

# شبكات المياه والصرف الصحي

## شبكات تصريف السيول

## الوحدة الرابعة : شبكات تصريف السيول

### الجدارة:

يتعرف المتدرب في هذا الفصل على الأساسيات الرئيسة اللازمة لمشاريع تصريف مياه السيول.

### الأهداف:

عند الانتهاء من هذا الفصل يكون المتدرب بإذن الله قادراً على:

١. حساب كميات مياه السيول لمنطقة معينة.
٢. تحديد الوقت الذي تحتاجه مياه السيول للتدفق على سطح الأرض حتى تصل إلى أنظمة الصرف المتوفرة بالمنطقة.
٣. حساب شدة أو غزارة المطر وتأثير ذلك على شبكات تصريف السيول.
٤. معرفة الملاحق اللازمة لأنظمة تصريف مياه السيول.
٥. تصميم شبكات تصريف مياه السيول.
٦. قراءة الرسومات لمشاريع شبكات مياه السيول.
٧. الاشراف على تنفيذ مشاريع شبكات مياه السيول.

**مستوى الأداء المطلوب:** إتقان المتدرب لهذا الفصل بنسبة لا تقل عن ٩٥ %.

**الوقت المتوقع لإنهاء هذا الفصل:** ٨ ساعات.

## شبكات تصريف السيول

### ٤- ١ مقدمة

يقدم هذا الفصل أهم الأساسيات اللازمة لعملية تصريف مياه السيول والتي تعد من الخدمات الرئيسية التي تحتاجها أي منطقة سواء كانت سكنية أو تجارية أو صناعية، وتزيد أهميتها مع التوسع العمراني للمنطقة. وتعمل شبكات تصريف السيول على تصريف المياه من المناطق الحضرية مثل المدن إلى أماكن خارج تلك المناطق. وترتكز أنظمة تصريف مياه السيول على الطبيعة الجغرافية والأحوال المناخية للمنطقة وترتبط بكمية مياه الأمطار وما تولده من مياه تتساب على سطح الأرض.

### ٤- ٢ الدراسات الأولية اللازمة

قبل الشروع في أعمال تصميم شبكات تصريف مياه السيول، لا بد من عمل الدراسات الأولية المتمثلة في جمع المعلومات التالية:

- خرائط لمنطقة المشروع والمتوفرة لدى البلدية بحيث توضح المباني والشوارع والأرض الفضاء والخطوط الكنتورية وعلامة منسوب المنطقة، ويفضل أن تكون تلك الخرائط بمقياس رسم من ١:١٠٠٠ إلى ١:٣٠٠٠.
- حالة تربة المنطقة من حيث قدرة تحملها ومنسوب المياه الجوفية بها وعمق الطبقة الصخرية، ومدى الحاجة إلى الحوائط الساندة أثناء عمليات الحفر، وقد يكون من المناسب عمل جسات محدودة لتحريات التربة.
- نوع الخدمات المتوفرة بالمنطقة مثل خطوط شبكات تغذية المياه والكهرباء والهاتف وغيرها، وبعض المنشآت القائمة مثل الأنفاق والجسور ومدى إعاقتها لمشروع شبكات السيول، واقتراح الحلول البديلة في حالة وجود هذه العوائق.

#### ٤- ٣ أنواع شبكات تصريف السيول

هناك نوعان من الشبكات يمكن استخدامهما في تصريف مياه السيول وهما:

١. شبكة الأنابيب المغلقة: والتي يحفر لها وتوضع تحت سطح الأرض على امتداد طرقات وشوارع الحي أو المنطقة.
٢. شبكة القنوات المفتوحة: وهي قلما تستخدم في المملكة العربية السعودية لأنها تشغل مساحة من أرضية الطريق وتحتاج إلى صيانة دورية حسب بيئة وطبيعة كل منطقة.

#### ٤- ٤ مبادئ تصميم شبكات السيول

يمكن تصميم شبكات تصريف السيول باتباع الخطوات التالية:

١. تقسيم منطقة المشروع إلى مناطق جزئية بخطوط حسب التقسيم المائي المناسب (A).
٢. إيجاد معامل مياه السيول الجارية حسب طبيعة كل منطقة (C).
٣. إيجاد الوقت اللازم لدخول مياه الأمطار الجارية إلى البالوعات (t).
٤. حساب شدة أو غزارة المطر بحسب المعلومات المتوفرة عن كل منطقة (i).
٥. حساب كمية مياه السيول المتدفقة لكل مقطع من المنطقة (Q).
٦. حساب قطر أنبوب التصريف لكل مقطع (D).

ويجب أخذ العناصر التالية عند تصميم شبكات مياه السيول:

- التدفق لحظي حسب شدة المطر.
- سرعة التدفق في الأنابيب لا تقل عن ١ متر / ثانية.
- أقطار أنابيب شبكة التصريف لا تقل عن ٣٠٠ مم.
- ليس شرطاً أن تمر الشبكة في كل شارع ولكن تحتاج إلى المرور من أماكن تجمع المياه.

## ٤-٤ - كميات مياه السيول

عند دراسة وتصميم مشاريع تصريف مياه السيول فمن الضروري معرفة كميات مياه السيول الجارية على سطح الأرض والتي يمكن تحديدها بأكثر من طريقة حسب الظروف المناخية والجغرافية للمنطقة والمعلومات المتوفرة عن كميات الأمطار والمياه الجارية خلال الفترات الماضية. ومن أهم هذه الطرق:

- الطريقة المنطقية
- طريقة الصيغة التجريبية
- طريقة الحاسب الرقمية
- طريقة الرسم المائي

وسوف يتم التطرق في هذا المقرر إلى الطريقة المنطقية فقط لكونها الأكثر شيوعاً واستخداماً. وهذه الطريقة تربط كمية المياه المتدفقة نتيجة الأمطار على مساحة معينة من الأرض وخلال فترة من الزمن وبغزارة أو شدة مطر محددة، أي أن:

$$Q = iA \quad (٤ - ١)$$

حيث:

$Q$ : حجم مياه الأمطار الساقطة ( $m^3 / hr$ )

$i$ : شدة أو غزارة المطر ( $m / hr$ )

$A$ : مساحة المنطقة المحتاجة للتصريف ( $m^2$ )

إن كمية مياه الأمطار التي تسقط على الأرض لا تتحول في مجملها إلى مياه جارية، بل هناك كمية منها تفقد بسبب عملية التبخر، وكمية تتخلخل وتتسرب إلى باطن الأرض، وكمية أخرى تبقى على سطح الأرض لالشكل البرك والمستنقعات. وتعتمد كمية المياه المفقودة على عدة عوامل أهمها درجة حرارة الجو ونوع التربة وما تحتويه من مياه وكذلك مدة استمرارية المطر. وبسبب ما يفقد من مياه الأمطار، فإن الحجم الفعلي للمياه الجارية نتيجة الأمطار يمكن استنتاجها من العلاقة:

$$Q = CiA \quad (٤ - ٢)$$

حيث  $C$  يمثل معامل مياه الأمطار الجارية على سطح الأرض والذي يختلف بحسب نوع السطح كما يوضحه الجدول (٤ - ١).

وعندما تحتوي المنطقة المصرفة على أسطح مختلفة بمعاملات متباينة، فإن المعامل المناسب لكل سطح يضرب في جزئية مساحته ومن ثم تجمع المعاملات كما في العلاقة:

$$C_{avg} = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i} \quad (٤ - ٣)$$

الجدول (٤ - ١): معامل مياه الأمطار الجارية لعدة أسطح مختلفة.

نوع السطح	C
	٠,٧٠ - ٠,٩٥
	٠,٨٠ - ٠,٩٠
حدائق وملاعب رياضية	٠,١٠ - ٠,٢٥
ممرات وأرصفة مسفلطة	٠,٧٥ - ٠,٨٥
ممرات وأرصفة بالركام	٠,١٥ - ٠,٣٠
أرض عشبية على تربة رملية وتميل ٢٪	٠,٠٥ - ٠,١٠
أرض عشبية على تربة رملية وتميل ما بين ٢ و ٧٪	٠,١٠ - ٠,١٥
أرض عشبية على تربة رملية وتميل بنسبة أعلى من ٧٪	٠,١٥ - ٠,٢٠
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل ٢٪	٠,١٣ - ٠,١٧
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل بين ٢ و ٧٪	٠,١٨ - ٠,٢٢
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل بنسبة أعلى من ٧٪	٠,٢٥ - ٠,٣٥

مثال (٤ - ١):

احسب معامل مياه الأمطار الجارية لمنطقة سكنية مساحتها الإجمالية  $0.5 \text{ km}^2$  ، حيث تغطي المباني السكنية ٣٥٪ من هذه المساحة وتغطي الممرات والأرصفة مسفلتة ٤٠٪ ، بينما تمثل النسبة المتبقية أرض مستوية بتربة رملية ومغطاة بعشب. ثم احسب كمية المياه المصرفة من هذه المنطقة عندما تكون شدة المطر  $64 \text{ mm / hr}$

الحل:

الجدول التالي يبين حساب معامل مياه الأمطار الجارية بحسب المساحات الموضحة في المثال:

نوع المساحة	نسبة المساحة (%)	المساحة الجزئية $A_i \text{ (m}^2\text{)}$	المعامل $C_i$ من الجدول (١ - ٣)	$C = \frac{\sum C_i \cdot A_i}{\sum A_i}$
مباني	٣٥	175000	٠,٩٥ - ٠,٧٠	٠,٣٣٢٥ - ٠,٢٤٥
ممرات وأرصفة مسفلتة	٤٠	200000	٠,٨٥ - ٠,٧٥	٠,٣٤٠ - ٠,٣٠٠
أرض عشبية مستوية على تربة رملية	٢٥	١٢٥٠٠٠	٠,١٠ - ٠,٠٥	٠,٠٢٥ - ٠,٠١٢٥
المجموع				٠,٥٥٧٥ - ٠,٦٩٧٥

من الجدول أعلاه يتبين أن معامل مياه الأمطار الجارية للمنطقة يتراوح من ٠,٥٥٧٥ كحد أدنى إلى ٠,٦٩٧٥ كحد أعلى. وعند تصميم نظام تصريف السيول لهذه المنطقة فمن المناسب أخذ القيمة الأعلى من المعامل احتياطاً لكميات كبيرة من مياه السيول المتدفقة.

وبالتالي فإن كمية مياه السيول المصرفة للمنطقة هي:

$$Q = CiA = 0.6975 \times \left( \frac{64}{1000} \right) \times 0.5 \times 10^6 = 22320 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

#### ٤ - ٤ - ٢ وقت التجميع

عند سقوط الأمطار على منطقة مخدومة بنظام تصريف السيول، فإن المياه الجارية تحتاج إلى وقت لتتدفق من مساحات المنطقة المختلفة إلى فتحات أو مداخل التصريف. وهذا الوقت يشتمل على وقت التدفق (Time of Flow) ووقت الدخول (Inlet Time).

إن القصد من وقت التدفق هو الوقت الذي تحتاجه مياه السيول للتدفق من نقطة إلى أخرى. أما وقت الدخول فيقصد به الوقت من بدء سقوط المطر إلى اللحظة التي يبدأ عندها الماء بالتدفق في أنابيب تصريف السيول، وتتراوح قيمته في الغالب من 5 إلى 20 دقيقة. ويتأثر وقت التجميع بعدة عوامل أهمها:

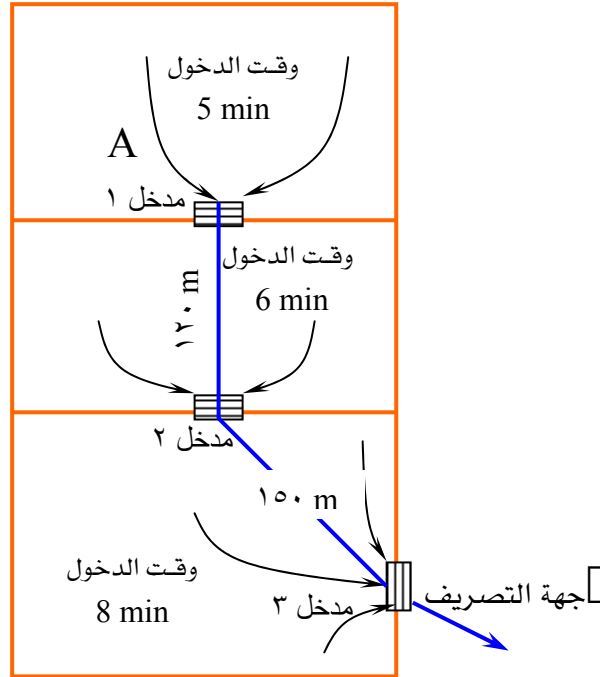
- ميل الأرض
- نوع الأسطح المصرفة
- المسافة بين فتحات تصريف السيول
- الأحوال الجوية

فعلى سبيل المثال يكون وقت الدخول ٥ دقائق للطرق التي عرضها أكبر أو يساوي ١٢,٥ م والمسافة بين فتحات التصريف أقل أو تساوي ٢٠ متراً. أي أن وقت التجميع هو الوقت اللازم لتدفق مياه السيول الجارية بأعلى كمية عند شدة مطر كافية لوصول تدفق أبعد نقطة إلى فتحات التصريف.



مثال (٤ - ٢):

منطقة سكنية يوجد بها نظام تصريف السيول وتحتوي على ثلاثة أجزاء حسب التقسيم المائي لها والموضح في الشكل (٤ - ١). احسب وقت التجميع إذا علمت أن سرعة التدفق في الأنابيب  $0.75 \text{ m/s}$ .



الشكل (٤ - ١): رسم توضيحي للمثال (٤ - ٢).

الحل:

من خلال العلاقة بين كل من المسافة والسرعة والزمن يتم حساب وقت التدفق في أنابيب الصرف

كما يلي:

- وقت التدفق خلال الأنبوب من المدخل (١) إلى المدخل (٢):

$$t_{1-2} = \frac{120 \text{ m}}{0.75 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 60 \frac{\text{sec}}{\text{min}}} = 2.67 \text{ min}$$

- وقت التدفق خلال الأنبوب من المدخل (٢) إلى المدخل (٣):

$$t_{2-3} = \frac{150 \text{ m}}{0.75 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 60 \frac{\text{sec}}{\text{min}}} = 3.33 \text{ min}$$

- وقت التجميع من أبعد نقطة في كل تقسيم مائي إلى المدخل الأخير (مدخل ٣):

$$t_A = 5 + 2.67 + 3.33 = 11 \text{ min} : \text{للمساحة A}$$

$$t_B = 6 + 3.33 = 9.33 \text{ min} : \text{للمساحة B}$$

$$t_C = 8 \text{ min} : \text{للمساحة C}$$

وبالتالي فإن أعلى وقت تجميع للمنطقة هو ١١ دقيقة وهو الوقت الذي يمثل فترة تساقط المطر.

#### ٤-٤-٣ شدة أو غزارة المطر

يمكن القول أن تحديد شدة سقوط المطر من أكثر العوامل تعقيداً. فهي تعتمد على مدة استمرار السقوط، لذا من المتوقع أن تكون غزارة المطر عالية عندما تكون الفترة قصيرة. ومن المناسب تمثيل معلومات سقوط الأمطار على الشكل منحنيات مثل تلك الموضحة في الشكل (٤-٢) والتي تربط مدة سقوط الأمطار مع غزارتها لفترات دورية عند ٥، ١٠، و ٢٥ سنة.

وعند التصميم فإن منحنى ٥ سنوات يستخدم للمناطق السكنية، ومنحنى ١٠ سنوات للمناطق التجارية، أما منحنى ٢٥ سنة فيمكن استخدامه للمناطق المعرضة إلى فيضانات قد ينتج عنها أضرار في الممتلكات.

وهناك عدد من الصيغ التجريبية التي يمكن الاستعانة بها في حساب شدة سقوط المطر. وأكثر تلك الصيغ تطبيقاً العلاقة التالية:

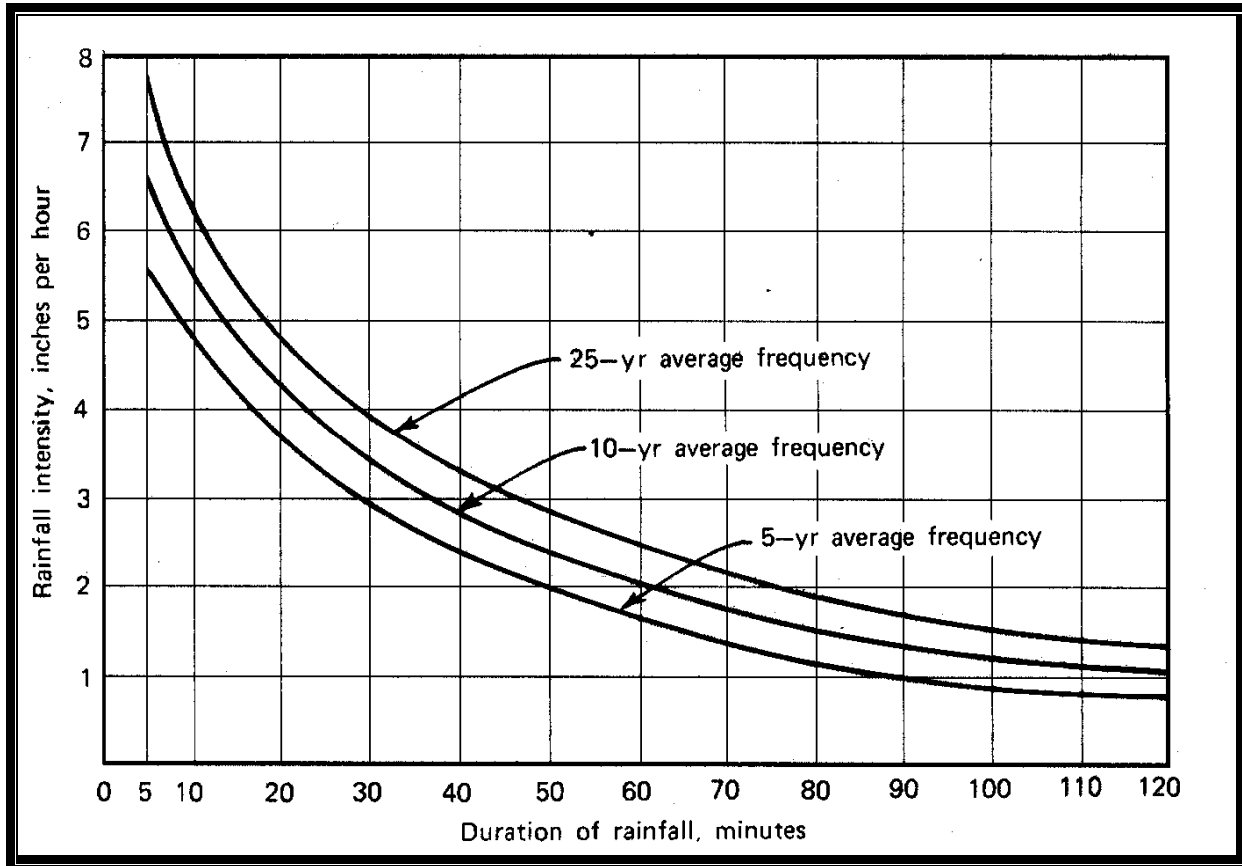
$$i = \frac{a}{t + b} \quad (٤-٤)$$

حيث:

$i$ : شدة أو غزارة المطر (mm/hr).

$t$ : فترة سقوط المطر - وقت التجميع (min).

$a \& b$ : ثوابت تعتمد على المنطقة.



الشكل (٤ - ٢): منحنيات شدة - فترة المطر.

مثال (٤ - ٣):

احسب كمية مياه السيول المصرفة لمنطقة مساحتها الإجمالية  $0.25 \text{ km}^2$  ومعامل مياه السيول الجارية  $C = 0.30$ ، وشدة سقوط المطر عليها تمثلها الصيغة  $i = \frac{4830}{t + 25}$ ، وزمن سقوط المطر ١٢ دقيقة.

الحل:

شدة سقوط المطر:

$$i = \frac{4830}{t + 25} = \frac{4830}{12 + 25} = 130.5 \text{ mm / hr}$$

كمية المياه المصرفة:

$$Q = CiA = 0.30 \times \left( \frac{130.5}{1000} \right) \times 0.25 \times 10^6 \cong 9800 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

#### ٤-٤ -٤ تدفق المياه في مجاري السيول

عندما تصل مياه السيول إلى أنابيب الصرف تبدأ في التدفق بالشكل منتظم تحت تأثير الجاذبية الأرضية. إلا أن ذلك التدفق يعتمد على عدة عوامل منها:

- وجود عوائق بأنظمة الصرف
- مساحة مقاطع الأنابيب
- حالة التدفق
- درجة ميل أنابيب الصرف
- خشونة الأنابيب

إن تدفق المياه في الأنابيب بالشكل جزئي (غير ممتلئة) تكون أشبه بالقنوات المائية المفتوحة بحيث تطبق عليها معادلة ماننج (Manning Equation) والتي تأخذ الصيغة:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (٥ - ٤)$$

حيث:

$V$ : سرعة تدفق الماء في الأنبوب (m/s)

$n$ : معامل خشونة أو احتكاك الأنبوب (معامل ماننج)

$R$ : نصف قطر الأنبوب الهيدروليكي ( $R = \frac{D}{4}$ )، ( $m$ )

$S$ : درجة ميل الأنبوب

وبمعرفة سرعة التدفق في أنبوب الصرف ومساحة مقطع الأنبوب يمكن حساب كمية المياه المتدفقة

من المعادلة:

$$Q = A \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (٦ - ٤)$$

أما إذا كان أنبوب التصريف مملوء بالكامل فإن سرعة تدفق المياه خلاله وكميتها يتم حسابهما

من المعادلتين التاليتين وذلك بعد التعويض في المعادلتين (٥ - ٤) و (٦ - ٤) عن  $R = \frac{D}{4}$  و  $A = \frac{\pi D^2}{4}$ :

$$V = \frac{0.397}{n} D^{2/3} S^{1/2} \quad (٧ - ٤)$$

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (٨ - ٤)$$

حيث (D) يمثل قطر الأنبوب، ووحدتي السرعة وكمية التدفق هما:  $m/s$  و  $m^3/s$  على التوالي. ويختلف معامل الاحتكاك بحسب طبيعة المادة المصنوعة منها الأنبوبة، وتتغير مع عمر استخدام الأنبوب، والجدول (٤ - ٢) يبين قيم معامل الاحتكاك لمواسير مصنوعة من مواد مختلفة.

الجدول (٤ - ٢): معامل الاحتكاك (n) لأنابيب مختلفة المواد.

n	

مثال (٤ - ٤):

أنبوب دائري يميل بمقدار ٠,٠٠٢٥ ويحمل كمية مياه مقدارها  $0.048 m^3/s$  وهو مملوء بالكامل. فإذا كان معامل احتكاكه  $n = 0.013$ ، فكم يكون قطره؟ وما سرعة تدفق المياه خلاله؟

الحل:

• يتم حساب قطر الأنبوب من المعادلة (٨ - ٤):

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$0.048 = \frac{0.312}{0.013} \times D^{\frac{8}{3}} \times (0.0025)^{\frac{1}{2}}$$

$$\therefore D = (0.04)^{3/8} = 0.30 m = 300 mm$$

- بعد حساب قطر الأنبوب، نستخدم المعادلة (٤ - ٧) لتحديد سرعة التدفق:

$$V = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{0.397}{0.013} \times (0.30)^{\frac{2}{3}} \times (0.0025)^{\frac{1}{2}} = 0.68 \text{ m/s}$$

يلاحظ أن السرعة أقل من 1.0 m/s وهذا سوف يزيد من مالمشكلة الترسبات في الأنابيب.

#### ٤- ٥ أنواع المواسير المستخدمة

تستخدم في الغالب الأنابيب الخرسانية الدائرية لتصريف مياه السيول، لتوفر في الأسواق بأقطار مختلفة وقد يلزم تصنيعها بأقطار محددة حسب حاجة المشروع. وتستخدم كذلك مواسير مصنوعة من مواد أخرى مثل الفخار والزهر والبلاستيك وغيرها، ويتم اختيار نوع المواسير بناء على عدة عوامل أهمها:

- توفر المواسير بالأقطار والكميات المطلوبة وبأسعار مناسبة

- مقاومة المواسير للضغوط الداخلية والخارجية

- طبيعة التربة ومدى تحملها

- مناسيب المياه الجوفية

- نوعية لحام المواسير وسهولة تنفيذها.

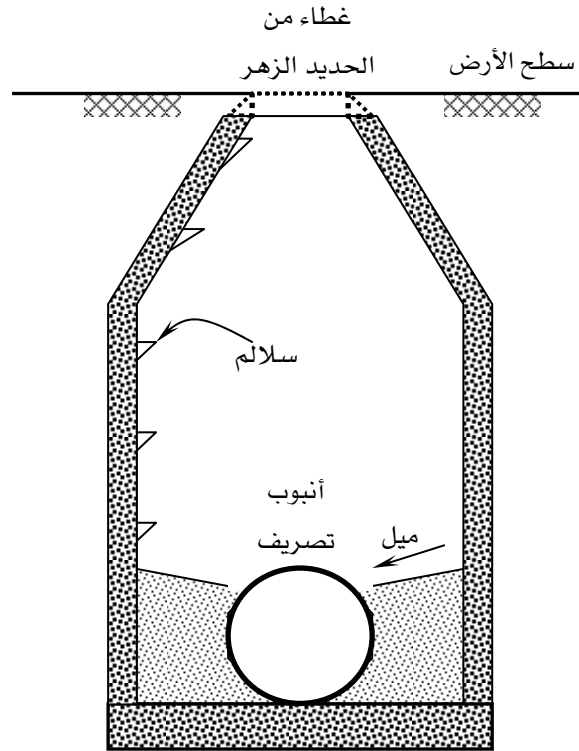
#### ٤- ٦ غرف المراقبة والتفتيش (المطابق)

تعد المطابق من أهم ملحقات شبكات تصريف مياه السيول، ويتم إنشاؤها حسب مواصفات محددة تسمح بأعمال النظافة والصيانة. وتصنع من الخرسانة المسلحة أو الخرسانة العادية أو الطوب، والشكل (٤ - ٣) يبين أحد المطابق. وتأخذ المطابق الشكل الدائري أو المربع ويكون غطاؤها على مستوى منسوب الشارع ويغطى بحديد زهر يكون ثقيلًا حتى يتحمل حركة المرور عليه.

أما قاع المطابق فيأخذ الشكل القناة المبطنه عمقها يتناسب مع قطر الأنبوب ومنسوبها يتناسب مع منسوب قاع الأنبوب. وتوضع المطابق على امتداد أنابيب الشبكة في الحالات التالية:

- تغيير اتجاه الأنبوب
- تغيير قطر الأنبوب

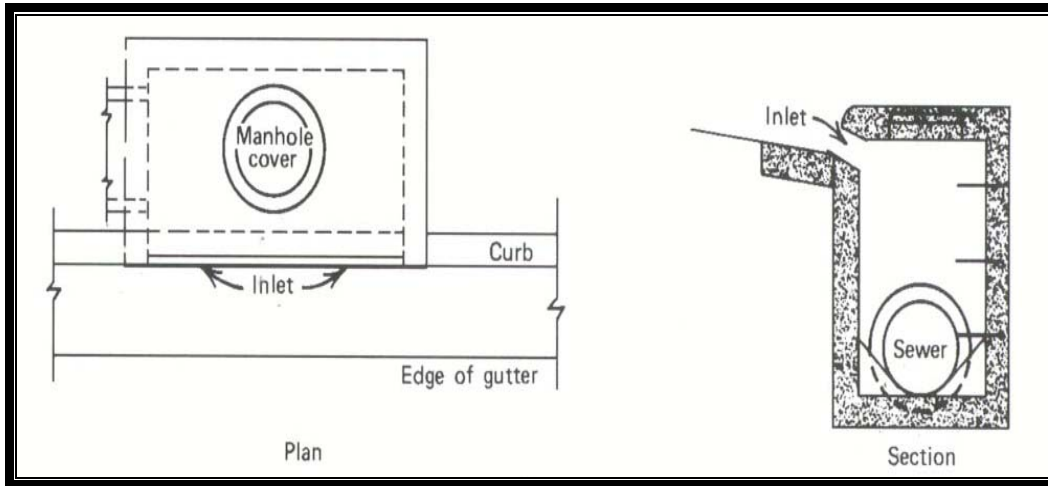
- وجود المسافات المستقيمة الطويلة
- مكان تقاطع الأنابيب
- تغيير ميل الأنبوب
- تغيير مفاجئ في المنسوب



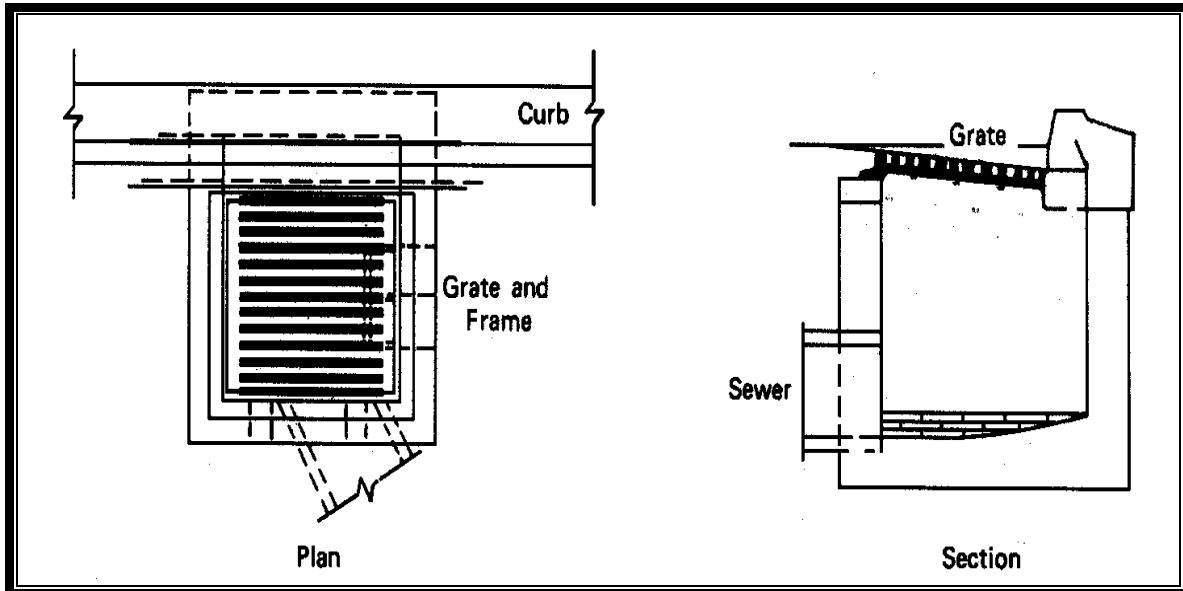
الشكل (٤ - ٣): مقطع لمطبق نموذجي.

#### ٤ - ٧ المداخل (البالوعات)

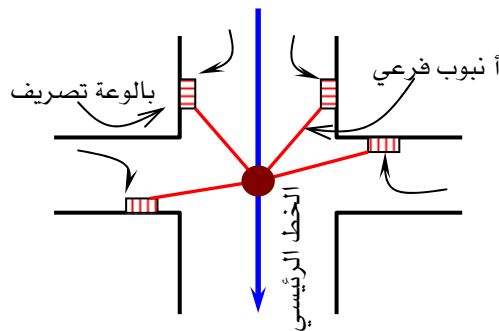
المدخل هو الفتحة التي على سطح الأرض وتستقبل المياه السطحية الجارية وتحولها إلى شبكة تصريف السيول. وتصنف البالوعات بحسب طريقة دخول الماء إليها ، فهي إما بالوعات ذات مدخل رأسي لتصريف مياه الأمطار كما يبينها الشكل (٤ - ٤) ، وإما بالوعات ذات مدخل أفقي كما يوضحها الشكل (٤ - ٥). وتوضع البالوعات في الأماكن ذات المناسيب المنخفضة من الطريق والتي تكون تجمع للمياه السطحية. وتتصل كل بالوعة مع خطوط شبكة التصريف عن طريق أقرب مطبق كما يوضح ذلك الشكل (٤ - ٦).



الشكل (٤ - ٤): بالوعة تصريف الأمطار ذات مدخل رأسي.



الشكل (٤ - ٥): بالوعة تصريف الأمطار ذات مدخل أفقي.



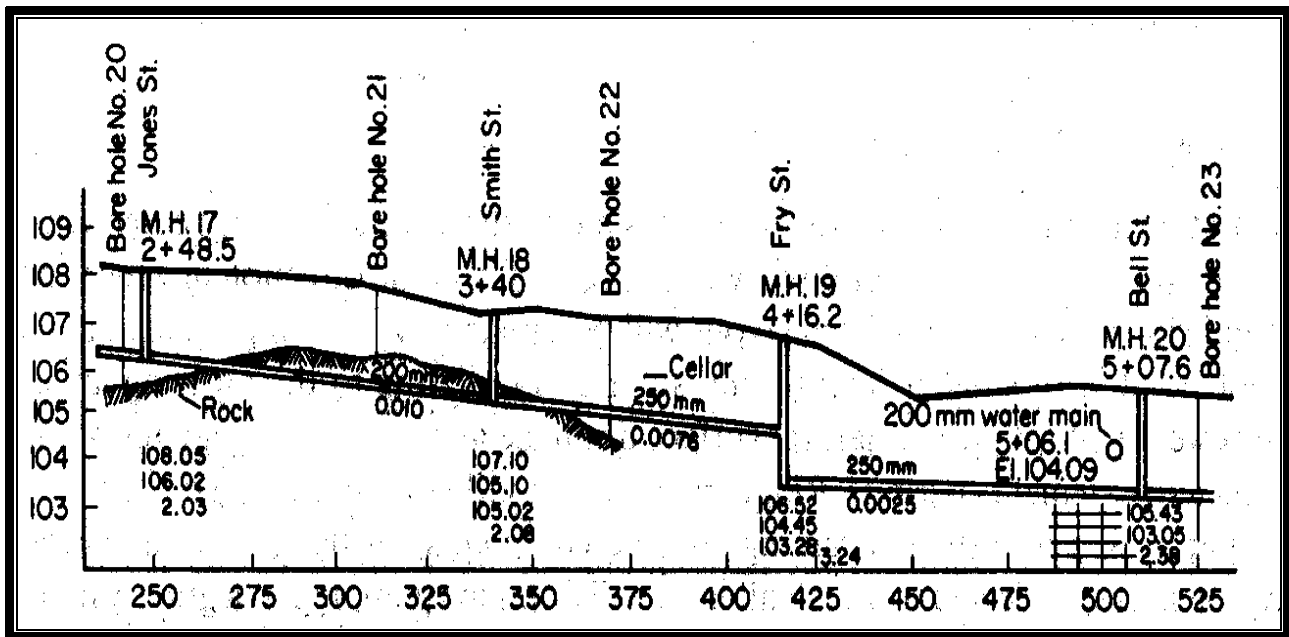
الشكل (٤ - ٦): تصريف مياه الأمطار في تقاطع طريق.



#### ٨ - ٤ قراءة الرسومات لمشاريع شبكات تصريف مياه السيول

يوضح الشكل (٤ - ٧) مخطط لمشروع شبكة تصريف مياه السيول وهو مقطع جانبي يبين معالم الحفر لكل خط تصريف. ويرسم بمقياس رسم أفقي يتراوح من ١:٥٠٠ إلى ١:١٠٠٠ ومقياس رسم رأسي يكون عادةً عشرة أضعاف مقياس الرسم الأفقي، ويحتوي على المعلومات:

- منسوب سطح الأرض وموقع الطبقة الصخرية ونوع فرشاة الأنابيب المستخدمة.
- أقطار وأطوال وميول الأنابيب ومستوى قعر كل منها.
- مواقع المطابق وأعماقها وأرقامها، وكذلك الجسات الأرضية إن وجدت.



الشكل (٤ - ٧): قطاع جانبي لتمديدات شبكة التصريف

#### ٩ - ٤ تنفيذ شبكات تصريف مياه السيول

يتم إنشاء مواسير تصريف مياه السيول كالتالي:

١. يتم تخطيط مسار خطوط التصريف بحيث لا تتعارض مع خطوط المياه والكهرباء والهاتف والغاز والمنشآت الأخرى.
٢. تحديد الخطوط التي يبدأ تنفيذها ويفضل أن تكون البداية من نهاية الشبكة أي من الجزء الأعظم.

٣. يتم حفر الخنادق بعرض مناسب، بحيث لا تقل المسافة بين جانب الخندق والماسورة عن ٢٠ سم من كل جانب، ويكون قاع الخندق بنفس ميل الماسورة وأقل منسوباً من منسوب قاع الماسورة بمسافة تساوي طبقة الأساس المناسبة للماسورة.

٤. ربط المواسير بطريقة تناسب نوعيتها وطولها ووزنها في الخندق بعناية، وعمل وصلاتها حسب المواصفات الخاصة بصناعتها، بحيث تكون المواسير بعد عمل وصلاتها مستقيمة تماماً بطول الخط ومنتظمة الميل.

٥. عمل اختبار لضمان سلامة المواسير من الشروخ وعيوب الصناعة وضمان سلامة الوصلات. ويتم الاختيار بين كل مطبقين، ثم يتم إصلاح أي عيوب تظهرها الاختبارات على خطوط الصرف.

٦. يتم تغليف المواسير بالخرسانة العادية إذا احتاج الأمر لذلك، ثم يردم الخندق على طبقات صغيرة تدك بطريقة مناسبة لمواد الردم التي يجب ألا تحتوي على مواد صلبة كبيرة الحجم، ويتم الردم حتى سطح الأرض مع استخدام المياه مع عملية الدك إذا احتاج الأمر لذلك.

مثال (٤ - ٥):

الشكل أدناه يوضح منطقة يراد تصميم شبكة تصريف مياه السيول بها، وقد تم تقسيم المنطقة إلى خمسة أجزاء، ومعطى:

• مساحة الأجزاء:

$$A_1 = 1.55 \times 10^{-2} \text{ km}^2$$

$$A_2 = 1.40 \times 10^{-2} \text{ km}^2$$

$$A_3 = 1.22 \times 10^{-2} \text{ km}^2$$

$$A_4 = 1.05 \times 10^{-2} \text{ km}^2$$

$$A_5 = 0.67 \times 10^{-2} \text{ km}^2$$

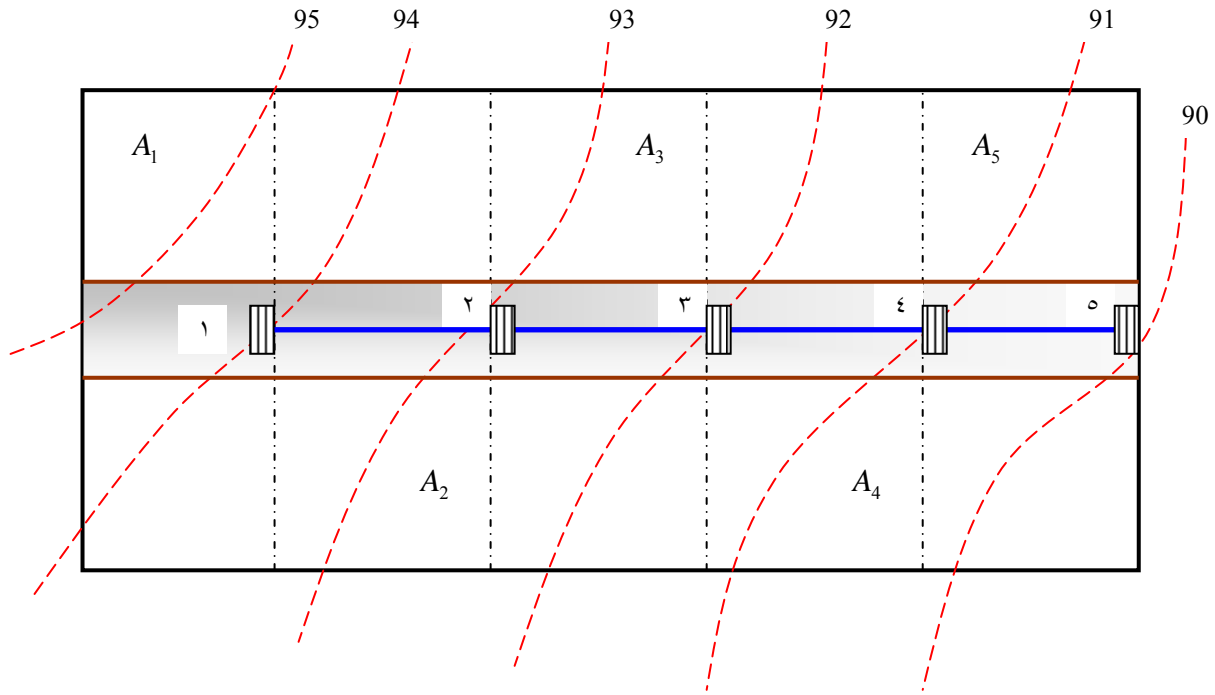
• وقت الدخول لكل منطقة  $t = 10 \text{ min}$

• معامل مياه السيول الجارية  $C = 0.40$

• معامل احتكاك الأنابيب  $n = 0.013$

• المسافة بين كل مطبقين متتاليين  $L = 90 \text{ m}$

• شدة سقوط المطر تمثلها الصيغة  $i = \frac{2880}{t + 20}$



الحل:

• تصميم الخط (٢ - ١): مساحة التصريف للخط (٢ - ١):  $A = A_1$

$$A = 1.55 \times 10^{-2} \text{ km}^2 = 15500 \text{ m}^2$$

$$t = 10 \text{ min}$$

$$i = \frac{2880}{t + 20} = \frac{2880}{10 + 20} = 96 \text{ mm/hr} = 0.096 \text{ m/hr}$$

$$Q = C \cdot i \cdot A = 0.40 \times 0.096 \times 15500 = 595.2 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.1653 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = \frac{94 - 93}{90} = 0.011$$

بتطبيق معادلة ماننق، يمكن حساب قطر الخط وسرعة تدفق المياه فيه:

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$0.1653 = \frac{0.312}{0.013} D^{\frac{8}{3}} (0.011)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_{1-2} = (0.0654)^{3/8} = 0.36 \text{ m} = 360 \text{ mm}$$

$$V_{1-2} = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.397}{0.013} (0.36)^{\frac{2}{3}} (0.011)^{\frac{1}{2}} = 1.63 \text{ m/s}$$

• تصميم الخط (٣ - ٢): مساحة التصريف للخط (٣ - ٢):  $A = A_1 + A_2$

$$A = 1.55 \times 10^{-2} + 1.40 \times 10^{-2} = 2.95 \times 10^{-2} \text{ km}^2 = 29500 \text{ m}^2$$

$$t = 10 + \frac{90}{1.63} \times \frac{1}{60} = 10.92 \text{ min} \cong 11 \text{ min}$$

$$i = \frac{2880}{t + 20} = \frac{2880}{11 + 20} = 92.9 \text{ mm/hr} = 0.0929 \text{ m/hr}$$

$$Q = C \cdot i \cdot A = 0.40 \times 0.0929 \times 29500 = 1096.22 \text{ m}^3/\text{hr} = 0.3045 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$S = \frac{93 - 92}{90} = 0.011$$

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$0.3045 = \frac{0.312}{0.013} D^{\frac{8}{3}} (0.011)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_{2-3} = (0.1204)^{3/8} = 0.453 \text{ m} \cong 450 \text{ mm}$$

$$V_{2-3} = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.397}{0.013} (0.45)^{\frac{2}{3}} (0.011)^{\frac{1}{2}} = 1.88 \text{ m/s}$$

• تصميم الخط (٤ - ٣): مساحة التصريف للخط (٤ - ٣):  $A = A_1 + A_2 + A_3$

$$A = 1.55 \times 10^{-2} + 1.40 \times 10^{-2} + 1.22 \times 10^{-2} = 4.17 \times 10^{-2} \text{ km}^2 = 41700 \text{ m}^2$$

$$t = 11 + \frac{90}{1.88} \times \frac{1}{60} = 11.80 \text{ min}$$

$$i = \frac{2880}{t + 20} = \frac{2880}{11.8 + 20} = 90.6 \text{ mm/hr} = 0.0906 \text{ m/hr}$$

$$Q = C \cdot i \cdot A = 0.40 \times 0.0906 \times 41700 = 1096.22 \text{ m}^3 / \text{hr} = 0.42 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$S = \frac{92 - 91}{90} = 0.011$$

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$0.42 = \frac{0.312}{0.013} D^{\frac{8}{3}} (0.011)^{\frac{1}{2}}$$

$$D_{3-4} = (0.167)^{3/8} = 0.51 \text{ m} \cong 500 \text{ mm}$$

$$V_{3-4} = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.397}{0.013} (0.50)^{\frac{2}{3}} (0.011)^{\frac{1}{2}} = 2.02 \text{ m/s}$$

• تصميم الخط (٥ - ٤): مساحة التصريف للخط (٥ - ٤)

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 = 1.55 \times 10^{-2} + 1.40 \times 10^{-2} + 1.22 \times 10^{-2} + 1.05 \times 10^{-2} = 5.22 \times 10^{-2} \text{ km}^2 = 52200 \text{ m}^2$$

$$t = 11.8 + \frac{90}{2.02} \times \frac{1}{60} = 12.54 \text{ min}$$

$$i = \frac{2880}{t + 20} = \frac{2880}{12.54 + 20} = 88.51 \text{ mm/hr} = 0.08851 \text{ m/hr}$$

$$Q = C \cdot i \cdot A = 0.40 \times 0.08851 \times 52200 = 1848 \text{ m}^3 / \text{hr} = 0.51 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$S = \frac{91 - 90.2}{90} = 8.888 \times 10^{-3}$$

$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$0.51 = \frac{0.312}{0.013} D^{\frac{8}{3}} (8.888 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}}$$

$$D_{4-5} = (0.225)^{3/8} = 0.572 \text{ m} \cong 570 \text{ mm}$$

$$V_{4-5} = \frac{0.397}{n} D^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} = \frac{0.397}{0.013} (0.57)^{\frac{2}{3}} (8.888 \times 10^{-3})^{\frac{1}{2}} = 1.98 \text{ m/s}$$

بعد حساب أقطار الأنابيب وسرعة المياه فيها لجميع الخطوط، يلزم التأكد من تحقيق شروط التصميم وذلك على النحو التالي:

- أن تكون سرعة تدفق المياه لجميع الخطوط أعلى من السرعة الدنيا وهي 1.0 m/s.
- أن تكون أقطار الأنابيب لجميع الخطوط أكبر من القطر الأقل وهو 300 mm.
- أن تزيد أحجام الأقطار مع زيادة المساحة المصرفة، وهذا هو المطلوب.

## أسئلة وتمارين:

١. عدّد الطرق المستخدمة لصرف مياه أمطار السيول مع شرح مختصرة لكل منها
٢. ما العوامل التي تتوقف عليها طرق تحديد كميات مياه السيول؟
٣. ما المبادئ التي يجب اتباعها لتصميم شبكات تصريف مياه السيول؟
٤. اشرح كيف يتم تحديد شدة وغزارة سقوط المطر؟
٥. عدّد العوامل التي يعتمد عليها تدفق مياه السيول مع شرح مختصر لكل منها
٦. عدّد الحالات التي تتطلب وضع غرف مراقبة وتفتيش (مطابق) على امتداد أنابيب شبكة تصريف مياه السيول
٧. اشرح خطوات تنفيذ تنفيذ شبكات تصريف مياه السيول
٨. احسب معامل مياه الأمطار الجارية لمنطقة سكنية مساحتها ١ كيلو متر مربع، حيث تغطي المباني ٣٥٪ من هذه المساحة وتغطي الممرات والأرصفة مسفلته ٣٠٪. بينما تمثل النسبة المتبقية أرض عشبية على تربة رملية وتميل بنسبة ٥٪. ما كمية المياه المصرفة من هذه المنطقة عندما تكون شدة المطر ٩٠ مم / الساعة؟
٩. احسب كمية مياه السيول المصرفة لمنطقة سكنية مساحتها الإجمالية نصف كيلو متر مربع ومعامل مياه السيول الجارية ٠,٨٥، وشدة سقوط المطر عليها تمثلها الصيغة  $i = \frac{4830}{t + 25}$ ، و  $i$  وزمن سقوط المطر ٧ دقائق.
١٠. أنبوب من الخرسانة يحمل كمية مياه مقدارها ٠,٠٥ م<sup>٣</sup> / ثانية وهو مملوء بالكامل. فإذا كان يميل بمقدار ٠,٠٣٠، فكم يكون قطره وما سرعة تدفق المياه خلاله؟