

كلية الهندسة  
جامعة أسوان



# Water Supply Engineering

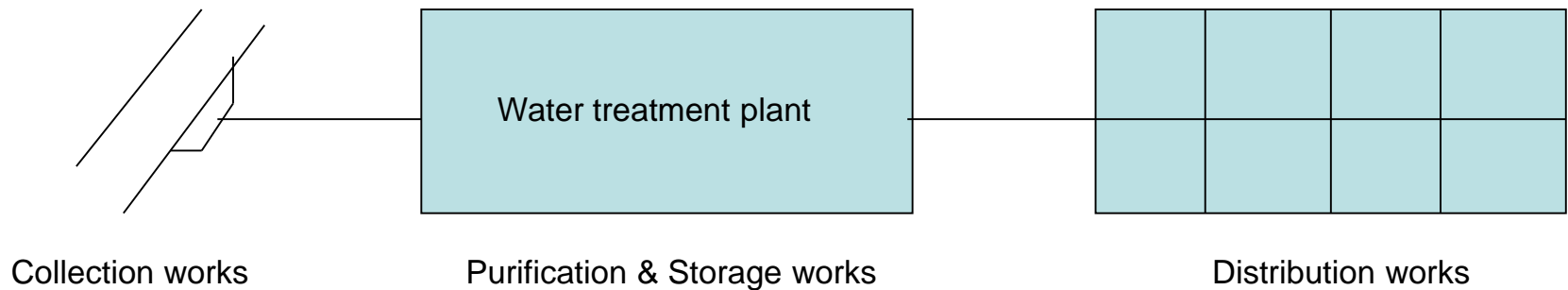
**Code: CONE 323**

**Lecture: 11**  
**Course Instructor:**  
**Dr. Mohamed Fekry**

# Collection works

## Water supply works consists of three main stages:

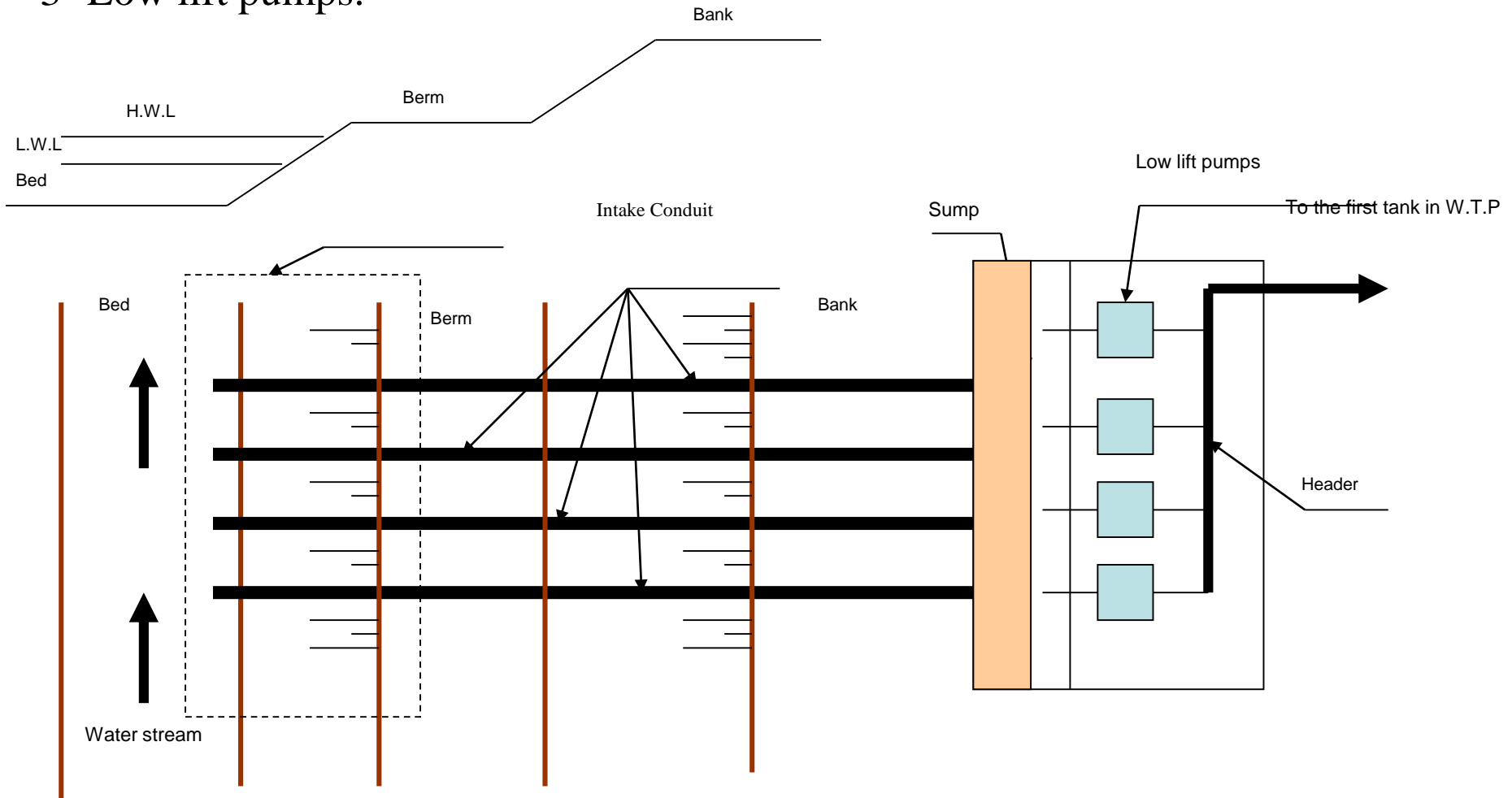
- 1- Collection works.
- 2- Purification works.
- 3- Distribution works.



# Collection works for surface water

## Collection works consists of:

- 1- Intake and intake conduit.
- 2- Sump.
- 3- Low lift pumps.



## **1- Intake**

It is a structure for suction the raw water from its source to the water treatment plant.

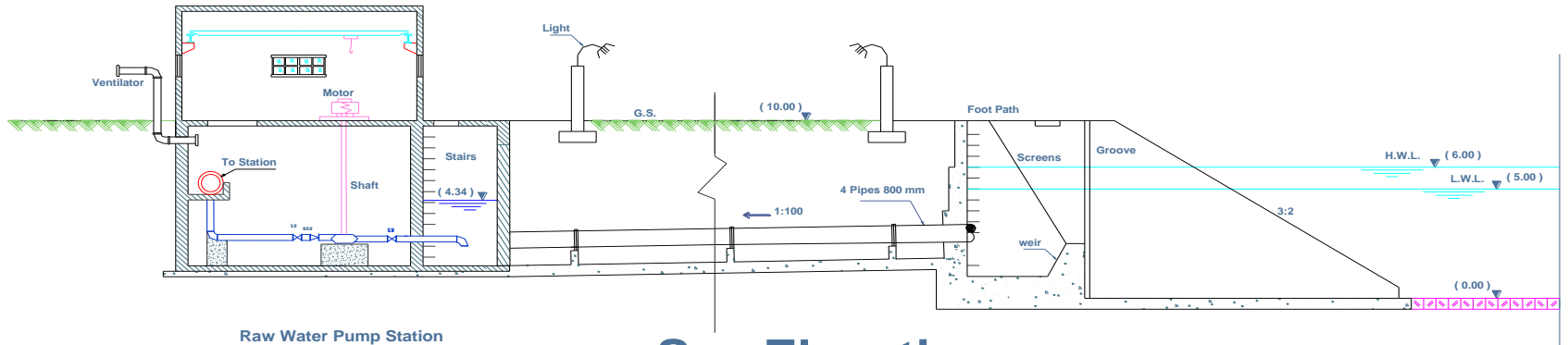
### **Types of intakes:**

The type of intake depends on:

- 1- Width of the water source, Narrow or wide.
- 2- Shore pollution, Polluted or Non-polluted.
- 3- Depth Shallow or deep.
- 4- Navigation, Navigable or Non-navigable.

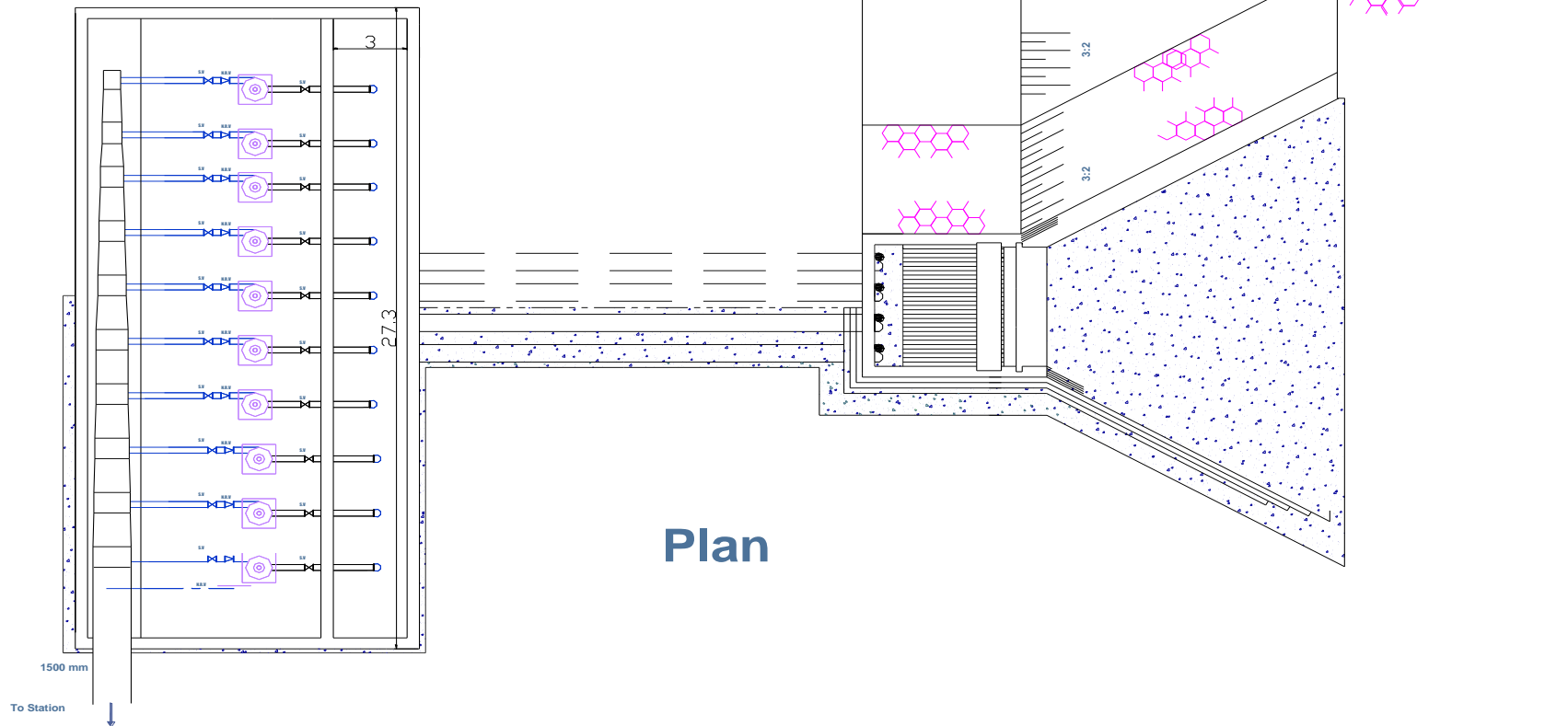
# 1- Shore intake

It is used in narrow, navigable water streams and the shore is not polluted.

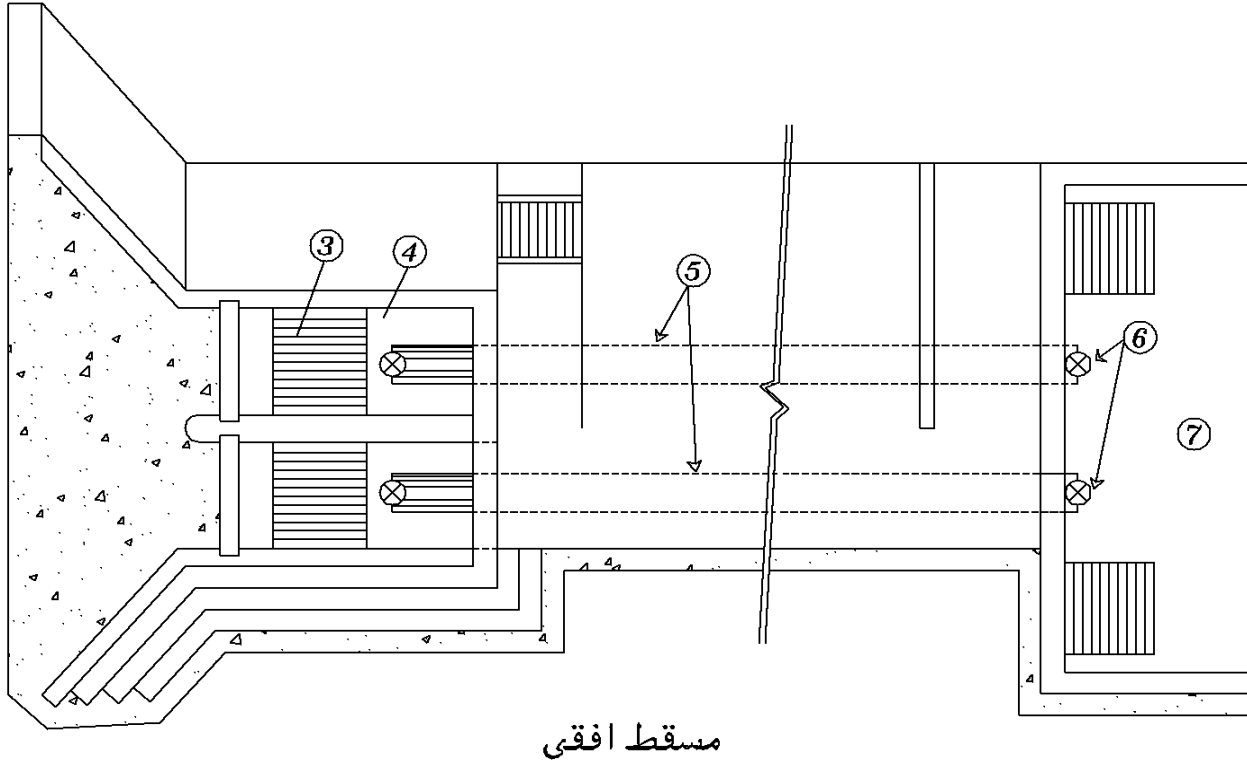
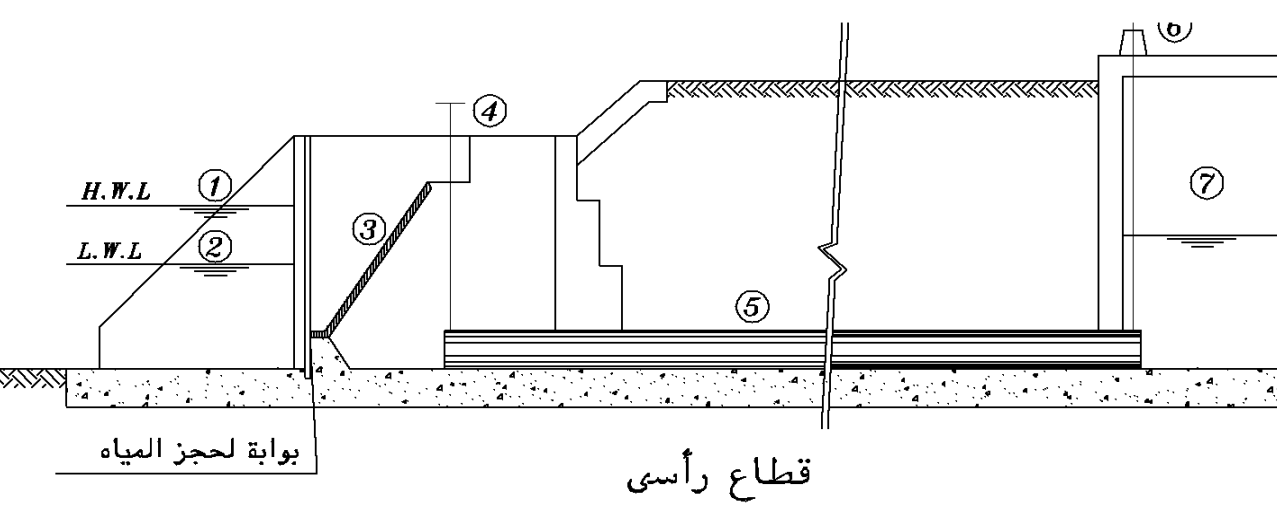


Raw Water Pump Station

Sec.Elevation

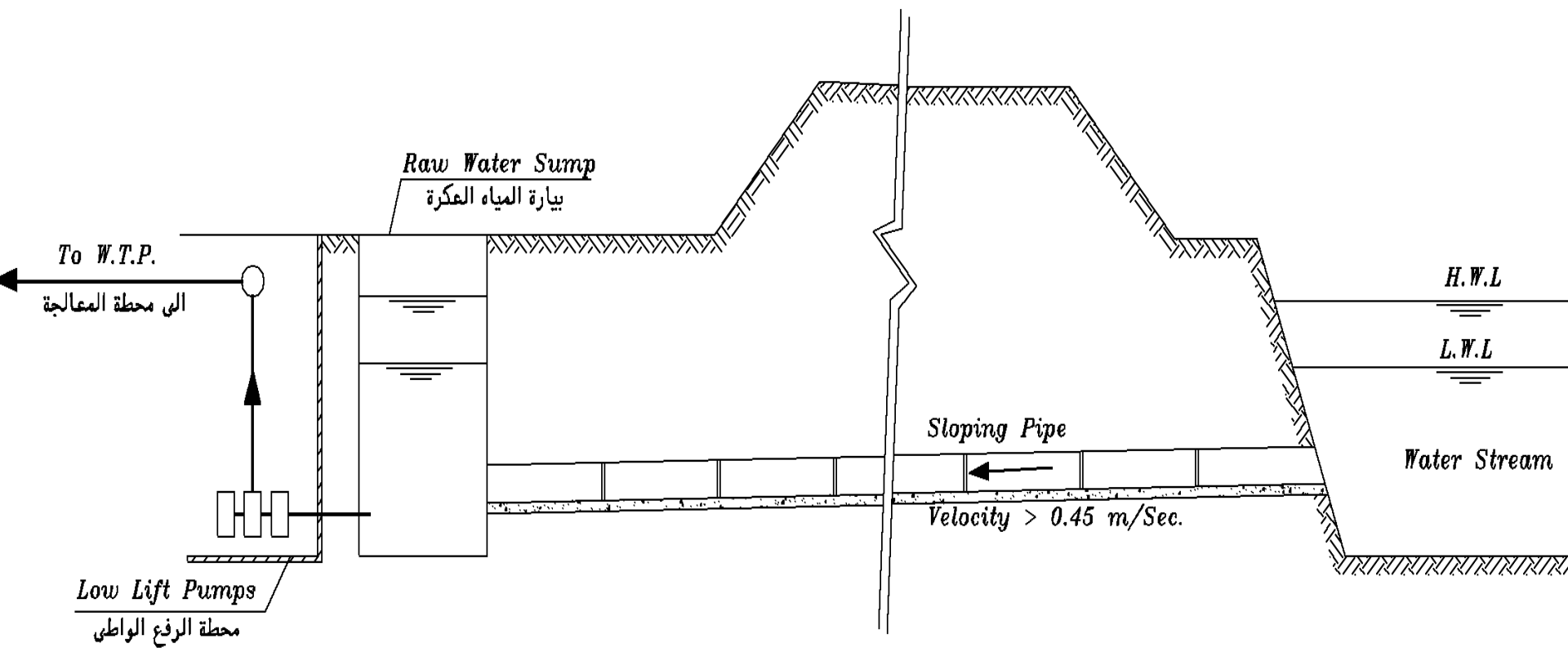


Plan



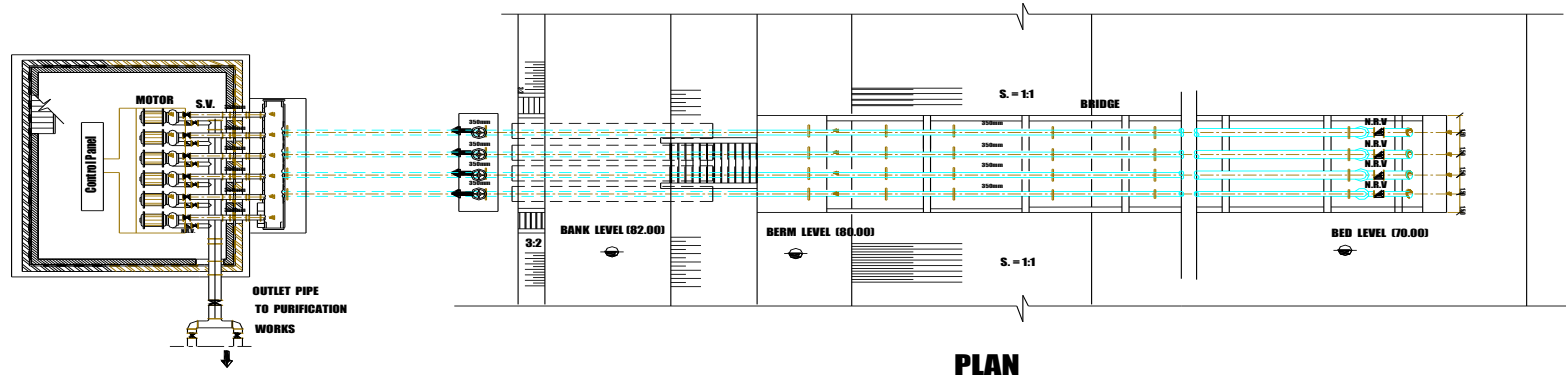
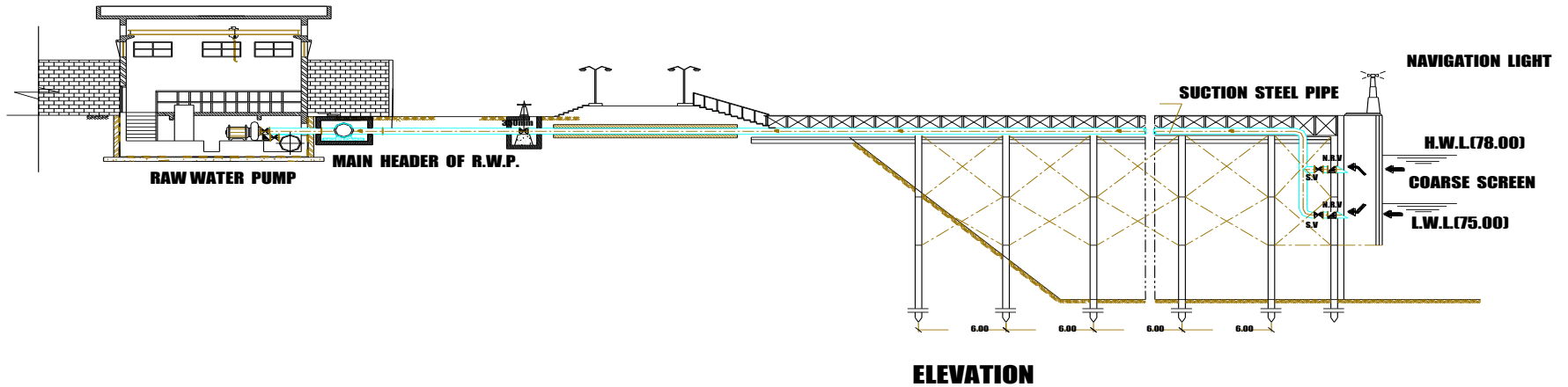
- 1- High Water Level.
- 2- Low Water Level.
- 3- Screen.
- 4- Inlet gate.
- 5- Intake Pipe.
- 6- Outlet gate.
- 7- Raw Water Sump.

مأخذ على الشاطئ (ترعة ملاحية أو نهر)



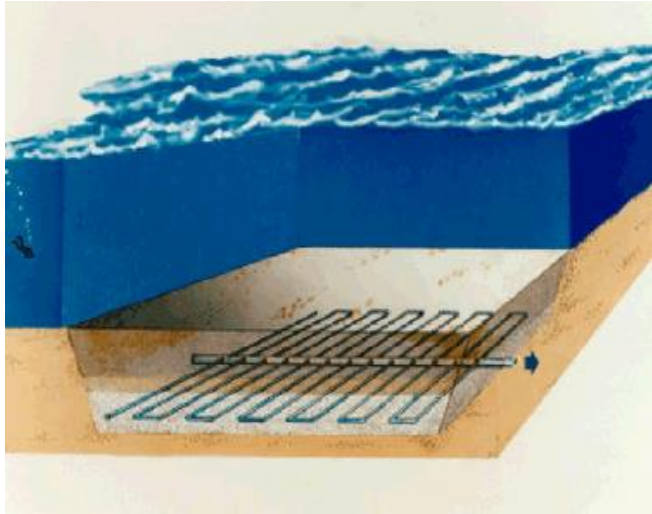
## 2- Pipe intake

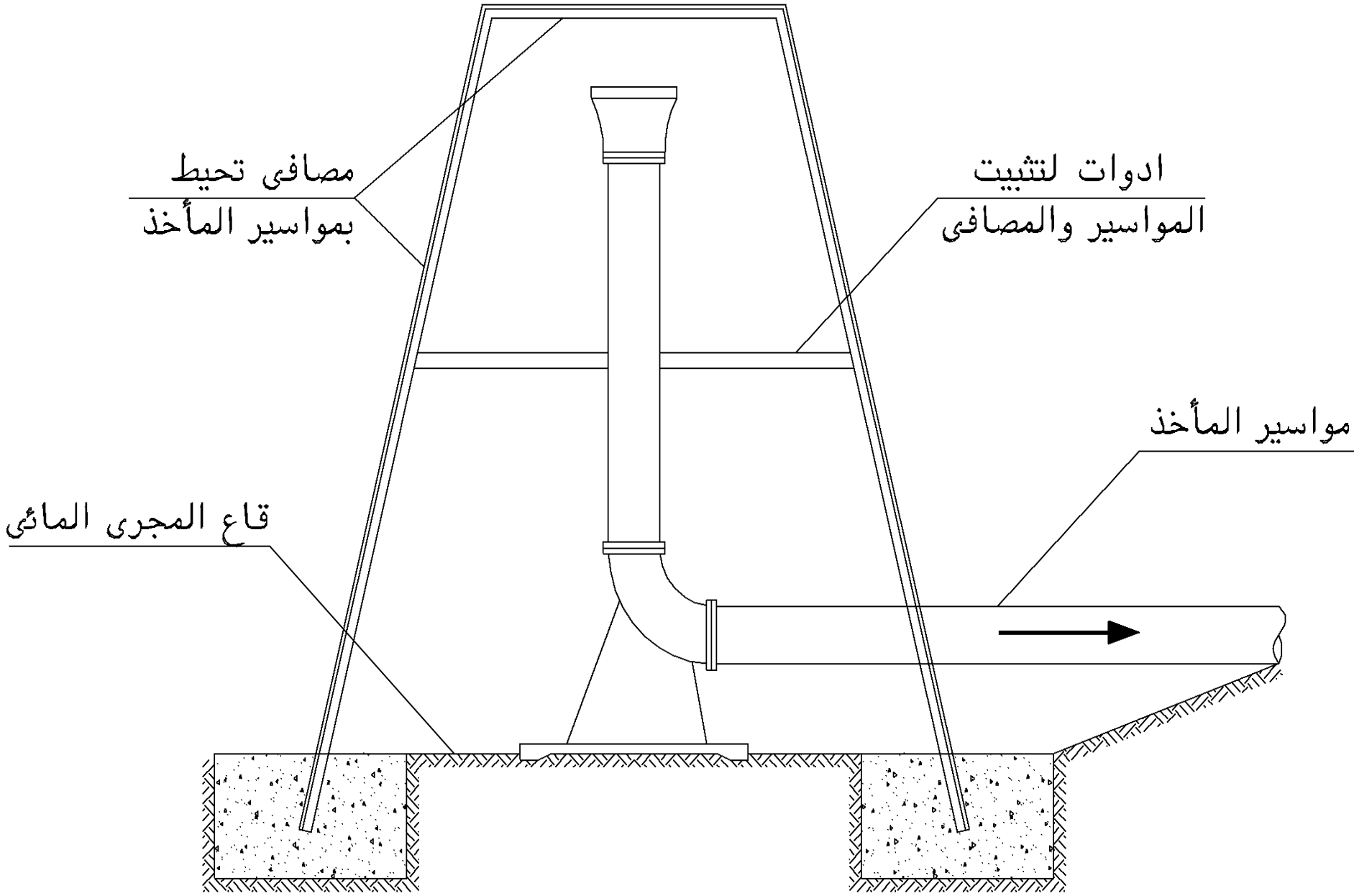
It is used for wide, navigable water streams and the shore is polluted.



### 3- Submerged intake

It is used in narrow, deep canals if the shore is polluted.





مصافي تحيط  
بمواسير المأخذ

ادوات لتثبيت  
المواسير والمصافي

مواسير المأخذ

قاع المجرى المائي

مأخذ لمنسوب المياه الثابت

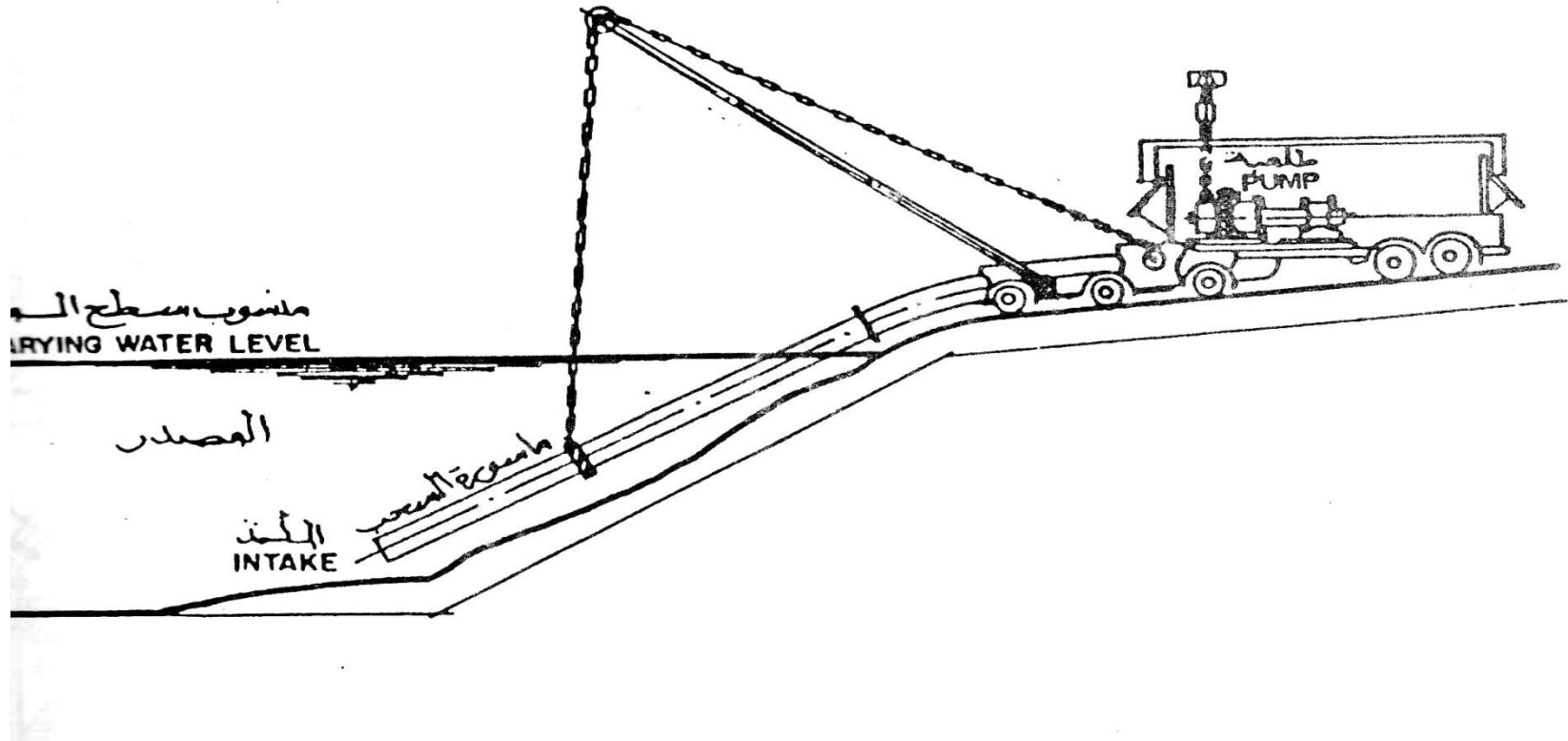
## 4- Tower intake

It is used in canals of fluctuated water levels.



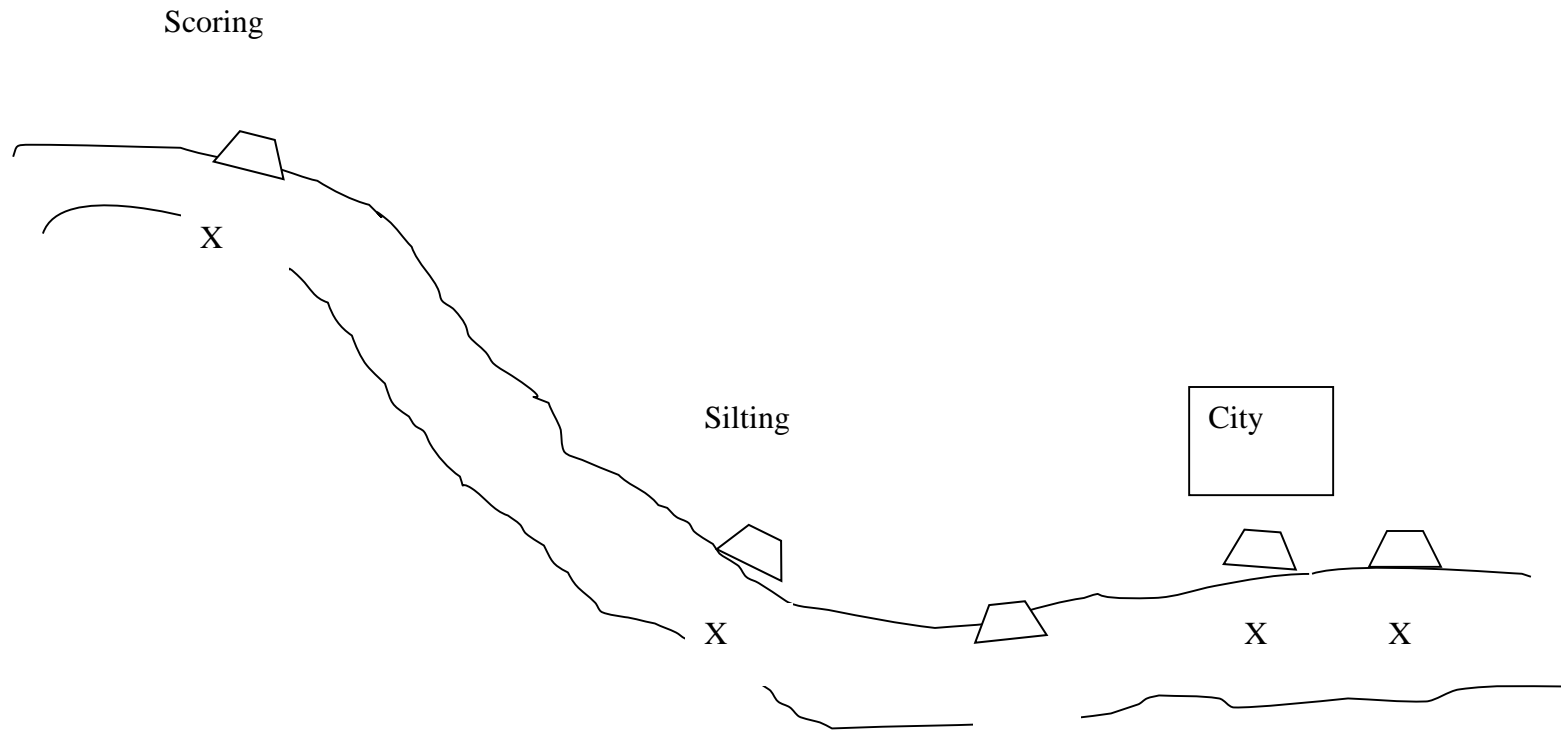
## 5- Movable intake

It is used in temporary and emergency cases.



## The factors affecting the choice of the location of intake:

- 1- It has to be constructed U.S the city.
- 2- Prohibited area of 150 m U.S the intake and 50 m D.S the intake to avoid pollution.
- 3- It has to be located at straight segment of the water stream to avoid scoring and silting.



## 1-1- Intake conduit:

### Purpose:

To transmit raw water from source to low left pump (L.L.P).

### Design criteria:

1-  $Q_{\text{design}} = Q_{\text{max monthly}} \times 1.1$

$$Q_{\text{max monthly}} = 1.5 \times Q_{\text{ave}}$$

2-  $v = 0.6 - 1.5 \text{ m/s}$

Maximum velocity  $\leq 2 \text{ m/s}$

3- Number of pipes  $n \geq 2$

4-  $hf = \frac{flv^2}{2gd}$

$f = 0.008$

$L = 30 - 50 \text{ m}$  (for shore intake)

$L = 50 - 100\text{m}$  (for pipe intake)

## 1-2- Suction well (sump – wet well)

### Purpose:

Distribute the raw water uniformly on the total number of pumps.

### Design criteria:

1- Length  $\geq 5$  times the diameter of the intake conduit.

2- Length = number of pumps  $\times$  (1.5 – 2.5).

3- width 1 – 3 m.

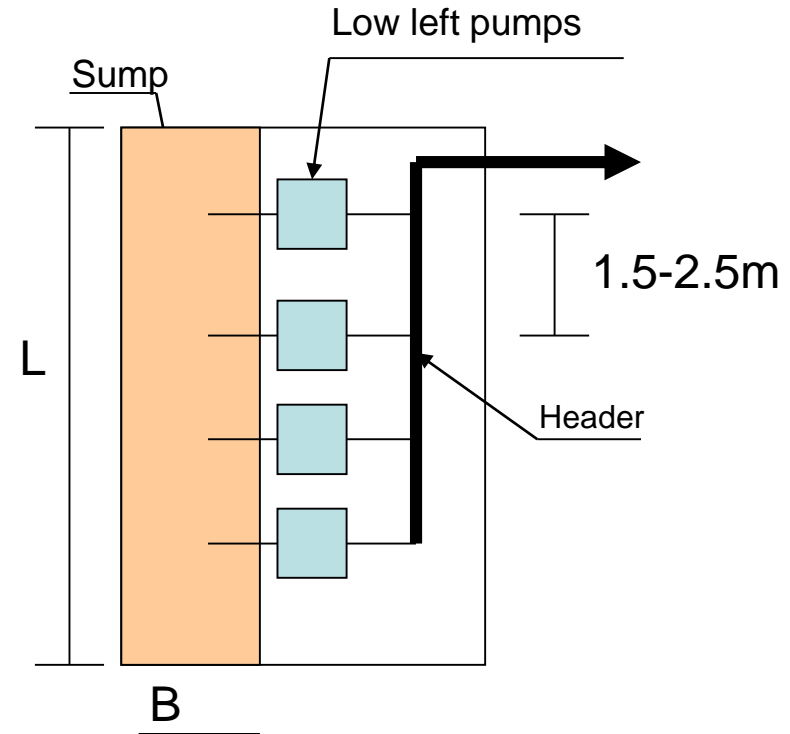
4- depth  $\geq$  (H.W.L – bed level) –  $h_f$  + 0.5m

5- T = 5 minutes

$$V = Q_{\text{design}} \times T \quad \text{m}^3$$

$$A = V/d \quad \text{m}^2$$

$$A = B \times L$$



### 1-3- Low lift pump

#### Purpose:

To rise the raw water from the source level to water level in the first tank in water treatment plant.

#### Design criteria:

$$Q_{\text{design}} = Q_{\text{max monthly}} \times 1.1$$

$$H_{\text{total}} = H_s + h_f + h_s$$

$H_s$  = static head it is the difference between L.W.L. and the water level (W.L) in the first tank in the water treatment plant (W.T.P) ~ 5m above land level.

$$= (\text{G.L} - \text{L.W.L}) + 5$$

$h_f$  = friction losses

$$h_f = \frac{flv^2}{2gd}$$

$$H_f = \frac{10.69 * L * Q^{1.852}}{C_{H.W}^{1.852} * d_n^{4.87}}$$

$H_s$  = secondary losses

$$= 10 \% h_f$$

$$\text{HP} = \gamma Q H_T / 75 \eta$$

$\eta = 0.7$  mechanical efficiency

Electrical horse power (kw/hr) =  $\text{HP} \times 1.1 / 1.34 \eta$

$\eta = 0.9$  electrical efficiency

### Example:

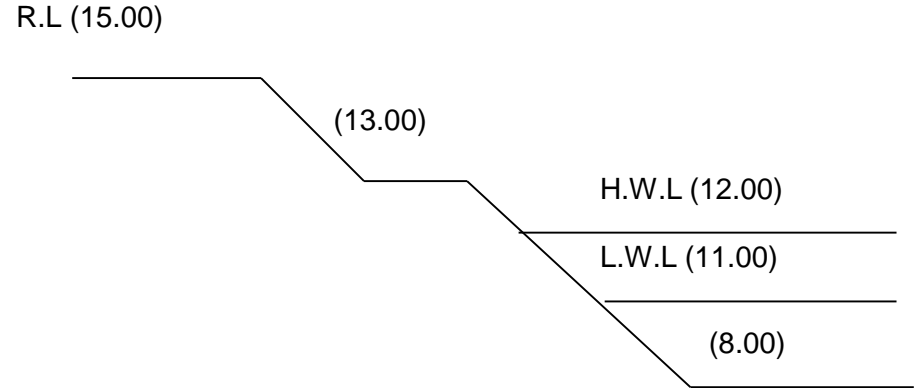
It is required to design the collection works for a city of present population 24,000 capita and average water consumption 180 l/c/d. If pumps work 20 hr/d. The source of water is narrow and navigable canal, its dimensions as shown.

### Solution:

$$Q_{\text{ave}} = \text{pop} \times q_{\text{ave}}$$
$$= \frac{24000 \times 180}{1000 \times 20 \times 60 \times 60} = 0.6 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_{\text{design}} = Q_{\text{max monthly}} \times 1.1$$
$$= 1.5 \times Q_{\text{ave}} \times 1.1$$
$$= 1.5 \times 0.6 \times 1.1 = 0.99 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{min}} = 0.7 \times Q_{\text{ave}} \times 1.1$$
$$= 0.7 \times 0.6 \times 1.1 = 0.46 \text{ m}^3/\text{s}$$



## Intake conduit

$$Q_{\text{design}} = A \times v \quad (v = 0.6 - 1.5 \text{ m/s})$$

$$\text{Take } v = 1 \text{ m/s}$$

$$A = Q_{\text{design}} / v \\ = 0.99 / 1 = 0.99 \text{ m}^2$$

$$A = n \pi \Phi^2 / 4$$

$$\text{Take } n = 3$$

$$\therefore \Phi = 0.64 \sim 0.6 \text{ m}$$

$$v_{\text{act}} = Q_d / A_{\text{act}} \\ = 0.99 / 3 \pi (0.6)^2 / 4 = 1.167 \text{ m/s} \quad < 1.5 \text{ and } > 0.6 \text{ safe}$$

## When one pipe is broken

$$v_{\text{max}} \leq 2.5 \text{ m/s}$$

$$v_{\text{max}} = Q_d / (n-1) \pi \Phi^2 / 4 \\ = 0.99 / 2 \pi (0.6)^2 / 4 = 1.75 \text{ m/s} \quad < 2.5 \text{ safe}$$

## At $Q_{\text{min}}$

$$v_{\text{min}} = Q_{\text{min}} / n \pi \Phi^2 / 4 \\ = 0.46 / 3 \pi (0.6)^2 / 4 = 0.54 \text{ m/s} \quad < 0.6 \text{ unsafe}$$

Close one pipe at the months of  $Q_{\text{min}}$

$$v_{\text{min}} = Q_{\text{min}} / (n-1) \pi \Phi^2 / 4 \\ = 0.46 / 2 \pi (0.6)^2 / 4 = 0.81 \text{ m/s} \quad > 0.6 \text{ safe}$$

## L.L.P

$$H_{\text{total}} = H_s + h_f + h_s$$

$$H_s = (\text{G.L} - \text{L.W.L}) + 5$$

$$h_f = \frac{flv^2}{2gd}$$

$$h_f = \frac{0.008 \times 50 \times (1.167)^2}{2 \times 9.81 \times 0.6} = 0.18 \text{ m}$$

$$H_s = (13 - 11) + 5 = 7 \text{ m}$$

$$h_s = 10 \% h_f$$

$$= 0.1 \times 0.18 = 0.018 \text{ m}$$

$$H_T = 7 + 0.18 + 0.018 = 7.198 \text{ m}$$

## Sump

$$V = Q_d \times T$$

$$= 0.99 \times 5 \times 60$$

$$= 297 \text{ m}^3$$

$$V = B \times L \times d$$

$$d = \text{H.W.L} - \text{bed level} - h_f + 0.5$$

$$= 12 - 8 - 0.18 + 0.5$$

$$= 4.32 \text{ m}$$

$$B = 1 - 3 \text{ m}$$

$$\text{take } B = 2 \text{ m}$$

$$L = 297 / 2 \times 4.32 = 34.375 \text{ m}$$

## Chick:

Length  $\geq 5$  times the diameter of the intake conduit

$$L = 5 \times 3 \times 0.6 = 9 \text{ m}$$

safe

**Purification works**

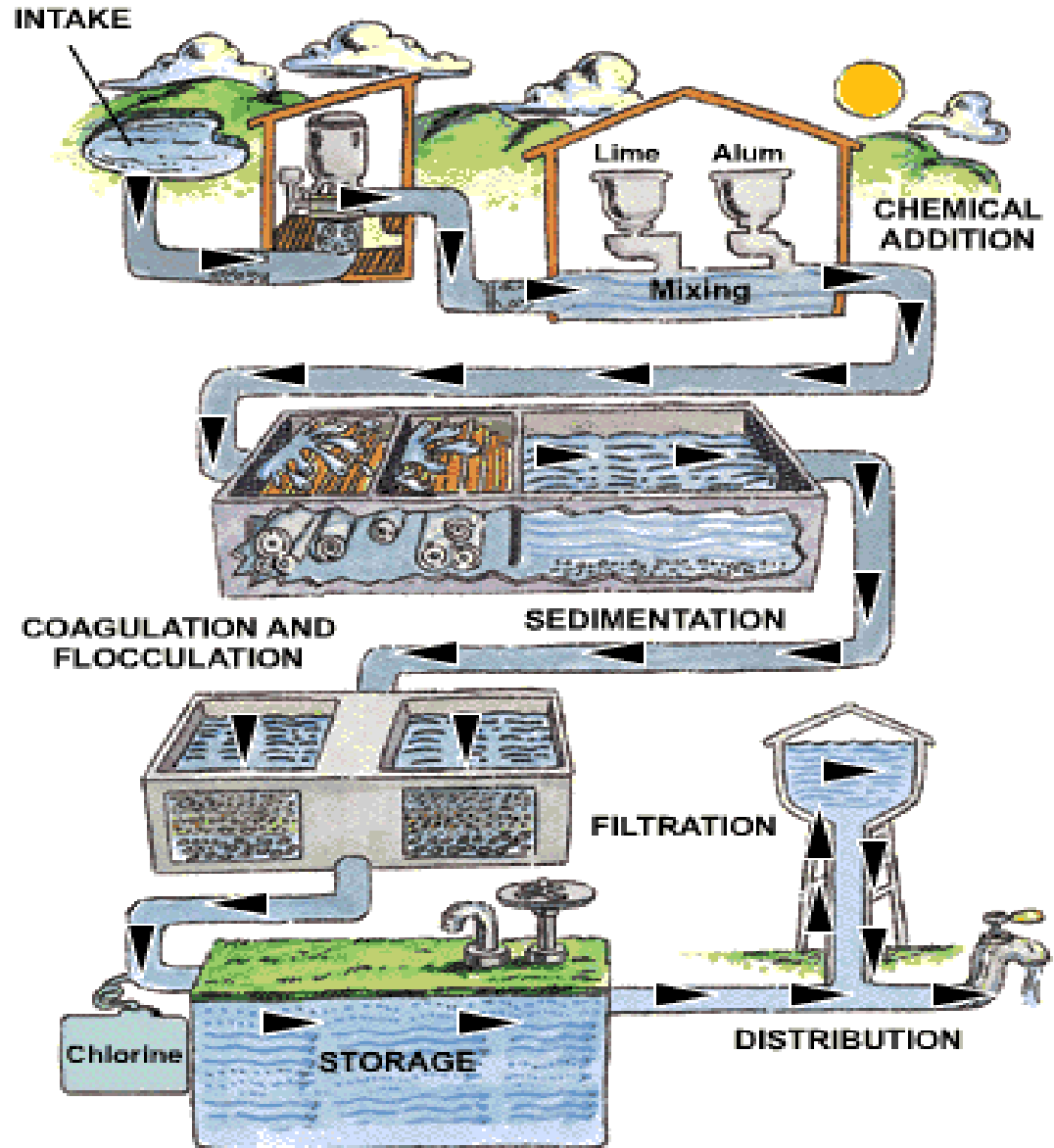
**Water Treatment Plant**

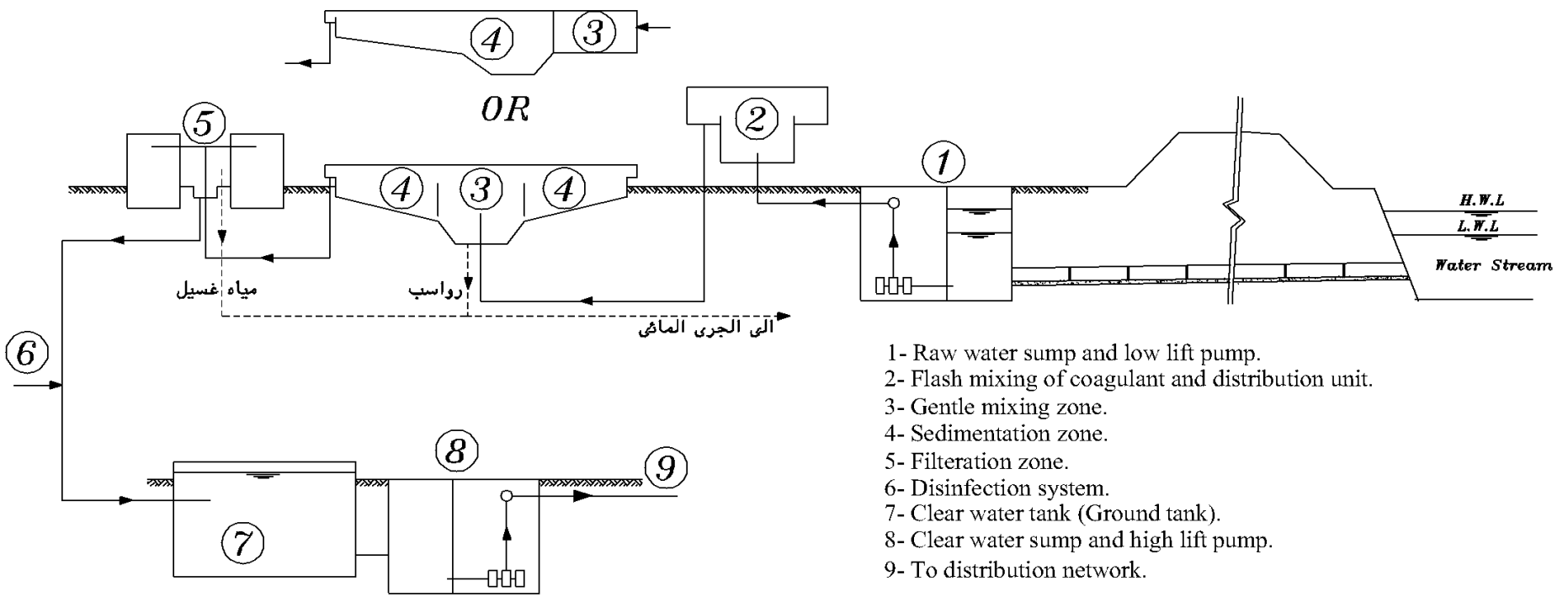
## (Treatment works)

### Quality of raw water depend on:

- 1- Suspended solids.
- 2- Organic matter.
- 3- Dissolved solids.
- 4- Microorganisms.
- 5- Bacteria (pathogenic).
- 6- Algae.

It is a must to get rid of all the previous.



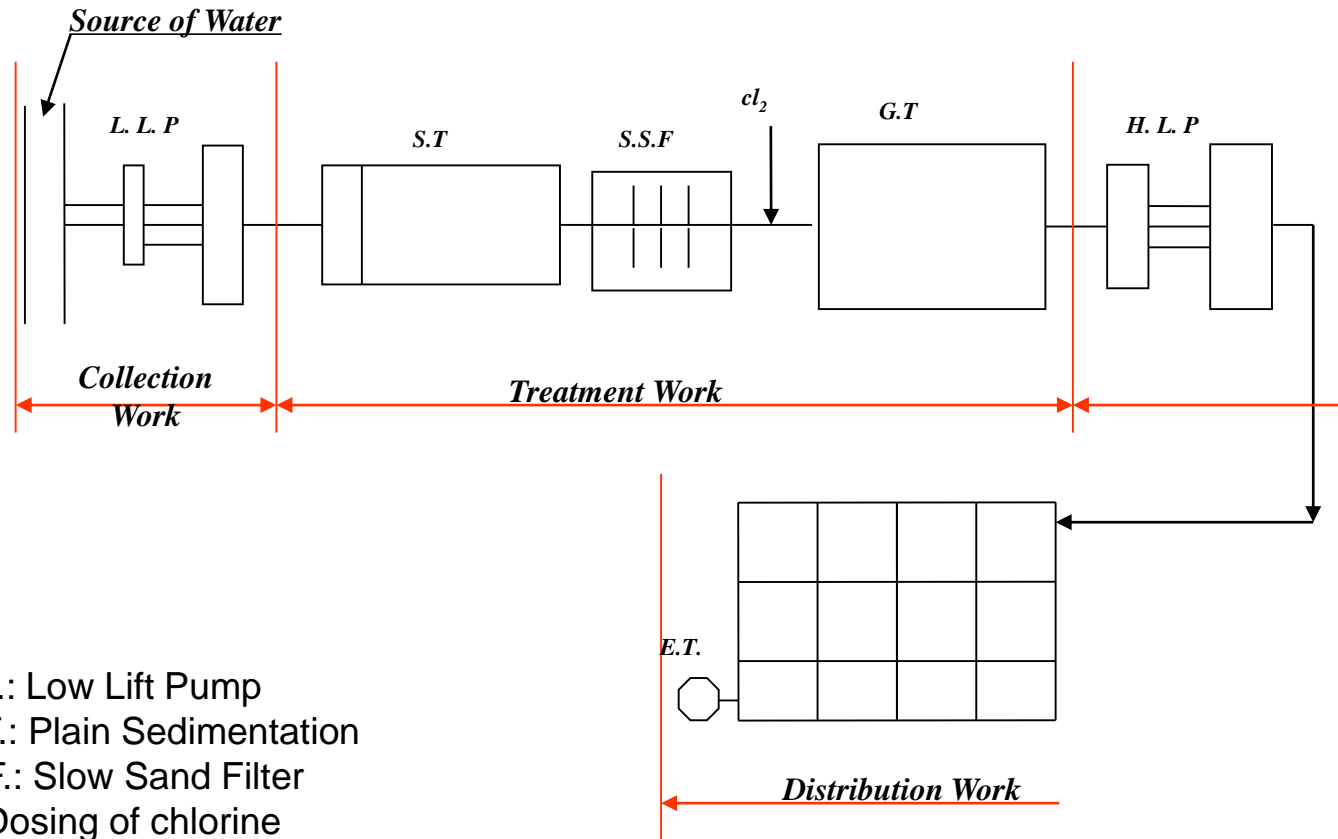


- ١- بيارة المياه العكرة ومضخات الرفع الواطى.
- ٢- حوض المزج السريع وتوزيع المياه على احواض الترويب والترسيب.
- ٣- حيز المزج البطئ.
- ٤- حيز الترسيب.
- ٥- مبنى المرشحات.
- ٦- نظام التطهير.
- ٧- خزان المياه المعالجة ( الخزان الارضى ).
- ٨- بيارة المياه المعالجة ومضخات الرفع العالى.
- ٩- الى شبكة توزيع المياه.

### Hydraulic Line of Water Treatment Plant (WTP)

المسار الهيدروليكي لمحطة معالجة المياه

# Slow sand filter water treatment plant (Plain Sedimentation)



- L.L.P.: Low Lift Pump
- P.S.T.: Plain Sedimentation
- S.S.F.: Slow Sand Filter
- Cl<sub>2</sub>: Dosing of chlorine
- G.T.: Ground Tank
- H.L.P.: High Lift Pump
- E.T.: Elevated Tank

## Purpose of each step:

### 1- Sedimentation:

There are two kinds of sedimentation (natural & chemical).  
Removal of Suspended matter and most of colloidal matter.

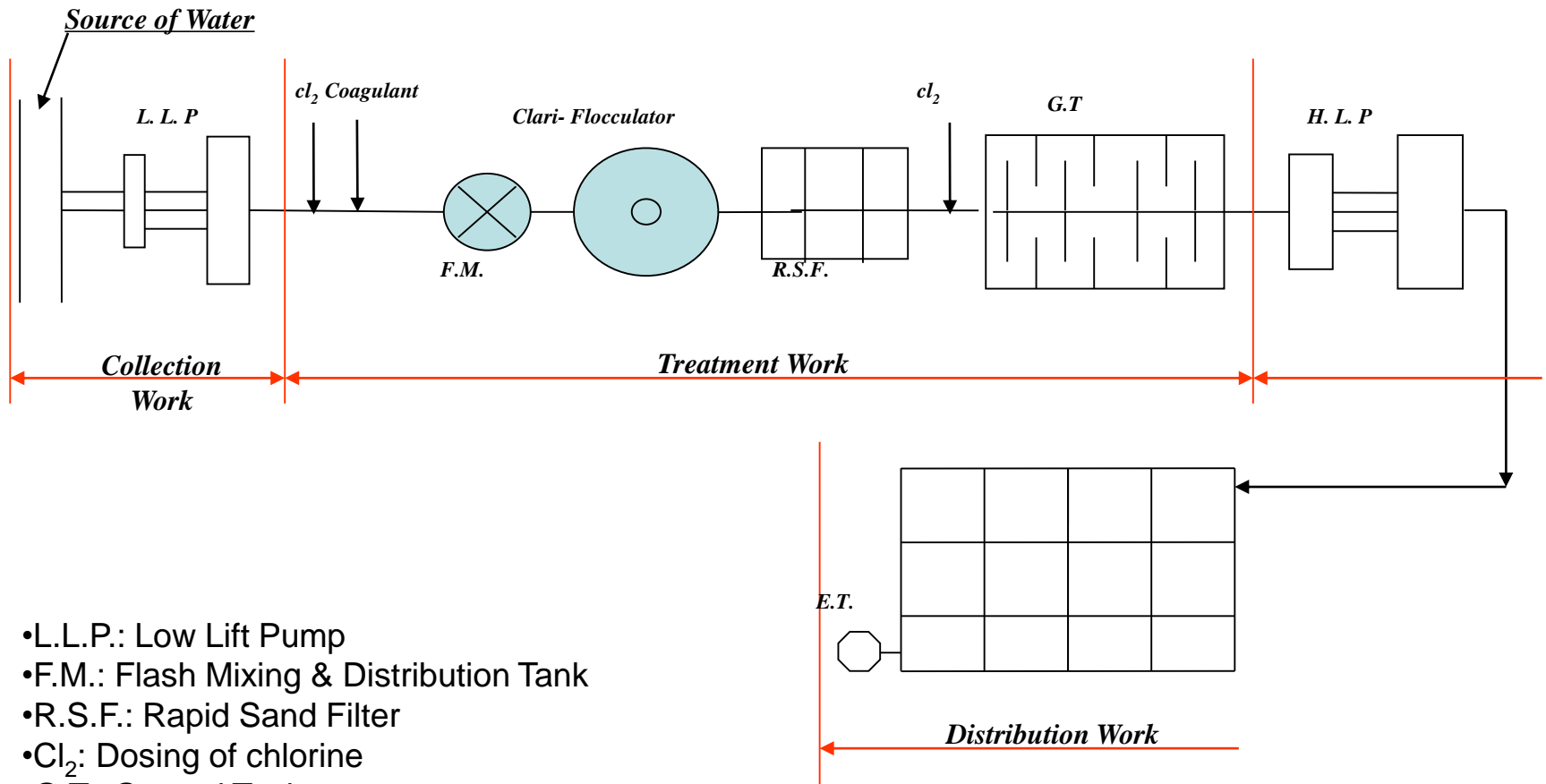
### 2- Filtration:

- Removal of remaining colloidal matter.
- Removal of taste, odor, and color.
- Removal of iron and magazine.
- Removal of 90% of bacteria.

### 3- Disinfection:

- Destroy all bacteria especially pathogenic

# Rapid sand filter water treatment plant



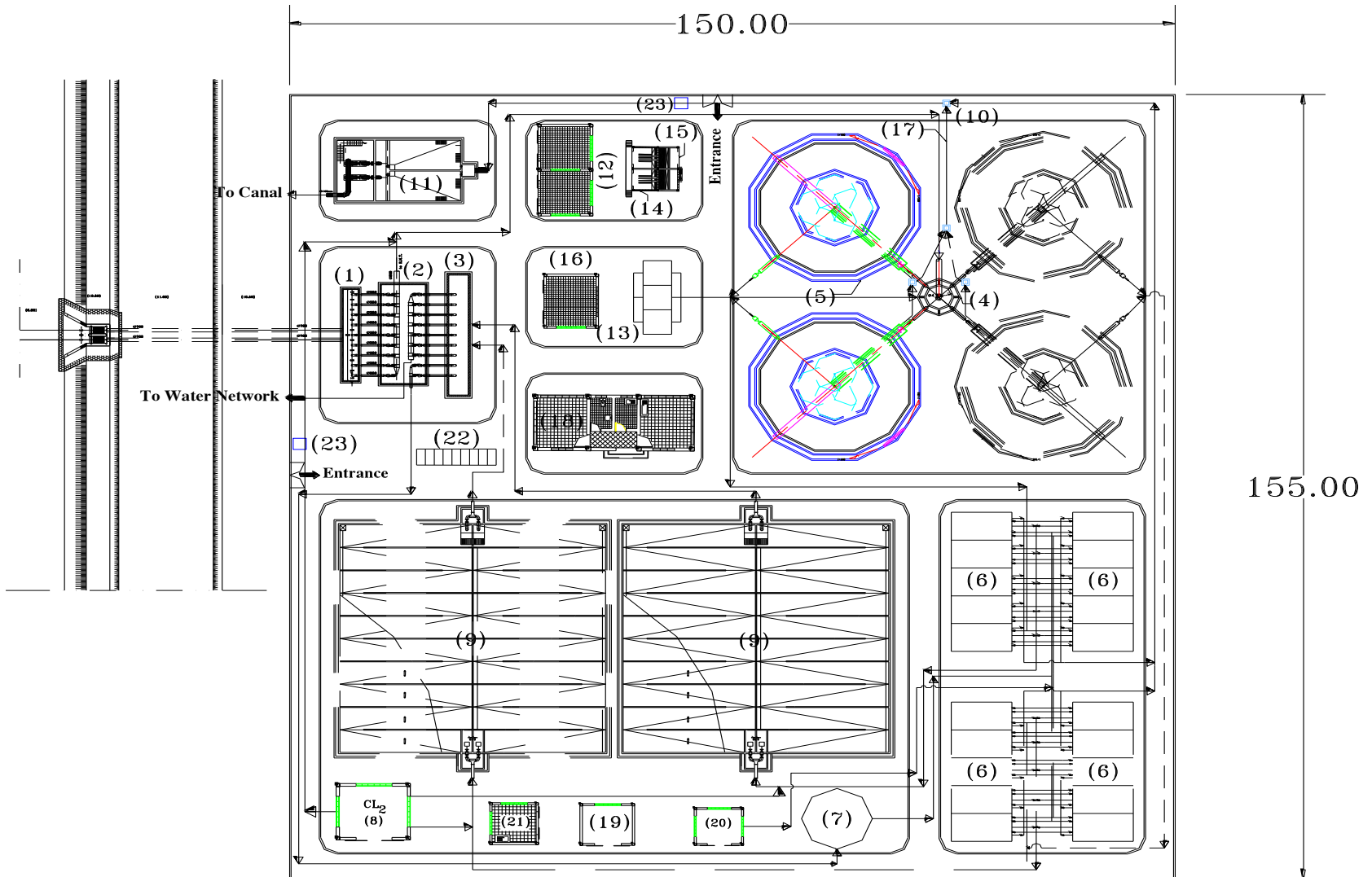
- L.L.P.: Low Lift Pump
- F.M.: Flash Mixing & Distribution Tank
- R.S.F.: Rapid Sand Filter
- Cl<sub>2</sub>: Dosing of chlorine
- G.T.: Ground Tank
- H.L.P.: High Lift Pump
- E.T.: Elevated Tank

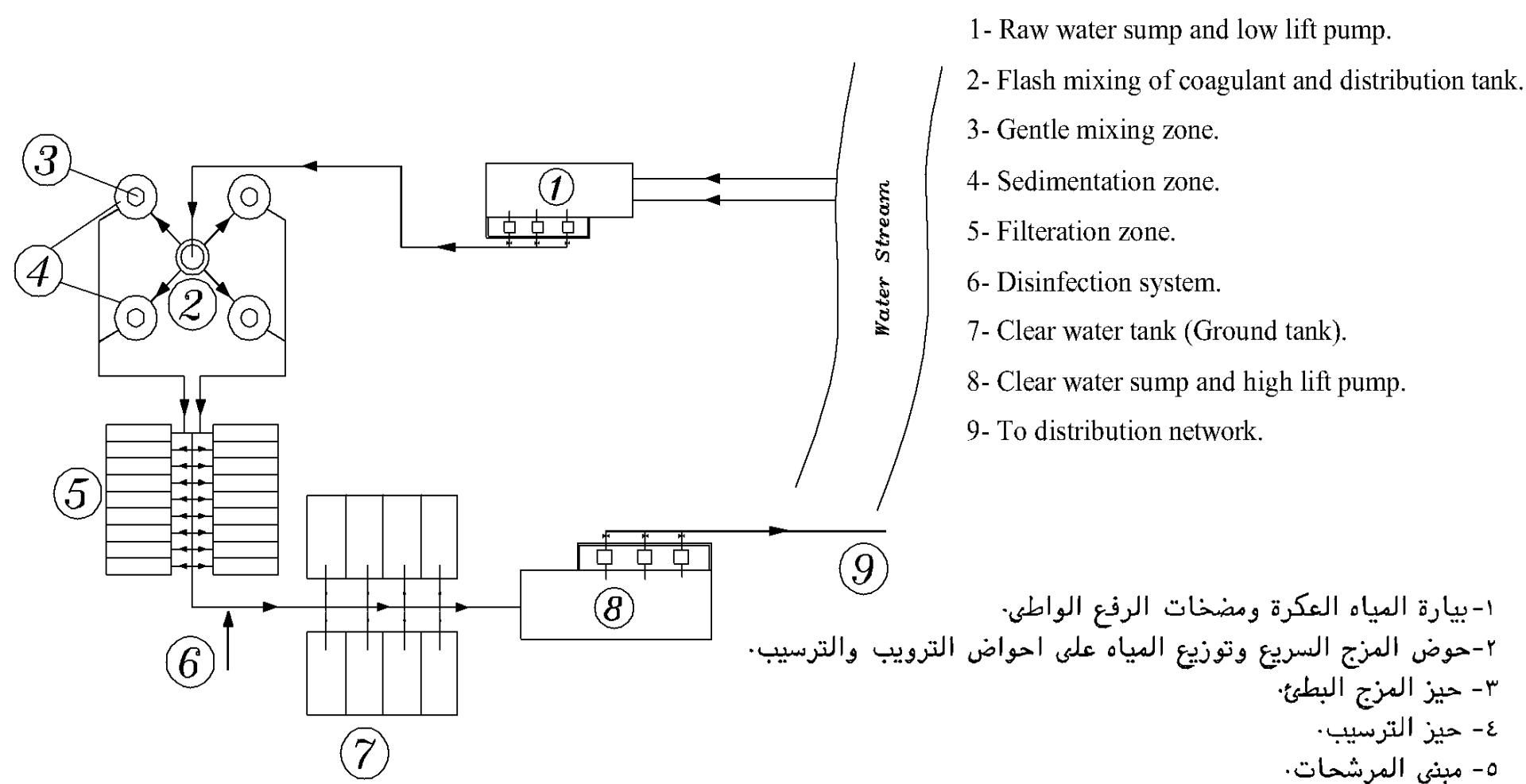
Adding a primary chlorine dose at the beginning of the treatment works (0.4 ~ 0.8 P.P.M) to eliminate the growth of algae and make it easily to sediment to prevent filter clogging. Post chlorination 0.5 – 1 P.P.M ( 0.1 - 0.3P.P.M residual)

**Chemical sedimentation:**

- 1- Increase the volume of the small suspended solids to make it easier in sedimentation.
- 2- Reduced the sedimentation time.

# Layout of Water Treatment Plant



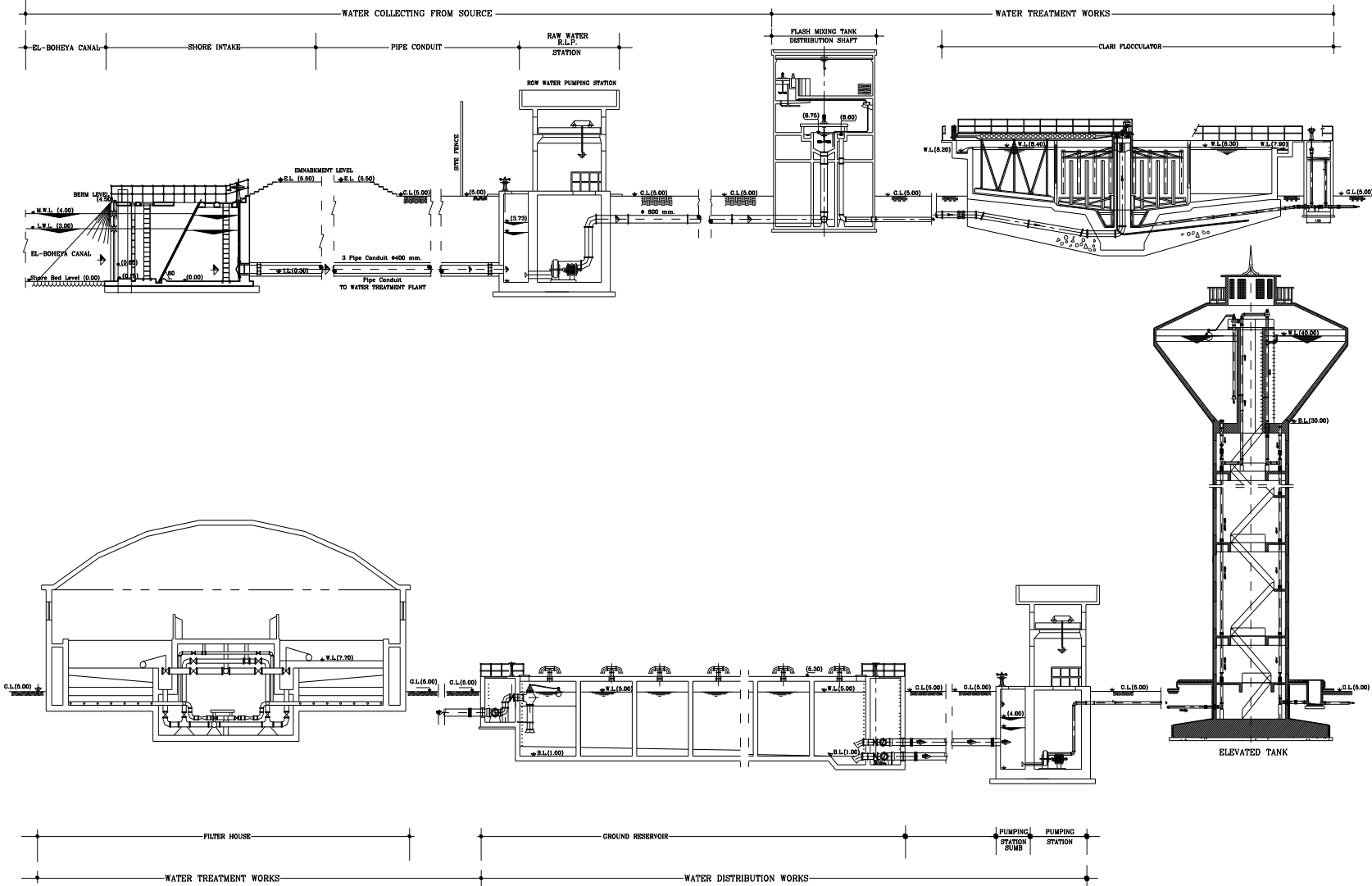


- 1- Raw water sump and low lift pump.
- 2- Flash mixing of coagulant and distribution tank.
- 3- Gentle mixing zone.
- 4- Sedimentation zone.
- 5- Filtration zone.
- 6- Disinfection system.
- 7- Clear water tank (Ground tank).
- 8- Clear water sump and high lift pump.
- 9- To distribution network.

- ١- بيارة المياه العكرة ومضخات الرفع الواطنى.
- ٢- حوض المزج السريع وتوزيع المياه على احواض الترويب والترسيب.
- ٣- حيز المزج البطئ.
- ٤- حيز الترسيب.
- ٥- مبنى المرشحات.
- ٦- وجود نظام التطهير.
- ٧- خزان المياه المعالجة ( الخزان الارضى ).
- ٨- بيارة المياه المعالجة ومضخات الرفع العالى.
- ٩- الى شبكة توزيع المياه.

*General Layout of Water Treatment Plant (WTP)*  
الموقع العام لمحطة معالجة مياه الشرب

# Hydraulic Profile



NOTE :-  
ALL DIMENSIONS AND LEVELS ARE IN m. EXCEPT  
DIAMETERS ARE IN mm.

# Purification works

## Coagulation

# Coagulation

It has been found that by the addition of certain chemicals to water an insoluble, gelatinous, flocculent precipitate will be formed.

In its formation through the water, will adsorb suspended and colloidal matter and increase their sedimentation rate. The chemicals used in water as coagulant, when properly applied are harmless to consumers.

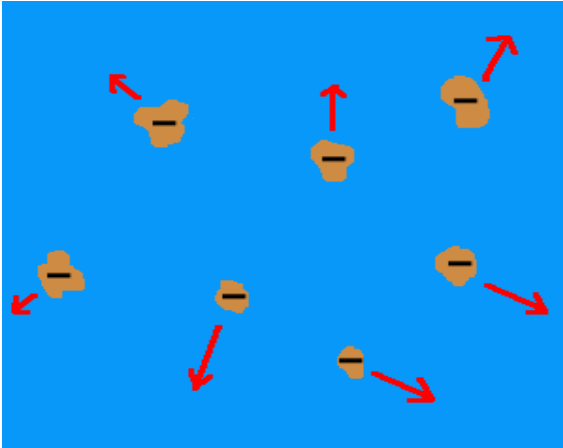
Coagulation      —————>      flash mixing.

Flocculation      —————>      gentle mixing.

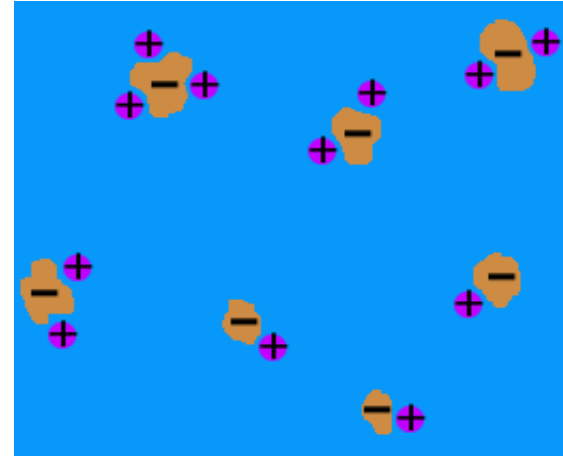
**Coagulation:** adding a chemical substance doesn't affect the chemical and physical characteristics of water react with the natural alkalinity of water forming gelatinous hydracids.

**Flocculation:** the attraction of small suspended solids to the surface of the gelatinous hydracids.

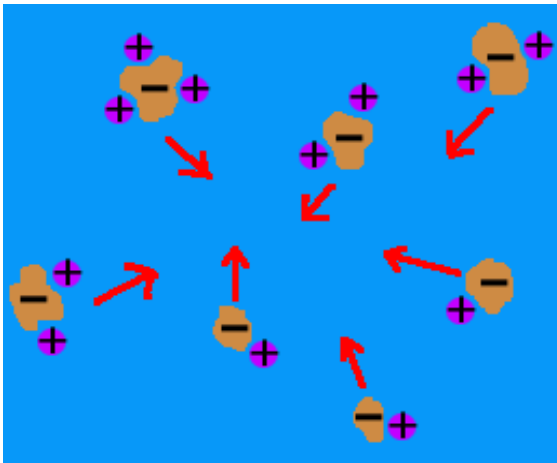
# Formation of floc



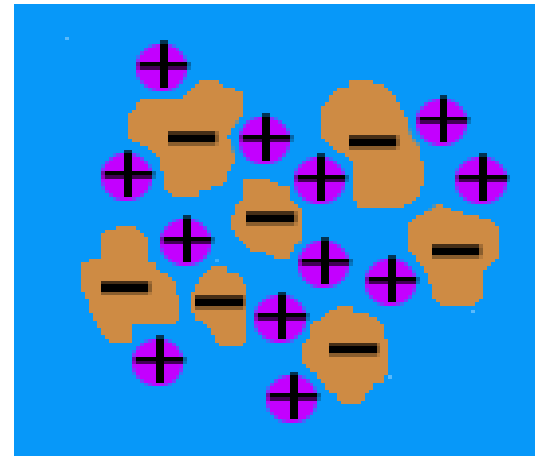
Negatively charged particles repel each other due to electricity



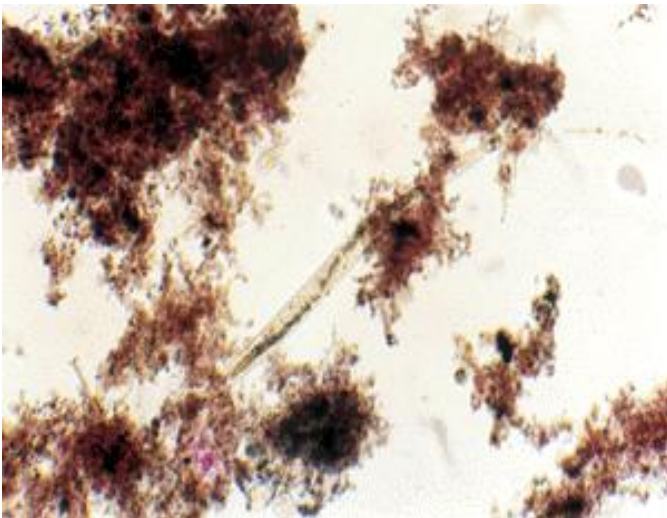
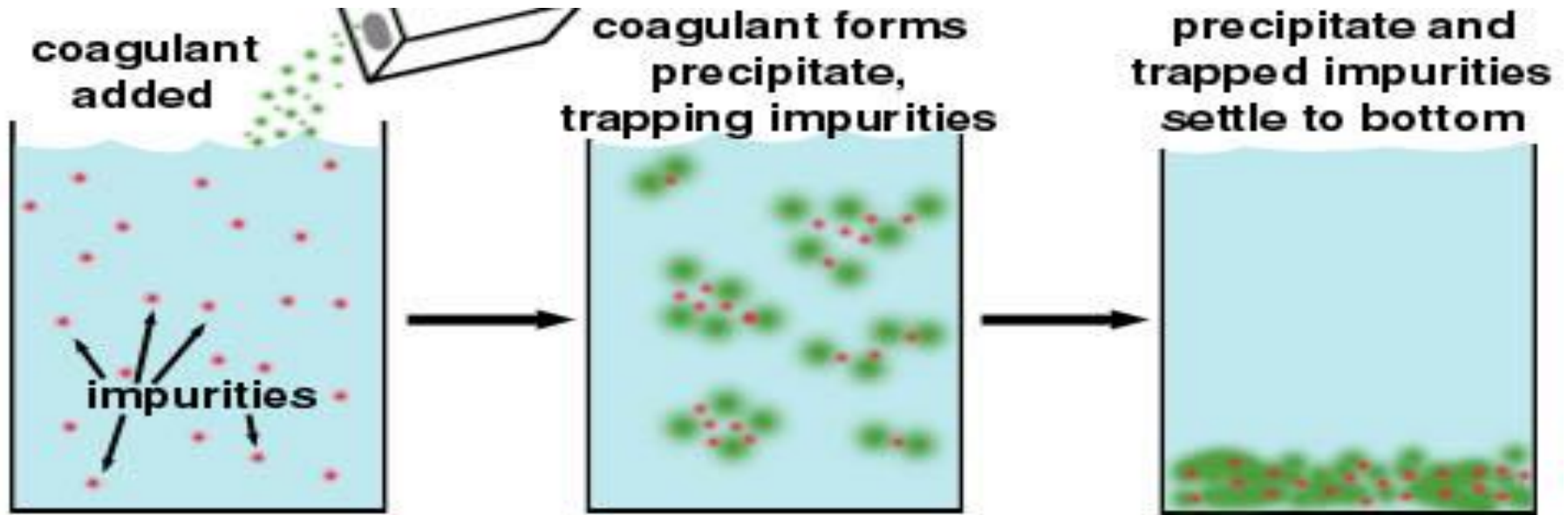
Positively charged coagulants attract to negatively charged particles due to electricity



Neutrally charged particles attract due to van der Waal's forces



Particles and coagulants join together into floc.



A photograph of the flocs

## Kinds of coagulants

1- Hydrous aluminum sulfate (Alum)

- easy to use
- cheap
- available

2- Ferrous sulfate  $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3$

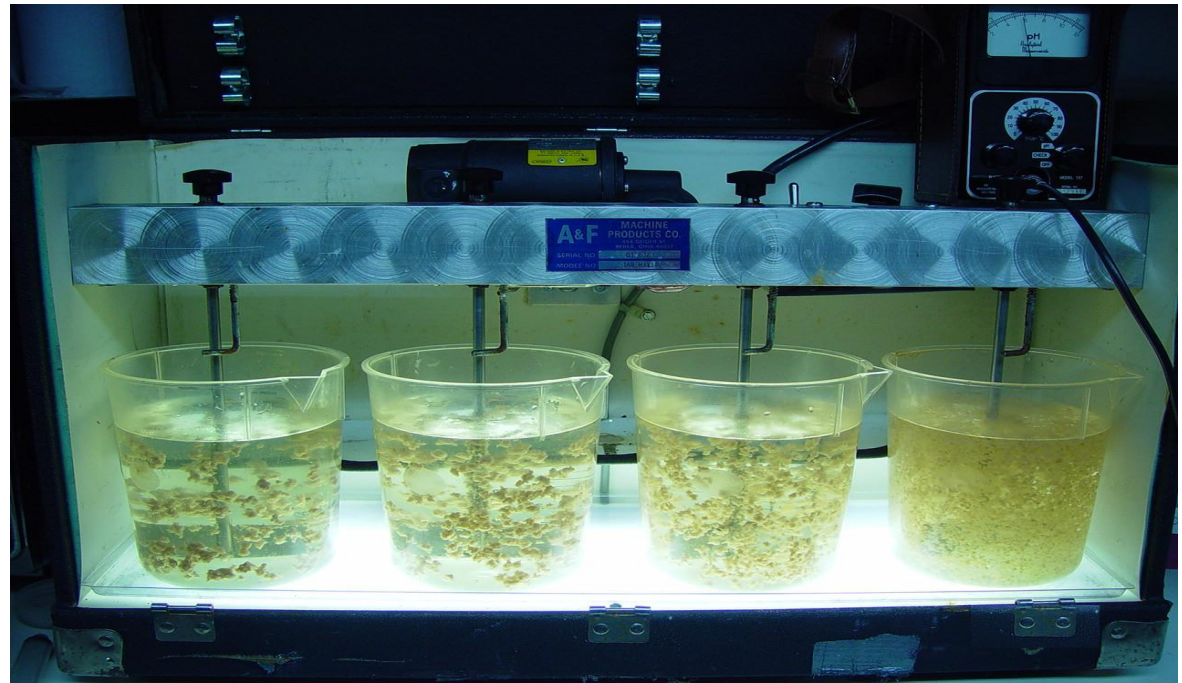
3- Ferric sulfate  $\text{Fe} (\text{SO}_4) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

4- Ferric chloride  $\text{Fe Cl}_3$

## Jar test

This test is used to determine:

- 1- The optimum dose of coagulant (alum).
- 2- The optimum retention time.
- 3- The optimum mixing velocity.



## **Methods of feeding coagulant:**

### **1- Dry feeding:**

#### **Advantages:**

1- Control the added dose.

#### **Disadvantages:**

1- Needs of a good aerated place to store.

2- Non homogeneous solution.

### **2- Wet feeding:**

#### **Advantages:**

1- Homogeneous solution.

#### **Disadvantage:**

1- It needs mechanical maintenance.

2- Construction of alum solution preparation tanks.

## **Mixing coagulant**

### **Mixing tanks**

#### **Purpose:**

Distribute the coagulant uniformly in raw water.

1- Injection the solution of the coagulant in the delivery pipe of the low lift pump.

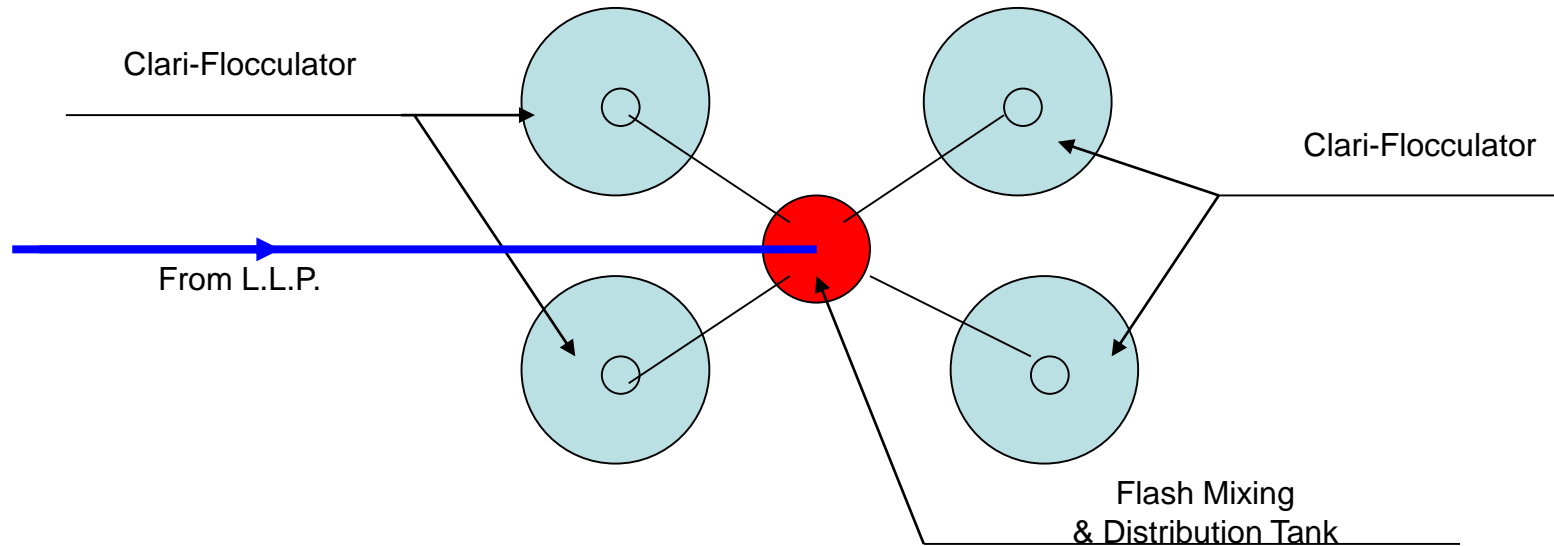
2- Adding the coagulant solution in a venture so that the turbulence which occurs mixes the coagulant with water.

3- Using flash mixing tank.

## Flash mixing tank:

### Purpose:

Distribute the coagulant uniformly in raw water.



### Design criteria:

retention time =  $T = ( 20 - 60 ) \text{ sec}$

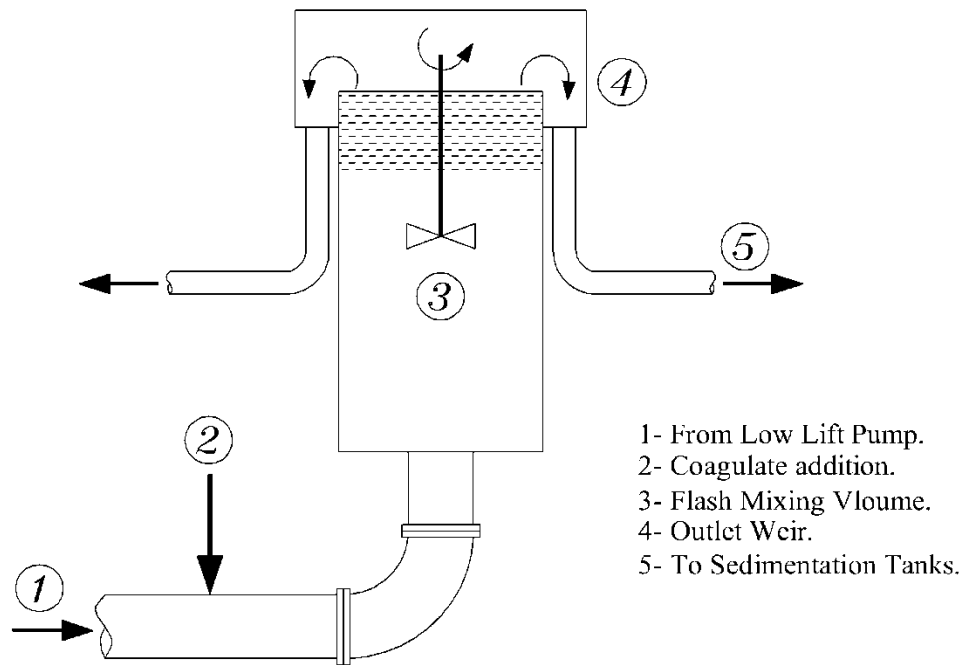
•depth = ( 1- 3 ) m

•Diameter  $\leq 35$  m

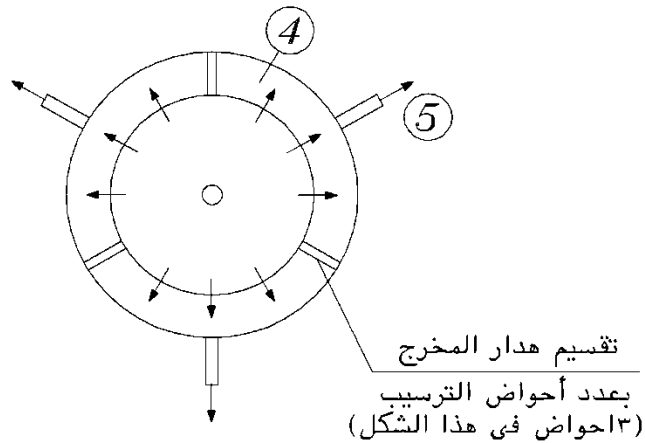
•No. of tanks  $\geq 1$

•Speed of impeller = ( 100 - 300 ) R.P.M

•Volume =  $Qd \times T$



قطاع رأسي



مسقط افقي

حوض المزج السريع والتوزيع على أحواض الترسيب  
Flash Mixing

**Example:**

A water treatment plant has a discharge of 30,000 m<sup>3</sup>/d, it is required to design the flash mixing tank of this plant.

**Solution:**

$$Q_d = 30000 \times 1.1 = 33000 \text{ m}^3 / \text{d}$$

$$V = Q_d \times T$$

$$V = \frac{33000}{24 \times 60 \times 60} \times 60 = 22.91 \text{ m}^3$$

$$V = n \frac{\pi \phi^2}{4} \times d$$

$$22.91 = \frac{\pi \phi^2}{4} \times 2$$

$$\phi = 3.82 \text{ m}$$

# Purification works

Flocculation

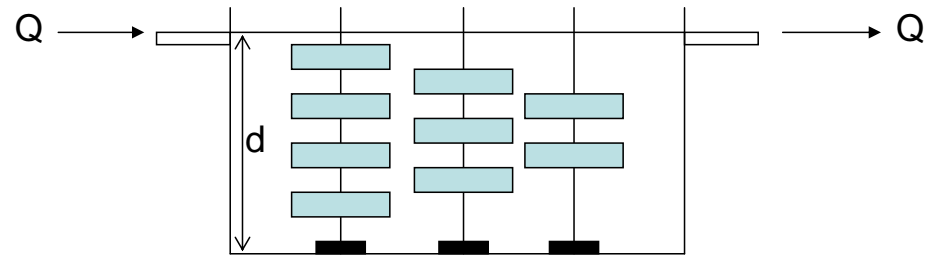
# Flocculation

## Purpose:

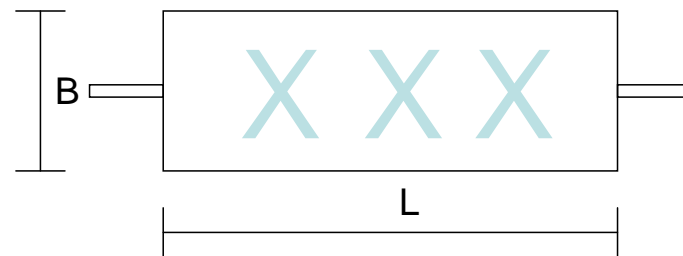
- 1- Provide enough time for the reaction between the coagulant and the natural alkalinity of water.
- 2- Give enough time for the result of action (flocs) to grow and collect very fine particles and colloidal matter.

## Design criteria:

- 1- Retention time =  $T = (20 - 40)$  min
- 2- Depth ( $d$ ) =  $(2 - 3)$  m
- 3- Width ( $b$ ) =  $(1 - 2)$  Depth
- 4- Length ( $L$ ) =  $3 b$
- 5- Rotation speed = 30 R.P.M.
- 6- Velocity  $\geq 0.3$  m/sec (to prevent sedimentation)
- 7- No. of tanks  $\geq 2$



Area of blades 35% 25% 15% of  $A (B \times d)$



Schematic diagram of flocculation tank

**Example:**

For the last example design the flocculation tank.

**Solution:**

$$V = Q_d \times T$$

$$V = \frac{33000}{24 \times 60} \times 30 = 687.5 m^3$$

$$A = \frac{V}{d}$$

$$A = \frac{687.5}{2} = 343.75 m^2$$

$$A_{ofonetank} = \frac{343.75}{4} = 85.94 m^2$$

$$A = L \times b$$

$$L = 3b$$

$$A = 3b \times b \quad \therefore b = 5.35 \text{ m} \quad \text{and} \quad L = 16.06 \text{ m}$$

$$B > 2d \text{ (} 2 \times 2 = 4 \text{)} \quad \therefore \text{increase } n$$

Take  $n = 7$

$$\therefore b = 4.06 \text{ m} \quad \text{and} \quad L = 12.14 \text{ m}$$

● مثال (إمداد مياه ا.د.حمدي سيف):-

● لتصرف قدره 120.000 مائة وعشرون ألف متر مكعب في اليوم صمم:

● حوض المزج السريع.

● أحواض المزج البطيء وأحواض الترسيب المستطيلة.

● أحواض (الترسيب والترويب) الدائرية المشتركة.

● احسب كمية كبريتات الألومنيوم المستخدمة في الترويب وتكاليفها في السنة إذا كانت الجرعة المستخدمة في الترويب 30مجم/لتر ، وكان ثمن الطن 250 جنيهاً.

● حجم الرواسب المترسبة في أحواض الترسيب في اليوم . مع تحديد حجم حيز الترسيب في حالة تصريف الرواسب كل 4 ساعات إذا كان تركيز المواد العالقة في المياه 60 مجم/لتر.

الحل :-

حوض المزج السريع :

● **مدة بقاء المياه في الحوض 40 ثانية تقريباً.**

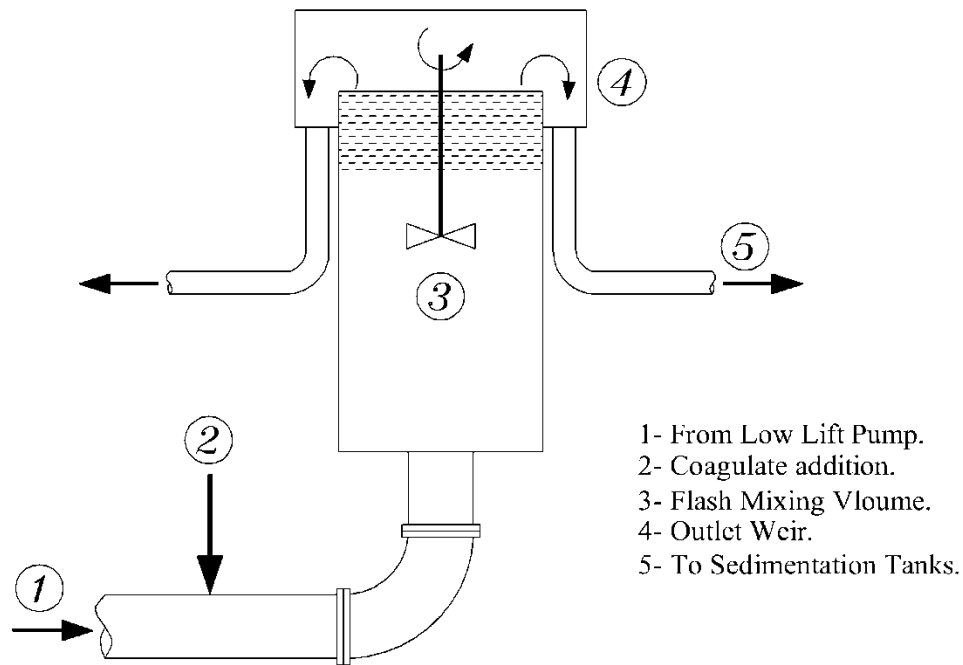
حجم الحوض = التصرف × مدة بقاء المياه في الحوض.

$$= 120.000 \times 40 \div (24 \times 60 \times 60)$$

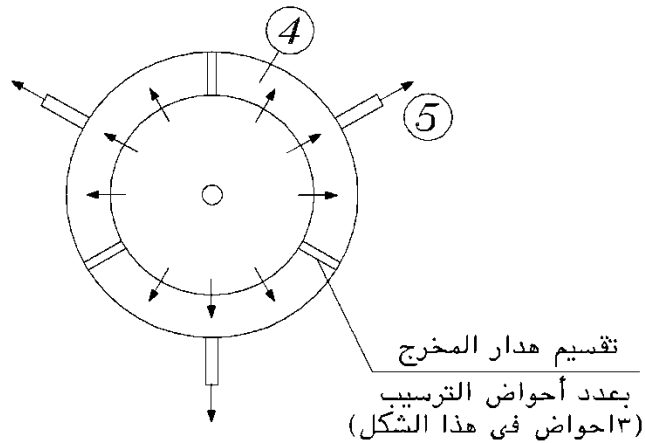
$$= 55.5 \text{ متر مكعب.}$$

بفرض الحوض دائري ، قطره يساوى عمق المياه فيه :

$$(\pi d^2/4)d = 0.25\pi d^3 \quad d=4.2 \text{ m}$$



قطاع رأسي



مسقط افقي

حوض المزج السريع والتوزيع على أحواض الترسيب  
Flash Mixing

الأحواض المستطيلة (المزج البطئ والترسيب):

أحواض الترسيب :

**معدل التحميل السطحي = 30 م<sup>3</sup> / م<sup>2</sup> / يوم.**

المساحة السطحية لأحواض الترسيب =  $120000 \div 30 = 4000$  م<sup>2</sup>

بفرض طول الحوض 32 متر ، عرض الحوض 8 متر.

عدد الأحواض = 15.6 وفى حالة اختيار 16 حوض ،

تكون مساحة الحوض = 250 م<sup>2</sup>. وأبعاده  $31.25 \times 8$  متر .

**وبفرض مدة بقاء الماء فى الحوض 3 ساعات.**

يكون حجم الأحواض =  $120000 \times 3 \div 24 = 15000$  م<sup>3</sup>.

وعمق الحوض = الحجم ÷ المساحة =  $15000 \div 4000 = 3.75$  متر.

أحواض المزج البطئ :

عدد الأحواض هو نفس عدد أحواض الترسيب = 16 حوض

**وبفرض مدة بقاء الماء فى الأحواض 30 دقيقة ،**

حجم الأحواض =  $120000 \times 30 \div 60 \times 24 = 2500$  م<sup>3</sup>.

حجم الحوض الواحد =  $2500 \div 16 = 156.25$  م<sup>3</sup>.

وحيث أن عرضه هو نفس عرض حوض الترسيب ويساوى 8 متر وبفرض عمقه 3 متر ،

يكون طول الحوض 7.75 متر.

الأحواض الدائرية (المزج البطئ والترسيب) المشتركة :  
من الخطوات السابقة :

- مساحة (حيز الترسيب) في أحواض الترسيب =  $4000 \text{ م}^2$
- حجم حيز (المزج البطئ) الترويب =  $2500 \text{ م}^3$
- و عمق حوض الترسيب  $3.75 \text{ م}$  .
- وعمق حوض الترويب يكون أقل من الترسيب بنصف متر
- $= 3.75 - 0.5 = 3.25 \text{ متر}$ .
- مساحة أحواض الترويب =  $769 \text{ متر مربع}$ .
- **مساحة أحواض (الترسيب + الترويب) =  $4769 \text{ متر مربع}$  ،**
- وبفرض أن عدد كل من أحواض الترسيب والترويب المشتركة =  $6$
- تكون مساحة الحوض =  $4769 \div 6 = 794 \text{ متر مربع}$
- القطر D الكلى لحوض الترسيب ويشمل الترويب =  $32 \text{ متر تقريبا}$
- **ولإيجاد القطر الداخلي لحوض الترويب ،**
- تكون مساحة الحوض الواحد =  $769 \div 6 = 128 \text{ م}^2$  .
- القطر الداخلي (قطر حيز الترويب) =  $12.8 \text{ متر}$ .





## كمية وتكاليف الشبة المستخدمة في الترويب :

- تركيز جرعة الشبة المضافه = 30 مجم / لتر (جم / م<sup>3</sup>).
- كمية الشبة المستخدمة =  $30 \times 120000 = 3.600.000$  جم /يوم.
- = 3600 كجم/يوم = 3.6 طن/يوم.
- كمية الشبة في العام =  $365 \times 3.6 = 1314$  طن.
- تكاليف الشبة المستخدمة في العام =  $250 \times 1314 = 328500$  جنيهاً

## حجم الرواسب المترسبة :

- تركيز المواد العالقة = 60 مجم/لتر
- وبفرض المترسب في أحواض الترسيب 90 % من المواد العالقة.
- وزن المواد المترسبة =  $0.90 \times 60 \times 120.000 = 6480$  كجم / يوم
- = 6.48 طن /يوم.
- وبفرض أن الرواسب بها نسبة 98% مياه ، 2% مواد صلبة ،
- يكون وزن الرواسب المترسبة = 324 طن/يوم.
- بفرض كثافة الرواسب = كثافة المياه = 1 طن للمتر المكعب.
- فيكون حجم الرواسب = 324 م<sup>3</sup> في اليوم.

## وفى حالة أحواض الترسيب المستطيلة (16 حوض).

- يكون حجم أحواض الرواسب المترسبة فى كل حوض =  $20.25 \text{ م}^3$  /يوم.
- وفى حالة صرف هذه الرواسب كل 4 ساعات، يكون حجم حيز الترسيب  $6 \div 10.25 = 3.375 \text{ م}^3$
- وفى كل حوض عدد 2 هرم ناقص مقلوب قاعدته مربع ضلعه نصف عرض الحوض والقاعده الصغرى  $0.5 \times 0.5$  متر ويتم حساب ارتفاعه.

## وفى حالة أحواض الترسيب الدائرية (6 حوض)

- يكون حجم الرواسب المترسبة فى كل حوض =  $45 \text{ م}^3$  /يوم.
- وفى حالة سحب الرواسب كل 4 ساعات ، يتم سحب الرواسب 6 مرات يوميا
- يكون حجم حيز الترسيب  $6 \div 54 = 9 \text{ م}^3$  .
- ويكون فى كل حوض مخروط ناقص مقلوب قطر قاعدته نصف قطر حيز الترسيب والقطر الأصغر 0.50 متر ويتم حساب ارتفاعه .

