

كلية الهندسة  
جامعة أسوان



# Water Supply Engineering

Code: **CONE 323**

**Lecture: 8**

**Course Instructor:  
Dr. Mohamed Fekry**

## الفصل الثاني

### Hydraulic analysis of drinking water networks

التصميم الهيدروليكي لخطوط المواسير المستخدمة

في شبكات مياه الشرب

A pipe network is analyzed for the determination of the nodal pressure heads and the link discharges.

# Learning Objectives

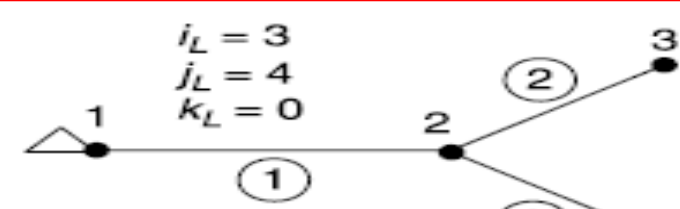
- *Apply* continuity and energy equations to pipe system networks
  - *Analyze* pipe flow and pressure in a network using the Hardy Cross method and another methods such as:
    - Sections Method
    - Circle Method
- Or using different softwares like:
- EPA-Net (<https://www.epa.gov/water-research/epanet>)
  - Water CAD
  - Water GEMS
  - .....

# PIPE NETWORK GEOMETRY

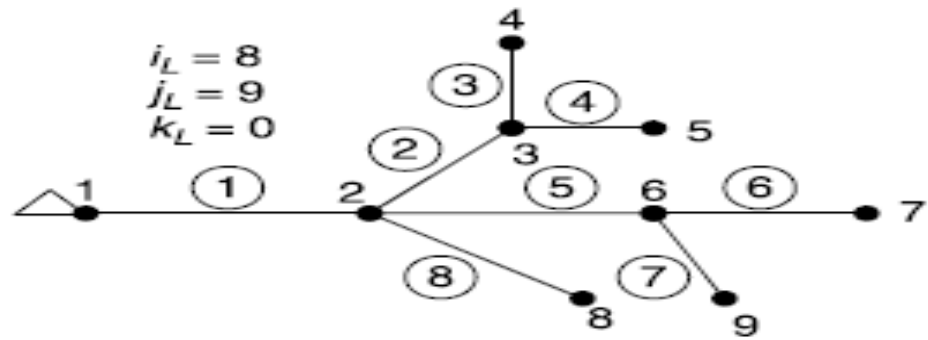
- The water distribution networks have mainly the following three types of configurations:
  - Branched or tree-like configuration (Continuity eq. solves the network)
  - Looped configuration (Continuity eq. not enough to solve the network)
  - Branched and looped configuration



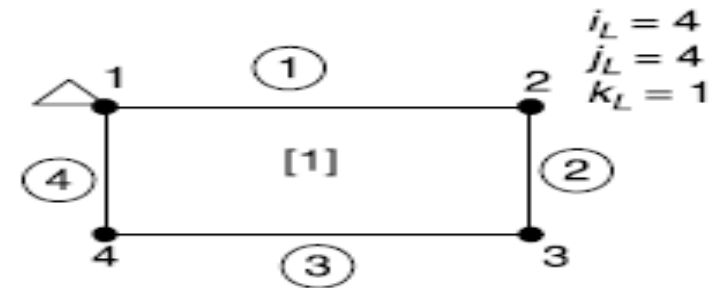
(a) Single pipe network



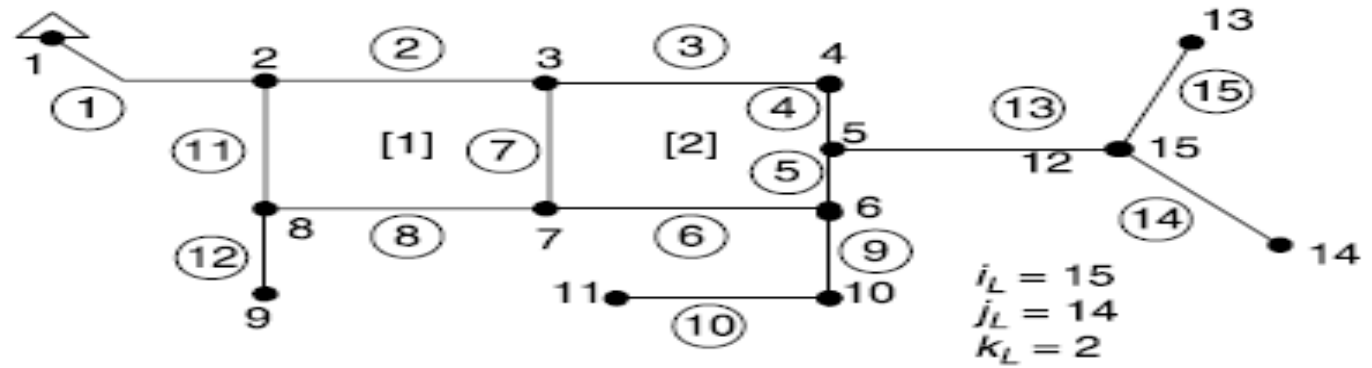
(b) Three pipes network



(c) Branched pipe network



(d) Single looped network



- ① Pipe no
- Node no
- [1] Loop no.
- △ Source

$$P = J + L - 1$$

The total number of pipes equal to total number of nodes + total number of loops - 1

# Sections Method

## طريقة القطاعات

تستخدم طريقة القطاعات (Method of Sections) للتصميم المبدئي لشبكة مياه مدينة ما (خطوط رئيسية)، في الأحوال التالية:

1. المدينة موجودة وحدث تغير في عدد السكان، ويراد معرفة كفاءة الشبكة لتغذية عدد السكان المطلوب خدمتهم بمياه الشرب. (التأكد من كفاءة شبكة مياه موجودة بالفعل)
  2. المدينة موجودة وحدث توسع (امتداد) عمراني خارج المدينة، وامتدت الشبكة لهذا الجزء من التوسع.
  3. المدينة لم تنشأ بعد، ويراد تصميم شبكتها. (تصميم مبدئي)
- وقد اخترع هذه الطريقة العالم هازن ووضع شروطا لتطبيقها وهي " أن معدل الفاقد في الضغط يتراوح من 1-5 في الألف، وهو ما يوازي سرعة من 0.6 - 1.5 م/ثانية، وأن يكون القطاع عموديا على اتجاه سريان المياه .

## أولاً: فى حالة حدوث تغير فى عدد السكان

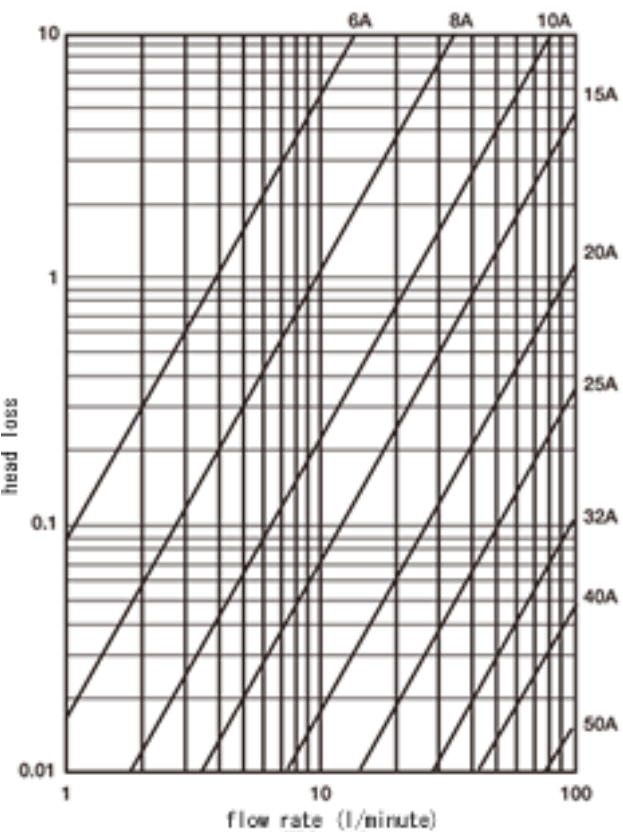
فى هذه الحالة، تكون الشبكة قائمة وأقطارها معروفة فتتبع خطوات التصميم الهيدرولى التالية:

- 1- كون الشبكة قائمة بالفعل فبالتالى نوع مادة المواسير معلوم وعمرها وقطرها والميل الهيدرولى الأقصى (0.5 %) وبالتالي يمكن تحديد السرعة والتصرف المار بها
- 2- يتم عمل قطاع متعامد قدر المستطاع على اتجاه سريان المياه فى الخطوط الرئيسية
- 3- يتم تقدير عدد السكان الذى يخدمه هذا القطاع وبالتالي التصرف التصميمى المطلوب له
- 4- يرصد عدد المواسير الرئيسية واقطارها المقطوعة بهذا القطاع ومن ثم يمكن تحديد التصرف المحتمل مروره فى هذا القطاع
- 5- يقارن التصرف المحتمل مروره بهذا القطاع مع التصرف المطلوب ، فإذا تساويا او كان المطلوب اقل فإن الشبكة القائمة تكون كافية ، وإن لم يتحقق فلا.

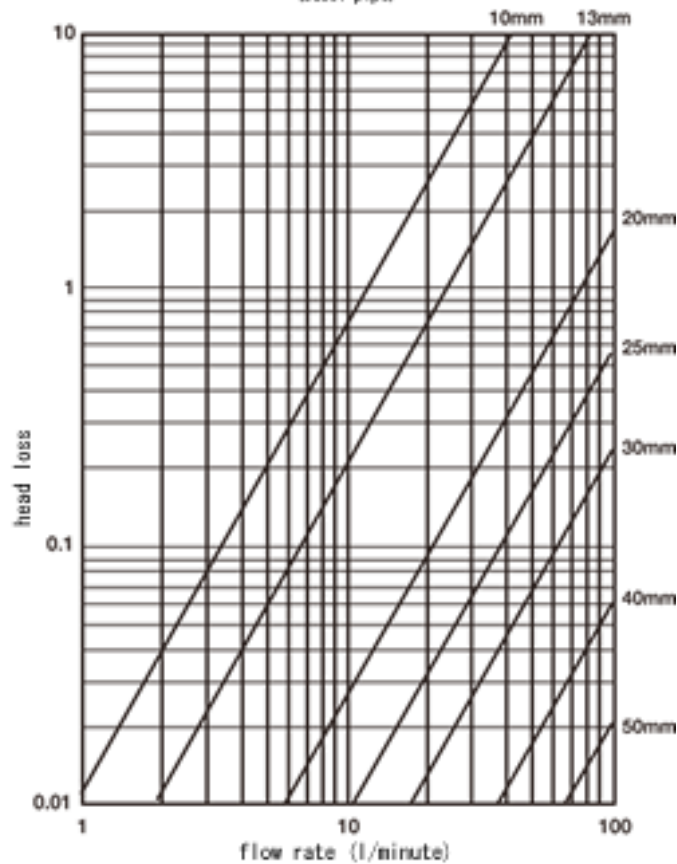
## الخلاصة:

1. الماسورة معروفة قطرها ويفترض لها الميل الأقصى (0.5 %) ومن المنحنيات او القوانين يمكن معرفة التصرف المار بها.
2. تجمع التصرفات التي تحملها المواسير المقطوعة، ثم تقارن مع التصرفات المطلوبة، فإذا تساوت كانت الشبكة الموجودة كافية. أما إذا كانت التصرفات المطلوبة أكبر فلا بد من تعويض النقص، وذلك إما بوضع ماسورة أخرى جديدة تحمل التصرف المكمل (توضع فى أحد الشوارع التي يظن أنها فى حاجة إلى المياه)، أو باستبدال ماسورة قديمة باخرى جديدة أكبر منها لتعويض النقص فى التصرفات.

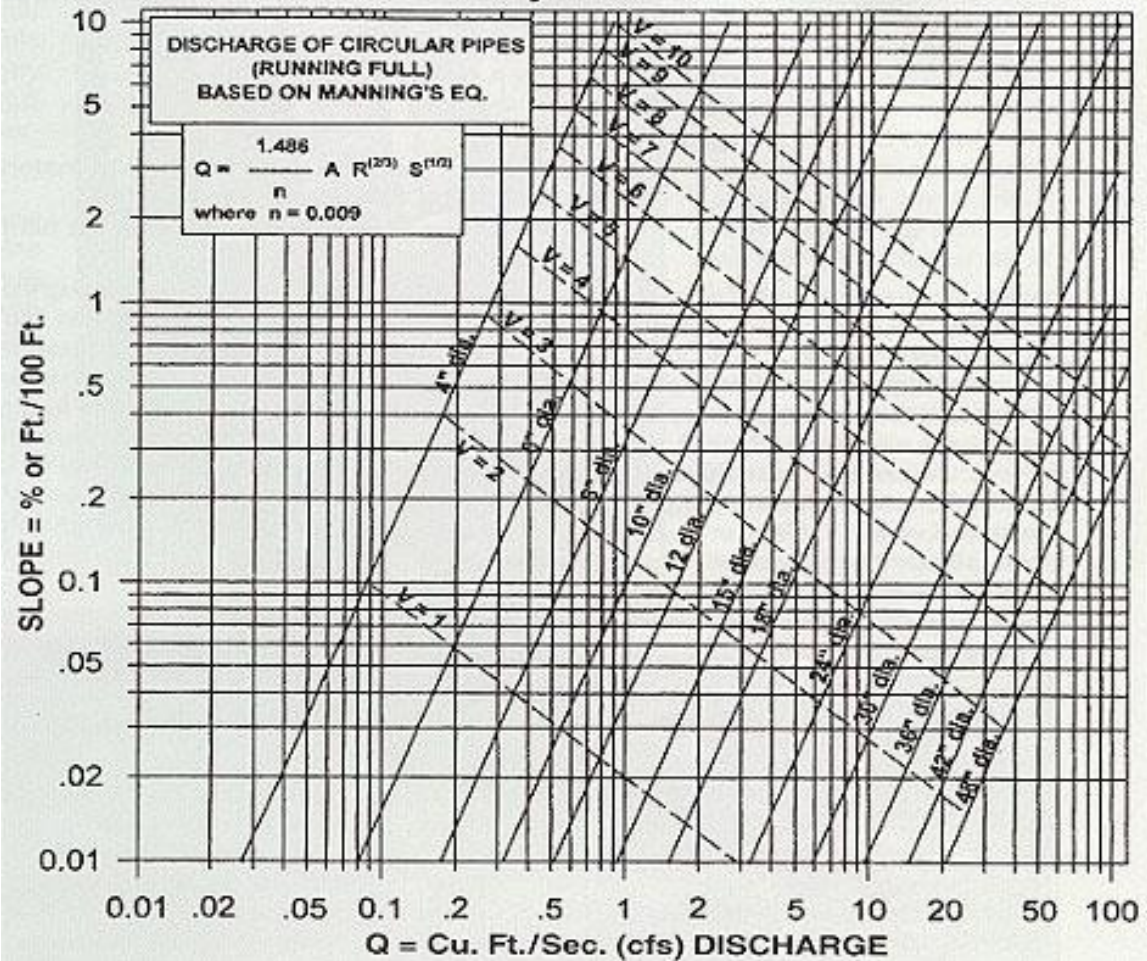
As per Hazen William formula, graph head loss per 1m straight pipe (Steel pipe)



As per Hazen William formula, graph head loss per 1m straight pipe (Steel pipe)

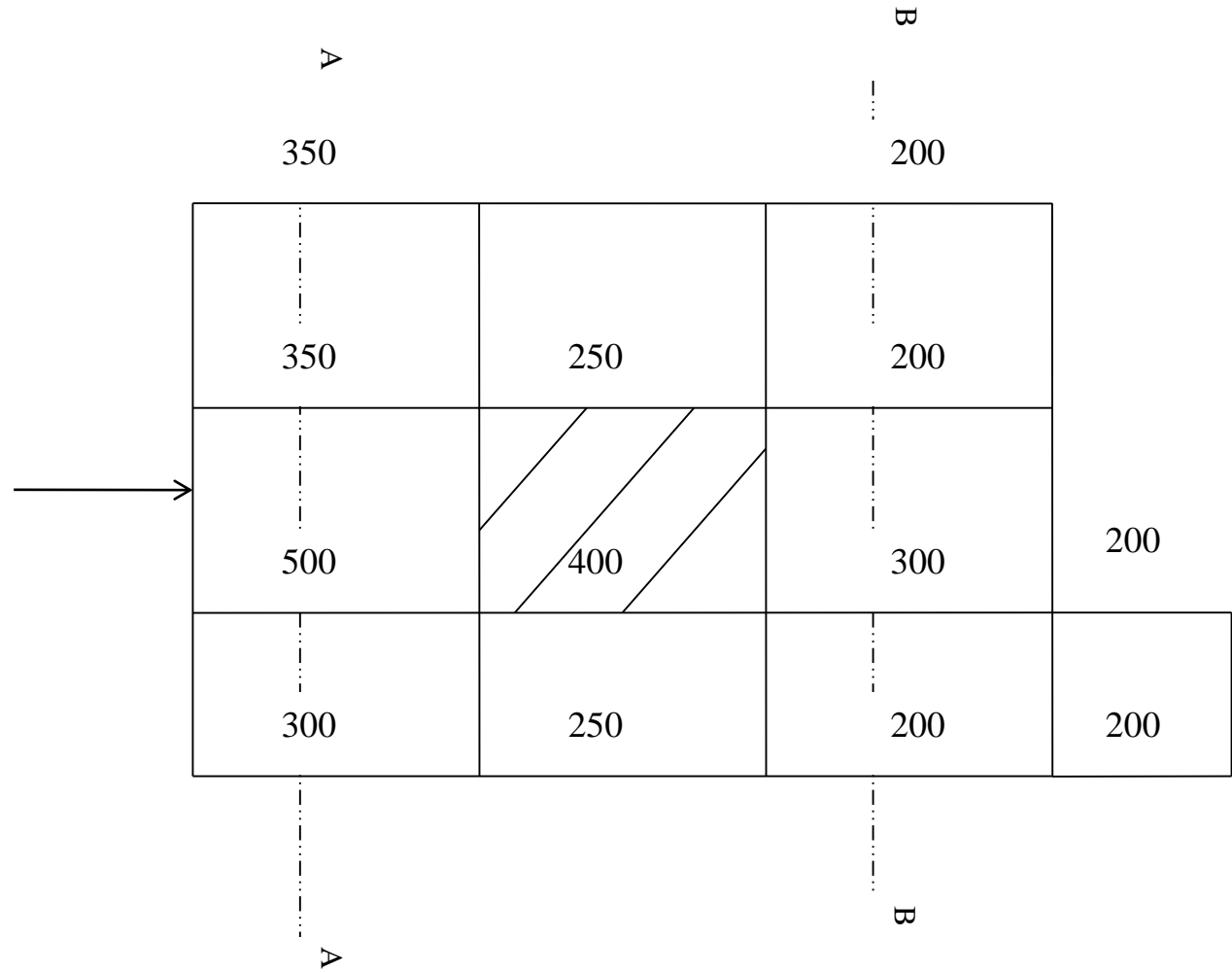


### Hydraulic Flow



**Example:**

- The population served by Section A – A is 70 % of the population.
- The population served by Section B – B is 20 % of the population.
- Population = 100,000 capita.
- Average water consumption = 200 l/c/d.



## Solution:

### Section A – A:

$$\text{Population} = 0.7 \times 100,000 = 70,000 \text{ capita}$$

$$Q_{av} = \text{pop} \times q_{av} / 24 \times 60 \times 60$$

$$= 70,000 \times 200 / 24 \times 60 \times 60 = 162 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{max daily}} = 1.8 \times Q_{av}$$

$$= 1.8 \times 162 = 291.67 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{max daily}} + Q_f = 291.67 + 40 = 331.67 \text{ l/s}$$

$$Q_{\text{max hourly}} = 2.5 \times Q_{av}$$

$$= 2.5 \times 162 = 405 \text{ l/s}$$

$$Q_{des} = 405 \text{ l/s}$$

### Number of pipes cut by section A – A:

2  $\phi$  350 , 1  $\phi$  500 , 1  $\phi$  300

Assume  $S = 20 \text{ cm} / 100 \text{ m}$ .

$$Q_{act} = 2 \times 85 + 210 + 55 = 435 \text{ l/s}$$

### Chick:

$$(Q_{act} - Q_{des}) / Q_d = (435 - 405) / 405 = 7.4 \%$$

$\pm 10 \%$  ok

Section B – B:

$$\text{Population} = 0.2 \times 100,000 = 20,000 \text{ capita}$$

$$\begin{aligned} Q_{av} &= \text{pop} \times q_{av} / 24 \times 60 \times 60 \\ &= 20,000 \times 200 / 24 \times 60 \times 60 = 46.3 \text{ l/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{max daily}} &= 1.8 \times Q_{av} \\ &= 1.8 \times 46.3 = 83.34 \text{ l/s} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{max daily}} + Q_f = 83.34 + 25 = 108.34 \text{ l/s}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{max hourly}} &= 2.5 \times Q_{av} \\ &= 2.5 \times 46.3 = 115.75 \text{ l/s} \end{aligned}$$

$$Q_{des} = 115.75 \text{ l/s}$$

Number of pipes cut by section B – B:

3  $\phi$  200 , 1  $\phi$  300

Assume  $S = 20 \text{ cm} / 100 \text{ m}$ .

$$Q_{act} = 3 \times 18 + 55 = 109 \text{ l/s}$$

Chick:

$$(Q_{act} - Q_{des}) / Q_{des} = (109 - 115.75) / 115.75 = - 5.83 \%$$

$\pm 10 \%$  ok

## ثانياً: فى حالة امتداد العمران خارج المدينة

تتبع نفس الخطوات بالإضافة إلى أخذ قطاع إضافى على مناطق التوسع لتحديد أقطارها، مع الأخذ فى الاعتبار أن أصغر قطر يلتف حول أى توسع جديد لا يقل عن 200مم، حتى لو كان التصرف اللازم لهذا التوسع يحتاج إلى ماسورة أقل من ذلك.

# Circle Method

تستخدم طريقة الدائرة (Circle Method) فى تصميم او الكشف عن أى نقص فى الضغط فى شبكات المواسير الفرعية (أقطار أقل من 150 مم), وذلك باستخدام التصرف اللازم للحريق. وتتخلص هذه الطريقة فيما يلى:

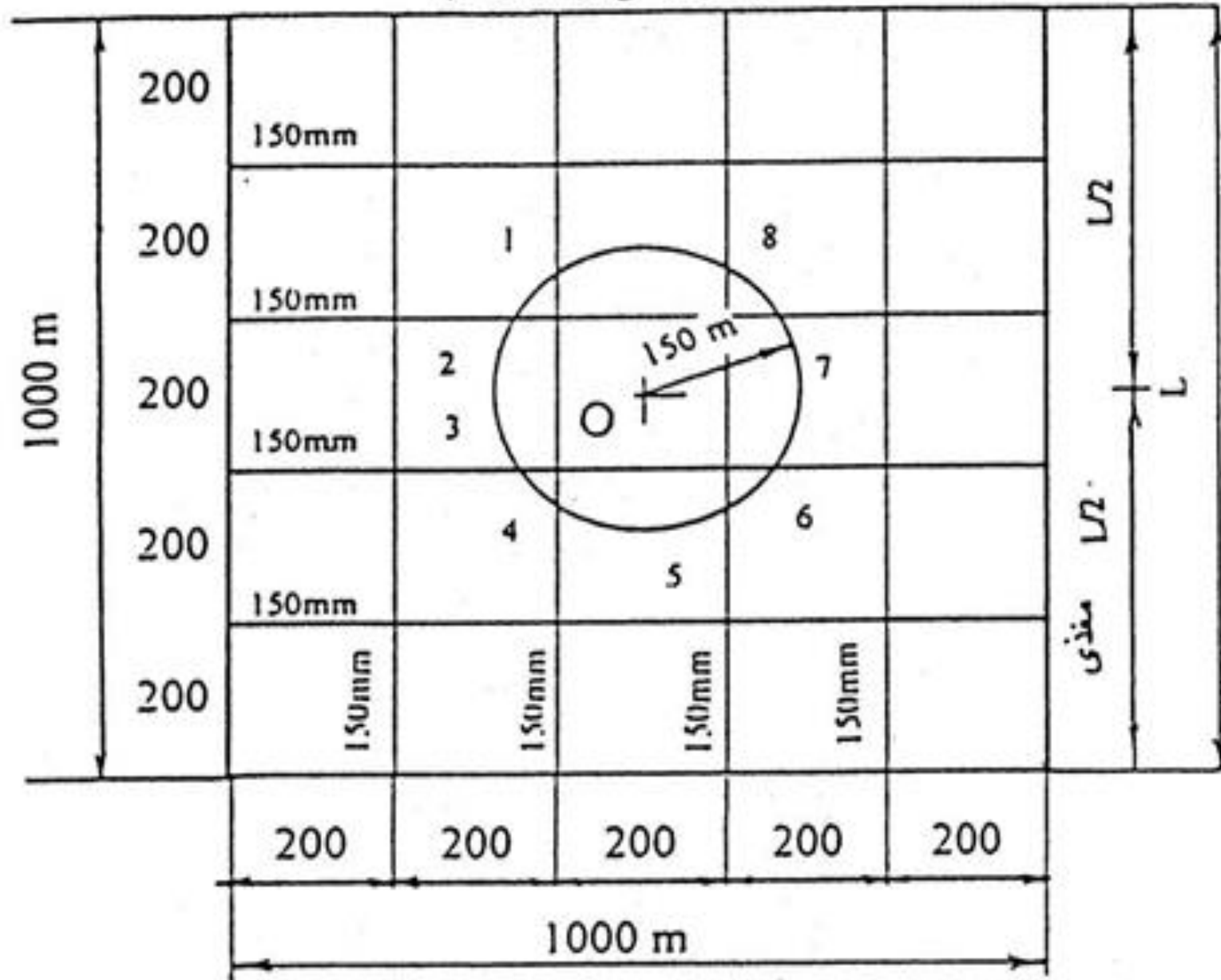
- رسم الشبكات الفرعية على ورق مربعات او بمقياس رسم مناسب.
- رسم دائرة قطرها 300 متر تقطع الخطوط الفرعية فى عدة نقاط.
- يفترض حدوث حريق فى مركز الدائرة وأن التصرف اللازم لمقاومة الحريق هذا سيمر فى المواسير التى قطعتها الدائرة. هذا التصرف يمكن حسابه بمعلومية عدد السكان القاطنين للمنطقة الواقعة بين المواسير الرئيسية المحيطة بالدائرة، او يؤخذ (50 – 83.3 لتر/ ث، تغطيه مجموعة حنفيات حريق عددها من 3 إلى 5 حنفية) أيهما أكبر.
- افترض أن المواسير المقطوعة تعطى تصرفا يكفى احتياجات الحريق، ومنه يحسب نصيب كل ماسورة من هذا التصرف. مع الأخذ فى الاعتبار انه اذا كانت أقطار المواسير متساوية، يتساوى نصيب كل منها من التصرف، أما اذا كانت المواسير غير متساوية القطر، فيستعمل الجدول التالى لتحويل هذه المواسير ذات قطر واحد.

## جدول : تحويل المواسير إلى مواسير مكافئة

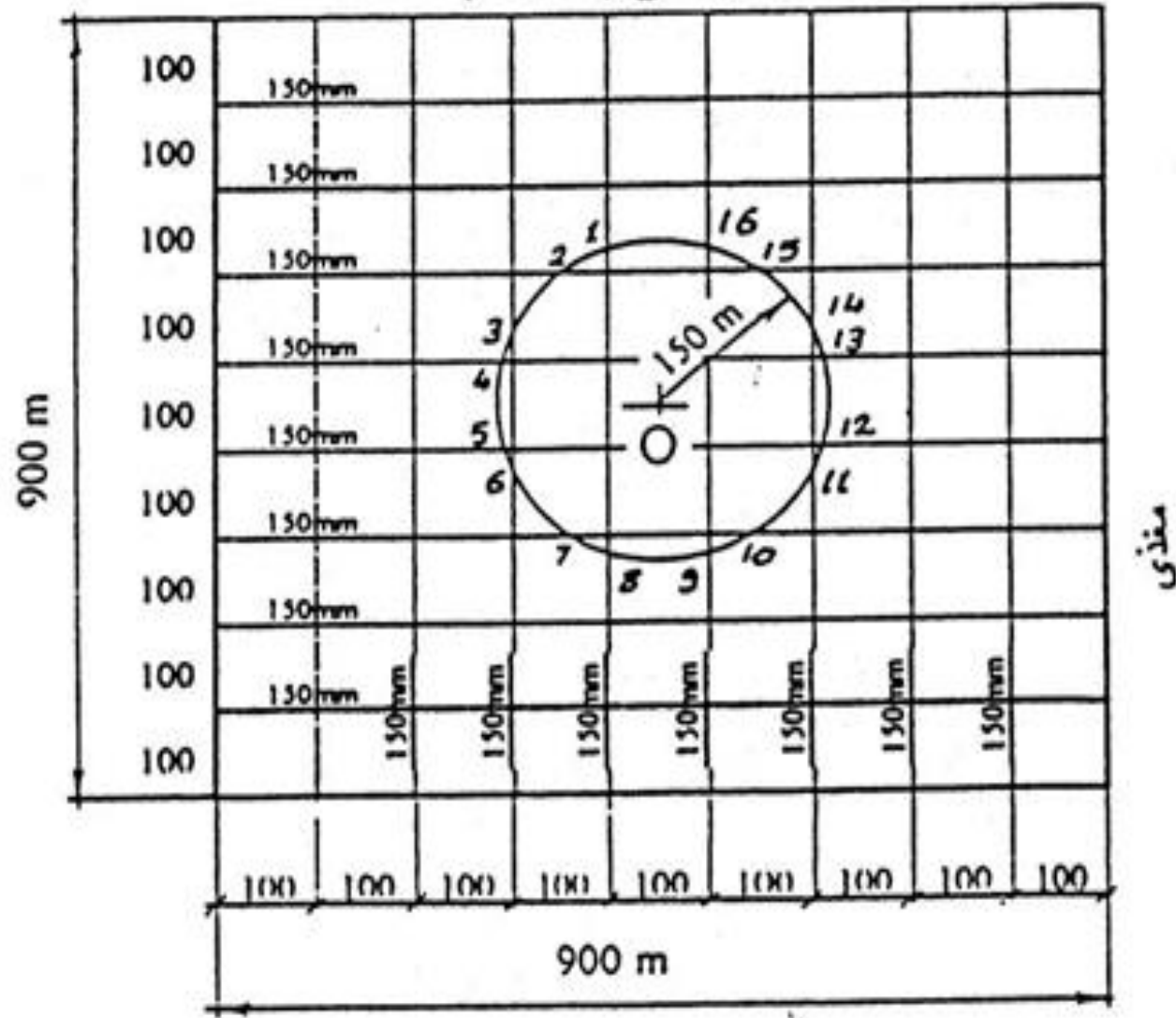
قطر الماسورة المقطوعة والمطلوب تحديد المكافئ لها	100مم	150 مم	200 مم	250 مم	300 مم
عدد المواسير قطر 100 مم المكافئة للماسورة المقطوعة	1	3	6.6	12	20

- يتم حساب الفاقد في الضغط في الماسورة من معادلة (هازن وليامز) على أساس قطرها والتصرف الخارج منها وبعدها عن الماسورة الرئيسية المغذية لها.
- يجب أن يكون الضغط في كل ماسورة عند نقاط التقاطع أكبر من أو يساوى 15 مترا او الضغط الخاص بالحريق.
- في حالة اكتشاف نقص في الضغط عن هذا المقدار، في إحدى المواسير الفرعية في الشبكة تستبدل بماسورة ذات قطر اكبر ويعاد الحساب من جديد
- إذا مست الدائرة احد الخطوط اعتبرت نقطة التماس كما لو كانت ماسورتين. ويوضح الشكل التالى مثالا لطريقة الدائرة وكيفية تطبيقها

مغذی رنیسی (Feeder)



مغذی رنیسی (Feeder)



## Example:

By using section method design the water network shown in the following figure, then use circle method for check the diameter of minor pipes (100 mm). If

- Average water consumption in the future = 250 l/day
- Future population = 70000 people
- Sec I-I cut three transmission pipes
- Velocity in transmission and main pipes  $\leq 1.5$  m/sec, hydraulic slope  $\leq 0.4$  %
- Velocity in minor pipes  $\leq 1.0$  m/sce, neglect the value of hyd. Slope

Calculate too the head loss each 1000 m, if Hazen-Williams coefficient for all pipes kind = 140, population after sec II-II = 75 % of total population, sec III-III lays after 67 % of total city area. Assume constant population densities and water consumption rates all around the city.

