المحاضرة رقم 03: شبكات المياه الصالحة للشرب

تمهيد:

سندرس في هذه المحاضرة شبكة المياه الصالحة للشرب لما لهذه الاخيرة من أدوار فعالة نذكر منها التغذية وكذا الانشطة الخدماتية والصناعية المختلفة واشغال الري والتنظيف .كما سنركز في هذا الجزء على أهم أساسيات تصميم شبكات المياه الصالحة للشرب وانواع الشبكات ودراسة معدلات إستهلاك المياه والعوامل المؤثرة ...الخ.

1- أساسيات تصميم شبكات المياه الصالحة للشرب:

1-1- معدلات استهلاك المياه :

إن استعمالات الفرد من مدينة إلى أخرى ومن مبني لأخر حسب نوعية النشاط الممارس فيه وتختلف أيضا في المناطق المنعزلة والتجمعات السكنية الصغيرة عنها في منطقة أخرى مكتظة بالسكان في نفس المدينة ، وأحيانا تختلف في المبنى الواحد اذا كان متعدد النشاط كأن يكون سكني إداري او سكني تجاري ...الخ ، هذا وتستخدم المياه أحيانا في الأغراض الصناعية ، وتدخل المياه في بعض الاستعمالات الأخرى في الأماكن العامة مثل أماكن انتظار السيارات والحدائق والمستشفيات والمدارس ...الخ .

1-1-1- بعض معدلات استهلاك المياه :

هناك معايير لاستهلاك المياه حسب تنصيف البناية كتجهيز او كوحدة سكنية وفي الجدول التالي جانب من معدلات استهلاك المياه :

الرقم	نوع المبنى	احتياج المياه الكلي باللتر
01	الوحدات السكنية - نصيب الفرد في اليوم -	100الى 180
02	مبنى المكاتب - 8 ساعات في اليوم -	40الى 70
03	الفنادق - لكل غرفة في الفندق حتى 03نجوم -	100الى 240
04	المطاعم و الكفيتريات - لكل وجبة -	35
05	مغسل بالفنادق – لكل سرير باليوم -	180
06	مغسل بالمستشفيات - لكل سرير -	500
07	المستشفيات – لكل سرير في اليوم -	50
08	مدارس بدون مرشاتوكافيتيريا – لكل تلميذ -	100
09	المطارات - لكل راكب في اليوم -	20
10	اماكن الاجتماعات - لكل فرد في اليوم -	10
11	المباني العامة - لكل فرد في اليوم -	50
12	حمامات السباحة والشواطئ - لكل فرد في اليوم -	40
13	المساجد - لكل فرد في اليوم -	10 الى 20
14	المراحيض العامة - لكل جهاز -	120
15	المباول العامة - لكل جهاز -	40
16	احواض الغسيل العامة - لكل جهاز -	20
17	المرشات العامة - لكل جهاز -	520
18	المذابح – لكل راس ماشية -	200الى 500
19	الفنادق 05 نجوم	1000الى 1100

1-2- العوامل المؤثرة في معدلات استهلاك المياه الصالحة للشرب :

تتاثر معدلات استهلاك المياه بمجموعة من العوامل المختلفة يمكن استعراضها كالتالي :

1-2-1- طبيعة المناخ :

تزداد معدلات استهلاك المياه في البلدان ذات درجات الحرارة المرتفعة عنها في البلدان ذات درجات الحرارة المنخفظة ، بيبب احتياج الانسان لكميات زائدة من المياه نتيجة فقدها عن طريق العرق وذلك لارتفاع درجة الحرارة والرطوبة .

1-2-2- نظام توزيع المياه :

يزداد معدل الاستهلاك في الاماكن التي يكون فيها توزيع المياه مستمرا، في حين ينخفض هذا المعدل في حالة التوزيع المتقطع في الناطق التى تعاني من نقص المياه او وصولها اليها على فترات متقطعة كما هو الحال في المدن الجديدة او التجمعات السكنية الصغيرة على اطراف المدن .

1-2-3- حجم المدينة :

مع التقدم الذي يحدث في المدن الكبيرة في مجال الصناعة توجد زيادة في معدل استهلاك المصانع للمياه ، وعادة ما يكون هذا الاستهلاك كبير خاصة في المصانع الكبيرة التي تحتاج المياه في مراحل التصنيع المختلفة .

1-2-4-مستوى معيشة الفرد :

عندما يرتفع متوسط دخل الفرد في المجتمعات يزداد معدل استهلاك المياه كنتيجة لزيادة المتطلبات المعيشية التي تعتبر المياه مكونها الاساسي مثل احواض السباحة والحدائق وغيرها .

1-2-5- اسعار المياه :

تؤثر اسعار المياه على معدلات الاستهلاك ، فالبلدان التي ترتفع فيها الاسعار يكون معدل الاستهلاك مقبولا ، ويحدث العكس في البلدان التي تنخفض فيها هذه الاسعار بصورة تصل الى حد الاسراف .

1-3- الفاقد في استخدام المياه :

يحدث الفاقد في استخدامات المياه نتيجة مجموعة من العوامل وهي كالاتي :

1-3-1- التسريب :

ويقصد به تسريب المياه من شبكة التوزيع نتيجة عيوب في التوصيلات .

1-3-2- الفقد خزان المياه :

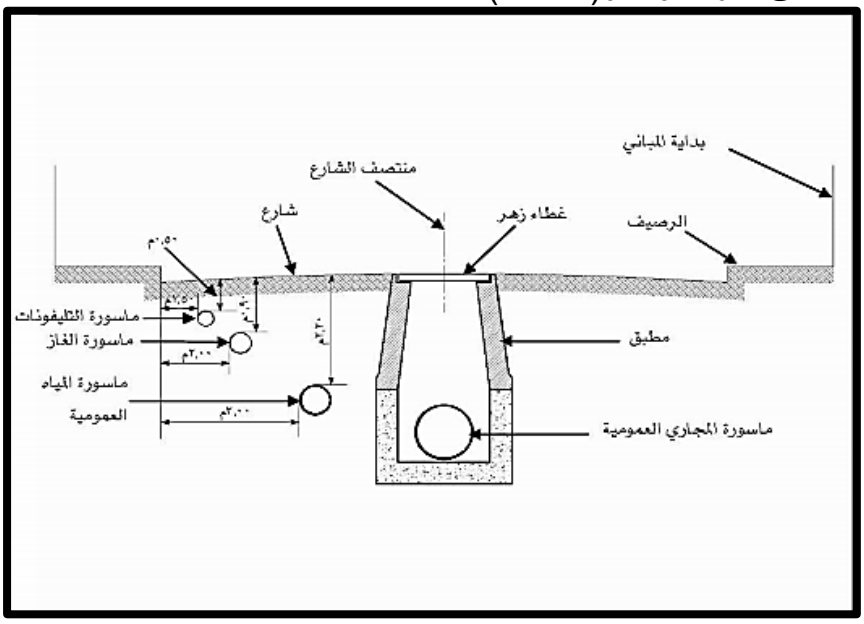
ويتسبب فيها وقوع خلل في محابس العوامات واساليب التحكم في منسوب المياه بالخزانات مم قد يودي الى انسياب المياه الفائضة من اعلى الخزان .

1-3-3- بعض استخدامات المياه :

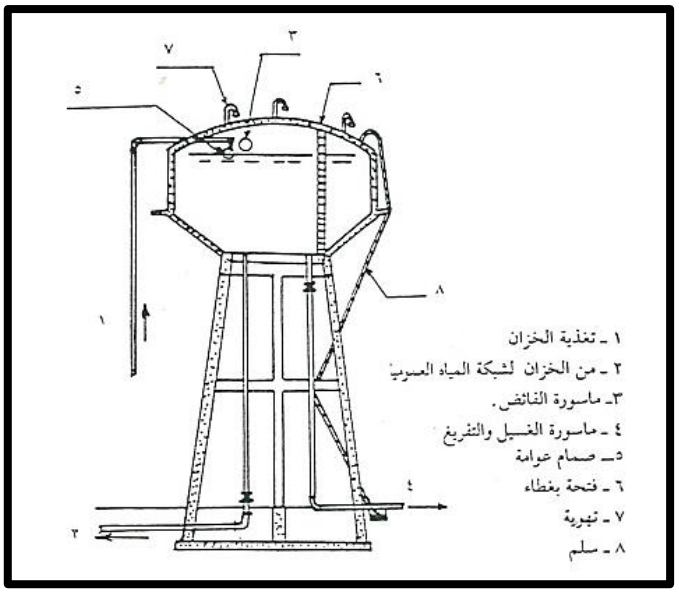
كما هو الحال في عمليات تنظيف وصيانة الشبكات العمومية ، وعمليات الاطفاء والرى ...الخ .

1-4- تزويد المباني بالمياه العمومية :

اذا جئنا الى تعريف شبكة المياه فنجد هي الشبكة التي تشمل المياه الرئيسية والفرعية اللازمة لإمداد المباني بالمياه بالمعدل المطلوب والضغط المناسب وتشمل هذه الشبكة جميع القطع والمحابس الخاصة بالإعداد ،ويتم تغذية المباني بالمياه من خلال توصيل شبكة المياه الداخلية لها بشبكة المياه العمومية والتي تكون عادة مدفونة تحت شوارع المدينة مع باقي الشبكات العمومية الاخرى مثل :صرف صحي ،غاز ،كهرباء ،هاتف ...الغ . والشكل التالي يوضح علاقة شبكة المياه بالشبكة العمومية المغذية للمبنى عبر المواسير(الانابيب) .



ونجد ان شبكة التغذية بالمياه مربوطة بخزان تجميع المياه العمومية كما يوضحه الشكل :



2- الدراسات الاولية لشبكات المياه الصالحة للشرب :

تتطلب دراسة مشروعات الامداد بالمياه وتصميم الشبكات الخاصة بها الى معرفة دقيقة بكمية المياه التي تحتاجها المدينة او المنطقة التي سينشأ فيها المشروع والى تحديد مصادر المياه المختلفة المحاطة بالمنطقة وعند الدراسة يجب الاخذ بعين الاعتبار الفترة الزمنية التي سيخدمها المشروع بحيث يكون التصميم مناسبا للاحتياجات الحالية للمنطقة وتشمل هذه الدراسة :

- حساب التعداد السكاني الحالي و المستقبلي للمنطقة التي سينشأ فيها المشروع .
- معرفة الخطة التطويرية الحالية والمستقبلية للمنطقة.
- تحديد الاغراض المختلفة لاستهلاك المياه .
- معرفة مصادر المياه المختلفة في المنطقة واختيار المناسب منها .
- معرفة الطرق المناسبة لتجميع وتوزيع المياه .

3-الاستهلاكات المختلفة للمياه :

تستعمل المياه في جميع الاغراض اليومية للإنسان وكذلك في الصناعة والتجارة ويمكن تقسيم كميات المياه التي تزود بها المدن حسب غرض استهلاكها الى الاقسام التالية :

3-1- الاستهلاك لأغراض شخصية :

وتشمل كميات المياه التي تزود بها الوحدات السكنية والفنادق والمطاعم بغرض الغسيل والطهي والاستحمام واغراض اخرى .

وتتفاوت معدلات الاستهلاك هذه من منطقة الى اخرى حيث المستوى المعيشي للأفراد وتتراوح بين 75و 340لتر/شخص/يوم حيث تزيد معدلات الاستهلاك مع ارتفاع مستوى المعيشة كما سبق وذكرنا .

3-2- الاستهلاك لأغراض التجارة والصناعة :

يؤثر مستوى الصناعة على معدلات الاستهلاك فيزيد بنسبة كبيرة في المناطق الصناعية حسب نوعية الصناعة ومدى احتياجها للمياه ، وقد يصل هذا الاستهلاك في المدن التي يزيد عدد سكانها عن 25000نسمة الى 15%.

3-3- استهلاك المياه للخدمات العامة :

تشمل المباني العامة وكل من المدارس والمستشفيات ومحطات النقل والمطارات ...الخ . وكل هذه المباني تستهلك كميات كبيرة من المياه قد تصل الى 75لتر/شخص/يوم .

3-4- اتلاف وفقدان بكميات المياه :

وهي كميات المياه التي تضيع بسبب التسرب من وصلات المواسير ، وبسبب العطل في المضخات وفي العدادات وكذلك بسبب التوصيلات الغير قانونية وعادة ما تعرف بكمية المياه الغير محصورة . والجدول التالي يبين المعدلات التقريبية للاستعمالات المختلفة للمياه حيث يبين متوسط الاستهلاك اليومي للشخص ، كما قد تزيد او تنقص من مدينة الى اخرى ومن حي سكني الى اخر .

الاستعمال	الاستهلاك (لتر /شخص/يوم)	النسبة (%)
الاستعمال الخاص	300	44
الصناعة	160	24
التجارة	100	10
الخدمات العامة	60	09
الاتلاف والفقدان	50	08
المجموع	**670**	**100**

4-العوامل المؤثرة في معدلات استهلاك المياه :

كما تم التكلم عليه في حصص سابقة تختلف معدلات الاستهلاك للمياه من منطقة الى اخرى وذلك حسب العوامل التالية:

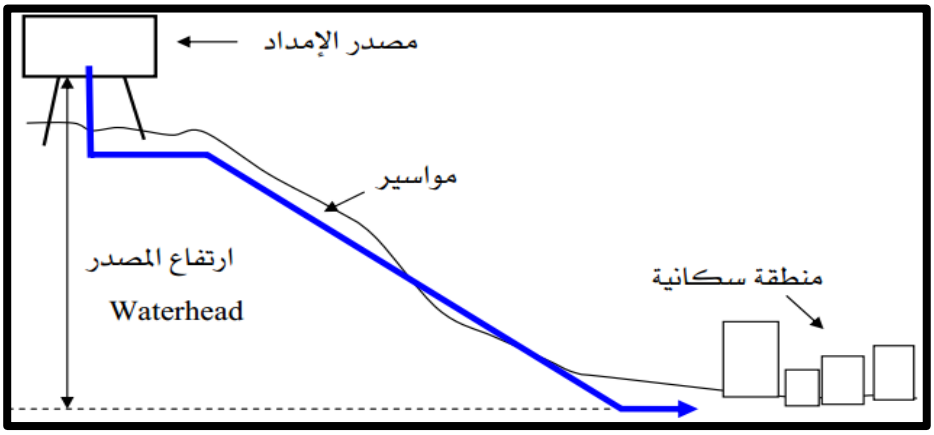
-حجم المدينة او الحي السكني .
-التقدم الصناعي .
-نوعية المياه.
-ثمن المياه.
-ضغط المياه في الشبكة.
- طبيعة الطقس .
-التوزيع المستمر للمياه .

5- طرق توزيع المياه عبر شبكات المياه الباردة :

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

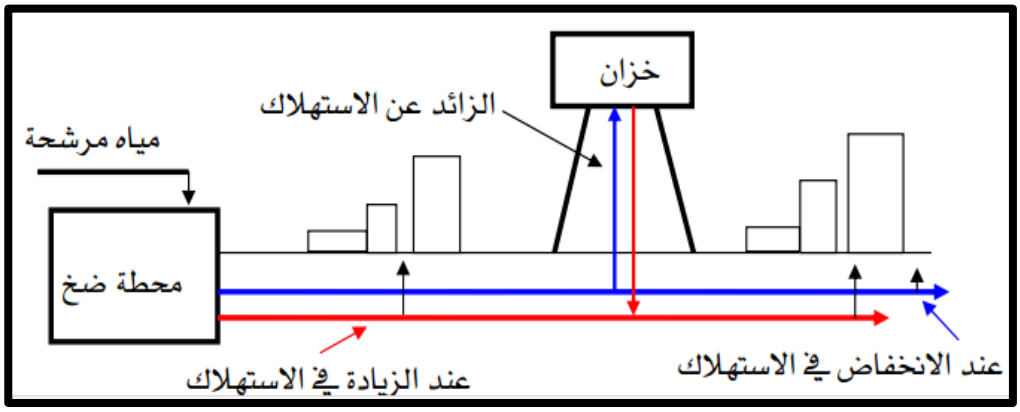
5-1-التوزيع بواسطة الانحدار :

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون اتجاه سريان المياه داخل المواسير هونفسه اتجاه ميل الارض ويكون مصدر الامداد بالمياه على ارتفاع مناسب من المدينة(مثال بحيرة او خزانات اصطناعية) وتعد هذه الطريقة من افضل الطرق لاحظ الشكل التالي :



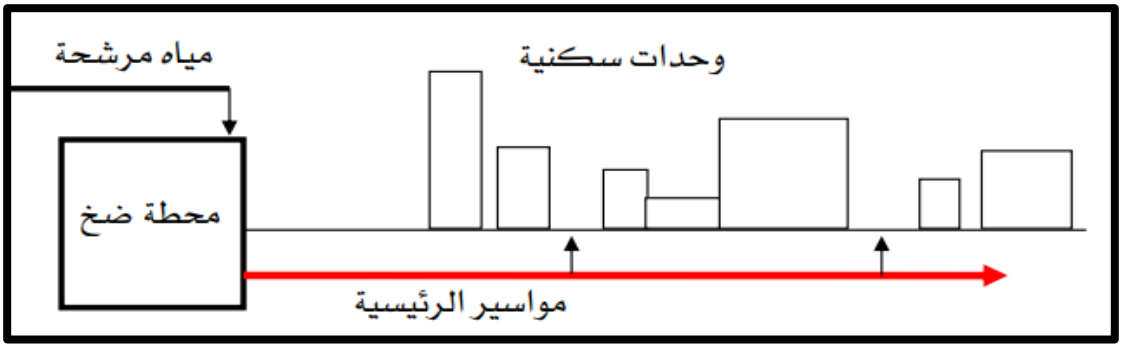
2-5- التوزيع بواسطة الضخ والتخزين :

يتم في هذه الطريقة ضخ كميات المياه الزائدة بمضخات رفع خلال الساعات التي تنخفض فيها معدلات الاستهلاك ثم تخزن في خزانات او احواض علوية لكي يستعان بها خلال الفترات التي تزيد فيها معدلات الاستهلاك او تتوقف فيها المضخات عن العمل وتعد هذه الطريقة اقتصادية حيث تقوم الخزانات بعمل موازنة بين معدلات استهلاك المدينة او الاحياء السكنية من المياه والشكل التالي يوضح الطريقة :



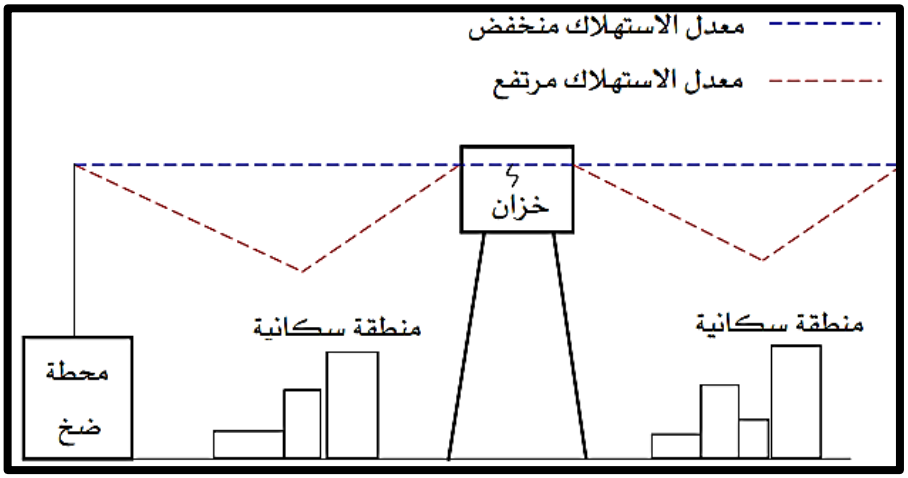
3-5- التوزيع بواسطة الضخ وتدون تخزين :

في هذه الطريقة يتم ضخ الماء مباشرة داخل الانابيب الرئيسية لتصل الى المستهلك دون ان تمر بخزانات علوية كما في الشكل الموالي بحيث تعمل المضخات بمعدلات ثابتة خلال 24ساعة وهذه الطريقة غير مرغوب فيها لان التزود بالمياه مرهون بسلامة المضخات .



4-5- الخزانات العلوية :

يكون تخزين المياه ضروريا في حالة تشغيل مضخات الرفع العالي بمعدلات ثابتة لمدة 12ساعة متواصلة او اكثر ، حيث يتم تخزين المياه في خزانات علوية عندما تكون معدلات الاستهلاك منخفضة حتي يستعان بها في الحالات القصوى وتعمل الخزانات العلوية على توفير المياه في حالة معدلات الاستهلاك الدنيا وعلى تزويد المنطقة بالمياه في حالة معدلات الاستهلاك القصوى ويعتمد انشاء الخزان على سعة التخزين واوتفاعه فوق سطح الارض وخصائص التربة والمواد التي سينشا منها الخزان وتكلفته .لاحظ الشكل التالي :



ويشمل التخزين على ثلاثة اجزاء رئيسية هي :
-**احتياط حالات الطوارئ :** وهو احتياطي التخزين اللازم لحالات الاعطال في وحدات التنقية والتوزيع .
- **احتياط الحرائق** : وهو الاحتياطي اللازم لإطفاء الحرائق .
- **مخزون التشغيل :**وهي الكمية التى توزع يوميا للاستهلاك .

6- كميات التخزين اللازمة للاستهلاك :

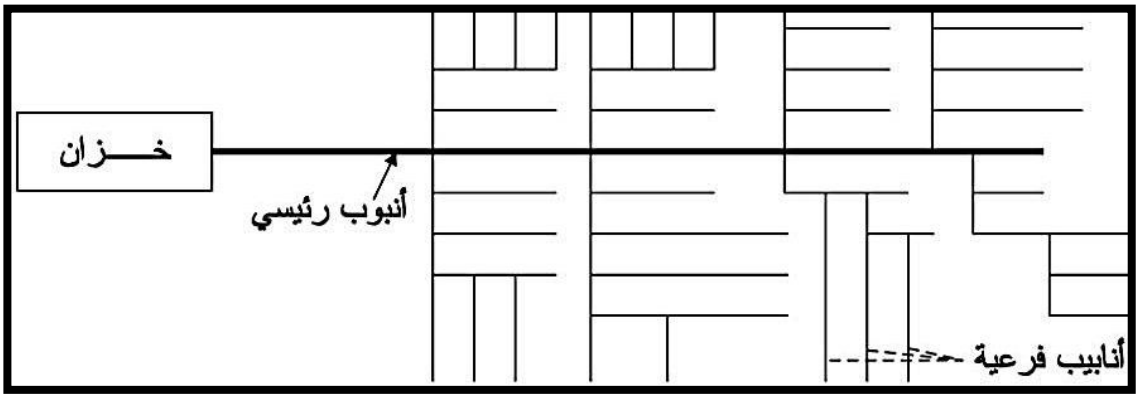
لتحديد سعة التخزين اللازمة لشبكات التوزيع يجب حساب العناصر التالية :
- سعة التخزين = احتياط حالات الطوارئ + احتياط الحرائق+ مخزون التشغيل .
- احتياط حالات الطوارئ :ويؤخذ في الغالب 20% من مخزون التشغيل للخزان .
- احتياط الحرائق :ويحسب باستخدام العلاقة :
- $Q = 231.64\sqrt{P}.(1 - 0.01\sqrt{P})$ ..... 07 وذلك عندما تكون $Q \leq 270\ {}^{m^3}/_{hr}$

7-أنواع شبكات المياه الصالحة للشرب من الخزانات الى المساكن :

تصنف شبكات توزيع المياه وفق طريقة تخطيطها صنفين:
- شبكة شجرية .
- شبكة حلقية .

7-1- شبكة شجرية: Le réseau ramifié

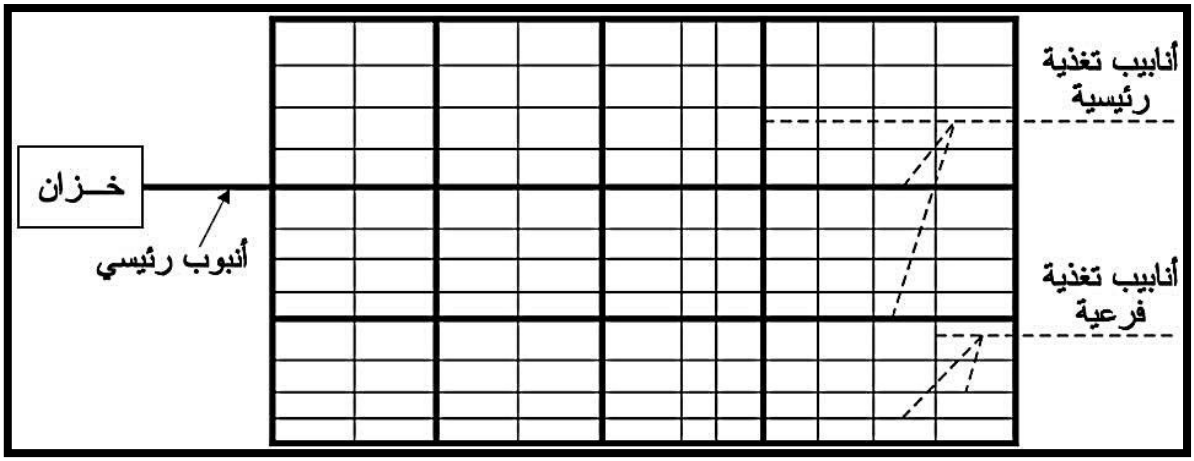
ويكون لشبكات توزيع المياه الشجرية الشكل العام المبين في الشكل ، وتتألف عادة من أنبوب جر رئيسي يخرج من خزان التجميع ويتناقص قطره كلما ابتعد عن الأصل، وتتفرع عنه أنابيب التوزيع التي تمتد في شوارع المدينة. ولا تشكل الأنابيب في هذا النوع من الشبكات فيما بينها أية حلقة مغلقة. والشبكات الشجرية نادرة الاستعمال في المناطق الحضرية على الرغم من كلفتها القليلة نسبياً، باستثناء بعض القرى الصغيرة، لما لها من مساوئ عديدة، وأهمها حرمان المدينة بأكملها من المياه عند حدوث كسر في أجزاء متقدمة من الشبكة، وكذلك وجود العديد من الأنابيب ذات النهايات الميتة، الأمر الذي يؤدي إلى ركود المياه فيها وتردي نوعيتها. وتستخدم الشبكات الشجرية على نطاق واسع في أعمال الري.



الشكل يوضح شبكة مياه شجرية

7-2-الشبكة الحلقية: Le réseau maillé

أما الشبكات الحلقية ، فتتألف عادة من أنابيب رئيسية تحيط بالمدينة، وتخترق شوارعها الكبيرة مشكلة فيما بينها حلقات مغلقة. تتشعب عن هذه الأنابيب أنابيب فرعية تمتد في شوارع المدينة الثانوية مشكلة أيضاً حلقات مغلقة. ويتميز هذا النوع من الشبكات من الشبكات الشجرية على الرغم من كلفته العالية نسبياً بأنه أكثر وثوقية، فهي توفر أضمن الطرائق لإمداد المدينة بالمياه دون توقف أو انقطاع.



الشكل يوضح شبكة مياه حلقية

8-أنواع الأنابيب المستخدمة في شبكات المياه الصالحة للشرب:

تستخدم في شبكات توزيع المياه في المدن أنابيب مصنوعة من مواد مختلفة، **كالحديد الزهر (الفونت) والحديد الصلب والفولاذ والأسبستوس (الأمينت) والبلاستيك** وغيرها. وتعد الأنابيب المصنعة من الفونت أكثر الأنابيب استعمالاً في شبكات توزيع المياه في المدن لمتانتها وطول مدة استعمالها. أما الأنابيب الفولاذية فتمتاز من غيرها من الأنابيب بسهولة النقل والتركيب وتحملها لضغوط داخلية عالية، غير أن مساوئها الرئيسية تكمن في عدم قدرتها على تحمل ضغوط خارجية كبيرة وضعف مقاومتها للتآكل بفعل التربة والماء. تصنع أنابيب الأسبستوس من الإسمنت البورتلاندي وألياف الأسبستوس، وتتميز بمقاومتها للتآكل ونعومة ملمسها وتحملها لضغوط داخلية وخارجية كبيرة، وسهولة قطعها ووصلها. وعلى الرغم من القلق الذي أبدي مؤخراً من مخاطر استخدام الأسبستوس في أنظمة توزيع المياه العامة، فما زال هناك ما يزيد على مليوني كيلومتر من هذه الأنابيب مستخدماً في أنحاء عديدة من العالم. وقد انتشر مؤخراً في شبكات توزيع المياه في المدن استخدام الأنابيب البلاستيكية، ومنها الأنابيب المصنوعة من الـ (PVC) والتي تتميز بسهولة تمديدها ورخص ثمنها مقارنة بالأنواع الأخرى من الأنابيب. غير أن أداءها على المدى البعيد ما زال غير مؤكد.

9- الملحقات والتجهيزات التي تتضمنها شبكة توزيع المياه:

تتضمن شبكات توزيع المياه في المدن، إضافة إلى الأنابيب، العديد من الملحقات، كالأكواع التي تركب على الأنابيب لدى تغيير اتجاهها، والتفريعات التي تركب على الأنابيب، ووصلات التمدد التي توفر للأنابيب حماية من عوامل التمدد والتقلص. كذلك تحتوي الشبكة على العديد من التجهيزات، كصمامات العزل التي تتحكم في سير المياه في الشبكة وقطع المياه عن المناطق التي يجرى إصلاحها، وصمامات عدم الرجوع التي تسمح بالجريان باتجاه واحد فقط، وصمامات الهواء التي تؤمن طرد الهواء المتجمع عند النقاط المرتفعة من الشبكة. وتوضع في الشبكة صمامات تخفيف الضغط التي تخفض الضغط في المواقع المنخفضة من الشبكة، فلا يشكل ارتفاع الضغط فيها خطراً على الأنابيب ووصلاتها، وصمامات الغسل التي توضع في المناطق المنخفضة من الشبكة لتفريغ الأنابيب وتنظيفها عند الحاجة، وفوهات الحريق التي توضع في الشبكة على مسافات معينة تحسباً لوقوع الحرائق، وعدادات المياه لقياس كمية المياه الجارية سواء في الأنابيب الرئيسية أو الفرعية أو عند الوصلات المنزلية للمستهلكين.

10- -مبدأ حساب شبكات توزيع المياه:

يقوم مبدأ حساب شبكات توزيع المياه (تحت حمل معين) على تطبيق معادلتين أساسيتين من معادلات علم ميكانيك السوائل، وهما معادلة الاستمرار المبنية على مبدأ انحفاظ الكتلة، ومعادلة الطاقة. ويكون ناتج حساب الشبكة مقدار الغزارة الجارية في كل أنبوب من أنابيبها ومقدار الضغط عند كل نقطة من نقاطها الرئيسية. ولما كان تطبيق معادلة الاستمرار عند كل نقطة رئيسية من نقاط الشبكة، وتطبيق معادلة الطاقة في كل أنبوب من أنابيبها سيؤدي إلى الحصول على عدد كبير جداً من المعادلات التي يتوجب حلها آنياً، فإنه يتعذر القيام بحساب شبكات الأنابيب يدوياً إلا للشبكات الصغيرة التي تتضمن عدداً قليلاً من الأنابيب. ولابد، من استخدام الحواسيب عند تصميم شبكات توزيع المياه الكبيرة. ويجب ألا يقتصر حساب شبكات توزيع المياه على الحالة الساكنة أو الستاتيكية فقط، وإنما يجب أن يتعداه ليشمل الحالة الديناميكية أيضاً، التي تدخل في حسابها تقلبات الاستهلاك اليومية، والشروط التشغيلية التي يمكن أن تطرأ في اليوم، كإقلاع المضخات وتوقفها، أو دخول مصادر جديدة في إمداد الشبكة بالمياه أو خروجها وغيرها.

وقد أصبح من الشائع مؤخراً دراسة المتغيرات النوعية للمياه في الشبكة، لا دراسة الكمية فقط. وتهدف دراسة نوعية المياه في الشبكة إلى تحديد تركيز كل عنصر من العناصر المنحلة في المياه في جميع أنحاء الشبكة، وتغير هذا التركيز بدلالة الزمن. كما تهدف إلى تحديد مواقع الشبكة التي تتغذى من كل مصدر مائي من مصادر تغذية الشبكة ونسبة تغذيتها من هذا المصدر. وكذلك حساب عمر المياه في مختلف أنحاء الشبكة للتعرف على مناطق الشبكة التي تبقى المياه فيها مدة طويلة (مياه راكدة) والتي يمكن أن تتردى فيها نوعيتها.

11- الحمل المطبق على الشبكة:

يطلق على كمية المياه التي يتوجب على الشبكة توفيرها، تحت ضغط كاف عند نقطة ما من نقاط الاستهلاك، بالحمل المطبق على الشبكة عند هذه النقطة. وعند تصميم شبكة توزيع المياه في المدينة واختيار أقطار أنابيبها، يقدر الحمل المطبق على الشبكة وفقاً لطبيعة المستهلكين فيها وتوزعهم وعددهم. ففيما يتعلق بالاستعمالات المنزلية للشرب والغسيل والاستحمام وغيرها، يقدر الحمل المطبق على الشبكة عند نقطة الاستهلاك وفقاً لعدد الأفراد الواجب تخديمهم عند هذه النقطة، والاستهلاك الوسطي للفرد. ويراوح الاستهلاك الوسطي العالمي للفرد عادة في المناطق الحضرية من **75 إلى 300 لتر في اليوم**، وذلك وفقاً للشروط المعيشية والبيئية للمستهلك. أما الاستعمالات التجارية والصناعية فتقدر وفقاً لطبيعة المنشأة المخدَّمة.

لا يبقى الحمل المطبق على الشبكة ثابتاً طول الوقت، وإنما يتقلب من ساعة إلى أخرى في اليوم، ومن يوم إلى آخر في الأسبوع، ومن شهر إلى آخر في السنة. وفيما يتصل بالاستعمالات المنزلية، تحدث ساعات الذروة في الصباح وفي وقت ما بعد الظهر، وقد تصل إلى ضعف الاستهلاك الوسطي اليومي، ويكون الاستهلاك في أدنى مستوى له عند منتصف الليل تقريباً. كذلك قد يزيد الاستهلاك في موسم الحر على الاستهلاك الوسطي **بمقدار 20%**.

تختلف الضغوط داخل شبكات التوزيع من مدينة لأخرى ومن مكان لأخر حسب معدلات الاستهلاك والضغوط المطلوبة وتتراوح عموما :

- بين 150و200kPa بالنسبة للاستخدام العادي في المناطق السكنية التي بها مباني لا تتعدى اربعة ادوار.
- KPa400 بالنسبة للمناطق السكانية المزودة بوحدات اطفاء .
- kPa500 بالنسبة للمناطق التجارية .

وتجدر ملاحظة الامور الاتية :

- عندما يكون الضغط داخل الشبكة اقل من kPa250، يكون ضغط الماء في الطوابق العلوية للمباني المتكونة من 6 طوابق في حدود kPa150عندما يكون الضغط داخل الشبكة اقل من kPa200 فلن تصل المياه الى الطوابق العلوية للمباني المتكونة من اربعة ادوار .

وتوصى بعض المؤسسات العالمية بــأن يكون الضغط الطبيعي داخل الشبكة من 400الى KPa500 وذلك للمزايا الاتية :

وذلك للمزايا التالية :

- يمكن هذا الضغط من تزويد المباني التى تصل الى 10طوابق بمياه كافية للاستهلاك .
- يعطي هذا الضغط تدفق كافي لوحدات الاطفاء .
- يمكن هذا الضغط من تعويض الفاقد في اطوال المواسير والناتج عن التسرب المفاجئ في المواسير .