

الصندوق الإجتماعى للتنمية

وحدة المياه والبيئة

**دليل
تتغيل وصيانة
أنظمة الصرف
الصحي**

إعداد

- م / عبد الوهاب محمد المجاهد
م / جاويد احمد على الجيلاني
د / فضل على النزيلى
م / على عبد الولى ماجد

الصندوق الإجتماعي للتنمية / فج عطان - صنعاء / الجمهورية اليمنية

ص.ب. ١٥٤٨٥ هاتف : ٤٤٩٦٦٩ / فاكس ٤٤٩٦٧٠

Social Fund for Development / Faj Attan

Sana'a - Republic of Yemen

P.O. Box No. 15485 / Tel No: 449669 / Fax No.: 449670

E-mail:sfd@sfd-yemen.org.

المحتويات

٣	الفهرس
٥	مقدمة
٦	<u>تشغيل وصيانة أنظمة الصرف الصحي</u>
٧	الفصل الاول إدارة تشغيل وصيانة المشروع
١١	الفصل الثانى أعمال الصيانه لمكونات شبكة الصرف الصحي
١٣	الفصل الثالث تشغيل وصيانة محطات المعالجه
٢٢	الفصل الرابع مكافحة الروائح فى الشبكات ومحطات معالجة مياه الصرف
٢٤	الفصل الخامس تطهير مياه الصرف المعالجه
٢٦	الفصل السادس فحوصات مراقبة كفاءة نظم المعالجه
٢٨	الفصل السابع إعادة إستخدام مياه الصرف المعالجه
٣٣	الفصل الثامن إستخدام الحمأه فى الزراعه
٣٧	الفصل التاسع احتياطات السلامه فى اعمال التشغيل والصيانه
٤١	الفصل العاشر تقارير واستمارات مراقبة التشغيل والصيانه لانظمة الصرف الصحي
٤٥	<u>الملاحق:</u>
٤٦	<u>ملحق (١) مبادئ أساسيه لتصميم وتنفيذ أنظمة الصرف الصحي</u>
٤٧	الفصل الاول خواص ومصادر مياه الصرف الصحي
٥٠	الفصل الثانى طرق قياس كمية مياه الصرف
٥٤	الفصل الثالث تصميم شبكات الصرف الصحي قليلة الكلفه
٥٩	الفصل الرابع خطوات التنفيذ وإستلام الأعمال
٦٤	الفصل الخامس طرق معالجة المياه العادمه
٧١	ملحق (٢)

يهدف الصندوق الاجتماعي للتنمية الى تحسين أوضاع الفئات الاجتماعية الاكثر فقرا عن طريق تقديم الخدمات الاساسية للمناطق المحرومة وخلق فرص عمل لتطوير المجتمعات المحلية والتخفيف من حدة الفقر ، ومن هذا المنطلق يقوم الصندوق الاجتماعي للتنمية فى تنفيذ العديد من مشاريع أنظمة الصرف الصحى فى المناطق الريفه والمدن شبه الثانويه ولكى يكون تدخل الصندوق اكثر فاعليه وفائده للمجتمع يتم ايضا تدريب القائمين على تشغيل وصيانة أنظمة الصرف الصحى وذلك للحفاظ على استمرارية هذه المشاريع .

ويسر الصندوق الاجتماعي للتنمية أن يقدم هذا الدليل الخاص بالتشغيل والصيانة لانظمة الصرف الصحى لكى يكون عوناً للمختصين والفنيين والمشغلى أنظمة معالجة مياه الصرف الصحى ولتسهيل مهام عملهم بالطريقه الامثل وذلك للحفاظ على مكونات نظام الصرف الصحى ولضمان معالجة مياه الصرف الصحى بحسب المواصفات المطلوبه ولتقليل المخاطر الصحيه للعاملين والقائمين على التشغيل والصيانة لمكونات المشروع وكذلك للاستفادة المثلى من المياه المعالجه فى الري وإعادة استخدام الحمأ المعالجه فى تسميد الاراضى الرزاعيه واستصلاحها

فى هذا الدليل تم تسليط الضوء على صيانة انظمة الصرف الصحى وتم التركيز على تشغيل وصيانة الشبكات ومحطات المعالجه واستخدام المياه والحمأ بعد المعالجه واحتياطات السلامه المهنيه للعاملين والتقارير المطلوبه لمراقبة كفاءه واداء انظمة الصرف الصحى وكيفية الاستفاده من هذه التقارير فى تطوير المشروع وفى رفع كفاءه تشغيله وصيانتة .

كما تم اضافة ملخص مختصر فى الملحق عن المبادئ الاساسيه التى تضم خواص مياه الصرف ومصادرها وطرق قياسها وانواع شبكات الصرف الصحى قليلة الكلفه وخطوات تصميمها ، وتم ايضا التركيز على خطوات تنفيذ شبكات الصرف الصحى واستلامها من قبل المهندسين المشرفين على التنفيذ ، وتم التطرق الى الطرق المختلفه لمعالجة مياه الصرف الصحى وذلك لكى يتم استخدامه كمرجع للمختصين العاملين فى تشغيل وصيانة انظمة الصرف الصحى .

نرجو أن نكون قد وفقنا فى إعداد هذا الدليل . كما نرجو من له ملاحظه إرسالها إلى عنوان الصندوق الموضح فى الغلاف

والله الموفق،،

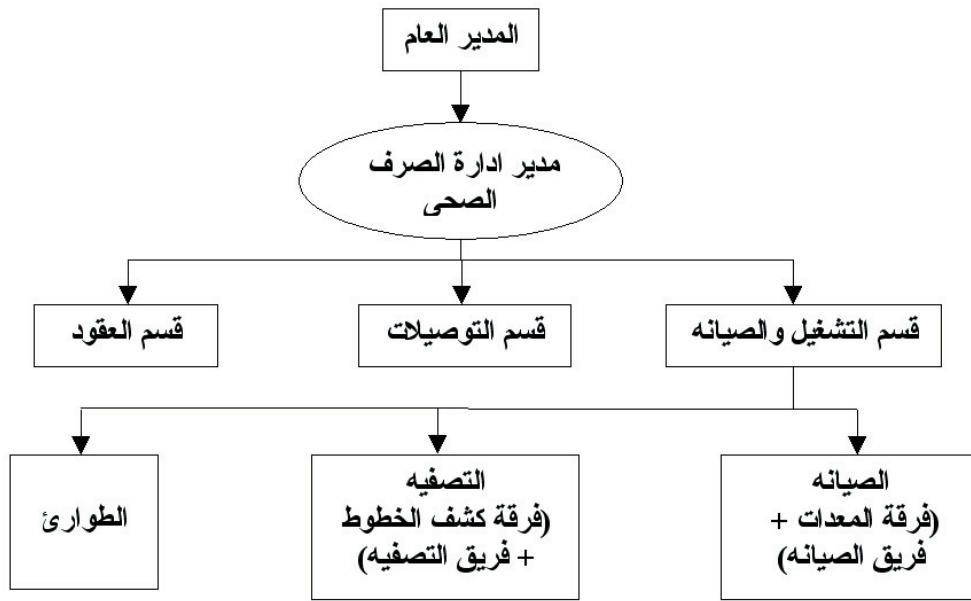
الصندوق الاجتماعي للتنمية

تشغيل وصيانة أنظمة الصرف الصحي

إدارة تشغيل وصيانة أنظمة الصرف الصحي

الهيكل التنظيمي:

الشكل (1) يوضح وضع قسم التشغيل والصيانة في الهيكل التنظيمي للمؤسسة المحلية في امانة العاصمة كمثل يمكن الاستفادة منه في وضع هيكل تنظيمي لاي مشروع صرف صحي.



شكل (1) الهيكل التنظيمي لادارة الصرف الصحي
(نموذج عن المؤسسة المحلية / صنعاء)

مهام الطوارئ (اسعافيه)

- عند استلام فريق الطوارئ بلاغ بوجود انسداد فانه يقوم بالاجراءات التالية:
1. يتم ارسال فريق مجهز (بالآلات والمعدات اللازمة) لفك الانسداد.
 2. الرفع الى قسم التشغيل والصيانة بموقع الانسداد واسبابه والمواد التي تسببت بحدوث الانسداد ليقوم بالتوجيه بعمل الاجراءات لمنع هذه المواد من دخول الشبكة اضافة الى عمل توعيه في منطقة الانسداد.
 3. اذا لاحظ الفريق وجود ترسبات في الخطوط المبلغ عنها ، يتم ابلاغ فريق التصفية بتصفية الخطوط المترسبه ويمكن معرفه وجود الترسبات من خلال حركة المياه البطيئة.

التصفيه

يتكون من فريقين هما :

1- فريق التصفيه 2- فريق الكشف على الخطوط

• فريق التصفيه - من مهام فريق التصفيه:

1. تصفيه الخط (اعمال استثنائية) فور استعلامه بلاغ الطوارئ.
2. تصفيه الخطوط فى الحالات الاعتياديه وبحسب برنامج الصيانه.
3. فى حالة وجود مواد غريبه (ملاعق وشوك وعلب وأقمشه .. الخ) يتم جمعها وتسليمها الى قسم التشغيل والصيانه ليقوم باعطاء التوجيهات بعمل الاجراءات التي تمنع دخول هذه المواد ويعمل توعيه فى منطقة الانسداد.

وتجدر الاشارة هنا الى ان فعالية التصفيه تكون عالية اذا تزامنت مع اعلى استهلاك.



سيارة التنظيف بالمياه



تصفية الغرفة من الترسبات



ترك الاغطيه مفتوحه لفترة وجيزه لتهوية غرف التفتيش قبل بدء اعمال الصيانه او الكشف على الغرف



- فريق الكشف عن الخطوط: من مهام فريق الكشف على الخطوط
- 1. الكشف الدورى على الخطوط بالمرايه والضوء لمعرفة اي خط مكسور او متآكل او غرفه مكسوره .
- 2. ابلاغ رئيس قسم الصيانه بنتائج الكشف والذى بدوره يقوم بتكليف فريق المعدات للتعامل مع نوع البلاغ.

الصيانة (فرقة المعدات + فرقة الصيانة)

مكون من فريقين:

- فريق المعدات.
- فريق الصيانة.

من مهام الصيانة:

- 1 - اصلاح الخطوط المكسره.
- 2 - معالجة التآكلات فى جدران المناهل والغرف واحواض المعالجة.
- 3 - إزالة التآكلات من الغرف والمناهل واحواض المعالجة التى تحدث بسبب وجود الغازات وعدم التهويه او بسبب انجراف تربة الاحواض.
- 4 - صيانة درج السلالم المتآكله.

أولاً / طريقة عمل فريق المعدات

عند الابلاغ عن خط مكسور يقوم فريق المعدات بالاجراءات التالية:

1 . التأكد من البلاغ عن طريق فتح المناهل وغرف التفتيش (أعلى واسفل موقع الكسر) والكشف بالمرايه والضوء (يشاهد الضوء بوضوح في حالة الخطوط السليمة) .



2 . يحدد مكان الحفر من منهل فى اسفل الخط.

(Down Stream) (لانه جزء خالى من المجارى بسبب الكسر) .

3 . يحدد عمق الحفر التقريبي من اعماق المناهل.

4 . التنسيق مع مندوب المواصلات والكهرباء والمياه.

5 . وضع الاشارات المروريه.

6 . قطع الاسفلت ان وجد.

7 . الحفر.



ثانياً / طريقة عمل فريق الصيانة

بعد تجهيز الحفر يقوم فريق الصيانة بالاجراءات التالية:

1 . إصلاح الخط المكسور.

2 . الدفن بالهلسن والتربه على طبقات مع الدك والرش.

3 . إعادة الاسفلت ان وجد.



أغطية خرسانيه مسبوقه الصنع

التوصيلات + العقود

تمر التوصيلة المنزلية قبل تنفيذها بالمراحل التالية:

1. تقديم الطلب من المواطن.
2. يقوم مندوب المؤسسه بعمل مخطط للتوصيل المنزلى لربط المنزل إلى اقرب غرفة تفتيش بحسب المنسوب والمسافه المناسبه كما يقوم بحساب المواد والعمالة اللازمة للتوصيل .
3. يقوم المواطن بقطع الاتفاقية ودفع الرسوم وشراء المواد اللازمة للتوصيل المنزلى.
4. يعطى الامر للفنى المختص بالتوصيل.

ملحوظة :

آخر غرفة تفتيش منزلية والتي تم توصيلها بالغرفة العمومية هي الحد الفاصل بين مسئولية مالك المنزل ومسئولية ادارة الصرف الصحي فمنها الى المنزل مسئولية مالك المنزل ومنها الى الغرفة العمومية مسئولية ادارة الصرف الصحي.

نقاش مجموعات

1. ضع هيكل تنظيمى لادارة الصرف الصحى لمشروعك؟
2. اشرح المهام والواجبات للاقسام والاشخاص فى الهيكل التنظيمى لادارة الصرف الصحى؟
3. أعمل مخطط لتوصيلة منزلية؟
4. ارسم مكونات مشروع الصرف الصحي ومحطة المعالجة في منطقتك؟

اعمال الصيانة لمكونات شبكة الصرف الصحي

الاجراءات التي تخفف اعمال صيانة الشبكة

هناك العديد من الاجراءات التي تساعد في تخفيف اعمال صيانة شبكة المجاري منها:

- 1- تركيب شبك في مخرج آخر غرفة تفتيش منزلية تم ربطها الى الشبكة العامة ويعمل هذا الشبك على حجز المواد الغريبة ومنها من دخول الشبكة العامة وتبقى مسؤولية مالك المنزل تصفية هذه الغرفة.
 - 2- توعية الاهالي بالاحتياطات التي يمكن اتخاذها داخل المنازل لمنع المواد الغريبة من الوصول الى غرفة التوصيلة المنزلية ويمكن استخدام الوازع الديني للوصول الى هذا الهدف.
 - 3- توثيق المواد الغريبة التي تسبب بالانسداد بالصور وعمل توعيه مركزه في اماكن حدوثها.
- والصيانة نوعين : صيانة وقائية وصيانة طارئة.

الصيانة الوقائية

وتسمى ايضا صيانة دورية حيث يتم اعداد برنامج لها فحص وتصفية الخطوط حتى بدون استلام بلاغ بوجود مشكلة ولهذا سميت صيانة وقائية كونها تقي من الانسداد وطفح المجاري في الشوارع .
وعادة ماتكون هناك فرقة خاصة متفرعة لهذا العمل مجهزة بكل المعدات والادوات اللازمة

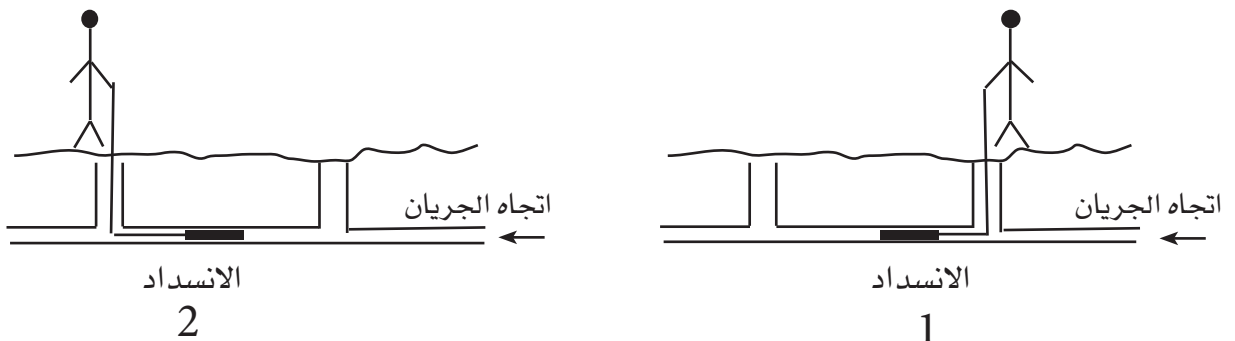
الصيانة الطارئة

هي الصيانة التي تتم بموجب بلاغ يستلمه قسم الطوارئ فيقوم بالتحرك السريع للاستجابة للبلاغ وفي حال انشغال فرقة الطوارئ فانه يقوم الاتصال بغرفة الصيانة الوقائية للقيام بالعمل المطلوب.

احتياطات الامان عند صيانة خطوط الشبكة

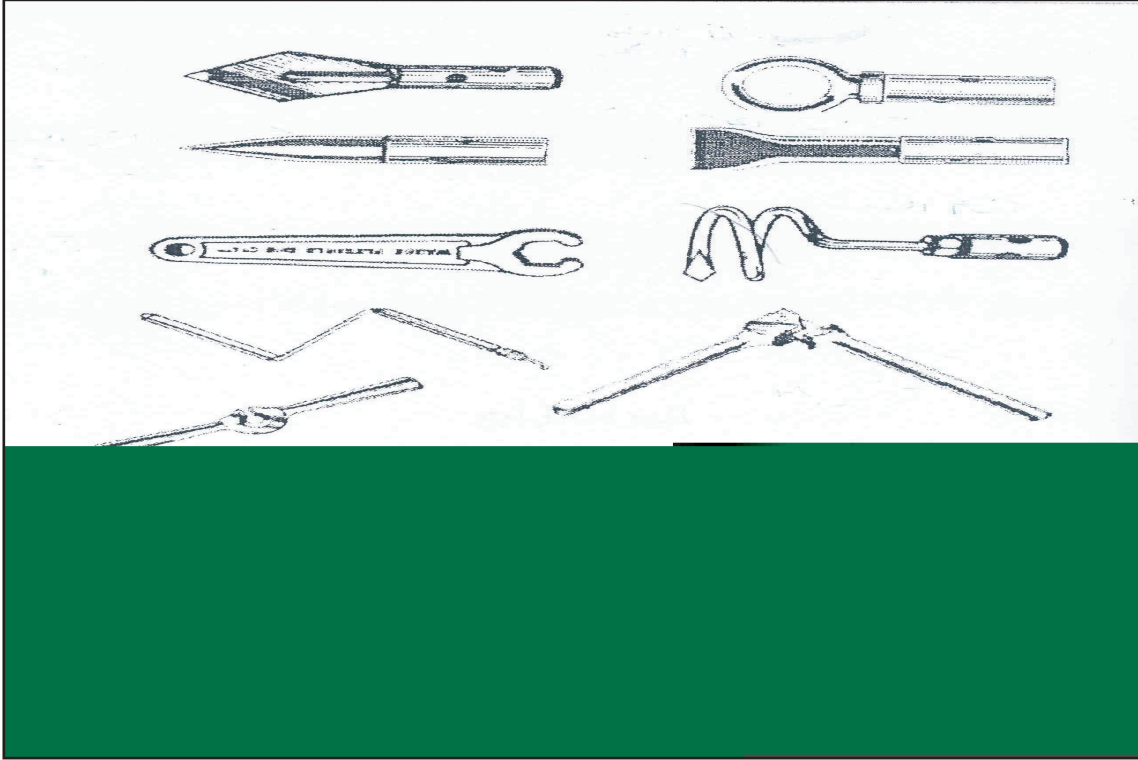
هناك عدد من احتياطات الامان لتجنب المخاطر التي يمكن ان تؤدي بحياة عمال الصيانة اهمها:

- تهوية الخطوط قبل نزول اي عامل الى المناهل او غرف التفتيش وتم ذلك بفتح اغطية المناهل وغرف التفتيش اعلى واسفل الخط المراد صيانته وتركها مفتوحة لمدة لا تقل عن نصف ساعة .
- التعامل بحذر مع الانسدادات فوجود الانسداد مؤشر لوجود مجاري متعفنة وبالتالي وجود الغازات السامة التي يمكن ان يؤدي الى الوفاة ، لذلك ينصح بمعالجة الانسدادات من اعلى الخط واذا فشلت المحاولة عندها يمكن معالجته من اسفل الخط شريطة وقوف العمل لخارج المنهل.



ادوات الصيانة

والصيانة نوعين : صيانة وقائية وصيانة طارئة.



نقاش مجموعات

1. ارسم مخططا لمشروعك يتم فيه تحديد كل مكونات المشروع (غرف التفتيش وخزانات التحليل ومحطات المعالجة.. الخ)
2. ضع برنامج صيانه لمشروعك (شبكة الصرف وغرف التفتيش) من واقع مخطط المشروع ونظام المعالجة، ويجب ان يشمل برنامج الصيانه : الصيانه الدوريه والطارئه؟

تشغيل وصيانة محطات معالجة

مياه الصرف الصحي

تعريف هامة:

pH: هو الاس الهيدروجيني الذي يحدد نوع السائل حامضي او قاعدي والسائل المتعادل كالماء اسه الهيدروجيني 7 وما زاد على هذا يعتبر سائل قاعدي ومانقص يعتبر حامضي.

SS: كمية المواد العالقة

BOD: هو الاكسجين الذي يحتاجه البكتيريا بالتحليل كمية محددة من المادة العضوية خلال فترة خمس ايام وكلما زاد الاكسجين المطلوب زاد تركيز المواد العضوية.

أولاً : خزانات التحليل

تشغيل خزانات التحليل



آلة تنظيف الحمأة والمواد الصلبة في خطوط شبكة الصرف الصحي (مطورة)

• لتسريع عملية المعالجة في البداية يجب اضافة كميته من الحمأة قبل تشغيل خزان التحليل لتنشيط البكتيريا التي تعالج مياه الفضلات.

• يجب شطف الحمأة عند وصول منسوبها الى حوالي 2/3 ارتفاع الخزان.

• يجب ابقاء حوالي ربع ارتفاع الخزان من الحمأة لضمان استمرار عملية المعالجة بالبكتيريا الموجوده في الحمأة.

• مراقبة كميته المياه الداخلة والخارجه واذا حصل اى رجوع

للمياه معناه انه ربما حصل انسداد في الفلتر مما أدى الى زيادة في الفاقد الهيدروليكي او انسداد في الانابيب مما أدى الى منع خروج المياه وتراكمها.

• يتم غسل الفلتر بالضخ من الاعلى الى اسفل او يتم رفع الفلتر وغسله ومن ثم اعادته الى موضعه.

• في حالة الشبكات باقطار صغيرة يمنع توصيل المنازل الى الشبكة مباشرة تجنباً لانسداد الشبكة لذلك يجب مرور مياه الصرف عبر خزان التحليل اولاً ثم الى الشبكة.

• يجب تحفيف الحمأة لفترة لا تقل عن 6 اشهر للقضاء على مسببات الامراض قبل استخدامها كمخصبات زراعيه.

ثانياً : احواض التنقيه الطبيعيه

مسئوليات القائمين على تشغيل وصيانة احواض التنقيه الطبيعيه

1. يجب ان يكون هناك هيكل وظيفي واضح المهام والمسئوليات.
2. يجب ان يكون المفهوم لدى الاداره والعاملين بانهم مسئولين على التشغيل والصيانه بطريقه صحيحه تضمن بيئه صحيه ونظيفه للمستفيدين.
3. يجب توفير المخصصات الكافيه للتشغيل والصيانه ولشراء المواد والمعدات ولتوفير الاجور المجزيه

- لتشجيع العاملين الاكفاء فى الاستمرار فى عملهم.
4. يجب القيام بأعمال الصيانه الدوريه والوقائيه واقناع العاملين بان الاستمرار على هذا المنوال يمكن أن يؤدى حتى الى تقليل عبئ العمل اليومى عليهم.
5. التدريب المستمر للعاملين مع اعطاء كل مسئول وعامل نسخه من واجباته وخاصة فيما يخص الصيانه الوقائيه والتي يجب عليه القيام بها بطريقه روتينيه.

تشغيل حوض جديد (هوائى لا هوائى)

العوامل التى تحد من كفاءة تشغيل حوض جديد:

1. كمية المياه الواصله فى بداية تشغيل الحوض قليله.
2. بطء تكون النظام البكتيرى اللازمه لعمليات المعالجه.
3. تأخر نمو الطحالب بالمقارنه مع تكون النظام البكتيرى.

وعليه:

- يمكن تشغيل حوض واحد فى البدايه فى حالة وجود اكثر من حوض.
- يفضل تشغيل الحوض فى بداية الصيف مثلا عندما يكون الجو دافئ او حار للمساعده فى سرعة تكوين النظام البكتيرى.
- يجب تنظيف الحوض من بقايا مواد العمل والحشائش قبل التبعثه.
- يمكن تشغيل جزء من الحوض عبر تكوين نتوءات (او فواصل او حواجز ترايبه) بارتفاع حوالى 50سم (الحد الادنى من العمق) داخل الحوض وامرار المياه العادمه بالتدرج ، للتحكم فى نمو الحشائش ومنع التسرب ولكن من مساوئ هذه الطريقه صعوبة ازالة النتوءات فيما بعد وبقاءها يقلل من كفاءة المعالجه.
- ويمكن ايضا تعبئة الحوض بالتدرج (بالماء) وبعد ذلك يتم احلاله بمياه الصرف الصحى غير المعالجه بالتدرج (10% من التدفق التصميمى) مع إضافة حمأه من خزانات التحليل او من احواض التهويه للسماح بتكون البكتيريا والطحالب.
- او تعبئة الحوض بسرعه بالمياه العادمه حتى عمق 1م وتركه لمدة 10 - 20 يوم (فترة تكيف تعتمد على درجة الحرارة) حتى يتحول لون الحوض الى اخضر او لون اخضر مزرق ويمر الحوض فى خلالها بفترة نمو البكتيريا وثانيا تكون الطحالب ، وعندما يتحول اللون الى الاخضر يتم السماح بدخول وخروج المياه بحسب الاحمال العضويه التصميميه.
- او يمكن تعبئة حوض المعالجه وحوض الانضاج بالماء الى المنسوب التصميمى وبعد ذلك يتم استعاضة المياه الفاقد به بسبب التسرب والبخر بالمياه العادمه ، واذا تعذر ذلك يمكن اضافه مياه نظيفه (فى حالة الحوض الذى سوف يخدم تجمعات سكانيه مستقبليه).

حوض الانضاج

- يتم تعبئة بالمياه (اذا وجدت الامكانيه) قبل امرار المياه الخارجه من احواض التنقيه (هوائى لا هوائى).
- يتم امرار المياه الخارجة من الاحواض السابقه الى حوض الانضاج والاحواض الذى تليها من مستوى الطبقة الغنيه بالطحالب.

مراقبة برك التنقيه الطبيعيه

الفحوصات المخبريه والرقابه:

- قياس كمية التدفق وتذبذباتها لاجراء حساب مدة المكث والتحميل العضوى، كما انها مهمه لمعرفة التوافق التشغيلى الامثل.
- فحص BOD مره فى الاسبوع لمعرفة مقدار التحميل ونوعية المياه الخارجه.
- فحص الجرثومه المعويه لمعرفة كفاءه المحطه فى التخلص من الجراثيم الممرضه.
- قياس المواد الصلبه الخارجه لمعرفة كفاءه المحطه فى ازلتها.
- قياس الاوكسجين المذاب و pH بمعدل ثلاث مرات فى الاسبوع لمعرفة عمل المحطه.

الحد الادنى من الفحوصات المطلوبه (النظام الهوائى اللاهوائى)

م	الفحص المطلوب	الزمن
1	كمية المياه الداخلة	مره / يوم
2	كمية المياه الخارجه	التصريف المستمر مره / اسبوع، وفي التصريف المتقطع مره / يوم
3	pH	مره / اسبوع / كل حوض
4	الأوكسجين المذاب في كل حوض	التصريف المستمر مره / اسبوع، وفي التصريف المتقطع 3 مرات / يوم
5	درجة حرارة الماء في كل حوض	التصريف المستمر مره / اسبوع، وفي التصريف المتقطع مره / يوم
6	BOD	1 - في المياه الداخله : مره / شهرين 2 - في المياه الخارجه تصريف مستمر : مره / شهرين 3 - في المياه الخارجه تصريف متقطع : 5 مرات / اسبوع
7	SS	1 - في المياه الداخله : مره / شهرين 2 - في المياه الخارجه تصريف مستمر في المحطه : مره / اسبوع 3 - في المياه الخارجه تصريف متقطع في المحطه : 5 مرات / اسبوع 3 مرات / اليوم
8	الفحص البكتيري (الكلى أو المعوي)	1 - في المياه الداخله : مره / شهر 2 - في المياه الخارجه تصريف مستمر في المحطه : مره / اسبوع 3 - في المياه الخارجه تصريف متقطع في المحطه : 5 مرات / اسبوع
9	المتبقي من الكلور	في المياه الخارجه : تحكم اوتوماتيكي : مره في الاسبوع، تحكم يدوي، مره في اليوم.
10	عمق الحمام	مره كل 3 أشهر
11	المعلومات المناخية : درجة حرارة الجو، نسبة تغطية السحب، المطر، اتجاه وسرعة الريح، الرطوبه	يومياً

لون حوض التنقيه ودلالته

وضع جيد	الاوكسجين و pH مرتفع (pH 9.5-8.5)، تركيز الطحالب اكثر من PPM 15	اخضر مشع
غير عالي الجودة ويبدأ تكون الطحالب الزرقاء الخطيرة	الاوكسجين و pH منخفض (pH 7.5 - 8)، تركيز الطحالب أقل من 10 PPM	اخضر خفيف مصفر
وضع سئ جداً	حاله لاهوائي (أقل من pH 7.5)، بعض الأثر من الاوكسجين)	بني مسود
• مقبول. • غير مقبول.	• إذا كان ناتجاً عن تكاثر متزايد للطحالب. • إذا كان نتيجة تآكل الجوانب أو تسرب الطمي.	خشبي الى بني
• وضع لاهوائي (الحوض فوق طاقته) • وضع هوائي (الحوض أقل من طاقته)	• جراثيم الكبريت الارجوانيه. • جراثيم حمراء.	برتقالي الى احمر



اللون الاحمر مؤشر على زيادة او نقص الحمل العضوي وفحص الـ BOD هو الذي سيحدد الحالة

المعالجات المطلوبه بحسب لون الحوض

- فى الوضع الجيد : تتم إزالة الاشجار فى الاطراف + إزالة المواد الطافية.
- فى وضع اللون الاخضر او الازرق فى الحوض الى عمق بسيط بسبب تغير نوعية مياه الصرف او درجة الحرارة او فى الوضع الاسود او الرمادى او البنى المعتم او فى وضع الاحمر البرتقالي الناتج عن البكتيريا الكبريتيه : يتم وقف دخول جزء من المياه الى الحوض لفترة مؤقتة لاستعادة وضعه الطبيعى بالاضافه الى ازالة المواد الطافية والترسبات الجانبيه.

المشاكل التشغيلية

• مشاكل ناتجة من زيادة الحمل العضوى فى المياه الخارجة بسبب:

1. تدفق المياه الواصلة للمحطة الزائده عن التصميم.
2. درجات الحرارة المنخفضه.
3. قلة فترة المكوث بسبب مسارات مرور المياه القصيره.
4. قلة حجم المياه بسبب زيادة الترسبات او التبخر او التسرب.
5. قلة اختراق الضوء إما بسبب زيادة العمق او بسبب طبقة الطحالب والرغوه (الطبقة البيولوجيه) او بسبب كثرة الاشجار والنباتات فى الاطراف التى تمنع وصول الضوء.

• المشاكل البيئيه :

1. الروائح.
2. السميّه.
3. توالد الحشرات.
4. تلوث المياه السطحيه بسبب التسرب من الاطراف او القاع.

• المشاكل الناتجه من :

1. نحر الضفاف بسبب الامواج ، او نحرها بسبب مياه الامطار.
2. الحفر التى تنشأ من قبل الحيوانات (مثل الفئران).
3. نمو الجذور لبعض الشجر التى تشكل ممرات لتسرب المياه.



وجود الطبقة الطافيه مؤشر على عدم وجود شبك عند مدخل المحطة

الحلول لبعض المشاكل التشغيلية

- قصور مسار المياه يسبب قلة زمن فترة المكوث : مشكله تصميميه واحد الحلول لها إضافة مصدر للاوكسجين او باطالة مسار المياه من خلال اعادة ترتيب نظام انابيب المياه الداخلة والخارجه.
- الحرارة المنخفضه : يمكن التغلب عليها بطريقة التشغيل بالتوالي لاكثر من حوض.

- فقدان الحجم بسبب زيادة الترسبات : يجب إزالة الحمأه ، واذا وجد بأن نوع الحمأه هو عباره عن ترسبات طينية ورمليه فإن هذا يدل على دخول مياه السيول ، وفى هذه الحاله يتم عمل مسح لمعرفة السبب وعمل الاصلاحات المطلوبه.
- المواد السامه: مخلفات الصرف الصناعيه لا يمكن التحكم بها فى الاحواض ،بل يجب منعها من المصدر.

• قلة اختراق الضوء :

1. بوجود الضوء تطلق الطحالب الاوكسجين الذى تستخدمه البكتيريا للتغذى على المواد العضويه وتطلق البكتيريا غاز ثانى اكسيد الكربون الذى تستخدمه الطحالب فى عملية التمثيل الضوئى.
 2. ومن المعالجات لها: التحكم فى العمق فى حدود 0.9-1.5م ، منع دخول مياه الفيضانات الى المحطه ، تكسير غطاء الطبقة البيولوجيه والتحكم فى نمو النباتات فى اطراف الاحواض.
- الروائح : سيتم التطرق لها بالتفصيل لاحقا.
 - الحشرات: تتكاثر فى الاماكن المحميه من الاحواض التى يوجد فيها تزايد للطبقة البيولوجيه ونمو متزايد للنباتات ، والحل لها التحكم فى نمو النباتات والطبقة البيولوجيه ، المبيدات يمكن ايضا ان تستخدم عن طريق فصل الحوض المراد رشه لمدة يوم او يومين ، وهذا من مميزاتة تقليل استخدام كمية المبيدات وتقليل التأثير على المياه الواصله. فى حالة النظام الذى لا يوجد فيه سوى حوض واحد ، يجب تقليل منسوب المياه فى الحوض قبل الرش.
 - نحر الاطراف وجوانب الاحواض: تتم بالمراقبه والصيانه المستمره حيث ان الغطاء النباتى المناسب والبرباب لا تمنعان النحر فحسب بل حتى تمنعان الفيضان من حفر جحورها.

• التحكم فى الفيضان:

1. يتم من خلال خلق تذبذب متسارع (تأرجح) فى منسوب المياه فى الاحواض.
 2. اذا كانت ميول الجوانب قليله ، يتم وضع طبقه من المواد الحصويه الناعمه (الخشنه ممكن ان تسبب فى تكاثر البعوض) والتى يمكن ان تنهار عندما يريد الفأر عمل حفره له فيها.
 3. اذا لم تنفع التقنيات المذكوره اعلاه ، يمكن عمل المصائد.
- . تلوث المياه تحت السطحيه نتيجة للتسرب: اذا لوحظ تسرب غير اعتيادى من احواض التنقيه يمكن وقف التسرب باستخدام مادة البنتونايت (الطين) فى أرضية الحوض.



عدم الدك والإختيار غير المناسب للتربه أدى الى تسرب الماء

اعمال الصيانة

- ضبط الروائح
- التحكم فى نمو الحشائش
- ضبط انتشار وتكاثر الحشرات
- صيانة ارصفتة وممرات الاحواض
- صيانة منشآت المياه الداخلة والخارجه
- ضبط التسرب
- منع تسرب المواد السامه
- منع عمليات التخريب
- (انظر الى الجدول ادناه)



أهمية المصافي في حجز المواد الصلبة

المشكلة والحل

م	المشكلة	الحل
1	معدلات عالية للتسرب فى بداية تشغيل الحوض	عادة يتوقف التسرب بعد فترة من التشغيل ولكن اذا استمر فأنه يتم استخدام الطين غير المنفذ للمياه او العوازل البلاستيكية.
2	نمو الحشائش اثناء تعبئة الحوض	يجب إزالة كل الحشائش قبل التعبئة ، كما يجب ان لا يقل عمق المياه عن 1 م ، كما يجب التعبئة بسرعه قدر المستطاع واذا ظهرت الحشائش اثناء التعبئة يتم ازالتها باستخدام قارب
3	ضعف نمو الطحالب فى بداية تشغيل الحوض	ربما بسبب قلة المغذيات (نيتروجين) او بسبب وجود مواد سامه (فحص نوعية المياه الداخلة)

4	نمو طبقه عازله مكونه من الاوساخ الطافيه فى الحوض وحوض الانضاج (عادة لونه ازرق مخضر)	كسر طبقه وازالتها بطريقه الرش القوى للمياه او بواسطه قارب وايضا ازالة الحمأ المترسبه فى اطراف الحوض .
5	نمو النباتات فى حواف المياه فى الحوض	كان يفترض تصميم حواف قويه (تغطية الحواف بالخرسانه او رصفها بالاحجار (إزالة النباتات ، منع نمو النباتات باستخدام مبيدات الحشائش)
6	البعوض	حافظ على بقاء الحوض واطرافه خاليا من النباتات ، إزالة طبقه الطافيه من سطح الاحواض ، زراعة السمك الآكل لليرقات فى حوض الانضاج.
7	نمو كثيف للنباتات فى اطراف الحوض	الحصد الموسمى للنباتات
8	جحور الحيوانات	ردم الجحر اولا باول ، منع نمو النباتات التى تتغذى عليها تلك الحيوانات جوار الاحواض ، عمل المصائد
9	ارتفاع تركيز الطحالب فى المياه الخارجه	تصريف المياه من المنسوب الذى يوجد فيه تركيز قليل للطحالب ، استخدام الفلتر الحجري الافقى
10	التدفق المتدنى الى الاحواض تسبب فى ضياع المساحه وفى المعالجه غير الكافيه وفى تكون طبقه طحالب	استخدم عدد اقل من الاحواض مع الانتباه فى تركيز البكتريا المعويه فى المياه الخارجه النهائيه
11	التدفق الزائد عن التصميم يسبب تدنى فى مستوى المعالجه	اضافه احواض جديده إما بالتوالى او بالتوازى
12	التدفق الزائد عن التصميم يسبب الروائح	اضافه احواض جديده بالتوازى
13	مسار المياه القصير يسبب فى تدنى مستوى المعالجه	تطويل المسار بتعديل المداخل والمخارج ، ازالة الحمأ او اعاده المياه المعالجه الى الحوض وربما عمل قواطع فى الاحواض لتطويل المسار
14	روائح مزعجه بسبب وضع لاهوائى ، نمو طحالب زرقاء ضاربه للخضره ، طقس غائم ، تسرب مواد سامه ، حمل مفاجئ ، مواد طافيه	زيادة عدد الاحواض ، زيادة الاوكسجين بطرق صناعيه ، أو إعادة مياه معالجة ، إضافة مواد كيميائيه مثل نيترات الصوديوم ، تخفيف الحمل بأستخدام نمط العمل على التوازى ، تخفيف الحمل ، زيادة حجم الحوض.
15	نمو النبات فى القاع	زيادة عمق البركه ، إزالة يدويه ميكانيكيه او كيميائيه
16	تدهور مفاجئ فى البرك بسبب تسرب مواد سامه أدت الى تغير اللون والرائحه	منع المواد السامه من المصدر
17	التسرب لوجود نباتات فى القاع ، اهتراء العازل	إزالة النباتات ، عمل صيانته
18	إتلاف السياج بسبب عمل تخريبي او عبث	وضع إناره كافيه ، إصلاح السياج وعمل دوريات مراقبه
19	نمو النبات على سطح الحوض	تربيه الببط ، إزاله يدويه ، استخدام مبيدات

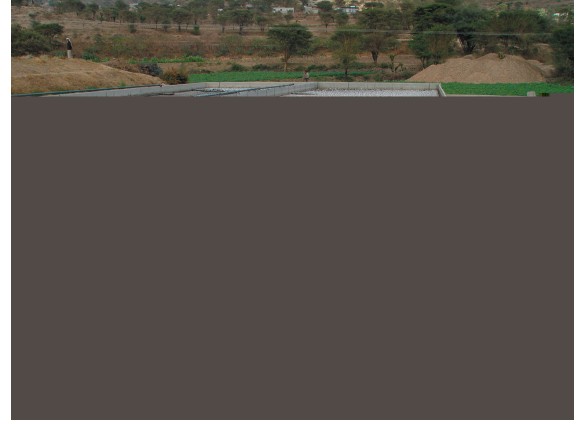
احواض تجفيف الحمأة

كل محطة معالجة يجب ان تتوفر فيها احواض كافية لتجفيف الحمأة ، وعند تشغيل هذه الاحواض يجب مراعاة مايلي:

- التأكد من وجود طبقة رمل وحصى بسماكه كافيه لتسهيل تجفيف وتصريف مياه الحماء.
- قبل وضع حماء جديده يجب تنظيف الرمل لتسهيل عملية التصريف.



معالجة غير كافيه للحماء أدت الى تصاعد غاز الميثان واحتراقه



أحواض تجفيف حماء مناسبة

نقاش مجموعات

- ضع برنامج صيانه لمكونات محطة المعالجه فى مشروعك ، ويجب ان يشمل برنامج الصيانه عن الصيانه الدوريه والطارئه؟

مكافحة الروائح

مكافحة الرائحة

- يعطى لموضوع إزالة الرائحة أولويه تشغيله دائماً حيث ان اقل رائحة تعنى مشكله حاده للمجاورين.
- اكثر الغازات العضويه إزعاجا هما غازي كبريتيد الهيدروجين (H_2S) والنشادر (NH_3).
- وفى ظل الوضع اللاهوائى تنتج ايضا غازات اخرى تسبب الانفجارات إضافة الى ان غاز H_2S يسبب الاختناق للعاملين فى المناطق المغلقه والصدأ وتلف المواسير والمنشآت الاسمنتيه.

المعالجة لتخفيف الرائحة

- التحليل المنهجى لمعرفة المشكله جيد لانه احيانا حل المشكله يمكن ان تولد مشكله اخرى (روائح جديده ومشاكل تشغيليه).
- يجب معرفة مصدر الرائحة وتصحيح المشكله عند مصدر انبعاثها وذلك عن طريق منع تكوين اوضاع لا هوائيه او اعاقه او وقف نشاط الكائنات المنتجه للروائح تحت الظروف اللاهوائيه.

المعالجه بالكورين

- من اقدم الطرق الجيدة فالكور يمنع نمو الكائنات الدقيقه المسببه للرائحة
- لا يصلح لازالة الروائح بشكل دائم ، إلا أن تفاعل الكلورين مع بعض الكيماويات يولد غازات بعضها ذات رائحة طيبه.
- بينت الخبره تركيز 12:1 (كلور : الكبريتيدات المذابه) كافيه لمكافحة انتاج كبريتيد الهيدروجين.

المكافحه بالاكسجين

الماء الاوكسجينى (بروكسايد الهيدروجين $2H_2O$)

1. يستخدم لمكافحة الروائح حيث يعمل كمؤكسد وحافظ للوضع الهوائى.
2. ويستخدم الاوكسجين ايضا بنجاح عن طريق تهوية مياه الفضلات والعمل على ابقائها فى وضع هوائى مما يقلل من انتاج الغازات اللاهوائيه ذات الرائحة ويعمل على طردها.

pH الاس الهيدروجيني - مكافحة الروائح

- عن طريق التحكم المستمر للاس الهيدروجيني بالمحافظة عليه فوق 9 يمنع تكون الطبقة البيولوجية ونمو البكتيريا اللاهوائية وبالتالي يوقف انتاج الكبريتيدات.
- وعند رفع الاس الهيدروجيني لفترة قصيره الى 12.5 باستخدام هيدروكسيد الصوديوم-NaOH فإن ذلك يؤدي الى مكافحه فعاله ويمنع انتاج الكبريتيدات لمده قد تزيد عن شهر ويعتمد ذلك على درجة الحرارة وحالة المجارى (يجب اخذ الحيطة حتى لا يتأثر النظام البيولوجى فى محطة المعالجه).

طرق التخفيض من الرائحة:

- تستخدم ابراج التخفيف البيولوجى لازالة الرائحة ، حيث يتم ضخ كل من الهواء الفاسد (الروائح) والماء فى غرف مغلقة لتذويب بعض المركبات ، كما يمكن معالجة الروائح بطريقة ضخ الهواء الفاسد الى مرشحات بيولوجيه مكونه من مواد خاصه أو مخلفات صلبه تم تحويلها الى سماد (compost)

تقصى مشاكل الرائحة فى منطقة المحطه والحلول الممكنه.

- مواقع تقصى الروائح: (المياه الداخلة - الترسيب الاولى - حوض التهويه - المرشح البيولوجى - الترسيب الثانوى - انظمة الهضم اللاهوائى - احواض التجفيف - الاحواض الطبيعيه..الخ).
- يجب اقتراح الحل المناسب لازالة الرائحة فى كل موقع على حده
- توجد حلول كثيره لازالة الروائح العضويه او H_2S مثل تصحيح التشغيل الخاطى او اضافة الكيماويات أو تصحيح المسار القصير او التوزيع المتساوى للهواء لتحاشي وجود مناطق لاهوائيه او تنظيف هوايات المرشح والمصارف او ازالة الحماء بتكراريه أسرع او تحسين التشغيل او تحسين الاداره والنظافه (الخ..)

نقاش مجموعات

1. اين تقع محطة المعالجه فى منطقتك وهل يمكن ان تسبب فى مضايقة المجاروين لها؟
2. ضع نظام لمنع تكون الروائح فى محطة المعالجه فى مشروعك؟

الإفصل الخامس

تطهير مياه الصرف المعالجه

اهمية تطهير المياه المعالجه

- قدرت منظمة الصحة العالميه فى سنه 1981 ان 80 % من اجمالى الامراض والايئه المنتشره سببها تلوث المياه.
- تعتبر شبكة الصرف الصحى ومحطة التنقيه التى تستقبل الفضلات الادميه والمياه الحامله والناقله لها من اخطر المواقع لكونها تجمع كافة مياه الفضلات من المجتمع بأسره وتحتوى على كافة الممرضات (العوامل المسببه للمرض).

مهمة محطات التنقيه

من احد المهمات الاساسيه لمحطات التنقيه هى ازالة وقتل اكبر عدد ممكن من الكائنات الحيه الدقيقه الممرضه لضمان:

1. سلامة مياه الشرب وحمايتها من التلوث.
 2. حماية مناطق التصريف النهائيه.
 3. حماية مناطق تربية ونمو الاسماك.
- ويتم ذلك كله بواسطة العمليات البيولوجيه والترسيب والترشيح والحجز.

كفاءة عمليات التنقيه فى ازالة البكتيريا

العمليات	نسبة الازاله %
مصافي خشنة	5-0
مصافي دقيقه	20-10
ترسيب عادي	72-25
برك او احواض الاكسده (حجز لمدة 20 يوما)	99.9

التعقيم

كما هو واضح فأن عمليات التنقيه غير كافيه لقتل كل البكتيريا وخصوصا وان اعداد الجراثيم قد تصل مع المياه الداخلة الى عدة ملايين ولهذا فأن عملية تطهير الماء لا غنى عنها وتهدف الى القضاء على الجراثيم وبعض العوامل الممرضه التى لم يتم التخلص منها اثناء العمليه البيولوجيه والعمليات الاخرى مثل الترسيب والترشيح.

طرق التطهير (التعقيم)

- تم بواسطة احدى الطرق التاليه:
1. الكلوره.

2. التطهير بالاوزون.
3. التعريض للاشعة فوق البنفسجية.
4. إضافة الجير.
5. إضافة البرومين او اليود.
6. التعريض لاشعة الموجات فوق الصوتيه.

التطهير بالكلور

- من اكثر الطرق شيوعا فى محطات التنقيه لسهولة استعمالها وسهولة الحكم على فاعليتها.
- يتم التطهير باضافة جرعه من غاز الكلورين الى الماء قبل تصريفه النهائى.
- تتوقف فاعلية الكلور فى قتل الجراثيم على :

1. درجة تركيز الايون الهيدروجينى.
2. درجة الحرارة.
3. مدة التفاعل (التماس) بين الكلور والماء.
4. تركيز الامونيا.
5. تركيز الحديد والمنغنيز.

إلا انه قل استخدام الكلور فى تطهير مياه الصرف الصحى المعالجه نتيجة لتكون مواد مسرطنه تتكون نتيجة لتفاعل الامونيا مع الكلور

احتياطات السلامة

- يجب ان تكون اسطوانات الغاز محكمه ومخزنه فى مكان بارد.
- عدم استخدام الغطاء عند رفع الاسطوانه.
- أخذ الحيطة اثناء نقل او استبدال الاسطوانات والحذر من ارتطام الاسطوانات ببعضها.
- استخدم ادوات الوقايه.
- قبل العمل فى الاجهزه اغلق الاسطوانه واعط وقتا كافيا لاستنفاد الكلورين فى المواسير.
- تأكد من التهويه قبل دخول غرفة الكلورين.
- تقيد بتعليمات الشركه الصانعه.
- يجب فحص الاسطوانات والاجهزه من قبل المختصين وبشكل دورى.

نقاش مجموعات

1. هل توجد ضروره لتعقيم المياه الخارجه فى مشروعك؟
2. ضع تصور عملى لمقترح لتطهير المياه المعالجه فى مشروعك؟

فحوصات مراقبة كفاءة أنظمة المعالجة

كيف يتم تشغيل المحطة (الاسلوب الحسى + الاسلوب التحليلي)

اولا/الاسلوب الحسى باستخدام الحواس الخمس لمراقبة مختلف اجزاء المحطة:

- اللون: يجب ان يكون بلون الشوكولاتة لانه دليل لجودة الاداء لان اللون الاسود دليل لعدم كفاية التهويه واللون غير العادى دليل لتسرب مواد غريبه.
- الرائحة: يجب ان تكون غير منفرة واللون الاسود دليل للرائحة المنفرة.
- الرغوه: يعتبر وجود الرغوه دليل على أن المحطة تعمل بحمل عضوي فوق طاقتها، الأمر الذي أدى الى حصول وضع لاهوائي وبالتالي تكون البكتريا الخيطيه التي ساعدت على طفو الحمأه وتكونها على شكل رغوه تخرج من أحواض الترسيب النهائي. يمكن أن تتكون الرغوه أيضا في أحواض التهويه عند توقيف الهوايات وحصول الوضع اللاهوائي وبالتالي تصاعد غاز النيتروجين الذي يرفع معه الحمأه الى السطح بشرط توفر المواد العضويه التي تتغذى عليها البكتريا التي تقوم بتحويل النترات الى نيتروجين.
- نمو الطحالب: المصاعب الناتجه عن زيادة الطحالب دليل عن زيادة مواد الاثراء الغذائى
- صفاء المياه الخارجه: عدم صفاء الماء دليل على وجود مشاكل تشغيليه حيث ان :
 1. وجود مواد عالقه فى حوض الترسيب : دليل على عدم كفاءة المحطة ويلزم معرفة السبب.
 2. مواد صلبه تتدفق من جزء محدد لهدار المخرج : دليل على عدم استواء الهدار.
 3. المواد العالقه تتدفق على كامل الهدار : دليل على ان الحمأه ذات خاصيه ضعيفه الترسيب.
- الفقاعات: وجود فقاعات فى خزان الترسيب دليل على ان عمق الحمأه مرتفع ويجب رفع معدلات التخلص منها، حيث وان زيادة عمق الحمأه يؤدى الى تحول الطبقة السفلى الى وضع لا هوائى (تعفن) ينتج عنها غاز كبريتيد الهيدروجين وغازات اخرى تخرج على شكل فقاعات للاعلى وتشكل مشكله تشغيليه حيث تصطحب معها عند ارتفاعها الى الاعلى حبيبات الحمأه التى تخرج مع المياه الخارجه.
- نمط التصريف (التدفق): ان اختصار المياه لمسارها تعتبر من احد المشاكل التى يمكن التعرف عليها بملاحظه نمط التدفق (التصريف يتم من المدخل الى المخرج مباشره مما يقلل من مدة المكث) ويمكن التعرف على هذه الظاهره من خلال نمط تحرك الرغوه والمواد العالقه والطافيه كمايمكن التأكد من ذلك عن طريق فحص مياه المدخل والمخرج.
- المواد الطافيه: ان زيادة الرغوه دليل على تكون بكتيريا من النوع الذي يطفو وذلك نتيجته لدخول كميات مرتفعه من الزيوت والشحوم فى المياه الداخله مما يحد من عملية الترسيب ويقلل من كفاءة المحطة فى تخفيض الطلب الكيمايى والحيوى على الاوكسجين.
- يجب المحافظه على الاوكسجين فى حدود 2-1 ملغرام / لتر.



الرغوة الكثيفة الناتجة عن استخدام المنظفات تؤثر سلباً على كفاءة المعالجة

ثانياً : الفحوصات المخبرية

اداه فعاله لمعرفة حالة نظام التنقيه ولتحديد ضوابط التشغيل واهم الفحوصات المخبرية:

1. الاوكسجين المذاب (DO).
2. الاوكسجين الممتص بيولوجيا (BOD) او كميائياً (COD) .
3. معدل استهلاك الاوكسجين.
4. المواد الصلبة العالقه والمواد النشطه البكتيريه.
5. فحص الترسيب للمخلوط خلال 60 دقيقه (MLSS) .

نقاش مجموعات

• ضع برنامج مراقبه يشمل الاتى:

1. مكونات محطة المعالجة وماهى الاشياء التى يجب مراقبتها فى كل مكون للمحطة.
2. يتم تحديد مرات المراقبه والفحوصات المخبريه المطلوبه.
3. يتم وضع البرنامج الزمنى للمراقبه على مدار سنه مع تحديد المسئوليات لتنفيذ البرنامج الزمنى.

إعادة استخدام المياه المعالجه

استخدام مياه الصرف الصحي المعالجه

- يعانى اليمن من قلة المصادر المائيّه وشحّتها ويبلغ استخدام المياه فى الزراعه نسبة تفوق 90% وهنا تبرز اهمية استخدام مياه الصرف الصحي المعالجه فى رى المزروعات وخاصة وان مياه الصرف المحليه لا تحتوى على الملوثات الصناعيه التى يصعب معالجتها.
- لهذا يعتبر اعاده استخدام مياه الصرف المعالجه من احد المصادر غير التقليديه المهمه التى يجب الاخذ بها ولكن وفق اشتراطات صحيه صارمه.
- تحتوى مياه الصرف على 99.9% مياه والباقي مواد اخرى.
- تحتوى على العوالق والغرويات او المواد المنحله ، التى تعد ذات قيمه غذائيّه جيده للنبات لانها تحوى مركبات آزوتيه (اسمده معدنيه مثل NO_3 وفوسفات واملاح البوتاسيوم وبعض المعادن المهمه مثل النحاس والحديد.
- وايضا مياه الصرف المعالجه تحتوى على المواد العضويه المحسنه للتربه حيث انها تزيد من المساميه ، كما انها تساهم فى تثبيت التربه المفككه.
- بينت القياسات على ان المياه الناتجه عن سلسله بحيرات الاكسده جيده التصميم وتعمل بشكل نظامى تحتوى على $15mg/L$ مركبات آزوتيه (نيتروذوجينيّه) و $3mg/L$ مركبات فوسفاتيّه ، أى ان الهكتار يحصل على 300 كجم اسمده آزوتيه و 30 كجم فوسفاتيّه اذا افترضنا ان المياه المستخدمه $0.2m^3/m^2$ من الاراضى الزراعيه وهذا يخفض الحاجه للاسمده او يغنى عنها نهائيا.
- الحفاظ على مصادر المياه التقليديه الشحيحه.
- التقليل من استخدام الاسمده والمخصبات الزراعيه.
- مكافحة التصحر من خلال زراعة الاحزمه الخضراء.
- تقادى تلوث المياه السطحيه والجوفيه.
- رى المحاصيل الزراعيه.
- انتاجيه اكثر عند الرى بمياه الصرف المعالجه نظرا لاحتوائها على المواد التسميديه.
- تثبيت التربه بسبب المواد العضويه المحتواه فى مياه الصرف المعالجه (تحسين التكون الحبيبي للتربه).
- تحويل الاراضى الرملية الى اراضى زراعيه بريها بمياه الصرف المعالجه.

محاذير استخدام مياه الصرف المعالجه فى الري

- يتم الاحتياج الى الاسمده (النتروجين) من بداية نمو المحصول حتى منتصف الموسم الزراعى خلال فترة الانبات ، و اى زياده او افراط فى النتروجين بعد ذلك ممكن ان يسبب زياده فى نمو الحشائش او تدهور فى المحصول.
- لكن فى المياه المعالجه من خلال احواض التثبيت المتتاليه الجيده التصميم والتشغيل فإن تركيز النتروجين يصل الى 3 ملغم / اللتر والفوسفات الى 3 ملغم / اللتر وبهذا فان الاسمده الزائده عن

الحاجه يمكن ان تنقص او حتى تتلاشى فى مياه الرى المعالجه.

• من المحاذير الاخرى التدهور الفيزيائى للتربه الزراعيه بسبب ازدياد تركز الصوديوم والذى يسبب تصلب التربه و تعفنها وتقليل النفاذيه ، ويمكن اجراء قياس SAR للتأكد من الحدود المسموح بها لتركيز الصوديوم.

• التملح:

• تعتبر مشكلة بسبب تركز الاملاح فى التربه الزراعيه فى منطقة الجذور والذى يمكن ان تؤثر على الانتاجيه ، حيث ان معظم الاملاح التى تضاف الى التربه من خلال مياه الرى تبقى فى التربه والتى تسبب فى النهايه تقليل مياه التربه المتاحة للنباتات ، ويمكن قياس ذلك عن طريق TDS للتأكد من الحدود المسموح بها.

• قاعده:

للحفاظ على التربه من التدهور يجب سحب او غسل الاملاح من التربه بنفس قدر الاملاح التى اضيفت لها.

• السميّه:

1. الصوديوم

بعض النباتات تتأثر من كثرة تركيز الصوديوم.

• الكلورايد:

بعض النباتات تتأثر من اختلاف تركيز الكلورايد.

• البورون:

يعتبر من العناصر الاساسيه لنمو النبات ولكن بتركيز قليل ولكن اذا زاد تركيزه يمكن ان تصبح ماده سامه ، مياه الغسيل التى استخدمت فيها المنظفات الصناعيه (الصابون) يعتبر احد مصادر البورون.

الاشتراطات لصلاحية المياه فى الرى

A = لا تحوى مواد صلبه ، البكتيريا والطفيليات الاخرى قليله.

B = تحوى على اعداد قليله جدا من الطفيليات.

C = اقل من 100 كوليفورم / 100 مل.

D = لا تحوى مواد كيميائيه ضاره (مركبات - املاح - معادن).

نوع المحصول	لايستخدم مباشرة غذاء للانسان	الثمار تؤكل مطبوخه	الثمار تؤكل نيئه
مواصفات المياه بعد معالجة مياه الصرف نوع المعالجة	A+D	A+B+D	C+D
ترسيب	ضروري	ضروري	ضروري
معالجه بيولوجيه	لا توجد ضروره	ضروري	ضروري
فلتره	لا توجد ضروره	يمكن	يمكن
تعقيم	لا توجد ضروره	يمكن	ضروري

الاشتراطات لصلاحية المياه فى الري من الناحية الميكروبيولوجية

التصنيف	اعادة الاستخدام يتم في ري	الاشخاص المعرضين للخطر	FC ملم / No/ 100	نوع المعالجة المطلوبة
1	المحاصيل التي تؤكل نيئة، الملاعب والحدائق	العمال المستهلكين، مرتادي الحدائق والملاعب	اقل من 1000	مجموعة من الاحواض المتتابعه
2	الحبوب، الاعلاف، والاشجار	العمال	لا يوجد معيار قياسي	مدة المكوث 8-10 أيام في الاحواض
3	ري المحاصيل بواسطة انظمة الري الحديث مثل التنقيط والري الفقاعي	لا يوجد	لا ينطبق في هذه الحاله	المعالجه الاوليه التي لاتقل عن الترسيب

الاشتراطات لصلاحية المياه فى الري

اختيار نوع المحاصيل المناسبه طبقا لنوع التركيزات فى المياه المعالجه او العكس

العنصر	الوحده	درجه الحساسيه (الحدود)		
		قليله	قليله الى متوسطه	عالية
الملوحه TDS	mg/l	اقل من 450	450-2000	اكثر من 2000
BOD COD SS	mg/l	20 60 30	30 90 45	اكثر من 30 = 90 = 45
PH	-	6-8.2	6-8.4	اقل من 6 او اكثر من 8.4
FC	العدد / 100 مل	1000	5000	اكثر من 5000
النيتروجين	mg/l	اقل من 5	30-5	اكثر من 30

درجة الحساسية (الحدود)			الوحده	العنصر
شديده	قليله إلى متوسطه	لا توجد		
اقل من 0.2 = 0.3 = 0.5 = 1.3 = 2.9	0.2-0.7 0.3-1.2 0.5-1.9 1.3-2.9 2.9-5	اكثر من 0.7 = 1.2 = 1.9 = 2.9 = 5	الملوحه ECW	SAR 0-3 3-6 6-12 12-20 20-40
اكثر من 9		اقل من 3		Na الصوديوم

الضوابط والاحتياطات فى استخدامات مياه الصرف الصحى المعالجه

- خفض عدد البكتيريا (باستخدام احواض على التوالى او بالكلور).
- عدم الرى بمياه الصرف الصحى المعالجه مدة 4 أسابيع قبل الحصاد.
- استخدام مياه الصرف لرى المحاصيل التى لا تؤكل نيئه.
- زراعة النباتات ذات الثمار او المحاصيل البعيده عن سطح الارض (لا يوجد تلامس بين الثمار ومياه الرى المعالجه).
- دراسة تركيز الاملاح واختيار المحاصيل الزراعيه المناسبه لها.
- متابعة تركيز الاملاح فى التربه.
- زراعة المحاصيل المختلفه بالتناوب للحفاظ على نسبة تركيز الاملاح المسموح بها فى التربه.
- ضرورة معالجة المخلفات الصناعيه للتخلص من المواد السامه قبل صبها فى الشبكه العامه.
- توعيه المزارعين بطرق السلامه فى التعامل مع مياه الصرف المعالجه.
- الرقابه على عمليه الرى.



إعادة استخدام المياه المعالجه بطريقة غير صحيحة يمكن أن تؤدى الى تكاثر البعوض

طرق الرى

- لا ينصح الرى بالغمر (التربه ذات النفاذيه العاليه تسبب تلوث المياه الجوفيه).
- طريقة الرى بالقنوات : من ارخص الطرق ولكن تحتاج الى تجهيز الارض وعمل الميول المناسبه.
- الرى بالتنقيط : تكون فتحات المنقطات مناسبه (لا تقل عن 4.5 مم) لمنع الانسداد وخاصه بالطحالب.
- الرى بالرش : لا يوصى باستخدام هذه الطريقه نظرا للمخاطر الصحيه التى يمكن ان يتعرض لها المزارعون بسبب الرذاذ المتطاير بالاضافه الى مشاكل الانسدادات التى تحصل للمرشات بسبب الطحالب.

أستخدام الحمأه

التدوير واعداد الاستخداف

- يمكن الاستفاده من مخلفات الصرف الصلبه (الحمأه) فيما يلى :
- 1. المحتوى العضوى الموجود فى الحمأه يمكن الاستفاده منه فى تحسين نوعية التربيه.
- 2. توفير الاسمده مثل النيتروجين والبوتاسيوم والفوسفور اللازمه لنمو النباتات.
- 3. المحتوى الحرارى فى الحمأه يمكن الاستفاده منه فى توفير الوقود والطاقه (مثلا توفير طاقه تكمليه للمصانع).
- 4. الحمأه ماده يمكن الاستفاده منها تجاريا نظرا للمحتوى العضوى وغير العضوى التى تحتويها.

الطرق المختلفه لمعالجه الحمأه وتجفيفها او التخلص منها

1. تجفيف الحمأه بالحراره (المنتج يصبح ثابت وتنتهى الروائح).
2. تجفيف الحمأه فى الهواء الطلق باستخدام احواض التجفيف التى تحتوى على الرمل لتسريع تصريف المياه المحتواه فى الحمأه ولكن مشكله هذه الطريقه ظهور الروائح فى حاله عدم اكتمال الهضم (التحلل).
3. الحرق (بعد الحرق يراعى عند النقل عدم تنطاير مخلفات الحرق، والحمأه المتحترقه لا تحتوى على اى محتوى غذائى للنباتات).

هضم الحمأه لتكوين الاسمده

- الحمأه عاده تعتبر غير جاهزه او غير ثابته بيولوجيا (تتعرض للتحلل المستمر الى ان تثبت).
- لاكمال هضمها (تحللها) لتكوين الاسمده يتم خلطها مع حمأه سابقه متحلله مع مخلفات اخرى خارجيه مثل اغصان واوراق الاشجار لتوفير التهويه ونوعيه السماد المنتج والمحتوى الغذائى والكثافه والشكل يعتمد على نوعيه المواد المضافه.
- المنتج النهائى للسماد يصبح ثابت بيولوجيا وذو رائحه خفيفه وجاف.
- ولان السماد المنتج جاف يمكن تحميله و تخزينه فى الاماكن المفتوحه من دون خوف من ظهور روائح او حشرات.
- يمكن ان تصل درجة الحراره خلال الهضم الى 60 درجة او ربما اكثر ويتم خلالها القضاء على العوامل المرضيه.
- يمكن ان تصل نسبه التجفيف الى 70% أو أكثر.
- الحجم بعد التجفيف ينقص الى حوالى 70% أو أقل.

الاستخدام او التخلص من الحمأه

- لتسميد الاراضى الزراعيه:
- 1. تعتبر الحمأه ذات قيمه اقتصاديه عاليه نظرا لاحتوائها على العناصر التسميديه للنباتات

ولكن يجب اخذ الحيطه عند استخدامها لاحتوائها تركيزات املاح عاليه (فى الدول الاخرى تحتوى على تركيزات عاليه للمعادن الثقيله).
2. لان الحماء لا تحتوى على التركيزات المتعادله للعناصر الغذائيه اللازمه للنبات يمكن اضافته الاسمده الاخرى بمقدار النقص لتحقيق التوازن الغذائى للنبات.



الحماء يمكن تحويلها الى سماد طبيعى لتغطية جزء من تكاليف تشغيل المحطه

مثال (مزرعه ذره صفراء)

- لحساب كمية الحماء المضافه للتربه الزراعيه لتوفير العناصر اللازمه لانبات الذره:
- لكل Acre (4000م²) يتم حصاده يقوم النبات بسحب 150 رطل (86 كجم) نيتروجين ، حوالى 27.5 رطل (12 كجم) فوسفات و35 رطل (16 كجم) بوتاسيوم.
- وكل 100 رطل (45 كجم) من الحماء يتم استخدامه فى تسميد الاض يتم توفير 5 أرطال نيتروجين ، 2.5 رطل فوسفات و 0.4 رطل بوتاسيوم.
- وعليه عند استخدام حماء بمقدار:
- 1. 3000 رطل لكل 1 Acre سوف يوفر 150 رطل نيتروجين.
- 2. 1000 رطل لكل 1 Acre سوف يوفر 25 رطل فوسفات.
- 3. 8750 رطل لكل 1 Acre سوف يوفر 35 رطل بوتاسيوم.
- ولاكمال توفير النيتروجين يمكن تسميد التربه بمقدار 3000 رطل / 1 Acre ولكن فى هذه الحاله سوف تزيد كميته الفوسفات وتصبح 75 رطل / 1 Acre ولكن هذه الزيادة غير مؤثره ولا تضر.
- بالنسبه للبوتاسيوم : الكميته سوف تنقص ويمكن استعاضتها من الاسمده التجاريه بمقدار النقص.

ملاحظه :

1. حصول النبات على النيتروجين يعتمد على درجة تحلل الحماء فى التربه.
2. فى السنه الاولى وعند درجة تحلل 20 % يحصل النبات 30 رطل من النيتروجين فقط عند اضافة 3000 رطل من الحماء وعليه ولتوفير كامل احتياج النبات من النيتروجين يجب اضافته 15000 رطل من الحماء لكل 1 Acre.
3. وهذه الزيادة غير مضره وبالعكس سوف توفر عناصر غذائيه اخرى مثل الفضة و الكالسيوم

والحديد بكميات ضئيلة ولكنها كافية.

4. فى السنه الثانيه والسنوات التى تليها سوف تقل درجة تحلل الحمأ الى 3 - 20 %.

استصلاح الاراضى الزراعيه

- الهدف الاساسى هو زيادة المحتوى العضوى للتربه.
- فى بعض الاحيان يكون الهدف من استخدام الحمأ حماية الارض من الانجراف ولتقليل التلوث الناتج عن تسرب المياه المحمله بالاملاح من التربه الى خزان المياه الجوفى عن طريق التحكم فى قلوبه التربه الى المستوى المطلوب (وذلك كله بالاضافة الى توفير المغذيات للنبات).
- كمية الحمأ المطلوبه تختلف من ارض الى اخرى بحسب اختلاف الظروف البيئيه للموقع.
- اذا كان الغرض زيادة الانتاج الزراعى يجب تعميم سطح التربه وازالة الاحجار حتى عمق 30 سم وبعد ذلك يتم اضافة الحمأ لزيادة المحتوى العضوى بنسبه 3-6%.
- تم تقدير بأن الهكتار (10000م²) يحتاج الى 200 طن من حمأ محمله بحوالى 18 % من المحتوى العضوى وهذه الكمية كافيه لزيادة المحتوى العضوى للتربه بنسبه 1 %.
- المحتوى العضوى يختلف من حمأ الى اخرى وتتراوح من 20-60% وذلك بحسب درجة الثبات للحمأ (الحمأ الثابته التى توقف فيها التحلل يقترب فيها نسبه المحتوى العضوى الى الحد الادنى.
- ولكن فى هذه الحاله كميات كبيره من النيتروجين سوف تعطى للتربه مما يمكن التسبب فى احداث مشكله (لا توجد مشكله مع الفوسفات) وعليه يجب التأكد من ان الارض المراد استصلاحها قادره على الاحتفاظ بالنيتروجين وأنه لا توجد هنالك امكانيه لتلويث المياه السطحيه والجوفيه بالنيتروجين.
- يمكن احيانا اختيار نوع المحصول المناسب مثل الذره الصفراء التى تحتاج الى كميات كبيره من النيتروجين من التربه ، كذلك التأكد من عدم وجود جريان من زيادة مياه الرى ، ويتم ايضا التأكد من ان الارض المراد استصلاحها تحتوى على حبيبات تربه ناعمه (طين) تمنع النفاذيه وكذلك يتم التأكد من وجود عمق كافى لطبقه طين لمنع التسرب الى المياه السطحيه والجوفيه ، والموقع المثالى هو الذى يسمح بتسرب مياه الرى ومياه الامطار دون اى تاثير حيث تتم التنقيه الطبيعيه من خلال طبقات الارض التى تمر فيها المياه الراشحه قبل وصولها الى المياه الجوفيه.

التخلص من الحمأ بالردم (بتغطيتها بالتربه) (Landfill)

- يجب الانتباه من عدم تلويث المياه الراشحه الناتجه من تحلل الحمأ للمياه الجوفيه.
- تحلل الحمأ يمكن ان تسبب الروائح ويمكن التغلب عليها بتغطيتها بطبقه كافيه من التربه.
- يمكن ان يحصل هبوط للحمأ المغطاه بالتربه مما يسبب تكون تجويف فى وسطه يسمح بتجميع المياه فيه.
- يتم تغطية الحمأ بطبقه تربه سمك 20 سم وفى الطبقة النهائيه يتم تغطيتها بطبقه سمك 60 سم.
- عدم السماح لمياه الامطار من تخلل الطبقات وتنفيذ القنوات المطلوبه لتصريفها بعيدا عن التكويم.
- فى الطبقة النهائيه يمكن زرع المزروعات المناسبه لحماية اسطح التكويم من الانجراف.
- وعادة لا تستخدم هذه المساحات المظموه بالحمأ للزراعه لعدة سنوات.
- بعض الدول تشترط عند استخدام هذه الطريقه للتخلص من الحمأ وجود نظام مراقبه لعدم تلوث المياه الجوفيه من السوائل الناتجه تحلل الحمأ.

المراقبة

- فى حالة استصلاح الاراضى الزراعيه يجب مراقبة معدلات النيتروجين والفوسفات فى المياه الجوفيه لمنع تلويثها.
- وفى حالة التخلص من الحمأ بطريقه التغطيه بالتربه يجب مراقبة الرش فى المنطقه المطموره بالاضافه الى مصارف مياه الامطار وفى عدم تكون هبوط يسمح بتجمع المياه ومراقبه سمك الطبقة التى تم بها تغطية الحمأ.
- الحفاظ بالسجلات الخاصه بمراقبة نوعية المياه لمراقبه التركيزات فى المياه الجوفيه.

التخزين

- يجب فقط تخزين الحمأ الثابته بيولوجيا لمنع الروائح والحشرات.
- عمل مصارف المياه المناسبه لمنع وصول المياه الى مواقع التخزين.
- يجب عمل التصميم المناسب لمواقع التخزين ويمنع الرش منها الى المياه الجوفيه (مثلا استخدام الطين للأرضية لمنع النفاذيه).
- يحبذ تخزين الحمأ الثابته بيولوجيا لمدة عدة اسابيع قبل استخدامها فى الزراعة.

احتياطات السلامةطرق الوقاية من اخطار العوامل المسببه للمرضالسجلات الطبيه

- يجب الاحتفاظ بها لكافة الحالات المرضيه الخفيفه والخطيره وحتى حالات الشكوى وعدم الارتياح.
- ويجب ان تحتوى السجلات ايضا على طبيعة الحادث ومكان وقوعه واسبابه.
- فى حالة تكرر الحوادث المرضيه يجب اخذ الاحتياطات الوقائيه.
- فى الغالب تحصل الامراض بين العمال والمشغلين الجدد غير المكتسبين للمناعه او الخبره فى وقاية انفسهم.
- لهذا يجب تدريبهم على الاخطار وطرق الوقايه منها وطرق الاسعافات الاوليه.
- يفضل اخذ اللقاحات ضد التيفوئيد والسل.

الملابس الواقيه تعطى حمايه جيده ضد الاخطار

- البدلات الواقيه والاحذيه الطويله القاسيه التى تستخدم وتترك فى موقع العمل عند الانتهاء لحمايه الاسره من انتقال الممرضات.
- الكفوف اليدويه تحمى الايدى عندما تلامس المياه او الاماكن الملوته.
- النظارات الواقيه تحمى الاعين من الرذاذ المسبب للمرض المتطاير فى الجو المحيط بالعمل او الغبار المنتشر.
- قد تستخدم اجهزة التنفس الصناعيه فى المناطق عاليه التلوث.

غسل الأيدي

- تعتبر الايدى احد اهم طرق نقل العدوى وغسلها بشكل مستمر يحد من نقل العدوى ، لذا يجب على العاملين او المشغلين غسل الايدى قبل التدخين والاكل او وضع اليد على الوجه او الفم وقبل دخول الحمام.
- يجب التأكد دائما من غسل الايدى بعد تعرضها لمياه الفضلات او لعدة الصيانه او الادوات المخبريه او لمبانى وحدات الصرف الصحى.

الحفاظ على الصحه الشخصيه

- تقليم الاظافر.
- لبس الكفوف الواقيه.
- فصل الملابس النظيفه عن المستخدمه.
- أخذ حمام بعد نهايه كل يوم عمل.
- معالجة الخدوش والقطع والابلاغ عنها للطبيب.

النظافه

- من الضرورى عدم التدخين الا فى الاماكن المخصصه فى محطات التنقيه.

- تناول الطعام فى الاماكن المخصصه المزوده بالمغاسل والصابون والمعزوله عن محطات التنقيه.
- استبدال الملابس والاحذيه وغسل الايدى بالماء والصابون قبل الذهاب الى المنزل.

الاسعافات الاوليه

• الجروح

1. أن اى جرح او خدش يحصل اثناء العمل يجب اعتباره منطقة مكشوفه تسهل على الميكروبات الدخول الى الجسم ، لذا يجب غسل الجرح بكميات كبيره من الماء والصابون المطهر ولف الجرح بشاش معقم.
2. فى الحالات الخطيره يجب الذهاب الى العياده الطبيه لاختذ الجرعات المضاده للتسمم ، واذا لزم الامر لا يتم الذهاب الى موقع العمل إلا بعد التئام الجرح وتغطية الجرح بماده مانعه لوصول المياه إليه.

• الحروق

1. عدم غسل الحرق إلا اذا كان الحرق ناتجا عن ماده كيميائيه ما زالت عالقه بالجرح ، ويجب تغطية الحرق بشاش فضفاض ومعقم وعرض الحاله على الطبيب.
2. وفى حالة السقوط فى مياه الفضلات او النزول فيها يجب إزالة الملابس واخذ حمام بالماء والصابون المطهر للحد من خطر الاصابه بالامراض.
3. وفى حالة ابتلاع مياه الفضلات يجب مراجعة الطبيب وتناول مضادات حيويه لمنع حدوث اضطرابات معويه.

التهويه

1. يجب المحافظه على تهويه جيده للتخفيف من المخاطر وخصوصا فى منطقة إزالة الاتربه والمصافى ومعالجة الحمأ لان التهويه تقلل من خطر الممرضات وتقى من اخطار الانفجارات والغازات السامه.
2. فتح غرف التنقيش والمناهل (قبل وبعد منطقة الصيانه) وتركها مفتوحه نصف ساعه على الاقل لتهويه الخطوط والمناهل قبل النزول لأعمال الصيانه.



وضع خاطئ

السلامه العامه فى محطات التنقيه الطبيعيه

- عدم العمل فى ارضه البرك وغرف التنقيش بشكل منفرد.
- اخذ الاحتياطات عند دخول الاماكن المغلقه.
- الحذر من الانزلاق.
- عدم الوقوف فى القارب اثناء اخذ العينات او اجراء الصيانه.
- استعمال الملابس الواقيه اثناء العمل.

دور ادارة مشروع الصرف الصحى

- ضمان السلامة يعتبر حق لكل عامل لايجاد بيئة عمل خاليه من المخاطر ويضمنه القانون فى الكثير من الدول.
- برنامج السلامة: يجب ان يكون متضمنا فى كل عمليات المشروع ابتداء من التصميم وانتهاء بالتشغيل والصيانه وجزء من مهام الاداره فى تحديد المسئوليات وكفاءتها لمنع الحوادث.
- منع الحوادث يمكن تحقيقه من خلال التحكم فى ظروف العمل واداء العاملين.
- القوانين دائما تضع القواعد العامه لاجراءات السلامة ولكن تحقيق هذه القوانين يقع على عاتق الاداره من خلال (مثلا) اجتماعات السلامة الدوريه والمنشورات والسجلات والتوعيه والتدريب والكشف الدورى على المنشآت والمعدات.
- الطاقم الاشرافى يلعب دورا مهما لانه فى احتكاك مباشر بعمليات التشغيل والصيانه ويعتبر من مسئولياته ضمان تقييد العاملين معه باجراءات السلامة.
- يجب تدريب كل العاملين الجدد.
- اذا لوحظ كثره الحوادث يجب اعاده تدريب العاملين من جديد.
- اذا ادخلت منشآت جديده يجب تدريب العاملين فى اجراءات السلامة الخاصه بها.
- يجب ان يكون للمشرفين الحس والاهتمام بموضوع السلامة ، كما يجب ان يكون لديهم المعرفه الكامله لمنع حدوث الحوادث.
- يجب ايضا ان يشمل مواضيع التدريب مخاطر منشآت معالجة المياه ، صحة العمال ، الادوات الوقائيه الشخصيه ، التعامل مع المواد وتخزينها ، الاستخدام الآمن للمعدات اليدويه والكهربائيه ، منع الحرائق ، الاسعافات الاوليه ، الابلاغ بالحوادث والتحقق فى مسبباتها ، اجراءات الطوارئ.
- يجب اعداد دليل لاجراءات السلامة لكل مشروع مهما صغر حجمه واعطاء نسخه منها لكل العاملين
- كما يجب اعداد دليل لاجراء عمليات الصيانه والتشغيل خطوه بخطوه وذلك لضمان ادائها بكفاءه عاليه خاليه من المخاطر
- يجب ان يتضمن المشروع وسائل الاسعافات الاوليه مثل الادويه والمطهرات ودش الغسيل الاضطرارى بالاضافه الى دليل الاسعافات الاوليه وملصقات التعامل مع الحالات التى يتطلب استدعاء سيارات الاسعاف وسجلات الحالات والابلاغ عنها
- يجب ان تتضمن المنشآت التسوير واقفال الابواب لمنع التخريب او الدخلاء كما يجب وضع الاشارات الارشاديه فى المواقع المناسبه وتحديد اماكن وقوف السيارات ومرور الزوار
- يجب التخزين السليم للمواد (تهويه ، مساحات كافيه، سهل الوصول اليها ، خاليه من الاتربه والمخلفات ومخاطر الحرائق)
- يجب عمل الاضاءه الجيده لكل مرافق ومنشآت محطات المعالجه
- يجب ضمان التهويه الجيده خاصه فى مناطق الحاجه للتهويه وفى مواقع حفظ المواد
- يجب ان يتوفر فى محطات المعالجه نظام اذار واطفاء ضد الحرائق
- يجب توفير المياه العذبه فى مرافق محطة المعالجه (مثلا فى المعامل فى دورات المياه ، لتنظيف المرافق ..الخ)
- يجب ان تكون الاعمال الكهربائيه منفذه بطريقه صحيحه

نقاش مجموعات

1. اقترح نظام لاحتياطات السلامة للعاملين فى مشروعك ؟
2. اعد دليل لاجراءات السلامة لمشروعك؟
3. اعد دليل لاجراء عمليات الصيانه والتشغيل فى مشروعك يتضمن احتياطات السلامة

تقارير واستمارات مراقبة التشغيل والصيانة

اهمية عمل السجلات والتقارير

- مهمه للقائمين فى ادارة المشروع وللمهندسين الاستشاريين وايضا لهؤلاء الاشخاص الذين لديهم نفس هذه المشاريع ونفس المشاكل.
- يجب على المشغلين استخدام هذه السجلات والتقارير فى تحسين وتطوير التشغيل والصيانة.
- يجب ان تساعدهم فى اتخاذ القرارات الصحيحة.
- وهى الوسيله الوحديه لاقتناع متخذى القرار فى توفير الميزانيه المطلوبه ، فى تحسين المنشآت وتطويرها وتوسعتها.

انواع التقارير

- التقارير الخاصه بحالة المنشآت وبحصرها والمواد والعماله والاعمال والتخطيط.
- تقارير أداء المنشآت.

اولا : تقارير حالة المنشآت

- حالة التشغيل والصيانة.
- كتيب ارشادى عن التشغيل والصيانة يحوى :
 1. وصف للمشروع
 2. مسؤوليات الاداره
 3. متطلبات نوعية المياه المعالجه والحدود المسموح بها
 4. التشغيل والتحكم والمراقبه لمحطة المعالجه والحمأه
 5. متطلبات ومؤهللات العاملين
 6. نتائج الاختبارات
 7. السجلات
 8. نظام السلامه
 9. برنامج التشغيل الاضطرارى
 10. الخدمات
 11. النظام الكهربائى
- نسخه من التصاميم، تقرير من المهندس المصمم عن نوع التصميم والعوامل والارقام التصميميه المستخدمه
- السعه التصميميه ، المنطقه المخدمه وعدد المستفيدين.
- نسخه من As-Built للتصاميم المنفذه فعليا.
- مخطط هيدرولىكى موضع فيها مناسيب المياه المسموح بها فى كل وحدات محطة المعالجه ومواقع
- العلامات المحدده ومراجعتها.
- سجل خاص بالمعدات (اسم المصنع ، الارقام، قدرة الاحمال المسموح بها ، تاريخ الشراء والتركيب.

ثانياً : تقارير الاداء

- لكل مرحلة من التشغيل يجب جمع المعلومات وتحليلها والتقارير التى تعمل يجب أن يكون لها هدف محدد لاحتياج محدد لوضع محدد.
- يجب الانتباه دائماً بأن المعلومات التى تجمع ليس لغرض الاحتفاظ بها فقط.
- عند اخذ قياسات معينه او مراقبة اداء معين او اجراء حسابات يجب على المشغل تبرير ذلك فى امكانية الاستفاده المتوقعه من تلك المعلومات.
- تقارير ادارة التشغيل يتم الاحتفاظ بها.
- نتائج الاختبارات المعملية وكل القياسات يتم الاحتفاظ بها داخليا ، فيما عدا اختبارات نوعية المياه المعالجه الخارجه يمكن اعطائها للجهات المختصة.

السجلات اليومية

- السجلات اليومية التى تشرح مثلا حدوث عطل فى معده ما او حادث ل احد العاملين او خراب بسبب السيول او شكاوى ، سجل الزوار.
- السجلات الروتينية عن العاملين ومرتباتهم والمشروعات .. الخ.
- استمارات الاختبارات والقياسات (مثلا عن التدفق ، المعلومات المناخيه ، ... الخ ومع افادة مراجع المعلومات) وهذه المعلومات يمكن استخدامها لاعداد التقارير الشهرية.

تقرير التشغيل الشهرى

- يحتوى على ملخص للمعلومات اليومية او الاسبوعيه.
- باستخدام متوسط الارقام فى التقرير الشهرى يمكن مراجعة كفاءة واداء محطة المعالجه والاجراءات التصحيحية المطلوبه (مثلا قياسات BOD).

التقرير السنوى

- يجب اعداد التقرير السنوى عن تشغيل محطة المعالجه والشبكه المجمع.
- التقرير عباره عن ملخص عن التطورات والانشطه التى حصلت فى خلال السنه المنصرمه.
- يجب ان يعطى التقرير فكره شامله عن حالة المحطه والشبكه.
- المقدمه العامه تشرح وضع العاملين وادائهم وعن الوضع المادى للمشروع وعن نفقات التشغيل والصيانه.
- الجزء الخاص بالتشغيل يشرح نظام المحطه والعمليات المرافقه ، كما يوجد فيها الارقام والرسوم البيانيه والمقارنات (مثلا الاحمال الهيدروليكيه والعضويه بالمقارنه بالساعات).
- يحتوى على تحليل البيانات التى توضح الحاله الراهنه بالمقارنه مع السنين الماضيه والتوقع للسنين المقبله.
- يشرح كفاءة الاداء فى السنه المنصرمه بالمقارنه بالسنين الماضيه والتوقع للمستقبل.
- جزء الصيانه يلخص الانشطه التى تمت والتكلفه.
- الميزانيه السنويه التى تغطى بقية نفقات العام المنصرم بالاضافه الى المتوقع فى السنه الجديده.

سجلات الصيانة

- ادارة المشروع لا يمكن ان تحقق نفقات قليلة للتشغيل والصيانة اذا لم تقم بتنفيذ برنامج صيانته وقائى فعال لمكونات مشروع الصرف.
- الصيانة الوقائية تقلل من متطلبات تنفيذ الصيانة الطارئة.
- السجلات تحوى :
 1. كشف بحالة الالات والمعدات.
 2. برنامج العمل.
 3. المخازن وكشف المواد المخزنه.
 4. التقارير المالية للصيانة السابقة تعطى فكرة عن الاعمال والنفقات المتوقعة الخاصه بالصيانته.

نماذج لسجلات الصيانة

1. سجل الالات والمعدات.
2. برنامج الصيانته.
3. النظام المخزنى وكشف المواد المخزنه.
4. سجل نفقات الصيانته.
5. سجل بادارة المخلفات الصناعيه.
6. نوعية مياه الصرف.
7. الحمأه.
8. القياسات مثل DO ، pH ، BOD ، درجة الحاره ، التدفق ، الحجم.
9. متطلبات التعقيم.
10. التأثير المستقبلي على المياه السطحيه او الجوفيه او على الوديان .

الملاحق

ملحق (١)

مبادئ أساسية
لتصميم وتنفيذ
أنظمة الصرف
الصحي

مصادر وخواص مياه الصرف الصحي

مياه الصرف الصحي

التعريف:

مياه الصرف الصحي هي نواتج استخدامات المياه النقيه في التجمعات السكنية و الصناعية و التجارية و المنشآت الحكومية.

مصادر مياه الصرف:

- مياه الصرف البلدية: هي مياه الصرف الصحي التي تخرج من التجمعات السكنية و التجارية و المنشآت العامة كالمدارس و الحمامات العامة و المباني الحكومية.
- مياه الصرف الصناعية: هي مياه الصرف الصحي التي تغلب عليها المخلفات الصناعية.
- المياه الجوفية المتسربة: هي المياه الجوفية الموجودة في الأرض المحيطه بالأنبوب و تغمر كل أو جزء من الأنبوب و تتسرب إليه من خلال الفواصل أو الثقوب إن وجدت.
- مياه الامطار.

خواص مياه الصرف الصحي:

• الخواص الفيزيائية:

المواد الصلبة الكلية: هي المواد المتبقية بعد تبخر المياه عند درجة حرارة 103-105 مئوية. و تقسم المواد الصلبة الكلية إلى مواد صلبة عالقة و مواد قابلة للفلتره. المواد القابلة للفلتره هي التي تحجز عند مرور كمية معينة من المجاري عبر فلتر فتحته 1 ميكرون. المواد الصلبة العالقة هي التي تتسرب عبر مخروط إمهوف خلال 60 دقيقة. قياس المواد الصلبة المترسبة في مخروط إمهوف يمكن أن يساعد في الحساب التقريبي لكمية الحمأة التي سوف تزال بعملية الترسيب.

اللون: لون مياه الصرف الصحي يحدد عمرها و نوعها. مياه الصرف البلدية غالباً ما تكون رمادية اللون و تتحول إلى اللون الاسود بعد تعفنها. أما تلك الخارجة من المصانع فيتبع لونها نوع الصناعة الخارجة منها.

الرائحة: مياه الصرف البلدية الطرية لها رائحة مميزه وهي غير مقبولة إلا أنها تصبح أكثر ازعاجاً عندما تتعفن و تتصاعد الغازات الناتجة عن التحلل اللاهوائي للمواد العضوية مثل الأمونيا و كبريتيد الهيدروجين ذو الرائحة الكريهة (رائحة البيض الفاسد).

درجة الحرارة: عادة ما تكون درجة حرارة مياه الصرف أعلى من درجة حرارة مياه الشرب. تعتبر درجة الحرارة من العوامل الهامة التي تؤثر على نشاط البكتريا حيث أنه كلما ارتفعت درجة حرارة المياه كلما نشطت البكتريا و بالتالي استهلاك المواد العضوية بشكل أسرع، وعندما تصل درجة الحرارة إلى 40 م يقل نشاط البكتريا. و تتراوح درجة حرارة مياه الصرف الصحي في صناعاً 22-18 مئوية أما في المناطق التي تنزل فيها الثلوج و يكون شتاؤها بارداً فتقل درجة الحرارة حيث تتراوح بين 8 - 18 مئوية في هولندا.

• الخواص الكيميائية:

المواد العضوية: في مياه المجاري متوسطة التركيز يكون ما يقارب 75 % من المواد الصلبة العالقة، 40% من الحبيبات القابلة للفلتره هي عبارة عن مواد عضوية. كل مادة تحتوي على كربون تعتبر مادة عضوية ، وفيما يلي تبيان لأهم مصادر المادة العضوية (حيواني أو نباتي) والعناصر الكيميائية المكونة له :

المادة العضوية : العناصر الكيميائية المكونة له

بروتين: الأحماض الأمينية والتي يمكن أن تحتوي على الحديد والكبريت والفسفات ويمكن أن تسبب تصاعد غاز الميثان وذلك في حالة عدم توفر الأكسجين.

مواد كربوهيدراتية : السكر والنشأ والسليولوز، والألياف النباتية.

الدهون والزيوت والشحوم : يعود وجود الدهون والزيوت والشحوم إلى ما يتناوله الإنسان من زبدة ودهن حيواني ونباتي ولحوم وحبوب وبعض الفواكه.

مواد سطحية نشطة: هي جزيئات عضوية كبيرة قليلة للذوبان في الماء وتسبب رغوة على سطح محطات المعالجة وعلى سطح الماء الذي تصب فيه المياه المعالجة ومصدرها هي المنظفات. الرغوة الناتجة من مواد التنظيف (الصابون) تتكون من مادة تسمى "الكيل - بنزين - سلفونيت" وهي مادة غير قابلة للتحلل وتسبب الكثير من المشاكل في المعالجة لذلك يمكن استبدالها بمادة أخرى تسمى لينيار - الكيل - سلفونيت (Linear- Alkyl-Sulfonate(LAS) وهي مادة قابلة للتحلل .

وهذه المواد العضوية هي مكونات المواد الغذائية التي يستهلكها الإنسان وتخرج منه على صورة مواد صلبة في مياه الصرف الصحي والتي بدورها تعتبر مصدراً لتكاثر البكتريا التي تتغذى عليها ، ولذلك يجب التخلص من هذه المواد العضوية حتى لا تكون مصدراً للأمراض التي يمكن أن تصيب الإنسان.

• الخواص البيولوجية:

مهندس الصرف الصحي يجب أن يكون لديه إلمام بالخصائص البيولوجية للمياه العادمة.

ويجب أن يعرف:

1. المجموعات الرئيسية للكائنات الدقيقة الموجودة في المياه السطحية والمياه العادمة بما في ذلك تلك التي تساهم في المعالجة البيولوجية.

2. الكائنات المكروبية في المياه العادمة

3. الكائنات التي تستخدم كمؤشر على التلوث

4. الطرق المتبعة لقياس سمية المياه المعالجة.

تنقسم الكائنات الدقيقة الموجودة في المياه العادمة إلى ثلاث مجموعات رئيسية هي كائنات وحيدة الخلية ونباتات وحيوانات.

• الكائنات وحيدة الخلية:

وتشمل البكتيريا، الطحالب والبروتوزوا (الأميبيا والفلاجيل). نظراً للدور الكبير الذي تلعبه البكتيريا

في تحليل وتشبث المواد العضوية لذلك ينبغي معرفة خصائصها وعملها وتكاثرها وتركيبها. بكتيريا الكوليفورم تستخدم كمؤشر على التلوث بالمخلفات الأدمية (البراز). الطحالب يمكن أن تصبح مصدر إزعاج في المياه السطحية فعندما تجد الظروف المناسبة تتكاثر بسرعة وتغطي أنهار وبحيرات وسدود بمستعمرات كبيرة طافية على السطح. وجود الطحالب في المياه يسبب تغير في طعمها ورائحتها.

• **الفيروسات:** الفيروسات التي يقذفها الإنسان مع مخلفاته يمكن أن تصبح خطر على صحة الناس. وكمثال من خلال التجارب وجد ان الجرام الواحد من براز شخص مريض بمرض الكبد الوبائي يحتوي على 10.000-100.000 جرعة ممرضة من الفيروس المسبب للمرض. ومعروف أن بعض الفيروسات تعيش لمدة 41 يوم في المياه أو في المياه العادمة تحت درجة 20°م ولمدة 6 أيام في النهر العادي. والكثير من حالات إنتشار مرض الكبد الوبائي تعزى لإنتقال الفيروس عبر مياه الشرب.

• **النباتات والحيوانات:** النباتات والحيوانات التي تهمنا تتراوح في الحجم من مجهرية إلى كائنات ترى بالعين المجردة. معرفة هذه الكائنات تساعد في تقييم حالة الأنهار والبحيرات وفي تحديد سمية مياه المجاري التي تصب في البيئة وفي مشاهدة فعالية الكائنات الحية في التخلص من المخلفات العضوية في مراحل المعالجة الثانوية.

الفصل الثاني

طرق قياس كمية مياه الصرف

طرق قياس كمية مياه الصرف:

- في المناطق المخدومة بشبكات صرف صحي، يمكن معرفة كمية مياه الصرف الصحي كما يلي:
- من السجلات او بالقياس الميداني.
- استخدام سجلات استهلاك المياه لتقدير كمية مياه الصرف الصحي كما سيتم توضيحه لاحقا (في حالة عدم امكانية القياس الميداني وعدم وجود سجلات).
- أما لأغراض التصميم وفي حالة عدم توفر أي معلومات، فيمكن الاسترشاد بكمية مياه الصرف في المناطق المشابهة من حيث اتساعها ومستوى تطورها.

معدل استهلاك المياه:

تعتمد كمية المياه المستهلكة على مدى توفر المياه ومستوى التطور التي وصلت إليه المنطقة وتتراوح بين 100 – 400 لتر/فرد.يوم في معظم دول العالم. أما في اليمن نتيجة لشحة المياه فإنها تكون أقل بكثير كما أنها تختلف من منطقه الى اخرى (جدول 1).

جدول (1) معدل استهلاك المياه في بعض المدن الرئيسية اليمنية

المدينة	معدل الإستهلاك (ل/فرد.يوم)
صنعاء	60
عدن	80
تعز	30
المحويت	30
ذمار	100
المكلا	100
رداع	80
الحديدة	80

(جدول ٢) معدل استهلاك المياه في بعض المناطق التي تدخل فيها الصندوق

المنطقة	معدل الإستهلاك (ل/فرد.يوم)
المحويت	40
شباب كوكبان	40
ذمران/يريم/إب	30
إمبسطي/أحور/أبين	100

إلا أنه في معظم الحالات تقل كمية المياه الواصلة إلى شبكة الصرف الصحي عن كمية المياه المستهلكة وذلك نتيجة لعدم دخول بعض المياه المستهلكة في مقاومة الحرائق وغسيل السيارات وري البساتين إلى الشبكة، وتقدر هذه النسبة بين 10 إلى 30 % من إجمالي كمية المياه المستهلكة.

وبذلك يمكن تقدير كمية مياه الصرف من معدل استهلاك المياه حيث تتراوح بين 70 . 90 % من استهلاك المياه.

تذبذب كمية التدفق لمياه الصرف الصحي الخارجة من المنطقة خلال 24 ساعة:

يمكن مراقبة كمية التدفق مع الزمن عند محطة المعالجة والشكل (١) يوضح هذا التغير خلال ٢٤ ساعة.

يعتمد مدى تذبذب كمية تدفق مياه الصرف الصحي الواصلة إلى الشبكة تبعاً لمعدل استهلاك المياه، حيث تتغير موسمياً ويومياً بل وتتغير من ساعة إلى أخرى في نفس اليوم ويعتمد شكل التدفق على عدة عوامل منها: اليوم (يوم عمل أو إجازة، جمعه)، الشهر (رمضان أو غير رمضان) الفصل (صيف، شتاء)، طريقة المعيشة، عدد السكان وطول خط الشبكة.

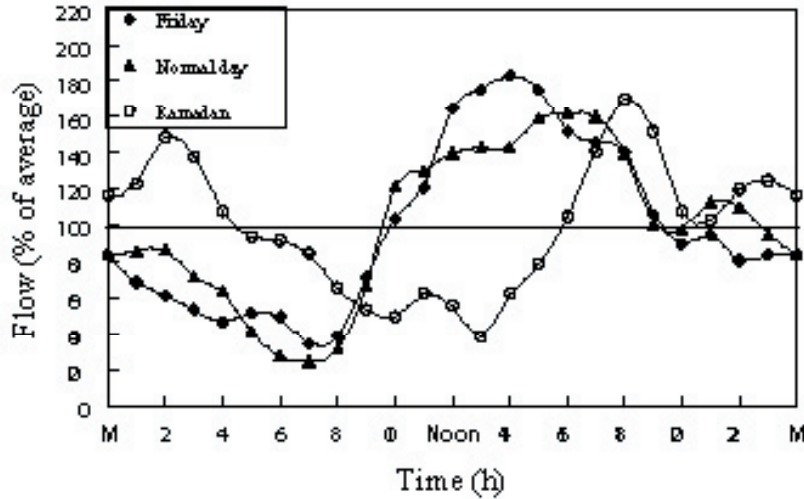
غالباً ما يحدث التدفق الأدنى عند الفجر حيث استهلاك المياه يكون الأدنى ويكون التدفق عباره عن التسرب من المحابس في المباني والتسرب من المياه الجوفية وكمية قليلة من مياه الصرف الصحي. كما أن التدفق الأعظمي الأول عادة ما يحصل في الساعات المتأخرة من الفجر عندما تصل مياه الصرف الصحي الناتجة من استهلاك المياه الأعظمي في الصباح إلى محطه المعالجة. أما التدفق الأعظمي الثاني فيحصل عموماً في الساعات الأولى من الليل بين الساعه 7، 9 مساءً.

والشكل (1) يوضح تذبذب كمية مياه الصرف الصحي من ساعة إلى أخرى لنفس اليوم في صنعاء. وقد تم رسم الشكل (1) بعد قياس كمية مياه الصرف الصحي الواصلة إلى محطة المعالجة لمدينة صنعاء باستخدام هدار مستطيل المقطع عند مدخل المحطه.

ويبين المحور السيني عدد ساعات اليوم من صفر إلى 24 ساعة، كما يبين المحور الصادي النسبة:

كمية مياه الصرف الصحي الواصلة في أي ساعة

متوسط كمية مياه الصرف الصحي الواصلة في الساعة



○ - يوم رمضان ■ - يوم جمعة ▲ - يوم عادي

شكل (١) تذبذب كميات مياه الصرف الصحي الواصلة الى المحطة خلال الأيام العادية ورمضان

حيث أن متوسط كمية الصرف الصحي الواصلة في الساعة = كمية مياه الصرف في اليوم

24

ويتضح من الشكل (1) أن أقل كمية من مياه الصرف الصحي وصلت بين الساعة السادسة والتاسعة صباحاً، بينما أقصى كمية وصلت بين الساعة 13 والساعة 15 أي بين الواحدة والثالثة بعد الظهر ويمكن القول أن استهلاك هذه المياه قد سبق وصولها بساعتين على الأقل وذلك حتى تقطع المسافة من المدينة إلى المحطة. ومعنى ذلك أن (أقصى كمية مياه) تستهلك في الساعة الثانية عشر ظهراً تقريباً.

كما يتضح من قياس كمية مياه الصرف الداخلة خلال الهدار عند مدخل المحطة أن هناك ثلاثة منحنيات مختلفه تم رسمها لثلاثة أيام مختلفه: يوم عمل عادي، يوم جمعه، يوم في رمضان (شكل ١). يتضح من المنحنيات أن القمة في منحنى اليوم العادي حصلت بين الساعة ٢-٤ بعد الظهر، وهذا يعكس وقت تجهيز الوجبه الرئيسييه الساعه ١٢-١ ظهراً. بينما في حالة الجمعه فقد حصلت قمة المنحنى في الساعه ٢ بعد الظهر والتي تعكس فترة الوضوء لصلاة الجمعه وهذا النشاط يحصل في الساعه ١١-١٢ ظهراً. في رمضان، اختلف المنحنى وكان التذبذب غير الأيام العادية والجمعه في حالة الفطر. فقد حصلت قمتين أحدهما عند الساعه الثانيه بعد منتصف الليل والتي عندها يتناول الصائمون سحورهم الذي تم تجهيزه عند منتصف الليل (الساعه ١٢)، أما القمه الثانيه فقد حصلت عند الساعه السادسه مساءً والتي عندها يتناول الصائمون إفطارهم الذي تم تجهيزه في الساعه ٢-٤ عصراً. أما أقل كمية فقد تم تسجيلها عند الساعه ٧ صباحاً في الأيام العادية والجمعه وعند الساعه ١ بعد الظهر في رمضان.

معامل أقصى وأدنى تدفق:

من الشكل (1) يمكن استنتاج الآتي :

معامل أقصى تدفق = 1.9

معامل أدنى تدفق = 0.3

معاملات التكبير للتدفق:

عند حساب التدفق لغرض تصميم الخطوط يتم تكبير التدفق بمعامل ٤ للخطوط باقطار ٣٠٠ مم و اقل وبمعامل ٥, ٢ للاقطار اكبر من ٣٠٠ مم. أما عند تصميم مكونات محطات المعالجة يستخدم متوسط التدفق بدون تكبير.

وبناء على ذلك فإن منحنى التذبذب مفيدا في التصميم وذلك لمعرفة معاملي أقصى وأدنى تدفق، كما أنه مفيدا في التشغيل والصيانته حيث يمكن معرفة زمن أقل تدفق وأعلى تدفق للاستفادة منها في تحديد موعد تنظيف الشبكة كما سيأتي ذكر ذلك لاحقا عند دراسة طرق تنظيف الشبكة.

الفصل الثالث

تصميم شبكات الصرف الصحي

أنواع الشبكات:

بشكل عام هناك نوعين من الشبكات:

1. شبكات الصرف المنفصلة وتشمل :

- شبكة صرف مياه الأمطار.
- شبكة الصرف الصحي.

2. شبكة الصرف المجتمع :

وهي الشبكة التي تستخدم لتصريف مياه الصرف الصحي ومياه الأمطار. في حالة الشبكات المنفصلة هناك ثلاثة مصادر لمياه الصرف الصحي هي:

- مياه الصرف الصحي البلدية.
- مياه الصرف الصحي الصناعية.
- المياه الجوفية المتسربة.

وفي حالة الشبكة المجتمعه يضاف الى هذه المصادر الثلاثة المصدر الرابع وهو مياه الامطار.

الشبكات التقليدية:

لتصميم الشبكات التقليدية ينبغي توفر المعلومات التالية:-

- خرائط طبوغرافية للمنطقة (توضح مناسيب الأرض الطبيعية) بمقياس رسم لا يقل عن 1:2000.
- خارطة استخدام الأراضي (توضح المناطق السكنية والتجارية والصناعية والأراضي الزراعية).
- خارطة توضح الكثافة السكانية
- إستهلاك الفرد من المياه.
- معدل النمو السكاني

ويتم تصميم خطوط الشبكة بإتباع الخطوات التالية:-

1. تؤخذ مسارات الخطوط بإتجاه ميل الأرض الطبيعية
2. توضع المناهل في الحالات التالية:
 - عند تقاطع الخطوط
 - عند تغير ميول الخطوط
 - عند تغير الأقطار
3. حساب كمية التدفق للفرد بإعتبار أن 85% من إستهلاك المياه تذهب إلى شبكة الصرف الصحي.

تقسيم المنطقة إلى مساحات ساكنة لتحديد نصيب كل خط.
حساب كمية التدفق الأعظمي باستخدام المعادلة:

$$ك = ك_0 + م \times ث \times ف \times ت$$

حيث:-

ك = كمية التدفق الأعظمي

ك₀ = كمية التدفق الأعظمي الآتي من الخط الذي قبله.

م = المساحة الساكنة

ث = الكثافة السكانية

ف = كمية التدفق من الفرد الواحد

ت = معامل تكبير يؤخذ عادة 4 للإقطار 300مم وأقل.

من الجدول (Recommended roughness values) فى ملحق (2) يؤخذ معامل الخشونة ks للأنبوب (معامل الخشونة للأنايب البلاستيكية تركيب بدون ربل = 0.03) بمعلومية كمية التدفق الأعظمي يتم اختيار القطر الذي يعطي تدفق مقارب له (أكبر بقليل) ومنها يتم الحصول على كمية التدفق الممتلئة (ك م) والسرعة الممتلئة (س م) ، ثم من اسفل الجدول يمكن الحصول على معامل الجريان الجزئي مع ملاحظة أن التدفق والسرعة المأخوذ من الجدول هي للأنبوب الممتلئ. استخدام الجدول (Proportional Discharges in Pipes) فى ملحق (1) لحساب نسبة الملىء في الأنبوب كما يلي:-

$$ك/ك م = التدفق الأعظمي / التدفق الممتلئ$$

وبمعلومية ك/ك م ومعامل الجريان الجزئي تؤخذ نسبة عمق الماء إلى قطر الأنبوب (ع/ق)

استخدام الجدول (Proportional Velocities in Pipes) فى ملحق (1) لحساب سرعة الجريان الفعلية كما يلي:-

بمعلومية ع/ق ومعامل الجريان الجزئي ندخل الجدول ونحصل على نسبة السرعة الفعلية إلى = سرعة الملىء (س/س م) ومنها تحسب سرعة الجريان الفعلية. وعند إجراء هذه الحسابات يجب مراعاة ما يلي:-

• نسبة الملىء يجب ألا تزيد عن 75%

• أقل ميل للأنبوب هو 1/ق (مم) وأقصى ميل 1/ق (سم) حيث ق هو قطر الأنبوب.

• سرعة الجريان الدنيا 0.6م/ث والقصى 2.6م/ث.

4. أقل عمق دفن فوق الأنبوب لا يقل عن 1.0م وفي حال عدم تحقيقه يتم عمل خرسانة حماية حول الأنبوب سماكة 15 سم من كل الجهات.

الشبكات ذات الأقطار الصغيرة:

لتصميم هذه الشبكات تستخدم نفس الخطوات التي تستخدم في تصميم الشبكات التقليدية مع الأخذ بالملاحظات التالية:

- سرعة الجريان الدنيا 0.3 م/ث
- أقل ميل للأنبوب 1:1000.
- إستبدال المناهل بنقاط تنظيف لمنع دخول الأتربة من الأغطية.

تمرين في تصميم الشبكات (شكل 2):

المعطيات:

- الكثافة السكانية = 200 شخص / هكتار
- إستهلاك الفرد = 40 ل/يوم
- خارطة توضح مناسيب الأرض الطبيعية
- المطلوب: تصميم الخطين الذين يصبان في غرف التفتيش 5-17 و 5-122.

مبادئ أولية لتصميم خزانات التحليل:

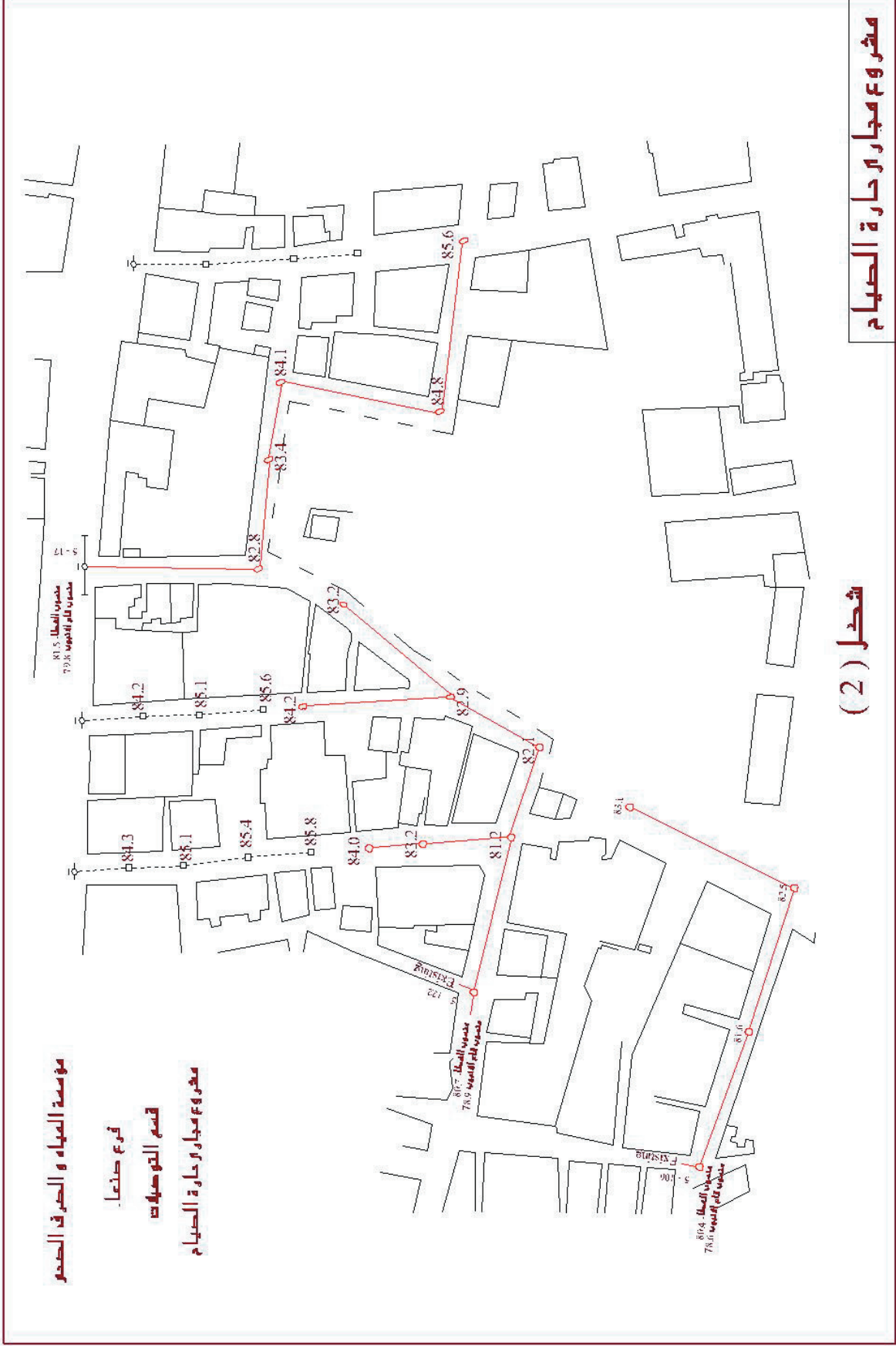
تستخدم خزانات التحليل في المعالجة الأولية لمجري المنشآت كالمدراس والمستشفيات والمعسكرات. وقد تم إستخدامه في العديد من مشاريع الصندوق كان أولها مدرسة البنات في كتاب وكان آخرها مشروع مجاري شبام كوكبان.

- لتصميم خزانات تحليل لمنزل واحد يمكن الأخذ بالأرقام التالية:
- غرفة أو غرفتين 4 م³
- ثلاث غرف 6 م³
- أربع غرف 8 م³
- أكثر من أربع غرف مطلوب تقدير هندسي للسعة.

لحساب خزانات تحليل كبيرة يمكن استخدام الجدول التالي :

السعة	فترة تفرغ الحمأة (سنة)
2.7 ك	1
3.3 ك	2
4.2 ك	3
4.8 ك	4
5.48 ك	5
6.0 ك	6

حيث ك = متوسط التدفق
ويجب ألا تقل سعة الخزان عن 6 م³



وعند إختيار أبعاد الخزان يجب مراعاة ما يلي:

- الطول ضعف العرض
- إذا زاد الطول عن 2.5م يقسم إلى غرفتين أحدهما 2/3 الطول.
- عمق الماء 1.8 – 2.0م.
- المسافة من سطح الماء إلى السقف 0.3م.

مثال:

مطلوب تصميم خزان تحليل لمجموعة من المنازل عدد السكان الإجمالي ٢٠٠ شخص وإستهلاك الفرد من المياه ٤٠ ل/يوم وفترة تنظيف الحمأة سنة.

الحل:

$$\begin{aligned} \text{متوسط كمية التدفق} &= 0.85 \times 40 \times 200 = 6800 \text{ ل} = 6.8 \text{ م}^3 \\ \text{حجم الخزان} &= 6.8 \times 2.7 = 18.36 \text{ م}^3 \\ \text{بأخذ عمق الخزان } 1.8 &\text{ تكون مساحة الخزان} = 1.8/18.36 = 10.2 \text{ م}^2 \\ \text{نفرض العرض} &= \text{ع} \text{ فيكون الطول} = ٢ \text{ ع} \\ \text{ع} \times \text{ع} &= ١٠,٢ = ٢ \text{ ع}^2 \leftarrow 10.2 = ٢ \text{ ع}^2 \leftarrow 5.1 = \text{ع} \\ \text{ولهذا فأن الطول} &= ٢,٣ \times ٢ = ٤,٦ \text{ م} \\ \text{يقسم الخزان إلى غرفتين الأولى } &٣,٠ \text{ والثانية } ٦,٦ \text{ م.} \end{aligned}$$

تمرين:

مطلوب تصميم خزان تحليل لإحدى الحارات يبلغ تعداد سكانها ٣٠٠ شخص وإستهلاك الفرد للمياه ٥٠ ل / يوم مع الأخذ في الإعتبار أن فترة تنظيف الحمأة سنتين.

أعمال الحفر والردم والتركيب والتنفيذ وإستلام الأعمال

أعمال الحفر:

لضمان إستقامة الحفر للخطوط يتم أولاً تحديد مواقع المناهل أو غرف التفتيش ثم تحديد مسار الخط بإستخدام خيط ثم وضع الجص على مسار الخط وبذلك يصبح الخط جاهز للحفر. يراعى في الحفر الإلتزام بالأعماق المحددة في التصاميم وفي حالة زيادة الحفر عن المطلوب يجب تعبئة الزيادة بخرسانة عادية كما يراعى أخذ مناسب الأرض الطبيعية قبل البدء بالحفر ليتم إعادتها كما كانت. تقاس أعمال الحفر بالمتر الطولي وبالعمق إلى قاع الأنبوب.

أعمال تركيب الأنابيب والدفن:

- وضع فرشاة من الرمل أو الهلسن بسماكة 15 سم تحت الأنبوب.
- تركيب الأنابيب بشكل جيد والتأكد من المناسيب والإستقامة
- دفن الأنابيب بالرمل أو الهلسن بسمك 30 سم فوق الأنبوب مع ترك الوصلات دون دفن
- اختبار الأنابيب للتأكد من عدم وجود تسرب
- دفن بالتربة على طبقات كل طبقة 30 سم مع الرش والدك اليدوي حتى منسوب 90 سم فوق قمة الأنبوب ثم يستمر الدفن بنفس الطبقات مع الدك الميكانيكي حتى الوصول إلى منسوب الأرض الطبيعي. طريقة تنفيذ التوصيله المنزليه (أنظر الشكل 3)

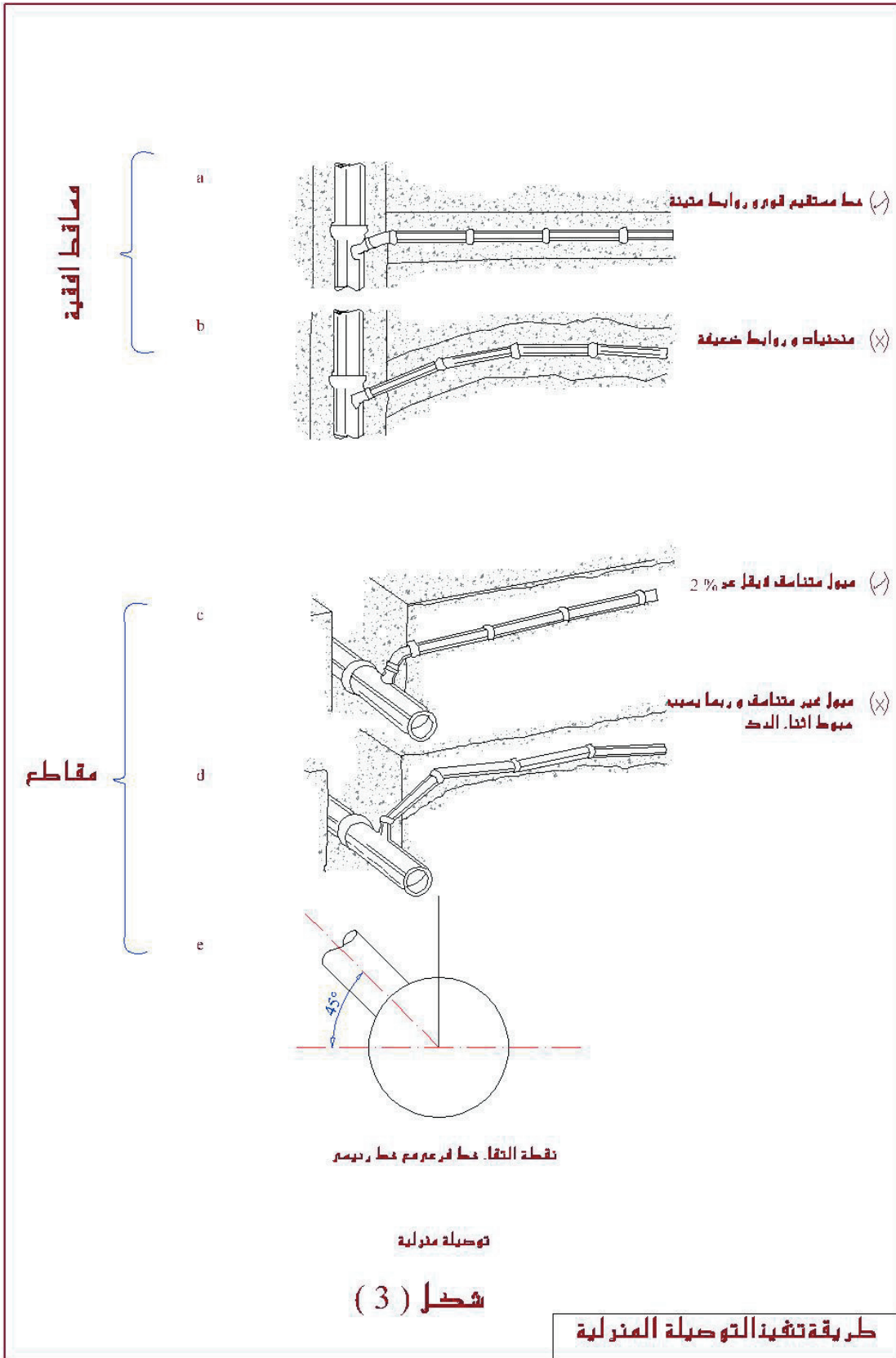
غرف التفتيش والمناهل:

(أنظر الشكل 4A، 4B)

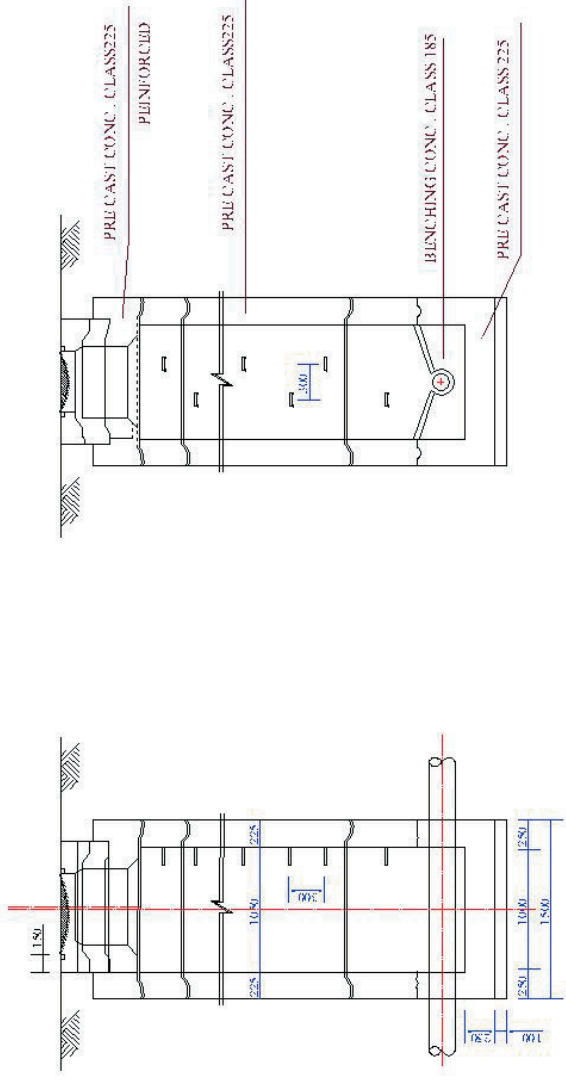
- تتخذ غرف التفتيش من الخرسانة المسبقة الصب أو من الخرسانة المصبوبة موقعياً " أو من البلك الخرساني الصم أو من الياجور.
- يراعى عند تنفيذ غرف التفتيش النقاط التالية:-
- عمق الحفر = العمق التصميمي (إلى قاع الأنبوب من الخارج) + سماكة خرسانة الأرضية + 10 سم خرسانة عادية).
 - ميل جوانب القنوات = 12:1 - 24:1
 - ارضية الأنبوب الداخل مع ارضية الأنبوب الخارج
 - التعبئة الجيدة حول الأنابيب بالمونة الإسمنتية
 - الإسمنت المستخدم لجميع الأعمال إسمنت مقاوم للكبريتات ويمكن أن تستثنى خرسانة النظافة.

فحص كتامة انابيب الشبكة:

يعتبر فحص الأنابيب لمدى الكتامه بمثابة شهادة لسلامة تنفيذها. ويتم فحص الخطوط بحضور مندوب المنفذ ومندوب المهندس المشرف.



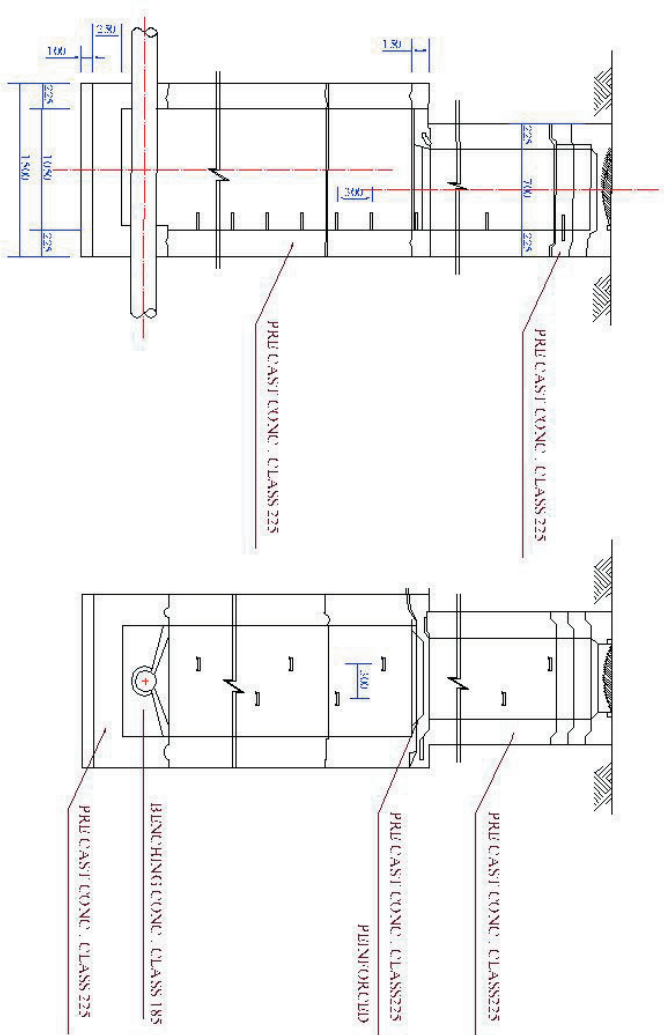
MANHOLE TYPE 1



شكل 4 (أ)

مركز ومياه وعمر المعمار، امانة العاصمة
Layout Scale 1 : 200

MANHOLE TYPE 2



محل 4 (B)

مطابق محاور عرض المخطط. أبعادها كما يلي
Layout Scale 1 : 200

يتم الفحص بإتباع الخطوات التالية:-

1. تركيب سدة محكمة أسفل الخط
2. تركيب سدة محكمة أعلى الخط مع فتحتين أحدهما لتعبئة الخط بالماء والأخرى لخروج الهواء.
3. تركيب خزان متدرج على إرتفاع 1م من مستوى الأرض وتوصيله بأنبوب إلى فتحة الماء.
4. فتح محبس الماء وترك الماء ينساب إلى الأنبوب حتى يخرج من فتحة الهواء
5. بعد التأكد من خروج الهواء كاملاً "تسد فتحة الهواء"
6. يترك الماء داخل الأنبوب لمدة ساعتين (للأنابيب البلاستيكية) يتم خلالها إضافة المياه للحفاظ على نفس المنسوب في الخزان المتدرج. وفي نهاية الساعتين يتم جمع كمية المياه المضافة وتكون هي كمية الفاقد في الخط.
7. يتم حساب كمية الفاقد المسموح به من المعادلة:-

$$25 \times ط \times ق \text{ (ل / يوم)}$$
 حيث:
 ط = طول الخط بالكيلومتر
 ق = قطر الخط بالمليمتر
8. يبقى الماء داخل الخط إلى أن يصل الدفن إلى مستوى 90سم فوق الأنبوب وذلك لضمان سلامة الخط بعد الدفن.

طرق معالجة مياه الصرف الصحي

طرق معالجة مياه الصرف الصحي:

مقدمة:

يعود ظهور الحاجة للتخلص من مياه الصرف الصحي في اليمن إلى فترة لا تتجاوز 30 سنة حيث كان اليمنيون قبلها يعتمدون على الحمامات الجافة لفصل المخلفات الأدمية (البراز) ومعالجتها وإستخدامها كسماد أو وقود ويتم تصريف المياه إلى أقرب بستان أو مقشامة. وقد اتضح أن مسببات الأمراض توجد في المخلفات الأدمية (البراز). وفصلها عند مصدرها يقلل من تكاليف المعالجة بشكل كبير. وهذا هو ما توجهت إليه الكثير من الدول المتقدمة كألمانيا والسويد وهولندا.

طرق المعالجة:

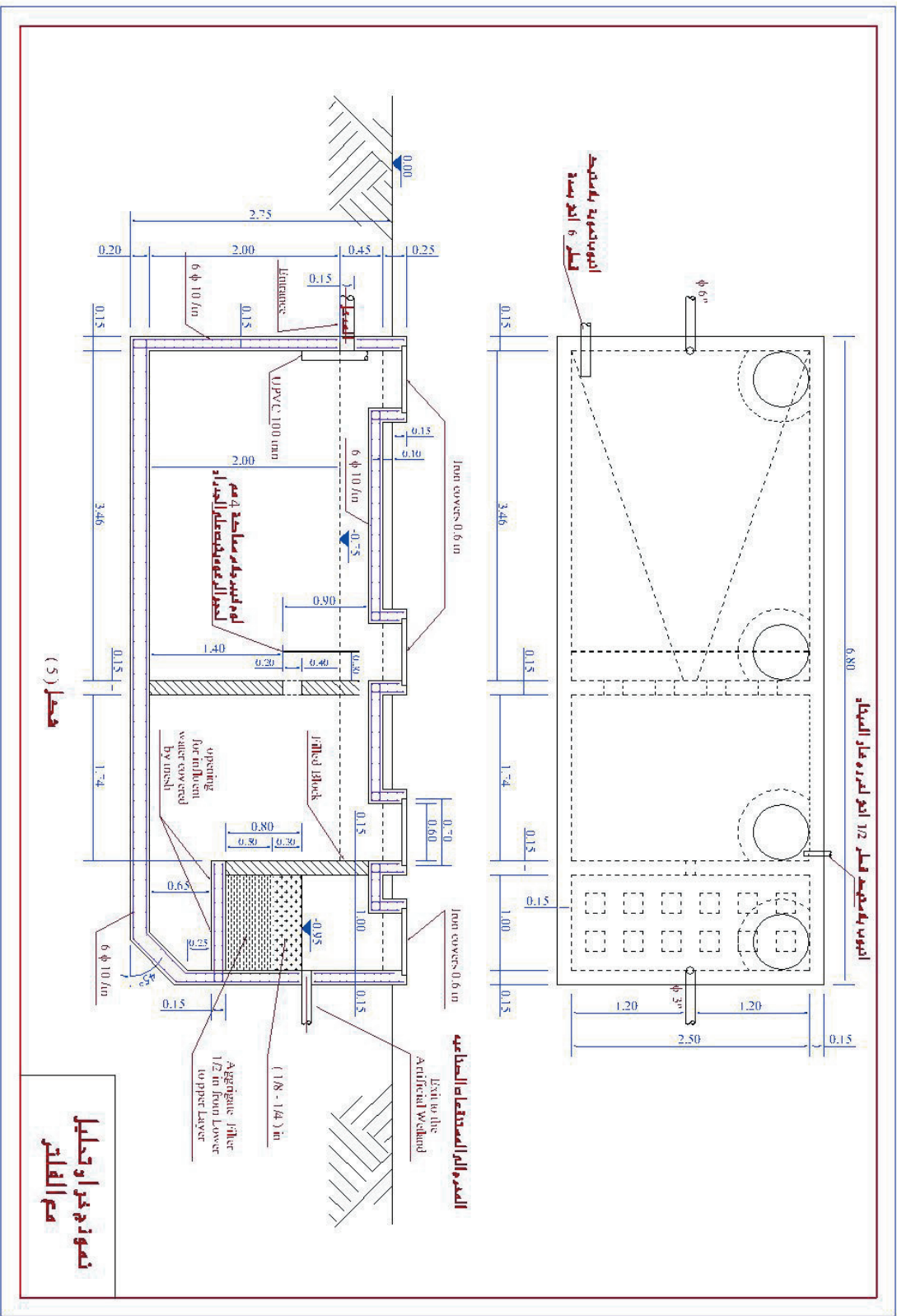
هناك الكثير من طرق المعالجة لمياه الصرف الصحي وإختيار إحدهما يعتمد على عوامل كثيرة منها طبيعة الموقع وحساسيته وكفاءة المعالجة المطلوبة وتكاليف التشغيل والصيانة. وسنتطرق هنا إلى طرق المعالجة التي اعتمدها الصندوق الاجتماعي للتنمية في مشاريعه.

خزانات تحليل مع الفلتر وبلية أحواض أكسدة:

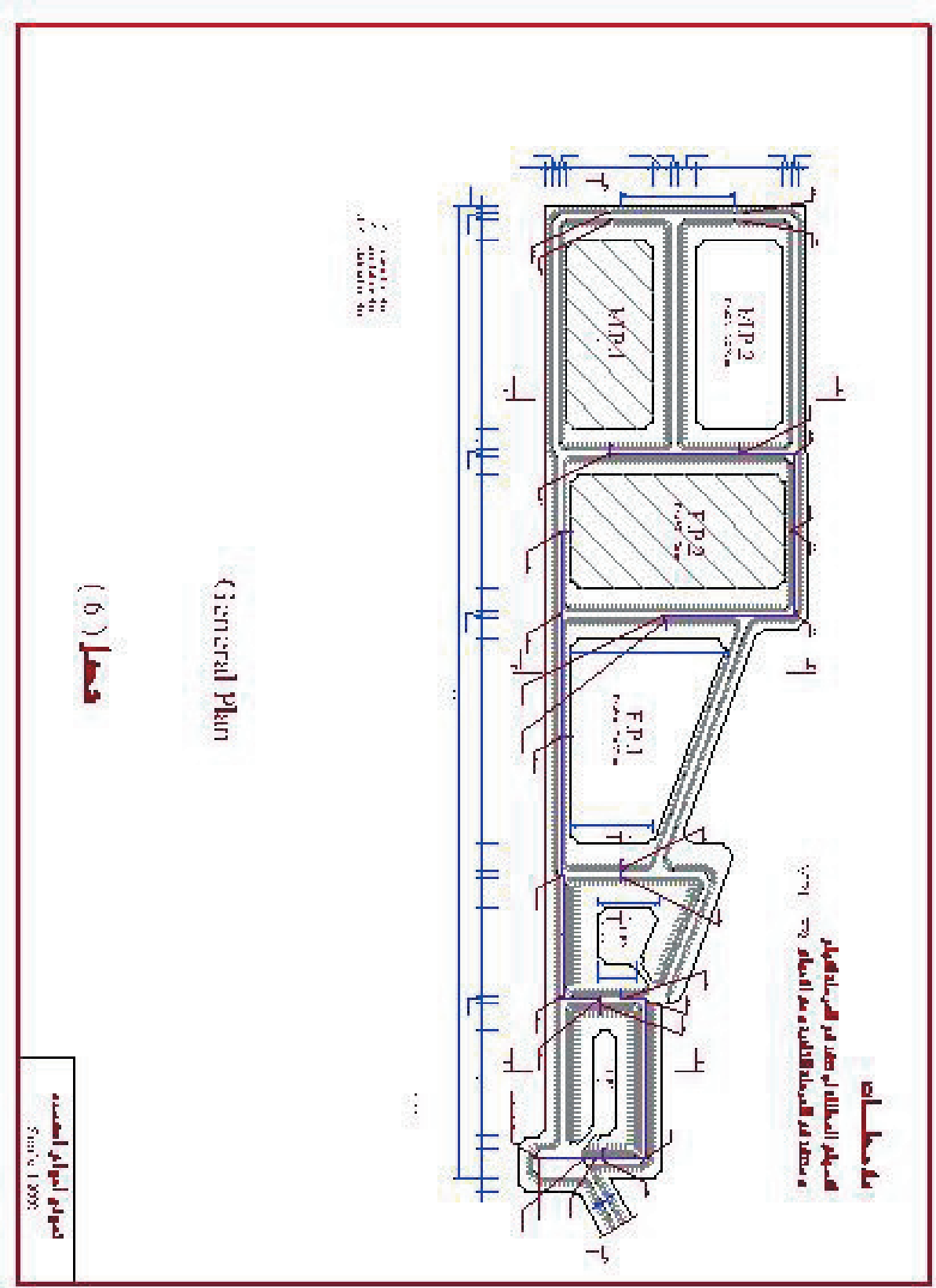
نفذت هذه الطريقة في المحويت. وتبدأ المعالجة عند دخول المياه العادمة إلى خزان التحليل حيث يتم ترسيب المواد الصلبة في أرضية الخزان وتمر المياه بعد ذلك عبر الفلتر الرملي طلوفاً إلى المخرج. ويتم حجز الكثير من المواد العالقة في الفلتر كما توجد كائنات دقيقة في الفلتر تتغذى على العناصر الموجودة في المياه العادمة والشكل (5) يوضح نموذج لخزانات التحليل التي تم تنفيذها في المحويت والشكل (6) يوضح نموذج لآحواض الأكسدة ولشكل (7) يوضح تفاصيل ربط الآحواض.

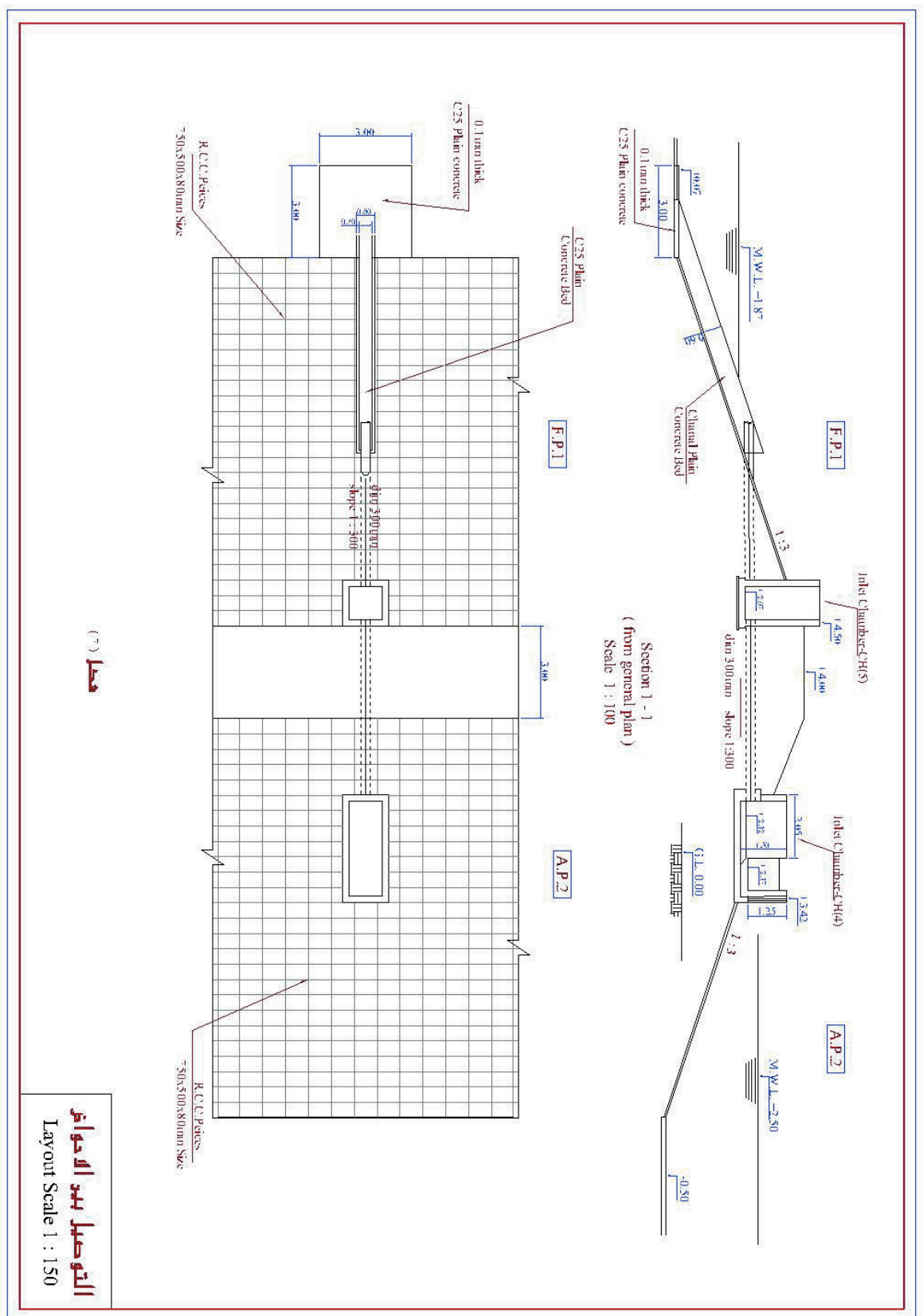
وتقوم البكتيريا اللاهوائية في خزان التحليل بالتغذي على العناصر الموجودة في المياه العادمة وتتكاثر وتموت وترسب في أرضية الخزان. وتسمى المادة المترسبة في أرضية الخزان ”الحمأة“ ونظراً لبقائها فترة طويلة من الزمن تتحول إلى مادة مستقرة لونها أسود ويمكن إستخدامها بعد التجفيف كسماد. وتصل كفاءة خزان التحليل مع الفلتر في تخفيض الأكسجين الحيوي (BOD) إلى 70%. ولتعويض الفاقد الهيدروليكي في الفلتر يجب أن يكون هناك فارق منسوب بين المدخل والمخرج حوالي 15 - 20 سم.

وتصمم الخزانات لفترة مكوث 24 ساعة ولخزن الحمأة لفترة تتراوح من 5-1 سنوات. تخرج المياه من الخزانات في أنابيب صغيرة الأقطار بعمق ضحل قريب من سطح الأرض الطبيعيه وموازي لميل الأرض الطبيعية حتى تصل إلى أحواض الأكسدة. والتي هي عبارة عن مجموعة من الآحواض المكشوفة التي تفيض إلى بعضها. وتقوم بالمعالجة بفعل أشعة الشمس وحركة الرياح. فحركة الرياح تؤدي إلى تكون الأمواج وبالتالي زيادة الأكسجين المذاب في الماء. وبوجود أشعة الشمس تقوم الطحالب الموجودة بالقرب من السطح بإنتاج خلايا جديدة وتطلق الأكسجين الذي تستخدمه البكتيريا الهوائية للتغذي على المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف الصحي الداخلة فتنتج خلايا جديدة وتطلق غاز ثاني أكسيد



نموذج حواجز تحلل مع القابل
محط (5)





الكربون الذي تستخدمه الطحالب في إنتاج خلايا جديدة وهكذا تتم عملية تبادل منفعة بين الطحالب والبكتيريا.

وبالقرب من قاع الحوض تنشط البكتيريا اللاهوائية التي تقوم (بغياب الأكسجين) بالتغذي على العناصر الموجودة في المجاري فتنتج خلايا جديدة وتطلق غاز الميثان وثاني أكسيد الكربون. وبين سطح الماء والقاع تتواجد البكتيريا الهوائية واللاهوائية. الأحواض الأخيرة من أحواض الأكسدة تكون بأعماق لا تزيد عن 1م حتى تتخللها أشعة الشمس لتقضي على الكائنات الممرضة.

مميزات هذه الطريقة:

1. سهولة التشغيل والصيانة
2. إنخفاض تكلفة التشغيل والصيانة
3. تحمل التغيرات في الحمل العضوي.

العيوب:

1. تتطلب مساحات واسعة
2. البعد عن التجمع السكاني لا يقل عن 500م مع شرط أن تكون إتجاه الرياح بعكس اتجاه التجمع السكاني.
3. إ احتمال تكاثر البعوض في حالة عدم إزالة الحشائش من أطراف الأحواض.

خزانات تحليل مع الفلتر ويديه مستنقعات صناعية : انظر الشكل 8

نفذت هذه الطريقة في شبام كوكبان. ولا تختلف عن الطريقة الأولى إلا في أن المستنقعات الصناعية حلت محل أحواض الأكسدة. تقوم المستنقعات الصناعية بالمعالجة عبر عمليات بيولوجية وفيزيائية (فلتر وترسيب) وكيميائية. كلا الوسطين الهوائي واللاهوائي يتواجدان في نفس الوقت بمعدلات مختلفة. يتم حجز المواد العالقة على أسطح الحبيبات كما تقوم البكتيريا الهوائية واللاهوائية بالتغذي على العناصر الموجودة في المياه العادمة. وهناك أنواع من البكتيريا تفرز مواد مشابهة للمضادات الحيوية تقوم بقتل الجراثيم.

الميزات:

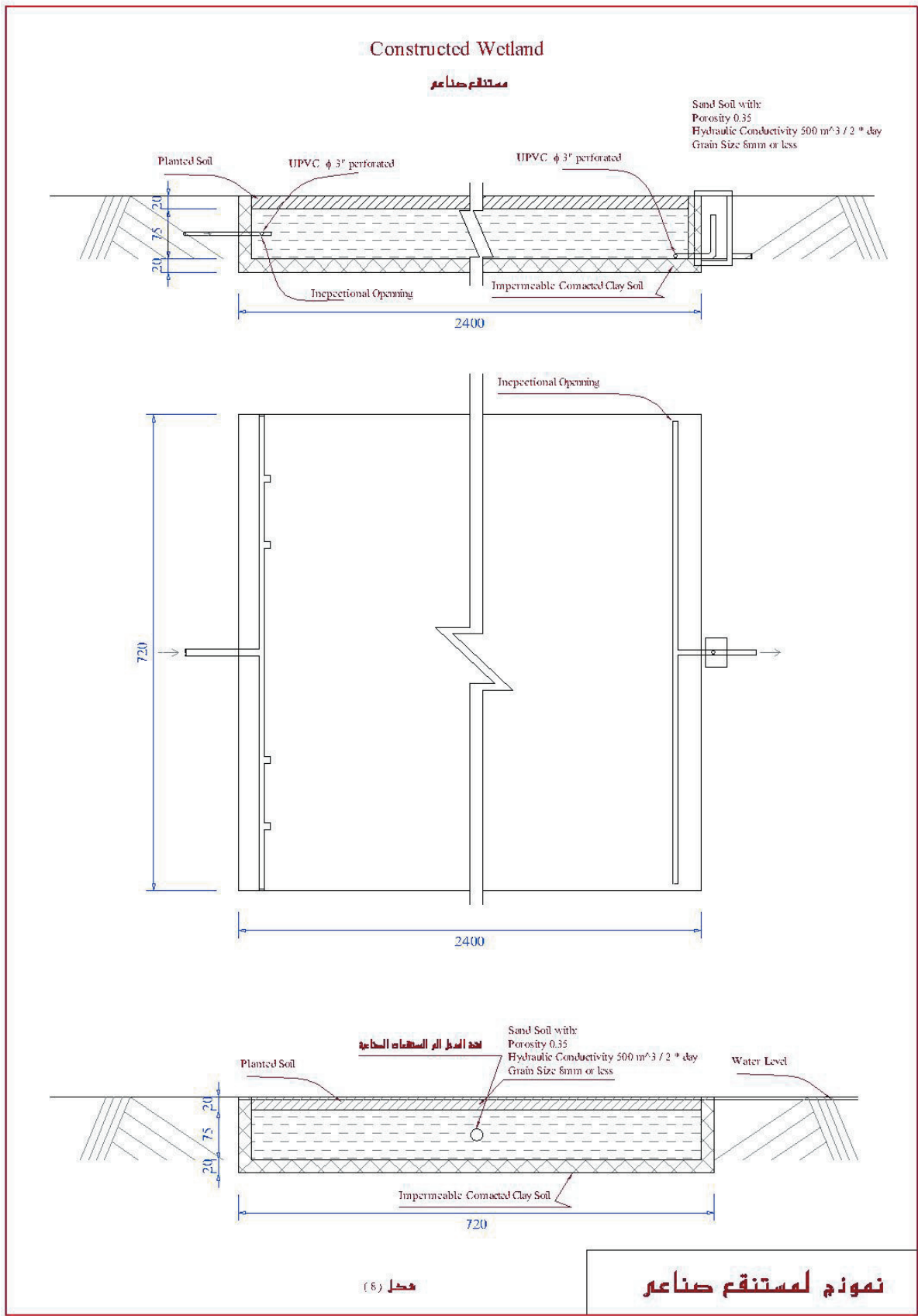
1. مساحة أقل مقارنة بأحواض الأكسدة
2. عدم وجود مشكلة البعوض والروائح

العيوب:

1. زيادة التكلفة بسبب الفلتر
2. إمكانية إنسداد الفلتر.

Constructed Wetland

مصنوع صناعي



ملحقه (٢)

3

$k_s = 0.030$ mm.
 $i = 0.00015$ to 0.004

Water (or sewage) at 15°C ;
full bore conditions.

ie hydraulic gradient
1 in 6667 to 1 in 250

Velocities in m/s
discharges in l/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	50	75	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0.00015 1/ 6667	0.056 0.110	0.076 0.338	0.080 0.403	0.095 0.743	0.111 1.365	0.127 2.240	0.141 3.401	0.155 4.879	0.169 7.703	0.181 8.901	0.194 11.501	0.206 14.528
0.00016 1/ 6250	0.058 0.114	0.079 0.351	0.083 0.419	0.098 0.771	0.115 1.416	0.132 2.324	0.147 3.527	0.161 5.059	0.175 6.950	0.188 9.229	0.201 11.923	0.213 15.060
0.00017 1/ 5882	0.060 0.119	0.082 0.363	0.086 0.434	0.102 0.798	0.119 1.466	0.136 2.405	0.152 3.650	0.167 5.235	0.181 7.191	0.194 9.547	0.208 12.334	0.220 15.578
0.00018 1/ 5556	0.062 0.123	0.085 0.375	0.089 0.448	0.105 0.825	0.123 1.515	0.141 2.484	0.157 3.770	0.172 5.406	0.187 7.425	0.201 9.858	0.214 12.734	0.228 16.082
0.00019 1/ 5263	0.064 0.127	0.088 0.387	0.092 0.462	0.108 0.851	0.127 1.562	0.145 2.562	0.162 3.887	0.177 5.573	0.192 7.653	0.207 10.160	0.221 13.124	0.234 16.573
0.00020 1/ 5000	0.066 0.130	0.090 0.399	0.095 0.476	0.112 0.876	0.131 1.609	0.149 2.637	0.166 4.001	0.183 5.736	0.198 7.877	0.213 10.456	0.227 13.504	0.241 17.053
0.00022 1/ 4545	0.070 0.138	0.095 0.422	0.100 0.503	0.118 0.926	0.138 1.698	0.158 2.783	0.176 4.222	0.193 6.051	0.209 8.308	0.225 11.027	0.240 14.241	0.254 17.981
0.00024 1/ 4167	0.074 0.145	0.100 0.443	0.105 0.529	0.124 0.973	0.145 1.784	0.165 2.924	0.184 4.433	0.202 6.354	0.219 8.722	0.236 11.576	0.252 14.947	0.267 18.871
0.00026 1/ 3846	0.078 0.152	0.105 0.464	0.110 0.554	0.130 1.018	0.152 1.867	0.173 3.059	0.193 4.638	0.212 6.645	0.229 9.121	0.247 12.104	0.263 15.628	0.279 19.729
0.00028 1/ 3571	0.081 0.159	0.110 0.485	0.115 0.578	0.135 1.062	0.159 1.947	0.180 3.189	0.201 4.835	0.220 6.927	0.239 9.507	0.257 12.614	0.274 16.285	0.291 20.556
0.00030 1/ 3333	0.084 0.165	0.114 0.504	0.120 0.601	0.141 1.105	0.165 2.025	0.188 3.316	0.209 5.026	0.229 7.199	0.248 9.880	0.267 13.107	0.285 16.921	0.302 21.358
0.00032 1/ 3125	0.088 0.172	0.118 0.523	0.124 0.624	0.146 1.146	0.171 2.100	0.195 3.438	0.217 5.211	0.238 7.464	0.258 10.242	0.277 13.586	0.295 17.538	0.313 22.135
0.00034 1/ 2941	0.091 0.178	0.123 0.542	0.129 0.646	0.151 1.187	0.177 2.173	0.201 3.558	0.224 5.391	0.246 7.721	0.266 10.594	0.286 14.052	0.305 18.137	0.324 22.890
0.00036 1/ 2778	0.094 0.184	0.127 0.560	0.133 0.668	0.156 1.226	0.183 2.245	0.208 3.674	0.231 5.566	0.254 7.971	0.275 10.936	0.295 14.505	0.315 18.721	0.334 23.625
0.00038 1/ 2632	0.097 0.190	0.131 0.578	0.137 0.689	0.161 1.264	0.189 2.314	0.214 3.787	0.239 5.737	0.262 8.216	0.283 11.270	0.304 14.947	0.325 19.290	0.344 24.342
0.00040 1/ 2500	0.100 0.196	0.135 0.595	0.141 0.709	0.166 1.301	0.194 2.382	0.221 3.898	0.245 5.905	0.269 8.454	0.292 11.596	0.313 15.378	0.334 19.845	0.354 25.041
0.00042 1/ 2381	0.103 0.201	0.138 0.612	0.145 0.729	0.170 1.338	0.200 2.449	0.227 4.006	0.252 6.068	0.277 8.687	0.300 11.915	0.322 15.800	0.343 20.388	0.364 25.725
0.00044 1/ 2273	0.105 0.207	0.142 0.628	0.149 0.749	0.175 1.374	0.205 2.514	0.233 4.112	0.259 6.228	0.284 8.915	0.308 12.227	0.330 16.212	0.352 20.920	0.373 26.394
0.00046 1/ 2174	0.108 0.212	0.146 0.644	0.153 0.768	0.179 1.409	0.210 2.578	0.239 4.216	0.265 6.384	0.291 9.138	0.315 12.532	0.339 16.617	0.361 21.440	0.383 27.049
0.00048 1/ 2083	0.111 0.218	0.149 0.660	0.157 0.787	0.184 1.443	0.215 2.640	0.244 4.318	0.272 6.538	0.298 9.357	0.323 12.832	0.347 17.013	0.370 21.950	0.392 27.692
0.00050 1/ 2000	0.113 0.225	0.153 0.676	0.160 0.806	0.188 1.477	0.220 2.702	0.250 4.418	0.278 6.688	0.305 9.572	0.330 13.126	0.354 17.401	0.378 22.450	0.401 28.322
0.00055 1/ 1818	0.120 0.235	0.162 0.714	0.169 0.851	0.198 1.559	0.232 2.851	0.264 4.660	0.293 7.053	0.321 10.093	0.348 13.838	0.374 18.343	0.398 23.663	0.422 29.848
0.00060 1/ 1667	0.126 0.248	0.170 0.750	0.178 0.894	0.209 1.638	0.244 2.993	0.277 4.892	0.308 7.404	0.337 10.593	0.365 14.521	0.392 19.246	0.418 24.825	0.443 31.311
0.00065 1/ 1538	0.132 0.259	0.178 0.785	0.186 0.935	0.218 1.713	0.255 3.131	0.290 5.116	0.322 7.741	0.352 11.074	0.382 15.178	0.410 20.115	0.437 25.944	0.463 32.719
0.00070 1/ 1429	0.138 0.271	0.185 0.819	0.194 0.976	0.227 1.787	0.266 3.264	0.302 5.332	0.335 8.067	0.367 11.538	0.398 15.813	0.427 20.954	0.455 27.023	0.482 34.079
Coefficient for part-full pipes:												
	12	20	20	25	30	40	45	50	60	60	70	80

$k_s = 0.030$ mm. $i < 0.004$

ks = 0.030 mm.
i = 0.00015 to 0.004

Water (or sewage) at 15 °C;
full bore conditions.

3

continued

ie hydraulic gradient =
1 in 6667 to 1 in 250

Velocities in m/s
discharges in l/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	50	75	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0.00075 1/ 1333	0.143 0.282	0.193 0.851	0.202 1.015	0.236 1.857	0.276 3.392	0.314 5.541	0.348 8.382	0.382 11.987	0.413 16.427	0.443 21.766	0.473 28.068	0.501 35.393
0.00080 1/ 1250	0.149 0.292	0.200 0.883	0.209 1.052	0.245 1.926	0.287 3.517	0.325 5.744	0.361 8.687	0.395 12.423	0.428 17.022	0.459 22.553	0.490 29.081	0.519 36.668
0.00085 1/ 1176	0.154 0.303	0.207 0.914	0.217 1.049	0.254 1.993	0.297 3.639	0.336 5.941	0.374 8.985	0.409 12.846	0.443 17.601	0.475 23.318	0.506 30.065	0.536 37.907
0.00090 1/ 1111	0.159 0.313	0.214 0.944	0.224 1.125	0.262 2.058	0.306 3.757	0.347 6.133	0.386 9.274	0.422 13.259	0.457 18.154	0.490 24.062	0.522 31.023	0.553 39.112
0.00095 1/ 1053	0.164 0.323	0.220 0.974	0.231 1.140	0.270 2.122	0.316 3.872	0.358 6.320	0.397 9.556	0.435 13.660	0.471 18.713	0.505 24.788	0.538 31.956	0.570 40.286
0.00100 1/ 1000	0.169 0.332	0.227 1.002	0.238 1.164	0.278 2.184	0.325 3.984	0.368 6.503	0.409 9.831	0.447 14.053	0.484 19.249	0.519 25.496	0.553 32.867	0.586 41.432
0.00110 1/ 909	0.179 0.351	0.239 1.058	0.251 1.260	0.293 2.304	0.342 4.202	0.388 6.857	0.431 10.363	0.471 14.811	0.510 20.284	0.547 26.864	0.583 34.627	0.617 43.647
0.00120 1/ 833	0.188 0.369	0.252 1.111	0.263 1.374	0.308 2.419	0.359 4.411	0.407 7.196	0.452 10.873	0.495 15.538	0.535 21.277	0.574 28.176	0.611 36.314	0.648 45.770
0.00130 1/ 769	0.197 0.386	0.263 1.163	0.275 1.385	0.322 2.530	0.376 4.612	0.426 7.522	0.472 11.364	0.517 16.237	0.559 22.233	0.600 29.438	0.639 37.938	0.676 47.812
0.00140 1/ 714	0.205 0.403	0.274 1.212	0.287 1.444	0.336 2.637	0.392 4.806	0.443 7.837	0.492 11.838	0.538 16.912	0.582 23.154	0.625 30.656	0.665 39.503	0.704 49.781
0.00150 1/ 667	0.213 0.419	0.285 1.260	0.299 1.561	0.349 2.740	0.407 4.993	0.461 8.141	0.511 12.297	0.559 17.565	0.605 24.046	0.649 31.833	0.691 41.018	0.731 51.686
0.00160 1/ 625	0.221 0.435	0.296 1.307	0.310 1.586	0.362 2.841	0.422 5.175	0.477 8.437	0.530 12.742	0.579 18.199	0.627 24.911	0.672 32.975	0.715 42.486	0.757 53.533
0.00170 1/ 588	0.229 0.450	0.306 1.352	0.320 1.610	0.374 2.939	0.436 5.352	0.494 8.724	0.548 13.174	0.599 18.814	0.648 25.750	0.694 34.084	0.739 43.912	0.783 55.326
0.00180 1/ 556	0.237 0.465	0.316 1.396	0.331 1.662	0.386 3.034	0.450 5.525	0.509 9.004	0.565 13.594	0.618 19.412	0.668 26.567	0.716 35.163	0.763 45.299	0.807 57.070
0.00190 1/ 526	0.244 0.479	0.326 1.439	0.341 1.714	0.398 3.126	0.464 5.693	0.525 9.276	0.582 14.004	0.636 19.996	0.688 27.363	0.738 36.214	0.785 46.650	0.831 58.770
0.00200 1/ 500	0.251 0.494	0.335 1.482	0.351 1.764	0.410 3.217	0.477 5.856	0.540 9.542	0.599 14.404	0.655 20.565	0.708 28.140	0.759 37.240	0.808 47.969	0.855 60.427
0.00220 1/ 455	0.265 0.521	0.354 1.563	0.370 1.860	0.432 3.392	0.503 6.173	0.569 10.056	0.631 15.177	0.690 21.665	0.745 29.641	0.799 39.221	0.850 50.516	0.900 63.630
0.00240 1/ 417	0.279 0.547	0.371 1.641	0.388 1.913	0.453 3.560	0.528 6.477	0.597 10.548	0.662 15.917	0.723 22.719	0.782 31.079	0.838 41.120	0.892 52.956	0.944 66.698
0.00260 1/ 385	0.292 0.573	0.388 1.716	0.406 2.042	0.474 3.722	0.552 6.770	0.624 11.022	0.691 16.630	0.755 23.732	0.816 32.463	0.875 42.946	0.931 55.302	0.985 69.648
0.00280 1/ 357	0.304 0.597	0.405 1.788	0.423 2.118	0.494 3.878	0.575 7.052	0.650 11.480	0.720 17.317	0.787 24.710	0.850 33.797	0.911 44.707	0.969 57.565	1.026 72.492
0.00300 1/ 333	0.316 0.621	0.421 1.859	0.440 2.212	0.513 4.029	0.597 7.325	0.675 11.922	0.748 17.982	0.817 25.656	0.882 35.087	0.945 46.409	1.006 59.753	1.064 75.242
0.00320 1/ 313	0.328 0.644	0.436 1.927	0.456 2.292	0.532 4.175	0.618 7.589	0.699 12.351	0.774 18.627	0.846 26.573	0.914 36.337	0.979 48.059	1.042 61.872	1.102 77.906
0.00340 1/ 294	0.339 0.666	0.451 1.993	0.472 2.311	0.550 4.317	0.639 7.846	0.722 12.767	0.800 19.252	0.874 27.463	0.944 37.551	1.012 49.661	1.076 63.930	1.139 80.493
0.00360 1/ 278	0.350 0.688	0.466 2.057	0.487 2.417	0.567 4.456	0.660 8.097	0.745 13.172	0.826 19.861	0.902 28.329	0.974 38.731	1.043 51.218	1.110 65.932	1.174 83.008
0.00380 1/ 263	0.361 0.709	0.480 2.120	0.502 2.512	0.584 4.591	0.680 8.340	0.768 13.567	0.850 20.454	0.929 29.172	1.003 39.881	1.074 52.736	1.143 67.881	1.209 85.457

Coefficient for part-full pipes:

20	30	35	45	50	60	80	90	100	110	120	130
----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----

ks = 0.030 mm. i < 0.004

3

continued

$k_s = 0.030 \text{ mm.}$
 $i = 0.004 \text{ to } 0.1$

Water (or sewage) at 15 °C;
full bore conditions.

ie hydraulic gradient
1 in 250 to 1 in 10

Velocities in m/s
discharges in l/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	50	75	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0.00400 1/ 250	0.372 0.730	0.494 2.181	0.516 2.595	0.601 4.722	0.699 8.578	0.790 13.952	0.874 21.033	0.955 29.995	1.031 41.003	1.104 54.216	1.175 69.782	1.243 87.847
0.00420 1/ 238	0.382 0.750	0.507 2.241	0.530 2.666	0.618 4.851	0.718 8.611	0.811 14.329	0.898 21.598	0.980 30.798	1.059 42.099	1.134 55.661	1.206 71.639	1.276 90.179
0.00440 1/ 227	0.392 0.770	0.521 2.300	0.544 2.736	0.634 4.977	0.736 9.038	0.832 14.697	0.921 22.151	1.005 31.584	1.086 43.170	1.163 57.074	1.237 73.454	1.308 92.460
0.00460 1/ 217	0.402 0.790	0.534 2.357	0.558 2.804	0.649 5.100	0.755 9.260	0.852 15.057	0.943 22.692	1.030 32.353	1.112 44.219	1.191 58.457	1.267 75.230	1.340 94.692
0.00480 1/ 208	0.412 0.809	0.546 2.414	0.571 2.870	0.665 5.221	0.772 9.478	0.872 15.410	0.965 23.222	1.054 33.107	1.138 45.246	1.218 59.812	1.296 76.970	1.371 96.878
0.00500 1/ 200	0.421 0.828	0.559 2.469	0.584 2.936	0.680 5.359	0.790 9.692	0.892 15.756	0.987 23.742	1.077 33.845	1.163 46.253	1.246 61.140	1.325 78.675	1.401 99.020
0.00550 1/ 182	0.445 0.873	0.589 2.602	0.616 3.095	0.716 5.626	0.832 10.210	0.939 16.594	1.039 24.999	1.134 35.633	1.225 48.689	1.311 64.353	1.394 82.802	1.474 104.205
0.00600 1/ 167	0.467 0.916	0.618 2.731	0.646 3.247	0.751 5.901	0.872 10.706	0.984 17.397	1.089 26.204	1.189 37.345	1.283 51.023	1.374 67.431	1.461 86.753	1.544 109.169
0.00650 1/ 154	0.488 0.958	0.646 2.854	0.675 3.393	0.785 6.165	0.911 11.183	1.028 18.168	1.138 27.363	1.241 38.991	1.340 53.265	1.434 70.388	1.525 90.550	1.612 113.938
0.00700 1/ 143	0.509 0.999	0.673 2.973	0.703 3.534	0.817 6.420	0.949 11.643	1.070 18.913	1.184 28.479	1.292 40.578	1.394 55.427	1.492 73.238	1.586 94.210	1.677 118.534
0.00750 1/ 133	0.529 1.038	0.699 3.088	0.730 3.671	0.849 6.667	0.985 12.088	1.111 19.632	1.229 29.559	1.340 42.111	1.447 57.517	1.548 75.992	1.646 97.746	1.740 122.975
0.00800 1/ 125	0.548 1.076	0.724 3.200	0.757 3.803	0.879 6.906	1.020 12.519	1.150 20.329	1.272 30.605	1.388 43.596	1.497 59.540	1.602 78.660	1.703 101.170	1.801 127.276
0.00850 1/ 118	0.567 1.113	0.749 3.308	0.782 3.932	0.909 7.138	1.054 12.938	1.189 21.006	1.315 31.620	1.434 45.038	1.547 61.504	1.655 81.249	1.759 104.493	1.860 131.449
0.00900 1/ 111	0.585 1.149	0.773 3.413	0.807 4.057	0.938 7.364	1.087 13.345	1.226 21.664	1.356 32.607	1.478 46.440	1.595 63.414	1.706 83.766	1.814 107.724	1.917 135.506
0.00950 1/ 105	0.603 1.184	0.796 3.516	0.831 4.179	0.966 7.584	1.120 13.741	1.262 22.305	1.396 33.568	1.522 47.805	1.642 65.273	1.756 86.217	1.867 110.869	1.973 139.455
0.01000 1/ 100	0.620 1.218	0.819 3.616	0.855 4.298	0.993 7.799	1.151 14.128	1.298 22.930	1.435 34.506	1.564 49.136	1.687 67.086	1.805 88.606	1.918 113.938	2.027 143.306
0.01100 1/ 91	0.654 1.284	0.862 3.810	0.901 4.528	1.046 8.214	1.212 14.875	1.366 24.137	1.510 36.316	1.646 51.706	1.775 70.586	1.899 93.218	2.018 119.855	2.132 150.737
0.01200 1/ 83	0.686 1.347	0.904 3.926	0.945 4.748	1.096 8.611	1.270 15.590	1.431 25.293	1.582 38.049	1.724 54.166	1.860 73.935	1.989 97.632	2.113 125.519	2.233 157.849
0.01300 1/ 77	0.717 1.408	0.945 4.174	0.987 4.960	1.145 8.993	1.326 16.278	1.494 26.403	1.651 39.714	1.799 56.529	1.940 77.153	2.075 101.872	2.205 130.959	2.330 164.678
0.01400 1/ 71	0.747 1.467	0.984 4.346	1.027 5.164	1.192 9.361	1.380 16.940	1.555 27.474	1.718 41.318	1.872 58.807	2.018 80.254	2.159 105.957	2.293 136.201	2.423 171.258
0.01500 1/ 67	0.776 1.525	1.022 4.513	1.067 5.361	1.237 9.717	1.433 17.581	1.613 28.508	1.782 42.869	1.942 61.007	2.094 83.249	2.239 109.903	2.378 141.264	2.513 177.613
0.01600 1/ 62	0.804 1.578	1.058 4.674	1.105 5.553	1.281 10.061	1.483 18.201	1.670 29.510	1.845 44.370	2.010 63.138	2.167 86.149	2.317 113.724	2.461 146.165	2.600 183.766
0.01700 1/ 59	0.831 1.632	1.093 4.841	1.142 5.738	1.324 10.396	1.532 18.804	1.725 30.483	1.905 45.827	2.076 65.205	2.237 88.963	2.392 117.430	2.541 150.920	2.684 189.734
0.01800 1/ 56	0.858 1.684	1.128 4.983	1.178 5.919	1.365 10.721	1.580 19.389	1.778 31.428	1.964 47.243	2.140 67.214	2.306 91.698	2.466 121.033	2.619 155.541	2.766 195.534
0.01900 1/ 53	0.883 1.745	1.162 5.131	1.213 6.095	1.405 11.038	1.626 19.959	1.831 32.348	2.021 48.622	2.202 69.171	2.373 94.360	2.537 124.539	2.694 160.039	2.846 201.179
Coefficient for part-full pipes:												
	35	50	60	70	90	110	130	150	150	200	200	200

$k_s = 0.030 \text{ mm.}$ $i < 0.1$

$k_s = 0.030 \text{ mm.}$
 $i = 0.004 \text{ to } 0.1$

Water (or sewage) at 15 °C;
 full bore conditions.

3

continued

ie hydraulic gradient =
 1 in 250 to 1 in 10

Velocities in m/s
 discharges in l/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	
0.02000 1/ 50	0.909 1.784	1.194 5.276	1.247 6.267	1.445 11.347	1.672 20.515	1.881 33.245	2.077 49.966	2.262 71.077	2.438 96.955	2.607 127.957	2.768 164.423	2.924 206.681
0.02200 1/ 45	0.957 1.880	1.258 5.556	1.313 6.598	1.521 11.944	1.759 21.588	1.979 34.977	2.185 52.560	2.380 74.757	2.564 101.963	2.741 134.552	2.911 172.882	3.074 217.296
0.02400 1/ 42	1.004 1.971	1.318 5.823	1.376 6.915	1.594 12.515	1.843 22.615	2.073 36.635	2.288 55.043	2.492 78.278	2.685 106.754	2.870 140.861	3.047 180.974	3.218 227.450
0.02600 1/ 38	1.049 2.059	1.376 6.081	1.436 7.220	1.663 13.064	1.923 23.602	2.163 38.227	2.388 57.427	2.599 81.659	2.801 111.354	2.993 146.919	3.178 188.743	3.356 237.198
0.02800 1/ 36	1.092 2.144	1.432 6.329	1.495 7.514	1.731 13.593	2.001 24.553	2.250 39.760	2.483 59.724	2.703 84.916	2.912 115.785	3.112 152.753	3.304 196.225	3.488 246.586
0.03000 1/ 33	1.134 2.226	1.487 6.568	1.551 7.798	1.796 14.105	2.076 25.472	2.334 41.242	2.575 61.942	2.803 88.062	3.020 120.064	3.227 158.387	3.425 203.449	3.617 255.651
0.03200 1/ 31	1.174 2.306	1.539 6.800	1.606 8.074	1.859 14.600	2.148 26.361	2.415 42.676	2.665 64.089	2.900 91.107	3.124 124.207	3.338 163.841	3.543 210.442	3.741 264.424
0.03400 1/ 29	1.214 2.383	1.590 7.026	1.659 8.341	1.920 15.080	2.218 27.224	2.494 44.068	2.751 66.173	2.994 94.061	3.225 128.224	3.445 169.130	3.657 217.224	3.861 272.933
0.03600 1/ 28	1.252 2.458	1.640 7.245	1.711 8.600	1.979 15.547	2.287 28.063	2.570 45.420	2.835 68.197	3.085 96.931	3.323 132.128	3.550 174.269	3.768 223.813	3.978 281.199
0.03800 1/ 26	1.289 2.531	1.688 7.458	1.761 8.853	2.037 16.001	2.353 28.879	2.645 46.737	2.917 70.167	3.174 99.724	3.419 135.926	3.652 179.270	3.876 230.224	4.092 289.242
0.04000 1/ 25	1.326 2.603	1.735 7.666	1.810 9.100	2.094 16.445	2.418 29.675	2.717 48.020	2.997 72.088	3.261 102.446	3.512 139.629	3.751 184.143	3.981 236.472	4.203 297.080
0.04200 1/ 24	1.361 2.672	1.781 7.869	1.858 9.340	2.149 16.877	2.481 30.452	2.788 49.272	3.075 73.962	3.346 105.102	3.603 143.241	3.848 188.898	4.084 242.569	4.311 304.728
0.04400 1/ 23	1.396 2.740	1.826 8.067	1.905 9.525	2.203 17.300	2.543 31.211	2.857 50.496	3.151 75.793	3.428 107.697	3.691 146.771	3.943 193.544	4.184 248.525	4.417 312.199
0.04600 1/ 22	1.430 2.807	1.870 8.262	1.951 9.806	2.255 17.714	2.604 31.953	2.925 51.692	3.226 77.583	3.509 110.235	3.778 150.222	4.035 198.087	4.282 254.349	4.520 319.504
0.04800 1/ 21	1.463 2.872	1.913 8.452	1.996 10.031	2.307 18.118	2.663 32.680	2.991 52.864	3.298 79.336	3.588 112.720	3.863 153.601	4.126 202.534	4.378 260.049	4.621 326.655
0.05000 1/ 20	1.495 2.936	1.955 8.638	2.040 10.252	2.357 18.515	2.721 33.393	3.056 54.012	3.370 81.054	3.665 115.154	3.946 156.911	4.215 206.891	4.472 265.634	4.720 333.660
0.05500 1/ 18	1.574 3.091	2.057 9.089	2.146 10.786	2.480 19.475	2.861 35.115	3.214 56.787	3.542 85.207	3.853 121.039	4.148 164.913	4.429 217.422	4.700 279.134	4.960 350.593
0.06000 1/ 17	1.650 3.239	2.155 9.520	2.247 11.297	2.597 20.393	2.996 36.763	3.364 59.442	3.708 89.178	4.032 126.667	4.340 172.564	4.634 227.491	4.917 292.041	5.189 366.782
0.06500 1/ 15	1.722 3.382	2.249 9.934	2.345 11.788	2.709 21.275	3.125 38.345	3.508 61.990	3.866 92.990	4.204 132.069	4.525 179.908	4.831 237.156	5.125 304.428	5.409 382.318
0.07000 1/ 14	1.792 3.519	2.339 10.334	2.439 12.261	2.817 22.124	3.249 39.868	3.647 64.445	4.019 96.661	4.369 137.270	4.703 186.979	5.021 246.460	5.326 316.354	5.620 397.274
0.07500 1/ 13	1.860 3.652	2.426 10.719	2.530 12.717	2.921 22.944	3.369 41.339	3.781 66.814	4.166 100.205	4.529 142.291	4.874 193.805	5.204 255.442	5.520 327.866	5.825 411.711
0.08000 1/ 13	1.925 3.780	2.511 11.092	2.618 13.160	3.022 23.738	3.485 42.763	3.911 69.108	4.309 103.635	4.684 147.150	5.040 200.410	5.381 264.133	5.708 339.005	6.022 425.680
0.08500 1/ 12	1.989 3.905	2.593 11.454	2.703 13.588	3.120 24.508	3.597 44.144	4.037 71.332	4.447 106.961	4.834 151.862	5.201 206.815	5.553 272.560	5.889 349.804	6.214 439.224
0.09000 1/ 11	2.050 4.026	2.672 11.806	2.786 14.005	3.216 25.256	3.707 45.486	4.159 73.492	4.581 110.192	4.980 156.439	5.358 213.036	5.719 280.746	6.066 360.294	6.400 452.329
0.09500 1/ 11	2.110 4.144	2.750 12.149	2.867 14.411	3.308 25.984	3.813 46.791	4.278 75.595	4.712 113.336	5.121 160.892	5.510 219.089	5.882 288.709	6.238 370.500	6.581 465.124
0.10000 1/ 10	2.169 4.259	2.825 12.483	2.946 14.806	3.399 26.694	3.917 48.064	4.394 77.643	4.839 116.399	5.259 165.251	5.659 224.286	6.040 296.468	6.405 380.443	6.757 477.645
Coefficient for part-full pipes:												
	60	90	100	120	150	200	200	250	300	300	350	350

$k_s = 0.030 \text{ mm.}$ $i = 0.1$

4

$k_s = 0.060 \text{ mm.}$
 $i = 0.00015 \text{ to } 0.004$

Water (or sewage) at 15 °C;
full bore conditions.

ie hydraulic gradient =
1 in 6667 to 1 in 250

Velocities in m/s
discharges in l/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	50	75	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0.00015 1/ 6667	0.056 0.109	0.076 0.335	0.080 0.400	0.094 0.738	0.110 1.355	0.126 2.223	0.140 3.373	0.154 4.837	0.167 6.644	0.180 8.821	0.192 11.395	0.204 14.391
0.00016 1/ 6250	0.058 0.114	0.079 0.348	0.083 0.416	0.097 0.765	0.115 1.406	0.130 2.305	0.145 3.498	0.160 5.015	0.173 6.888	0.186 9.144	0.199 11.811	0.211 14.915
0.00017 1/ 5882	0.060 0.118	0.082 0.361	0.086 0.430	0.101 0.792	0.119 1.455	0.135 2.385	0.150 3.619	0.165 5.188	0.179 7.125	0.193 9.458	0.206 12.215	0.218 15.424
0.00018 1/ 5556	0.062 0.122	0.084 0.373	0.088 0.445	0.104 0.819	0.122 1.503	0.139 2.463	0.155 3.737	0.171 5.357	0.185 7.355	0.199 9.763	0.212 12.608	0.225 15.920
0.00019 1/ 5263	0.064 0.126	0.087 0.384	0.091 0.459	0.108 0.844	0.126 1.549	0.144 2.540	0.160 3.852	0.176 5.521	0.191 7.580	0.205 10.060	0.219 12.992	0.232 16.403
0.00020 1/ 5000	0.066 0.130	0.090 0.396	0.094 0.473	0.111 0.869	0.130 1.595	0.148 2.614	0.165 3.964	0.181 5.682	0.196 7.800	0.211 10.351	0.225 13.366	0.239 16.874
0.00022 1/ 4545	0.070 0.137	0.095 0.418	0.099 0.499	0.117 0.918	0.137 1.683	0.156 2.758	0.174 4.181	0.191 5.992	0.207 8.224	0.222 10.913	0.237 14.089	0.252 17.785
0.00024 1/ 4167	0.073 0.144	0.100 0.440	0.104 0.525	0.123 0.964	0.144 1.768	0.164 2.896	0.183 4.390	0.200 6.289	0.217 8.631	0.233 11.451	0.249 14.783	0.264 18.659
0.00026 1/ 3846	0.077 0.151	0.104 0.460	0.109 0.549	0.129 1.009	0.151 1.850	0.171 3.029	0.191 4.591	0.209 6.576	0.227 9.023	0.244 11.970	0.260 15.451	0.276 19.500
0.00028 1/ 3571	0.080 0.158	0.109 0.480	0.114 0.573	0.134 1.053	0.157 1.929	0.179 3.157	0.199 4.784	0.218 6.852	0.236 9.401	0.254 12.470	0.271 16.095	0.287 20.312
0.00030 1/ 3333	0.084 0.164	0.113 0.500	0.119 0.596	0.139 1.095	0.163 2.005	0.186 3.282	0.207 4.972	0.227 7.120	0.246 9.767	0.264 12.954	0.281 16.719	0.298 21.097
0.00032 1/ 3125	0.087 0.170	0.117 0.519	0.123 0.618	0.145 1.135	0.169 2.079	0.193 3.402	0.214 5.154	0.235 7.379	0.255 10.122	0.273 13.424	0.292 17.323	0.309 21.858
0.00034 1/ 2941	0.090 0.177	0.122 0.537	0.127 0.640	0.150 1.175	0.175 2.151	0.199 3.519	0.222 5.331	0.243 7.632	0.263 10.467	0.283 13.880	0.302 17.910	0.320 22.597
0.00036 1/ 2778	0.093 0.182	0.126 0.555	0.132 0.661	0.155 1.214	0.181 2.221	0.206 3.634	0.229 5.503	0.251 7.877	0.272 10.803	0.292 14.324	0.311 18.482	0.330 23.516
0.00038 1/ 2632	0.096 0.188	0.129 0.572	0.136 0.682	0.159 1.251	0.187 2.290	0.212 3.745	0.236 5.670	0.258 8.116	0.280 11.130	0.301 14.756	0.321 19.038	0.340 24.017
0.00040 1/ 2500	0.099 0.194	0.133 0.589	0.140 0.702	0.164 1.288	0.192 2.356	0.218 3.853	0.243 5.834	0.266 8.350	0.288 11.449	0.309 15.179	0.330 19.582	0.349 24.701
0.00042 1/ 2381	0.102 0.199	0.137 0.606	0.144 0.722	0.169 1.324	0.197 2.422	0.224 3.960	0.249 5.994	0.273 8.578	0.296 11.761	0.318 15.591	0.339 20.113	0.359 25.370
0.00044 1/ 2273	0.104 0.205	0.141 0.622	0.147 0.741	0.173 1.359	0.203 2.485	0.230 4.063	0.256 6.151	0.280 8.801	0.303 12.067	0.326 15.994	0.347 20.632	0.368 26.023
0.00046 1/ 2174	0.107 0.210	0.144 0.638	0.151 0.760	0.177 1.393	0.208 2.548	0.236 4.165	0.262 6.304	0.287 9.020	0.311 12.365	0.334 16.390	0.356 21.140	0.377 26.663
0.00048 1/ 2083	0.110 0.215	0.148 0.653	0.155 0.779	0.182 1.427	0.213 2.609	0.241 4.265	0.268 6.454	0.294 9.234	0.318 12.658	0.342 16.777	0.364 21.638	0.386 27.290
0.00050 1/ 2000	0.112 0.221	0.151 0.669	0.159 0.797	0.186 1.460	0.218 2.670	0.247 4.363	0.274 6.602	0.301 9.445	0.326 12.945	0.350 17.156	0.373 22.127	0.395 27.905
0.00055 1/ 1818	0.119 0.233	0.160 0.706	0.167 0.841	0.196 1.541	0.229 2.815	0.260 4.600	0.289 6.959	0.317 9.954	0.343 13.641	0.368 18.076	0.392 23.310	0.416 29.394
0.00060 1/ 1667	0.125 0.245	0.168 0.741	0.176 0.884	0.206 1.618	0.241 2.955	0.273 4.827	0.304 7.301	0.332 10.442	0.360 14.308	0.386 18.957	0.412 24.443	0.436 30.820
0.00065 1/ 1538	0.131 0.256	0.176 0.776	0.184 0.924	0.215 1.692	0.252 3.090	0.286 5.046	0.317 7.631	0.347 10.911	0.376 14.949	0.403 19.804	0.430 25.533	0.455 32.192
0.00070 1/ 1429	0.136 0.268	0.183 0.809	0.192 0.964	0.225 1.764	0.262 3.220	0.297 5.257	0.330 7.949	0.362 11.364	0.392 15.568	0.420 20.622	0.448 26.585	0.474 33.514
Coefficient for part-full pipes:												
	12	18	20	25	30	40	45	50	60	60	70	80

$k_s = 0.060 \text{ mm.}$ $i < 0.004$

$k_s = 0.060 \text{ mm}$
 $i = 0.00015 \text{ to } 0.004$

Water (or sewage) at 15 °C;
 full bore conditions.

4

continued

ie hydraulic gradient =
 1 in 6667 to 1 in 250

Velocities in m/s
 discharges in l/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	50	75	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0.00075 1/ 1333	0.142 0.278	0.190 0.841	0.199 1.002	0.233 1.833	0.273 3.345	0.309 5.461	0.343 8.256	0.376 11.802	0.407 16.166	0.436 21.412	0.465 27.602	0.492 34.793
0.00080 1/ 1250	0.147 0.289	0.197 0.872	0.207 1.039	0.242 1.900	0.283 3.467	0.320 5.659	0.356 8.554	0.389 12.227	0.421 16.746	0.452 22.178	0.481 28.587	0.510 36.033
0.00085 1/ 1176	0.152 0.299	0.204 0.902	0.214 1.075	0.250 1.966	0.292 3.586	0.331 5.851	0.368 8.844	0.402 12.639	0.435 17.309	0.467 22.922	0.497 29.543	0.527 37.236
0.00090 1/ 1111	0.157 0.309	0.211 0.932	0.221 1.110	0.258 2.029	0.302 3.701	0.342 6.039	0.379 9.126	0.415 13.040	0.449 17.857	0.482 23.646	0.513 30.474	0.543 38.406
0.00095 1/ 1053	0.162 0.319	0.217 0.961	0.228 1.144	0.266 2.091	0.311 3.814	0.352 6.221	0.391 9.400	0.428 13.431	0.463 18.391	0.496 24.350	0.528 31.380	0.559 39.546
0.00100 1/ 1000	0.167 0.328	0.224 0.989	0.234 1.178	0.274 2.152	0.320 3.923	0.362 6.399	0.402 9.668	0.440 13.813	0.476 18.911	0.510 25.038	0.543 32.264	0.575 40.658
0.00110 1/ 909	0.176 0.346	0.236 1.043	0.247 1.242	0.289 2.269	0.337 4.135	0.382 6.743	0.423 10.185	0.463 14.549	0.501 19.917	0.537 26.366	0.572 33.972	0.606 42.896
0.00120 1/ 833	0.185 0.364	0.248 1.095	0.259 1.304	0.303 2.381	0.354 4.338	0.400 7.073	0.444 10.681	0.486 15.255	0.525 20.881	0.563 27.639	0.599 35.607	0.635 44.862
0.00130 1/ 769	0.194 0.381	0.259 1.145	0.271 1.363	0.317 2.489	0.369 4.534	0.418 7.390	0.464 11.158	0.507 15.934	0.548 21.807	0.588 28.861	0.626 37.179	0.663 46.839
0.00140 1/ 714	0.202 0.397	0.270 1.193	0.283 1.421	0.330 2.593	0.385 4.722	0.435 7.696	0.483 11.618	0.528 16.589	0.571 22.700	0.612 30.041	0.651 38.695	0.690 48.744
0.00150 1/ 667	0.210 0.413	0.281 1.240	0.294 1.477	0.343 2.694	0.400 4.905	0.452 7.991	0.502 12.063	0.548 17.222	0.593 23.563	0.635 31.180	0.676 40.160	0.716 50.585
0.00160 1/ 625	0.218 0.428	0.291 1.286	0.304 1.530	0.355 2.792	0.414 5.082	0.468 8.278	0.519 12.494	0.568 17.835	0.614 24.400	0.658 32.284	0.700 41.579	0.741 52.369
0.00170 1/ 588	0.226 0.443	0.301 1.330	0.315 1.583	0.368 2.887	0.428 5.253	0.484 8.556	0.537 12.912	0.587 18.430	0.634 25.217	0.680 33.356	0.723 42.956	0.765 54.100
0.00180 1/ 556	0.233 0.458	0.311 1.373	0.325 1.634	0.379 2.979	0.442 5.421	0.500 8.827	0.554 13.319	0.605 19.009	0.654 26.002	0.701 34.398	0.746 44.295	0.789 55.786
0.00190 1/ 526	0.240 0.472	0.320 1.415	0.335 1.684	0.391 3.069	0.455 5.583	0.514 9.091	0.570 13.716	0.623 19.573	0.673 26.771	0.721 35.413	0.768 45.599	0.812 57.422
0.00200 1/ 500	0.247 0.486	0.329 1.455	0.345 1.732	0.402 3.157	0.468 5.742	0.529 9.348	0.586 14.102	0.641 20.123	0.692 27.521	0.742 36.403	0.789 46.870	0.835 59.021
0.00220 1/ 455	0.261 0.512	0.347 1.534	0.363 1.826	0.424 3.327	0.493 6.049	0.557 9.845	0.617 14.849	0.674 21.185	0.729 28.969	0.781 38.314	0.830 49.325	0.879 62.106
0.00240 1/ 417	0.274 0.538	0.364 1.610	0.381 1.916	0.444 3.489	0.517 6.343	0.584 10.321	0.647 15.564	0.707 22.202	0.763 30.356	0.818 40.143	0.870 51.675	0.920 65.058
0.00260 1/ 385	0.286 0.563	0.381 1.683	0.398 2.002	0.464 3.646	0.540 6.625	0.610 10.779	0.676 16.252	0.738 23.179	0.797 31.688	0.854 41.901	0.908 53.933	0.961 67.895
0.00280 1/ 357	0.299 0.586	0.397 1.753	0.415 2.086	0.483 3.797	0.562 6.898	0.635 11.220	0.703 16.914	0.768 24.121	0.829 32.977	0.888 43.594	0.945 56.108	0.999 70.629
0.00300 1/ 333	0.310 0.609	0.412 1.821	0.431 2.166	0.502 3.943	0.584 7.161	0.659 11.647	0.730 17.555	0.797 25.031	0.860 34.213	0.921 45.231	0.980 58.210	1.037 73.269
0.00320 1/ 313	0.322 0.632	0.427 1.887	0.447 2.245	0.520 4.084	0.604 7.417	0.682 12.060	0.756 18.175	0.825 25.913	0.891 35.415	0.954 46.816	1.014 60.245	1.073 75.826
0.00340 1/ 294	0.333 0.653	0.442 1.951	0.462 2.320	0.537 4.221	0.625 7.664	0.705 12.461	0.781 18.777	0.852 26.768	0.920 36.583	0.985 48.354	1.048 62.220	1.108 78.307
0.00360 1/ 278	0.344 0.675	0.456 2.013	0.476 2.394	0.554 4.355	0.644 7.905	0.727 12.851	0.805 19.362	0.879 27.600	0.949 37.714	1.016 49.848	1.080 64.139	1.142 80.718
0.00380 1/ 263	0.354 0.695	0.469 2.076	0.491 2.466	0.571 4.485	0.663 8.140	0.749 13.230	0.829 19.932	0.904 28.410	0.976 38.818	1.045 51.304	1.111 66.008	1.175 83.066
Coefficient for part-full pipes:												
	20	30	35	45	50	60	70	90	100	110	120	130

$k_s = 0.060 \text{ mm}$, $i < 0.004$

4

continued

$k_s = 0.060 \text{ mm.}$
 $i = 0.004 \text{ to } 0.1$

Water (or sewage) at $15^\circ\text{C};$
 full bore conditions.

ie hydraulic gradient =
 1 in 250 to 1 in 10

Velocities in m/s
 discharges in l/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	50	75	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0.00400 1/ 250	0.364 0.715	0.483 2.133	0.505 2.537	0.587 4.612	0.682 8.369	0.770 13.601	0.852 20.488	0.929 29.199	1.003 39.894	1.074 52.722	1.142 67.829	1.207 85.353
0.00420 1/ 238	0.374 0.735	0.496 2.191	0.518 2.605	0.603 4.736	0.700 8.592	0.790 13.962	0.874 21.031	0.954 29.970	1.030 40.944	1.102 54.107	1.172 69.607	1.239 87.586
0.00440 1/ 227	0.384 0.754	0.509 2.247	0.532 2.672	0.618 4.857	0.718 8.811	0.810 14.316	0.896 21.561	0.978 30.723	1.056 41.970	1.130 55.460	1.201 71.344	1.270 89.768
0.00460 1/ 217	0.394 0.773	0.521 2.303	0.545 2.738	0.633 4.975	0.735 9.025	0.830 14.661	0.918 22.080	1.001 31.460	1.081 42.974	1.157 56.784	1.230 73.044	1.300 91.902
0.00480 1/ 208	0.403 0.791	0.533 2.357	0.557 2.802	0.648 5.091	0.752 9.234	0.849 15.000	0.939 22.588	1.024 32.182	1.106 43.958	1.183 58.080	1.258 74.708	1.330 93.992
0.00500 1/ 200	0.412 0.809	0.545 2.410	0.570 2.865	0.663 5.205	0.769 9.439	0.868 15.332	0.960 23.086	1.047 32.889	1.130 44.921	1.209 59.350	1.285 76.338	1.359 96.040
0.00550 1/ 182	0.434 0.853	0.575 2.539	0.600 3.018	0.698 5.481	0.810 9.936	0.913 16.135	1.010 24.290	1.101 34.600	1.188 47.251	1.272 62.422	1.352 80.281	1.429 100.991
0.00600 1/ 167	0.456 0.895	0.602 2.662	0.629 3.164	0.731 5.745	0.848 10.411	0.957 16.904	1.058 25.443	1.153 36.237	1.244 49.481	1.332 65.361	1.415 84.053	1.496 105.728
0.00650 1/ 154	0.476 0.935	0.629 2.780	0.657 3.305	0.764 5.998	0.886 10.868	0.998 17.642	1.104 26.550	1.203 37.809	1.298 51.622	1.389 68.182	1.476 87.675	1.560 110.275
0.00700 1/ 143	0.496 0.974	0.655 2.894	0.684 3.440	0.795 6.243	0.921 11.308	1.039 18.353	1.148 27.617	1.252 39.323	1.350 53.685	1.444 70.900	1.535 91.163	1.622 114.655
0.00750 1/ 133	0.515 1.012	0.680 3.005	0.710 3.571	0.825 6.479	0.956 11.734	1.077 19.040	1.191 28.647	1.298 40.786	1.400 55.676	1.498 73.525	1.592 94.531	1.682 118.884
0.00800 1/ 125	0.534 1.048	0.704 3.112	0.736 3.698	0.854 6.707	0.990 12.146	1.115 19.706	1.232 29.645	1.343 42.202	1.449 57.605	1.550 76.066	1.646 97.792	1.740 122.977
0.00850 1/ 118	0.552 1.084	0.728 3.215	0.760 3.821	0.882 6.929	1.022 12.545	1.152 20.351	1.273 30.612	1.387 43.576	1.496 59.475	1.600 78.531	1.700 100.954	1.796 126.947
0.00900 1/ 111	0.569 1.118	0.751 3.316	0.784 3.940	0.910 7.145	1.054 12.934	1.187 20.979	1.312 31.553	1.430 44.911	1.542 61.292	1.649 80.925	1.751 104.026	1.851 130.804
0.00950 1/ 105	0.586 1.152	0.773 3.415	0.807 4.057	0.936 7.355	1.085 13.312	1.222 21.589	1.350 32.468	1.471 46.210	1.586 63.061	1.696 83.255	1.802 107.016	1.904 134.558
0.01000 1/ 100	0.603 1.184	0.795 3.510	0.830 4.171	0.963 7.560	1.115 13.681	1.255 22.185	1.387 33.360	1.511 47.476	1.629 64.785	1.742 85.526	1.851 109.930	1.955 138.215
0.01100 1/ 91	0.635 1.247	0.836 3.695	0.873 4.390	1.013 7.955	1.173 14.392	1.320 23.333	1.459 35.082	1.589 49.919	1.713 68.110	1.832 89.907	1.945 115.551	2.055 145.271
0.01200 1/ 83	0.666 1.308	0.877 3.872	0.915 4.600	1.061 8.334	1.228 15.073	1.383 24.432	1.527 36.729	1.663 52.256	1.793 71.291	1.917 94.097	2.036 120.925	2.151 152.017
0.01300 1/ 77	0.696 1.366	0.915 4.043	0.955 4.802	1.107 8.697	1.282 15.726	1.442 25.488	1.593 38.310	1.735 54.499	1.870 74.344	1.999 98.119	2.123 126.084	2.242 158.492
0.01400 1/ 71	0.724 1.422	0.952 4.207	0.994 4.996	1.152 9.047	1.333 16.356	1.500 26.504	1.656 39.832	1.804 56.659	1.944 77.284	2.078 101.991	2.206 131.052	2.330 164.727
0.01500 1/ 67	0.752 1.474	0.988 4.465	1.031 5.184	1.195 9.385	1.382 16.964	1.555 27.486	1.717 41.303	1.870 58.745	2.015 80.122	2.154 105.729	2.287 135.847	2.416 170.746
0.01600 1/ 62	0.779 1.529	1.023 4.518	1.068 5.366	1.237 9.713	1.430 17.553	1.609 28.436	1.776 42.726	1.934 60.763	2.084 82.869	2.228 109.347	2.365 140.488	2.498 176.569
0.01700 1/ 59	0.805 1.580	1.056 4.667	1.103 5.542	1.277 10.030	1.477 18.124	1.661 29.357	1.834 44.106	1.996 62.721	2.151 85.533	2.299 112.856	2.441 144.988	2.578 182.217
0.01800 1/ 56	0.830 1.629	1.089 4.812	1.137 5.714	1.316 10.339	1.522 18.679	1.712 30.252	1.889 45.447	2.057 64.623	2.216 88.121	2.369 116.263	2.515 149.359	2.655 187.702
0.01900 1/ 53	0.854 1.677	1.121 4.953	1.170 5.881	1.355 10.640	1.566 19.219	1.761 31.124	1.944 46.751	2.116 66.473	2.280 90.639	2.436 119.579	2.586 153.612	2.731 193.039
Coefficient for part-full pipes:												
	35	50	60	70	90	110	130	140	150	200	200	200

$k_s = 0.060 \text{ mm.}$ $i < 0.1$

5

$k_s = 0.150 \text{ mm.}$
 $i = 0.00015 \text{ to } 0.004$

Water (or sewage) at 15 °C;
full bore conditions.

ie hydraulic gradient =
1 in 6667 to 1 in 250

Velocities in m/s
discharges in l/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	50	75	80	100	125	150	175	200	225	250	275	300
0.00015 1/ 6667	0.055 0.108	0.075 0.329	0.078 0.393	0.092 0.723	0.108 1.327	0.123 2.175	0.137 3.298	0.150 4.727	0.163 6.489	0.175 8.611	0.187 11.118	0.199 14.034
0.00016 1/ 6250	0.057 0.112	0.077 0.342	0.081 0.408	0.095 0.750	0.112 1.376	0.128 2.254	0.142 3.418	0.156 4.899	0.169 6.723	0.182 8.921	0.194 11.517	0.206 14.537
0.00017 1/ 5882	0.059 0.116	0.080 0.354	0.084 0.422	0.099 0.776	0.116 1.423	0.132 2.332	0.147 3.535	0.161 5.065	0.175 6.951	0.188 9.222	0.200 11.905	0.213 15.025
0.00018 1/ 5556	0.061 0.120	0.083 0.365	0.087 0.436	0.102 0.801	0.120 1.469	0.136 2.407	0.152 3.649	0.166 5.227	0.180 7.173	0.194 9.515	0.207 12.282	0.219 15.500
0.00019 1/ 5263	0.063 0.123	0.085 0.377	0.089 0.449	0.105 0.826	0.123 1.515	0.140 2.480	0.156 3.759	0.171 5.385	0.186 7.388	0.200 9.800	0.213 12.649	0.226 15.963
0.00020 1/ 5000	0.065 0.127	0.088 0.388	0.092 0.463	0.108 0.850	0.127 1.558	0.144 2.552	0.161 3.867	0.176 5.539	0.191 7.599	0.205 10.079	0.219 13.007	0.232 16.414
0.00022 1/ 4545	0.068 0.134	0.093 0.409	0.097 0.488	0.114 0.897	0.134 1.643	0.152 2.690	0.169 4.076	0.186 5.836	0.201 8.006	0.216 10.617	0.231 13.700	0.245 17.285
0.00024 1/ 4167	0.072 0.141	0.097 0.430	0.102 0.513	0.120 0.942	0.141 1.725	0.160 2.823	0.178 4.276	0.195 6.121	0.211 8.395	0.227 11.132	0.242 14.363	0.256 18.120
0.00026 1/ 3846	0.075 0.148	0.102 0.450	0.107 0.537	0.125 0.985	0.147 1.803	0.167 2.950	0.186 4.468	0.204 6.395	0.221 8.770	0.237 11.627	0.253 15.000	0.268 18.922
0.00028 1/ 3571	0.079 0.154	0.106 0.469	0.111 0.560	0.131 1.027	0.153 1.879	0.174 3.073	0.193 4.653	0.212 6.660	0.230 9.131	0.247 12.105	0.263 15.615	0.279 19.695
0.00030 1/ 3333	0.082 0.160	0.110 0.488	0.116 0.582	0.136 1.067	0.159 1.952	0.181 3.192	0.201 4.833	0.220 6.915	0.238 9.481	0.256 12.566	0.273 16.209	0.289 20.443
0.00032 1/ 3125	0.085 0.167	0.115 0.506	0.120 0.603	0.141 1.106	0.165 2.023	0.187 3.308	0.208 5.006	0.228 7.163	0.247 9.819	0.265 13.013	0.283 16.784	0.299 21.167
0.00034 1/ 2941	0.088 0.172	0.118 0.523	0.124 0.624	0.146 1.144	0.170 2.092	0.194 3.420	0.215 5.175	0.236 7.404	0.255 10.147	0.274 13.447	0.292 17.342	0.309 21.869
0.00036 1/ 2778	0.091 0.178	0.122 0.541	0.128 0.644	0.150 1.181	0.176 2.159	0.200 3.529	0.222 4.833	0.243 7.637	0.263 10.467	0.283 13.870	0.301 17.885	0.319 22.553
0.00038 1/ 2632	0.094 0.184	0.126 0.557	0.132 0.664	0.155 1.217	0.181 2.225	0.206 3.635	0.229 5.499	0.250 7.865	0.271 10.778	0.291 14.281	0.310 18.414	0.328 23.218
0.00040 1/ 2500	0.096 0.189	0.130 0.573	0.136 0.684	0.159 1.252	0.186 2.288	0.212 3.738	0.235 5.655	0.257 8.087	0.279 11.081	0.299 14.682	0.319 18.930	0.338 23.866
0.00042 1/ 2381	0.099 0.195	0.133 0.589	0.140 0.702	0.164 1.287	0.192 2.351	0.217 3.840	0.241 5.807	0.264 8.304	0.286 11.378	0.307 15.073	0.327 19.433	0.347 24.500
0.00044 1/ 2273	0.102 0.200	0.137 0.605	0.143 0.721	0.168 1.320	0.197 2.411	0.223 3.938	0.248 5.956	0.271 8.516	0.293 11.667	0.315 15.456	0.335 19.925	0.355 25.119
0.00046 1/ 2174	0.104 0.205	0.140 0.620	0.147 0.739	0.172 1.353	0.201 2.471	0.228 4.035	0.254 6.102	0.278 8.724	0.301 11.951	0.322 15.850	0.344 20.407	0.364 25.724
0.00048 1/ 2083	0.107 0.210	0.144 0.635	0.151 0.757	0.176 1.385	0.206 2.529	0.234 4.130	0.260 6.245	0.284 8.927	0.308 12.228	0.330 16.197	0.352 20.878	0.372 26.317
0.00050 1/ 2000	0.109 0.215	0.147 0.650	0.154 0.774	0.180 1.417	0.211 2.587	0.239 4.223	0.265 6.385	0.291 9.127	0.314 12.501	0.337 16.556	0.359 21.340	0.381 26.899
0.00055 1/ 1818	0.115 0.227	0.155 0.685	0.162 0.816	0.190 1.493	0.222 2.725	0.252 4.448	0.280 6.723	0.306 9.609	0.331 13.159	0.355 17.426	0.378 22.458	0.400 28.305
0.00060 1/ 1667	0.121 0.238	0.163 0.719	0.170 0.857	0.199 1.567	0.233 2.858	0.264 4.664	0.293 7.048	0.321 10.070	0.347 13.789	0.372 18.258	0.396 23.528	0.419 29.650
0.00065 1/ 1538	0.127 0.249	0.170 0.752	0.178 0.895	0.208 1.637	0.243 2.986	0.276 4.871	0.306 7.359	0.335 10.514	0.362 14.395	0.388 19.057	0.413 24.556	0.438 30.943
0.00070 1/ 1429	0.132 0.260	0.177 0.783	0.186 0.933	0.217 1.705	0.253 3.109	0.287 5.070	0.318 7.660	0.348 10.942	0.377 14.978	0.404 19.828	0.430 25.547	0.455 32.188
Coefficient for part-full pipes:												
	12	18	20	25	30	35	45	50	60	60	70	70

$k_s = 0.150 \text{ mm.}$ $i < 0.004$



$k_s = 15.000 \text{ mm.}$
 $i = 0.003 \text{ to } 0.075$

Water (or sewage) at 15°C ;
 full bore conditions.

33
 continued

ie hydraulic gradient =
 1 in 333 to 1 in 13

Velocities in m/s
 discharges in m^3/s

Gradient	Pipe diameters in mm:											
	900	975	1000	1050	1100	1200	1350	1500	1650	1800	1950	2100
0.01500 1/ 67	2.415 1.536	2.550 1.904	2.595 2.038	2.682 2.323	2.769 2.631	2.937 3.321	3.179 4.551	3.412 6.030	3.536 7.775	3.853 9.805	4.063 12.134	4.267 14.780
0.01600 1/ 62	2.494 1.586	2.634 1.967	2.680 2.105	2.770 2.399	2.859 2.717	3.033 3.430	3.284 4.700	3.524 6.227	3.756 8.030	3.979 10.127	4.196 12.532	4.407 15.764
0.01700 1/ 59	2.570 1.635	2.715 2.027	2.762 2.170	2.856 2.473	2.947 2.801	3.126 3.536	3.385 4.845	3.632 6.419	3.871 8.278	4.102 10.438	4.326 12.918	4.543 15.734
0.01800 1/ 56	2.645 1.683	2.794 2.086	2.843 2.233	2.939 2.544	3.033 2.882	3.217 3.638	3.483 4.985	3.738 6.605	3.983 8.518	4.221 10.741	4.451 13.293	4.674 16.190
0.01900 1/ 53	2.718 1.729	2.870 2.143	2.920 2.294	3.019 2.614	3.116 2.961	3.305 3.738	3.578 5.122	3.840 6.786	4.093 8.751	4.337 11.035	4.573 13.657	4.803 16.634
0.02000 1/ 50	2.788 1.774	2.945 2.199	2.996 2.353	3.098 2.682	3.197 3.038	3.391 3.835	3.671 5.255	3.940 6.963	4.199 8.979	4.449 11.322	4.692 14.012	4.927 17.066
0.02200 1/ 45	2.924 1.860	3.089 2.306	3.143 2.468	3.249 2.813	3.353 3.187	3.557 4.022	3.850 5.511	4.132 7.303	4.404 9.417	4.666 11.875	4.921 14.696	5.168 17.899
0.02400 1/ 42	3.054 1.943	3.226 2.409	3.282 2.578	3.393 2.938	3.502 3.328	3.715 4.201	4.022 5.757	4.316 7.627	4.600 9.836	4.874 12.403	5.140 15.349	5.398 18.695
0.02600 1/ 38	3.179 2.022	3.358 2.507	3.416 2.683	3.532 3.058	3.645 3.464	3.866 4.373	4.186 5.992	4.492 7.939	4.788 10.237	5.073 12.909	5.350 15.976	5.618 19.459
0.02800 1/ 36	3.299 2.099	3.485 2.602	3.545 2.785	3.665 3.174	3.783 3.595	4.012 4.538	4.344 6.218	4.662 8.239	4.968 10.624	5.265 13.397	5.551 16.579	5.830 20.194
0.03000 1/ 33	3.415 2.172	3.607 2.693	3.670 2.882	3.794 3.285	3.916 3.721	4.153 4.697	4.496 6.436	4.826 8.528	5.143 10.997	5.449 13.867	5.746 17.161	6.035 20.902
0.03200 1/ 31	3.527 2.244	3.725 2.781	3.790 2.977	3.918 3.393	4.044 3.843	4.290 4.851	4.644 6.647	4.984 8.807	5.312 11.357	5.623 14.322	5.935 17.724	6.233 21.588
0.03400 1/ 29	3.635 2.313	3.840 2.867	3.907 3.068	4.039 3.497	4.169 3.961	4.422 5.001	4.787 6.852	5.137 9.079	5.475 11.707	5.801 14.763	6.118 18.270	6.425 22.252
0.03600 1/ 28	3.741 2.380	3.951 2.950	4.020 3.157	4.156 3.599	4.289 4.076	4.550 5.146	4.926 7.051	5.286 9.342	5.634 12.046	5.970 15.191	6.295 18.800	6.611 22.698
0.03800 1/ 26	3.843 2.445	4.060 3.031	4.130 3.244	4.270 3.697	4.407 4.188	4.674 5.287	5.061 7.244	5.431 9.598	5.788 12.377	6.133 15.607	6.467 19.315	6.792 23.525
0.04000 1/ 25	3.943 2.509	4.165 3.110	4.238 3.328	4.381 3.793	4.521 4.297	4.796 5.424	5.192 7.432	5.572 9.847	5.939 12.698	6.292 16.012	6.635 19.817	6.969 24.136
0.04200 1/ 24	4.041 2.571	4.268 3.187	4.342 3.410	4.489 3.887	4.633 4.403	4.914 5.558	5.320 7.616	5.710 10.090	6.085 13.012	6.448 16.408	6.799 20.306	7.141 24.732
0.04400 1/ 23	4.136 2.631	4.368 3.262	4.445 3.491	4.595 3.979	4.742 4.507	5.030 5.689	5.446 7.795	5.844 10.328	6.228 13.318	6.600 16.794	6.959 20.784	7.309 25.315
0.04600 1/ 22	4.229 2.690	4.467 3.335	4.544 3.569	4.698 4.068	4.849 4.608	5.143 5.817	5.568 7.970	5.976 10.560	6.368 13.617	6.748 17.171	7.116 21.251	7.473 25.884
0.04800 1/ 21	4.320 2.748	4.563 3.407	4.642 3.646	4.799 4.155	4.953 4.707	5.254 5.942	5.688 8.141	6.104 10.787	6.505 13.910	6.893 17.541	7.269 21.708	7.634 26.440
0.05000 1/ 20	4.409 2.805	4.657 3.477	4.738 3.721	4.898 4.241	5.055 4.804	5.362 6.064	5.805 8.309	6.230 11.010	6.640 14.197	7.035 17.903	7.419 22.156	7.791 26.986
0.05500 1/ 18	4.624 2.942	4.884 3.647	4.969 3.903	5.137 4.448	5.302 5.039	5.624 6.360	6.088 8.715	6.534 11.547	6.964 14.890	7.379 18.776	7.781 23.237	8.171 28.303
0.06000 1/ 17	4.830 3.072	5.101 3.809	5.190 4.076	5.366 4.646	5.538 5.263	5.874 6.643	6.359 9.102	6.825 12.060	7.273 15.552	7.707 21.611	8.127 24.271	8.535 29.551
0.06500 1/ 15	5.027 3.198	5.310 3.964	5.402 4.243	5.585 4.836	5.764 5.478	6.114 6.914	6.619 9.474	7.104 12.553	7.570 16.187	8.022 21.412	8.459 25.262	8.883 30.769
0.07000 1/ 14	5.217 3.319	5.510 4.114	5.606 4.403	5.795 5.018	5.982 5.684	6.345 7.176	6.849 9.832	7.372 13.027	7.856 16.798	8.324 21.183	8.778 26.215	9.219 31.930
0.07500 1/ 13	5.400 3.435	5.704 4.258	5.803 4.558	5.999 5.194	6.191 5.884	6.567 7.427	7.110 10.177	7.630 13.484	8.132 17.388	8.617 21.926	9.086 27.136	9.542 33.031
Coefficient for part-full pipes:												
	60	60	60	70	70	80	90	90	100	110	120	130

$k_s = 15.000 \text{ mm.}$ $i < 0.075$

34

Correction to the tables of velocity for variation in temperature from 15°C

$$V = V_{15} + at_{15} \text{ approx}$$

where $t_{15} = t - 15$ (in degrees centigrade).

Values of 10a are tabled below in metres per second/10 degrees centigrade, applicable in the range 5°C to 25°C

mi (mm)	Di (mm)	Roughness value, k_s in mm						
		0.06	0.15	0.3	0.6	1.5	3	6
100	400	0.0395	0.0164	0.0083	0.0042	0.0017	0.0008	0.0004
50	200	0.0385	0.0162	0.0082	0.0042	0.0017	0.0008	0.0004
20	80	0.0368	0.0159	0.0082	0.0041	0.0017	0.0008	0.0004
10	40	0.0350	0.0155	0.0081	0.0041	0.0017	0.0008	0.0004
5	20	0.0327	0.0151	0.0079	0.0041	0.0017	0.0008	0.0004
2	8	0.0290	0.0142	0.0077	0.0040	0.0016	0.0008	0.0004
1	4	0.0257	0.0134	0.0075	0.0039	0.0016	0.0008	0.0004
0.5	2	0.0222	0.0124	0.0071	0.0039	0.0016	0.0008	0.0004
0.2	0.8	0.0174	0.0107	0.0065	0.0037	0.0016	0.0008	0.0004
0.1	0.4	0.0140	0.0093	0.0060	0.0035	0.0016	0.0008	0.0004
0.05	0.2	0.0110	0.0079	0.0054	0.0033	0.0015	0.0008	0.0004

Proportional velocities in pipes running part-full 35

Proportional depth	Coefficient for part-full pipes = $\left\{ \frac{k_s}{D} + \frac{1}{3600D_i^{1.73}} \right\}^{-1}$, for water at 15°C (k _s and D in metres)								
	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
0.02	0.000	0.043	0.073	0.100	0.116	0.128	0.140	0.148	0.154
0.04	0.073	0.121	0.154	0.184	0.200	0.213	0.223	0.235	0.242
0.06	0.143	0.191	0.224	0.254	0.270	0.283	0.297	0.305	0.312
0.08	0.207	0.254	0.286	0.316	0.332	0.345	0.358	0.366	0.373
0.10	0.267	0.313	0.344	0.372	0.387	0.400	0.412	0.420	0.427
0.12	0.324	0.367	0.396	0.423	0.438	0.450	0.462	0.469	0.476
0.14	0.377	0.418	0.446	0.471	0.485	0.496	0.506	0.515	0.521
0.16	0.428	0.466	0.492	0.516	0.529	0.539	0.550	0.557	0.562
0.18	0.475	0.511	0.536	0.558	0.570	0.580	0.590	0.596	0.601
0.20	0.521	0.554	0.577	0.598	0.609	0.618	0.627	0.633	0.638
0.22	0.564	0.595	0.616	0.635	0.645	0.654	0.662	0.668	0.672
0.24	0.606	0.634	0.653	0.670	0.680	0.688	0.696	0.700	0.704
0.26	0.645	0.671	0.688	0.704	0.713	0.720	0.727	0.731	0.735
0.28	0.683	0.706	0.722	0.736	0.744	0.750	0.757	0.761	0.764
0.30	0.719	0.740	0.754	0.767	0.774	0.779	0.785	0.789	0.792
0.35	0.802	0.817	0.827	0.837	0.842	0.846	0.850	0.852	0.854
0.40	0.877	0.886	0.892	0.898	0.902	0.904	0.907	0.908	0.910
0.45	0.942	0.947	0.950	0.953	0.954	0.955	0.957	0.957	0.958
0.50	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
0.55	1.050	1.046	1.043	1.041	1.039	1.038	1.037	1.037	1.036
0.60	1.092	1.084	1.080	1.075	1.073	1.071	1.069	1.067	1.066
0.65	1.126	1.116	1.109	1.103	1.099	1.097	1.094	1.092	1.091
0.70	1.152	1.140	1.131	1.124	1.120	1.117	1.113	1.111	1.109
0.75	1.169	1.156	1.146	1.138	1.133	1.130	1.126	1.124	1.122
0.80	1.177	1.163	1.153	1.145	1.140	1.136	1.132	1.129	1.127
0.85	1.174	1.160	1.151	1.142	1.137	1.134	1.130	1.127	1.125
0.90	1.158	1.145	1.136	1.129	1.124	1.121	1.117	1.115	1.113
0.95	1.120	1.111	1.104	1.098	1.095	1.092	1.090	1.088	1.087

Note: Values of the coefficient for part-full pipes for use with this table are given at the foot of each column of the tables for full-bore conditions.

36 Proportional discharges in pipes running part-full

Proportional depth	Coefficient for part-full pipes = $\left\{ \frac{k_s}{D} + \frac{1}{3600Di^{1/3}} \right\}^{-1}$, for water at 15°C (k_s and D in metres)								
	5	10	20	50	100	200	500	1000	2000
0.02	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
0.04	0.001	0.002	0.002	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
0.06	0.003	0.005	0.005	0.006	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008
0.08	0.008	0.010	0.011	0.012	0.012	0.013	0.013	0.014	0.014
0.10	0.014	0.016	0.018	0.019	0.020	0.021	0.021	0.022	0.022
0.12	0.022	0.025	0.027	0.029	0.030	0.031	0.031	0.032	0.032
0.14	0.032	0.036	0.038	0.040	0.041	0.042	0.043	0.044	0.044
0.16	0.044	0.048	0.051	0.053	0.055	0.056	0.057	0.057	0.058
0.18	0.058	0.063	0.066	0.068	0.070	0.071	0.072	0.073	0.074
0.20	0.074	0.079	0.082	0.085	0.087	0.088	0.089	0.090	0.091
0.22	0.092	0.097	0.100	0.104	0.105	0.107	0.108	0.109	0.110
0.24	0.112	0.117	0.121	0.124	0.126	0.127	0.128	0.129	0.130
0.26	0.133	0.139	0.142	0.145	0.147	0.149	0.150	0.151	0.152
0.28	0.157	0.162	0.165	0.169	0.171	0.172	0.173	0.174	0.175
0.30	0.181	0.187	0.190	0.193	0.195	0.197	0.198	0.199	0.200
0.35	0.250	0.255	0.258	0.261	0.263	0.264	0.265	0.266	0.267
0.40	0.327	0.331	0.333	0.336	0.337	0.338	0.339	0.339	0.340
0.45	0.411	0.413	0.415	0.416	0.416	0.417	0.417	0.418	0.418
0.50	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
0.55	0.592	0.589	0.588	0.587	0.586	0.585	0.585	0.584	0.584
0.60	0.684	0.679	0.676	0.673	0.672	0.671	0.669	0.669	0.668
0.65	0.775	0.768	0.763	0.759	0.756	0.755	0.753	0.751	0.750
0.70	0.861	0.852	0.846	0.840	0.837	0.835	0.832	0.831	0.829
0.75	0.941	0.930	0.922	0.916	0.912	0.909	0.906	0.904	0.902
0.80	1.010	0.997	0.989	0.982	0.977	0.974	0.971	0.969	0.967
0.85	1.064	1.051	1.043	1.035	1.030	1.027	1.023	1.021	1.019
0.90	1.097	1.085	1.077	1.070	1.066	1.063	1.059	1.057	1.055
0.95	1.099	1.090	1.084	1.078	1.075	1.072	1.069	1.068	1.066

Note: Values of the coefficient for part-full pipes for use with this table are given at the foot of each column of the tables for full-bore conditions.

Geometrical functions for part-full circular sections **37**

Proportional depth	Surface width ÷ diameter	Wetted perimeter ÷ total perimeter	Sectional area ÷ total area	Hydraulic mean depth ÷ D/4	Mean depth ÷ D
0.02	0.280	0.090	0.005	0.053	0.013
0.04	0.392	0.128	0.013	0.05	0.027
0.06	0.475	0.158	0.024	0.155	0.041
0.08	0.543	0.183	0.037	0.205	0.054
0.10	0.600	0.205	0.052	0.254	0.068
0.12	0.650	0.225	0.068	0.302	0.082
0.14	0.694	0.244	0.085	0.349	0.096
0.16	0.733	0.262	0.103	0.394	0.111
0.18	0.768	0.279	0.122	0.439	0.125
0.20	0.800	0.295	0.142	0.482	0.140
0.22	0.828	0.311	0.163	0.525	0.155
0.24	0.854	0.326	0.185	0.566	0.170
0.26	0.877	0.341	0.207	0.607	0.185
0.28	0.898	0.355	0.229	0.646	0.200
0.30	0.917	0.369	0.252	0.684	0.216
0.32	0.933	0.383	0.276	0.721	0.232
0.34	0.947	0.396	0.300	0.757	0.249
0.36	0.960	0.410	0.324	0.791	0.265
0.38	0.971	0.423	0.349	0.825	0.282
0.40	0.980	0.436	0.374	0.857	0.299
0.42	0.987	0.449	0.399	0.888	0.317
0.44	0.993	0.462	0.424	0.918	0.335
0.46	0.997	0.475	0.449	0.947	0.354
0.48	0.999	0.487	0.475	0.974	0.373
0.50	1.216	0.500	0.500	1.000	0.323
0.52	0.999	0.513	0.525	1.025	0.413
0.54	0.997	0.525	0.551	1.048	0.434
0.56	0.993	0.538	0.576	1.070	0.456
0.58	0.987	0.551	0.601	1.091	0.479
0.60	0.980	0.564	0.626	1.111	0.502
0.62	0.971	0.577	0.651	1.128	0.527
0.64	0.960	0.590	0.676	1.145	0.553
0.66	0.947	0.604	0.700	1.160	0.580
0.68	0.933	0.617	0.724	1.173	0.610
0.70	0.917	0.631	0.748	1.185	0.641
0.72	0.898	0.645	0.771	1.195	0.674
0.74	0.877	0.659	0.793	1.203	0.710
0.76	0.854	0.674	0.815	1.210	0.750
0.78	0.828	0.689	0.837	1.214	0.793
0.80	0.800	0.705	0.858	1.217	0.842
0.82	0.768	0.721	0.878	1.217	0.897
0.84	0.733	0.738	0.897	1.215	0.961
0.86	0.694	0.756	0.915	1.210	1.035
0.88	0.650	0.775	0.932	1.203	1.126
0.90	0.600	0.795	0.948	1.192	1.241
0.92	0.543	0.817	0.963	1.177	1.393
0.94	0.475	0.842	0.976	1.158	1.613
0.96	0.392	0.872	0.987	1.132	1.977
0.98	0.280	0.910	0.995	1.094	2.792

Notes: Mean depth, d_m = section area/surface width

Froude number, $Fr = V/\sqrt{gd_m}$

Critical velocity = $\sqrt{gd_m} = \sqrt{gD} \times \sqrt{\text{proportional mean depth}}$

Critical discharge = $1/4\pi D^2 \sqrt{gD} \times \sqrt{\text{proportional mean depth}} \times \text{proportional section area}$

38 Recommended roughness values, k_s (mm)

Classification (assumed clean and new unless otherwise stated)	Suitable values of k_s (mm)		
	Good	Normal	Poor
Smooth materials			
Drawn non-ferrous pipes of aluminium, brass, copper, lead etc., and non metallic pipes of Alkathene, glass, perspex, etc.	—	0.003	—
Asbestos cement	0.015	0.03	—
Metal			
Spun bitumen lined	—	0.03	—
Spun concrete lined	—	0.03	—
Wrought iron	0.03	0.06	0.15
Rusty wrought iron	0.15	0.6	3.0
Uncoated steel	0.015	0.03	0.06
Coated steel	0.03	0.06	0.15
Galvanised iron, coated cast iron	0.06	0.15	0.3
Uncoated cast iron	0.15	0.3	0.6
Tate relined pipes	0.15	0.3	0.6
Old tuberculated water mains with the following degrees of attack:			
Slight	0.6	1.5	3.0
Moderate	1.5	3.0	6.0
Appreciable	6.0	15	30
Severe	15	30	60
(Good: Up to 20 years' use; Normal: 40 to 50 years' use; Poor: 80 to 100 years' use.)			
Wood			
Wood stave pipes, planed plank flumes	0.3	0.6	1.5
Concrete			
Precast concrete pipes with 'O' ring joints	0.06	0.15	0.6
Spun precast concrete pipes with 'O' ring joints	0.06	0.15	0.3
Clayware			
Glazed or unglazed pipes:			
With sleeve joints and 'O' ring seals	0.03	0.06	0.15
With spigot and socket joints and 'O' ring seals—dia. <150mm	—	0.03	—
With spigot and socket joints and 'O' ring seals—dia. >150mm	—	0.06	—
Pitch fibre (lower values refer to full bore flow)	0.003	0.03	—
Glass fibre	—	0.06	—
U.P.V.C.			
With chemically cemented joints	—	0.03	—
With spigot and socket joints 'O' ring seals at 6 to 9m intervals	—	0.06	—
Slimed sewers (Pipe full roughness on sewers slimed to about half depth and running at velocities around 0.75m/s):			
Concrete	—	6.0	—
Asbestos cement	—	3.0	—
Clayware	—	3.0	—
U.P.V.C.	—	1.5	—
Sewer rising mains All materials, operating as follows:			
Normal operating velocity 1.1m/s	—	—	3.0
Normal operating velocity 1.3m/s	—	—	1.5
Normal operating velocity 1.5m/s	—	—	0.6
Unlined rock tunnels			
Granite and other homogeneous rocks	60	150	300
Diagonally bedded slates	—	300	600
(values to be used with <i>design</i> diameter)			
Earth channels			
Straight uniform artificial channels	15	60	150
Straight natural channels, free from shoals, boulders and weeds	150	300	600

المراجع

المراجع العربي:

1. محاضرات تدريبية لمشغلي محطات معالجة مياه الفضلات / منظمة الصحة العالمية / المكتب الاقليمي لشرق المتوسط / المركز الاقليمي لأنشطة صحة البيئه / عمان 2001
2. أصحاب البيئه / د / محمد بشار المفتي / مكتب الامل للاستشارات والدراسات
3. الصرف الصحى الموقعى والمركزى للمدن والتجمعات السكانيه الصغيره

المراجع الاجنبيه :

1. Watershed Management and Wastewater Re-Use in Peri__Urban Areas of Yemen / by Dr M.Tarek Sorour / FAO. Oct 1998
2. Al-Nozaily.F.A. (1992). Waste Stabilization Bonds. Msc thesis. IHE. The Netherlands
3. Waste Stabilization Bonds. Design. construction & Operation. India. By : Prof. S.J Arceivala. J.S.S. Lakshminarayana. S.R. Alagarasamy. C.A. Sastry
4. Operation of Wastewater Treatment Plants. a manual of practice. Water Pollution Control Federation
5. Wastewater Engineering – Treatment/ Disposal/ Reuse. Metcaif & Eddy. INC
6. Wastewater Stabilization Ponds. Earnest F. Gloyna
7. Hydraulic research station

مكتبة

