SECD
SYRIAN ENGINEERS FOR CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT
منظمة المهندسين السوريين للإعمار والتنمية

تصميم محطات معالجة الصرف الصحي المدمجة
Design of compact wastewater treatment units

إعداد الدكتور المهندس عبد الله صغير

المدير التنفيذي لمنظمة المهندسين للإعمار والتنمية
a.saghir@secdo.org

خطر التلوث على صحة الإنسان

يؤدي التخلص من مياه الصرف الصناعي دون معالجة إلى إحداث تلوث كيميائي وبيولوجي وحراري إضافي في مياه الصرف الصحي، أوفي مسطحات المياه المستقبلة لها ،وتختلف نوعية وحدة هذا التلوث تبعاً للتركيب الكيميائي والبيولوجي لمياه الصرف، وكذلك تبعاً لمساحة ونوعية المسطح المائي الذي تصرف فيه.

إن معظم المعايير التي وضعتها منظمة الصحة العالمية والدول المتقدمــة لبعض الملوثات الرئيسيــة هي معايير "إرشادية" ، تعكس معلوماتنا الحالية عن تأثيرات هذه الملوثات ، وتجرى مراجعة هذه المعايير في بعض الدول المتقدمة كلما توافرت معلومات جديدة عن آثارها الصحية.

إن الآثار الصحية لمياه الصرف الصناعية على الإنسان تكون نتيجة لتناول الماء والغذاء الملوث على الأغلب، فسوء طرح مياه الصرف الصناعية على الأرض وفي المجاري المائية قد أحدث تلويثاً للمياه الجوفية والمياه السطحية في مناطق كثيرة في العالم ، كما أن طرحها في الأنهار والبحيرات ومياه البحار الساحلية قد يؤدي إلى تراكم بعض الملوثات الكيميائية في الأحياء المائية (خاصة الأسماك والصدفيات)، التي إذا تناولها الإنسان سببت له أضراراً صحية مختلفة، و الجدول رقم (1-2) يبين بعض مصادر الملوثات و أثرها على الصحة ، أما الجدول (1-3) فيبين أهم الملوثات و طرق المعالجة المناسبة لها.

الملوثات	الأثر الصحي	المصادر
TOTAL COLIFORM الكوليفورم الكلي	تعتبر البكتريا الكلوليفورم دليل للكائنات المسببة للنزلات المعوية، الحمي، الدوسنتاريا، الالتهاب الكبدي الوبائي، التيفود ، الكوليرا وخلافه	البراز الآدمي والروث الحيواني
ENTERK VIRUSES فيروس الأنترك	المغص	المواد البرازية للحيوان والإنسان
الجارديا GIARDIA LAMBIA	تقلصات معوية ، مغص معوي	براز الحيوان والإنسان
العــكارة	تؤثر على كفاءة عمليات تعقيم المياه	مخلفات التآكل
الزرنيـــخ	تسمم الجهاز العصبي -الالتهاب الجلدي	المناجم، بقايا المبيدات،مخلفات الصناعة،عمليات الصهر للمعادن
الكادميوم	يؤثر على وظائف الكلى	أعمال المناجم ، صهر المعادن
الكروم	يؤثر على وظائف الكلي و الكبد	مثل الكادميوم
الفلـور	تأكل العظام	صناعة معجون الأسنان ، الأصبغة
الرصاص	تدمير الجهاز العصبي / الكلى/ شديد السمية للأطفال والحوامل	التآكل من مواسير الرصاص ووصلات الرصاص علي خطوط المواسير
الزئبق	إرباك الجهاز العصبي/ يؤثر علي الكلي	في صناعة الورق، مستخدم في المطهرات
النترات	مرض الطفل الأزرق نتيجة تغيرات في الدم	المناجم ، الخامات الجيولوجية
السلينيوم	نزلات معوية	مناجم ، محاجر
الفضــة	تغير لون الجلد	مثل الســلينيوم
المواد المشعة راديوم 266 ، 228	سرطان العظام	المخلفات المشعة ، الجيولوجيا

الجداول (1-2) يبين بعض مصادر الملوثات و أثرها على الصحة

ENDRIN - اندرين	الجهاز العصبي، الكلى	المبيدات للحبوب والتربة،ولحماية الأخشاب
ميثوكس كلور	مثل الأندرين - الجهاز العصبي - الكبد	مبيدات أشجار الفاكهة والخضروات
التكسفين TOXAPHENE	احتمالات حدوث السرطان	مبيدات القطن ، والمحاصيل
2.4 - D	التأثيرات على وظائف الكلي والكبد	مبيدات للحشائش
2.4.5 – T	مثل 2.4 – D	مبيدات للحشائش
BENZENE - البنزين	السرطان	الوقود، المذيبات، البويات، المبيدات، العقاقير ، اللدائن
رابع كلوريد الكربون	مخاطر السرطان ضرر لوظائف الكبد	مواد لتنظيف، مخلفات الصناعة، المبردات
1.2 DICHLERO ETHY LENE	مخاطر السرطان	يستخدم في لمبيدات، صناعة وقود البنزين
TRICHLORO ETHYLENE	مخاطر سرطان	مخلفات صناعة المبيدات،البويات، الورنيشات،مزيلات الشحوم من المعادن ، الشحوم
PARADICHLORO BENZEN	مخاطر سرطان	يستخدم في المبيدات، ملصقات الرائحة للهواء
DICHLORO ETHYLENE	يؤثر علي الجهاز العصبي	صناعة الأصباغ ، البلاستك ، العطور ، البويات
TRICHLORO ETHYLENE	الجهاز العصبي	صناعة مواد التعبئة للأغذية ـ الألياف الصناعية
كلوريد الفينيل	السرطان	مخلفات صناعة البلاستك والمطاط الصناعي
المواد المشعة GROSS DELTA	السرطان	المخلفات المشعة ، رواسب اليورانيوم

الملوثات	عمليات المعالجة المقترحة
BOD5	-معالجة هوائية – حمأة منشطة – مستنقعات مهواة – مرشحات بيولوجية – الأقراص البيولوجية الدوارة – أحواض الأكسدة – بحيرات – السرير المميع .
مواد عضوية قابلة للتفكيك	-معالجة لاهوائية – ترشيح لاهوائي – سرير مميع لاهوائي UASB
المواد الكلية الصلبة المعلقة TSS	-ترسيب – ترشيح – تصفية – تخثير وترويب وترسيب . - تطويف .
المواد العضوية صعبة التفكك (TOC،COD) والنتروجين	-الامتزاز بالكربون – الأكسدة الكيميائية – النترجة – إزالة النتروجين – تبادل أيوني – الكلورة وصولا" إلى نقطة التحطيم break point chlorination
الفوسفور	-الترسيب – معالجة بيولوجية متقدمة – تبادل أيوني .
المعادن الثقيلة	-الترشيح بالأغشية – التبخير – الديلزة الكهربائية – الترسيب الكيميائي – التبادل الأيوني .
المواد غير العضوية المنحلة	-تبادل أيوني – تناضح عكسي – الديلزة الكهربائية .
الدهون والزيوت والشحوم	-تخثير وترويب وترسيب – تطويف – الترشيح فائق الدقة .
المركبات العضوية الطيارة	-التهوية – الأكسدة الكيميائية – الامتزاز – النزع (stripping) – معالجة بيولوجية .

الجدول (1–3) أهم الملوثات وطرق المعالجة المناسبة لها

تأثير مياه الصرف على تلوث الأنهار والمزروعات والتربة:

إن التركيب الحيوي الطبيعي للأحياء الموجودة في مياه النهر قد يتغير بتغير الزمان والمكان على طول النهر، فمواصفات الماء في نهاية المجرى المائي تختلف بشكل ملحوظ عنها في بداية المجرى، لذلك قد يكون من الصعب أحياناً قياس التغير في المواصفات الطبيعية لمياه النهر من الناحية الكيميائية، ولكن هذا التغير غالباً ما ينعكس على تغير محتوى المياه من الأحياء المائية التي تتواجد فيه، لهذا يصبح من السهل تقصي وقياس مدى تلوث المجرى بالطرائق البيولوجية. وبما أن لمياه النهر استعمالات كثيرة غير أنّه يحي العديد من الكائنات الحية، وتلوث النهر يغير من طبيعة مياهه ،وينعكس ذلك على استعمالاته التي اعتاد الإنسان عليها مهما كانت هذه الاستعمالات، من ري أو سباحة أو صيد أو استجرار لتوفير المياه العذبة أو للاستعمالات الصناعية والمنزلية.

الخواص الفيزيائية والفيزيائية والكيميائية لمياه الصرف وأهم المؤشرات:

من أهم الخصائص الفيزيائية لمياه الصرف هو محتواها من المواد الصلبة التي يتكون من مواد طافية، ومواد قابلة للترسيب ومواد عالقة ومواد ذائبة. أمّا الخصائص الفيزيائية الأخرى ، فهي الرائحة ودرجة الحرارة واللون ودرجة العكارة..

- الروائح:

تنبعث الروائح عادة من الغازات المتولدة من تحلل المواد العضوية، أومن المواد المضافة إلى مياه الصرف وقد تحتوي مياه الصرف الصناعي على مركبات ذات رائحة أو على مركبات تنبعث منها رائحة أثناء عملية المعالجة.

- درجة الحرارة:

تعتبر درجة الحرارة من أهم المؤشرات المؤثرة في عملية المعالجة وذلك لتأثيرها على التفاعلات الكيميائية وسرعتها، وكذلك تؤثر على الأحياء المائية، فمثلاً ارتفاع درجة الحرارة قد يؤدي إلى اختلاف في فصائل الأسماك المتواجدة في البيئة المائية المستقبلة لمياه الصرف.

بما أن انحلال الأكسجين يتناقص مع ارتفاع درجة حرارة المياه، بينما يزداد معدل التفاعلات البيو كيميائية فإن ارتفاع الحرارة قد يؤدي إلى نفاذ حاد لتركيز الأكسجين المنحل في المياه.

- اللون:

ويمكن قياس لون مياه الصرف مخبرياً بأجهزة تعمل على مبدأ الامتصاص الذري "سبكترفوتومتر" ، يختلف لون مياه الصرف الصناعي تبعاً لنوع الصناعة، ولا يمكن لطرائق المعالجة البيولوجية إزالة اللون، ولكن يمكن لبعض وحدات المعالجة الثانوية مثل الحمأة المنشطة المتبوعة بالترشيح الرملي إزالة نسبة معينة لبعض أنواع المواد الملونة، وفي بعض الأحيان تحتاج إزالة المواد الملونة إلى عمليات الأكسدة الكيميائية.

- العكارة:

العكارة هي مقياس لمرور الضوء خلال الماء ويستخدم كاختبار لقياس مدى جودة المياه المنصرفة بالنسبة للمواد الغروية العالقة، ويمكن قياس لون مياه الصرف مخبريا بأجهزة.

تعمل على مبدأ الامتصاص الذري "سبكترفوتومتر" وواحدة العكارة NTU.

- المحتوى العضوي :

تتكون المواد العضوية من خليط من الكربون والهيدروجين والأكسجين، وفي بعض الأحيان النيتروجين، هذا بالإضافة إلى بعض العناصر الأخرى المهمة مثل الكبريت والفسفور والحديد. وقد تحتوي مياه الصرف الصناعي على كميات قليلة من جزيئات عضوية تركيبية، والتي يتباين تركيبها الكيميائي تبايناً كبيراً مثل المواد الخافضة للتوتر السطحي (المنظفات الصناعية) والمركبات العضوية الرئيسية، ومركبات VOCs والمبيدات الزراعية. وقد أدى وجود هذه المركبات إلى تعقيدات عديدة لعمليات معالجة مياه الصرف الصناعي، لأن أغلب هذه المركبات لا تتحلل بيولوجياً أو تتحلل ببطء شديد، وأهم مؤشرات المحتوى العضوية لمياه الصرف هما BOD_5 و COD.

أ- الأكسجين المستهلك للأكسدة البيو كيميائية (BOD_5):

يعتبر هذا المؤشر من أكثر مؤشرات التلوث العضوية استخداماً في مجال مياه الصرف، وعادة ما يتكون الأكسجين المستهلك للأكسدة البيو كيميائية بسبب المواد العضوية الغروية، ويلزم توفير الأكسجين اللازم لنمو البكتريا لتقوم بأكسدة المواد العضوية، ويحتاج الحمل الزائد للأكسجين المستهلك للأكسدة البيو كيميائية الناتج من الزيادة في الملوثات العضوية إلى زيادة النشاط البكتيري والأكسجيني ، بالإضافة إلى زيادة استطاعة وحدة المعالجة البيولوجية.

يتم تحديد الأكسجين المستهلك للأكسدة البيو كيميائية بقياس الأكسجين المنحل المستهلك بواسطة الكائنات الدقيقة في عملية الأكسدة البيو كيميائية للمواد العضوية، ولقياس الأكسجين المستهلك للأكسدة البيو كيميائية يتم عمل تخفيفات لمياه الصرف بماء مشبع بالأكسجين في زجاجات خاصة، ويتم وضع الزجاجات في حضانة لمدة خمسة أيام بدرجة 20°م، وبذلك تسمى (BOD_5) ويقدر بواحدة ملغ/لتر.

ب- الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية (COD):

يستخدم اختبار الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية لقياس المواد العضوية في مياه الصرف الصناعي، والتي يصعب تفكيكها عن طريق البكتريا، ويتم بأكسدة المركبات العضوية والمختزلة في مياه الصرف بوساطة الديكرومات في وسط حمضي وبدرجة حرارة عالية.

ويمكن تعيينه خلال 3 ساعات فقط بالمقارنة بالأكسجين المستهلك للأكسدة البيو كيميائية والذي يلزم لتقديره خمسة أيام، وعندما تحدد العلاقة بينهما فإن قياسات الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية يمكن استخدامها كمؤشر لكفاءة عمليات التشغيل والتحكم في محطات المعالجة.

إن نسبة الأكسجين المستهلك للأكسدة الكيميائية إلى الأكسجين المستهلك للأكسدة البيو كيميائية تتراوح بين 1.5-3 في مياه الصرف الصناعي ،التي تحتوى على مواد تتحلل بيولوجيا (مثل صناعة الأغذية). أما مياه الصرف ذات النسب (COD/BOD) أعلى من 3، فإنه يمكن اعتبار أن المواد الموجودة في العينة صعبة التحلل البيولوجي ويمكن قياس CODلمياه الصرف الخام باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر SpectropHotometerويقدر بواحدة ملغ/ل.

- الزيوت والدهون والشحوم :

تعتبر الدهون من أكثر المواد العضوية ثباتاً حيث إنها لا تتحلل بسهولة بفعل البكتيريا، وتسبب الزيوت المعدنية مشاكل في الصيانة نتيجة لتغطيتها للأسطح. وإذا لم تتم إزالة الزيوت والشحوم قبل طرح المياه إلى البيئة الخارجية، فإنها قد تؤثر عكسياً على الحياة البيولوجية في المياه السطحية مسببة طبقة من المواد الطافية، وتعتبر الزيوت والشحوم مادة اختبار لتحديد مكونات المواد الهيدروكربونية الموجودة بمياه الصرف الصناعي. وهذه الاختبارات تتضمن شحوم وزيوت حرة وشحوم وزيوت مستحلبة، وتتم إزالة الزيوت والشحوم الحرة بالطفو أو الكشط، باستخدام جهاز فصل الزيوت بالجاذبية في حين يتم إزالة الزيوت المستحلبة باستخدام نظام التعويم بالهواء المنحل بعد التكسير الكيميائي للزيوت المستحلبة ،وتقاس الزيوت والشحوم والدهون بواحدة ملغ/ل.

- المنظفات الصناعية:

المنظفات الصناعية هي المواد الخافضة للتوتر السطحي وهي عبارة عن جزيئات عضوية كبيرة ولها قابلية ضعيفة للذوبان وهي تسبب الرغوة في محطات معالجة مياه الصرف وفي المياه السطحية التي تصرف إليها وتتجمع جزيئات المنظفات في الطبقة ما بين الهواء والماء، كذلك تتجمع هذه المركبات على سطح فقاعات الهواء أثناء عملية المعالجة البيولوجية مسببة رغوة ثابتة ، ويقاس المركب ABS () Alkyl benzene sulfonateويقاس بواحدة ملغ/ل،ويمكن قياسه باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر

- الأس الهيدروجيني (pH):

إن تركيز الأيون الهيدروجيني يعتبر أحد المؤشرات الهامة لمياه الصرف، ويعتبر مجال التركيز المناسب لتواجد معظم الحياة البيولوجية صغيراً وحرجاً بين (6.5 و8.5) ، ويمكن أن يقاس الأس الهيدروجيني مباشرة في الحقل.

- الفينـولات:

تنتج مركبات الفينول مع مياه صرف معاصر الزيتون وتصرف أيضا من الصناعات البتروكيماوية ، وتأخذ طريقها إلى المياه السطحية عند التخلص من مياه الصرف الصناعي ، وتقاس بواحدة ملغ/ل، ويمكن قياسه باستخدام جهاز سبيكتروفوتومتر SpectropHotometer.

- المركبات العضوية الطيارة VOCs:

هي المركبات العضوية التي لها نقطة غليان أقل من 100 درجة مئوية، أو ضغط بخار أقل من 1 مم زئبق عند درجة حرارة 25 درجة مئوية أو كليهما. إن وجود هذه المركبات في المجاري أو في محطات المعالجة قد تؤثر سلباً على صحة العاملين بشبكات الصرف ومحطات المعالجة وتقاس بواحدة ملغ/ل ،ويمكن قياسه باستخدام جهاز سبيكتروفوتومترSpectropHotometer.

- النيتروجين:

نظرا لأهمية النيتروجين كحجر أساس في سلسلة البروتين، فإن بيانات النتروجين تستخدم لتقييم قابلية مياه الصرف للمعالجة البيولوجية. إن عدم وجود النيتروجين بشكل كاف يجعل من إضافته ضرورة لجعل مياه الصرف الصناعي قابلة للمعالجة البيولوجية. ولكي يتم التحكم في نمو الطحالب في المياه المستقبلة فإن إزالة النتروجين في مياه الصرف يعتبر ضرورة ملحة. ويشمل النتروجين الكلي على العديد من المركبات مثل النشادر وأيون الأمونيوم والنترات والنتريت واليوريا والنتروجين العضوي (الأحماض الأمينية والأمينات).

- **شاردة الأمونيوم NH_4^+ :**

توجد هذه الشاردة في مياه الصرف الصحي وكذلك في مياه صرف المذابح الفنية ومعامل الخميرة بتراكيز عالية تصل إلى 500 ملغ/ل ، وعند قياس تركيز هذه الشاردة بالأجهزة التي تعمل وفق سبيكتروفوتومتر Spectrophotometer وبواحدة ملغ/ل ، فإنه يمكن تطبيق المعادلات الآتية :

$$NH_3(mg/l) = 1.22 \times N\text{-}NH_3(mg/l) \qquad (1\text{-}1)$$

$$NH_4(mg/l) = 1.29 \times N\text{-}NH_4(mg/l) \qquad (1\text{-}2)$$

ـ شاردة الفوسفات الثلاثية PO_4^{3-} :

وتوجد في مياه الصرف المنزلي نتيجة استخدام المنظفات الفوسفاتية، وكذلك توجد في مياه صرف المصابغ والمكاحت ، وعند قياس تركيز هذه الشاردة بالأجهزة التي تعمل وفق سبيكتروفوتومتر Spectrophotometer وبواحدة ملغ/ل ، فإنه يمكن تطبيق المعادلات الآتية :

$$P\text{-}PO_4^{3-}(mg/l) = PO_4^{3-}(mg/l) \times 0.33 \qquad (1\text{-}3)$$

- مركبات الكبريت ، SO_4^{2-} ، S^{2-} :

وتوجد بشكل في مياه الصرف المنزلي ، مياه صرف الطلاء الغلفاني للمعادن وفي مياه صرف المصابغ ومياه صرف معامل الخميرة ، ويمكن أن تقاس هذه الشوارد مخبرياً بجهاز Spectrophotometer وبواحدة ملغ/ل ، يتم اختزال الكبريتات حيوياً تحت ظروف لاهوائية إلى الكبريتيد، والذي بدوره يمكن أن يرتبط بالهيدروجين ليكون كبريتيد الهيدروجين، حيث يتصاعد هذا الغاز في الهواء المحيط بمياه الصرف.

- المركبات السامة غير العضوية:

تعتبر أيونات السيانيد والكروم السداسي أيونات سامة، وتظهر هذه الأيونات في مياه الصرف الصناعي الناتجة عن طلاء المعادن، ويجب إزالتها من البداية بالمعالجة المسبقة في المصنع وعدم خلطها بمياه الصرف الأخرى. ويتواجد الفلورايد بشكل شائع في مياه الصرف الناتجة عن صناعات الإلكترونيات، ويعتبر هذا العنصر ساماً للأحياء الدقيقة إذا وجد بتراكيز كبيرة ،ويمكن أن تقاس هذه الشوارد مخبرياً بجهاز Spectrophotometer وبواحدة ملغ/ل.

ـ المعادن الثقيلة:

إن المعادن الثقيلة كالنيكل والمنغنيز والرصاص والكروم والكادميوم والزنك والنحاس وغيرها

توجد في مياه صرف العديد من الصناعات، كصناعة الطلاء الغلفاني للمعادن والدباغة والصباغة وغيرها من الصناعات ، ووجود مثل هذه المعادن بقيم أكبر من القيم المسموحة ستؤثر على أداء محطات معالجة مياه الصرف الصحي، وعلى استخدام المياه المعالجة في الزراعة، لذلك يفضل دائما أن يتم قياس تركيز هذه المواد في المياه والتحكم بها، ويمكن أن تقاس هذه الشوارد مخبرياً بجهاز Spectrophotometer وبواحدة ملغ/ل.

- المواد الصلبة الكلية (TS) والمواد المنحلة الكلية (TDS):

نأخذ 30 مل من المياه المراد دراستها ونضعها في جفنة فارغة، وذلك بعد القيام بوزن الجفنة بواسطة ميزان الكتروني ونسجل الوزن (A) ثم نضع الجفنة في الفرن المبين ذي درجة حرارة 104 درجة مئوية وذلك لمدة 24 ساعة ،وبعدها نضع الجفنة في جهاز امتصاص الرطوبة ،حتى تصبح حرارتها من حرارة الغرفة ثم نزنها مرة ثانية باستخدام الميزان الالكتروني ونسجل الوزن (B)، الفرق بين وزني الجفنة يعطي وزن الأجسام الصلبة الكلية، ومنها نحسب تركيز الأجسام الصلبة الكلية بواحدة ملغ/ل بالعلاقة :TS=(A-B)/V.

لحساب الأجسام الصلبة المنحلة، نرشح 30ml من المياه المراد دراستها ونضعها في جفنة فارغة وذلك بعد القيام بوزن الجفنة على ميزان الكتروني، ثم نضعها في فرن ذي درجة حرارة 104 مئوية وذلك لمدة 24 ساعة ، وبعدها نضع الجفنة في جهاز امتصاص الرطوبة لتصبح حرارتها من حرارة الغرفة ثم نزنها مرة ثانية باستخدام الميزان الالكتروني ،ونسجل الوزن D، الفرق بين وزني الجفنة يعطي وزن الأجسام الصلبة المنحلة ومنها نحسب تركيز الأجسام الصلبة المنحلة بواحدة ملغ/ل:TDS=(A-D)/V

خصائص مياه الصرف الصحي

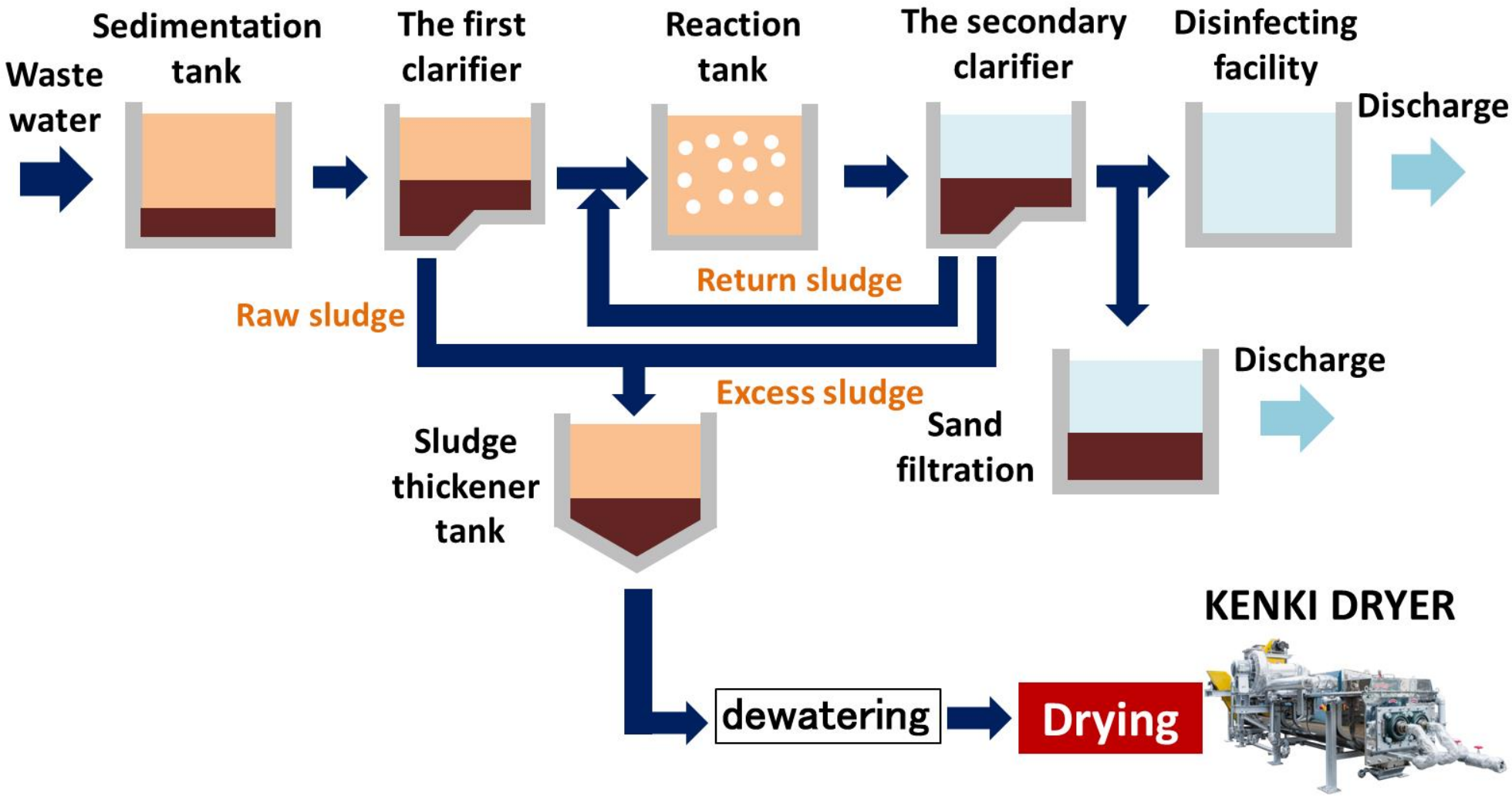
يختلف تركيز الملوثات في مياه الصرف الصحي من مدينة إلى أخرى ومن حي إلى الآخر في المدينة نفسها، ويتخلف أيضاً بحسب فصول السنة والهطول المطري وبحسب الظروف الاقتصادي والاجتماعية والمناخية، ويتعلق بشكل كبير بكمية المياه المستهلكة والمصرفة إلى الشبكة العامة للصرف الصحي، فكلما زاد استهلاك الفرد من المياه قل تركيز الملوثات والعكس صحيح، الجدول (1-4) يبين قيم أهم مؤشرات ملوثات مياه الصرف المنزلي غير المخلوطة بمياه الصرف الصناعي:

الفترة التصميمية	القيمة
BOD_5(ملغ/ل)	400-150
COD (ملغ/ل)	800-400
TSS(ملغ/ل)	450-100
TDS(ملغ/ل)	1200-350
TKN (ملغ/ل)	80-30
P(ملغ/ل)	20-10
pH	7.9-6.8
زيتوت وشحوم (ملغ/ل)	200-50

الجدول (1–4): قيم مؤشرات التلوث لمياه الصرف المنزلي

طريقة الحمأة المنشطة

Conventional activated sludge process



المعالجة البيولوجية المتقدمة لمياه الصرف الصحي

الجدول (3-3): المؤشرات المختلفة لكل طريقة من طرق الحمأة المنشطة :

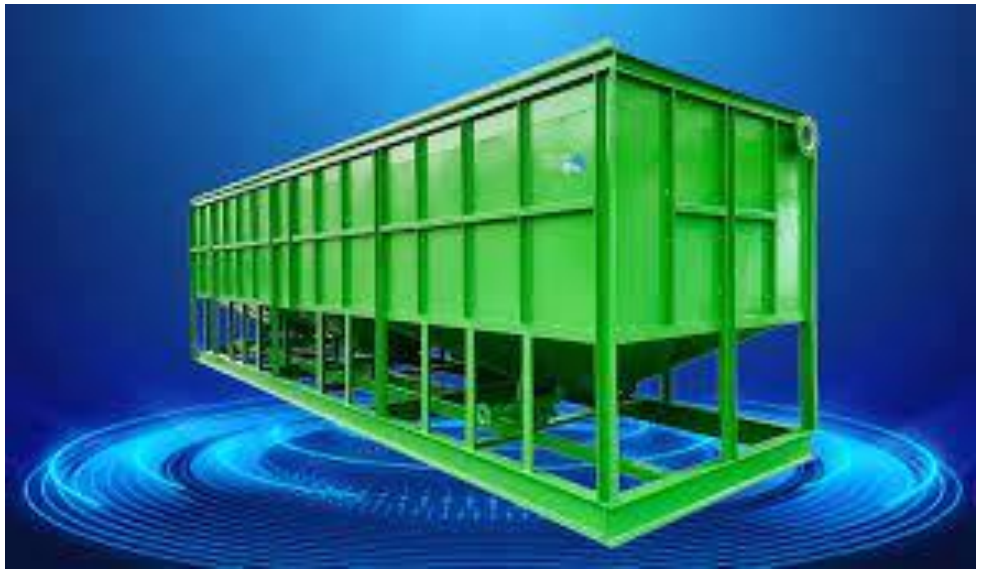
نوع العملية	نوع الجريان	عمر الحمأة (زمن مكوث الخلايا) θc بالأيام	F/M (kg BOD_5 / kg MLVSS.day	الحمولة العضوية الحجمية kg BOD_5/ m3.day	MLSS (mg/l)	زمن المكوث الهيدروليكي ضمن حوض التهوية V/Q,h	نسبة التدفق المعاد إلى التدفق الوسطي Qr/Q
ذات المعدل العالي للتهوية	دفقي0	2-0.5	2-1.5	2.4-1.2	1000-200	3-1.5	1.5-1
التثبيت بالتماس	دفقي	10-5	0.6-0.2	1.3-1	(3000-1000) (10000-6000)	(1 -0.5) (4-2)	1.5 -0.5
ذات الأكسجين عالي النقاوة	دفقي	4-1	1-0.5	3.2-1.3	5000-2000	3-1	0.5-0.25
تقليدية ذات جريان دفقي	دفقي	15-3	0.4-0.2	0.7-0.3	3000 -1000	8-4	0.75-0.250
التغذية على مراحل	دفقي	15-3	0.4-0.2	1-0.7	4000-1500	5-3	0.75-0.25
ذات المزج الكامل	مزج كامل	15-3	0.6-0.2	1.6-0.3	4000-1500	5-3	1-0.25
التهوية المديدة	دفقي	40-20	0.1-0.04	0.3-0.1	5000-2000	30-20	1.5-0.5
خنادق الأكسدة	دفقي	30-15	0.1-0.04	0.3-0.1	5000-3000	30-15	1.5-0.75
المفاعل ذو الدفعات المتسلسلة (Sequencing batch reactor	متقطع	30-10	0.1-0.04	0.3-0.1	5000-2000	40-15	NA
التفريغ على دفعات Batch Decant	متقطع	25-12	0.1-0.04	0.3-0.1	5000-2000	40-20	NA
نظام التهوية بالتيار المعاكس Countercurrent aeration system	دفقي	30-10	0.1-0.04	0.3-0.1	4000-2000	40-15	0.75-0.25

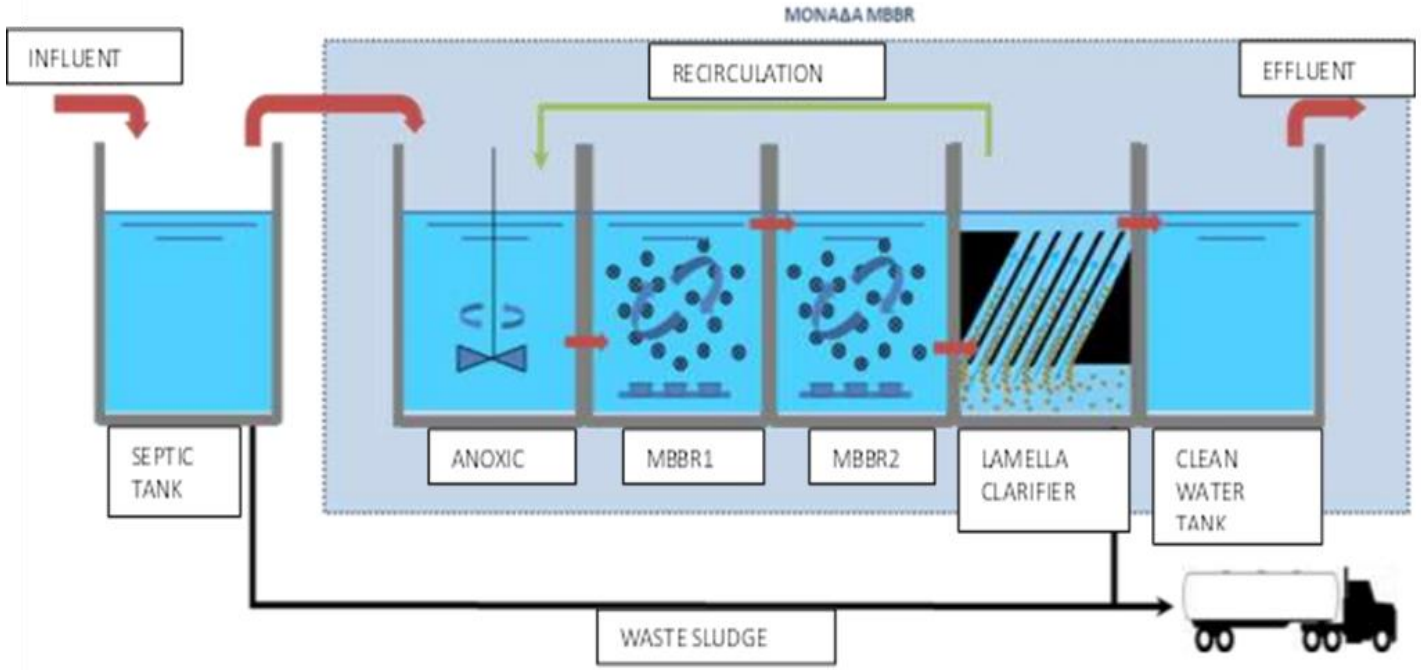
المركبات المعيقة لنشاط البكتريا في طريقة الحمأة المنشطة أو المركبات التي تسبب السمية :

إن المعادن الثقيلة تعتبر من أخطر المواد التي تسبب إعاقة لنشاط البكتريا أو تسبب السمية ,وإنّ وجود المعادن الثقيلة بالشكل المنحل في مياه الصرف سيؤدي إلى انخفاض كفاءة المعالجة وتخرج أيضاً هذه المواد السامة مع المياه المعالجة,لذلك فإنّ مياه الصرف الحاوية على تلك المعادن تسبب تثبطاً لنشاط البكتريا في محطة المعالجة,لذلك يجب إزالة هذه المواد السامة من مصادرها أو عن طريق معالجتها بمحطات معالجة خاصة تؤمن معالجة أولية قبل إجراء المعالجة في محطة المعالجة الرئيسية,وإن تراكيز المواد المعيقة لنشاط البكتريا في طريقة الحمأة المنشطة موضحة في الجدول رقم(3-4):

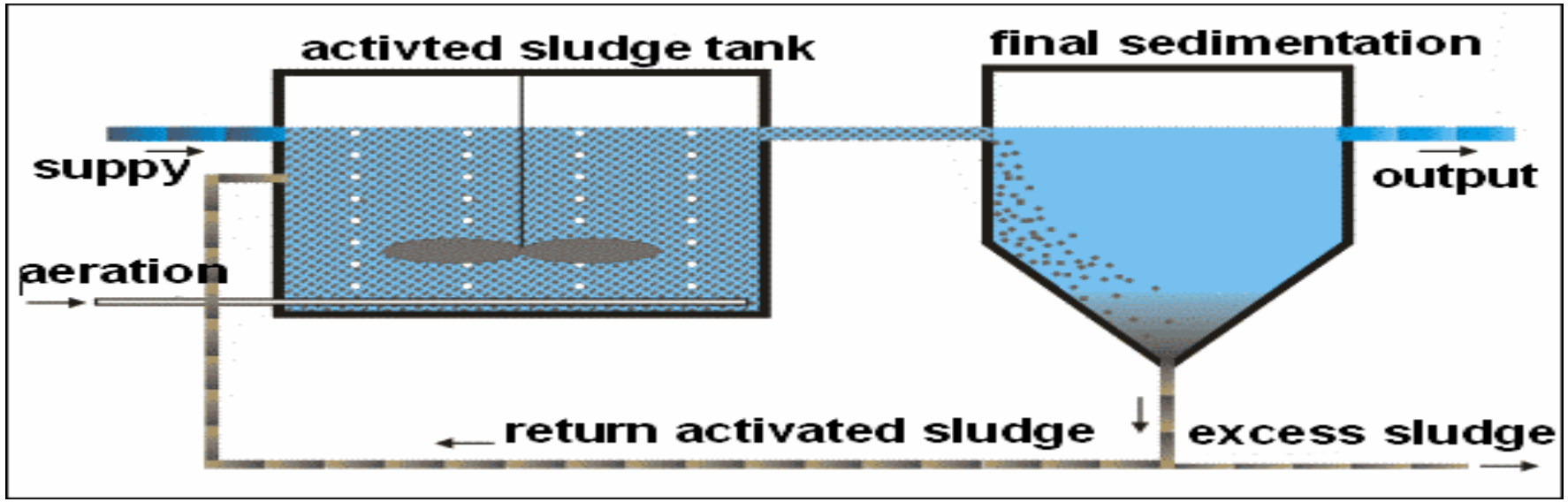
الملوث	التركيز المسبب للإعاقة (inhibitory)(ملغ/ل)	
	الإزالة الكربونية (إزالة BOD_5 والمواد العضوية)	عملية النترتة
الألمنيوم	26-15	
الأمونيا	480	
الزرنيخ	0.1	
الكادميوم	100-10	
الكالسيوم	2500	
الكروم السداسي	10-1	0.25
الكروم الثلاثي	50	
النحاس	1	0.5-0.005
الرصاص	1	0.5-0.005
السيانيد	5-0.1	0.34
الحديد	1000	
المنغنيز	10	
المغنزيوم		50
الزئبق	5-0.1	
النيكل	2.5-1	0.25
الفضة	5	
الكبريتات		500
الزنك	10-0.8	0.5-0.08
الفينول الكريسول 2-4 دي نترو فينول	200	10-4 16-4 150

محطات معالجة مياه الصرف الصحي المدمجة





الحمأة المنشطة ذات التهوية المديدة



SECD
SYRIAN ENGINEERS FOR CONSTRUCTION AND DEVELOPMENT
منظمة المهندسين السوريين للإعمار والتنمية

مثال تطبيقي لتصميم محطة مدمجة لمعالجة مياه الصرف الصحي

المتطلبات لتصميم محطة معالجة مدمجة لجامعة كبيرة ذات تدفق 125m3/day لمياه الصرف

البارامتر	القيمة قبل المعالجة	القيمة الواجب الحصول عليها بعد المعالجة
BOD	250mg/l	20mg/l
TSS	250mg/l	20mg/l
T.K.N (Total Kjeldahl Nitrogen)	40mg/l	5mg/l

الجدول (6-1): خصائص مياه الصرف الصحي قبل وبعد المعالجة

الفرضيات:

1- درجة حرارة مياه الصرف الدنيا 17 مئوية

2-انتاج الحمأة الصافي 0.76kg MLss/kg BODr

3-تركيز الأوكسجين الأصغري في حوض التهوية 2mg/l

4-العوامل الخاصة بالأوكسجين :

أ- $kgO_2/kgBODr = 1.28$

ب- $kgO_2/kgNH_3\text{-}N=4.6$

ج- عوامل انتقال الأوكسجين إلى الماء:

a=0.85 من أجل نافثات فقاعات هواء خشنة)

b=0.95 (من أجل مياه الصرف المنزلي)

5- زمن المكوث الهيدروليكي في حوض التهوية 1 يوم (تهوية مديدة)

6-معدل التحميل الهيدروليكي في منطقة ترسيب الحمأة (أقل من $10m^3/m^2/d$)

7- تركيز المواد المعلقة في السائل الممزوج (MLSS) يقع ضمن المجال:

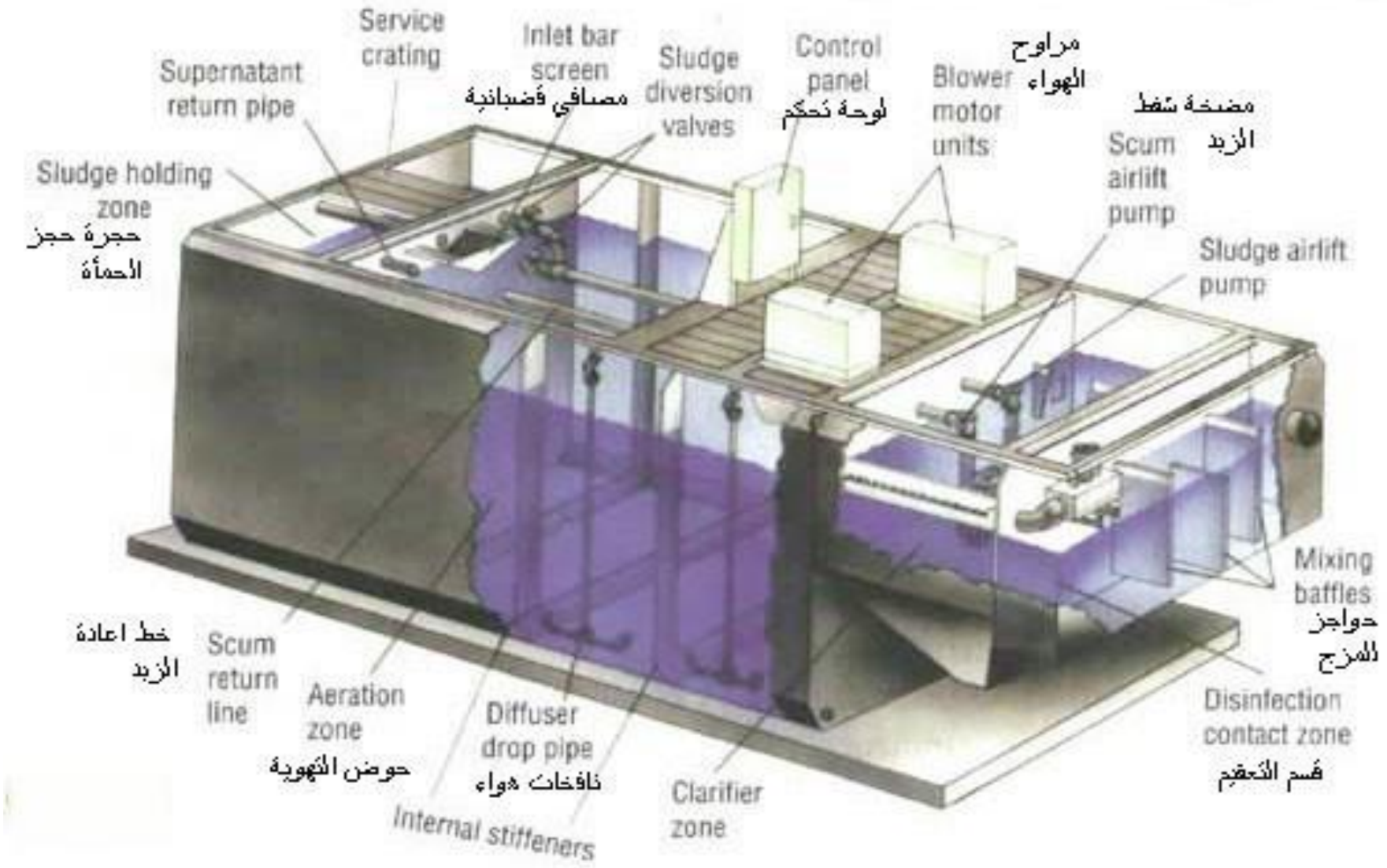
(6000-3000) mg/l

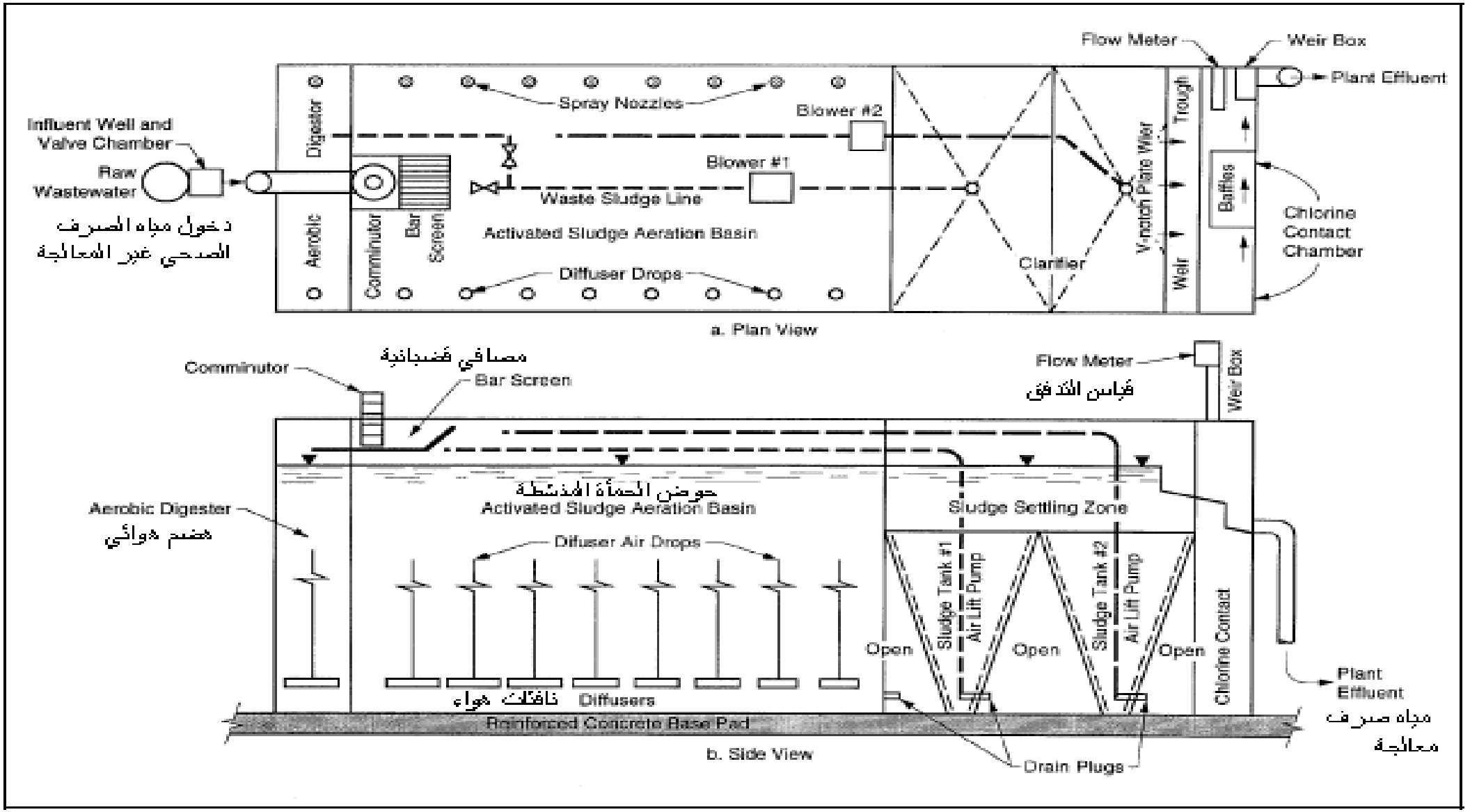
8- زمن مكوث المواد الصلبة 25 days

9- نسبة المواد المغذية على نسبة الأحياء الدقيقة F/M تقع ضمن المجال (0.3-0.05).

10-معدل انتقال فقاعات الهواء الخشنة هو : 30kg O2/KW.day .

11- الارتفاع عن سطح البحر :466m


Service crating
Inlet bar screen
مصافي قضبانية
Sludge diversion valves
Control panel
لوحة تحكم
مراوح الهواء
Blower motor units
مضخة شفط الزبد
Scum airlift pump
Supernatant return pipe
Sludge holding zone
حجرة حجز الحمأة
Sludge airlift pump
Mixing baffles
حواجز المزج
خط اعادة الزبد
Scum return line
Aeration zone
حوض التهوية
Diffuser drop pipe
نافخات هواء
Disinfection contact zone
قسم التحقيم
Internal stiffeners
Clarifier zone



مسقط ومقطع في المحطة التي تم تصميمها

الحل :

-حساب حجم حوض التهوية وحساب كافة الأجزاء الخاصة بهذا الحوض:

أ-حساب كمية BODr الBOD_5 المزال يومياً ضمن هذا الحوض:

$$BOD_r(kg/day)=Q\times(BODi-BODe)/1000$$

Q:m^3/day التدفق اليومي

BODi : تركيز BOD_5 الداخل إلى حوض التهوية ملغ/ل

BODe: تركيز BOD_5 الخارج من حوض الترسيب النهائي ملغ/ل

$$BOD_r(kg/d)=125\times(250-20)/1000=29kg/day$$

ب-حساب إنتاج الحمأة :

Sludge production (kg/day)=

Net sludge yield(kg MLSS/Kg BODr) ×BODr(kg/d)

Net sludge yield (kgMLSS/KgBODr) = 0.76 إنتاج الحمأة الصافي

Sludge production =0.76×29 =22kg/d

ج- حساب الكتلة الحيوية في حوض التهوية:

System Mass(kg)= sludge production ×solids retention (d)

زمن مكوث المواد الصلبة باليوم×إنتاج الحمأة =

= 22×25=550kg

- حساب الطاقة اللازمة للتهوية:

أ- حساب تراكيز الأمونيوم:

NH_3-N(مؤكسد)=TKNi -synthesis N-TKNe (6-1)

TKNi: قيمة نتروجين كالدال الداخل إلى حوض التهوية ملغ/ل وقيمته 40 ملغ/ل.

TKNe: قيمة نتروجين كالدال الخارج من حوض الترسيب النهائي ملغ/ل ونصمم على قيمة تساوي 5 ملغ/ل

Synthesis N= % 5×(إنتاج الحمأة في طريقة الحمأة المنشطة)

Synthesis N(المصطنع عن طريق تشكيل الخلايا)

Synthesis N=0.05×22=1.1kg/d

Sythensis N(mg/l)=1.1(kg/d)×10^6(mg/day)/125×10^3(l/day)=8.8mg/l

NH_3-N(مؤكسد) = 40-8.8-5=26.2mg/l

NH_3-N(Kg/d)=26.2×10^6(kg/l)×125×10^3 (l/d)=3.28kg/day

ب-حساب احتياج الأوكسجين الفعلي (اللازم):

$AOR=1.28(kgO_2/kgBODr)\times Synthesis\ N\ (kg/day)+$
$4.6(kgO_2/kgNH_3\text{-}N)\times NH_3\text{-}N(مؤكسد)\ (kg/d)$ (6-2)

$AOR=1.28(kgO_2/kgBODn)\times 1.1(kgBODn/d)+$
$4.6(kgO2/kgNH_3\text{-}N)\times 3.28(KgNH_3\text{-}N/d)$

$AOR=16.5kgO_2/day$

ج-حساب الاحتياج الفعلي المعياري للأوكسجين:

$$SAOR = AOR \times CS \frac{1}{a(B \times CSW - CO)} \Theta^{(20-T)} \qquad (6\text{-}3)$$

CS: تركيز الأوكسجين في حالة الاشباع عند درجة الحرارة والضغط المعياريان (ملغ/ل)

Θ: معامل يتعلق بدرجة الحرارة وقيمته 1.024

CSW (معامل التصحيح من أجل الارتفاع)=

$$Csw = 9.02 - 0.0003 \times elevation \qquad (6\text{-}4)$$

Co (تركيز الأوكسجين المنحل المطلوب في حوض التهوية)= 2mg/l

a= 0.85 ، B=0.95 ، $T=17^0C$

$$SAOR = 16.5 \times 9.02 \frac{1}{0.85(0.95 \times 8.88 - 2)} 1.024^{(20-17)} = 29.2 kgO_2/day$$

تصميم حوض التهوية:

حجم حوض التهوية

$$Q = \frac{V}{T}$$

$V=Q\times T$

T: زمن المكوث /باليوم ونأخذه مساوياً إلى 1 يوم

Q: التدفق ($م^3$/يوم)

$V=125\times1=125m^3$

نختار ارتفاع الحوض 3m فتكون المساحة $A=125/3=41.67m^2$

وباعتبار أن $L/B=4$ L(طول الحوض) B (عرض الحوض)

$A=L.B=4.B.B=41.67\ m^2$

إذاً $B=3.225m=3.3m$ فيكون طول الحوض $L=12.9=13m$

إذاً طول الحوض 13m وعرضه 3.3m وارتفاعه 3m .

$H_h=3-0.3=2.7m$

ـ حساب أبعاد منطقة حوض الترسيب وتجميع الحمأة:

نفترض بأنه لدينا مخروطين لترسيب الحمأة بأبعاد:

1-البعد العلوي = عرض الحوض = 3.3 م

2-البعد السفلي =0.3 م فتكون المساحة العلوية لمخرطين ترسيب الحمأة

$$A2=2\times3.3\times3.3=21.78m^2$$

فيكون معدل التحميل الهيدروليكي في مخروطي ترسيب الحمأة :

$= 125/21.78=5.74(m^3/m^2.d)< (8-18)\ (m^3/m^2.d)$ مقبول

على فرض أن ارتفاع الترسيب فوق المخروطين مساوياً إلى0.3m فيكون ارتفاع المخروط مساوياً إلى 2.7m

ويكون حجم المخروط

$$V=1/3(A_1+A_2+(A_1\times A_2)\text{^}0.5).depth$$

$$=1/3(3.3^2+0.3^2+3.3\times0.3)\times2.7=9.88m^3$$

-الحجم الكلي للمخروطين

$$V_T=2\times9.88 = 19.76m^3$$

حساب حجم حوض الهضم الهوائي للحمأة=حجم مخروطي تجميع الحمأة

H=3m L=3.3m B=2m

- حساب حوض التماس مع الكلور:

لصغر التدفق نختار زمن مكوث كبير 75 دقيقة فيكون حجم حوض الكلور

$$V=125\times(75/60)/24=6.5m^3$$

نختار عمق الحوض مساوياً ل0.8 م

L=3.3m B=6.5/3.3×0.8 = 2.46m

إذاً أبعاد حوض الكلورة

H=0.8m ، الارتفاع B = 2.46m ، العرض L=3.3m الطول

توصيات عامة:

1- محطات المعالجة المدمجة لا تحتاج إلى حوض فصل الرمال أو حوض ترسيب وإنما تحتاج فقط حفرة تجميع صغيرة ومضخة, كما هو مبين في الشكلين (6-1) و (6-2) .

2- قطر أنبوب دخول مياه الصرف على محطة المعالجة المدمجة لا يقل عن 15سم ويجب أن يصرف مباشرة على مصافي دقيقة أو فرامات للمواد الصلبة , وتكون المصافي والفرامات موضوعة عند مقدمة أعلى حوض التهوية.

3- إن ضغط مراوح التهوية يجب أن لا يقل عن 0.5 بار (5m) , وذلك لضمان تركيز أصغري للأوكسجين المنحل 2ملغ/ل في جميع الأوقات.

4-لا يقل عدد نافثات الهواء عن /44/ نافثة في قاع حوض التهوية بالإضافة إلى أنه يجب أن نضع نافثات عدد/6/ في حوض الهضم الهوائي للحمأة وواحدة في حوض الكلورة.

5- يجب وضع مقياس تدفق يسجل التدفقات اليومية الداخلة إلى المحطة.