تختلف مواصفات مياه الصرف المنزلية عن مواصفات مياه الصرف الصناعية وعن مواصفات مياه الصرف المطرية، إذ تتعلق مواصفات مياه الصرف المنزلية بمركبات التلوث التي تصل إلى هذه المياه عند استخدامها من قِبل الإنسان خلال نشاطه اليومي، ويلاحظ أن مركبات التلوث لهذه المياه متشابهة من بلد لآخر وتختلف في درجة تركيز هذه المياه بالملوثات والتي تتعلق بكمية المياه التي يصرفها الإنسان في اليوم فتركيز المياه بالملوثات يكون أقل عندما يستهلك الفرد كمية أكبر من المياه في اليوم.

أما بالنسبة لمياه الصرف الصناعية فتختلف مواصفاتها من صناعة لأخرى فمنها مايحمل مركبت تلوث عضوية وبعضها يحتوي على ملوثات معدنية وقد تكون ذات حرارة مرتفعة.
أما مواصفات مياه الصرف المطرية فهي تتعلق بسطح الجريان الذي تسلكه لتصل إلى شبكة الصرف وتلوث هذا السطح فقد تكون ملوثة بالفضلات الصلبة أو بالمركبات الكيميائية العالقة على الإسفلت وقد تحمل الأتربة والرمال في أثناء جريانها فوق سطح الأرض وتعتبر مياه الصرف المطرية أقل تلوثاً من مياه النوعين السابقين.
ونظراً لتعدد مركبات التلوث وصعوبة تحديد هذه المركبات تُصنف مركبات التلوث عادة ضمن مجموعات تبعاً لحجم الملوثات ومنشئها.

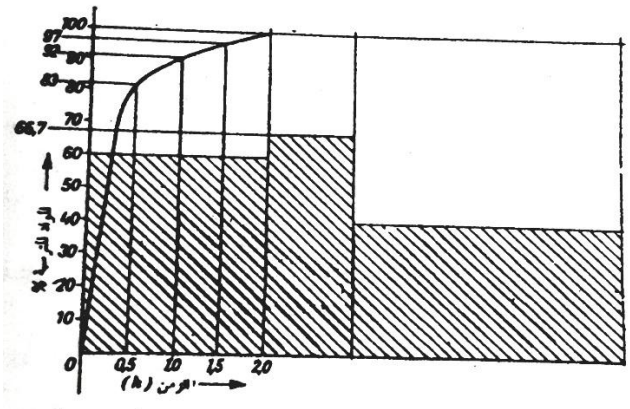
2-1 تصنيف ملوثات مياه الصرف الصحي حسب الحجم:

تُصنف ملوثات مياه الصرف الصحي حسب الحجم إلى المجموعات التالية:

- مواد قابلة للترسيب
- مواد غير قابلة للترسيب
- مواد منحلة
- الجراثيم (البكتيريا)

2-1-1 المواد القابلة للترسيب الفيزيائي:

وهي اصطلاحاً المواد العالقة في مياه الصرف والتي يمكن ترسيبها تحت تأثير وزنها الذاتي خلال ساعتين من بدء التجربة القياسية الخاصة بذلك، وتُجرى التجربة بوضع 1L من مياه الصرف في قمع ترسيب قياسي (قمع أمهوف) أو في أسطوانة ترسيب قياسية ونحدد كمية المواد المترسبة خلال الزمن، ومن ثم يُرسم مخطط بياني يحدد العلاقة بين زمن الترسيب ونسبة المواد المترسبة كما يبين الشكل (1-2).



الشكل (1-2): العلاقة بين زمن الترسيب ونسبة المواد المترسبة

يُلاحظ من الشكل (1-2) أن نسبة المواد المترسبة (كفاءة الترسيب) تزداد بشكل كبير في بداية عملية الترسيب فتبلغ حوالي 83% بعد نصف ساعة و 92% بعد ساعة و 97% بعد ساعة ونصف ثم تتباطأ لتصل إلى نسبة 100% بعد ساعتين، ويلاحظ أن زيادة زمن الترسيب أكثر من 2 ساعة لن يزيد كفاءة الترسيب بشكل ملحوظ ولذلك فمن الاقتصادي عند تصميم المنشآت الخاصة بالتخلص من هذه المواد ألا يُعتبر زمن الترسيب أكبر من 2 ساعة.

2-1-2 المواد غير القابلة للترسيب الفيزيائي:

هي المواد العالقة والسابحة في المياه والتي لم تترسب خلال ساعتين من بدء عملية الترسيب، وتُحدد كمية هذه المواد بترشيح نصف ليتر من المياه تاني تم ترسيب المواد القابلة للترسيب فيها بشكل مسبق وذلك عبر ورقة ترشيح قياسية حيث تُحجز هذه المواد على سطح ورقة الترشيح، تُحدد كمية هذه المواد بتحديد وزن ورقة الترشيح قبل وبعد التجربة وذلك بعد تجفيف هذه الورقة في فرن درجة حرارته $105\ C^{\circ}$ لمدة لا تقل عن ساعتين (حتى الجفاف الكامل).

2-1-3 المواد المنحلة:

هي المواد الكيميائية كالحموض والأسس والأملاح المنحلة في مياه الصرف الصحي، ولتحديد كمية هذه المواد يُؤخذ 50 ml أو 100 ml من المياه التي تم ترشيحها عبر ورقة الترشيح القياسية، ومن ثم نبخر المياه باستخدام مصدر حراري، بعدها توضع هذه العينة في فرن درجة حرارته $105\ C^{\circ}$ حتى تجف العينة تماماً، تُحدد كمية المواد المنحلة بتحديد وزن الجفنة التي وُضعت فيها المياه بعد التجربة وحسم وزنها قبل إجراء التجربة، وبتحديد نسبة هذه المواد إلى حجم العينة يُحسب تركيزها في ليتر واحد.

2-1-4 الجراثيم (البكتيريا):

تحتوي مياه الصرف على أعداد هائلة من الجراثيم بأنواع عديدة لا يمكن حصرها، ولتسهيل تقييم مياه الصرف جرثومياً نحدد العدد الكلي للجراثيم في وحدة حجم من المياه ولتكن 100 ml، حيث أن العدد الكلي للجراثيم يعطي مؤشراً على قابلية هذه المياه للمعالجة البيولوجية، إلا أن زيادة العدد الكلي للجراثيم يعطي احتمالاً أكبر باحتواء المياه على عدد أكبر من الجراثيم الممرضة. ومن جهة أخرى يتم تحديد عدد العصيات المعوية (E.Coil) في واحدة الحجم من المياه وهي مؤشر على احتواء المياه على الجراثيم المعوية والتي غالباً ماتكون من الجراثيم الممرضة.

2-2 تصنيف ملوثات مياه الصرف الصحي حسب المنشأ:

تُصنف ملوثات المياه حسب المنشأ إلى:

- مواد من منشأ عضوي
- مواد من منشأ معدني (غير عضوية)

2-2-1 المواد ذات المنشأ العضوي: ويمكن أن تكون هذه المواد ذات منشأ نباتي أو منشأ حيواني.

أولاً- المواد ذات المنشأ النباتي: وهي بقايا الأطعمة النباتية ، الأوراق، الأخشاب،....الخ، وغالباً ماتكون هذه المواد سيللوزية تحتوي بشكل كبير على الهيدروكربونات أي مركبات الهيدروجين والكربون، وتتميز هذه المواد العضوية بسهولة تفككها بيولوجياً حيث تبدأ بالتفكك بعد وقت قصير من وصولها إلى مياه الصرف الصحي.

ثانياً- المواد ذات المنشأ الحيواني: وهي بقايا اللحوم والبروتين والدهون والبول .....الخ، وتتميز هذه المواد باحتوائها على عناصر الآزوت والهيدروجين والكربون ومن سماتها أنها تحتاج إلى عدة أيام لتبدأ في عملية التحلل البيولوجي.

2-2-2 المواد ذات المنشأ المعدني: وهي مواد معدنية غير قابلة للتحلل البيولوجي ويمكن أن تكون على هيئة حبيبات من الرمال أو من الأتربة الناعمة، ويمكن أن تكون على هيئة حموض وأسس وأملاح معدنية، يرتفع تركيز هذه المواد بشكل كبير في مياه الصرف الصناعية الناتجة عن الصناعات الكيميائية غير العضوية ويُعتبر وجود هذه المواد بتراكيز عالية في مياه الصرف الصحي على حساب المواد العضوية مؤشراً على صعوبة المعالجة البيولوجية لها ولا بد من اتباع طرق معالجة بديلة مثل: الترسيب الكيميائي، التبادل الشاردي، الترشيح الرملي.

يمكن تحديد محتوى المياه من المواد العضوية المختلفة بوضع المواد الملوثة لها والمفصولة عنها في فرن درجة حرارته تصل إلى 650 C° حيث تحترق المواد العضوية وتبقى المواد المعدنية، وبتحديد وزن الجفنة المحتوية على العينة قبل وبعد التجربة نستطيع تحديد نسبة المواد العضوية في كل مجموعة من مجموعات المواد الملوثة (القابلة للترسيب، غير القابلة للترسيب، المنحلة) لمياه الصرف الصحي.

2-3 درجة PH لمياه الصرف الصحي:

تتراوح درجة الـPH لمياه الصرف الصحي ضمن المجال (8 - 6.5) وإذا كانت درجة PH خارج هذا المجال فإن ذلك سوف يؤثر على حياة البكتيريا، ولتفادي ذلك تُقام أحواض يتم فيها تعديل درجة PH بإضافة الحموض أو الأسس تبعاً لمواصفات المياه وتدعى هذه الأحواض **بأحواض التعادل**، ويجب تحاشي تذبذب درجة PH خلال أوقات قصيرة كي تستطيع البكتيريا التأقلم مع الوسط، وللتغلب على مثل هذه الأحواض تُصمم أحواض تُجمع فيها مياه الصرف الناتجة خلال فترة زمنية تسمح تسمح بالحصول على مياه بدرجة PH ثابتة تقريباً وتدعى هذه الأحواض **بأحواض التجانس**.

2-4 الاحتياج البيوكيميائي للأكسجين BOD:

هو كمية الأكسجين التي تحتاجها البكتيريا في أثناء القيام بالنشاط الحيوي لهضم الملوثات العضوية الموجودة في لتر واحد من مياه الصرف الخاضعة للتجربة بدرجة حرارة ثابتة 20 C°، وهو مؤشر تلوث مياه الصرف الصحي بالمواد العضوية القابلة للهضم البيولوجي.

إن قيمة هذا الاحتياج تتعلق بعوامل عديدة منها:

- وجود البكتيريا نفسها في مياه الصرف الصحي
- توفر المادة الغذائية المناسبة لحياة هذه البكتيريا
- وجود وسط ملائم من حيث درجة الحرارة ودرجة حموضة المياه وعدم وجود مواد سامة ضارة بالبكتيريا
- توفر وقت كافٍ لتتمكن البكتيريا من التأقلم مع الظروف الجديدة التي وُجدت فيها

إن الهضم البيولوجي للمواد العضوية يستغرق زمناً قد يصل حتى 25 يوماً، ولتوفير الوقت في إجراء التجربة يكتفى بتحديد قيمة BOD بعد خمسة أيام وتدعى هذه القيمة BOD_5 وتكون العلاقة بين BOD_{tot} و BOD_5 كالتالي: $\mathbf{BOD_5 = 68.4\% \, BOD_{tot}}$

2-5 الاحتياج الكيميائي للأكسجين (COD):

هي كمية الأكسجين اللازمة للأكسدة الكيميائية المباشرة للمواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي والتي تتم بواسطة مواد مؤكسدة قوية مثل (دي كرومات البوتاسيوم) أو (برمنغنات البوتاسيوم)، وهو مؤشر يفيد في تقييم مياه الصرف من حيث درجة تلوثها بالمواد العضوية (القابلة للهضم العضوي وغير القابلة للهضم العضوي). إن قيمة COD لعينة ما من مياه الصرف تكون أعلى عند استخدام دي كرومات البوتاسيوم في إجراء التجربة من قيمته عند استخدام برمنغنات البوتاسيوم، لذلك لا بد من الإشارة إلى نوع المادة المستخدمة المؤكسدة عند إعطاء نتيجة التجربة.

2-6 المواد الآزوتية في مياه الصرف:

تحتوي مياه الصرف الصحي على مركبات آزوتية عضوية تنتج عن صرف مخلفات الإنسان مع هذه المياه، كما يمكن أن تصل كميات من المواد الآزوتية من مياه بعض مصانع الأسمدة الآزوتية. تتفكك المواد الآزوتية في أثناء المعالجة البيولوجية عبر التسلسل الزمني التالي:

أمونيوم ← نتريت ← نترات

ووجود أحد هذه المركبات في مياه الصرف يعطي فكرة عن الفترة التي انقضت على تلوث المياه بالمركبات الآزوتية.

تُصرف هذه المواد مع مياه الصرف المعالَجة إلى المصادر المائية ونظراً لكون الآزوت مادة مغذية للكائنات الحية فإن ذلك سيؤدي إلى نمو الكائنات النباتية بشكل عشوائي وبالتالي تُحرم الكائنات الأخرى من الغذاء والأكسجين مما يسبب خللاً في البيئة المائية، كما أن استخدام المياه السطحية لاحقاً لأغراض الشرب يؤدي إلى وصول تراكيز عالية من المركبات الآزوتية إلى الإنسان الأمر الذي يسبب أمراضاً له.لذلك يجب تحديد محتوى مياه الصرف المعالَجة من المركبات الآزوتية وتحديد درجة معالجة المياه التي تضمن تخفيض تركيز هذه المواد إلى الحدود المقبولة في مياه الصرف المعالجة والتي تعادل 10 mg/l كأمونيوم، و 18 mg/l كمركبات آزوتية كلية في مياه الصرف المعالَجة.

2-7 الفوسفور في مياه الصرف الصحي:

يصل الفوسقور إلى مياه الصرف الصحي نتيجة استخدام المنظفات والأسمدة الفوسفاتية ويلاحظ أن تركيزه في المياه أقل من تركيز المركبات الآزوتية. يعتبر الفوسفور من المواد المغذية للكائنات الحية لذلك يلاحظ نمو الطحالب والإشنيات بشكل كبير وغير منتظم عند صرف تراكيز مرتفعة من الفوسفور مع مياه الصرف الصحي المعالَجة إلى المسطحات المائية، مما يحرم بقية الكائنات من المواد الغذائية والأكسجين اللازم لحياتها مما يؤدي لخلل في النظام البيئي، لذلك يجب أن يضمن نظام المعالجة المستخدم لمياه الصرف الصحي تخفيض الفوسفور إلى mg/l(2-1) في المياه المعالَجة.

2-8 المؤشرات الصحية لمحتوى المياه من الجراثيم والبكتيريا:

تحتوي مياه الصرف على عدد هائل من الجراثيم والتي تنتمي إلى زمر مختلفة ومن الصعب تحديد كل نوع من هذه الجراثيم بشكل روتيني على حدى، ولذلك يُنصح بإجراء بعض الاختبارات الجرثومية للحكم على تلوث هذه المياه جرثومياً ومن هذه الاختبارات:

تحديد عدد العصيات المعوية الموجودة في 100 ml من المياه، وتحديد عدد هذه العصيات ضروري لأنه يعني وصول ملوثات ومخلفات الإنسان أو الحيوانات التي تعيش هذه الجراثيم في أمعائهم إلى مياه الصرف الصحي، وهذه الجراثيم ليست بالضرورة ضارة بالإنسان ولكن وجودها بأعداد كبيرة قد يتضمن جراثيم ممرضة.

أما الاختبار الآخر الذي يُطبق على مياه الصرف الصحي فهو تحديد العدد الكلي للجراثيم في 100 ml من المياه، فكلما ازداد هذا العدد ازداد احتمال وجود الجراثيم الممرضة في المياه، علماً أن هذه الجراثيم مفيدة في عمليات المعالجة البيولوجية.

أما الاختبار الثالث فيُنفذ عند انتشار الأوبئة حيث يجب إجراء تحاليل لمعرفة وجود بعض الجراثيم الممرضة في المياه وخاصةً طائفة الجراثيم التي تدعى سالمونيلا وهي جراثيم تسبب التفوئيد وهي معدية ولابد من التأكد من خلو المياه منها عند صرفها إلى المصادر المائية.

تنصح المواصفات الأوروبية بأن نراعي عند معالجة المياه وإلقائها في المصادر المائية ألا يزيد عدد العصيات المعوية أو العدد الكلي للجراثيم أو جراثيم السالمونيلا عما هو مبين في الجدول (1-2)، وذلك تحاشياً لانتقال هذه الجراثيم للإنسان أثناء السباحة أو الشرب.

الجدول (1-2): القيم المرغوبة والحدية لعدد الجراثيم في مياه السباحة حسب مواصفات الاتحاد الأوروبي

	عدد العصيات المعوية في 100 ml ماء	العدد الكلي للبكتيريا في 100 ml ماء	عدد جراثيم السالمونيلا في 100 ml ماء
القيم المرغوبة	100	500	0
القيم الحدية	2000	10000	0

2-9 المواد المغذية في مياه الصرف الصحي:

تحتاج البكتيريا إلى المواد المغذية لكي تقوم بنشاطها الحيوي وتتكاثر بشكل جيد ولتساهم في عملية المعالجة البيولوجية. ومن المواد المغذية الضرورية للبكتيريا نذكر: الكربون، الفوسفور، والآزوت، كما تحتاج البكتيريا لمواد أخرى لكن بكميات أقل مثل: الكالسيوم، البوتاسيوم، والمغنيزيوم. ولتستطيع البكتيريا القيام بنشاطها يجب أن تحقق كميات هذه المواد توازناً فيما بينها وتبلغ النسب المثالية لهذه المواد كمايلي:

C:N = 12:1

C:P = 30:1

غالباً ماتحقق مياه الصرف المدنية هذا الاشتراط، لكن المياه الصناعية لا تحقق ذلك في كثير من الأحيان ولذلك يُنصح بمزج المياه الصناعية مع مياه الصرف المدنية قبل المعالجة وإذاتعذر ذلك يُنصح بإضافة مركبات كيميائية إلى المياه الصناعية لترفع من تراكيز المركبات المغذية فيها.

2-10 المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي:

إن وصول المعادن الثقيلة إلى مياه الصرف الصحي غالباً مايعزى إلى بعض الصناعات التي تنتج عنها هذه المعادن مثل: الزئبق، الكادميوم، الكروم، النيكل، الرصاص، النحاس، ....الخ.

إن صرف هذه المعادن مع مياه الصرف الصحي يؤدي إلى أضرار بالبيئة، كما يمكن أن تصل إلى الإنسان من خلال السلسلة الغذائية: **نبات ← حيوان ← إنسان**

ونظراً لعدم قدرة الجسم على التخلص من هذه المعادن وتركزها في الجسم فإن ذلك سوف يؤدي مع الزمن إلى ظهور أمراض خطيرة للإنسان. كما أن وصول هذه المعادن إلى محطات المعالجة البيولوجية بتراكيز مرتفعة يضر بهذه البكتيريا وبنشاطها مما ينعكس على كفاءة المحطة.

يمكن أن تصل هذه المعادن بعد المعالجة إلى المصادر المائية أو إلى التربة الزراعية من خلال المياه المعالَجة أو الطمي الذي ينتج عن المعالجة (الحمأة) والذي تتركز فيه هذه المعادن، لهذا يُنصح بإجراء التحاليل اللازمة للتأكد من وجود هذه المعادن في مياه الصرف الصحي المراد معالجتها بتراكيز قليلة ومقبولة بالمواصفات، وإذا لم يتحقق ذلك فيجب إجراء المعالجة الأولية على مياه الصرف الصناعية في موقع تشكل هذه المياه لتخفيف تراكيز هذه المعادن إلى الحدود المقبولة.

2-11 أنظمة محطات المعالجة:

تقسم أنظمة معالجة مياه الصرف الصحي إلى مجموعتين رئيسيتين:

2-11-1 أنظمة المعالجة الطبيعية:

هي أنظمة معالجة لا تحتاج إلى تجهيزات ميكانيكية ولكنها تتطلب مساحات كبيرة من الأرض، كما أن كفاءة المعالجة فيها ليست مرتفعة دائماً، وونذكر منها:

1- ترشيح المياه عبر طبقات الأرض الطبيعية

2- إضافة جزء من مياه الصرف إلى بحيرات تربية الأسماك القادرة على العيش في المياه الملوثة بشكل محدود

3- إضافة المياه إلى برك تحتوي على بعض أنواع النباتات المائية القادرة على معالجة المياه

4- المعالجة بتجميع المياه في برك أكسدة طبيعية

2-11-2 أنظمة المعالجة الاصطناعية:

ويمكن أن تتم باستخدام أحد الأساليب التالية:

1- أحواض ترسيب كيميائية

2- محطات معالجة بيولوجية تعتمد في المعالجة على أحواض ترشيح بيولوجية

3- محطات معالجة بيولوجية تعتمد في المعالجة على أحواض معالجة بالحمأة المنشطة

4- المعالجة في برك الأكسدة المهواة اصطناعياً

5- جمع عدة أساليب من الأساليب السابقة لتشكيل محطة معالجة مؤلفة من عدة مراحل

6- منشآت معالجة متقدمة (مابعد المعالجة البيولوجية) لرفع كفاءة المحطة وتشبه هذه المنشآت منشآت تنقية مياه الشرب

2-12 مكونات محطة المعالجة:

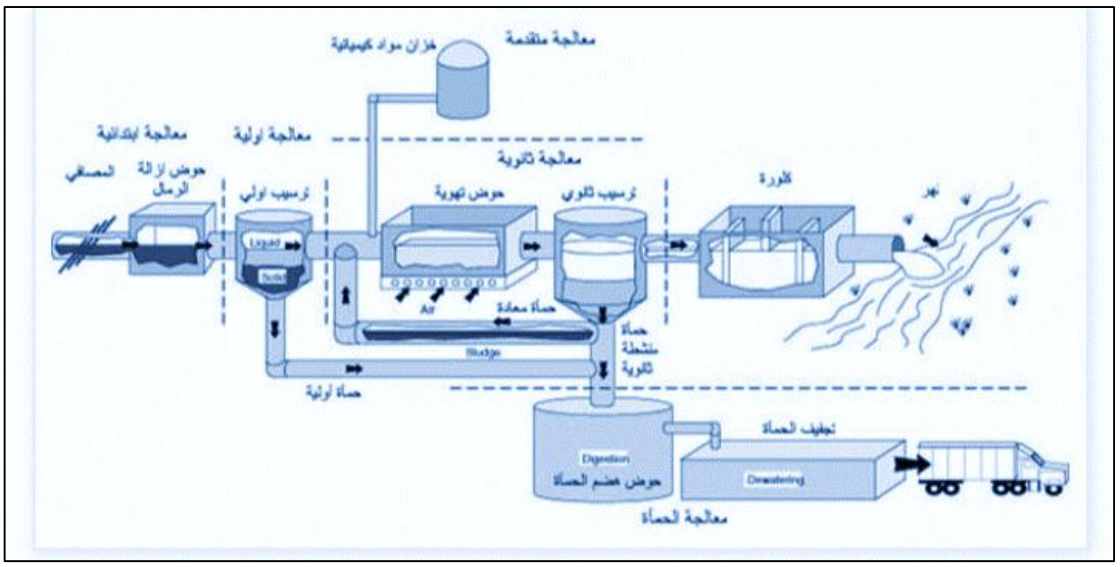
يمكن تصنيف منشآت محطة المعالجة ضمن عدة مجموعات تبعاً لأسلوب المعالجة:

1- المعالجة الميكانيكية (الأولية) **2**- المعالجة البيولوجية (الثانوية)

3- المعالجة الكيميائية **4**- المعالجة المعمقة (الثالثية)

5- معالجة الطمي والغازات المنطلقة (معالجة الحمأة)

يبين الشكل (2-2) مخططاً مبسطاً لمحطة معالجة تضم مرحلة معالجة ميكانيكية ومرحلة معالجة بيولوجية ومرحلة معالجة الطمي والغازات المنطلقة.



2-12-1 منشآت المعالجة الميكانيكية: وتضم المنشآت التالية:

2-12-2 منشآت المعالجة البيولوجية: وتضم المنشآت التالية:

2-12-3 منشآت المعالجة الكيميائية: وتضم المنشآت التالية:

2-12-4 منشآت المعالجة المعمقة: وتضم منشآت شبيهة بمنشآت معالجة مياه الشرب مثل:

2-12-5 منشآت معالجة الطمي والغازات المنطلقة: وتضم المنشآت التالية:

وتضم محطة المعالجة بالإضافة إلى المنشآت السابقة عدة شبكات من الأنابيب لنقل مياه الصرف أو لنقل الطمي، كما تضم عدة محطات لضخ الطمي والمياه، بالإضافة إلى منشآت إدارية ومخبرية وفي معظم محطات المعالجة تُنشأ أحواض لكلورة المياه عند الحاجة.