

اسلامیہ

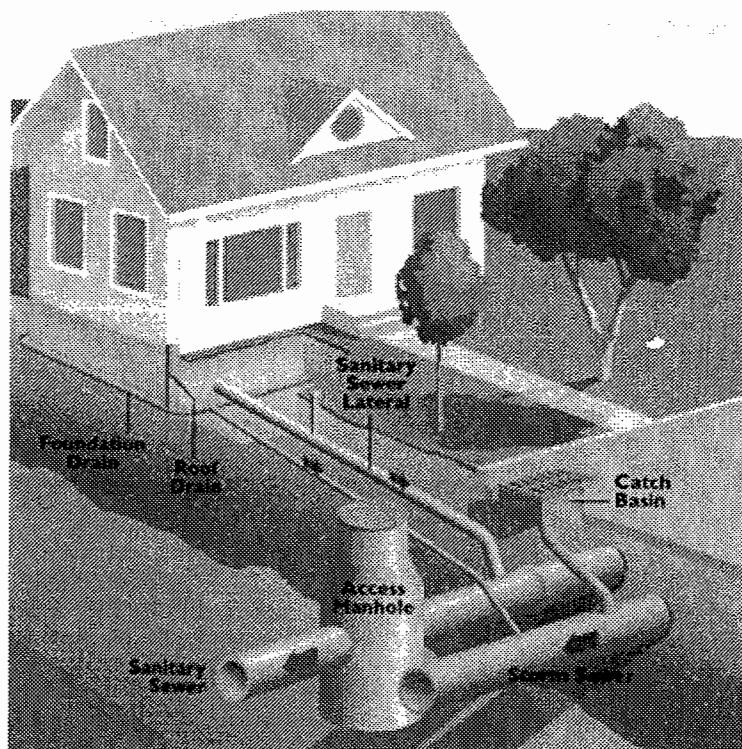
④

Sanitary Engineering

40

4

Sewerage Systems



- Sewerage Systems

Introduction

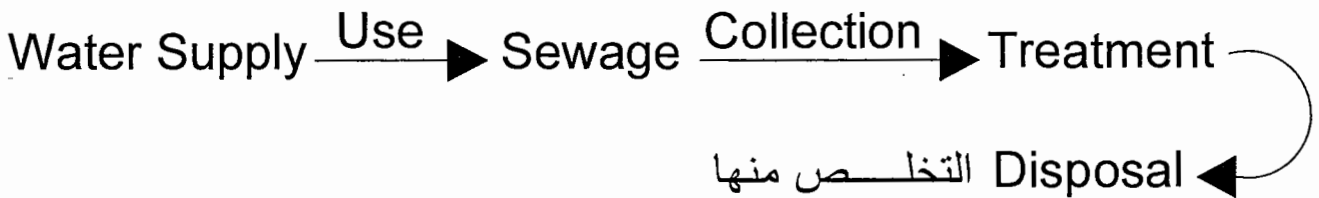
بعد أن تم إمداد المدينة بالمياه وتم استهلاك المياه أصبح لدينا مياه صرف صحي يجب أن نتخلص منها بشكل آمن لا يؤثر على البيئة بأى تلوث وذلك طبقاً للمواصفات

يتم تجميع مياه الصرف الصحي من أماكن استهلاك المياه بواسطة مواسير تسمى مواسير إنحدار وذلك لأن المياه بداخلها تتحرك بتأثير الجاذبية الأرضية وليس بضغط

وبعد أن تم تجميع مياه الصرف الصحي يتم رفعها بواسطة محطات الرفع إلى محطات معالجة مياه الصرف الصحي

فى محطة معالجة مياه الصرف الصحي يتم معالجة مياه الصرف حتى تصبح مياه يُسمح بالتخلص منها بدون تأثير سلبي على البيئة أو حتى يتم إستخدامها مرة أخرى فى الزراعة مثلاً

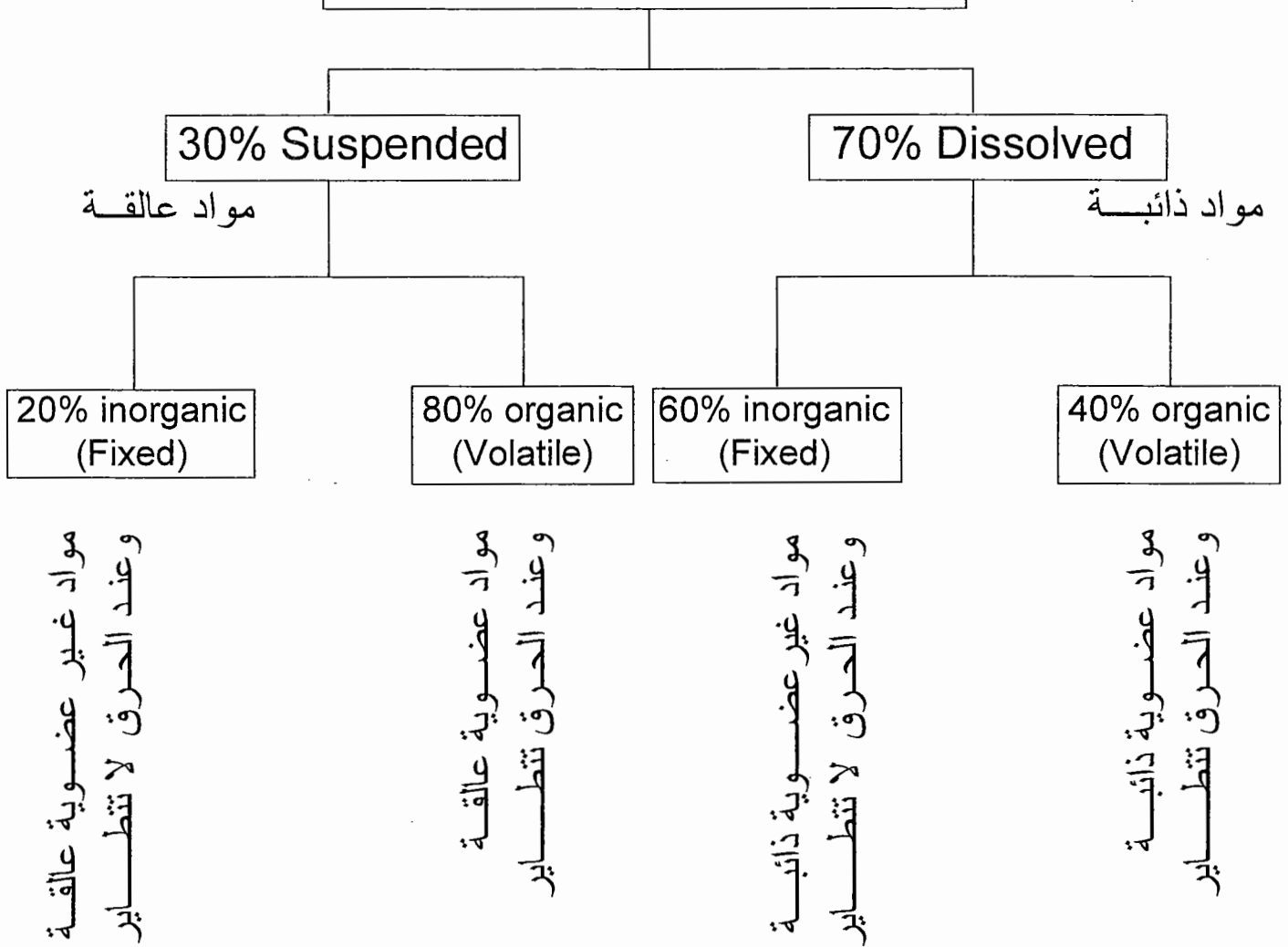
تنتج مياه الصرف الصحي من أماكن استهلاك المياه مثل البيوت والفنادق والمطاعم والمباني التجارية والعامة بالإضافة إلى مياه الأمطار و مياه غسيل الشوارع و مياه الرش التي تتسرب الى مواسير الصرف من المياه الجوفية



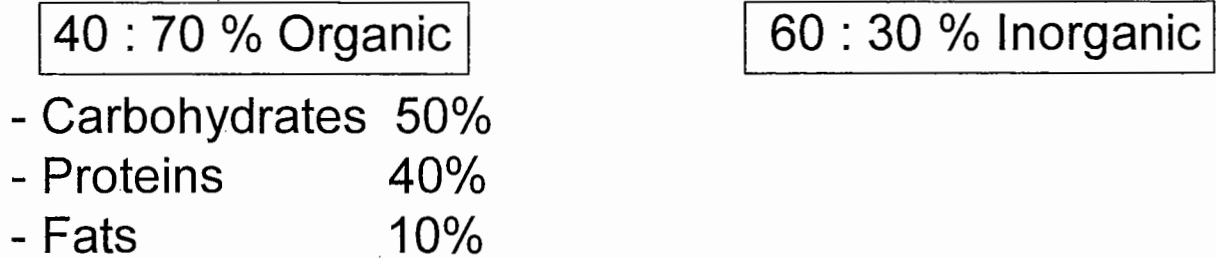
تحتوي مياه الصرف الصحي على ملوثات صلبة عضوية وغير عضوية وملوثات ذائبة عضوية وغير عضوية

تنقسم الـ Solids الموجودة فى مياه الصرف الصحى إلى

Physical Composition of Solids



Chemical Composition of Solids



من مشاكل المواد العضوية أن هذه المواد يحدث لها تعفن فى حالة عدم وجود أكسجين

Sources of Sewage Flow

1 - Domestic Use

ويشمل صرف المنازل من مخلفات أدمية وغسيل ملابس وأواني وإستحمام ومخلفات التنظيف

2 - Industrial Waste

ويشمل كل مخرجات الصناعة من مخلفات أدمية للعمال وغسيل المواد الخام والمنتجات ومياة التبريد ومخلفات صناعة المنتجات كالألبن والحلوى

3 - Commercial & governmental Use

ويشمل مخلفات المنشآت الحكومية والأدارية وغسيل الشوارع ومخلفات المنشآت التجارية

4 - Infiltration Water

ويشمل المياه المتسربة من جوف الأرض (المياة الجوفية) خلال الوصلات بين المواسير وبعضها او من خلال شروخ فى المواسير نفسها

5 - Storm Water مياه الأمطار والسيول

حيث يمكن صرف مياه الأمطار مع الصرف العادى ويمكن فصلها فى شبكة منفصلها وذلك طبقاً لكمية الأمطار وأوقات نزولها

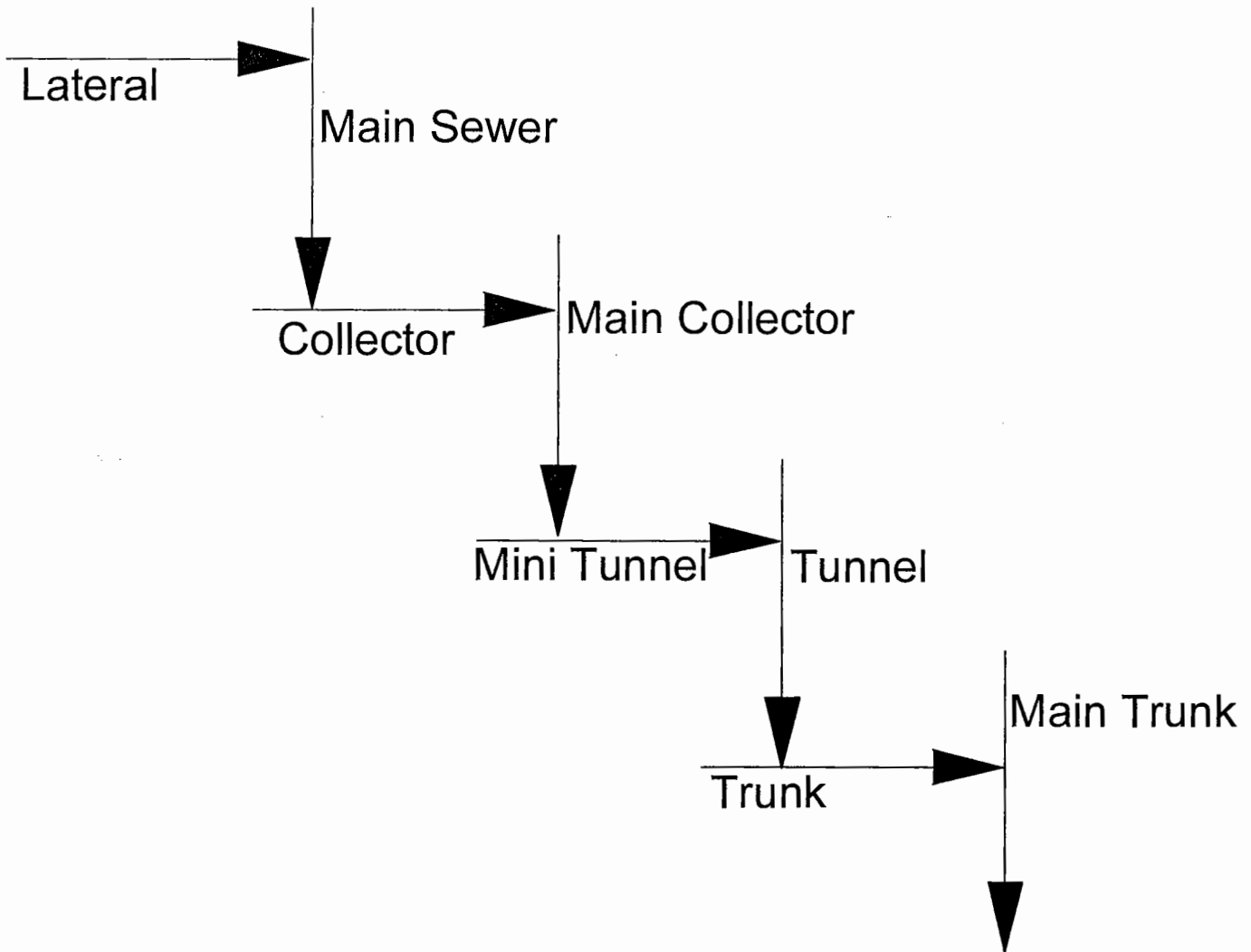
6 - Grinded garbage or Solid Waste بقايا الأكل والمخلفات

- Degrees of Sewer Lines

يتم تجميع مياه الصرف الصحي بواسطة مواسير تسمى مواسير إنحدار لأن المياه تمشي بداخلها تحت تأثير الجاذبية الأرضية أى تحت تأثير الضغط الجوى حيث أن الماسورة تكون Partially Full ليست ممتلئة

بما أننا بنجمع مياه الصرف —————> إذاً ستكون الماسورة فى البداية قطرها صغير واثناء التجميع نلاحظ زيادة الـ Flow وبالتالى يزداد قطر الماسورة

ومن هنا نتج أكثر من إسم لمواسير تجميع مياه الصرف الصحي (فى الأول وفى الآخر هى مواسير بنجمع فيها مياه الصرف وكل ماسورة ترمى فى ماسورة أكبر منها ولكن كل ماسورة ليها إسم)



- Main Components of Sewerage System

1 - Piping

مواسير تجميع مياه الصرف الصحي تكون المياه ماشية بداخلها تحت تأثير الجاذبية الأرضية وذلك يعنى أن الماسورة ليست ممتلئة بل تكون Partially Full مثلاً لو الأرض طالعة لازم ماسورة الصرف تكون نازلة

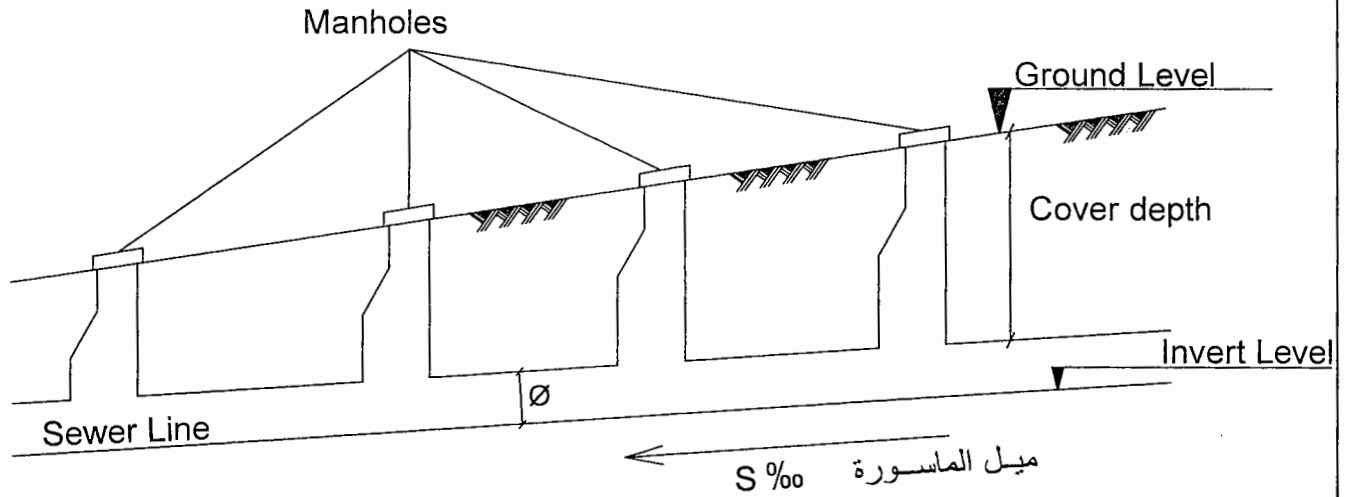
لماذا تكون الماسورة Partially Full ليست ممتلئة وذلك لأن مياه الصرف الصحي تحتوى على مواد عضوية اذا لم تتعرض لهواء سوف يتسبب ذلك فى حدوث تفاعلات داخل مياه الصرف الصحي فى عدم وجود الهواء مما يتسبب فى ظهور روائح كريهة جداً وغازات سامة قد تؤثر على جدار الماسورة نفسها وتسبب فى تلفها لذلك بنصمم مواسير تجميع مياه الصرف الصحي على اساس انها تكون ليست ممتلئة Partially Full حتى نسمح بالتهوية وعدم حدوث هذه التفاعلات المسببة لروائح كريهة لكن هذا لا يعنى أن فى حالة ان الماسورة Partially Full أنه لا يحدث تفاعلات بل يحدث تفاعلات تسمى بالتفاعلات الهوائية يعنى فى وجود الهواء سيتم دراسة هذه التفاعلات بالتفصيل فى رابعة مدنى أشغال عامة

2 - Manholes

المطابق

وهى عبارة عن فتحات رأسية من الخرسانة تصل من سطح الأرض إلى الماسورة تحت الأرض وتسمى مطبق

الهدف منها سهولة الوصول للماسورة لتسهيل الصيانة والتسليك ولتقليل احتمالية حدوث سدد فى المواسير المطابق تكون موجودة على خطوط الصرف الصحي كل مسافة معينة على حسب قطر الماسورة تتغير هذه المسافة طبقاً للكود المصري مثلاً ماسورة قطرها 200 مم يكون فيها المطابق على مسافات 30 متر

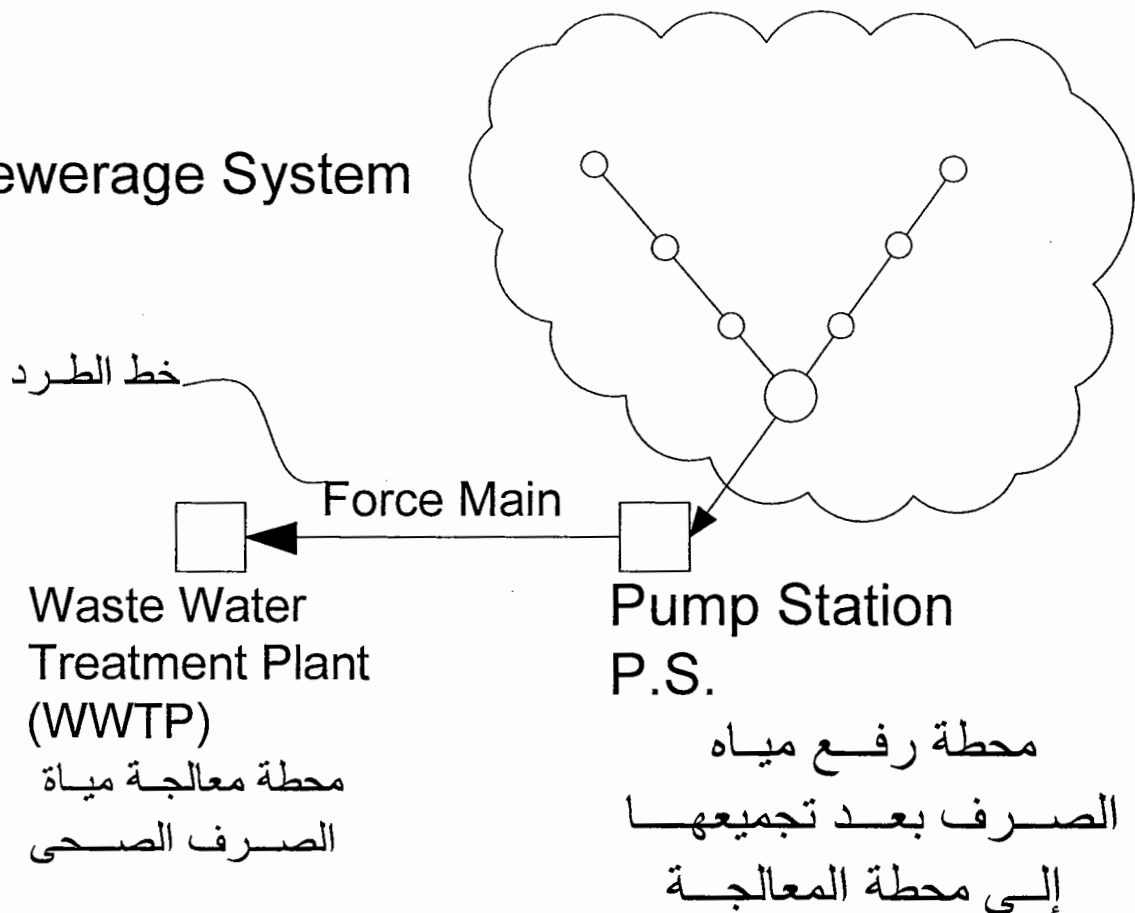


المطابق أما دائرية المقطع أو مستطيلة وذلك يكون بناءً على عمق الماسورة تحت الأرض

3 - Pump Stations

بعد أن تم تجميع مياه الصرف الصحي يتم رفعها إلى محطة المعالجة

Sewerage System



- Types of Sewerage Systems

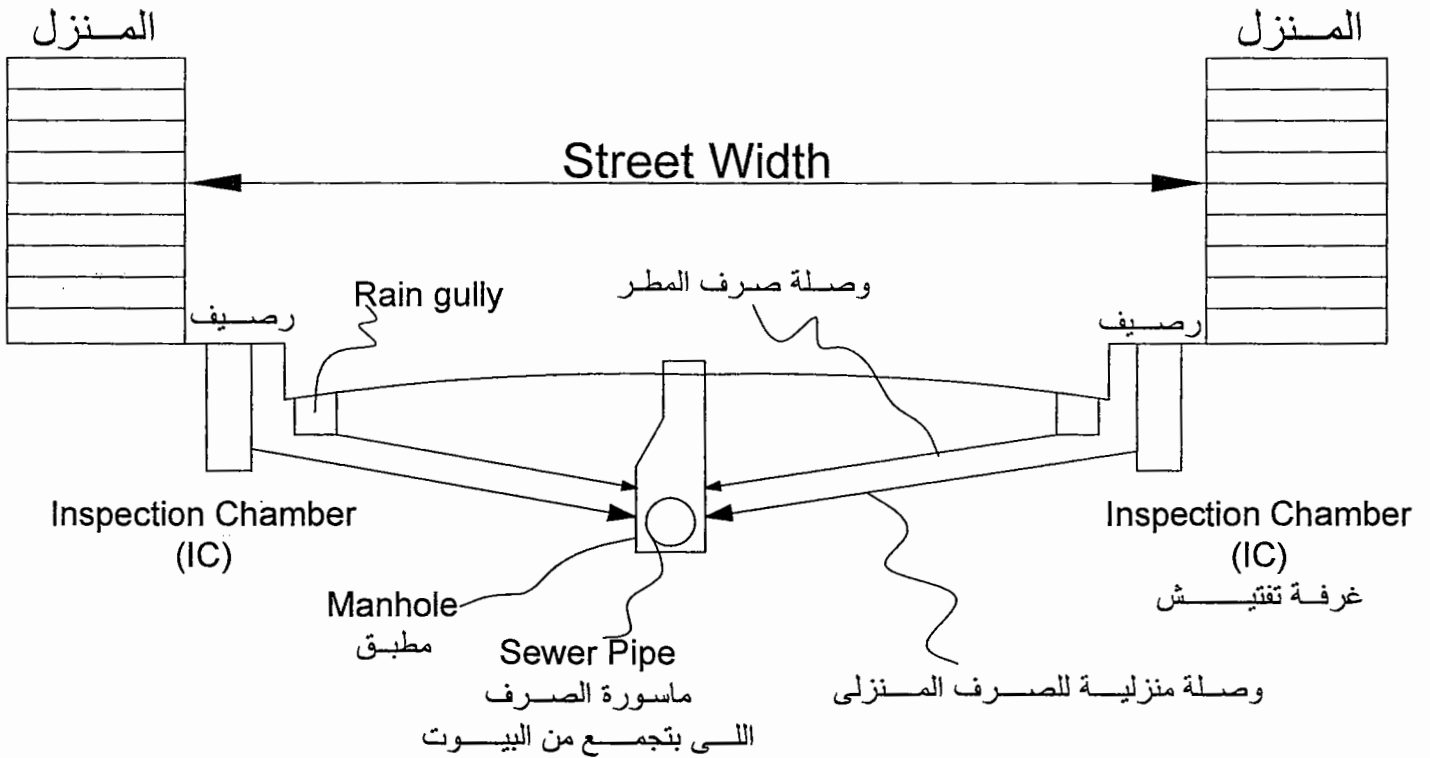
1 - With respect to source

a - Combined System :

- يتم فى هذا النظام صرف مياه الأمطار مع الصرف الصحى فى نفس الشبكة

- يتم إستخدام هذا النظام فى حالة وجود أمطار قليلة وفى حالة ان شوارع المدينة ضيقة وبالتالى مش هقدر أعمل شبكتين منفصلتين فبنعمل شبكة واحدة نصرف عليها مياه الأمطار والصرف الصحى

- فى هذا النظام بسـتفيد بمياه الأمطار إنها تعمل على تخفيف تركيز المواد العضوية فى مياه الصرف الصحى



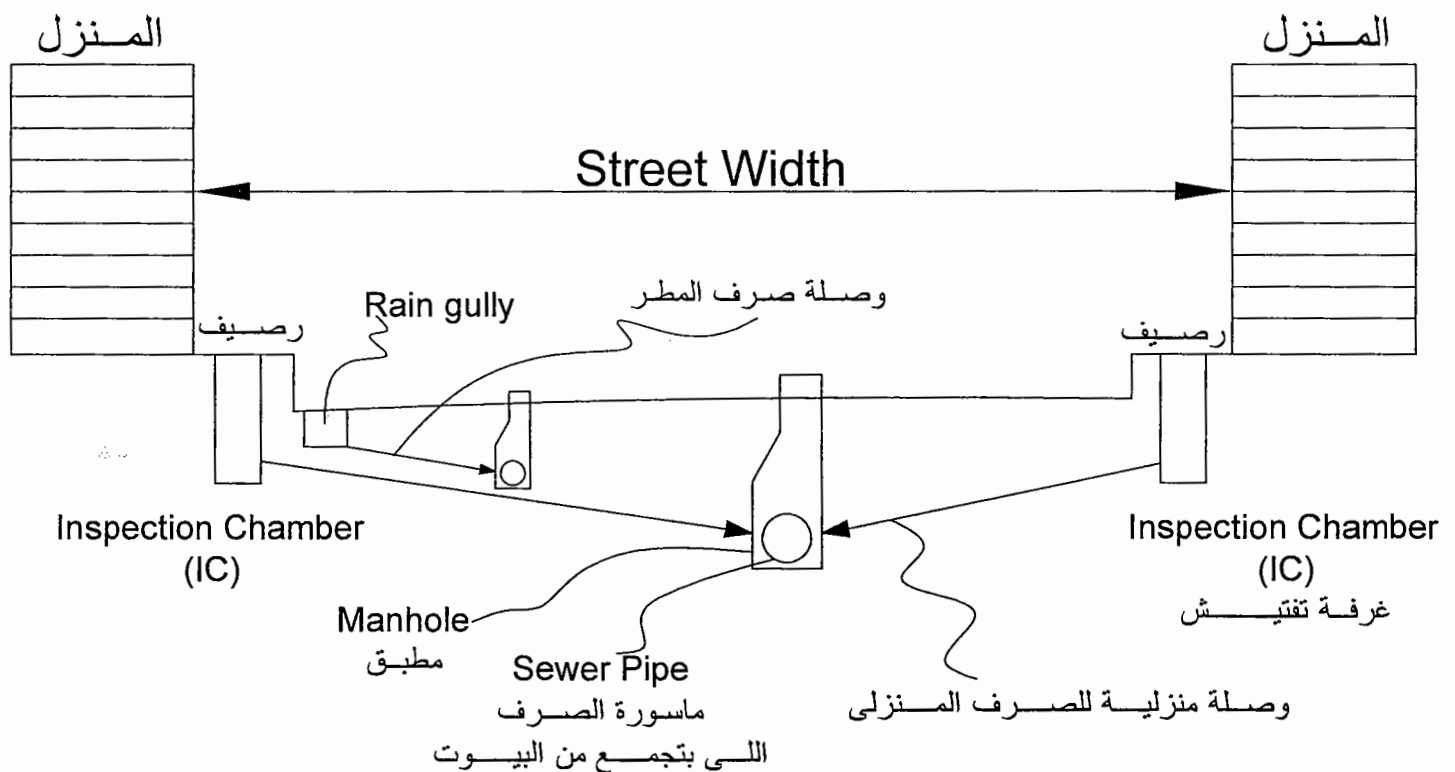
Combined System

a Separate System :

- يتم فى هذا النظام صرف مياه الصرف الصحى فى شبكة وصرف مياه الأمطار على شبكة أخرى منفصلة عنها

- يتم فصل شبكة المطر عن شبكة الصرف الصحي نظراً لكثرة مياه الأمطار ولأن الشوارع واسعة وتهيئ مساعدتي اني اعمل شبكتين صرف

- ويتم فى هذا النظام تجميع مياه الأمطار فى شبكة منفصلة لإعادة استخدامها مرة اخرى بعد تجميعها



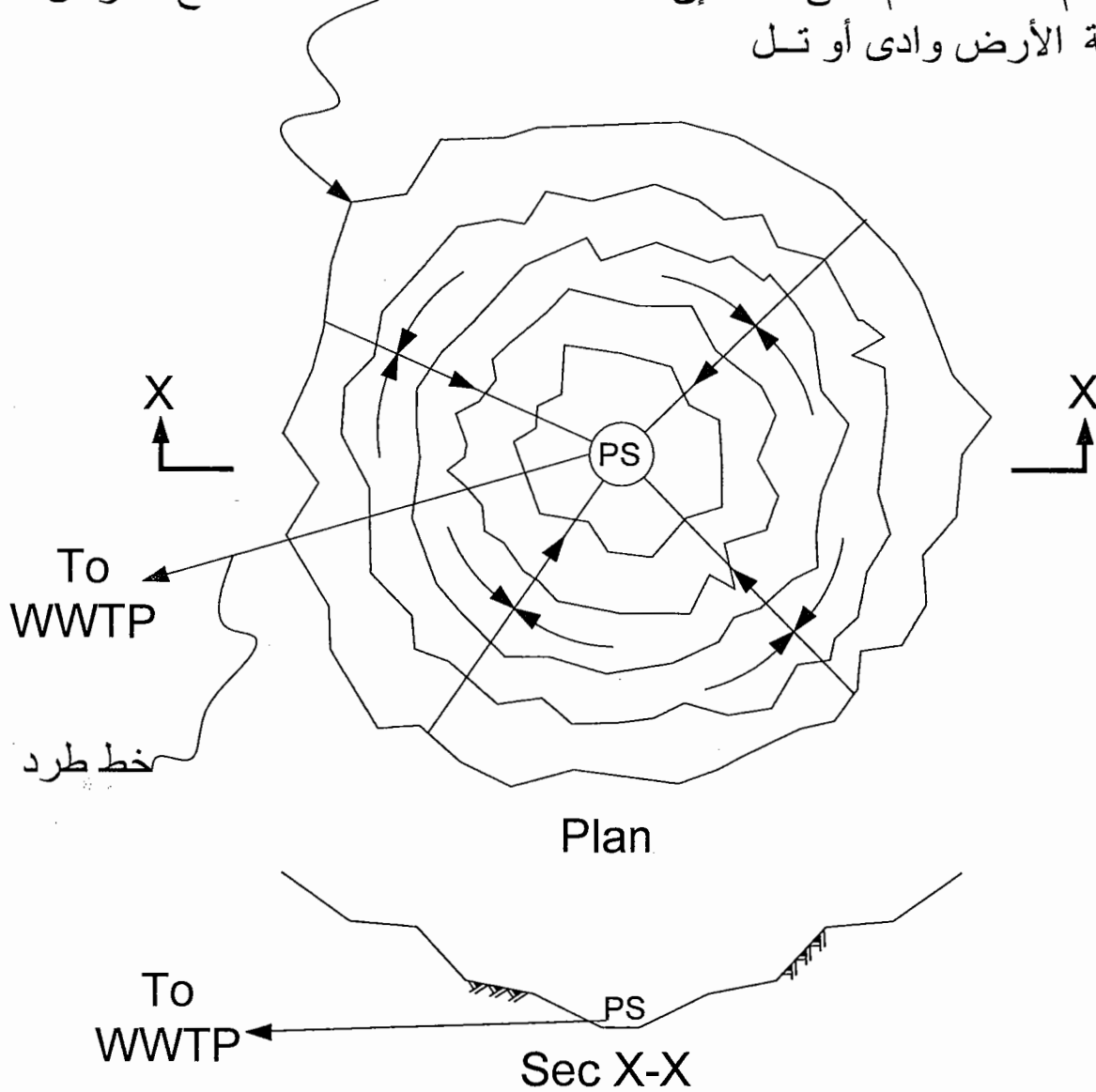
Separate System

- Types of Sewerage Systems

2 - With respect to Land Topography

a - Radial System :

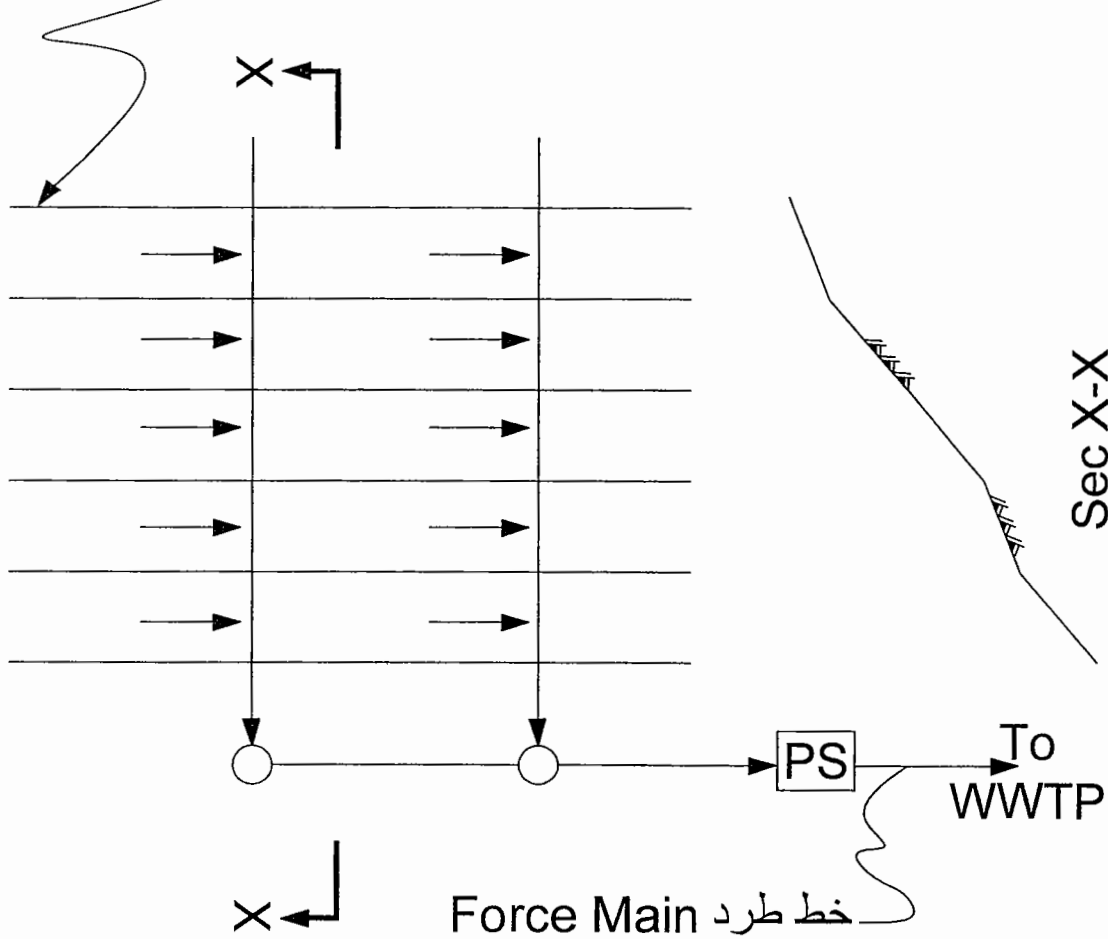
- يتم استخدام هذا النظام فى حالة إن ال Contour Lines لسطح الأرض تجعل طبيعة الأرض وادى أو تل



- يتم تخطيط شبكة الصرف الصحى مع إتجاه ميل الأرض فنجد أن كنتور الأرض يجعلها وادى أو تل فيتتم صرف مياه الصرف على أوطى نقطة لتجميعها ومن ثم رفعها بواسطة ال PS محطة الرفع الى محطة المعالجة

b - Perpendicular System :

- يتم إستخدام هذا النظام فى حالة إن الـ Contour Lines لسطح الأرض متوازيه تجعل طبيعة الأرض ذات إنحدار ثابت



- يتم تخطيط شبكة الصرف الصحى مع إتجاه ميل الأرض فنجد أن كنتور الأرض مائل فى إتجاه ثابت فيتم التخطيط فى ذلك الاتجاه ويتم وضع الـ PS فى اوطى نقطة ومن ثم رفع المياه الى محطة معالجة مياه الصرف الصحى

C - Zoning System :

- يتم فى هذا النظام عمل شبكة صرف لكل منطقة منفصله عن الأخرى وذلك طبقاً لظروف المدينة

d - Interceptor System :

- Types of Materials of Sewers :

1. Verified Clay pipes (VC) مواسير الفخار
2. Poly Venyle Chloride pipes (PVC)
3. Glass Reinforced Pipes (GRP)
4. Asbestos Cement Pipes (ACP)
5. Concrete Pipes
6. Brick-Shaped Ducts
7. Concrete Box Culverts (Rectangular shape)
8. Cast Iron (for force mains)
9. Ductile Cast Iron (for force mains)
10. Steel Iron (for force mains)

- مواسير الفخار Verified Clay pipes (VC) هي مواسير مسامية تسمح بالترشيح Infiltration وتسمح بالتهوية لمياه الصرف التي بداخلها

- مواسير الخرسانة Concrete هي الأكثر استخداماً في الصرف الصحي ولكن يجب حمايتها جيداً لأن مياه الصرف الصحي بها مركبات كيميائية من الممكن ان تؤثر على الماسورة -

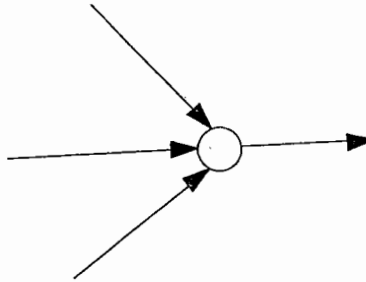
- تستخدم مواسير الـ Cast Iron والـ Steel Iron والـ Ductile Cast Iron فقط في خطوط الطرد وهي المواسير من محطة رفع مياه الصرف الصحي حتى محطة المعالجة
خطوط الطرد عبارة عن مواسير تمشي فيها المياه تحت ضغط لأنها جاية من Pump Station

Locations of Manholes :

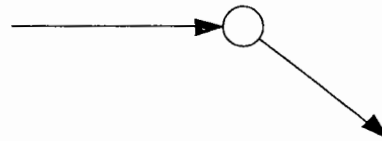
1 - At the start of the sewer



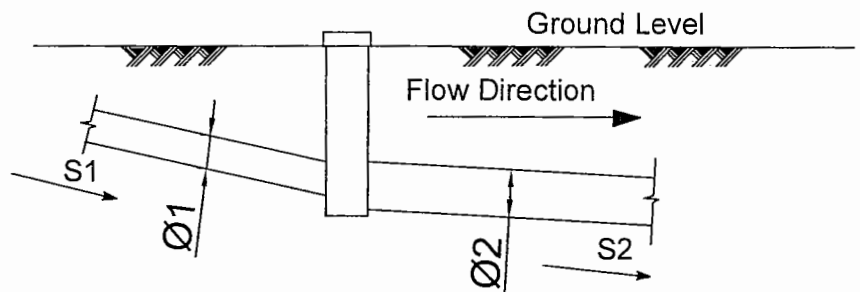
2 - At the intersections of sewers



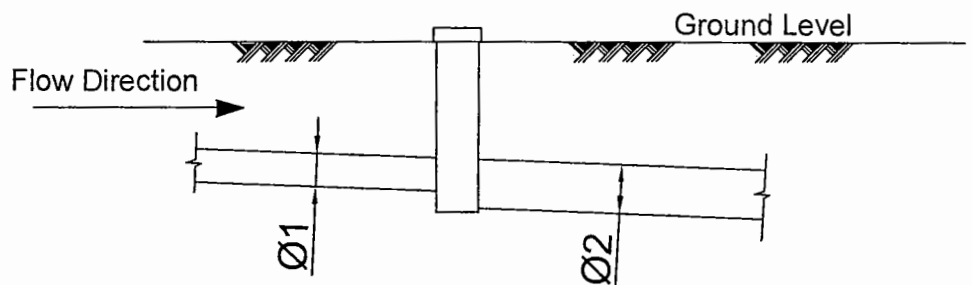
3 - At change of direction of sewers



4 - At change of Slope of sewers



5 - At change of diameter of sewers



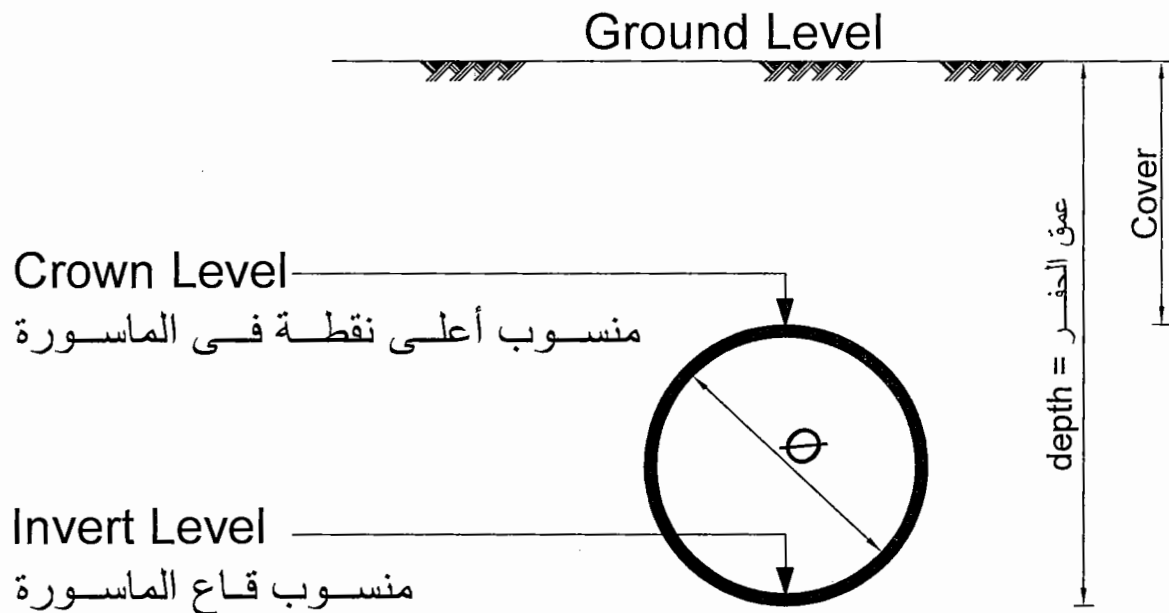
6 - At specified distances along straight reaches of sewer upon its diameter as following :

\varnothing mm	200	300	400	450	500	550	600	700	800	900	>1000
Spacing m	30	35	40	45	50	60	65	70	75	80	100

– الجدول السابق يقرر لما يكون قطر الماسورة مثلاً 200 مم لازم أعمل Manhole كل 30 متر على كامل طول الماسورة وذلك لسهولة صيانته والتسليك في حالة السدد وذلك إضافة إلى الأماكن السابق ذكرها

– المسافات الموجودة في هذا الجدول تم وضعها على أساس التنظيف اليدوي Manual Cleaning أما إذا كان التنظيف ميكانيكي Mechanical Cleaning من الممكن أن تتغير هذه المسافات

ملاحظة هامة



– يتم وضع الماسورة أسفل سطح الأرض بـ **Cover** يجب ألا يقل عن قيمة معينة حتى لا تتأثر الماسورة بالـ **Traffic Load**

– عمق الحفر **Depth** لا يزيد عن 6 متر حتى لا تزيد التكلفة ولو زاد يتم عمل محطة رفع **P.S.**

Minimum Cover = 1.20 : 1.50 m

- Design of Sewers :

a - Design flow calculation

Sewage Flow

– كما سبق عند دراسة شبكة المياه تم تعريف معدلات الإستهلاك للمياه المختلفة وكانت كلها تعتمد على متوسط الإستهلاك اليومي Q_{Avg} (l/c/d)

وعند تصميم شبكة الصرف الصحي يلزم تعريف التصرفات الآتية

1 - Domestic Use:

the average sewage flow (SF_{Avg}) is defined as the rate of wasting the total sewage per capita per day and it is related to the average water consumption of water per capita per day (q_{Avg}) as following :

– الـ SF_{Avg} Sewage flow هو معدل الصرف لكل فرد فى اليوم ويكون نسبة من معدل إستهلاك المياه حيث يتم ضرب الـ q_{Avg} (l/c/d) للمياه فى معامل تخفيض Reduction Factor وهذا التخفيض ناتج من الفاقد خلال شبكة المياه

$$\text{Reduction Factor} = 0.7 : 0.9$$

$$SF_{Avg} = (0.8 : 0.9) \times q_{Avg} \text{ liter/capita/day}$$

$$Q_{Avg (Sewage)} = SF_{Avg} \times \text{Population} \text{ liter/day}$$

- Dry weather flow (D.W.F .) OR Summer Flow

وهو التصرف الناتج من الإستهلاكات المختلفة بدون إضافة مياه الأمطار وينقسم إلى

i - Maximum Dry Weather Flow أقصى تصرف جاف

- يحدث هذا التصرف فى شهور الصيف

$$Q_{Max.} = K_{Max.} \times Q_{Avg (Sewage)}$$

$K_{Max.}$ = Peak factor

$$K_{Max.} = \begin{cases} 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} & \text{in case of Pop} < 1000 \text{ capita} \\ \frac{5}{P^{0.167}} & \text{in case of Pop} > 1000 \text{ capita} \\ 1.20 : 1.60 \text{ directly} \end{cases}$$

ii - Minimum Dry Weather Flow أدنى تصرف جاف

- يحدث هذا التصرف إثناء الليل أو خلال الشتاء

$$Q_{Min.} = K_{Min.} \times Q_{Avg (Sewage)}$$

$K_{Min.}$ = Minimum factor

$$K_{Min.} = \begin{cases} 0.2 P^{1/6} \\ 0.50 : 0.70 \text{ directly} \end{cases}$$

يتم التعويض عن عدد السكان بالآلاف Pop in thousands

i.e. : Pop = 43,000 capita

نعوض عنها بـ 43

3 - Small Industries

$$1 \text{ hectare} = 10000 \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{Ind.}} = (40 : 80) \text{ m}^3 / \text{hectare} / \text{day}$$

4 - Commercial & Governments Use :

$$Q_{\text{Com.}} = (40 : 1500) \text{ m}^3 / \text{hectare} / \text{day}$$

5 - Infiltration Water :

– معدل مياه الترشيح $Q_{\text{Inf.}}$ هو كمية المياه التي تتسرب من المياه الجوفية الموجودة في التربة المحيطة بماسورة الصرف الصحي إلى داخلها من خلال الوصلات بين المواسير أو الشروخ الموجودة في الماسورة بسبب وجود الماسورة أسفل منسوب المياه الجوفية

$$Q_{\text{Inf.}} = \alpha \times d \times h^{2/3}$$

α = Infiltration factor = 5 : 10

d = Diameter of sewer pipeline قطر الماسورة

h = depth of sewer pipeline below groundwater table

المسافة بين الماسورة و سطح المياه الجوفية وليس سطح الأرض

In general, the rate of infiltration water can be estimated as following :

$$Q_{\text{Inf.}} = (24 : 95) \text{ m}^3 / \text{km} / \text{day}$$

$$Q_{\text{Total Inf.}} = (24 : 95) \times \text{length of pipe in Km} \quad (\text{m}^3 / \text{day})$$

5 - Storm water : صرف مياه الأمطار

يتم حساب كمية مياه الأمطار من المعادلة الآتية

$$Q_{\text{rain}} = C \cdot I \cdot A$$

C = Seepage to sewer factor = 0.5 : 0.95

I = rain density (mm/hr) كثافة الأمطار

A = area served by the sewer line

if the rain density (I) is unknown, it can be estimated as following :

$$I \text{ (mm/hr)} = 750 / (T_c + 10) \quad \text{for } 10 < T_c < 20 \text{ min.}$$

$$I \text{ (mm/hr)} = 1000 / (T_c + 10) \quad \text{for } 20 < T_c < 120 \text{ min.}$$

$$T_c = [L / (60 \times V_f)] + T_e$$

Where ,

$$V_f = 0.75 \text{ m/s} \quad \text{سرعة مياه الأمطار}$$

T_c = time of concentration

هو زمن تركيز العاصفة ويساوى الزمن اللازم لوصول مياه الأمطار من أبعد نقطة فى المساحة المخدومة A وحتى بالوعة صرف الأمطار

T_e = time of entrance = 2 : 3 minutes

زمن دخول مياه الأمطار إلى خط الصرف

L = Length of sewer pipeline

a - Design of Sewage Network

- يتم تصميم شبكة مواسير الصرف الصحي لإيجاد قطر الماسورة \emptyset والتصرف المار بها Q وميل الماسورة S وسرعة مياة الصرف الصحي بداخلها V

From design, we get \emptyset , Q , S , V

- يتم تصميم شبكة مواسير الصرف الصحي على أنها

- أشكال القطاعات الغالب إستخدامها فى مواسير الصرف الصحي هي القطاع الدائري والقطاع الـ

- أشهر معادلات تصميم مواسير الصرف الصحي هم

Manning Formulae

Cole-Brook White Formulae

وتعتبر Manning Formulae Cole-Brook White Formulae هي الأدق ولكن هى الأكثر إستخداماً

Manning Formula :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{0.5}$$

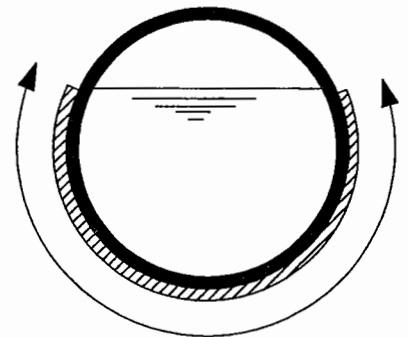
Where ,

V = flow velocity (m/s)

n = Manning coefficient (**given**)

R = hydraulic radius = $A / P = \frac{\text{Area of wetted section}}{\text{Wetted perimeter}}$

S = slope of sewer pipe



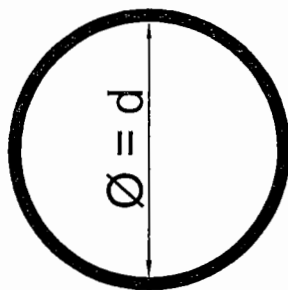
Wetted perimeter

– ال Manning coefficient n يسمى أيضاً Roughness Coefficient ويعتمد على خشونة السطح الداخلى للماسورة وتتراوح قيمته من 0.010 إلى 0.035 بناءً على المادة المصنوع منها الماسورة

– تسمى مواسير الصرف الصحى مواسير الإنحدار وذلك لأن مياه الصرف بداخلها تتحرك Under Gravity من المنسوب الأعلى إلى المنسوب الأقل

– بما إن الماسورة Under Gravity فهي لا يمكن أن تكون مملوءة بالكامل ولكنها تكون مملوءة جزئياً Partially Full وبالتالي يوجد حالات مختلفة لمياه الصرف داخل الماسورة

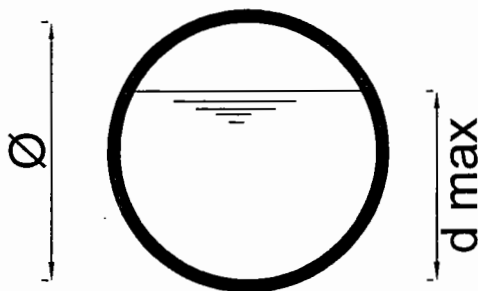
– إما أن تكون الماسورة مملوءة بالكامل Full وهي حالة نظرية وفى هذه الحالة يكون عمق المياه داخل الماسورة يساوى قطرها



d = depth of water
 \varnothing = Pipe diameter

In this case we get \varnothing_{Full} , Q_{Full} , V_{Full} , S

– أو تكون الماسورة فى حالة ال Max. Flow وهذه هي الحالة الحقيقية التى تحدث عند ال Max. Flow



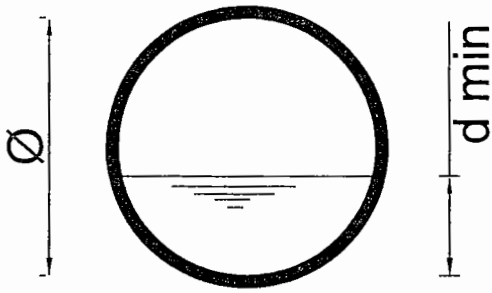
$d_{Max.}$ = Max. depth of water
 \varnothing = Pipe diameter

Partially Full Pipe

ماسورة مملوءة جزئياً

In this case we get $d_{Max.}$, Q_{max} , $V_{Max.}$, S

- أو تكون الماسورة فى حالة الـ Min. Flow وهذه هى الحالة الحقيقية التى تحدث عند الـ Min. Flow



$d_{Min.}$ = Min. depth of water

\varnothing = Pipe diameter

Partially Full Pipe

ماسورة مملوءة جزئياً

In this case we get $d_{Min.}$, $Q_{Min.}$, $V_{Min.}$, S

- معادلة Manning تقوم بتصميم ماسورة Full

ونظراً إلى أن تصميم ماسورة Full يكون صعباً

فإننا نلجأ إلى تصميم الماسورة وكأنها Full فى القطر والتصريف

وبعد ذلك نأخذ نسبة منها تمثل الحالة الحقيقية Partially Full

in design we will get the following :

- $Q_{Max.}$, Q_{Full}
- \varnothing , $d_{Max.}$
- $V_{Max.} = 0.6 : 1.20 \text{ m/s}$ or 1.5 m/s
- S = Slope of Pipe in m/km or $\%$

Design Using Manning's Charts

- لابد من حساب نسبة الإمتلاء $\frac{Q_{Max.}}{Q_{Full}}$ حتى نستطيع حساب قطر الماسورة Fullness Ratio

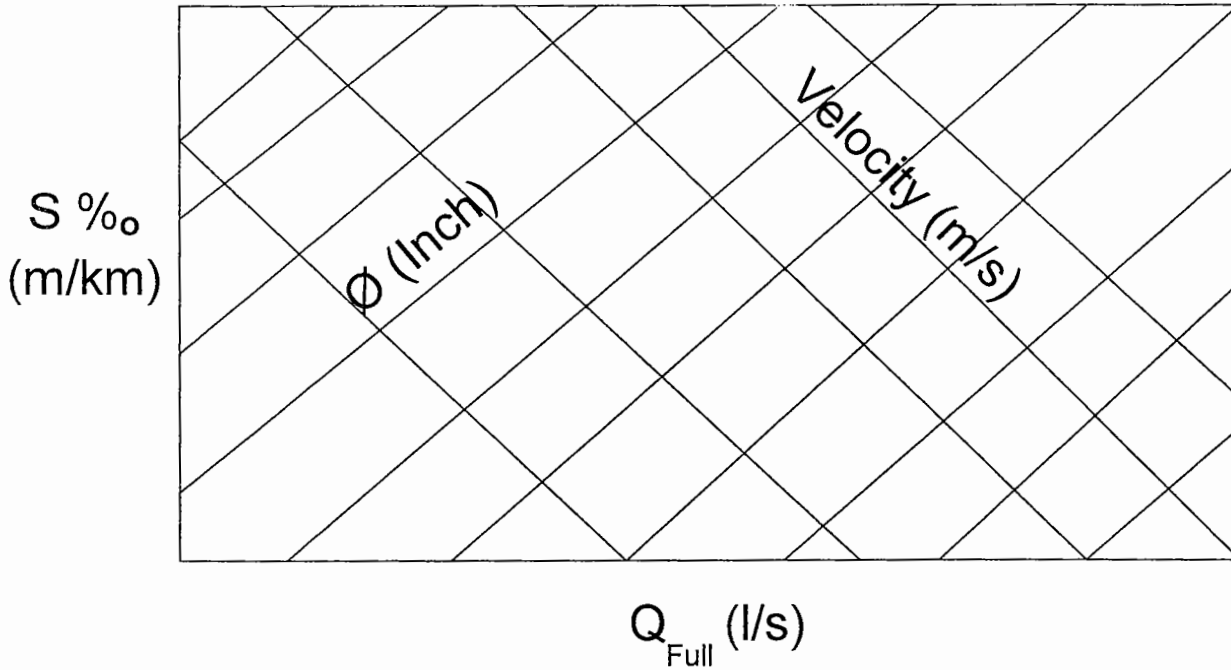
Self cleaning velocity

السرعة لا تقل عن 0.6 حتى لا يحدث ترسيب

Non Scouring velocity

السرعة لا تزيد عن 1.2 أو ممكن تصل لـ 1.5 حتى لا يحدث نحر فى الماسورة وبالتالي يزيد قطر الماسورة ويقل عمرها

Chart #01



– هذا الـ Chart يعمل على حالة الـ Full Pipe يعنى اللى هنحسبه من الـ Chart هو Ø_{Full} ، Q_{Full} ، V_{Full} ، S

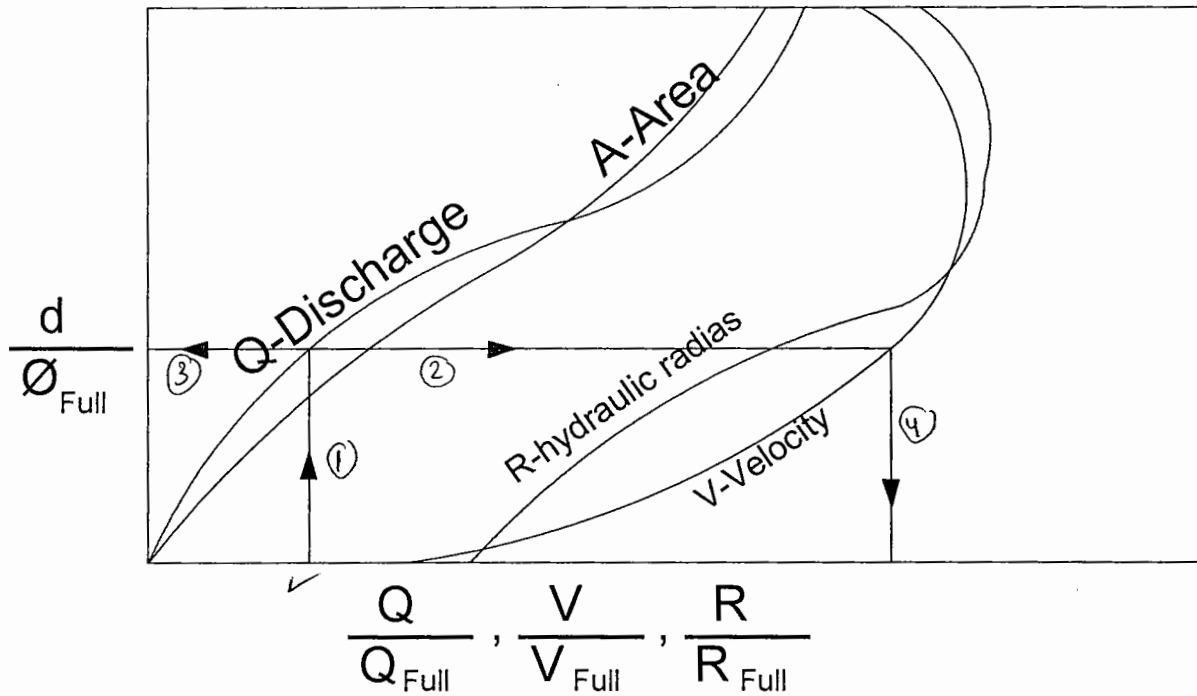
– لازم أكون داخل عالـ Chart بمتغيرين عشان اعرف أحسب المتغيرين الأخرين من الـ Chart

– هذا الـ Chart يعتمد على قيمة الـ n يعنى كل n ليها Chart غالباً يكون معطى الـ Chart الخاص بـ $n = 0.015$

– هذا الـ Chart مرسوم بالـ Log Scale لتحويل معادلة الـ Manning الى خطوط مستقيمة يسهل التعامل معها

Chart #02

For Circular Section



- هذا الـ Chart ندخل بأى نسبة نحسب باقى النسب الأخرى ولكن لازم يكون المقام بتاع النسبة فى حالة الـ Full

$$\frac{d}{\phi_{Full}}, \frac{Q}{Q_{Full}}, \frac{V}{V_{Full}}, \frac{R}{R_{Full}}$$

- فى المسائل يكون معطى أى متغير ومطلوب باقى المتغيرات وعن طريق المعطيات يتم الدخول على Chart #01 و Chart #02 وإيجاد المطلوب

سيتم التوضيح فى الأمثلة التالية

ملاحظات هامة جداً جداً

- Wet Weather Flow

هو التصريف الناتج من الإستهلاكات المنزلية والإستهلاكات الأخرى بأنواعها إن وجدت مضافاً إليها مياه الأمطار

- Dry Weather Flow

هو التصريف الناتج من الإستهلاكات المنزلية والإستهلاكات الأخرى بأنواعها إن وجدت بدون مياه الأمطار

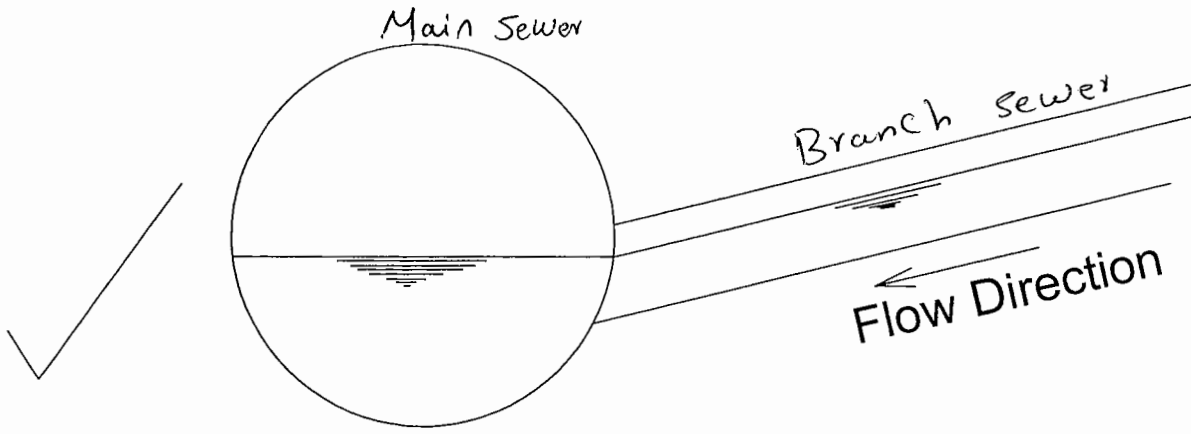
- لو ال Chart معطى لقيمة معينة لـ n ومطلوب التصميم على أخرى⁽ⁿ⁾

يتم إستخدام العلاقة الآتية

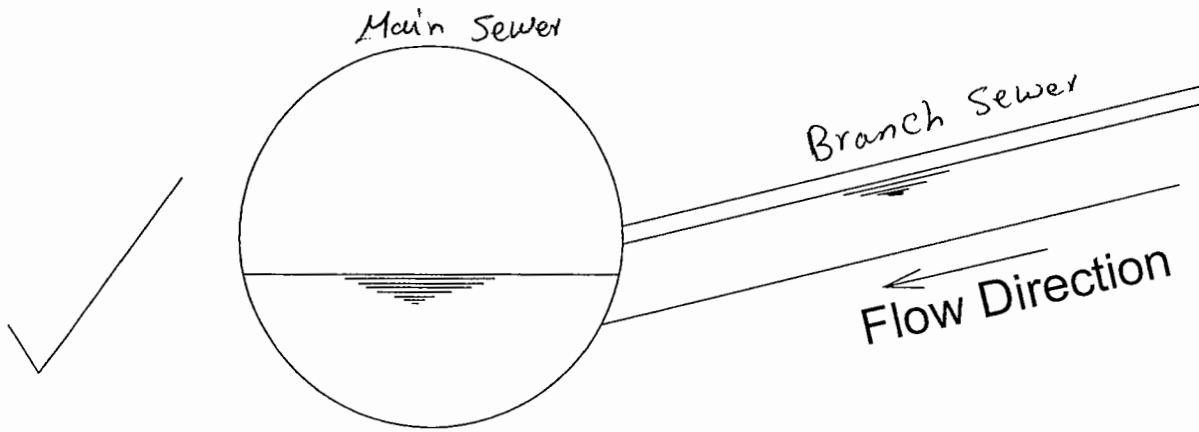
$$\frac{n \text{ chart}}{n \text{ required}} = \frac{V \text{ required}}{V \text{ chart}} = \frac{Q \text{ required}}{Q \text{ chart}}$$

- لو أعطى نسبة الامتلاء فى المسألة فإننا نعتبرها $\frac{Q}{Q_{Full}}$ وليس $\frac{d}{\emptyset}$ إلا إذا قال إن نسبة الامتلاء هى $\frac{d}{\emptyset}$ مباشرة

- إذا كان هناك ماسورة Branch هترمى على ماسورة Main فلا بد أن يكون منسوب مياه الصرف فى الماسورة الـ Branch أكبر من أو بيساوى نفس منسوب مياه الصرف فى الماسورة الـ Main



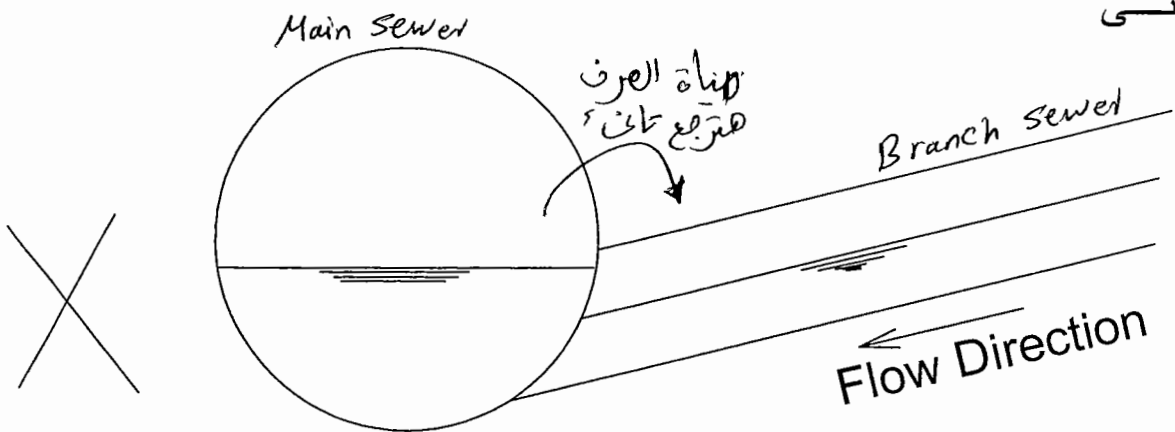
منسوب دخول المياه هو نفسة منسوب المياه فى الماسورة الـ Main



منسوب دخول المياه أعلى من منسوب المياه فى الماسورة الـ Main

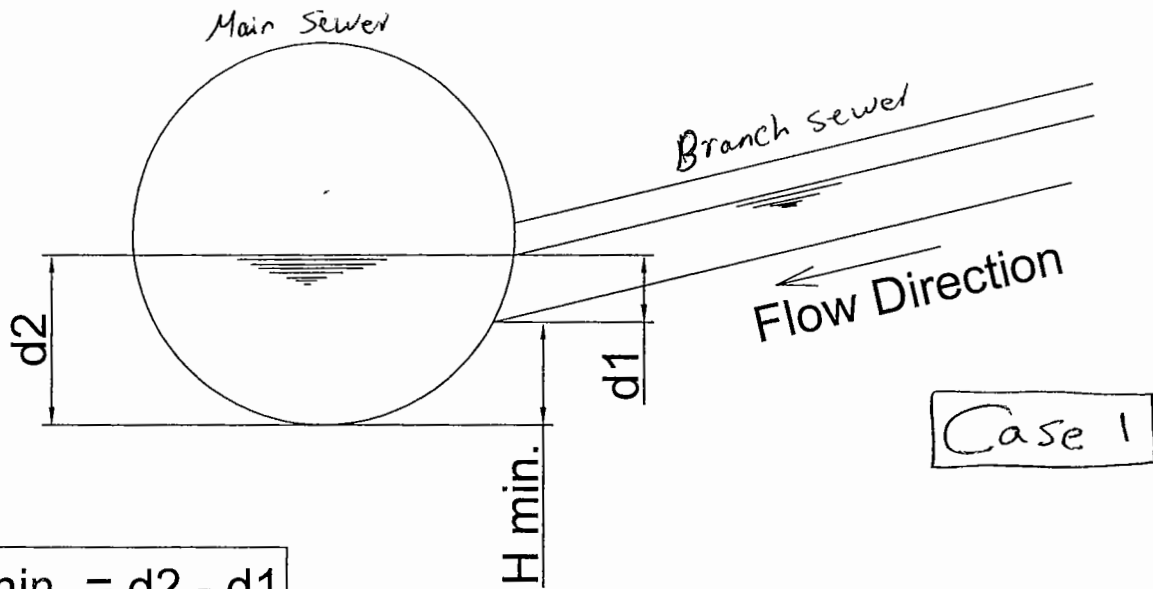
- الحاليتين السابقتين لا يحدث فيهم رجوع للمياه مرة أخرى فى الماسورة الـ Branch حيث ان منسوب مياه الصرف فيها اكبر من او بيساوى نفس منسوب المياه فى الماسورة الـ Main

أما لو حدث الأتى



سوف ترد المياه مرة أخرى فى الماسورة الـ Branch

- المطلوب فى المسألة هو إيجاد أقل مسافة بين Invert الماسورة الـ Main و Invert الماسورة الـ Branch التى تجعل المياه ماترجعش تانى من الماسورة الـ Main للماسورة الـ Branch

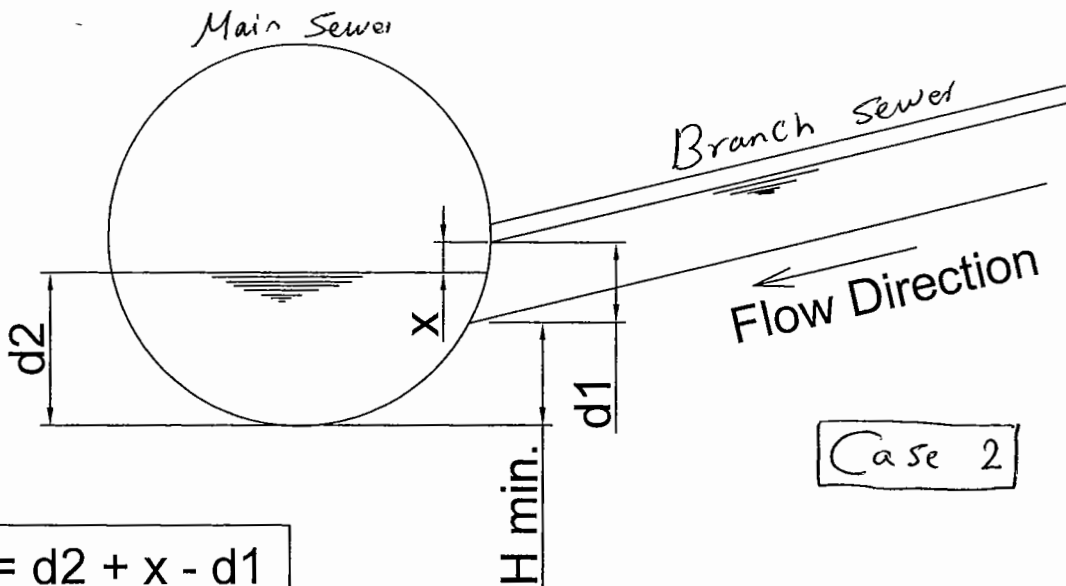


$$H \text{ min.} = d2 - d1$$

Where :

$d1$ = depth of ^{Sewage} water in branch pipe

$d2$ = depth of ^{Sewage} water in main pipe



$$H \text{ min.} = d2 + x - d1$$

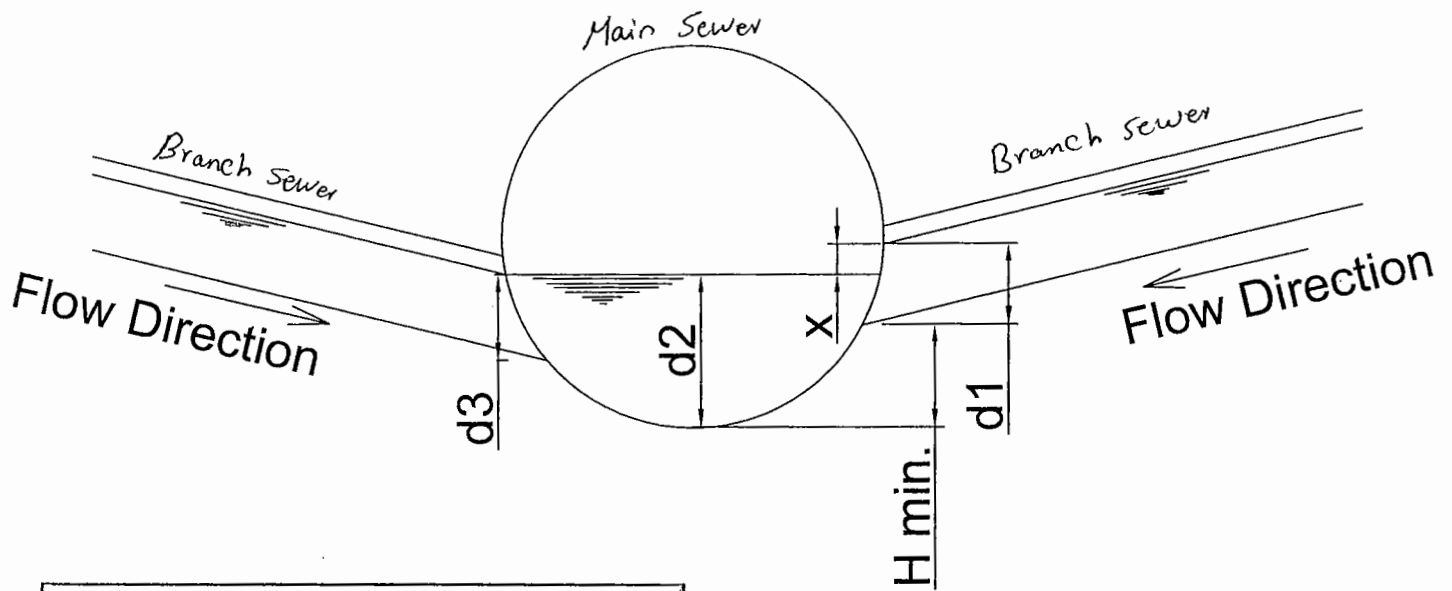
Where :

$d1$ = depth of ^{Sewage} water in branch pipe

$d2$ = depth of ^{Sewage} water in main pipe

x = difference between ^{Sewage} water levels

- لو فى ماسورتين Branch بيرموا على ماسورة Main



- $H \text{ min. (1)} = d2 + x - d1$
- $H \text{ min. (2)} = d2 - d3$

Take the Bigger to be safe on all pipes

Factors affecting the design of sewerage systems :

- sewers run partially full
- Velocity of flow = 0.6 : 1.2 or 1.5 m/s
- Minimum slope = $\frac{1}{\text{Ø}_{\text{mm}}}$
- Design equation (Manning's eq.)

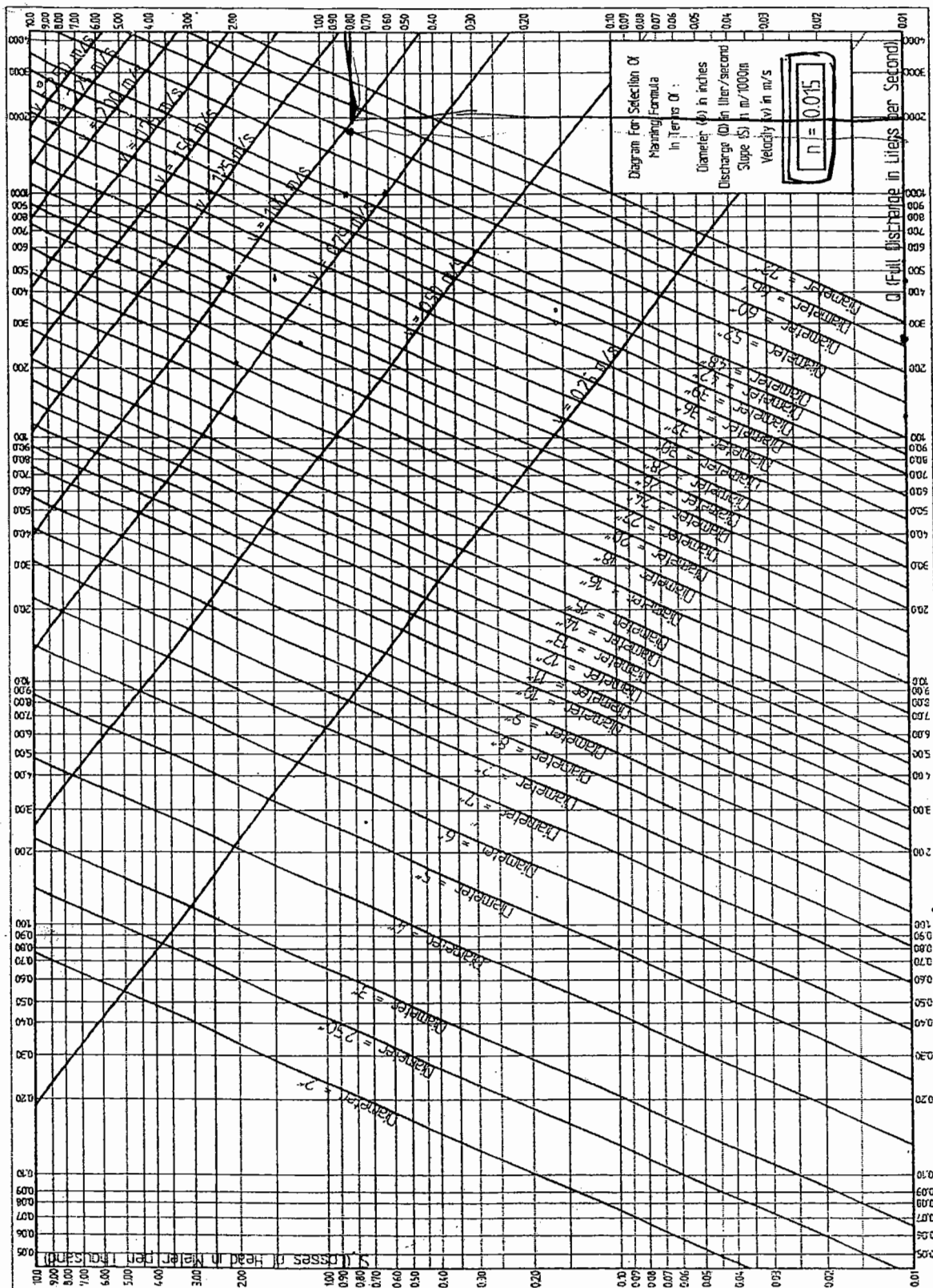


Chart #01
Diagram For Selection Of Manning Formula For Running-Full Circular Pipes

Also presented hereafter are the hydraulic elements charts for both of the circular section that ever called "pipes" as well as of the box section that ever called "box culverts" for certain ration of box width (B) to box depth (D). It is illustrated within these charts how to determine data-out using data-in.

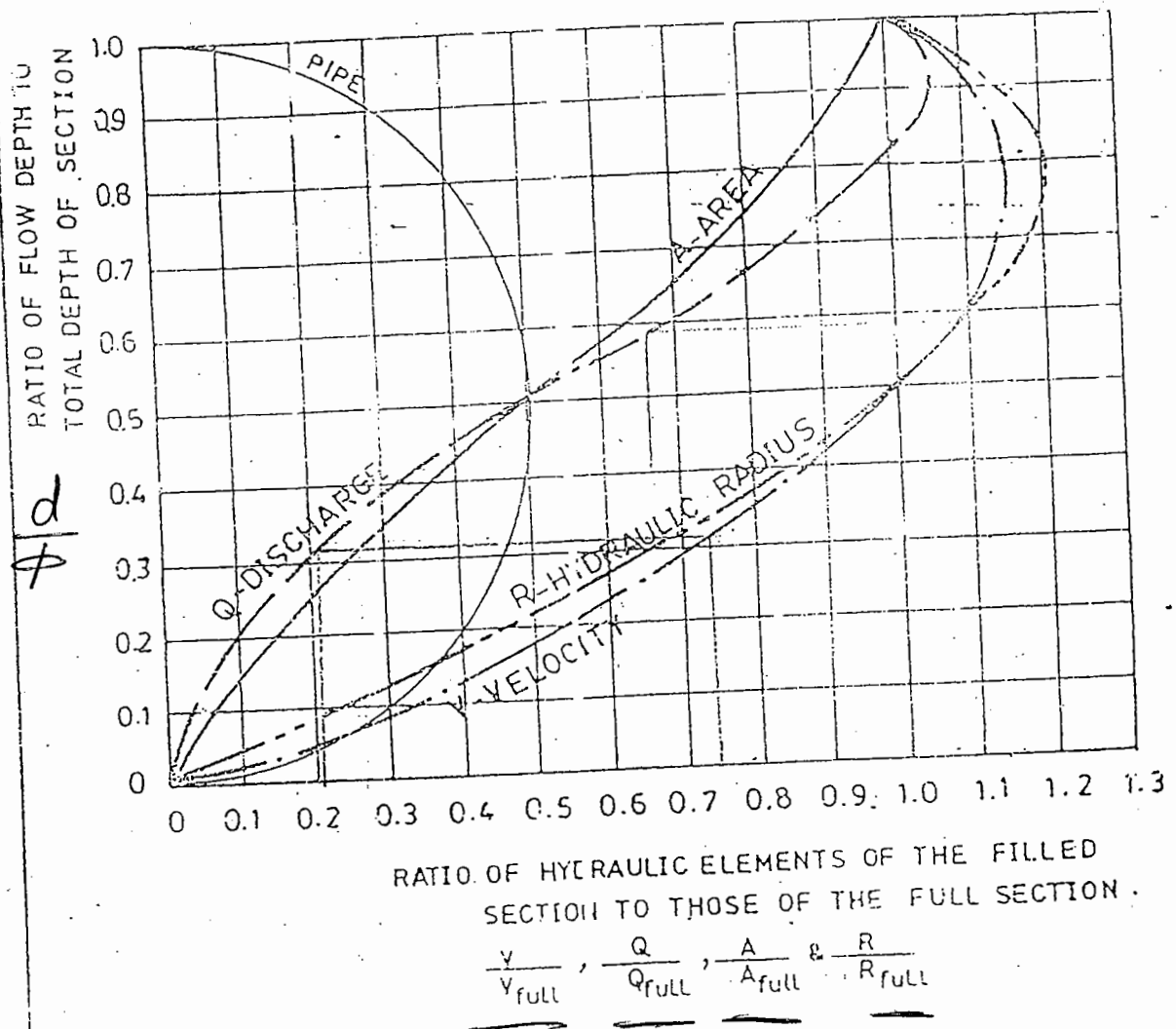


Fig. 2. HYDRAULIC ELEMENTS
OF A CIRCULAR PIPE.

Example 1:-

A Circular Combined Sewer is to carry $0.75 \text{ M}^3/\text{s}$, running $3/4$ Full at The Maximum Wet Weather Flow (Max. W.W.F) To Carry $0.25 \text{ M}^3/\text{s}$ at The Minimum dry Weather Flow (Min. D.W.F.). Determine The diameter and The Minimum Slope of The Sewer and Then Calculate The Velocity and The depth of Sewage at Max. W.W.F. and at Min. D.W.F.

Use Manning Formula For design with $n = 0.015$.

Solution :-

Given :-

- Combined Sewer.

$$- Q_{des} = 0.75 \text{ m}^3/\text{s} = 750 \text{ l/s}$$

$$- \frac{d}{\phi_{Full}} = \frac{3}{4}$$

} (Max. W.W.F.)

$$- Q_{min} = 0.25 \text{ m}^3/\text{s} = 250 \text{ l/s} \quad (\text{Min. dry. W.F.})$$

Required

$$\phi \text{ \& } S \text{ \& } V_{Max.} \text{ \& } d_{max.}$$

ماكو في هذا قال Combined sewer يعني Q_{des} مباشرة

وال Domestic Flow
و Rain
Combined sewer يعني Q_{Rain}

ساعتك لجمع ال Q_{Rain} على Dom. Flow

$$\therefore Q_{des} = Q_{domestic} + Q_{Rain} \quad (\text{Combined Sewer})$$

$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{Full}} = \frac{3}{4}$$

$$\therefore \frac{750 \text{ l/s}}{Q_{Full}} = \frac{3}{4} \Rightarrow \therefore \{ Q_{Full} = 1000 \text{ l/s} \}$$

حسابات نشان ورودی به Chart [1] \downarrow (Full)
 سطح ϕ , K , α و β

و لیکن لازم است که Chart [1] \downarrow (Full) به اجزای نشان α و β نیاز
 اجزای ثانویه

سطح ϕ , K و β به Chart [1] \downarrow (Full) Q_{Full} , V_{Full}
 ✓ ؟

نشان V_{Full} است به طریق دیگر:

یا اما فرض $V_{max} = 1.2 \text{ m/s}$ و در Chart [2] \downarrow $\frac{Q_{max}}{Q_{Full}}$ و سطح

$\frac{V_{max}}{V_{Full}}$ و به دست V_{Full} است

یا اما فرض $V_{min} = 0.6 \text{ m/s}$ و در Chart [2] \downarrow $\frac{Q_{min}}{Q_{Full}}$ و سطح

$\frac{V_{min}}{V_{Full}}$ و به دست V_{Full} است

{ $\frac{Q_{min}}{Q_{Full}}$ و V_{min} و α و β }
 - 29 -

$$\therefore \frac{Q_{min}}{Q_{Full}} = \frac{250}{1000} = \frac{1}{4} \xrightarrow[\text{[2]}]{\text{Chart}} \frac{V_{min}}{V_{Full}} = 0.8$$

$$\therefore \text{Assume } V_{min} = 0.6 \text{ m/s}$$

$$\therefore V_{Full} = \frac{0.6}{0.8} \rightarrow \therefore V_{Full} = 0.75 \text{ m/s}$$

لذا أصبح لدينا V_p و Q_p ، نعد ، نرسل على Chart II نحسب ϕ و S المطلوبين

\therefore From Chart II

$$Q_{Full} = 1000 \text{ l/s} , V_p = 0.75 \text{ m/s}$$

$$\text{We get } \phi = 48 \text{ inch} \quad S_{min} = 0.8 \text{ m/Km } \%$$

نقطة تقاطع ال Q_{Full} مع V_{Full} وقت

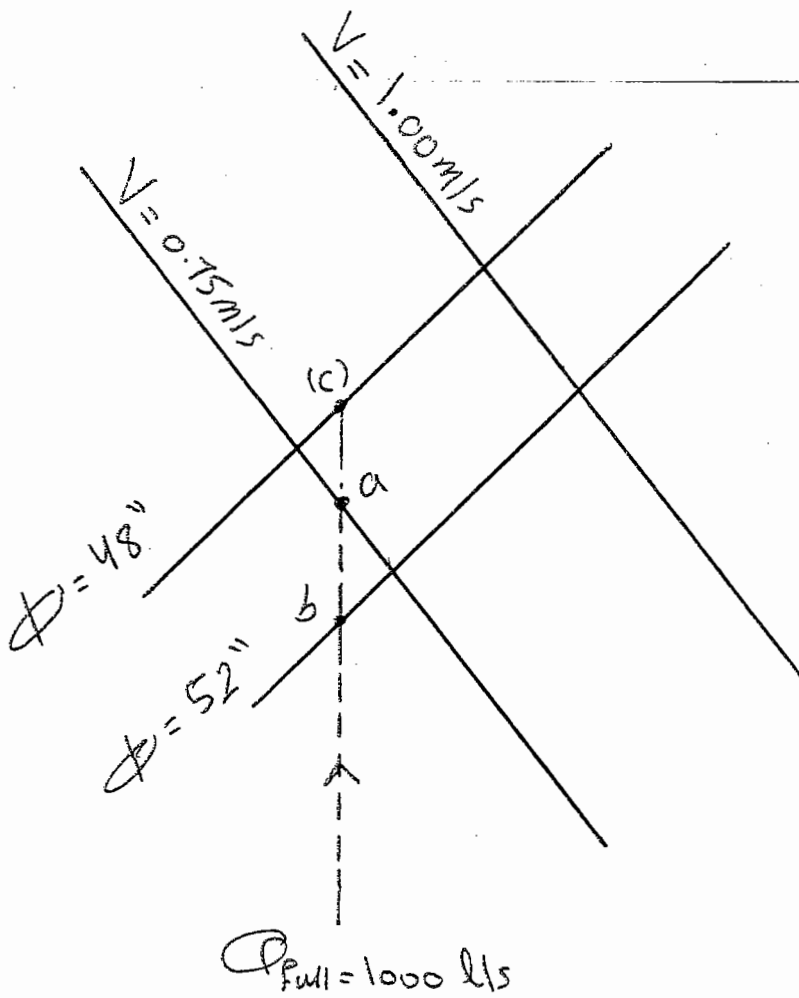
بين $\phi = 48''$ و $\phi = 52''$

نكمل لاسمى ونأخذ القدر ومنه نشت

نحسب ال V_p الكبيره بعد تقريب ϕ ال

اقرأ الملاحظة الموجودة
في الصفحة القادمة

$$\therefore \text{at } \phi = 48'' , S_{min} = 0.8 \% \rightarrow V_p = 0.85 \text{ m/s}$$



نقطة a تقع بين قطر 48" وقطر 52" --- اختيار صحت منكم؟

لو كنت نرخت $V_{max} = 1.2 \frac{m}{s}$ وحسبت من $V_p = 0.75 \frac{m}{s}$

خبر القطر الكبير 52" وحسب السرعة V_p تاني

$$a(b) = 0.69 \frac{m}{s}$$

✓ ✓ لو كنت نرخت $V_{min} = 0.6 \frac{m}{s}$ وحسبت من $V_p = 0.75 \frac{m}{s}$

خبر القطر الصغير 48" وحسب السرعة V_p تاني

$$a(c) = 0.85 \frac{m}{s}$$

at WWF

كل الحسابات للزيت

دلو من بين checks و WWF & DWF

Required V, d at WWF & DWF

$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{Full}} = \frac{3}{4} \xrightarrow{\text{Chart [2]}} \frac{V_{max}}{V_{Full}} = 1.15 \text{ \& } \frac{d}{\phi} = 0.55$$

$$\therefore V_{Full} = 0.85 \text{ m/s}$$

$$\therefore V_{max} = 1.15 * 0.85 \text{ m/s} = \underline{0.9775 \text{ m/s}} < \begin{matrix} 1.2 \text{ m/s} \\ \text{or} \\ 1.5 \text{ m/s} \end{matrix}$$

$$\therefore \phi = 48''$$

\therefore Safe

$$\therefore \text{depth} = 0.65 * 48 = \underline{31.2''}$$

AT DWF

$$\frac{Q_{min}}{Q_{Full}} = \frac{1}{4} \xrightarrow{\text{Chart [2]}} \frac{V_{min}}{V_{Full}} = 0.8 \text{ \& } \frac{d_{min}}{\phi} = 0.35$$

$$\therefore V_{min} = 0.8 * 0.85 = \underline{0.68 \text{ m/s}} > 0.6 \text{ m/s}$$

Safe

$$\text{if } d_{min} = 0.35 * 48'' = 16.8''$$

depth & سرعة الزئبق للزيت

Example 2:

Two Circular Sewers are Jointed Together.

The Larger sewer is 60" diameter and

Carries a Maximum Flow of 700 l/s and

has a slope of 0.0008. The Smaller Pipe

is 20" diameter and has a slope of 0.002

and Carries a Maximum Flow 150 l/s.

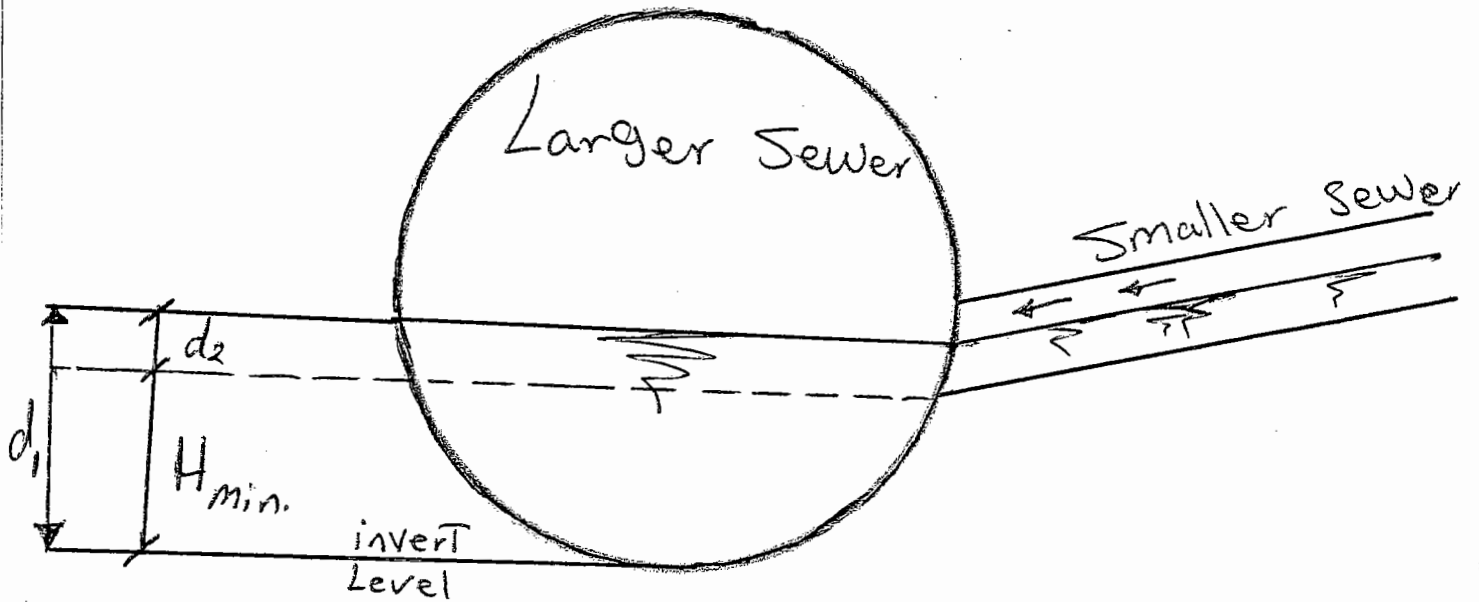
What is The Minimum height above The

Invert Level of The Larger Sewer, Should

The Smaller one enter

Use Manning Formula for design with $n = 0.015$

Solution :-



مطلوب، لفرصه بين depth الحياة في كل Sewer

وستان احسب depth الحياة، الجيب، لازم أ Φ_{Full} نسبة $\frac{d}{\Phi_{Full}}$ ؟

والتي لازم أ د قد على Chart ب $\frac{\sqrt{Q}}{\Phi_{Full}}$ ؟

وستان احسب Φ_{Full} لازم نرشد على Chart II ؟

ب Φ_{d} ؟

is For The Larger Sewer.

We have $Q_{max} = 700 \text{ l/s}$, $S = 0.8 \%$, $\phi = 60''$

From Chart [1]

$$S = 0.8 \%, \phi = 60'' \xrightarrow{\text{Chart [1]}} Q_{Full} = 1800 \text{ l/s}$$

From Chart [2]

$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{Full}} = \frac{700}{1800} = 0.389 \xrightarrow[\text{[2]}]{\text{Chart}} \frac{d_1}{\phi} = 0.45$$

$$\therefore \boxed{d_1 = 0.45 * 60 = 27''}$$

For The Smaller Sewer.

We have $Q_{max} = 150 \text{ l/s}$, $S = 2 \%$, $\phi = 20''$

$$S = 2 \%, \phi = 20'' \xrightarrow[\text{[1]}]{\text{Chart}} Q_{Full} = 210 \text{ l/s}$$

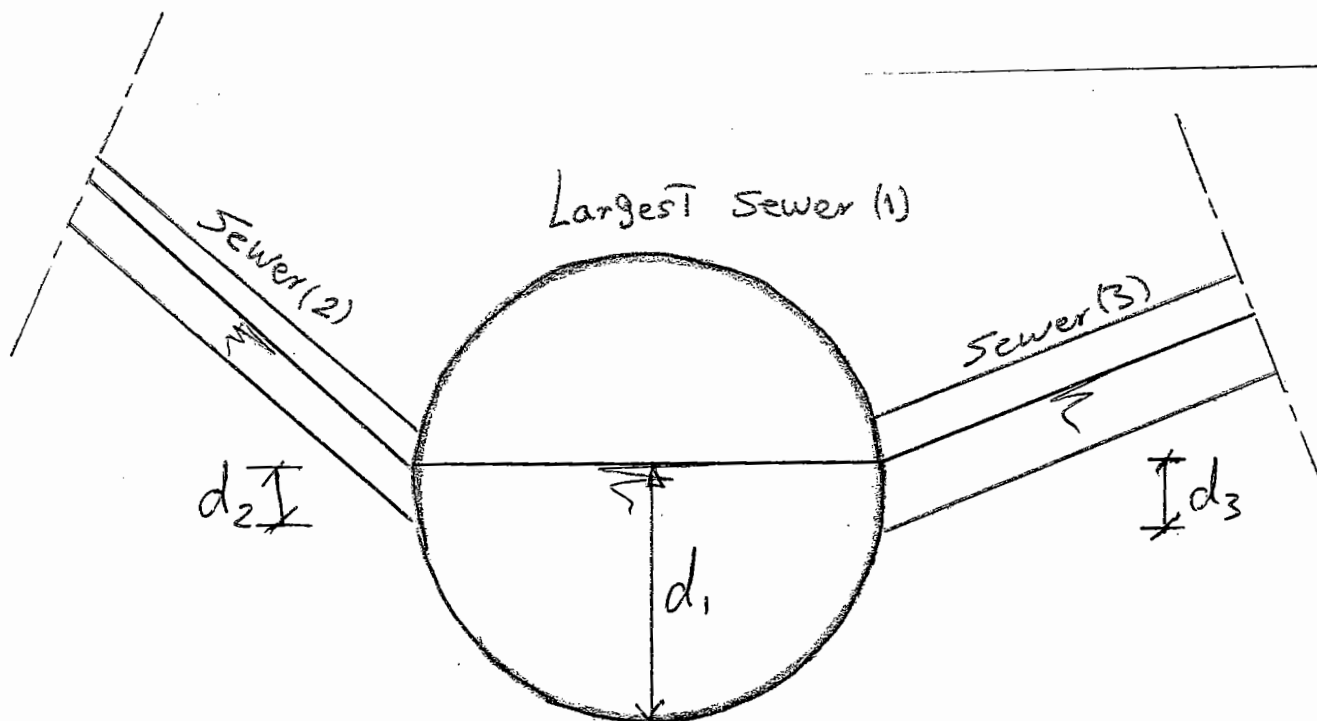
$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{Full}} = \frac{150}{210} = 0.714 \xrightarrow[\text{[2]}]{\text{Chart}} \frac{d_2}{\phi} = 0.62$$

$$\therefore \boxed{d_2 = 0.62 * 20'' = 12.4''}$$

$$\therefore H_{min} = d_1 - d_2 = 27'' - 12.4'' = 14.6'' \quad \#$$

Example (3):-

Three Circular Sewers are Jointed Together at the Same Point. The Largest Sewer is The Main Sewer with 60" diameter and Carries a Maximum Flow of 700 l/s. and has a slope of 0.0008. The Second Sewer is a branch draws-off in The Main Sewer with diameter 20" and a slope of 0.002 and Carries a Maximum Flow 150 l/s. The Third sewer is a branch sewer Joins To the opposite side of The Second Sewer with diameter 30" and slope 0.0015 and Carries a Maximum Flow 250 l/s. What is The Minimum height above The invert Level of The Main Sewer, should The branch Sewers enter. Use Manning Coefficient $n = 0.015$.



For The Largest Sewer (1)

$$\therefore S = 0.8\% , \phi = 60'' \xrightarrow{\text{Chart [1]}} Q_{\text{Full}} = 1800 \text{ l/s}$$

$$\therefore \frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{Full}}} = \frac{700}{1800} = 0.389 \xrightarrow{\text{Chart [2]}} \frac{d_1}{\phi} = 0.45$$

$$\therefore d_1 = 0.45 \times 60'' = 27''$$

For Sewer (2)

$$S = 2\% , \phi = 20'' \xrightarrow{\text{Chart [1]}} Q_{\text{Full}} = 210 \text{ l/s}$$

$$\frac{Q_{\text{max}}}{Q_{\text{Full}}} = \frac{150}{210} = 0.714 \xrightarrow{\text{Chart [2]}} \frac{d_2}{\phi} = 0.62$$

$$\therefore d_2 = 0.62 \times 20'' = 12.4''$$

For Sewer (3)

$$S = 1.5\%, \phi = 30" \xrightarrow{\text{Chart II}} Q_{Full} = 515 \text{ l/s}$$

$$\frac{Q_{max}}{Q_{Full}} = \frac{250}{515} = 0.485 \xrightarrow{\text{Chart I}} \frac{d_3}{\phi} = 0.485$$

$$\therefore d_3 = 0.485 \times 30" = 14.56"$$

$\therefore H_{min} = \text{bigger of}$

حشان يكون

safe في الاتنين

or

$d_1 - d_2$

$d_1 - d_3$

$$\therefore d_1 - d_2 = 27" - 12.4" = 14.6" \quad \checkmark$$

$$\therefore d_1 - d_3 = 27" - 14.56" = 12.44"$$

$$\therefore \boxed{H_{min} = 14.60 \text{ inch.}}$$

Example (4)

A Main Collector Carries 200 l/s at 0.75 Full at Max Flow with Slope 0.12 $\frac{\%}{\text{ft}}$ Receives Main Sewer Carries 80 l/s at 0.6 Full at Max Flow with Slope 0.2 $\frac{\%}{\text{ft}}$. Determine The Minimum Value For The Difference between The invert level of both lines at The Point of Connection.

Solution

نفس فكرة المسألتين السابقتين ولكن بطريقة غير مباشرة
حيث أنه لم يعطى القطر مباشرة و هي خيالات إنت
الحسنة

وكان حسب ϕ لذي اخذنا من Chart ϕ ب $\sqrt{Q_{Full}}$ ؟

$$\therefore \frac{Q_{Max}}{Q_{Full}} = \sqrt{\quad}$$

* قد باللعان ال ϕ ب \sqrt{Q} وال Chart فيه ال ϕ ب \sqrt{Q}

$$\left[\frac{\%}{\text{ft}} \times 10 \rightarrow \frac{\%}{\text{ft}} \right]$$

For Main Collector

$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{full}} = \frac{200}{Q_{full}} = 0.75 \longrightarrow \therefore Q_{full} = 266.7 \text{ l/s}$$

$$\therefore S = 0.12\% = \underline{1.2\%}$$

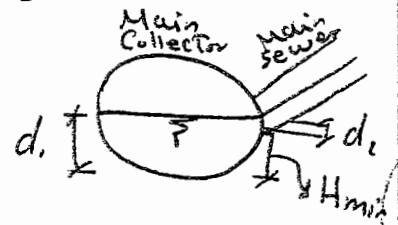
حوالها ١٪ على ١٠٠
تقرن تقابل مع Chart III

$$\therefore Q_{full} = 266.7 \text{ l/s}, S = 1.2\% \xrightarrow{\text{Chart II}} \phi = 24''$$

Main Collector

$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{full}} = 0.75 \xrightarrow{\text{Chart I}} \frac{d_1}{\phi} = 0.64 \quad \left[\text{نفس النكرة (غير مباشرة)} \right]$$

$$\therefore d_1 = 0.64 \times 24 = \underline{15.36''}$$



For Main Sewer

$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{full}} = \frac{80}{Q_{full}} = 0.6 \longrightarrow \therefore Q_{full} = 133.3 \text{ l/s}$$

$$\therefore S = 0.2\% = \underline{2\%}$$

$$\therefore Q_{full} = 133.33 \text{ l/s}, S = 2\% \xrightarrow{\text{Chart II}} \phi = 16''$$

Main Sewer

$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{full}} = 0.6 \xrightarrow{\text{Chart I}} \frac{d_2}{\phi} = 0.55$$

$$\therefore d_2 = 0.55 \times 16 = \underline{8.8''}$$

$$\therefore H_{min} = d_1 - d_2 = 15.36 - 8.8 \Rightarrow \therefore H_{min} = \underline{6.56''}$$

Example (5)

Determine the design Population Number that can be served by a Main Collecting Sewer of diameter 20 inch running at a slope of $2\text{m}/1000\text{m}$ when running $\frac{1}{2}$ full, if the design sewage flow ($S.F_{des.}$) is 250 l/cld .

Solution

Given $\phi = 20''$, $S = 2\%$, $\frac{Q}{Q_{full}} = \frac{1}{2}$

$S.F_{des} = 250 \text{ l/cld}$

ماين ال Pop ؟ --- اية الكافة ال نيل Pop ؟

ال Q ←

$\therefore Q = S.F_{des} \cdot Pop$

يقتر لو عرفت احسب ال Q عتبرت تطلع ال Pop.

$$\therefore \phi = 20'' \rightarrow S = 2\% \xrightarrow{\text{chart III}} Q_{full} = 215 \text{ l/s}$$

$$\therefore \frac{Q}{Q_{full}} = \frac{Q}{215} = \frac{1}{2}$$

$$\therefore Q = 107.5 \text{ l/s}$$

$$\therefore Q = \underbrace{(S.F._{avg} * \text{Peak factor})}_{S.F._{des.}} * P.P.$$

$$\therefore \underset{\text{L/s}}{107.5} = \underset{\text{L/cld}}{250} * \frac{1}{\underset{\substack{\uparrow \\ d \rightarrow 5}}{24 * 60 * 60}} * P.P.$$

$$\therefore P.P. = 37152 \text{ CAPITA}$$

Example 6:-

For a city of Population 70000 capita
and Water Consumption = 230 l/c/d.

it's Required To Design collector sewer
if it's run $\frac{3}{4}$ full at Max flow and
infiltration 10% of Q_{avg} . & Take $n = 0.01$

Solution :-

Given $Pop = 70000 \text{ Cap.}$

$$W.C = 230 \text{ l/c/d}$$

$$\frac{Q_{max}}{Q_{full}} = \frac{3}{4}$$

$$Q_{inf} = 10\% \text{ of } Q_{avg}$$

$$n = 0.015$$

$$\begin{aligned}
 \sim Q_{avg} &= S.f_{avg} * Pop + Q_{inf} \\
 &= (S.f_{avg} * Pop) * 1.1 \quad \swarrow 10\% \\
 &= (W.C + 0.7) * Pop * 1.1 \\
 &= 230 * 0.7 * 70000 * 1.1 * \frac{1}{24 * 60 * 60}
 \end{aligned}$$

$$\therefore Q_{avg} = 143.5 \text{ l/s}$$

$$\therefore \text{Peak Factor} = K_{max} = \frac{5}{P^{0.167}} \text{ for } Pop > 10000$$

$$\therefore K_{max} = \frac{5}{70^{(0.167)}} = \underline{2.46}$$

$$\therefore \text{Minimum Factor} = K_{min} = 0.2 * P^{1/6}$$

$$\therefore K_{min} = 0.2 * (70)^{1/6} = \underline{0.41}$$

$$\therefore Q_{max} = K_{max} * Q_{avg} = 2.46 * 143.5$$

$$\therefore Q_{max} = 353 \text{ l/s}$$

$$\therefore Q_{min} = K_{min} * Q_{avg} = 0.41 * 143.5$$

$$\therefore Q_{min} = 59 \text{ l/s}$$

$$\therefore \frac{Q_{max}}{Q_{Full}} = \frac{353}{Q_{Full}} = \frac{3}{4} \rightarrow \therefore \{Q_{Full} = 470.67\} \text{ l/s}$$

$$\therefore \frac{Q_{min}}{Q_{Full}} = \frac{59}{470.67} = 0.125 \xrightarrow{\text{Chart [2]}} \frac{V_{min}}{V_{Full}} = 0.6$$

Assume $V_{min} = 0.6 \text{ m/s}$

$$\therefore \{V_{Full} = 1 \text{ m/s}\}$$

$$\therefore Q_p = 470.6 \text{ l/s}, V_p = 1 \text{ m/s} \xrightarrow{\text{Chart [1]}} S = 2.3 \%$$

$$\phi = 26'' \text{ or } 28''$$

Take $\phi = 26''$

$$\therefore S = 2.5 \%$$

$$\therefore V_p = 1.1 \text{ m/s}$$

actual

هذا
الصغير
لا ينضج

$$V_{min} = 0.6 \rightarrow \frac{V_{min}}{V_{Full}}$$

Example 7:

Determine The Velocity and depth of Sewage Flow in a Sewer 24 inches diameter at slope 0.005 Carrying Sewer flow rate of 300 l/s

Solution

$$\phi = 24", S = 5\% \xrightarrow{\text{Chart III}} \begin{matrix} V_f = 1.4 \text{ m/s} \\ Q_{full} = 530 \text{ l/s} \end{matrix}$$

$$\therefore \frac{Q}{Q_{full}} = \frac{300}{530} = 0.566 \xrightarrow{\text{Chart I}} \frac{V}{V_{full}} = 1.25$$

$$\frac{d}{\phi} = 0.54$$

$$\therefore \frac{V}{1.4} = 1.25$$

$$\therefore V = 1.75 \text{ m/s}$$

$$\frac{d}{24} = 0.54$$

$$\therefore \phi = 12.96"$$

Example 8:-

Design a sewer to carry a Max. Flow of 300 l/s when running $\frac{2}{3}$ full and min. Flow of 80 l/s

Solution

$$\frac{Q_{\max}}{Q_{\text{Full}}} = \frac{300}{Q_{\text{Full}}} = \frac{2}{3} \longrightarrow Q_{\text{Full}} = 450 \text{ l/s}$$

$$\therefore \frac{Q_{\min}}{Q_{\text{Full}}} = \frac{80}{450} = 0.18 \xrightarrow[\text{[2]}]{\text{Chart}} \frac{V_{\min}}{V_{\text{Full}}} = 0.715$$

Assume $V_{\min} = 0.6 \text{ m/s}$

$$\therefore V_{\text{Full}} = 0.84 \text{ m/s}$$

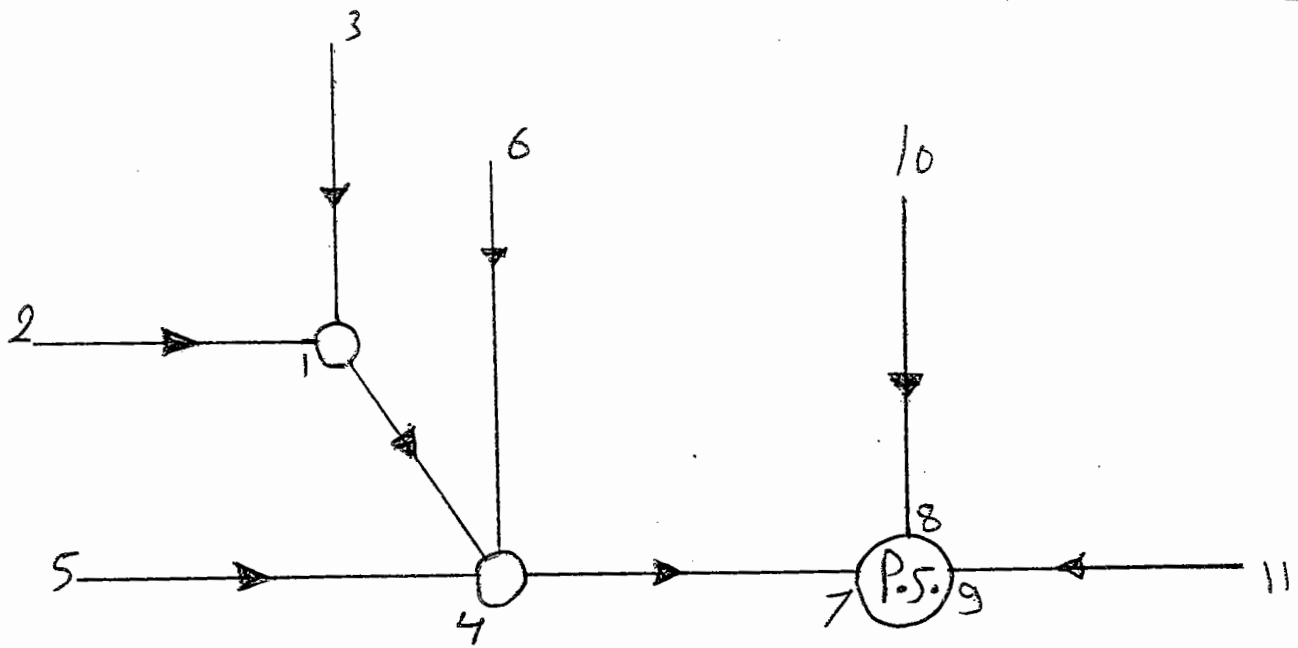
$$\therefore Q_p = 450 \text{ l/s}, V_p = 0.84 \text{ m/s} \xrightarrow[\text{[1]}]{\text{Chart}} S = 1.4 \text{ ‰}$$
$$\phi = 28'' \text{ or } 30''$$

Take $\phi = 28''$

$$S = 1.7 \text{ ‰}$$
$$V_p = 0.9 \text{ m/s}$$

actual

Example 9:-



For a city of 10 hectare served Area, The Following Main Sewer Network Was Suggested From The designer. If This Proposed Planning is To Serve The City Till 2050. it is required To Give a Complete design of The Sewer Pipelines.

- Total Pop. at 2050 = 250000 Capita
- Avg. w.c at 2050 = 150 l/c/d.
- Line 1-2 = 1.5 hec. , Line 8-10 = 3 hec.
- Line 1-3 = 0.8 hec. , Line 9-11 = 1.4 hec.
- Line 1-4 = 0.3 hec.
- Line 4-5 = 2 hec.

Solution

مكرة المألة هي كمية كل خط يستخدم مساحة أد. أية ومنه تقدر
 انفسب الخط يستخدم عدد كان أد. أية

• نلاحظ انه شبكة الصرف الى يحدث نيل جميع لمياه الصرف
 يعني انه الخط 4-1 يستخدم المساحة الى حولة 0.3 hec بالإضافة
 الى المستخدمة الخط 2-1 = 1.5 hec. والى المستخدمة الخط
 3-1 = 0.8 hec.

∴ عدد الكان الذي يستخدمه كل خط = $\frac{\text{المساحة المستخدمة من الخط}}{\text{المساحة الكلية}}$

(مطروبة من عدد الكان الكلي)

i.e. $\begin{matrix} \text{الى المستخدمة 4-1 بنسبة} & \text{line 1-2} & \text{line 1-3} \end{matrix}$

$$\text{Pop of line 1-4} = \frac{(0.3 + 1.5 + 0.8) \text{ hectare}}{10 \text{ hectare}} * \text{Pop.}$$

بما ان عدد الكان المستخدم من كل line تقدر انفسب

ومنه تقدر لكل المألة حادي هو "Design