الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المشاريع

تكنولوجيا تنقية مياه الشرب

Water Treatment Technologies

كيميائي مياه- الدرجة الثالثة

تم إعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الادارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي
الإصدار الثانى - 2019.

Contents

برنامج تكنولوجيا تنقية مياه الشرب 1
WATER TREATMENT TECHNOLOGIES 1

1. تنقية مياه الشرب DRINKING WATER PURIFICATION 5

1.1. مقدمة تاريخية 5
1.2. تنقية المياه WATER PURIFICATION 5
1.3. طرق التنقية التقليدية TRADITIONAL PURIFICATION METHODS 6

2. مصادر وخصائص المياه SOURCES AND CHARACTERISTICS OF WATER 10

2.1. الدورة الهيدرولوجية للماء: 11
2.2. مصادر مياه الشرب كالآتي: 11
2.3. درجة نقاء الماء: 12
2.4. خصائص المياه: 12
2.5. أنواع المواد الدخيلة علي المياه: 15

3. الهدف من عمليات التنقية: 18

3.1. المياه النقية الصالحة للأستعمال(POTABLE WATER): 18
3.2. المياه غير النقية (UNTREATED WATER): 18
3.3. المياه غير الصالحة للأستعمال(CONTAMINATED OR POLLUTED WATER).: 18

4. مراحل تنقية المياه : 19

4.1. التنقية الأولية للمياه: 19
4.2. عمليات التنقية: 19

5. تكنولوجيا تنقية المياه السطحية SURFACE WATER PURIFICATION TECHNOLOGY 21

5.1. الغرض من تنقية المياه السطحية 21
5.2. خطوات عمليات تنقية المياه السطحية 21
5.3. اختيار الموقع لمحطات تنقية مياه الشرب 24
5.4. تفصيل لمراحل التنقية 24
ويمكن تقسيم طرق التطهير إلى الأقسام التالية 62

6. الوحدات النقالي 68

6.1. مقدمة 68
6.2. أنظمة المحطات لتنقية مياه الشرب (النقالى) 68
6.3. مكونات الوحدة ومراحل التنقية: 69

7. الترشيح المباشر (DIRECT FILTRATION) 71

8. آبار المياه الجوفية GROUNDWATER WELLS 73

8.1. مقدمة 73
8.2. الملامح الخارجية للبئر 73
8.3. تشغيل الآبار 74
8.4. إزالة الحديد والمنجنيز IRON & MANGANESE REMOVAL 75
REFERENCES 81

مقدمة الإصدار الثانى

تهدف مجموعة البرامج التدريبية المعدة من إدارة المسار الوظيفى بالشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى إلى رفع كفاءة الكيميائين العاملين بها وبالشركات التابعة لها وتنمية مهاراتهم ومعارفهم بالشكل الذى يضمن الوصول إلى كوب مياه نظيف وبيئة آمنة يرضى متطلبات وإحتياجات العملاء الكرام.

ويعتبر الإصدار الثانى من برامج المسار الوظيفى لوظيفة كيميائى مياه الشرب هو ثمرة جهود الكيميائيين العاملين بمعامل الشركات التابعة والمعمل المرجعى لمياه الشرب بالشركة القابضة بما تحمله من مزيج متجانس من الخبرات والكفاءات الذين لم يدخروا جهدا حتى يخرج هذا العمل بالطريقة اللائقة.

وجدير بالذكر أن هذا الإصدار يعتبر مكتبة مرجعية وافية وشاملة لجميع الجدارات المتضمنة المهارات والمعارف التي تجعل الكيميائى كفؤا لوظيفته.

ومما تجدر الإشارة إليه بأنه تم الاعتماد على منهجية للمسار التدريبى بحيث يكون المتدرب قد تلقى الدورات الحقلية بداية من التعرف على مراحل التنقية والمعالجة ثم الانتقال إلى الدورات المعملية داخل معمله طبقا للإطار الزمنى المحدد للمدد البينية لكل درجة وظيفية.

ولقد اعتمدنا على وضع معايير لكل مرحلة فى إعداد هذا الاصدار وكان من أهم هذه المعايير:

- المشاركة الفعالة للخبرات والكفاءات التدريبية بالشركات التابعة فى وضع المناهج بما يناسب عموم الكيميائيين على مستوى الجمهورية.
- عقد ورشة عمل متخصصة لكل مادة تدريبية يشارك بها جميع المدربين ذوى التخصص والخبرات سواء من المعمل المرجعى أو معامل الشركات فضلا عن أن يكون المدرب قد قام بتدريس هذه المادة مرات عديدة.
- استخدام وسيلة اتصال غير تزامنى بين جميع المدربين المعتمدين لكل مادة على حدة من خلال انشاء جروب على الفيس بوك لكل مادة على حده (مذكور فى دليل المدرب).
- وضع حقيبة تدريبية كاملة لكل برنامج معدة طبقا لأحدث النظم والمعايير العالمية تحتوى على (دليل المتدرب- شرائح العرض- ملحقات مقروءة ومرئية- دليل المدرب- بنك الأسئلة).
- بناء المحتوى لكل برنامج تدريبى طبقاً لأحدث المراجع العالمية ومن أهمها كتاب الطرق القياسية لتحليل مياه الشرب والصرف الصحى (الإصدار رقم 23) وبما يتوافق مع متطلبات آخر إصدارات الايزو(17025)، مع مراعاة التحديثات الخاصة بالتشريعات والقوانين ذات الصلة.

وجدير بالذكر أن الإصدار الثانى من البرامج التدريبية اعتمد فى تصميمه على عرض مبسط للمعلومات قدر الامكان طبقاً للأسس العلمية وطبقاً للجدارات المعتمدة على تحديد أهداف واضحة وصريحة لتدريب المتدربين، وتشتق تلك الجدارات من الفهم الواضح لدور المتدرب

طبقا لبطاقة الوصف الوظيفى، وتتضمن معارف ومهارات وسلوك. مما يضمن إكساب المتدرب مهارات سلوكية بالإضافة إلى المواد التخصصية.

كما تم تصـــميم العديد من ورش العمل على أســـاس تســـهيل و تســـريع عمليتي التعلم و كســـب المهارات بما يسمح بتعظيم الفائدة من العملية التدريبية.

كذلك تم اســـتخدام أســـاليب التدريب الحديثة والاعتماد على التدريب التفاعلى والتركيز على الجوانب التطبيقية في اســتخدام الوســائل والأســاليب المختلفة ، كما تم اســتخدام الطرق الحديثة للتعليم التفاعلي والغير تزامني كمصادر مساندة للتعلم من خلال انشاء جروب على الفيس بوك للمدربين المعتمدين (**HCWW Trainers**) .

وفى الختام نرجوا من الله أن يتقبل منا هذا العمل كما نأمل أن يكون هذا العمل علما نافعا للعاملين بقطاع المعامل بالشـركة القابضـة والشـركات التابعة لما يشـمله من معلومات فنية قيمة وأن يفيد العاملين الجدد بها ليصبحوا قادرين على تنفيذ مهامهم الوظيفية بالشكل الأمثل .

والله ولي التوفيق.

1.تنقية مياه الشرب Drinking Water Purification

1.1. مقدمة تاريخية

يرجع اهتمام الإنسان بنوعية الماء الذى يشربه إلى أكثر من خمسة آلاف عام. ونظرا للمعرفة المحدودة في تلك العصور بالأمراض ومسبباتها فقد كان الاهتمام محصور في لون المياه وطعمها ورائحتها فقط. وقد استخدمت لهذا الغرض وبشكل محدود خلال فترات تاريخية متباعدة بعض عمليات التنقية مثل الغليان والترشيح والترسيب وإضافة بعض الأملاح ثم شهد القرنان الثامن والتاسع عشر الميلاديان الكثير من المحاولات الجادة في دول أوربا وروسيا للنهوض بتقنية تنقية المياه حيث أنشئت لأول مرة في التاريخ محطات لتنقية المياه على مستوى المدن.

ففي عام 1807 أنشئت محطة لتنقية المياه في مدينة جلاسكو الأسكتلندية ، وتعد هذه المحطة من أوائل المحطات في العالم وكانت تعالج فيها المياه بطريقة الترشيح ثم تنقل إلى المستهلكين عبر شبكة أنابيب خاصة. وعلى الرغم من أن تلك المساهمات تعد تطورا تقنيا في تلك الفترة إلا أن الاهتمام آنذاك كان منصبا على نواحي اللون والطعم والرائحة، أو ما يسمى بالقابلية، وكانت التنقية بإستخدام المرشحات الرملية المظهر السائد في تلك المحطات حتى بداية القرن العشرين. ومع التطور الشامل للعلوم والتقنية منذ بداية هذا القرن واكتشاف العلاقة بين مياه الشرب وبعض الأمراض السائدة فقد حدث تطور سريع في مجال تقنيات التنقية حيث أضيفت العديد من العمليات التي تهدف بشكل عام إلى الوصول بالمياه إلى درجة عالية من النقاء، بحيث تكون خالية من العكارة وعديمة اللون والطعم والرائحة ومأمونة من النواحي الكيميائية والحيوية.

1.2.تنقية المياه Water Purification

لقد كان وباء الكوليرا من أوائل الأمراض التي اكتشفت ارتباطها الوثيق بتلوث مياه الشرب في المرحلة السابقة لتطور تقنيات تنقية المياه، فعلى سبيل المثال أصيب حوالي 17000 شخص من سكان مدينة هامبورج الألمانية بهذا الوباء خلال صيف 1829م مما أدى إلى وفاة ما لا يقل عن نصف ذلك العدد. وقد ثبت بما لا يدع مجالا للشك أن المصدر الرئيس للوباء هو تلوث مصدر المياه لتلك المدينة. يعد التطهير بإستخدام الكلور من أوائل العمليات التي استخدمت لتنقية المياه بعد عملية الترشيح وذلك للقضاء

على بعض الكائنات الدقيقة من بكتريا وفيروسات مما أدى إلى الحد من انتشار العديد من الأمراض التي تنقلها المياه مثل الكوليرا وحمى التيفويد. وتشمل التنقية، ومن هذه العمليات ما يستخدم لإزالة عسر الماء مثل عمليات التيسير، أو لإزالة العكارة مثل عمليات الترويب.

ونظرا للتقدم الصناعي والتقني الذي يشهده هذا العصر وما تبعه من ازدياد سريع في معدلات استهلاك المياه الطبيعية، النقية نوعا ما، ونظرا لما يحدث من تلوث لبعض تلك المصادر نتيجة المخلفات الصناعية ومياه الصرف الصحي وبعض الحوادث البيئية الأخرى فإن عمليات التنقية قد بدأت تأخذ مسارا جديدا يختلف في كثير من التطبيقات عن مسار التنقية التقليدية. وفي هذا الباب سنستعرض بإيجاز طرق المعاجلة التقليدية لمياه الشرب إضافة لبعض الإتجاهات الحالية والمستقبلية لتقنيات التنقية على أنيحتوى الباب الثاني تفاصيل طرق التنقية السطحية.

1.3.طرق التنقية التقليدية Traditional Purification Methods

تختلف عمليات تنقية مياه الشرب بإختلاف مصادر تلك المياه ونوعيتها والمواصفات الموضوعة لها. ويجب الإشارة إلى أن التغير المستمر لمواصفات المياه يؤدي أيضا في كثير من الأحيان إلى تغير في عمليات التنقية. حيث أن المواصفات يتم تحديثها دوما نتيجة التغير المستمر للحد الأعلى لتركيز بعض محتويات المياه وإضافة محتويات جديدة إلى قائمة المواصفات. ويأتي ذلك نتيجة للعديد من العوامل مثل:

- التطور في تقنيات تحليل المياه وتقنيات التنقية.
- اكتشاف محتويات جديدة لم تكن موجودة في المياه التقليدية أو كانت موجودة ولكن لم يتم الإنتباه إلى وجودها أو مدى معرفة خطورتها في السابق.
- اكتشاف بعض المشكلات التي تسببها بعض المحتويات الموجودة أصلا في الماء أو التي نتجت عن بعض عمليات التنقية التقليدية. هذا ويمكن تناول عمليات التنقية التقليدية المستخدمة للمياه استنادا إلى مصادرها السطحية والجوفية.

1.3.1 تنقية المياه السطحية Surface Water Purification

تحتوي المياه السطحية (المياه الجارية على السطح) على نسبة قليلة من الأملاح مقارنة بالمياه الجوفية التي تحتوي على نسب عالية منها، وهي بذلك تعد مياه يسرة (غير عسرة) حيث تهدف عمليات معالجتها بصورة عامة إلى إزالة المواد العالقة التي تسبب ارتفاعا في العكارة وتغيرا في اللون والرائحة، وعليه يمكن القول أن معظم طرق تنقية هذا النوع من المياه اقتصر على عمليات الترسيب والترشيح والتطهير. وتتكون

المواد العالقة من مواد عضوية وطينية، كما يحتوي على بعض الكائنات الدقيقة مثل الطحالب والبكتيريا. ونظرا لصغر حجم هذه المكونات وكبر مساحتها السطحية مقارنة بوزنها فإنها تبقي معلقة في الماء ولا تترسبالا بإستخدام عمليات الترويب حيث انها الطريقة الرئيسية لتنقية المياه السطحية، حيث تستخدم بعض المواد الكيميائية لتقوم بإخلال اتزان المواد العالقة وتهيئة الظروف الملائمة لترسيبها وإزالتها من أحواض الترسيب.ويتبع عملية الترسيب عملية ترشيح بإستخدام مرشحات رملية لإزالة ما تبقى من الرواسب، ومن المروبات المشهورة كبريتات الألمنيوم وكلوريد الحديديك، وهناك بعض المروبات المساعدة مثل بعض البوليمرات العضوية والبنتونايت والسليكا المنشطة. ويمكن أيضا استخدام الكربون المنشط لإزالة العديد من المركبات العضوية التي تسبب تغيرا في طعم ورائحة المياه. تتبع عمليتي الترسيب والترشيح عملية التطهير التي تسبق عمليات إمداد تلك المياه إلى المستهلك.

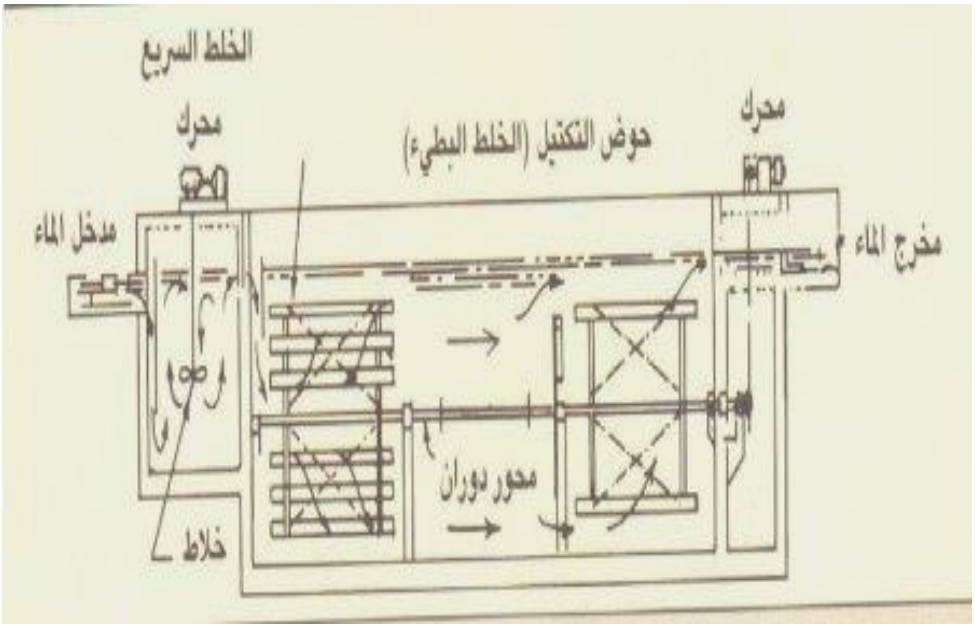
1.3.2 معالجة المياه الجوفية Ground Water Treatment

تعد مياه الآبار من أنقى مصادر المياه الطبيعية التي يعتمد عليها الكثير من سكان العالم. إلا أن بعض مياه الآبار وخصوصا العميقة منها قد تحتاج إلى عمليات تنقية متقدمة وباهظة التكاليف قد تخرج عن نطاق التنقية هي إضافة الكلور لتطهير المياه ثم ضخها إلى شبكة التوزيع، إذ تعد عملية التطهير كعملية وحيدة لتنقية مياه بعض الآبار النقية جدا والتي تفي بجميع مواصفات المياه، الا أن هذه النوعية من المياه هي الأقل وجودا في الوقت الحاضر، لذلك فأنه إضافة لعملية التطهير فان غالبية المياه الجوفية تحتاج إلىتنقية فيزيائية وكيميائية إما لإزالة بعض الغازات الذائبة مثل ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين، أو لإزالة بعض المعادن مثل الحديد والمنجنيز والمعادن المسببة لعسر الماء، وتتم إزالة الغازات الذائبة بإستخدام عملية التهوية والتي تقوم أيضا بإزالة جزء من الحديد والمنجنيز عن طريق الأكسدة، وقد يكون الغرض من التهوية مجرد تبريد كما يحدث لبعض مياه الآبار العميقة التي تكون حرارتها عالية مما يستدعي تبريدها حفاظا على كفاءة عمليات التنقية الأخرى. أما إزالة معادن الحديد والمنجنيز فتتم بكفاءة في عمليات الأكسدة الكيميائية بإستخدام الكلور أو برمنجنات البوتاسيوم.

و الطابع العام لتنقية المياه الجوفية هو إزالة العسر بطريقة الترسيب، ويتكون عسر الماء بصورة رئيسة من مركبات الكالسيوم والماغنسيوم الذائبة في الماء. ويأتي الإهتمام بعسر الماء نتيجة لتأثيره السلبي على فاعلية الصابون ومواد التنظيف الأخرى، بالإضافة إلى تكوين بعض الرواسب في الغلايات وأنابيب نقل المياه .

التيسير (إزالة العسر) بالترسيبWater Softening

تعني عملية التيسير أو إزالة العسر للمياه(water softening) إزالة مركبات عنصري الكالسيوم والماغنسيوم المسببة للعسر عن طريق الترسيب الكيميائي. وتتم هذه العملية في محطات المياه بإضافة الجير المطفأ (هيدروكسيد الكالسيوم)إلى الماء بكميات محدودة حيث تحدث تفاعلات كيميائية معينة تتشكل عنها رواسب من كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الماغنسيوم. وقد يتم اللجوء في كثير من الأحيان إلى إضافة رماد الصودا (كربونات الصوديوم) مع الجير للتعامل مع بعض صور العسر . وتشمل عملية التيسير على حوض صغير الحجم نسبيا تتم فيه إضافة المواد الكيميائية حيث تخلط مع الماء الداخل خلطا سريعا لتوزيعها في الماء بإنتظام، ثم ينقل الماء إلى حوض كبير الحجم ليبقي فيه زمنا كافيا لإكمال التفاعلات الكيميائية وتكوين الرواسب حيث يخلط الماء في هذه الحالة خلطا بطيئا يكفي فقط لتجميع والتصادق حبيبات الرواسب وتهيئتها للترسيب في المرحلة التالية، شكل (1– 2)يوضح عمليتي الخلط السريع والبطيءفي عمليات الترسيب الكيميائي.



شكل (1– 2)عمليتي الخلط السريع والبطيءفي عمليات الترسيب الكيميائي

الموازنة (إعادة الكربنة):Carbonation

نظرا لأن المياه الناتجة من عملية التيسير تكون في الغالب مشبعة برواسب كربونات الكالسيوم، وحيث أن جزءا من هذه الرواسب يتبقى في الماء بعد مروره بأحواض الترسيب فإنه من المحتمل أن يترسب بعضها على المرشحات أو في شبكات التوزيع مما يؤدي إلى انسداد أو الحد من كفاءة المرشحات. لذلك تستخدم

عملية الموازنة لضمان عدم حدوث تلك الأضرار. ومن عمليات الموازنة الأكثر استخداما في طرق التطبيق التقليدية هي إضافة غاز ثاني أكسيد الكربون بكميات محددة بهدف تحويل ما تبقى من كربونات الكالسيوم إلى صورة البيكربونات الذائبة.

الترشيح:Filtration

هو العملية التي يتم فيها إزالة المواد العالقة (العكارة). وذلك بإمرار الماء خلال وسط مسامي مثل الرمل.

التطهير:Disinfection

هو العملية المستخدمة لقتل الكائنات الحية الدقيقة المسببة للأمراض (الجراثيم)، وتتم هذه العملية بإستخدام الحرارة (التسخين) أو الأشعة فوق البنفسجية أو المواد الكيميائية مثل البروم أو اليود أو الأوزون أو الكلور بتركيزات لا تضر بالإنسان أو الحيوان.

تحديات جديدةNew Challenges

وشهدت الآونة الأخيرة تغيرات جذرية في تقنيات التنقية ترجع في كثير من الأحوال إلى النقص الشديد الذي تعانيه كثير من دول العالم في المياه الصالحة للشرب أو نتيجة لتلوث مصادر المياه كما هو الحال في أكثر الدول الصناعية. وقد أدت هذه العوامل إلى البحث عن مصادر جديده غير المصادر التقليدية والتي تحتاج بطبيعة الحال إلى تقنيات تنقية متقدمة بالإضافة إلى التنقية التقليدية. ولذلك لجأت كثير من الدول إلى تحلية مياه البحر وإلى تحلية بعض مصادر المياه الجوفية المالحة، وفي سبيل ذلك يتم استخدام تقنيات باهظة التكاليف مثل عمليات التقطير الومضي وعمليات التناضح العكسي، بالإضافة إلى العديد من العمليات الأخرى للتحلية. وقد أدى تلوث مصادر المياه في بعض أنحاء العالم إلى الشروع في استخدام تقنيات متقدمة ومكلفة مثل استخدام الكربون المنشط وعمليات الطرد بالتهوية في إزالة الكثير من الملوثات العضوية مثل الهيدروكربونات وبعض المبيدات والمركبات العضوية الهالوجينية. ومن مظاهر التلوث الطبيعي وجود عناصر مشعة مثل اليورانيوم والراديوم والرادون في بعض مصادر المياه. وتتركز الأبحاث الحديثة حول إزالة هذه العناصر بإستخدام عمليات الامتصاص (استخدم الكربون المنشط والسيليكا) وعمليات التناضح العكسي مع تحسين الأداء للعمليات التقليدية مثل التيسير والترويب.

ومن الأتجاهات الحديثة في عمليات التنقية التوجه نحو استخدام بدائل لتطهير المياه غير الكلور نظرا لتفاعله مع بعض المواد العضوية الموجودة في المياه . خاصة المياه السطحية . وتكوين بعض المركبات العضوية التي يعتقد بأن لها أثرا كبيرا على الصحة العامة.

وتعد المركبات الميثانية ثلاثية الهالوجين، مثل الكلوروفورم، في مقدمة نواتج الكلورة التي لاقت اهتمام كبيرا في هذا الصدد، إلا أن الحماس لإستخدام بدائل الكلور ما لبث أن تباطئ في الآونة الأخيرة نتيجة لأكتشاف أن هذه البدائل ايضا ينتج عنها مركبات لها تاثير على الصحة فمثلا ينتج عن الأوزون مركبات مثل الفورمالدهايد والأسيتالدهايد، وعن الكلورامين ينتج كلوريد السيانوجين، وعن ثاني أكسيد الكلور ينتج الكلورايت والكلوريت.

والأن تلاقي التنقية الحيوية بإستخدام الكائنات الدقيقة اهتمام بالغا في العصر الحاضر بعد أن كانت وقفا على تنقية مياه الصرف لسنوات طويلة، حيث أثبتت الأبحاث فاعلية التنقية الحيوية في إزالة الكثير من المركبات العضوية والنشادر والنترات والحديد والمنجنيز ، إلا أن تطبيقاتها الحالية لا تزال محدودة ومقتصرة في كثير من الأحوال على النواحي التجريبية والبحثية. وختاما نشير إلى أن إدخال التقنيات الحديثة على محطات التنقية التقليدية قد تستوجب تغييرات جذرية في المحطات القائمة وفي طرق التصميم للمحطات المستقبلية ويعني ذلك ارتفاعا حادا في تكلفة تنقية المياه، ويمكن تفادي ذلك أو الإقلال من أثره بوضع برامج للترشيد في استخدام المياه والمحافظة على مصادرها من التلوث.

2. مصادر وخصائص المياه Sources and Characteristics of Water

الماء هو شريان الحياة الرئيسي حيث بدونه لا يمكن أن توجد حياه علي سطح الأرض. يغطي الماء بحالته السائلة أو الصلبة أربعة أخماس كوكب الأرض والماء كبقية السوائل يتمدد بالحرارة وينكمش بالبرودة. إلا أنه يشذ عن هذه القاعدة ما بين درجتي 4°م والصفر المئوي. حيث يتميز الماء بقدرته علي التمدد حتي يتجمد وذلك عند درجة أقل من 4°م وعليه يطفو الجليد فوق سطح الماء لإتاحة الفرصة لمعيشة الكائنات البحرية. ويعتبر الماء النقي أحد المصادر الطبيعية القابلة للنضوب والتي يزداد الطلب عليها في الوقت الحالي في مناطق عديدة من العالم وتناقص المياه هو أحد المشكلات التي تواجه العالم في هذا القرن وذلك نتيجة الزيادة المطردة في تعداد سكان العالم الذي ترتب عليه زيادة الرقعة العمرانية وكذلك الأنشطة الصناعية التي تستهلك كميات كبيرة من المياه وينتج عنها ملوثات تغير من مواصفات مصادر المياه الأمر الذي يستلزم اتخاذ إجراءات من الحكومات لسن التشريعات ووضع المواصفات القياسية لنوعية المياه علاوة

علي تطبيق التكنولوجيات التي من سبيلها الحد من الاستهلاك المطرد والوصول إلي مياه نقية صالحة للإستخدام.

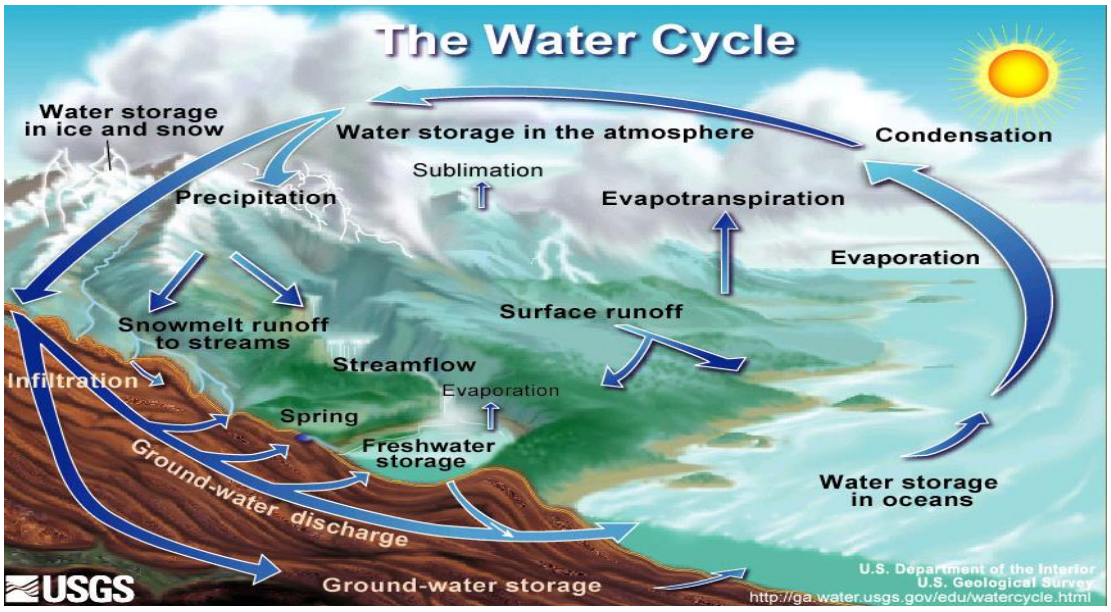
2.1. الدورة الهيدرولوجية للماء:

يختص علم الهيدرولوجيا بدراسة توزيعات المياه في الكرة الأرضية، وبحركتها المستمرة منالبحار إلي الجو ومن الجو إلي اليابسة ومن الأرض عوداً إلي البحار وتسمي هذه الدورة الهيدرولوجية. وتغطي المحيطات 71% من سطح الأرض، وتحتوي علي 97% من مياه الكرة الأرضية، 3% الباقية توجد في الجو كبخار ماء، وعلي الأرض كمياه عذبة وثلوج وجليد، وتحت سطح الأرض كمياه جوفية، ومعظم المياه التي تسقط علي الأرض لا تصل إلي المحيطات بل تكمل دورتها الهيدرولوجيةعودا إلي الجو بعملية البخر وعملية نتح النباتات. وحوالي25% من المياه العذبة بالكرة الأرضية مخزونة تحت سطح الأرض حيث تبقي لمئات أو آلاف السنين، ونسبة صغيرة منها تكون موجودة في طبقات يمكن سحبها منها بكميات محددة.

2.2. مصادر مياه الشرب كالآتي:

1- الأمطار 2- البحار 3- المحيطات4 - البحيرات 5- الأنهار 6- المياه الجوفية

ويوضح الشكل رقم (2-1) دورة المياه في الطبيعة (الدورة الهيدرولوجية).



الشكل رقم (2-1) دورة المياه في الطبيعة (الدورة الهيدرولوجية).

2.3. درجة نقاء الماء:

تأتي مياه الأمطار في المقدمة من حيث النقاء لأحتوائها علي نسبة بسيطة من المواد العضوية علاوة علي بعض الغازات الذائبة. ثم تليها المياه الجوفية التي تحتوي علي بعض أملاح الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم وبعض المواد العالقة وذلك طبقاً لنوعية التربة التي تمر بها.

أما المياه السطحية فتأتي في المؤخرة وهي عبارة عن مياه البحار والمحيطات والبحيرات والأنهار، وتعتبر كلها مصادر لمياه الشرب. فيتم الحصول علي مياه الشرب من مياه البحار والمحيطات عن طريق عمليات التحلية. اما مياه الأنهار والبحيرات العذبة فيتم الحصول علي مياه الشرب منها عن طريق عمليات التنقية. أي أن المياه السطحية هي المصدر الرئيسي للمياه.

والمياه الجوفية عبارة عن مياه مستخرجة من الآبار ، وتكون أملاحها عادة أكثر من المياه السطحية، إلا أنها تحتوي علي نسبة بسيطة جدا من المواد العالقة، لأن مرور المياه في طبقات الأرض يرشحها من المواد العالقة بها. وفي مصر نعتمد علي مياه نهر النيل والمياه الجوفية كمصادر رئيسية لمياه الشرب. وتصل حصة مصر من مياه النيل إلي 55.5مليار متر مكعب في السنة، وذلك طبقاً لأتفاقية عام 1959مع السودان.

2.4. خصائص المياه:

تنقسم خصائص المياه إلي:

أ. خصائص طبيعية.
ب. خصائص كيماوية.
ج. خصائص بيولوجية.

2.4.1 الخصائص الطبيعيةPhysical Properties

درجة الحرارة: Temperature

تؤثر درجة الحرارة علي عمليات تنقية المياه، فهي تساعد علي سرعة ذوبان الكيماويات المضافة وسرعة ترسيب الجسيمات الدقيقة.

العكارة: Turbidity

قد تكون مواد عضوية مثل الطحالب ومواد غير عضوية مثل الطمي والرمال. وتكون العكارة في المياه السطحية أكثر منها في المياه الجوفية نظراً لأن الأخيرة تتعرض للترشيح خلال مرورها في طبقات التربة المختلفة

اللون: Colour

يحدث تلون الماء في الموارد السطحية نتيجة لتحلل المواد العضوية أو وجود مواد غير عضوية كالحديد والمنجنيز، ويعتبر تلون الماء من أكثر الدلالات على عدم صلاحيته للإستهلاك الآدمي ومعظم الإستخدامات الصناعية.

الطعم: Taste

يكون للماء أحياناً طعم غير مستساغ، وذلك نتيجة وجود طحالب ومواد عضوية ، أو نتيجة اختلاطه بمياه الصرف أو المخلفات الصناعية قبل معالجته.

الرائحة: Smell

يرتبط وجود طعم غير مستساغ في الماء مع وجود رائحة كريهة في نفس الوقت، إذا أن الرائحة ناتجة في معظم الأحوال من مسببات الطعم الكريه.

2.4.2 الخصائص الكيميائيةChemical Properties

الأس الهيدروجيني:pH

وهو ما يرمز له بالرمز "pH" وهو يعبر عن الحالة الحمضية أو القلوية للماء. وهو يبدأ من الصفر إلي رقم 14، والرقم 7 يدل علي التعادل النقي، وإذا قل الرقم عن 7 يدل ذلك علي حمضية الماء.

العسر: Hardness

وهو عبارة عن وجود مقادير ملحوظة من أملاح الفلزات التي لا تذوب في الماء مثل الكالسيوم والماغنسيوم.ووجودها في الماء يزيد من الأس الهيدروجيني للماء. والعسر يسبب قشور داخل المواسير والعدادات وأجهزة تسخين المياه. كما أنه يكسب الماء طعماً غير مستساغ ويصعب معه أستخدام الصابون.

الأكسجين الذائب: Dissolved Oxygen

يتواجد الأكسجين ذائباً في المياه العذبة بصفة دائمة نتيجة للتهوية الطبيعية، وتزداد نسبة الأكسجين الذائب في المياه الباردة عنها في المياه الساخنة، ويؤدي وجود الطحالب في الماء إلي إنتاج الأكسجين نهاراً فيزداد منسوب الأكسجين الذائب في الماء وفي الليل تستنفذ الطحالب كمية من الأكسجين فينخفض منسوب الأكسجين الذائب في الماء.وتساعد زيادة نسبة الأكسجين الذائب في الماء علي حدوث التآكل في السطوح المعدنية الملامسة لها كمواسير والعدادات والمضخات.

القلوية: Alkalinity

تعزي قلوية **المياه** لوجود هيدروكسيدات، كربونات، بيكربونات بعض عناصر الفلزات النشطة مثل الصوديوم والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم. وأرتفاع قلوية المياه يؤدي إلي تزايد التكاثر البيولوجي.

الحامضية: Acidity

تكون المياه حمضية إذا كان الأس الهيدروجيني pHأقل من7ومن أسباب حامضية الماء وجود ثاني أكسيد الكربون الذائب أو بعض الأحماض العضوية الناتجة من تحلل البقايا النباتية كما أن تصريف المخلفات الصناعية التي تحتوي علي أحماض في المسطحات المائية يزيد من درجة حموضة المياه. وبالإضافة لما تسببه المياه الحامضية من تآكل وصدأ المواسير الحديدية فإنها تذيب بعض المواد الضارة بالصحة مثل النحاس والرصاص والزنك.والمياه المفضل شربها يكون الأس الهيدروجيني (6.5 –8.5)

المواد الذائبة الكلية: Total Dissolved Solids

عند مرور المياه السطحية أو الجوفية علي أنواع من التربة أو الصخور فإنهاتذيب بعضاً من هذه المواد الصلبة وتختلط بالماء. وهناك حد أقصي مسموح به للمواد الصلبة الذائبة في الماء حتي لا تسبب للمستهلكين مشاكل صحية أو تكسب الماء طعماً ورائحة غير مقبولين. وتكون بعض المواد الذائبة ضارة بصحة الإنسان، لذلك من الضروري إعطاء عناية للتخلص منها أثناء عمليات التنقية.

المواد العضوية: Organic Compounds

تأتي نتيجة التلوث بالمخلفات السائلة الصناعية والزراعية والمجاري وهناك أنواع جديدة وكثيرة من المواد العضوية غير معروف تأثيرها في مياه الشرب علي المدي الطويل إلا أن بعض هذه المواد مسببة للسرطان والبعض الآخر يغير في أساس تكون الخلايا.

الخصائص البيولوجيةBiological Properties

وهي عبارة عن ما تحتويه المياه من بكتريا وفيروسات وطحالب وطفيليات ضارة بصحة الإنسان، ويؤدي اكتشاف هذه البكتريا والفيروسات إلي وضع النظام السليم لتطهير المياه بما يكفل قتل هذه الكائنات الدقيقة المسببة للأمراض.

الاشتراطات الصحية في المياه

إن مسئولية القائمين علي تشغيل محطات تنقية مياه الشرب هي التأكد من أن نوعية مياه الشرب المنتجة تتوافق مع المواصفة القياسية المصرية رقم 458 لسنة 2007 التي تكفل حماية الصحة العامة.

2.5. أنواع المواد الدخيلة علي المياه:

يمكن تقسيم المواد الدخيلة علي المياه إلي ثلاثة أقسام:

2.5.1 مواد ذائبة (Dissolved Matters)

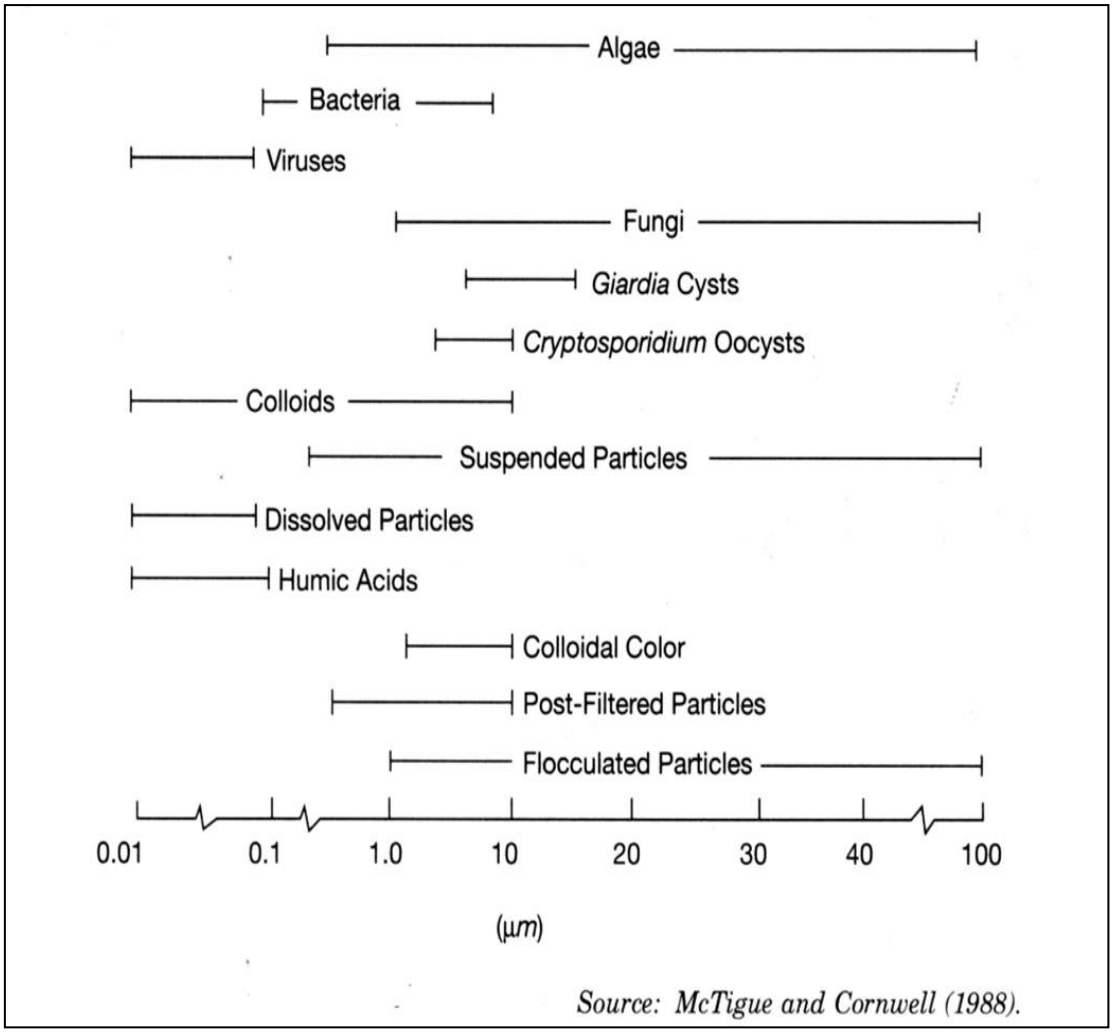
وأهمها أملاح كربونات وبيكربونات وكبريتات وكلوريدات الكالسيوم والماغنسيوم والصوديوم ، وكذا أملاح مركبات الحديد والمنجنيز والسليكا،هذا بالإضافة إلي فضلات المجاري والمصانع. وعلاوة علي الغازات الذائبة، وأهمها الأكسجين وثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الأيدروجين.

2.5.2 مواد عالقة (Suspended Matters)

وأهمها الطين والرمل والمواد النباتية والحيوانية والميكروسكوبية وأنواع البكتريا، وفضلات المصانع والصرف الصحي.

2.5.3 مواد غروية (Colloidal Matters)

وتوجد في حالة متوسطة بين التعلق والذوبان.



Source: McTigue and Cornwell (1988).

2.5.4 التأثيرات غير المرغوب فيها لبعض المواد الدخيلة علي المواد الذائبة بالمياه:

أملاح الكالسيوم والماغنيسيوم

- البيكربونات: تسبب قلوية وعسر مؤقت.
- الكربونات: تسبب قلوية وعسر مؤقت.
- الكبريتات: تسبب عسر دائم.
- الكلوريدات: تسبب عسر دائم.

أملاح الصوديوم

- البيكربونات: تسبب قلوية.
- الكربونات: تسبب قلوية.
- الكبريتات: تسبب تكوين رغاوي في الغلايات.
- الفلوريدات: تسبب تشويه الأسنان.
- الكلوريدات: تسبب طعماً.

الغازات الذائبة

- الأكسجين: تأثير علي المعادن.
- ثاني أكسيد الكربون:تأثير علي المعادن، وحمضية.
- كبريتيد الهيدروجين: تأثير علي المعادن، وطعم، ورائحة.

مواد عالقة

- البكتريا: بعضها يسبب أمراضاً.
- الطحالب: تسبب لونا، وطعماً، ورائحة وأحياناً سموم.
- الطمي: يسبب عكارة.

مواد غروية:

- أكسيد الحديد: يسبب لونا أحمر.
- المنجنيز: يسبب لوناً أسود أو بني.
- المواد العضوية: تسبب لونا وطعماً.

ووجود بعض هذه المواد في المياه يجعلها غير نقية أو غير صالحة للأستعمال وقد تسبب بعض الأمراض.

3. الهدف من عمليات التنقية:

يقصد بالتنقية التخلص من كل أو بعض المواد الغريبة سواء كانت ذائبة أو عالقة أو مواد غروية، حيث أن المياه السطحية معرضه لعوامل كثيرة تؤدي إلي تلوثها فتصبح غير صالحة للأستعمال إلا بعد تنقيتها.

ويمكن تقسيم المياه طبقاً لدرجة نقاوتها إلي:

3.1. المياه النقية الصالحة للأستعمال(potable water):

هي المياه الخالية من أي جراثيم ومن المواد المعدنية الذائبة التي تكسبها لونا أو تجعلها غير صالحة للأستعمال أو غير مستساغة الطعم أو الرائحة. أي تتوفر فيها خاصيتان هما: النقاء (purity) والصلاحية (water quality).

والصلاحية لفظ طبي مقصود به عدم احتواء الماء علي أي شيء ضار بالصحة.

والنقاء صفة طبيعية المقصود بها خلو الماء من مسببات اللون والعكارة والطعم والرائحة.

3.2. المياه غير النقية (untreated water):

هي المياه التي تعرضت لعوامل طبيعية أكسبتها تغيراً في اللون أوالطعم أو الرائحة أو العكارة، إلا أن هذا لا يعني تأكيد عدم صلاحية المياه للإستخدام، إذ قد لا يتسبب عن هذا التلوث أية أمراض أو أضرار بالصحة.

3.3. المياه غير الصالحة للأستعمال(contaminated or polluted water).:

هي المياه التي تحتوي علي البكتريا أو مواد كيماوية سامة تجعلها ضارة بالصحة العامة لما تسببه من أمراض، مما يؤكد عدم صلاحيتها للشرب. وأحتمال تواجد هذه البكتيريا أو المواد الكيماوية في المياه المنقاة، لا يتأتى إلا في الحالات الآتية:

1. أتصال بين مصدرين للمياه أحدهما ملوث (cross connection).
2. كسر في شبكة مواسير المياه وتعرضها للتلوث.
3. التنقية غير الكاملة للمياه.
4. غمر وحدات نقل المياه أثناء الفيضانات العالية.

4. مراحل تنقية المياه :

4.1. التنقية الأولية للمياه:

نحصل علي إمدادات الماء من الأنهار أو من الآبار أو من خلف السدود. وتختلف نوعية الماء تبعاً لاختلاف المصدر الذي جاءت منه، وبالتالي يحتاج كل نوع إلي تنقية خاصة حتي تكون المياه صالحة للشرب.

ففي مياه الأنهار وجد أنها تحتوي علي شوائب صلبة عالقة علاوة علي ما بها من تلوث ميكروبي، أما مياه الآبار فتحتوي علي مواد كيماوية ذائبة ويقل فيها التلوث الميكروبي أو ينعدم.

4.2. عمليات التنقية:

تمر المياه الخام بعدة عمليات لمعالجتها لتكون صالحة للشرب وهي:

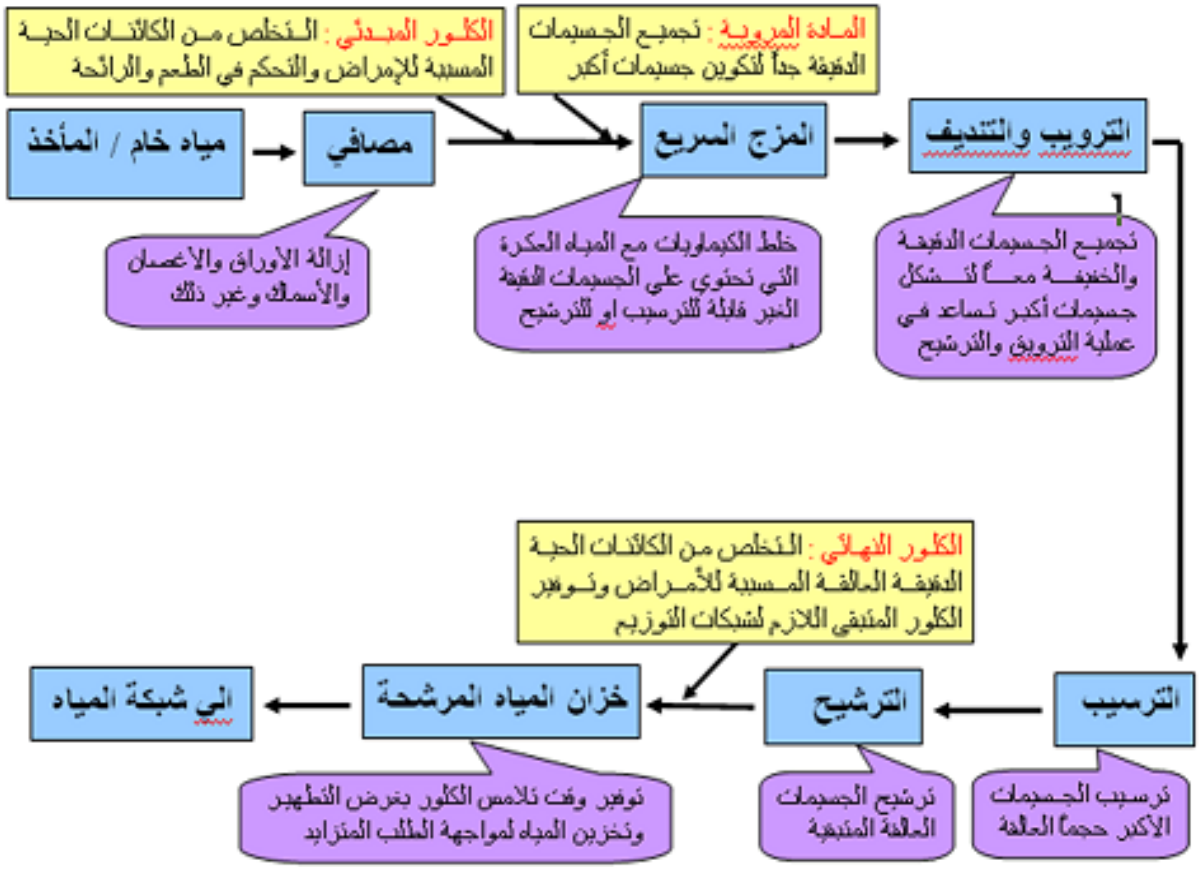
التنقية الأولية وتنقسم إلي:

- التصفية.
- التطهير المبدئي.
- الترسيب المبدئي (اختياري).

1. التنقية الرئيسية وهي تلي التنقية الأولية وتنقسم إلي:

- الترويب.
- التنديف.
- الترسيب.
- الترشيح.
- التطهير .
- التخزين.
- الضخ.

ويوضح الشكل رقم (2-2) خطوات تنقية مياه الشرب والهدف من إجراء كل عملية من هذه العمليات.



الشكل رقم (2-2) يوضح مخطط لعملية تنقية مياه سطحية.

5. تكنولوجيا تنقية المياه السطحيةSurface Water Purification Technology

5.1. الغرض من تنقية المياه السطحية

تحتوي معظم المياه السطحية (خاصة نهرالنيل) على بعض الشوائب العالقة ، بالإضافة إلى بعض أنواع البكتريا و الطحالب . أما الأملاح الذائبة فتكون غالبًا مقبولة (حيث أن تركيزها دائما متزن) كما أن هذه الأملاح في الوقت نفسه مرغوب فيها حيث أنها تدخل في بناء خلايا جسم الإنسان . ونهر النيل وفروعه هو مصدر المياه السطحية في جمهورية مصر العربية، وتحتوي هذه المياه على نسبة مقبولة جدًا من الأملاح الذائبة تتراوح بين 200 إلى400 ملجم/لتر (جزء في المليون) وهذه النسبة المثالية من الأملاح الذائبة تدخل في تركيب خلاياجسم الأنسان.

والغرض الأساسي من أعمال التنقية للمياه السطحية انتاج مياه شرب مطابقة للمواصفات القياسية المصرية رقم458 لسنة 2007 عن طريق:

1. إزالة الكائنات الحية الدقيقة والقضاء عليها، خاصة البكتيريا الممرضة والفيروسات والجراثيم.
2. تحسين الصفات الطبيعية للمياه ، وذلك بإزالة اللون والعكارة والرائحة وجعلها مستساغة الطعم عديمة الرائحة.
3. التخلص من الطحالب بطريقة مناسبة لاتؤدى إلى تدميرها تجنبًالمشاكل اللون والطعم والرائحة.
4. إزالة المواد العالقة أو الطافية.
5. إزالة المواد العالقة صغيرة الحجم.
6. إزالة المواد الصلبة الذائبة العضوية والغيرعضوية.
7. إزالة العناصر الجالبة للون والمذاق والرائحة في المياه.
8. إزالة الدهون والشحوم والزيوت.
9. إزالة المواد العالقة مثل الرمل والطين.
10. إزالة بعض المركبات الكيميائية، والتي قد تتعارض مع بعض الإستخدامات الخاصة للمياه.
11. الحد من تلوث المياه.

5.2. خطوات عمليات تنقية المياه السطحية

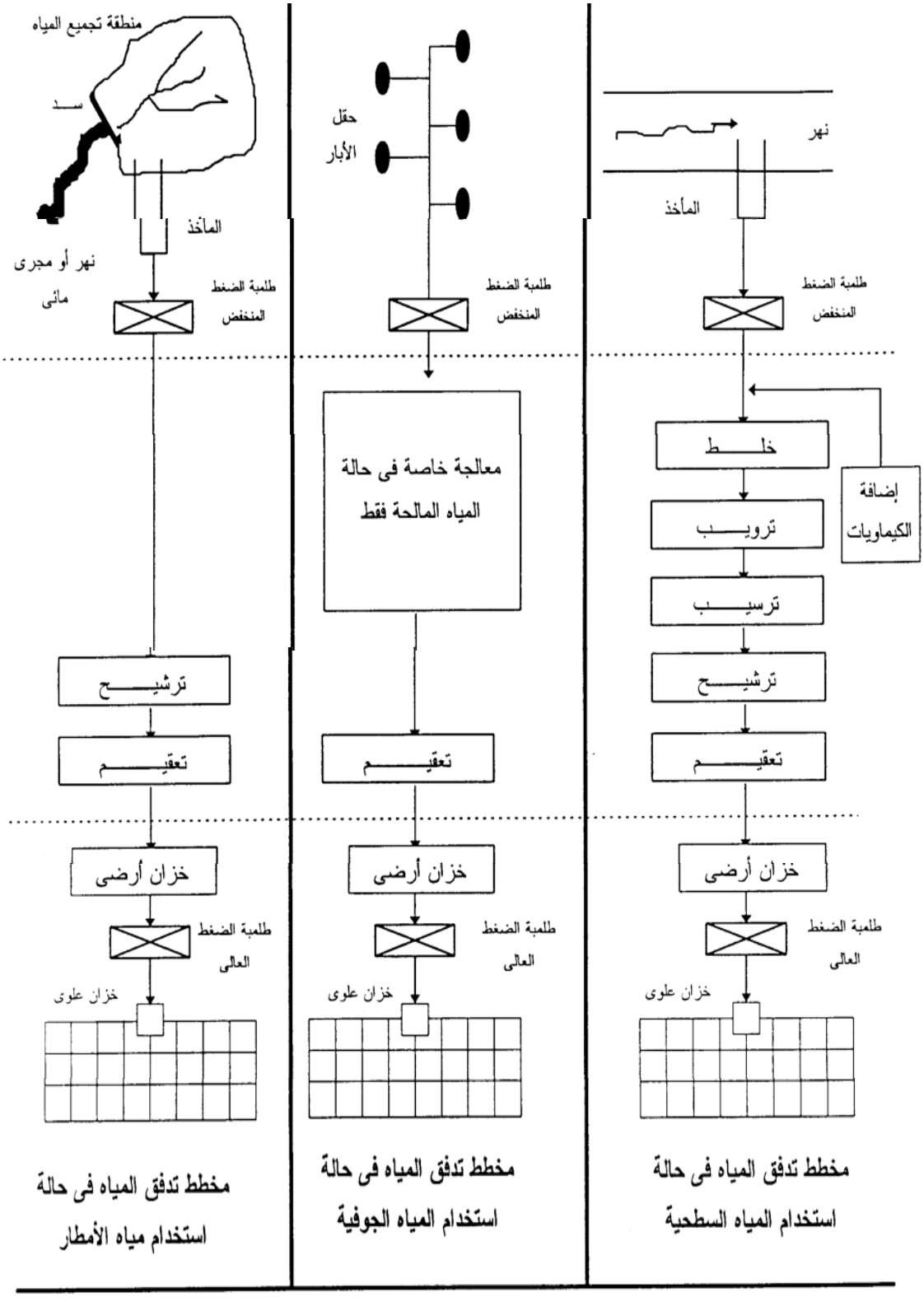
يُتبع في عمليات تنقيةالمياه السطحية في مصر (والتي يكون مصدرها غالبًا نهرالنيل وفروعه الرئيسية والترع) خطوات شبة موحدة ، تتلخص في النقاط التالية:

1. أعمال تجميع المياه من المصادر لضخها إلى موقع وحدات التنقية ، وتشمل :المأخذ، ومواسير المأخذ ، وطلمبات ضخ المياه الخام (ذات الضغط المنخفض عادة) لتوصيل المياه من المأخذ إلى بداية محطة التنقية وهوحوض التوزيع.
2. يتم إضافة جرعة الكلور المبدئي ويلى ذلك إضافة المواد الكيميائية المروبة.
3. أحواض الترويب و التنديف ثم الترسيب.
4. الترشيح بالمرشحات الرملية بطيئة المعدل أو سريعة المعدل.
5. التطهير (يشمل الكلورة الإبتدائية والكلورةالنهائية).

ثم يتم بعد ذلك تجميع المياه المنقاه في خزانات تجميع أرضية ، ثم ضخها للتوزيع بواسطة طلمبات ضخ المياه المنقاة (ذات الضغط العالي) إلى شبكات التوزيع والخزانات العالية.

ويوضح الشكل رقم (2–3) مخطط عام لنظم تنقية وتنقية (المياه السطحية، المياه الجوفية، مياه الامطار)

مياه سطحية **مياه جوفية** **مياه امطار**



شكل رقم (2–3) مخطط عام لنظم تنقية وتوزيع مياه الشرب بإختلاف المصدر الطبيعى

5.3. اختيار الموقع لمحطات تنقية مياه الشرب

يعتبر اختيار الموقع المناسب لمحطة التنقية من أهم الدراسات المطلوبة لتصميم وإنشاء المحطة حيث تؤثر عوامل كثيرة على الإختيار الأنسب يلزم دراستها في حالة عدم توافر دراسات أو مخططات عامة سابقة للمدن أو التجمع السكنى المطلوب إمداده بالمياه الصالحة للشرب.

و يعتبر نوع وموضع مصدر المياه الخام سواء من الآبار أو المياه السطحية العكرة أو مياه البحار والبحيرات المالحة ذات علاقة وثيقة بإختيار موقع المحطة، وفيما يلى عرض لهذه المصادر.

أولا: الآبار الجوفية Groundwater Wells

في حالة الإعتماد على المياه الأرتوازية (الجوفية) كمصدر أساسي للإمداد بالمياه تكون الطبقة الحاملة ونوعية مياهها واتجاه سريان المياه بها العنصر الأساسي لأختيار موقع محطة المياه حيث يحدد الموقع أمام اتجاه سريان تيار المياه تفاديًا لأى مصادر للتلوث.

أما في حالة دق آبارًا ارتوازية للمياه كمصدر مساعد لكميات المياه المطلوب داخل محطة التنقية فيراعى أن تكون المياه صالحة للإستخدام طبقا للمعايير الصحية.

ثانيا: الأنهار والبحيرات العذبة Rivers and freshwater Lakes

تشترط أن تكون الأنهار والترع والبحيرات بعيدة عن مصادر احتمالات التلوث أمام التيار وأن تكون المياه بكميات تفي بالإحتياجات على مدار السنة.

ثالثا: البحار والبحيرات المالحة Seas and salt Lakes

يشترط أن يكون مصدر هذه المياه بعيدًا عن مصادر احتمالات التلوث مع الأخذ في الأعتبار ظاهرة المد والجزر.

5.4. تفصيل لمراحل التنقية

5.4.1 المأخذ Intake

المأخذ هو الأعمال الإنشائية التي تقام على جانب المصدر المائي (نهر، ترعة رئيسية، بحيرة) لسحب المياه العكرة (الخام) بطريقة سليمة .و بالكميات المناسبة للأحتياجات. تمر المياه من خلال المصافي إلى مواسير المأخذ ثم إلى بيارة محطة طلمبات المياه العكرة (الضغط المنخفض عادة) لضخها إلى محطة التنقية.

وهناك أنواع مختلفة من المأخذ إلا أن اختيار النوع المناسب يتوقف على عدة عوامل أهمها:

1. مصدر المياه المستعمل (النهر أو البحيرة أو الترعة).
2. خصائص المياه في المصدر (المجرى المائي)
3. درجة التلوث لمياه المصدر.
4. احتمالات تلوث المصدر المائي.
5. تأثير التيارات والفيضانات على مبنى المأخذ.
6. عمق المياه وطبيعة قاع المصدر المائي.
7. احتياجات الملاحة.
8. حماية الكائنات والأحياء المائية.
9. اتجاه الرياح
10. سرعة المياه وحركة الأمواج.
11. أبعاد المجرى المائي.
12. الملاحة في المجرى المائي.
13. نوعية اساسات المآخذ الإنشائية.

شروط مواقع جميع أنواع المآخذ:

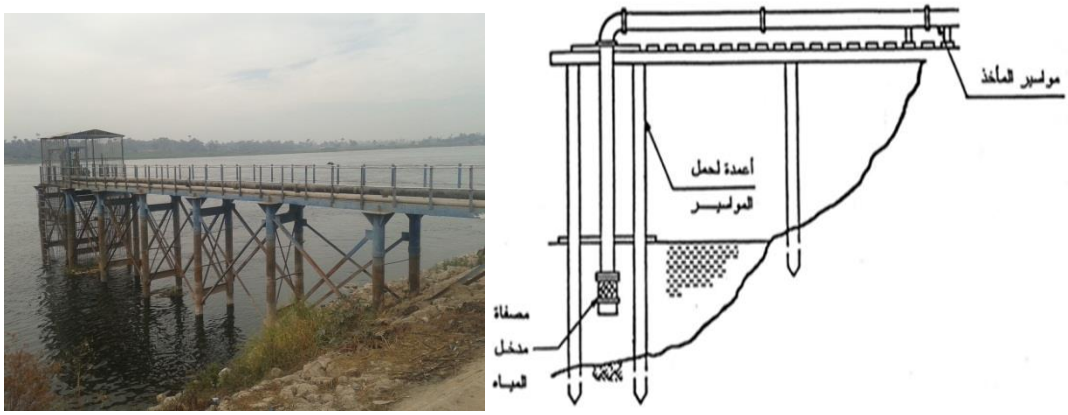
1. أن يكون سعة المأخذ كافية لإمداد المدينة لمدة طويلة مستقبلا.
2. أن يكون موقع المأخذ فوق التيار بالنسبة للمدينة أو لأي مصدر للتلوث (Upstream).
3. أن يكون موقع المأخذ بعيدًا عن المدينة بمسافة تسمح بإمتداد المدينة في المستقبل.
4. أن يكون المأخذ بعيدًا عن أي مصدر تلوث محتمل مع وقاية موقع المأخذ من أي تلوث مباشر، وذلك بمنع ارتياد أو أستعمال الأهالي لمنطقة تمتد على جانبي الموقع، وتصل إلى 500 متر فوق التيار 200 متر تحت التيار بالنسبة للمأخذ ويكون ذلك بعمل سور من السلك الشائك حول هذه المنطقة وكذلك وضع اللافتات الضرورية.
5. أن يكون سحب المياه من متوسط عمق المياه بالمصدر، بحيث تكون أعلى من القاع وأقل من سطح الماء بالمسافات الآمنة ولا تعترض احتياجات الملاحة النهرية.
6. أن يكون المأخذ في مكان على خط مستقيم من المصدر قدر المستطاع.
7. أن يكون المأخذ بعيدًا عن أماكن الترسيب في المجرى لضمان سحب مياه بدون رواسب بصفة مستمرة.
8. أن يكون المأخذ بعيدًا عن أماكن النحر في المجرى لضمان عدم إنهيار منشآت المآخذ. والأشتراطات الفنية لموقع المأخذ

أنواع المآخذ

يمكن تقسم أنواع المآخذ إلى ما يلى:

مأخذ ماسورة (Pipe intake)

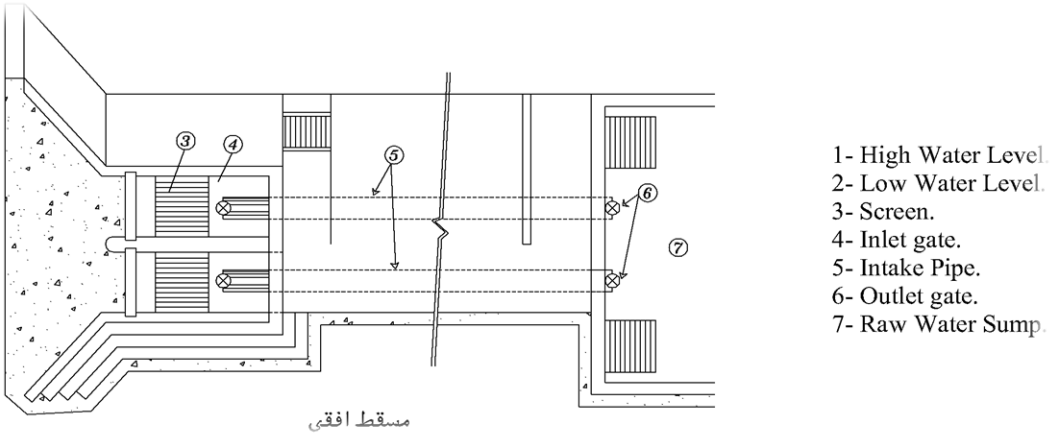
هو عبارة عن ماسورة أو ماسورتين أو أكثر تمتد من الشاطئ إلي مسافة كافية بعيدا عنه لتفادي التلوث المحتمل بجواره .وتكون المواسير محمولة علي هيكل حديد كوبري أو هيكل من الخرسانة المسلحة بحيث لا يعوق الملاحة، بالإضافة إلي وجوب إضاءته خاصة للتحذير من الاصطدام به ليلا .وتنزل المواسير إلي حوالي متر تحت أقل منسوب للمياه، أو أن يكون للمواسير أكثر من فتحه لتناسب تغير المنسوب في المجري المائي ويستخدم هذا النوع من المآخذ عادة في الأنهار الكبيرة.



شكل رقم (2–7) مأخذ ماسورة

مأخذ الشاطئ (Shore intake)

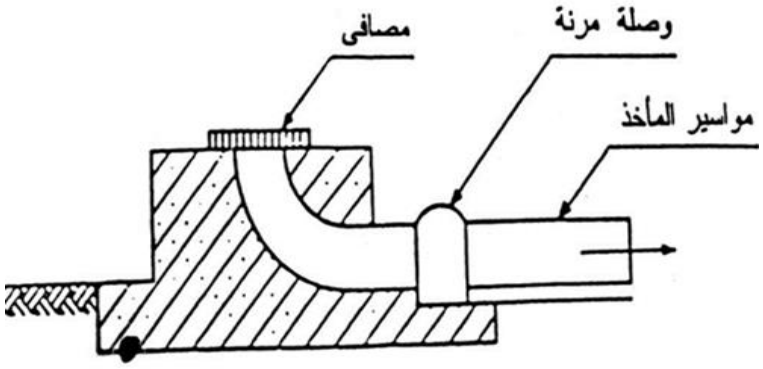
وهو عبارة عن حائط وأجنحة تبني علي الشاطئ مباشرة من الخرسانة المسلحة أو الطوب لحماية الجسر من الانهيار وبالتالي لوقاية مواسير المياه وتمتد المواسير تحت الجسر، وتنتهي إلي بيارة طلمبات المياه الخام (الضغط المنخفض عادة). وتوضع المصافي علي المأخذ لحجز المواد الطافية والأعشاب والكائنات .ويستعمل هذا الطراز من المآخذ في القنوات الملاحية وغير الملاحية علي السواء، وفي الأنهار الصغيرة نظرًا لأنه لا يعوق الملاحة.



شكل رقم (2–8) يوضح مأخذ الشاطئ

مأخذ مغمور (Submerged intake)

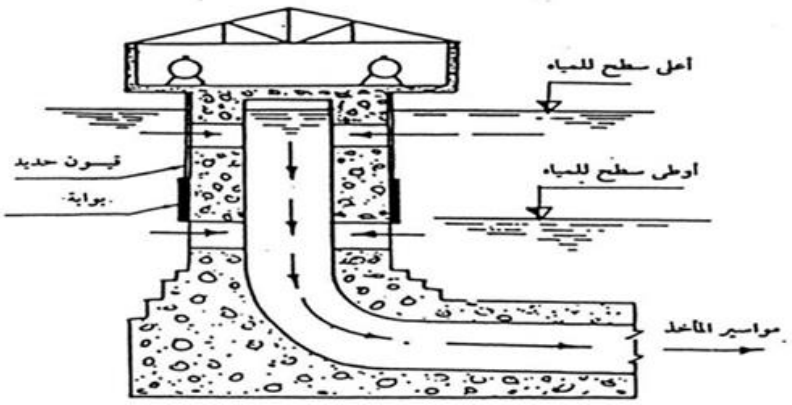
وهو عبارة عن ماسورة مثبته في قاع المجري أو السطح المائي بواسطة كتل خرسانية أو صخرية، ويستعمل هذا المآخذ في الأنهار أو المجاري الملاحية الضيقة والبحيرات، وفي حالات احتمال تلوث الشاطئ بالمواد الطافية من العوامات والسفن علي الجانبيين.



شكل رقم (2–9) يوضح مأخذ مغمور

مأخذ البرج (Tower intake)

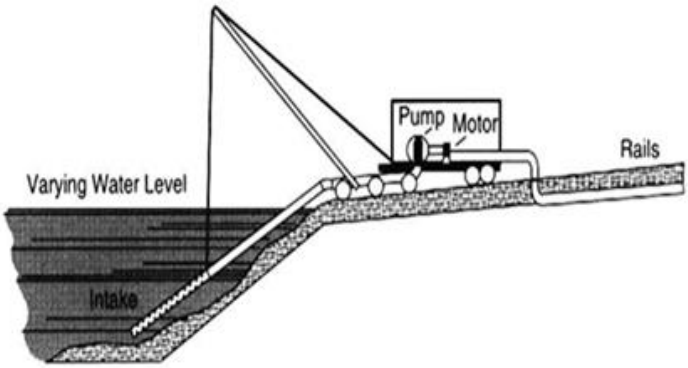
يستخدم في المسطحات أو المجاري المائية التي يسمح فيها بإنشاء مبان لسحب المياه بحيث لا يعوق هذه المباني الحركة الملاحية في المجري المائي مثل المسطحات المائية العريضة ذات التغير الكبير في منسوب المياه، يمكن إنشاء برج مزود بفتحات تدخل فيها المياه وتركب بداخلة طلمبات سحب المياه وتمتد مواسير الطرد بعد ذلك عن طريق كوبري إلي الشاطئ ويستعمل هذا النوع من المأخذ في البحيرات ذات المياه العذبة والمتغيرة المناسيب، ويبني البرج داخل البحيرة على مسافة من الشاطئ وتدخله المياه من فتحات على مناسيب مختلفة ومنها إلى سحارة المأخذ.



شكل رقم (2–9) يوضح مأخذ البرج

مأخذ مؤقت (Emergency Intake)

وهو يستعمل في حالات الطوارئ أو في الحالات المؤقتة التي يستدعى الأمر فيها الأعتماد على المياه السطحية كمصدر للمياه .وهو عبارة عن ماسورة مرنه ممتدة على حامل يطفو على سطح الماء .وهذه الماسورة المرنة تكون متصلة مباشرة بطلمبة الضخ.



شكل رقم (2– 10) يوضح المأخذ المؤقت

الشروط العامة لتشغيل المآخذ

ولما كان مصدر المياه الرئيسي في جمهورية مصر العربية هو نهر النيل وفروعه والرياحات والترع الرئيسية المستديمة المياه، فإنه غالبًا ما يستخدم مأخذ الماسورة على النهر ومأخذ الشاطئ على الترع ويجب مراعاة الشروط العامة الآتية:

1. عمل مواسير ذات مداخل مختلفة المناسيب مزودة بالمحابس اللازمة حتى يمكن سحب المياه من الطبقات العليا للماء في النهر حيث يقل تركيز المواد العالقة في الماء في هذه الطبقات، وذلك نظرًا لتغير مناسيب مياه النيل على مدار السنة.

2. يفضل أن يكون المأخذ عبارة عن ماسورتين حتى إذا طرأ ما يوقف عمل إحداهما قامت الأخرى بإمداد محطة طلمبات المياه بالماء اللازم.
3. تزويد المأخذ بالمصافي الثابتة أو المتحركة على أن يراعى عمل سلم بجوار المواسير لنزول العمال لعمل أي إصلاحات أو صيانة للمواسير أو المصافي.

المصافي Screens

الغرض من المصافي هو حجز الأشياء الكبيرة كأغصان الأشجار والنباتات والأجسام الطافية التي يمكن أن تسد أو تتلف أو تعطل أجهزة ومعدات المحطة كالطلمبات والمواسير وغيرها، وأعمال المصافي هي أولى خطوات التنقية وهي إزالة المواد الغريبة من المياه الخام، ويجب أن تتم عند نقاط مصافي المأخذ سحب المياه الخام العكرة.

وصف مختصر لثلاثة أنواع من المصافي ذات القضبان والمصافي ذات الشبك والمصافي الدقيقة:

- **المصافي ذات القضبان (Bar Screens)**

وتصنع من قضبان صلب ملحومة ومتوازية موضوعة على مسافات متساوية وتتراوح هذه المسافات من 1.5 إلى 13 مم في المصافي ذات الفتحات الصغيرة ومن 13 إلى 25 مم في المصافي ذات الفتحات المتوسطة ومن 32 إلى 100 مم في المصافي ذات الفتحات الكبيرة وأكثر المصافي استخدامًا هي ذات الفتحات المتوسطة والكبيرة .وتعترض المصافي ذات القضبان مسار المياه الداخلة إلى مأخذ المياه بزاوية تتراوح من 60 إلى 80 درجة مع الأفقي لتسهيل عملية تنظيفها ولمنع إنسدادها، ويتم التنظيف يدويًا في مصافي المحطات صغيرة التصرف، ويفضل أن يكون أوتوماتيكيًا في المحطات الكبيرة أو حتى الصغيرة.

- **المصافي ذات الشبك (Mesh Screens)**

وتسمى أيضًا المصافي الضيقة وتصنع من نسيج السلك أو ألواح من الصلب الذي لا يصدأ وتصل مساحه الفتحة إلى 10 مم٢ وتستخدم في حالات المياه التي لا تحتوى على أجسام كبيرة، وتركب رأسيًا في الماء وتنظف آليًا في معظم الأحيان.

- **المصافي الدقيقة (Micros trainers)**

المصافي الدقيقة تقوم بحجز العوالق والكائنات الحيوانية والنباتية الصغيرة جدًا المعلقة أو الطافية في الماء وتنظف عادة آليًا بواسطة دش ماء.

- **سحارة المأخذ (Intake conduit)**

هي الماسورة الواصلة من مبني المأخذ علي مصدر المياه حتى بيارة طلمبات الضغط المنخفض و قد تكون صغيرة (ماسورة من الحديد الزهر) أو كبيرة (نفقًا من الخرسانة المسلحة). وبديهي أن تتوقف مساحة مقطع السحارة علي التصرف اللازم إلا أنه في جميع الحالات يجب أن تصمم بسعة كافية لإمداد المدينة بالماء لمدة طويلة مستقبلا بحيث تجري فيها المياه بسرعة كافية لا يتسبب عنها ترسيب للمواد العالقة في قاع الماسورة كما يجب ألا يزيد سرعة المياه داخل السحارة عن تلك القيمة التي تسبب تآكلا في جدران الماسورة والقطاع الدائري هو أنسب القطاعات للسحارة من الناحية الهيدروليكية إلا أن صعوبة تنفيذه في بعض الأوقات قد تؤدي إلي أن يلجأ المصمم إلي قطاعات أخري مثل قطاع حدوة الفرس أو القطاع المربع أو المستطيل.

5.4.2 الترسيب الطبيعي Natural Sedimentation

الترسيب هو عبارة عن عملية تنقية يتم فيها فصل المواد الصلبة والعالقة والحبيبات كبيرة الحجم ذات الكثافة العالية بالترسيب تحت تأثير الجاذبية الأرضية .وتوضع المياه المراد تنقيتها في حوض لفترة زمنية (3–5 ساعات) ونظرا لأن مساحة مقطع الحوض عادة تكون كبيرة فإن سرعة الترسيب تكون قليلة .وبذلك فإن الحبيبات ذات الكثافة الأعلى من السائل المحيط تترسب إلى القاع، أما الحبيبات ذات الكثافة القليلة فتصعد على سطح الحوض ليتم فصلها بعملية الطفو مكونة طبقة الخبث أعلى الحوض (scum) وتستخدم عملية الترسيب في مجال تنقية المياه للأسباب التالية:

1. التخلص من الحبيبات الصلبة غير العضوية.
2. إزالة المواد الصلبة العضوية.
3. إزالة المتجلطات الكيميائية

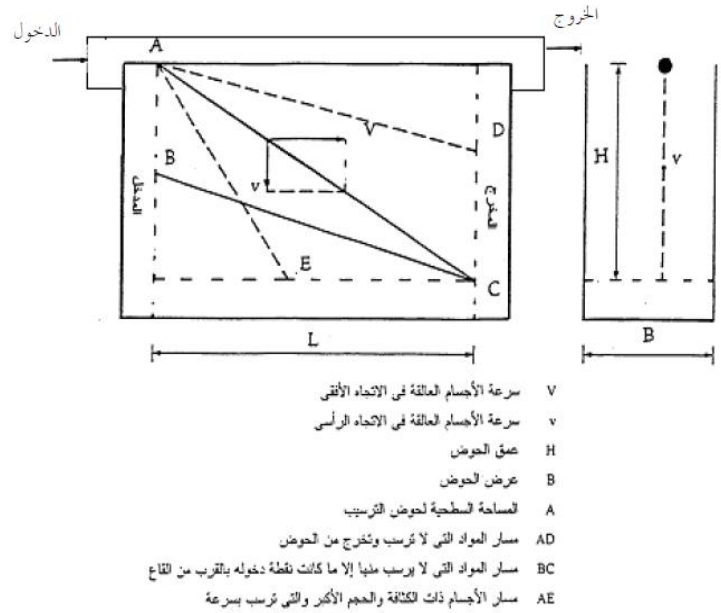
تبسيط نظرية الترسيب

لفهم نظرية الترسيب يلزم التعرف على طريقة هبوط الحبيبة المنفردة. والحبيبة المنفردة هي التي لا تتغير في الحجم ولا في الشكل ولا في الوزن، ولا تتحد مع حبيبة أخرى أثناء عملية الهبوط في الماء. فإذا تركنا حبيبة من الرمال مثلا، تهبط في حوض به ماء، نجدها أنها تهبط تحت تأثير وزنها إلى أسفل ومقاومة

الماء إلى أعلى. وحيث أن قانون نيوتن يوضح أنه إذا توازنت قوى مؤثرة على حبيبة عالقة في الماء، فلا توجد عندئذ عجلة تسارع، و إنما سرعة هبوط ثابتة منتظمة تسمى" سرعة هبوط الحبيبة."

ويعتمد تصميم أحواض الترسيب على أن الحبيبة الداخلة، والتي لها سرعة أفقية هي سرعة دخول الماء، وسرعة رأسية هي سرعة الهبوط؛ يجب أن تهبط إلى القاع قبل أن تبدأ المياه في الخروج من الحوض من الجهة الأخرى .وعلى هذا الأساس تتحدد أبعاد الحوض (الطول والعرض والعمق).

ومن الناحية النظرية البحتة يمكن توضيح عملية الترسيب كما هو موضح في الشكل رقم (2-12) كمدخل لتفهم أسس التصميم، وذلك على أساس أن المواد العالقة متجانسة التوزيع في الماء، وأن سرعة المياه بما فيها من مواد عالقة في الاتجاه الأفقي"V" وأن تصرف المياه "Q" وأن عرض الحوض" B "وعمقه "H".



شكل رقم (2- 12) رسم توضيحي لنظرية الترسيب

أي أن مساحة مقطع الحوض العمودي على مسار المياه (B x H)

و سرعة المياه الأفقية = التصرف / مساحة المقطع.

وتكون هي أيضا السرعة الأفقية للمواد العالقة بمختلف أحجامها. أما سرعة المواد العالقة في الأتجاه الرأسي "V" فتكون مختلفة حسب حجم الجزيئات وكثافتها. ومن الشكل نستنتج أن:

$$V/v=(L/H)$$

وتكون $v=V \times H/L$

و حيث أن $V=Q/(B \times H)$

تكون $v=Q/(\ \times H)\ H/L = Q/(B \times L)$

أي أن $v=Q/A$

$$\text{سرعة الهبوط الرأسية للحبيبات المتساقطة} = \frac{\text{التصرف}}{\text{المساحة السطحية لحوض الترسيب}}$$

ويتضح من ذلك أن المواد العالقة التي لها سرعة هبوط رأسية (v) مساوية للسرعة الأفقية (V) أو أكثر، يتم ترسيبها في الحوض، وعلى العكس لا تترسب المواد العالقة إذا كانت سرعتها الرأسية أقل من.(V) ومن ذلك نرى أن المساحة السطحية لحوض الترسيب (A=B x L) لها تأثير مباشر على كفاءة الترسيب، فكلما زادت المساحة السطحية قلت السرعة الأفقية (V) وزادت كفاءة الترسيب بالحوض وبالتالي فإن معدل التحميل السطحي لحوض الترسيب يُتخذ كأساس من أسس التصميم لهذه الأحواض، وهو يعادل التصرف الوارد لحوض الترسيب مقسومًا على المساحة السطحية له، وتكون وحدته (متر^3/متر^2/يوم). ومن الشكل رقم (2– 12) يتبين أن المسار AD هو مسار المواد التي لها سرعة رأسية أقل من (V) وهذه لا ترسب في الحوض بل تخرج منه، ولا يرسب منها إلا عندما يدخل قرب قاع الحوض والذي يمثله المسار BC أما المسار AE فيبين مسار المواد التي لها كثافة وحجم أكبر وترسب بسرعة لأن سرعتها الرأسية تكون أكبر من.(V)

العوامل المؤثرة في عملية الترسيب

1. حجم الحبيبات وطريقة توزيعها :فكلما زاد حجمها ووزنها، زادت كفاءة الترسيب.
2. شكل الحبيبات :فكلما اقترب شكلها من الشكل الكروي كلما كان ترسيبها أسرع وأكفأ
3. كثافة الحبيبات :فكلما زادت كثافتها زادت كتلتها بالنسبة لحجمها وزادت سرعة رسوبها، وبالتالي زادت كفاءة الترسيب.
4. درجة حرارة الماء :فكلما ارتفعت درجة حرارة الماء قلت كثافته ولزوجته، وبالتالي زادت سرعة رسوب الحبيبات وزادات كفاءة الترسيب.
5. الشحنة الكهربائية للجسيمات :والتي تكون دائما سالبة الشحنة وعند تنقية المياه بالشبه الموجبة الشحنة يحدث تجاذب بين الجسيمات السالبة والموجبة مما يساعد علي ترسيبها وزيادة كفاءة الترسيب.

6. سرعة سريان الماء في الحوض :فكلما قلت سرعة الماء زادت كفاءة الترسيب ويفضل الأ تتجاوز السرعة الأفقية في الحوض (30 سم / دقيقة)
7. مدة بقاء الماء في الحوض (مدة المكث) فكلما زادت المدة زادت كفاءة الترسيب .ومن النواحي الاقتصادية والعملية يفضل أن تكون مدة المكث في حدود 2 – 4 ساعات حيث أن زيادة المدة أكثر من اللازم لا يزيد من كفاءة الترسيب إلا بنسبة بسيطة.

ومدة المكث = حجم حوض الترسيب مقسوما علي معدل التصرف خلال الحوض.

8. النسبة بين طول وعرض حوض الترسيب في الأحواض المستطيلة وذلك للتقليل من فرص تكون مناطق راكدة أو ميتة (Dead Zones) عند زيادة عرض الحوض.

استخراج الرواسب (الروبة) من أحواض الترسيب

تتكون الرواسب (الروبة) من بقايا المادة المروبه مثل الشبه (في حالة استخدام المواد الكيميائية للترويب) مع الرواسب المتجمعة ويكون تركيز المادة المجلطه (المروبه) في الروبة 2– 10 % وفي أحواض الترسيب ذات التدفق الأفقي يتم ترسيب 50 % من الندف في الثلث الأول من طول الحوض، ويجب مراعاة ذلك في تصميم نظام استخراج الرواسب من الحوض.

كما يجب استخراج الرواسب من الحوض دوريًا (على فترات زمنية) للأسباب الآتية:

1. منع تداخلها مع المياه المروبه وإعادة تعكيرها.
2. منع تكاثر البكتيريا التي تسبب طعمًا ورائحة غير مقبولين للماء.
3. تفادي شغل حيز كبير من الحوض، يخفض من كفاءة تشغيله، مع انخفاض نوعية المياه المنتجة لانخفاض مدة المكث.

ويتم استخراج الروبة من الأحواض إما يدويًا أو ميكانيكيا عن طريق:

1. الكاسحات الميكانيكية للأحواض المستديرة والمعلقة في الكباري المتحركة فوق الحوض.
2. العربات المتحركة الأفقية والكباري الكاسحة للأحواض المستطيلة.
3. حيز تركيز الرواسب كما سيرد ذكره عند الحوض نابض (Pulsator)

5.4.3 الترسيب باستخدام الكيماويات (عمليات تنقية المياه، الترويب والتنديف Coagulation and Floculation)

الترويب والتنديف من العمليات الهامة في وحدات تنقية المياه وتنقية الفضلات السائلة، والتي تستخدم للتخلص من المواد الغريانية التي تأتى باللون والعكارة .وعادة تسبب العكارة إلى وجود كميات قليلة من الطين الغروي العالق وبعض المعادن والمواد العضوية أما اللون فيأتي من هيدروكسيد المعادن الغروية، وعادة ينسب إلى مركبات عضوية معقدة تسمى(Fulvic acids). وفي المحاليل المخففة نسبيا فإن بعض الحبيبات لا تتصرف كجسيمات منفصلة أو منفردة، غير أنها تصادم مع بعضها، وتتحد أثناء ترسبها وبذا تزيد سرعتها .وعملية التجلط تعتمد على فرصة ألتقاء الحبيبات، والدفق السطحي، وعمق الحوض، وميل السرعة في النظام، ودرجة تركيز الجسيمات، ومقاس الحبيبات وخواص السائل (درجة حرارة، الرقم الهيدروجينى والأيونات الحرة) نوع وطبيعة وخواص المروبات، وزمن وسرعة الترويب .ولزيادة فعالية عملية التجلط تضاف إلى الماء الخام كميات بسيطة من مواد كيميائية مروبة مثل كبريتات الألمونيوم وكلوريد الحديد .وبعدها يبدأ التجلط وتزداد كفاءة الترسيب، وعملية الترويب والتجلط فعالة لإزالة الحبيبات صغيرة الحجم والمواد المسببة للعكارة والبكتريا.

والخصائص العامة للمواد العالقة (الغروية):

- لا تزال بعملية الترشيح العادية
- يعوق حجمها الصغير (1 نانومتر إلى 1 ميكرومتر) من مشاهدتها وكشفها بالمجهر (الميكروسكوب) العادي.
- تمنع التصادمات المتعددة بين الحبيبات حركة براون (Brownian) ترسبها تحت قوى الجاذبية الأرضية.
- للمواد الغروية قابلية للتجلط والترسيب.
- تقوم الجسيمات الغروية بتشتت الضوء (ظاهرة تندال Tyndall effect)
- نسبة المساحة السطحية للغرويات إلى نسبة الحجم كبيرة مما يجعل القوى الكيميائية السطحية أكثر أهمية.
- نظام الغرويات نظام مستقر.

أهمية عمليات الترويب والتنديف

تحتوي المياه كما سبق ذكره على مواد على هيئة حبيبات عالقة ومواد معلقة (Colloidal) ذات أحجام مختلفة، ويعتمد الترسيب الطبيعي لهذه المواد على حجمها، فتحتاج الأحجام الصغيرة للمواد العالقة و(Colloidal) لكي ترسب مسافة متر واحد، إلى الأزمنة التالية:

قابلية ترسيب الجسيمات في المياه

قطر الحبيبات (مم)	النوع	زمن الترسيب *	القابلية للترسيب
١٠	حصي	١ ثانية	قابلة
١	رمل	١٠ ثواني	قابلة
٠.١	رمل ناعم	٢ دقيقة	قابلة
٠.٠١	طمي / طحالب	٢ ساعة	غير قابلة
٠.٠٠١	بكتريا	٨ يوم	غير قابلة
٠.٠٠٠٢	مواد غروية	سنتين	غير قابلة
٠.٠٠٠٠٢	فيروسات	٢٠ سنة	غير قابلة

* زمن الترسيب هو القدرة التقريبية للرسوب لمسافة ١ م في المياه تحت تأثير الجاذبية فقط .

وإذا علمنا أن قطر الحبيبة الدقيقة العالقة يتراوح بين 0.001 إلى 0.000001 مم نرى أنه يستحيل الإعتماد على الترسيب الطبيعي في عمليات المياه مع التزايد المستمر في عدد السكان والزيادة المضطردة في معدلات استهلاك المياه. لذلك تحتاج هذه الشوائب المعلقة الصغيرة إلى عملية ترويب (تجلط) وعملية تنديف قبل الترسيب. ويقصد بلفظ الترويب أو التجلط (Coagulation) عملية غرويات غير قابلة للذوبان في الماء أما لفظ التنديف (Flocculation) فيعني العملية التالية للترويب، وهي تكوين الندف (Flocs) الأكبر حجمًا، والتي ترسب لثقل وزنها.

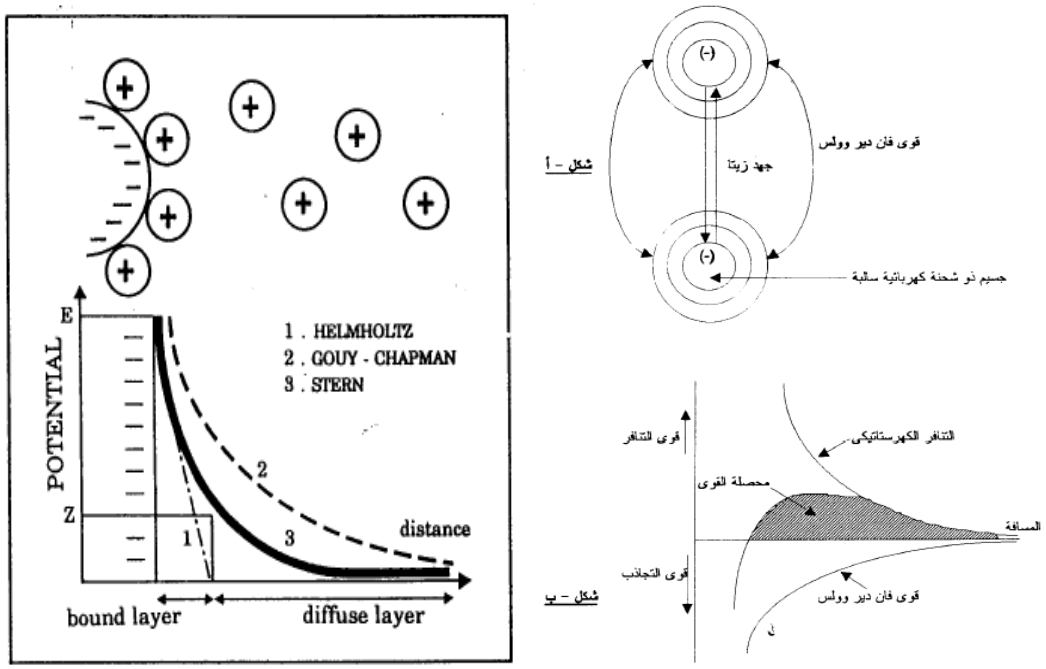
ومن أهم المؤثرات السطحية بالنسبة للجسيمات الغروية الإمتزاز أو قابلية المادة للتجمع على السطح (والخواص الكهروحركية Electro kinetic) أو قابلية سطح الجسيم الملامس للماء لتملك شحن كهربائية.

أما القوى التي تربط الحبيبات المتجمعة مع بعضها البعض فهي إما قوى كولوم Columbic forces أو قوى لندن–فان دير فالز London–Van der Waal's forces، وتظهر قوى كولوم من الشحنات الموجبة أو السالبة الكلية الموجودة على الحبيبات الأولية.

ويمكن أن تكون قوى كولوم جاذبة أو طاردة ويتناقص مقدار قوى كولوم بمربع المسافة بين الجسيمات . أما قوى فان دير وول فتظهر من أداء إلكترونات النواة وتكون قوى فان دير وول دائما قوى تجاذب تؤثر

على مسافات صغيرة جدا وتنشأ قوى فان دير وول من نقل الشحنات الإلكترونية داخل الجسيمات المحايدة . وهذا الفعل يركز الشحنات الموجبة على جهة من الحبيبة، ويركز الشحنات السالبة في الجهة الأخرى من الحبيبة وتسمى هذه الظاهرة بالإستقطاب Polarization ويقوم الاستقطاب بإنتاج قوى جذب بين الحبيبات وتتناقص قوى الجذب هذه مع مكعب المسافة بين الحبيبات .وعليه فإن قوى فان دير وول تؤثر لمسافة صغيرة جدا بين الجسيمات.

يبين الشكلين التاليين القوى العاملة بين الجسيمات الغروانية.



نظرية الطبقة المزدوجة

Theory of double layer

القوى المؤثرة بين الجسيمات

ذات الشحنات الكهربائية

و لكي يتم تجلط الحبيبات تعمل بعض الوسائل على حمل الحبيبات لتلامس بعضها البعض، ومن هذه الوسائل حركة براون. أما حركة براون العشوائية فهي ثابتة ولا يمكن التحكم فيها، غير أنها لا تؤثر كثيرًا على الترسيب لأن المسافات المتوسطة الحادثة تتساوى في جميع الجهات .أما التجلط والترسيب التفاضلي فيحدث فقط أثناء عملية الترسيب .وإذا كانت الحبيبات العالقة أحادية التشتت، فتترسب كل حبيبة بنفس سرعة الترسيب، ولا يتم ترسيب حبيبة أسرع من الأخريات وعليه فلا توجد فرص تلامس مما لا ينتج عنه تجلط كثيرا.

أما إذا كان النظام متعدد التشتت، فتترسب الحبيبات الكبيرة بسرعات ترسيب أكبر من سرعة ترسيب الحبيبات الصغيرة، وعليه فهنالك فرصًا أكبر للتصادم بين الحبيبات .والقوى التي تمنع تجلط الجسيمات يتعلق بوجود الشحنة على سطحها. ولأن الحبيبات تحمل شحنات كهربائية متماثلة فإنها تنفر من بعضها البعض. ويقلل هذا التنافر من فرص التجمع. غير أن إضافة مواد غروانية أخرى تحمل شحنات مضادة للجسيمات تعمل على معادلة الشحن مما يزيد من فرص التصادم بين الجسيمات وتجلطها.

وعليه فالترويب والتنديف عمليتان ضروريتان في تنقية المياه، ويرجع ذلك أساسًا إلى وجود هذه الجسيمات الدقيقة المعلقة في الماء والغير قابلة للترسيب في وقت مناسب، ولكن يمكن تحويلها إلى أجسام أكبر وأثقل وزنًا بواسطة إضافة مروبات أو مواد مجلطة كيماوية (Coagulants) وخلطها مع الماء. وتحمل الجسيمات الدقيقة (المشار إليها) شحنة كهربائية سالبة، وبالتالي يحدث تنافر بينها لتماثل شحناتها، وهكذا تبقى متباعدة عن بعضها .وتوجد قوى طبيعية أخرى تعمل على جذب هذه الجسيمات لبعضها، ولكنها تتعادل مع قوى التنافر، ولذلك تبقى الجسيمات لا متنافرة ولا متجاذبة أي معلقة في الماء. لذلك تستخدم المروبات حيث أنها تحمل شحنة كهربائية موجبة وبالتالي يحدث تجاذب مع الجسيمات الدقيقة العالقة وبذلك تساعد المروبات على تجميع هذه الجسيمات وترسيبها بسرعة.

نظريات الترويب :

مواد الترويب (المروبَّات) Coagulant

تستعمل مواد كيميائية عديدة (مروبات) في عمليات ترويب المياه، من أهمها:

1. كبريتات الألومنيوم المائية (الشبَّه).
2. كلوريدات الحديدك.
3. كبريتات الحديدوز.
4. كبريتات الحديدوز والجير.

كما تستعمل مواد أخرى كمساعدات لعملية الترويب، من أهمها

- السيليكا المنشطة (سليكات الصوديوم)
- مواد التثقيل (مثل طين البانتونايت)
- البولي ألكتروليتات (كاتيونية موجبة الشحنة، أو أنيونية سالبة الشحنة أو متعادلة الشحنة) وهو ما يعرف بمواد البوليمر.

وتتم عملية الترويب بإضافة مادة أو أكثر، حسب خواص المياه ومكوناتها. وتؤثر درجة قلوية المياه تأثيرًا مباشرًا في كفاءة الترويب وجرعة المادة المروبه.

والشبَّه هي أكثر مواد الترويب أستعمالا وهي تتفاعل مع القلوية (العكارة) الموجودة في الماء طبيعيًا والقلوية المضافة (إذ يجب توفير مستوى معين من القلوية لحدوث التفاعل) مكونة جسيمات ندفية جيلاتينية هلامية القوام هيدروكسيد الألومنيوم، لها خاصية تجميع المواد العالقة، وذلك على النحو التالي:

$$Al_2(SO_4)_3.18H_2O + 3Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow 2Al(OH)_3 + 3Ca\,SO_4 + 18H_2O + 6\,CO_2$$

666.14 + 486.3 ↔ 155.96 + 408.42 + 324 + 264

(300.3 as Ca CO_3) ↔ (288.18 as SO_4)

1 + 0.73 ↔ 0.234 + 0.61 + 0.486 + 0.396

(0.45 as Ca CO_3) ↔ (0.432 as SO_4)

وتوضح النتيجة أن كل 666.14 جم من كبريتات الألومنيوم (الشبة) تتحد مع 300 جم من القلوية لإنتاج 155.96 جم من هيدروكسيد الالومنيوم .

كما تبين المعادلة ان 1مجم من الشبة تتفاعل مع 0.45 مجم من القلوية وينتج 0.4 مجم من ثاني اكسيد الكربون، 0.43 مجم كبريتات ذائبة.

ونتيجة لأن الندف المتكونة من هيدروكسيد الألومنيوم تحمل شحنة كهربائية موجبة، فإنها تتعادل مع جسيمات العكارة ذات الشحنة السالبة في مدى لا تتجاوز ثانية أو ثانيتين بعد إضافة الشبه، (وهذا هو السبب في ضرورة الخلط السريع التام للحصول على ترويب جيدا)، ويعتبر هذا التعادل بين الشحنتين الكهربائيتين علامة على بدء الترويب .وتلتصق جسيمات العكارة بندف هيدر وكسيد الألومنيوم وتكون جسيمات أكبر حجمًا وأثقل وزنًا ذات شحنة كهربائية متعادلة وهي ما تسمى بالندف .ثم تتصادف الندف الدقيقة وتتماسك معًا مكونة ندفًا أكبر قابلة للترسيب وتسمى هذه العملية بالتنديف.

وتضاف مساعدات المروبات لتحسين عملية الترويب حيث تساعد على:

- تكوين ندف أقوى أكثر قابلية للترسيب.
- الحفاظ على سرعة الترويب.
- الإقلال من كمية المروبات (المواد الكيميائية المجلطة) المستخدمة.

وتسمى كمية الشبة المضافة للمياه الخام لتكوين أكبر وأثقل ندف بالجرعة المؤثرة (Optimum dose) ويتم تحديد هذه الجرعة عن طريق التجارب المعملية بإستخدام أختبار الكأس (test Jar)

العوامل المؤثرة في عملية الترويب

تتأثر عملية الترويب بعوامل مختلفة (Factors Affecting Coagulation) أهمها:

1. تركيز الرقم الهيدروجيني (pH) حيثأانه لكل نوع من المواد المروبه مدى معينًا من الرقم الهيدروجيني للمياه تتم عنده عملية الترويب بأحسن كفاءة .فعلى سبيل المثال يكون المدى 5.5: 7.5 هو أفضل مدى بالنسبة للشبه والمدى الأكبر من 8.5 هو أحسنها بالنسبة لكبريتات الحديدوز.
2. قلوية الماء حيث تتم عملية الترويب أسرع مع القلوية الأعلى.
3. درجة الحرارة حيث تكون عملية الترويب أفضل في الدرجات الأعلى.
4. ظروف الخلط بالمادة المروبه ويفضل أن يكون خلط المواد المروبه بسرعة وبتجانس في كل كمية المياه الموجودة في حوض الخلط السريع.
5. كمية العكارة حيث تساعد العكارة على تكوين نواة تتجمع حولها الندف وتؤدى إلى الإقلال من المادة المروبه. وأحيانًا يتم اللجوء إلى إضافة مواد مساعدة إذا كانت العكارة قليلة جدًا.
6. جرعة المادة المروبه ويفضل تحديد الجرعة الفعالة عن طريق التجارب المعملية بإستخدام أختبار الكأس.
7. الزمن اللازم لإتمام التفاعل الكيميائي والطبيعي وتعادل الشحنات الكهربائية للمواد المروبه وللمواد العالقة.

عملية التنديف Floculation Process

التنديف هو تكوين الندف (كما سبق الإشارة إليها) ويتم ذلك عن طريق التقليب البطيء في حوض الترويب وتكون سرعة التدفق من الحوض بطيئة بما يكفل عدم تفتت الندف وتتراوح مدة المكث في الحوض من 20 إلي 40 دقيقة او حسب التصميم للمحطة وهو الفترة اللازمة للتنديف.

ويمكن إجراء التقليب للتنديف ميكانيكيًا (بإستعمال بدالات دوارة) أو هيدروليكيًا (أي نتيجة لحركة تيارات الماء) وتشمل قلابات التنديف الميكانيكية علي عدة أنواع منها:

1. القلابات ذات العجلات البدالة الأفقية/الرأسية.
2. قلابات المروحة.
3. القلابات التوربينية.
4. القلابات المتأرجحة.

العوامل المؤثرة في عملية التنديف

تتأثر عملية التنديف بالعوامل الآتية:

1. جرعة المادة المروبه إذ يتفاوت حجم الندف تبعًا لكمية المادة المروبه المستخدمة وبالتالي تتفاوت كثافتها فتزداد كثافة الندف بزيادة حجمها إلى أن تصل إلى حجم معين فتبدأ كثافتها تقل وبالتالي تتفاوت كثافتها، فتزداد كثافة الندف المروبه بزيادة حجمها إلي أن تصل إلي حجم معين فتبدأ كثافتها تقل، وبالتالي تقل سرعة ترسيبها لذلك فإنه يلزم مراعاة الدقة التامة في تقدير الجرعة الفعالة (المؤثرة) للمادة المروبه معمليًا للحصول علي ندف لها أكبر كثافة وبالتالي تكون الأسرع في الترسيب.
2. سرعة التقليب في فترة الندف فإذا زادت سرعة التقليب عن سرعة معينة فإن ذلك يؤثر علي قوة التماسك ويؤدي إلي تفتت الندف وعدم تجميعها .لذلك يجب مراعاة ألا تزيد السرعة في منطقة التنديف عن السرعة المناسبة للحفاظ علي تماسك الندف.
3. الزمن اللازم لإتمام عملية التنديف وهو يتراوح بين 15 إلي 30 دقيقة.

عملية الترويق و الترسيب

بعد إتمام عملية (الخلط السريع) لمواد الترويب ثم إتمام عملية التنديف (الخلط البطيء) يتم ترويق المياه بإدخالها إلي أحواض الترويق عن طريق ماسورة تصل إلي محور الحوض فتنتشر المياه في اتجاه قطري (الأحواض المستديرة) ثم تترك لفترة من ساعتين الى اربع ساعات تقريباً لترسيب الندف المتكونة إلي قاع الحوض يتم بعدئذ تشغيل زحافة (Scraper) تدور حول محور رأسي علي قاع المروق بحيث تكسح الرواسب أمامها إلي محور الحوض حيث ماسورة تجميع الرواسب ويتم صرف الرواسب كل فترة زمنية بفتح صمام ماسورة الرواسب الموجود في غرفة تجميع الرواسب خارج الحوض.

أحواض الترويق

لا تختلف أحواض الترويق في تصميمها عن أحواض الترسيب الطبيعي، كما أن العوامل المؤثرة علي كفاءة الترسيب فيها لا تختلف عن تلك المؤثرة علي أحواض الترسيب الطبيعي ولكن زمن الترويق سيكون أقل جدًا من زمن الترسيب الطبيعى ، وبالتالي تكون أحجام أحواض الترويق أصغر كثيرًا من أحجام أحواض الترسيب وبالرغم من اختلاف أنواع وطرازات أحواض الترويق إلا أنها تتفق جميعها في الأسس الرئيسية للتصميم وإن اختلفت في بعض التفاصيل.

أحواض الترويب والترويق

لتقليل حجم الأحواض تم تصميم حوض يقوم بعمليتي الترويب والترويق معًا وفي هذا التصميم تدخل المياه إلي الحوض عن طريق ماسورة رأسية عند المحور الرأسي في منتصف الحوض. وتتم عملية تقليب المياه

بواسطة أذرع أفقية تدور حول هذا المحور وتعمل بمحرك كهربائي حتي تتم عملية الترويب بعد ذلك تتجه المياه إلي أعلي وتتخطي الحاجز الرأسي وتدخل إلي أسفل الحوض، وتعمل الزحافة علي كشطها من علي أرضية الحوض إلي حيز الرواسب في منتصف الحوض ثم علي ماسورة خروج الرواسب ومنها إلي غرفة تجميع الرواسب. أما المياه المروقة فتتجه إلي المجري المنشأ علي الحوض ثم إلي ماسورة الخروج ومنها إلي المرشحات.

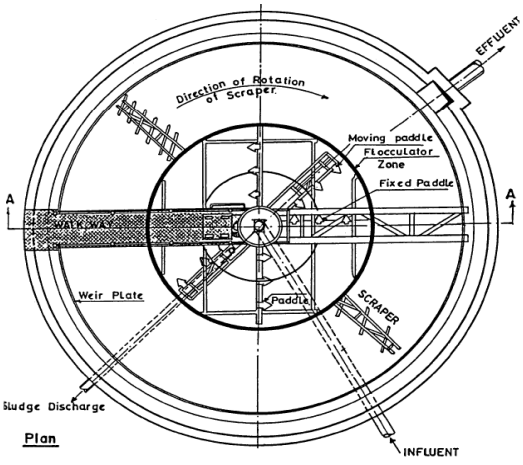
ويعرضان الشكلان رقما (2-19) و(2-20) نموذجين لأحواض الترويب والترويق العادية.

وقد تطورت هذه الأحواض بالتقدم العلمي المستمر وتزايد متطلبات المياه وأتجه هذا التطور في أتجاهين: زيادة سرعة الترسيب وزيادة سرعة مرور المياه في الأحواض، وذلك لتقليل حجم الأحواض قدر الإمكان . وسنتناول فيما يلي وصفًا تفصيليًا لبعض من أحواض الترويب والترويق الحديثة وتشمل:

1. حوض الترويب والترويق العادى
2. حوض الترويب والترويق السريع.
3. حوض الترويب والترويق النابض.Pulsator
4. حوض الترويب والترويق النابض الفائقsuper Pulsator.

ثم اتجهت الأبحاث أخيرًا إلي تعويم الندف بدلا من ترسيبها بطريقة التعويم بالهواء (Air Floatation).

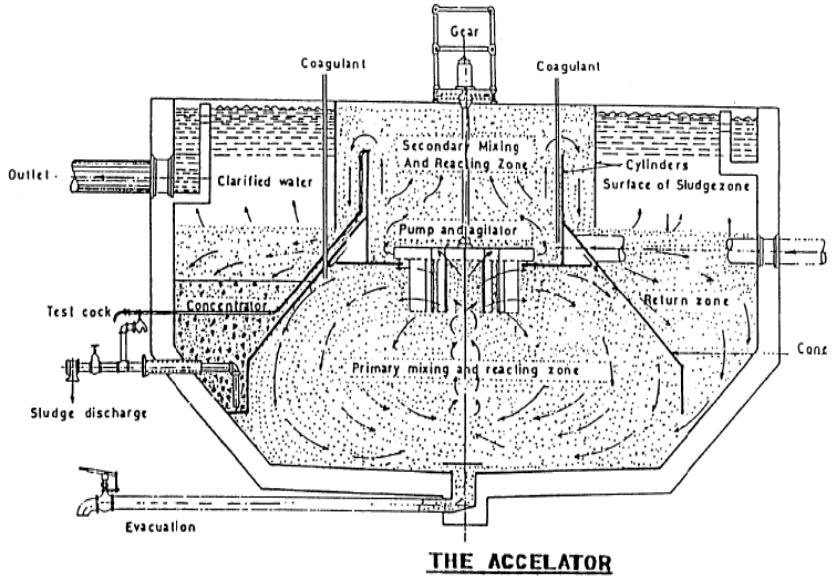
حوض الترويب والترويق العادى



شكل رقم (2-19) أحواض الترويب والترويق العادية، النموذج الأول

حوض الترويب والترويق السريع

الغرض من هذا الحوض هي الإسراع بعملية الخلط والتفاعل الكيميائي بين المياه والمروبات، كذلك تكوين الندف وترسيبها، ثم خروج المياه الرائقة إلي المرشحات ويتم إنشاء أحواض الترويب والترويق السريعة من الخرسانة أو الصلب علي شكل قطاع دائري بقطر حوالي 30 مترًا وقاع مخروطي وأرضية مستوية لتسهيل خروج الرواسب كما هو موضح بالشكل رقم (2- 21)



شكل رقم (٢-٢١) حوض الترويب والترويق السريع

شكل رقم (2-21)

1. تدخل المياه إلي منطقة الخلط الإبتدائي (primary Mixing) ثم تضاف المروبات من ثلاث أماكن، وبعدئذ يقوم الخلاط بعملية مزج المروبات مع المياه مزجًا كاملا ونتيجة لذلك تتكون الندف ويكبر حجمها ويثقل وزنها وترسب علي القاع.
2. بإستمرار ترسب الندف يزداد حجم الخليط ويخرج خارج منطقة التفاعل وعند وقت معين يحدث التوازن.
3. يخرج الماء خارج نطاق الخليط السابق وقد تم ترويقه بينما يتم سحب الخليط المتكون إلي الخارج عن طريق ماسورة خاصة.
4. تخرج المياه الرائقة عبر هدار إلي ماسورة الخروج متجهة إلي المرشحات.

ومن مميزات أحواض الترويب والترويق السريعة ما يلى:

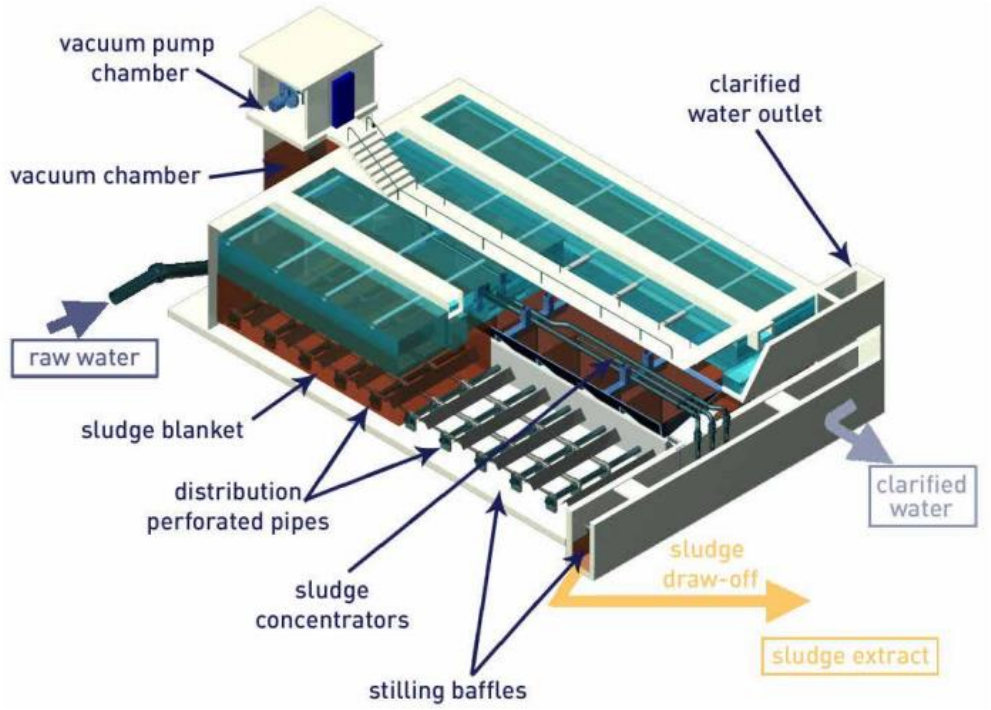
1. تعطي درجة نقاوة عالية للمياه مع درجة عكارة بسيطة.
2. تتميز بسهولة مراقبة تركيز الرواسب بدرجة تجانس عالية للمياه.

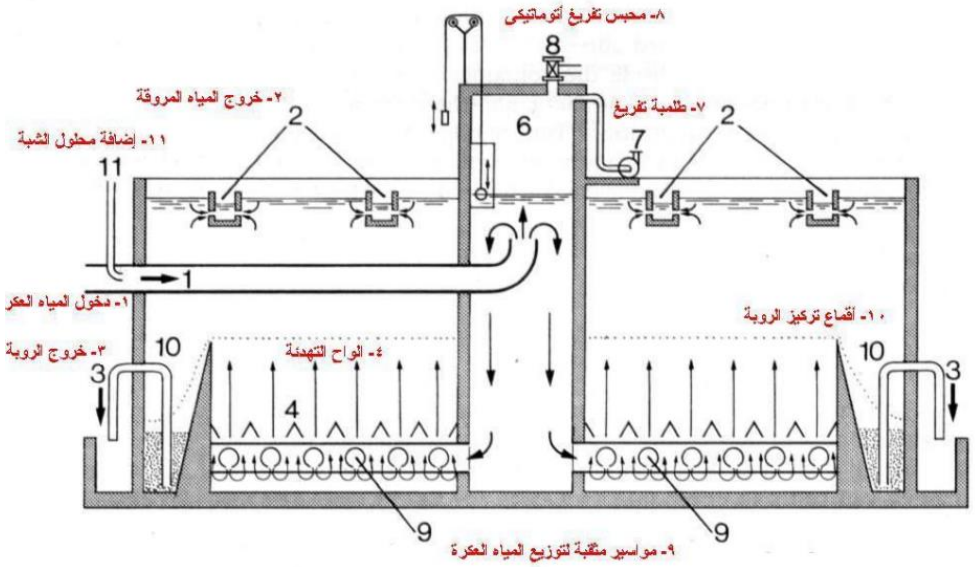
3. توفر في مساحة الأرض.

حوض الترويب والترويق النابض

يتكون الحوض مستوى القاع وبة مجموعة من المواسير المثقبة لتوزيع المياه العكرة الداخلة للمروق بانتظام ويوجد به مجموعة من القنوات المعلقة فى المستوى العلوى للمروق لتجميع المياه المروقة الخارجة من المروق بشكل منتظم وتخل المياه من خلال قناة دخول ماسورة تقع اسفل اقماع الروبة ثم تصل الى غرفة المروق النابض ويجوجد بهذه الغرفة طلمبة لسحب الهواء وذلك لرفع حوالى 60% من اجمالى الماه الداخلة الى المروق لاحداث النبضة فى هذا المروق ، كما هو موضح بالشكل رقم(2 – 22)

مرفق فيديو لمزيد من المعلومات



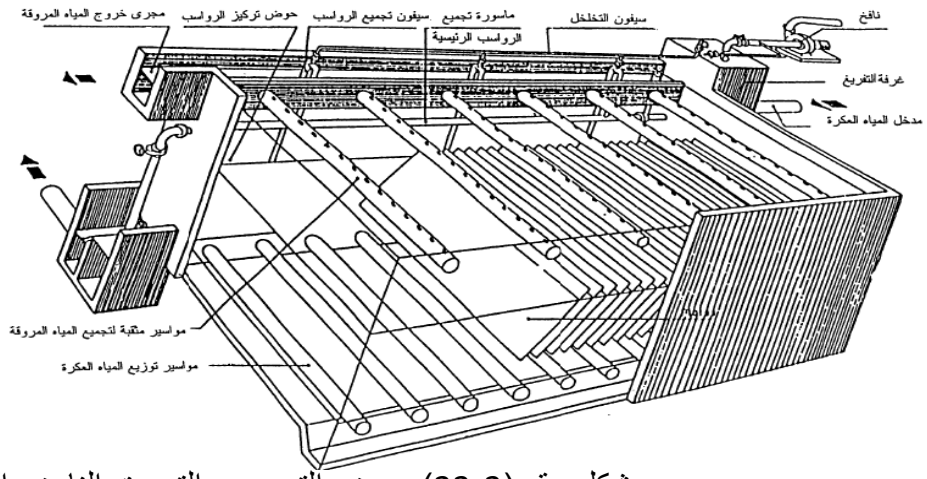


شكل رقم (2– 22) تفاصيل حوض الترويب والترويق النابض

حوض الترويب والترويق النابض الفائق

نفس نظام المروق النابض مع اضافة الواح اللاميلا(Lamella) لزيادة الكفاءة للمروق

مرفق فيديو لمزيد من المعلومات



شكل رقم (2-23) حوض الترويب والترويق النابض الفائق

وطريقة تشغيل حوض الترويب والترويق النابض الفائق كما يلى:

1. تدخل المياه مختلطة بالمروبات إلي غرفة التفريغ (Vacuum chamber) ثم يتم تشغيل طلمبة التفريغ فيرتفع الماء داخل الغرفة إلي منسوب محدد. ويضبط منسوب الماء عن طريق تشغيل الصمام المركب أعلي الغرفة الذي يتم فتحه وغلقه بواسطة الجهاز الحساس المشارة إليه.عند فتح الصمام يعود الضغط الجوي إلي طبيعته فتهبط المياه علي المواسير السفلية والثقوب وتتخلل أسفل المرشح إلي أعلي.
2. يتدفق خليط المياه مع المواد المروبه من القاع مخترقا الطبقة الجيلاتينية بسرعة 6 متر/ساعة ويتم حجز المواد العالقة والغروية الموجودة بالمياه علي هذه الطبقة. وعندما يصل منسوب المياه إلي أقل مستوي له ولا يكون هناك ضاغط مائي تنغلق فتحة الهواء بواسطة الجهاز الحساس وتقوم طلمبة التفريغ بالعمل فتشفط الهواء من داخل الغرفة وتدفعة إلي الخارج ويعود منسوب المياه إلى أرتفاع. وأنخفاض وأرتفاع المياه داخل غرفة التفريغ بطريقة أوتوماتيكية هو الذي أدي إلي تسمية هذا الحوض بحوض الترويب والترويق النابض الفائق. وتستغرق هذه العلمية ودورة النبضات من 40– 50 ثانية.
3. تجمع المياه المروقة الخارجة من الطبقة الهلامية عن طريق مواسير مثقبة مجمعة ومتراصة بعرض المروق وتنقل المياه إلي المرشح.
4. يزداد سمك (أرتفاع) الطبقة الجيلاتينية المتكونة في أسفل المروق بزيادة المواد العالقة والغروية التي التصقت بها وكذلك المواد المروبه المستخدمة مع الماء ويجب التخلص من الزيادة في هذه الطبقة عن طريق مجري تفيض فيه الرواسب وتنصرف إلي الخارج ليكون هناك سمك ثابت للطبقة الجيلاتينية اللازمة لعملية الترويق.

ومن مميزات حوض الترويب والترويق النابض الفائق ما يلى:

1. القدرة علي إزالة اللون والعكارة من المياه.
2. القدرة علي التعامل مع أي نوع من المياه السطحية.
3. الفعالة في إنتاج مياه نظيفة تلائم الصناعات التي تتطلب مياها ذات درجة عالية من النقاوة مثل صناعة المنسوجات والبتروكيماويات.
4. المرونة الفائقة في التشغيل.
5. الفاقد البسيط في ضاغط المياه.

5.4.4 الترشيح Filtration

يعرف الترشيح بأنه عملية فصل المياه عن الجسيمات الصلبة الموجودة بالمياه عبر فاصل أو حاجز ذى مسامات تمنع مرور الجسيمات عبرها وتسمح بمرور الراشح (المياه المرشحه)

الغرض من عملية الترشيح

وفي مجال تنقية المياه فإن عملية الترشيح تفيد في تحسين نوعية المياه (عند التنقية) بما يلى:

1. إزالة المواد الصلبة العالقة والجسيمات المتعلقة (الغريانية) الموجودة في المياه.
2. تغيير خصائص المواد الموجودة كيميائيا في المياه.
3. تقليل أعداد البكتريا الضارة وجراثيم الأمراض الموجودة في المياه.
4. إزالة اللون والطعم والرائحة من المياه.
5. تقليل أملاح الحديد والمنجنيز من المياه.

تمر المياه في عملية الترشيح عبر طبقة (وسط) ترشيحية لها خصائص محددة مثل: قلة تكاليفها وتواجدها بكميات مناسبة في الطبيعة، وأنها مواد خاملة وسهل استخدامها ونظافتها، وتحملها للضغط. ولقد استخدمت مواد عديدة في الترشيح مثل: الرمل، والأنثراسيت، والحجارة الصغيرة، والزجاج، واللدائن، والخرسانة المسامية، والتربة Diatomaceous Earth. وقد أثبت الرمل محاسنه مقارنة بالمواد الأخرى المستخدمة كمادة ترشيحية.

إن تحسن خصائص المياه بالترشيح يتم بإزالة الشوائب وهذا التحسن يحدث بفضل عوامل مختلفة مثل: التصفية الميكانيكية والترسيب والإمتزاز والنمو الحيوي والتفاعلات الكيميائية.

- **أما التصفية الميكانيكية**

فهي ظاهرة سطحية تعمل على فصل المواد الصلبة العالقة ذات القطر الأكبر من الفتحات الموجودة بين حبيبات الرمل .ويعمل هذا العامل الترشيحى في بضع سنتيمترات من الجزء الأعلى من الطبقة الترشيحية وتزداد التصفية مع مرور الزمن . و العوامل المؤثرة على التصفية الميكانيكية تضم: سرعة الترشيح، والزمن، وكثافة وطبيعة المواد العالقة، وطبيعة وخصائص المادة الترشيحية.

- **أما الترسيب**

فيعمل على إزالة الحبيبات العالقة الكبيرة والثقيلة من على سطح حبيبات الرمل .وتؤثر عوامل عدة على كفاءة الترسيب مثل :السرعة الترشيحية، سرعة ترسيب المواد العالقة، ودرجة اللزوجة، ومقاس الحبيبات، ودرجة الحرارة، وعوامل التجلط والتطهير ، وعمق المرشح، والتصرف المضطرب.

- **أما كفاءة الإمتزاز**

فترتبط بالخصائص السطحية للمادة الصلبة .وتعمل قوى الإمتزاز على إزالة الحبيبات العالقة الصغيرة والمواد الغريانية والمواد الذائبة في الماء .وتلعب قوى الإمتزاز دورها الأكبر على مسافات صغيرة لا تتجاوز 0.01 إلى 1 ميكرومتر .ويعزى لقوى الإمتزاز في إزالة الشوائب من الماء، وتعمل قوى الجاذبية الأرضية والتصرف المضطرب، والإنتشار والقصور الذاتي، على حركة وسير الشوائب لتساعد عمل قوى الإمتزاز عليها.

كما تساعد **التفاعلات الكيميائية والحيوية** على إزالة المواد الذائبة بالترشيح مما يغير خصائص الحبيبات الموجودة .وفي هذا المنحنى تؤثر العديد من العوامل والتي تعمل لإزالة الكثير من المواد مثل :المواد العضوية والأمونيا والحديد والمنجنيز. وكأمثلة لهذه العوامل المؤثرة: نوع وخصائص الماء الخام، وكمية الأكسجين المذاب والمواد الغذائية، ودرجة الحرارة، وزمن وطريقة الترشيح، وعمق الترشيح، ونوع ووجود الكائنات الحية الدقيقة ووجود عوامل مساعدة.

من المعروف أن الترشيح لا يعمل بكفاءة كبيرة لإزالة البكتريا والفيروسات وحبيبات الطين، وذلك لصغر مقاسها والذى يقل عن الميكرون الواحد .ولذلك لا تنتج مرشحات الرمل السريعة مياه صالحة من النواحي البكتريولوجية .فمثلا لا يتعدى معدل إزالة البكتيرية القولونية 2 إلى 10، مما يوجب معه عمل التجلط والتطهير قبل الترشيح الرملي أو الكلورة لإزالة البكتريا والجراثيم بعد الترشيح.

نظرية الترشيح

إذا نظرنا إلى كفاءة أحواض الترسيب الطبيعي أو أحواض المروقات بإستخدام المواد المجلطة (المروبة) نجد أن العكارة تتراوح بين 10–12 وحدة عكارة وقد تصل في بعض الأحوال إلى أقل من ذلك وعملية الترشيح هي العملية التي يتم فيها إزالة هذه العكارة عن طريق حجز المواد العالقة والغروية.

عملية الترشيح (Filtration) هي مرور المياه المروقه خلال مادة مسامية لإزالة ما بقي من مواد عالقة وغرويه .وأكثر مواد الوسط الترشيحى المستخدمة في عملية الترشيح هي الرمل نظرًا لرخصه وقدرته علي إزالة المواد العالقة.وعند استعمال رمل ذي حبيبات ذات حجم مناسب ومرور المياه بالسرعة المناسبة، يمكن إزالة المواد العالقة والمواد المتعلقة (سواء كانت عضوية أو غير عضوية) بالإضافة إلي البكتريا والمواد العالقة الدقيقة جدا التي تسبب عادة تلوث الماء.

وعند مرور المياه خلال طبقة الرمل تتكون مع الوقت علي سطح الرمل طبقة جيلاتينية من المواد العضوية والمواد العالقة تسمي **بالطبقة الهلامية** وتقوم هذه الطبقة بحجز الجزئيات ذات الحجم الصغير جدًا (والتي تصعب رؤيتها تحت الميكروسكوب)وتساعد هذه الطبقة في حجز ما تبقى من الجسميات العالقة المتبقة بعد عملية الترسيب ويجب الحفاظ على هذه الطبقة وعدم اضرارها برفع جرعة الكلور الابتدائى ويمكن تفسير ما يحدث في عملية الترشيح وكما هو موضح بالأشكال أرقام (2–25), (2–26), (2–27).

ويمكن وصف نظرية الترشيح كما يلى:

1. التصفية الميكانيكية Mechanical straining

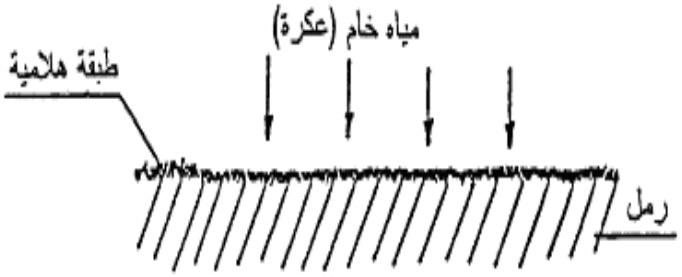
أي أن طبقة الرمال بما فيها من مسام تعمل كمصفاة دقيقة الفتحات تحجز المواد العالقة التي يزيد حجمها عن المسام، أما حجز المواد العالقة الغروية والبكتريا والتي يصغر حجمها عن حجم المسام فلابد من تفسير يشرح سبب حجزها في الوسط الترشيحى.

- **التصاق بعض المواد العالقة بسطح حبيبات الرمل**

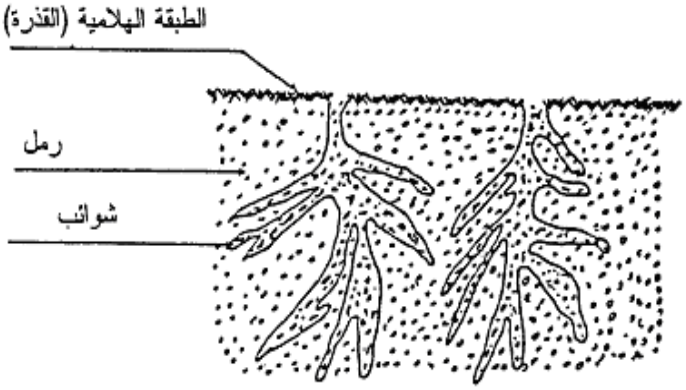
وتسمي هذه العملية الإمتزاز (Adsorption) ويساعد علي ذلك الخصائص الهلامية للمواد العالقة بسبب المواد المروبه في حالة استخدامها وكذلك المسارات المتعرجة للمياه خلال طبقات الرمل.

- **الفراغات تعمل كأحواض ترسيب Voids act as minsettling tanks**

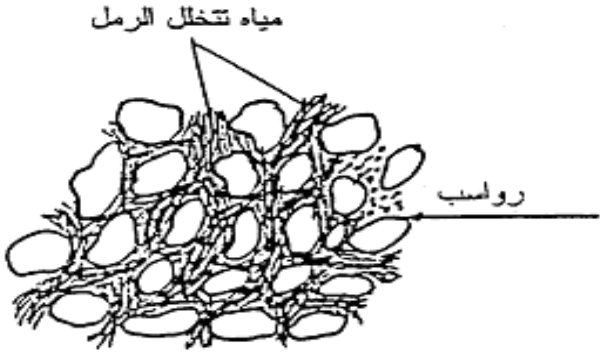
تترسب بعض المواد العالقة في الفجوات بين حبيبات الرمال حيث تعمل هذه الحبيبات كمصفاة تحجز المواد العالقة ذات الأحجام الكبيرة نسبيًا وهذه عمليات ترسيب وحجز ميكانيكي.



شكل رقم (2–25) تكوين الطبقة القذرة على سطح الوسط الترشيحى



شكل رقم (2–26) اختراق المواد الملوثة للوسط الترشيحى



شكل رقم (2–27) العمليات التي تتم أثناء عملية الوسط الترشيحى

2. الالتصاق Adherence of colloids to sand grains

تكون طبقة هلامية علي سطح الرمل من المواد العالقة الدقيقة والكائنات الحية الدقيقة التي يحتمل وجودها، مما يساعد علي اصطياد وحجز المواد العالقة وكذلك تثبيت المواد العضوية وتحويلها إلي مواد عالقة تحجز في هذه الطبقة.

3. التفاعلات الكهربائية Electrolytic Reaction

انجذاب والتصاق بعض المواد العالقة بحبيبات الرمل وخاصة أملاح الحديد والمنجنيز (ذات الشحنة الموجبة) نظرا لإختلاف شحناتها الكهربية عن الرمل (ذي الشحنة السالبة).

4. التفاعلات البيولوجية Biological actives

تنشط الكائنات الحية الدقيقة الموجود في الماء عندما يتواجد في المياه الأملاح وكذلك المواد العضوية أو غازات ذائبة (الأكسجين) مما ينتج عن هذا النشاط إزالة المواد العضوية وتحويلها من الصورة الذائبة إلى صورة قشور يتم حجزها في الطبقة الترشيحية وكذلك تقليل كمية الأملاح كما أنه يتوقف تأثيرها على مدة بقاء الماء في المرشح أى على معدل الترشيح.

وجدير بالذكر ان كافة النظريات سابقة الذكر يمكن ان تحدث جميعها في حالة التشغيل الامثل للمرشح

مواصفات رمل الترشيح (الوسط الترشيحى)

يجب أن تتوافر في رمل المرشحات بعض المواصفات من أهمها:

1. أن يكون نظيفًا وخاليًا من الأتربة والمواد العضوية أو النباتية والطين والمواد الغريبة.
2. أن يكون صلدًا
3. ألا يفقد أكثر من 3.5 % من وزنه بعد وضعه في حامض هيدروكلوريد بتركيز 20% لمدة ٢٤ ساعة.
4. أن تكون الرمال بأحجام مناسبة لعملية الترشيح:

فالرمال الرفيعة جدًا تكون الفجوات (الفراغات) بينها عرضة للإنسداد بسرعة. والرمال كبيرة الحجم تسمح فجواتها بمرور الكائنات الحية الدقيقة والمواد العالقة من خلال المرشح.

الحجم الفعال للرمل Effective Size for Sand

هو مقاس فتحة المنخل بالملليمتر التي تسمح بمرور 10 % وتحجز 90% من من حجم عينة الرمل .

بغض النظر عن التدرج الحبيبي للرمل، والذي يؤثر في كفاءة عمل المرشح.

معامل الإنتظام للرمل Uniformity factor for Sand

يعبر معامل الإنتظام عن درجة التغير في حجم الرمل وهو عبارة عن النسبة بين فتحة المنخل التي يمر من خلالها 60 % من وزن الرمل وبين الحجم الفعال وبمعني آخر يمكن تعريف معامل الإنتظام علي

أنه النسبة بين فتحة المنخل التي تحجز 40 % من وزن الرمل وبين تلك التي تحجز 90 % من وزنه (الحجم الفعال).

أنواع المرشحات الرملية

يمكن تقسيم المرشحات إلى أنواع مختلفة تبعًا لأربعة معايير:

1. وفقًا لمعدل الترشيح:

مرشحات بطيئة المعدل، مرشحات سريعة المعدل.

2. وفقًا لنوع مادة الوسط (طبقة) الترشيحى:

مرشحات الرمل، ومرشحات الفحم (الأنثراسيت) ومرشحات الأثنين معًا (وهناك المرشحات ذات طبقة الترشيح الواحدة وذات الطبقات المتعددة)

3. وفقًا لإتجاه سريان المياه خلال الوسط الترشيحى:

مرشحات يتم سريان المياه خلال الترشيح فيها من أعلي إلي أسفل (وهو النوع الشائع الإستخدام)

وأخري من أسفل إلي أعلي (Dyna Sand Filter)

4. وفقًا لطبيعة سريان المياه خلال الترشيح:

بالجاذبية أو تحت ضغط

مرشحات الرمل البطيئة Slow Sand Filters

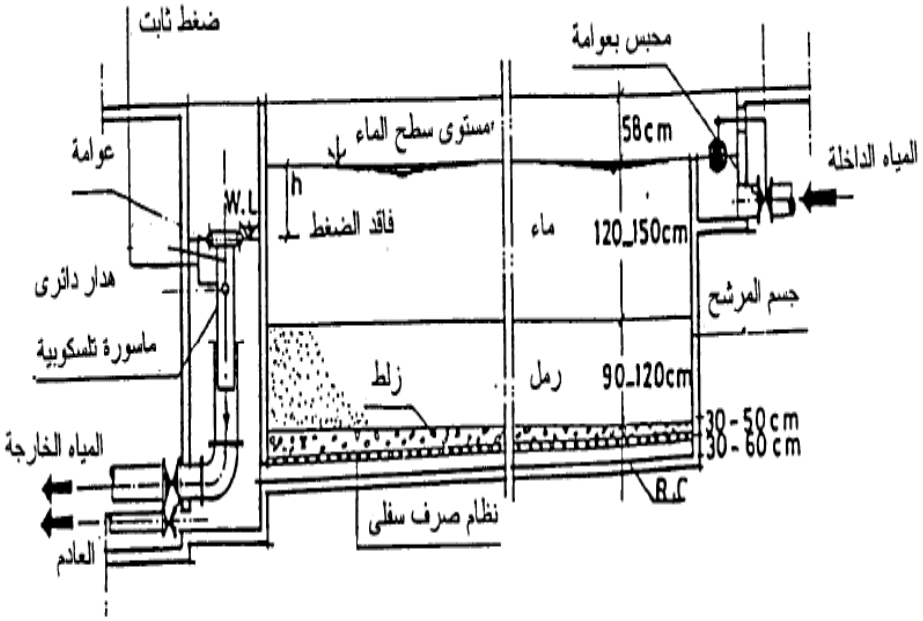
يتكون مرشح الرمل البطيء من طبقات من الزلط تعلوها طبقات من الرمل ويتراوح معدل الترشيح لها من 3–5 م^3/م^2/يوم، وتمر المياه به من أعلي إلي أسفل ويتم تجميع المياه المرشحة بواسطة مواسير فخار أو مواسير خرسانية مثقبه، وتوضع أسفل المرشح أو خلال طبقة الزلط ويوضح الشكل رقم (2–28) مكونات المرشح الرملي البطيء وتمتاز مرشحات الرمل البطيئة بعدة مميزات، فعلى الرغم أنها تحتاج إلي مساحة قد تزيد 30 مرة عن مساحة المرشحات السريعة الحديثة إلا أنها تمتاز بالآتي:

1. بساطة التصميم والتشغيل وعدم الحاجة إلي مهارة فنية عالية.
2. عدم استخدام مواد كيميائية (لإحداث التجلط) في عمليات الترسيب.
3. انخفاض استهلاك الطاقة لعدم الحاجة إلي عمليات الغسيل اليومية.
4. عدم الحاجة إلي نظم هندسية وأجهزة ميكانيكية وكهربائية معقدة ومعدات معقدة في التشغيل لإجراء عمليات الغسيل والإنضاج (تحضير المرشح لإعادة تشغيله).

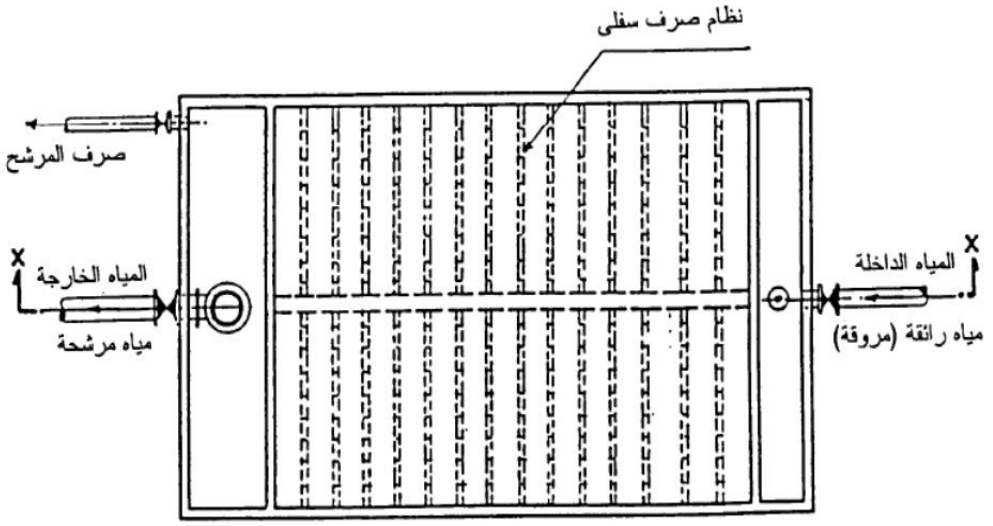
5. تكلفة إنشاء المرشح الرملي بطئ المعدل زهيدة وصيانته رخيصة.
6. استيعاب التغير في خصائص المياه حيث أن معدل الترشيح صغير جدًا بالنسبة للمرشحات السريعة المعدل.
7. إنتاج المياه النقية (المرشحة) خالية من المواد الشائبة العالقة وكذلك إزالة البكتيريا.
8. لا يتم استخدام مياه الغسيل بل يتم كشط الطبقة السطحية من الوسط الترشيحى .

ونظرًا لهذه المميزات، تجد المرشحات البطيئة مجالا خصبًا لإستخدامها في المواقع التي توجد فيها الأراضي بمساحات كافية، وخاصة في الأماكن المنعزلة والمناطق الصحراوية حيث لا تتوفر العمالة الفنية المدربة . وفي هذه الحالات يمكن استخدام المرشحات الرملية البطيئة حتي في حالة التصرفات الكبيرة كما يمكن استخدامها عندما تنخفض إلي حد كبير العكارة بالمياه الخام.

الشكل رقم (2–28) تفاصيل المرشح الرملي البطيء المعدل



قطاع رأسى x-x



مسقط أفقى

تشغيل المرشح البطيء من الناحية الهيدروليكية

يتكون مرشح الرمل البطيء من حوض مفتوح من الأعلى، ويحمل بداخلة الوسط الترشيحى. عادة يكون عمق الحوض في حدود 3 متر، وتتفاوت مساحته من بضعة عشرات إلى مئات من الأمتار المربعة.

يوجد في أسفل الحوض نظام التصرف السفلى والذى يعمل على حمل الوسط الترشيحى، ويساعد في الخروج المنتظم للماء خارج المرشح، ويجهز المرشح بعدة صمامات وأجهزة تحكم وتنظم دخول الماء الخام (الماء المرسب) وخروج المياه المرشحة.

وتلعب الطحالب دور هامًا في تنقية المياه بالترشيح، وبما أن الطحالب تحتاج إلى ضوء لإتمام عملية التمثيل الضوئي لذا يكثر وجودها في المرشحات المفتوحة. وتتمكن الطحالب من بناء مواد الخلايا من مواد بسيطة مثل: الماء، وثاني أكسيد الكربون، والنترات، والفوسفات وغيرها، بمساعدة الطاقة الشمسية. وعندما تكبر خلايا الطحالب يزيد حجمها مما يضر عملية سريان المياه إلى أسفل المرشح الشيء الذى يتطلب معه الإزالة الدورية للطحالب ونظافة المرشح. تواجد الأنواع الخيطية من الطحالب Filamentous يكون طبقة جيلاتينية (هلامية) على سطح المرشح وتعمل هذه الطبقة الهلامية على ازالة المواد العالقة والبكتريا بالتصفية والإمتزاز. وتتكاثر البكتريا في المرشح وتقوم ببناء طبقة بكتيرية Bacterial slime، تعمل هذه الطبقة كوسط لاصق للنباتات المائية و الكائنات الدقيقة المغمورة مما يساعد في زيادة كفاءة عمليات التصفية والإمتزاز لإزالة الشوائب ومنعها من التغلغل داخل المرشح. ، مما يزيد من فترة الترشيح ويقلل من انسداد المسامات. وفي مثل هذه المرشحات من الضروري بمكان العمل على تلافي حدوث ضغط سالب، لأن الضغط السالب يعمل على تحرر الغازات الذائبة، وبذا فان فقاعات الهواء المتكونة تتجمع في الوسط الترشيحى وتعمل على زيادة المقاومة تجاه سريان المياه أسفل المرشح، كما وأن الفقاعات المرتفعة والتي لها مقاس كبير تعمل على تكوين ثقوب في الوسط الترشيحى مما يسمح بمرور المياه خلاله دونما الحصول على تنقية ملائمة.

مرشحات الرمل السريعة Rapid Sand Filters

تسمي مرشحات الرمل السريعة أيضًا بالمرشحات الميكانيكية وهي تختلف عن المرشحات البطيئة فيما يلي:

أن معدل ترشيحها يتراوح بين 120 إلي 180 م ^{3}/ م ^{2}/ يوم، أو يعادل من 30، 40 ضعفًا معدل ترشيح المرشحات البطيئة لذلك فإن مرشحات الرمل السريعة تشغل حيزًا أصغر وبالتالي تكاليف إنشائية (أعمال مدنية) أقل لنفس التصرفات، في حالة استخدام أحواض مكشوفة.

ان المياه المروقة الداخلة الى المرشحات السريعة يوصى الا تزيد عكارتها عن 5 NTU ويسمح بمرور المياه في المرشح سريع المعدل في طبقات متدرجة من الرمل والزلط وتصنع المرشحات علي هيئة أحواض، توضع في قاعها طبقات متدرجة من الزلط، تعلوها طبقات أخري متدرجة من الرمل، وأسفل الطبقتين توجد المصافي لتجميع المياه المرشحة وكما هو موضح بالشكل رقم (2-29).

وتكون حبيبات الرمل متجانسة، ذات حجم فعال ومعامل انتظام طبقاً لنظام تصميم المحطة

نظام الصرف بالمرشحات السريعة

يوجد تحت طبقات الرمل والزلط بالمرشحات السريعة نظام للصرف (Under drainage system) مهمته تجميع الماء الذي يتم ترشيحه بمعدل ثابت خلال جميع أجزاء المرشح كما أنه يوزع في الوقت نفسه ماء الغسيل علي جميع أجزاء المرشح.

وتنقسم انظمة الصرف للمرشحات السريعة الى :

1. المواسير المثقبة .

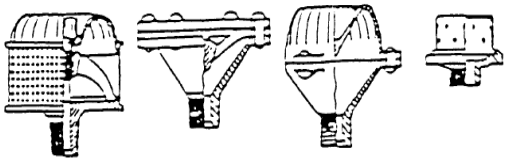
ويكون النوع الأكثر شيوعًا لنظام الصرف من مجمع رئيسي (Header) بطول المرشح تتفرع منه علي زوايا قائمه فروع إلي جوانب تحتوي علي ثقوب أو شقوق رفيعة.

2. البلاطات الخرسانية مثبت عليها فوانى .

تصنع البلاطات عادة من الخرسانة وتحتوي علي فتحات تركب فيها الفواني وتصنع الفواني من الصلب الذي لا يصدأ أو من البلاستيك وتحتوي علي مشقبيات رفيعة لا تسمح بمرور الرمل الخشن فيها.

3. Block–M قطع خرسانية على شكل حرف M ترص بجانب بعضها البعض بطريقة تسمح بمرور المياه

شكل (2–29) تفاصيل المرشح الرملي السريع



شكل رقم (2–30) انواع مختلفة من الفوانى التي تثبت بقاع المرشح السريع

تشغيل المرشح السريع

يتم تشغيل المرشح بإمرار الماء المروق في طبقات الرمل ثم الزلط ثم نظام الصرف إلي الخارج .وعند مرور المياه المروقة من سطح الرمل تتجمع الندف مكونة طبقة جيلاتينية علي سطح الرمل تعمل على ترشيح الماء ترشيحًا كاملا وبعد تشغيل المرشح لمدة من الزمن تتراكم الرواسب علي الرمل حتي تصل إلي درجة يزيد فيها فاقد الضغط زيادة كبيرة فيتحتم عند ذلك إيقافه وإجراء عملية الغسيل.

غسيل المرشح السريع

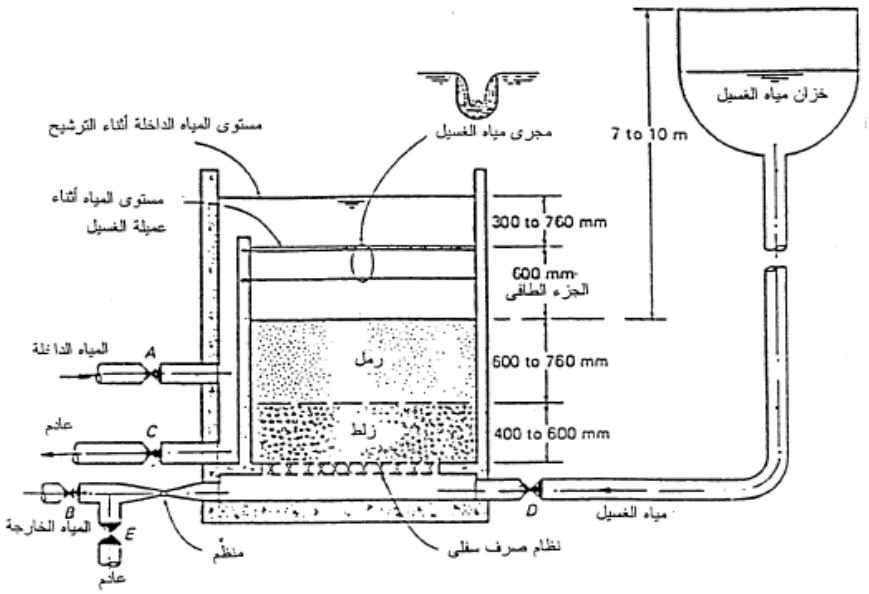
حتى تكون عملية الغسيل ناجحة ومؤثرة يجب أن تكون كمية مياه الغسيل وضغطه كافيان لإحداث تمدد لطبقات الرمل بنسبة 20–30 % من حجمه. وقد تبين أن مقدار تمدد طبقة الرمل أثناء عملية الغسيل من أهم العوامل التي يتوقف عليها نجاح العملية، فإذا زاد تمدد الرمل أكثر من الحد المطلوب، فإن حباته تبتعد عن بعضها كثيرًا ويقل احتكاكها ببعضها ويقل أثر الغسيل. وإذا قل تمدد الرمل أقل من الحد المطلوب فإن حباته تكون قريبه من بعضها ولا تجد المساحة الكافية للاحتكاك ويقل كذلك أثر الغسيل . ويراعي أن يكون تمدد طبقة الرمل في جميع أجزاء المرشح بدرجة واحدة، كما أنه لا يجب أن تكون سرعة ماء الغسيل عالية حتى لا تحمل المياه الرمل معها إلي العادم والضغط المناسب لماء الغسيل عند الفواني يبلغ حوالي 10 متر أي واحد جو تقريبًا.ومعدل مياه الغسيل من 15–35 م^3/م^2/س ومعدل هواء الغسيل من 35–75 م^3/م^2/س طبقاً للكود المصرى وتتم عملية الغسيل والموضحة بالشكل رقم (2– 31) بقفل محبس دخول الماء المرسب إلي المرشح (A) وذلك عند انخفاض منسوب المياه في المرشح إلي سطح الرمل تقريبًا (10 سم فوق سطح الرمل)

يقفل محبس خروج المياه المرشحة (B) ويفتح محبس مياه الغسيل (D) ببطء لتدخل مياه الغسيل لتمر بالراجع في طبقات الزلط ثم طبقات الرمل وتؤدي حركة الماء، من أسفل إلي أعلي إلي تمدد طبقة الرمل وانفصال الرواسب عنه ثم يمر ماء الغسيل في قناة الصرف (waste).

وتستمر عملية الغسيل من 5 إلي 10 دقائق حسب الزمن الأمثل لغسيل المرشح (هو الزمن اللازم لكي تصل عكارة مياه الغسيل حتى (10 – 15) NTU) . وبعدها يتم التأكد من نظافة الرمل ثم يقفل محبس الغسيل ويفتح محبس دخول الماء المروق، ويبدأ الفلتر عمله في الترشيح، إلا أن المياه المرشحة تخرج للصرف، ويستمر هذا لفترة قصيرة وذلك لإعطاء الفرصة لتكون الطبقة الجيلاتينية علي سطح الرمل ثم يقفل محبس الصرف ويفتح محبس خروج المياه المرشحة ويستمر الفلتر في العمل طبيعيًا.

والمادة الأخرى التي استخدمت في المرشحات هي فحم الانثراسيت والمتدرجة أحجامه إلي المقاسات المطلوبة ووزن هذا الفحم نصف وزن الرمل وبذلك يحتاج إلي سرعة ماء غسيل أقل لتقويم طبقاته مما يوفر في الطاقة. علاوة علي أنه لا يتأثر بالمواد الكيميائية القلوية التي تستعمل في عمليات إزالة العسر (أي تيسير المياه).

وفي المرشحات التي يستخدم فيها الهواء المضغوط مع الماء في عمليات الغسيل، ويتم إدخال الهواء قبل ماء الغسيل لتكسير طبقة الرواسب وخلطها بكمية المياه البسيطة الباقية فوق سطح الرمل (10 سم) بعد تفريغه ثم يتم قفل محبس الهواء ويتم إدخال ماء الغسيل وتستمر العملية كما سبق تفصيله.



شكل رقم (2– 31) عملية غسيل المرشح الرملي السريع

العدد اللازم للمرشحات الرملية سريعة المعدل وبطيئة المعدل

1. لإيجاد عدد مرشحات الرمل السريع المعدل، يمكن استخدام المعادلة التالية:

$$No.of\ filter = 0.044\ X\ (Q_{m3/day})^{1/2}$$

حيث

N = عدد مرشحات الرمل السريع

Q = معدل التصرف للمحطة (م^3/يوم)

مرشحات الضغط الرملية (Pressure filters for Sand)

يمر الماء في مرشحات الضغط تحت ضغط عال نسبيًا علي طبقات من الرمل والزلط موضوعة داخل اسطوانة مقفلة من الصلب (راسية أو أفقية) تتحمل ضغطًا داخليًا لا يقل عن 2 ضغط جو. وتدخل المياه المراد ترشيحها من أعلي المرشح إلي أسفله، حيث تتجمع في المصافي مثلما يحدث في مرشحات الرمل. ويستخدم هذا النوع علي نطاق واسع في التصرفات الصغيرة لترشيح مياه حمامات السباحة بوجه خاص وفي وحدات المياه النقالي (Compact units) وتوجد منه أنواع وأحجام كثيرة ويجب اختبار هيكل مرشح الضغط بحيث لا يقل عن ضغط التشغيل ويبين الشكلان (2-34، 2-35) تفاصيل مرشحات الضغط الرأسية والأفقية .

وتتراوح معدلات التصرف المعتادة لهذا الطراز بين 170-480 م3/م2/يوم،ويتوقف ذلك علي نوعية المياه الداخلة إلي المرشح ويلزم إمرار الماء داخل هذه المرشحات تحت ضغط عال مناسب لأن الضغط الفاقد داخل المرشح كبير.

ويمكن الحصول علي الضغط بأحدي الطرق الآتية:

1. خزان مرتفع يتم ملؤه بطلمبة خاصة أو خط المواسير الرئيسي مباشر بعد تخفيض ضغطه.
2. بواسطة طلمبة غسيل خاصة.
3. بواسطة الماء من خط المواسير الرئيسي بعد تخفيض ضغطه خلال محبس تقليل الضغط.

ويتوقف فاقد الضغط الفعلي داخل هذه المرشحات علي حالة طبقات الرمل وعلي معدل التصرف خلال المرشح. وزيادة فاقد الضغط عن الحد المسموح يبين أن طبقات الرمل قد أتسخت ويلزم إعادة غسلها ويتم غسل مرشح الضغط بنفس الطريقة السابق ذكرها في مرشحات الرمل السريعة .ويجب ألا يقل معدل ماء

الغسيل عن 15–25 م3/م2/س وعدل هواء الغسيل 50 م3/م2/س طبقاً للكود المصرى ، وتتراوح الفترة بين كل عملية غسيل وأخري بين 4– 24 ساعة تبعا لفاقد الضغط الذي يتوقف بدوره علي نوعية المياه التي يتم ترشيحها.

وتتراوح كمية مياه الغسيل لكل فترة بين 2 % – 6 % من الماء المرشح بالمعدل المذكور عالية إلا إذا كان الغسيل مصحوبا بهواء مضغوط ليساعد علي تمدد الرمل أثناء الغسيل.

وبعد إتمام عملية الغسيل يجب أن يرسب الرمل ثانيه إلي وضعه الأصلي ظاهرًا كطبقة ملساء متساوية.

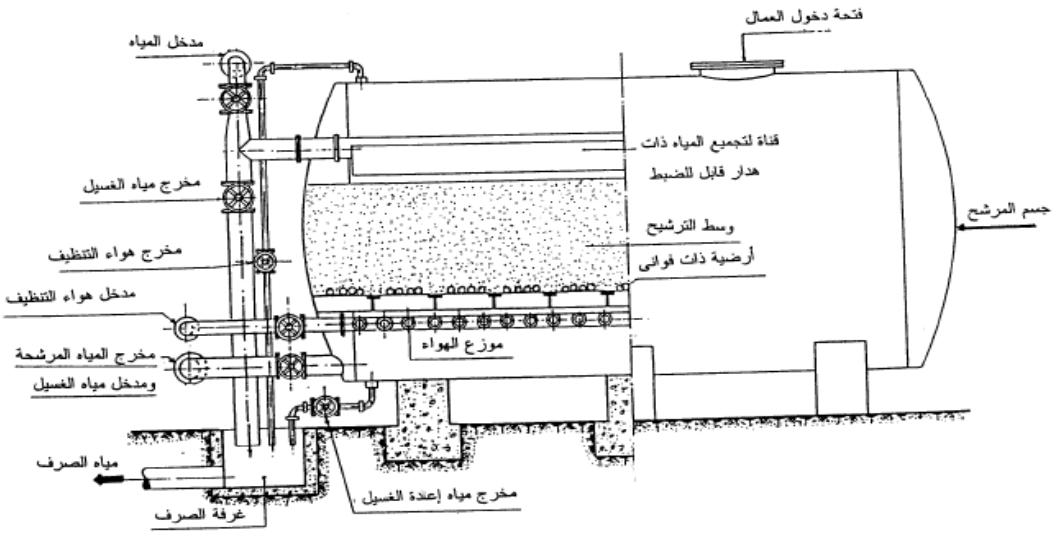
ويتراوح زمن عملية الغسيل بين 3 إلي 6 دقائق.

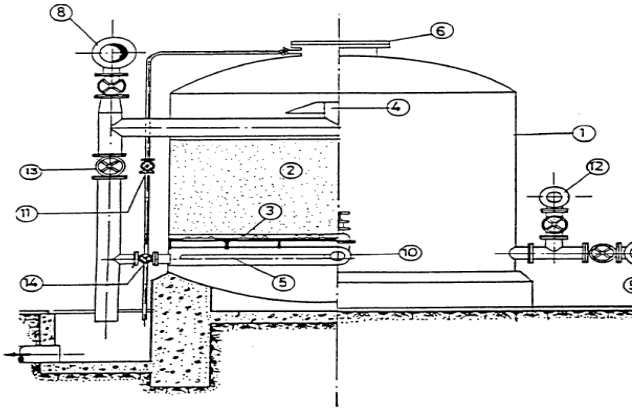
استعمالات مرشحات الضغط

لا يفضل استخدام هذا النوع من مرشحات الضغط لعمليات تنقية مياه الشرب الكبرى بل يقتصر استعماله على الحالات الآتية:

1. الأغراض الصناعية، لترشيح مياه تكون مطلوبة للمصانع والتي تكون بعيدة عن مصادر المياه النقية.
2. إمداد المجتمعات السكانية الصغيرة بالمياه النقية الصالحة للشرب.
3. إمداد المجتمعات السكانية المؤقتة كالمعسكرات الحربية أو الصيفية والمناطق الترفيهية أو المنتجعات الصحية أو الوحدات السكنية المتنقلة.

شكل رقم (2–34) تفاصيل مرشح ضغط أفقي





١	جسم المرشح	٨	مدخل المياه
٢	وسط الترشيح	٩	مخرج المياه المرشحة
٣	أرضية ذات فوانى	١٠	مدخل هواء التنظيف
٤	غرفة التغذية	١١	مخرج هواء التنظيف
٥	موزع الهواء	١٢	مدخل مياه الغسيل
٦	فتحة دخول العمال	١٣	مخرج مياه الغسيل
٧	غرفة الصرف	١٤	مياه إعادة الغسيل

شكل رقم (2–35) تفاصيل مرشح ضغط رأسي

جدول رقم (2– 3) مقارنة بين أنواع مرشحات الرمل الثلاثة (البطيء والسريع والضغط)

الخصائص	المرشح البطيء	المرشح السريع	المرشح الضغط
معدل الترشيح (م^3/م^2/يوم)	5–3	180–120	480–170
وسط الترشيح	رمل وزلط	رمل– رمل وزلط	رمل– رمل وفحم
سمك وسط الترشيح (م)	1.5	1–0.8	حسب الحجم
الوضع في محطة التنقية	بعد الترسيب الطبيعي	بعد التجلط والترويب والترسيب	بعد التجلط والترويب والترسيب
أبعاد المرشح م×م	40×40	9×6	القطر 50–260 الطول 100×750
نوع الرمل	ناعم	خشن	خشن
زمن التشغيل (يوم)	60–20	1.5 –0.5	1.5 0.5

عملية الغسيل	تكشط الطبقة العليا	يستخدم الماء والهواء	يستخدم الماء والهواء
ماء الغسيل(%)	لا تحتاج مياه غسيل	4-3	6
معدل الغسيل (م^3/م^2/س)	يتم كشط الطبقة السطحية من الوسط الترشيحى	35-15	25-15
جودة المياه المنتجة	عالية جدا	عالية	عالية
كفاءة ترشيح المياه	ممتازة	عالية	عالية
المساحة المطلوبة	كبيرة جدا	محدودة	محدودة للغاية
تكلفة التشغيل	منخفضة	متوسطة	مرتفعة
سرعة الترشيح م/ساعة	0.1، 0.2	15 -5	15 - 10

5.4.5 عمليات تنقية المياه، التطهير Disinfection

لا يمكن لعمليات الترشيح للمياه بإستخدام المرشحات الرملية مهما كان معدله بطيئًا أن يحجز كل ما في الماء من بكتريا وكائنات دقيقة (Microorganisms) لذلك كان لابد من اتباع طريقة اخرى للتخلص من هذه الكائنات الحية والتي قد تسبب الأمراض (pathogens) وذلك طبقا للمعايير القياسية الخاصة بمياه الشرب. ويستخدم التطهير في القضاء علي هذه الكائنات الحية الدقيقة الموجودة بالماء أو وقف نشاطها وخاصة البكتريا المسببة للأمراض.

ومن أقدم طرق التطهير التي عرفها الإنسان التطهير بتسخين الماء حتى درجة الغليان ولكنها لا تصلح اقتصاديا إلا في الاستخدامات المحدودة جدًا بالمنازل لذا كان لابد من وجود أو استحداث وسائل أخري أكثر فاعلية للكميات الكبيرة من المياه وتتناسب أيضا مع نظام الإمداد بالمياه الذي يحتوي علي مكونات قد تكون في حد ذاتها من العوامل التي قد تساعد علي نمو البكتريا وتكاثرها.

الغرض من عملية التطهير

وتتم عملية التطهير في آخر عمليات تنقية مياه الشرب وذلك للأغراض التالية:

1. قتل الجراثيم الضارة بالصحة العامة.
2. إزالة الأمونيا.
3. أكسدة المواد غير العضوية مثل كبريتيد الهيدروجين، والحديد F^{++} والمنجنيز Mn^{++} لتسهل إزالتها.

طرق للتطهير

ويمكن تقسيم طرق التطهير إلى الأقسام التالية

الطرق الطبيعية (الفيزيائية) للتطهير تضم الأعمال الأتية:

1. **التطهير بالحرارة Disinfection by Heating**

تستخدم الحرارة في التطهير نظرًا لأن الكائنات الحية الدقيقة لا تتحمل درجات الحرارة العالية خاصة إذا وصلت إلي درجة غليان الماء لمدة تتراوح بين 5 إلي 20 دقيقة إلا أن طريقة التطهير بالحرارة غير عملية ومكلفة في حالة استخدامها في الكميات الكبيرة من المياه لكنها تستخدم في المعامل والمستشفيات والسفن وفي المنازل (في حالات خاصة) وفي المخيمات.

2. **التطهير بالأشعة فوق البنفسجية Disinfection by Ultraviolet**

تعتمد هذه الطريقة علي إبادة مسببات الأمراض (Pathogens) بتعريضها للأشعة فوق البنفسجية التي تعمل علي إبادتها. إلا أن عملية إنتاج هذه الأشعة مكلفة كما أنها تكون غير مجدية إذا كانت الأحواض عميقة، إذ أن التنقية الإشعاعية تتم بتعريض طبقة رقيقة من الماء (سنتيمترات

قليلة) إلي الأشعة وبسرعة مرور بطيئة جدا لذلك فإن هذه الطريقة لا يتم استخدامها إلا في المعامل والمستشفيات وبعض الصناعات وفي وحدات تحلية مياه البحر التي تعمل بنظرية التناضح العكسي (Reverse Osmosis) والتي تكون تصرفاتها صغيرة جدًا إذا ما قورنت بوحدات تنقية المياه في المدن أو القرى.

3. **استخدم أيونات المعادن مثل أيونات الفضة.**

الطرق الكيميائية للتطهير

في هذه الطرق يتم إضافة مواد كيميائية مؤكسدة (مركبات تستقبل إلكترونات) لتطهير المياه، ومثال المواد الكيميائية المستخدمة غاز الكلور ومركبات الكلور، والأوزون، و اليود و برمنجنات البوتاسيوم

شروط مواد التطهير

ويجب أن تتوفر فيها الشروط التالية:

1. أن تكون سريعة وفعالة لقتل الجراثيم الموجودة.
2. أن تكون سهلة الذوبان نسبيًا في درجات التركيز المطلوبة لإتمام التطهير.
3. أن يكون لها متبقى بعد إتمام عملية التطهير.
4. ألا تسبب طعم أو رائحة أو لون للماء في حدود الجرعة المطلوبة للتطهير.
5. ألا تكون سامة للإنسان والحيوان من الجرعة المستخدمة.
6. أن يكون سهل التعامل معها وسهلة الحفظ والنقل والتحكم.
7. أن يسهل اكتشافها وقياسها في الماء.
8. أن تكون متواجدة محليًا وبتكلفة مناسبة.

العوامل التي تؤثر على عملية التطهير

1. كمية ونوع الجراثيم الموجودة.
2. نوع ودرجة تركيز المادة المطهرة.
3. وجود مواد أخرى تسهل أكسدتها بالمادة المطهرة.
4. خصائص السائل المراد تطهيره (درجة العكارة، الرقم الهيدروجيني، درجة الحرارة)
5. كمية مادة التطهير المستخدمة.
6. زمن التلامس بين المادة المطهرة والمحلول المراد تطهيره.

جدول رقم (2– 4) المميزات والعيوب لطرق التطهير الطبيعية والكيميائية

الطريقة	المميزات	العيوب
1. طرق طبيعية الأشعة فوق البنفسجية	– سهلة الإنشاء والتشغيل. – لا تتغير بعدها خصائص السائل المطهر. – لا تتفاعل الأشعة فوق البنفسجية مع المركبات الموجودة في السائل. – تحتاج إلى زمن تلامس قليل. – لا تنتج روائح أو طعم. – لا تولد اضافة مخاطر	– لا يتكون باقي في السائل – تحتاج إلى تنقية مسبقة لكى لا تتمكن الجراثيم والميكروبات من صنع درع واق حولها من المواد الصلبة الموجودة بالسائل. – ذات تكلفة عالية. – لا تؤثر على كل الجراثيم. – تحتاج إلى طاقة كبيرة وأجهزة غالية الثمن
أيونات المعادن	– تستخدم كميات قليلة من الأيون. – لا تنتج مواد سامة. – تنتج متبقى يحمى الصحة العامة – لا يعتمد عمل الأيون على تركيز الكائنات الدقيقة الموجودة.	– تحتاج إلى تنقية مناسبة. – تتأثر بالتغير في درجة الحرارة والرقم الهيدروجيني. – ذات تكلفة عالية. – تتأثر بالخصائص الكيميائية للمياه.
2– طرق كيميائية الكلور	– الكلور فعال في إزالة الجراثيم. – طريقة جيدة يمكن الاعتماد عليها – تنتج متبقى للحماية ضد النمو الثانوي للجراثيم	– تحتاج إلى منطقة معينة ثابتة. – قد يتفاعل الكلور مع المادة العضوية. ويكون مركبات ضارة بالصحة. – مخاطر عند النقل والتخزين.
الأوزون	– أكثر فاعلية وكفاءة من الكلور لمدى أكبر من الحرارة والرقم الهيدروجيني. – يحتاج إلى فترات تلامس قليلة. – لا يكون مركبات ضارة بالصحة. – لا ينتج روائح مع مركبات السائل الواجب تطهيره. – يأتي بتطهير سريع وجيد.	– صعوبة النقل والتخزين لعدم ثبات الأوزون. – الأوزون قليل الذوبانية في الماء. – يصعب قياس تركيز الأوزون في الماء – يحتاج الأوزون إلى تقنية عالية لإنتاجه. – الأوزون غاز سام جدا.

		– لا ينتج متبقى يحمى الصحة العامة. – ذات تكلفة عالية لشراء الأجهزة والتشغيل واحتياجات الكهرباء. – يحتاج إلى تنقية مسبقة عندما تكثر المواد العضوية والطحالب. – يحتاج إلى عمالة مهرة للتشغيل.

مراحل التطهير بالكلور في عملية التنقية :

التطهير المبدئي بالكلور Pre disinfections

بالإضافة إلى عملية تطهير المياه المرشحة بالكلور (الكلورة) والتي تتم في نهاية عملية التنقية أحيانًا تكون هناك حاجة إلي أجراء عملية تطهير مبدئية للمياه العكرة وخاصة إذا احتوت هذه المياه علي بعض أنواع من الطحالب والبكتريا .وفي هذه الحالة يضاف الكلور علي المياه العكرة قبل دخولها إلي أحواض الترسيب أو المرشحات وذلك بهدف تقليل الحمل البكتيري علي المرشحات.

وتسمي هذه العملية بالتطهير المبدئي بالكلور (Pre-Disinfiction) ومن مميزات عملية التطهير المبدئي بالكلور مايلي:

1. خفض أعداد البكتريا في المياه قبل وصولها للمرشحات وهذا بدوره يخفف الحمل البكتيري علي المرشح، وكذلك وقف نمو الطحالب.
2. تطهير الرمل في المرشح نظرا لمرور المياه بما فيها من كلور في مسام الرمل أثناء عملية الترشيح.
3. إزالة الألوان والرائحة من الماء بكفاءة عالية.
4. إذا أضيف الكلور قبل أحواض الترويب فإن ذلك يقلل من كمية الكيماويات المروبة التي تضاف للماء كما يساعد على ترسيب الطحالب وازالتها مع الرواسب.
5. الحد من نمو الكائنات الحية الدقيقة داخل المرشحات وخاصة الطحالب.

التطهير المتوسط (Intermediate Disinfection)

اضافة الكلور المتوسط مع المياه الداخلة الى المرشح تساعد فى تقليل جرعة الكلور المبدئى وذلك تفادياً لتكون THM مع الحفاظ على نسبة الكلور بالمياه الداخلة للمرشح .

التطهير النهائى (Post Disinfection)

اضافة الكلور النهائى يتم به الحفاظ على نوعية المياه الخارجة فى الشبكة ويتم حقنة من مدخل خزان المياه المعالجة .

التطهير الزائد بالكلور Super Chlorination

أحيانًا يضاف الكلور بجرعات زائدة عن المطلوب قد تصل إلى 2 أو 3 جزء في المليون، وذلك بغرض إزالة الطعم الناتج عن المركبات المتحللة من الطحالب (Algae) بالإضافة إلى تحسين فاعلية عملية الكلورة وتسمي هذه العلمية بالتطهير الزائد بالكلور ويجب أن تعقبها عملية إزالة الكلور الزائد من الماء (Dechlorination) حيث أنه يسبب رائحة نفاذة وطعمًا غير مستساغ.

وتتميز طريقة التطهير الزائد بالكلور بما يلي:

1. كفاءة عالية لتأثير الكلور علي البكتريا.
2. أبادة كاملة للكائنات الحية الدقيقة التي قد لا تؤثر عليها بالجرعات العادية للكلور.
3. أكسدة الكلور للمواد العضوية التي قد تتواجد بالماء.
4. الجرعات الزائدة للكلور تقوم بالحد من البكتريا التي قد توجد في الماء.

طرق إزالة الكلور الزائد

هناك ست طرق لإزالة الكلور الزائد نوجزها فيمايلي:

1. بإضافة ثاني أكسيد الكبريت (Sulfer Dioxide) إلي الماء بجرعات تصل إلي حوالي 1.5 جزء في المليون لكل جزء في المليون من الكلور المطلوب إزالته. وفي هذه الحالة يتفاعل ثاني أكسيد الكبريت مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة التالية:

$$\text{Sulfer dioxide} + H_2O \longrightarrow \text{Sulfuric acid} + \text{Hydrochloric acid}$$

$$SO_2 + 2H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + 2HCl$$

والكميات الناتجة من حامض الكبريتيك وحامض الهيدروكلوريك ضئيلة جدًا ولا أهمية لها .ويجب أن تمر فترة خمسة عشر دقيقة بعد إضافة ثاني أكسيد الكبريت وذلك قبل استعمال المياه.

2. اضافة كبريتيد الصوديوم (Sodium Sulphide) إلي الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة التالية:

$$Na_2SO_3 + Cl_2 + H_2O \longrightarrow Na_2SO_4 + 2HCl$$

3. إضافة ثيوسلفات الصوديوم (Sodium thio Sulfate) إلى الماء ليتفاعل مع الكلور الزائد كما هو موضح بالمعادلة التالية:

$$2Na_2S_2O_3 + Cl_2 \longrightarrow NaS_4O_6 + 2HCl$$

4. تخزين الماء في أحواض مكشوفة لمدة ثلاث أو أربع ساعات قبل الإستعمال وذلك للسماح بتصاعد غاز الكلور في الجو.
5. ترشيح الماء خلال طبقة من الكربون المنشط الذي يمتص الكلور الزائد.
6. مزج المياه المضاف إليها جرعات زائدة من الكلور بمياه لم يتم إضافة الكلور إليها فيتعادلان.

التطهير بإضافة الأمونيا قبل الكلور Disinfection by Chloramnie

تضاف الأمونيا للمياه قبل إضافة الكلور، وعند إضافة الكلور تتكون مركبات تسمي بالكلورأمين (Chloramine) لها نفس تأثير الكلور في تطهير الماء غير أنها تمتاز عنه بالآتي:

1. منع تكون الطعم وخصوصًا الطعم الناتج عن وجود الفينول.
2. التحكم بسهولة أكثر في كمية المواد العضوية في أحواض الترسيب والمرشحات وفي شبكة التوزيع وذلك لإمكان إضافة جرعات أكثر من الكلور وزيادة نسبة المتبقي منه (Residual) دون تغير طعم الماء.
3. تأثير أكبر علي قتل البكتريا عند وجود كميات كبيرة من المواد العضوية في الماء.
4. استمرار تأثير الكلور لفترة طويلة.
5. الأقتصاد في كمية الكلور المستهلكة، حيث يتم توفير حوالي 30 %من كمية الكلور في حالة استخدام الأمونيا.
6. تأثير أقل علي العين والأنف والحنجرة، خصوصًا عند استعماله في حمامات السباحة.
7. خلوها من الخطورة حيث أن الكلورامين غير خانق ولا يمثل خطورة علي العمال، والمستهلكين حتى عند إضافة جرعات عالية علي سبيل الخطأ.

ولذلك يفضل دائما استخدام هذه الطريقة إذا كانت شبكات المواسير التي يتم بواسطتها توزيع المياه تمتد إلي مسافات طويلة ويخشى من تواجد البكتريا في الأطراف البعيدة إذا استعمل الكلور فقط في التطهير، وبذلك تقل تكلفة عملية التطهير.

ومن الأهمية بمكان إضافة الأمونيا في الموضع الصحيح وضمان المزج التام بينها وبين الماء وإتاحة وقت تلامس كاف قبل إضافة الكلور. وتعتبر نسبة 0.25 جزء في المليون من الأمونيا كافية في معظم الأحيان لمنع إكساب أي طعم عند إضافة الكلور بعد ذلك. والنسبة النظرية للكلور والأمونيا من 1 إلى 4 ولكن عمليًا نسبة 1 إلى 3 تعطي نتائج حسنة.

وعند استعمال الكلورامين للتطهير فإن الكلور المتبقي في الماء بعد التطهير يكون ضعف كميته عما لو استعمل الكلور وحده.

ويجب توخي الحذر والعناية عند تداول الأمونيا السائلة كما هو متبع عند تداول الكلور السائل فكلاهما يمثل خطرًا علي الحياة وعلي المعدات إذا تسرب من زجاجاته.

6. الوحدات النقالي

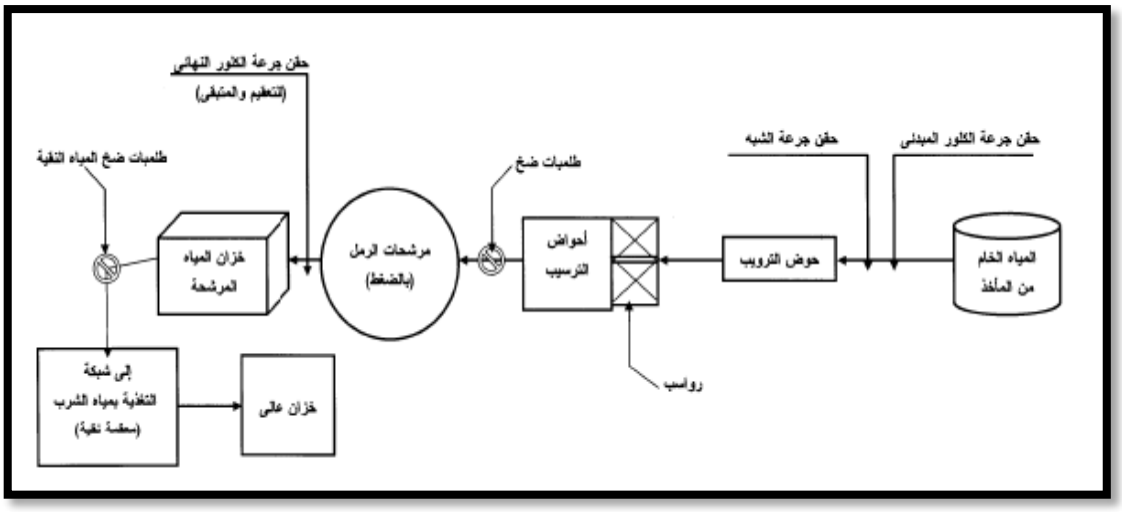
6.1. مقدمة

هي عبارة عن محطات تنقية مياه سطحية صغيرة الحجم (نقالي/ سابقة التجهيز تأتي من المصنع للتركيب في المواقع مباشرة)، وقد تم الإتجاه لإستخدام هذه النوعية من المحطات بغرض تغطية إمداد القرى والتجمعات السكانية الصغيرة – النائية والمتباعدة عن بعضها– والمحرومة من مياه الشرب النقية والقريبة من مصادر المياه السطحية كنهر النيل أو الترع بمياه الشرب النقية.

تتكون هذه الوحدات (النقالي) عادة من مجموعة من الحاويات المتكاملة والتي تتكون محتوياتها غالبا من الصلب بغرض سهولة نقلها من مكان لآخر، وتكون ملائمة للتركيب طبقا للمساحات المتاح سعة هذه الوحدات تكون غالبا 100 متر مكعب/ساعة (حوالى2000 متر مكعب/ يوم) للوحدة والتي يمكن مضاعفتها بتكرار وتوازي الوحدات لمضاعفة الإنتاج.

6.2. أنظمة المحطات لتنقية مياه الشرب (النقالى)

بالرغم من تواجد عدد كبير جدًا من محطات تنقية مياه الشرب النقالى والمنتشرة على نطاق واسع، وبالرغم من تعدد مصادر تصنيع وإنتاج هذه المحطات وتعدد مسمياتها التسويقية كنتيجة طبيعية لإختلاف ظروف إنشاء هذه المحطات ومصادر تمويلها إلا أن معظم –إن لم يكن–جميع هذه المحطات تعتمد على منظومة شبه موحدة لتنقية مياه الشرب.



ويوضح شكل رقم (3– 1) رسم تخطيطي عام لأنظمة تنقية مياه الشرب النقالى الأكثر استخداما

ويتضح من استعراض منظومة الوحدات النقالي مايلى:

1. وجود مرحلة ترسيب ابتدائي (أولى) ونظرًا لإنخفاض درجة عكارة المياه الخام فإن هذه المرحلة لا يوجد لها أي دور حالي في رفع كفاءة عملية التنقية. بل على العكس فإن استخدام هذه المرحلة يؤدى بدوره لوجود مرحلة طلمبات غير ذات فائدة وهو ما يؤدى لرفع تكاليف التشغيل وكذلك تكاليف التشغيل والصيانة.
2. الإعتماد على إضافة البوليمر للمياه الخام وهو ما لا يحدث على المستوى المحلى نظرًا لعدة أسباب منها قصر العمر الإفتراضي لهذه المادة وكذلك نظرًا لأرتفاع تكاليف استيراده ولعدم إنتاجه محليًا.
3. ضعف كفاءة عملية الترسيب النهائي في معظم الأحيان سواء لتهالك مهمات الترسيب أو لإنخفاض درجة العكارة كما سبق الإشارة إليه مع الترسيب الإبتدائي. وبناء على ما سبق فإن انخفاض كفاءة جميع العمليات السابقة يلعب دور رئيسي مع إضافة الشبه كمروب في زيادة الأحمال الواقعة بالتالي على المرشحات الأمر الذى يؤدى بدوره لإنخفاض كفاءة هذه المرشحات

6.3. مكونات الوحدة ومراحل التنقية:

فيما يلي وصف موجز عن محتويات الحاويات المكونة للوحدة المدمجة ومراحل التنقية للمياه السطحية والغرض من عملها:

6.3.1. حاوية المأخذ:

وتتكون من مجموعة طلمبات كهربائية طاردة مركزية، كاملة بمحابس السحب والطرد وعدم الرجوع ومواسير (أو خراطيم) للسحب بنهايتها محابس قدم لسهولة تحضير الطلمبات وكذا مصافي (فوانيس) لحجز الأعشاب

والشوائب الطافية من دخول الوحدة. ملحق بهذه الحاوية لوحة كهربائية ثانوية خاصة بتشغيل مجموعة الطلمبات.

6.3.2. حاوية أجهزة إضافة الكيماويات والكلور:

تتكون من:

أ. أحواض (صهاريج) من البولي اثيلين لإذابة الكيماويات وتحضير محاليل الترويب (الشبة غالبا)، وكل حوض مزود بخلاط وصمام سفلي لتصريف المادة الكيماوية وكذا طلمبة ترددية لمعايرة (إضافة وحقن) الكيماويات كاملة بمواسير أو خراطيم نقل وحقن محلول الكيماويات.

ب. نظام لإضافة الكلور يتكون من أجهزة إضافة للكلور المبدئي وآخر للكلور النهائي، وأسطوانات كلور سائل وكذا مواسير (خراطيم) لتوصيل وحقن محلول الكلور عند نقاط الحقن المختارة.

ج. أجهزة التأمين الشخصية كالأقنعة الواقية من غاز الكلور وقطع الغيار الخاصة بها.

ملحوظة: يستعاض عن أجهزة الكلور في بعض المواقع بأحواض لإذابة محلول هيبوكلوريت الكالسيوم أو هيبوكلوريت الصوديوم (وخاصة في التجمعات السكانية النائية) ملحق بكل منها مجموعة طلمبة معايرة ترددية صغيرة ومجموعة من مواسير أو خراطيم التوصيل الخاصة بنقل المحلول إلي نقاط الحقن المختارة.

6.3.3. حاوية أحواض الترويب/التنديف والترويق:

وتتكون من:

أ. حوض للخلط السريع للمادة المروبة (الشبة) مع المياه العكرة يتصل بحوض يستخدم فيه قلاب بطيء لتقليب المياه المروبة **Coagulated** وتكوين الندف.

ب. حوض للترويق/الترسيب (مروق) ذو تصميمات مختلفة.

ج. مجموعة طلمبات لسحب الروبة إلي خارج الموقع أو للتنقية.

6.3.4. حاوية المرشحات:

وتتكون من:

أ. مرشحات رمل سريعة (غالبا مرشحات ضغط) كاملة بمحابس التشغيل.

ب. مجموعات كباسات الهواء وطلمبات المياه للغسيل العكسي.

6.3.5. الخزان وحاوية الضخ والطرد:

وتتكون من:

أ. خزان أرضي (صهريج) كامل بأجهزة التحكم لقياس المنسوب (الأدنى والأعلى) ولإيقاف وتشغيل معدات المحطة عند الطوارئ.

ب. مجموعات الطلمبات الكهربائية (طاردة مركزية) ذات ضغط عالي، كاملة بمحابس السحب والطرد وعدم الرجوع.

ج. لوحة كهرباء ثانوية خاصة بتشغيل هذه المجموعات يلحق بها أحيانا مجموعة خزان "هيدروفور" كامل بكباسات الهواء للمحافظة علي ضغط توزيع للشبكة، كما يوفر مياه نقية تحت ضغط عالي لأعمال خدمات الوحدة.

ونظرا للاحتاج الزائد للمياه تم عمل نظام الترشيح المباشر

7. **الترشيح المباشر** (Direct Filtration)

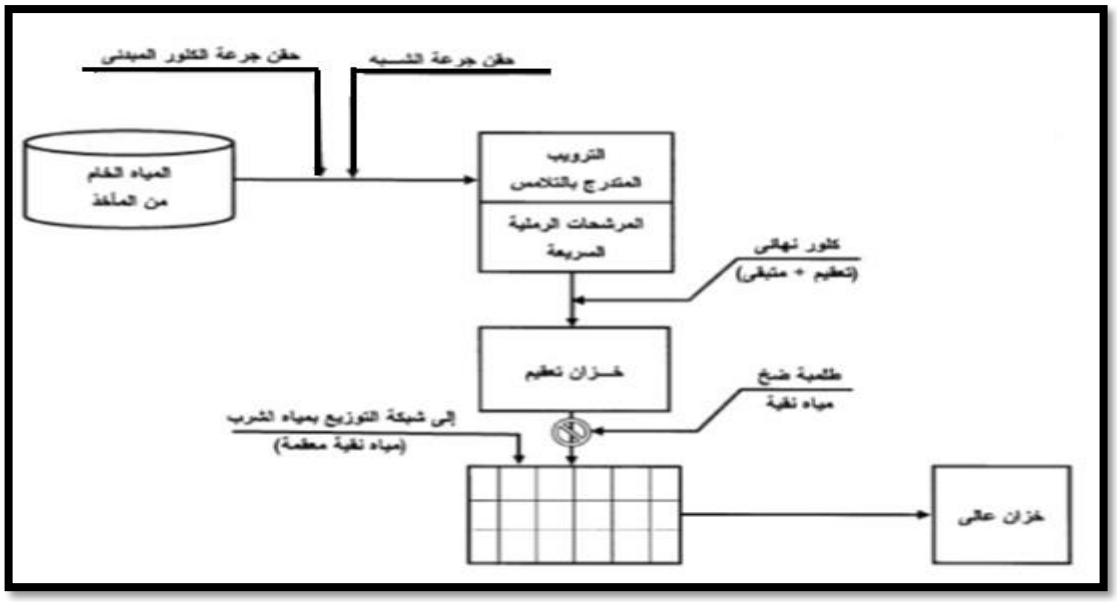
تتمثل مكونات المنظومة الأولى في الوحدات الأساسية التالية:

- مهمات تحضير وإضافة المروب (الشبه)
- مرشح التلامس الخشن Rough contact filter
- مهمات التطهير (إضافة الكلور)
- مهمات إضافية.

وتتلخص مراحل التشغيل لمنظومة الترشيح المباشر:

سحب المياه الخام من مصادرها السطحية حيث يتم إضافة محلول الشبه (بعد تجهيزه) إلى المياه الخام من خلال عملية الحقن والخلط خلال المسار (In–line Mix)، بعد ذلك يتم إدخال المياه مباشرة إلى المرشح الخشن (Rough/Contact Filter) حيث يعمل ذلك المرشح بمعدلات ترشيح كبيرة تحت ظروف المياه الخام الحالية في مصر وذلك لفترات زمنية طويلة قبل الحاجة لغسيل المرشح، وهذا المرشح له وظيفتين:

1. حجز المواد الصلبة العالقة بنسبة تصل إلى 95 % وكذلك إزالة الطحالب الموجودة بالمياه.
2. يعمل المرشح كمروب وتتكون بداخله الندف حيث تحجز أو تمر إلي مرشح زلطي فعند تكون الندف يكبر حجم المواد العالقة مما يؤدى إلى حجز جزء كبير منها داخل المرشح نفسه كما يتميز ذلك المرشح بقدرة فائقة على خفض قيمة العكارة وباقي الملوثات من المياه الخام، بعد ذلك تصبح المياه التنقية قابلة للشرب بعد مرحلة التطهير مباشرة، وتتم عملية غسيل المرشحات الخشنة كما هو الحال بالنسبة لمرشحات الضغط.



شكل

رقم (3– 2) الترشيح المباشر

شكل رقم (3– 3) الترويب المتدرج بالتلامس والمرشحات الرملية

8. آبار المياه الجوفية Groundwater Wells

8.1. مقدمة

إنشاء آبار المياه الجوفية هو عبارة عن عملية اختراق لطبقة التكوين الحاملة للمياه (aquifer) واعتراض المياه الجوفية التي تتحرك خلالها لإعادة هذه المياه إلى السطح للإستفادة منها والحصول على مصادر لمياه الشرب في المناطق المختلفة. وإنشاء آبار للمياه الجوفية لهذا الغرض يستوجب الإهتمام بتشغيلها و بعمرها و بنوعية المياه المنتجة منها و بالتالي ضرورة صيانتها المستمرة وضمان حمايتها من أية مصادر لتلوثها. حيث أن التلوث يفقدها قيمتها. كما أن سوء التشغيل والإستخدام والإستعمال الخاطئ يؤثر على حجم ومعدل إنتاجها و بالتالي على كفاءتها كما أنه قد يؤدى إلى تدمير وتخريب دائم في الطبقات الحاملة للمياه.

تتحرك المياه الجوفية في خلال الطبقة الحاملة للمياه ببطء وتنقى نفسها ذاتيا بالتالي من أية مواد عالقة حيث أن التربة تعمل كمرشح طبيعي لهذه المواد، إلا أنها قد تتلوث إذا ما قابلت وسط ملوث في أثناء تحركها تجاه البئر لأن التربة لا ترشح أو تزيل الملوثات الذائبة كالمواد العضوية والكيميائية. فإذا ما كانت التربة مشبعة بزيوت أو ملوثات كيميائية فمن الاستحالة تنظيفها أو استغلال المياه التي مرت عليها كمصدر مياه صالحة للشرب. وبالتالي فان المسئولية الأولى للمشغل الحفاظ على صلاحية وجودة الآبار من خلال التشغيل الصحيح القانوني والصيانة الوقائية لها ولطبقة التربة الحاملة للمياه، وان يتابع اى تغيير في نوعية المياه الجوفية المنتجة منها.

8.2. الملامح الخارجية للبئر

هناك مجموعة من الفتحات أعلى سطح البئر الغرض منها توفير عدة منافذ إلى داخل البئر يمكن معها أخذ قياسات مختلفة لمناسيب المياه بالبئر، السماح بدخول وخروج هواء أثناء تشغيل وإيقاف الطلمبة، إضافة الزلط لتعويض التناقص في منسوبه وكذا إضافة المواد المطهرة ووسائل التنظيف المختلفة، يتم حماية هذه الفتحات من تسرب أى مياه إليها من السطح أو دخول أى مواد غريبة وذلك للحماية الصحية الأساسية للبئر.

يمكن تفصيل هذه المكونات كما يلى:

8.2.1. فتحة التهوية

الغرض منها السماح بدخول الهواء ومنع حدوث تفريغ داخل البئر أثناء عملية بدء تشغيل الطلمبة، حيث أن التفريغ قد يؤدى إلى سحب ملوثات من خارج البئر خلال أي فتحات صغيرة ومختفية في أعلى سطح البئر، كما أنها تمنع زيادة الضغط داخل البئر أثناء إيقاف الطلمبة وعودة ارتفاع منسوب المياه إلى وضعه الأصلي وبالتالي قد تعمل على طرد مونة التثبيت ومواد العزل حول قاعدة الطلمبة العلوية ويجب تغطيتها بشبك من السلك الدقيق ليمنع دخول الحشرات وخلافه.

8.2.2. ماسورة الزلط

وفي الآبار ذات المواسير المتداخلة فقط يجهز البئر غالباً بماسورة لإضافة الزلط والمراجعة الدورية لمنسوبه ويكون بها غطاء محكم ومرتفعة بإرتفاع كافي فوق سطح الأرض لمنع دخول الملوثات.

8.2.3. فتحة القياس:

هي فتحة صغيرة يمكن من خلالها إجراء قياس منسوب المياه دورياً في البئر، كما يمكن استخدامها عند إضافة مساعدات التنظيف أو الكلور للتطهير، ويجب إحكام تغطيتها بعد الإستعمال، ويتم القياس بعدة طرق منها بإستخدام حبل أو شريط معقم يتم ادخاله من هذه الفتحة وإسقاطه حتى يصل إلى المياه ويقاس الفرق من السطح. أو بإستخدام جهاز قياس منسوب المياه بضغط الهواء والذى يتم بتثبيت ماسورة حديد مجلفن أفقية قطر 4/1 بوصة (6 مم) في قاعدة الطلمبة الخرسانية ويثبت بها ماسورة رأسية من البلاستيك (أو من البولى إيثلين) بطول مواسير التوصيل والطلمبة معاً ويجب معرفة وتحديد هذا الطول ويضبط عليه صفر المانومتر وعند ضغط الهواء في الماسورة الأفقية تكون قراءة مؤشر المانومتر هي عمق المياه.

منسوب المياه = طول الماسورة البلاستيك – عمق المياه.

8.3. تشغيل الآبار

عند بدء تشغيل الآبار العميقة (الأرتوازية) يتم مراعاة واتخاذ الاحتياطات اللازمة الكفيلة بسلامة وأمان كل بئر وضمان حمايته وحماية المياه المنتجة منه من التلوث كذلك ضمان استمرارية تشغيله وحسن استغلاله وذلك اتباع الخطوات والإجراءات التالية:

1. التأكد من سلامة حرم البئر وهو الحفاظ على مسافة كافية خالية ونظيفة حول البئر بعيدة كل البعد عن جميع مصادر التلوث والتي تصل إلى 45 متر من جميع الاتجاهات

2. التأكد من عدم احتمال تسرب المياه من سطح الأرض إلى داخل البئر خلال فتحة التهوية مع ضرورة عمل مجرى لإزاحة أي مياه متساقطة من أجزاء طلمبة البئر العلوية إلى أقصى حرم للبئر. وعند الشك من احتمال تسرب للمياه إلى البئر من أي مصدر تلوث مياه أو مجرى مائي قريب تستعمل أصباغ مثل الفلورسين بوضعها في المجرى المراد اختباره، ثم يلاحظ مدى تأثيرها على عينات المياه المسحوبة من البئر بمقارنة الألوان بأنابيب نسلر.
3. عدم تجاوز معدل السحب الآمن للمياه من البئر وهو التصرف الذى يمكن الحصول عليه من البئر بدون خفض مستمر لمنسوب الطبقة الحاملة للمياه الجوفية، حتى لا تتسرب المياه الملوثة إليها من الطبيعة المحيطة.
4. مراعاة عدم تشغيل آبار متقاربة أو متداخلة مع بعضها في شكل مخروط السحب لها حتى لا تؤثر في منسوب الطبقة الحاملة للمياه.
5. تسجيل نتائج الاختبارات لكل بئر للمقارنة وتعديل المعدل الآمن للسحب الذى يمكن الحصول عليه من البئر (إذا لزم الأمر).

8.4. إزالة الحديد والمنجنيز Iron & Manganese Removal

8.4.1. مقدمة

تلجأ كثير من مرافق المياه التي تعتمد علي مياه الآبار الجوفية إلى استخدام وتطبيق طريقة لإزالة أملاح الحديد والمنجنيز. وذلك لتقليل مشكلات الطعم واللون في مياه الشرب والاستخدامات المنزلية حيث تكون على الملابس عند غسيلها لونا وبقعا بلون الصدأ للمياه المحتوية على أملاح الحديد وباللون الاسود للمياه المحتوية على المنجنيز وذلك كما تترك حبيبات سوداء داكنة في وصلات المياه بالإضافة إلى مشكلات تكوين رواسب وانسداد شبكات التوزيع.

عادة تخرج مياه الآبار الجوفية رائقة ولا لون لها ولكن عند تركها لفترة في أواني الطهي أو الأدوات الصحية مثلا تبدأ أملاح الحديد في الاتحاد مع الأكسجين (الموجود في الهواء الجوي) مكونا جزيئات ذات لون بنى محمر (يسمى صدأ). أما المنجنيز فيكون لون بنى مسود. هذه الشوائب عادة تعطى طعما معدني المذاق، كما أنه لا يمكن إزالة هذه البقع والألوان المترسبة على الملابس أو الأدوات الصحية بإستخدام الصابون والمنظفات. وبمرور الوقت فإن رواسب الحديد والمنجنيز قد تتراكم داخل الخزانات وسخانات المياه وخطوط المواسير وتؤدى بالتالي إلى تكاثر الكائنات الحية الدقيقة مسببة تدهورا في نوعية المياه وكذلك انخفاضا في الضغط، وعليه يجب إعطاء اهتمام خاص بعملية التحكم في إزالة الحديد والمنجنيز.

وقد وضعت المعايير القياسية الصحية لمياه الشرب حدا أقصى 0.3 ملجم/لتر للحديد، 0.4 ملجم/لتر للمنجنيز بمياه الشرب.

8.4.2. عمليات تنقية الحديد والمنجنيز

تلجأ كثير من هذه المرافق إلى إزالة أملاح الحديد والمنجنيز من المياه خلال الاتى :

أ. الترسيب والتي تعتمد أساسا على أكسدة أملاحها الذائبة وتحويلها إلى مواد غير قابلة للذوبان ثم الترشيح في مرشحات رملية عادية أو التنقية وهذه العملية هي الأكثر نظما شيوعا في مصر.

ب. عملية التبادل الأيوني (Ion Exchange) التي تعتمد على استعمال "الزيوليت" على سبيل المثال كوسط تبادلي في حالة غياب الأكسجين، وهي طريقة محدودة وتستخدم للمياه ذات تركيز الحديد والمنجنيز المنخفض (أقل من 0.5 ملجم/لتر). في بعض الأحيان تستخدم عمليات التهوية والترشيح قبل استخدام التبادل الأيوني عند إزالة العسر.

يعتمد اختيار نظام التحكم والإزالة الذي تحتاجه مرافق المياه علي فهم ديناميكية التفاعل المطلوب لتأكيد نظام التشغيل المناسب من أنظمة التحكم وإزالة الحديد والمنجنيز. وعلي هذا الأساس يجب أولا اجراء الدراسة والتحاليل اللازمة لمعرفة تركيز الحديد والمنجنيز في الماء ثم اختيار النظام الأمثل وتحديد جرعة المؤكسد اللازمة أخذا في الاعتبار سرعة تفاعل الأكسدة والوقت الذي يستلزمه.

8.4.3. عملية الأكسدة والترشيح

المؤكسدات الشائعة:

التهوية (الأكسجين) – الكلور الحر – ثاني أكسيد الكلور، برمنجنات البوتاسيوم – فوق أكسيد الهيدروجين– الأوزون

العوامل المؤثرة علي عملية الأكسدة:

- تركيز الحديد والمنجنيز في الماء
- درجة تركيز أيون الهيدروجين pH
- وجود المواد العضوية وملاحظة تأثيرها علي عملية الإزالة بالأكسدة
- درجة الحرارة

عمليات الأكسدة

أ ـ الأكسدة بالتهوية Oxidation by Airation

يتم أكسدة الحديد عادة بالأكسجين الموجود في الهواء الجوي

من وسائل التهوية:

- رفع المياه إلى أعلي برج ثم انحدارها على مجموعة من السلالم المتدرجة.
- ضخها في مجموعة من النافورات أو مرورها خلال مجموعة من الأدشاش لتذريرها ولتعريض أكبر مساحة سطحية ممكنة منها للهواء الجوي بهدف أكسدة الحديد بالأكسجين الجوي.
- في بعض المحطات التي لا يتوفر بها مساحات كافية يتم ضخ (حقن) هواء مضغوط– من وحدات كباسات منفصلة– في مسار المياه إلى (مؤكسدات Oxidant) (وهي أحوض بها طبقة من الزلط تسمح بإتمام خلط الهواء بالماء وتوفير مدة المكث المناسبة لإتمام عملية الأكسدة المطلوبة)

ب- الأكسدة بالكلور Oxidation by Chlorine

يتم أكسدة الحديد والمنجنيز الموجود في المياه بحقن الكلور بجرعات "مناسبة" حيث تتأكسد أملاحها إلى أكاسيد الحديد والمنجنيز الغير قابلة للذوبان والتي يسهل ترشيحها بعد ذلك والتخلص منها. مع الحرص على عدم زيادة نسبة الكلور المتبقي .

في كثير من الأحيان يضاف الكلور بعد عملية التهوية للمساعدة في أعمال الأكسدة، حيث أن الكلور الحر يؤكسد المنجنيز بسرعة مقبولة عند تركيز أيون الهيدروجين pH أكثر من 9 وعليه ففي حالة انخفاض درجة تركيز أيون الهيدروجين يقلل من عملية الاكسدة

جـ الأكسدة بالبرمنجنات Oxidation by Permengante

- أوضحت التجارب والاختبارات أن المنجنيز والحديد "الغير مركب" يتم أكسدتهما في الحال عند إضافة برمنجنات البوتاسيوم ($KMnO_4$) إلى الماء وتحويلهما إلي أكاسيد غير قابلة للذوبان. كما وجد أنه يعطي سرعة أكسدة عالية عند درجة تركيز هيدروجيني pH تتراوح بين 5 – 7 مع ملاحظة أنه في ظروف المياه القلوية يتأكسد الحديد بالأكسجين الذائب.
- برمنجنات البوتاسيوم تؤكسد أيون المنجنيز إلى ثاني أكسيد المنجنيز الذى يغلف بدوره حبيبات الرمل والتي تعمل بدورها على ادمصاص المنجنيز أثناء عملية الترشيح والتخلص منه
- تعتبر عملية أكسدة المنجنيز أصعب نسبيا من أكسدة الحديد وذلك بسبب أن سرعة التفاعل تكون أبطأ وتحتاج لفترة مكث أطول (عادة من 10 إلى 30 دقيقة).

ملاحظات

عند عملية الأكسدة وفي حالة تواجد نسبة عالية من تركيز الكربون العضوي الذائب مع وجود الحديد الذائب ينتج عنه مركب معقد تجعله يقاوم ولا يترسب حتى مع استعمال مؤكسدات بتركيزات عالية. يمكن للأكسدة

الكيماوية أن تزيل 25% من هذا المركب المعقد، وكلما زاد الوزن الجزيئي للحمض الدبالي (Humic Acid) كلما كون ذلك مع الحديد مركبا أكثر تعقيدا يصعب إزالته.

العوامل المؤثرة على كفاءة عملية أكسدة المنجنيز هي درجة تركيز أيون الهيدروجين، نوع المؤكسد، جرعة المؤكسد، تركيز أكسيد المنجنيز الصلب الموجود.

8.4.4. عملية الترشيح Filtration Process

هناك أوساط ترشيحية مختلفة لإزالة الحديد والمنجنيز منها:

فحم الأنثراسيت / رمل

يعتبر فحم الأنثراسيت مع الرمل من أوساط الترشيح القابلة لإزالة الحديد والمنجنيز ويتكون من فحم الأنثراسيت ورمل مغلف كيميائيا بطبقة من أكسيد المنجنيز، وهذا الوسط الترشيحى يجرى تنشيطه Regenerated داخل المرشح بإستخدام برمنجنات البوتاسيوم.

الرمل الأخضر

يعتبر رمل المنجنيز الأخضر نوعا من أوساط الترشيح. وهو يشبه رمل المرشحات إلا أنه لونه أخضر ويستعمل كمادة للتبادل الأيوني الطبيعي يصلح لإزالة الحديد والمنجنيز وكذلك لإزالة العسر من المياه وهو شائع الاستعمال وخاصة مع مرشحات الضغط. ويجرى عملية تنشيط الرمل الأخضر بإستخدام برمنجنات البوتاسيوم، كلما تطلب الأمر ذلك.

8.4.5. عملية التشغيل Operation Process

أولا: إجراء أعمال التحاليل الكيميائية لقياس وتحديد:

- نسبة أملاح الحديد والمنجنيز الذائبة.
- درجة التأين الهيدروجيني pH.
- درجة حرارة المياه.
- نسبة الكربون العضوي.
- نوع المؤكسدات المناسبة (المتاحة محليا) واجراء التجارب لتحديد أنسب جرعات لها.
- نوع ووسيلة التنقية (الأكسدة / الترسيب / الترشيح / الغسيل العكسي/التنشيط).
- الكشف والتأكد من المياه المنتجة.

ثانيا: تحضير الكيماويات:

محلول البرمنجنات : يتم إذابة كمية من بللورات برمنجنات البوتاسيوم في ماء نقى خالي من الأملاح والأيونات (يفضل ان يكون دافئ لتمام عملية التشتيت) مع مراعاة أن تتم الإذابة في حوض أو صهريج من البولي إيثيلين غير منفذ للضوء.

ثالثا: وحدات الأكسدة:

يتم تشغيل وحدات (أبراج) الأكسدة المتاحة سواء كانت بالتهوية من خلال سقوط المياه على درجات (سلالم) متتالية / أو نافورات لتذرير المياه / أو مرورها من خلال عدة طوابق مثقبة لتسقط على هيئة أدشاش، ثم تجميعها أسفل هذه الأبراج بعد ضمان تمام عملية الأكسدة وضخها إلى المرشحات. أما في الوحدات التي تعتمد على أحواض "المؤكسدات Oxidants" فيتم تشغيل كباسات الهواء وحقن الهواء في مسار المياه عند دخولها للمؤكسدات من أسفل إلى أعلى.

رابعا: المرشحات:

عملية الترشيح تأتي بعد عملية الأكسدة وفيها يتم إزالة المواد الغير قابلة للذوبان الناتجة من عملية الأكسدة

أ - مرشحات الرمل الأخضر Green Sand Filter

- يمكن بالاستخدام الجيد لمرشحات الرمل الأخضر إزالة 95% من الحديد والمنجنيز، إلا أن هذه الكفاءة تقل جدا عند زيادة نسبة الحديد إلى أكثر من 20 ملجم/لتر.
- يتم تنقية الرمل الأخضر بصفة مستمرة بحقن برمنجنات البوتاسيوم بإحدى الطرق الآتية:

- إيقاف المرشح ثم صب محلول مركز من البرمنجنات تركيزه (5 %) فوق الوسط الترشيحى وتركه لمدة 24 ساعة، ثم غسيله عكسيا بالمعدل العادى للتخلص من البرمنجنات.
- إعادة تنشيط (Recharge) الرمل الأخضر بإضافة جرعة منخفضة من برمنجنات البوتاسيوم ورفعها بالتدريج مع ملاحظة لون المياه المرشحة المنتجة حتى ظهور اللون البمبى (Pink) بها، ثم إعادة تخفيضها بالتدريج إلى أن ينخفض اللون (وذلك قبل دخول المرشح في الخدمة)، ويتم الإستمرار في التخفيض التدريجى إلى أن يختفي اللون تماما بعد الترشيح (يجب أن يكون هذا التدريج بطيء لضمان تمام عملية التنشيط). اللون البمبى هو أحسن اختبار من أن الرمل الأخضر قد تم معالجته وتنشيطه.

ب ـ مرشحات الأنثراسيت / الرمل Anthrasite Filter

يتم معاجلة الوسط الترشيحى لهذه المرشحات بذات الطرق المذكورة بعالية. في بعض المرشحات يتكون الوسط الترشيحى من الطبقة الحاملة (زلط متدرج) ثم رمل عادى أو أخضر ويعلوهم فحم الأنثراسيت.كما موضح بالشكل

جـ الغسيل العكسي للمرشحات Backwash for Filters

يتم اتباع ذات نظام الغسيل العكسي المستخدم مع مرشحات الضغط في "الوحدات المدمجة". يتم الغسيل العكسي لكلا الطرازين من المرشحات عند أي من العوامل التالية:

- وصول فاقد الضغط إلى 2 متر .
- تراجع كفاءة الترشيح وشفافية المياه المنتجة (ظهور عكارة أكثر من 1 NTU).

مع ملاحظة ضرورة الاستمرار في عملية الغسيل بالمياه حتى خروج مياه نقية في وحدات الأكسدة التي تعتمد علي "المؤكسدات" يتم غسلها عكسيا من أعلى إلى أسفل بإستخدام كباسات/نفاخات الهواء وطلمبات المياه الخاصة بغسيل المرشحات. يتم غسيل هذه المؤكسدات في الفترات التالية:

- قبل إيقاف كلى للوحدة/المحطة.
- دوريا كل 14 يوما وتبعا لحالة التشغيل أو مرة كل شهر على الأكثر إذا لم يسبق أن تم إيقاف الوحدة.

References

1. Water treatment plant operation (California Department of Health Services Office of Drinking water Third Edition 1995.
2. Environmental protection Agency EPA
3. Manuals of water treatment plants at Fayoum Governorate
4. خلفية علمية عن تنقية وتوزيع مياه الشرب وتجميع وتنقية الصرف الصحي USAID/Egypt
5. كود الشروط الفنية لأعمال التشغيل والصيانة لمحطات تنقية مياه الشرب وروافعها وشبكاتها وكذلك شبكات ومحطات الرفع والتنقية لمياه الصرف الصحي بمصر.

حقوق الطبع محفوظة
الإدارة العامة للمسار الوظيفى - إدارة المناهج
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحى

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

قام بإعداد الإصدار الأول من هذا البرنامج:

د/ محمد بكر محمد	المعمل المرجعى– الشركة القابضة
د/طارق رشدى	المعمل المرجعى– الشركة القابضة
د/ عاصم عبدالرحمن	المعمل المرجعى– الشركة القابضة
د/محمد أحمد السيد	المعمل المرجعى– الشركة القابضة
د/إبراهيم شوقى	المعمل المرجعى– الشركة القابضة
د/ صبرى زغلول وهبة حنا	المعمل المرجعى - الشركة القابضة
د/تامر إمام	المعمل المرجعى– الشركة القابضة
د/ سناء أحمد الإله	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم
د/ شعبان محمد على	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالفيوم
د/ حمدى عطيه مشالى	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
د/ سعيد أحمد عباس	شركة مياه الشرب والصرف الصحى بالغربية
د/ عبدالحفيظ السحيمى	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى
د/ مى صادق	شركة مياه الشرب بالقاهرة الكبرى

قام بإعداد الإصدار الثانى من هذا البرنامج:

كيميائى/ عاصم عبدالرحمن إسماعيل	المعمل المرجعى لمياه الشرب– الشركة القابضة
كيميائى/ قدري عبد الشافي	شركة مياه البحيره
كيميائى/ صابر داوود عبد الله	شركة مياه الفيوم
كيميائى / سعيد أحمد عباس الضاحى	شركة مياه الغربيه
كيميائى/ محمود أحمد السيد عز العرب	شركة مياه سوهاج

قام بالمشاركة وابداء الرأى لهذا البرنامج :

كيميائى/ أحمد عبد الفتاح حسانين	شركة مياه مدن القناة
كيميائى/ أحمد محمد شعبان	شركة مياه المنوفية
كيميائى/ الحسن الصادق	المعمل المرجعى لمياه الشرب– الشركة القابضة
كيميائية/ إيمان ابراهيم العزبى	شركة مياه دمياط
كيميائى/ باسم محمود سعد الدين جمعه	شركة مياه المنوفية
كيميائى/ بلال محمد حريشة	شركة مياه القاهرة
كيميائى/ خالد عرفة صديق	شركة مياه الفيوم
كيميائية/ عزة محمد عبد الحى	شركة مياه الدقهلية
كيميائى/ عماد زيدان	شركة مياه الاسكندرية
كيميائى/ عمر محمد حلمى	شركة مياه القاهرة
كيميائى/ مايكل داوود	شركة مياه الاسكندرية
كيميائى/ محمد إبراهيم	شركة مياه الشرقية
كيميائى/ محمد رفعت محمود	شركة مياه الجيزة
كيميائى/ محمد طه عبدالفتاح	شركة مياه الدقهلية
كيميائى/ محمود عمر رجب	شركة مياه سوهاج
كيميائى/ مصطفى محمود مصطفى	شركة مياه الجيزة
كيميائى/ مكاوى فرج المكاوى بعير	شركة مياه الغربية

قام بالتنسيق الفني والإخراج لهذا الإصدار:

كيميائى/ محمود جمعه	الإدارة العامة للمسار الوظيفى– الشركة القابضة