

الوحدة الثانية: الدراسات الأولية لشبكات توزيع المياه

الجدارة:

يتعرف المتدرب في هذا الفصل على المصادر المختلفة للمياه والعوامل المؤثر في معدلات الاستهلاك المختلفة للمياه، وأساسيات التصميم الهندسي لمشروعات الإمداد بمياه التغذية.

الأهداف:

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

١. معرفة مصادر المياه المختلفة.
٢. حساب التعداد السكاني الحالي والمستقبلي للمنطقة.
٣. حساب معدلات الاستهلاك الحالية والمستقبلية للمياه.
٤. تحديد الطرق المناسبة لتجميع وتوزيع المياه.
٥. تصميم شبكات توزيع مياه التغذية.

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

الوقت المتوقع لإنهاء هذا الفصل: ٨ ساعات.

الدراسات الأولية لشبكات توزيع المياه

٢- ١ مقدمة

لقدت ساهمت النظم الهندسية للتغذية والمياه إلى حد كبير في تطوير المدن والمجتمعات، فالمياه لها ارتباط أساسي بتطور الطبيعة والحياة، وبدون مياه نقية لا يستطيع الإنسان العيش. وبالرغم من ذلك فإن النمو السكاني المستمر والتقدم الصناعي جعل عملية الإمداد بالمياه الصالحة للشرب صعبة. فمصادر المياه العذبة شبه ثابتة في حين معدل استهلاك هذه المياه يتزايد بصفة مستمرة وغالبية الدول تعتمد على المياه الجوفية التي عادة ما تكون غير كافية للطلبات المتزايد للمياه.

وتتطلب دراسة مشروعات الإمداد بالمياه وتصميم الشبكات الخاصة بها إلى معرفة دقيقة بكمية المياه التي تحتاجها المدينة أو المنطقة التي سينشأ فيها المشروع وإلى تحديد مصادر المياه المختلفة المحاطة بالمنطقة. وعند الدراسة يجب الأخذ في الاعتبار الفترة الزمنية التي سيخدمها المشروع بحيث يكون التصميم مناسباً للاحتياجات الحالية للمنطقة وفي نفس الوقت مناسب للتغيرات المستقبلية المنتظرة. وتشمل هذه الدراسة:

١. حساب التعداد السكاني الحالي والمستقبلي للمنطقة التي سينشأ فيها المشروع.
٢. معرفة الخطة التطويرية الحالية والمستقبلية للمنطقة.
٣. تحديد الأغراض المختلفة لاستهلاك المياه.
٤. معرفة مصادر المياه المختلفة في المنطقة واختيار المناسب منها.
٥. تحديد الطرق المناسبة لتجميع وتوزيع المياه.
٦. حساب معدلات استهلاك المياه الحالية والمستقبلية للمنطقة.

٢- ٢ مصادر المياه

تأخذ المياه مصادر متعددة ليستفيد منها الإنسان بحسب كمياتها وكيفية الاستفادة منها، ومن أبرز مصادر المياه الطبيعية ما يلي:

٢-٢-١ مياه الأمطار

تعد مياه الأمطار والثلوج المصدر الرئيسي لكل الموارد المائية العذبة، وتختلف معدلاتها من فصل لآخر ومن منطقة لأخرى. ويمكن استعمال هذه المياه بطريقة صحية بعد تنقيتها من الأتربة والمعلقات ومعالجتها. ويحتاج الاستعمال المباشر لهذه المياه إلى سدود وأحواض لاستقبالها وتخزينها بطريقة ملائمة تحافظ عليها من التدفق ومن مصادر التلوث. وتتم دراسة معدلات سقوط مياه الأمطار على مدار السنة لكل منطقة ودراسة تكاليف تجميعها ومعالجتها ومقارنة ذلك بتكاليف الإمدادات من مصادر أخرى.

٢-٢-٢ المياه السطحية

تكون المياه السطحية في العادة قريبة من المناطق السكنية وتشمل مياه الأنهار والبحيرات ذات المصادر الوافرة. وتجب الإشارة أن المياه السطحية وفروعها تحتاج إلى متابعة دورية لتنقيتها من الرواسب والمواد العالقة والكائنات الحية حتى تكون صالحة للاستعمالات المختلفة إلى سطح الأرض.

٢-٢-٣ المياه الجوفية

وهي المياه التي توجد تحت سطح الأرض على أعماق مختلفة حسب طبيعة المنطقة. وتعد هذه المياه من أهم المصادر من حيث الكمية مقارنة بالمياه السطحية. وتحتاج المياه الجوفية إلى دراسة وتحليل كامل قبل استعمالها من حيث صلاحيتها والتكاليف اللازمة للاستفادة منها.

٢-٢-٣ الاستعمالات المختلفة للمياه

تستعمل المياه في جميع الأغراض اليومية للإنسان وكذلك في الصناعة والتجارة وغير ذلك. ويمكن تقسيم كميات المياه التي تزود بها المدن حسب غرض استهلاكها إلى الأقسام التالية:

٢-٣-١ الاستهلاك لأغراض شخصية

ويشمل كميات المياه التي تزود بها الوحدات السكنية والفنادق والمطاعم بغرض الشرب والطهي والاستحمام والغسيل وغير ذلك. وتتفاوت معدلات الاستهلاك هذه من منطقة لأخرى حسب المستوى المعيشي للأفراد وتتراوح بين ٧٥ و ٣٤٠ لتر/شخص/يوم، حيث تزيد معدلات الاستهلاك مع ارتفاع مستوى المعيشة ويقدر هذا الاستهلاك بحوالي ٤٠٪ من معدل الاستهلاك العام في المدينة.

٢- ٣- ١٢ الاستهلاك لأغراض التجارة والصناعة

يؤثر مستوى الصناعة على معدلات الاستهلاك فيزيد بنسبة كبيرة في المناطق الصناعية حسب نوعية الصناعة ومدى احتياجاتها للمياه. وعادة ما يقدر معدل استهلاك المؤسسات الصناعية والتجارية للمياه حسب المساحة الإجمالية التي تحتوي عليها فيحسب بالتر/م^٢/اليوم، وقد يصل هذا الاستهلاك في المدن التي يزيد عدد سكانها عن ٢٥٠٠٠ نسمة إلى حوالي ٣٥٪ من الاستهلاك الإجمالي للمدينة، إلا أنه يجب مراعاة ظروف كل مدينة ونوع الصناعات القائمة وكذلك الصناعة المستقبلية عند تقدير كمية المياه الصناعية والتجارية.

٢- ٣- ٣ استهلاك المياه للخدمات العامة

تشمل المباني العامة كل من المدارس والمستشفيات ومحطات النقل والمطارات ومباني الخدمات العامة. وكل هذه المباني تستهلك كميات كبيرة من المياه وقد تصل إلى ٧٥ لتر/شخص/يوم. ويقدر هذا الاستهلاك بحوالي ١٥٪ من الاستهلاك العام للمدينة.

٢- ٣- ٤ فاقد كميات المياه

وهي كميات المياه التي تضيع بسبب التسرب من وصلات المواسير، والعطل الذي قد يحدث في المضخات وفي العدادات وكذلك بسبب التوصيلات غير القانونية. وعادة ما تعرف هذه بكمية المياه غير المحصورة. ويقدر هذا الفاقد بحوالي ١٠٪ من الاستهلاك العام للمدينة، إلا أنه يمكن الحد منه بالعناية بعمل الوصلات وإصلاح المواسير والصمامات.

٢- ٤ معدلات الاستهلاك والعوامل المؤثرة فيها

يبين الجدول (٢- ١) المعدلات التقريبية للاستعمالات المختلفة للمياه، وهذه البيانات مبنية على متوسط الاستهلاك اليومي للشخص.

الجدول (٢ - ١): المعدلات التقريبية للاستعلامات المختلفة للمياه.

| الاستعلامات المختلفة | الاستهلاك (لتر/شخص/يوم) | النسبة (%) |
|----------------------|------------------------------|---------------|
| | ٣٠٠ | ٤٤ |
| الصناعة | ١٦٠ | ٢٤ |
| | ١٠٠ | ١٥ |
| الخدمات العامة | ٦٠ | ٩ |
| الإتلاف والفاقد | ٥٠ | ٨ |
| المجموع | ٦٧٠ | ١٠٠ |

وقد تزيد هذه المعدلات أو تنقص من مدينة لأخرى حسب العوامل التالية:

- حجم المدينة
- نوعية المياه
- طبيعة الطقس
- تكلفة المياه
- المستوى المعيشي للسكان
- التوزيع المستمر للمياه
- النشاط التجاري والصناعي
- ضغط المياه في الشبكة

٢- ٥ التعداد السكاني

قبل البدء في تصميم أي شبكة من شبكات المياه يجب تحديد الفترة الزمنية التي ستخدمها هذه الشبكة. ويتوقف ذلك بالشكل رئيس على معرفة التعداد السكاني الحالي للمنطقة ومعرفة معدل الزيادة السكانية خلال الفترة الزمنية للمشروع وعلاقة ذلك بزيادة معدلات الاستهلاك للمياه. وعادة ما تتم عملية الإحصاء الشامل للسكان مرة في كل عشرة سنوات لأن ذلك يتطلب إعداد وتنظيم ودراسة ليس من السهل القيام بها بصورة مستمرة. ويمكن تقدير الزيادة في السكان بالاستعانة بالبيانات الخاصة بالتعدادات الماضية للمنطقة وتحليلها واستنتاج نسبة النمو التي غالباً ما تكون. وهناك طرق كثيرة لحساب التعداد السكاني من أهمها الطريقة الجبرية والطريقة الهندسية:

(أ) الطريقة الجبرية:

تعتمد هذه الطريقة علي فرضية أن معدل النمو السكاني ثابت مع الزمن، ويمكن اختبار ذلك بتحليل البيانات الخاصة بالتعدادات السابقة للمنطقة خلال السنوات الماضية، وهذا يؤدي إلى استنتاج العلاقة الرياضية التالية:

$$k = \frac{dP}{dt} \quad (١ - ٢)$$

حيث: $\frac{dP}{dt}$ معدل التغيير في السكان مع الزمن و k مقدار ثابت.

وبإجراء عملية التكامل لهذه العلاقة يمكن استنتاج التعداد السكاني المستقبلي كالتالي:

$$P_t = P_o + kt \quad (٢ - ٢)$$

حيث:

P_t : التعداد السكاني المستقبلي.

P_o : آخر تعداد سكاني (التعداد السكاني الحالي).

k : متوسط الزيادة في عدد السكان.

t : الفترة الزمنية الفاصلة بين التعداد الحالي والتعداد المستقبلي، وتكون الفترة الواحدة كل عشر سنوات.

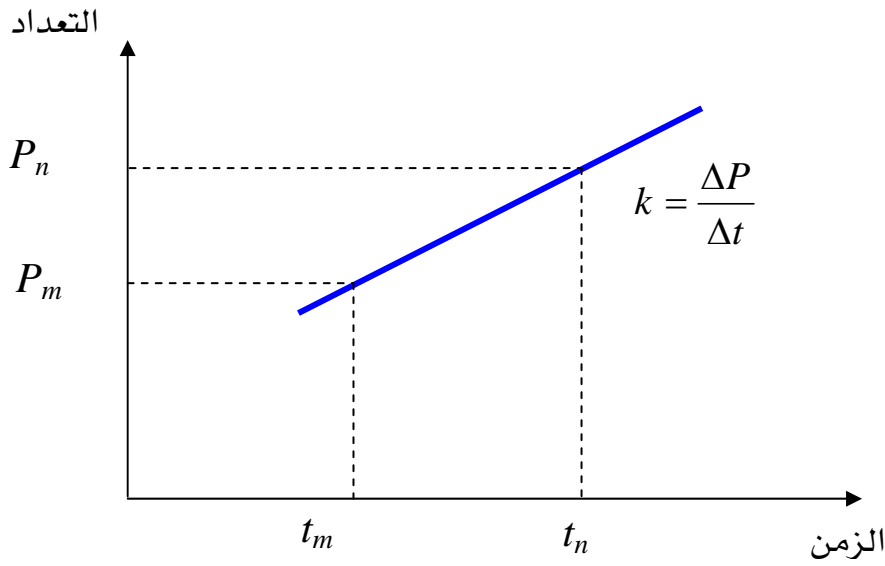
ويمكن استنتاج قيمة k من خلال الرسم البياني للإحصائيات السكانية السابقة بدلالة الزمن كما هو مبين في الشكل (١ - ٢):

$$k = \frac{P_n - P_m}{t_n - t_m} \quad (٣ - ٢)$$

حيث:

P_m : التعداد في الفترة الزمنية t_m

P_n : التعداد في الفترة الزمنية t_n .



الشكل (٢- ١): العلاقة بين التعداد السكاني والزمن.

ب) الطريقة الهندسية:

تعتمد هذه الطريقة على العلاقة التالية لحساب التعداد السكاني في المستقبل:

$$P_n = P \times (1 + r)^n \quad (٢- ٤)$$

حيث:

P_n : التعداد السكاني بعد عدد n من الفترات الزمنية (عادة تكون الفترة الزمنية ١٠ سنوات).

P : آخر تعداد سكاني (التعداد السكاني الحالي).

n : عدد الفترات الزمنية (وتكون الفترة الواحدة كل عشر سنوات).

r : متوسط النسبة المئوية للزيادة في عدد السكان.

مثال (٢- ١):

احسب التعداد السكاني لعامي ٢٠١٠ و ٢٠٢٠ إذا كان التعداد لعام ٢٠٠٠ يساوي ١٠٥٠٠٠ ، ونسبة

الزيادة تساوي ٤٪.

الحل:

باستخدام الطريقة الهندسية:

$$P_n = P \times (1 + r)^n$$

حيث: $P = 105000$ و $r = 4\% = 0.04$ لحساب التعداد السكاني لعام ٢٠١٠ تكون $n = 1$:

$$P_{2010} = 105000 \times (1 + 0.04)^1 = 109200$$

لحساب التعداد السكاني لعام ٢٠٢٠ تكون $n = 2$:

$$P_{2020} = 105000 \times (1 + 0.04)^2 = 113568$$

مثال (٢ - ٢):

الجدول الآتي يوضح تعداد السكان لإحدى المدن وذلك في الفترة من عام ١٩٦٠ م وعام ٢٠٠٠ م، والمطلوب حساب التعداد المتوقع لهذه المدينة في الخمسين سنة المقبلة وذلك باستخدام الطريقتين الجبرية والهندسية.

| السنة الميلادية | ١٩٦٠ | ١٩٧٠ | ١٩٨٠ | ١٩٩٠ | ٢٠٠٠ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| التعداد | ٢٠١٠٠٠ | ١٢١٠٠٠ | ٢٢٤٠٠٠ | ٢٣٤٠٠٠ | ٢٤٧٠٠٠ |

الحل:

الجدول التالي يبين حساب نسبة الزيادة في عدد السكان:

| السنة الميلادية | التعداد | الزيادة | نسبة الزيادة (%) |
|-----------------|---------|---------|------------------|
| ١٩٦٠ | ٢٠١٠٠٠ | - | - |
| ١٩٧٠ | ٢١٢٠٠٠ | | ٥,٤٧ |
| ١٩٨٠ | ٢٢٤٠٠٠ | ١٢٠٠٠ | ٥,٣٦ |
| ١٩٩٠ | ٢٣٤٠٠٠ | ١٠٠٠٠ | ٤,٤٦ |
| ٢٠٠٠ | ٢٤٧٠٠٠ | ١٣٠٠٠ | ٥,٥٥ |

| | | |
|-------|-------|---------|
| ٢٠,٨٤ | ٤٦٠٠٠ | المجموع |
|-------|-------|---------|

(أ) الطريقة الحبرية:

$$P_t = P_o + kt$$

P_o : آخر تعداد سكاني للمدينة (عام ٢٠٠٠) = ٢٤٧٠٠٠ نسمة

$$k = \frac{\text{مجموع الزيادات}}{\text{عدد سنوات التعداد}} = \frac{247000 - 201000}{2000 - 1960} = \frac{46000}{40} = 1150$$

$$P_{2010} (t = 1) = 247000 + 1150 \times 1 = 248150 \text{ نسمة}$$

$$P_{2020} (t = 2) = 247000 + 1150 \times 2 = 249300 \text{ نسمة}$$

$$P_{2030} (t = 3) = 247000 + 1150 \times 3 = 250450 \text{ نسمة}$$

$$P_{2040} (t = 4) = 247000 + 1150 \times 4 = 251600 \text{ نسمة}$$

$$P_{2050} (t = 5) = 247000 + 1150 \times 5 = 252750 \text{ نسمة}$$

(ب) الطريقة الهندسية:

$$P_n = P \times (1 + r)^n$$

$P = 105000$ وهو آخر تعداد للمدينة (عام ٢٠٠٠)

$$r = \frac{\text{عدد النسب المئوية للزيادات}}{\text{عدد سنوات التعدادات}} = \frac{20.84}{40} = 5.2\%$$

$$P_{2010} (n = 1) = 247000 \times (1 + 0.052)^1 = 259844 \text{ نسمة}$$

$$P_{2020} (n = 2) = 247000 \times (1 + 0.052)^2 = 273356 \text{ نسمة}$$

$$P_{2030} (n = 3) = 247000 \times (1 + 0.052)^3 = 287570 \text{ نسمة}$$

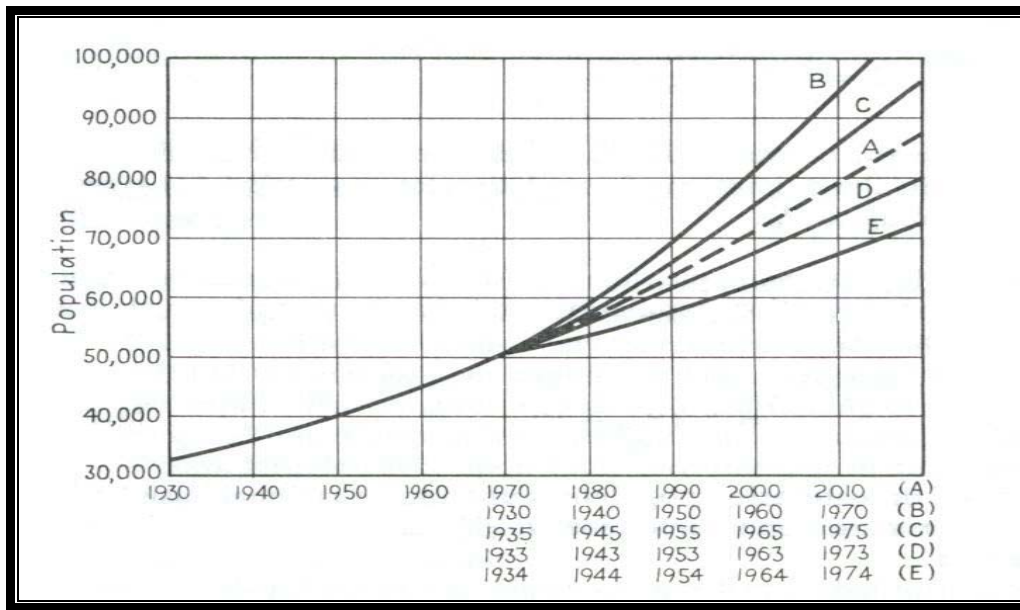
$$P_{2040} (n = 4) = 247000 \times (1 + 0.052)^4 = 302524 \text{ نسمة}$$

$$P_{2050} (n = 5) = 247000 \times (1 + 0.052)^5 = 318255 \text{ نسمة}$$

(ج) طريقة المقارنة:

تعتمد هذه الطريقة على الرسم البياني للنمو السكاني لمجموعة مدن كبرى تم حصرها خلال سنوات ماضية ومقارنة ذلك بالنمو السكاني لمدينة صغرى تجرى عليها الدراسة، لمعرفة معدل الزيادة السكانية المستقبلية فيها كما هو موضح في الشكل (٢ - ٢).

ويجب أن تكون هذه المدينة التي هي قيد الدراسة مشابهة مع تلك المدن من حيث الطبيعة الجغرافية، والمستوى المعيشي، والخطة الصناعية والاقتصادية، ونظام المواصلات وعوامل أخرى مشابهة. والرسم البياني الموضح في الشكل (٣،٢) يبين التعداد السكاني لمدينة (A) تجرى عليها الدراسة بالمقارنة مع مدن مشابهة لها (B)، (C)، (D)، و(E). ويلاحظ من خلال هذا المثال أن عدد سكان المدينة (A) في سنة ١٩٧٠ وصل إلى ٥١٠٠٠، وهو تقريبا يساوي عدد سكان المدينة (B) في سنة ١٩٣٠.



الشكل (٢ - ٢): التعداد السكاني لمجموعة مدن.

٢ - ٦ الكثافة السكانية

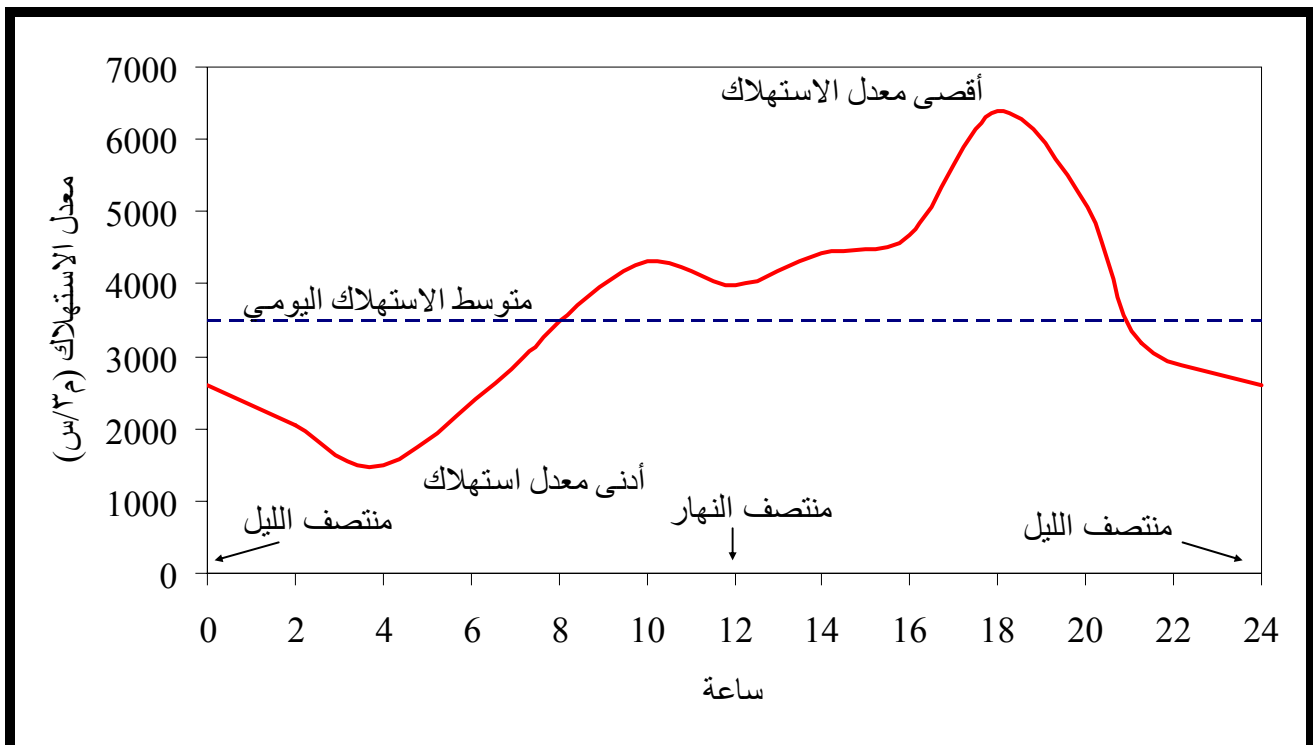
تعد الكثافة السكانية من أهم العناصر التي يتوقف عليها التصميم الهندسي لشبكات الإمداد بالمياه و شبكات الصرف الصحي. وتتغير الكثافة السكانية من مدينة لأخرى ومن حي إلى آخر حسب المستوى المعيشي وطبيعة المنطقة ونوعية الوحدات السكنية. وعموما تتراوح قيم الكثافة السكانية كالتالي:

- في حدود ٣٨٠٠ / كم^٢ في المناطق التي تحتوى على وحدات سكنية منفصلة متباعدة.
- من ٨٨٠٠ إلى ١٠٠٠٠ / كم^٢ في المناطق التي تحتوى على وحدات سكنية منفصلة ومتقاربة.
- من ٢٥٠٠٠ إلى ٢٥٠٠٠٠ / كم^٢ في المناطق التي تحتوى على وحدات سكنية مشتركة .

٢- ٧ توقعات الاستهلاك مستقبلاً

تتغير معدلات استهلاك المياه بحسب فصول السنة وأيام الأسبوع، وتختلف على مدار اليوم الواحد تبعاً للأنشطة البشرية. وترتفع هذه المعدلات في العادة في أول أيام الأسبوع وتتنخفض في آخره، وتختلف من شهر لآخر حسب طبيعة الجو. فعلى سبيل المثال: يكون شهر أغسطس (فترة الصيف) هو شهر الاستهلاك الأقصى وذلك بسبب الارتفاع في درجات الحرارة. وتتغير هذه المعدلات في اليوم الواحد من وقت لآخر فتكون مرتفعة خلال ساعات النهار وتنخفض خلال فترات الليل. والشكل (٢- ٣) يعطي مثلاً لاختلاف كميات المياه المستهلكة على مدار اليوم الواحد.

ويلزم معرفة معدلات الاستهلاك المستقبلية للمياه للاستعانة بها عند تصميم شبكات الإمداد بالمياه أو توسيعها. ويتم تقدير متوسط استهلاك الفرد على مدار السنة بحساب مجموع الاستهلاك للمدينة في سنة كاملة وتقسيمه على عدد أيام السنة ثم على تعداد سكان المدينة. وتحسب معدلات الاستهلاك القصوى الشهرية والأسبوعية واليومية والساعية كنسبة مئوية لمتوسط الاستهلاك السنوي للفرد الواحد.



الشكل (٢- ٣): التغير في معدلات الاستهلاك اليومي.

وعليه تكون معدلات الاستهلاك كالتالي:

- أقصى استهلاك شهري = ١٢٨ ٪ من متوسط الاستهلاك السنوي.
- أقصى استهلاك أسبوعي = ١٤٨ ٪ من متوسط الاستهلاك السنوي.
- أقصى استهلاك يومي = ١٨٠ ٪ من متوسط الاستهلاك السنوي.
- أقصى استهلاك ساعي = ١٥٠ ٪ من متوسط الاستهلاك السنوي لذلك اليوم.

مثال (٢- ٣):

احسب أقصى استهلاك ساعي من الماء لمدينة إذا علمت أن متوسط الاستهلاك السنوي فيها هو ٤٧٠ لتر/ شخص/ يوم.

الحل:

$$\text{أقصى استهلاك ساعي} = (٤٧٠) \times (١,٨) \times (١,٥) = ١٢٦٩ \text{ لتر/شخص/ يوم}$$

٢- ٨ استخدام المياه في إطفاء الحرائق

بالرغم من أن كميات المياه المستخدمة في إطفاء الحرائق أثناء العام قد لا تتعدى رقماً صغيراً بالنسبة للاستهلاك العام للمدينة، إلا أنه عند حدوث حريق في المدينة فإن معدل استهلاك المياه لمقاومة الحرائق يصل أضعاف الاستهلاك العام للمياه مما يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تصميم شبكات توزيع المياه. وتستخدم طرق عديدة لحساب معدلات المياه اللازمة لإطفاء الحرائق وقد تختلف هذه المعادلات من دولة إلى أخرى حسب المواصفات الخاصة بكل دولة والنظم المستعملة فيها. ومن أهم المعادلات المستخدمة في حساب التدفق (flow) اللازم لمقاومة الحريق المعادلة التالية:

$$F = 18 C (A)^{0.5} \quad (٢- ٥)$$

حيث:

F : التدفق اللازم لمقاومة الحريق (جالون/ دقيقة) أي (لتر/ دقيقة / ٣,٧٨٥).

(الجالون الأمريكي = ٣,٧٨٥ لتر)

C : معامل يعتمد على نوع المبنى.

A: المساحة الإجمالية لأرضية المبنى (متر^٢ × ١٠,٧٦).

ويتوقف التدفق اللازم لمقاومة الحرائق على عوامل كثيرة منها التعداد السكاني، طبيعة المنطقة ونوعية الوحدات السكنية ويجب أخذ العناصر التالية في الاعتبار عند حساب التدفق:

- تؤخذ قيم C من ١,٥ كأقصى قيمة بالنسبة للمنشآت الخشبية إلى ٠,٦ كأدنى قيمة بالنسبة للمنشآت التي تقاوم الحرائق.
- أن لا يتعدى التدفق اللازم للحرائق عن ٣٠٢٤٠ لتر/ دقيقة في جميع الحالات وعن ٢٢٦٨٠ لتر/ دقيقة بالنسبة للمباني بطابق واحد، وأن لا يقل عن ١٨٩٠ لتر/ دقيقة في جميع الحالات.
- يستخدم الجدول (٢ - ٢) لحساب التدفق اللازم لإطفاء الحرائق للوحدات السكنية الفردية والزوجية.
- يجب إبقاء التصرف اللازم للحرائق على الأقل لمدة ٤ ساعات كما هو موضح في الجدول (٢ - ٣) وعموماً تتطلب أغلب الوحدات ١٠ ساعات مدة تصرف لازمة.
- كمية الماء القصوى اللازمة = (التصرف اللازم للحرائق) + (الاستهلاك اليومي الأقصى).

وتستخدم بكرات الإطفاء كإسعاف أولي لمقاومة الحريق داخل المباني، حيث من الممكن إخماد النيران في بدايتها. وتعطي كل بكرة إطفاء معدل تدفق يصل إلى ٠,٩ م^٣ / دقيقة، وهذا يكفي لخدمة مساحة أفقية تصل إلى حوالي ٤٠٠ متر مربع.

الجدول (٢ - ٢): التدفق اللازم لإطفاء الحريق للوحدات السكنية الفردية والزوجية.

| المسافة بين الوحدات السكنية المجاورة (متر) | التدفق اللازم لإطفاء الحرائق (لتر/ دقيقة) |
|---|--|
| أكبر من ٣٠,٥ | ١٨٩٠ |
| ٣٠,٥ إلى ٩,٥ | ٣٧٨٠ - ٢٨٣٥ |
| ٩,٥ إلى ٣,٤ | ٥٦٧٠ - ٣٧٨٠ |
| أقل من ٣,٤ | ٧٥٦٠ - ٥٦٧٠ |

الجدول (٢ - ٣): المدة الزمنية التي يحتاجها التدفق لإطفاء الحرائق.

| المدة الزمنية (ساعة) | التدفق اللازم لإطفاء الحرائق (لتر / دقيقة) |
|-------------------------|---|
| ٤ | أقل من ٣٧٨٠ |
| ٥ | ٣٧٨٠ - ٤٧٢٥ |
| ٦ | ٤٧٢٥ - ٥٦٧٠ |
| ٧ | ٥٦٧٠ - ٦٦١٥ |
| ٨ | ٦٦١٥ - ٧٥٦٠ |
| ٩ | ٧٥٦٠ - ٨٥٠٥ |
| ١٠ | أكثر من ٨٥٠٥ |

وهناك معادلات افتراضية لتقدير كمية المياه اللازمة لمقاومة الحرائق من أهمها:

- Kuickling Formula: $Q = 1020 \sqrt{P} (1 - 0.01 \sqrt{P})$ (٢ - ٦)

- National Board of fire Underwriters: $Q = 700 \sqrt{P}$ (٢ - ٧)

- Freeman John R. Formula: $Q = 250 \left(\frac{P}{5} + 10 \right)$ (٢ - ٨)

حيث:

Q : كمية الماء اللازمة (جالون / دقيقة = ٣,٧٨٥ لتر / دقيقة)

P : التعداد السكاني (آلاف).

مثال (٢ - ٤):

احسب التدفق اللازم لإطفاء حريق محتمل على مبنى مكون من ٦ طوابق ومساحة كل طابق تساوي ١٠٠٠ م^٢. علماً بأن المبنى موجود في منطقة سكنية تعدادها ٣٠٠٠٠ نسمة ومتوسط استهلاك المياه للشخص فيها ٤٧٠ لتر/ شخص/ يوم.

الحل:

- متوسط الاستهلاك الإجمالي: $30000 \times 470 = 14.1 \times 10^6 \text{ l / day}$

- أقصى استهلاك يومي إجمالي: ١٨٠٪ من متوسط الاستهلاك الإجمالي

$$(14.1 \times 10^6) \times 1.8 = 25.38 \times 10^6 \text{ l / day}$$

- التدفق اللازم لإطفاء الحرائق المحتملة في المبنى ($C = 1$):

$$F = 18 C (A)^{0.5}$$

$$F = 18 \times 1 \times (6 \times 1000 \times 10.76)^{0.5} \times 3.785 = 17310.92 \text{ l / min} = 24.93 \times 10^6 \text{ l / day}$$

- أقصى معدل استهلاك:

$$(25.38 \times 10^6) + (24.93 \times 10^6) = 50.31 \times 10^6 \text{ l / day}$$

- التصرف الإجمالي اللازم لذلك اليوم (يجب إبقاء التصرف اللازم للحريق في الشبكة لمدة ١٠ ساعات في اليوم الواحد وبذلك يتم ضرب كمية المياه اللازمة للحرائق في $\frac{10}{24}$):

$$(25.38 \times 10^6) + (24.93 \times 10^6) \times \frac{10}{24} = 35.76 \times 10^6 \text{ l / day} = \frac{35.76 \times 10^6}{30000} = 1192 \text{ l / person / day}$$

مثال (٢ - ٥):

أوجد كمية الماء اللازمة لإطفاء حريق محتمل في مدينة تعداد سكانها ١٠٠٠٠٠ نسمة.

الحل:

$$Q = 1020 \times \sqrt{100} \times (1 - 0.01 \times \sqrt{100}) \times (3.785) = 34746.3 \text{ l/min} = 2084.778 \text{ m}^3 / \text{hr}$$

كمية الماء اللازمة لإطفاء الحرائق:

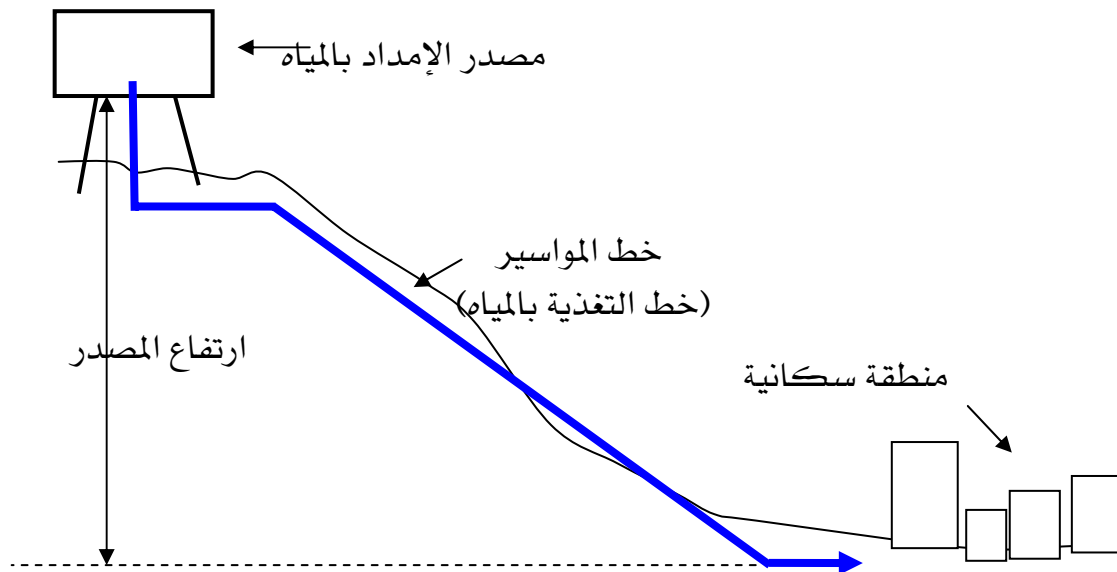
$$= 10 \times (2084.778) = 20847.78 \text{ m}^3 / \text{day}$$

٢- ٩ طرق توزيع المياه في المدن

هنالك طرق عديدة لتوزيع المياه إلى المدن يتم اختيار المناسب منها حسب طبوغرافية المنطقة والمعطيات والظروف الخاصة بها ومن هذه الطرق:

٢- ٩- ١ التوزيع بواسطة الانحدار

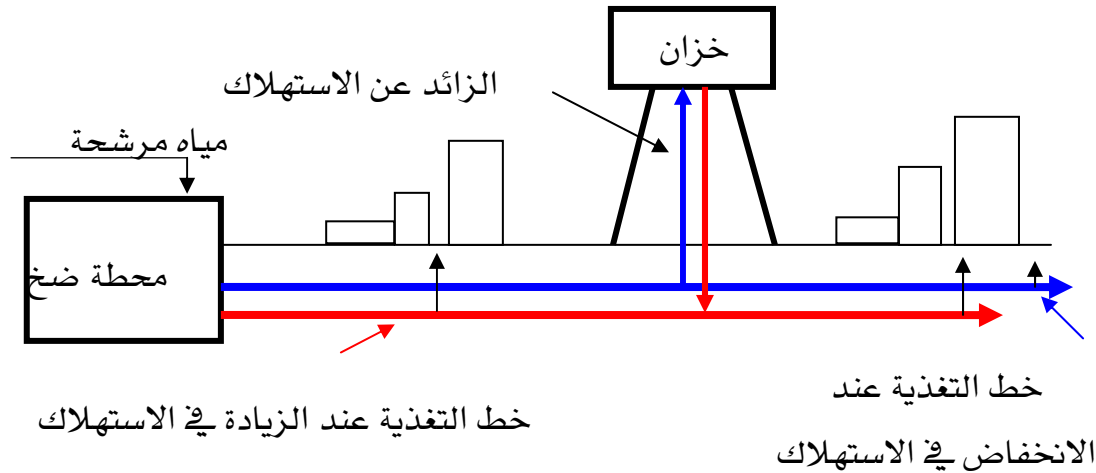
تستخدم هذه الطريقة عندما يكون اتجاه سريان المياه داخل المواسير هو نفس اتجاه ميل الأرض الطبيعية كما هو مبين في الشكل (٢- ٤). ويكون مصدر الإمداد بالمياه على ارتفاع مناسب من المدينة حتى يسمح بإبقاء الضغط داخل الشبكة كافياً لتوزيع المياه بالمعدلات المطلوبة للاستعمالات المنزلية والصناعية ومقاومة الحرائق. وتعد هذه الطريقة من أفضل الطرق إذا كانت الأنابيب الرئيسية والفرعية الموصلة للمياه مصممة جيداً لمقاومة الكسور العارضة.



الشكل (٢- ٤): التوزيع بواسطة الانحدار.

٢-٩-٢ التوزيع بواسطة الضخ والتخزين

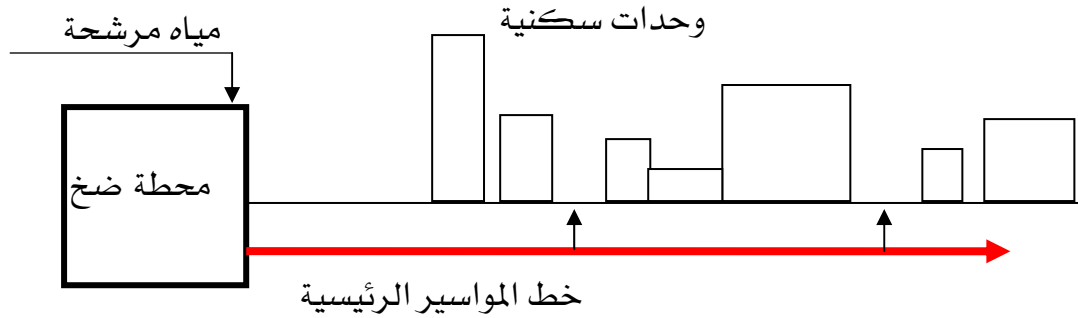
يتم في هذه الطريقة ضخ كميات المياه الزائدة بمضخات رفع خلال الساعات التي تنخفض فيها معدلات الاستهلاك، ثم تخزن في خزانات أو أحواض علوية لكي يستعان بها خلال الفترات التي تزيد فيها معدلات الاستهلاك أو تتوقف فيها المضخات عن العمل. وتعد هذه الطريقة اقتصادية حيث تقوم الخزانات بعمل موازنة بين معدلات الضخ ومعدلات استهلاك المدينة من المياه كما هو موضح في الشكل (٢-٥). فحينما يزيد معدل رفع المضخات عن معدل الاستهلاك ترفع الزيادة إلى الخزانات العلوية وحينما يزيد معدل استهلاك المدينة عن معدل الضخ يتم سحب الفرق بين المعدلين من الخزانات العلوية.



الشكل (٢-٥): التوزيع عن طريق الضخ والتخزين.

٢-٩-٣ التوزيع بواسطة الضخ وبدون تخزين

في هذه الطريقة يتم ضخ الماء مباشرة داخل الأنابيب الرئيسية لتصل إلى المستهلك دون أن تمر بخزانات علوية كما في الشكل (٢-٦) بحيث تعمل المضخات بمعدلات ثابتة خلال ٢٤ ساعة. وهذه الطريقة غير مرغوب فيها لأن أي خلل في المضخات أو عطل كهربائي سوف يؤدي إلى انقطاع الماء كلياً عن المستهلك. كما أن التغير في معدلات الاستهلاك يؤدي إلى تذبذب في ضغط الماء داخل الأنابيب.



الشكل (٢ - ٦): التوزيع عن طريق الضخ المباشر (بدون تخزين).

٢- ١٠ خزانات المياه الأرضية

تتشأ خزانات المياه الأرضية عادة تحت سطح الأرض وتبنى في الغالب من الخرسانة المسلحة أو من مباني الطوب حسب العوامل الإنشائية للأحواض، ويتم تحديد سعتها حسب معدلات المياه المطلوبة للاستهلاك. وتتشأ هذه الخزانات للأغراض الآتية:

- لضمان استمرار الامداد بالمياه في حالة زيادة المعدلات المطلوبة.
- في حالات الأعطال التي يمكن أن تتعرض لها وحدات التنقية بمراحلها المختلفة.
- لسد الاحتياجات الضرورية وغير المتوقعة مثل مقاومة الحرائق.

ويفضل تقسيم الخزان إلى جزأين يمكن تشغيلها كحوض واحد، ويمكن تشغيل كل حوض على حدة، والتحكم في طريقة التشغيل بواسطة وصلات مزدوجة وصمامات على كل وصلة. وتزود ماسورة المدخل بصمام عوامة للتحكم في دخول المياه في حالة زيادة منسوب المياه عن العمق التصميمي لضمان عدم فيضان المياه. ويزود سقف الحوض بفتحات عليها أغطية يمكن رفعها عند اللزوم وهوايات لا تسمح بدخول الأتربة من خلالها. ويفضل أن يكون السقف أعلى من سطح الأرض بمسافة لا تقل عن نصف متر لحمايته من الأتربة والعوامل الأخرى. وتزود الخزانات بسلاالم في الداخل تناسب نزول العمال للصيانة والغسيل.

٢- ١١ خزانات المياه العلوية

يكون تخزين المياه ضرورياً في حالة تشغيل مضخات الرفع العالي بمعدلات ثابتة لمدة ١٢ ساعة متواصلة أو أكثر، حيث يتم تخزين المياه في خزانات علوية عندما تكون معدلات الاستهلاك منخفضة حتى يستعان بها في ساعات الاستهلاك القصوى. وتعمل الخزانات العلوية على توفير المياه في حالة معدلات الاستهلاك الدنيا وعلى تزويد المنطقة بالمياه في حالة معدلات الاستهلاك القصوى. ويمكن تلخيص الأغراض من إنشاء الخزانات العلوية في التالي:

١. حفظ ضغط كافٍ في الشبكة (مواسير التوزيع).

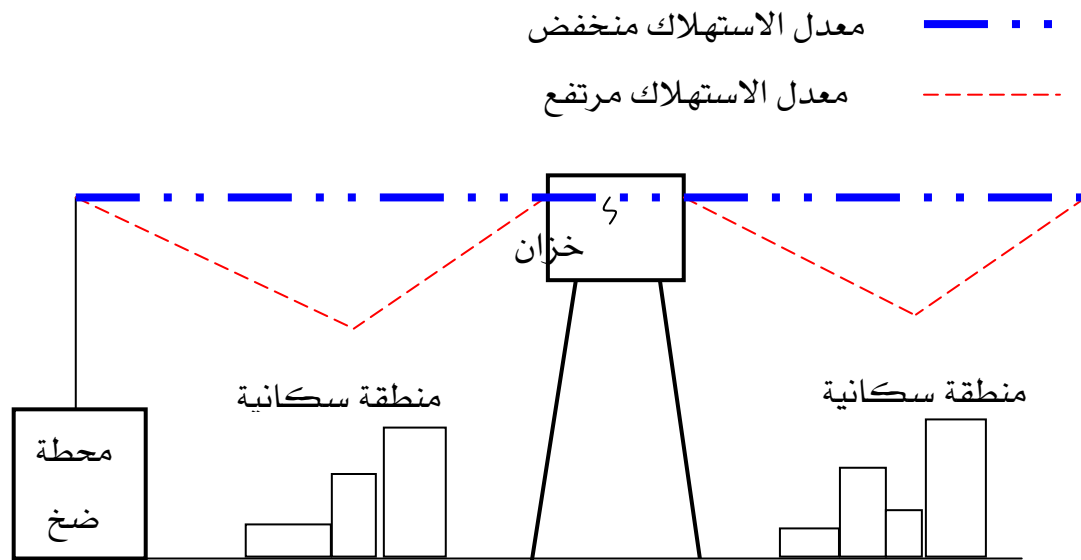
٢. تغذية المدينة بالمياه عندما يكون معدل تصرف الطلبات أقل من معدل استهلاك المياه في المدينة.

ويتم اختيار مواقع الخزانات العالية في أماكن متوسطة من شبكة التوزيع أو في أحد أطرافها، ويوضح الشكل (٢- ٧) مثال لأفضل موقع للخزان. ويعتمد إنشاء الخزان على سعة التخزين، وارتفاعه فوق سطح الأرض وخصائص التربة والمواد التي سينشأ منها، وعلى تكلفة الإنشاء. وأكثر الخزانات العلوية استخداماً هي التي تتشأ من الخرسانة المسلحة كما في الشكل (٢- ٨). وفي بعض الأحيان تتشأ من الحديد أو الألمنيوم، حسب تكلفة وظروف المشروع. ويعتمد ارتفاع الخزانات أساساً على معدلات الاستهلاك، وتشغيل الشبكة وعلى الضغط المطلوب في الشبكة. ويشمل التخزين ثلاثة أجزاء رئيسية هي:

١. احتياطات حالات الطوارئ: وهو احتياطي التخزين اللازم لحالات الأعطال في وحدات التوزيع.

٢. احتياطات الحرائق: وهو الاحتياطي اللازم لإطفاء الحرائق.

٣. مخزون التشغيل: وهي الكمية التي توزع يومياً للاستهلاك.



الشكل (٢ - ٧): أفضل موقع للخزان العلوي.

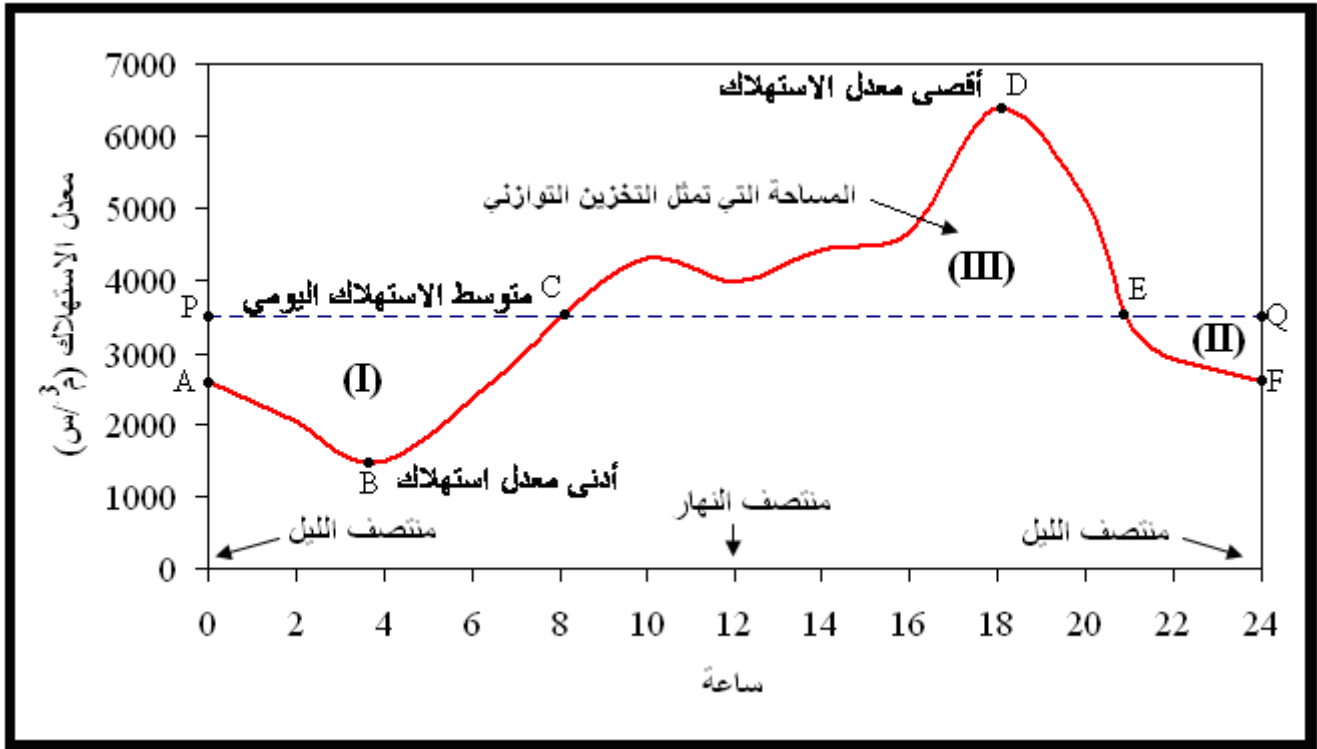


الشكل (٢ - ٨): نموذج لخزان علوي من الخرسانة المسلحة.

٢- ١٢ كميات التخزين اللازمة

لتحديد سعة التخزين اللازمة لشبكات التوزيع يجب حساب العناصر التالية:

١. سعة التخزين = احتياطات حالات الطوارئ + احتياطات الحرائق + مخزون التشغيل.
٢. احتياطات حالات الطوارئ: ويؤخذ في الغالب ٢٥٪ من مخزون التشغيل للخزان.
٣. احتياطات الحرائق: ويحسب من العلاقات (٢ - ٦) أو (٢ - ٧) أو (٢ - ٨).
٤. مخزون التشغيل: وهو معدل السحب اليومي من الخزان لشبكة التوزيع، ولحساب ذلك يلزم:
 - عمل بيانات مفصلة عن العلاقة بين معدلات الاستهلاك وساعات اليوم في حالات الاستهلاك القصوى كما هو موضح في الشكل (٢ - ٩).
 - تحديد متوسط الاستهلاك اليومي: وهو متوسط الضخ اليومي للمياه الموضح في الرسم البياني بالخط (PCEQ).
 - حساب المساحات (I)، (II)، و(III)
 - تحديد مخزون التشغيل: المساحة (I) + المساحة (II) = المساحة (III)
٥. سعة التخزين = (١,٢٥ × مخزون التشغيل) + (احتياطات الحرائق)



الشكل (٢- ٩): معدل الاستهلاك اليومي.

٢- ١٣ الزمن الافتراضي لمشروع التغذية بالمياه.

يتم تصميم مشروعات الإمداد بمياه التغذية لتخدم فترة زمنية تناسب ظروف تمويل المشروع وتغيير العوامل التي تؤثر في حساب حجم المشروع وتكاليفه ومدى إمكانية تجديد أو عمل إضافات للمنشآت، كلما احتاج الأمر لذلك، ويؤثر في هذه الدراسات العمر الافتراضي للمنشآت المشروع. ويراعي ألا يكون التصميم للاحتياجات الحالية فقط، لأن معنى ذلك أن المشروع لن يناسب الزيادات المنتظرة في معدلات استهلاك المياه في المستقبل. وفي نفس الوقت لا يكون التصميم لخدمة فترة زمنية أطول من اللازم، لأن هذا معناه أن تتحمل الخطة الحالية لمثل هذه المنشآت عبئاً أكبر.

أسئلة وتمارين:

١. عدّد مصادر المياه الطبيعية مع شرح مختصر لكل منها.
٢. تقسم كميات المياه التي تزود بها المدن إلى عدة أقسام وذلك حسب الغرض من استهلاكها. عدد هذه الأقسام مع شرح مختصر لكل منها.
٣. اشرح خطوات الدراسات الأولية لمشروعات الإمداد بمياه التغذية.
٤. عدد طرق حساب التعداد السكاني مع شرح مختصر لكل منها.
٥. اشرح الأغراض من إنشاء خزانات المياه الأرضية والعلوية.
٦. إذا كان التعداد السكاني لعام ٢٠٠٠ يساوي ١٠٠٠٠٠، ونسبة الزيادة تساوي ٥٪، فاحسب التعداد السكاني لعام ٢٠١٠ و ٢٠٢٠ و ٢٠٣٠ و ٢٠٤٠ و ٢٠٥٠ باستخدام الطريقة الهندسية.
٧. الجدول الآتي يوضح تعداد السكان لإحدى المدن في الفترة من عام ١٩٦٠ م وعام ٢٠٠٠ م، والمطلوب حساب التعداد المتوقع للمدينة في الخمسين سنة المقبلة وذلك باستخدام الطريقة الجبرية والهندسية.

| السنة الميلادية | ١٩٦٠ | ١٩٧٠ | ١٩٨٠ | ١٩٩٠ | ٢٠٠٠ |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| التعداد | ٢٠٠٠٠٠ | ١٢٠٠٠٠ | ٢٢١٠٠٠ | ٢٣٠٠٠٠ | ٢٤٣٠٠٠ |

٨. احسب أقصى استهلاك ساعي من الماء لمدينة إذا علمت أن متوسط الاستهلاك السنوي فيها هو ٣٤٠ لتر/ شخص/ يوم.
٩. احسب التدفق اللازم لإطفاء حريق محتمل على مبنى مكون من ٥ طوابق ومساحة كل طابق تساوي ٩٠٠ م^٢. علماً بأن المبنى موجود في منطقة سكنية تعدادها ٣٢٠٠٠ نسمة ومتوسط استهلاك المياه فيها ٥٧٠ لتر/ شخص/ يوم.