

رقم الموضوع : W – 1

تنقية ومعالجة مياه الشرب

تأليف

المهندس / محمود حسين المصيلحي

المدير العام (السابق) بشركة المقاولين العرب - مهندس استشاري

٢٠١٢

وَقُلْ رَبِّ زِدْنِي عِلْمًا

الفهرس

الصفحة	الباب
٤	مصادر مياه الشرب .
٥	تنقية المياه السطحية .
٥	أنواع المأخذ :
٩	• مأخذ ماسوره .
٩	• مأخذ شاطئىء .
١٢	• مأخذ مغمور .
١٢	• مأخذ برج .
١٣	• مأخذ طوارىء .
١٥	• مأخذ أخرى متنوعه .
٢١	سحارة المأخذ – ظلمبات الضغط الواطى .
٢٤	أجهزة قياس التصرف .
٢٦	المروب .
٢٩	خزان الخلط السريع .
٣٠	عملية الترويق .
٣٨	أحواض ترويق وترويب .
٥٠	المرشحات .
٨٣	أزالة العسر من المياه السطحية .
٩٠	عملية التعقيم :
٩١	• التعقيم بالكلور .
٩٥	• التعقيم بالأوزون .
٩٨	• التعقيم بالأشعه فوق بنفسجية .
١٠١	• استخدام برمنجنات البوتاسيوم .
١٠٢	الخزان الأرضى
١٠٤	ظلمبات الضغط العالى
١٠٥	الخزانات العالية
١٠٧	مانع الصواعق .
١٠٩	المراجع

تنقية مياه الشرب

WATER PURIFICATION WORKS

مصادر مياه الشرب :

- ١ - مياه الأنهار و البحيرات .
- ٢ - المياه الجوفية .
- ٣ - مياه الأمطار .
- ٤ - مياه المحيطات و البحار.

المعدلات التقريبية لاستهلاك المياه :

- | | |
|------|---|
| ٥٥ % | ١ - الأستهلاك المنزلي . |
| ٢٥ % | ٢ - الأستهلاك الصناعي و التجاري . |
| ١٠ % | ٣ - أستهلاك ري الحدائق و الحريق و النظافة . |
| ١٠ % | ٤ - الفاقد . |

لوزاد الفاقد عن ١٠ % تكون نوعية المواسير و الوصلات سيئة .

مراحل أعمال التنقية :

- ١ - أعمال تجميع المياه .
 - ٢ - أعمال التنقية .
 - ٣ - أعمال التوزيع .
- نموذج لمحطة التنقية السطحية - شكل (١) .
- مخطط تنقية المياه في حالة مياه الأمطار أو المياه الجوفية أو حالة المياه السطحية - شكل (٢) .

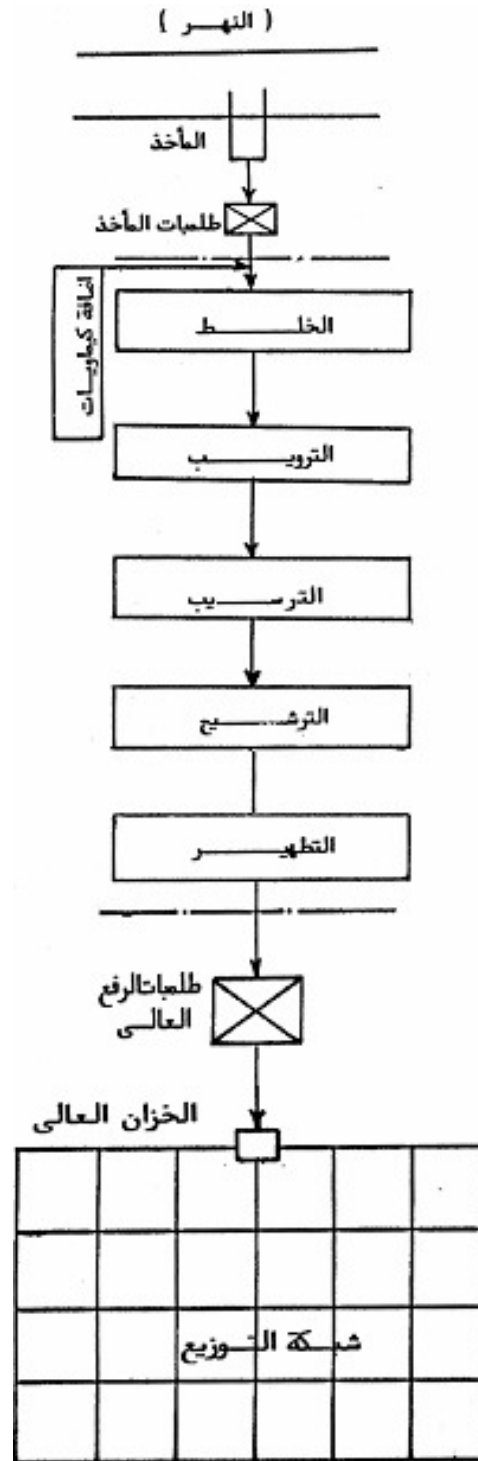


شكل (١)

نموذج لمحطة كبرى لتنقية المياه السطحية

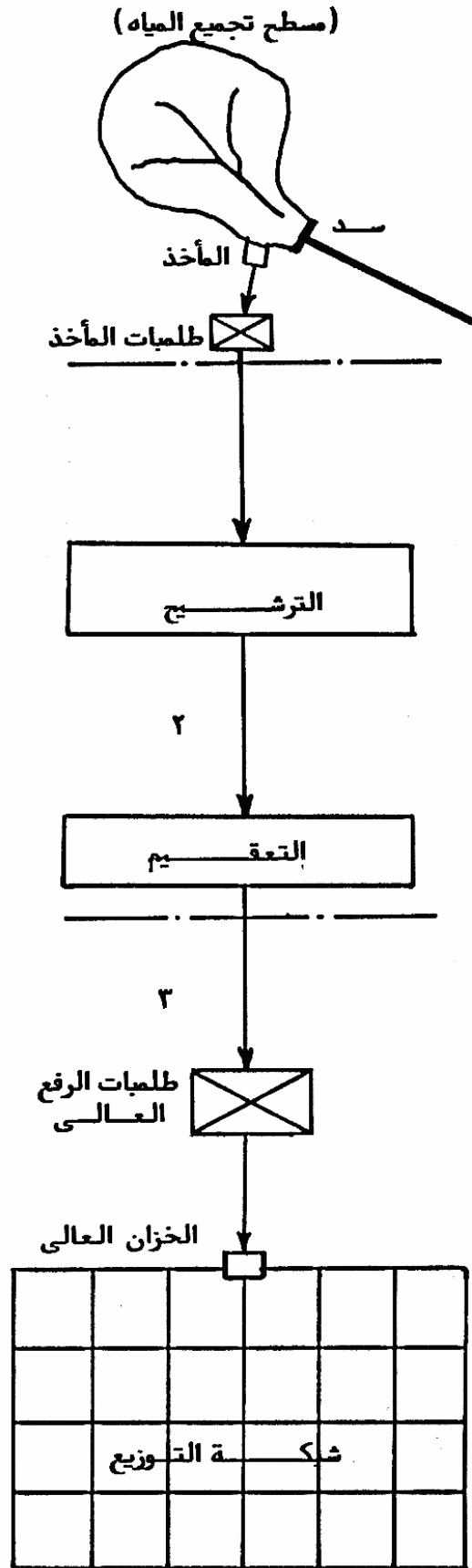
مصادر تنقية مياه الشرب :

- ١ - أعمال تنقية المياه السطحية (من النهر) - شكل (١) .
- ٢ - أعمال تنقية مياه الأمطار المتجمعة في البحيرة - شكل (٢) .
- ٣ - أعمال تنقية المياه الجوفية (من الآبار الجوفية) - شكل (٣) .

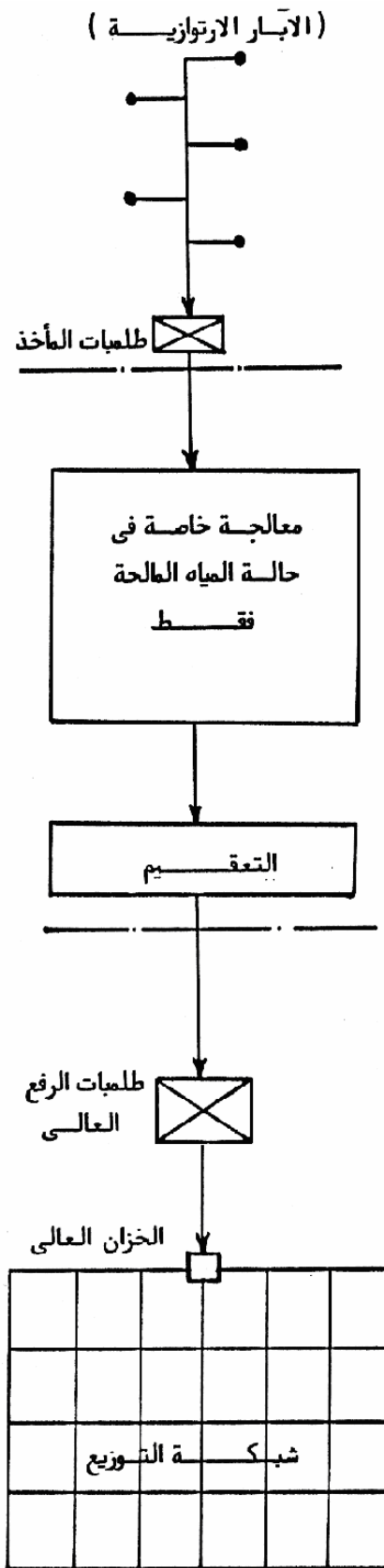


شكل (١)

مخطط التنقية في حالة المياه السطحية



شكل (٢)
مخطط التنقية في حالة مياه الأمطار



شكل (٣)

مخطط أعمال التنقية لمصادر مختلفة من المياه

مكونات محطة التنقية للمياه السطحية :

يتكون نظام التنقية التقليدي للمياه السطحية في المدن من العناصر الآتية :

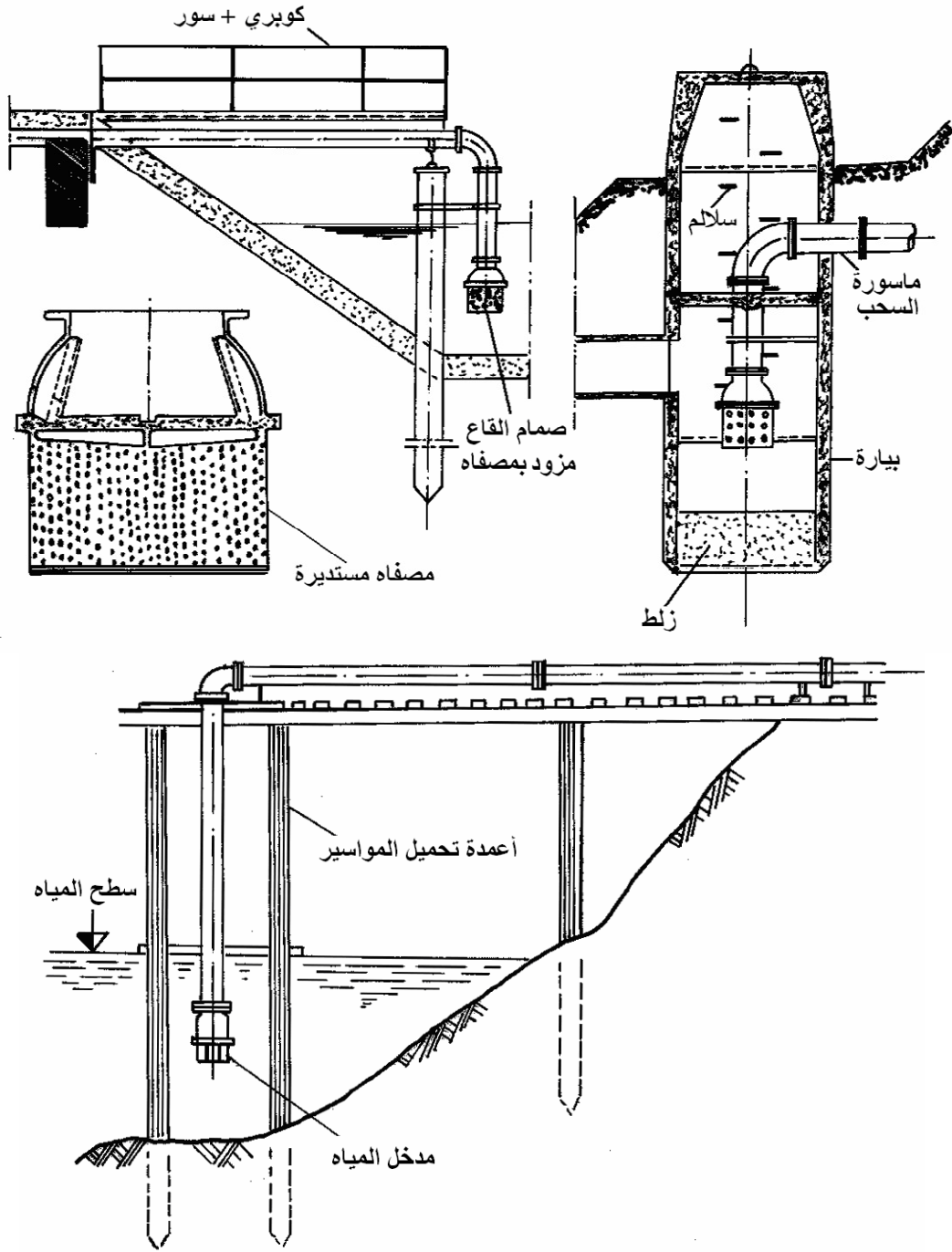
أولا : المأخذ Intake :

- هو عمل صناعي إنشائي يقام داخل مصدر المياه سواء كان نهرا أو بحيرة أو ترعة. يراعي فيه الشروط الآتية :
- ١ - أن يكون مصمما لاستيعاب كميات المياه المطلوبة مستقبلا و حتي نهاية الفترة التصميمية للمحطة .
 - ٢ - أن يختار موقعه بعيدا مسافة كافية تسمح بامتداد المدينة مستقبلا ، وأن يكون الموقع فوق التيار **Upstream** بالنسبة للمدينة و بعيدا عن مصدر التلوث .
 - ٤ - حماية المأخذ من التلوث المباشر من الأهالي و ذلك بعمل سور أو حدود له تصل إلي ٥٠٠ متر فوق التيار و ١٥٠٠ متر تحت التيار .
 - ٥ - يفضل دخول المأخذ مسافة كافية في عمق النهر بحيث يبعد عن مصادر التلوث و علي ألا يعوق الملاحة مع وجوب أحاطته بدعامات قوية لحماية من صدمات السفن أو المراكب .
 - ٦ - يكون أيضا مغمورا تحت أوطي منسوب للمياه في للنهر .
 - ٧ - ينشأ المأخذ أيضا علي جزء مستقيم من النهر حتي لا يكون عرضة للنحر أو الأطماء .
 - ٨ - يزود بمصافي لمنع دخول أية مواد طافية .

أنواع المأخذ :

١ - مأخذ ماسورة Pipe Intake :

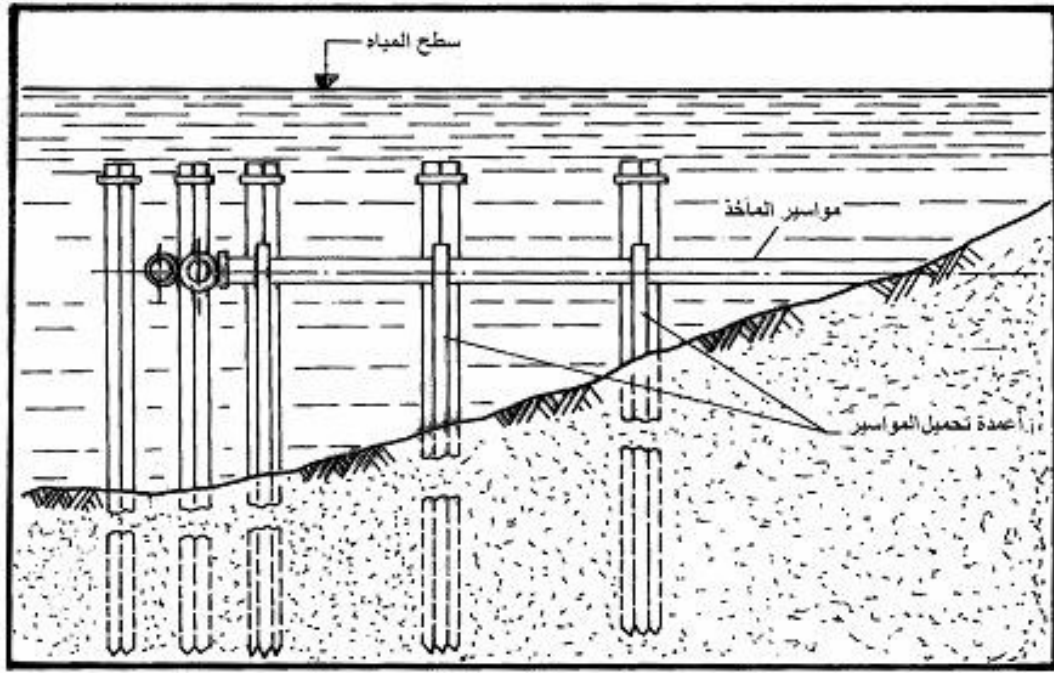
- أ - هذا النوع من المأخذ عادة ما يستعمل في الأنهار الكبيرة . و هو عبارة عن ماسورة تمتد إلي داخل مصدر المياه مسافة كافية بعيدا عن الشاطئ بحيث يبعد عن مصادر التلوث و بما لا يعوق الملاحة . تحمل الماسورة علي كوبري معدني أو خرساني مع تزويده بإضاءة كافية لمنع اصطدام السفن به - شكل (٤) . تكون الماسورة علي عمق ١ متر علي الأقل أسفل منسوب المياه . وفي حالة تغير مناسيب النهر ، تكون للمأخذ أكثر من فتحة يتم قفلها أو فتحها تبعا لمنسوب سطح المياه .



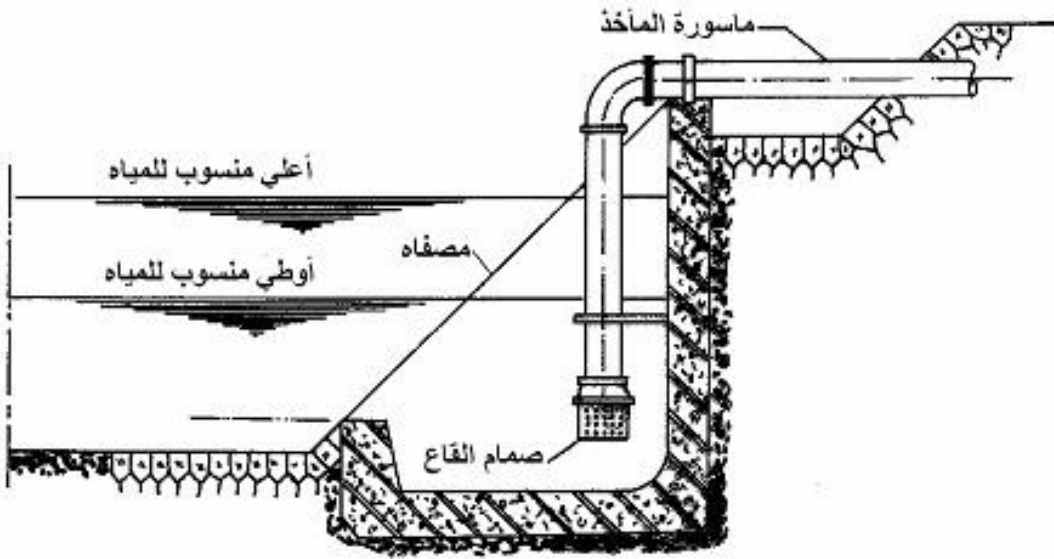
شكل (٤)

نماذج لمآخذ ماسورة أو عدة مواسير لنهر عريض

ب - يستعمل هذا النوع من المآخذ في الأنهار الملاحية الضيقة و عند احتمالات التلوث بأي مواد طافية، وهو عبارة عن ماسورة مثبتة في قاع المجري المائي بواسطة كمرات خرسانية أو صلبة ولها شبك ثابتة تنظف يدويا لمنع أي أجسام طافية من الدخول - شكل (٥) .



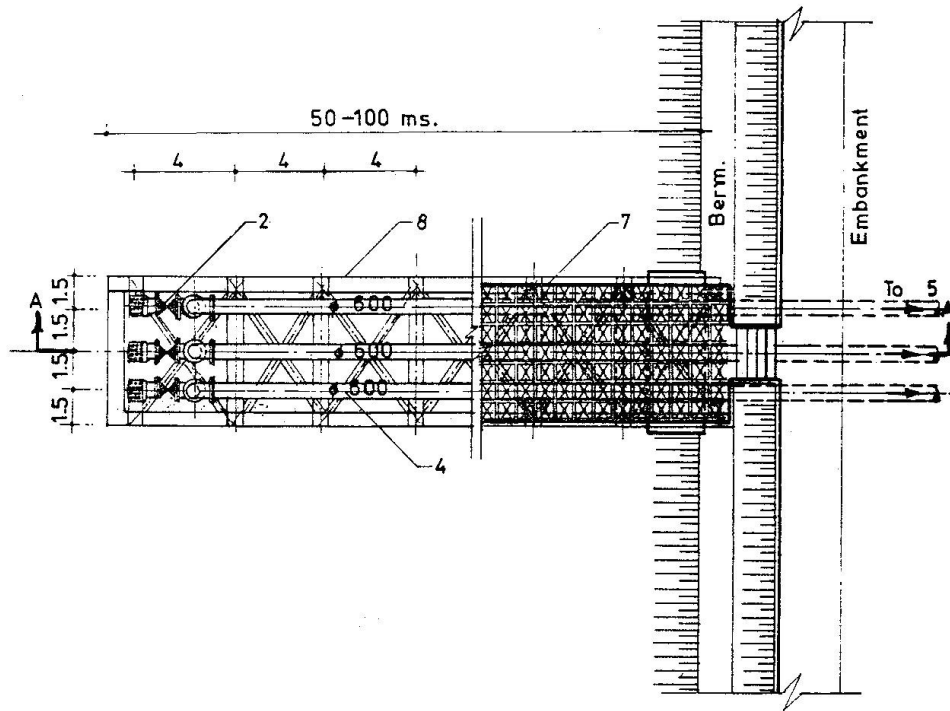
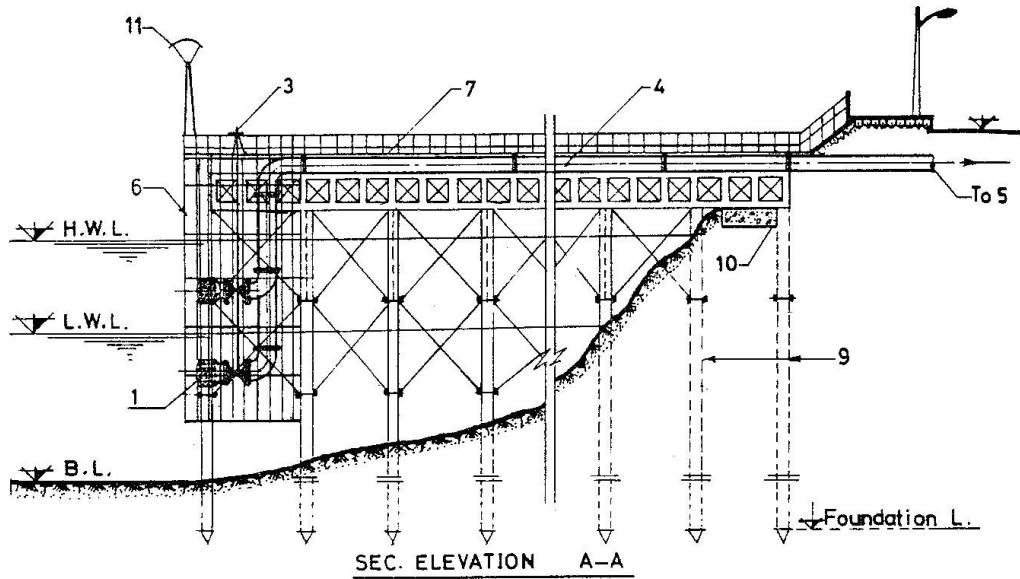
مأخذ ماسورة علي شاطئ نهر



نموذج لمأخذ ماسورة لنهر ضيق

شكل (٥)

مأخذ ماسورة علي شاطئ نهر



- 1 - Foot Valve With Strainer.
- 2 - Sluice Valve.
- 3 - Pillar and Hand Wheel.
- 4 - Suction Pipe.
- 5 - To Pumping Station.
- 6 - Coarse Screen.

- 7 - Bridge.
- 8 - Truss.
- 9 - Pile.
- 10 - Supported Concrete.
- 11 - Navigation Light.

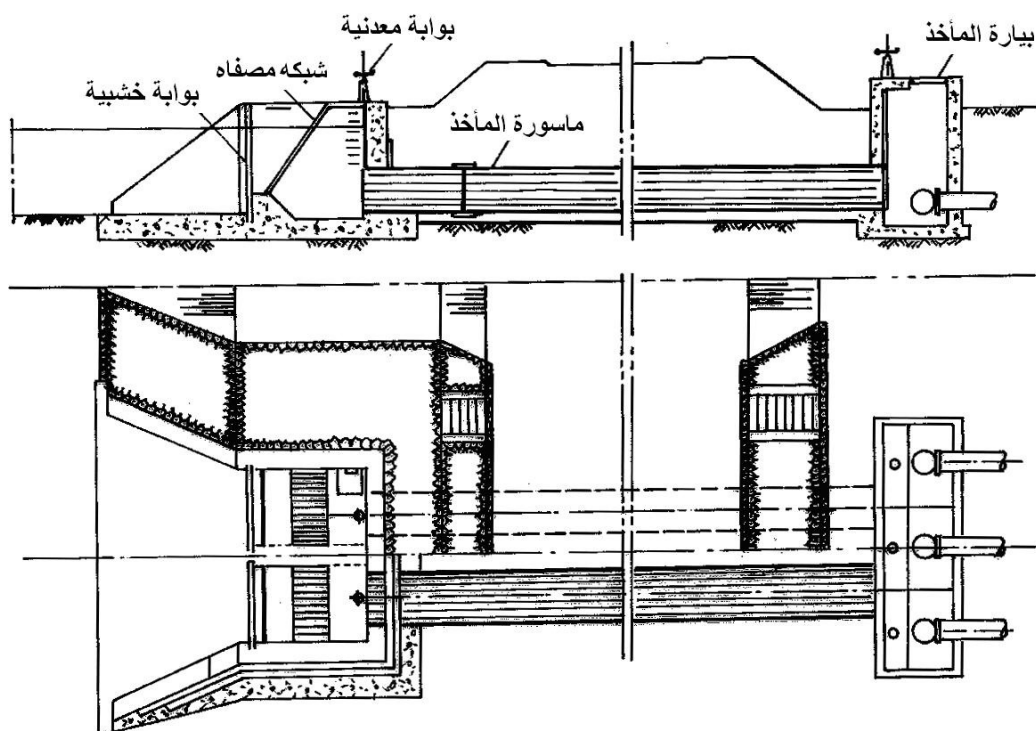
شكل (٥)

مأخذ علي نهر عريض

٢ - مأخذ الشاطئ : Shore Intake :

يتكون من حائط ساند و جناحين علي شاطئ النهر و هو لا يعوق الملاحة، و يصلح للأنهار الكبيرة و الترع - شكل

(٦).

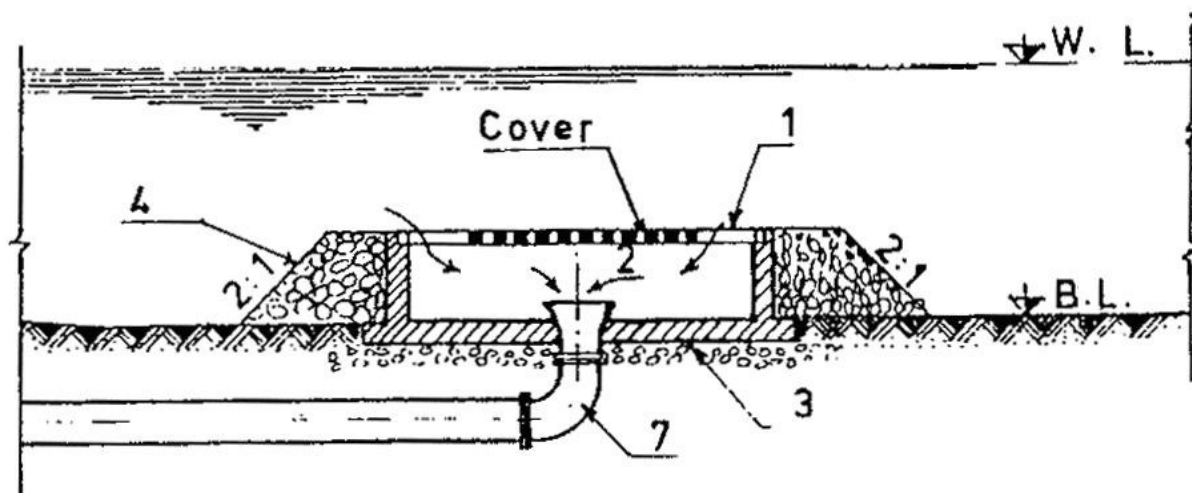


شكل (٦)

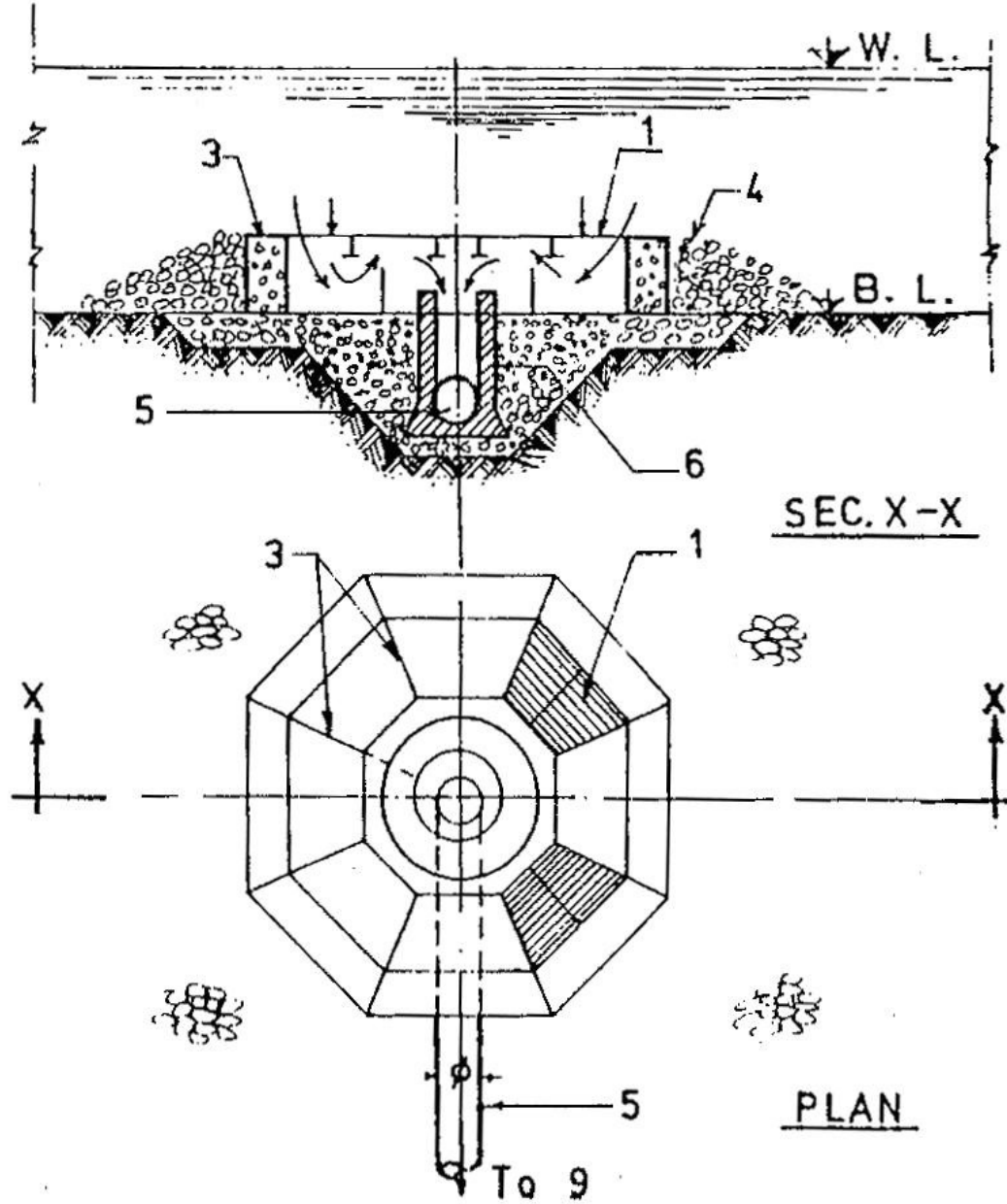
مأخذ شاطئ بحوانات سائدة

٣ - مأخذ مغمور Submerged Intake :

يظل هذا المأخذ أسفل منسوب المياه حتي وأن تغيرت مناسيب المياه بسبب تدفق الأمطار أو ذوبان الثلوج شكل (٧) .



مأخذ مغمور يصلح لبحيرة أو نهر



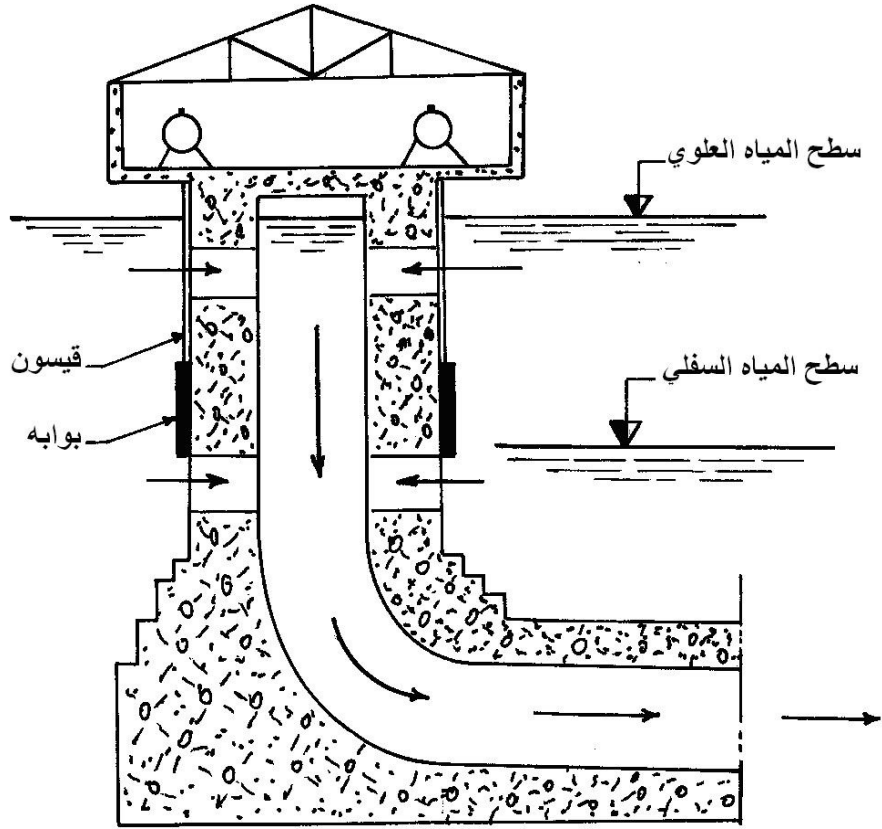
- | | |
|--------------------------|-----------------------------------|
| 1 - Coarse Screen . | 7 - Bend. |
| 2 - Fine Screen . | 8 - Saddle Pipe Support. |
| 3 - Submerged Intake. | 9 - Sump of Low Lift Pumps. |
| 4 - Rock fill or Stones. | 10 - Single - Faced Sluice Valve. |
| 5 - Pipe Conduit. | 11 - Pillar and Hand Wheel. |
| 6 - Pipe Tunnel. | |

شكل (٧)

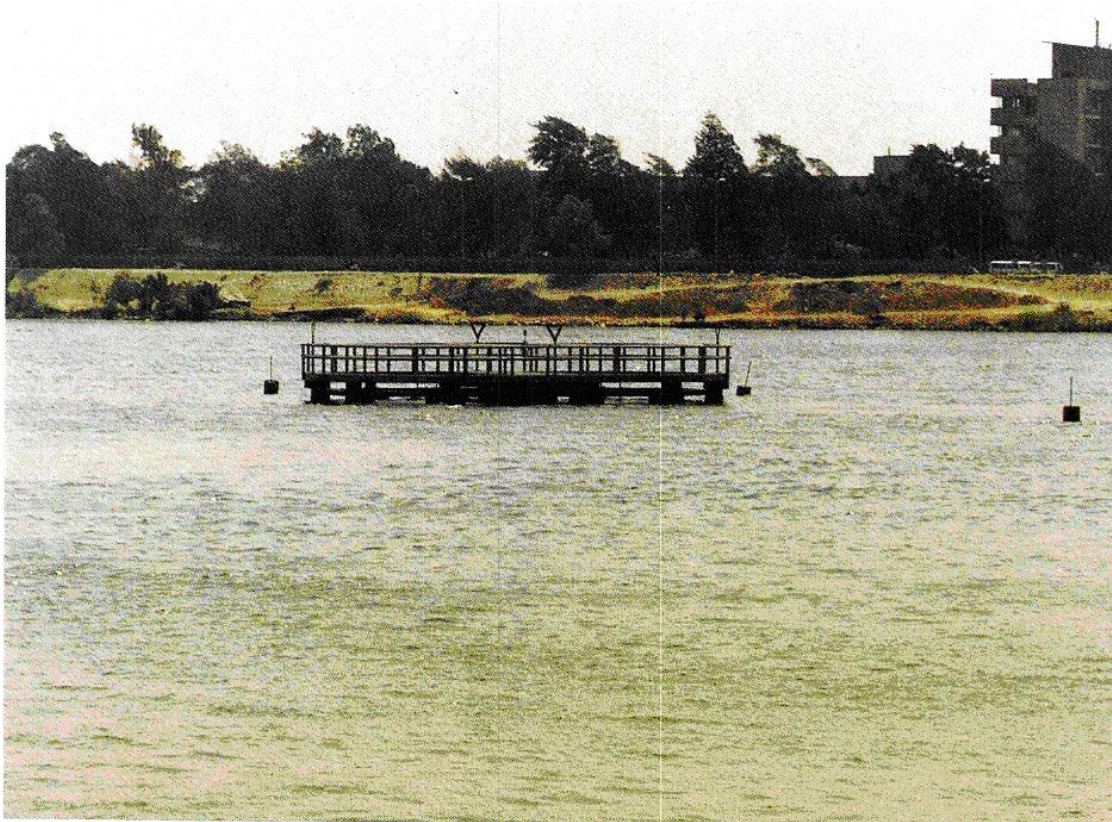
مأخذ مغمور يصلح لبحيرة أو نهر

٤ - مأخذ برج Tower Intake :

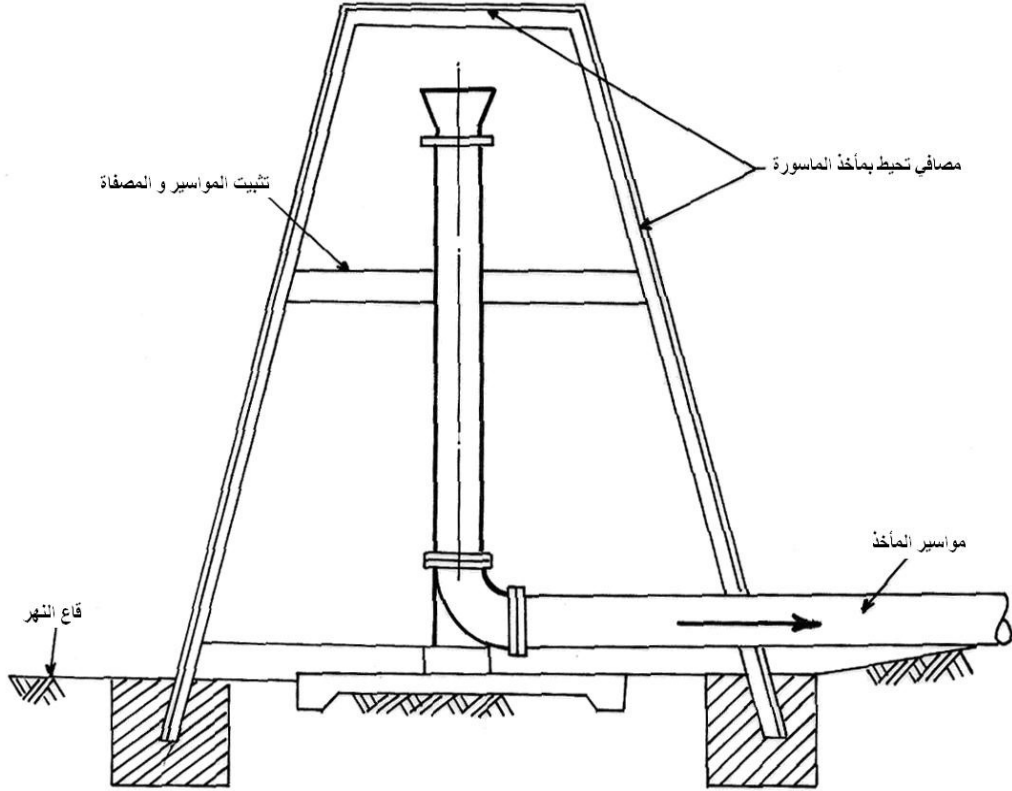
يستعمل هذا النوع في الأنهار الكبيرة و البحيرات العذبة المتغيرة المناسيب . و يتكون من برج يبني علي مسافة من الشاطئ قد يصل إلي عدة كيلو مترات . تدخل المياه من فتحات علي مناسيب مختلفة ثم إلي سحارة المأخذ - شكل (٨) . يراعي تزويد هذا المأخذ بأنارة مناسبة لإرشاد السفن و عدم الاصطدام به .



مأخذ برج - مماثل لمأخذ محطة مياه روض الفرج - مصر



مأخذ برج - محطة مياه روض الفرج - القاهرة

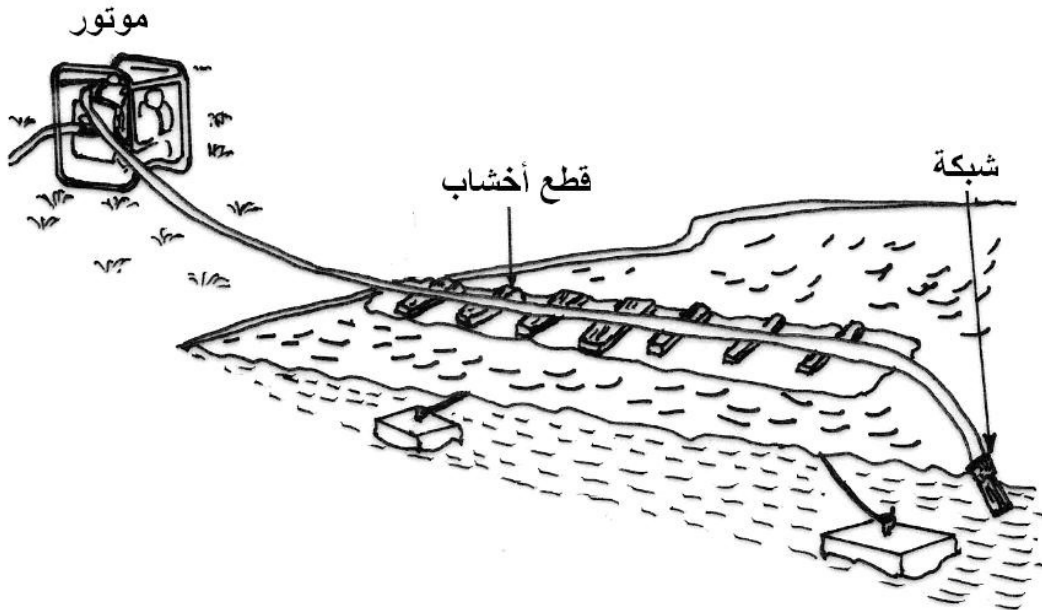


شكل (٨)

نماذج أخرى لمأخذ برج

٥ - مأخذ طوارئ Emergency Intake :

و يستعمل في حالات الطوارئ أو في المعسكرات المؤقتة التي يستدعي الأمر فيها علي الاعتماد علي المياه السطحية. و هو عبارة عن ماسورة مرنة تمتد علي عروق خشبية تطفو علي سطح الماء - هذه الماسورة متصلة بظلمة سحب المياه العكرة - شكل (٩) .



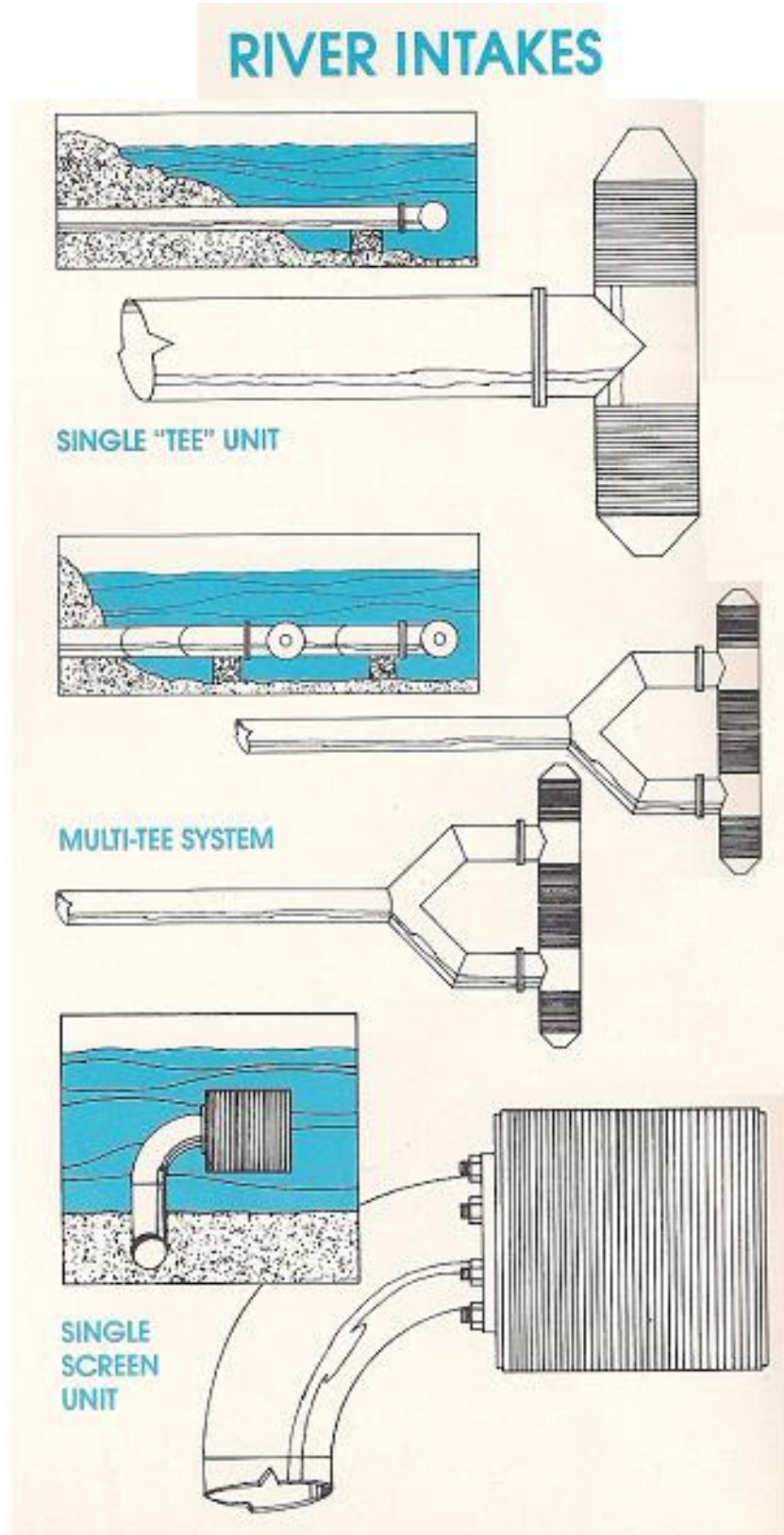
شكل (٩)

مأخذ مؤقت (طوارئ)

٧ - مآخذ أخرى متنوعة :

شكل (١٠) ، شكل (١١) .

شكل (١١) يوضح مآخذ البحار و المياه المالحة .

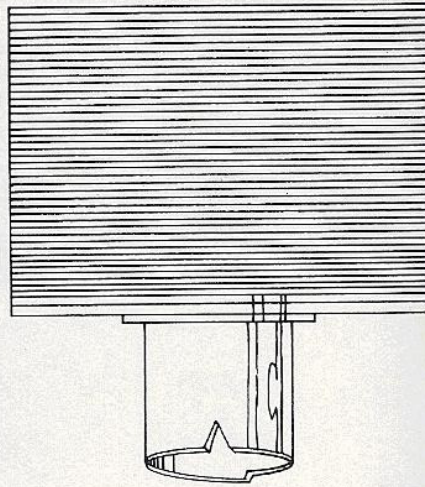
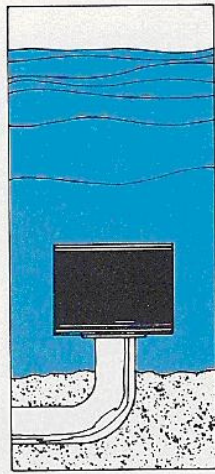




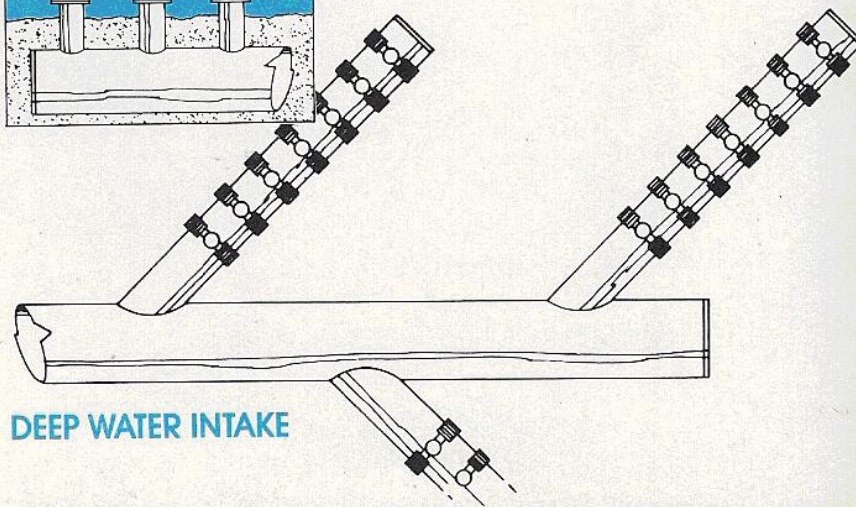
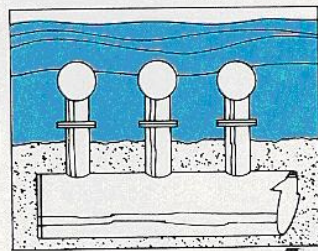
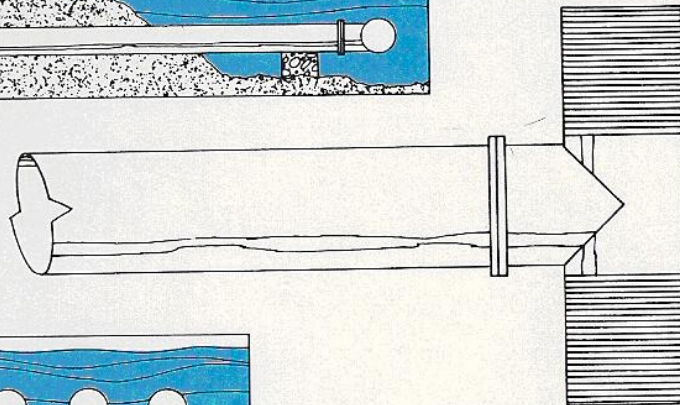
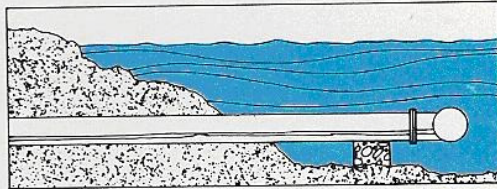
شكل (١٠)
مأخذ للفتوات والأنهار

LAKE INTAKES

BOTTOM
MOUNT
INTAKE



OFF SHORE INTAKE

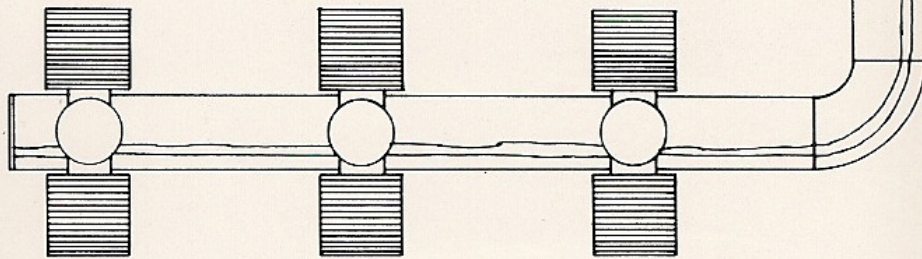
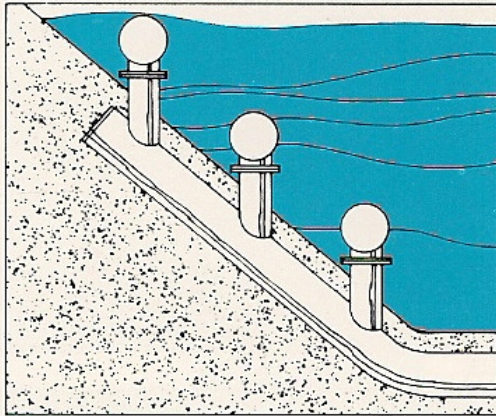


DEEP WATER INTAKE

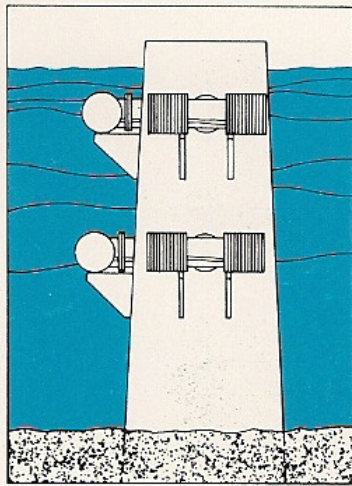
شكل (١١)

مأخذ تصلح للبحيرات

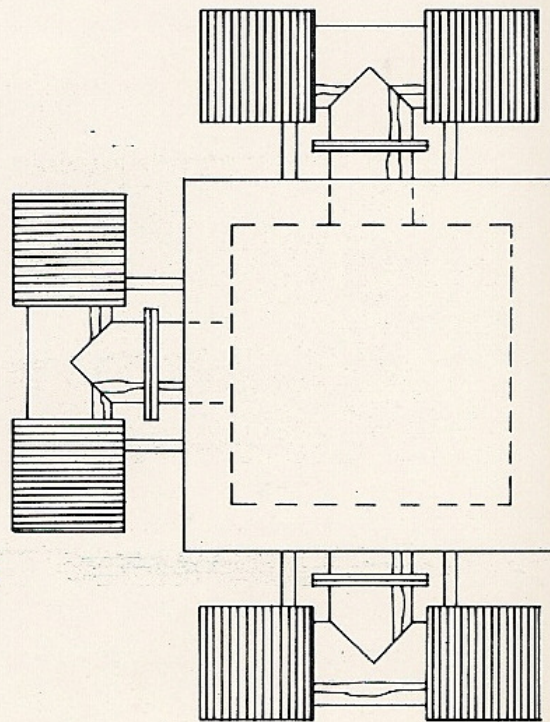
RESERVOIR INTAKES



DAM MOUNT INTAKE



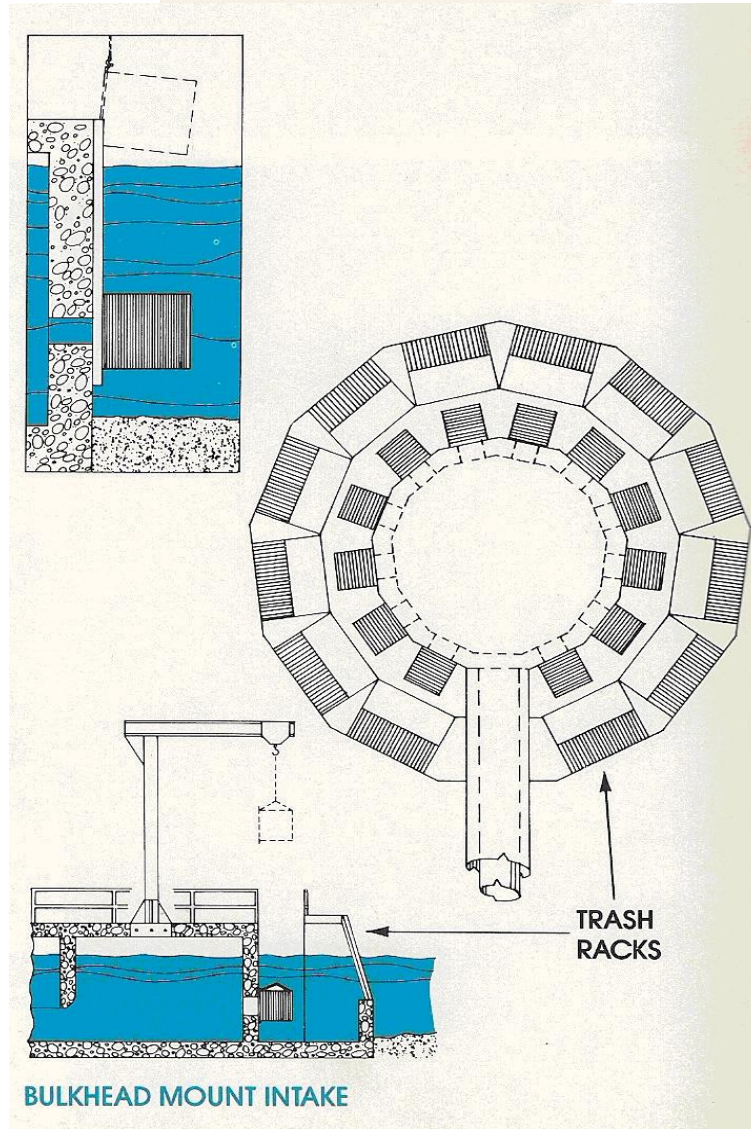
TOWER MOUNT INTAKE



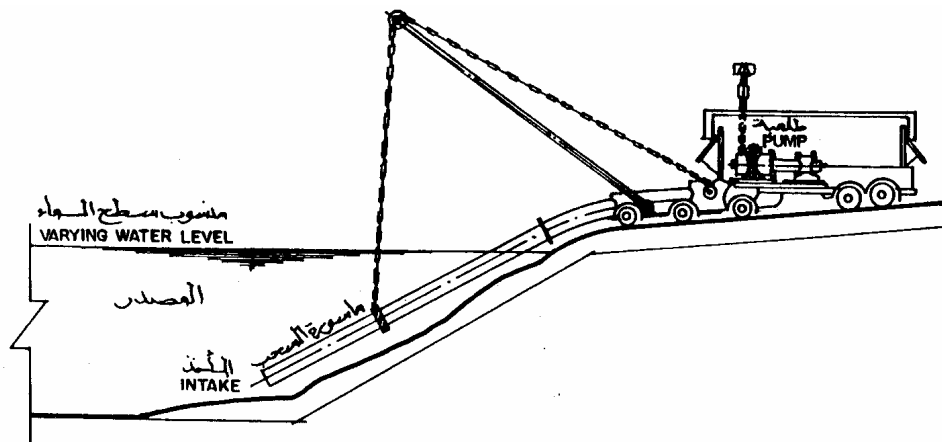
شكل (١٠)

مأخذ تصلح للخرانات المائية

MARINE INTAKES



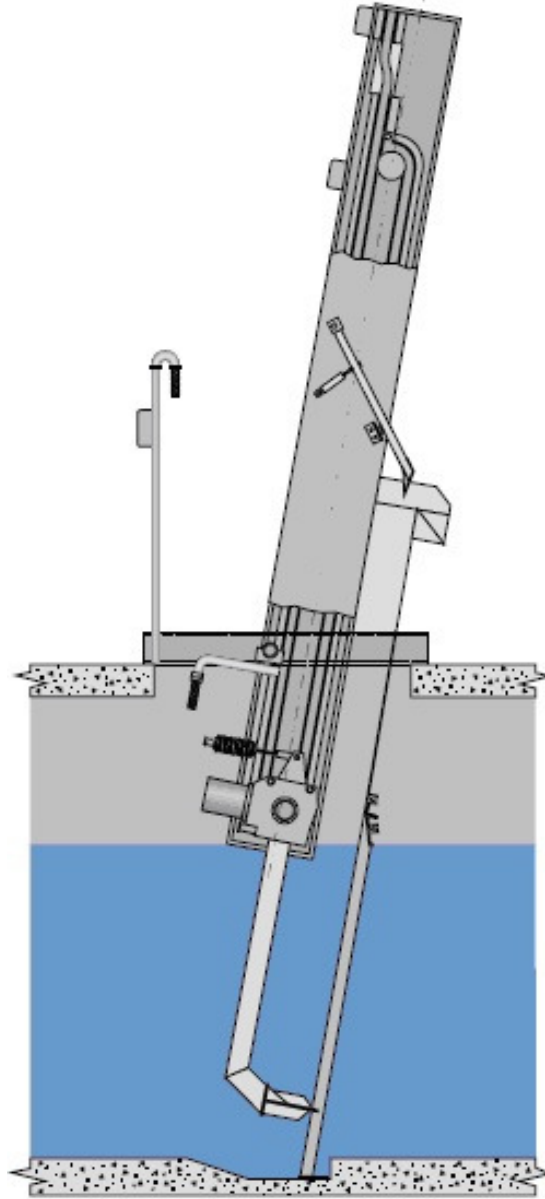
مآخذ البحار و المياه المالحة - معرضة للصدأ مصنعة من النحاس و النيكل و خامات أخرى



شكل (١١)
المأخذ المتحرك

المصافي :

تكون المصافي عند مدخل المياه العكرة من النهر الي محطة التنقية لحجز أي مواد طافية غير مرغوب فيها – شكل (١٢) .



شكل (١٢)
المصافي

ثانيا : سحارة المأخذ Intake Conduit :

و هي عبارة عن ماسورتين متجاورتين أو نفق خرساني بقطاع كافي لاستيعاب الكميات اللازمة من المياه الحالية و المستقبلية . تكون سحارة المأخذ من ماسورتين علي الأقل . تسير المياه بالجاذبية من المجري المائي إلي محطة ظلمبات المياه العكرة ، يجب أن تكون سرعة المياه مناسبة بحيث لا تكون بسيطة فتحدث الترسيب للمواد العالقة ولا سريعة فتحدث تلف لجدران مواسير السحارة .

أسس التصميم :

- ١ - تصمم سحارة المآخذ علي التصريف الأقصى + ١٠ % (زيادة مقابل المياه التي تستخدم في غسيل المرشحات) .
- ٢ - تصمم المواسير نصف ممتلئة .
- ٣ - سرعة المياه داخل السحارة = ١ متر / ث . يفضل استخدام المواسير الخرسانية .

ثالثا : طلبات الرفع الواطي - طلبات المآخذ Low Lift Pumps :

و تكون قريبة من المآخذ (ما أمكن) ، وتقوم الطلبات برفع المياه العكرة من بئر المياه العكرة الملحق بمحطة الطلبات إلي أول مراحل التنقية - شكل (١٣) . يجب أن يكون هناك أكثر من مصدر كهرباء للعمل في حالة انقطاع التيار كما يجب عمل طلبات احتياطية = ٥٠ % زيادة لأغراض الإصلاح أو الصيانة .



الرفع = ١١.٣ متر
سرعة المحرك = ٧٣٥ لفة / دقيقة
قدرة المحرك = ٤٠٠ حصان
عدد المصافي = ٣

عدد الطلبات = ٦ طلبات + ١ طلبية احتياطي
النوع : تربية رأسية
التصرف = ١٣٠٠٠٠ م^٣ / يوم
التصرف الكلي = ٧٥٠٠٠٠ م^٣ / يوم

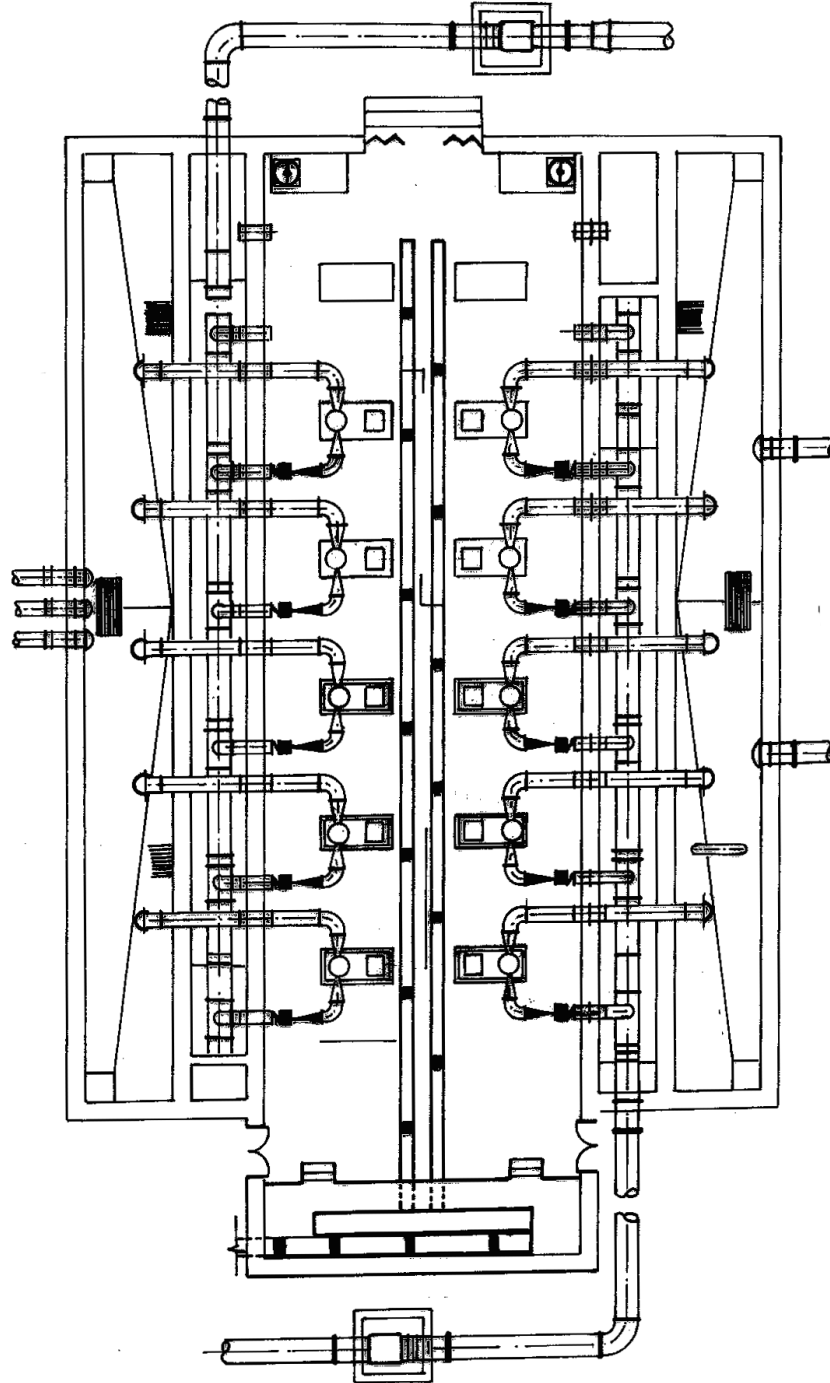
شكل (١٣)

محطة طلبات المياه العكرة (الرفع الواطي) علي النيل - محطة مياه روض الفرج - القاهرة

قد يلجأ بعض المصممين علي جعل طلبات المياه العكرة (الضغط الواطي) مع طلبات الضغط العالي للمياه النقية في مبني واحد توفيراً للنفقات و التشغيل و الصيانة - شكل (١٤) .

تزود كل طلبية بصمام حاجز - ضغط واطي - و قطعة فك و تركيب عند مدخل الطلبية للتحكم في سير المياه و القفل عند الإصلاح و الصيانة - بالإضافة إلي تركيب كوع جرس Bell Mouth Bend في أول خط سحب الطلبية في بئر المحطة لتحسين كفاءة سحب المياه . كما تزود بصمام عدم رجوع لمنع رجوع المياه من الخطوط في حالة انقطاع

التيار الكهربائي إلى الطلمبات و أيضا في حالة الصيانة و الإصلاح . تستعمل في محطة طلمبات الرفع الواطي الطلمبات الماصة الكابسة Displacement Pumps أو الطلمبات الطاردة المركزية Centrifugal Pumps أو الطلمبات الماصة الكابسة المزدوجة Double Displacement Pumps .



شكل (١٤)

طلمبات الضغط الواطي والعالي في مبني واحد



عنبر الطلميات



لوحة التحكم

أشتراطات التصميم :

أ - الطلبات :

- ١ - عدد الطلبات العاملة لا يقل عن ٣ طلبات .
- ٢ - الطلبات الاحتياطية = ٥٠% - ١٥٠% من الطلبات العاملة .
- ٣ - لكل نوع من الطلبات المستخدمة، تؤخذ ٢ طلبية احتياطية .
- ٤ - مجموع الطلبات العاملة + الطلبات الاحتياطية لا يزيد عن ١٠ طلبات في المحطة .
- ٥ - المسافة بين كل طلبتين = ١.٥ - ٣ متر .

ب - بيارة المياه العكرة :

- ١ - حجم البيارة = الأكبر من :
** حجم التصريف الأقصى $\times ٢$ دقيقة .
** حجم التصريف الأدنى $\times ٥$ دقائق .
- ٢ - عرض البيارة = ١ - ٣ متر .
- ٣ - طول البيارة = عدد الطلبات $\times$ المسافة بين كل طلبتين .
- ٤ - عمق البيارة أوطي من منسوب دخول مواسير المأخذ بمسافة ٣٠ - ٥٠ سم .

رابعاً : جهاز قياس التصريفات (الفنشوري) :

تعتمد فكرة الفنشوري علي قياس فرق الضغط بين مدخل المياه في الفنشوري و نقطة الاختناق ، وعند خروج المياه العكرة من محطة الطلبات يركب جهاز الفنشوري علي الخط الواصل إلي خزان الخلط السريع لقياس التصريفات المائية - شكل (١٤) ، و أيضا باستخدام معادلة برنولي Continuity Equation

$$Q = vA$$

$$Q = \text{total flow.}$$

$$\text{Since } Q_1 = Q_2, v_1A_1 = v_2A_2$$

تحسب التصريفات المائية من المعادلة :

$$Q = C.A \sqrt{2g (H_1 - H_2)}$$

حيث :

$$Q = \text{كمية التصريف م}^3 / \text{ث} .$$

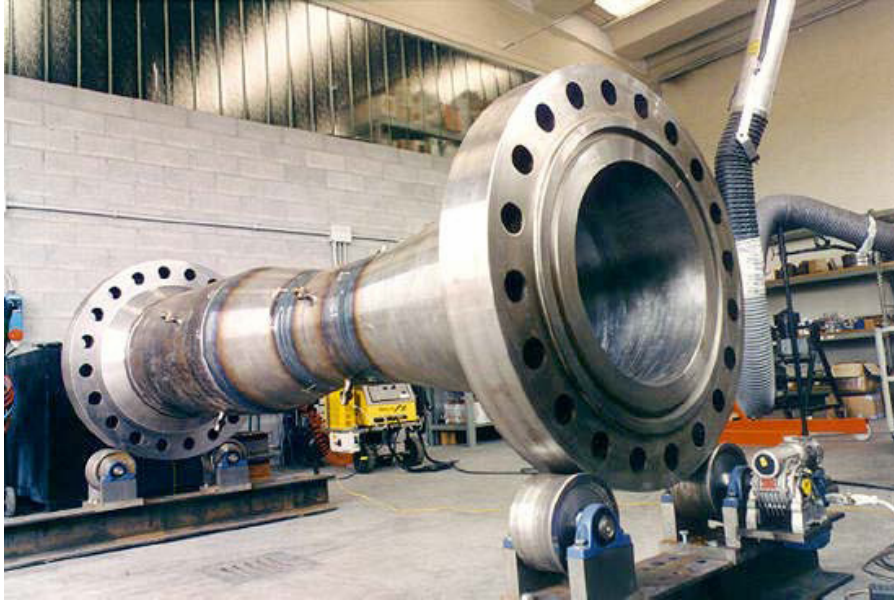
$$C = \text{معامل التصريف و تتراوح قيمته بين } ٠.٩٨ \text{ إلي } ١.٠٢ .$$

$$A = \text{مساحة مقطع الفنشوري عند نقطة الاختناق م}^2 .$$

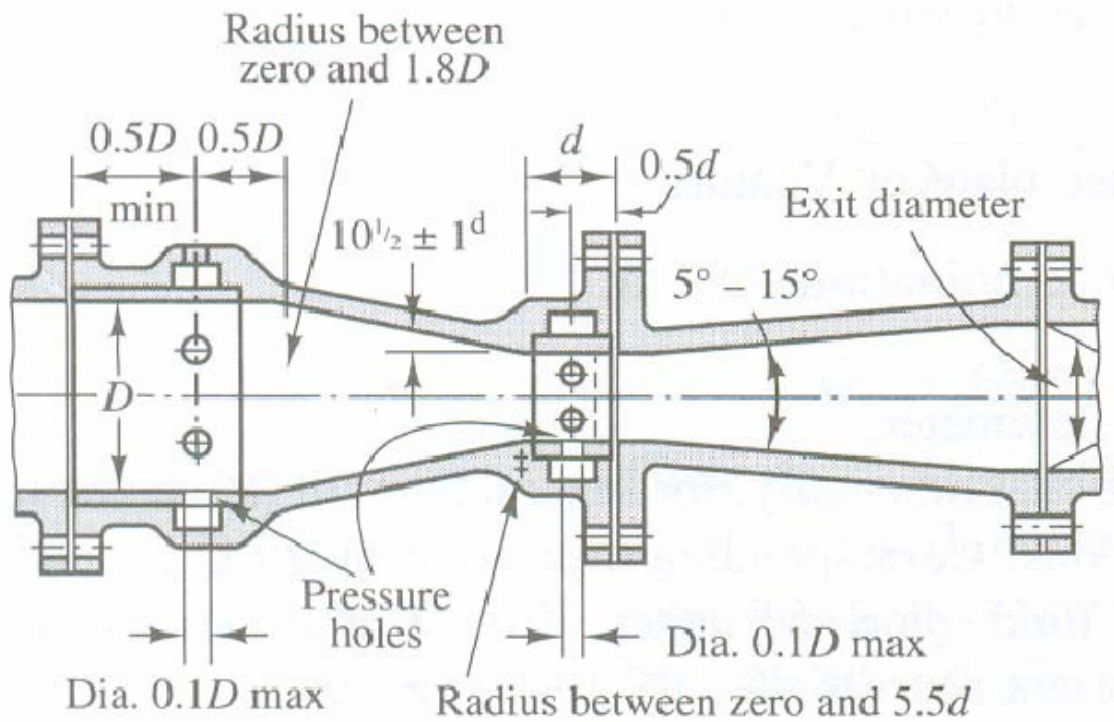
$$g = \text{عجلة الجاذبية الأرضية و تساوي } ٩.٨١ \text{ م} / \text{ث}^2 .$$

$$H_2 - H_1 = \text{فارق الضغط بين مدخل الفنشوري و نقطة الاختناق .}$$

الغرض من حساب المياه الداخلة إلى المحطة هو تقدير نسبة الكلور الواجب إضافتها قبل التنقية أو بعدها ، كذلك كمية المادة المروبة التي تتطلبها هذه الكمية من الماء .

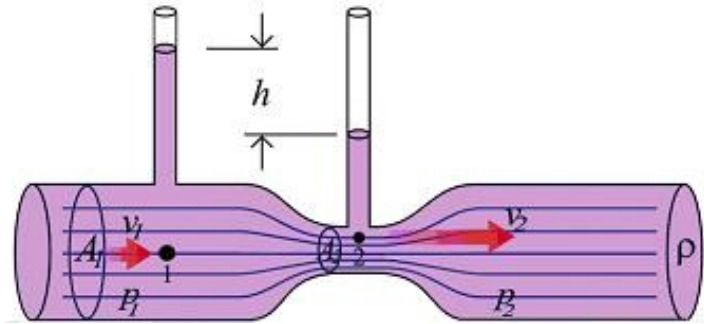


الفنشوري أثناء التصنيع



Venturi

تفاصيل الفنشوري

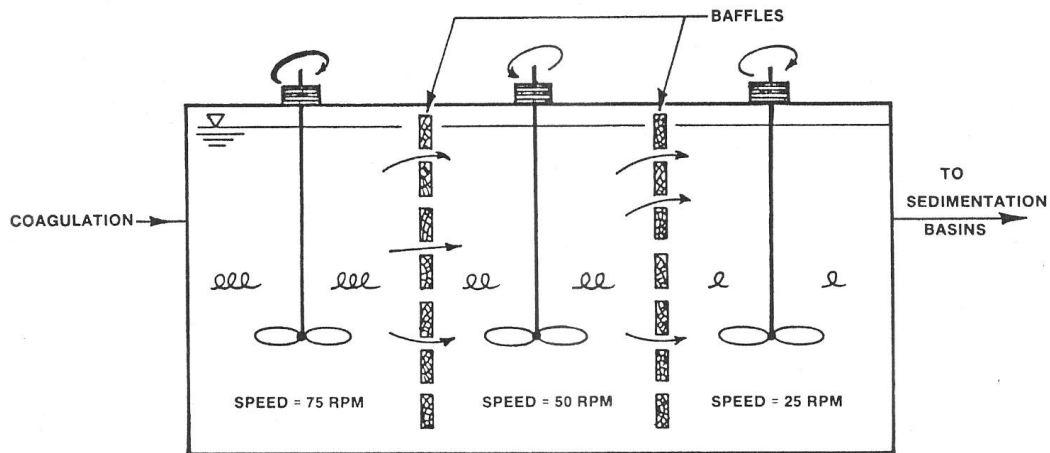


شكل (١٥)

جهاز قياس التصرفات - الفنشوري

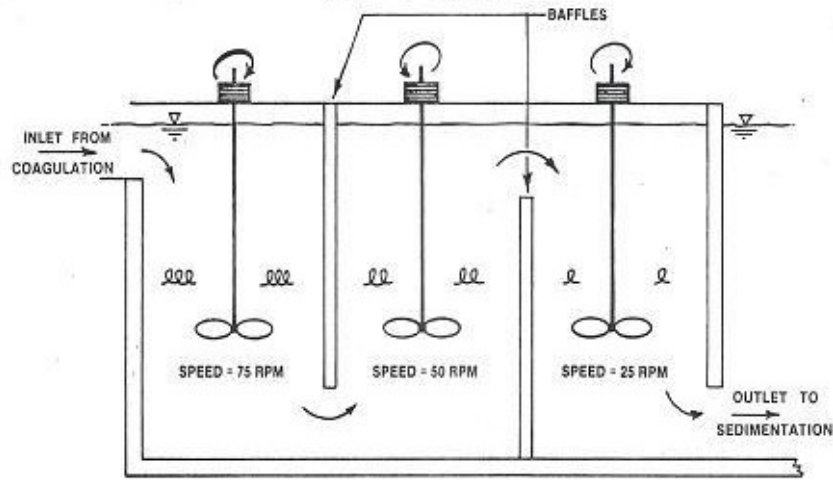
خامسا : المروب :

وهي عملية خلط الشبه بالماء . تضاف المادة المروبة (الشبة) في أحواض خاصة من الخرسانة المسلحة و المبطنة بالقيشاني سعة ١ - ٢ م - شكل (١٦) . بعد إذابة المروبات ، يجب معايرتها بدقة ثم أضافتها إلي الماء الخام .



نموذج (١)

حوض مزج الشبة البطيء

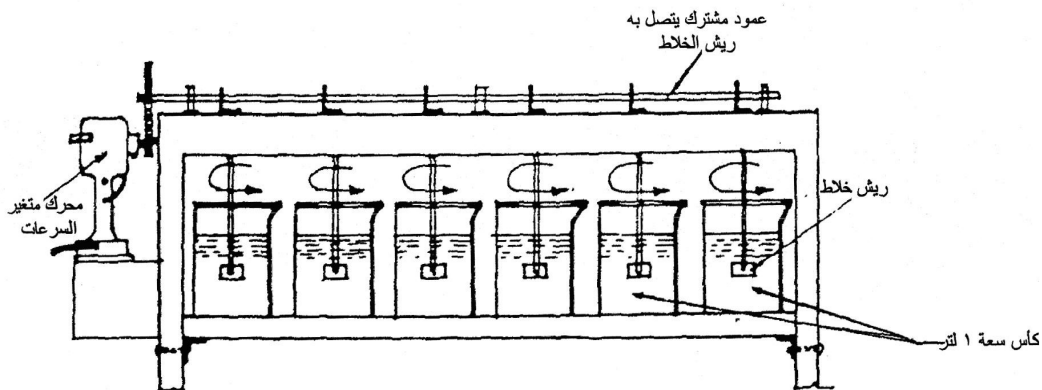


نموذج (٢)

شكل (١٦)

حوض مزج الشبة البطيء - تصميم آخر

بواسطة مضخة خاصة تسمى مضخة " المعاييرة " - لأنها تضخ حجما معاييرا بدقة من المحلول تبعا لمعدل تصرف المياه . يقوم المعمل بتحديد الجرعة المناسبة من الشبة لأضافتها للمياه عن طريق اختبار الكؤوس Jar Test وكذلك زمن وسرعة التقلب - شكل (١٧) .



شكل (١٧)

جهاز تحديد جرعة المواد المروية - اختبار الكؤوس

أنواع المواد المروية :

١ - كبريتات الألومنيوم (الشبة) :

وتعتبر من أفضل أنواع المروبات لمياه الشرب . تضاف الجرعة في حدود ٢٠ - ٨٠ جزء / مليون .

٢ - أملاح الحديد :

تكون هذه المركبات علي شكل كبريتات الحديدك - كلوريد الحديدك - كبريتات الحديدوز .

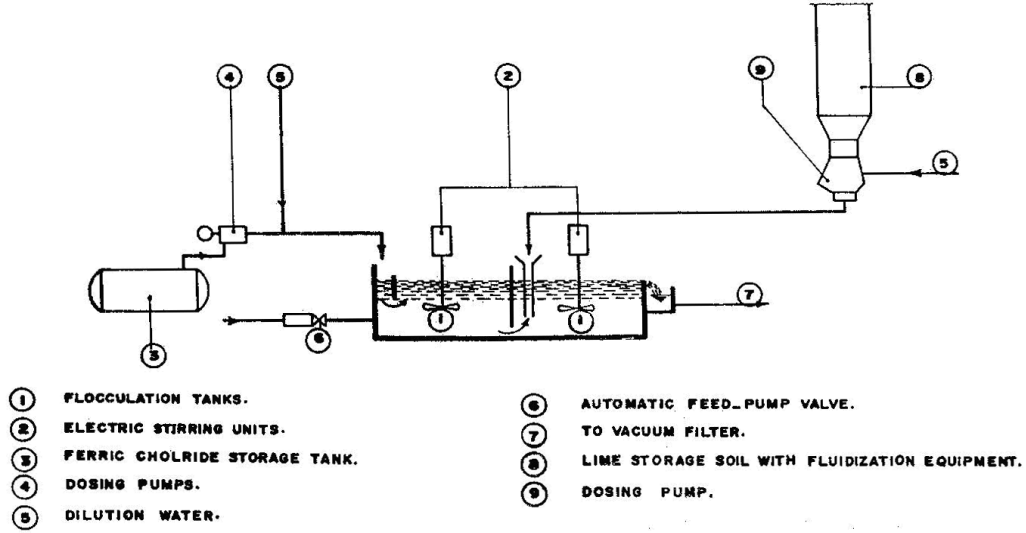
لا يفضل استخدامها في مياه الشرب رغم رخص تكلفتها عن الشبه للأسباب الآتية :

أ - تحتاج إلي مواد قبل التفاعل و بعده، حيث أنها لا تتفاعل ألا عند $pH < 4$ Or $pH > 8$.

ب - تترك راسبا من الحديد يعطي لونا أحمر غير مستحب .

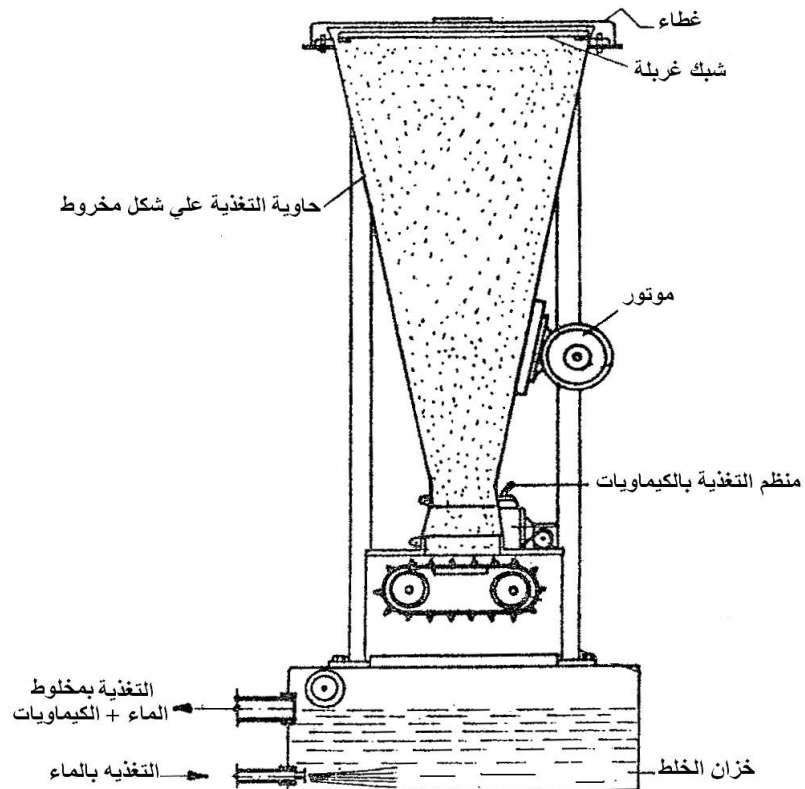
ج - تعطي طعما غير مستساغا للمياه .

د - يطغى بلونه علي جدران الخزان - شكل (١٨) .



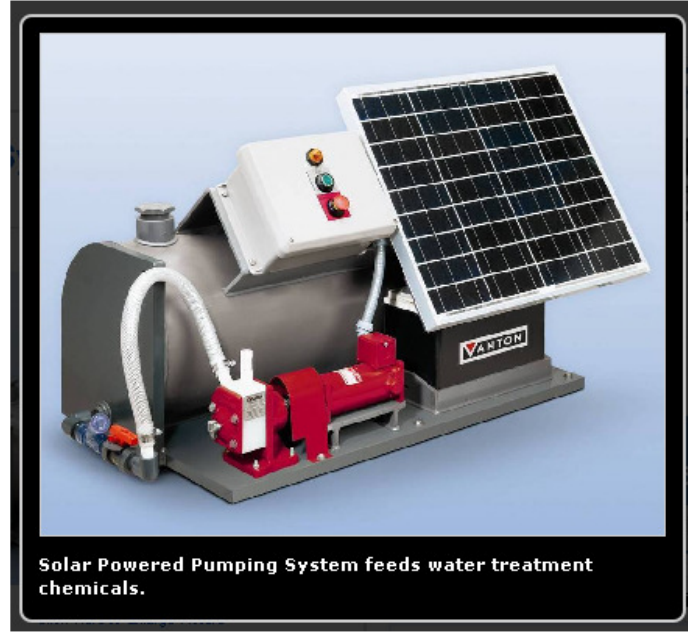
FLOW DIAGRAM OF A CONDITIONING UNITS WORKING WITH FERRIC CHLORIDE AND LIME

جهاز إضافة كلوريد الحديد و الجير



شكل (١٨)

جهاز إضافة الكيماويات



شكل (١٨)

جهاز أضافة الكيماويات لعملية معالجة مياه الشرب – يعمل بالطاقة الشمسية

٣ - الجير :

يمتاز بتوافره و رخص ثمنه . و من عيوبه الاحتياج إلي جرعة كبيرة منه لإتمام التفاعل علاوة علي تغيره لقيمة pH و جعلها أكبر من ٨ حيث أنه قلوي التأثير .

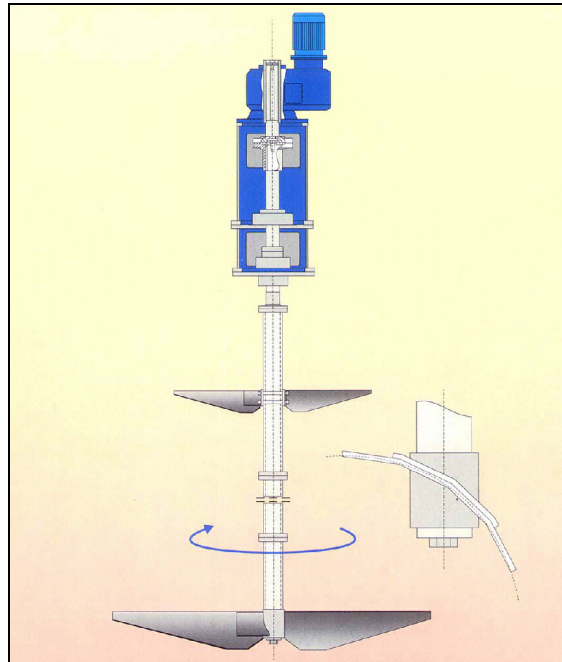
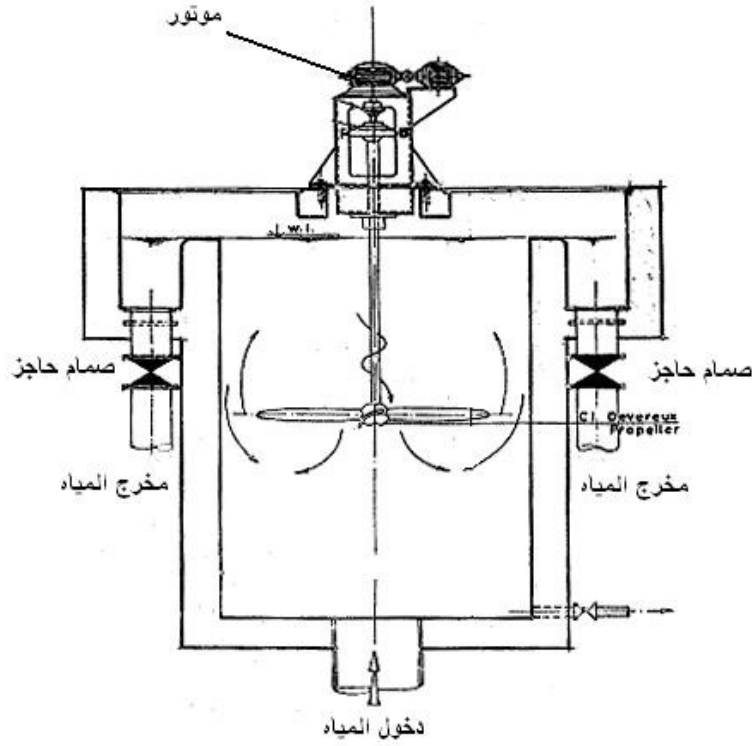


شكل (١٩)

جهاز أضافة الجير

سادسا : خزان الخلط السريع Flash Mixing Tank :

تضاف المروبات في صوره محلول إلي خزان الخلط السريع لمدته ٢٠-٦٠ ثانية للحصول علي انتشار سريع للمادة المروبة - شكل (٢٠) . يمكن أن يستخدم خزان الخلط السريع كخزان توزيع لأحواض الترويق و الترويب بجانب خلط و نشر المواد المروبة بواسطة تركيب خلاط ميكانيكي . يصمم هذا الخزان بحيث يكون قطر الخزان مساويا لعمق المياه (تقريبا) .



شكل (٢٠)

خزان الخلط السريع والتوزيع

ملاحظة :

يمكن حقن المادة المروبة في المواسير الداخلة إلى خزان الخلط السريع علي أن يتم خلطها و مزجها في الخزان ، بالإضافة إلى الاستغناء عن خزان المزج البطيء و خزانات المزج الميكانيكية.

سابعاً : عملية الترويق :

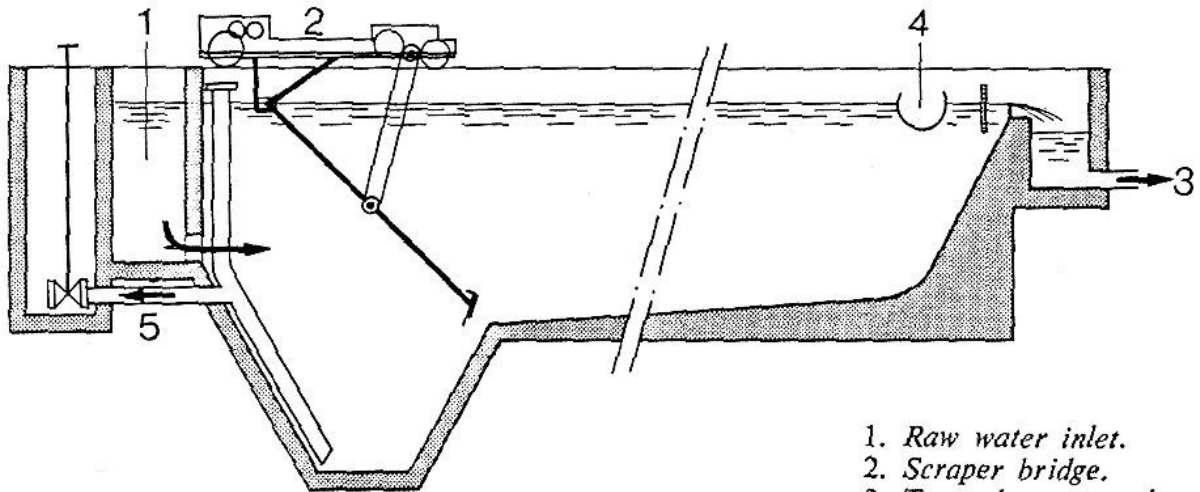
أحواض الترويق Clarifiers :

تقسم أحواض الترويق إلى :

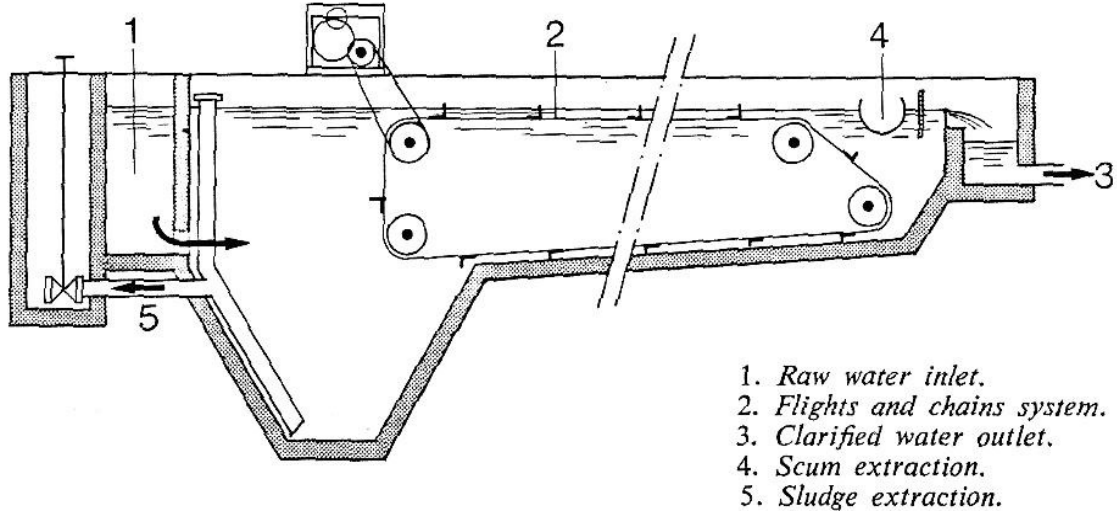
- ١ - النوع المستطيل - شكل (٢١) .
- ٢ - النوع المربع - شكل (٢٢) .
- ٣ - النوع الدائري - شكل (٢٣) .
- ٤ - أحواض الترويق و الترويب - شكل (٢٤) .

١ - أحواض الترويق المستطيلة :

بعد أتمام عملية المزج حيث تدخل المياه في أحواض الترويق عن طريق مجري أو ماسورة داخله إلى الحوض فتنتشر المياه في الحوض وتترك لفترة لا تتجاوز ثلاث ساعات لترسب الندف المتكونة إلى قاع الحوض .
يتم تشغيل زحافة Scraper تسير علي قاع المرووق حيث تكسح الرواسب أمامها إلى جزء هرمي تتجمع فيه الرواسب أو محور الحوض (إذا كان الحوض مستديراً) حيث ماسورة تجمع الرواسب . يتم صرف الرواسب كل فترة زمنية بفتح صمام ماسورة الرواسب كل فترة زمنية (كل ٢٠ دقيقة مثلاً) لمدة ١٥ ثانية (مثلاً) لإخراج الرواسب (الحمأة) إلى غرفة تجمع الرواسب خارج الحوض .



1. Raw water inlet.
2. Scraper bridge.
3. Treated water outlet.
4. Scum collection.
5. Sludge extraction.

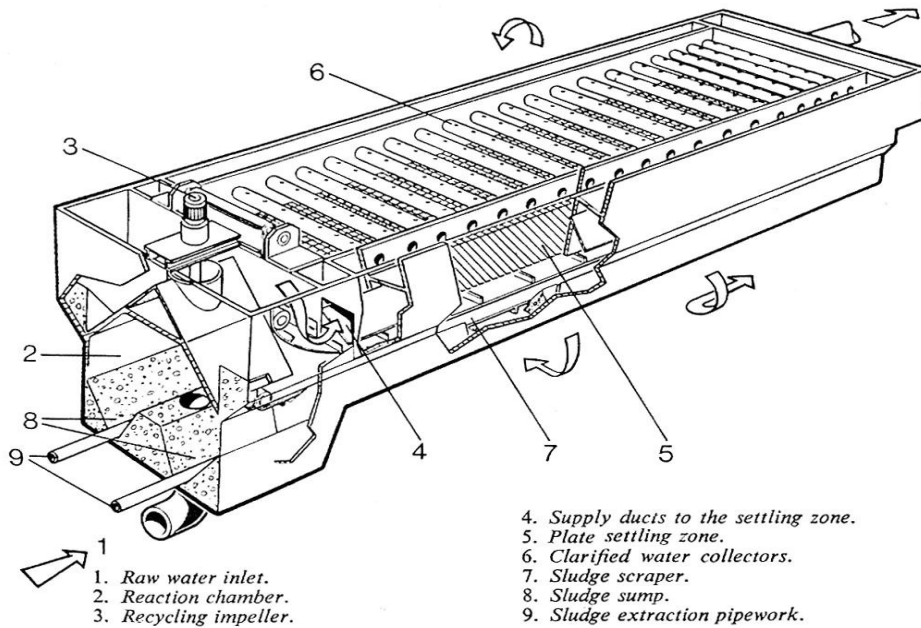


شكل (٢١)

نوعان من أحواض ترسيب مستطيلة باستخدام كاسحة رواسب ميكانيكية

حوض الترسيب المستطيل ذو الألواح RPS :

يدخل الماء إلي الحوض عند منسوب الأرضية ، تكون هناك مروحة لتقليب الماء في غرفة التفاعل الموجودة عند أول الحوض . يخترق المياه - بعد ترويبها - خلال حائط إلي منطقة الترسيب حيث الألواح المائلة التي تساعد وتزيد كفاءة الترسيب . تصعد المياه المروقة إلي أعلى، وعند سطح المياه تتواجد مواسير مثقبة لتجميع المياه المرشحة . أما الرواسب المتخلفة (الحمأة) من عملية الترسيب ، فيتم كسحها بواسطة زحافة وتوجيهها إلي آخر الحوض في أوطي نقطة لتأخذها ماسورة خاصة إلي الخارج أو إعادة تدوير جزء منها - شكل (٢١) .



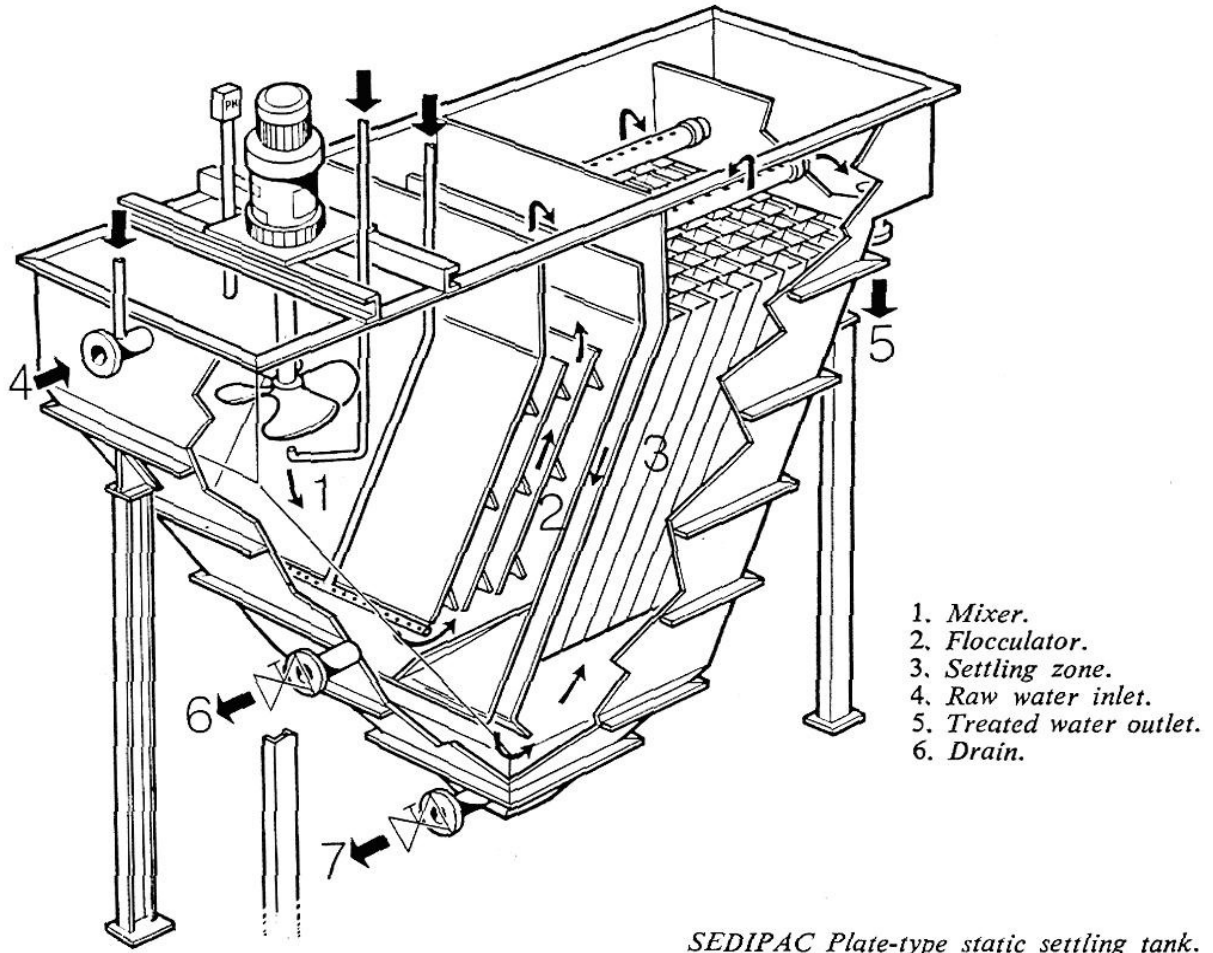
The RPS plate-type settling tank.

شكل (٢١)

حوض الترسيب المستطيل ذو الألواح المائلة

حوض الترسيب ذو الألواح سيدباك : Plate Type Settling Tank SIDE PAC

من معالم هذا المرووق أنه مزود بالألواح مائلة ومتوازية، كما أنه يقوم بخلط الماء مع الشبه عن طريق المروحة المزود بها . تمتص المواسير العلوية المثقبة الماء المرشح ثم تنقله إلى الخارج . تهبط الحمأة عند القاع ليتم التخلص منها عن طريق المواسير - شكل (٢١) .



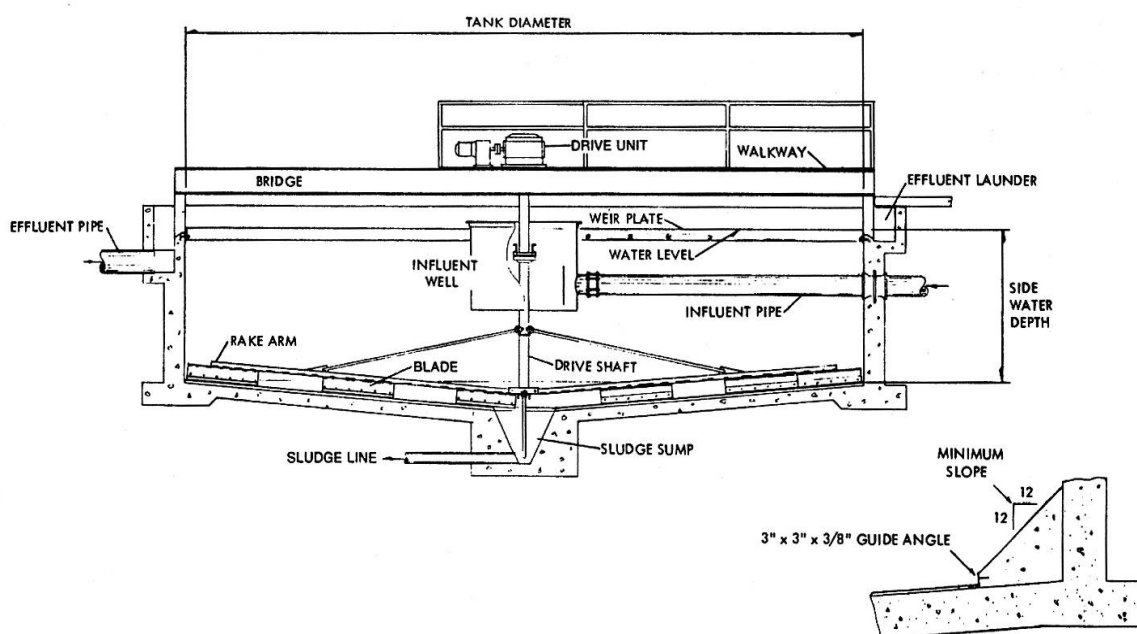
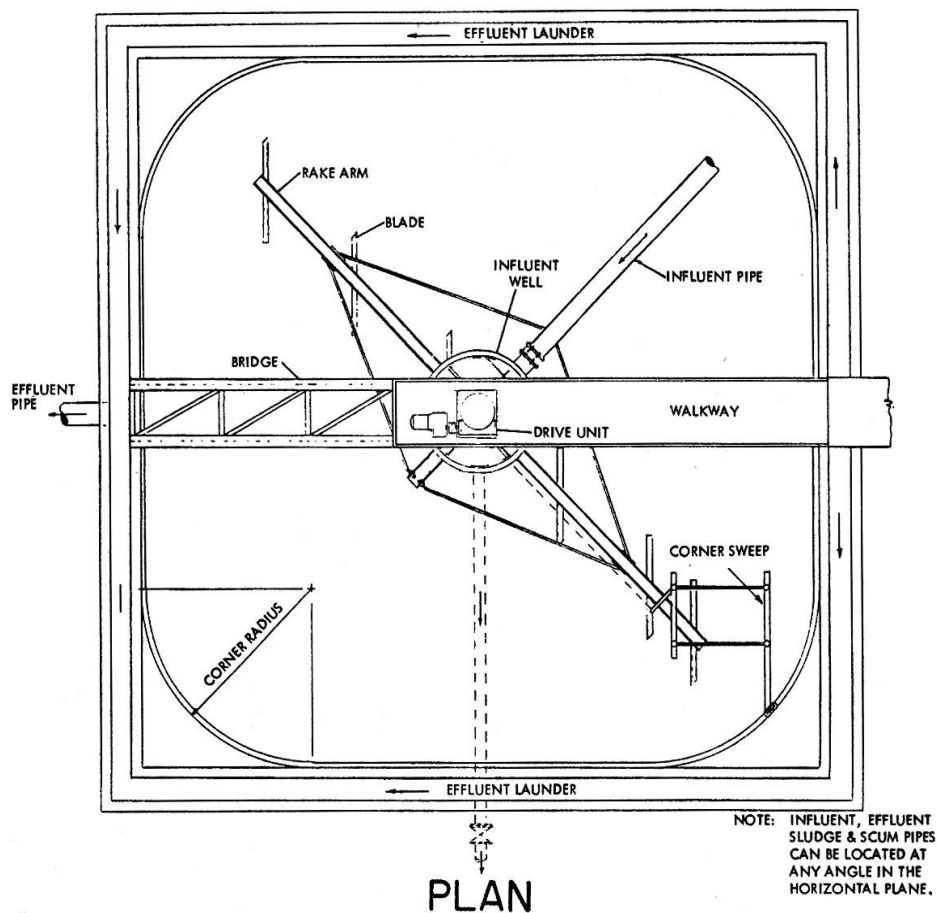
SEDIPAC Plate-type static settling tank.

شكل (٢١)

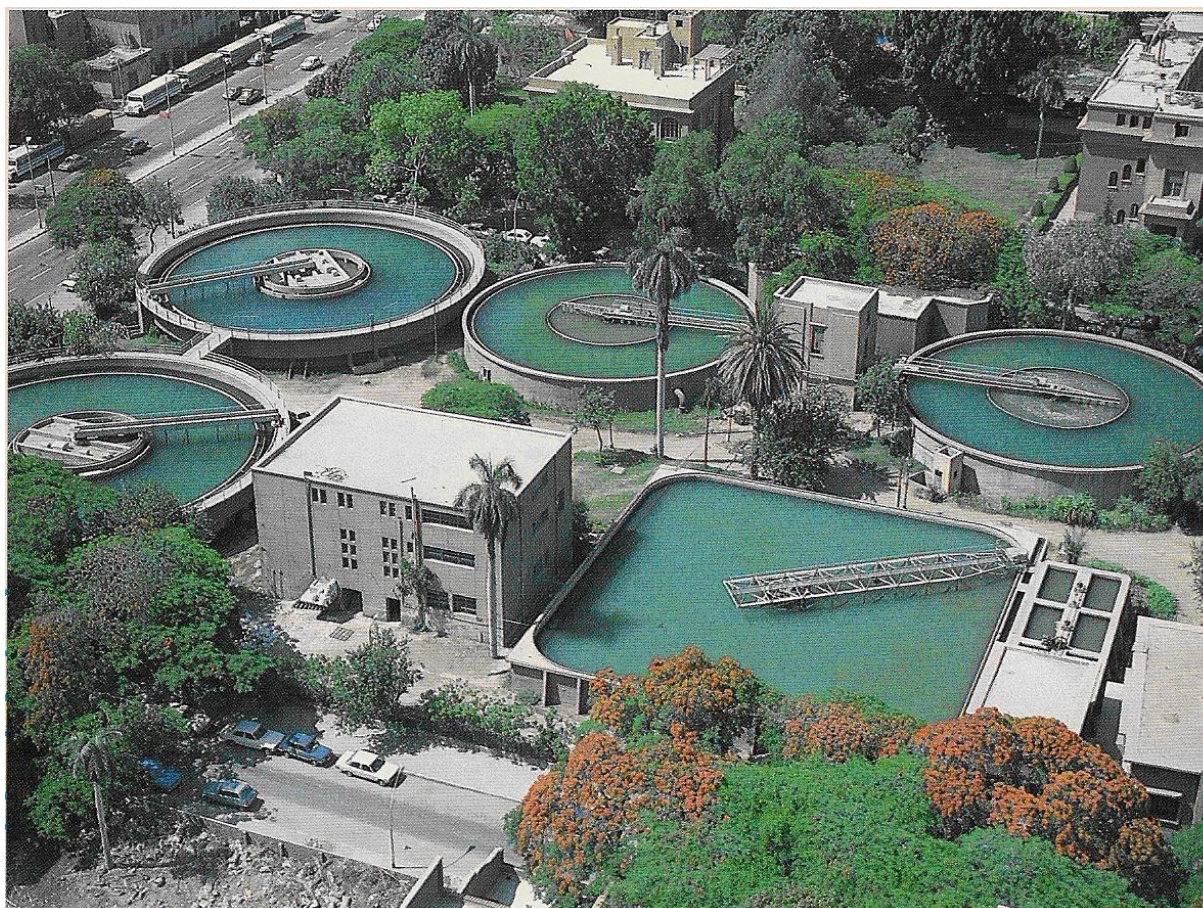
المرووق ذو الألواح سيدباك

٢ - المرووق المربع :

يمثل في تشغيلة المرووق المستطيل أو الدائري ، وتعالج أركان الحوض المربع بخرسانة عادية - شكل (٢٢) حتي لا تكون هذه الأركان بترسيب بعض الحمأة .
ولهذا المرووق نفس مكونات المرووقات الأخرى مثل الزحافات أو طريقة التخلص من الحمأة . . .



شكل (٢٢)
مروق علي شكل مربع



تابع شكل (٢٢)

مروق علي شكل مربع – من الطبيعة

٣ - أحواض الترويق المستديرة :

عندما تكون هناك كميات بسيطة من الحمأة ، يفضل استخدام المروقات الدائرية ذات الزحافة التي تدور حول المحور و المرتكزة علي الأرضية، كاسحة أي رواسب قد ترسب علي قاع الحوض وتوجهه نحو المحور الأوسط في الحوض حيث أوطي نقطة . تزود هذه الزحافة بذراع آخر يقوم بكشط الرواسب الطافية فوق الماء ويوجهها نحو مجري خرسانية في جانب الحوض أو نحو ماسورة (حسب التصميم) – شكل (٢١) .

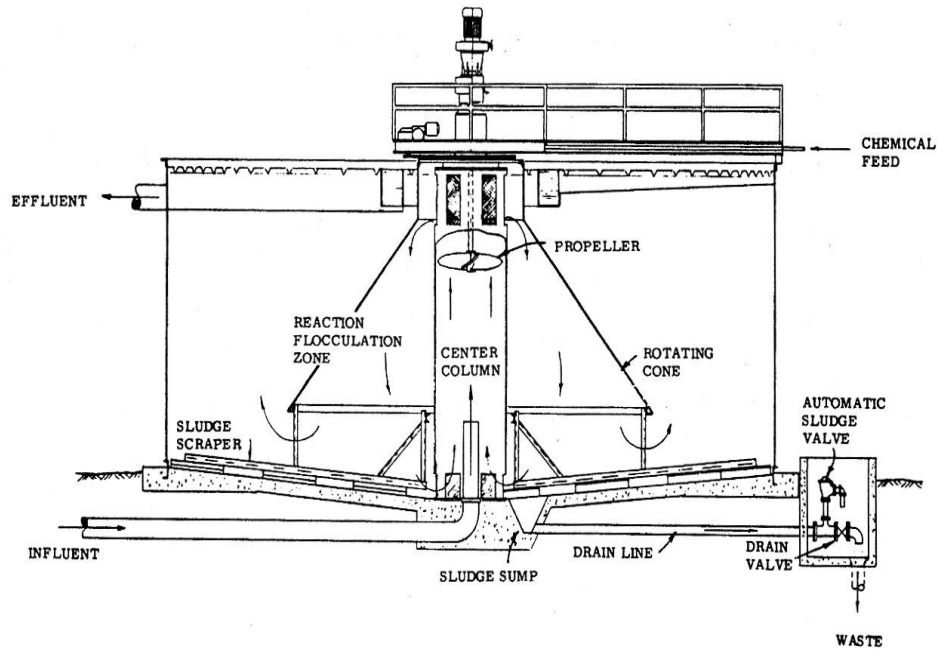
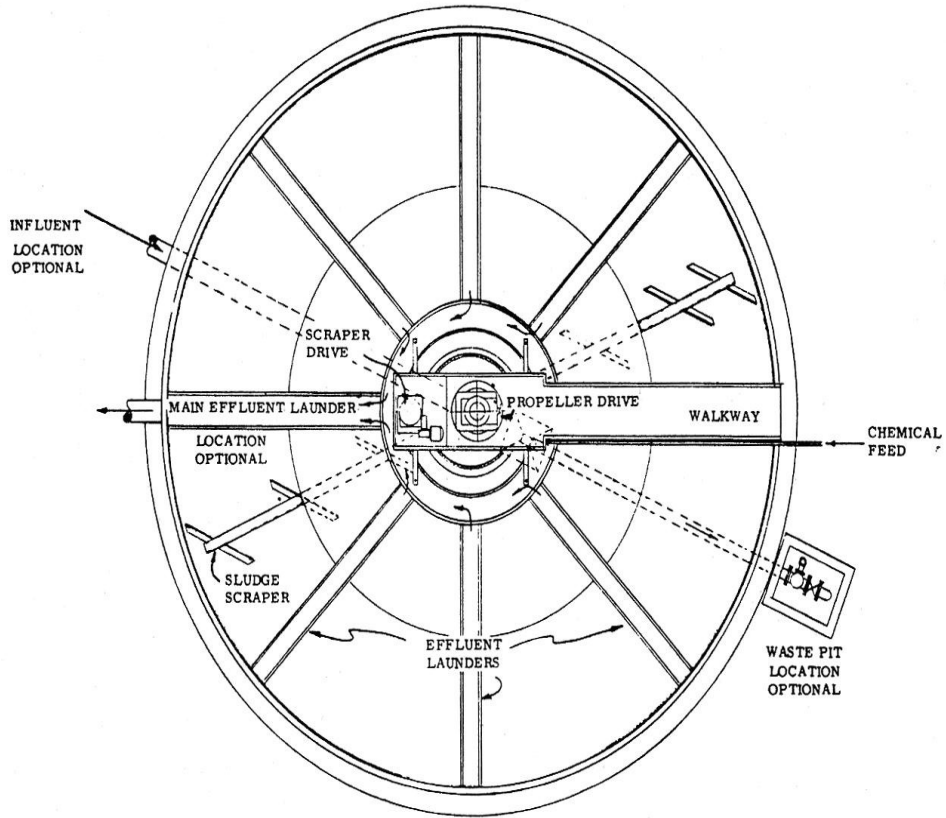


المروقات



المروقات

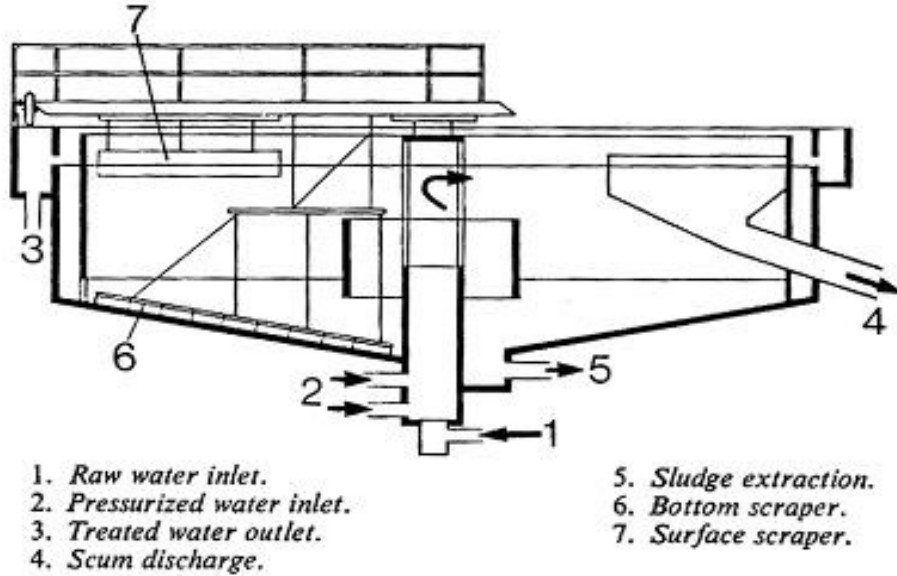
المروق الدائري



شكل (٢٣)
المروق الدائري

المروق الدائري : سيدي فلوتازور SEDI FLOTAZUR :

هو مروق مستدير بقطر لا يزيد عن ٢٠ مترا ، له زحافتان لكسح الرواسب علي الأرضية والأخري لكشط أى حمأة طافية علي سطح الماء . والزحافة تكشط - أيضا - الرواسب من علي الأرضية المائلة ناحية المحور الأوسط فتتجمع في أوطي نقطة في منتصف الحوض ثم إلي الخارج بواسطة مواسير .



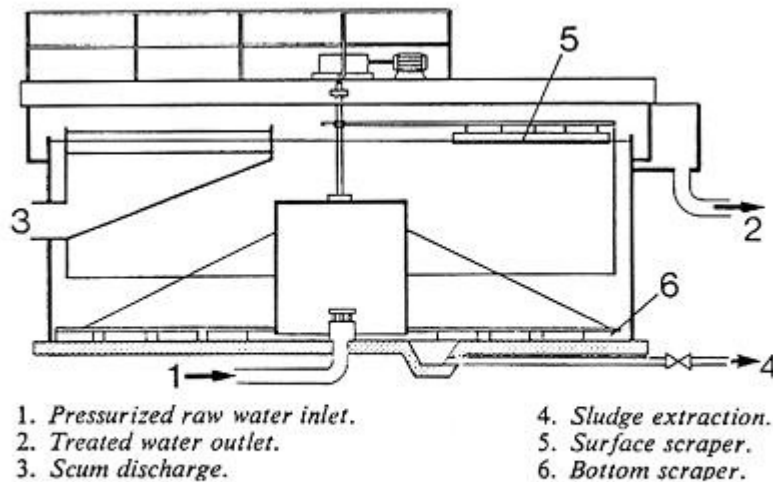
The SEDIFLOTAZUR.

شكل (٢٣)

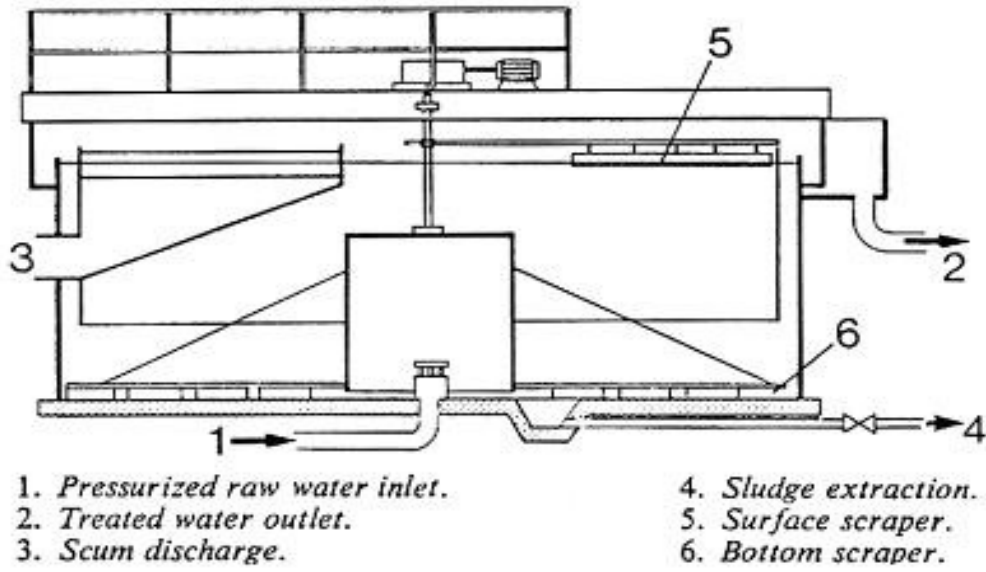
المروق سيدي فلوتازور

المروق الدائري : سيدي فلوتور SIDIFLOTOR :

وهو مماثل للمروق سيدي فلوتازور ، يمتاز بالأرضية الأفقية . له زحافة من جزنيين : الزحافة علي الأرض لكسح الرواسب والأخري لكشط الحمأة الطافية .



The SEDIFLOTOR



The SEDI-FLOTOR

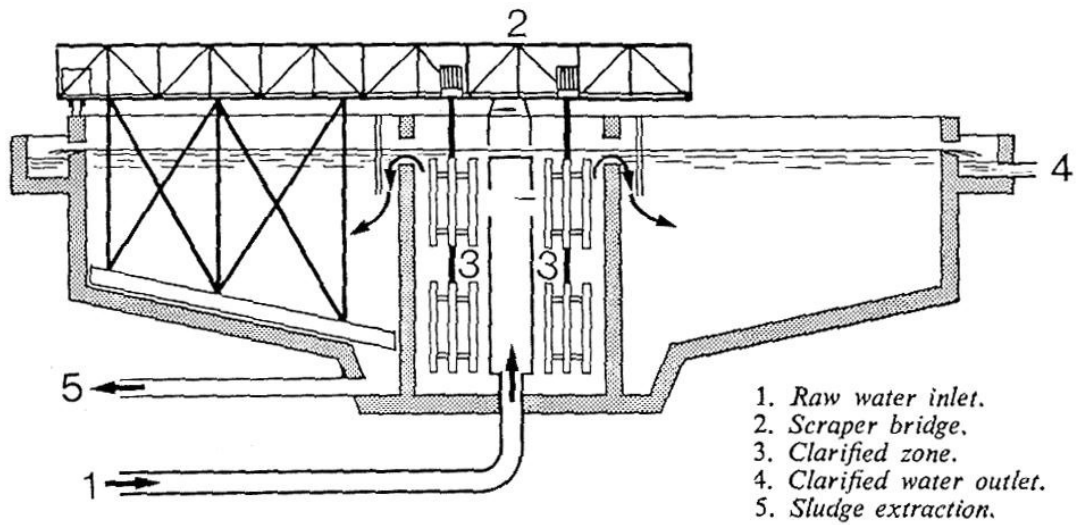
شكل (٢٣)

مرووق طراز سيدى فلوكتور - طراز آخر

أحواض الترويق و الترويب Clariflocculator :

في هذا الحوض المزود بزحافة ميكانيكية تدور حول محور رأسي . يفضل أيضا تزويد هذه الأحواض بزحافة سطحية أخرى مثبتة في الزحافة الدائرية بغرض كشط الرواسب الطافية علي سطح الماء . بمرور هذه الزحافات، تقوم بكشط الرواسب عند القاع وتوجهها إلي المخروط بمنتصف الحوض عند أوطي نقطة . تصرف هذه الرواسب عن طريق ماسورة إلي بيارة الحمأة .

يمكن تزويد الزحافة بنظام يقوم بتقليب و خلط المياه (الترويب) يدور حول المحور - شكل (٢٤) .



شكل (٢٤)

حوض ترويب و ترسيب دائري باستخدام كاسحة رواسب ميكانيكية

تدخل المياه إلى الحوض عن طريق ماسورة رأسية عند محور الحوض الرأسي في منتصف الحوض . تتم عملية تقليب المياه بواسطة أذرع أفقية تدور حول المحور الرأسي للحوض و تعمل بموتور كهربائي حتي تتم عملية الترويب . تتجه المياه إلى أعلى و تتخطي الحاجز الرأسي و تدخل إلى المروق . تتجه الرواسب إلى أسفل الحوض - و تعمل الزحافة علي كشط الرواسب علي أرضية الحوض إلى حيز الرواسب في منتصف الحوض إلى ماسورة خروج الرواسب إلى غرفة تجميع الرواسب . أما المياه المروقة فتتجه إلى المجري المنشأة علي محيط الحوض من أعلى إلى ماسورة الخروج إلى المرشحات.

أسس تصميم أحواض الترويب و الترويب :

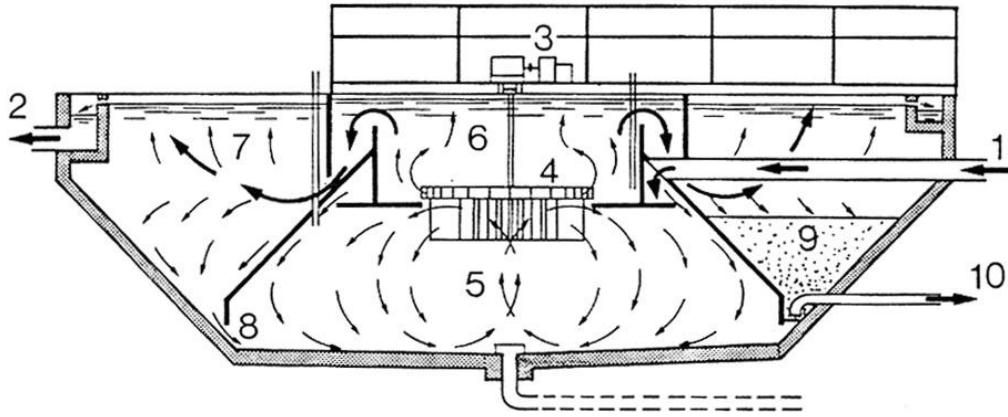
- ١ - زمن الترويب = ٢٠-٤٠ دقيقة . زمن الترويب = ٢-٤ ساعات .
- ٢ - عمق المياه = ٣ - ٤ متر . العمق الكلي للخران يزيد علي عمق المياه بمقدار ١ متر .
- ٣ - قطر حيز الترويب لا يزيد عن نصف قطر الحوض . قطر الحوض = ٤٠ متر .
- ٤ - حجم حوض الترويب : حجم الحوض الكلي = ١٥ إلى ٢٥ % .

أحواض الترويب و الترويب السريعة Accelerator :

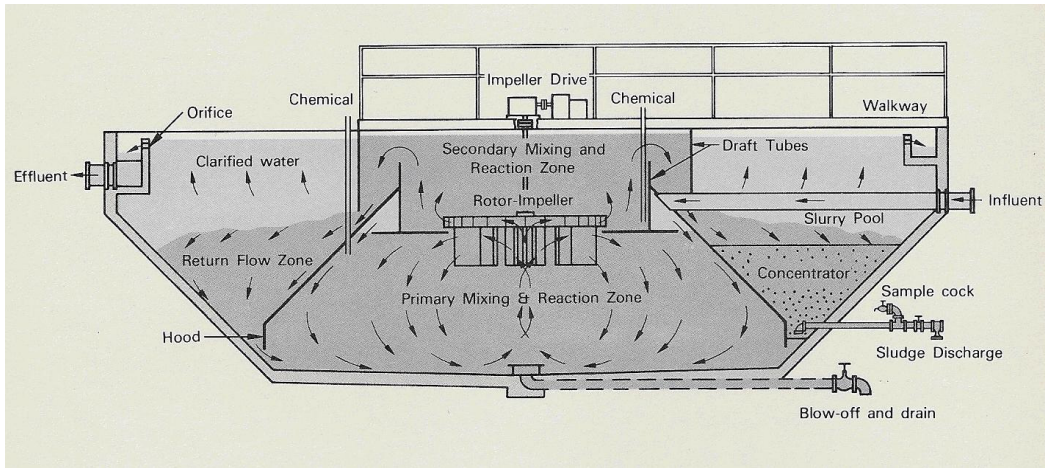
وظيفة هذا الخزان هي الأسراع بعملية المزج و التفاعل الكيماوي بين المياه و المروبات و تكوين الندف و ترسيبها ثم خروج المياه المروقة إلى المرشحات . ينشأ الحوض بقطاع دائري من الخرسانة أو الصلب بقطر حوالي ٣٠ متر . القاع مخروطي و الأرضية مستوية لتسهيل خروج الرواسب .

طريقة التشغيل :

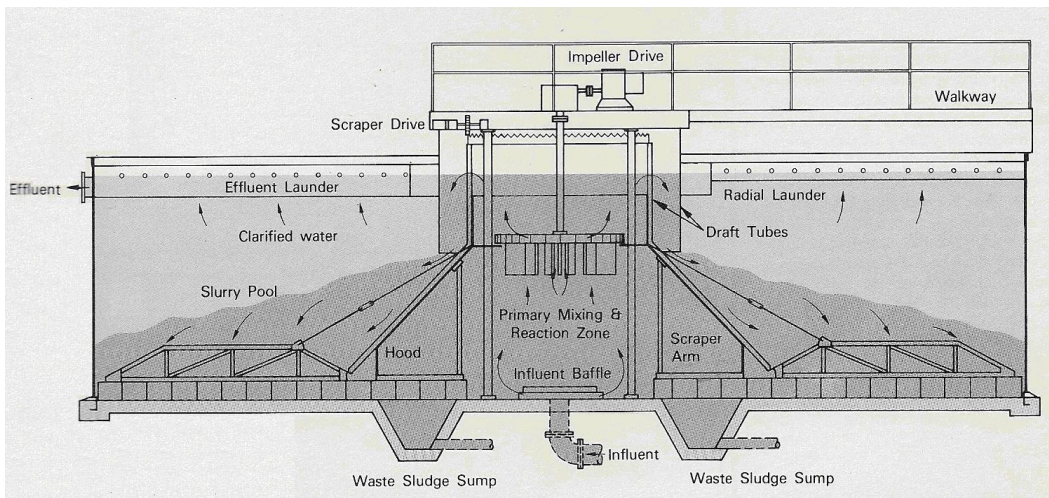
- ١ - تدخل المياه إلى منطقة الخلط الابتدائي Primary Mixing كما تضاف المروبات من ٣ نقاط . يقوم الخلط بعملية مزج المروبات مع المياه مزجا كاملا . تتكون الندف و يكبر حجمها و يثقل وزنها ثم ترسب علي القاع .
- ٢ - باستمرار ترسب الندف يزداد حجم الخليط و يخرج خارج منطقة التفاعل . و عند وقت معين يحدث التوازن .
- ٣ - يخرج الماء خارج نطاق الخليط السابق و قد تم ترويجه بينما يتم سحب الخليط المتكون (الحمأة) إلى الخارج عن طريق ماسورة خاصة إلى بيارة الحمأة .
- ٤ - تخرج المياه المروقة عبر هدار إلى ماسورة الخروج متجها إلى المرشحات - شكل (٢٣) .



- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1. Raw water inlet. | 6. Secondary mixing and reaction zone. |
| 2. Clarified water outlet. | 7. Clarified water. |
| 3. Impeller drive. | 8. Sludge return. |
| 4. Rotor impeller. | 9. Sludge concentrator. |
| 5. Primary mixing and reaction zone. | 10. Excess sludge discharge. |



أحواض ترويق وترويب سريعة Accelator NS Clarifier



شكل (٢٣)

أحواض ترويق وترويب سريعة IS Accelerator

طراز آخر

مروقات و طرازات أخرى :
المروق السريع Accektor :
شكل (٢٤) :



 **Degrémont Technologies**
Suez

شكل (٢٤)
المروق السريع Accektor

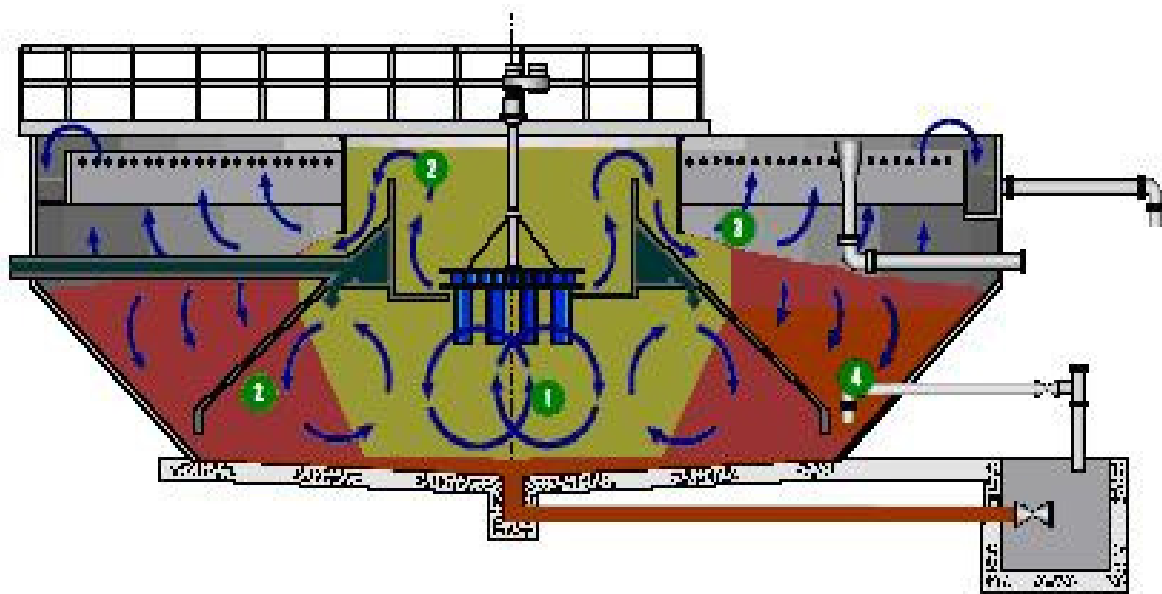
مميزات أحواض الترويق والترويب السريعة :

- المروق الحديث يعمل بمعدل فائق في محطات تنقية المياه ، ويمكن القول أنه يشغل نصف مساحة الترسيب التقليدي .
- درجة نقاوة عالية للمياه مع درجة عكارة بسيطة .
- إزالة الأملاح Clarifier / Softener بكفاءة عالية .
- التدوير الداخلي للحمأة .
- إزالة الألوان .
- يستعمل في المعالجة الثلاثية لمياه الصرف الصحي .
- ترسيب و إزالة المواد الناتجة عن الصرف الصناعي .

طريقة العمل :

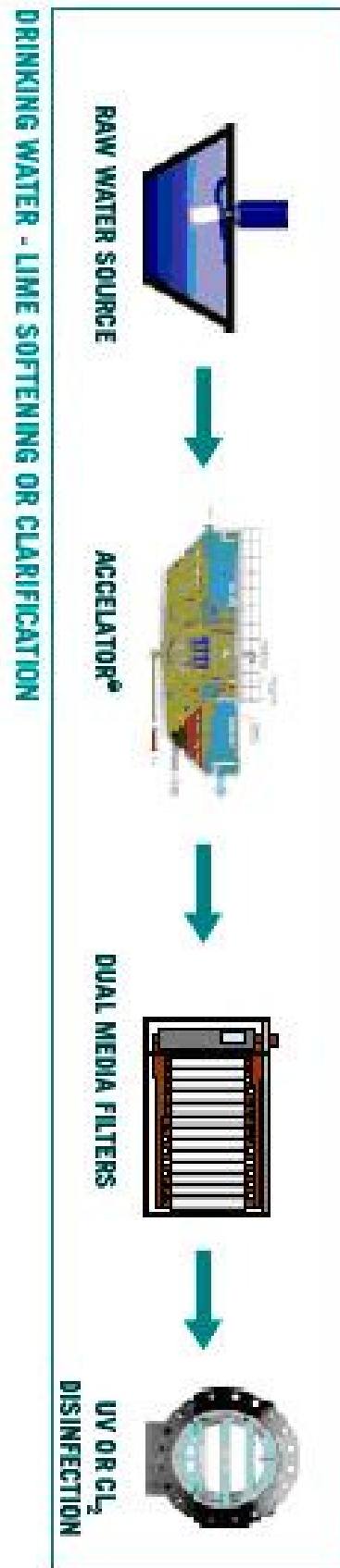
- ١ - تدخل المياه الخام الي خزان الخلط والتفاعل الكيماوي من خلال ماسورة دخول المياه أعلي الخزان .
- ٢ - يقوم الخلط بمزج المياه مع الكيماويات .

٣ - ترسب الحمأة في القاع وتدور مرة أخرى بينما الحمأة الزائدة تنقل إلى خارج الحوض عن طريق ماسورة .



Degrémont Technologies
Suez

تفاصيل المروك السريع Accelerator



شكل (٢٤)
مخطط استخدام المروق السريع

المروق أكواداف المهورى Dissolved Air Flotation :

وصف أكواداف :

أكواداف عبارة عن مروق ذو معدل عالى ينشأ فى مرحلة قبل تنقية المياه . وأستخدام الأكواداف من شأنه زيادة كفاءة عملية التنقية الحالية أو الجديدة . يقوم هذا الحوض - عن طريق مراوح - بخلط الشبة جيدا مع الماء فضلا عن طريق ضغط فقائيع هواء من خلال مواسير مثقبة عند القاع **Dissolved Air Flotation** - شكل (٢٥) ، ليكون فقاعات صغيرة تتحد مع جزيئات العكارة الموجودة بالماء . تتحد هذه الجزيئات مع بعضها لتكبر فى الحجم ثم تكون طبقة الحمأة . تزال الحمأة بطريقة ميكانيكية أو هيدروليكية . المنتج النهائي هو جودة عالية للمياه الخارجة من أعلى الحوض .

**AquaDAF™ Dissolved Air
Flotation System**

AquaDaf



 **Degrémont Technologies**
svez

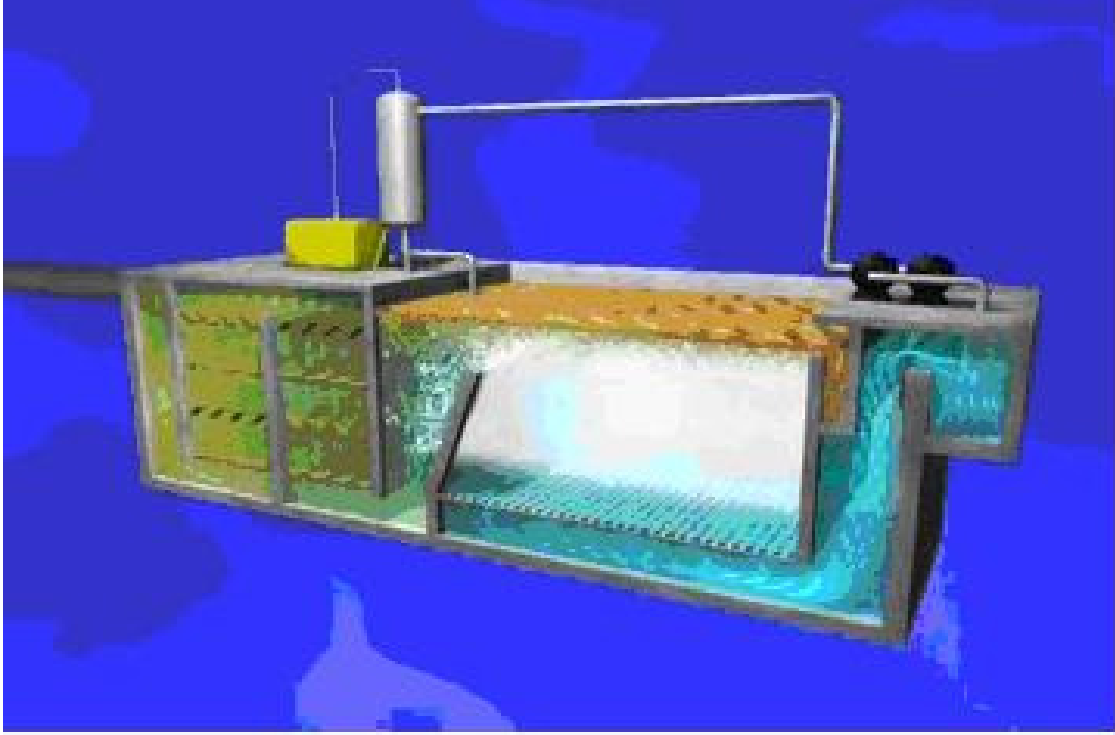
شكل (٢٥)

تفاصيل وحدة أكواداف Aquadaf

توجد بعض الفوائد الأخرى وهى :

- يعمل على إزالة الألوان .
- صالح للمعالجة الثلاثية حيث يزيل الفوسفور لأقل من ٠.١ ملجم / لتر .
- يصلح للعمل فى مرحلة ما قبل التنقية لعملية تحلية مياه البحار .
- يقوم بترويق المياه أقل من ١ NTU .
- يزيل الطحالب بنسبة أكبر من ٩٠ % .

- زمن مزج وترويب المياه أقل من ١٠ دقائق .
- يكتف ويتركز الحمأة الي ٢ - ٤ % .



 **Degrémont Technologies**
SVEZ

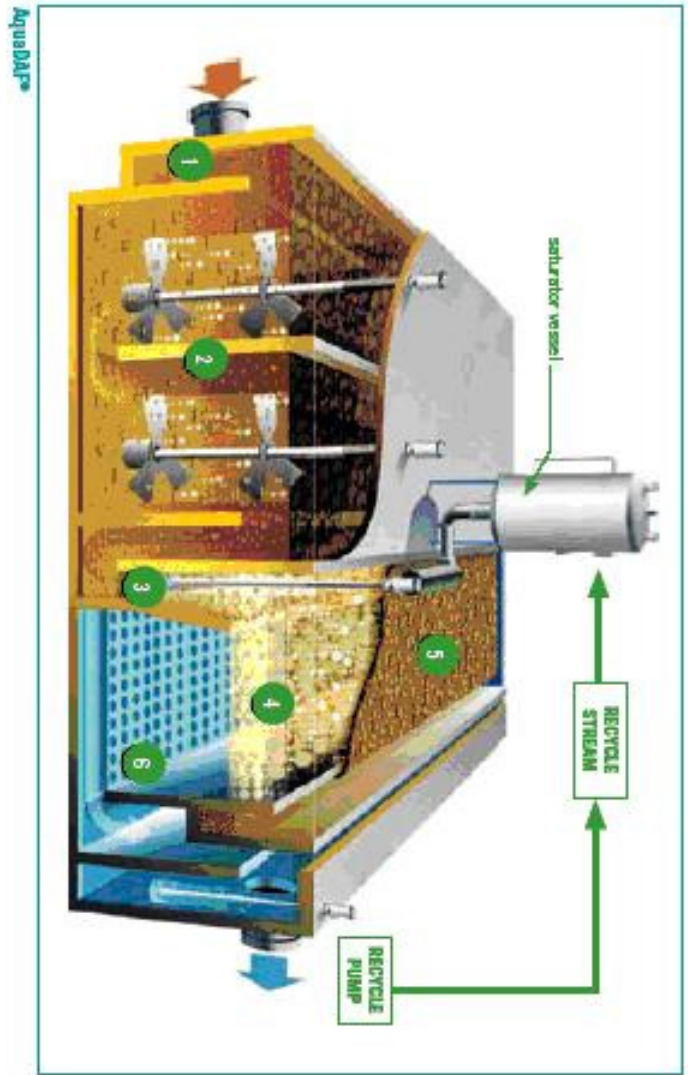
شكل (٢٥)

كروكي يوضح نظرية العمل لحوض أكوداف

وصف المروق أكوداف :

بالأشارة الي شكل (٢٥) :

- ١ - دخول المياه الخام - بعد خلطها بالمروبات (كبريتات الألومنيوم - كلوريد الحديدك) بواسطة الخلاط السريع **Rapid Mixer** ، يدخل الماء الي قناة توزيع ثم الي منطقة الترويب .
- ٢ - منطقة الترويب - حيث توجد خلاطات رأسية متغيرة السرعة تزيد من كفاءة خلط المروبات حيث تتكون ندف بأحجام أكبر . زمن المكث بين ٨ - ١٠ دقائق في هذه المنطقة .
- ٣ - منطقة ضخ الهواء أسفل منسوب المياه ، حيث تمر المياه من خلال منطقة هواء ومياه **Saturated Air Water Recycle Stream** . هذه الكمية منتجة من إعادة تدوير ٨ - ١٠ % من المياه المرشحة و يتم ضخها بالطلبمبات **Recycle Pump** الي خزان مضغوط أعلي الحوض **Pressurized Saturator Vessel** ثم يتم تخفيف هذا الضغط من خلال بعض الفتحات **Release Nozzles** المغمورة و الموجودة علي كامل عرض الحوض وينتج عن ذلك فقاعات دقيقة كثيرة .

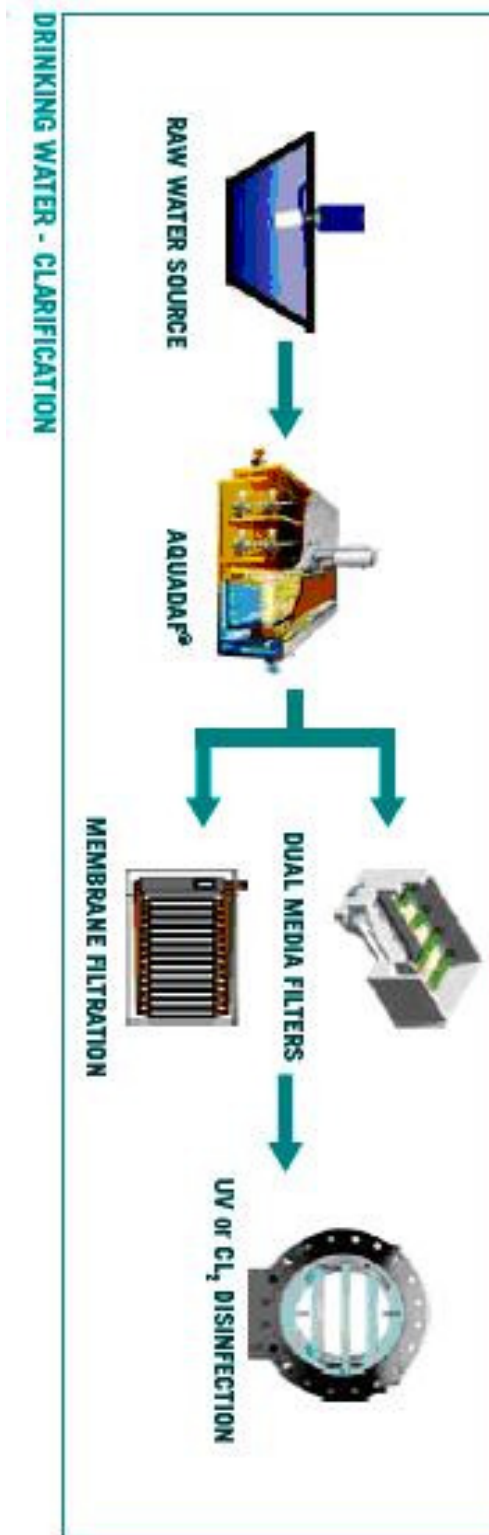


 **Degrémont Technologies**
SVEZ

شكل (٢٥)

أجزاء المروق أكوداف

- ٤ - منطقة الطفو : تتحد فقاعات الهواء مع الندف المتكونة وتكون طبقة كثيفة من فقاعات الهواء في منطقة الطفو وتطفو علي السطح وتحدث عملية الترويق .
 - ٥ - تجمع الحماة : الندف الطافية مع الجزيئات المتكونة ، يتم التخلص منها هيدروليكيًا أو ميكانيكيًا .
 - ٦ - تجميع المياه المعالجة عند القاع بواسطة أرضية مثقبة بشكل منتظم . معدل التحميل = ١٠ - ٢٠ جالون في الدقيقة / قدم المربع .
- مخطط المعالجة - شكل (٢٦) .



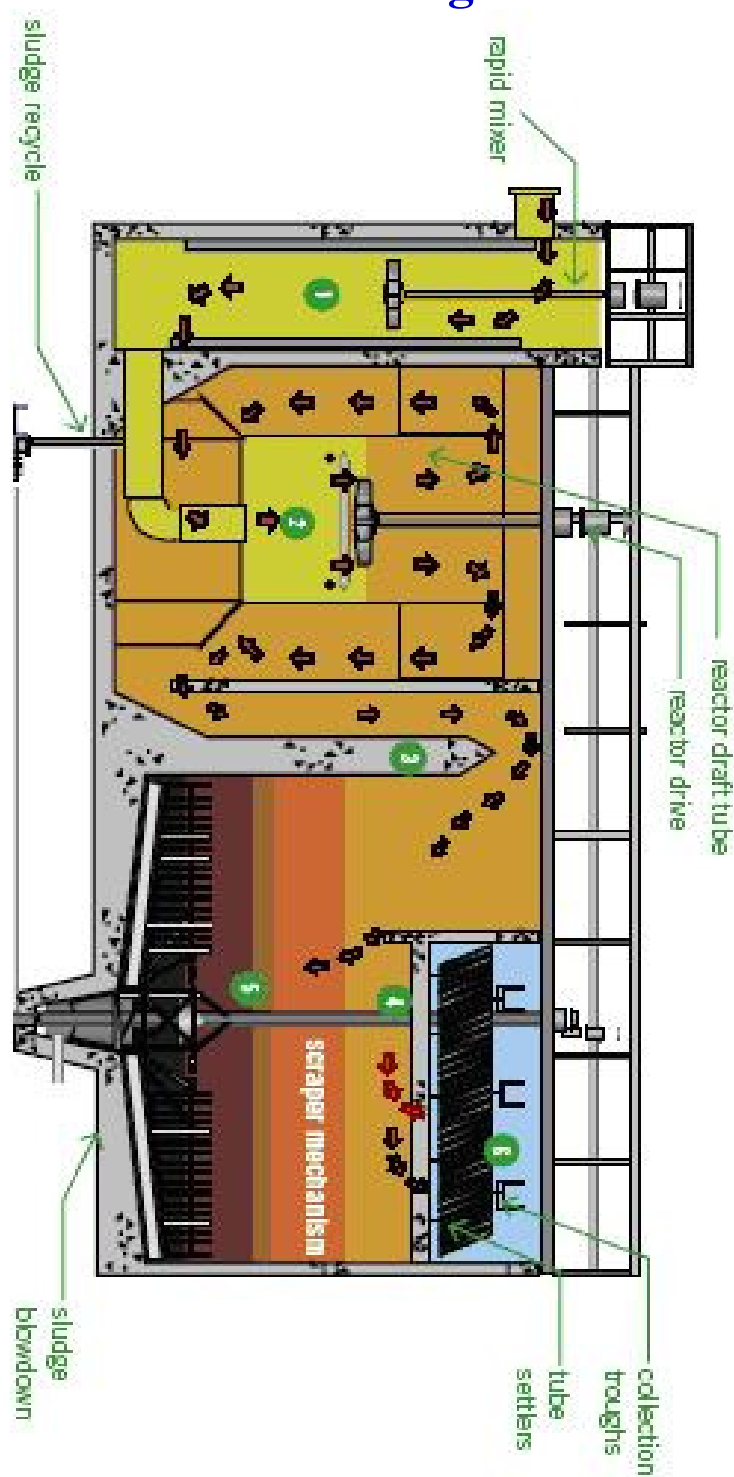
شكل (٢٦)

مخطط استخدام أكواداف – لمعالجة المياه

مروق دنساج Densadeg clarification :

شكل (٢٧) :

DensaDeg



شكل (٢٧)
حوض دنساج



شكل (٢٧)

مخطط استخدام وحدة دنساج

طريقة العمل :

حوض دينساج - شكل (٢٨) .

١ - عملية الخلط السريع : يدخل الماء الخام الي منطقة الخلط حيث تضاف المروبات - كبريتات الألومنيوم أو كلوريد الحديدك .

٢ - منطقة التفاعل : يدخل الماء مع المروبات من أسفل حتي تمام المزج . تكبر الندف وتكون طبقة الحمأة . منطقة التحول .

٣ - منطقة الترسيب : تأتي الرواسب الي منطقة الترسيب حيث ترسب في القاع بينما تتجه المياه المنقاه الي أعلي .

٤ - تكثيف وتركيز الحمأة : تتجمع الجزيئات وترسب الي أسفل المروق و تتجمع بواسطة زحافة تدور علي محور رأسي جزء من هذه الحمأة يعاد الي منطقة التفاعل بينما الجزء الأكبر من الحمأة يصرف من خلال الصمام .

٥ - تجميع المياه المنتجة : تخرج المياه المنقاة خلال قنوات تقع أعلي أنابيب الترسيب .

المميزات :

- يعمل في تنقية مياه الشرب ومعالجة ثلاثية لمياه الصرف الصحي .
- معدل فائق في تجميع الجزيئات العالقة الي أقل من ١ NTU .
- يخفض معدلات BOD, COD, TSS Reduction
- يزيل الفوسفور Phosphorous Removal
- يزيل المواد العضوية .
- يزيل السيليكا Softening/Silica Removal
- يتطلب مساحة تعادل نصف مساحة المروق العادي
- يركز الحمأة بنسبة ٢ - ١٠ % .

ثامنا : المرشحات Filters :

الغرض من المرشحات :

- ١ - إزالة ما تبقى من مواد غروية دقيقة .
- ٢ - إزالة ٨٠% من البكتيريا .
- ٣ - إزالة الطحالب .
- ٤ - إزالة الحديد و المنجنيز .
- ٥ - إزالة الطعم و الرائحة .

أنواع المرشحات :

أ - مرشحات الجاذبية :

- ١ - المرشح الرملي السريع .
- ٢ - المرشح الرملي البطيء . يستخدم في المجتمعات الصغيرة التي لا يزيد سكانها عن ٣٠٠٠٠ نسمة .

ب - مرشحات الضغط : تستخدم في المجتمعات الصغيرة و حمامات السباحة .

- ١ - المرشحات الأفقية .
- ٢ - المرشحات الرأسية .

ج - المرشحات المهواة :

- ١ - المرشح ABW .

د - مرشحات الأغشية :

- ١ - المرشح أيكوسكيد .
- ٢ - المرشح التراسورس .

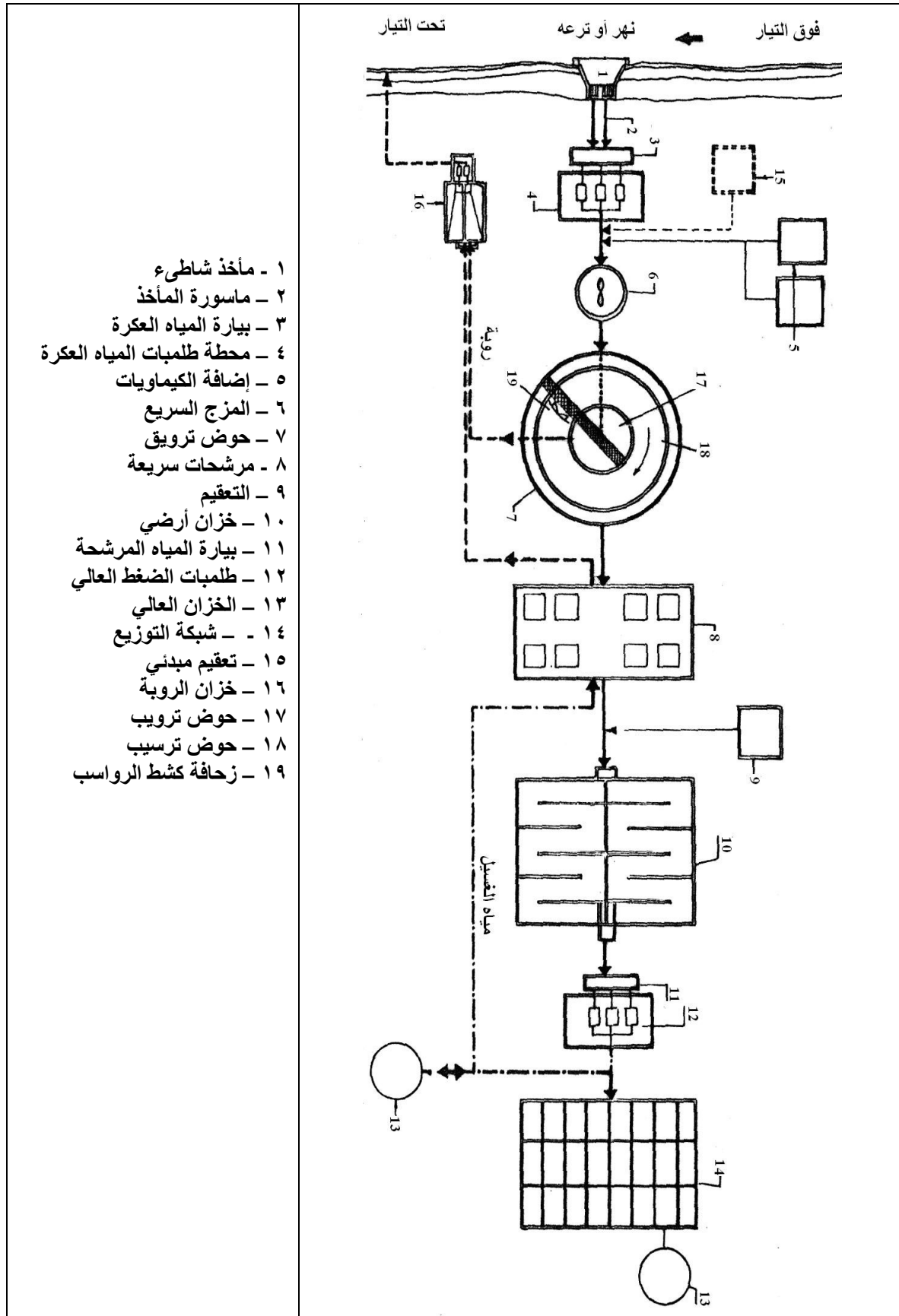
أ - مرشحات الجاذبية :

١ - المرشحات الرملية السريعة Rapid Sand Filters :

المرشح عبارة عن حوض من الخرسانة المسلحة، توجد في قاع الحوض شبكة من المواسير المثقبة قطر ثقبها ٦ - ١٩ مم و المسافة بينها = ٨ - ٣٠ سم . الغرض منها تجميع المياه المرشحة . تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بسمك ٥٠ سم ثم طبقة من الرمل بسمك ٧٠ سم . عمق المياه فوق سطح الرمل = ١٥٠ سم . ترتفع حافة الحوض بما لا يقل عن ٥٠ سم فوق سطح الماء . تدفع المياه بمعدل ١٢٠ - ١٨٠ م^٣ / يوم / م^٢ من المرشح حتي نحافظ علي جودة و كفاءة الترشيح .

وصف عملية الترشيح :

- ١ - التصاق بعض المواد العالقة بسطح حبيبات الرمل ، تساعد علي ذلك الخواص الهلامية للمواد العالقة بسبب المواد المروية - مخطط تنقية المياه بالمرشحات السريعة - شكل (٢٩) .

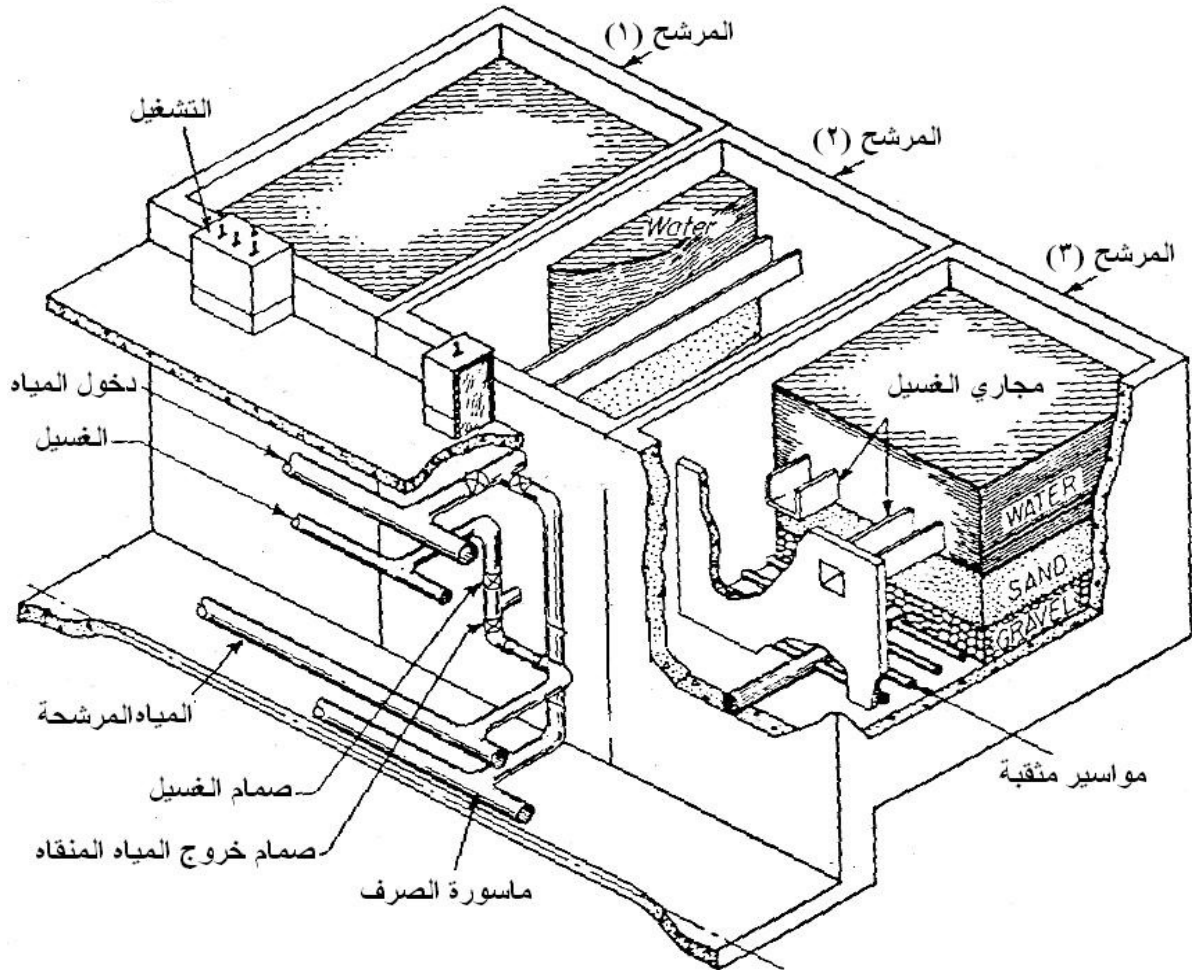


شكل (٢٩)

مخطط تنقية المياه السطحية باستخدام المرشحات الرملية ذات المعدل السريع

- ٢ - ترسب بعض المواد العالقة في فجوات طبقة الرمل حيث تعمل طبقة الرمل كمصفاة لحجز المواد العالقة .
- ٣ - تتكون طبقة هلامية علي سطح الرمل من المواد العالقة الدقيقة و ما يحتمل وجوده من كائنات حية دقيقة مم يساعد علي عملية اصطياد و حجز المواد العالقة .

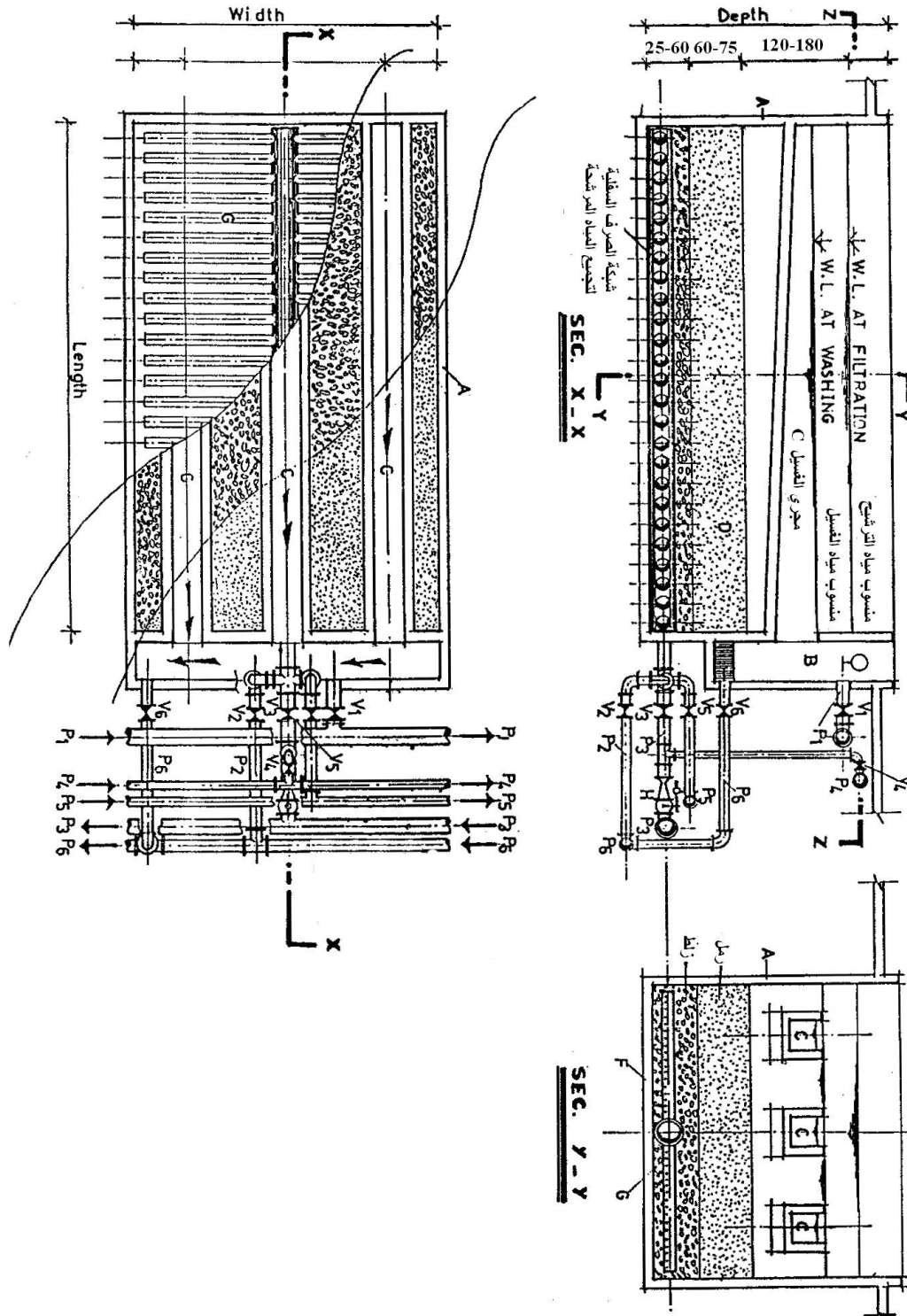
تفاصيل المرشح الرملي السريع - شكل (٣٠) .



شكل (٣٠)

المرشح الرملي السريع

تفاصيل عمل المرشح الرملي السريع مع قطاعات له - شكل (٣١) .



- V1 محبس دخول المياه .
- V2 محبس مياه التحضير .
- V3 محبس خروج مياه الترشيح .
- V4 محبس دخول الهواء المضغوط .
- V5 محبس دخول مياه الغسيل .
- V6 محبس التصافي و مياه الغسيل .

- P1 ماسورة المياه المروقه .
- P2 ماسورة خروج مياه التحضير .
- P3 ماسورة خروج المياه المرشحة .
- P4 ماسورة الهواء المضغوط .
- P5 ماسورة مياه الغسيل .
- P6 ماسورة خروج مياه الغسيل .

شكل (٣١)

المرشح الرملي السريع للمياه

تشغيل المرشح :

تمر عملية تشغيل المرشح في أربعة مراحل :

أولا : عند تشغيل المرشح لأول مرة :

الغرض من العملية هو طرد الهواء الموجود بين حبيبات الزلط و الرمل . تتم هذه العملية مرة واحدة في تاريخ المرشح . تتم هذه العملية بفتح الصمام رقم (٥) لدخول الماء النقي تحت ضغط من أسفل إلى أعلى . يتخلل المياه شبكة المواسير السفلية المثقبة ثم إلى طبقة الزلط ثم طبقة الرمل حتي يصل ارتفاع الماء فوق طبقة الرمل إلى ارتفاع ٣٠ سم .

ثانيا : عملية الأعداد :

الغرض منها زيادة كفاءة المرشح بتكوين طبقة من المواد الجيلا تينية و الغروية علي سطح المرشح . تتم هذه العملية كالآتي :

- ١ - فتح الصمام رقم (١) لدخول المياه من أحواض الترويق و الترويب .
- ٢ - يمر الماء من طبقه الرمل إلى طبقة الزلط ثم إلى شبكة المواسير المثقبة . يفتح الصمام رقم (٣) لخروج المياه إلى العادم . تستمر هذه العملية ١٥ دقيقة حتي نلاحظ تحسن شفافية المياه الخارجة من الصمام رقم (٣) .

ثالثا : عملية الترشيح :

الغرض منها الحصول علي المياه المرشحة، وهي العملية الأساسية للمرشح . تتم هذه العملية باستمرار بفتح الصمام رقم (١) و يفتح أيضا الصمام رقم (٢) لتخرج المياه المرشحة . تستمر هذه العملية من ١٢ - ٣٦ ساعة حتي يصل ارتفاع المياه إلى ١.٥ متر فوق منسوب طبقة الرمل .

رابعا : عملية الغسيل :

تستغرق هذه العملية ١٥ دقيقة .

الغرض منها أعداد المرشح للعمل مرة أخرى . تتم خطوات هذه العملية كالآتي :

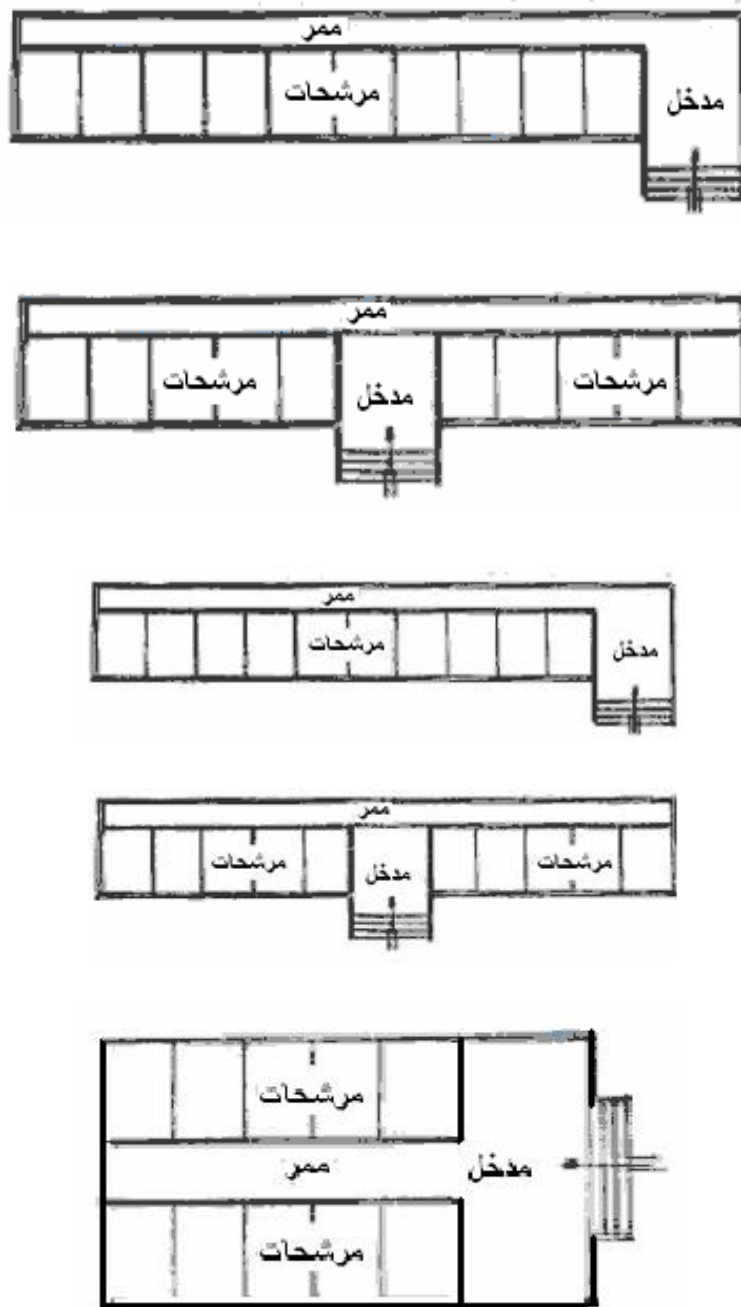
- ١ - يقلل الصمام رقم (١) لمنع دخول المياه من أحواض الترويق و الترويب .
- ٢ - يستمر فتح الصمام رقم (٢) لخروج المياه حتي تصبح علي ارتفاع ٣٠ سم فوق سطح الرمل . تستغرق هذه العملية ٥ دقائق .
- ٣ - يفتح الصمام رقم (٤) لدخول الهواء المضغوط حيث يعمل علي تفكك الحبيبات من بعضها .
- ٤ - يفتح الصمام رقم (٥) لدخول الماء النقي تحت ضغط من أسفل إلى أعلى بغرض غسل حبيبات الزلط و الرمل . تتجمع مياه الغسيل في قناة الغسيل و منها إلى القناة الرئيسية و يفتح الصمام رقم (٦) لخروج مياه الغسيل . تستغرق هذه العملية ٥ دقائق .

ملاحظة :

- ١ - يفضل عمل سقف للمرشح لحجب ضوء الشمس لمنع تكون الطحالب داخل المرشح . أما إذا كان هناك حقن كلور مبدئي Pre chlorination - يمكن الاستغناء عن هذا السقف .
- ٢ - يزود مبني المرشحات بضواغط هواء و كذلك بظلمبات الغسيل .

٣ - يركب علي ماسورة التصريف الخارجة من المرشح صمام تثبيت التصريف Rate Control Valve و الذي يقوم بتصريف المياه من المرشح بمعدل ثابت حتي يمكن التحكم في جرعة الكلور . إضافة إلي ذلك يتم تركيب صمام حاجز قبل و بعد صمام تثبيت التصريف . الصمام الأول لمنع دخول مياه التحضير و الصمام الثاني لتفادي تسرب المياه وقت إصلاح صمام تثبيت التصريف .

٤ - تركيب ماسورة تغذية الهواء في أعلي نقطة لتفادي ارتداد أي مياه داخل ماسورة الهواء .
توزيعات المرشحات - شكل (٣٢) .



شكل (٣٢)

أشكال وتوزيعات المرشحات



المرشحات



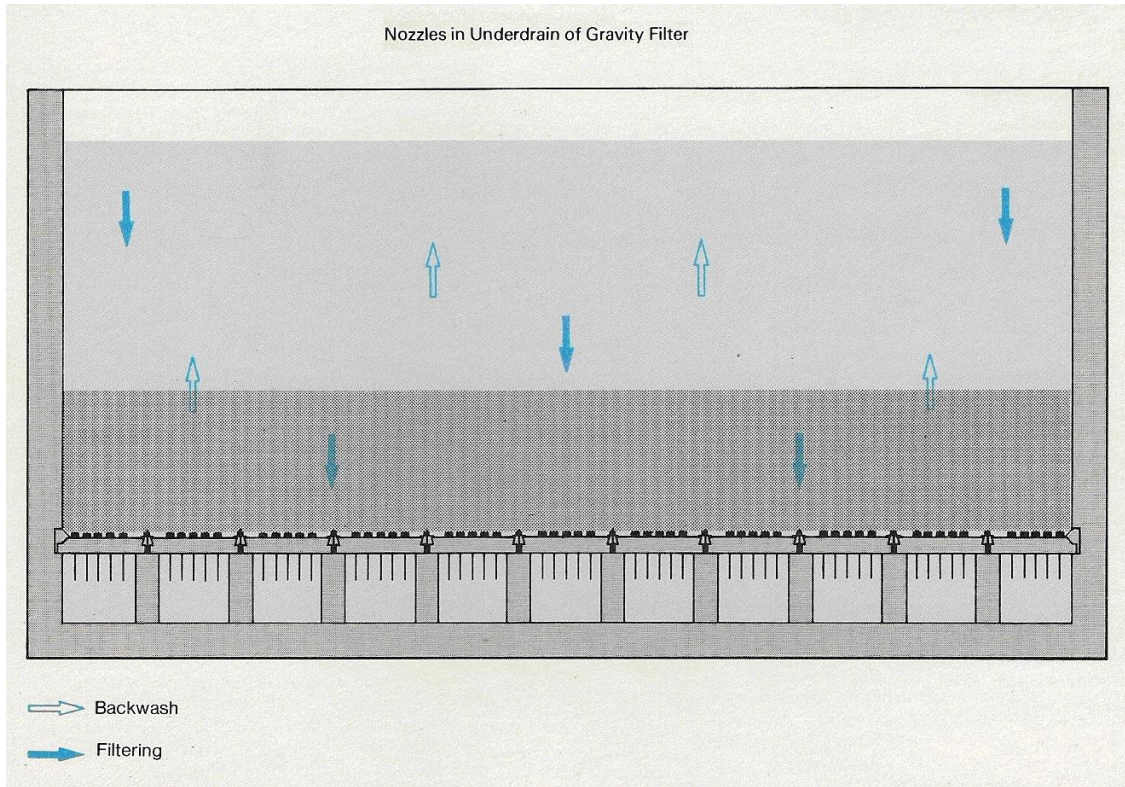
المرشحات



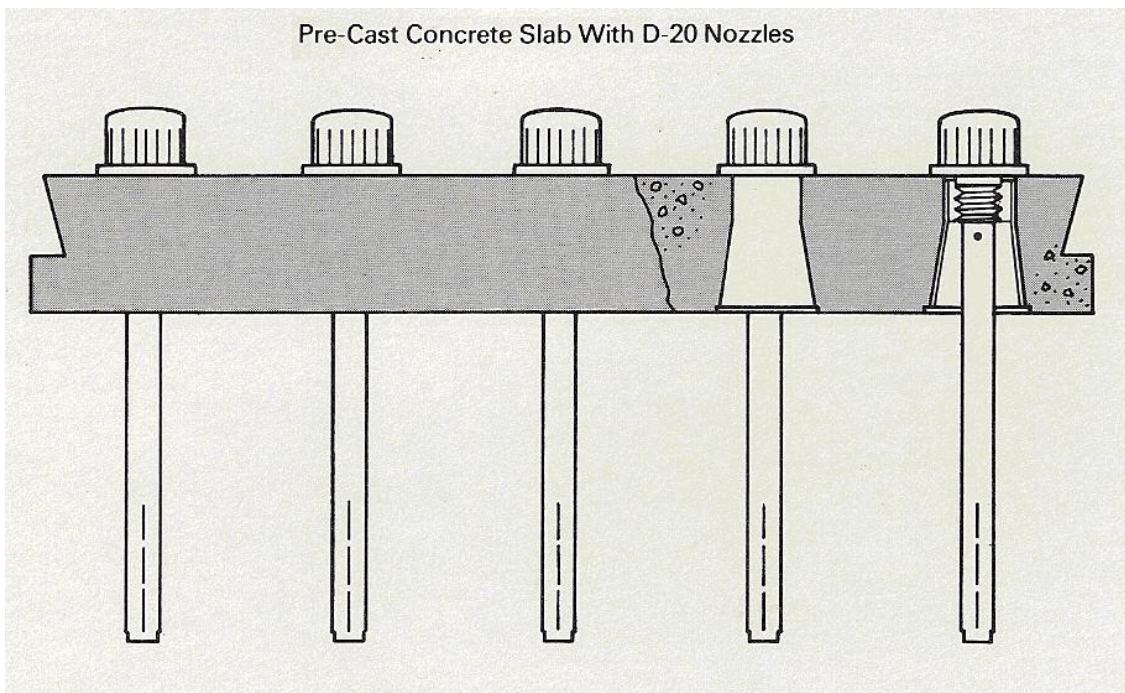
المرشحات



الطلمبات المرشحة

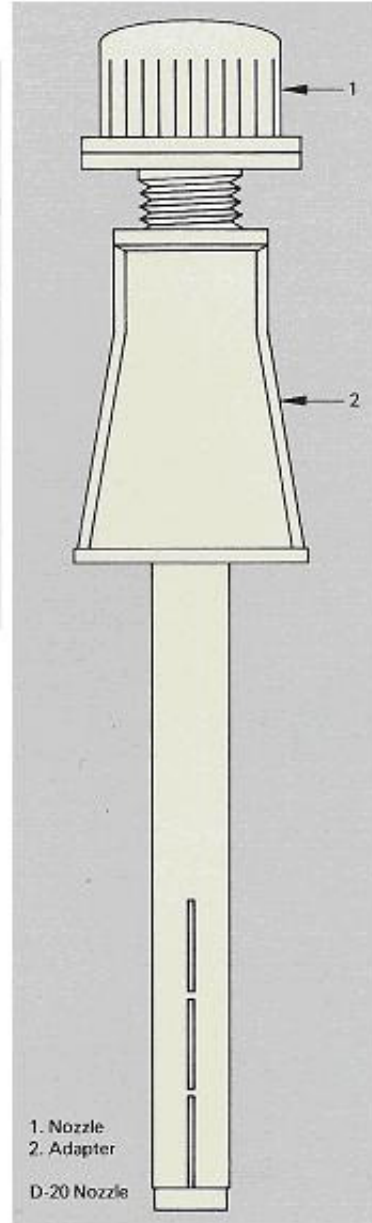


تفاصيل عملية الترشيح والغسيل



بلاطة أرضية المرشح من الخرسانة سابقة التجهيز و مثبت بها الرشاشات

D-20 Filter Nozzle



شكل (٣٢)
تفاصيل الرشاشات

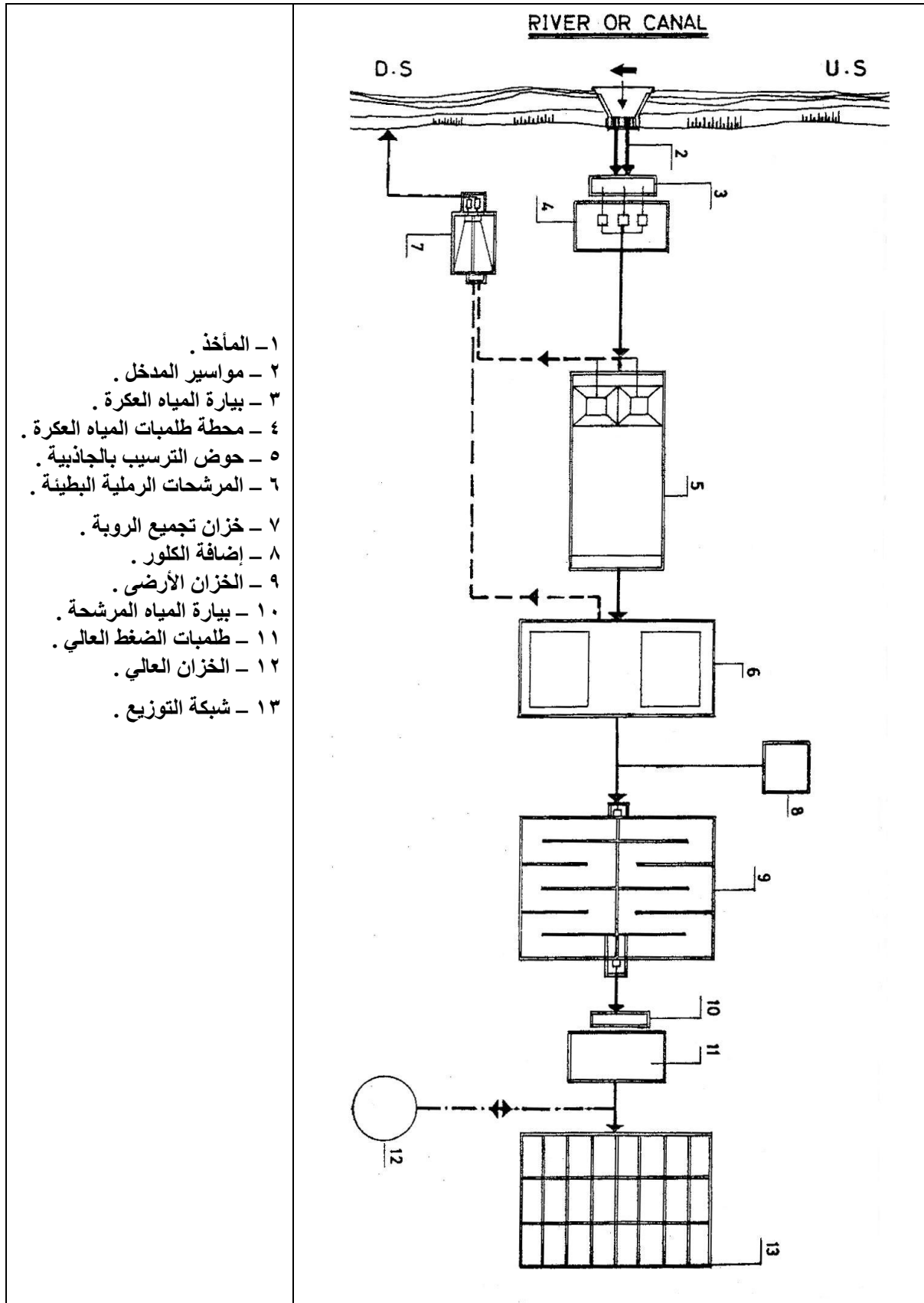
أسس تصميم المرشحات :

- ١ - معدل الترشيح = ١٢٠ - ١٨٠ م^٣ / م^٢ / يوم .
- ٢ - مساحة المرشح الواحد في حدود ٥٠ متر مربع لضمان مرونة التشغيل .
- ٣ - عدد المرشحات الصغيرة = ٠.٠٤٤ × الجذر التربيعي للتصرف .
- ٤ - سرعة المياه من أسفل إلى أعلى = ٥٠ - ٨٠ سم / دقيقة.

٢ - المرشح الرملى البطيء Slow Sand filter :

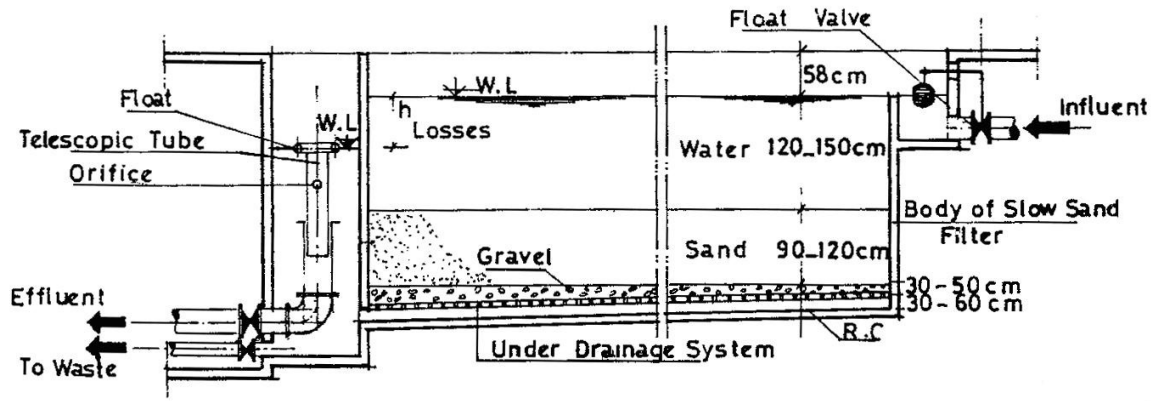
يتكون المرشح من حوض من الخرسانة - توجد علي أرضية المرشح شبكة من المواسير المثقوبة يعلوها طبقة من الزلط المتدرج بسمك ٣٠ - ٦٠ سم و يعلو طبقة الزلط طبقة أخرى من الرمل بسمك ٦٠-١٢٠ سم . يصل ارتفاع الماء فوق الرمل إلي ١٥٠ سم . و من المعروف عن المرشحات البطيئة أنها تحتاج إلي مساحات واسعة من الأرض مما يجعل تكاليفها أكثر من المرشحات السريعة ، فضلا عن عدم صلاحيتها في المناطق الحارة حيث تنمو الطحالب بكثرة . و الأصل في استعمال المرشحات البطيئة هو لترشيح المياه ذات العكارة البسيطة . و نادرا ما يستخدم المرشح البطيء لأغراض الشرب في المدن الكبرى حيث يحتاج إلي مساحات كبيرة من الأرض نتيجة بطيء عملية الترشيح و يستخدم في ترشيح المياه في التجمعات الصغيرة مثل القرى الصغيرة ، ويعتبر المرشح البطيء أنسب حلول القرية المصرية .

مخطط التنقية بالمرشحات البطيئة - شكل (٣٣) ، قطاعات في المرشح البطيء - شكل (٣٤) .

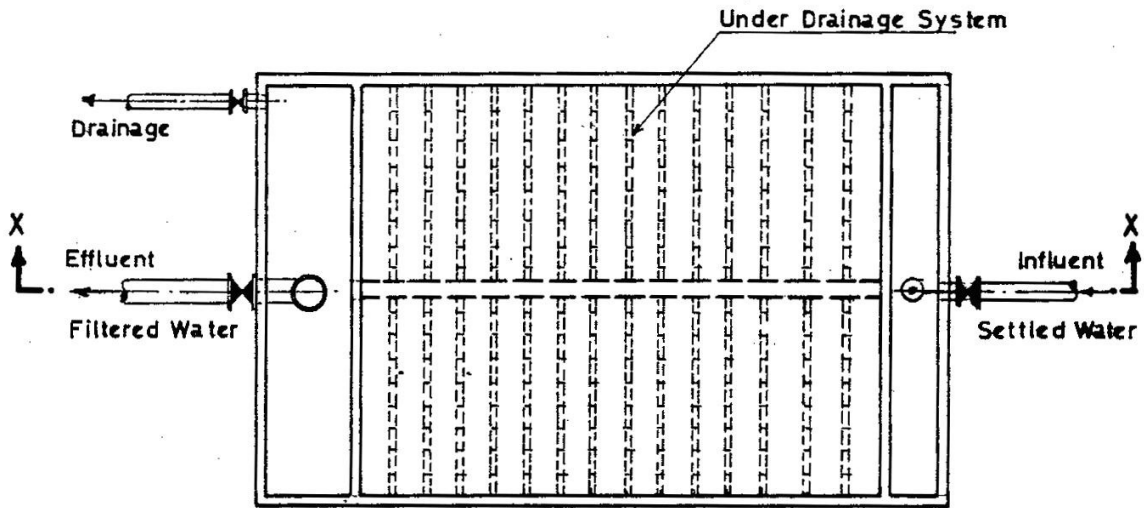


شكل (٣٣)

مخطط المعالجة باستعمال المرشح الرملي البطيء



SECTION ELEVATION. X-X.

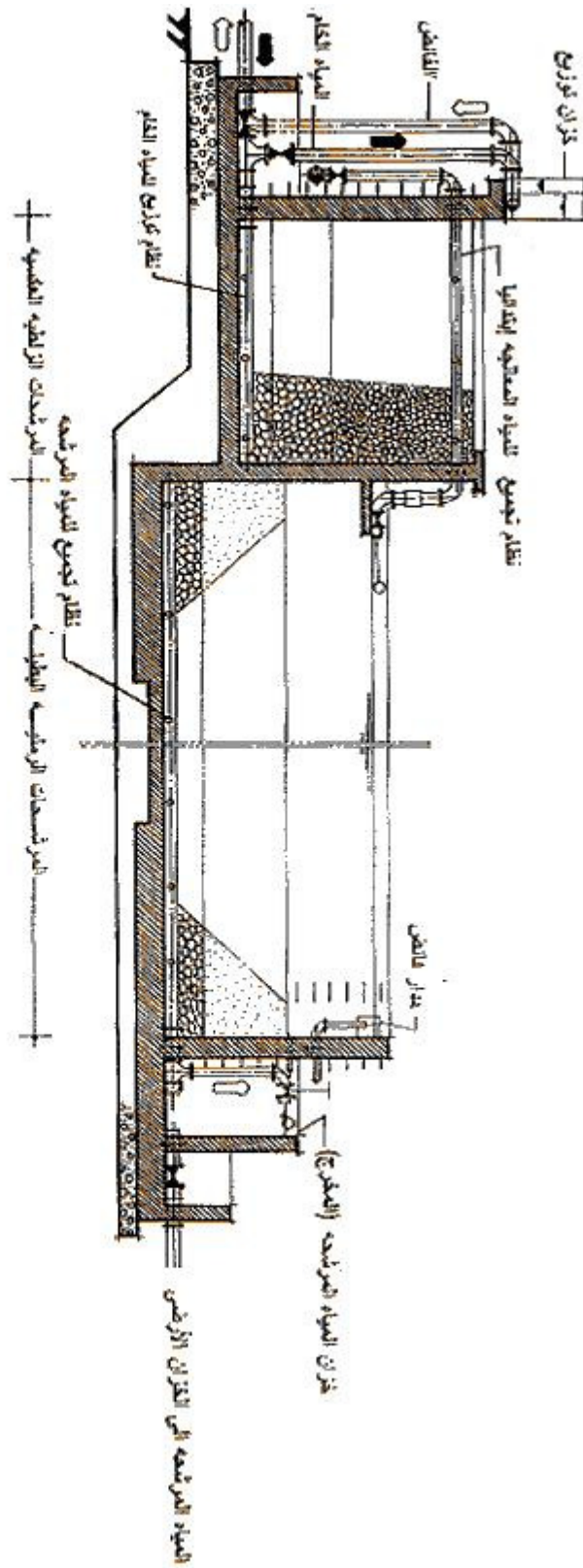


PLAN

SLOW SAND FILTER.

شكل (٣٤)

قطاع رأسي ومسقط أفقي للمرشح الرملي البطيء



شكل (٣٤)

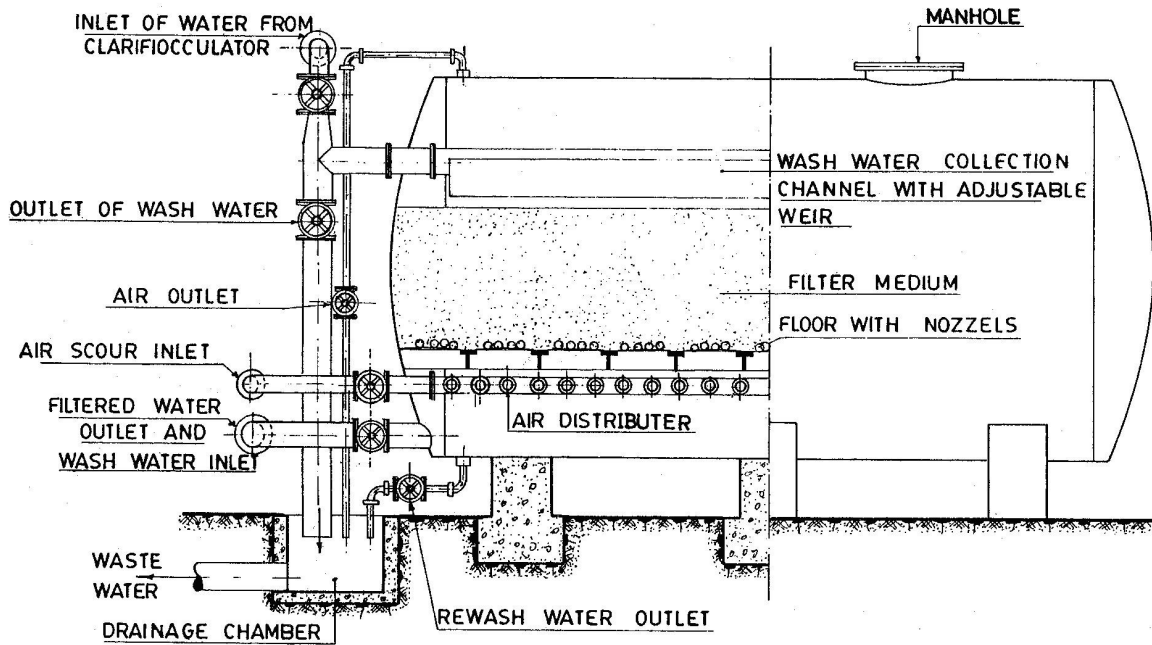
قطاع في المرشح الرملي البطيء مع المرشحات الزلطفية العكسية

ب - مرشحات الضغط Pressure Filter :

١ - المرشحات الأفقية :

يتكون هذا المرشح من الرمل و الزلط و شبكة المواسير السفلي - مثل المرشح السريع - و يختلف في أنه يوجد بداخل أسطوانة مقللة من الحديد و أن المياه يتم ترشيحها تحت ضغط يساوي ٢ ضغط جوي و بذلك يمكن الاستغناء عن استعمال الطلمبات الرافعة للمياه المرشحة.

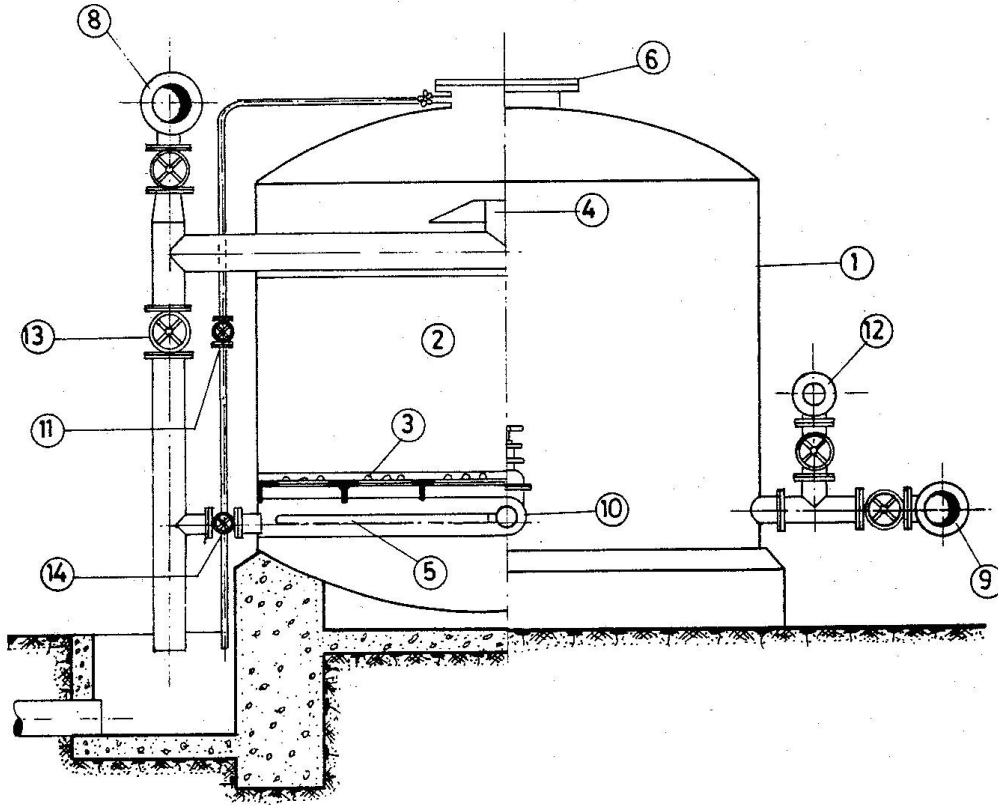
و مرشحات الضغط صغيره الحجم، تحتاج إلي مساحة أقل من المرشح السريع . تستعمل هذه المرشحات في حمامات السباحة و في عمليات المياه المدمجة . تكون هذه المرشحات أما أفقية - شكل (٣٥) أو رأسية - شكل (٣٦) ، من حيث محور الهيكل الأسطواني للمرشح ، ألا أن سريان الماء في كلا النوعين يكون رأسيا و من أعلي إلي أسفل .



شكل (٣٥)

مرشح الضغط الأفقي

٢ - المرشحات الرأسية :



- | | |
|----------------------|-------------------------|
| ① FILTER BODY | ⑧ RAW WATER INLET |
| ② FILTERING MEDIUM | ⑨ FILTERED WATER OUTLET |
| ③ FLOOR WITH NOZZLES | ⑩ AIR SCOUR INLET |
| ④ FEED CHAMBER | ⑪ AIR OUTLET |
| ⑤ AIR DISTRIBUTER | ⑫ WASH WATER INLET |
| ⑥ MANHOLE | ⑬ WASH WATER OUTLET |
| ⑦ DRAINAGE CHAMBER | ⑭ REWASHER WATER OUTLET |

شكل (٣٦)

مرشح الضغط الرأسى

مواصفات الرمل و الزلط المستخدم فى المرشحات :

يجب أن يكون الزلط و الرمل المستخدم فى المرشحات نظيفا - خاليا من الأتربة و المواد العضوية و البقايا النباتية و الطفلية - وأن يكون صلبا و مستديرا و يفضل أن يكون من الكوارتز .

الزلط :

يكون الزلط متدرجا عند استعماله و يوضع بالمرشح بالطريقة التالية :

- ٣/١ العمق - الطبقة السفلية زلط بمقاس ١ .
- ٦/١ العمق - الطبقة التالية زلط بمقاس ٢ / ١ .

- ٦/١ العمق - الطبقة التالية زلط بمقاس ٤ / ١
- ٦/١ العمق - الطبقة التالية زلط بمقاس ٨ / ١
- ٦/١ العمق - الطبقة التالية زلط بمقاس ١٢ / ١

الرمال :

- يجب ألا يفقد أكثر من ٥% من وزنه بعد وضعه في حامض هيدروكلوريك لمدة ٢٤ ساعة .
- يكون القطر الفعال في المرشح البطيء من ٠.٢٥ إلى ٠.٣٥ مم .
- معامل انتظام في حدود ١.٣ - ١.٨ وهو النسبة بين مقاس المنخل (مم) الذي يسمح بمرور ٦٠% من وزن الكمية : مقاس المنخل (مم) الذي يسمح بمرور ١٠% من وزن الكمية .
- يكون القطر الفعال في المرشح السريع بين ٠.٤ - ١.٢ .
- معامل الانتظام بين ١.٣٥ - ١.٥ حيث أن معامل الانتظام يعبر عن درجة التغير في حجم الرمل، و هو عبارة عن النسبة بين فتحة المنخل التي يمر من خلالها ٦٠% من وزن الرمل و بين الحجم الفعال (الحجم الفعال هو فتحة المنخل التي تحجز ٩٠% من وزن الرمل) .
- نسبة السيليكا لا تقل عن ٩٥ % .
- يمر ٩٥ % من الرمل من خلال المنخل ١٠ مم .

جدول (٥) ، يبين المقارنة بين الأنواع الثلاثة :

جدول (٥)

مقارنة بين مرشحات الرمل

الخواص	المرشح البطيء	المرشح السريع	مرشح الضغط
معدل الترشيح	٣ - ٥	١.٨ - ١.٢	٢٤٠ (٣م / ٢م / يوم)
وسط الترشيح	رمل - زلط	رمل - زلط	رمل - فحم
سمك وسط الترشيح (م)	١.٥	٠.٨ - ١	حسب الحجم
أبعاد المرشح	٤٠ × ٤٠	٩ × ٦	القطر = ٥٠ - ٢٦٠ سم الطول = ١٠٠ - ٧٥٠ سم
نوع الرمل	ناعم	خشن	خشن
زمن التشغيل (يوم)	٢٠ - ٦٠	٠.٥ - ١.٥	٠.٥ - ١.٥
عملية الغسيل	تكشط الطبقة العليا	يستخدم الماء والهواء للتنظيف	يستخدم الماء والهواء للتنظيف
جودة المياه المنتجة	عالية جدا	عالية	عالية
كفاءة المشغل المنتجة	عادية	عالية	عالية
المساحة المطلوبة	كبيرة جدا	محدودة	محدودة للغاية
تكلفة التشغيل	منخفضة	متوسطة	عالية

ج - المرشحات المهواة :

المرشح ABW

المرشح ABW



شكل (٣٧)

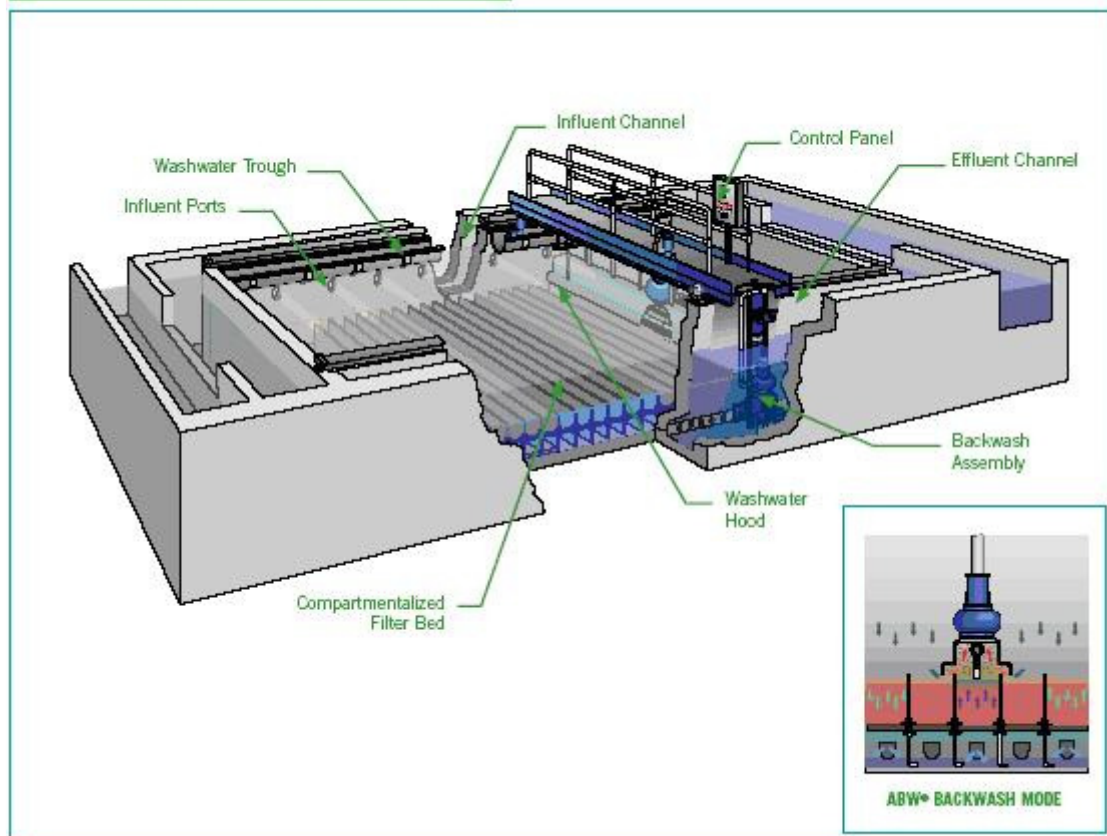
المرشح ABW

الوصف :

المرشح ABW - شكل (٣٧) .

- ١ - منشأ بسيط غير عميق ويعمل في ارتفاع مائي بسيط .
- ٢ - المياه الخارجة ممتازة .
- ٣ - سهل التشغيل والصيانة .
- ٤ - عملية الغسيل العكسي (Backwash) أوتوماتيكية و منتظمة و مستمرة وقصيرة .

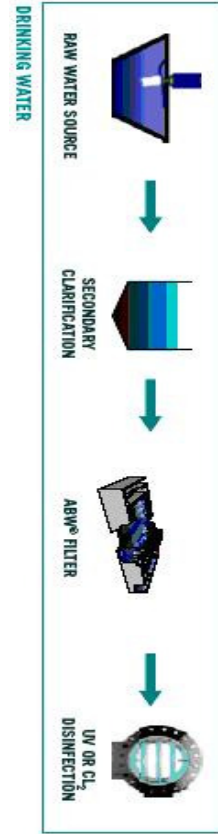
THE ORIGINAL AUTOMATIC BACKWASH FILTER



THE ORIGINAL AUTOMATIC BACKWASH FILTER

 **Degrémont Technologies**
SVEZ

شكل (٣٧)
المرشح ABW



شكل (٣٧)

مخطط الترشيح باستخدام ABW

د - مرشحات التنقية بواسطة الأغشية :

١ - المرشح أيكوسكيد :

شكل (٣٨) :



شكل (٣٨)

المرشح أيكوسكيد

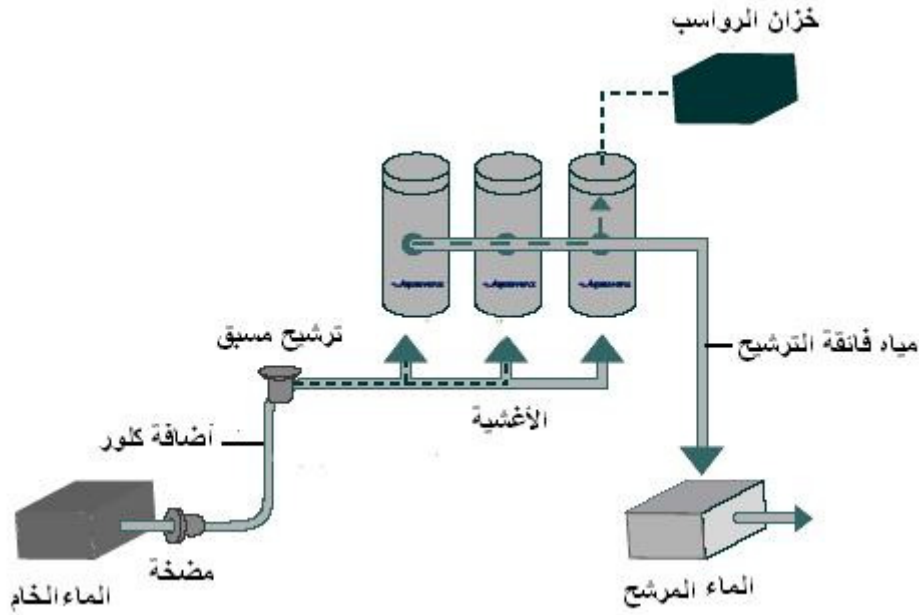
المميزات :

- مناسب للمعالجة الثلاثية لمياه الشرب فضلا عن الصرف الصحي ومياه الصرف الصناعي .
- غسيل عكسي أوتوماتيكي .
- فاقد مائي بسيط .
- ينتج عنه عكارة بسيطة جدا .

وصف الجهاز :

هو جهاز مدمج لتقية مياه الشرب بنسبة عالية من الترشيح و النقاوة . يبلغ معدل أنتاجيته ٣٠ - ٢٠٠ م٣ / ساعة . يعمل الجهاز بإزالة الحبيبات الدقيقة والعكارة والفيروسات والطحالب ، حيث تمر المياه خلال أغشية مسامية خاصة يحتجز عليها الملوثات . يعتبر هذا الغشاء مثل المرشح ، وينتج مياه عالية النقاوة وخالية من أي عكارة . تفاصيل عملية الترشيح - شكل (٣٩) .

تفاصيل الغشاء المستخدم - شكل (٤٠) .



شكل (٣٩)

كروكي يوضح طريقة التشغيل



مخطط يبين تفاصيل عملية الترشيح

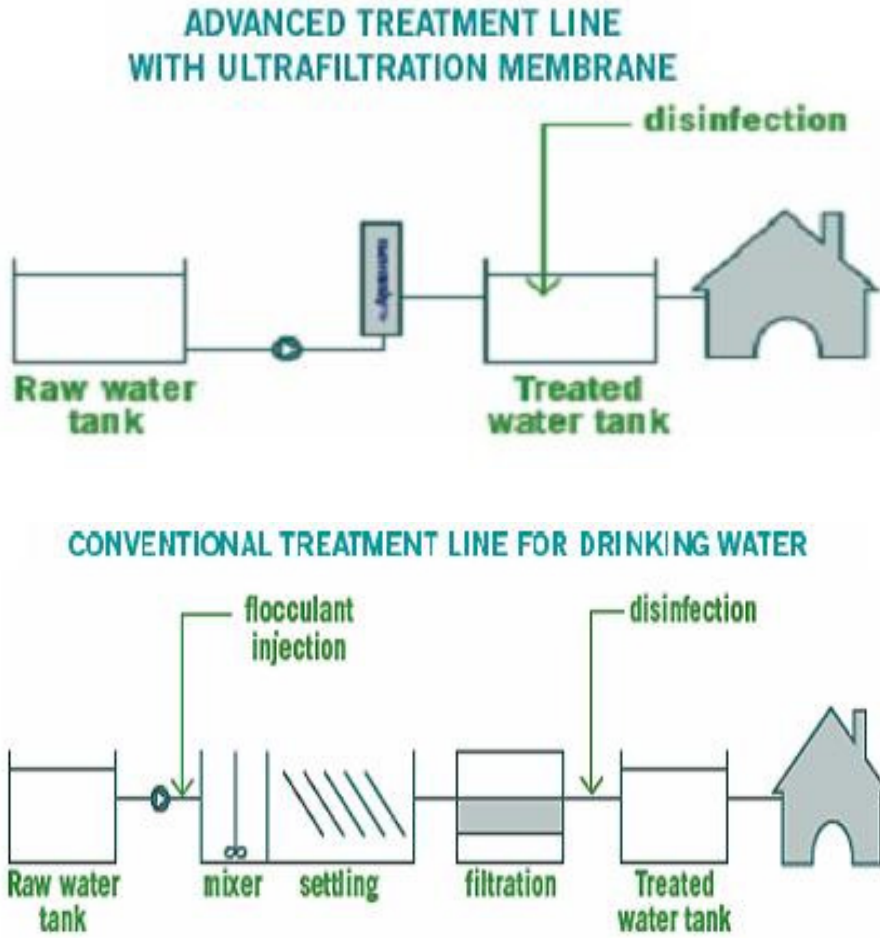
شكل (٤٠)

الغشاء

المميزات :

١ - لا يحتاج إلى طلبات أو أي خزانات لغرض الغسيل العكسي .

- ٢ - صديق للبيئة .
 - ٣ - يستهلك طاقة قليلة .
 - ٤ - يحتاج إلى تنقية كيميائية كل عام .
 - ٥ - يمكنه ترشيح المياه عالية العكارة .
 - ٦ - يستخدم طلمبة واحدة فقط لكل مراحل هذه العملية .
 - ٧ - سهل التركيب والصيانة .
 - ٨ - يعمل في كل من المياه السطحية والآبار .
 - ٩ - تصلح المياه الخارجة في صناعات مواد التجميل والأدوية والصناعات الغذائية والمشروبات .
- مقارنة بين الترشيح التقليدي والترشيح بواسطة أيكو سكيد - شكل (٤١) .



شكل (٤١)

مقارنة بين الترشيح التقليدي والترشيح باستخدام أيكو سكيد

طريقة العمل :

- ١ - يتم عمل ترويق مبدئي لإزالة الجزيئات والمواد الكبيرة و لتخفيف الحمل والحفاظ علي المرشح ويكون الترويق حتي ١٠٠ ميكرون للحفاظ علي الجهاز .

٢ - يتم ضخ المياه عن طريق مضخة إلى منطقة الأغشية Porous And Hollow Fiber حيث يتم الترشيح الكامل للمياه .

٣ - تخرج المياه من منطقة الأغشية إلى خزان المياه المعالجة حيث يتم تعقيمه .

٤ - تنقل المياه النقية إلى التوزيع .

٢ - المرشح التراسورس :

شكل (٤٢) .

ألترا سورس ULTRASOURCE



 **Degrémont Technologies**
svez

شكل (٤٢)

جهاز مدمج لعملية الترشيح الفائق بواسطة الأغشية

وصف الجهاز :

التراسورس جهاز مدمج أتماتيكي ، يستطيع ترشيح من ٣ - ١٣ متر مكعب / ساعة من مياه الآبار أو المياه السطحية . وهو يزيل البكتيريا والعكارة والطحالب والفيروسات الموجودة بالماء من خلال مرورها خلال غشاء من أسيتات

السليولوز الثلاثية (Tri Acetate Cellulose) الذي يعمل مثل الفلتر . تتجمع المياه وتتجه إلى خزان المياه المنقاه .

المميزات :

- ١ - تصلح المياه الفائقة الترشيح والتعقيم والنقاوة في صناعات المشروبات والأغذية و الأدوية ومستحضرات التجميل .
- ٢ - يعمل أتوماتيكيا ، سهل التركيب والصيانة و قليل الاستهلاك الكهربائي .
- ٣ - يصلح للمجمعات الصغيرة والمنتجات . كما يصلح في أوقات الطوارئ .

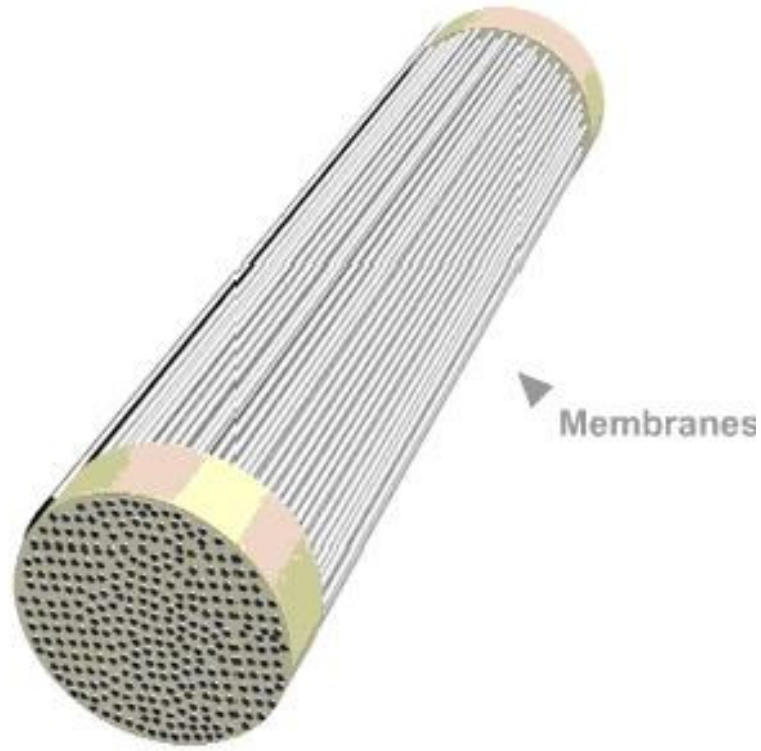
طريقة العمل :

تدخل المياه خلال الغشاء المسامي حيث تقوم جدران الغشاء بعمل ترشيح وتعقيم جيد للمياه لجميع الأشياء أكبر من ٠.١ ميكرون مثل البكتيريا والفيروسات والكانات الممرضة . تكون المياه الخارجة تامة الترشيح ومعقمة . للغسيل العكسي ، تدخل المياه إلى الغشاء من الخارج إلى الداخل تحت ضغط . يقوم الغسيل العكسي بإزالة التراكبات من الجزيئات والطحالب ٠٠٠٠ ويزيلها كي يستعيد الغشاء كفاءته . لحماية غشاء الترشيح ، يتم إجراء ترشيح مبدئي للمياه قبل دخولها إلى الغشاء - شكل (٤٣) .



شكل (٤٣)

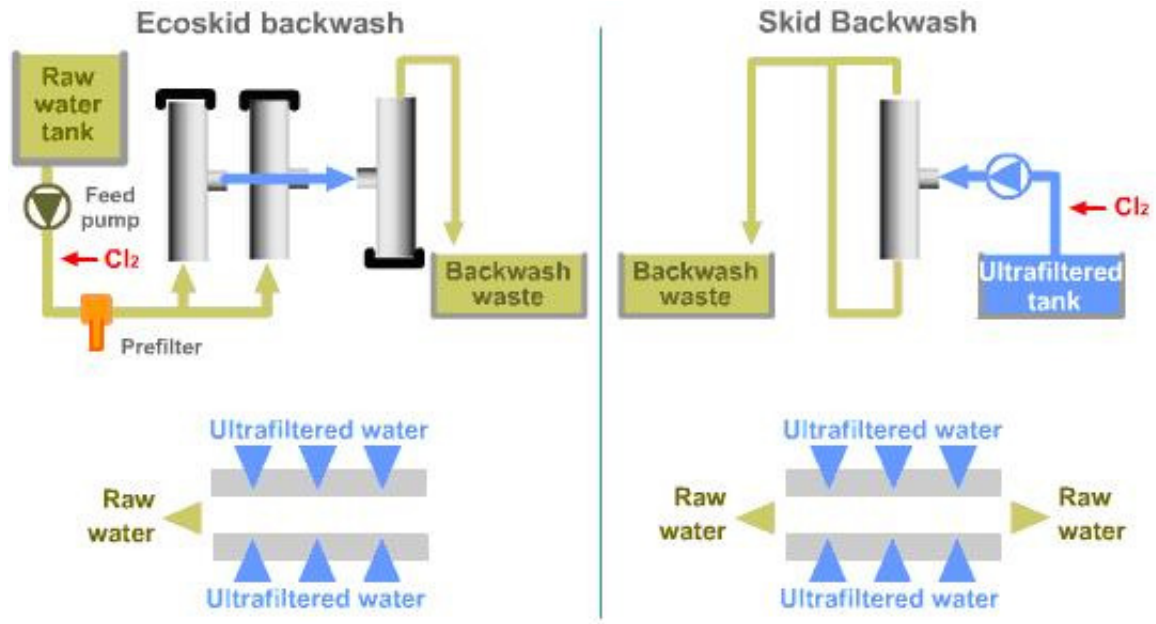
تفاصيل عملية الترشيح



شكل (٤٣)
غشاء الترشيح أكواسورس



شكل (٤٣)
غشاء الترشيح والتعقيم في جهاز أكواسورس للترشيح الفائق



شكل (٤٣)

الترشيح لمياه شديدة العكارة

الترشيح العادي والترشيح مع نهاية مسدودة - مع وجود مواد معلقة بسيطة جدا

٣ - مرشحات المياه خلال غطاء طبقة الحمأة : Sludge Blanket Clarifiers

أ - المرشح النابض Pulsator

يعتبر هذا النوع من أحدث وأكفأ المرشحات التي تعمل علي ترشيح المياه - شكل (٤٤) .

مميزات المرشح النابض :

- ١ - له القدرة علي إزالة اللون و العكارة من المياه .
- ٢ - له القدرة علي التعامل مع أي نوع من المياه السطحية .
- ٣ - هذا المرشح أكثر فاعلية و أنتاجا للمياه النظيفة و التي تلائم الصناعات التي تتطلب مياه علي درجة عالية من النقاوة مثل صناعة المنسوجات و البتروكيماويات و الورق .
- ٤ - له مرونة فائقة وسهولة في التشغيل .
- ٥ - فاقد بسيط في ضاغط المياه .

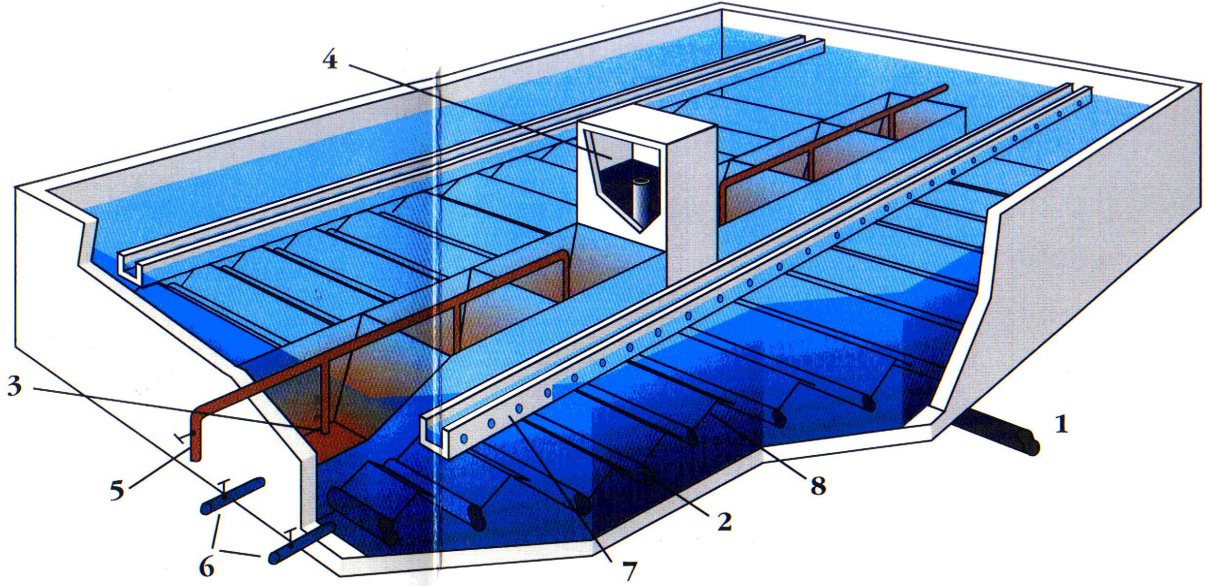
وصف المرشح :

يعتمد هذا المرشح علي تكون طبقة من الحمأة Sludge Blanket تساعد علي أتمام الترشيح . هو عبارة عن خزان ذو قاع منبسط ، ينشأ من الخرسانة أو الصلب . يمكن أن يأخذ الشكل الدائري أو المربع أو المستطيل للاستفادة القصوي من موقع الإنشاء- شكل (٤٤) .

توجد مواسير مثقبة علي أرضية الخزان لتغذية الحوض بالمياه علي كامل مسطح الحوض ، وهو نوعان :

- ١ - المرشح النابض .

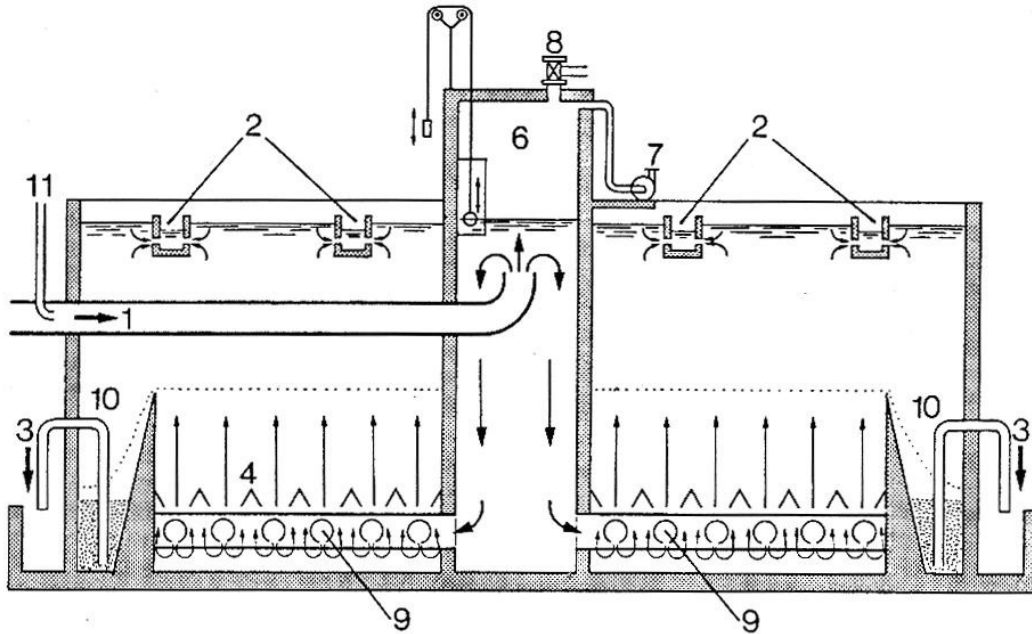
٢ - المرشح النابض ذو الألواح .



- | | | |
|-------------------------------|------------------|-------------------------|
| ١ - مدخل المياه الخام | ٤ - غرفة التفريغ | ٧ - خروج المياه المنقاة |
| ٢ - مواسير توزيع المياه الخام | ٥ - خروج الرواسب | ٨ - ألواح الترسيب |
| ٣ - تركيز الرواسب | ٦ - مصرف | |

شكل (٤٤)

منظور لإيضاح أجزاء المرشح النابض وطريقة عمله

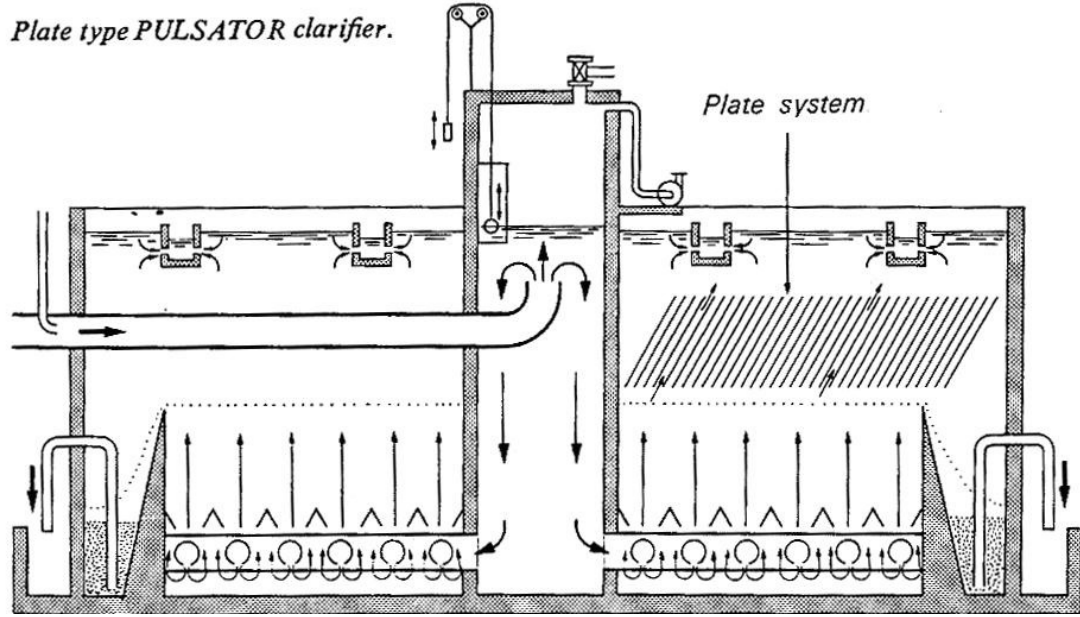


- | | |
|----------------------------|--|
| 1. Raw water inlet. | 8. Automatic vacuum-breaker. |
| 2. Clarified water outlet. | 9. Raw water perforated distribution piping. |
| 3. Sludge discharge. | 10. Sludge concentrators. |
| 4. Stilling plates. | 11. Reagent inlet. |
| 6. Vacuum chamber. | |
| 7. Vacuum pump. | |

شكل (٤٤)

المروق النابض ذو الألواح الهرمية

Plate type PULSATOR clarifier.



شكل (٤٤)

المرشح النابض ذو الألواح الهرمية والألواح المستقيمة المائلة

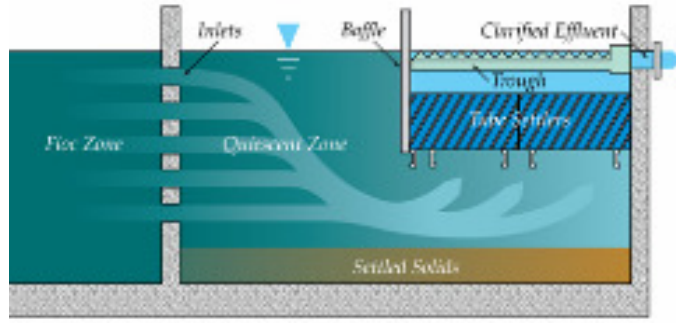


 Degremont

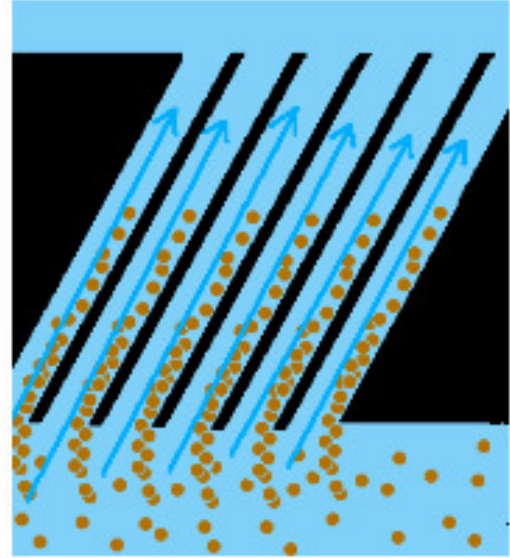
شكل (٤٤)

منظور للمروقات النابضة

يزود الخزان بغرفة تفريغ علي قمته و في منتصفه من الحديد أو الفبيرجلاس أو الخرسانة ، مركب علي هذه الغرفة ظلمبة تفريغ و أخرى احتياطية ، كما يوجد صمام للتحكم في الملء و التفريغ للغرفة .
تنشأ مواسير علي الأرضية موزعة للمياه أسفل الحوض من الأسبستوس أو الفبيرجلاس - هذه المواسير مغطاة بشرايح معدنية Baffles تصنع من مواد مقاومة للصدأ، كما توجد قنوات علوية مثقبة لتجميع المياه المرشحة .



Clarifier with Tube



Clarifier with Plate Settler

شكل (٤٤)

المروقات النابضة العاملة بالمواسير المائلة و الألواح المائلة

طريقة التشغيل :

١ - تدخل المياه مختلطة بالمروقات في ماسورة تتجه إلى منتصف الحوض . يتم تشغيل طلمبة في غرفة التفريغ Vacuum Chamber فتسحب المياه و ترتفع داخلها إلى منسوب محدد تخترق طبقة الحماية المتكونة التي تساعد في عملية التنقية ، يتم ضبط منسوب المياه بواسطة تشغيل صمام مركب أعلي الغرفة بالفتح أو الغلق يعمل بجهاز حساس Level Sensor . عند فتح الصمام يعود الضغط الجوي إلى طبيعته فتهبط المياه علي الألواح الهرمية ثم إلى المواسير السفلية و تتخلل أسفل المرشح إلى أعلي .

٢ - يتدفق خليط المياه مع المواد المروبة من القاع مخترقا الطبقة الجيلاتينية بسرعة ٦ متر / ساعة و يتم حجز المواد العالقة و الغروية الموجودة بالمياه علي هذه الطبقة بينما يتجه المياه المرشحة خلال القنوات إلى خزانات التعقيم . وعندما يصل منسوب المياه عند أوطي نقطة له ولا يكون هناك ضاغط مائي، تنغلق فتحة الهواء بواسطة الجهاز الحساس و تقوم طلمبة التفريغ بالعمل و شفط الهواء من داخل الغرفة إلى الخارج و يعود منسوب المياه إلى الارتفاع . و انخفاض و ارتفاع المياه داخل غرفة التفريغ هو الذي أدى إلى تسمية هذا المرشح بالمروق النابض . تستغرق هذه العملية Pulsation Cycle من ٤٠ - ٥٠ ثانية .

٣ - يتم تجميع المياه المرشحة الخارجة من الطبقة الهلامية عن طريق قنوات مثقبة مجمعة و متراسة بعرض المرشح تنقل المياه إلى الخزان الأرضي .

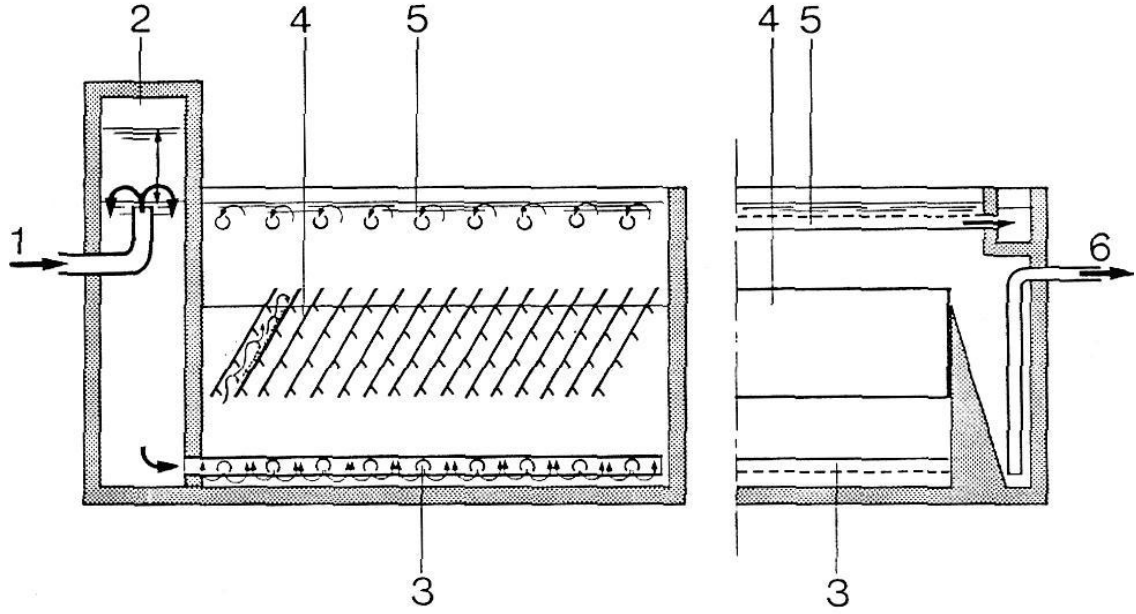
٤ - تزداد سماكة الطبقة الجيلاتينية المتكونة في أسفل المرشح بزيادة المواد العالقة و الغروية التي التصقت بها و كذلك المواد المروبة المستخدمة مع الماء . و يجب التخلص من الزيادة في هذه الطبقة عن طريق مجري تفيض فيها الرواسب و تنصرف إلى الخارج ليكون هناك سمك ثابت للطبقة الجيلاتينية اللازمة لعملية الترشيح .

ب - المرشح النابض الفائق Super Pulsator :

وهو مماثل للمرشح النابض السابق ذكره إلا أنه متطور أكثر ، فهو مصمم علي أساس تقليل زمن التشغيل اليدوي بالإضافة إلي أن عملية التنظيف تتم أوتوماتيكيا - شكل (٤٥) .

طريقة التشغيل :

- ١ - تدخل المياه إلي غرفة من جانب الحوض ، ثم إلي أسفل وتتجمع في المواسير .
- ٢ - بفعل النبضات نتيجة تفريغ الهواء ترتفع المياه لأعلي علي كامل المسطح وتمر خلال الألواح المائلة حيث ترسب أي جزيئات بينما ترتفع المياه المرشحة إلي أعلي و تتجمع في المواسير المثقبة إلي خارج الحوض .
- ٣ - تخرج الحمأة من الحوض من خلال ماسورة إلي الخارج .

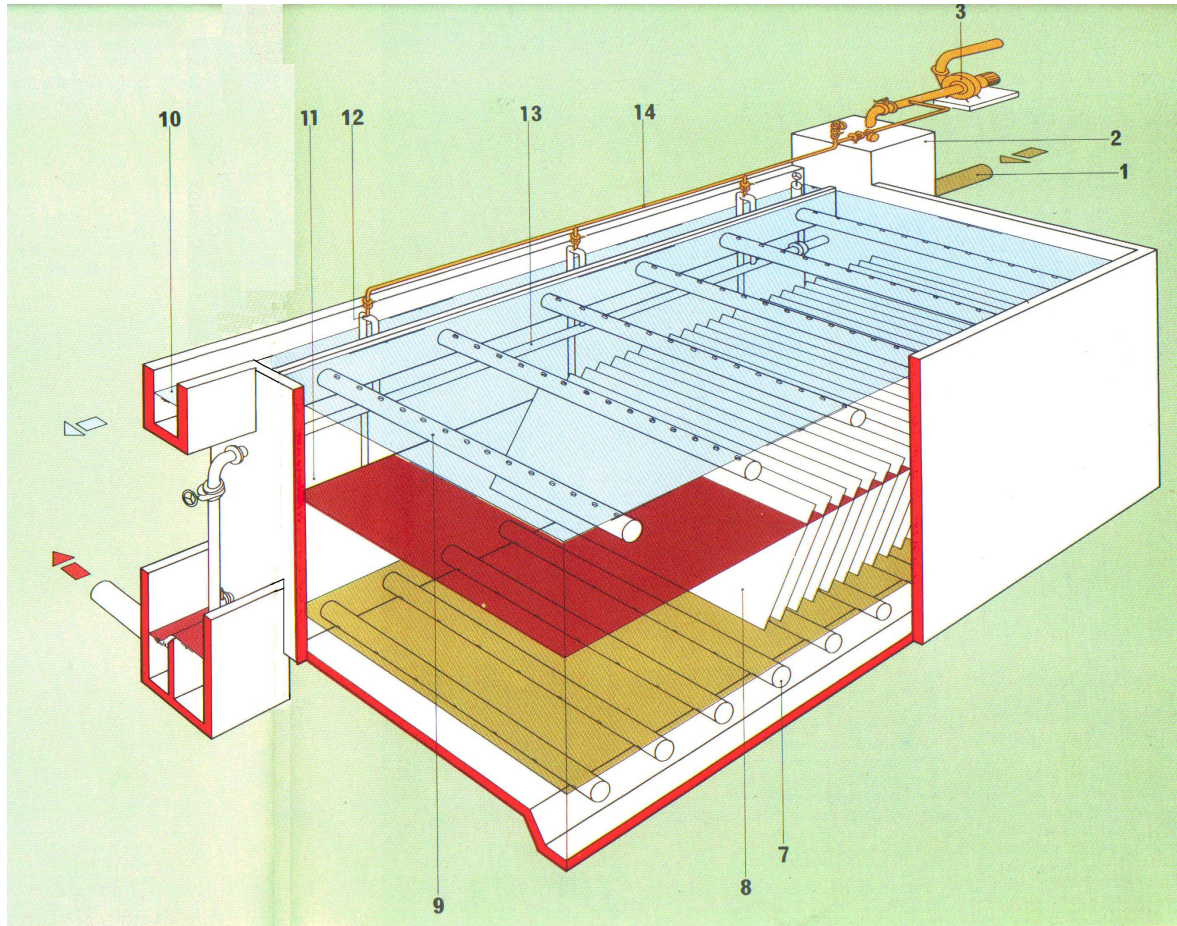


- | | |
|---|---|
| 1. Raw water inlet. | 5. Perforated pipes for clarified water collection. |
| 2. Vacuum chamber. | |
| 3. Perforated pipes for water distribution. | 6. Sludge discharge. |
| 4. Plate system. | |

The SUPERPULSATOR clarifier.

شكل (٤٥)

المرووق النابض الفائق ذو الألواح المستقيمة المائلة



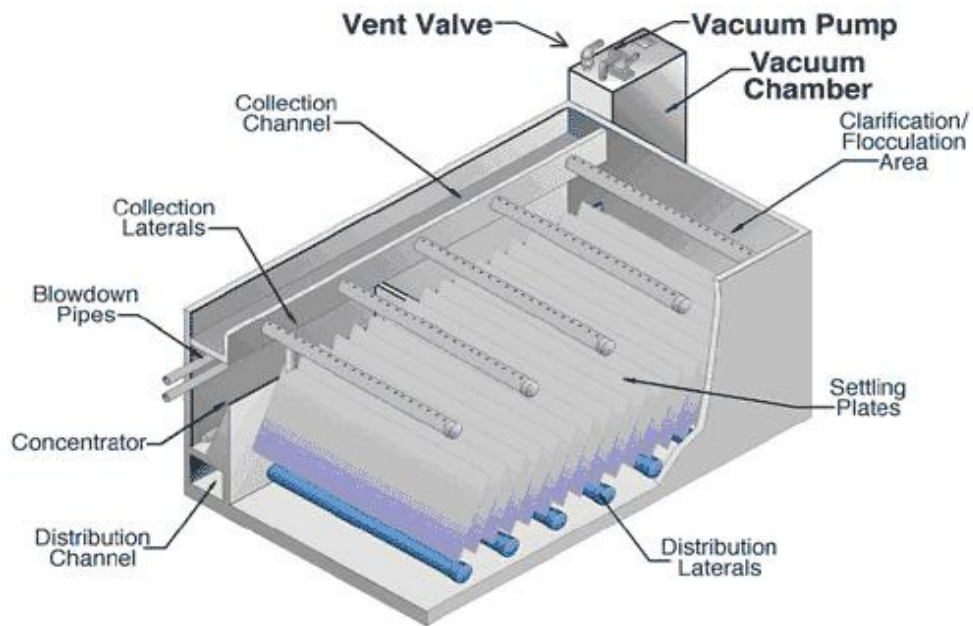
- ١ - مدخل المياه
٢ - غرفة تفريغ الهواء
٣ - مروحة هواء
٧ - مواسير التوزيع المثقبة
٨ - ألواح
٩ - مواسير مثقبة لتجميع المياه
١٠ - قناة المخرج للمياه المنقاة
١١ - مكثف الرواسب
١٢ - سيفون خروج الحمأة
١٣ - الماسورة الرئيسية لخروج الرواسب
١٤ - مواسير التفريغ

شكل (٤٥)

منظور توضيحي للمرشح النابض الفائق

تفاصيل عملية الترشيح :

- ١ - مدخل المياه المروية Raw Water Inlet بواسطة جهاز الخلط السريع إلى غرفة الشفط Vacuum Chamber .
- ٢ - التوزيع Distribution : تكون المياه عند قاع غرفة الشفط ، يفتح إلى قناة حيث يتوزع الماء على عدد من المواسير المثقبة بانتظام
- ٣ - ألواح الترسيب Settling Plates : تساعد هذه الألواح على الترسيب ، تتجه الحمأة المتكونة إلى الخارج .
- ٤ - إزالة الحمأة Sludge Removal : يتجه الماء إلى أعلى بواسطة ألواح فيبر جلاس مائلة - تحتجز طبقة من الحمأة Sludge Blanket بسمك ١٠ قدم بين سطح الحوض و الألواح المائلة . الرواسب الخفيفة تطفو على السطح .
- ٥ - تجميع المياه Collection : تتجمع المياه بانتظام في المواسير المثقبة وتصب هذه المواسير في قناة مخرج المياه المنقاة .
- ٦ - عملية النبضات Pulsing Action : تعتبر هذه العملية أساس عمل الحوض مع ظلمة التفريغ .



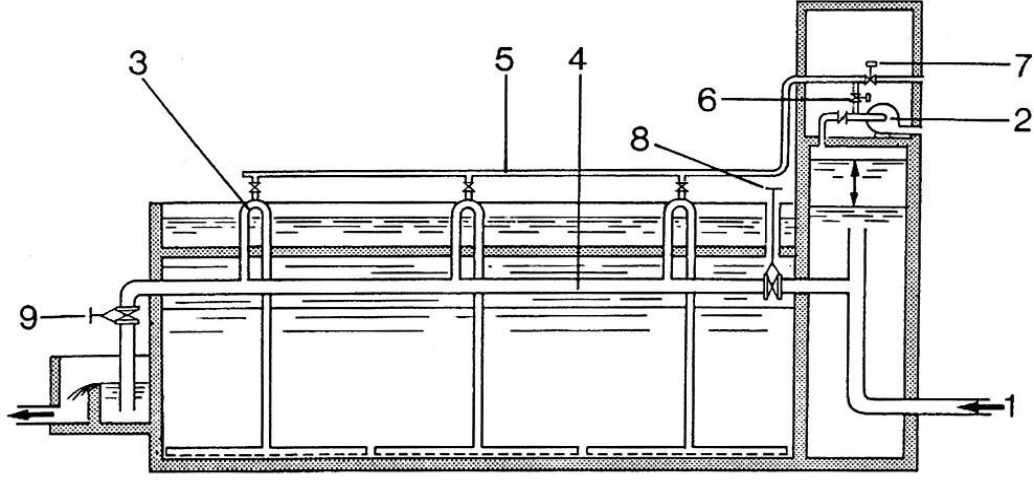
 **Degrémont Technologies**
SVEZ



شكل (٤٥)

المروق النابض الفائق Super pulsator clarification

نظام خروج الحمأة من المروق :



- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Raw water inlet. | 5. Siphon negative pressure piping. |
| 2. Vacuum pump. | 6. Solenoid valve. |
| 3. Sludge discharge by siphon. | 7. Vent pipe. |
| 4. Main sludge discharge pipe. | 8-9. Valves for automatic floor cleaning. |

Sludge extraction system using siphons for the PULSATOR and SUPER-PULSATOR clarifiers.

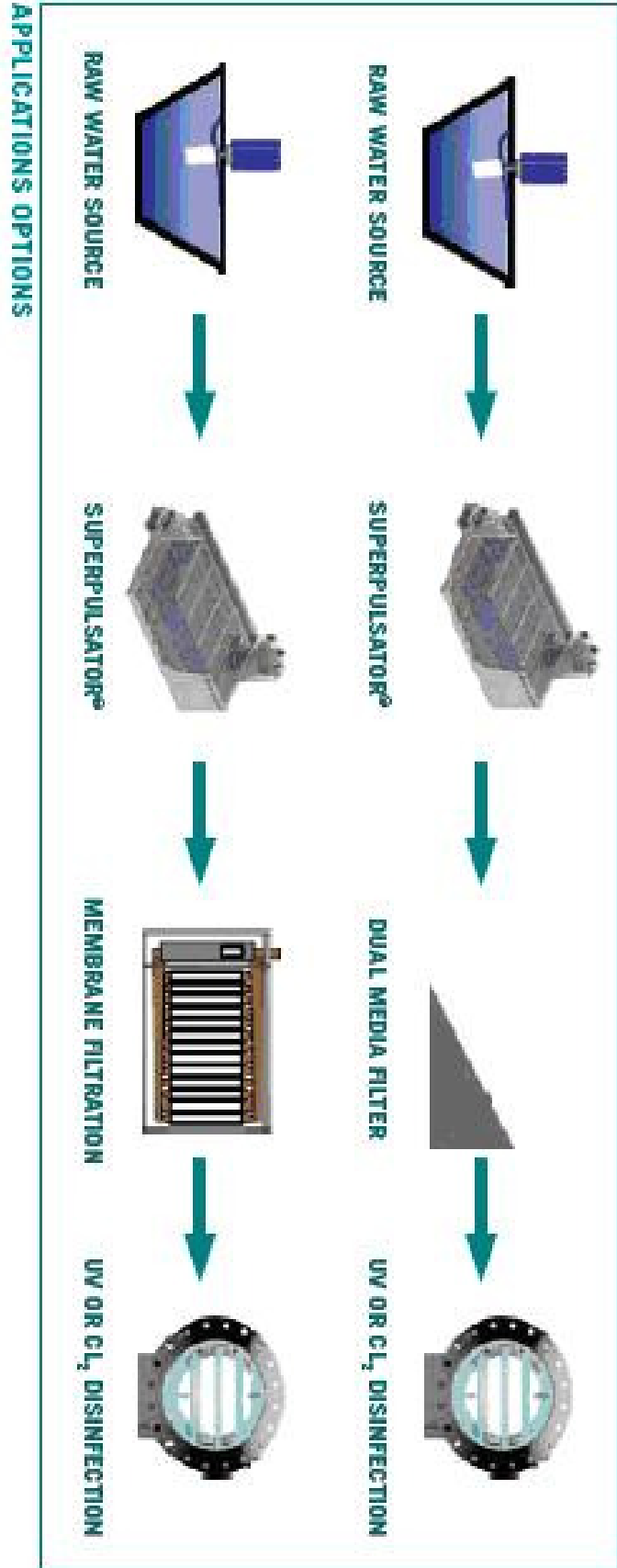
نظام التنظيف التلقائي بإخراج الحمأة من المرشح باستخدام السيفون في المرشح النابض والمرشح النابض الفائق

كيف يعمل المرشح الفائق النابض :

- ١ - تأتي المياه من خزان الخط السريع إلى غرفة الشفط في المروق النابض الفائق .
 - ٢ - تتجه المياه بعد ذلك إلى قناة التوزيع ثم إلى تتدفق إلى عدة فروع .
 - ٣ - عند عملية الترسيب تتجه الحمأة إلى ماسورة الحمأة ثم يتم التخلص من الحمأة بالجاذبية إلى بيرة الحمأة .
 - ٤ - الماء المروب يصعد إلى أعلى ويتم توجيهه بواسطة ألواح مانلة من الفيبر جلاس و يتجمع في مواسير مثقبة مغمورة عند سطح الماء أعلى المروق . تتكون طبقة من الحمأة تحتجز على الأرضية تزيد من كفاءة التنقية .
- مخطط المعالجة باستخدام المروق النابض الفائق - شكل (٤٦) .

مميزات المرووق الفائق النابض :

- له فاعلية قصوي في عملية الترويق .
- المياه الخارجة إلي المرشحات ذات جودة عالية .
- يجمع بين الترويب والترويق في حوض واحد .
- يزيل الألوان من المياه .
- يحتاج إلي طاقة كهربائية و صيانة بسيطة و تشغيل سهل .
- قادر علي إضافة مواسير للترسيب إضافية لزيادة طاقة المرووق .
- قادر علي ترويق مياه بدرجة عكارة من صفر إلي ٢٠٠٠ (NTU) .
- إزالة ٦٠ % من TOC .
- نسبة الترويق حتي ١ - ٢ NTU .
- عرض الألواح المائلة حتي ٢٠ قدم .
- ارتفاع المرووق = ١٦ - ١٨ قدم
- معدل التحميل ٢ - ٤ جالون / دقيقة / قدم ٢ .
- يناسب أي موقع للإنشاء .



شكل (٤٦)

مخطط المرووق النابض الفائق - تطبيقات متنوعة

إزالة العسر من المياه السطحية :

تعتبر المياه عسره في حالة صعوبة رغوة الصابون علي الأيدي . وهناك عناصر تسبب هذا العسر في المياه هي :

- بيكربونات الكالسيوم .
- بيكربونات المغنسيوم .
- كبريتات الكالسيوم .
- كبريتات المغنسيوم .

وهذا غير مستحب وغير مستساغ للأفراد وضار أيضا للملابس والغلايات . . .

تتلخص عملية نزع المركبات المسببة للعسر في الخطوات التالية :

- ١ - إضافة مركبات كيماوية للمياه .
- ٢ - خلط المياه بالكيماويات .
- ٣ - الترسيب .
- ٤ - الكربنة - حالة استخدام الجير (كربونات الكالسيوم) .
- ٥ - الترشيح .

وهناك طرق عديدة للتخلص من عسر الماء وهي :

- ١ - إضافة كربونات الصوديوم والجير Lime And Soda Ash Process .
- ٢ - أستعمال الزيوليت .
- ٣ - أستعمال الزيوليت والجير Lime & Ziolute Process .

١ - إزالة العسر من المياه باستخدام طريقة إضافة كربونات الصوديوم والجير Lime And Soda

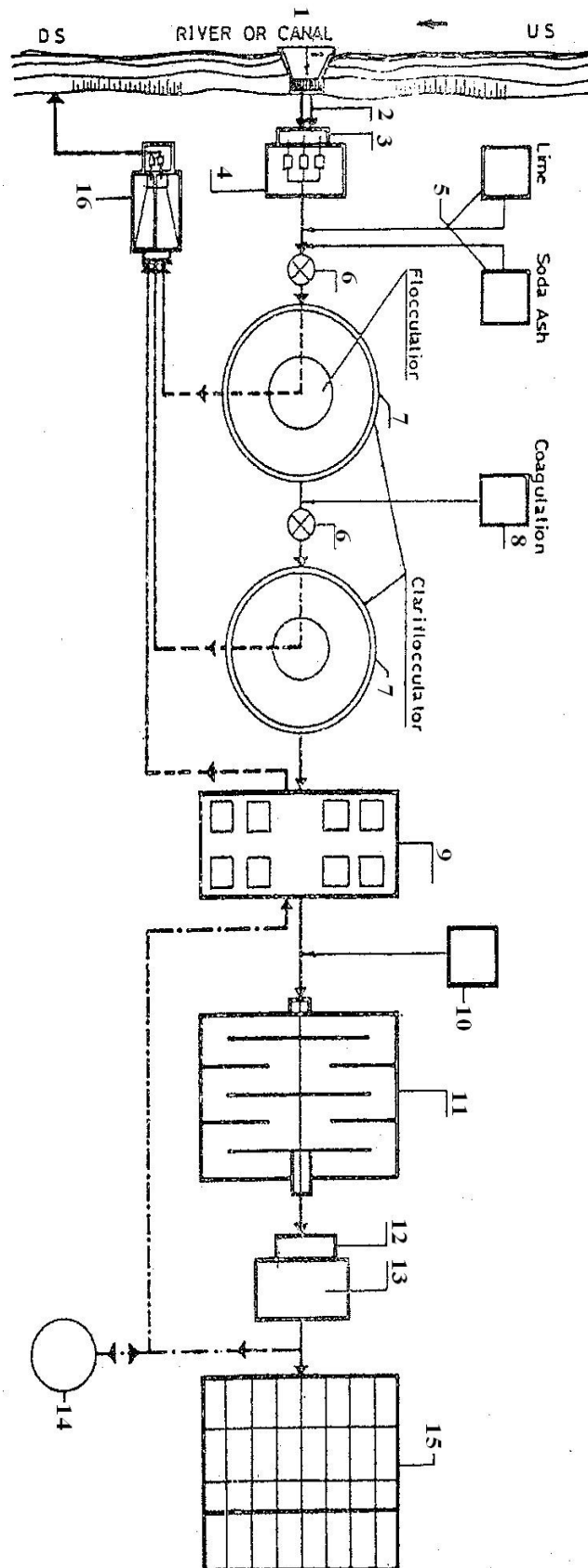
: Ash Process

مخطط التنقية للمياه السطحية والتي بها عسر - شكل (٤٧) .

في هذه الطريقة ، يضاف كل من الجير وكربونات الصوديوم (رماد الصودا) إلي الماء . يقوم الجير بإزالة العسر الناتج عن بيكربونات الكالسيوم وبيكربونات المغنسيوم ، كما تقوم كربونات الصوديوم بإزالة العسر الناتج من كبريتات الكالسيوم . تقوم كربونات الصوديوم مع الجير بإزالة العسر الناتج عن كبريتات المغنسيوم . ويضاف كل من كربونات الصوديوم مع الجير بعد تحديد الجرعات اللازمة للمعالجة بواسطة أجهزة مماثلة لأجهزة إضافة الشبة إلي الماء .

وتضاف الشبة (بعد خلط الجير وكربونات الصوديوم إلي الماء) لترسيب كربونات الكالسيوم الناتج عن التفاعل وكذلك العوالق في المياه . تستمر طريقة المعالجة بالخطوات المعروفة . تنتج هذه الطريقة ماء مستساغا ولكن به بعض العسر المقبول .

- 1 - Intake
- 2 - Conduit Intake
- 3 - Sump of Low Lift Pump
- 4 - Low Lift Pump
- 5 - Chemical Feeding (Lime & Soda Ash)
- 6 - Flash Mixing
- 7 - Clariflocculator
- 8 - Chemical Feeding (Coagulation)
- 9 - Filtration
- 10 - Distribution
- 11 - Ground Reservoir
- 12 - Sump of High Lift Pump
- 13 - High Lift Pumps
- 14 - Elevated Tank
- 15 - Net Work
- 16 - Sludge Tank



شكل (٤٧)

مخطط التنقية للمياه السطحية باستخدام الجير - رماد الصودا

٢ – استعمال الزيوليت في إزالة عسر الماء :

مادة الزيوليت هي سيلكات صوديوم و ألومنيوم Na Al Si O_4 ، عند مرور الماء العسر خلال طبقة الزيوليت ، يحدث تفاعل تبادلي بين عنصري الكالسيوم والمغنسيوم من جهة وعنصر الصوديوم الموجود في الزيوليت من جهة أخرى . تتكون مادة زيوليت الكالسيوم والمغنسيوم الذي لا يذوب في الماء بينما تذوب كبريتات الصوديوم التي لا تسبب عسر الماء وتخرج معه .

يستمر التفاعل إلي أن يتحول كل زيوليت الصوديوم إلي زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم حسب المعادلة التالية :

زيوليت الصوديوم + كبريتات الكالسيوم $\longleftrightarrow$ كبريتات الصوديوم + زيوليت الكالسيوم – شكل (٤٨) .

-
- The diagram illustrates a water treatment process. At the top, a horizontal line represents a water source. A vertical pipe (1) leads down to a valve (2). Below the valve is a rectangular unit (3) containing three small circles. This unit is connected to a larger rectangular unit (4) which also contains three small circles. A dashed line (16) connects unit 4 to a pair of rectangular boxes (5). A solid line (6) leads from unit 4 to a circular component (20) with a '+' sign. Below this is a large circular tank (7) with concentric circles (18) and a diagonal line (17) across it. A solid line (8) leads from the tank to a rectangular unit containing six small squares. Below this is a rectangular unit (9) with a solid line and a dashed line entering it. To the right of unit 9 are two rectangular boxes (19 and 10). A solid line (11) leads from unit 9 to a rectangular unit containing five horizontal lines. Below this is a rectangular unit (12) containing three small circles. A solid line (13) leads from unit 12 to a large rectangular grid (15). A dashed line (14) leads from the grid back to the circular component (20). A solid line (17) also leads from the grid back to the circular component (20).

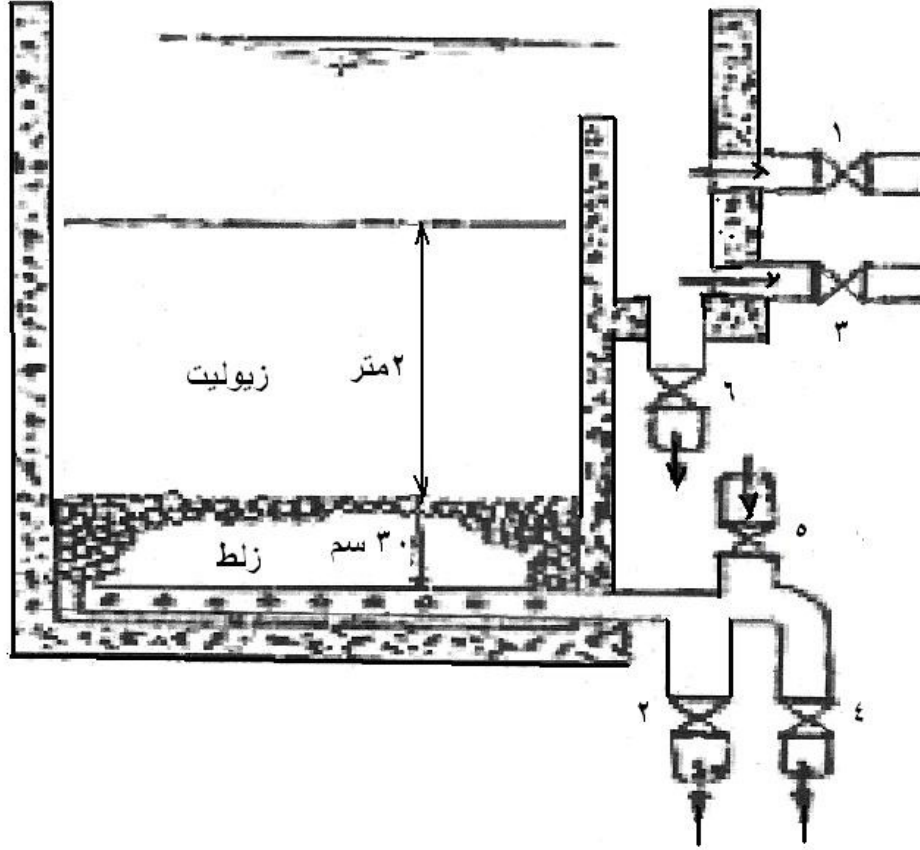
مخطط المعالجة لمحطة تنقية مياه السطحية باستخدام المرشح الرملي السريع + الزيوليت

طريقة التشغيل :

يمر الماء في مرشح (يشبه مرشح الرمل السريع) ويعمل في أجهزة تعمل بالجاذبية أو بالضغط :

أ - جهاز يعمل بالجاذبية Gravity :

وهو خزان من من الخرسانة أو الصلب ، يوجد علي قاع الحوض شبكة من المواسير المثقبة لصرف المياه من المرشح ، تعلو هذه الشبكة طبقة من الزلط بارتفاع ٣٠ سم ثم طبقة الزيوليت بارتفاع ٢ متر - شكل (٤٩) .

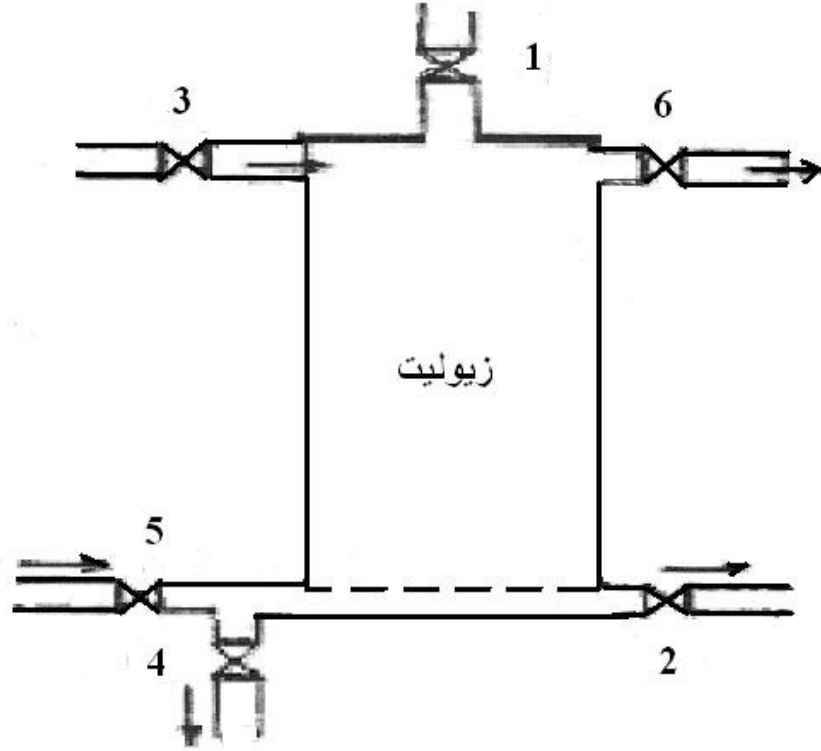


شكل (٤٩)

مرشح الزيوليت - يعمل بالجاذبية

ب - مرشح الضغط :

يتكون من أسطوانة رأسية أو أفقية محكمة في قاعها شبكة مواسير لصرف المياه ، يعلوها طبقة الزلط ثم طبقة الزيوليت - شكل (٥٠) .



شكل (٥٠)

مرشح الزيوليت - يعمل بالضغط

خطوات الترشيح :

- ١ - تدخل المياه من الصمام (١) فتمر خلال حبيبات زيوليت الصوديوم فيتم التفاعل السابق ذكره .
- ٢ - تخترق المياه طبقة الزلط وتصل إلي مواسير الصرف .
- ٣ - تخرج المياه المنقاة إلي خارج المرشح خلال الصمام رقم (٢) .

عملية التنشيط : Regeneration :

يمكن إعادة زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم إلي زيوليت الصوديوم ثانية وذلك بتمرير محلول ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) في مسام حبيبات زيوليت الكالسيوم أو المغنسيوم فيحدث تفاعل تبادلي ينتج عنه زيوليت الصوديوم الذي يبقى علي شكل حبيبات بينما يذوب كلوريد الكالسيوم أو كلوريد المغنسيوم في الماء ويخرج معه .

بعد تحول حبيبات زيوليت الصوديوم إلي حبيبات من زيوليت الكالسيوم ، يتم وقف تشغيل المرشح ويقفل الصمام (١) ، (٢) ثم تفتح الصمامات (٣) ، (٤) ليدخل محلول كلورور الصوديوم ويتم التفاعل السابق ذكره وتتحول الحبيبات إلي زيوليت الصوديوم مرة أخرى .

عملية الغسيل : Washing :

الغرض من عملية الغسيل هو إزالة آثار كلورور الصوديوم من علي جدران المرشح وشبكة الصرف وحبيبات الزلط وزيوليت الصوديوم وألا حوت المياه المنقاة الخارجة علي طعم غير مستساغ .

يفتح الصمام (٥) فتندفع المياه إلى أعلي فتغسل حبيبات الزيوليت مما يساعد علي إزالة آثار كلورور الصوديوم و إزالة ما قد يعلق من شوائب في المسام وتخرج المياه من الصمام (٦) .

مزايا هذه الطريقة :

- ١ - تشغل حيز أقل من طريقة الجير وكربونات الصوديوم .
- ٢ - تزيل كل العسر ، مما يجعلها مرغوبة في بعض الصناعات .
- ٣ - لا ينشأ عنها أي رواسب .
- ٤ - سريعة الإنتاج - لا تحتاج إلي تقليب وترسيب .
- ٥ - تناسب العمليات الصغيرة .

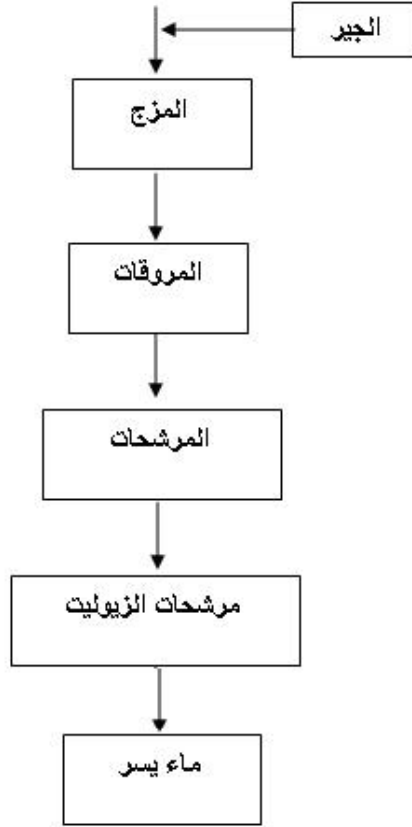
عيوب هذه الطريقة :

- ١ - طعم المياه غير مستساغ للشرب، ولذلك يسمح بخلط نسبة من الماء العسر علي المياه المنقاة .
- ٢ - تسبب المياه بعد إزالة عسرها تآكلا في المواسير الحديدية .

٣ - أستعمال الزيوليت والجير Lime & Ziolute Process :

الغرض من أستعمال الجير مع الزيوليت هو الأقتصاد في تكاليف توريد مادة الزيوليت باستعمال الجير لإزالة العسر الناتج عن أملاح الكربونات والبيكربونات ثم استعمال الزيوليت لإزالة العسر الناتج من أملاح الكبريتات ، أي أن الزيوليت يحل محل كربونات الصوديوم .

مخطط سير المياه في عمليات الجير والزيوليت - شكل (٥١) .



شكل (٥١)

مخطط سير المياه في عمليات تنقية المياه بطريقة الجير والزيوليت

تاسعا : عملية التعقيم Disinfection :

يعتبر التعقيم من أهم مراحل تنقية مياه الشرب حيث يتم القضاء على البكتيريا و الميكروبات الضارة بالإنسان و الحيوان.

الغرض من التعقيم :

- ١ - التخلص من باقي البكتيريا الضارة .
- ٢ - إعطاء جرعة إضافية من الكلور يمكن أن تصل إلى نهايات الخطوط في الشبكة و تقضي على أي تلوث .

طرق تعقيم مياه الشرب :

- أولا : التعقيم بالكلور .
- ثانيا : التعقيم بالأوزون .
- ثالثا : التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية .
- رابعا : التعقيم بإضافة برمنجنات البوتاسيوم .

أولا : التعقيم بالكلور :

و هو من أهم طرق التعقيم وأكثرها انتشارا نظرا لسهولة إنتاجه و تكلفته البسيطة بالقياس إلي طرق التعقيم الأخرى .
و تتحدد جرعه الكلور المضافة للمياه بحيث تكون هناك نسبة من الكلور المتبقي في نهاية شبكة مواسير المياه . و
يفضل أن يكون هناك كلور متبقي مقداره ٠.٢ - ٠.٥ ملجم / لتر بعد فتره تلامس **Contact Time** تساوي ٢٠ - ٣٠ دقيقة.

كما يزيل الكلور مواد مثل المنجنيز، والحديد، وكبريتيد الهيدروجين ، التي يمكن أن تفسد مذاق المياه.
والكلور يمكن أن يكون في صورة غازية أو سائلة في حاويات مضغوطة أو بودرة هيبوكلوريت الكالسيوم الذي يذوب بسهولة في الماء.

العوامل المؤدية إلى تعقيم جيد :

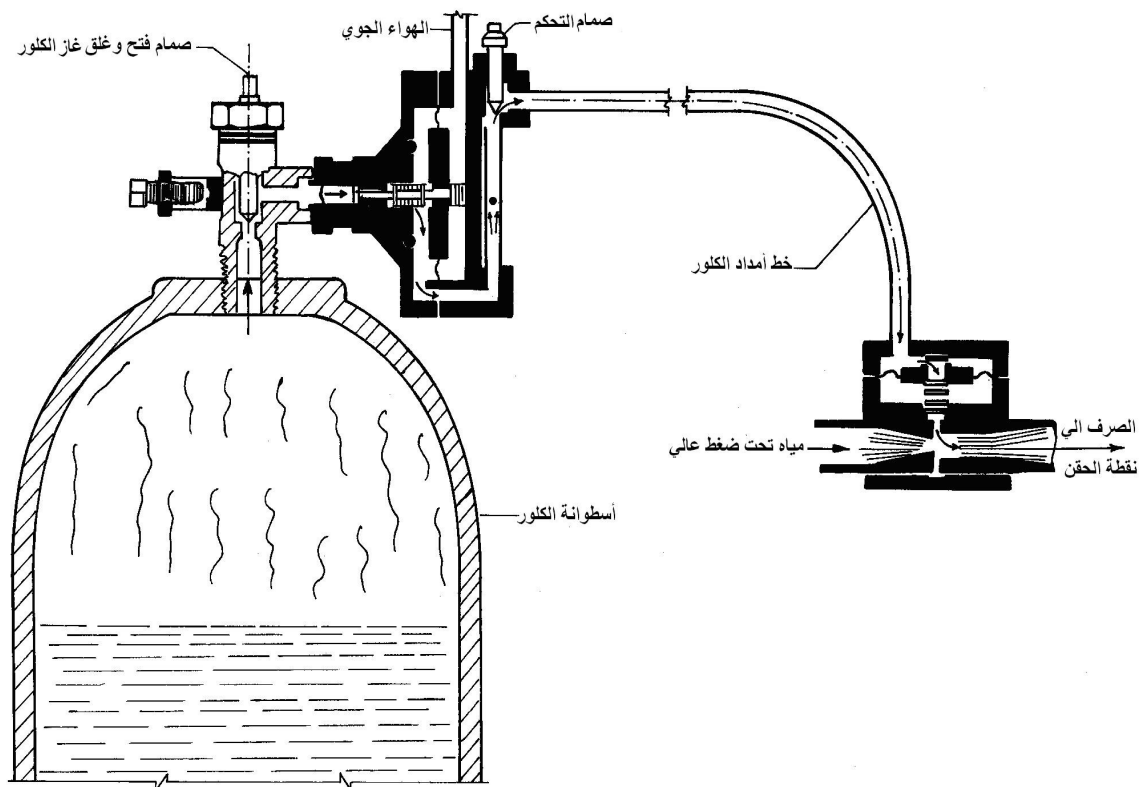
- ١ - التركيز **Concentration** .
- ٢ - الرقم الأيدروجيني منخفض **Low pH Value** .
- ٣ - فترة تلامس مناسبة (٢٠ - ٣٠) دقيقة .
- ٤ - عكارة بسيطة في المياه **Low Turbidity** .
- ٥ - كلور متبقي **Residual Chlorine** بنسبة معقولة .
- ٦ - درجة الحرارة : تقل جرعة الكلور بارتفاع درجة الحرارة .
- ٧ - وجود المركبات الأزوتية في الماء : وجود هذه المركبات - خاصة الأمونيا - يحتاج إلي كميات أكبر من الكلور فضلا عن فترة تلامس أطول .
- ٨ - وجود مركبات الحديد و المنجنيز في الماء : تحد وجود هذه المركبات من فاعلية الكلور حيث تستهلك كميات أكبر من الكلور لأكسدة هذه العناصر و التخلص منها .

طريقة إضافة الكلور :

يضاف الكلور إلي الماء علي هيئة غاز أو محلول أو مسحوق لأحد مركباته . و تعتبر إضافة الكلور إلي الماء علي هيئة غاز أفضل الطرق يليها أضافته إلي الماء علي هيئة سائل .

أماكن إضافة الكلور في محطة التنقية :

- يمكن إضافة الكلور في محطة التنقية في أكثر من مكان تبعا لصفات الماء المعالج علي النحو الآتي :
- ١ - حقن الكلور قبل المرشحات أو قبل أحواض الترسيب : تتميز هذه الطريقة بالآتي :
 - * تخفيض تعداد البكتيريا في الماء قبل وصولها إلي المرشح مما يخفف الحمل البكتيري علي المرشح .
 - * إزالة نسبة عالية من الطحالب الضارة بعملية الترشيح .
 - * كفاءة عالية في إزالة اللون و الرائحة من المياه .
 - * نقص كميات المواد المروية إذا أضيف الكلور قبل أحواض الترويب .
 - ٢ - إضافة الكلور في مدخل خزان المياه النقية ، هي الطريقة الأكثر شيوعا .
 - ٣ - إضافة الكلور في أكثر من موقع : تتبع هذه الطريقة في حالة وجود تلوث بكتيري شديد . كما يضاف إلي مخارج خزانات المياه الرائقة في حالة إنشاء هذه الخزانات مكشوفة . جهاز حقن الكلور - شكل (٥٢) . جهاز التعقيم بالهيبوكلوريت- شكل (٥٣) .

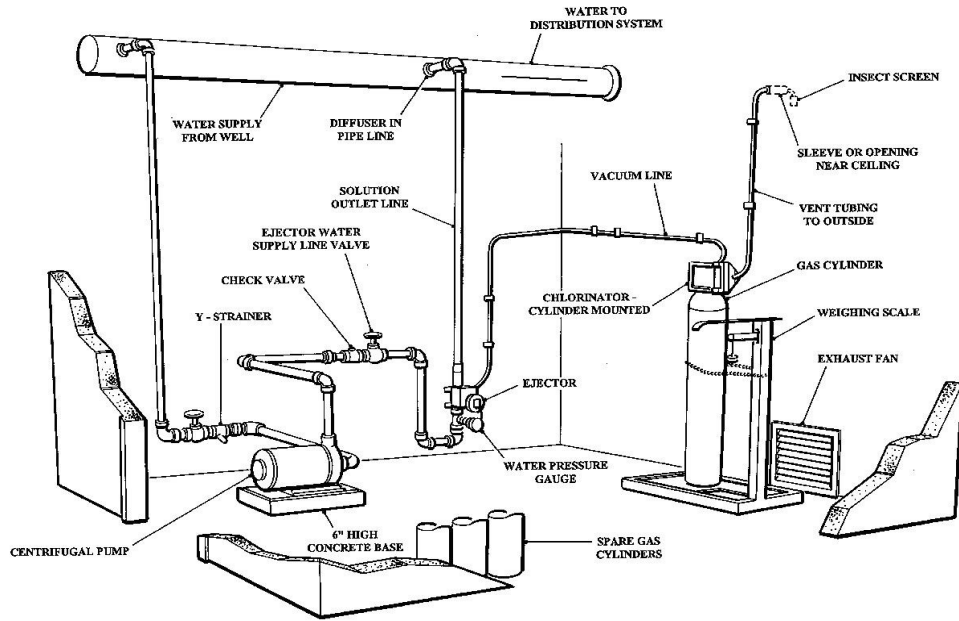


شكل (٥٢)
حقن الكلور من الأسطوانة (الأسطوانة زنة ٧٠ كجم)

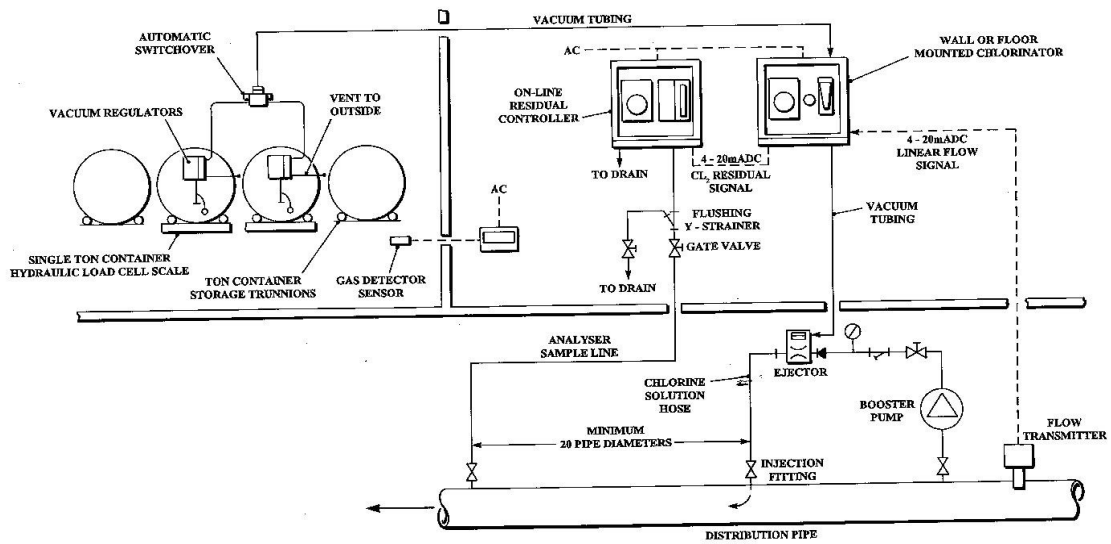


أسطوانة الكلور سعة ١ طن ، مصنعة من ألواح الصلب بسبك ١٢ مم - تقاوم الصدمات الناتجة عن سوء التداول والتخزين

شكل (٥٢)
أسطوانة الكلور



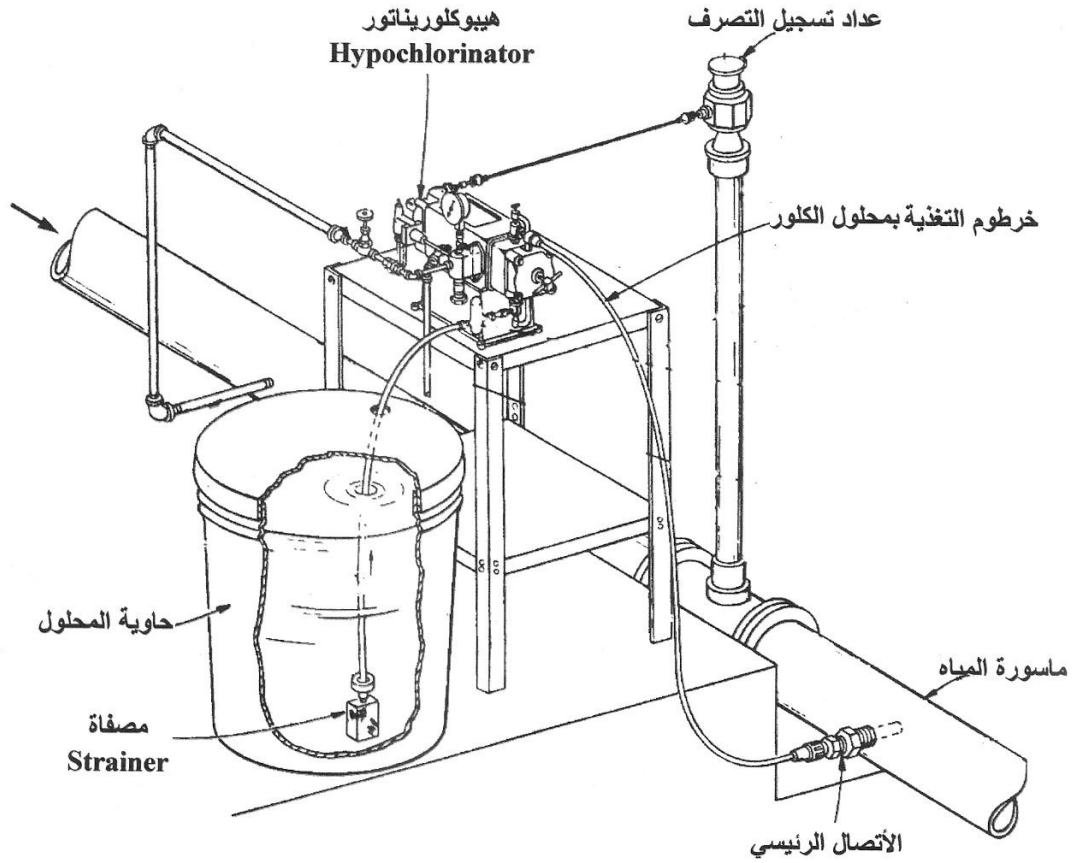
Typical Installation of Small Chlorinator



Typical Diagram of Compound Loop Control

شكل (٥٢)

حقن الكلور من الأسطوانات بمحطة صغيرة



شكل (٥٣)

جهاز الهيبوكلوريناتور Hypo Chlorinator

ثانيا : التعقيم بالأوزون Ozone:

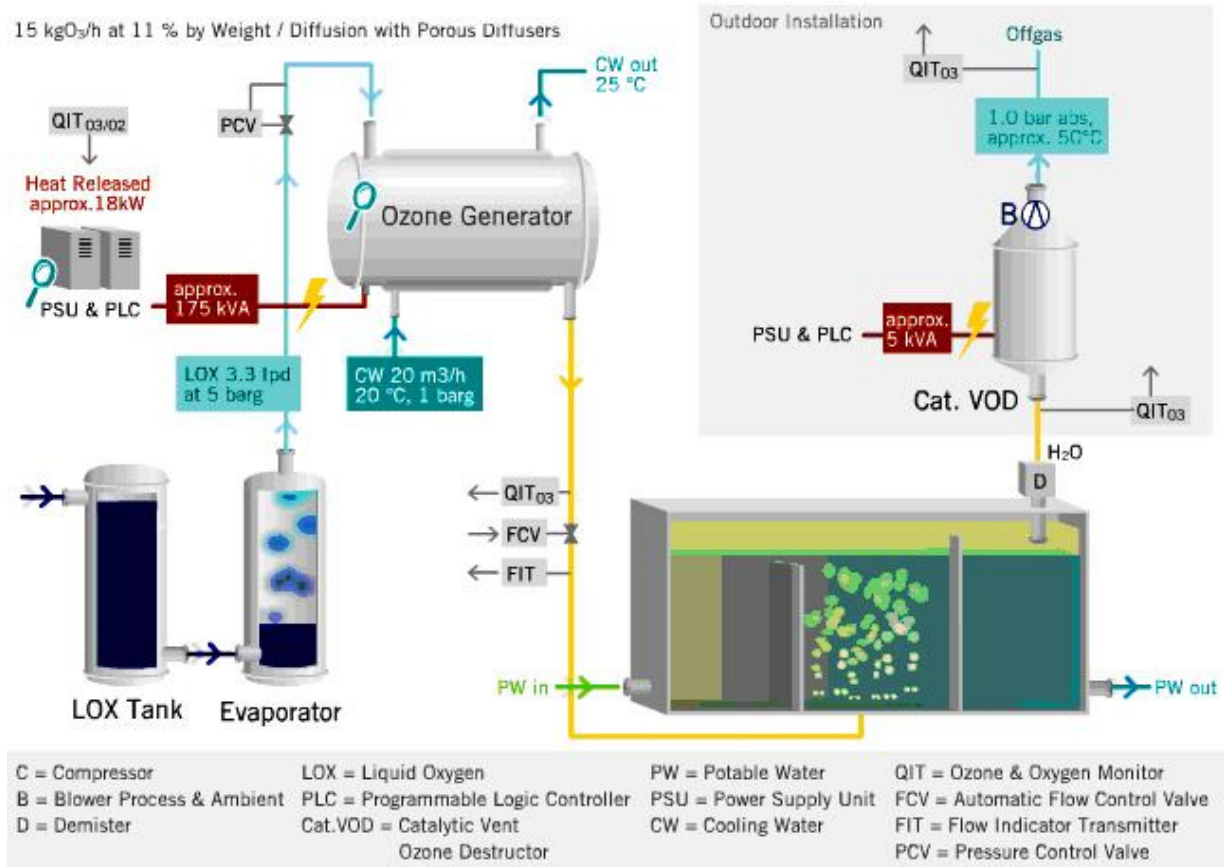
الأوزون مطهر ممتاز يفوق الكلور بنحو ٢٠ مرة . يحتاج إلى تكنولوجيا معقدة لإنتاجه واستخلاصه . ولهذا فهو غير اقتصادي بالقياس إلى الكلور . يستخدم على نطاق واسع في فرنسا .

و نحتاج للننتاج الأوزون إلى قطبين كهربائيين بينهما فرق جهد ١٥٠٠٠ - ٢٠٠٠٠ فولت - يمر بينهما الأكسجين الجاف ليتم اتحاد ذرة أكسجين (O_2) مع ذرة أكسجين (O) لتكوين الأوزون (O_3) - شكل (٥٤).

والأوزون غير مستقر ولا يمكن نقله أو تخزينه ، حيث يتفكك إلى المكونات الأولية . ومتى أنتج الأوزون، يدفع للاتصال بماء المصدر ويخلط به لمدة ملائمة . وبالنظر إلى أن الأوزون عبارة عن أكسجين خالص فإنه لا يخلف آثار باقية أو روائح في الماء.

و يجب أن تنشأ في موقع كل محطة تنقية - وحده توليد الأوزون حيث أنه يتفكك بسرعة إلى مكوناته الأصلية - لذلك فلا يمكن أنتاجه في مصنع (مثلا) ثم نقله إلى المحطات .

يمكن تغذية جهاز أنتاج الأوزون بالهواء الجوي العادي أو غاز الأكسجين الصافي . واستخدام الأكسجين الصافي أكثر فاعلية وأنتاجا .



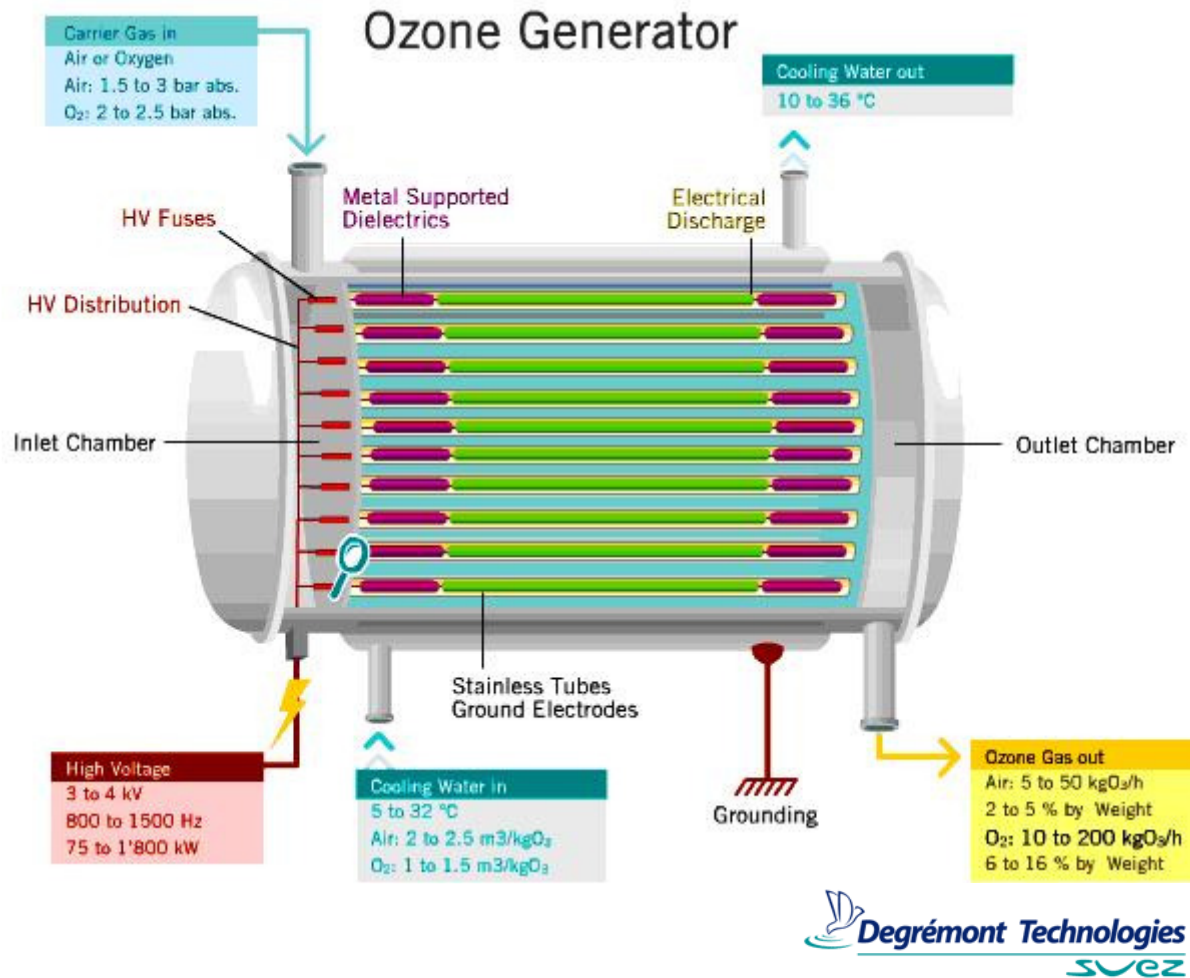
شكل (٥٤)

تفاصيل وحدة تعقيم مياه الشرب بالأوزون



Degrémont Technologies
Suez

معدات وحدة إنتاج الأوزون



شكل (٥٤)

جهاز إنتاج غاز الأوزون

و يمكن استخلاص ٣٠ جم من الأوزون من كل ١ متر مكعب من الهواء . و الأوزون مؤكسد قوي يساوي ضعف قدرة الكلور في التعقيم .

و الأوزون صعب الذوبان في الماء - كثافته = ١.٦ من كثافة الهواء - لونه يتراوح من عديم اللون إلي اللون الأزرق

أحد أجهزة إنتاج الأوزون - جهاز التراسورس - داخل حاوية - شكل (٥٥) .

جهاز التعقيم (ألترا سورس)

OZAT – COP- CFV&COP- XF



 **Degrémont Technologies**
svez

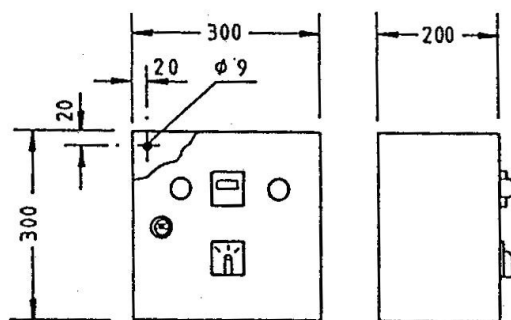
شكل (٥٥)

مولد الأوزون داخل حاوية Container

ثالثا : التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية Ultra Violet :

الأشعة فوق البنفسجية أشعة غير مرئية . و هي مطهر قوي و يستخدم في التغذية بالمياه و مصانع الأدوية و مصانع الأغذية والمستشفيات . و الأشعة غير فعالة في حالة وجود عكازه بالماء حيث تنكسر هذه الأشعة علي أسطح الجزيئات و تترد مرة أخرى مما يضعف فاعليتها لقتل الفيروسات - شكل (٥٦) .

A schematic diagram of a control panel. It features a vertical column of four rectangular buttons on the left. To their right are a small square button and a circular indicator. Below these is a rectangular button with two horizontal slots. At the bottom, there are two larger rectangular buttons, each with a circular indicator in the center.

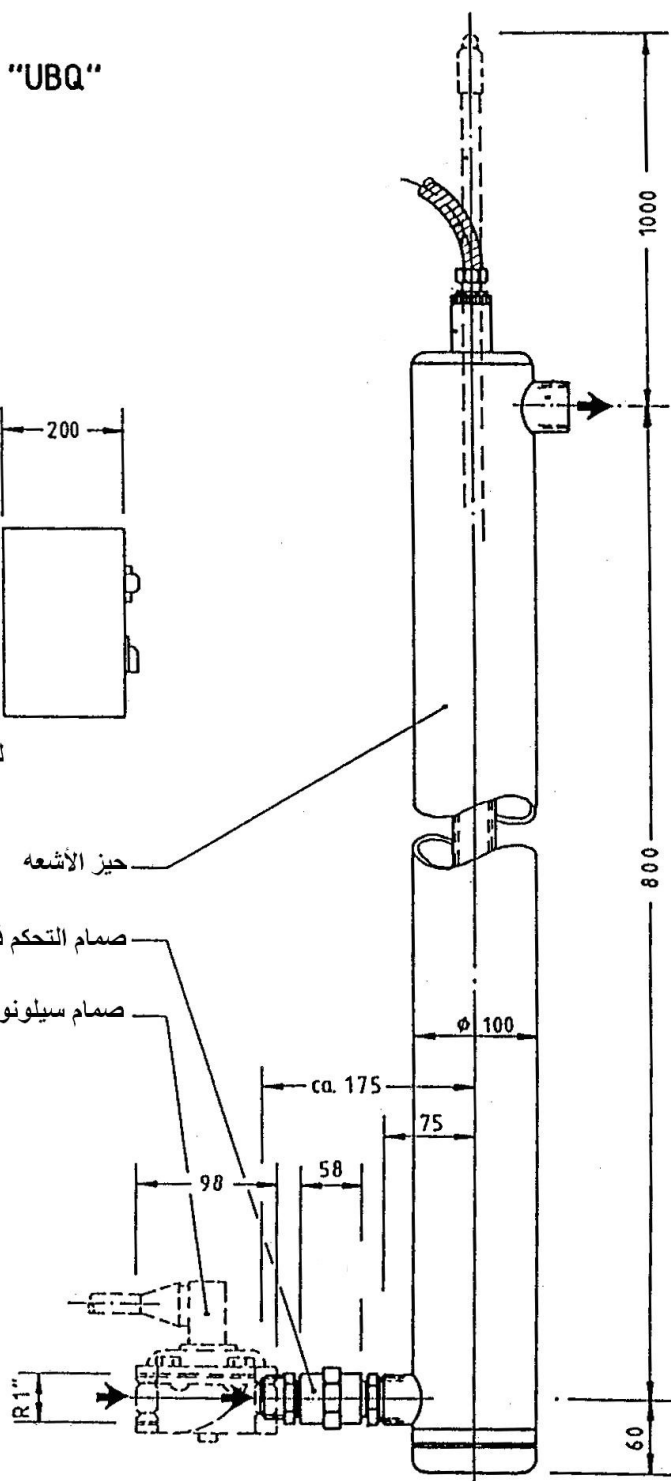


حيز الأشعة

صيام التحكم في التصرفات

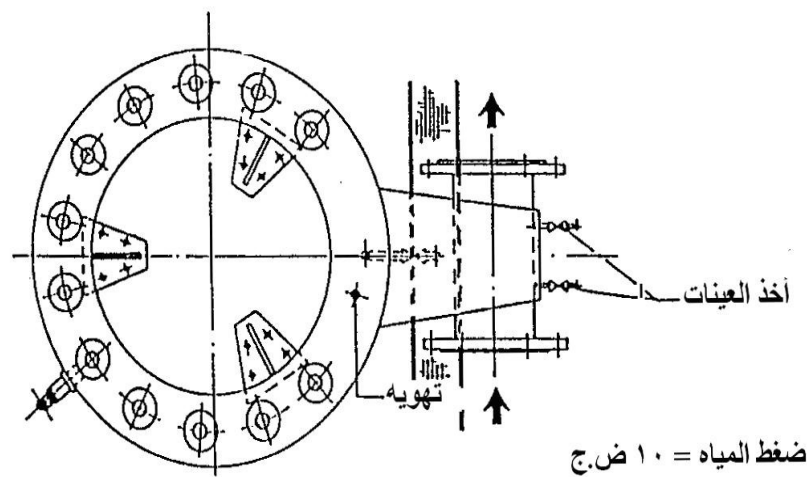
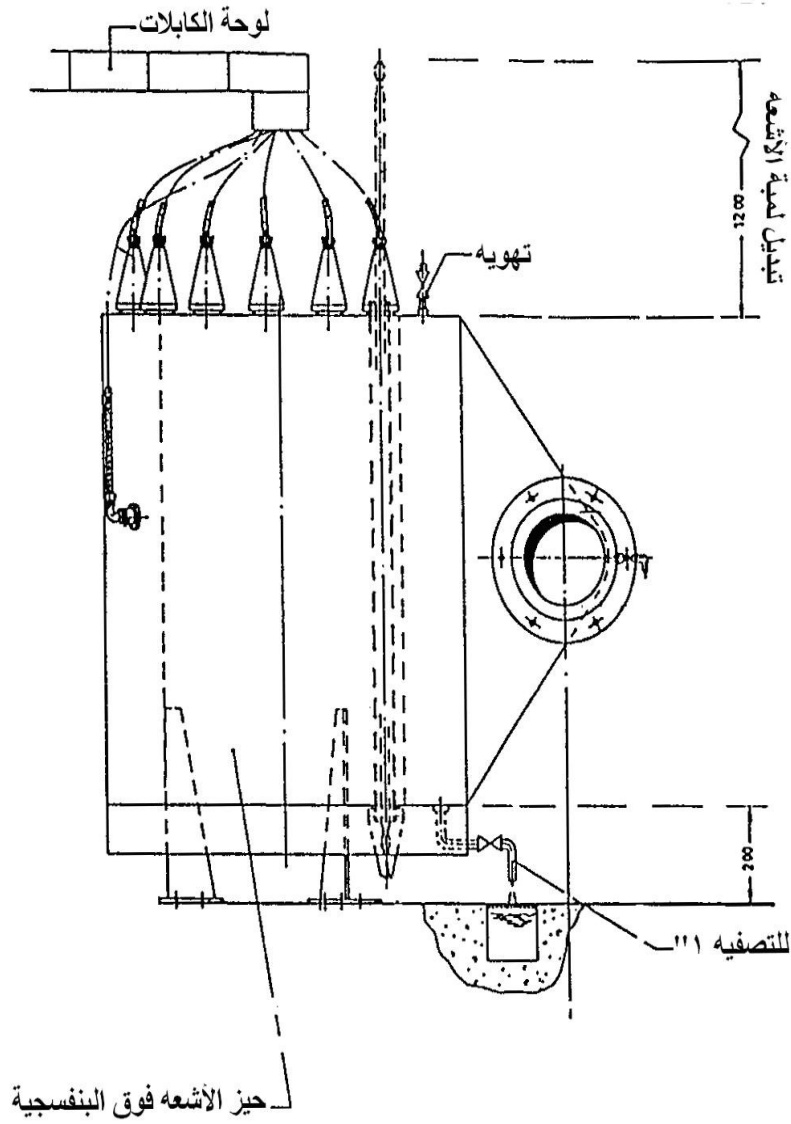
صمام سيلونويد (اختياري)

ضغط المياه = ١٠ ض.ج



شکل (۵۶)

جهاز أشعة فوق بنفسجية مكون من وحدة واحدة - أستهلاك قليل من المياه - طاقة تعقيم ١.٥ م ٣ / ساعة



جهاز يحوي مجموعة من لمبات الأشعة فوق بنفسجية - طاقة تعقيم ٢٥ - ٦٠ م / ساعة

شكل (٥٦)

جهاز التعقيم بالأشعة فوق البنفسجية

جهاز أكواراي Aquaray H₂O



 **Degrémont Technologies**
suez

شكل (٥٦)

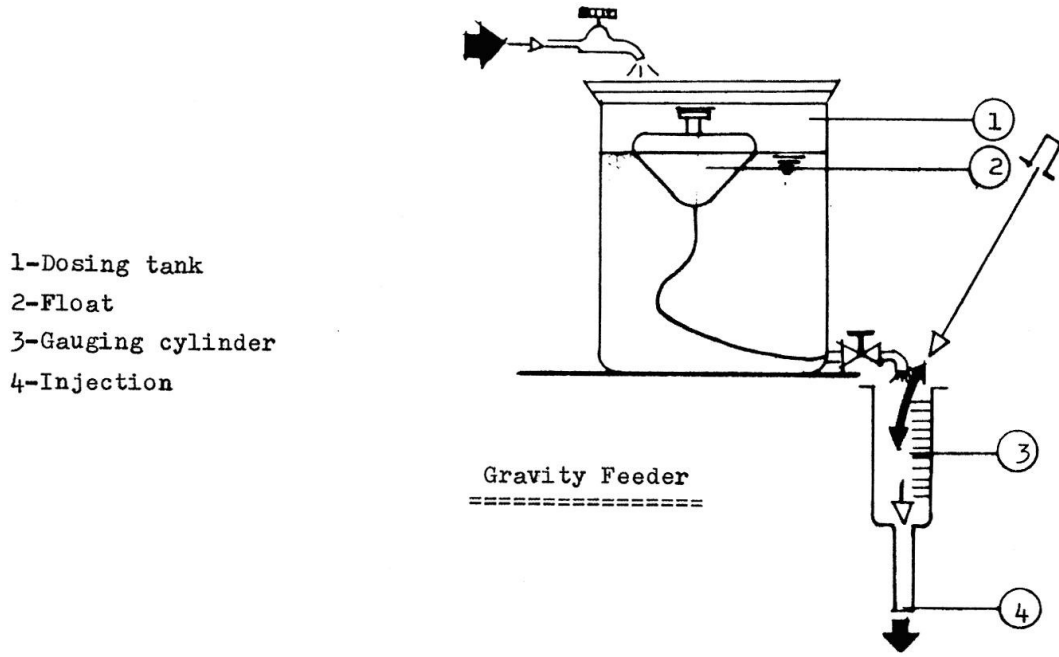
جهاز أكواراي للتعقيم بالأشعة فوق بنفسجية

مميزات الجهاز :

- قادر علي تعقيم من ٣٠٠ - ٣٠٠٠ م^٣ / ساعة من المياه المرشحة - شكل (٥٦) .
- القدرة علي تدمير كافة الكائنات الممرضة بالأشعة فوق بنفسجية .
- اللمبات متوسطة الضغط داخل غلاف من الكوارتز النقي ومعزولة عن سريان المياه . يمكن تغيير واستبدال اللمبات بسهولة كما تعمل لها الصيانة ببساطة .
- متوسط عمر اللمبة الواحدة ١٠٠٠٠ ساعة .
- موفرة للطاقة .

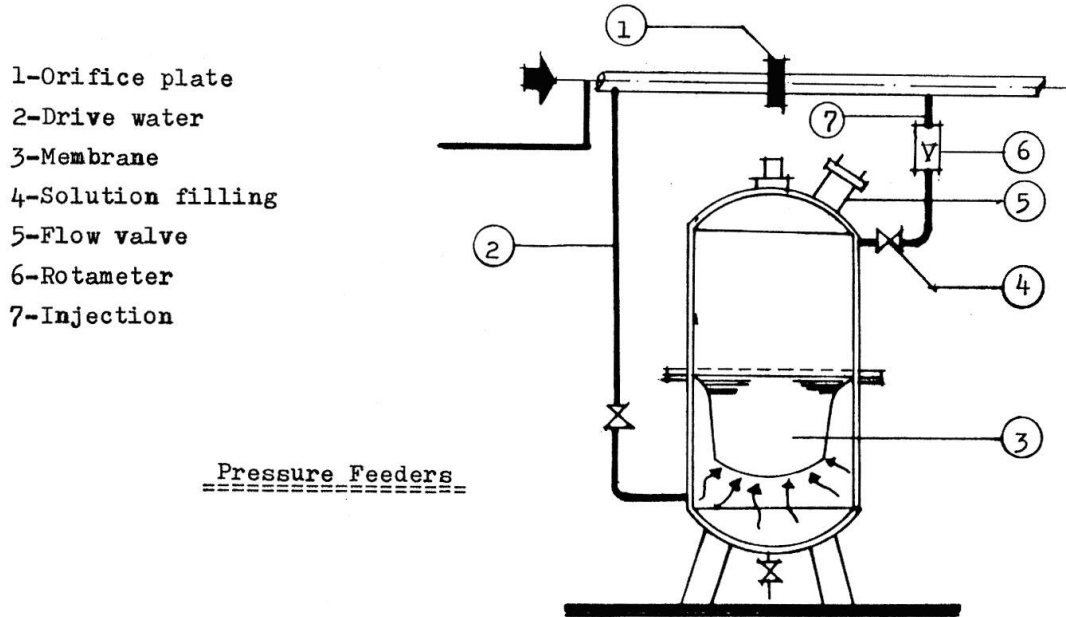
رابعاً : برمنجنات البوتاسيوم :

هو مطهر قوي و لكنه غير اقتصادي حيث التكلفة العالية . و يمكن استخدامه كبديل للكلور في حالات الطوارئ . يضاف برمنجنات البوتاسيوم بجهاز الحقن التالي - شكل (٥٧) :



شكل (٥٧)

جهاز إضافة جرعات برمنجنات البوتاسيوم (تغذية بالجاذبية)



شكل (٥٧)

جهاز إضافة جرعات كربونات الصوديوم (تغذية بالضغط)

عاشرا : الخزان الأرضي : Ground Water Tank :

الغرض من الخزان الأرضي :

١ - يعمل علي مزج الكلور مع المياه بشكل جيد .

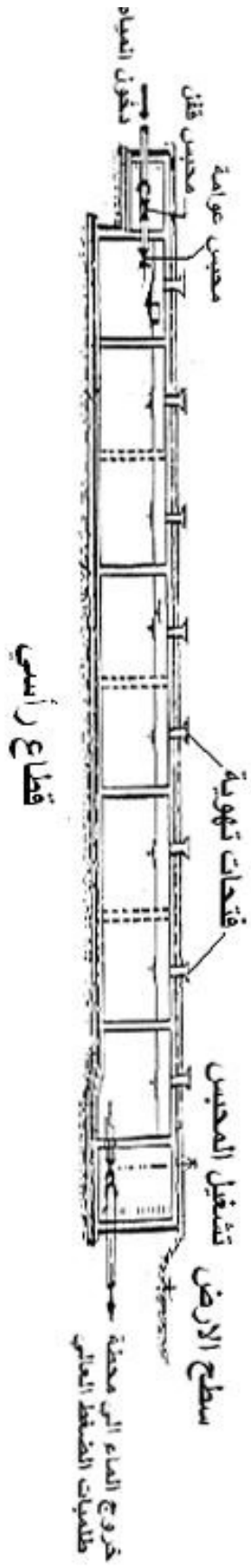
٢ - تخزين كميات المياه الاحتياطية (الطوارئ) و جزء من مياه الحريق .
بعد أتمام عملية الترشيح و إضافة الكلور - يتم تخزين الماء في الخزان الأرضي بحيث يكفي استهلاك المدينة فتره ٦ - ٨ ساعات . ينشأ الخزان من الخرسانة المسلحة ذات سقف مزود بفتحات للتهوية، هذه الفتحات مغطاة بسلك دقيق يسمح بدخول الهواء دون الحشرات و الأتربة - شكل (٥٨) .
يقسم الخزان إلي قسمين منفصلين بحيث يمكن تفريغ أحد الأقسام و عمل الصيانة أو الإصلاح اللازم بينما يكون القسم الآخر داخل الخدمة - كما يقسم الخزان إلي حوائط عرضية لإطالة مسار المياه لإتمام عملية خلط الكلور و التعقيم .
تنشأ أرضية الخزان بميل بسيط يتجه إلي أحد الأركان لأمكان تنظيف الخزان و سحب مياه النظافة عن طريق ماسورة الغسيل . كما تبني حوائط حائلة بالخزان للمساعدة في خلط و انتشار الكلور في المياه . تعزل الحوائط و الأرضية بمواد مقاومة للرشح كما يتم العزل من الخارج لمقاومة التربة العدوانية و المياه الأرضية .
ينشأ هدار عند المدخل لأمكان إصلاح العوامة دون تفريغ الخزان . يزود الخزان أيضا بمواسير تهوية في السقف حتي لا يكون للمياه رائحة كريهة و كذلك تصريف الهواء وقت ملء الخزان .

أسس التصميم :

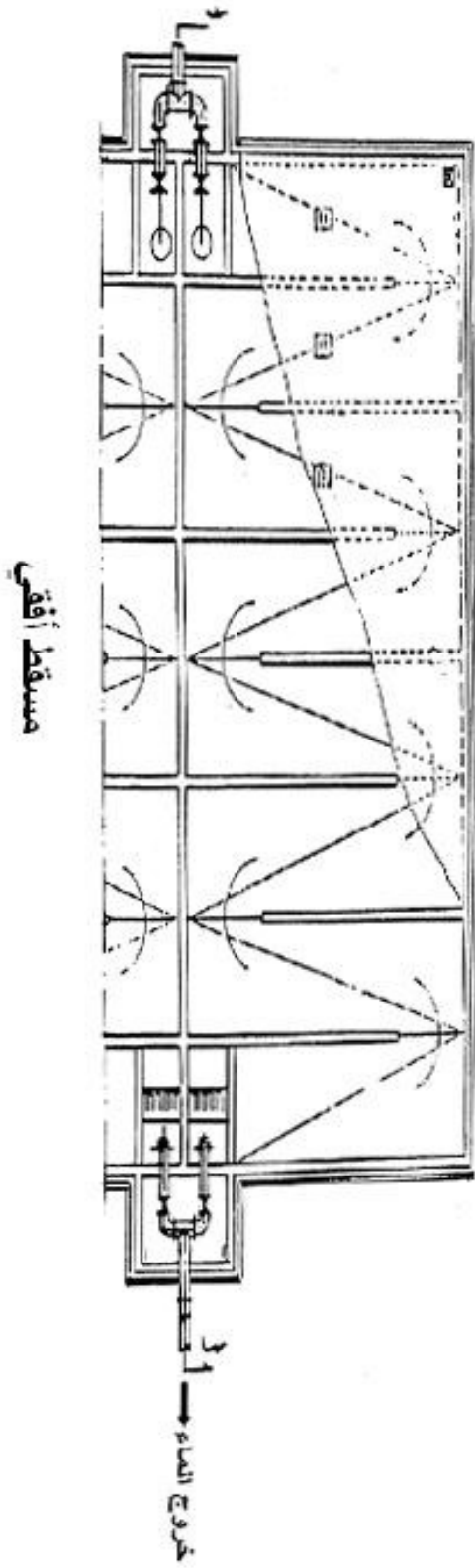
- ١ - كمية المياه بالخزان = ١٥ ٪ من متوسط الاستهلاك اليومي للمدينة + المياه اللازمة للحريق وتساوي استهلاك (٢) - (٨) ساعات + ٢٥ ٪ من الاستهلاك الكلي لأغراض الطوارئ .



الخزان



مخزن المياه



مخزن المياه

شكل (٥٨)
خزان المياه الرائقة الأرضي

حادي عشر : ظلمبات الضغط العالي High Pressure Pumps :

يختار موقع الظلمبات أقرب ما يكون إلي خزان المياه المرشحة مع ضرورة أن يتوافر الشروط الآتية :

- ١ - أن يلحق بالمحطة ببيارة متصلة بخزان المياه النقية عن طريق سحارة لتوصيل المياه من الخزان إلي البيارة حيث تقوم الظلمبات بسحب الماء منها .
 - ٢ - أن يكون المبني بالأتساع الكافي ليستوعب عدد الظلمبات التي تخدم المدينة حاليا و مستقبلا طوال الفترة التصميمية لمحطة التنقية .
- و يفضل في كثير من الأحوال أن يكون التخطيط العام لمحطة التنقية بحيث تكون ظلمبات الضغط العالي و ظلمبات الضغط الواطي في مبني واحد مما يسهل عملية الإشراف و التشغيل و الصيانة مع توفير العمالة و الفنيين . تقوم الظلمبات برفع المياه من بئر المياه النقية إلي شبكة المواسير علي ألا يقل الضغط عن ٢٥ متر داخل المواسير في أي نقطة خاصة في أطراف المدينة .

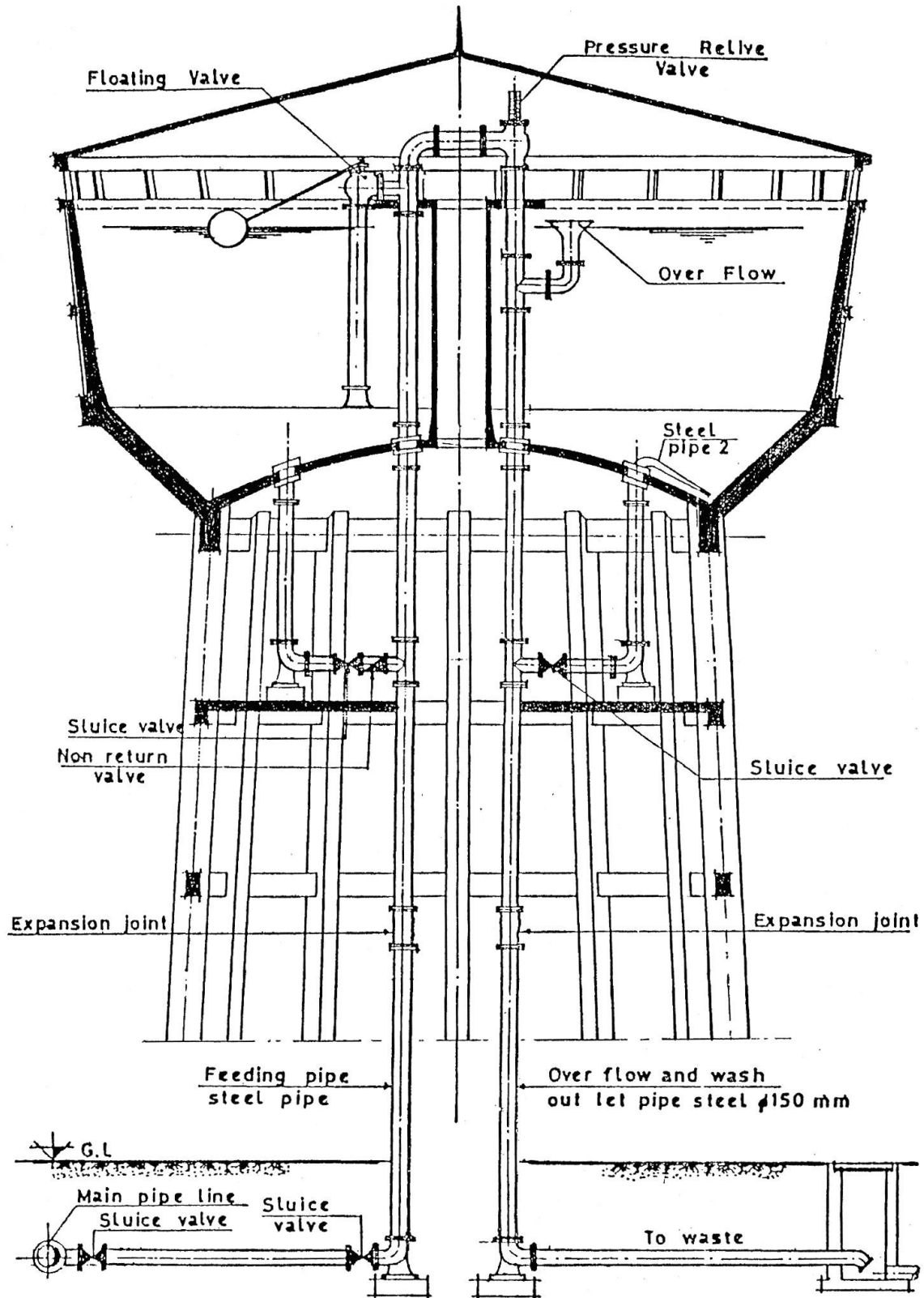
أنواع الظلمبات المستعملة :

- * ظلمبات ماصة كابسة Displacement Pumps .
- * ظلمبات طاردة مركزية Centrifugal Pumps .

ثاني عشر : الخزانات العالية Elevated Tanks :

ينشأ الخزان العالي للأسباب الآتية :

- ١ - تخزين الفرق بين احتياجات المدينة بالليل و النهار .
 - ٢ - تثبيت الضغط في جميع أجزاء المدينة .
 - ٣ - منع حدوث ظاهرة المطرقة المائية علي ظلمبات الضغط العالي .
- ينشأ الخزان العالي من الصلب أو الخرسانة المسلحة و يقام علي أعمدة أو أسطوانة خرسانية . تغذي هذا الخزان ماسورة صاعدة من الصلب و تكون هي نفس الماسورة المغذية للشبكة من الخزان - أي أنها صاعدة و هابطة في آن واحد - شكل (٥٩) .



شكل (٥٩)

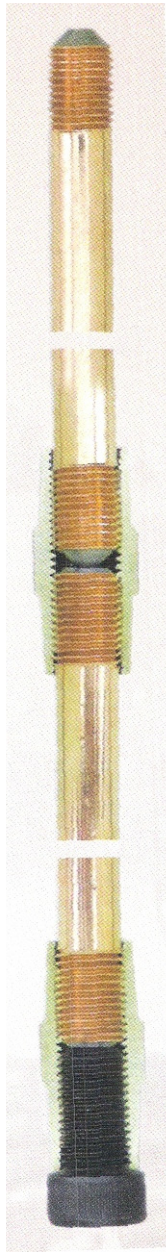
الخران العالي والمحابس المتحركة به

يزود الخزان بالصمامات الآتية للتحكم في المياه :

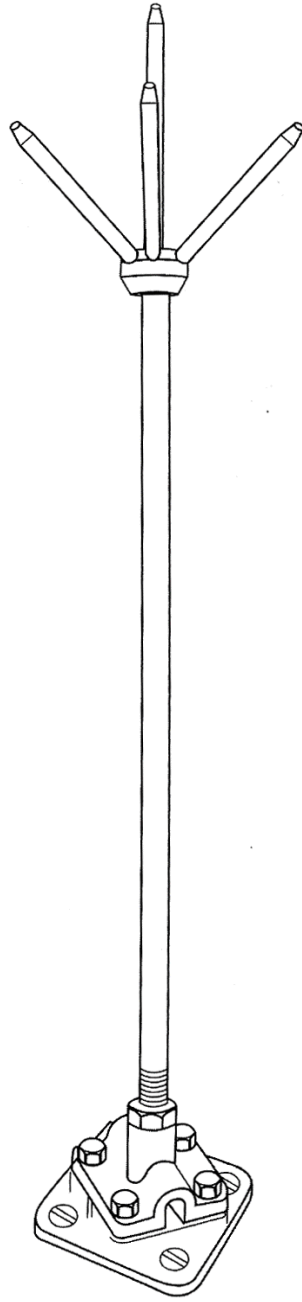
- ١ - صمام حاجز Sluice Valve في أسفل الماسورة يتم قفله عندما يراد حجز الماء عن حلة التخزين للتنظيف أو الإصلاح .
 - ٢ - صمام عوامة Float Valve : يركب هذا الصمام أعلى الماسورة حيث تدخل المياه إلى الحلة عندما يزيد معدل ضخ الطلمبات عن معدل الاستهلاك في المدينة . يقفل الصمام إذا ما وصل منسوب المياه إلى حد معين .
 - ٣ - صمام عدم رجوع Non Return Valve : و يركب علي فرع بين الماسورة الرأسية و قاع الخزان . و يسمح هذا الصمام بخروج الماء من الخزان إلى الماسورة الرأسية و ليس العكس عندما يزيد معدل استهلاك المياه عن معدل ضخ الطلمبات .
 - ٤ - صمام حاجز (آخر) مركب علي نفس الفرع و يقفل عندما يراد إيقاف صرف الماء من الخزان إلى شبكة التوزيع عن طريق الماسورة الرأسية كما هو الحال عند غسيل حلة الخزان بعد إصلاحها .
- كما يتصل الخزان عن طريق ماسورة رأسية أخرى تسمى ماسورة العادم ، بشبكة الصرف في المدينة لصرف مياه الغسيل - مركب علي هذه الماسورة ما يلي :
- * هدار مخرج للماء الفائض، و الغرض منه خروج المياه الزائدة عن منسوب معين عند حدوث خلل في صمام العوامة السابق ذكره . هذا الهدار موجود في أعلى الماسورة .
- * صمام حاجز مركب علي فرع ما بين ماسورة العادم و قاع الخزان . هذا الصمام يظل مغلقا ما دام الخزان مستعملا، و يفتح فقط لصرف الماء من الخزان عند الغسيل . كما تتصل الماسورتان الرأسيتان : ماسورة التغذية و ماسورة العادم بواسطة فرع أفقي مركب عليه صمام أمن يفتح آليا إذا زاد الضغط في الماسورة الرأسية المغذية عن حد معين (حوالي ١٠ متر زيادة عن منسوب الماء في الخزان) لتلاشي آثار المطرقة المائية . جميع هذه المواسير و التوصيلات من الصلب و يفضل استخدام المواسير ذات الفلانشات الثابتة و المتحركة - كما يفضل تركيب وصله تمدد علي كل منهما للسماح بالتمدد و الانكماش .
- يصمم الخزان - بشكل تقريبي - علي أساس متطلبات تخزين المياه فقط و تساوي ١٥ % من الاستهلاك الكلي للمدينة.

مانع الصواعق :

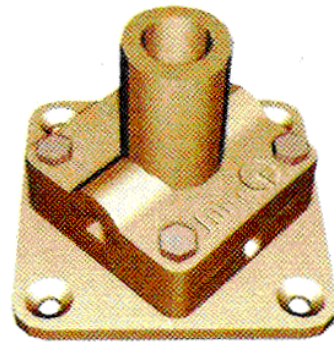
- يزود الخزان العالي بمانع الصواعق لتصريف أي شحنات كهربية . و هو عبارة عن عامود من النحاس الأحمر - طوله ٢ متر - قطره من أسفل = ٥ سم ومدبب من أعلي . يثبت فوق حلة الخزان بواسطة جلب وورد كاوتش و يوضع في قمة الخزان لحمايته .
- يتصل بالأرض بواسطة سلك نحاس أحمر قطره ٨.٥ مم . يمر السلك فوق بكر من الصيني المعزول و يثبت بجانب حلة الخزان حتي يصل إلي سطح الأرض . يتصل بلوحة من النحاس مقاسها ١ م × ١ م × ٣ مم و موضوعة داخل حفرة بعمق ١.٥ متر مملؤه بالفحم لتصريف أي شحنات إلي الأرض .
- مانع الصواعق - شكل (٦٠) .
- الأرضي - شكل (٦١) .



شكل (٦١)
الأرضي



شكل (٦٠)
هوائي مانع الصواعق وقاعدته



المراجع

- ١ - الكود المصري .
- ٢ - الهندسة الصحية د / محمد علي علي فرج .
- ٣ - هندسة التشييد لمرافق المياه والصرف الصحي م / محمود حسين المصيلحي .
- ٤ - مؤلفات أ . د أحمد عبد الوارث - جامعة عين شمس .
- ٥ - كتالوجات شركة ديجرما - فرنسا .