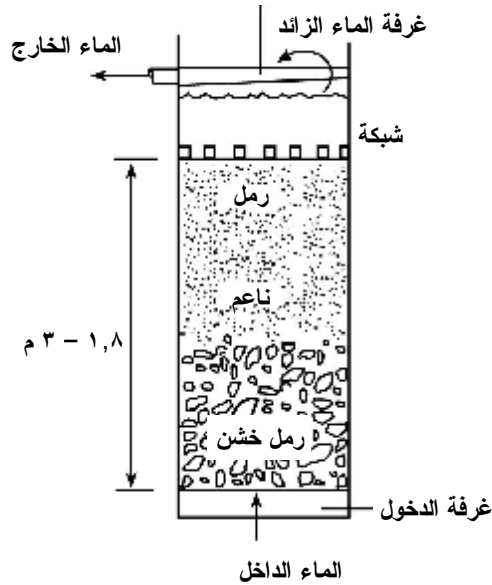
- أ - أحواض المروقات ذات اتجاه السريان لأعلى.
- ب - أحواض الترويب والترسيب.
- ج - المرشحات الرملية.
- د - وحدات التآزت (النترتة).

هـ - وحدات إزالة الأملاح.

و - وحدات المعالجة بالكلور.

أحواض المروقات ذات اتجاه السريان لأعلى

فى هذا النوع من المروقات يمر السيبب 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 الملتنقة 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 وطبقاً للمواصفات البريطانية فإن سمك الطبقة الزلطية يجب أن تكون فى حدود ١٥٠ مم وقطر الزلط فى حدود ٥ - ٧ مم 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 تتركز عليه الطبقة الزلطية أسفل منسوب المياه بـ ٤٥٠ مم على الأقل، وهذا يوفر ارتفاعاً للمياه لا يقل عن ٣٠٠ مم 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 وبالتالي 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 (٥٠ مم) 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 الهيدروكسيد المعقدة (الندف) ذات الحجم والوزن الكبير مما يساعد على سهولة ترسيبها.

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

أو كبريتات الحديدوز أو كبريتات الحديدك ... 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 العملية 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 التقليل 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

البكتيريا (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 وبالتالي تنخفض نسبة المواد العضوية الذائبة المتبقية وبعض المركبات الكيميائية والعضوية المختلفة طبقاً لنوع مصدر المياه.

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

وبناءً على خصائص مياه السيب النهائي 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 اثنين.
- مرشحات ذات وسط متحرك.

وهناك مواد مختلفة يمكن أن يتكون منها وسط المرشح، ويتوقف استخدام هذه المواد على نوعية المواد المتاحة والسهولة الاستعمال والتي تفي بالغرض المطلوب، وهي 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 الأساسي منها هو إزالة ما تبقى من المواد العالقة وجزء كبير من البكتيريا كما تقل نسبة المواد العضوية الذائبة ونسبة أملاح الحديد والمنجنيز إذا كان عمق الرمل أكبر من ٦٠ سم. وفي حالة تزويد مرشحات الرمل بطبقة من الفحم أو عمل مرشح جديد من الفحم فإنه يتم إزالة ما تبقى من اللون والرائحة في السيب النهائي.

وحدات النيترة

هي وحدات لأكسدة الأمونيا (النشادر) وتحويلها إلى صورة النترات والغرض منها هو تجنب عملية التسمم التي قد تحدث للأسماك والكائنات الحية في المسطح المائي الذي سيتم صرف السيب النهائي عليه، وأيضاً لتجنب تقليل المحتوى الأكسجيني 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**

في حالة زيادة تركيز الأملاح عن الحدود المسموح بها بالسيب النهائي فإنه يجب إضافة أي من الوحدات التالية بغرض إزالة جزء كبير من هذه الأملاح حتى تصبح المياه صالحة للاستخدام في أعمال ري الزراعات المختلفة:

- أ - وحدات تعمل بالضغط الأسموزي.
- ب - وحدات تعمل بالتحليل الكهربائي.
- ج - وحدات تعمل بالتبادل الأيوني.

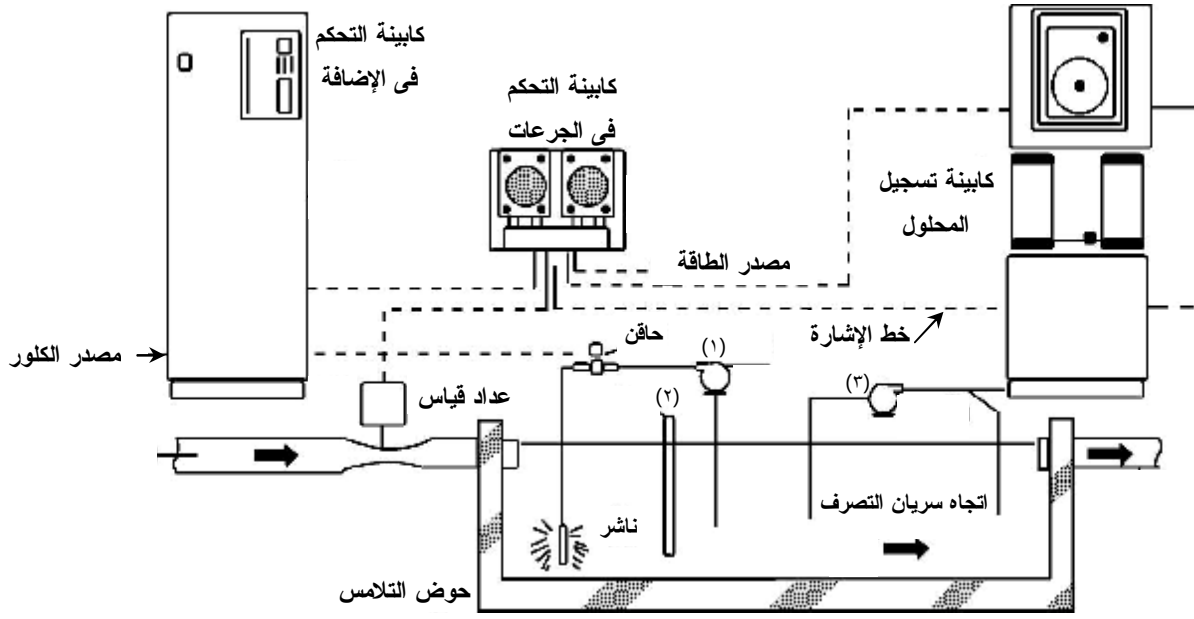
**وحدات المعالجة
بالكلور**

يمكن إضافة الكلور أو أي من مشتقاته إلى مياه السيب النهائي وذلك لعدة أغراض منها ما يلي:

- أ - إزالة اللون.
- ب - إزالة الرائحة.
- ج - إزالة بعض الأملاح المعدنية.
- د - إزالة بعض المركبات العضوية.
- هـ - تعقيم السيب النهائي.

وتتراوح الجرعة اللازمة لتقي جميع الأغراض السابقة من ١٠ إلى ٣٠ جم/م^٣ من مياه السيب على أن تكون فترة مكث السيب في أحواض التلامس من ٢٠ إلى ٣٠ دقيقة.

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



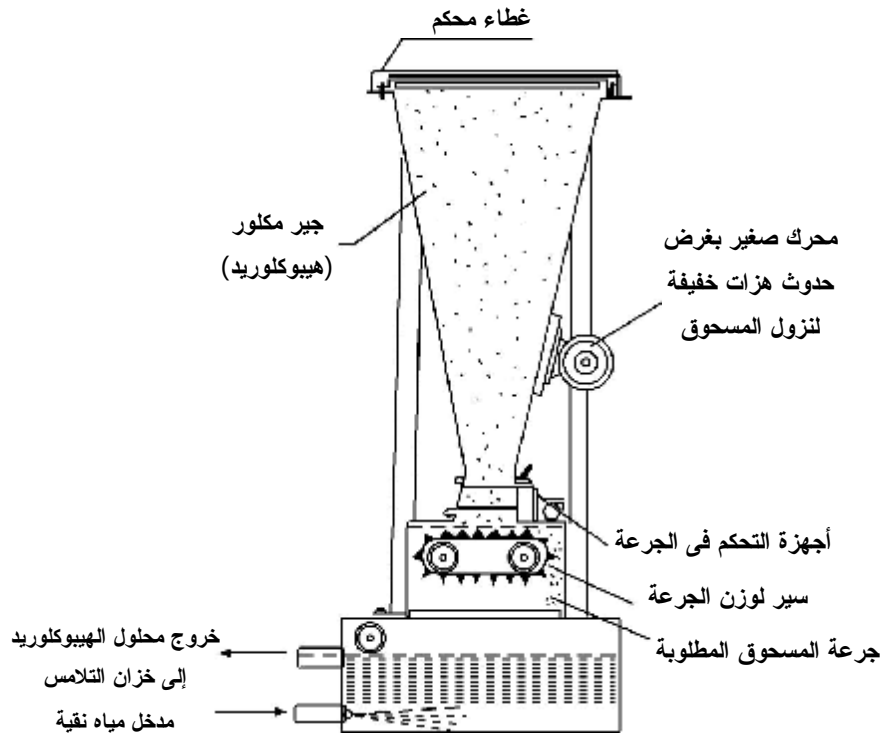
٢ - الحاجز الأول داخل حوض التلامس

١ - طلمبة لحقن الكلور

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 كثيراً 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 الذى يسببه وجود المغذيات بكثرة فى المياه.
٢. صرف مياه صرف صحى أيضاً بدون معالجة يزيد عملية النيترة (Nitrification) والتى بدورها تؤدى إلى تناقص واستنزاف تركيز الأكسجين الذائب فى المياه الذى 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 معاً.

ج- إزالة الفوسفور مع عملية النيترة أو بدونها.

أولاً: إزالة النيتروجين Nitrogen Removal

يوجد النيتروجين في مياه الصرف الصحي على صورة نيتروجين عضوى وأمونيا ويتراوح النيتروجين الكلى في مياه الصرف الصحي بين ٣٥ إلى ٤٠ مجم/لتر.

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

وتزيل المعالجة البيولوجية التقليدية ١٠% أخرى من النيتروجين الكلى والذي يكون مصاحباً وموجوداً في كتلة الخلايا الحية والتي تترسب فيما بعد في أحواض الترسيب النهائية.

وتحتوى مياه السيبب النهائى (Effluent) المعالجة بيولوجياً على نيتروجين يكون ٩٠% منه في صورة أمونيا.

أكسدة المواد النيتروجينية

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

إزالة المغذيات بيولوجياً من الطرق قليلة التكلفة لإزالة النيتروجين والفسفور من مياه الصرف الصحي، وقد أثبتت الخبرة أن العمليات البيولوجية فعالة وموثوق فيها للتخلص منهما.

ويحدث كثير من التحولات للنيتروجين خلال مراحل معالجة مياه الصرف

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

ولأن النيتروجين من مواد الإثراء الغذائي فإن الميكروبات بأنواعها المختلفة في 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 في عمليتي النيترة Nitrification وعكس النيترة De-nitrification حيث يتم إزالة النيتروجين من خلال مرحلتين رئيسيتين كما يلي.

في المرحلة الأولى: وهي 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 أي تم تثبيته في صورة أبسط.

في المرحلة الثانية: وهي عكس النيترة وتتحول النترات بالاختزال إلى صورة نواتج غازية.

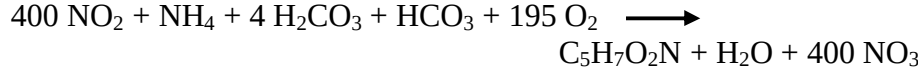
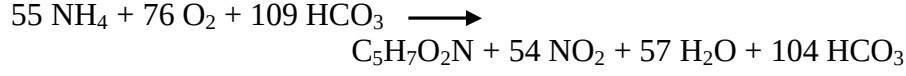
النيترة هي عملية تثبيت النيتروجين وهي العملية الأولى في إزالة النيتروجين البيولوجية والتي تشمل النيترة وعكس النيترة.

النيترة بيولوجيًا
Biological
Nitrification

هناك نوعين من البكتيريا مسئولتان عن النيترة وهما بكتريا النيتروزوموناس (Nitrosomonas) وبكتيريا النيتروباكتري (Nitrobacter) فالنيتروزوموناس تؤكسد الأمونيا إلى مركب وسيط وهو النيتريت (Nitrite, NO₂) أما النيتروباكتري فتتحول النيتريت إلى النترات (Nitrate NO₃).

وصف عملية النيترة

وهاتان الخطوتان متعاقبتان، كما يتضح من المعادلات الآتية:



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 المسؤولة عن القلوية)، فيستهلك ٨,٦٥ مليجرام من البيكربونات لأكسدة مليجرام من الأمونيا إلى نترات.

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

والحرارة أيضاً لها تأثير في نشاط ونمو بكتريا النيترة، وعموماً القياس الكمي الدقيق لهذه العوامل صعب جداً.

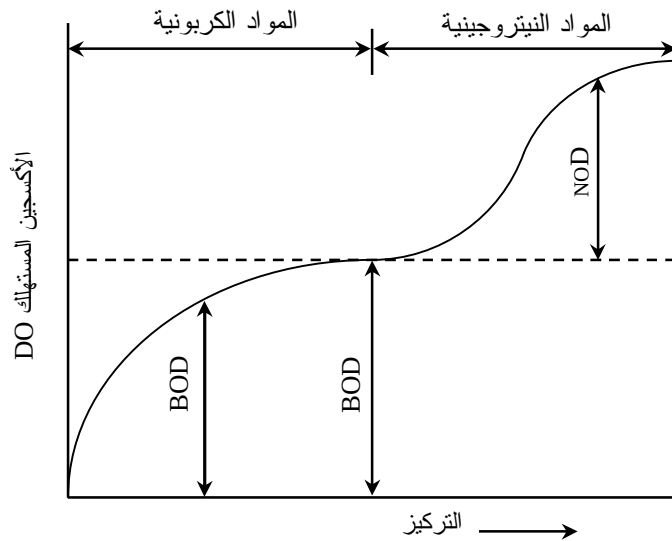
ومن الجدير بالذكر أن هناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة تستطيع أن تقوم بتثبيت النيتروجين وفي مياه الصرف الصحي أو في الطبيعة عموماً.

الأكسجين المطلوب لتنشيط النيتروجين

طبقاً للمعادلات السابقة، فإنه يلزم ٤,٣ ملليجرام من الأكسجين لأكسدة ملليجرام من الأمونيا إلى نترات، وفي حالة زيادة تركيز الأكسجين الذائب عن ١ ملجم/ لتر فإن هذا يساعد على عملية النيترة وإذا إنخفض عن هذا المعدل يؤدي 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 عبئاً وحملًا إضافيًا إلى عملية المعالجة أو إلى المسطحات المائية التي تصرف فيها المياه المعالجة.

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



شكل رقم (٥ - ٤)

الأكسجين المستهلك في أكسدة المواد الكربونية والنيتروجينية

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

- العوامل 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 تقريباً.
 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 ملجرام لكل لتر.
 ٧. ألا تزيد نسبة العناصر الثقيلة المثبطة لعملية النيترة (النحاس - الزنك - الكاديوم - النيكل - الرصاص - الكروم) عن ٥ ملجرام/ 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.

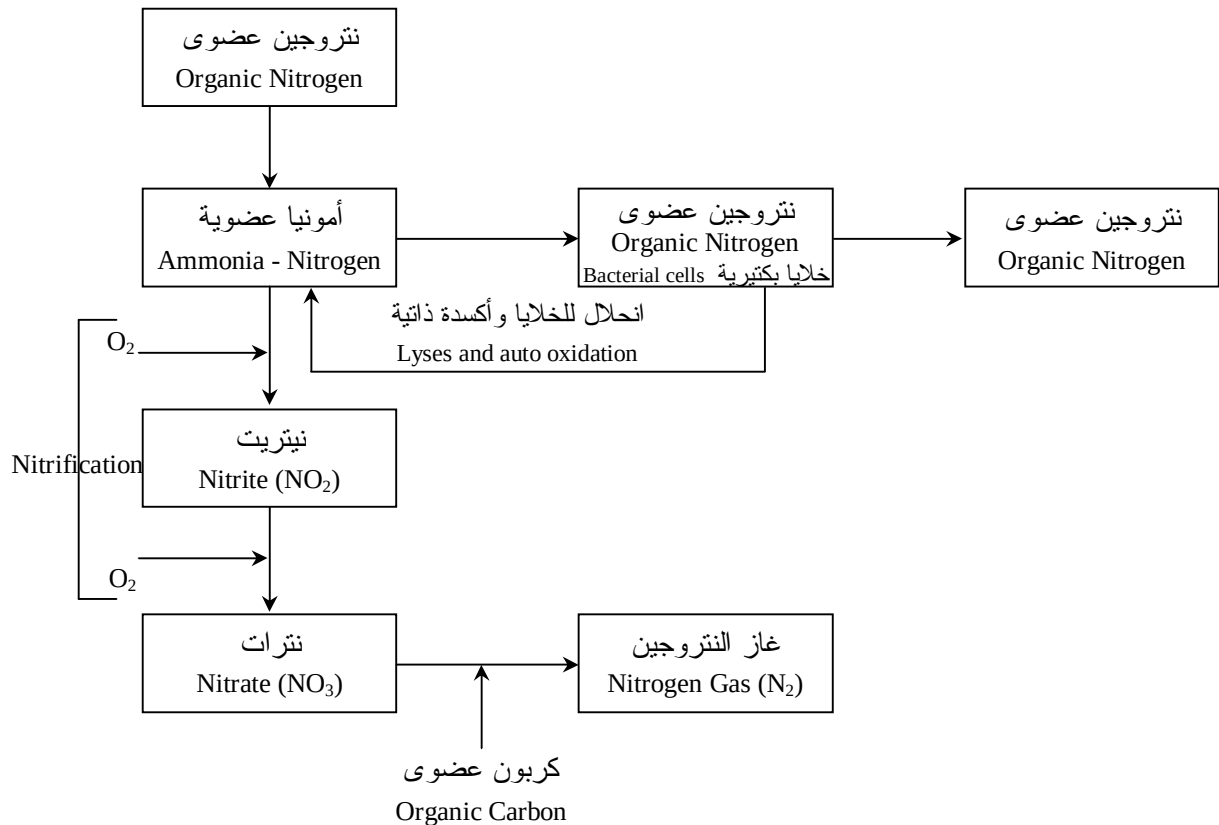
ويحدث تثبيت المواد النيتروجينية عند مدة بقاء الحمأة من ٣٥ إلى ٤٨ ساعة عند درجة حرارة ١٤ إلى ١٧ مئوية، أو حوالى ١٢٠ ساعة عند درجة حرارة من ٩ إلى ١١ مئوية.

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

فيها، طالما أن درجة الحرارة لا تتخفض بدرجة كبيرة تعوق أكسدة المواد النيتروجينية، أيضاً لا تتخفض الحرارة إلى الدرجة التي تؤثر على نشاط البكتريا المثبتة للنيتروجين.

ولذا فإنه غالباً تتم عملية تثبيت النيتروجين صيفاً بدرجة أكبر منه شتاءً وبصفة عامة فإن أنسب طريقة يمكن أن يحدث بها أكبر نسبة لتثبيت النيتروجين هي 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 في عمليات المعالجة البيولوجية.



شكل رقم (٥-٥)

تفاعلات وتحولات النيتروجين في عمليات المعالجة البيولوجية

الحماة المنشطة وعملية النيترة

تعتمد كفاءة المعالجة بطريقة الحماة 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 الهيدروليكي وكفاءته داخل المفاعلات البيولوجية.
- العوامل البيئية المختلفة مثل تركيز الأكسجين الذائب، توافر المغذيات، القلوية، قيمة الأس الهيدروجيني، الحرارة ووجود المواد السامة.
- كفاية التصميمات الهندسية للخلط الجيد وضخ الحماة العائدة والحماة المنصرفة وإمداد كافى للهواء.
- الصيانة الجيدة للمعدات والماكينات.
- توافر التدريب الجيد على نظم المعالجة الفنية من مشغلين ومهندسين وكيميائيين.

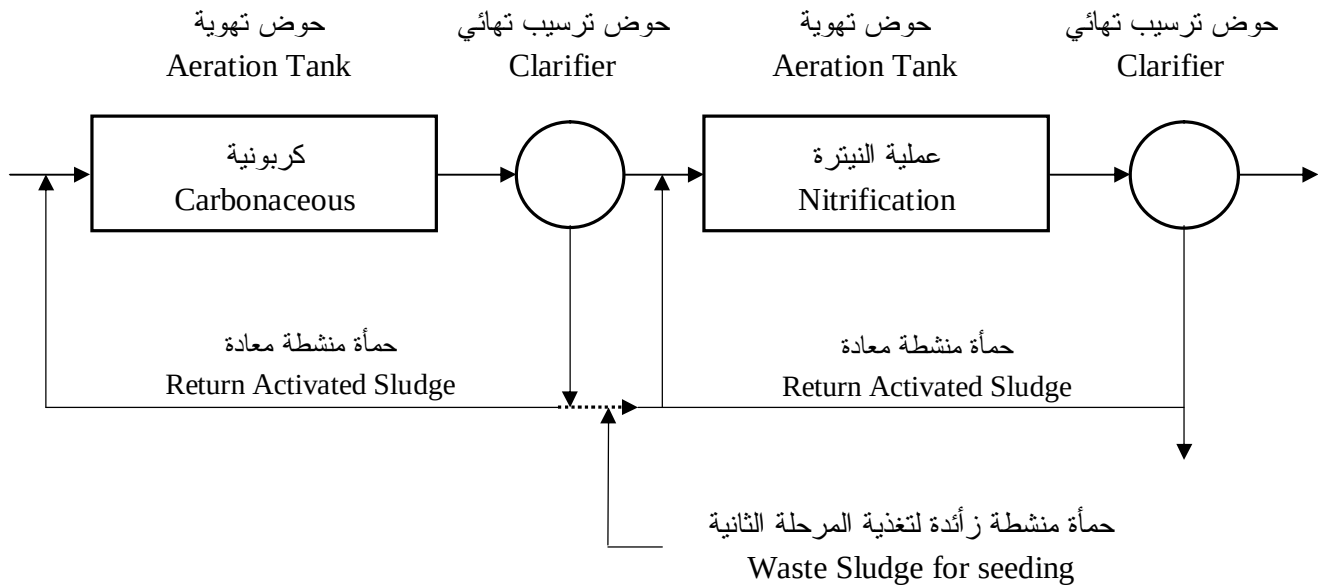
تطبيقات عملية النيترة (تثبيت النيتروجين)

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 الحماة 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 عالي النقاوة كما هو موضح بالشكل رقم (٥-٦).

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



شكل رقم (٥-٦)

نيترة ثنائية المرحلة (مرحلتين كربونية - نيتروجينية)

عملية عكس النيترة هي ثاني مرحلة من مراحل إزالة النيتروجين بيولوجياً والتي تشمل كلاً من النيترة وعكس النيترة.

عكس النيترة
De-nitrification

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

وتتم عملية عكس النيترة بيولوجيًا في غياب الأكسجين أو في ظروف نقصه وندرته، ومن أشهر الأنواع البكتيرية التي 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 نهائي، والمركبات الثلاثة الأخيرة هي غازات ومن ثم يسهل التخلص منها بتحررها وانطلاقها إلى الهواء الجوى.

وتوضح المعادلة الآتية سلسلة التفاعلات التي تحدث في عملية عكس النيترة:

نترات β نيتريت β أكسيد النيتريك β أكسيد النيتروز β غاز النيتروجين



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

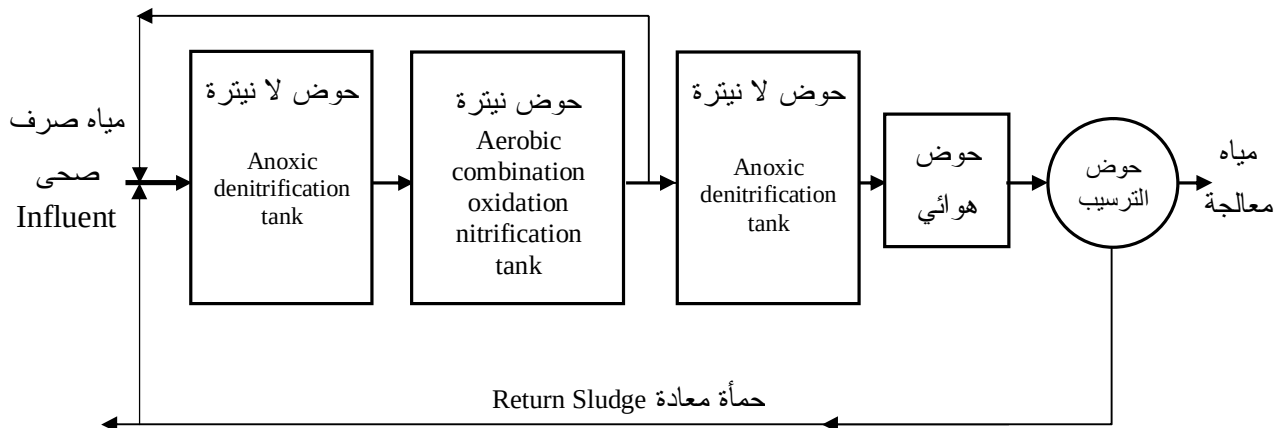
في ظروف غياب الأكسجين فإن أنواع كثيرة من البكتريا غير ذاتية التغذية تستطيع اختزال النترات إلى غاز الأكسجين في وجود معطى (مصدر للالكترونات).

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

وتؤثر الحرارة أيضاً على معدل تحول النترات إلى غاز النيتروجين، كما أنها تؤثر على معدل نمو البكتيريا المسؤولة عن التفاعلات البيولوجية، حيث أن معظم الأنواع البكتيرية حساسة جداً للتغير في درجات الحرارة.

ويفضل في عمليات المعالجة بالحمأة المنشطة أن تتم عملية تثبيت النيتروجين داخل أحواض التهوية لما في ذلك من قدرتها على التخلص من نسبة من المواد العضوية النيتروجينية. ومن المهم جداً تفادي حدوث عملية عكس التأزت في أحواض الترسيب النهائي، فهذه مشكلة، حيث أن أحواض الترسيب النهائي بها نسبة أكسجين ذائب قليلة، فتبدأ الكائنات في الحصول على الأكسجين اللازم لها من تكسير المواد النيتروجينية الناتجة من عملية التأزت مثل النترات وتحولها إلى غاز النيتروجين الذي 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 النهائي، ولهذا قد تنشأ وحدات لإزالة وفصل غاز النيتروجين قبل دخول المياه إلى أحواض الترسيب النهائي، كما هو مبين بالشكل رقم (٥-٧).



شكل (٥ - ٧)

نظام للمعالجة لعمليات عكس النيترة

ويمكن تلخيص العوامل اللازمة لحدوث عملية عكس النيترية:

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

إزالة الفسفور

يعتبر الفسفور أحد المصادر الغذائية للطحالب، والفسفور المتحد مع النيتروجين غير العضوي يشكل ملوثاً خطيراً يهدد المياه المستقبلية، حيث يؤدي إلى النمو المتزايد للطحالب في هذه المياه المستقبلية نتيجة توافر هذين المغذيين فيها.

ويعتبر وجود الطحالب في مياه الصرف الصحي 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 يؤدي إلى قتل الأسماك بالإضافة لباقي الأحياء المائية (Aquatic wildlife) وبإزالة الفسفور من مياه الصرف الصحي المعالجة الخارجة من المحطات سوف تفقد الأنهار أو البحيرات التي تصرف عليها محطات المعالجة مغذي من مغذيات نمو الطحالب فاختزال مغذي من هذه المغذيات سوف يقلل من نمو الطحالب.

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

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

إزالة الفوسفور

بيولوجيًا

Biological Removal
of Phosphorous

يوجد الفوسفور في مياه الصرف الصحي غالبًا على هيئة ثلاث صور وهي:

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

ويمثل عنصرى الفوسفات والفوسفور العضوى حوالى ٧٠% من كمية الفوسفور الموجودة فى مياه المجارى الخام، وتستهلك الكائنات الحية الدقيقة الفوسفور خلال بناء الخلايا الجديدة ونقل الطاقة ونتيجة لذلك فإن ١٠ إلى ٣٠% من الفوسفور الداخلى 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. وهذا كله يؤدي 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 المسؤولة 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 الطبيعي، والفسفور 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 في وحدات معالجة جانبية لتحرير وإطلاق الفوسفور الزائد.

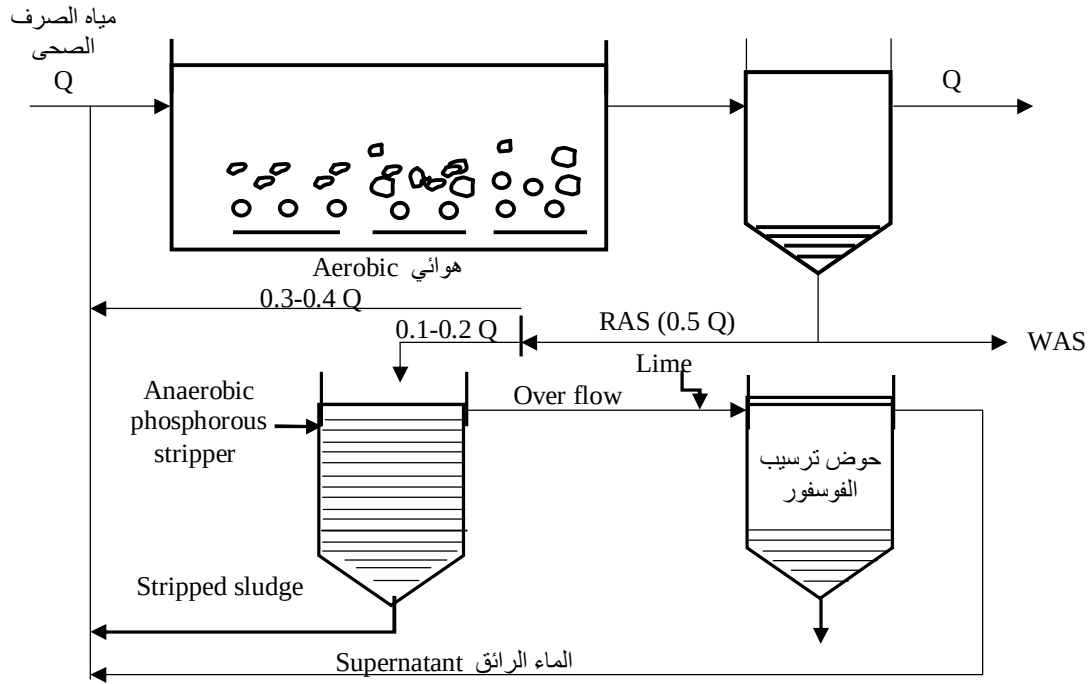
وعملية تحرير وإطلاق الفوسفور تتم في ظروف غياب الأكسجين ومن ثم فإنها تتطلب مفاعلات لاهوائية وهوائية أو مناطق لاهوائية وهوائية موجودة داخل هذه المفاعلات البيولوجية. ويوضح الشكل رقم (٥-٨) طريقتين من طرق إزالة الفوسفور بيولوجيًا، وهما:

١. الطريقة الأولى وتسمى Phostrip process.

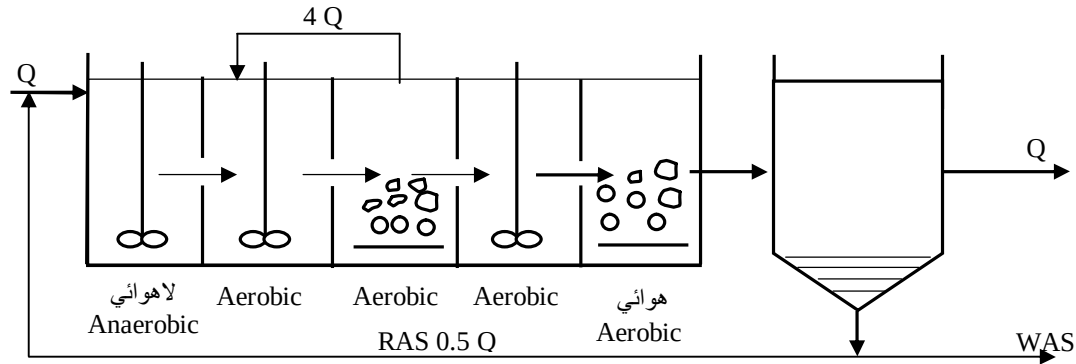
٢. الطريقة الثانية وتسمى عمليات المراحل الخمس Five stage Bardenpho.

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

أما في 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 أي أن هناك نسبة كبيرة من الفوسفور تخرج مع الحمأة المنصرفة وبهذا يتم تخفيض الفوسفور وإزالته من مياه الصرف.



Phostrip Process (أ) الطريقة الأولى



Five-stage Bardenpho (ب) الطريقة الثانية

شكل رقم (٥ - ٨)

طرق إزالة الفوسفور بيولوجيًا

الإزالة الكيماوية

للفوسفور:

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

الترسيب بالجير:

عند إضافة الجير مع مياه الصرف الخارجة من محطة المعالجة بكمية كافية فإنه 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 أخرى وتحويله إلي جير ويعاد استخدامه مرة أخرى.

وبصفة عامة فإن استخدام الجير كمترسب لا يفضل في 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 أيضاً 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 المروك 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 على الحصول على الأكسجين من المركبات الكيميائية الموجودة مثل الكبريتات والنترات والنيترت.

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

جدول رقم (٥ - ١)

نسب إزالة الفوسفور باستخدام المواد الكيميائية

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

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

- الترسيب في المرحلة الابتدائية.
- الترسيب في المرحلة الثانوية.
- الترسيب في السبب النهائي.

أ - الترسيب في المرحلة الابتدائية

وفيه يتم إضافة الكيماويات لمياه الصرف الخام لترسيب الفوسفور في أحواض الترسيب الابتدائي حيث يزال الفوسفور مع الحمأة الابتدائية المزالة، كما بالشكل رقم (٥ - ١٩).

ب - الترسيب في المرحلة الثانوية

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

- المياه الخارجة من أحواض الترسيب الابتدائي.

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

ج- الترسيب في السيب النهائي

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

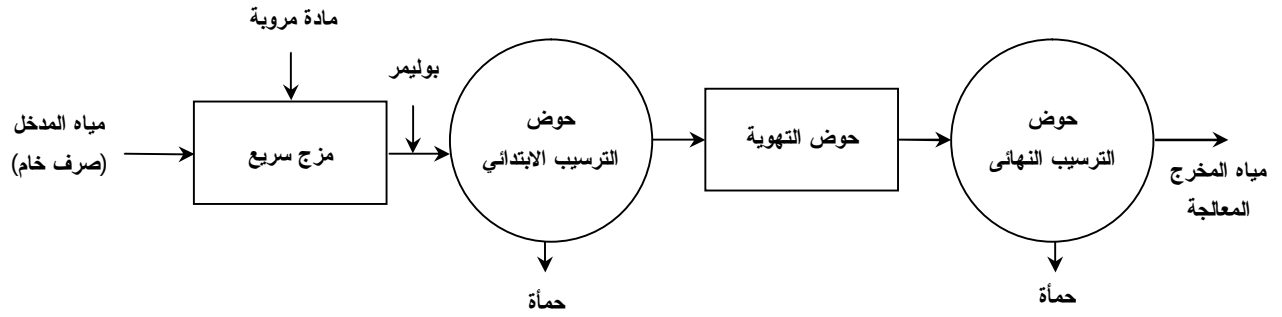
ويوضح الشكل رقم (٥ - ١٠) نموذج تفصيلي لمنظومة إزالة الفوسفور من مياه السيب النهائي.

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

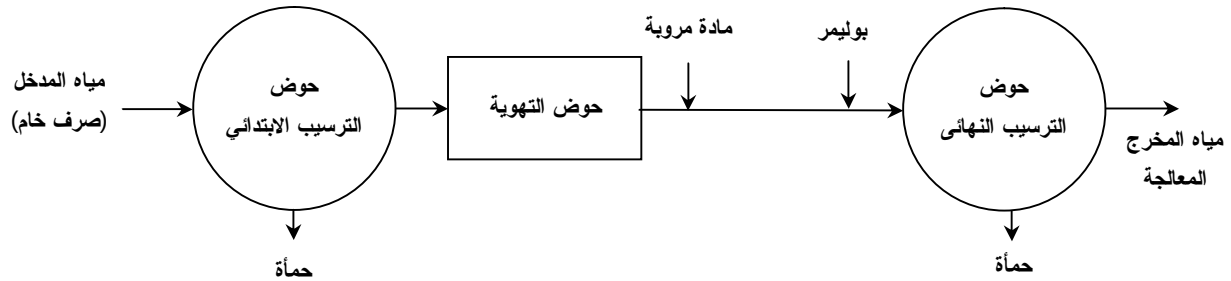
إزالة الفوسفات وعلاقته بالكائنات الخيطية

أى أن معدل استهلاك الفوسفات بواسطة الكائنات الخيطية أكبر منه عن البكتيريا الموجودة في وحدات المعالجة بالحمأة النشطة، ووجد أيضاً أن عنصرى البوتاسيوم والماغنسيوم لهما دور كبير وهام في إنجاح عملية إزالة الفوسفور بيولوجياً.

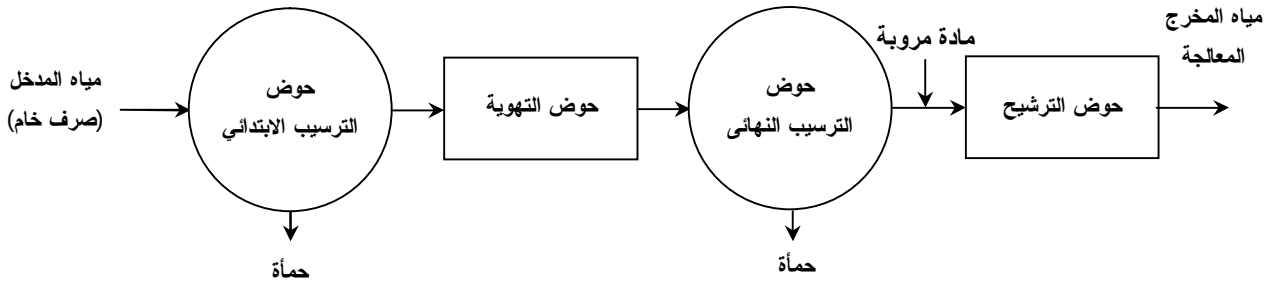
وهناك العديد من الكائنات الحية الدقيقة التي تستطيع تمثيل الفوسفور وإدخاله في المكونات والجزيئات الكبيرة في الخلية، والكائنات الحية الدقيقة لها القدرة على تخزين الفوسفور في صورة عديد الفوسفات على هيئة حبيبات كبيرة والتي قد تمثل من ١٠ إلى ٢٠% من وزن الخلية الجاف.



أ - إزالة الفوسفور في مرحلة المعالجة الأولية



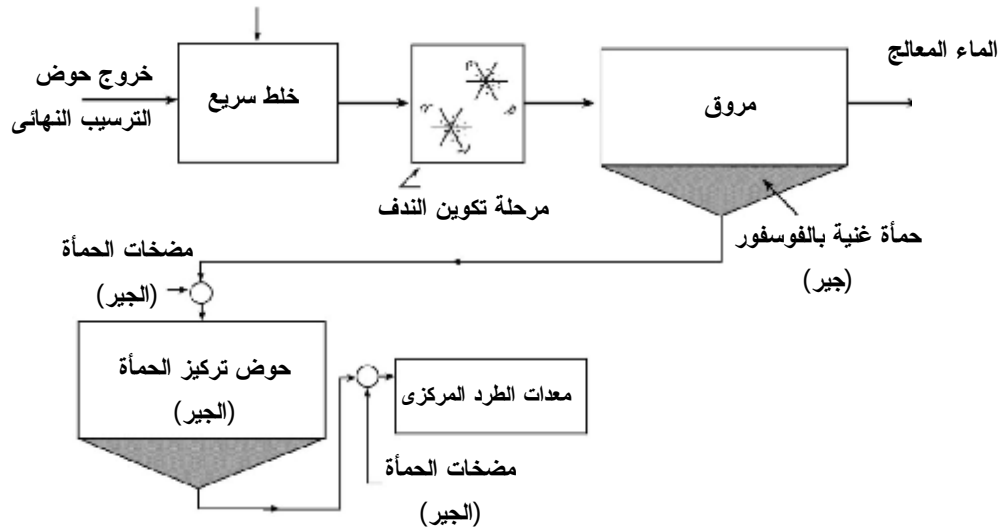
ب - إزالة الفوسفور في مرحلة المعالجة الابتدائية



ج - إزالة الفوسفور في مرحلة المعالجة الثانوية

شكل رقم (٥ - ٩)

أعمال إزالة الفوسفور في مراحل المعالجة المختلفة



شكل رقم (٦ - ١٠)

نموذج تفصيلي لمنظومة إزالة الفوسفور من مياه السيب النهائي

العوامل والظروف التي 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 والتي قد ترد من الصرف الصناعى مثل حمض الأسيتيك.
- أن يكون عمر الحمأة قصيرًا بقدر الأمكان.

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

الهدف من الترشيح تهدف عملية الترشيح إلى إزالة وفصل المواد الصلبة العالقة وغير العضوية وكذلك الجراثيم والشوائب الأخرى التي لم يتم فصلها فى أحواض الترسيب الثانوية وحيث أن كلاً من الفوسفات (PO_4)، والأكسجين الكيمياءى 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 (٥-١١) الأنواع المختلفة للمرشحات المستخدمة فى معالجة مياه الصرف الصحي.

وسوف نتناول بالشرح فيما يلى نوعين من المرشحات هما:

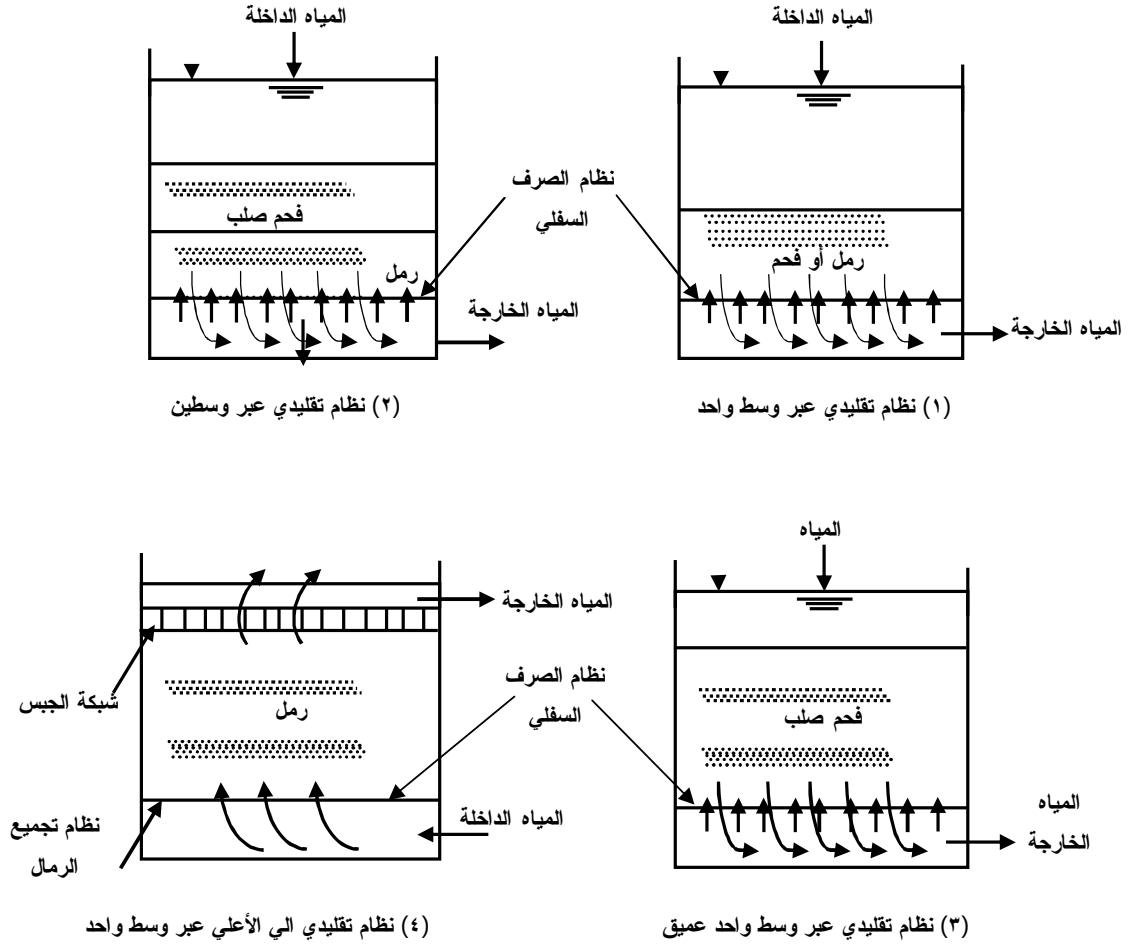
- المرشحات الرملية البطيئة.
- المرشحات الرملية السريعة

المرشحات الرملية البطيئة:

وهى مناسبة لمحطات المعالجة الصغيرة ويبلغ التحميل فيها (٢-٥) م^٣/م^٢ 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^٣/م^٢ يوم وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة حوالى ٧٥%.



شكل رقم (٥ - ١١)

الأنواع المختلفة للمرشحات المستخدمة في معالجة مياه الصرف الصحي

أولاً: المرشحات الرملية البطيئة

في الترشيح الرمل البطيء تستخدم طبقة من الرمال رفيعة والتي تنفذ المياه من خلالها ببطء لأسفل، ونظراً لصغر حجم حبيبات الرمل فإن الفراغات للوسط الترشيحي تكون صغيرة وبالتالي فمرور المياه يكون بصورة بطيئة. والمرشح الرمل البطيء يمكنه حجز كميات كبيرة من المواد العالقة في السطح العلوي للمرشح بسمك من ٠,٥ إلى ٢,٠ سم وهذا يمكن من تنظيف المرشح بكشط الطبقة العلوية من الرمال ونظراً لأن معدل الترشيح يكون قليلاً (٢-٥ م^٣/م^٢/يوم) لبطء مرور الماء فإن الفترات الزمنية بين عمليات النظافة تكون كبيرة وتبلغ عادة عدة شهور.

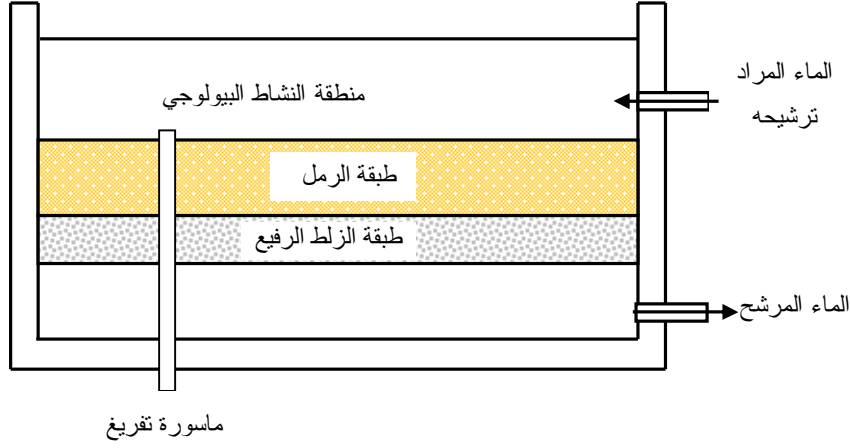
وتحجز الأجسام العالقة كبيرة الحجم والتي لا تمر من خلال الوسط الترشيحي على سطح المرشح وتحتجز على الطبقة العليا للمرشح بما يزيد من كفاءة تنقية المياه بحجز الملوثات ولكن تراكم المواد العالقة وحجزها على سطح المرشح يزيد من مقاومة تدفق المياه لأسفل وبإزالة الملوثات والأجسام الكبيرة المحبوسة على السطح العلوى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

ونظرًا لأن المساحة السطحية لجسيمات الرمل للوسط الترشيحي كبيرة جدًا، والتي 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 في السطح العلوى للوسط الترشيحي ولا يتسرب إلى عمق الوسط الترشيحي سوى المواد العضوية منخفضة الكثافة النوعية والمواد الذائبة.

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

وتبلغ نسبة إزالة المواد الصلبة العالقة فى المرشح الرملى البطيء من (٤٥ - ٧٠) % ويستخدم المرشح الرملى البطيء 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 (٥-١٢) مكونات مرشح رملى بطي.



شكل رقم (٥-١٢)
مكونات مرشح رملي بطيء

مزايا وعيوب 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 في الدول الحارة.

مزايا المرشح البطيء

ذو كفاءة ملحوظة في إزالة مسببات الأمراض مثل البكتيريا والفيروسات والطفيليات.

ثانياً: المرشحات الرملية السريعة

يتكون المرشح الرملي السريع من طبقة من الرمل مدعمة بطبقة من فحم الإنتراسيت أو طبقة من الحصى (الزلط الصغير الحجم). ويتم تشغيل المرشح الرملي السريع بمعدلات ترشيح تتراوح بين ٥-١٢ متر مكعب/ساعة/ متر مربع. ويتم غسل المرشح السريع بالغسيل العكسي بعكس اتجاه التدفق بضغط مناسب لغسل الرمل من الملوثات العالقة به. وعمليات الترشيح بالمرشحات السريعة تبدو أنها أقل كفاءة لإزالة البكتيريا والفيروسات وحويصلات البروتوزوا إلا إذا سبقتها عمليات الترويب والترسيب الكيميائي،

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 %

اتجهت النظم الحديثة فى معالجة مياه الصرف إلى الاستفادة من تكنولوجيا 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.

التناضح العكسى

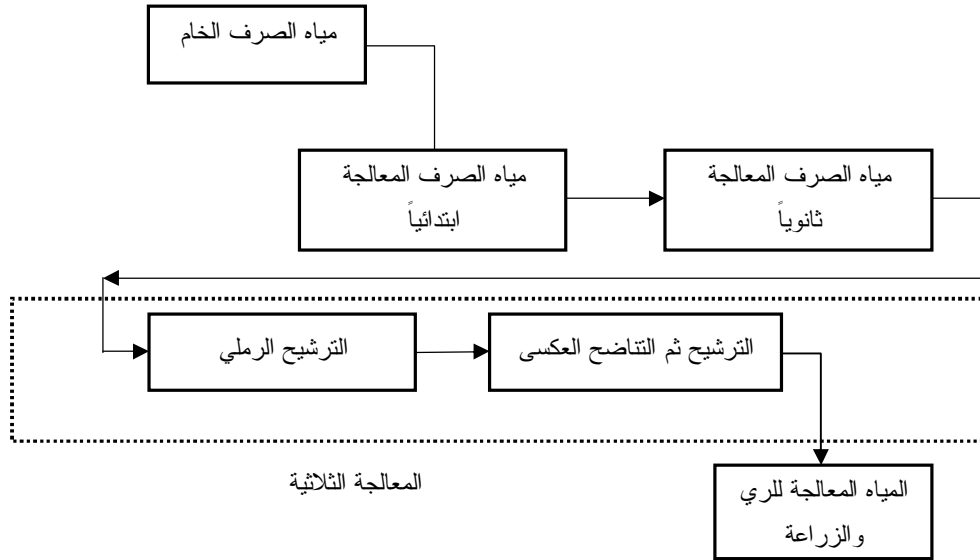
Reverse Osmosis

(RO)

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 (٥-١٣) مخطط لنظام معالجة ثلاثية يتضمن استخدام التناضح العكسي (RO).

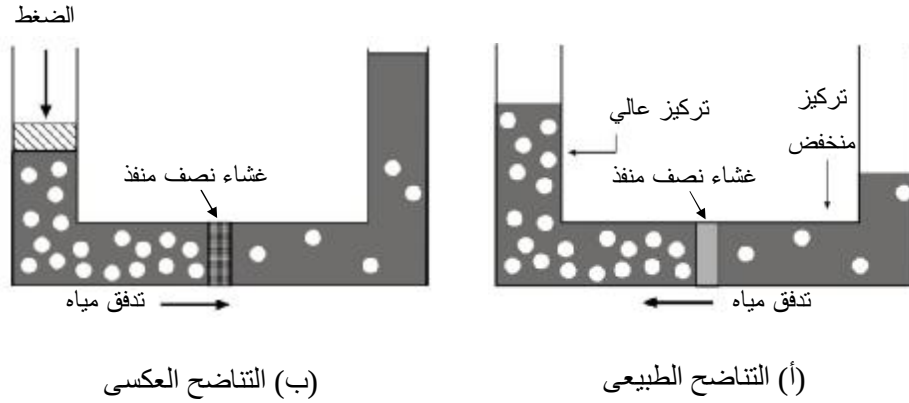


شكل رقم (٥-١٣)

مخطط لعمليات المعالجة الثلاثية بالتناضح العكسي لاستخدامها في الزراعة

والتناضح أو الإسموزية هو عبارة عن انتقال المذيب عبر غشاء شبه مسامي إلى المذاب ويوضح الشكل رقم (٥-١٤ أ) الأسْمُوزِيَّة الطبيعية أو التناضح الطبيعي، وكما هو موضح في الشكل فإن المياه تنتقل من المنطقة ذات التركيز المنخفض للأملح إلى المنطقة ذات التركيز المرتفع عبر الغشاء شبه المنفذ، حتى يتم التوازن بين تركيز الأملاح على جانبي الغشاء.

أما عملية الأسْمُوزِيَّة العكسية فتتم لدفع المياه تحت ضغط مرتفع وبقوة يسمح لها بتخطي الغشاء باتجاه عكسي لما يحدث في الأسْمُوزِيَّة الطبيعية مما يؤدي إلى نفاذ المياه النقية تاركة الأملاح والملوثات الأخرى مثل البكتيريا والفيروسات، وهذا يتضح من خلال الشكل رقم (٥-١٤ ب) الذي يبين فكرة الأسْمُوزِيَّة العكسية.



شكل رقم (٥ - ١٤)
التناضح الطبيعي والعكسي

ويتكون نظام التناضح العكسي 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 الهيدروجيني 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 كافياً 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 تتفد ويتم تحويلها إلى خط الصرف ذات التركيز الملحي العالى، مع العلم أن هناك نسبة قليلة جداً من الأملاح (بعض أملاح الصوديوم والبوتاسيوم) تبقى مع تدفق المياه المنقاة العذبة وذلك لعدم قدرة الأغشية على حجز كافة الأملاح وليس هناك غشاء محكم إحكاماً كاملاً فى طرد الأملاح، مما يعنى عبور النسبة القليلة جداً منها.

ويوضح الجدول رقم (٥-٣) أهم الأملاح التى يمكن لوحداث التناضح العكسى حجزها وإزالتها ومنها مواد قد تتواجد فى بعض أنواع مياه الصرف.

ولرفع كفاءة عملية التناضح العكسى، فإنه يجب الاختيار الجيد للغشاء المناسب طبقاً 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 في ظروف مختلفة.

٨. يجب أن يكون سعر الغشاء مناسب ورخيص واقتصادي.

٩. يجب أن يتغلب الغشاء على مشاكل التآكل والرائحة ويسهل نظافته.

جدول رقم (٥ - ٣)

الأملاح المزالة بواسطة وحدات التناضح العكسي

الأملاح	الوزن الجزيئي	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 الإيثيلي	٤٦	٧٠
الكحول الميثيلي	٣٢	٢٥
الكحول الأيزوبروبيلي	٦٠	٩٠
اليوريا	٦٠	٧٠
حمض اللاكتيك	٩٠	٩٤
الجلوكوز	١٨٠	٩٨
السكروز	٣٤٢	٩٩
المبيدات الكلورينية	-	٩٩

تطبيقات التناضح العكسي على معالجة مياه الصرف الصحي والصناعي

توجد العديد من التطبيقات التي يستخدم فيها التناضح العكسي لإزالة المركبات والأملاح من مياه الصرف الصحي والصناعي، حيث يستخدم في إزالة ملوثات الصرف الصناعي لكثير من الصناعات ذات الملوثات غير التقليدية مثل صناعات طلاء المعادن والطلاء الكهربى وصناعات الورق وغيرها، ويوضح الجدول رقم (٥-٤) التطبيقات المختلفة للتناضح العكسي في إزالة ملوثات الصرف الصحي والصناعي.

جدول رقم (٥ - ٤)

التطبيقات المختلفة للتناضح العكسي في إزالة ملوثات الصرف الصحي والصناعي

المواد والمركبات التي تزال بوحدات التناضح العكسي	التطبيق (مخلفات الصناعة)
أنواع عديدة من الملاح	مياه البحر - مياه الآبار المالحة - وحدات التقطير
مختلف المواد العضوية - المبيدات - مبيدات الأعشاب - المواد العضوية القطبية - الفينولات - الهيدروكربونات الكلورانية - الأمينات	المخلفات العضوية
النكل - الكروم - الألومنيوم - الكاديوم - الذهب - حمض الفسفوريك	الطلاء الكهربى - طلاء المعادن
السائل الأسود - نكزات غسيل المياه والورق - مواد التبييض	مخلفات صناعات ومعالجة الورق واللب
بقايا اللحوم - المواد العضوية - مخلفات عصر الزيتون	مخلفات صناعات ومعالجة المواد الغذائية
بعض النظائر المشعة - مركبات اليورانيوم - نترات اليورانيوم	مخلفات معالجة المواد ذات النشاط الإشعاعي
الألوان الصناعية - المواد العضوية - الأملاح الذائبة	مخلفات الصناعات النسيجية
المواد العضوية - الأملاح الذائبة - الكربون العضوى - المواد المسببة للتلوية - النترات - العناصر الثقيلة	المياه شديدة التلوث
المواد العضوية - الأملاح الذائبة - الكربون العضوى - الفلوئيدات البرازية	مياه الصرف الصحي

الفصل السادس

المعالجة بالكيماويات

الفصل السادس

المعالجة بالكيماويات

أهداف التدريب (التعلم):

بإنتهاء 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. يذكر المواد الكيماوية المختلفة التى يمكن استخدامها لإزالة الرائحة من مياه الصرف الصحى.
٣. يشرح فوائد استخدام الكلور ومركباته فى إزالة الروائح وأهم المعادلات الكيميائية التى تتحكم فى التفاعل.
٤. يذكر مزايا وعيوب استخدام بيروكسيد الهيدروجين فى التحكم فى الرائحة والطرق المحتملة لذلك.
٥. يذكر الفرق بين استخدام غاز الكلور وغاز الاوزون والمزايا والعيوب لكل طريقة.
٦. يشرح كيفية التحكم فى الرقم الهيدروجينى لمنع الرائحة باستخدام هيدروكسيد الصوديوم.
٧. يذكر المواد الأخرى التى تستخدم فى أغراض إزالة الروائح وكذلك استخدام الفحم المنشط.

مقدمة

تعد معالجة مياه الصرف الصحي 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 وتحقيق 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. إزالة المياه من الحمأة (مع التجفيف الميكانيكي)
٤. إزالة 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 إحتدي 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 فهو يعتمد 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 في حالة أنظمة المعالجة البيولوجية وخاصة أن من أبرز عيوب المعالجة باستخدام بعض المواد الكيميائية هو زيادة بعض المواد الذائبة في مياه الصرف الصحي، 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 الكيميائي	عمليات إزالة الفوسفور، وعمليات إسراع إزالة المواد العالقة في وحدات الترسيب الابتدائي.
الادمصاص	إزالة المواد العضوية والتي لم تزال بواسطة طرق المعالجة الكيميائية والبيولوجية التقليدية.
التطهير	قتل الكائنات المسببة للأمراض بوسائل التطهير المتعددة وأشهرها الكلور.
إزالة الكلور	إزالة الكلور الكلي المتبقى بعد عملية التطهير بإضافة الكلور.
التبادل الأيوني	إزالة الأيونات وبعض العناصر غير المرغوب فيها.

استخدام الكيماويات

سوف يتم هنا الاستعراض بالتفصيل لاستخدامات الكيماويات في تحسين عمليات الترسيب، والتطهير، وإزالة المياه من الحماة، 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 إزالتها 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 الحديدك (Ferric Chloride)

- كلوريد الحديدك مع الجير (Ferric Chloride and Lime)

- كبريتات الحديدك 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، والذي زاد الاهتمام بعمليات الترسيب الكيميائى هو الاحتياج إلى إزالة أكبر ما يمكن من تركيزات المواد الصلبة العالقة العضوية والنيتروجين والفوسفور من مياه الصرف الصحي.

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 الصحي فى حالتى الترسيب الطبيعى والترسيب الكيميائى.

الترسيب وعلاقته بقطر المواد القابلة للترسيب

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 ميكرومتر وبالتالي فإنه لابد من استخدام الترسيب الكيميائى لإزالتها، أما المواد الغروية فذات أقطار تتراوح بين ٠.٠٠١ إلى ١ ميكرومتر ويمكن استخدام الترسيب الكيميائى أو الترويب لإزالتها، أما الندف القابلة للترسيب فأقطارها أكبر من ١٠٠ ميكرومتر لهذا فهى تترسب بالجاذبية أى الترسيب العادى.

جدول رقم (٦-٢)

نسبة إزالة بعض الملوثات من مياه الصرف الصحي بالترسيب الطبيعي والكيميائي

نسبة الإزالة %		الملوثات
الترسيب الطبيعي	الترسيب الكيميائي	
٧٠ - ٤٠	٩٠ - ٦٠	المواد الصلبة الكلية العالقة
٤٠ - ٢٥	٧٠ - ٤٠	الأوكسجين الحيوى المستهلك
-	٦٠ - ٣٠	الأوكسجين الكيميائي المستهلك
١٠ - ٥	٩٠ - ٧٠	الفوسفور
٦٠ - ٥٠	٩٠ - ٨٠	الحمل البكتيرى

ويعتمد اختيار المادة الكيميائية المساعدة على الترسيب على أدائها وتكلفتها، ومن هذه المواد المستعملة عادة لمعالجة مياه الصرف الصحي الشبه وكلوريد الحديد، وكبريت الحديد، والكبريت الحديدي والجير.

وتزال المواد الصلبة العالقة بالمعالجة الكيميائية من خلال العمليات المتتابعة وهي:

١. تجهيز المادة المروية

٢. المزج السريع Coagulation

٣. التنديف Flocculation

٤. الترسيب Sedimentation

ففى المرحلة الأولى، تضاف المادة الكيميائية وتمزج مزجاً سريعاً خلال من ٢٠ إلى ٣٠ ثانية، ثم تتدف الجسيمات عبر إحداث تدرجات فى السرعة بطريقة ميكانيكية، ويسلترم التنديف من ١٥ إلى ٣٠ دقيقة فى حوض مجهز بدقة، وأخيراً تصفى المياه بتأثير الجاذبية. والتركيز، بالرغم من فعاليته، ينتج كمية أكبر من الحمأة الأولية التى يصعب تجفيفها ويتسم بالصعوبة وارتفاع كلفة التشغيل.

تطبيق عملية الترسيب الكيميائى

ويستخدم فى الترسيب بعض الكيماويات غير القابلة للذوبان فى الماء مثل مركبات الحديد والألومنيوم والكالسيوم والبولىمر والتي تكون مع المياه ندف هلامية (Floc) تلتصق بالمواد الصلبة العالقة فى المياه ويزداد حجمها ووزنها وتتجمع وتترسب. والكيماويات المستخدمة فى الترسيب غالبًا تحمل شحنة موجبة بينما الأجسام العالقة تحمل شحنة سالبة وعندما يلتصقان يحدث نوع من تعادل الشحنات مما يسهل من عملية ترسيب المواد العالقة فى المياه لزيادة وزنها وحجمها.

المادة المروبة + مزج سريع ← ندف
ندف + مزج ببطء ← ترسيب الندف

يجب على المشغل أن يفرق جيدًا بين عملية الترويب (Coagulation) وعملية التنديف (Flocculation)، فعملية الترويب (التجلط) هى عملية إضافة وخلط المادة الكيماوية (المروبة) لفك استقرار (Destabilize) المواد الصلبة العالقة لتسمح لها أن تلتصق ببعضها البعض مكونة جسيمات أكبر، أما عملية التنديف (تكون الندف) فهى التجمع الحقيقى لهذه الجسيمات الأكبر التى تكونت للمواد الصلبة العالقة وجعلها على شكل ندف مكونة كتل أكثر قابلية للترسيب بسهولة.

١. عملية تجهيز المروبات

يجوز المحلول المروب باستخدام الشبة والماء فى خزانات معينة مجهزة 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 يقل التركيز عن ٢٪.

٢. عملية المزج السريع (الترويب Coagulation)

تتوقف الطريقة المستخدمة فى عملية المزج السريع للمادة المروبة مع المياه على نوع المادة المروبة وتركيز المواد العالقة ومعدل تدفق مياه الصرف

الصحي بالمحطة، والغرض من عملية المزج السريع انتشار المادة المروبة في المياه بأسرع طريقة ممكنة وفي مدة قصيرة تتراوح بين ٢٠ إلى ٦٠ ثانية.

وتتم عملية المزج السريع بأحد الطرق الآتية:

١. الخلط الميكانيكي وفيه يستخدم خلاط ميكانيكي لإتمام عملية المزج بحيث تكون سرعة القلاب (ذراع الخلط) ٣٠٠ إلى ٦٠٠ لفة في الدقيقة.
٢. الخلط باستخدام المضخات وهو لا يتأثر بمعدل التدفق.
٣. إضافة المادة المروبة في مدخل حوض المزج السريع.
٤. الخلط في خط المواسير الداخل إلى الحوض.

وتؤثر العوامل التالية على كفاءة الترويب:

١. تركيز أيون الهيدروجين في المياه.
٢. وجود الأيونات السالبة في المياه.
٣. تركيز المادة المروبة المضافة.
٤. درجة ومعدل خلط المياه مع المادة المروبة.
٥. تركيز المواد العالقة في 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 يلي:

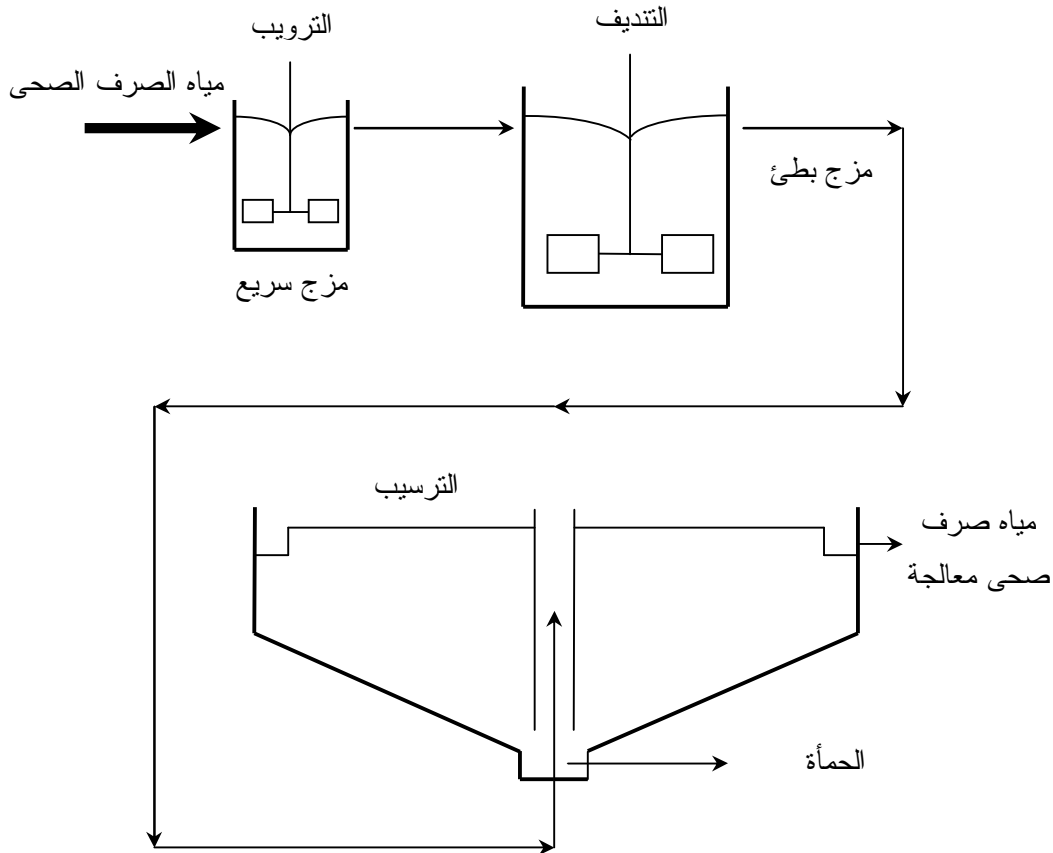
- زيادة نسبة التخلص من المواد العالقة والأوكسجين الحيوى الممتص (BOD) في أحواض الترسيب الابتدائي.
- تحسين أداء أحواض الترسيب النهائية وخاصة في عمليات الحمأة المنشطة وأيضاً من أجل زيادة احتمالات الاصطدام بين حبيبات الترويب وبالتالي زيادة التصاقها ببعض لتكوين مواد صلبة قابلة للترسيب أو للترشيح. وتتم العملية من خلال التحريك المطول للندف لزيادة الحجم والكثافة.

- المعالجة المتقدمة للسيب النهائي الخارج من أحواض الترسيب النهائي، وفي هذه الحالة يمكن إجراء هذه العملية في أحواض منفصلة تراعى أثناء تصميم حوض الترسيب.

٤. الترسيب (Sedimentation)

وهي المرحلة الأخيرة من مراحل الترسيب الكيميائي فبعد تكون الندف الهلامية في المياه (Flocs) تلتصق هذه الندف بالمواد الصلبة العالقة في المياه ويزداد حجمها ووزنها وتتجمع وترسب ممتزة على سطحها الجسيمات العالقة الدقيقة.

ويوضح الشكل رقم (٦ - ١) مخطط لمحطة معالجة مياه الصرف الصحي يبين عمليات الترويب شاملة عمليات المزج البطيء والسريع والترسيب.



شكل (٦ - ١)

مخطط لتوضيح عملية الترسيب الكيميائي

دور الترسيب الكيميائي لتحسين أداء محطات مياه الصرف الصحي

يمكن من خلال تطبيق الترسيب الكيميائي الحصول على صرف ذي درجة عالية من النقاء وخال إلى حد كبير من المواد العالقة والغروية.

والكيماويات المضافة لمياه الصرف تتفاعل مع مواد موجودة أصلاً وطبيعياً في 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 في الترسيب الكيميائي

المادة الكيميائية	الرمز الكيميائي	الوزن الجزيئي
كبريتات الألومنيوم (الشبة)	Aluminum Sulfate (alum) $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$	٦٦٦.٧
كبريتات الحديدوز	Ferrous Sulfate, Fe_2 $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	٢٧٨.٠
كبريتات الحديدك	Ferric Sulfate, Fe_2 $(SO_4)_3$	٤٠٠.٠
كلوريد الحديدك	Ferric Chloride, $FeCl_3$	١٦٢.١
هيدروكسيد الكالسيوم "جيرمطفى"	$Ca(OH)_2$	as ٥٦ CaO

ومن خلال الترسيب الكيميائي 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 في مياه الصرف. وفي المقابل يوفر الترسيب الطبيعي 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 تخطط جيداً مع المياه حتى يتم التفاعل الكيميائي وتكون الندف التي تنتقل بدورها إلى أحواض الترسيب حيث تترسب ومعها المواد الصلبة العالقة، كما يجب أن

تتناسب الكيماويات المضافة مع معدلات تدفق مياه الصرف الصحي، 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 (السبب 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 في 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 التي يمكن استخدامها للحد من الروائح وكذلك إزالة الفوسفور:

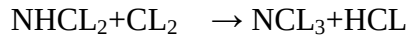
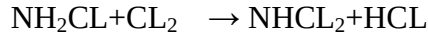
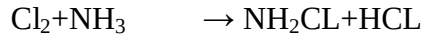
١. إستخدام الكلور

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 الصحي بالمحطات فالكلور ماده فعالة كيميائيا ولذلك فهى تؤكسد كثير من المركبات في مياه الصرف الصحي، فقد تم دراسة التفاعل بين الكلور

وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا في أبحاث كثيرة، ويحدث التفاعل الاتي بين الكلور وكبريتيد الهيدروجين.



كما يحدث التفاعل التالي بين الكلور والأمونيا لتكوين أحادى وثنائى وثلاثى الكلورامين



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 من محاولة أكسدة الرائحة في حال تكونها، هذا يعني أنه يتطلب إضافة الكلور في شبكة تجميع الصرف الصحي، ولا يستخدم الكلور دائماً لإزالة الرائحة في حال تكونها حيث أن تفاعله مع بعض الكيماويات المكونة للرائحة يمكن أن ينتج عنه غازات لها رائحة أيضاً، ومثال ذلك هو تفاعل الكلور مع الفينول ليكون الكلوروفينول ومواد ذات رائحة كريهة.

وقد وجد أن الجرعات العالية من الكلور ومحلول الكبريتيد بتركيز (١٢ ملجم/ لتر كلور الي ١ ملجم/ لتر كبريتيد) سوف تمكننا من التحكم في توليد كبريتيد الهيدروجين في مياه الصرف الصحي (Sewage)، ولا يتم حساب جرعة الكلور على أساس تركيز كبريتيد الهيدروجين H_2S في مياه الصرف الصحي (Sewer Atmosphere) ولكن يمكن إستخدام الطرق القياسية وتحديد الكلور المستهلك خلال وقت تلامس يقدر بخمس دقائق، 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 التي تحدث معه مثل التفاعلات مع الكلور.

٢. استخدام ثاني أكسيد الكلور "ClO₂"

ويستخدم في عملية الكلورة لمنع تكون مركبات التراي هالوميثان ويستخدم لتوليد جهاز يتم تجهيزه في المكان المطلوب إضافة الكلور فيه للتعقيم وفي نفس الوقت المطلوب فيه للمعالجة، كما يستخدم في حالات التعامل مع الملوثات الصناعية وخاصة عندما يسبب الكلور مشاكل في التفاعلات الجانبية.

ويتحدد مكان الحقن عند دخول المحطة بعد الترسيب، وتستهمل بجرعات مناسبة للتحكم في الرائحة وعدم تكوين أيونات الكلوريت والكلورات غير المرغوبة (غير المستحبة).

٣. إضافة بيروكسيد الهيدروجين H₂O₂

منذ عدة سنوات كان بيروكسيد الهيدروجين H₂O₂ يستخدم كمادة مؤكسدة للتحكم في الرائحة، وهو بثلاثة طرق مختلفة وهي:

• 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 على المحافظة على منظومة البكتريا الهوائية بالمعالجة البيولوجية.

• التأثير القاتل للبكتريا المختزلة للكبريتات

يعمل بيروكسيد الهيدروجين على قتل البكتريا المسببة للرائحة دون التأثير علي النشاط البيولوجي وعندئذ يتوقف توليد الرائحة، ففي هذه الحالة يحتاج الي إضافة جرعة عالية من البيروكسيد ربما تكون غير مجدية اقتصاديا.

• مميزات استخدام البيروكسيد

- فعال كمادة مؤكسدة
- المقدرة على وقف (تنشيط) نشاط الميكروبات المختزلة للكبريتات
- التقليل من تكوين السموم نتيجة التفاعلات (Toxic by- Product).

• عيوب استخدام البيروكسيد

- عدم قدرته 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 استخدامه 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 تهيجاً في الأنف والحنجرة عند تركيز ١ جزء في المليون.
- تكلفة إنتاجه وصيانة الأجهزة مرتفعة.

٥. استخدام الكرومات Chromate

يمكن أن تعيق أيونات اختزال الكبريتات إلى كبريتيد وهذه الطريقة تتسبب في 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 أو المنتجة بفعل الإنسان ويؤكسد أيضا الحديد والمنجنيز ومركبات الكبريتيد ويستخدم مع عمليات التهوية للتحكم في الرائحة والنتاج النهائي هو أكسيد الحديد والمنجنيز غير الذائب والذي يمكن إزالته بالترسيب وذلك قبل عمليات الترشيح.

٧. التحكم في الرقم الهيدروجيني (pH) لمنع الرائحة باستخدام هيدروكسيد**الصوديوم**

إن زيادة الرقم الهيدروجيني 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 تكوين الكبريتيدات المسؤولة عن الرائحة.

ولذلك فإن الكبريتيدات التي قد توجد على شكل أيون الكبريتيد أو أيون الكبريت التي تتكون (عندم يرتفع الرقم الهيدروجيني فوق ١١)، سوف ينتج عنها تكون غازات كغاز كبريتيد الهيدروجين حيث يمكن التخلص منه عند قيم منخفضة من الرقم الهيدروجيني، ويمكن أن تضاف جرعة فعالة من هيدروكسيد الصوديوم في مدة قصيرة لتحويل الكبريتيدات إلى أيونات لتصل بالرقم الهيدروجيني إلى أكثر من ١٢ وتكون فعالة في التحكم في الكبريتيد المتولد في مدة قد تصل لشهر أو أكثر اعتماداً على درجة الحرارة وحالة مياه الصرف.

وعند الوصول إلى الرقم الهيدروجيني ١٣ يكون أيونا (S^{2-}) & (HS^{-}) متساويين في التركيز ولا يوجد عندئذ كبريتيد هيدروجين متكون، ويجب الحذر من تحديد طول مدة الجرعة لأنها سوف تؤثر على النظام البيولوجي في محطة المعالجة.

٨. استخدام الفحم المنشط بطريقة الإمتزاز (Adsorption)

يستخدم الفحم المنشط للتخلص من المواد العضوية المسببة للرائحة وهو ليس مادة سامة عند استخدامها على المدى البعيد في المعالجة، ويمكن وضعه عند أي نقطة من نقط المعالجة قبل الترشيح وتتراوح الجرعة من ١٥-١ مللجم لكل لتر.

ويستخدم لها أجهزة حقن خاصة من أحواض يمزج فيها الفحم والماء مع استمرار التقليب بصفة مستمرة عند إضافة الجرعة لمنع التكتل وذلك في حالة استخدام الفحم البودرة ويمكن حساب جرعات الفحم مثل 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 الفراغات 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

المساحة السطحية متر مربع/ جرام	مصدر الكربون المنشط
١٢٠٠ - ١٤٠٠	فحم البيتومين
٨٠٠ - ١٠٠٠	فحم البيتومين
١١٠٠ - ١١٥٠	فحم جوز الهند
٥٥٠ - ٦٥٠	فحم مخلفات الورق
١٠٥٠ - ١١٠٠	فحم مخلفات الورق
٧٠٠ - ١٤٠٠	فحم الخشب

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 الحبيبي (ذو الحبيبات Granular Activated Carbon) والكربون المنشط البودرة (المسحوق Powdered Activated Carbon).

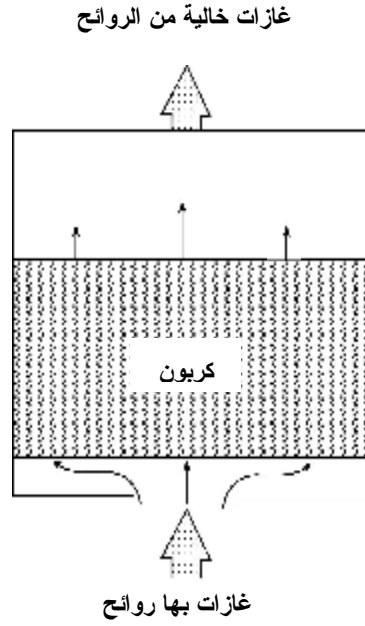
ويختلف النوعين عن بعضهما من حيث حجم الدقائق الكربونية وقدرة وسعة الامتزاز، فالكربون المنشط البودرة دقائقه الكربونية لها قطر أقل من فتحات المنخل رقم (٢٠٠)^١، بينما الكربون الحبيبي تبلغ دقائقه قطر أكبر من ٠.١ ملليمتر.

وتقوم بعض الشركات التي تستخدم هذه الطريقة بإعادة تنشيط الكربون المستخدم في مصانعها وهي عملية مكلفة إذا كانت كمية المياه قليلة،

^١ هو أحد المناخل القياسية لتحديد التدرج الحبيبي طبقاً للمواصفات البريطانية (BS 410:1762) والأمريكية (ASTM E-1961) والذي 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 على 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 في خزان التلامس لبعض الوقت، حيث يترسب المسحوق في القاع ويزال. ويمكن إزالة مسحوق الكربون بسهولة أكبر بالترشيح عبر المرشحات الرملية.

وفي نظم أخرى للمعالجة قد يضاف الكربون المنشط المسحوق (البودرة) في نظم المعالجة بالحماة المنشطة بجرعة ١٠ - ٥٠ جرام لكل متر مكعب وهذا يحقق هدفين:

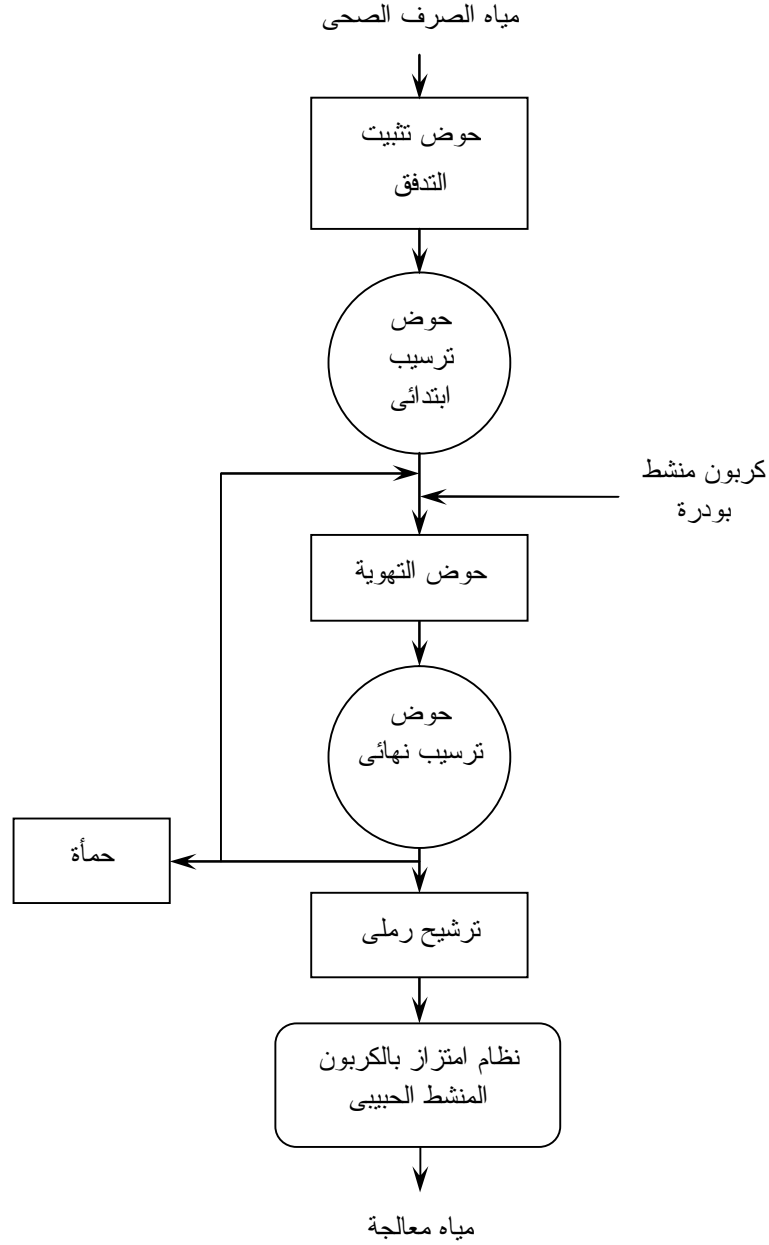
- الأول: تقليل كمية الملوثات العضوية غير القابلة للتحلل بيولوجيًا بالإضافة إلى امتزاز العناصر التي تكون ذات سمية للكائنات الدقيقة الحية.
- الثاني: اختزال كميات الحماة المنتجة وتحسين عملية الترسيب التالية في أحواض الترسيب النهائي.

ومن الجدير بالذكر أن استخدام الكربون المنشط في 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 التي 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 (الجوسمين / 2-mib) حيث أن تفاعل الأوزون وحده لا يكون كاملاً للقضاء على هذه المواد المسببة للرائحة كما أن هذه العملية فعالة أيضاً في إزالة كثير من المواد العضوية الملوثة للمياه، وتستخدم هذه الطريقة أحياناً قبل عملية الترشيح.



شكل رقم (٦ - ٣)

مخطط لأحد محطات معالجة مياه الصرف الصحي 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 معملي ويتكون جهاز من قاعدة مضاءة معلق عليها أذرع للخلط عددها غالباً ستة أذرع والأذرع متصلة بعامود إدارة وإدارة محرك تشغيل واحد، والأذرع متصلة بقلابات لعمل خلط للماء مع المادة المروبة والجهاز مزود بعدة ساعات حيث تتغير السرعات بعدد اللفات في الدقيقة وذلك لمحاكاة عملية الخلط السريع وعملية الخلط البطيء والترسيب التي تحدث عملياً في أحواض الترسيب. وأذرع الخلط هذه تدور داخل الكؤوس للخلط شفافة سعة ١ لتر لكل كأس ويوضح الشكل (٦ - ٤) جهاز اختبار الكأس.



شكل رقم (٦ - ٤)

صورة لجهاز تقدير الجرعة المروبة (Jar Test)

خطوات التجربة

١. تحضير عينات ماء الصرف المراد اختبارها وتوضع في 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 أيضاً أن من أشهر أمثلة هذه العمليات الكيميائية الترسيب الكيميائى، والادمصا، 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).

الفصل السابع

التطهير بالكلور

أهداف التدريب (التعلم):

:

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

.

(Pathogens)

(Pathogens)

.

.(-)



(-)

(Disinfection)

(Pathogens)

(Sterilization)

_____ . _____

- (-)

:

(-)

.

:

*

*

*

*

.

(Pathogens)

(Ultraviolet)

.

()

.

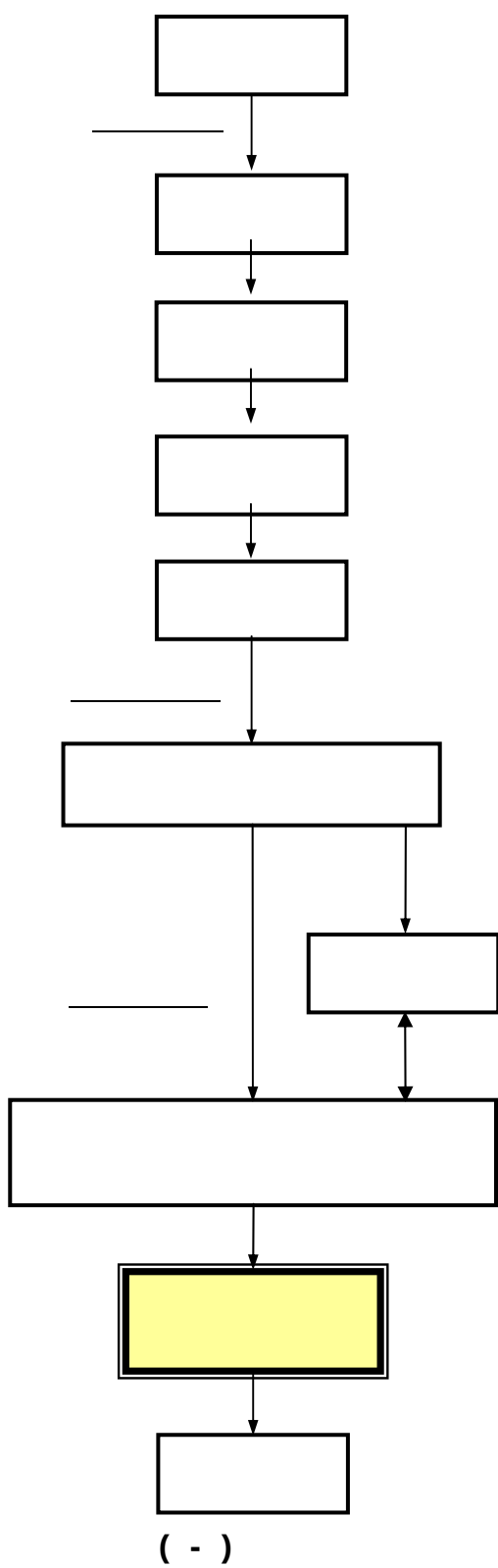
(Reverse Osmosis)

.

-

(-)

:



—

(-)

:

•

•

• / ,

□
□

•

■ ■ ■

•

•

$$/ \quad , \quad = \quad ,$$

■

□
□

• % -

■

■

□
□

□
□

)

(Ozone O₃)

(

.

.

(Pathogens)

.

.

-

(-)

:

.

.

()

.

.

.

(° / . ° / .)

.

.

(° , -)
(/)

- (-)

:

.

-

-

.

⋮
⋮

,

.

%

.

.

-

(-)

⋮

-) $\frac{\vdots}{\text{—}}$

(

.

:

NaOCl $\left(\frac{\vdots}{\text{—}} \right)^{-}$

%

.

$\left(\frac{\vdots}{\text{—}} \right)^{-}$

CaCl₂Ca(OH)₂)

(Ca(OCl)₂Ca(OH)₂

. %

:

.

- (-)

:

$$= \frac{(\text{ } - \text{ })}{\text{ } } \times 100\%$$

“Residual

Chlorine”

“Disinfection”

:

/

(-)

:

-

.

.

.

-

.

.

(BOD) -

.

.

-

()

.

.

/

-

(-)

:

∴

/

. /

∴

$$/ = \frac{/ \times /}{\%} =$$

%

.

$$\times =$$

∴

(%)

. /

$$/ , = \frac{\times}{\%} = (\%)$$

.

$$- =$$

∴

/ ,

∴

$$= = \frac{-}{\times /} , =$$

$$- (-)$$

:

$$= \quad - \quad = \quad \therefore$$

$$\cdot \quad \cdot \cdot$$

.

$$\cdot \quad + \quad =$$

(Total Chlorine) : _____ -

.

.

(Free Chlorine) : _____ -

.

.

$$- \quad (\quad - \quad)$$

:

:

-

(pH)

.()

()

-

.

o

-

.

-

.(Contact time)

.

-

.

-

(Organic matters)

()

+

=

-

(-)

:

(Inorganic matters)

(NH₃)

.(Chemical Demands)

.(°) °

(-)

:

-) .

(

. (-)

()

()

.

.

"

"

.

.

-

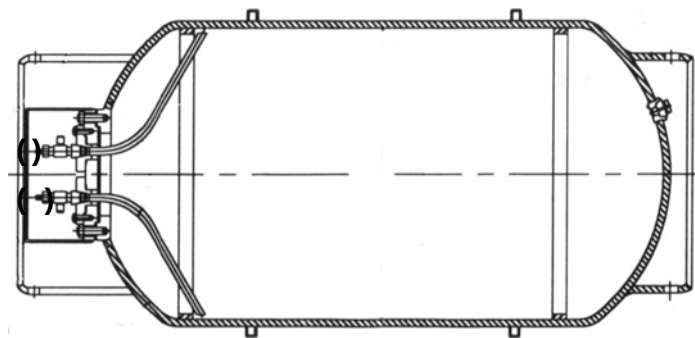
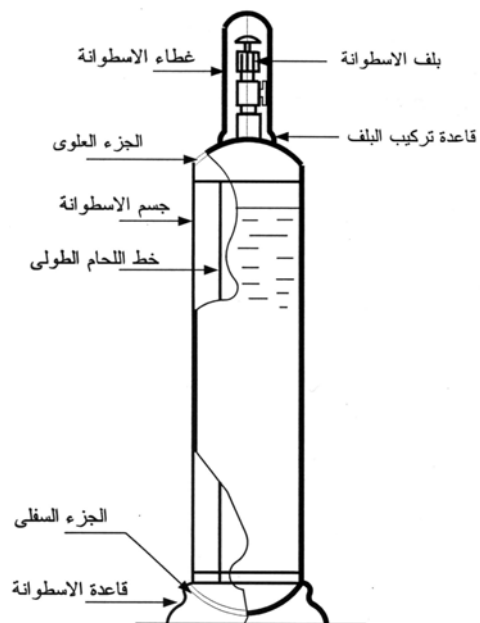
(-)

:

:

-
-
-

(-) (-)



(-)

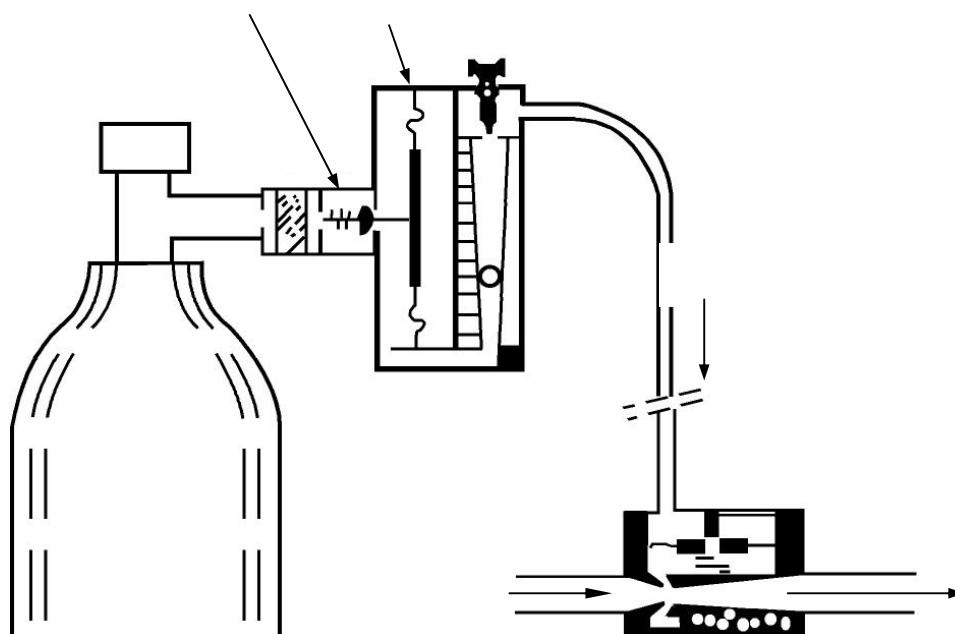
-

(-)

:



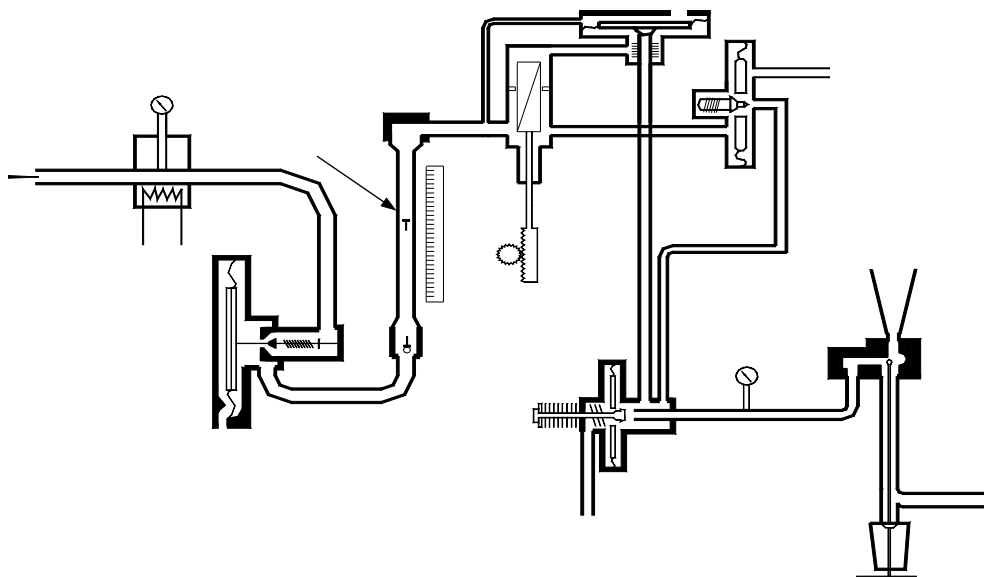
(-)



(-)

(-)

:



(-)

. / ,

.

-

(-)

:

-

.

:

.%

.

()

.

.

()

.

.

()

.

.

()

.

.

.

.

.

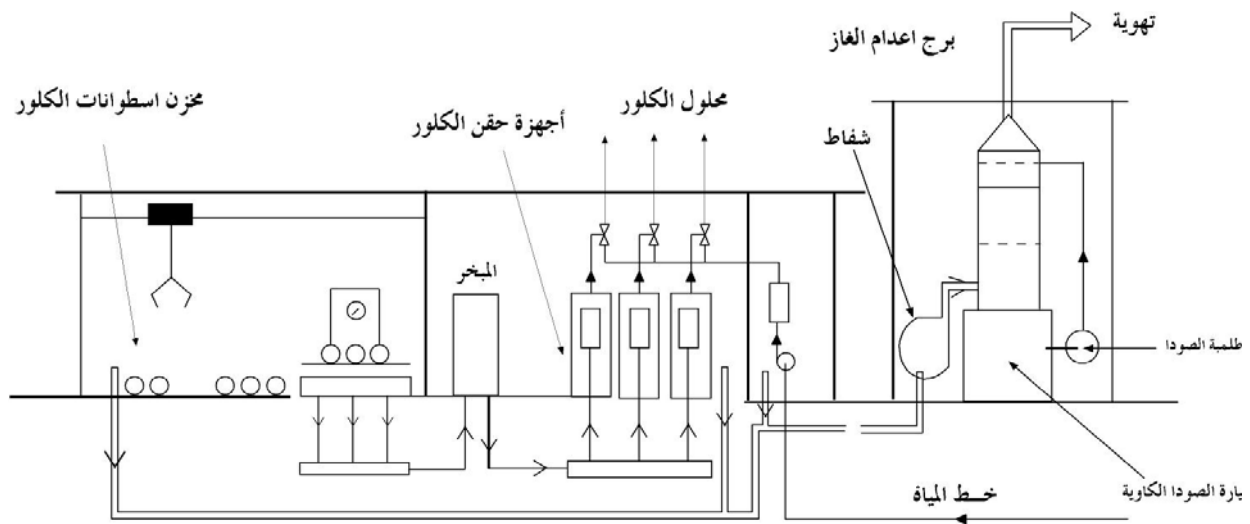
-

(-)

:

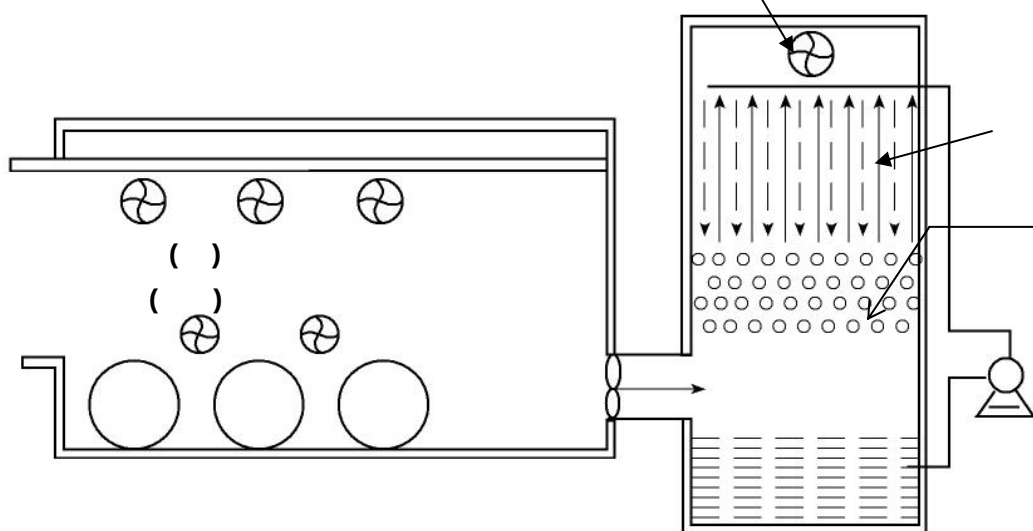
(-)

(-)



()

()



()

(-)

(-)

:

.

-

(-)

:

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 دواعي إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.
٢. يشرح ثلاث طرق مختلفة للتخلص الآمن من مياه الصرف الصحي المعالج.
٣. يذكر الاحتمالات السلبية التي تزيد تردد البعض من استخدام طريقة التخلص من الماء المعالج بالتخفيف.
٤. يحدد العوامل الهامة التي يجب رداستها عند التخلص من مياه الصرف المعالجة بطريقة الحقن.
٥. يذكر مواصفات ومعايير المياه الملوثة وأهم الملوثات المحتمل تواجدها في شبكات الصرف الصحي.
٦. يحدد الاستخدامات المختلفة التي يمكن استعمال مياه الصرف المعالجة بها.
٧. يذكر الجوانب البيئية والجوانب السلبية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي في 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 الصحي بالحقن.

مقدمة

إن الاحتياج للماء في زيادة مستمرة، وفي كل عام يزداد عدد سكان العالم، كما أن أعداد المصانع تتزايد وتزداد حاجتها إلى الماء، وكما هو معلوم لأن المياه العذبة تبلغ نسبتها ٣% فقط من مياه الكرة الأرضية. وبحلول عام ٢٠٠٠ م تضاعف احتياج العالم للماء العذب عما كان عليه في ثمانينيات القرن العشرين، ولكن ستبقى هناك كميات كافية منه تلبي احتياجات البشر. وتصرف المدن والمصانع مخلفاتها في البحيرات والأنهار، وهي بذلك تلوث المياه، ثم يعود الناس بعد ذلك للبحث عن مصادر جديدة للماء. وقد يحدث نقص في الماء حينما لا تستثمر بعض المدن مصادرها المائية على الوجه الأمثل، فقد تمتلك كميات كبيرة من المياه ولكنها تفتقد خزانات المياه الكافية وشبكات توزيع المياه التي تفي باحتياجات الناس. وكلما ازداد احتياجنا للمياه وجبت علينا الاستفادة أكثر من مصادره المتاحة.

وهنا دعت الحاجة العلماء إلى البحث عن طرق وتقنيات حديثة لتنقية ومعالجة المياه من أجل توفير المياه النقية لشرب واستعمال الإنسان على الأرض، فالتلوث مرتبط بزيادة النشاط الصناعي والتجاري، فكلما زاد نشاط الإنسان الصناعي والتجاري زادت معه فرص تلوث المصادر المائية بالملوثات المختلفة ومن ثم زادت الحاجة إلى طرق غير تقليدية لمعالجة الماء من الملوثات الجديدة التي يصعب معالجتها بالطرق التقليدية، ومن هنا ظهرت تكنولوجيات جديدة وطرق حديثة مبتكرة لمعالجة الماء.

وتعد مياه الصرف الصحي أحد أنواع المياه الملوثة الناتجة عن أنشطة الإنسان المختلفة واستعمالاته المتعددة للماء في كثير من الأغراض. إذ تحمل مياه الصرف الكثير من الملوثات المختلفة عن النشاطات الإنسانية. والتي يتخلص منها الإنسان من خلال شبكات مياه الصرف كوسيلة سهلة وسريعة للتخلص من الفضلات، وهذه الملوثات الموجودة في مياه الصرف يجب التعامل معها بحرص من أجل سلامة البيئة وصحة الإنسان وسلامة الكائنات الموجودة معه في بيئته.

وترتبط مياه الصرف ارتباطاً وثيقاً بتلوث المياه والتربة، ولهذا فإنه من الضروري والحتمي معالجة مخلفات مياه الصرف والمخلفات السائلة عموماً معالجة متكاملة، حتى لا تصل تلك المخلفات إلى مصادر المياه سواء استخدمت هذه المياه في أغراض منزلية أو ترفيهية أو في الزراعة.

ويجب أن تكون عملية معالجة مياه الصرف الصحي والتخلص من المياه المعالجة والاستفادة منها عملية منظمة تراعي فيها جميع الظروف البيئية والاجتماعية والإنسانية، وتعد معالجة مياه الصرف الصحي 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 على 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 التي 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 في المسطحات المائية (الترع، المصارف، الأنهار، البحار، المحيطات، البحيرات).

ثانياً - الحقن في باطن التربة.

ثالثاً - 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 مالحه 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 اللاهوائى 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 كيميائية سامة وضارة بالكائنات الحية فى النهر أو البحيرة (نتيجة احتوائها على مياه الصرف الصناعى).
- د - احتواء المخلفات السائلة على بكتريا ضارة ومسببة للأمراض إذا لم يتم التطهير الكافى 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 السيّب 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 السيّب النهائى المطلوب صرفه مطابق للاشتراطات المطلوبة طبقاً 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.

ج- 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، وبناءً 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 وتم 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 نظراً 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 متراً داخل البحر أو المحيط مع مراعاة أن تكون نهاية الماسورة على عمق كبير مناسب لا يقل عن ١٦ متراً.
- 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 عالياً، بحيث تصرف المياه من أحواض التخزين هذه فى فترة الجزر.
- هـ- يجب أن تمر المخلفات السائلة خلال مصافى لحجز المواد الطافية ومنعها من الوصول إلى المصب تقادياً لوجود المواد الطافية على سطح البحر بشكل يؤدى النظر.
- و- استعمال طلبات الضخ السائلة فى ماسورة المصب إذا كانت مناسبة محطة المعالجة منخفضة عن منسوب ماء البحر أو بعيدة مسافة لا

تسمح بوصول المياه إلى نهاية المصبب بالميل الطبيعي.

ز - ضرورة تطهير مياه الصرف الصحي المعالجة قبل صبها إلى المياه.

ثانياً: التخلص بالحقن (الشحن الصناعي)

تستخدم هذه الطريقة عندما تتواجد طبقات رملية على أعماق بسيطة وبسمك كبير وذات نفاذية عالية، وعند عدم استخدام المياه الجوفية في الري أو الشرب، وكذلك عندما تكون المنطقة بعيدة عن مناطق استغلال الخزان الجوفي. كل هذه الظروف تشير إلى أن هذه الطبقات يمكن أن تستقبل مياهها من عمليات الشحن الصناعي، غير أنه توجد عدة عوامل هامة يجب دراستها بالتفصيل وهي:

- أ - الشحن الصناعي بالآبار.
- ب - وجود ضغوط بيزومترية للمياه الجوفية داخل هذه الطبقات.
- ج - المشاكل الفنية التي تحدث في التربة نتيجة لشحن مياه بها مواد عالقة والطرق الفنية للتغلب عليها.
- د - مواصفات مياه الصرف الصحي المعالجة من الناحية الطبيعية والبيولوجية.
- هـ - مدى انتشار التلوث للمياه الجوفية على المدى البعيد.
- و - تكاليف تنفيذ مشروع الشحن الصناعي سواء في الطبقة العليا أو الطبقة العميقة وعمل مقارنة اقتصادية بينهما.

والشحن الصناعي بالآبار هو عملية عكس عملية الضخ من الآبار، وفي معظم الحالات تقل عمليات الشحن عن مثيلاتها في معدلات الضخ، وبينما تنظف عمليات ضخ الآبار الطبقة الحاملة للمياه فإن عمليات الشحن تؤدي إلى عكس ذلك، ويمكن استخدام العلاقات الرياضية للمياه الجوفية العادية لحساب مقدار الشحن بمعرفة معامل النفاذية والتخزين من تجارب الآبار، كما يدخل في الحساب الهيدروليكي وجود ضغوط عكسية للمياه الجوفية، ويجب مراعاة ذلك عند تصميم طلبات الشحن.

- ويمكن إيجاز أهم أسباب انسداد طبقات التربة نتيجة للشحن الصناعي للسبب النهائي في حالة عدم وجود معالجة كافية فيما يلي:
- حجز المواد العالقة في المياه داخل مسام التربة.
 - فقاعات الهواء في المياه.
 - تكون البكتيريا حول مصافي الآبار.
 - المكونات الكيميائية حول المصافي أو في جزئيات التربة.
 - تمدد الطبقات الطينية.
 - تفاعل المواد العضوية على سطح التربة الطينية.

ثالثاً: الصرف على المسطحات الأرضية

إن المتاح من الموارد المائية العذبة في مصر يبلغ ٥٥,٥ مليار م^٣/سنة بينما تصل الاحتياجات المائية للقطاعات المختلفة بالدولة إلى حوالي ٦٥ مليار م^٣/سنة أي أن هناك عجزاً 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 الصحي في ري بعض المزروعات، أسلوباً تتبعه بعض البلاد الداخلية التي لا تطل على أنهار أو بحار أو محيطات، وهي وسيلة للتخلص من المخلفات السائلة وإعادة استخدامها وهي خام (بعد التصفية) أو بعد المعالجة الابتدائية أو بعد المعالجة التثائية. وفي جميع الأحوال يفضل عدم استخدام مياه الصرف الصحي في الري إلا بعد مرورها بعملية المعالجة الابتدائية على الأقل.

ولا يفضل استعمال هذه الطريقة في 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 التي يمكن للفدان الواحد أن يستوعبها طبقاً لنوع التربة والنباتات، وكذلك طبقاً لمحتويات المخلفات السائلة ودرجة تركيز المواد

العائقة العضوية والغير عضوية بها، وكذلك طبقاً للطريقة المستخدمة فى التطبيق أى طريقة الري ويقدر المقنن المائى للفدان كالاتى:

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 الري 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 الصحي المعالجة على سطح الأرض للري هي:

- ١ - طريقة الري 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 الصحي المعالجة فى أعمال الصرف على الأرض لأغراض ري المزروعات.

١ - طريقة الري 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 في حالات الأراضي 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 رئيسي.
- كذلك يجب عدم غمر الأرض بمياه الصرف الصحي إلا بالمعدلات المسموح بها حيث أن تشبع الأرض بالمياه يمنع انتشار البكتيريا الهوائية في التربة وبالتالي لا يتم تحويل المواد العضوية إلى مواد غير عضوية ثابتة وفي حالة حدوث غمر للأرض بمياه الصرف الصحي فإن ذلك يؤدي 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 الترعى أو الأنهار أو الآبار المنخفضة الملوحة.

٢ - طريقة الترشيح المتقطع:

وهي 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، وفي هذه الحالة لا يفضل زراعة الأرض بآية محاصيل بل يتم زراعة حشائش أو أشجار خشبية تستعمل كمصدات للرياح.

ويفضل تطبيق هذه الطريقة في الأراضي الزراعية الرملية كثيرة المسام، حيث تتسرب المياه إلى داخل الأرض، كما يمكن عمل شبكة من المواسير

بقطر من ٣-٤ بوصة مفتوحة الوصلات في الأراضي العادية كمصارف مغطاة في 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 في مصرف رئيسي.

٣ - طريقة المساطب الترابية:

وفي هذه الحالة تعمل خطوط وخنادق متوازية متقاربة من بعضها لتمر المخلفات السائلة من خلالها وتتنسرب إلى باطن الأرض. وهذه الطريقة لا تتبع كثيرًا لارتفاع تكاليفها.

٤ - استخدام المخلفات السائلة في الري 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 في مصرف رئيسي.

دور مياه الصرف الصحي في تخصيب الأراضي

تختلف الآراء حول قيمة المخلفات السائلة في التخصيب وإمداد النبات باحتياجاته الغذائية، إلا أنه يمكن القول أن المخلفات السائلة الخام تحتوي على حوالي ٢٠ جزء في المليون أزوت منها حوالي ١٠ جزء في المليون أزوت قابل للامتصاص بالنبات، إلا أن المخلفات السائلة المعالجة قد تحتوي على نسبة أقل من ذلك، فالمياه الخارجة من المرشحات العادية مثلاً تحتوي على عشرة أجزاء في المليون أزوتات، ونصف جزء في المليون أزوتيت. كما أن المخلفات السائلة الخام تحتوي على خمسة أجزاء في المليون حامض فوسفوريك وعشرة أجزاء في المليون بوتاسيوم، وهذه النسب للمواد الغذائية الموجودة في المخلفات السائلة بالإضافة إلى نوع النبات واحتياجاته الغذائية توضح القيمة الاقتصادية للمخلفات السائلة كمخصب للأراضي الزراعية.

الاستخدامات غير الزراعية لمياه الصرف الصحي والصناعي 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.

الجوانب البيئية والصحية**١. الجوانب الإيجابية:**

- **إعادة استخدام مياه الصرف الصحي في الزراعة**
- 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 جيداً في انتشار الأمراض وتلوث المياه السطحية والجوفية.
- يمكن أن تتسبب في تراكم النترات في المياه الجوفية التي تسبب مشكلات عديدة - وتترايد 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.

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 الصحي.

القانون رقم ١٢ لسنة ١٩٨٤م بشأن إصدار قانون الري والصرف
تم إصدار هذا القانون بشأن الري والصرف ثم صدر بعد ذلك قرار وزير الري رقم ١٤٧١٧ لسنة ١٩٨٧ الخاص باللائحة التنفيذية لقانون الري 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 الري رقم ١٤٩٠٠ لسنة ١٩٩٥م المادة (٦) الفصل الثاني في ري الأراضي الجديدة

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 لاغى 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 ربيها 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 إجراءاتها.

مادة (٦٨)

يجب أن تبقى مسطحات المياه غير العذبة التي يرخص بصرف المخلفات السائلة المعالجة إليها في حدود المعايير المبينة بالجدول رقم (٧-١).

جدول رقم (٨-١)**حدود المعايير والمواصفات لمسحطات 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 حفاظاً 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 جميع المخلفات السائلة من المساكن والمصانع والمحال العامة والتجارية 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 فى الباب السادس/ ثانيًا الإشتراطات والمعايير الواجب توافرها فى المخلفات السائلة التي يتم صرفها بالري السطحي أو بري الأراضي الزراعية وجدير بالذكر بأن اللائحة التنفيذية للقانون عالياه 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 فى 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 فى شأن صرف المخلفات السائلة

مادة (١٥)

الإشتراطات العامة والمعايير الواجب توافرها فى 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 أنها غير مملوكة للجهات الحكومية المركزية أو المحلية أو المؤسسات العامة.

الفئة الثالثة: وتشمل المخلفات الصناعية وتطبق على الفئات الثلاث الاشتراطات العامة والمعايير الواردة بالجدول التالية: (٣-٨)، (٤-٨)، (٥-٨).

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 طبقاً 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 ابتدائياً أو ثانوياً 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 يلي:

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.

ثانياً: 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 دورياً كل أربعة أشهر على الأقل ويقوم مستخدم هذه المياه بسداد تأمين لحساب تكاليف التحاليل.

ثالثاً: 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.

رابعاً: يجب أن يحمل كل من يعمل بهذه المزارع شهادات صحية سارية المفعول.

خامساً: يحظر جني المحاصيل التي تروى بمياه الصرف الصحي المعالجة إلا بعد إيقاف الري بأسبوعين على الأقل.

سادساً: حظر استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة ابتدائياً أو ثانوياً في ري الأراضي المخصصة لدى الماشية المدرة للألبان والمنتجة للحوم.

سابعاً: يشترط للموافقة على استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة أن تكون مطابقة للمعايير والاشتراطات الواردة في الجداول الآتية أرقام (٨-٢)، (٨-٣)، (٨-٤).

جدول رقم (٨ - ٢)

الحد الأقصى لمعايير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة المسموح بها طبقاً لدرجة المعالجة*

م	البيان	الوحدة	المجموعة الأولى مياه معالجة ابتدائياً	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

* طبقاً لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ في شأن صرف المخلفات السائلة.

جدول (٨ - ٣)

الحد الأقصى لمعايير إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة
المسموح بها للمعادن الثقيلة طبقاً لدرجة المعالجة*

درجة المعالجة/ المعايير المعدن	الوحدة	المجموعة الأولى مياه معالجة ابتدائياً	المجموعة الثانية مياه معالجة ثانوية	المجموعة الثالثة مياه معالجة متقدمة
الكاديوم	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

* طبقاً لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية رقم ٤٤ لسنة ٢٠٠٠ بتعديل اللائحة التنفيذية للقانون رقم ٩٣ لسنة ١٩٦٢ في شأن صرف المخلفات السائلة.

جدول رقم (٨ - ٤)

إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة في الزراعة ودرجة المعالجة ونوع النبات والتربة وطرق الري *

رقم المجموعة	درجة المعالجة	النباتات المسموح بزراعتها	الاحتياجات 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 الصحراوية 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 التي 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

* طبقاً لقرار وزير الإسكان والمرافق والمجمعات 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 وفقاً 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 يوماً 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 وفقاً 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 وفقاً للضوابط الأساسية التالية:

أولاً: نوعية نشاط المنشأة

١ - المنشآت 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 والمواني البحرية ومحطات السكك الحديدية وغيرها.
- ٤ - أية منشأة أخرى 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 تتجاوز 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.
- هـ. القانون رقم ٢٧ لسنة 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 أُلزم طالب الترخيص بأن يرفق بطلبه بياناً مستوفياً عن المنشأة شاملة البيانات التي يتضمنها النموذج الذي يعد جهاز شئون البيئة بالاتفاق مع الجهة الإدارية 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 طبقاً

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 يوماً بحب على جهاز شئون البيئة أن يوافي الجهة الإدارية المختصة أو الجهة المانحة للترخيص برأيه في هذا التقييم خلال مدة أقصاها ٦٠ يوماً من تاريخ استلامه له. وإلا اعتبر عدم الرد موافقة على هذا التقييم.

ج - أثر عدم الرد في ميعاد الستين يوماً هو موافقة من الجهاز اعتبرت المادة العشرون من القانون أن عدم رد الجهة الإدارية في ميعاد الستين يوماً هو موافقة من الجهاز.

هذا الاتجاه غير مرفق لأنه يلزم أن تكون الموافقة صريحة في أمر يتعلق بسلامة وصحة البيئة والمجتمع وليس مفترضاً بمضي ٦٠ يوماً.

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 أفراد تشريعات عقابية مناسبة بعد اكتمال الجوانب الفنية والصحية والاقتصادية لعملية إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة.

قرار نائب رئيس مجلس الوزراء ووزير الزراعة واستصلاح الأراضي رقم ٦٠٣ لسنة ٢٠٠٢ في شأن تقييد استخدام مياه الصرف الصحي في القطاع الزراعي.

مادة أولى:

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.

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 الصحي المعالجة والمسموح بإعادة استخدامها لأغراض الاستغلال الزراعي

٤-١ بموجب هذا الكود يحظر استخدام مياه الصرف الصحي الخام التي لا تجرى عليها عمليات المعالجة بدءاً من المستوى الابتدائي على الأقل في أى تطبيق زراعي.

٤-٢ يصنف هذا الكود مياه الصرف الصحي المعالجة حسب مستوى معالجتها إلى ثلاثة درجات: أ، ب، جـ. وقد تم تحديد هذه الدرجات بناءً على فعالية عمليات المعالجة التي تجرى على مياه الصرف الصحي الخام وصولاً إلى الحدود الدنيا المناظرة لعدد من المعايير الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية والتي سيرد ذكرها تفصيلاً في هذا الفصل.

وقد بنى هذا التصنيف على أساس أن مياه الصرف الصحي الخام قد تم تجميعها من كافة الاستخدامات المنزلية والتجارية والصناعية طبقاً لمتطلبات القانون ٩٣ لسنة ١٩٦٢ ولائحته التنفيذية والقرار الوزاري ٤٤ لسنة ٢٠٠٠، قبل إخضاعها لعمليات المعالجة لتحويلها إلى مياه صرف صحي معالجة.

٤-٣ نوعية المياه المعالجة درجة (أ):

الدرجة (أ) هي درجة المعالجة المتقدمة التي يمكن تحقيقها بتطوير محطات المعالجة الثانوية لمياه الصرف الصحي لتشمل عمليات الترشيح الرملي والتطهير وخلافه ونظراً لارتفاع تكلفة هذه النوعية من المعالجة فإنها تستخدم في حالات خاصة إذا تطلب الأمر ذلك.

٤-٤ نوعية المياه المعالجة درجة (ب)

الدرجة (ب) هي درجة المعالجة الثانوية التي تتناسب مع المحطات

القائمة فى المدن والقرى المصرية والتي تم تنفيذها باستخدام أى من الطرق التالية وفقاً للكود المصرى لأعمال تصميم وتنفيذ محطات معالجة مياه الصرف الصحي:

- 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 (ج):

الدرجة (ج) 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 (٤-٢) المعايير المحددة لنوعيات مياه الصرف الصحي المعالجة المسموح بإعادة استخدامها لأغراض الاستغلال الزراعى.

جدول رقم (٤ - ٢)

المعايير المحددة لنوعيات مياه الصرف الصحي المعالجة والمسموح بإعادة استخدامها لأغراض الاستغلال الزراعي*

الدرجة جـ	الدرجة ب	الدرجة أ	درجة المعالجة	
			المتطلبات والمحددات	
٤٠٠ >	٦٠ >	٢٠ >	الأكسجين الحيوى الممتص، (١) ملليجرام/ لتر	الحد الأقصى للمعايير الفيزيائية والكيميائية للسيب الخارج من محطة المعالجة
٢٥٠ >	٥٠ >	٢٠ >	المواد العالقة، ملليجرام/ لتر	
غير محدد	٥٠٠٠ >	١٠٠٠ >	العدد الاحتمالى (٢) للمجموعة القولونية، فى ١٠٠ سم ^٣	الحد الأقصى للمعايير البيولوجية للسيب الخارج من محطة المعالجة
غير محدد	١ >	١ >	عدد الخلايا أو ببيض النيماتودا المعوية، العدد/ اللتر	

١ - بعد الترشيح

٢ - فى حالة تعذر إجراء تحليل Escherichia Coli test يمكن الاستعاضة عنه بإجراء تحليل Fecal Coliforms

* يعتبر هذا الجدول تعديلاً لاحقاً 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 والمواالح 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:

وفقاً لهذا الكود فقد تم تصنيف النباتات والمحاصيل التى يسمح بريها بمياه الصرف الصحى المعالجة طبقاً لهذا الكود إلى ثلاثة مجموعات زراعية تنقسم بدورها إلى إحدى عشر مجموعة فرعية. وقد تم هذا التقسيم بناءً على مراجعة الظروف المحلية لتناسب إعادة استخدام مياه الصرف الصحى المعالجة بدرجاتها الثلاثة.

ويوضح الجدول رقم (٨-٦) التصنيف المشار إليه.

جدول رقم (٨ - ٦)

تصنيف النباتات والمحاصيل المسموح بريها بمياه الصرف الصحي المعالجة*

درجة المعالجة	المجموعة الزراعية	التوصيف
أ	مج ١-١ النباتات والأشجار التي تزرع بالمسطحات الخضراء بالقرى السياحية والفنادق	النجيل، سانت أوجستين جراس وأنواع الصبار ونخيل الزينة والمتسلقات وشجيرات وأشجار الأسيجة والأشجار الخشبية وأشجار الظل
	مج ٢-١ النباتات والأشجار التي 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 ١-٢ 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 ٣-٢ الأشجار الملائمة لتشجير الطرق السريعة والأحزمة الخضراء حول المدن	الكازورينا والكافور والأثل والدفلة والأشجار المثمرة، نخيل البلح والزيتون
	مج ٤-٢ المشاتل	شتلات الأشجار الخشبية ونباتات الزينة أو أشجار الفاكهة
	مج ٥-٢ الورد وزهور القطف	الورد البلدي - الورد النسرة - مجموعة الأبصال مثل الجلاديولس وعصفور الجنة .. إلخ
	مج ٦-٢ محاصيل الألياف	الكتان والجوت والتيل والسيزال
	مج ٧-٢ التوت لإنتاج حرير القز	التوت الياباني
	مج ١-٣ نباتات إنتاج الزيوت الصناعية	الهوهوبا والخروع والجيتروفا
ج	مج ٢-٣ 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 الصحي المعالجة والتي يتم استخدامها كمصدر لرى النباتات والمحاصيل.

الفصل التاسع

تداول الحمأة

أهداف التدريب (التعلم):

•

•

■

■

■

5

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

■

8

()

()

() .

. () ()

% ,
.%

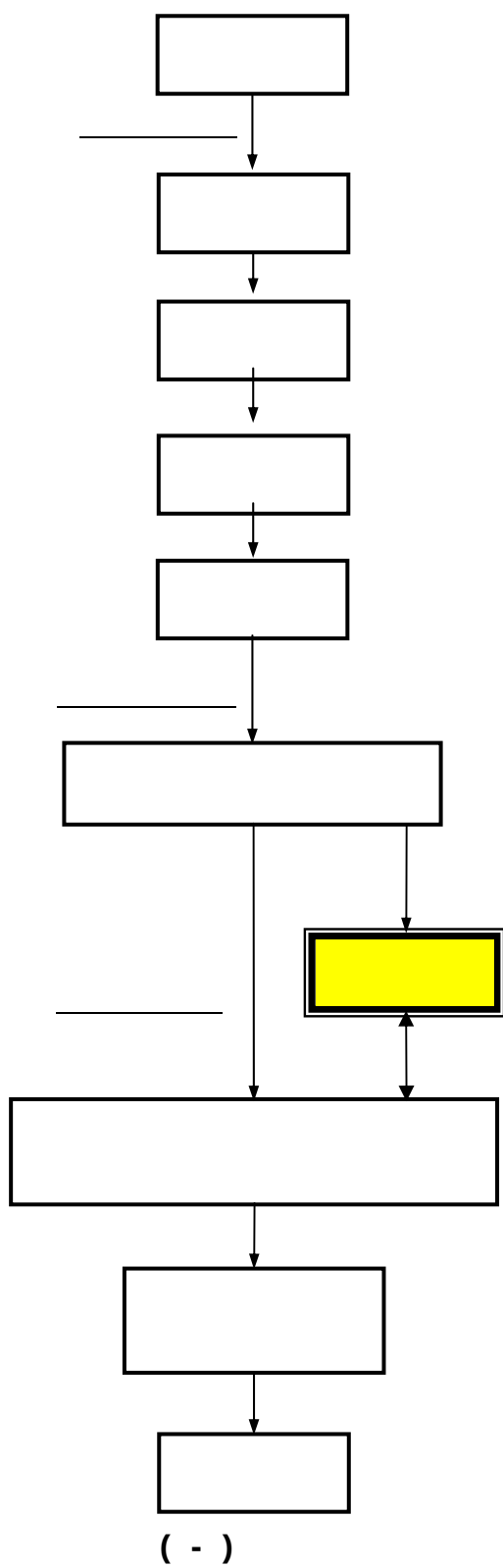
, ()

)

(

.
()

.



—

(-)

$$\vdots$$

•

•

• / ,

□

•

■ ■ ■

•

/ , : ,

•

□

% -

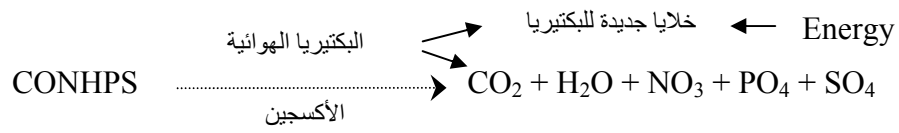
■ ■

•

■ ■

■

مصادر الحمأة



•
%

% -

•

•

•

•

•

□

■ ■ ■ ■ ■

(-)

:

(Short Circuiting) .

.

(Turbulence) .

.

.

:

/

/

.

:

x

=

.()

.

= x , =

x

=

.()

.

= x , =

= - =

.

÷ =

-

(-)

:

$$= \quad , \quad \div \quad =$$

$$/ \quad =$$

()

.

:

.

.

.

.

-
-
-
-

:

.

.

.

-
-
-

-

(-)

:

BOD

. , - ,

.

:

:

/ = -

/ = BOD₅ -

/ = BOD₅ -

SS , = -

. BOD₅

:

. BOD₅ .

. BOD₅ .

. BOD₅ .

. .

:

BOD₅ .

(/ × /) =

/ = / =

BOD₅ .

-

(-)

:

$$\left(\frac{\quad}{\quad} \times \frac{\quad}{\quad} \right) =$$

$$\frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} =$$

$$\frac{\quad}{\quad} = \frac{\text{BOD}_5}{\quad} =$$

:

BOD₅

:

BOD₅

$$- \text{BOD}_5 \quad) \quad =$$

$$\cdot (\text{BOD}_5$$

$$\left(\frac{\quad}{\quad} - \frac{\quad}{\quad} \right) \frac{\quad}{\quad} =$$

$$\frac{\quad}{\quad} = \frac{\quad}{\quad} = \times =$$

SS

.

$$\frac{\quad}{\quad} = (\quad) , \times =$$

.%

$$\% \quad \div \quad / \quad \text{SS} \quad =$$

$$, \quad \div \quad =$$

$$=$$

-

$$(-)$$

:

()

(Sludge Processing)

(-)

(-)

(Units and Treatment Methods)	(Treatment Methods)
(Sludge Pumping) (Sludge Grinding) (Sludge Blending and Storage)	(Preliminary Operations)
(Gravity Thickening) (Floating Thickening) (Centrifugation Thickening) (Rotary Drum Thickening)	(Thickening)
(Lime Stabilization) (Heat Treatment) (Aerobic Digestion) (Anaerobic Digestion) (Compositing)	(Stabilization)

(-)

:

(Units and Treatment Methods)	(Treatment Methods)
(Vacuum Filter) () (Centrifugation) (Belt Press Filters) (Drying Beds)	(Dewatering)
(Dryer Variations) (Multiple Effect Evaporators)	(Heat drying)
(Pasteurization) (Long-term Storage)	(Disinfections)
Chemical Conditioning() Heat Treatment()	(Conditioning)
(Land Application) (Distribution and Marketing) (Landfill) (Lagoon) (Chemical fixation)	(Sludge Disposal)

%

.

%

.

-

(-)

:

.

(-)

()

.

(Thickened Sludge)

%

%

(Supernatant)

/

(SS)

/

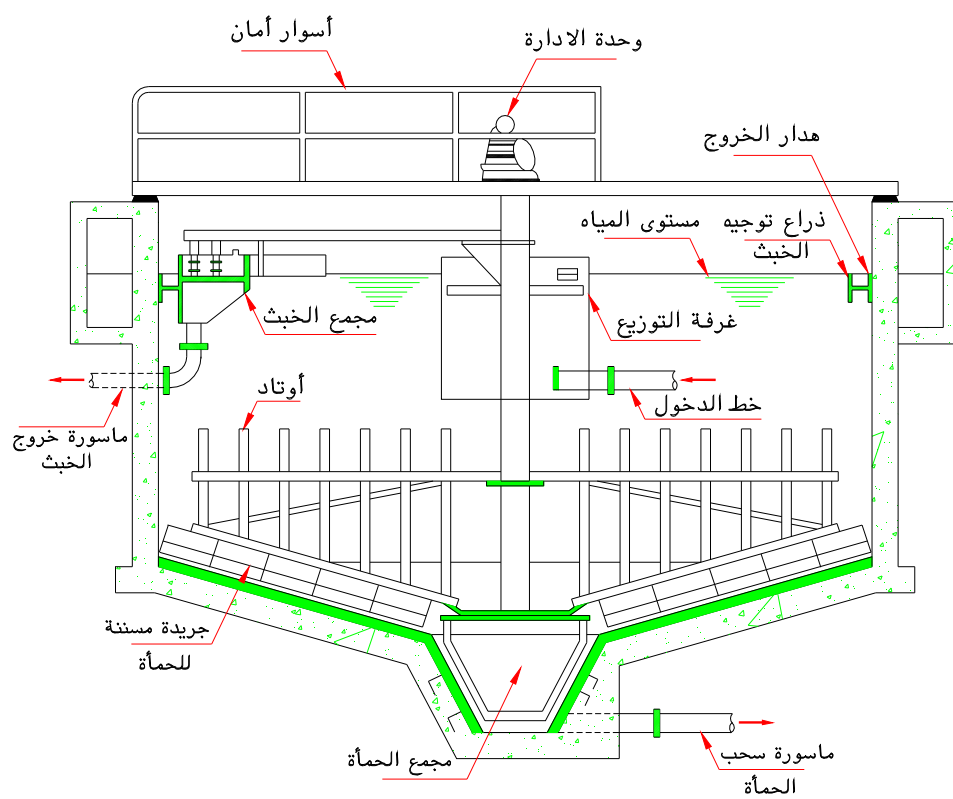
(BOD₅)

.

-

(-)

:



(-)

:

	:	-	,
	(SVR)		
.	/	/	:
:		:	
/	/	(-) -	
.			
/	/	(-) -	
.			

-

(-)

:

	/ /	(-) -
.	/ /	(-) -
.		:
	.	/
.	.	- .
	.	/ /
.		:

: / (-)

•

.

•

.(-)

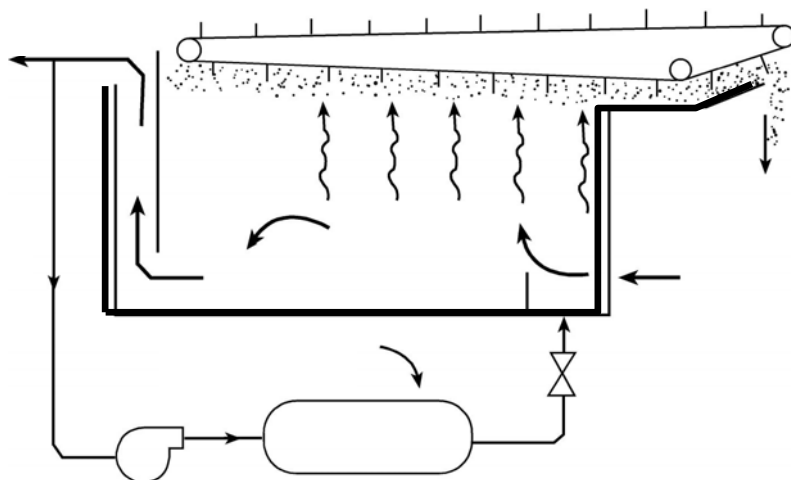
•

.%

-

(-)

:



(-)

:

.

.

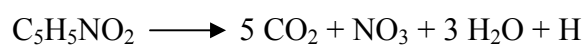
.

.

.

.

:



: ()

.()

-

.

-

-

.

-

-

(-)

:

.

.

-

-

/

BOD

.

/

BOD

-

.

-

.

(-)

.

.

.

()

(Digesters)

.

-

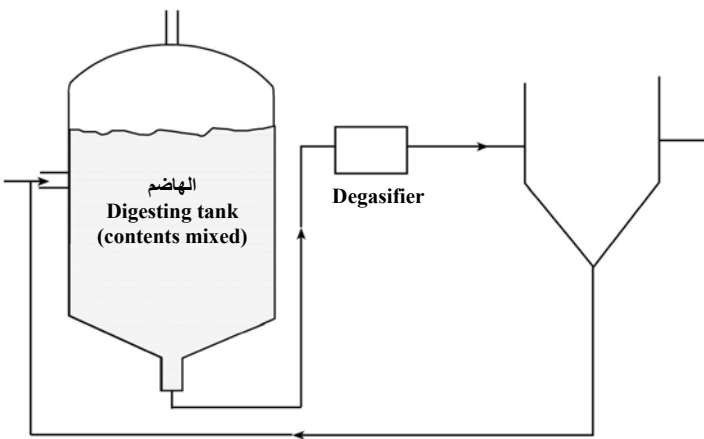
(-)

:

(-)

	I			

(-)



(-)

:

% -	Methane gas (CH ₄)
% -	Carbon Dioxide (CO ₂)
% , - ,	Nitrogen
% -	Hydrogen

.

)
 .(%

-

(-)

:

%

.

.

)

(

(BOD and COD)

.

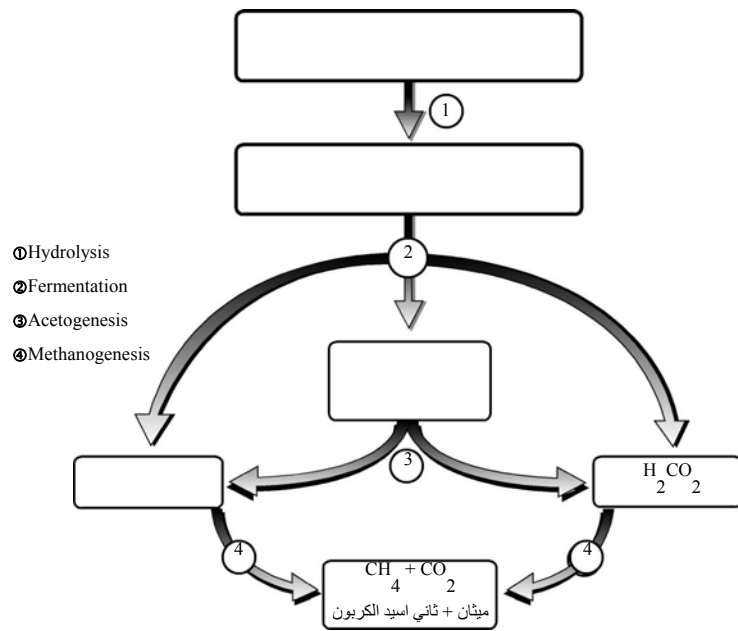
.

-

(-)

:

(-)



(-)

%

%

%

(-)

:

■

—

—

$$\cdot \left(\quad \right)$$

■

-

—

■

—

■

■

(-)

■

•

•

▪ ()

■

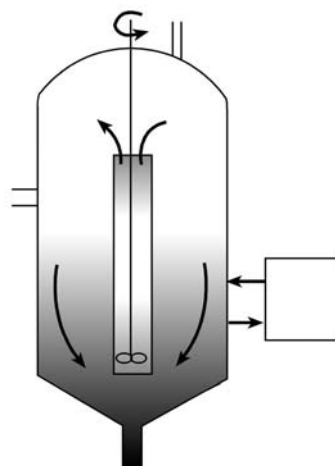
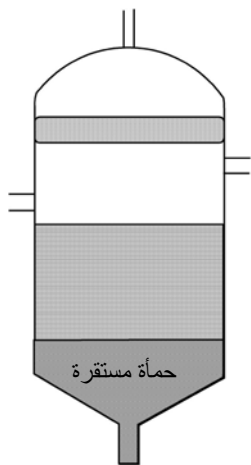
.()

1

—

(-)

$$\vdots$$



(-)

:

:

$$Q = \frac{(V_1 + V_2)}{2} T$$

:

$$= Q$$

$$= V_1$$

(-)

:

$$=V_2$$

.

$$=T$$

:

:

$$\begin{aligned} &= \quad / \quad / \\ &\circ \quad = \\ \% \quad &= \\ \% \quad &= \\ \% \quad &= \end{aligned}$$

:

$$\begin{aligned} &= \quad \times \quad \times \quad = \\ &\quad \% \end{aligned}$$

$$/ \quad = \quad \times (\div \quad) =$$

$$/ \quad , \quad = \quad \therefore$$

%

$$/ \quad = \quad , \quad \times \quad = \quad \therefore$$

$$/ \quad = \quad \therefore$$

%

.

$$= \quad , \quad \times \quad = \quad \therefore$$

$$= \quad + \quad =$$

%

-

$$(\quad - \quad)$$

:

$$= \quad , \quad \div \quad = \quad \therefore$$

$$/ \quad = \quad \therefore$$

:

$$= \quad \times \frac{\quad + \quad}{\quad} =$$

:

- .(Hydrolysis) ●
- .(Acidogenesis) ●
- .(Acetogenesis) ●
- .(Methanogenesis) ●

.

(Hydrolysis) :
) : -
 (Macromolecule Polymer
 (Monomers)

.

) : -
 (Macromolecule Polymer
 (Monomers)

.

-

(-)

:

Macromolecule) : -
 . (Polymer

(Acidogenesis) :

.

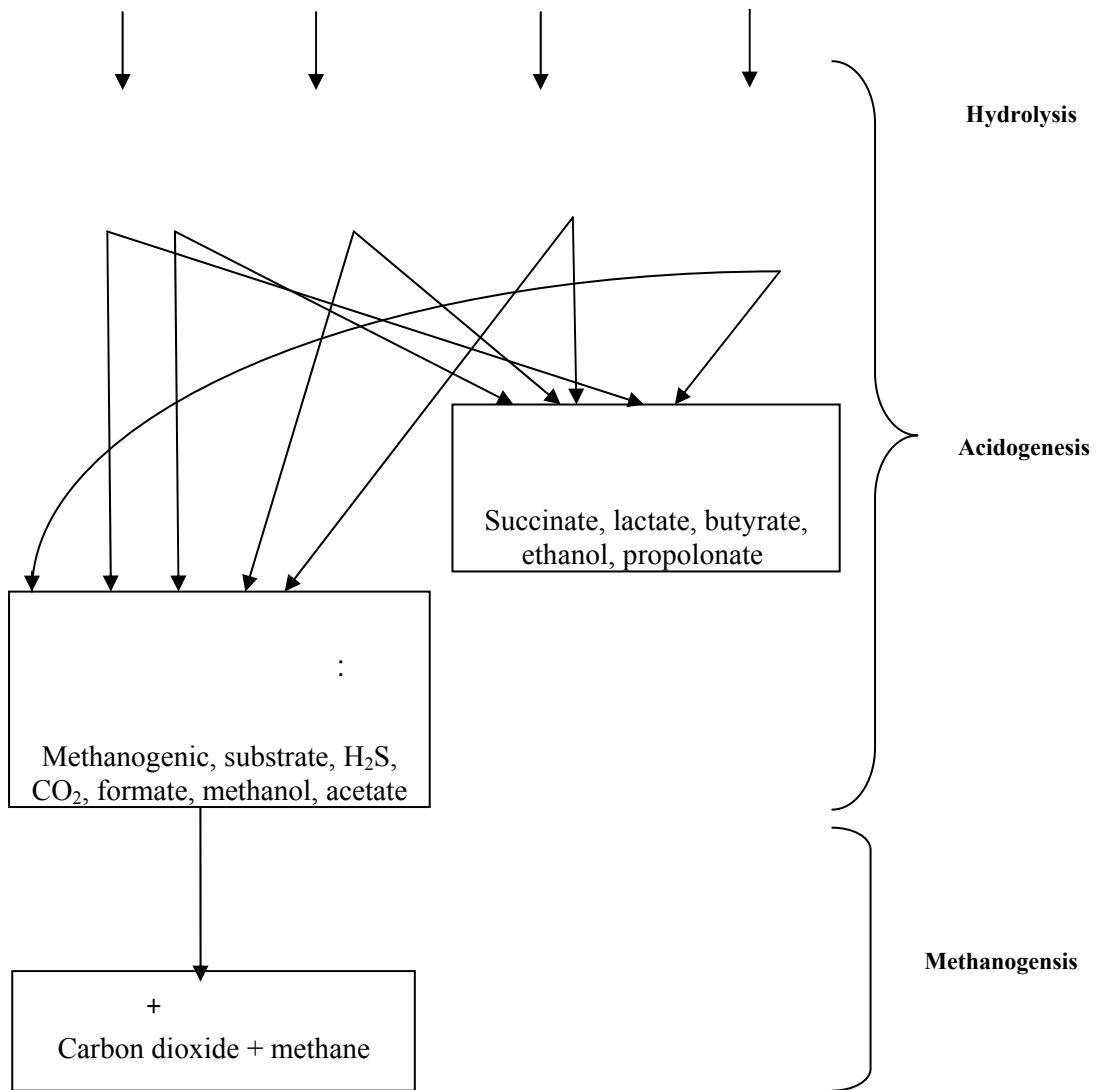
%
% %
 , ,

(Acetogenesis) :

% %
 .

. (-)

- (-) :



(-)

(Methanogenesis)

:

.

..

-

(-)

:

.

:

()

.

Acidogens of Acid)

.(formers

:

- Clostridium spp;
- Peptococcus anaerobes;
- Bifidobacterium spp;
- Desulphovibrio spp;
- Corynebacterium spp;
- Lactobacillus;
- Actinomyces;
- Staphylococcus; and
- Escherichia coli.

.(Proteolytic, lipolytic, ureolytic, or cellulolytic enzymes)

.(Methanogens or Methane formers)

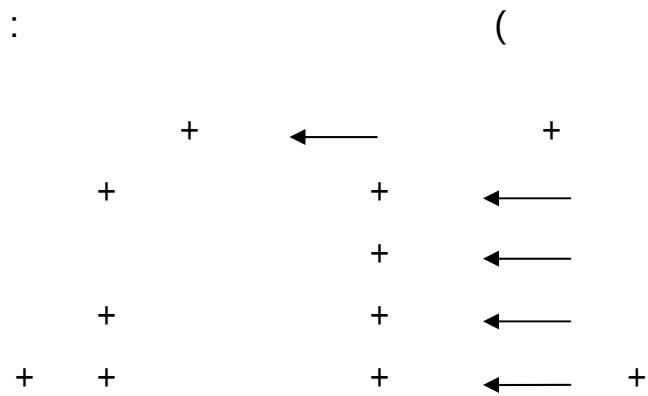
-

(-)

:

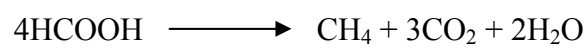
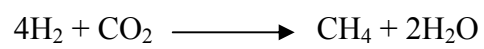
- :
 (Methanobacterium, and Methanobacillus) •
 (Methanococcus, and Methanosarcina) •

.
)

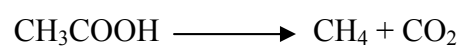


Routes to Formation of Methane

Hydrogenotrophic methanogens



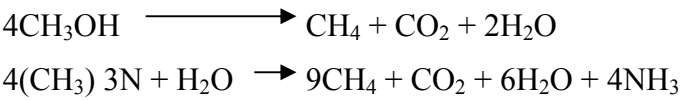
Acetotrophic methanogens



- (-)

:

Methylotrophic methanogens



(-)

.

(-)

نوع البكتريا	المادة التي تحولها لميثان
(Methanobacterium)	(H ₂ /CO ₂)
(Methanobervibacter)	(H ₂ /CO ₂)
(Methanococcus)	(H ₂ /CO ₂)
(Methanosarcina)	(H ₂ /CO ₂ Acetate)
(Methanothrix)	(Acetate)

، - ،

.

)

(

-

(-)

:

.

.

.

:

:

.

-

.

-

.

-

.

-

,

.

.

-

(-)

:

/

/

.

. /

/

:

.

.

.

/

.

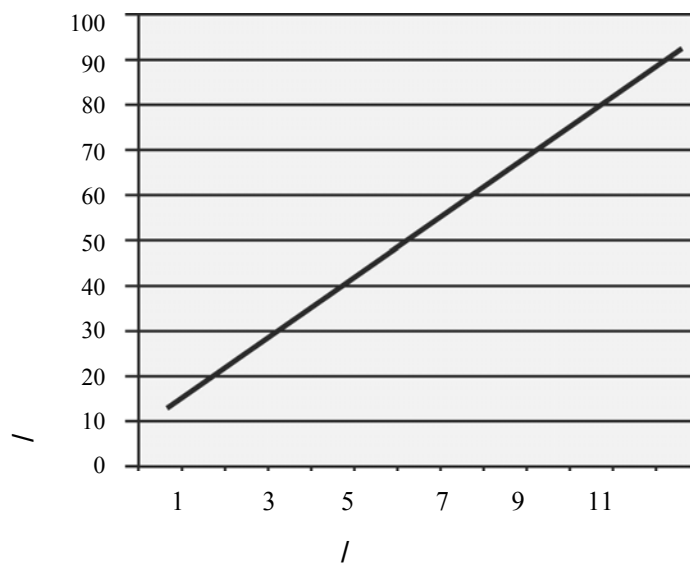
.

-

(-)

:

(-)



(-)

(-)

:

.

.

.

.

:

:

-

.

.

-

..

-

.

.

-

(-)

:

/ -
 / .
 () -
 .
 -

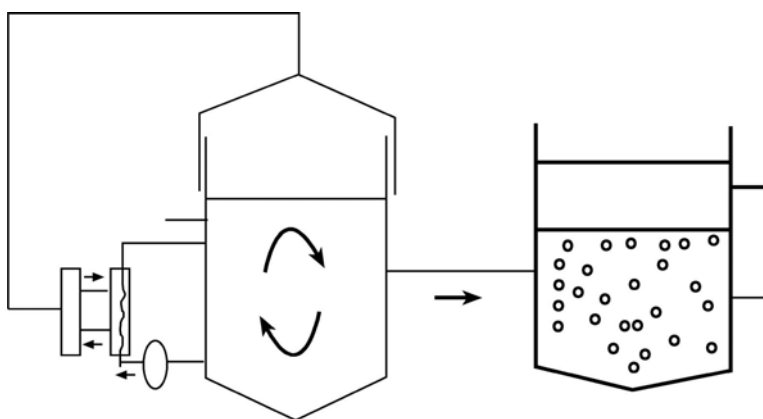
o o o o

.

(-)

.

.



(-)

- (-)

:

)

(

.

.

()

.

.

%

%

%

.

:

-

.

:

-

.

•

.

•

•

-

(-)

:

)

.(

.

•

.

.

.

.

.

-

(-)

:

⋮

•

⋮

•

—

⋮

•

⋮

•

⋮

•

⋮

•

⋮

•

⋮

—

(—)

⋮

·
()

(-)

·



(-)

， — ，

·

-

(-)

:

.

()

()

.

)

(

.

⋮
_____.

:

•

.

•

.

-) (-)

(

(-)

.

-

(-)

:

:(Decanting System) _____ .

)
(

.

.

% -

% -

-

.

.

(-)

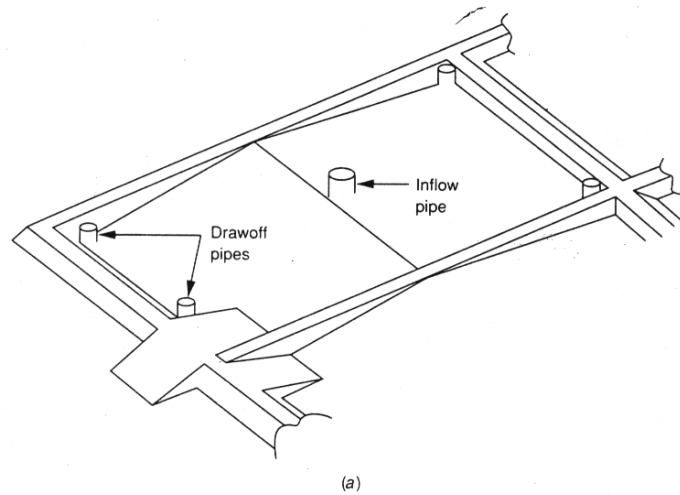
⋮

.

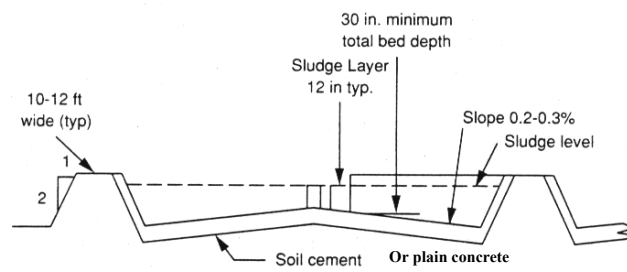
-

(-)

⋮



(a)



(-)

(-)

:

:

—

:

•

—

.

:

•

(, — ,)

.

—

:

•

—

.

:

•

.

:

•

) .

(

—

.

(-)

.

-

(-)

:

— :

.

:

()

•

.

(-)

•

.

.

•

.

:

.

.

:

,

.

-

(-)

:

.

.

:

-

.

-

-

(-)

:

.

-

.

%

.

.

■

.

o

.

%

—

.

-

(-)

:

.

.

.

()

.

.

.

.

-

(-)

:

.

:

:

.

.

.

-

(-)

:

_____.

.

.

,

.

.

_____.

.

-

(-)

:

_____.

:

.

.

.

.

.

.

.

-

-

-

-

-

-

-

-

(-)

:

:

(Pressure Filtration)

•

(Vacuum Filtration)

•

(Centrifugation)

•

(Belt Press Filters)

.

()

()

(Vacuum)

(Shearing Force)

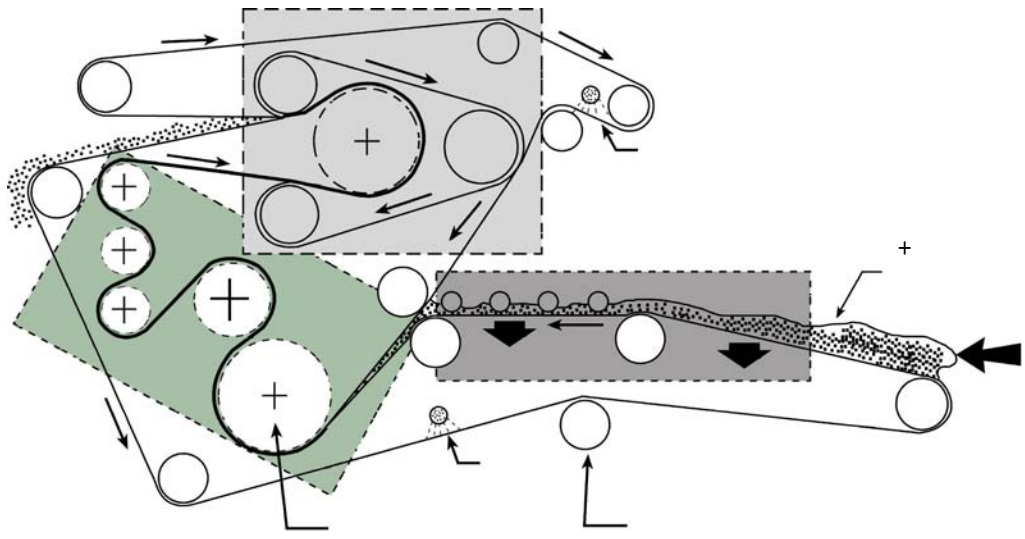
(-)

.

-

(-)

:



(-)

:
 - - -
) - - -
 .(- -

:

Belt Press Filters

.(-)

- (-)

:

(-)

.	Polymer Conditioning
.	Gravity Drain
.	Low Pressure
.	High Pressure

.

:

.

.

-

(-)

:

.(-)

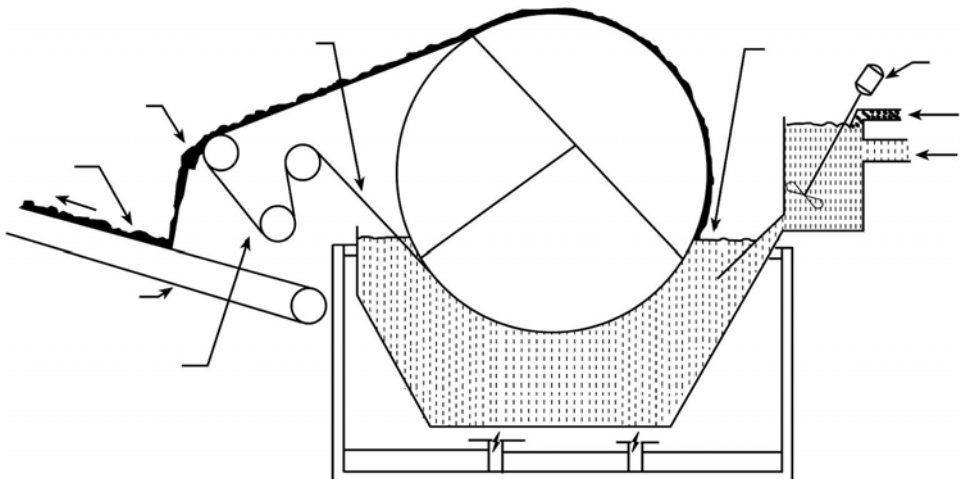
.()
()

-
-

:

-

,



(-)

-

(-)

:

(-)

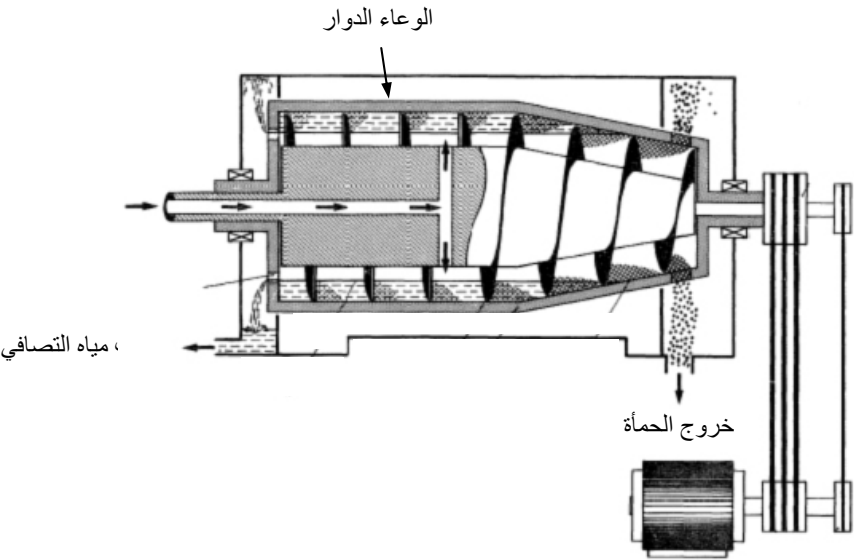
:() -

(Cake)

% -

(Hopper)

(Screen Seeder)



(-)

()

(-)

-

.%

% -

.

:

.

.

.

.

.

.

:

:

.

.

.

.

.

.

.

.

.

-

(-)

:

:-

.

.

/ -

.

-

%

:

.

.

.

.

.

(-)

.

-

(-)

:

(-)

-

	()	. ()	
. .			

-

(-)

:

(-)

.

-

(-)

:

(-)

.

-

(-)

:

(-)

-

()			
• •	• •	• •	
• • •	• • •	• • •	
• •	• •	• •	
• •	• •	• •	
Scroll			
• •	• •	• •	•

-

(-)

:

(-)

-

()			

-

(-)

:

		4 -	3 -	2 -	1 -	4 -	3 -	2 -	1 -		

		(³)	(³)	

.....

.....

.....

.....

.....

()

.

.

.

" "

" "

.

.

⋮

.

⋮

.

-

(-)

:

:

.

/

" "

.

.

/

.

.

.

.

:

•

.

•

.

•

.

•

.

(-)

-

:

⋮

⋮

.

⋮

⋮

(Pathogens)

.

⋮

.

⋮

.

-

(-)

⋮

:

:

<i>I</i>		
	Zn	
	Cu	
	Ni	
	Cd	
	Pb	
	Hg	
	Cr	
	Mo	
	Se	
	As	

.

:

(Pathogens)

-

(Fecal Coliform)

.

. %

:() .

% ()

.

-

(-)

:

% : .
:()
.) .
.(

:

⋮ ⋮

:

:

-

.

•

.

•

.

•

.

•

.

•

:

:

.

-

.(Cement Dust)

-

.

-

-

.

-

(-)

:

：

：

：

。

。

。

%

。

。

：

%

。

•

。

—

()

•

•

。

。

。

。

：

•

。

•

。

•

。

•

。

—

(—)

：

:

-

. : :

:

-

/ - (-) •

.

(-) •

. / -

. / - () •

-

.

-

.

-

.

-

.

-

(-)

:

الفصل العاشر

الفصل العاشر

التحاليل المعملية الرئيسية المستخدمة في محطات الصرف الصحي

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 التي يتم إجراؤها على مياه الصرف الصحي، ويشرح الغرض من إجراء كل اختبار.
 ٤. معرفة الأجهزة المستخدمة لقياس كل تحليل معمل.
 ٥. يتبع الخطوات القياسية لتشغيل ومعايرة الأجهزة المستخدمة.
 ٦. يقوم بتجهيز الأوساط البكتريولوجية المناسبة بالمعمل.
 ٧. يذكر بالتفصيل خطوات إجراء كل اختبار من الاختبارات المطلوبة والقدرة على قياس التحليل معملياً.
 ٨. يفسر نتائج كل تجربة ومدلولاتها وتأثير ذلك على عملية المعالجة.
 ٩. يذكر الاحتياطات الواجب اتباعها في المعامل عند إجراء التحاليل البكتريولوجية.
 ١٠. يقوم بإجراء الكشف عن المجموعة القولونية وبكتريا القولون البرازي.
 ١١. يفسر معنى وجود كل نوع من الكائنات الحية المختلفة في عينات المياه عند إجراء الفحص الميكروسكوبي.

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 يلي:

١. التأكد من أن عملية معالجة مياه الصرف الصحي تتم طبقاً لأهدافها.
٢. تحديد الكفاءة التي تعمل بها كل وحدة من وحدات المعالجة.
٣. ضبط والتحكم في عملية المعالجة وتخفيض تكاليفها كلما أمكن ذلك.
٤. تحديد الأسباب والوحدات التي تظهر كفاءة منخفضة أو مصاعب في تشغيلها.
٥. جمع كافة المعلومات وتسجيلها لعمل التخطيط المناسب للتوسعات المستقبلية والتطوير اللازم.

العينات الممثلة**واختيار موقع أخذ العينات**

إن أخذ عينة من مجرى مائي أو خزان تختلط فيه المياه خلطاً جيداً يعتبر أمراً يسيراً، ولكن كثيراً من المصادر لا تكون مياهها متجانسة أو جيدة الخلط، وبذلك فإن الحصول على عينة ممثلة 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 تمثيلاً، ويعتمد الحجم الذي يجب تجميعه على عدد وأنواع الاختبارات المطلوب إجراؤها.

يجب اختيار موقع يمثل تماماً الوضع والظروف الحقيقية ويسمى (النقطة الممثلة)، ويعتمد اختيار هذا الموقع على عدة أمور:

١. تجانس العينة حيث تؤخذ من المواقع التي 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 التي 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 كافياً 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 والتحليل المطلوبة، بالإضافة إلى أى بيانات أخرى يرى أنها لازمة.
٨. نظراً لتغير بعض الخواص سريعاً 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 الزجاجات جيداً قبل القيام بأى تحليل وفى لحظة الاختبار حتى تحتفظ العينة بنفس تكوينها. والتهاون فى رج الزجاجات 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 أيضاً 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 والتحليل المطلوبة وخلاف ذلك مما يلزم من بيانات.
٥. يمكن استعمال جامع عينات أوتوماتيكي لأخذ العينات وفى هذه الحالة يجب على العاملين أن يتدربوا على استعمال مثل هذه الأجهزة ويتبعوا إرشادات المنتجين وخصوصاً 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 الصحي 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 في لحظة معينة.

د. العينة البسيطة لازمة لاختبار التحاليل التالية:

درجة الحرارة - الرقم الهيدروجيني - كمية الأكسجين الذائبة - الكلور المتبقى - التحليل البكتيريولوجي.

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 في فترة تشغيل كاملة، وهي عبارة عن تجميع لعينات سحبت على فترات مناسبة (كل نصف ساعة أو ساعة) من المكان المحدد عند النقطة التي يكون معدل التدفق ممثلاً تماماً لها، ثم تخطط في نهاية المدة المحددة لتجميع العينة، وتمثل العينة المجمعة متوسط خواص المياه الملوثة خلال فترة التجميع.

وتجمع العينة المركبة في فترات ثابتة من الزمن (على مدى أربعة وعشرون ساعة أو أقل في اليوم) فمثلاً إذا جمعت ١٢ عينة في إثني عشرة ساعة تسمى العينة عينة مركبة لإثني 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 في الكمية فيمكن أخذ عينة مرة كل ساعتين أو كل ٤ ساعات طبقاً لما يقرر المعمل الكيميائي.

ويتم تكوين العينة المركبة بخلط العينات البسيطة المأخوذة في أوقات محددة من مأخذ واحد ثابت التدفق أو متغير التدفق، أو بأحجام محددة (مرتبطة بمعدل التدفق) من مأخذ مختلفة وينتج عن تحليل العينة المركبة قيمة متوسطة لنوعية مياه الصرف.

وتكمن المشكلة الأساسية في العينة المركبة في أن العينات قد تتدهور خلال فترة أخذ العينات، مما يجعل من الضروري الحفاظ عليها وكذلك يمكن الإخفاق في اكتشاف التغيرات السريعة في 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 وفي كل مرة يتم تسجيل معدل التصريف (المياه الداخلة) كما يجب وضع كل عينة بمجرد جمعها في ثلاجة مبردة إلى درجة ٤ مئوية وفي نهاية المدة وهي 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 في الثلاجة يؤدي 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، وأغطيتهما، المستخدمة في تجميع العينات لإجراء تحاليل المواد غير العضوية والعوامل الأخرى.

- ١ - غسل العبوات، وأغطيتهما بمنظف صناعي لا يحتوى على فوسفات وباستخدام فرشاة نظيفة.
- ٢ - غسل العبوات الزجاجية بحمض الكروميك.
- ٣ - غسل العبوات بالماء العادي، ثم المقطر، ثم إمرار البخار بها.
- ٤ - قلب العبوات لتنظيف الماء وتجفيفها.
- ٥ - تعقيم العبوات المستخدمة في تجميع عينات للفحص الميكروبيولوجي، وذلك بحفظها في 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 ٤°م، وذلك بوضعها في صندوق ثلاجة عند نفس الدرجة لمدة لا تزيد عن ٢٤ ساعة، أو بوضعها في 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 ٤°م إلى نهاية مدة التجميع، ووصولها إلى المعمل للتحليل. ولا تستخدم نفس العينة للتحليل الكيميائي، والتحليل البكتريولوجي 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 في حوزته وتحت مسؤوليته.

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 في سحب عينات مجمعة أو عينات مخطوفة تجمع على فترات زمنية أو عند طلب عينة مستمرة (Continuous Sample). وبالنسبة لسحب عينات مجمعة متناسبة زمنياً أو متناسبة مع معدل التدفق فيستخدم جهاز أوتوماتيكي لهذا الغرض.

وفي حالة سحب عينات متناسبة مع معدل التدفق يتم تشغيل جهاز سحب العينة الأوتوماتيكي من خلال تشغيل جهاز قياس معدل التدفق الملائم له والمرتبط بتشغيله. ويمكن أيضاً في هذه الحالة سحب العينات باستخدام جهاز أوتوماتيكي مزود بعدة قارورات بحيث يتم خلط العينات الفردية بمعرفة المفتش على أساس نسب معدل التدفق لعمل العينة المجمعة، وعادة ما يجرى جمع عينات مياه للتحاليل من محطات الصرف الصحي 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 تفصيلي 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 الكيمائى 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 الميكروسكوبى

١. بكتيريا المجموعة القولونية.
٢. الطفيليات الأولية.

ويوضح الجدول رقم (١٠-٢) نوعية ودورية القياسات في محطات المعالجة.

جدول رقم (١٠-٢)
أنواع ومعدلات الاختبارات لمياه الصرف في محطات المعالجة

الاختبارات	المعدل	المكان
الأكسجين المذاب (DO)	يوميًا	الداخل للمحطة - الخارج من المروق الابتدائي - الخارج من المرشح - السيب النهائي
المواد الصلبة القابلة للتترسيب	يوميًا	الداخل - بعد فاصل الرمل - الخارج من المروق الابتدائي - السيب النهائي
الرقم الايدروجيني pH	يوميًا	الداخل - الخارج من المروق الابتدائي - السيب النهائي
درجة الحرارة	يوميًا	الداخل - الخارج من المروق الابتدائي
الأكسجين الحيوى المستهلك BOD	مره أسبوعيا	الداخل - بعد المروق الابتدائي - السيب النهائي
الأكسجين الكيميائي المستهلك COD	مرتين أسبوعيا	الداخل - بعد المروق الابتدائي - السيب النهائي
المواد الصلبة العالقة	ثلاث مرات أسبوعيا	الداخل - بعد المروق الابتدائي - السيب النهائي
الكلور المتبقى	يوميًا	السيب النهائي
بكتريا المجموعة القولونية	مرة أسبوعيا	السيب النهائي

١ - قياس الرقم الأيدروجيني (pH)

الغرض من التجربة يعتبر الرقم الأيدروجيني مقياساً للتعبير عن درجة الحمضية أو القاعدية للعينة. فعندما يكون مقدار الأس الأيدروجيني 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 الأيدروجيني من ٧ إلى صفر تزداد درجة حموضة العينة.

الأدوات المستخدمة جهاز قياس الرقم الأيدروجيني مزود بالكترودات خاصة للقياس: تعابير هذه الألكترودات قبل الاستعمال بمحاليل ذات رقم أيدروجيني قياسي معروف. فمثلا يوجد محلول قياسي بدرجة أس أيدروجيني ٧ وآخر بدرجة ٤,٠١ أو بدرجة ١٠، وباستخدام هذه المحاليل القياسية المعروفة يتم معايرة الجهاز وضبطه لإعداده لقياس العينات.

ونظراً لأن درجة الحرارة تؤثر على قياس درجة الأس الأيدروجيني، فجميع الأجهزة الإلكترومترية مزودة بمقياس لدرجة حرارة العينة. وقد يتم ضبط درجة حرارة العينة أتماتيكيًا فى بعض الأجهزة الأكثر تكلفة.

جهاز قياس الرقم الأيدروجيني (pH-meter) يتم معرفة الرقم الأيدروجيني أو الأس الأيدروجيني عن طريق قياس فرق الجهد الناشئ بين قطبين أحدهما يستجيب لأيون الأيدروجين (Glass Electrode)، والآخر قطب مرجعى (Reference Electrode) وهو عادة ما يكون قطب كالوميل (Calomel Electrode) أو قطب كلوريد فضة (Ag/AgCl Electrode) وذلك عن طريق غمر القطبين فى محلول العينة المراد قياس رقمها الأيدروجيني كما هو موضح بالشكل رقم (١٠ - ١).

ويفضل أن يتم قياس الرقم الأيدروجيني فى موقع أخذ العينة وإن تعذر ذلك يجب إجراء عملية القياس فى أسرع وقت ممكن من وقت أخذ العينة، مع التأكد من ضبط ومعايرة الجهاز.



شكل رقم (١٠ - ١)
جهاز قياس الأس الأيروجيني

معايرة جهاز قياس الأس الأيروجيني

- يتم معايرة جهاز قياس الأس الهيدروجيني من خلال الخطوات التالية:
- يوضع قطبي الزجاج والمرجع بعد غسلهما جيدًا وتجفيفهما في محلول منظم أسه الأيروجيني (٧) مع قطب ضبط درجة الحرارة، ويضبط الجهاز ليعطى قراءة (٧).
- يغسل القطبين ويعاد القياس باستخدام محلول منظم أسه الأيروجيني (٤) وكذلك (٩) ومن المفضل أن يكون الضبط باستخدام محاليل منظمة قياسية ذات أس أيروجيني قريب من العينات المراد فحصها والتعرف عليها.
- يستخدم ضابط الميل في ضبط القراءات ليعطى قراءة تطابق أو أقرب ما تكون من قيمة الأس الأيروجيني للمحلول المنظم القياسى المستخدم.
- يغمس القطبين مع قطب ضبط الحرارة بعد غسلهما في المحلول المراد قياسه وتسجل القراءة بعد ٣٠ ثانية ويعبر عنها الى أقرب ٠,١ وحدة pH.
- يجب أن تكون درجة الحرارة عند المعايرة والقياس متماثلة.
- يتم ضبط جهاز القياس عن طريق غمر القطب في محلول منظم قياسي ذو رقم أيروجيني (٧) والحصول على قراءة للجهاز (٧) ثم يتم الضبط مرة أخرى عن طريق وضع القطب في محلولين منظمين ذو رقمين هيدروجيني ٤ و ١٠ وضبط القراءات مرة أخرى.

جمع العينات

يجب أن يقاس الرقم الهيدروجيني في موقع جمع العينة وإذا تعذر ذلك تجرى عملية القياس بأسرع ما يمكن من وقت أخذ العينة وتجمع العينة فى وعاء زجاجى أو بلاستيك نظيف وغير مطلوب إضافة مواد حافظة.

خطوات التجربة

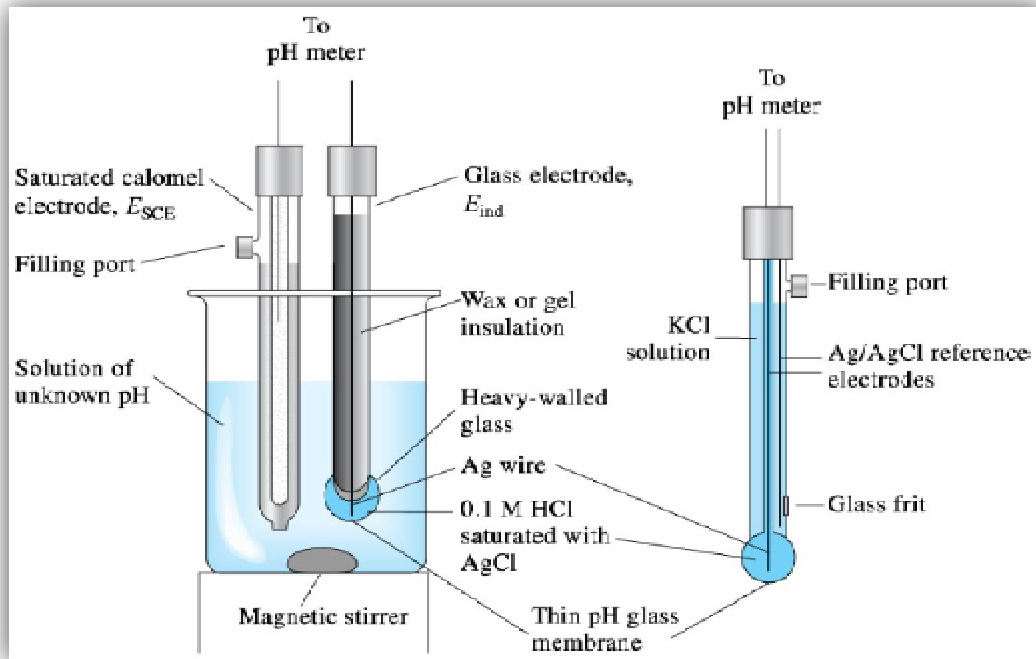
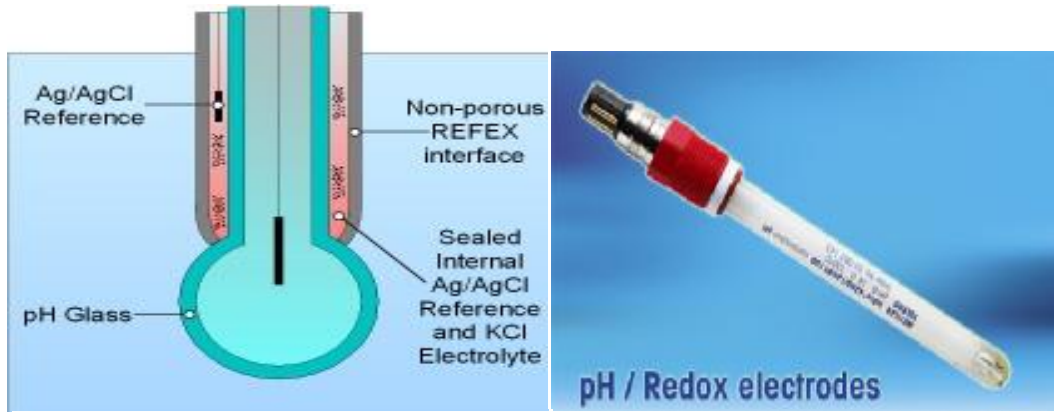
يجب استعمال كل جهاز طبقاً للتعليمات المرفقة مع الجهاز، والمكتوبة بواسطة مصممي الجهاز.

ويمكن تلخيص الخطوات الأساسية لاستعمال هذه الأجهزة كما يلي:

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، كما هو موضح فى الشكل رقم (١٠-٢).
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 يدوياً.
٩. يغسل الإلكترود بالماء المقطر ويجفف فى المكان المخصص له حتى يكون جاهزاً للاستعمال فى العينات التالية.

تفسير النتائج

يتراوح الرقم الأيروجيني لمياه الصرف الصحي غير الملوثة بمياه صرف صناعي بين ٦,٥ - ٨,٥. فإذا إزداد أو نقص الأس الأيروجيني في العينة عن هذا المستوى فيكون ذلك دليل على صرف مخلفات صناعية على مياه الصرف الصحي. وإذا إزداد تركيز التلوث بالمخلفات الصناعية، فإن ذلك يسبب تسمم الكائنات الحية التي تقوم بعملية تنقية مياه الصرف الصحي.



شكل رقم (١٠-٢)

القطب الزجاجي المستخدم في قياس الأس الأيروجيني

٢ - المواد الصلبة

تقدير المواد الصلبة الكلية Total Solids

يقاس محتوى مياه الصرف الصحي 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 جيداً إلى بوتقة بورسلين أو كأس زجاجي سبق وزنه ويبخر المحلول باستخدام قرص تسخين حتى تمام الجفاف ثم يوضع الكأس في فرن كهربى عند درجة حرارة ١٠٣° - ١٠٥°م لمدة ساعة على الأقل ثم يوزن الكأس ويعاد التسخين والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة الكلية (ملليجرام/ لتر)} = \frac{(أ - ب) \times ١٠٠٠}{ج}$$

حيث:

أ = وزن الكأس + الراسب

ب = وزن الكأس فارغاً

ج = حجم العينة المستخدمة بالمليلتر

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

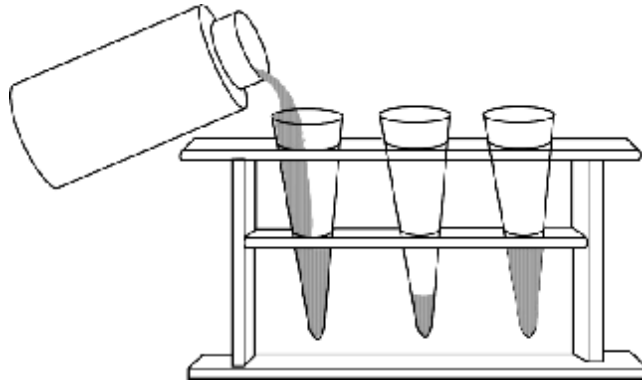
تحدد هذه التجربة حجم المواد الصلبة القابلة للترسيب في لتر واحد من عينة الصرف الصحي. فإذا تم تحديد كمية المواد الراسبة في العينة الداخلية لوحدة ترسيب وفي عينة أخرى خارجية يمكن بذلك حساب مدى كفاءة وحدات الترسيب في مراحل التنقية المختلفة.

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 (١٠-٣) ويثبت هذا القمع على حامل خشبي.
٢. ساق زجاجية للتقليب الخفيف.
٣. ساعة توقيت زمنية.

خطوات التجربة

١. اخلط العينة جيداً.
٢. املاً قمع إمهوف حتى علامة اللتر.
٣. اضبط ساعة التوقيت لمدة ٤٥ دقيقة.
٤. بعد انتهاء مدة ٤٥ دقيقة، يتم تحريك العينة برفق مستخدماً الساق الزجاجي 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 في قاع القمع، وتسجيل النتيجة بالمللي لتر في اللتر



شكل رقم (١٠-٣)
أقماع إمهوف

تفسير النتائج

من النتائج التي يتم الحصول عليها يمكن وصف مقدار تركيز عينة مياه الصرف الصحي كما هو موضح بالجدول رقم (١٠-٣).

جدول رقم (١٠-٣)

تركيز المواد القابلة للترسيب في عينات مختلفة

متوسط النتيجة	مكان أخذ العينة	وصف العينة
٨ مللي لتر / لتر	مياه صرف غير معالجة	ضعيفة التركيز
١٢ مللي لتر / لتر	مياه صرف غير معالجة	متوسطة التركيز
٢٠ مللي لتر / لتر	مياه صرف غير معالجة	قوية التركيز
٣ مللي لتر / لتر	مياه معالجة ابتدائية	كفاءة مقبولة
< ٣ مللي لتر / لتر	مياه معالجة ابتدائية	كفاءة ضعيفة
٠,٥ مللي لتر / لتر	مياه معالجة ثانوية	كفاءة مقبولة
< ٠,٥ مللي لتر / لتر	مياه معالجة ثانوية	كفاءة ضعيفة

تقدير المواد الصلبة القابلة للترسيب والقابلة للتطاير

Volatile Settleable Solids

يتم إجراء هذه التجربة بنقل الراسب المجمع في قاع قمع إيهوف 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 في فرن حرق عند درجة ٥٥٠°م لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة ثم تترك لتبرد في الهواء ثم في مجفف ويوزن، ويعاد التسخين والتبريد والوزن حتى يثبت الوزن.

المواد الصلبة القابلة للترسيب المتطايرة (ملليجرام/ لتر) =

$$\frac{[(أ - ب) \times ١٠٠٠]}{د}$$

المواد الصلبة القابلة للترسيب الثابتة (ملليجرام/ لتر) =

$$\frac{[(ب - ج) \times ١٠٠٠]}{د}$$

حيث:

- أ = وزن الراسب الجاف من المواد القابلة للترسيب قبل الحرق - وزن الراسب من المواد القابلة للترسيب قبل الحرق بالمليجرام.
- ب = وزن الراسب + البوتقة بعد الحرق بالمليجرام.
- ج = وزن البوتقة فارغة بالمليجرام.

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 الصحي لقياس ثباتها البيولوجي والمحتوى التقريبي 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.

$$\text{المواد الصلبة الكلية المتطايرة (مليجرام/ لتر)} = \frac{[(أ - ب) \times ١٠٠٠]}{د}$$

د

$$\text{المواد الصلبة الكلية الثابتة (مليجرام/ لتر)} = \frac{[(ب - ج) \times ١٠٠٠]}{د}$$

د

حيث:

- أ = وزن الراسب + البوتقة قبل الحرق بالمليجرام.
- ب = وزن الراسب + البوتقة بعد الحرق بالمليجرام.
- ج = وزن البوتقة فارغة بالمليجرام.
- د = حجم العينة بالمليتر.

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 إلى كأس زجاجي أو بوتقة بورسلين وتوضع البوتقة أو الكأس في فرن كهربى عند درجة حرارة ١٨٠°م لمدة ساعة على الأقل ثم توزن البوتقة. يعاد التسخين والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\frac{1000 \times (أ - ب)}{ج} = \text{المواد الصلبة الذائبة (ملليجرام/لتر)}$$

حيث:

أ = وزن البوتقة + الراسب.

ب = وزن البوتقة فارغة.

ج = حجم العينة المستخدمة بالمليتر.

تقدير المواد الصلبة الذائبة القابلة للتطاير**Volatile Dissolved Solids**

تجرى هذه التجربة بنقل البوتقة أو الكأس الزجاجي 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.

$$\frac{1000 \times (أ - ب)}{د} = \text{المواد الصلبة الذائبة المتطايرة (ملليجرام/لتر)}$$

د

$$\frac{1000 \times (ب - ج)}{د} = \text{المواد الصلبة الذائبة الثابتة (ملليجرام/لتر)}$$

د

حيث:

أ = وزن الراسب + البوتقة قبل الحرق بالمليجرام.

ب = وزن الراسب + البوتقة بعد الحرق بالمليجرام.

ج = وزن البوتقة فارغة بالمليجرام.

د = حجم العينة بالمليتر.

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 في فرن كهربى عند درجة حرارة ١٠٣ - ١٠٥ م° لمدة ساعة على الأقل ثم توزن البوتقة، ثم يعاد التسخين والتبريد والوزن حتى يثبت الوزن.

$$\text{المواد الصلبة العالقة (ملليجرام/لتر)} = \frac{(أ - ب) \times ١٠٠٠}{ج}$$

ج

حيث :

أ = وزن البوتقة + الراسب

ب = وزن البوتقة فارغة

ج = حجم العينة المستخدمة بالمليتر

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.

$$\text{المواد الصلبة العالقة المتطايرة (ملليجرام/لتر)} = \frac{[أ - ب] \times ١٠٠٠}{د}$$

د

$$\text{المواد الصلبة العالقة الثابتة (ملليجرام/لتر)} = \frac{[ب - ج] \times ١٠٠٠}{د}$$

د

حيث :

أ = وزن الراسب + البوتقة قبل الحرق بالمليجرام.

ب = وزن الراسب + البوتقة بعد الحرق بالمليجرام.

ج = وزن البوتقة فارغة بالمليجرام.

د = حجم العينة بالمليتر.

الغرض من التجربة

المواد العالقة هي الجزيئات التي يتسبب حجمها ووزنها في عدم ترسيبها بدون معالجة ثانوية أو إضافية، وبالتالي فهي 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^٢ بقطر ٢٢ مم تتركب على جوان مطاطي مناسب مثبت على فوهة دورق الترشيح (Buchner).
٧. وسط للترشيح مصنوع من الألياف الزجاجية التي تتحمل الحرارة عند الحرق على درجة ٥٥٠ درجة مئوية.
٨. ميزان كهربائي حساس.
٩. ماسك معدني.
١٠. مخبار مدرج سعة ٢٥ - ٥٠ سم^٣.

خطوات التجربة

١. استعمل ملقاط صغير لوضع ورقة الترشيح بداخل البوتقة الصيني 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 في فرن التجفيف المضبوطة على درجة ١٠٥ درجة مئوية لمدة ساعة على الأقل

لتجفيفها ثم في فرن الحرق المضبوطة على درجة ٥٥٠ درجة مئوية لمدة ساعة أخرى.

٤. ضع البوتقة في المجفف لتبريدها.
٥. قم بوزن البوتقة وورقة الترشيح فارغة وتأخذ القراءة إلى رابع رقم عشري. ويجب ملاحظة تكرار عملية التجفيف والتبريد حتى تتأكد من ثبات الوزن الفارغ ويسمى "و١".
٦. قم بخلط العينة جيداً، وقياس كمية ٢٥ سم^٣ باستعمال المخبر المدرج.
٧. بعد تركيب البوتقة على جهاز الترشيح وتشغيل مضخة السحب، قم بصب البوتقة حتى النهاية واغسل المخبر بالماء المقطر عدة مرات وتأكد من أن جميع المواد العالقة في العينة قد تم ترشيحها ثم اغسل البوتقة ومابها عدة مرات بالماء المقطر.
٨. أوقف مضخة سحب الهواء وارفع البوتقة من جهاز الترشيح وضعها في فرن التجفيف على زجاجة ساعة عند درجة حرارة ١٠٥° م لمدة ساعة أو أكثر حتى تتأكد من تمام جفافها بثبات وزنها بعد تبريدها في المجفف.
٩. قم بوزن البوتقة المحتوية على المواد المرشحة والمجففة على درجة ١٠٥° م وتسمى هذه الوزنة "و٢".
١٠. لتعيين المواد العالقة المتطايرة، يتم وضع البوتقة باستعمال الماسك الصلب بعناية داخل فرن الحريق المضبوط على درجة ٥٥٠° م وتترك لمدة حوالي ١٥ دقيقة.
١١. أخرج البوتقة من فرن الحريق مستعملاً الماسك الصلب وضعها في المجفف لتبريدها.
١٢. أوزن البوتقة بعد تبريدها في الميزان الكهربائي الحساس، وسجل وزن المواد الباقية بعد الحرق عند ٥٥٠ درجة مئوية وتسمى الوزنة "و٣".

طريقة الحساب

١ - المواد العالقة الكلية بالمليجرام / لتر =

$$\frac{\text{وزن البوتقة عند } 105^\circ \text{م} 2 - \text{الوزن الفارغ } 1}{\text{حجم العينة (سم}^3\text{)}} \times 1000000$$

٢ - المواد العالقة المتطايرة بالمليجرام / لتر =

$$\frac{\text{وزن البوتقة عند } 550^\circ \text{م} 3 - \text{وزن البوتقة عند } 105^\circ \text{م} 2}{\text{حجم العينة (سم}^3\text{)}} \times 1000000$$

٣ - النسبة المئوية للمواد العالقة المتطايرة =

$$\frac{\text{وزن المواد المتطايرة بالمليجرام / لتر}}{\text{وزن المواد الكلية بالمليجرام / لتر}} \times 100$$

تفسير النتائج

تستعمل نتائج تحليل المواد المتطايرة العالقة في حساب كفاءة وحدات التنقية كما هو مبين في المثال التالي:

مثال:

كمية المواد العالقة الكلية في 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

$$\text{كفاءة محطة التنقية} = \frac{\text{المدخل} - \text{المخرج}}{\text{المدخل}} \times 100$$

$$\text{كفاءة المرحلة الابتدائية} = \frac{110 - 330}{330} \times 100 = 66,7\%$$

$$\text{كفاءة المرحلة الثانوية} = \frac{30 - 330}{330} \times 100 = 90,9\%$$

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 المخبر.
٥. تجهيز عدة 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 البطيء يدل على خفة وزن الحمأة وأنها حديثة التكوين (صغيرة السن) والثقيلة فى الوزن ترسب بسرعة وتكون كبيرة السن. ولكى نتحكم فى معدل الترسيب يجب أن نحسب معدل حجم الحمأة من المعادلة التالية:

مؤشر حجم الحمأة =

$$\frac{\text{حجم الحمأة المترسبة بعد ٣٠ دقيقة مليلتر / اللتر}}{\text{تركيز المواد العالقة فى نفس العينة (ملجم / اللتر)}}$$

والمدى الجيد هو من (٨٠-١٢٠) سم^٣/ جرام

٣ - قياس الأكسجين المذاب

الأكسجين المذاب من العوامل الهامة جداً في الأنظمة المائية، ومصدره الرئيسي 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 في 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 أيضاً الحد من حدوث تآكل للظلمبات 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.

جهاز قياس الأكسجين المذاب Dissolved Oxygen Meter

يعتمد قطب قياس الأكسجين على استخدام دائرة بولاروجرافية أو جلفانية تحتوى على قطبين معدنيين مغمورين في إلكتروليت مفصول عن العينات المراد قياسها بغشاء انتقائي من البولي إيثيلين أو التيفلون ويستخدم في الخلية البولاروجرافية تيار كهربى خارجى لاستقطاب القطب المرجع. ويتناسب تيار الانتشار (Diffusion Current) مع تركيز الأكسجين، كما هو معروض بالشكل رقم (١٠-٤).



شكل رقم (١٠ - ٤)
جهاز قياس الأكسجين المذاب

معايرة جهاز قياس الأكسجين المذاب

- يعاير قطب الأكسجين عادة بقياس أكسجين الهواء أو محلول معلوم تركيز الأكسجين به وسبق تقديره باستخدام طريقة وينكلر وكذلك فى عينة تحتوى على تركيز صفر من الأكسجين (محلول كبريتيت صوديوم وتركيز ضئيل جداً من كلوريد الكوبلت).
 - تستخدم طريقة وينكلر فى تقدير الأكسجين المذاب مباشرة ولتطبيق هذه الطريقة يتبع الخطوات الآتية:
- يذاب ٤٨٠ جرام من كبريتات المنجنيز الثنائي ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) أو ٤٠٠ جرام من ($\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) أو ٣٦٤ جرام من ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) فى قليل من الماء ويرشح ويكمل المحلول إلى ١ لتر بالماء وهذا المحلول يجب ألا يعطى لوناً مع محلول النشا بعد إضافة محلول حمض من يوديد البوتاسيوم.
- يذاب ٥٠٠ جرام أيروكسيد الصوديوم أو ٧٠٠ جرام أيروكسيد البوتاسيوم و ١٣٥ جرام يوديد صوديوم أو ١٥٠ جرام يوديد بوتاسيوم فى ماء مقطر ويكمل إلى ١ لتر بالماء. ويضاف للمحلول ١٠ جرام من أزيد الصوديوم المذاب فى ٤٠ مليلتر ماء، وهذا المحلول يجب ألا يعطى لوناً مع النشا عندما يخفف ويحمض.

- محلول قياسي (٠,٢٥ عيارى) من ثيوكبريتات الصوديوم بإذابة ٦,٢٠٥ جرام لكل لتر من المياه.
- يوضع $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ فى ١ لتر من الماء السابق عليه وتبريده لطرده الأكسجين ثم يضاف له ٢ جرام من أيروكسيد الصوديوم.
- محلول قياسي (٠,٠٢٥ عيارى) من ثيوكبريتات الصوديوم للمعايرة ويحضر بتخفيف المحلول السابق ١٠ مرات، تقاس قوته بنقل ٢٠ مليلتر من محلول أيودات هيدروجينية (٠,٠١٢٥ عيارى) إلى ورق مخروطى يحتوى ١٠٠ مليلتر من الماء المقطر ويضاف له ٢ مليلتر من حمض الكبريتيك المركز متبوعاً بـ ٢ جرام يوديد بوتاسيوم ويعاير المحلول مع محلول ثيوكبريتات الصوديوم (٠,٠٢٥ عيارى) باستخدام النشا كدليل.
- تملأ قارورة القياس ذات الفوهة الضيقة وسعة ٣٠٠ مليلتر وذات غطاء زجاجى مصنفى بالماء ويضاف تحت سطح الماء ٠,٧ مليلتر من حمض الكبريتيك المركز (يحظر إضافة أكثر من ذلك)، ١ مليلتر من محلول برمنجنات البوتاسيوم، ١ مليلتر من محلول فلوريد البوتاسيوم ويجب أن يكون لون المحلول قرمزي دالاً على وجود زيادة من البرمنجنات. تغطى القارورة وتقلب لخلط محتوياتها ويضاف ٠,٥ إلى ١,٠ مليلتر من محلول ٢% أكسالات لإزالة لون البرمنجنات (٢ إلى ١٠ دقيقة) ثم تخلط محتويات القارورة جيداً وتوضع فى الظلام لمدة ١٠ دقائق.
- يزال غطاء القارورة ويضاف ٢ مليلتر من كبريتات المنجنيز متبوعة بـ ٢ مليلتر من محلول (القلوى - اليوديد - الأزيد) ثم إغلاق القارورة واخلط المحتويات جيداً بقلب القارورة عدة مرات.
- يترك الراسب ليرسب ثم يضاف ٢ مليلتر من حمض الكبريتيك المركز بعد إزالة الغطاء مباشرة ثم يعاد الغطاء وترج جيداً حتى تمام ذوبان الراسب.
- يعاير اليود المنطلق بنقل ٢٠٣ مليلتر من المحلول الى ورق مخروطى ويعاير مع ٠,٠٢٥ عيارى محلول ثيوكبريتات (كل ١,٠ مليلتر من ٠,٠٢٥ عيارى ثيوكبريتات = ١,٠ ملليجرام أكسجين مذاب / لتر).

خطوات التجربة

يجب أن يكون الإلكترود صالحاً للاستعمال وغير جاف وذلك بأن يكون مملوءاً بمحلول كلوريد البوتاسيوم المركز والغشاء الحساس مشدوداً 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. املاً 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 فى 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 ليقراً 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 بالإلكترود مزود بسلك طويل ومثبت فى قضيب من الحديد لغمره 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 الصحي، 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 سم^٣.
 ٤. ماصة سعة ١٠ سم^٣.
 ٥. جهاز قياس الأكسجين المذاب أو الأدوات المستخدمة فى قياس الأكسجين بطريقة "ونكلر".

- الكيمائيات المستعملة**
١. محلول الفوسفات.
 ٢. محلول كبريتات الماغنسيوم.
 ٣. محلول كلوريد الكالسيوم.
 ٤. محلول كلوريد الحديدك.
 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، وفي حالة المخلفات الصناعية عندما يحتمل أن يزداد تركيز (BOD)، فإنه يمكن استخدام (١, ٠) من حجم العينات التي تخفف. وبذلك يمكن اختبار عينات من تركيز ١٠٠٠ - ٣٠٠٠ ملجم/لتر. ويجب مراعاة أن يبقى في العينة ١-٢ ملجم/لتر أكسجين مذاب غير مستهلك بعد مدة خمسة أيام تحضين لكي 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 لفقااعات الهواء من الاحتباس في 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 ^٣	الأكسجين الحيوى المستهلك (BOD) ملجم/لتر
٣ سم ^٣	٢١٠ - ٥٦٠
٦ سم ^٣	١٠٥ - ٢٨٠
٩ سم ^٣	٧٠ - ١٨٧
١٢ سم ^٣	٥٣ - ١٤٠
١٥ سم ^٣	٤٢ - ١١٢
١٨ سم ^٣	٣٥ - ٩٤
٢١ سم ^٣	٣٠ - ٨٠
٢٤ سم ^٣	٢٦ - ٧٠
٢٧ سم ^٣	٢٤ - ٦٢
٣٠ سم ^٣	٢١ - ٥٦
٤٥ سم ^٣	١٤ - ٣٧
٦٠ سم ^٣	١١ - ٢٨
٧٥ سم ^٣	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:

$$\begin{aligned} \text{تركيز الأكسجين فى بداية التجربة} &= \text{أ ملجم/ لتر} \\ \text{تركيز الأكسجين فى نهاية مدة التحضين} &= \text{ب ملجم/ لتر} \\ \text{كمية (BOD) فى العينة} &= \text{نسبة التخفيف} \times (\text{أ} - \text{ب}) \\ &= \text{ملجم/ لتر} \end{aligned}$$

٥ - قياس الأكسجين المستهلك كيميائياً

قياس الأكسجين المستهلك كيميائياً والمكافئ للمواد العضوية الكلية بمياه الصرف الصحي (COD) "Chemical Oxygen Demand".

الغرض من التجربة يمكن أكسدة جميع المواد العضوية في عينة المياه بواسطة ثنائي كرومات البوتاسيوم المحمضة بحامض الكبريتيك في 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 الضروري ملاحظة أن هذه التجربة هي مقياس لجميع المواد العضوية في العينة وليست فقط كمية المواد العضوية التي 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. مخبر مدرج سعة ٥٠ سم^٣.
٢. ماصة ١٠ سم^٣ بطرف واسع للعينة.
٣. ماصة ١٠ سم^٣.
٤. كرات زجاج (مادة موزعة للحرارة).
٥. كأس مخروطي ٢٥٠ سم^٣ مركب على فوهته مكثف (Reflux).
٦. ورق عياري ١ لتر.
٧. سخان كهربائي بضابط حراري منظم من ١٥٠ - ٣٠٠ م.
٨. سحاحة مدرجة ٥٠ سم^٣ وحامل للسحاحة.
٩. ورق مخروطي.

- الكيمائيات المستعملة**
١. محلول قياسي من ثنائي كرومات البوتاسيوم قوة ٠,٠٢٥ ع.
 ٢. محلول كبريتات الفضة في حامض الكبريتيك المركز.
 ٣. كاشف الفريون (Ferrion indicator So1).
 ٤. كبريتات الحديدوز النوشادري 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^٣ 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^٣ بالماء المقطر.
 ٥. أضف بكل دقة ١٠ سم^٣ من محلول ثنائي كرومات البوتاسيوم العيارى.
 ٦. أضف مقدار ٣٠ سم^٣ من خليط حامض الكبريتيك وكبريتات الفضة بواسطة استعمال المخبر على جدران الدورق من الداخل مع ملاحظة توجيه فوهة الدورق بعيداً عن ملابسك ووجهك، أى فى الاتجاه المضاد، ويترك حتى يبرد.
 ٧. يتم تركيب الدورق فى المكثف وعلى سطح سخان الكهرباء، ولاحظ أن مياه التبريد تمر فى المكثف.
 ٨. ابدأ رفع درجة الحرارة الى ١٥٠°م.
 ٩. ابدأ بتجهيز "البلائك" 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) =

$$\frac{\text{قراءة العينة} - \text{قراءة البلانك}}{\text{حجم العينة}} \times ٨٠٠٠ \times \text{عيارية كبريتات الحديدوز النشادرية}$$

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 ٢٠ سم^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 أوميكروموه/سم) فى هذا المعامل ينتج كمية المواد الذائبة (ملجم/ لتر).

جهاز قياس التوصيل الكهربائى

(Conductometer)

التوصيل الكهربى للماء (قياس قابلية الماء للتوصيل الكهربى) يتناسب مع القوة الأيونية للماء ويعتمد على طبيعة المواد الأيونية الذائبة فى الماء وتركيزها ودرجة حرارة القياس، والوحدة القياسية للتوصيل الكهربى تعطى بوحدة سيمنز/ متر.

ولقياس التوصيل الكهربى يجب معرفة ثابت الخلية والذى يقاس بمعرفة محلول قياسي من كلوريد البوتاسيوم وكذلك يجب معرفة درجة الحرارة وأخذها فى الاعتبار عند قياس التوصيل الكهربى.

ويجب أن تترك الخلية دائماً فى الماء عند عدم الاستعمال كما يجب أن تجرى القياسات فى موقع أخذ العينة وإن تعذر ذلك تجرى عملية القياس فى أسرع وقت ممكن من وقت أخذ العينة، ويعرض الشكل رقم (١٠-٥) جهاز قياس التوصيل الكهربائى.



شكل رقم (١٠-٥)
جهاز قياس التوصيل الكهربائي

معايرة جهاز قياس التوصيل الكهربائي

يتم إجراء معايرة جهاز قياس التوصيل الكهربائي طبقا لما يلي:

- يحضر محلول قياسي ٠,٠١ عيارى من كلوريد البوتاسيوم بإذابة ٧٤٥,٦ ملليجرام من كلوريد البوتاسيوم اللامائي الجاف فى لتر من ماء التوصيل عند درجة حرارة ٢٥°م (هذا المحلول القياسى يجب أن يعطى توصيل قيمته ١٤١,٢ $\mu\text{mhos/cm}$ or mS/m).
- يحفظ المحلول فى عبوة بيركس مغطاة جيدا.
- تغسل خلية التوصيل الكهربائي ٣ مرات على الأقل بمحلول ٠,٠١ عيارى من كلوريد البوتاسيوم قبل القياس وتضبط درجة الحرارة عند ٢٥,٠ $\pm$ ٠,١°م.
- يمكن تصحيح توصيل محلول ٠,٠١ عيارى من كلوريد البوتاسيوم عند درجات حرارة مختلفة باستخدام العلاقة:

$$(\text{mS/m}) = [141.2 \text{ mS/m}] / [1 + 0.0191 (t-25)]$$

أو العلاقة

$$[\mu\text{mho/cm}] = [1412 \mu\text{mho/cm}] / [1 + 0.0191 (t-25)]$$

- بعد مراجعة وحدة التعبير عن التوصيل على الجهاز يضبط ثابت الخلية ليعطى قراءة التوصيل المقابلة للمحلول.

الاحتياطات

١. تحفظ الخلية أو أقطاب التوصيل في ماء مقطر في 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

$$\text{Conductivity at } 25^{\circ}\text{C} = \frac{\text{Conductivity Reading (ms/m or } \mu \text{ mho/cm)}}{1 + 0.0191 (T-25)}$$

حيث:

T هي درجة الحرارة التي يجرى عندها القياس.

وحدة القياس: milli Siemens / meter or micro siemens/ cm

تفسير النتائج

هو رقم للتعبير عن قابلية المحلول المائي 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.

وتقدير الشحوم والزيوت فى محطة المعالجة يساعد على تحديد كفاءة المحطة وتحديد المتاعب التى تنتج من التخمر أو تجفيف الحماة.

طرق جمع العينات تجمع العينات فى أوعية زجاجية ذات فوهة واسعة ويمكن أن تحفظ العينة بإضافة حمض الكبريتيك أو الهيدروكلوريك 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 لتحديد 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 فى حمام مائى ويوزن بعد التجفيف وتنسب النتيجة إلى ملجم/ لتر.

٨ - الأمونيا Ammonia

جمع العينات

يجب مراعاة الأسس السليمة التالية لجمع العينات حتى لا تتأثر 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 فوراً لمنع التفاعل مع الأمونيا.
- في حالة عدم إمكان إجراء التحليل الفوري 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 الى 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 اعتماداً 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 في عملية المعالجة ويجب مراجعتها.

تأثير الأمونيا على أعمال المعالجة والبيئة

تسبب الأمونيا بعض المشاكل في المعالجة مثل زيادة جرعة الكلور المطلوبة وازدياد الطلب على الأكسجين في المياه المستقبلية للمخلفات وبالتالي تؤدي 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 ملجم/ 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:

$$\text{NH}_3 - \text{N} = \frac{A \times 1000}{D} \times \frac{B}{C}$$

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 فى 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 يجرى تحليلها.
٥. فى حالة وجود المواد العضوية فى القياس بأجهزة الاسبكتروفوتوميتر فى العينات يتم القراءة عند ٣٧٠ نانومتر.

جهاز قياس طيف الإمتصاص المرئي وفوق البنفسجي (سبكتروفوتومتر) UV-Vis - Spectrophotometer

تستخدم هذه الأجهزة في تقدير العديد من المواد (المؤشرات) مثل النترات والأمونيا والفوسفات وبعض العناصر المعدنية وذلك بإدخال هذه المواد في تفاعلات تنتج عنها ألوان ذات أطوال موجات محددة يمكن قياسها، ويوجد نوعان من هذه الأجهزة:

١. أحادى الشعاع (Single Beam)

حيث يخرج من المصدر شعاع واحد ويسمح بمروره في العينة ومرة أخرى في محلول الغفل ويؤخذ الفرق.

٢. ثنائى الشعاع (Double Beam)

حيث يخرج من المصدر شعاع واحد ويسمح بمروره على قاسم شعاع حيث ينفصل إلى شعاعين يمر أحدهما بعد ذلك خلال العينة والآخر في محلول الغفل ويؤخذ الفرق بينهما.

ويتكون جهاز طيف الامتصاص المرئي الموضح في الشكل رقم (١٠-٦) من الأجزاء الآتية:

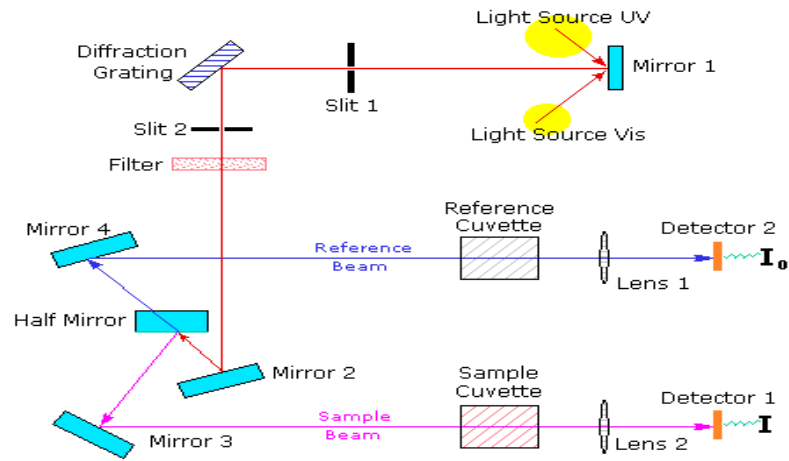
المصدر: وهو لمبة تنجستن لها انبعاث قوى ومستمر وتعطى حزمة ضوئية طول الموجة لها من ٣٥٠ الى ٨٠٠ نانومتر.

محدد طول الموجة: وهو منشور (أو محرز) ويقوم بتفكيك الحزمة الضوئية إلى أطوال موجات وإمرارها خلال العينة.

وعاء العينة: وهو خلية زجاجية (أو كوارتز) ذات سمك محدد ودقيق توضع به العينة (ومحلول الغفل).

الكاشف: وهو أنبوبة تكبير للفوتونات الساقطة عليها وتحويل الأشعة الساقطة إلى تيار كهربى يمكن قياسه.

مسجل: لتسجيل منحنيات الامتصاص.



شكل رقم (١٠ - ٦)

جهاز قياس الطيف المرئى وفوق البنفسجية (سبكتروفوتومتر) ثنائى الشعاع

٩ - الفوسفات

جمع العينات وتجهيزها يجمع ما لا يقل عن ١٠٠ سم^٣ من العينة في إناء زجاجي 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 في أوعية بلاستيك لأن الفوسفور يمكن أن يمتص على جدار الوعاء.

ويقسم الفوسفور إلى (فوسفور عضوي) في المواد العضوية ومركب فوسفوري غير عضوي (بولي فوسفات) المستخدم في المنظفات وكذلك (الأورثوفوسفات) الغير عضوي الذائب وهو المركب متاح للاستخدام البيولوجي والنتاج من سلسلة تكسير المواد العضوية.

وفي حالة تعيين الفوسفات المذاب ترشح العينة مباشرة أو تحفظ بالتبريد حتى أقل من ١٠ م° ويضاف ٤٠ ملجم/ لتر من كلوريد الزئبق.

في حالة تعيين الفوسفات الكلي يضاف اسم^٣ من حمض الهيدروكلوريك المركز لكل لتر أو يبرد إلى التجمد بدون إضافات. ويتم هضم العينة لأكسدة المواد العضوية لإطلاق الفوسفور في شكل أورثوفوسفات ويجب أن يتم تحليل العينات خلال ٤٨ ساعة.

أساس طريقة القياس يقاس الأورثوفوسفات بتفاعله مع موليدنات الأمونيوم الذي يتم اختزاله ليعطى لوناً أزرقاً يعرف بأزرق الموليبدنم وترتبط درجة لونه مع تركيز الفوسفات بالعينة، ويتم قياس هذا اللون باستخدام جهاز قياس الطيف عند طول موجي مناسب لامتناس الكثافة الضوئية للأورثوفوسفات.

وتقاس الفوسفات الكلية العضوية وغير العضوية بإجراء عملية هضم مسبقة لتحويل الفوسفور إلى أورثوفوسفات الذي يُقدر بطريقة أزرق الموليبدنم.

الحسابات

يقاس معامل النفاذ عند الطول الموجي المناسب ومن القراءة يتم حساب تركيز الفوسفات باستخدام المنحنى القياسي المعد لذلك مع مراعاة حجم العينة المستخدم كالتالي:

$$\text{تركيز الفوسفات} = \frac{\text{القراءة من المنحنى القياسي بالمللي جرام } 1000 \times}{\text{حجم العينة}}$$

مصادر التلوث وطرق التخلص من الفوسفات:

يحتوى الصرف الصحي 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 عنصراً أساسياً فى عملية التمثيل الغذائى للمواد العضوية ووجودها فى محطة المعالجة ضرورى لعمليات المعالجة البيولوجية لمياه الصرف الصحي، ولكن عندما توجد بكميات زائدة تخلق مشكلة مسببة نمواً كبيراً للنباتات المائية مما يسبب نقصاً 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 الحديدك).

١٠ - قياس الكلور المتبقى بطريقة محلول DPD

عند إضافة كاشف N, N-diethyl-p-phenylenediamine (DPD) إلى عينة ماء، يتفاعل الكلور الحر المتاح في الحال لينتج لوناً أحمر. وتوجد أجهزة خاصة لقياس درجات اللون حسب كمية الكلور المتبقى.

خطوات قياس الكلور 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 في 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) وي طرح قيمته من الكلور المتبقى ليعطي (الكلور المتحد).

حسابات جرعات

- ١ - لإيجاد كمية الكلور الغاز (بالكجم) اللازمة لإضافة جرعة محددة إلى مقدار معلوم من الماء يتم استخدام المعادلة التالية:

الكلور

كمية الكلور المطلوبة (كجم)

$$= \text{كمية المياه (م}^3\text{)} \times \text{الجرعة (ملجم/ لتر)} \times 0.001$$

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 = $٢١٠٠٠ \times ٤ \times ٠,٠٠١ = ٨٤$ كجم كلور

٢- لإيجاد مقدار هيبوكلوريت الكالسيوم المطلوب ليعطى ٨٤ كجم كلور،

فإن:

$$\frac{\text{الكلور المطلوب (كجم)} \times ١٠٠}{\text{تركيز الهيبوكلوريت } \%} = \text{كمية الهيبوكلوريت بالكجم}$$

مثال:

ما كمية هيبوكلوريت الكالسيوم (٦٥٪) المطلوبة إذا علمت أن مقدار الكلور المطلوب هو ٨٤ كجم؟

$$\text{الكمية} = \frac{١٠٠ \times ٨٤}{٦٥} = ١٢٩,٢٣ \text{ كجم}$$

أهمية إضافة الكلور يتم إضافة الكلور إلى المياه أو المخلفات السائلة للتأكد من مطابقتها من الناحية البكتريولوجية أو لتحسين الخواص الطبيعية والكيميائية للمياه.

١١ - القلوية Alkalinity

مقدمة

القلوية الكلية للمياه أو المخلفات السائلة هي 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 ثاني أكسيد الكربون مع المواد القاعدية الموجودة في التربة.

وتحتوى المياه الطبيعية في بعض الأحيان على كميات محسوسة من أملاح الكربونات والمواد الهيدروكسية، لذا فإن قلوية المياه الطبيعية ترجع أساسا إلى أملاح الكربونات والبيكربونات والهيدروكسيديات أما أملاح اليورات والبورات والسليكات والفوسفات فإن تأثيرها محدود جدا ولا يذكر.

يتراوح المدى المعتاد للقلوية للمياه الخارجة والداخلية من ٥٠-٥٠٠ ملجم/لتر.

طريقة التحليل

تستخدم طرق المعايرة باستخدام الكواشف (الاتزان بين القاعدة والحمض) أو باستخدام جهاز الرقم الهيدروجيني (الطريقة الإليكترومترية).

وتتم معايرة حجم معلوم من العينة في ورق زجاجي بحمض قياسي معلوم التركيز (حمض كبريتيك ٠,٠٢ عياري) مع استخدام دليل الميثيل البرتقالي أو جهاز الرقم الهيدروجيني للوصول إلى نقطة التعادل حيث يعاير المحلول حتى يصل إلى أس أيديروجيني ٤,٥ وفي حالة المياه المحتوية على نسبة عالية من الأحماض يعاير حتى يصل إلى أس أيديروجيني ٣,٩.

الاحتياطات:

١. لا يجب ترشيح أو تخفيف أو تركيز عينة القياس.
٢. لا تفتح القارورة المحتوية على العينة إلا قبل التحليل مباشرة.
٣. التأكد من عدم وجود زيوت أو شحوم بدرجة عالية.

طريقة الحساب:

$$\text{القلوية الكلية} = \frac{أ \times ع \times ٥٠ \times ١٠٠٠}{\text{حجم العينة بالمللتر}} \quad (\text{ملجم/لتر})$$

حيث:

أ = الحجم المستخدم من الحمض في المعايرة بالمليلتر
 ع = عيارية الحمض
 وحدة القياس: mg/L as CaCO₃

تفسير النتائج

تُعزى قلوية المياه لوجود هيدروكسيدات - كربونات - بيكربونات بعض عناصر الاقلاء، ويؤدي ارتفاع قلوية المياه إلى تزايد التكاثف البيولوجي. وتحسب قلوية المياه بإضافة حمض الكبريتيك في وجود دليل الفينولفثالين والميثيل البرتقالي. ولا توجد أضرار من المياه المحتوية على قلوية حتى ٤٠٠ ملجم/ لتر وعادة ما تكون مياه الصرف الصحي قلوية.

١٢ - درجة الحرارة

أسباب التغير في
درجة الحرارة

تساعد درجة الحرارة في اكتشاف التغيرات التي تحدث في نوعية مياه الصرف الصحي حيث أن الانخفاض في درجة الحرارة يشير إلى وجود تسرب لمياه الرشح الأرضي إلى داخل شبكة مواسير الصرف الصحي، وكذلك وجود ارتفاع في درجة الحرارة يشير إلى وصول مياه ساخنة من مخلفات الصناعة إلى محطة المعالجة.

وقياس درجة الحرارة من أساسيات تشغيل المحطة وتستخدم في حساب درجة تشبع المياه بالأكسجين الذائب.

وتتأثر عملية الترسيب بدرجة الحرارة حيث تزداد كفاءتها عند ارتفاع درجة الحرارة عنها في حالة انخفاض درجة الحرارة.

ويمكن قياس درجة الحرارة في مكان أخذ العينة وعادة تقاس درجة الحرارة في مكان أخذ العينات اللحظية لأنها تتغير بسرعة.

وتقاس الحرارة باستخدام الترمومومتر، ومعظم الأجهزة الخاصة بالقياس مثل الرقم الهيدروجيني والتوصيل الكهربائي والأكسجين المذاب مزودة بأجهزة قياس داخلية لقياس درجة الحرارة وتظهر قيمتها على الشاشة أوتوماتيكياً. والمدى العادي لاختبار درجة الحرارة يكون كالتالي:

العينة	المدى العادي
مياه الصرف الخام	١٨-٢٩°م
مياه الصرف بعد المعالجة	١٦-٣٥°م أو أكثر في بحيرات الأكسدة
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.

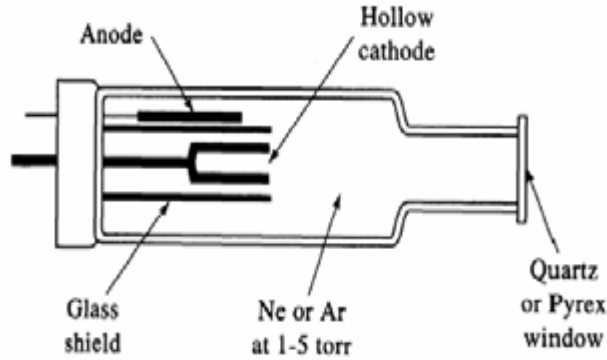
طرق القياس

يتم قياس الحديد والمنجنيز بالطريقة الكيميائية بالطرق اللونية باستخدام جهاز الاسبكتروفوتوميتر أو باستخدام جهاز الامتصاص الذرى أو جهاز حث البلازما المزدوج ICP. ويلزم هضم العينة مع حمض النيتريك والتبخير ثم الإذابة فى الماء قبل القياس لتحويل العناصر إلى الصورة الذائبة.

جهاز قياس طيف الإمتصاص الذرى Atomic Absorption Spectrometer

تستخدم هذه الأجهزة فى قياس العناصر الفلزية وتعتمد هذه الأجهزة على قياس امتصاص الأشعة الكهرومغناطيسية بواسطة الذرات الحرة فى الصورة الغازية. لذلك يحول العنصر المراد تقديره الى الصورة الغازية باستخدام لهب أو فرن جرافيتى ويسمح للأشعة الذرية الناتجة باستخدام لمبة كاثود مجوفة خاصة بذلك العنصر بالمرورى بخار العنصر فتمتص ذرات العنصر جزء من الاشعة المارة وتسجيل كثافة الأشعة المارة فى العينة يمكن تحديد الكمية الممتصة بالنسبة للتركيز ويمكن تقدير كميات صغيرة جدا من العنصر بهذه الطريقة (١٠-١٢ جم أو أقل من العنصر) ويتكون جهاز طيف الامتصاص الذرى من الأجزاء الآتية:

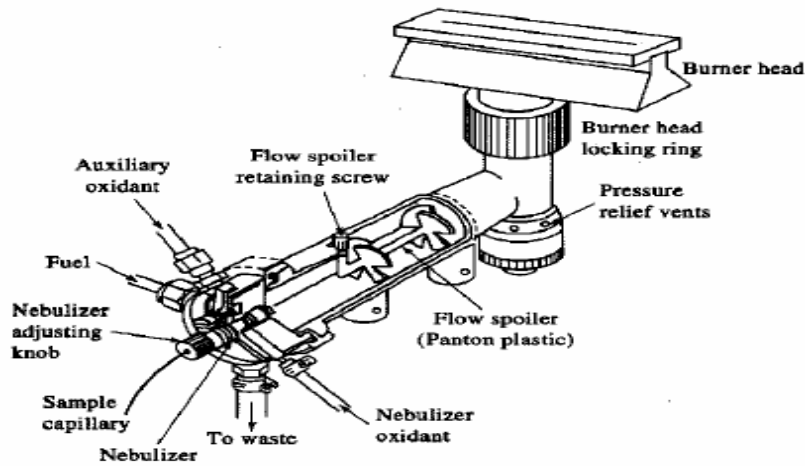
مصدر: وهو أنبوبة كاثود جوفاء مصنوعة من نوع من العناصر عند توصيلها بالتيار الكهربى تعطى إشعاعات ذرية خاصة بهذا العنصر، ويوضح الشكل رقم (١٠-٧) نموذج للمبات الكاثود الجوفاء مصدر الأشعة الذرية.



شكل رقم (١٠-٧)

لمبة الكاثود الجوفاء مصدر الاشعة الذرية

مصدر حراري: ويقوم بتحويل محلول العنصر الى ذرات في الحالة البخارية والمصدر إما أن يكون فرن جرافيتي أو موقد حيث يسمح للوقود (استيلين او هيدروجين) بالاختلاط بالمادة المؤكسدة (أكسجين أو أكسيد نيتروز) ومحلول العينة في غرفة، ويسمح لهذا المخلوط بالاشتعال فتتكون ذرات في الحالة البخارية في اللهب كما هو موضح في الشكل رقم (١٠-٨).



شكل رقم (١٠-٨)

موقد الإستهلاك الكلي

الكاشف: وهو أنبوبة تكبير للفوتونات الساقطة عليها وتحويل الأشعة الساقطة إلى تيار كهربى يمكن قياسه

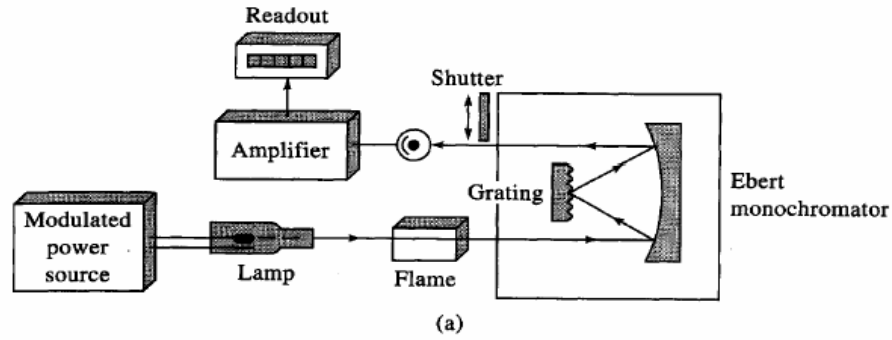
مسجل: لتسجيل النتائج رقميا او بالرسم

وهناك نوعين من هذه الأجهزة: أحادى الشعاع وثنائي الشعاع.

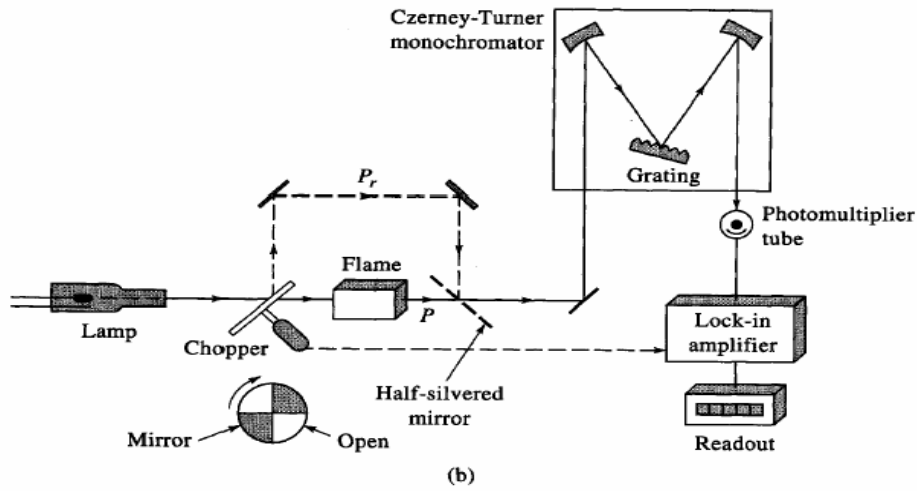
معايرة جهاز قياس طيف الإمتصاص الذرى

- تركيب لمبة الكاثود المجوفة الخاصة بالعنصر المراد قياسه وتحدد طول موجة القياس لهذا العنصر ويشغل الجهاز ويستخدم التيار المناسب للمبة.
- يترك الجهاز ليسخن حتى تثبت طاقة المصدر (١٠ - ٢٠ دقيقة) ثم يعاد ضبط التيار بعد تسخين الجهاز وكذلك طول موجة القياس إذا لزم الأمر.
- يركب الموقد المناسب ويضبط ارتفاعه ويمرر غاز الإحتراق والغاز المؤكسد بسرعة مناسبة كما حددها مصنع الجهاز ويشعل اللهب ويترك ليثبت لعدة دقائق.
- يدخل المحلول الغفل المكون من الماء المقطر المحتوي على نفس الحامض ونفس التركيز بالعينات ويضبط قراءة الجهاز عند الصفر.
- يتم إدخال (٣) تركيزات من محلول العنصر القياسى فى اللهب ويسجل الإمتصاص لها.
- يضبط وضع الموقد للحصول على أعلى استجابة.
- تستخدم المحاليل المرجعية للعنصر في رسم منحنى معايرة قياسى يبين العلاقة بين التركيز والإمتصاص. ويستخدم المنحنى فى قياس تركيز نفس العنصر فى عينات مجهولة.

ويوضح الشكل رقم (١٠ - ٩) رسم تخطيطى لجهاز قياس طيف الامتصاص الذرى أحادى ومزدوج الشعاع.



أ. جهاز أحادي الشعاع



ب. جهاز مزدوج الشعاع

شكل رقم (٩ - ١٠)

رسم تخطيطي لأجهزة قياس طيف الامتصاص الذري

تعتمد الطريقة على هضم العينة مع حمض النيتريك والتبخير ثم الإذابة في الماء وقياس طيف الإمتصاص المناسب للعناصر.

أساس طريقة القياس

الاحتياطات

١. تحميض العينات وإجراء عملية هضم كاملة.
٢. قياس طيف الإمتصاص عند الطول الموجي المناسب للعنصر.
٣. عمل منحنى قياس بتركيزات تتناسب مع ما هو متوقع في العينة.

تفسير النتائج

يتراوح تأثير العناصر الموجودة في مياه الشرب أو الصرف الصحي بين ما هو غير ضار، وما قد يؤدي إلى مشاكل، وما هو سام وذو خطورة عالية، وفيما يلي أمثلة لهذه العناصر وتأثيرها:

أ - عنصر الرصاص:

وهو عنصر سام بالتراكم، وتتسبب المياه المحتوية عليه في الإصابة بالإمساك - الاضطرابات المعوية - الأنيميا - الشلل التدريجي للعضلات، ويستخدم في 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 الزراعي والصرف الصحي.

ج - عنصر الحديد:

غير ضار، ولكن وجوده بتركيز عال يجعل للمياه طعماً غير مستساغ، كما أنه عندما تتعرض المياه المحتوية عليه للأكسجين فإن الحديد يترسب ويؤدي إلى ظهور بقع في الغسيل والأحواض.

د - عنصر المنجنيز:

وجود كميات ضئيلة منه يؤدي إلى مشاكل كثيرة، والكميات الكبيرة منه سامة، ومصدره غالباً التلوث الصناعي.

١٤ - معدل التنفس

مقدمة

تستخدم هذه التجربة لتعيين معدل استهلاك الأكسجين للعينة (الحمأة المنشطة مثلاً) خلال فترة زمنية.

وهي تجربة مهمة في الدراسات المعملية وفي وحدات التجارب كما هي مهمة في تشغيل محطات المعالجة التي تعمل بأقصى طاقة لها، وعند استخدام هذه التجربة في المعمل بشكل روتيني فإنه يجب الأخذ في الاعتبار الظروف البيئية لأن ظروف التجربة ليست كظروفها في مكان أخذ العينة حتى لا تكون النتائج المقاسة غير معبرة عن معدل الاستهلاك الحقيقي للأكسجين

وتعطى هذه الطريقة مؤشر واضح لما يلي:

١. مدى تسمم البكتريا من مياه الصرف أثناء المعالجة البيولوجية.
٢. تقدير الأكسجين المطلوب استهلاكه في حوض التهوية.
٣. توضيح لنا بعض التغيرات التي تطرأ على ظروف التشغيل بالوحدة حتى يمكن تداركها في الوقت المناسب.

وتعتمد هذه الطريقة على ما يلي:

١. تقدير الأكسجين الذائب في 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 في السائل المخلوط وتسمى (MLVSS) ويحسب معدل استهلاك الأكسجين من العلاقة الآتية:

$$\text{معدل الاستهلاك} = \frac{\text{ميل المستقيم} \times 60}{\text{ملجم/لتر}} \div \text{MLVSS}$$

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.

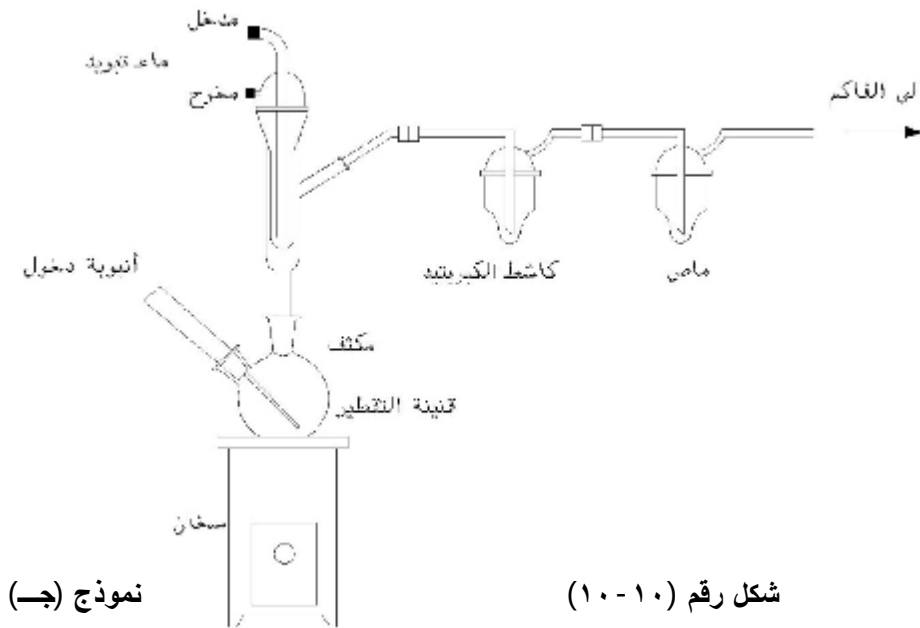
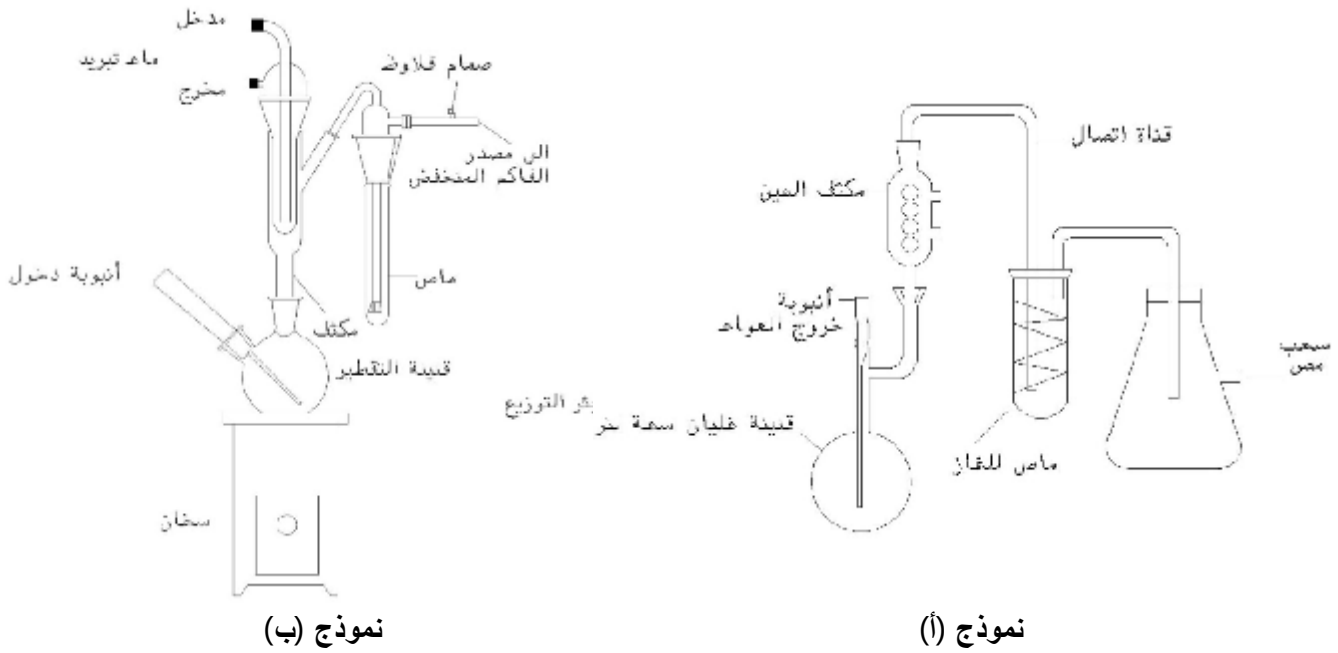
وفى حالة استخدام جهاز الرقم الهيدروجينى يغمس الإلكترود الخاص بالجهاز فى الحال فى زجاجة الإحتياج الأكسجينى الحيوى المحتوية على العينة والموضوعة فوق قلاب مغناطيسى بعد إزالة الكمية المنسكبة جراء وضع الإلكترود ويراعى أن تعزل المحتويات عن الجو. وفى وجود العينة ذات التركيز العالى (أكثر من ٥٠ مللجم/ لتر) تزيد درجات التقلب 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 في أيدروكسيد صوديوم وتقديره بالمعايرة الحجمية، أو بتحويله إلى كلوريد السيانوجين وتقديره طيفيا. ويستخدم أحد الأجهزة المبينة في الأشكال (١٠-١٠)، (١١-١٠)، (١٢-١٠) في عملية التقطير.



شكل رقم (١٠-١٠)
أجهزة قياس السيانيد (عملية التقطير)

الاحتياطات

١. يضاف حمض الاسكوريك في وجود الكلور في العينة.
٢. تحفظ العينة في وسط قلوي (أس أيروجيني أكبر من ١٢).
٣. تحلل العينة بمجرد جمعها.
٤. في حالة وجود النتريت أو النترات يجب إضافة حمض السلفاميك.
٥. في حالة وجود أحماض أليفاتية فإنها تدخل في التقدير ويجب إزالتها باستخلاصها بمذيب عضوي.
٦. في حالة وجود كبريتيد في العينة يجب إمرار الحمض المتطاير في خلات الرصاص.

طريقة الحساب

(١) طريقة المعايرة الحجمية:

$$CN = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{ml of original sample}} \times \frac{250 \times 26 \times N}{\text{ml of aliquot titrated}}$$

حيث:

- A = حجم نترات الفضة المستخدمة في معايرة العينة المأخوذة من ٢٥٠ سم^٣ هو الحجم الكلي.
- 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 السيانييد (ميكروجرام) من منحنى المعايرة.
- B = حجم العينة المأخوذة للمعايرة.
- C = حجم العينة المأخوذة للقياس الطيفي.
- وحدة القياس: µg/L.

التحليل البكتريولوجية

مقدمة

قد تحتوي المياه غير المعالجة بطريقة صحيحة على كائنات دقيقة تسبب الأمراض، ويستغرق الكشف عن أنواع محددة من هذه الكائنات والتي تسبب أمراضاً مثل الدوسنتاريا والتيفود وقتاً طويلاً، كما أنه يتطلب أجهزة خاصة. لذا يستعاض عن الكشف عن كل مسببات المرضية الموجودة في الماء بالكشف عن وجود البكتريا القولونية كمؤشر للتلوث.

ويعتبر خلو المياه من البكتريا القولونية مؤشراً لصلاحية المياه للاستخدام الآدمي من الناحية البكتريولوجية. وعلى العكس فإن وجود هذه البكتريا في في مياه الصرف المعالجة يعطى مؤشراً على عدم صلاحية هذه المياه لإعادة الاستخدام.

والبكتريا القولونية غير الغائطية لها قدرة على تخمر اللكتوز مع إنتاج غاز في ٤٨ ساعة عند درجة حرارة ٣٧°م (درجة حرارة جسم الإنسان). في 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 البكتريولوجي لعينات الصرف الصحي التي يتم تنقيتها وتطهيرها بالكلور لتحديد مدى كفاءة عملية التطهير.

وتحدد النوعية البكتريولوجية لمياه الصرف الصحي بما يعرف بقانون الحد الأعلى للتلوث (Maximum Contamination Limit, MCL) وهذا القانون يحدد ما يلي:

- الطريقة المستخدمة في القياس.
- عدد العينات المطلوبة للتحليل.
- حجم العينة المستخدمة في التحليل.

- الحد الأقصى للبكتريا القولونية الغائطية وغير الغائطية المسموح بها في مياه الصرف الصحي المعالجة.

- الاحتياطات الواجب اتباعها في التحاليل البكتريولوجية**
١. يجب إجراء التحليل بمجرد جمع العينة وإذا تأخر التحليل عن ساعة لاعتبارات النقل أو خلافه وجب وضع العينة في 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 في الاعتبار عند تفسير النتائج.
 ٣. تعقم كل الأدوات والمواد المستخدمة في الاختبار.
 ٤. عند إجراء كل تخفيف يجب الرج والخلط الجيدين.
 ٥. عند إجراء كل تخفيف وإزالة غطاء الأنابيب يجب إجراء ذلك في 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 في أكياس بلاستيك لمنع جفاف وسط الآجار.
 ٧. يجب مراقبة الزجاجات والأدوات والتأكد من خلوها من البقع ويستخدم صابون غير سام في الغسيل.
 ٨. تستخدم تجربة غفل دائماً مع العينة للتأكد من التعقيم.
 ٩. تستخدم قطعة من القطن في الماصات المستخدمة.
 ١٠. لا يعتد بنتائج عينات أجرى تحليلها بعد ٣٠ ساعة من جمعها حتى وإن حفظت في صندوق مبرد.
 ١١. تستبعد العينات التي لا يملكها بطاقة بيانات كاملة.

١. أجهزة قياس درجة الحرارة بدقة 0.5°C أو أقل وتختبر دورياً.
٢. حمام مائى (Water Bath) عند درجة حرارة 44.5°C ويستخدم معه ترمومتر مغمور بدقة 0.2°C .
٣. جهاز قياس وتسجيل درجة الحرارة متصل بالحمام المائى والأوتوكلاف.
٤. ميزان حساس (Sensitive Balance) حساسية ١ ملجم.
٥. جهاز قياس الرقم الأيروجينى (pH-meter) مزود بمحاليل منظمة ذات أرقام أيروجينية $4.0, 7.0, 10.0$ 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. ماصات (Pipettes) مختلفة الأحجام ومخابير مدرجة (Graduated Cylinders) سعات مختلفة.
٨. فرن هواء ساخن (Hot Air Sterilizing Oven) للتعقيم تقل درجة الحرارة فيه إلى $160 - 180^{\circ}\text{C}$.
٩. جهاز أوتوكلاف (Auto Clave) للتعقيم مزود بمسجل للضغط والوقت والحرارة.
١٠. ثلاجة (Refrigerator) لتخزين الأوساط والعينات والمحاليل تصل درجة الحرارة فيها $1 - 4^{\circ}\text{C}$ 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 وطللمبة تفريغ هواء (Vacuum Pump) ودورق ترشيح بالتفريغ (Vacuum Flask) وقمع ترشيح بقاعدة قطرها ٤٧ ملليمتر وغشاء ترشيح بقطر ٤٧ ملليمتر ومسامية ٤٥ ميكرون.
١٣. ميكروسكوب (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 وهي مصنوعة من زجاج البوروسليكات أو الصلب الذي لا يصدأ وفي حالة استخدام طريقة الترشيح الغشائي تستخدم أنية بلاستيك ٧٦ × ١٥مم.
١٦. أطباق بيتري (Petri Dishes) قطر ٤٧ ميللمتر مزودة بمخدات أسفنجية ويراعى استواء القاع وعدم وجود خدوش وذلك لتجانس الوسط وتحفظ الأنية المعقمة في علب من الألومنيوم.
١٧. أنابيب تخمير (Fermentation Tubes).
١٨. زجاجات عينات (Sampling Bottles) ذات سعة مناسبة (١٢٥ مليلتر) مصنوعة من الزجاج أو البلاستيك جيد الإحكام ومقاوم للمذيبات ويسهل تعقيمه. وقبل التعقيم في الأوتوكلاف يضاف ٠,١ مليلتر من ١٠% ثيوكبريتات الصوديوم لكل قارورة سعة ١٢٥ مليلتر 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 مليلتر.
٢١. أدوات متنوعة مثل كؤوس مخروطية وعادية سعة ٥٠، ١٠٠ سم^٣ و ١ و ٢ لتر بغطاء بلاستيك وملقط (Forceps) من الصلب الذي 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 في تخمر اللكتوز لينتج حامض وغاز عند درجة حرارة ٣٦°م في أقل من ٢٤ ساعة. وينتج الأندول في ماء البيبتون. ويتم تحديد عدد البكتريا القولونية بطريقتين قياسيتين كما يلي:

١. طريقة تخمر الأنابيب المتعددة (Multiple tube fermentation method)

٢. طريقة الترشيح الغشائي (Membrane filter method).

ويوضح الجدول رقم (١٠-٥) المتطلبات اللازمة لإجراء الاختبار بهاتين الطريقتين.

جدول رقم (١٠-٥)

التجهيزات المطلوبة للتحاليل البكتريولوجية

طريقة الترشيح الغشائي (MF)	طريقة العدد الأكثر احتمالية (MPN)	التجهيزات المطلوبة
+	+	أوتوكلاف يعمل عند ضغط ١٥ رطل/ بوصة ^٢
+	+	فرن يعمل عند درجة حرارة ١٦٠ - ١٧٠°م
+	+	ثلاجة
+	+	وعاء لتجميع العينة من الصلب الذي لا يصدأ
-	+	أنابيب
+	-	أطباق بترى
-	+	أنابيب درهام
+	-	أغشية ترشيح
+	+	أنية لتحضير الأوساط من صلب لا يصدأ
+	-	جهاز ترشيح
+	-	موقد (بنزن)
+	-	ملقط
-	+	حامل لأنابيب الزرع
-	+	قطع قطن
+	+	جهاز قياس الرقم الأيروجيني
+	+	ماصات ١، ٠ - ١ - ٥ - ١٠ - ٢٠ سم ^٣
+	+	مخبر مدرج
+	+	إناء للماصات
+	+	وعاء تخفيف
+	+	صندوق تبريد
+	+	أنية تجميع ١٠٠ - ٢٥٠ - ٥٠٠ - ١٠٠٠ سم ^٣
+	-	عدسة مكبرة
+	+	حضانة عند درجة حرارة ٤٤,٥°م

١٦ - طريقة تخمر الغرض من الطريقة:

الأنابيب المتعددة 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 الأولي.

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 لبكتيريا القولون وليست نتيجة لنشاط أى أنواع أخرى من البكتيريا.

- الاختبار المكمل (Complete test) هو الاختبار القياسى لتعيين مدى مطابقة المياه للمعايير القياسية وصلاحياتها 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 الاختبارات 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

الاحتمالي "MPN". لهذا السبب تسمى طريقة العدد الاحتمالي 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 التي تم زرعها. وفي النهاية يتم تعيين العدد الاحتمالي بالرجوع إلى جدول الأعداد الاحتمالية أو باستخدام القانون الآتي:

العدد الاحتمالي =

$$\frac{\text{عدد العينات التي أعطت نتائج إيجابية} \times 100}{\sqrt{\text{عدد الملليترات من العينات التي أعطت نتائج سلبية} \times \text{عدد الملليترات من العينات في كل الأنبوب}}}$$

وهناك عدة طرق مختلفة لزرع العينة منها:

- الزرع المبدئي لخمس أجزاء كل منها ١٠ مللى لتر ويستخدم في اختبار نوعية مياه الشرب. وحتى يكون الاختبار أكثر حساسية تنفذ هذه الطريقة وتطبق باستخدام خمس أجزاء كل منها ١٠٠ مللى لتر من العينة وهي مفضلة في كثير من محطات المعالجة.
- الزرع بطريقة السلسلة العشرية وهي: زرع خمس أجزاء كل منها ١٠ مللى لتر، خمس أجزاء ١ مللى لتر، خمس أجزاء ٠,١ مللى لتر. وتطبق في اختبار المياه الأقل في النوعية من مياه الشرب. وعندما يكون معلوماً أن بكتيريا المجموعة القولونية موجودة، ويكون الغرض من هذا الاختبار في هذه الحالة هو تعيين العدد.

ويمكن توضيح السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها) بالنسبة لكثافة بكتيريا المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مللى لتر في الجدول رقم (١٠-٦).

جدول رقم (١٠-٦)
كثافة المجموعة القولونية المتوقعة

السلسلة العشرية (خمس أنابيب لكل منها)	كثافة المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مل
١٠، ١، ٠,١ مللى لتر	٢ - ٥٤٢
١، ٠,١، ٠,٠١ مللى لتر	٢٠ - ٥٤٢٠
١، ٠,٠١، ٠,٠٠١ مللى لتر	٢٠٠ - ٥٤٢٠٠
١، ٠,٠٠١، ٠,٠٠٠١ مللى لتر	٢٠٠٠ - ٥٤٢٠٠٠

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 مراعاة الإحتياطات التالية عند جمع العينات:

- **مراعاتها عند جمع العينة** 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 العملية:**أ- الاختبار الاحتمالى:**

١. جهاز 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 (التي 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 تلقح بعد تعقيمها باللهب ثم نبردها قبل إجراء كل عملية نقل.
٢. أعد المزارع إلى الحضانة ليجرى تحضينها 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.

ج - الاختبار المكمل:

- عقم باللهب إبرة التلقيح وأغمرها داخل مزرعة الاختبار التأكيدي الإيجابية التي 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 الثاني والثالث بنفس الطريقة.
- تغطى أطباق بترى وتحضن لمدة ٢٤ + ٢ ساعة عند ٣٥ درجة مئوية وهي وفي 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 قائم عند رؤيتها خلال قاع طبق بترى. وعند رؤيتها من السطح العلوى قد يكون لها لمعان ذهبي 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.

١٧ - 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 لبكتيريا 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 العددي فضلاً عن النوع على سبيل المثال عندما نرغب فى معرفة عدد بكتيريا المجموعة القولونية فى مصادر المياه الخام (الصرف) أو المياه التى تجرى معالجتها (الترع)، 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 لبكتيريا المجموعة القولونية.

جدول رقم (١٠-٧)

الأحجام المقترحة للعينات التى يجب ترشيحها

حجم العينة الذى يجب ترشيحه (مللىتر)	مستعمرات المجموعة القولونية المتوقعة لكل ١٠٠ مللى لتر
١٠٠	١ إلى ٨٠
٢٥	٨١ إلى ٣٢٠
٥	٣٢١ إلى ١٣٠٠
٢	١٣٠١ إلى ٤٠٠٠
٠,٥	٤٠٠١ إلى ١٦٠٠٠

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 إيرلين ماير ذو جدار 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 المتقنب 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 (وهو الغالب) أو من الزجاج وبأشكال وتصميمات عديدة.

ويلف الجزئين السفلى والعلوى فى ورق الألومنيوم 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 غسلها وتعقيمها.

أغشية الترشيح:

ذات قطر ٤٧ - ٥٠ مليلتر 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.

ملقاط.

جهاز عد المستعمرات:

ذو عدسة تكبير قوة (من ٤ الى ٥) أو ميكروسكوب تشريح مزدوج العينية ذو إضاءة مناسبة.

المحاليل والبيئات:

ماء تخفيف منظم (وهو محلول الفوسفات المنظم المخفف) - (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 أعطية 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 في حوالي ٢ مللى لتر تقريباً، ولكن لا يمكن تحديدها تماماً. وتوضع الكمية الكافية من وسط الزرع حتى تنتشع 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 الشبكي الشكل لأعلى على الجزء القاعدي 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. ولكي يحتفظ بالملقاط معقماً يجب حفظه بحيث تكون حافته مغمورة فى حوالي ٣ سم من الكحول الايثيلي أو الميثيلي. وعند استعمال الملاقط اشعل الكحول المبلل لحافة الملاقط مع مراعاة أنه لا يجب أن يتعرض الملاقط للهب لفترة أطول من الفترة اللازمة لإشعال الكحول.
٥. أجمع وحدة الترشيح ب تثبيت الجزء العلوى (القمع) فى الجزء القاعدي، 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 بـ ٢٠ - ٣٠ مللى لتر من ماء التخفيف المعقم. كرر الشطف بعد مرور كل ماء الشطف الأول.

٩. فك وحدة الترشيح واستخدام الماسك المعقم لتزليل غشاء الترشيح من قاعدة حامل وحدة الترشيح. وبعبارة تامة ضع الغشاء وبحيث يكون السطح الشبكي 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 متتابة. وإذا كان هناك فاصل زمنى أكثر من ١٥ دقيقة بين ترشيح عينات متتابة، 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 اللين) 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.

عدد المستعمرات/١٠٠ مللى لتر =

$$100 \times \frac{\text{عدد المستعمرات لكل ١٠٠ مللى لتر من العينة}}{\text{حجم العينة المرشحة (مللى لتر)}}$$

١٨ - 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 يُملاً 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 المتلجة).
- 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.

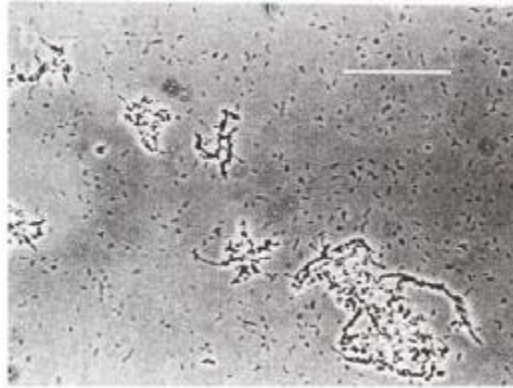
ومن أهم الكائنات الدقيقة التى تتكون منها الحمأة المنشطة ما يلى:

١. البكتيريا
٢. البروتوزوا
٣. الروتيفيرز (الكائنات الدوارة)
٤. الكائنات الخيطية (فطر أو بكتيريا)

وكل من تلك الكائنات ينمو ويتكاثر وينتفش فى ظروف معينة، ويمكن عن طريق الفحص المجهرى معرفة الظروف السائدة فى وسط الحمأة المنشطة.

البكتيريا (Bacteria)

هى الاهتمام الرئيسى فى معالجة مياه الصرف الصحي ولها وهى أنواع مختلفة تقع جميعها تحت مجموعة (Heterotrophs) وتظهر تحت الميكروسكوب 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 بالميكروسكوب بتكبير $\times 400$. ويوضح الشكل رقم (١٠-١١) بعض أنواع البكتيريا المتواجدة فى مياه الصرف الصحي.

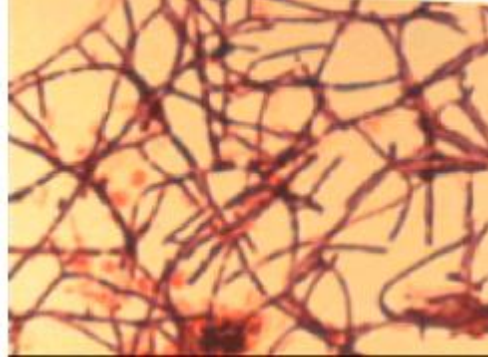


شكل رقم (١٠-١١)

بعض أنواع البكتيريا المتواجدة فى مياه الصرف الصحي

البكتيريا 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 جيداً. وتبدأ هذه البكتيريا في الانتشار عندما تكون الظروف غير مناسبة مثل انخفاض الأس الأيدروجيني (pH) أو قلة الأكسجين المذاب (DO) أو ارتفاع تركيز المواد العضوية التي تصلح كغذاء للبكتيريا. ووجودها يدل على زيادة نسبة المواد الصلبة في المياه الناتجة من المرووق الثانوي وتعثر عملية المعالجة البيولوجية، ويوضح الشكل رقم (١٠-١٢) نوع من البكتيريا الخيطية المتواجدة في مياه الصرف الصحي.



شكل رقم (١٠-١٢)
البكتيريا الخيطية

البروتوزوا (Protozoans)

لا تتغذى البرتوزوا على المواد العضوية المتوفرة في مياه الصرف الصحي ولكنها تتغذى على البكتيريا وبالتالي تساهم في التخلص من البكتيريا العائمة وتساعد على ترويق المياه، وهي كائنات شبة حيوانية وتتضمن:

الأميبا (Amoeba)

هي خلية واحدة ليس لها جدار خلوي ولكن لها غشاء سيتوبلازمي لها أرجل كاذبة لإقتناص الغذاء والحركة وتتغذى على الكائنات الحية وتعمل الإنزيمات التي 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 - ١٣) شكل من الأميبا المتواجدة في مياه الصرف الصحي.



شكل رقم (١٠ - ١٣)
الأميبا

السوطيات (Flagellates)

تختلف السوطيات في أحجامها وتتميز بوجود أسواط متصلة على جدار الخلايا وخصوصاً في 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 الميكروسكوب بقوة تكبير ١٠٠X.

الهدبيات (Ciliates)

هي نوع من البروتوزوا يغطي كل أو بعض جدران خلاياها ما يشبه الشعر الذى يساعدها علي الحركة ويسبب تيارا من الماء يؤدي الى حصولها على الغذاء، وتتغذى على البكتيريا والمواد العضوية وتكثر عندما تكون الحمأة حديثة. ويوضح الشكل رقم (١٠ - ١٤) بعض أنواع الهدبيات المتواجدة في مياه الصرف الصحي.

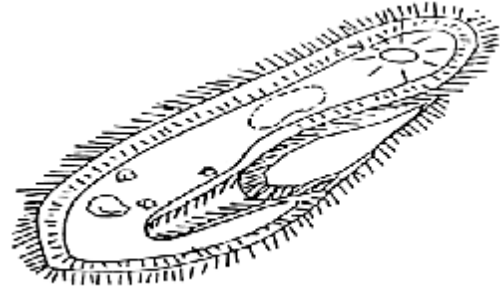
وتنقسم الهدبيات إلى ثلاثة أنواع :

1. Free-Swimming
2. Grazers
3. Stalked

وتتواجد السيليلتا حرة السباحة (Free-Swimming) بأعداد وفيرة عندما تزداد أعداد البكتيريا ويدل وجودها على أن نظام الحماة النشطة قد قارب على تمام المعالجة، ويوضح الشكل رقم (١٠-١٥) الهدبيات حرة السباحة.



شكل رقم (١٠-١٥)
هدبيات حرة السباحة



شكل رقم (١٠-١٤)
هدبيات

كما أن وجود الكثير من هدييات (Grazers) الموضحة فى الشكل رقم (١٠-١٦) يدل على مستوى معالجة أفضل.

أما البروتوزوا ذات الأعناق (Stalked Ciliates) الموضحة فى شكل رقم (١٠-١٧)، (١٠-١٨)، (١٠-١٩) فإنها قادرة على المعيشة فى مياه ذات حمل عضوى منخفض وتتواجد فرادى أو فى مستعمرات وتتكاثر عندما لا تستطيع بروتوزوا حرة السباحة من المنافسة على الغذاء لقلّة أعدادها.

ويدل وجودها على جودة المعالجة فى نظام الحماة المنشطة النمطية وجودة الترسيب وشفافية المياه المعالجة. ويمكن مشاهدتها تحت الميكروسكوب بقوة تكبير X١٠٠ أو X٢٠٠.



شكل رقم (١٠-١٧)
بروتوزوا ذات الأعناق



شكل رقم (١٠-١٦)
هدبيات من نوع جريزر



شكل رقم (١٠-١٩)
مستعمرات بروتوزوا ذات الأعناق



شكل رقم (١٠-١٨)
بروتوزوا ذات الأعناق (مفردة) أو احادية

ويلاحظ أن إنخفاض أعداد البروتوزوا الهدبية العائمة بالنسبة للبروتوزوا 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 البكتيريا بتنشيط

المواد العضوية، كما أن وجود البروتوزوا العائمة ذات الأعناق هو مؤشر جيد عن استقرار عملية المعالجة.

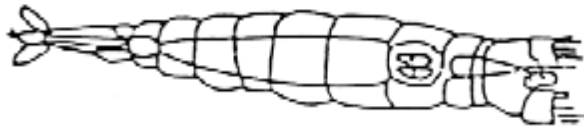
ميتازوا (Metazoas)

هي أكبر الكائنات في نظام الحمأة المنشطة وهي تشمل:

- روتيفرز Rotifers
- نيماتودا Nematodes
- الديدان الدودة Bristleworm

روتيفرز (Rotifers)

تتواجد عادة في الحمأة المنشطة القديمة ويدل وجودها على جودة أعمال المعالجة بالحمأة المنشطة وجودة الترسيب وشفافية المياه المعالجة. وتتطلب وجود تركيز عالي من الأكسجين المذاب الذي يسبب إنخفاضه الحاد موتها لها. فوجود الروتيفرز في الحمأة المنشطة النمطية يشير إلى انخفاض نسبة الغذاء إلى الكائنات الدقيقة أو طول عمر الحمأة، ويوضح الشكل رقم (١٠ - ٢٠) بعض أشكال الروتيفرز.



شكل رقم (١٠ - ٢٠)

روتيفرز

نيماتودا (Nematodes)

تتواجد عادة في مياه الصرف وهي 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 الميكروسكوب بقوة تكبير $\times 4$ كما هي مبينة في الشكل رقم (١٠-٢١).



شكل رقم (١٠-٢١)

نيماتودا

الديدان الدوارة (Bristleworms)

ديدان مفصليّة تتواجد عادة في الحمأة المنشطة القديمة وهي تتغذى على المواد العضوية، ويوضح الشكل رقم (١٠-٢٢) الديدان الدوارة.



شكل رقم (١٠-٢٢)

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 الصحي، وهناك أنواع عديدة من البكتيريا يمكن تواجدها فى مياه الصرف الصحي، 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 وبالتالي 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 تؤدي 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 بتنشيط 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 ظروف غير ملائمة فى المعالجة البيولوجية مما يؤدى إلى فشل عملية الترسيب وزيادة نسبة المواد الصلبة فى المياه الناتجة من المروق الثانوى.

ويمكن أن تكون الكائنات الخيطية أنواعاً من البكتيريا أو الفطريات، ويرتفع تركيز الكائنات الخيطية نتيجة انخفاض الرقم الهيدروجينى والأكسجين الذائب وارتفاع تركيز المواد العضوية التى تصلح كغذاء للبكتيريا.

