



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

# ملخص ويست

## محمد السفاريني



[www.civilittee.com](http://www.civilittee.com)



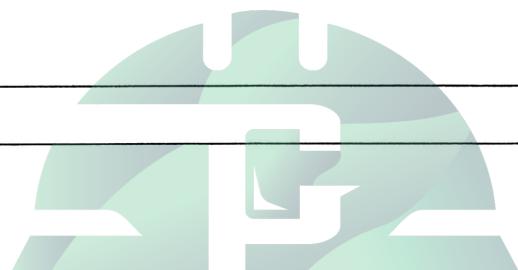
Civilittee Hashemite



Civilittee HU | لجنة المدني

وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ  
مُلْحَصٌ لِمَادَةِ الْوَيْسِتِ شَامِلُ الْمَلَاحِظَاتِ الْمُحْكَيَةِ  
فِي الْمَحَاضِرَاتِ وَأَسْئَلَةٌ مُمْتَنَوَةٌ  
نَسَأْلُ اللَّهَ التَّوْفِيقَ لَكُمْ وَلَا تَنْسُونِي مِنْ صَالِحِ الدُّعَاءِ .

محمد السفاريني  
#لجنة\_سيفلتي



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

### • Ch1 : Introduction (مقدمة)

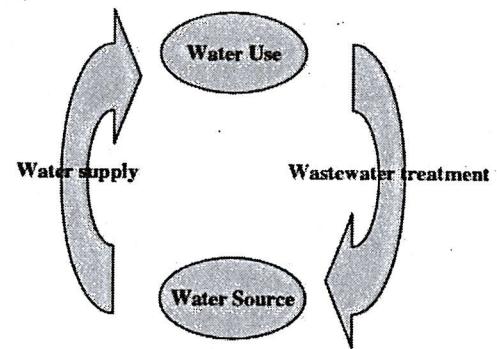
عند التصميم نراعي التعداد السكاني لأن التكلفة عالية جدا

- **Waste water** (مياه عادمة ، تم استخدامها)
- **Complete water cycle** (دورة المياه الكاملة)



• دورة المياه الكاملة تحتوى هذه المراحل :

- 1- Water use (استخدام المياه) .
- 2- Wastewater treatment (معالجة المياه العادمة) .
- 3- Water source (مصدر المياه) .
- 4- Water supply (تزويد المياه) .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

• Ch2 : Water quality and treatment (جودة الماء و المعالجة)

• The characteristics (مميزات) of wastewater flow (تدفق المياه العادمة) are affected (تأثر) by :

1-Amount (كمية) . 2- Quality (جودة) of domestic water (مياه محلية) .

• Why we study (دراسة) and understand (فهم) the calculations (حسابات) related (تتعلق) to water quality parameters (عوامل جودة الماء) ?

**Ans : For better understanding (فهم أفضل) of the wastewater characteristics .**

(مميزات المياه العادمة)



## • Turbidity in water (العکرة في الماء)

- Results from the **erosion** (تعریف) of colloidal materials (المواد الغروانية) like :

1-Clay (طین) .

2-Silt (طمي) .

3-Metal oxides (أكسيد الحديد) in the soil (تربة) .

- The turbidity is used as indirect measure (قياس غير مباشر) of the suspended solids content (محتوى الجزيئات العالقة) .



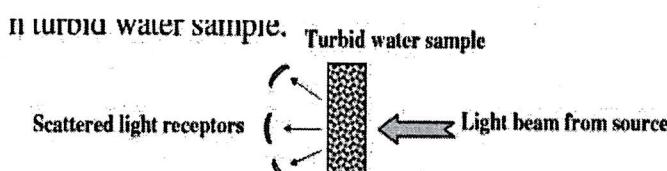
# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Water turbidity is usually measured using (يُقاس) meters expressed in NTU (Nephelometric Turbidity Units) .
- Such meters are based measuring the light scattered (تشتت الضوء) from turbid water sample (عينة ماء عکرہ) .

• كلما زاد رقم الناتج من التجربة يدل على أن العينة فيها مواد عالقة .  
• وكلما كان الرقم أقل دل على أن العينة لا يوجد بها مواد عالقة .



### • Water color (لون الماء)

- **Formed** when water comes in contact with (يتشكل) (اتصال ب)

- 1- Organic materials (مواد عضوية) like :

A-Wood    B- Humic acids . (حمض الهيوميك)

- 2- In-organic materials (مواد غير عضوية) like : A- Iron oxides (أكسيد الحديد)

B- Industrial wastes (أنشطة صناعية)

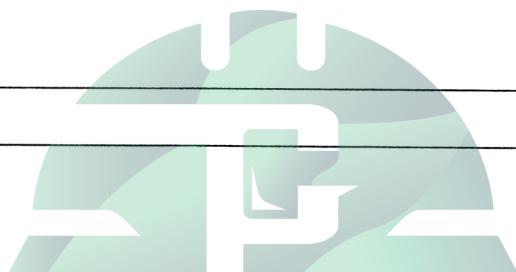
- Pure water (الماء الصافي) is colorless (عديم اللون), however water from **natural sources** may have a color depending on the contaminants nature (يعتمد) (مصدر ملوث) .

- **Color produced** (تنتج) from :

1-Suspended solids : Apparent color (لون ظاهري)

2- Dissolved solids : True color (لون حقيقي)

- **Color in water is measured** (تقاس) and **expressed** (تعبر) in **True Color Units (TCU)** .



**Civilittee**

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

### • Odor (الرائحة)

- Pure water (الماء الصافي) is odorless (عديم الرائحة) .

- Odor in water may **appear** (يظهر) due to **water contact with** (اتصال الماء) (بسبب)

1- Natural substances (مواد طبيعية) like grass, bio-reactions (algae)

(الطحالب) .

2- Contact with human waste (ملوثات الإنسان) .

3- Due to pollution from human activities like industry .

- Odor in water **expressed** in units (وحدة) of Threshold Odor Number (TON) .

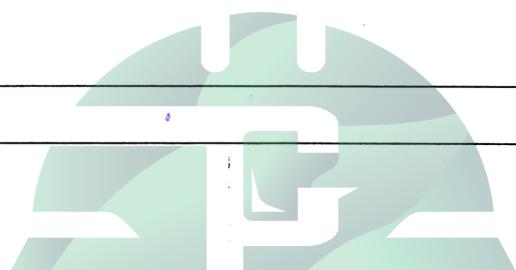
• **Physical (يمكنك رؤيتها) **water quality parameters** :**

- 1- Suspended solids content (SS) (المواد العالقة) .
- 2- Turbidity (عکورة) .
- 3- Water color (لون الماء) .
- 4- Odor (الرائحة) .

• **Chemical water quality parameters:**

- 1- Dissolved solids content (DS) (المواد الذائبة) .
- 2- Alkalinity (القاعدية) .
- 3- Hardness (التكلس أو عسر المياه) .
- 4- Fluoride content (محتوى الفلوريد) .
- 5- Metals content (المواد المعدنية) .
- 6- Organics (المواد العضوية) .

• **Biological water quality parameters:** Pathogens (مسببات الامراض) .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

**Q . List (عدد) three of water quality parameters ?**

**Ans :** 1- Physical 2- Chemical 3- Biological

**Q . List three of Chemical water quality parameters ?**

**Ans :** 1- Fluoride content 2- Metals content 3- Organics

**Q . What pathogens includes (تتضمن) ?**

**Ans :**

- 1- Viruses (فيروسات) .
- 2- Bacteria (بكتيريا) .
- 3- Protozoa (أوليات ذات خلية واحدة) .
- 4- Helminths (parasitic worms) (طفيلات كبيرة الحجم) .



- Drinking water standards (EPA) for selected parameters .

هذا الجدول ليس للحفظ فقط وأهميته هي معرفة المعايير لتصنيف إذا كانت العينة مقبولة أم لا وهذه الأرقام هي الحد الأقصى .

**Q . Why the Chloride is higher than Fluoride ?**

**Ans :** Chloride is used for Disinfection and the Fluoride is toxic .

| Contaminant                   | Max level |
|-------------------------------|-----------|
| Total Coliforms (#/100mL)     | 5         |
| Turbidity (NTU)               | 1 - 5     |
| Color (Units)                 | 15        |
| Odor (TON)                    | 3         |
| pH                            | 6.5 - 8.5 |
| Total dissolved solids (mg/L) | 500       |
| Inorganic chemicals (mg/L)    |           |
| Chloride                      | 250       |
| Fluoride                      | 0.7 - 2.4 |
| Lead                          | 0.05      |
| Cadmium                       | 0.01      |
| Silver                        | 0.05      |
| Zinc                          | 5         |
| Copper                        | 1         |
| Organic chemicals (µg/L)      |           |
| Trihalomethanes               | 100       |
| Benzene                       | 0.05      |
| Carbon tetrachloride          | 0.05      |



**Civilittee**

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- **Suspended solids content (SS) :**

• Water **total solids** = Suspended solids (SS) + Dissolved solids (DS).  
The suspended solids can be either (إما) :

- 1- Organic (عصوي) .
- 2- In-organic (غير عصوي) .

- **Example of Organic solids :**

- 1- Plant fibers (الياف النباتات) .
- 2- Algal cells (الطحالب) .
- 3- Bacteria (بكتيريا) .

- **Example of Inorganic solids :**

- 1- Polymers (مركب كيميائي) .
- 2- Other industrial materials (مواد صناعية) .



How we can remove (إزالة) ? By Sedimentation (الترسب) .

If we cant we use coagulation-flocculation-sedimentation process (عملية) followed (تتبع) by Filtration (الفلترة) through sand filters if needed .

- The concentration (تركيز) of the suspended solids in  $\frac{mg}{L}$  .
- The temperature (درجة الحرارة) at which the solids are dried (جفاف) is  $104^{\circ}C$  .
- Dissolved solids = **filterable solids** (مواد لم تترسب) .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

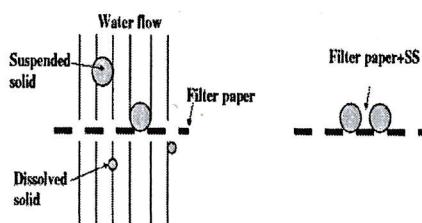
Q : A 250 ml (حجم العينة) water sample is filtered through a filter paper (فلتر الورق).

The dry mass of the filter paper is 54.352 g. After filtration, the filter media and its filtrate were dried for 24 hours at  $104^{\circ}C$  and the dry mass of the filter paper and its non-filterable solids is 54.389 g .

What is the suspended solids concentration (تركيز) in  $\frac{mg}{L}$ ?

Solution :

- لدينا محلول حجمه معروف تم إجراء فلترة له ف تم توزين الفلتر وحده ثم تم تنشيف المحلول على حرارة عالية .  
ثم توزينه والمطلوب قياس تركيز الجزيئات العالقة .



| Number (الرقم) | (معنى الرقم ودلالته في السؤال)          |
|----------------|---|
| 250 ml         | حجم العينة                              |
| 54.352 g       | وزن الفلتر فقط                          |
| 54.389 g       | وزن الفلتر بالإضافة لوزن المواد العالقة |

The mass (كتلة) of suspended solids =  $54.389 - 54.352 = 0.037$  g

$$\text{Suspended Solids concentration} = \frac{\text{Suspended solids weight (mg)}}{\text{Sample volume (L)}}$$



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

علينا تحويل الوحدات :

g to mg (\*1000)

ml to L (/1000)

لكي نعرض الأرقام بالوحدة المطلوبة والتي كتبت سابقاً لذلك تم تحويل الوحدات .

$$\text{Suspended Solids concentration} = \frac{0.037 \times 1000}{\frac{250}{1000}} = 148 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$



Q. : A 500 ml water sample is filtered through a filter paper. The dry mass of the filter paper is 54.352 mg. After filtration, the filter media and its filtrate were dried for 24 hours at 104°C and the dry mass of the filter paper and total solids is 1.389 g .

If you know mass of DS = 0.66g

What is the suspended solids concentration in  $\frac{mg}{L}$  ?

Solution :

| Number (الرقم ) | Mean (معنى الرقم ودلائله في السؤال )              |
|-----------------|---|
| 500 ml          | حجم العينة  |
| 54.352 mg       | وزن الفلتر لوحدة                                  |
| 1.389 g         | وزن الجزيئات <u>كاملة</u> بالإضافة إلى وزن الفلتر |



Civilittee



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

$$\text{Filter paper} + \text{DS} + \text{SS} = 1.389 \text{ g}$$

$$\frac{54.352}{1000} \text{ g} + 0.66 \text{ g} + \text{SS} = 1.389 \text{ g}$$

$$\text{SS} = 0.675 \text{ g} * 1000 = 675 \text{ mg}$$

$$\text{Suspended Solids concentration} = \frac{\text{Suspended solids weight (mg)}}{\text{Sample volume(L) (حجم (L))}}$$

$$= \frac{675 \text{ mg}}{\frac{500}{1000} \text{ L}} = 1350 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$



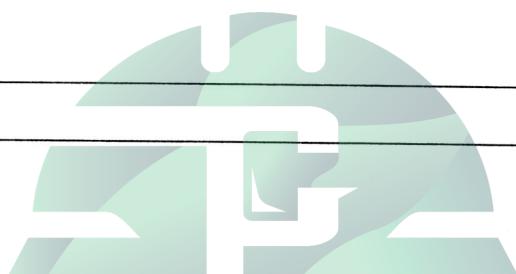
Q . : A volume of water sample is filtered through a filter paper.

The dry mass of the filter paper is **54.352 mg**. After filtration, the filter media and its filtrate were dried for 24 hours at 104°C and the dry mass of the filter paper and its non-filterable solids is **54.389 mg**, and the suspended solids concentration is **300  $\frac{mg}{L}$** .

### Find the volume in L?

**Solution :**

| Number (الرقم) | Mean (معنى الرقم ودلالته في السؤال)       |
|----------------|---|
| 54.352mg       | وزن الفلتر لوحده                          |
| 54.389mg       | وزن الجزيئات العالقة بالإضافة لوزن الفلتر |
| 300 mg/L       | تركيز الجزيئات العالقة                    |



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

$$\text{Mass of SS} = 54.389 - 54.352 = 0.037 \text{ mg}$$

$$= \frac{\text{Suspended solids weight (mg)}}{\text{Sample volume (L)}} \quad (\text{حجم (L)})$$

$$300 = \frac{0.037 \text{ mg}}{\text{volume}}$$

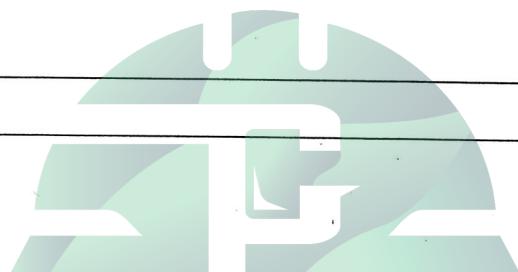
$$\text{Volume} = 1.23 * 10^{-4} \text{ L}$$



Q. : A water sample is inspected (تم تفتيشها) by a panel of 10 persons . All persons have agreed (انتفوا) that sample # 3 is the first where odor just detected .

Is this sample acceptable in terms of odor quality?

| Sample#              | 1   | 2   | 3   | 4   |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Volume of odorous(L) | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

Solution :

$$TON = \frac{200}{A(ml)} \quad \text{حفظ} \quad A : \text{Volume of odorous (ml)}$$

- حجم العينة الذي نأخذ هو : إما أول عينة تم ملاحظة وجود رائحة فيها أو أكبر عدد إجمعوا على عينة محددة أن فيها رائحة .
- الحجم المعطى ب لتر لذلك علينا تحويل الوحدات .

$$TON = \frac{200}{0.3*1000} = 0.67$$

- نقارن الرقم ب الرقم الموجود في الجداول (يكون معطى ) وهو 3 إذن العينة مقبولة .



Q . : A water sample is inspected by a panel of 10 persons.

3 persons have said that **sample # 3** is the sample where odor just detected and 7 persons have said that **sample # 4** is odor just detected .

**Is this sample acceptable in terms of odor quality ?**

| Sample#              | 1   | 2   | 3   | 4   |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|
| Volume of odorous(L) | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.4 |



**Civilittee**

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

**Solution :**

$$TON = \frac{200}{A(ml)}$$

• هنا نأخذ العينة التي تم ملاحظتها من قبل 7 أشخاص كما قلنا سابقا .

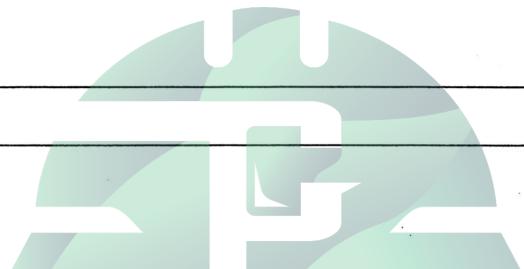
$$\frac{200}{0.4*1000} = 0.5$$

العينة مقبولة

• إذا الرقم أكبر من 3 ترفض العينة .



| Physical parameters<br>(المميزات الفيزيائية ) | Unit (الوحدة)  | Treatment (المعالجة )  | Results from (تنتج من)          |
|---|----------------|--|---------------------------------|
| Suspended solids content                      | $\frac{mg}{L}$ | Sedimentation, or Coagulation-flocculation-sedimentation followed by sand filtration | organic or inorganic materials  |
| Turbidity                                     | NTU            | Sedimentation  | erosion of colloidal materials  |
| Water Color                                   | TCU            | Adsorption using activated carbon filters  | contact with organic materials  |
| Odor  | TON            | Adsorption using activated carbon filters  | contact with natural substances |



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

**Q . Why we use activated carbon filters in home ?**

**Ans : Because for Adsorption color , taste and odor .**

**Q . What the difference from Surface water and Ground water ?**

**Ans :**

Surface water : Contact with Air , soil and rock .

Ground water : Contact with soil and rock .



• Chemical parameters : (المميزات الكيميائية)

- The Equivalence of an element : (تكافؤ العنصر) Is the number of Hydrogen atoms that the element can hold in combination .

عدد ذرات الهيدروجين الذي يحتاجها العنصر لكي يستقر و الرقم نأخذه بدون اشاره .

- The Molecular Mass (الكتلة الجزيئية) : The sum of its components atomic masses .

مجموع الكتل الذرية للعناصر المكونة للمركب والكتلة الذرية للعنصر تكون معطاه في السؤال .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Equivalent (المكافئ المولي) : Its grams molecular mass divided (قسم) by its equivalence .

$$= \frac{\text{Molecular mass}}{\text{Equivalence}}$$

- For concentration calculations (حسابات التراكيز) in water quality (تلويث الماء), it is more convenient (ملائم) to express (يعبر) the concentration (تراكيز) of different materials (مواد مختلفة) in one standard unit (وحدة قياسية) .

- That unit is the mg/L as CaCO<sub>3</sub> .



Q . : Find Equivalence , Molecular mass and Equivalent for  $(Na)^{+1}$  ,  $(OH)^{-1}$  ?

If you know:  $O = 16 \frac{g}{mol}$   $H = 1 \frac{g}{mol}$

• Solution :

•  $(Na)^{+1} =$

Equivalence = 1      Molecular mass = 40 g      Equivalent =  $\frac{40}{1} \frac{g}{eq}$

•  $(OH)^{-1} =$

Equivalence = 1 (لم نهتم للإشارة السالبة وأخذنا القيمة المطلقة )

Molecular mass =  $1*16 + 1*1 = 17 g$       Equivalent =  $\frac{17}{1} \frac{g}{eq}$



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

• The concentration of A,  $[A]$  in mg/L as  $CaCO_3$  =

$$= \frac{[A]_{mg/L} * 50}{\text{Equivalent of } A} \quad \underline{\text{حفظ هذه المعادلة}}$$

Q . : Water has 55mg/L of  $Ca^{+2}$  Find :

1- Equivalent for  $CO_3$

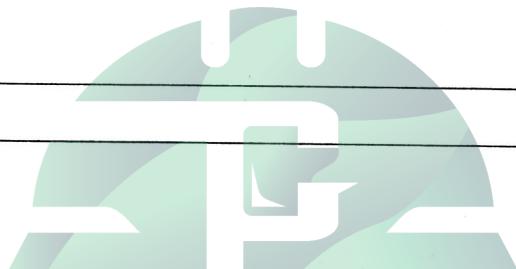
2- Express the  $[Ca^{+2}]$  in mg/L as  $CaCO_3$  ?



- **Solution :**

$$1- \text{Equivalent} = \frac{\text{Molecular mass}}{\text{Equivalence}} \\ = \frac{3*16+14}{2} = 31 \frac{\text{g}}{\text{eq}}$$

$$2- = \frac{Ca^{+2} \text{mg/L} * 50}{\text{Equivalent of } Ca^{+2}} \\ = \frac{55*50}{40} = 137.5 = 138 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3$$



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- **Dissolved solids**

- Exist (موجودة) in water due (بسبب) to the solvent action of the water on natural materials like the soil .
- Such solids can be organic or inorganic .
- Excessive amounts (كميات مفرطة) of the dissolved solids in drinking water may **cause**
  - 1- Undesirable taste . (طعم غير مرغوب به) .
  - 2- Produce color (إنماج لون) .
  - 3- Make the water hard . (يعمل تكس) .
  - 4- Change the pH .
- Such excessive amounts may be toxic (سام) to humans .
- The total solids (TS) = Total suspended solids( TSS) + Total dissolved solids (TDS)  
The total solids content :
  - 1- The suspended solids (non-filterable solids) retained (تبقى) on the filter .
  - 2- The dissolved solids (filterable solids) pass .

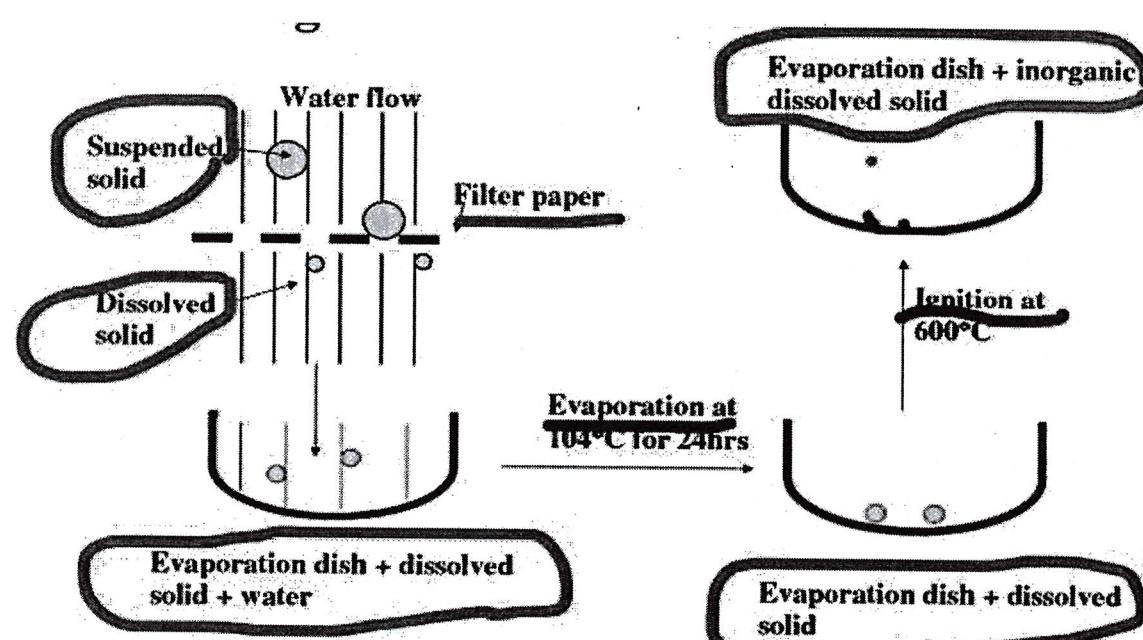


- Water sample is filtered through a filter paper (فلتر الورق) , in given volume (حجم معطى) and the dry mass of the filter paper is known (وزن فلتر الورق معروف) .
- After filtration , the filter media and its filtrate were dried for 24 hours at  $104^{\circ}\text{C}$  . The collected filterable solids (dissolved solids) are dried at  $104^{\circ}\text{C}$  for 24 hours and weighted (توزن) . Igniting (حرق) the collected filterable solids at  $600^{\circ}\text{C}$  .
- The inorganic dissolved solids **remain** (تبقى) . While the organic solids **evaporate** (تبخر) as volatile materials (مواد متطايرة) .
- The dissolved solids can be removed (ازالة) from water using advanced filtration (reverse osmosis) (الخاصية الاسموزية العكسية) .



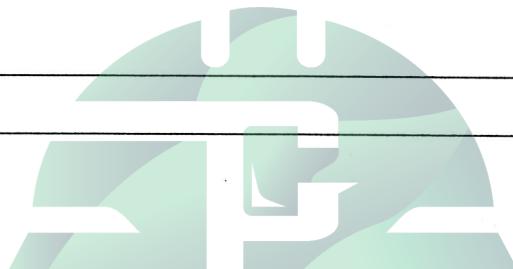
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)



الخطوات الرئيسية ل فعل هذه التجربة وتم شرح هذه الخطوات بالتفصيل سابقاً .

- 1-Water sample is **filtered** through a filter paper .
- 2- The filter media and its filtrate **were dried** for 24 hours at  $104^{\circ}\text{C}$  .
- 3- **Igniting** the collected filterable solids at  $600^{\circ}\text{C}$  .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

### How we can measure (قياس) ???

1- Total **suspended solids** mass =  
(mass of filter + mass of SS) – mass of filter

2- Total **dissolved solids** mass =  
(mass of dish + mass of DS) - mass of dish

3- **Inorganic** dissolved solids mass =  
(mass of dish + mass of inorganic solids ) – mass of dish

4- **Organic** dissolved solids mass = TDS – inorganic solids



**Q.** 100 mL water sample analyzed for total solids content . The evaporation dish has 327.465 g net mass . After evaporation, the dish and its contents weigh 327.517 g and later placed in muffle furnace(فرن) at 600°C . After cooling the dish and contents weighing 327.498 g .

**What is the total dissolved solids (TDS) content and the inorganic dissolved solids in mg/L?**

| Number (الرقم ) | (معنى الرقم ودلالته في السؤال )                       |
|-----------------|---|
| 100 mL          | حجم العينة  |
| 327.465 g       | وزن الوعاء (الdish) لوحده                             |
| 327.517 g       | وزن الوعاء بالإضافة لوزن المواد الذائبة               |
| 327.498 g       | وزن الوعاء بالإضافة لوزن المواد الغير العضوية الذائبة |



**Civilittee**

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

The mass of the TDS =  $327.517 - 327.465 = 0.052 \text{ g} * 1000 = 52 \text{ mg}$

$$\text{The TDS concentration} = \frac{\text{TDS solids weight (mg)}}{\text{sample volume(حجم) (L)}} = \frac{52 \text{ mg}}{0.1 \text{ L}} = 520 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

The mass of the inorganic dissolved solids =  $327.498 - 327.465 = 0.033 \text{ g} * 1000 = 33 \text{ mg}$

$$\text{Inorganic dissolved solids concentration} = \frac{\text{Inorganic dissolved solids weight (mg)}}{\text{sample volume(حجم) (L)}} \\ = \frac{33 \text{ mg}}{0.1 \text{ L}} = 330 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

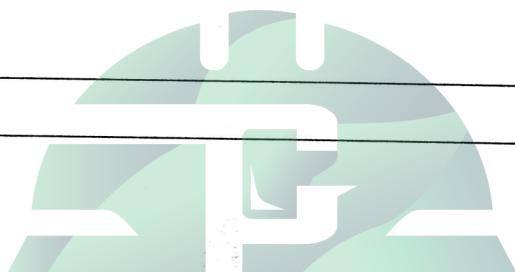
$$\text{Organic dissolved solids concentration} = \text{TDS} - \text{inorganic solids} = 520 - 330 = 190 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$



Q. A 0.5 L water sample is filtered through a filter paper . The dry mass of the filter paper is 54.352 mg . After filtration, the filter media and its filtrate were dried for 24 hours at 104°C and the dry mass of the filter paper and its non-filterable solids is 54.389 mg and The evaporation dish has 327.465 g net mass. After evaporation, the dish and its contents weigh 327.517 g and later placed in muffle furnace at 600°C . After cooling the dish and contents weighing 327.498 g .

**Find :**

- 1 - The mass and concentration **suspended solids** in  $\frac{mg}{L}$ ?
- 2 - The mass and concentration of the **TDS** in  $\frac{mg}{L}$ ?
- 3 - The mass and concentration of the **inorganic dissolved solids** in  $\frac{mg}{L}$ ?
- 4 - The mass and concentration of the **organic dissolved solids** in  $\frac{mg}{L}$ ?



**Civilittee**

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

**Solution :**

1- The mass (كتلة) of **suspended solids** = 54.389 – 54.352 = 0.037 mg

$$\text{Suspended Solids concentration} = \frac{\text{Suspended solids weight (mg)}}{\text{Sample volume (L)}} \\ = \frac{0.037}{0.5} = 0.074 \frac{mg}{L}$$

2- The mass of the TDS = 327.517 – 327.465 = 0.052 g \*1000 = 52 mg

$$\text{The TDS concentration} = \frac{\text{TDS solids weight (mg)}}{\text{sample volume (L)}} = \frac{52mg}{0.5L} = 104 \frac{mg}{L}$$



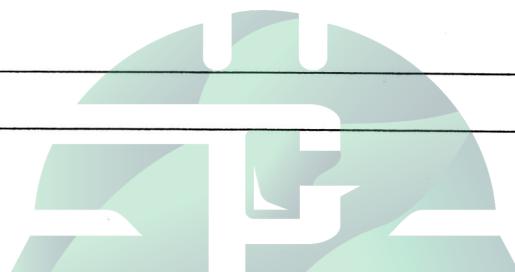
3- The mass of the **inorganic** dissolved solids

$$= 327.498 - 327.465 = 0.033 \text{ g} * 1000 = 33 \text{ mg}$$

Inorganic dissolved solids **concentration** =  $\frac{\text{Inorganic dissolved solids weight (mg)}}{\text{sample volume (L)}}$

$$= \frac{33 \text{ mg}}{0.5 \text{ L}} = 66 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

4- Organic dissolved solids **concentration** = TDS – inorganic solids =  $104 - 66 = 38 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Water pH

- The **absolute** (مطلق) pure water (undesirable taste) (طعم غير مرغوب به) has pH of **7.5**.
- The desirable (مرغوب) drinking water has pH that ranges (6.5 – 8.5) because sources includes dissolved solids that alter (يغير) the pH within this range humans feel no differences in water taste (طعم الماء) .
- Water with **pH > 8.5** has **bitter** taste (طعم مر) .
- Water with **pH < 6.5** has **acidic** taste (طعم حمضي) .



- Fluoride (فلورايد)

- Fluoride originates (أصل الفلورايد) from few types of (أنواع متعددة) :

- 1- Sedimentary rocks (صخور رسوبية).

- 2- Igneous rocks (صخور نارية).

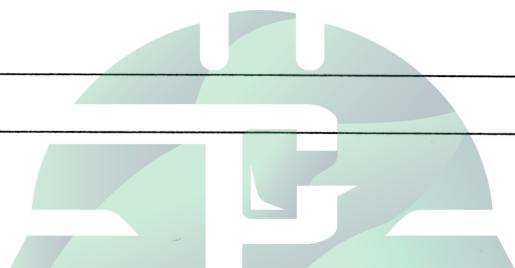
- Where we can find the Fluoride ?

- 1-Surface water (مياه سطحية) : (نادر الوجود) Rarely found.

- 2-Ground water sources (مصادر المياه الأرضية) : Few concentrations (تراكيز قليلة).

- Fluoride at **high concentrations** (تراكيز) is **toxic** (سام) to humans.

While low fluoride concentration (تراكيز الفلوريد قليلة) (around 1mg/L) is useful : (مفید) To prevent dental cavities (تسوس الأسنان) (حماية).



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Metals (المعادن)

- Generally all metals are soluble in water (ذائبة في الماء) to some degree.

- Some metals at low concentrations (تراكيز قليلة) are very toxic.

The non-toxic metals at high concentrations may cause **health problems**. (مشاكل صحية)

- **Non-toxic metals**: like calcium, magnesium, iron, sodium, manganese, aluminum, copper and zinc. حفظ هذه العناصر.

Sodium salts may cause bitter taste (طعم قاعدي) to water and cause health problems (مشاكل صحية مثل الضغط).

- Manganese and iron salts can cause color problem.

- **Toxic metals**: like arsenic, barium, cadmium, lead, mercury, and silver.

حفظ هذه العناصر (All are very toxic at low amounts)



## • Organics (المواد العضوية)

- Organics (C, O, H) may **present** in surface waters naturally due to some human activities (أنشطة الإنسان) **or** to the run off (مياه الأمطار تجرف كل شيء) .
- Organics can be **either** (إما) **biodegradable** or **non-biodegradable** .  
**Biodegradable organics** (مواد عضوية قابلة للتحلل) :

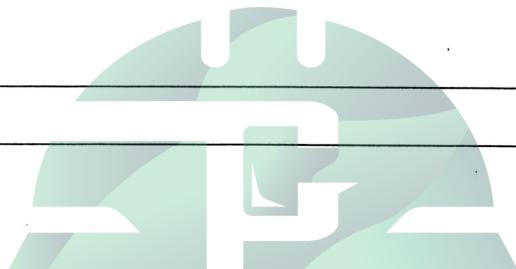
**Found in** dissolved form like fats (دهون) , proteins (بروتينات) and acids . Such compounds present a food source to microorganisms and can be **degraded** easily with time .

(طريقة التحلل إنها تكون غذاء لبكتيريا فتحلل مع الوقت)

**Non-biodegradable organics** (مواد عضوية غير قابلة للتحلل) :

**Found in** dissolved form like cellulose (السيلوز) and phenols (حامض الكربوليك) .

- Such compounds **resist** biological degradation and **stay dissolved** in water for long time . (تبقى موجودة لفترة زمنية طويلة وتفاوت التحلل)



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

## • **Alkalinity** (القاعدية)

- **Alkalinity** : The water ability (قدرة الماء) to neutralize acids **or** to reduce (تقلل) the acidic action .
- Studying water alkalinity is important **because** later drinking water will be converted (يتحول) to wastewater .

**Q . Why wastewater in sewer turns to be more acidic ?**

**Answer . Formation** (تشكل) of  $H_2S$  due to anaerobic conditions (ظروف غير هوائية) .

**Q . Why we prefer** (يفضل) to have drinking water that is more alkaline ( $pH > 7.5$ ) ?

**Answer . To reduce** the acidic environment (بيئة) of the wastewater formed (





- The formation of  $H_2S$  will decrease the pH of the wastewater .

- The most common compounds (المركبات الأكثر شيوعا ) that form the water alkalinity are :

• (مركبات إذا وجدت إرتفعت القاعدية ) .

1-Bicarbonate ( $HCO_3^-$ ) (pH رفع مرکب ل) .

2-Carbonate ( $CO_3^{2-}$ ) .

3- Hydroxide ( $OH^-$ ) (pH رفع مرکب ل) .

- Such compounds (مركبات) may present from origin (من التربة) (

or from  $CO_2$  that dissolves (يذوب) easily in water. (من الهواء) .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Alkalinity is measured by : Titrating (مُعايرة) the water sample with standard acid (usually  $0.02N H_2SO_4$  ) .

• N : Normality تركيز المحلول M : Molarity نسبة إلى المول

- Based on 1L water sample ,

Each 1 mL of the acid is equivalent (يساوي) to 1 mg of alkalinity expressed (مُعبر ب ) as  $\frac{mg}{L}$  as  $CaCO_3$  .



Q . A 1L water sample was titrated with 250 mL of 0.02N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  .

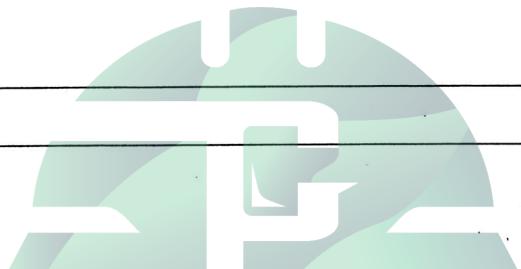
**What is the measured alkalinity?**

**Solution :**

Each 1mL of the acid is equivalent to 1mg of alkalinity

expressed as  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$  as  $\text{CaCO}_3$  .

$250 \text{ ml of } 0.02\text{N } \text{H}_2\text{SO}_4 = 250 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  as  $\text{CaCO}_3$



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

Q . A 250mL water sample has an initial (البدائي) pH of 8. The water titrated with 22mL of 0.02N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  to pH value of 4.5 .

**what is the water total alkalinity?**

**Solution :**

إنتبه هنا الحجم ليس 1 لتر ، نعمل نسبة وتناسب .

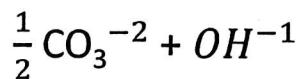
$1 \text{ L} \longrightarrow 22 \text{ mL}$

$0.25\text{L} \longrightarrow X$

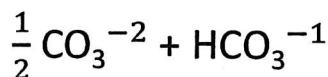
$X = 88 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$  as  $\text{CaCO}_3$



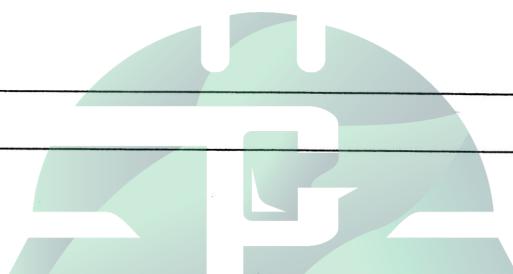
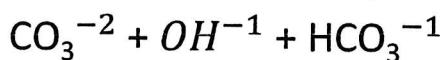
- mL of acid used to bring down (ينزل) the pH to 8.3 equals the alkalinity of :



- mL of acid used to bring down the Ph from 8.3 to 4.5 equals the alkalinity of :



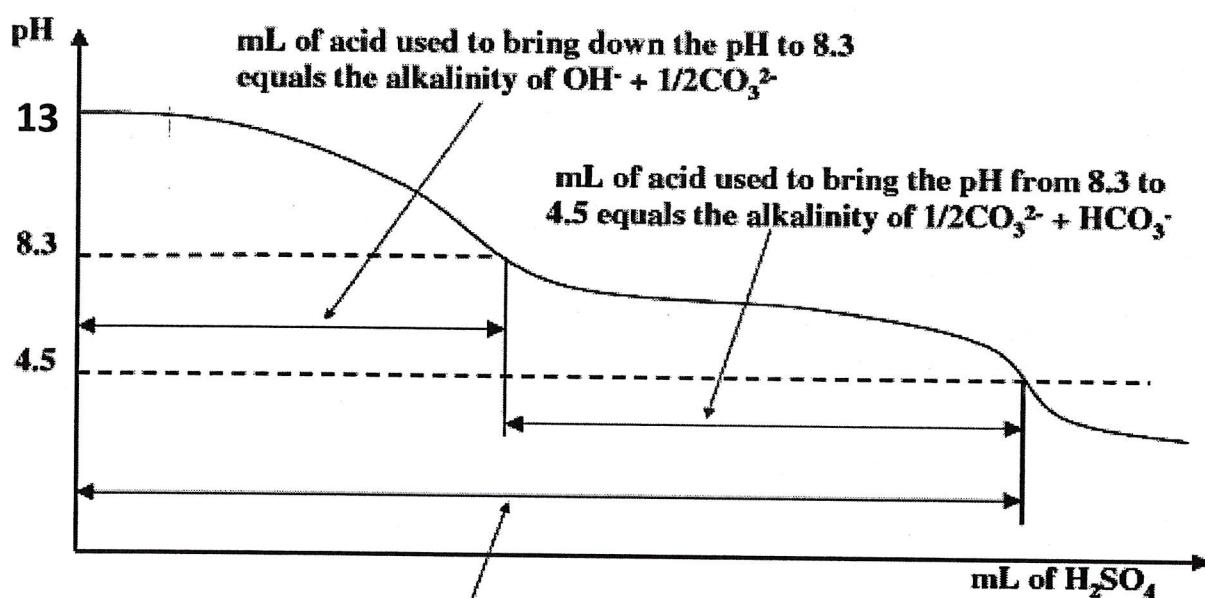
- mL of acid used to bring down the pH to 4.5 equals the total alkalinity that is the alkalinity of :



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)



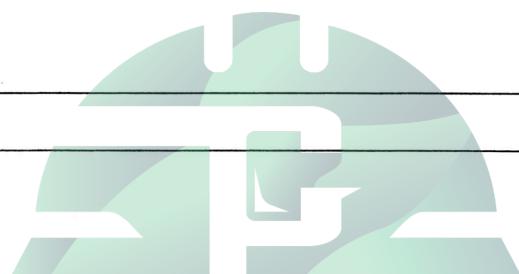
mL of acid used to bring down the pH to 4.5 equals the total alkalinity that is the alkalinity of  $\text{OH}^{-} + \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^{-}$



- The impact (تأثير) of high alkalinity due to high  $\text{OH}^-$  concentrations ( $\text{pH} > 8.5$ ):
  - 1- Bitter taste (طعم مر) which could be unfavorable to water consumers (المستهلكين).
  - 2- Forming compounds (تفاعل) may react with the  $\text{Ca}^{+2}$  resulting in precipitated substances (المواد المترسبة) called the scale (المادة البيضاء) .

### Results of scale :

- 1- Close pipes in heating systems (تظهر هذه المشكلة عند التسخين) .
- 2-Cause damage (يدمر) to boilers (بويлер) in electricity generating units .



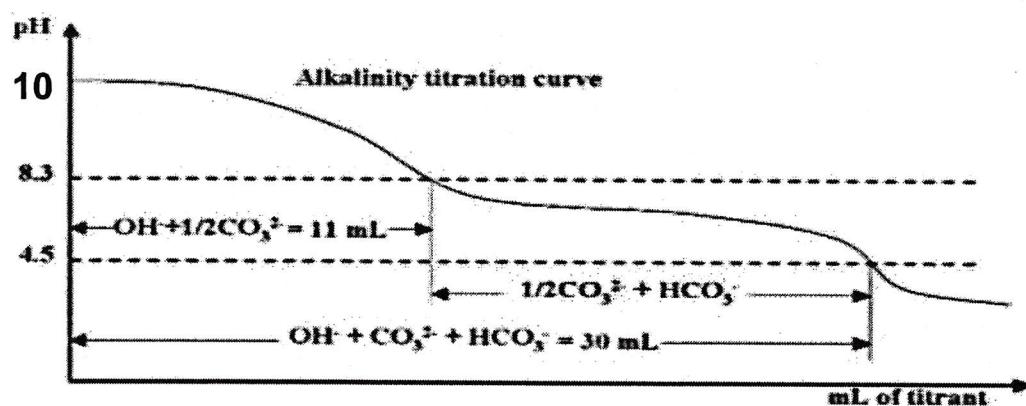
# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

Q . A 200 mL water sample of initial pH of 10, Given that the pH value of 8.3 has been reached (تم الوصول لها) after consuming 11mL of 0.02N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  acid while the rest to 30mL consumed to reach pH of 4.5 .

### What alkalinity species exist and find there concentrations ?



### Solution :

- From pH 10 we know there is  $\text{CO}_3^{2-}$   $\text{OH}^{-1}$   $\text{HCO}_3^{-1}$
- When we add 11mL of 0.02N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  the pH change from 10 to 8.3 .
- When we add 30mL the pH change from 10 to 4.5 .

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad \text{حفظ}$$

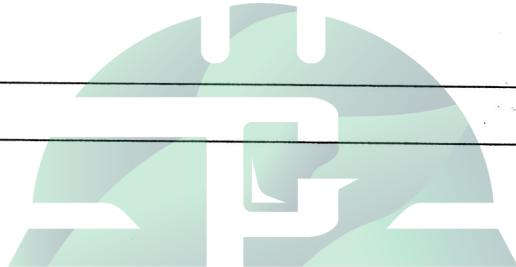
$$\text{pH} = -\log[\text{H}] \quad \text{حفظ}$$

$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}] \quad \text{حفظ}$$

$$10 + \text{pOH} = 14$$

$$\text{pOH} = 4$$

$[\text{OH}] = 10^{-4} \frac{\text{mole}}{\text{L}}$  this is called **Molar Concentration** (التركيز المولى)



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Convert to this unit  $\frac{\text{g}}{\text{L}}$  by Multiply (ضرب) by molecular mass .

$$10^{-4} \frac{\text{mole}}{\text{L}} * (1*1+16*1) = 0.0017 \frac{\text{g}}{\text{L}} * 1000 = 1.7 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

- Convert to the standard unit (الوحدة القياسية)  $\frac{\text{mg}}{\text{L}}$  as  $\text{CaCO}_3$  .

$$= \frac{[\text{OH}]_{\text{mg/L}} * 50}{\text{Equivalent of OH}} = \frac{1.7 * 50}{17} = 5 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as } \text{CaCO}_3 .$$

**Remember** (تذكر) that the alkalinity measured using the 0.02N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  is for 1L sample ( هنا القاعدة تطبق إذا كان الحجم 1 لتر لكن هنا ليس 1 لتر لذلك نعمل نسبة وتناسب ) .

We want now to measure the **actual mL acid** used to **equalize the  $\text{OH}^-$  alkalinity** in the **200mL sample** .



$$1L \longrightarrow 5 \text{ mg}$$

$$0.20 \text{ L} \longrightarrow X$$

$$X = \frac{5*0.20}{1} = 1 \text{ mL}$$

Remember that we add 11mL of 0.02N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  the pH change from 10 to 8.3 and the alkalinity equal  $\text{OH}^- + \frac{1}{2} \text{CO}_3^{2-}$

11mL for  $(\text{OH}^- + \frac{1}{2} \text{CO}_3^{2-})$  and we find 1 mL for  $\text{OH}^-$  so 10 mL for  $\frac{1}{2} \text{CO}_3^{2-}$ .

Remember that we add 30mL of 0.02N  $\text{H}_2\text{SO}_4$  the pH change from 10 to 4.5 and the alkalinity equal  $\text{OH}^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$ .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

$$\text{OH}^- = 1 \text{ mL}$$

$$\text{CO}_3^{2-} = 20 \text{ mL}$$

$$\text{HCO}_3^- = 30 - (1+20) = 9 \text{ mL}$$

This numbers in 200 mL sample .

$$= \text{CO}_3^{2-} \text{ concentration as CaCO}_3 = \frac{20*200}{1000} = 100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3 .$$

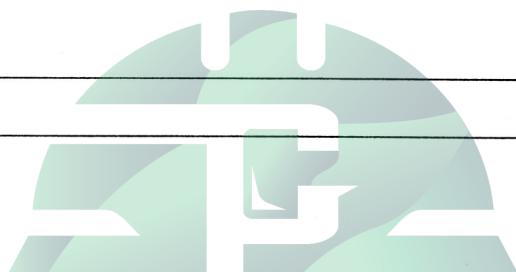
$$= \text{HCO}_3^- \text{ concentration as CaCO}_3 = \frac{9*200}{1000} = 45 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3 .$$

$$\text{Total Alkalinity} = 100 + 45 + 5 = 150 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3$$



## • Hardness (التكلس)

- Concentration of the multivalent cations (أيونات موجبة ثنائية) usually  $Ca^{+2}$  and  $Mg^{+2}$  or the water ability to precipitate (صابونة) soap .
- In that case, soap compounds **combine** (يشترك) with  $Ca^{+2}$  and  $Mg^{+2}$  forming very complex (معقد) compounds that do not stay in suspension (معلقة) and finally precipitate .
- We add **more soap** for the cleaning action , the **more phosphorus** is added, **more pollutants** are added hence **decreasing the quality** of wastewater produced .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Causes species ( $Ca^{+2}$  and  $Mg^{+2}$  ) in water are **not toxic** to humans .
- Under super-saturation conditions **hardness** causing species react with anions in water ( $OH^-$  and  $CO_3^{2-}$  ) forming a solid precipitate:  $CaCO_3$  or  $Mg(OH)_2$ . That solid precipitate is called **Scale** .
- The **formation** of scale in boilers and pipes will **cause** :
  - 1-Economic losses (خسائر إقتصادية), more heating will be required .
  - 2-Damage or clog pipes and boilers in water systems .

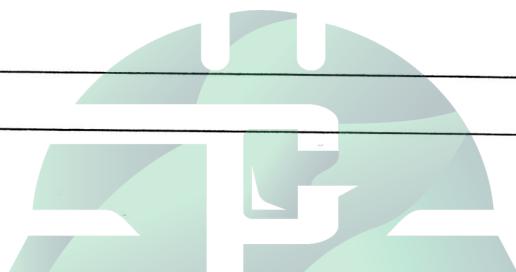


Q. A water has an alkalinity of 300mg/l as  $\text{CaCO}_3$ ,  
the concentration of  $\text{Ca}^{+2}$  and  $\text{Mg}^{+2}$  is =  
 $\text{Ca}^{+2} = 80\text{mg/L}$     $\text{Mg}^{+2} = 60\text{mg/L}$

Calculate the:

1- Total hardness ?

2-The carbonate hardness and the non-carbonate hardness ?



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

**Solution :**

.  $\text{CaCO}_3$  حول التراكيز بدلالة

$$\text{Ca}^{+2} = \frac{\text{Ca}^{+2} \text{mg/L} * 50}{\text{equivalent of Ca}^{+2}} = \frac{80 * 50}{20} = 200 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3 .$$

$$\text{Mg}^{+2} = \frac{\text{Mg}^{+2} \text{mg/L} * 50}{\text{equivalent of Mg}^{+2}} = \frac{60 * 50}{12.15} = 247 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3 .$$

$$\text{Total hardness} = \text{Mg}^{+2} + \text{Ca}^{+2} = 200 + 247 = 447 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3 .$$

$$\text{Carbonate hardness} = \text{Alkalinity} = 300 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3 .$$

$$\text{Non-carbonate hardness} = 447 - 300 = 147 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ as CaCO}_3 .$$



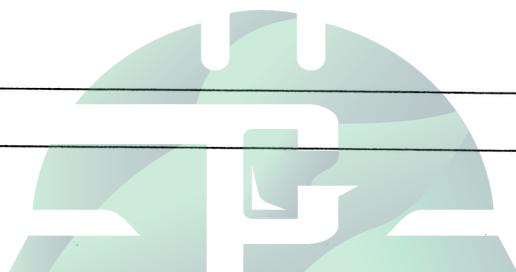
Q . Water sample was analyzed for dissolved solids as shown by the following contents:

$$Ca^{+2} = 100 \text{ mg/L}$$

$$Mg^{+2} = 36.6 \text{ mg/L}$$

$$HCO_3^- = 300 \text{ mg/L}$$

**Calculate the total hardness ?**



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

**Solution :**

.  $CaCO_3$  بدلالة

$$Ca^{+2} = \frac{Ca^{+2} \text{ mg/L} * 50}{\text{equivalent of } Ca^{+2}} = \frac{100 * 50}{20} = 250 \text{ mg/L as } CaCO_3$$

$$Mg^{+2} = \frac{Mg^{+2} \text{ mg/L} * 50}{\text{equivalent of } Mg^{+2}} = \frac{36.6 * 50}{12.15} = 150 \text{ mg/L as } CaCO_3$$

$$\text{Total hardness} = Ca^{+2} + Mg^{+2} = 250 + 150 = 400 \text{ mg/L as } CaCO_3$$



## Biological Parameters (المميزات البيولوجية):

- **Pathogens** (مسببات الأمراض)
- The most important biological parameters for water quality are **pathogens**. Such microorganisms are capable to (قادرة على) **infect** (يصيب) **humans or transmit diseases** (نقل الأمراض).
- Waterborne (منقول بالماء) **pathogens include** (يتضمن) :
  - 1- **Viruses** (الفيروسات).
  - 2- **Bacteria** (البكتيريا).
  - 3- **Parasitic worms** (طفيلات كبيرة الحجم).
- The most common **diseases** (أمراض) caused by pathogens are :
  - 1- **Cholera** (الكوليرا).
  - 2- **Typhoid** (التيفوئيد).
  - 3- **Fever** (الحمى).



**Civilittee**

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

## • **Chlorination** (الكلوره)

- The addition of specified amounts (كميات محددة) of chlorine to water for the purpose (غالية) of **disinfection** (التعقيم).
- The whole process (كامل العملية) is about **killing** all microorganisms (بكتيريا), **If microorganisms removal is not 100%**, retarding its re-growth (تأخير إعادة النمو).
- At **low concentrations** of chlorine : **Not harmful** (غير ضار) to humans compared to microorganisms.
- At **high concentrations** chlorine : Complete oxidation (أكسدة) of the cell wall occurs leading to microorganism death (موت البكتيريا).
- It penetrates (يخترق) the microorganism cell wall and reacts with its enzymes (إنزيم) leading at microorganism death.



- Chlorine is added (إضافة الكلور) to water **in the form** (على شكل) :

1- Gas(  $\text{Cl}_2$  )

2- Ionized solids (  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  ,  $\text{NaOCl}$  )

$$\text{Free chlorine residual} = \text{HOCl} + \text{OCl}^-$$

- The HOCl is **more effective** (أكثر فعالية) disinfectant than the  $\text{OCl}^-$  by two orders (ضعفين) of magnitude .

- The process of water disinfection using chlorine is **Affected by** (تأثر ب) the :

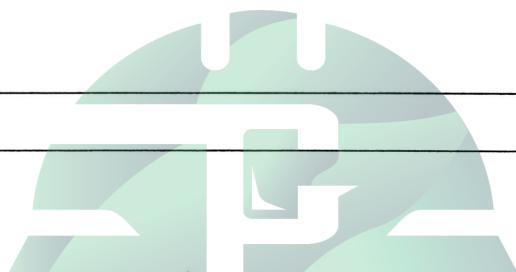
1- Form of chlorine (شكل الكلور) .

2- pH and temperature (درجة الحموضة والحرارة) .

3- Concentration (التركيز) .

4- Contact time (وقت الاتصال) .

5- Type of microorganism (نوع البكتيريا) .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Time extension of chlorination (المدة الزمنية لبقاء الكلور) :

- The longer the time the chlorine exists the **more protection** (حماية) against microorganisms or their re-growth is provided .

- The chlorine is a **strong oxidizing agent** (عامل مؤكسد قوي) that reacts easily with a lot of elements or salts exist naturally in water, ultimately the free chlorine ( $\text{Cl}_2$ ) will be consumed **forming** compounds with no disinfection ability (عدم القدرة على التعقيم) .

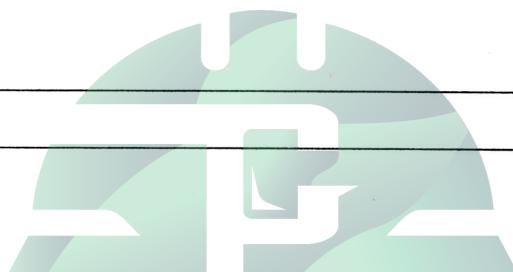


Q . How can we extend (يتمدد) the chlorine existence time in water systems ?

Ans : Using Ammonia (NH<sub>3</sub> ).

- It can be either added (إضافة) or naturally exist (موجود في الطبيعة) .
- It reacts with the chlorine forming stable compounds (مركبات ثابتة) of disinfecting ability although less than the free chlorine .
- **Monochloramine** (NH<sub>2</sub>Cl) is durable and stable (ثابت ودائم) therefore serves as disinfectant for long time .
- Usually the more chlorine is added at low pH values then all the monochloramine will be converted to **Trichloramine**(NCl<sub>3</sub>) that causes:
  - 1- Taste and smell to water 2-Irritation to eyes in swimming pools.
- It is preferable (مفضل) to prevent (يمنع) the formation of the trichloramine (NCl<sub>3</sub> ) .

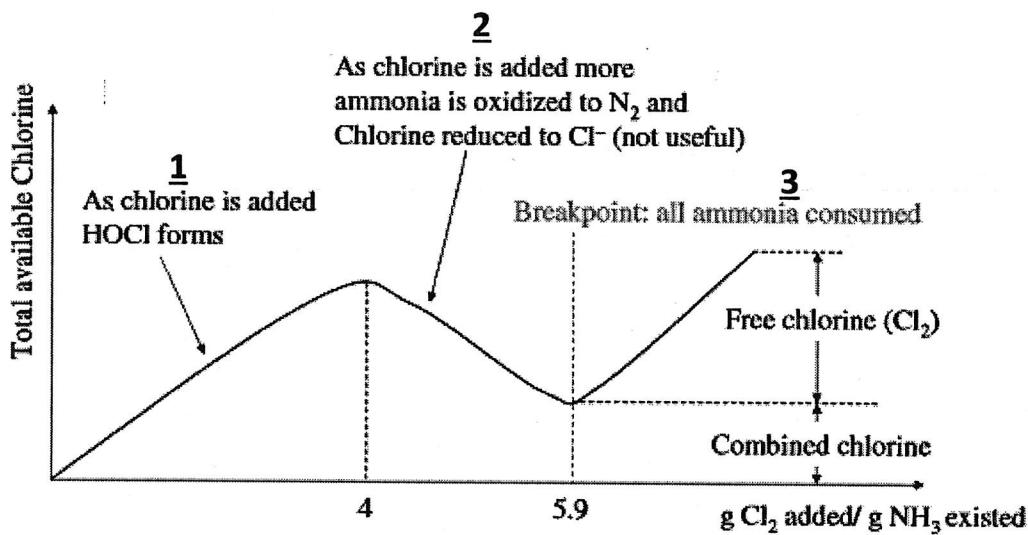
At pH values (around 6.5 or more) only monochloramine is formed



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

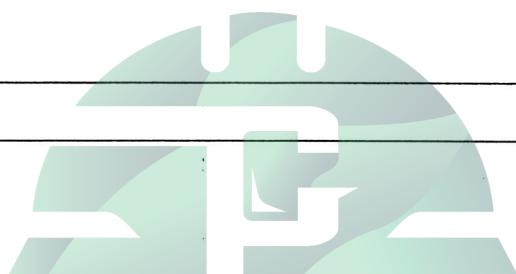
[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)



عند إضافة الكلور يتشكل المركب وهو للتعقيم:  
الأمونيا تتآكسد ويتحول الكلور إلى شئ غير نافع:  
جميع كمية الأمونيا تم استهلاكها وبعد هذه النقطة لا ينفع زيادة الكلور:



- Chlorine the strong oxidizing agent can react with organic acids Humic and Fulvic (حمض الفوليك والهوميك) forming **Chlorinated Hydrocarbons** that is classified as **Carcinogenic Materials** (مواد مسرطنة) .
- Therefore **such materials** should be **removed** prior (سابق) to the chlorine addition through ordinary treatment processes (adsorption by activated carbon filters). In case that prior treatments **fail** to remove all organic materials .
- the addition of **Ammonia** will simply prevent the formation of such compounds , because Ammonia strongly **reacts** with the chlorine forming  $\text{NH}_2\text{Cl}$  (monochloramine) that plays as **disinfectant** type of chlorine compounds.



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- **CH3 : Wastewater flow quantity** (كميات تدفق المياه العادمة)
- Drinking water consumed ( تستهلك ) by humans through domestic (محلي) or industrial activities (تحول إلى ) (أنشطة صناعية) will turn into wastewater that carries ( تحمل ) different pollutants . (ملوثات مختلفة) .

### Wastewater treatment is necessary (ضرورية) ?

- 1-Treated wastewater is potential water source (مصدر مياه) .
- 2- Protecting (حماية) the environment (بيئة) **from:**
  - A- High organic and inorganic loads .
  - B- Groundwater pollution - (تلويث المياه الجوفية) contamination with pathogens . (مسببات الأمراض) .

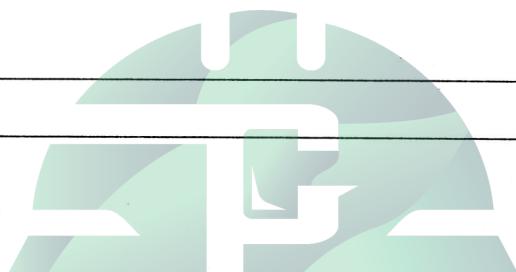
- The **degree** ( درجة ) to which the wastewater is loaded with contaminants ( ملوثات ) **determine** (تحدد) the treatment technology that will be used . (تقنية العلاج المسخدمة) .



- Wastewater is generated from (تتولد من) **three main sources** (مصادر رئيسية) :
  - 1- Domestic source (مصدر ملحي) .
  - 2- Industrial source (مصدر صناعي) .
  - 3- Infiltrated water (المياه المتسربة) .
- **Domestic source**: Primarily ( بشكل رئيسي) **from** residential, commercial (تجاري) .
- This source is generated **at a rate of around 80% of the domestic water consumption** (استهلاك) .

تذهب لري المزروعات والأعمال المنزلية من غسل السيارات : 20%

- Such wastewater flow **contains** (تحتوي) :
  - A- Mainly organic matters .
  - B- Nutrients (N , P) .
  - C- Pathogens (مسببات الأمراض) .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- **Industrial source** : (مصدر صناعي) Wastewater from food production and paper industries (تحتوي غالباً) mostly contains organic matter .
- Some industries generate wastewater that is heavily loaded with inorganic matter (heavy metals) .
- **Infiltrated water** (مياه متسربة) to sewers (مجاري) : Primarily as inflow water that enters the sewer system from ground water table (مستوى المياه الجوفية) or storm rain (عواصف المطر) .
- Infiltrated water may enter the sanitary sewer (الأنباب الصحية) from cracked pipes or manholes (المنهل أو الأنابيب المتشقة) .
- Such water does not contain organic loads.
- The quantity of the infiltrated water **depends** on the :
  - 1- Sewer age .
  - 2- Rainfall amount (كمية الأمطار) .
  - 3- Variation (تغير) in the water table .



- **Factors affecting water consumption :**

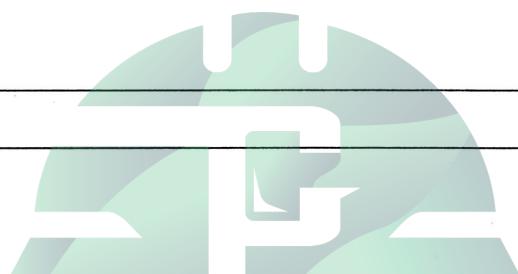
1- Population economic level (مستوى السكان الاقتصادي) .

2- The climate (المناخ) .

3- The population density (كثافة السكان) .

4- Degree of urbanization (درجة التمدن) .

- **High water consumption = High amounts of wastewater generated .**



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية  
[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- For a given design period , wastewater flow determination (تحديد التصميم) requires reasonable estimation (تقدير منطقي) of the population at the end of the design period.
- Prediction (توقع) of future population depends on **past and current population** that can be obtained from statistics department (قسم الإحصائيات) .
- The following **methods** are used to Estimate (يقدر) **the future population:**
  - 1- The arithmetic growth method .
  - 2- The uniform percentage method .
  - 3- The logistic method .
  - 4- The declining growth method .



- **The arithmetic growth method:**

- Assumes that the population growth rate ( $K_a$ ) is constant over time.

In this case use :  $P_t = P_0 + K_a \Delta T$

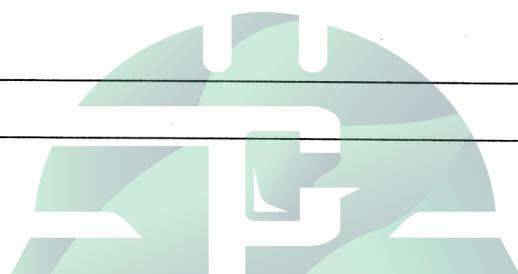
$$K_a = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{P_0 - P_1}{t_0 - t_1}$$

$K_a$  : constant growth rate.

P: population

t: time

| Symbol (الرمز) | Mean (المعنى)                            |
|----------------|--|
| $P_t$          | النمو عند التاريخ المطلوب                |
| $P_0$          | النمو عند أحدث تاريخ                     |
| $P_1$          | النمو عند أقدم تاريخ                     |
| $\Delta T$     | الفرق في التاريخ بين المطلوب وأحدث تاريخ |
| $\Delta t$     | الفرق في التاريخ بين القديم والحديث      |



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

Q . : The population of a city has been recorded in years 1990 and 2005 (التاريخ القديم) and (النحو عند التاريخ الحديث) as 100000 and 110000 (النمو عند التاريخ القديم) and 110000 (النمو عند التاريخ الحديث) respectively .

Estimate (يقدر) the year 2015 (التاريخ المطلوب) population assuming arithmetic growth pattern exists?

Solution :

النمو عند التاريخ الأحدث :  $P_0$

النمو عند التاريخ الأقدم :  $P_1$

الفرق في الزمن بين التاريخ القديم والحديث :

$$K_a = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{P_0 - P_1}{t_0 - t_1} = \frac{110000 - 100000}{15} = 666.67 = 667$$



$$P_t = P_0 + K_a \Delta t$$

النمو عند الزمن المطلوب :  $P_t$

الفرق في الزمن بين الزمن المطلوب والزمن عند النمو الحديث :  $\Delta t$

$$P_{2015} = 110000 + 667 * 10 = \underline{116670}$$



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- The uniform percentage growth method:

Assumes a rate of increase that is proportional to the population .

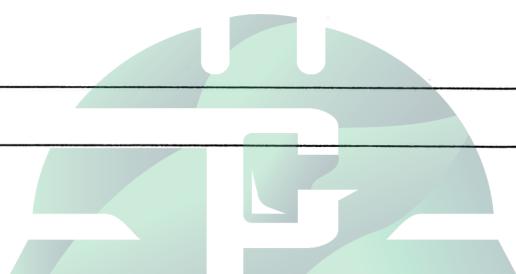
$$\ln P_t = \ln P_0 + K_u \Delta T$$

$$K_u = \frac{\Delta \ln P}{\Delta t} = \frac{\ln P_0 - \ln P_1}{t_0 - t_1}$$

| Symbol (رمز) | Mean (معنى الرمز ولداته)                             |
|--------------|--|
| $P_t$        | النمو عند التاريخ المطلوب                            |
| $P_0$        | النمو عند التاريخ الحديث                             |
| $P_1$        | النمو عند التاريخ الاقديم                            |
| $\Delta T$   | الفرق في التاريخ بين التاريخ المطلوب والتاريخ الحديث |
| $\Delta t$   | الفرق في التاريخ بين التاريخ الحديث والتاريخ القديم  |

Q. : The population of a city has been recorded (سجلت) in years 1990 (التاريخ القديم) and 2005 (التاريخ الحديث) as 100000 (النمو عند التاريخ القديم) and 110000 (النمو عند التاريخ الحديث), respectively.

Estimate (يقدر) the year 2015 (التاريخ المطلوب) population assuming uniform percentage growth pattern exists?



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية  
[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

**Solution :**

النمو عند التاريخ الأحدث :  $P_o$

النمو عند التاريخ الأقدم :  $P_1$

الفرق في الزمن بين النمو القديم والحديث :  $\Delta t$

$$Ku = \frac{\ln P_o - \ln P_1}{t_o - t_1} = \frac{\ln 110000 - \ln 100000}{15} = 0.0064$$

النمو عند الزمن المطلوب :  $P_t$

الفرق في الزمن بين الزمن المطلوب والزمن عند النمو الحديث :  $\Delta t$

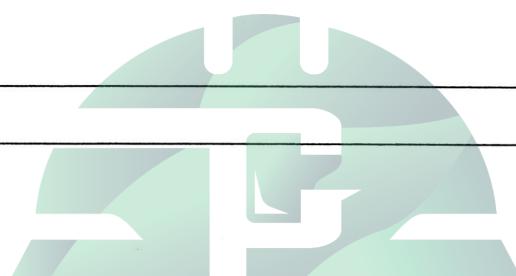
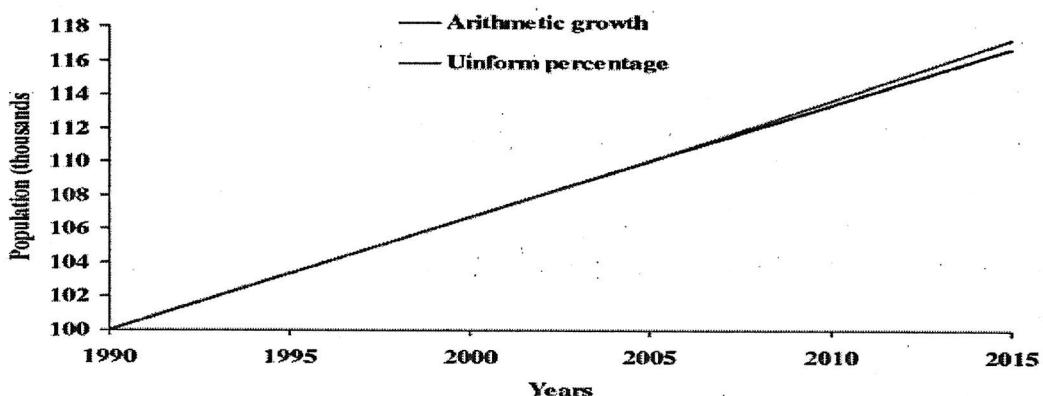
$$\ln P_t = \ln P_o + Ku \Delta t$$

$$\ln P_{2015} = \ln 110000 + 0.0064 * 10$$

$$P_{2015} = 117216$$



- The uniform percentage growth method = The arithmetic growth method  
عندما يكون الفرق بين التاريحين قليل .
- The uniform percentage growth method > The arithmetic growth method  
عندما يكون الفرق بين التاريح كبير .



# Civilittee

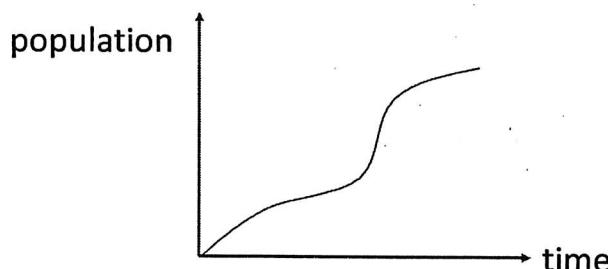
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- The logistic growth method :

Simply , growth rate gets smaller and the population approaches its maximum size (Saturation (تشبع ) population) .

Graphically it has an S shape curve .



$$P_t = \frac{P_{sat}}{1+e^{a+b\Delta t}}$$

$$a = \ln \frac{P_{sat} - P_o}{P_o}$$

$$b = \frac{1}{n} \ln \frac{P_2(P_{sat} - P_1)}{P_1(P_{sat} - P_2)}$$

$$P_{sat} = \frac{2P_o P_1 P_2 - P_1^2 (P_o + P_2)}{P_o P_2 - P_1^2}$$

$P_o$  : النمو عند أحدث تاريخ

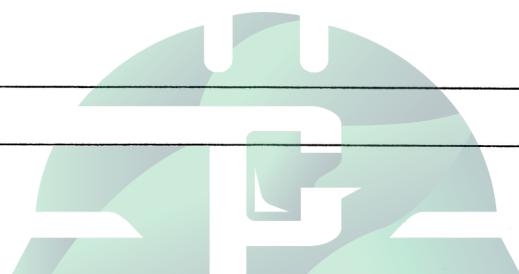
$P_1$  : النمو عند التاريخ الوسط

$P_2$  : النمو عند أقدم تاريخ

الفرق بين التواريХ المعطاه ويكون ثابت بين كل تاريخ وتاريخ  $n$ :

أكبر عدد ممكن يمكن للمنطقة استيعابه :  $P_{sat}$

الفرق بين تاريخ المطلوب وأحدث تاريخ :  $\Delta t$



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- The declining growth method :

Like the logistic growth, given  $P_{sat}$ .

$$P_t = P_o + (P_{sat} - P_o) * (1 - e^{K_d \Delta t})$$

$$K_d = \frac{-1}{n} \ln \frac{P_{sat} - P_1}{P_{sat} - P_o}$$

Q. : The population of a city has been recorded in years 2000 and 2010, (التاريخ القديم) and (التاريخ الحديث) respectively. (النحو عند التاريخ القديم) and (النحو عند التاريخ الحديث) as 28000 and 33000 respectively.

Given that  $P_{sat}$  as 39500.

Estimate the 2020 population assuming declining growth pattern exists?

**Solution :**

$P_1$  : النمو عند التاريخ القديم :

$P_0$  : النمو عند التاريخ الحديث :

$P_{sat}$  : أكبر عدد ممكن يمكن للمنطقة استيعابه :

$$K_d = \frac{-1}{n} \ln \frac{P_{sat} - P_1}{P_{sat} - P_0} = \frac{-1}{10} \ln \frac{39500 - 28000}{39500 - 33000} = -0.057$$

$$P_t = P_0 + (P_{sat} - P_0) * (1 - e^{K_d \Delta t}) = 33000 + (39500 - 33000) * (1 - e^{-0.057 * 10}) \\ = 35820$$



**Civilittee**

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

التاريخ (2000), (التاريخ الأقدم), (النحو عند التاريخ الأقدم) as 20000, (التاريخ الأحدث), (النحو عند التاريخ الأحدث) and 33000, (النحو عند التاريخ الأوسط) 28000 respectively.

Estimate the 2020 population assuming logistic growth pattern exists?

**Solution :**

$$P_{sat} = \frac{2P_0P_1P_2 - P_1^2(P_0 + P_2)}{P_0P_2 - P_1^2} = \frac{2 * 33000 * 28000 * 20000 - 28000^2(33000 + 20000)}{33000 * 20000 - 28000^2} = 37032$$

$$a = \ln \frac{P_{sat} - P_0}{P_0} = \ln \frac{37032 - 33000}{33000} = -2.1022$$

$$b = \frac{1}{n} \ln \frac{P_2(P_{sat} - P_1)}{P_1(P_{sat} - P_2)} = \ln \frac{20000(37032 - 28000)}{28000(37032 - 20000)} = -0.0971$$

$$P_t = \frac{P_{sat}}{1 + e^{a+b\Delta t}} = \frac{37032}{1 + e^{-2.1022 - 0.0971 * 10}} = 35380$$



What type of growth pattern shall (يجب) be used ?

1- Check( تأكيد) the form of growth does the population in the city take .

2- It is required (مطلوب) to refer to information provided( مزودة) by the statistics department in relation to the existence (وجود) of limiting saturation population .

IF the information provided by the statistic department does not guide towards a certain type (نوع محدد) of growth, what can be done???

Use this relation :

$$P_t = P_0(1+K_p t_d)$$

$K_p$  : The annual growth percentage (نسبة معدل الزيادة) .

$t_d$  : Design period (مدة التصميم) .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

Question:

Using the arithmetic growth method the estimated population for the year 2025 is 24280 capita based on a current population of 17995 capita for the year 2010. Use the assumption of uniform percentage growth pattern to re-estimate the year 2025 population using time interval ( $\Delta t$ ) of 15 years



- Arithmetic growth method :

$$P_t = P_o + K_a \Delta T$$

$$P_t = 24280$$

$$P_o = 17995$$

$$\Delta T = 15$$

$$24280 = 17995 + K_a * 15$$

$$K_a = 419 = \frac{\Delta P}{\Delta t} = \frac{P_o - P_1}{t_o - t_1} = \frac{24280 - 17995}{t_o - t_1} = \Delta t = 15$$

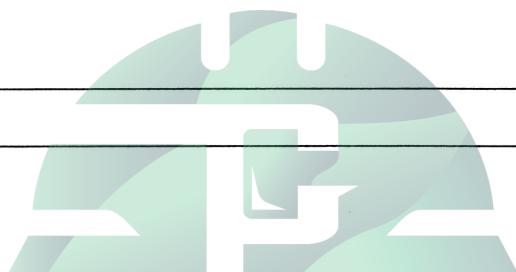
- Uniform percentage growth :

$$K_u = \frac{\Delta \ln P}{\Delta t} = \frac{\ln P_o - \ln P_1}{t_o - t_1} = \frac{\ln 24280 - \ln 17995}{15} = 0.019$$

$$\ln P_t = \ln P_o + K_u \Delta T$$

$$= \ln 17995 + 0.019 * 15 = 10.08$$

$$P_t = 23929$$



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- **Daily variations (التغيرات اليومية) in wastewater flow :**

- In designing wastewater systems, the determination of design flows is an essential step. During the day, the wastewater **generated** is **related to users activities** .
  - (6 – 8am) : **Peak** because when all users repair themselves for work or school .

(3 – 5pm) : **Peak** because when all users are at home conducting daily activities (cooking, cleaning) .

(8 - 12am) : **Not peak** because most of users are **in** the work or schools .

- The variation in flow occurs during :

1- Day : There are peak hours .

2- Week : There are peak days .

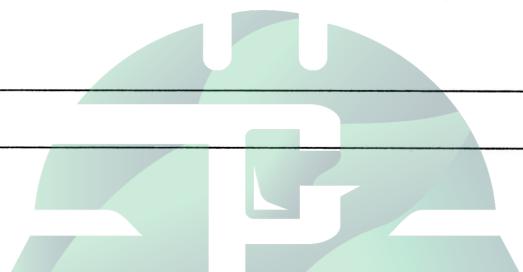
3- Month : There are peak weeks .

4- Year : There are peak months .

- Such Peak values can be obtained from :

1- Records (water company)

2- The Goodrich formula can be used to estimate the Peak factor ( $P_f$ ) for design purposes given the annual average rate of wastewater flow .



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

$$P_f = 1.8t^{-0.1}$$

$P_f$ : The peak factor

$t$  : time in days

- The peak **day** flow factor  $P_f = 1.8$  .
- The peak **hour** flow is 1.5 and the minimum hour flow rate is 0.5 of the average wastewater flow for that day .
- When data is unavailable, then around 80% of the domestic water consumption rate is returned as wastewater to the sanitary sewers .



**Q . Calculate the wastewater flow that can be used for design purposes for a community generates an average annual wastewater flow at a rate of 100L/c/day ?**

**Solution :**

= Flow \* Peak day \* Peak Hour

$100 * 1.8 * 1.5 = 270 \text{ L/c/day}$  is the peak flow for design purposes.



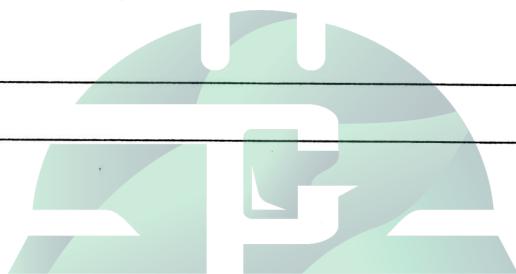
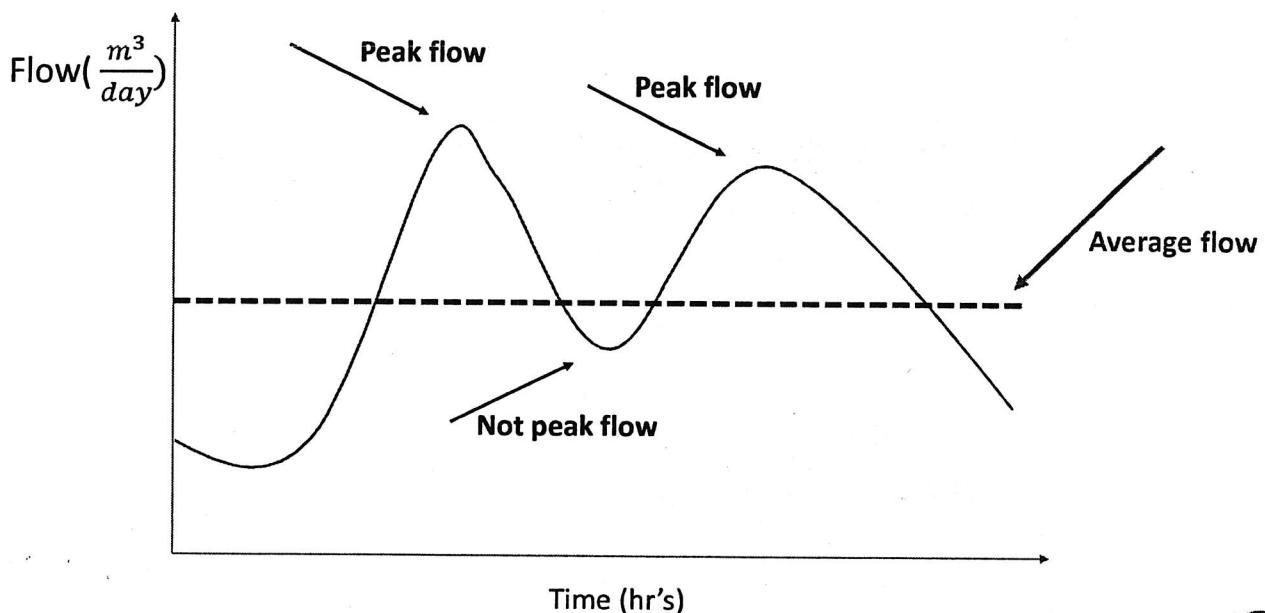
# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- The characteristics of wastewater vary (يختلف) **from place to place** depending on amount of the freshwater consumed and from time to time due to biological and chemical reactions that usually take place (يحدث) as time proceeds .
- For example, as sewage is transported in the collection system, bacteria will degrade (تحلل) the organic material changing its state (تغير حالة) from solid to soluble as time proceeds .
- Ultimately wastewater characteristics change with time and place and that should be considered when test samples are obtained .





# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

## • Ch4: Wastewater Sewers ( أنابيب المياه العادمة )

- Sanitary sewers ( الأنابيب الصحية ) are open channel conduits ( قناة مفتوحة ) that convey ( تُحول ) the wastewater to :

1- Treatment plant ( محطة العلاج ) or 2- Open disposal site (موقع للتخلص من النفايات)

- The sewer system conveys the wastewater benefiting ( يستفيد ) of the Gravitational force ( قوة الجاذبية ) , so it is called Gravity sewer systems .



- Sanitary sewer systems are usually designed **as separate systems from storm sewers** (أنباب المجرى) **مُفصلة** (نفصلة) .

الأردن من الدول التي يكون فيها الأنابيب الصحية **غير مفصلة** عن أنابيب المجرى .

- Q. Where we use ?

1- Open channel hydraulics .

2- Manning equation .

Ans :

- Design and evaluate (حساب) the performance (أداء) of **sanitary sewers** .
- Design and evaluate the performance of **storm sewers** .



**Civilittee**

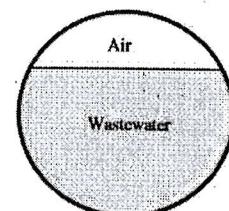
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Q . Why wastewater sewer system is designed as open channel (قناة مفتوحة) ?

Ans : 1- Gravity (الجاذبية) .

2- Partially full (ممتلأة جزئياً) .



- Q. Why there are percentage not Served (غير مخدومة) by Sanitary sewers ?

Ans : 1- Nature of live (طبيعة السكن)

2- Distance from Sanitary sewers (المسافة بينها وبين الأنابيب الصحية)

| السنة | نسبة المخدومين بشبكة الصرف الصحي<br>٢٠٠٧ - ٢٠٠٤ |
|-------|---|
| ٢٠٠٤  | ٦٥%   |
| ٢٠٠٥  | ٦٨%   |
| ٢٠٠٦  | ٦٦%   |
| ٢٠٠٧  | ٦٣%   |



- Problem related to sewers: Corrosion (التآكل)

Corrosion in sewer pipes usually occurs (يحدث) when conveying wastewater of **low pH** .

- The acidity (الحموضية) of the low pH wastewater attacks (تهاجم) the pipe material (cement structure) causing severe damage (دمار) to sewer pipes .

Such process (عملية) is known (تعرف) as the sulfide attack .

- To retard ( يؤخر ) the problem of sewers corrosion, How ??

Ans : The pH of the wastewater flow should be kept (يحافظ عليها) a little high ( $> 7.5$ ) .

How can that be achieved (تحقق) ??

Ans : Use water pH larger than 8.5 .

أكثـر جــزء مــعرض للــتأكل هــو **الــجزء العــلــوى** .

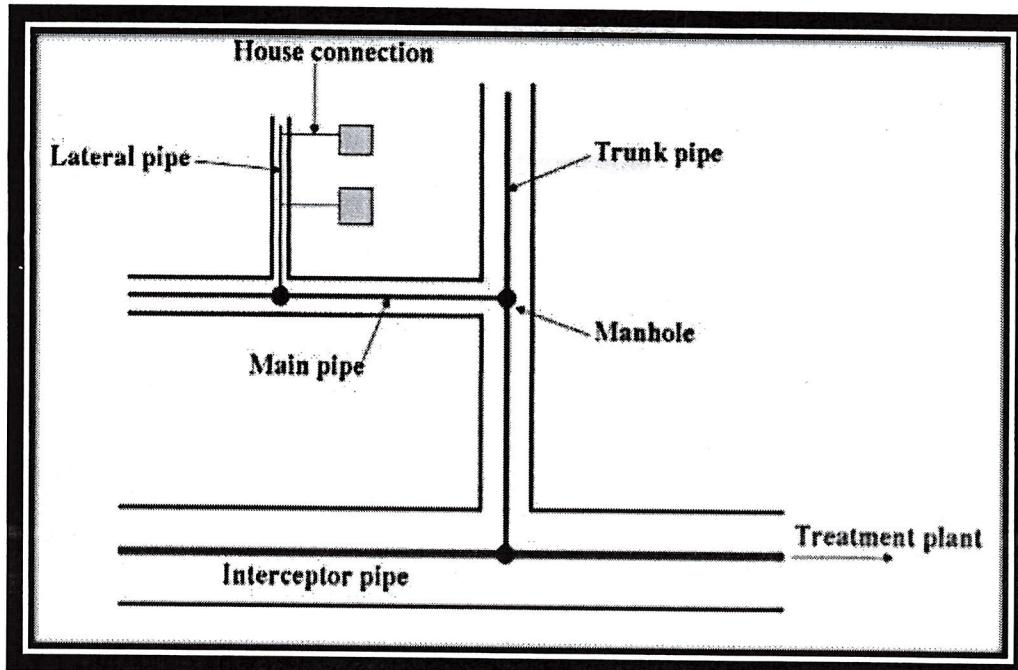


اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- **Sewer components** (أجزاء الأنابيب) :
  - 1- House connection : (أقل قطر فيهم) .
  - 2- Lateral pipe : Group of House connection
  - 3- Main pipe : Group of Lateral pipes .
  - 4- Trunk pipe : Group of Main pipes .
  - 5- Interceptor pipe : Group of Trunk pipes .
  - 6- Manhole : (Joint نقطه تجمع للمياه مثل ) .
- عاًة خط المياه والإنترنـت ووضعـها تحت خطـ الماء .



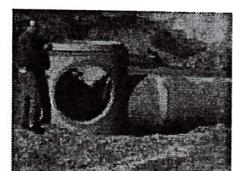


# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Q . Why the bottom (أسفل) and the sides (الجانب) of sewers closed (مصبوبة أو مغلقة) ?
- Ans : From the bottom because to prevent (يمنع) water to go to the soil And from the sides because to face (يواجه أو يتصدى) load from water .



Q. Why we interested in Bed slope ?

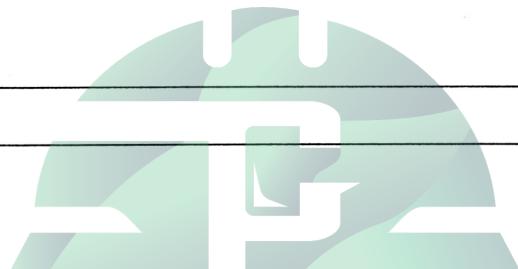
Ans : Because we want wastewater move benefiting (يستفيد) of the gravitational force .



- **Design of sewers ( تصميم الأنابيب ) :**

The design problem of sanitary sewers **includes** ( يتضمن ) :

- 1- Pipes layout . ( توزيع الأنابيب ) .
- 2- Manhole locations . ( موقع المناهل ) .
- 3- Determination of the pipe initial bed slope . ( الميل البدائي ) .
- 4- Determination of the design flow . ( التدفق عند التصميم ) .
- 5- Determination of the pipe size and its final slope: ( حجم الأنابيب و الميل النهائي ) .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- To design sewer system for given region ( تصميم منطقة معطاه ), the design requires ( يتطلب ) a map ( خريطة ) that **shows** :

1-The elevations . ( ارتفاعات ) . 2- Contours . ( خطوط الكنتور ) .

3- The streets layout . ( مخطط الشوارع ) . 4- Land use . ( استخدام الأرض ) .

- **Design requirements ( متطلبات التصميم ) :**

- Pipes are usually placed underneath minor ( فرعى ) and major streets ( شارع رئيسي ) ensuring ( يضمن ) that **every** single house or public service building is served by sewer pipeline .

- The minimum pipe **cover** ( غطاء ) is 2m .

- Buildings are connected ( متصل ) directly to the nearby pipe . ( أقرب أنبوب ) .

• Design criteria (شروط التصميم) :

### 1- Velocity (السرعة)

- Maximum (أقصى) flow velocity =  $3.5 \frac{m}{s}$  Why ??

To avoid (يتجنب) pipe damage (erosion) .

- Minimum (أقل) flow velocity =  $0.6 \frac{m}{s}$  Why ??

To ensure (يضمن) pipe self cleaning (التنظيف الذاتي) .



**Civilittee**



اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

### 2- Bed slope (الميل) :

- Maximum slope is 0.05 .

Minimum slope according to the pipe flow (تدفق الانبوب) and we find it by this equation and is **not allowable** (غير مسموح) to reach less than 0.005 .

$$S_{o-min} = 0.000233 Q^{\frac{-6}{13}}$$

حفظ

Q : Pipe design flow ( $\frac{m^3}{s}$ ) .

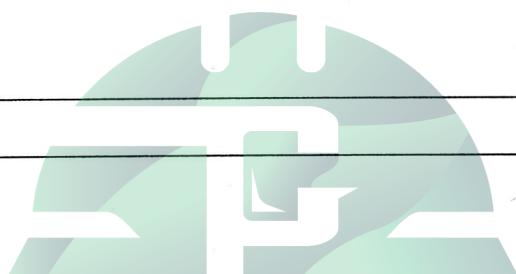
$$0.005 \leq S_{o-min} \leq 0.05$$

الميل والسرعة علاقة طردية .



- Sewer manholes :
- Given the region map with sewer pipes being placed, **manholes** are usually introduced for **inspecting and cleaning sewer pipes** (عرض وتنظيف أنابيب المجاري) .
- A manholes is **placed** (يُوضع) when there is :
  - 1- Change in the **horizontal direction** (الاتجاه الأفقي) of the sewer line .
  - 2- Change in the **vertical direction** (الاتجاه العامودي) of the sewer line (change in the bed slope) .
  - 3- Change in the **sewer size** (اختلاف القطر) .
  - 4- At intervals of **100 m** when the sewer has **no change in direction** (لا تغيير في الاتجاه والغاية منه هي أغراض الصيانة) .

Drop manholes (Another Type) are placed whenever two sewer lines at **different elevations** (اختلاف الارتفاع) are to be connected .



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

- Q. What the use (استخدام) of Drop manholes ?
- Ans : To protect (يحمي) the pipes from Corrosion .
- Q. How we can **connect** the sewer line for ?

- 1- Water
- 2- Wastewater

Ans : 1- Elbow

2- Manholes

Q1- Self-cleansing velocity is

Ans : velocity at which no accumulation remains in the drains

Q2- An inverted siphon is designed generally for

Ans : three pipes

Q3- Chlorination of water is done for the removal of

Ans : bacterias

Q4-Water from homes and schools is called

Ans : Domestic



Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

وكان آخر دعواهم أن الحمد لله رب العالمين  
كل الأماني لكم بالتوفيق والنجاح لكم .

#لجنة سيفاتي  
#محمد\_السفاريني

2- Estimate the average wastewater flow ( $\frac{m^3}{s}$ ) according (تبعاً إلى) to the number of units being served .

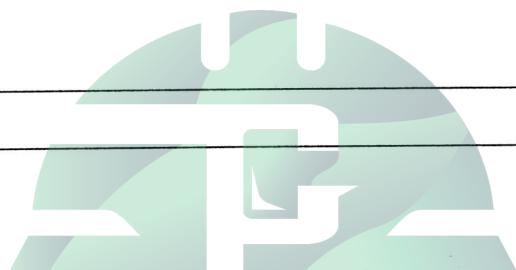
The flow of the **peak hour** in the **peak day** is selected as the sewer design flow ( $Q_d$ ) .

$$Q_d = Q_{\text{average}} * 1.5 * 1.8 \quad \text{حفظ}$$

**Notes :**

1- The unit of Q must to be ( $\frac{m^3}{s}$ ) .

2-  $Q_d = \text{Peak Flow} = \text{Design Flow}$  .



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

3- For the sewer pipe connecting two manholes, the **initial pipe diameter (d)** can be obtained (يُحصل عليه) using the Manning equation assuming (مُفترضاً) the pipe is just full to carry the design flow ( $Q_d$ ) .

$$Q_d = \frac{1}{n} * \frac{\pi}{4} * d^2 * \left(\frac{d}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S_o} \quad \text{حفظ}$$

Or  $d = \left( \frac{3.21 * n * Q_d}{\sqrt{S_o}} \right)^{\frac{3}{8}} \quad \text{حفظ}$

- n depends on the **material** (يعتمد على نوع المادة) .



The invert (مقلوب) elevation at the upper manhole (M1)

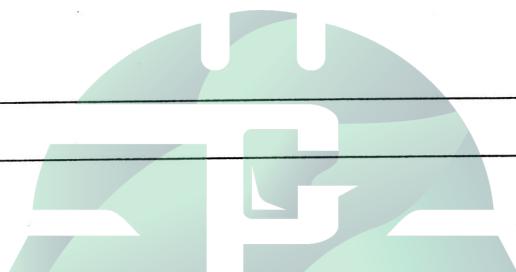
$$IEU = GE_U - \text{cover} - \text{diameter} - \text{thickness}$$

$$= 601.8 - 2 - 0.255 - 0.05 = 599.495 \text{ m} \text{ Above MSL}$$

The invert elevation at the lower manhole (M2)

$$IEL = GE_L - (S_o * H)$$

$$= 599.495 - (0.02 * 100) = 597.495 \text{ m} \text{ Above MSL}$$



# Civilittee

اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية

[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)

The performance (أداء) during the **minimum flow period** (خلال) : (مدة)

جميع الحسابات التي قمت بها كانت ل التدفق في وقت الذروة لكن هنا ليست في أوقات الذروة .

$$Q_{\text{average}} = \frac{Q_{\text{peak}}}{1.5 * 1.8} = \frac{0.0578}{1.5 * 1.8} = 0.0214 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} .$$

$$Q_{\text{non-peak}} = 0.5 \times Q_{\text{Average}} = 0.5 \times 0.0214 = 0.0107 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} .$$

$$\frac{Q_{\text{non-peak}}}{Q_f} = \frac{0.0107}{0.0768} = 0.14$$

From the  $\frac{Q_{\text{non-peak}}}{Q_f}$  we find  $\frac{V_{\text{non peak}}}{V_f}$  from the diagram .

$$\frac{V_{\text{non peak}}}{V_f} = 0.7$$

$$V_{\text{non-peak}} = 0.7 \times 1.5 = 1.05 \frac{\text{m}}{\text{s}} > 0.6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ (ok)}$$





**Civilittee**  
اللجنة الأكاديمية لقسم الهندسة المدنية  
[www.Civilittee.com](http://www.Civilittee.com)