الأكاديمية العربية الدولية
Arab International Academy

شبكات المياه والصرف الصحي

المهندس سعيد الخطيب

الأكاديمية العربية الدولية – منصة أعد

مخطط المادة

- مقدمة عن شبكات المياه والصرف الصحي
- خصائص المياه و الموائع
- ميكانيكا الموائع
- الدورة الهيدرولوجية
- مصادر المياه
- الاستهلاكات المختلفة للمياه

مخطط المادة

- العوامل المؤثرة في معدلات استهلاك المياه
- طرق توزيع المياه
- شبكات توزيع المياه
- تخطيط شبكات التوزيع
- أساسيات توزيع المياه
- أنواع المواسير

مقدمة

ان شبكات المياه تمكّننا من الوصول إلى مياه نظيفة وآمنة للشرب والاستخدامات المنزلية والصناعية والتجارية. هذا يحسن الصحة العامة ويقلل من خطر الإصابة بالأمراض المتوطنة عبر المياه الملوثة. ويوفر نظام الصرف الصحي إزالة الفضلات والمياه الملوثة بشكل فعال، مما يحافظ على النظافة الشخصية ويمنع انتشار الأمراض المعدية. و هذه الشبكات ايضا تساهم في الحد من التلوث البيئي و تعمل على تحسين جودة الحياة والبيئة المحلية، مما يشجع على النمو الاقتصادي ويخلق فرص عمل جديدة في مجالات الهندسة المدنية والصحة العامة والبنية التحتية.

ميكانيكا الموائع و الهيدرولوجيا

تتناول ميكانيكا الموائع دراسة سلوك وخصائص السوائل في حالة سكون أو حركة، بالإضافة إلى تأثيرات القوى والضغوط والتدفق عليها. يشمل هذا العلم دراسة الموضوعات مثل الطبقات الحدودية، وتحليل التدفقات (منها التدفق في الأنابيب وحول الأجسام)، والقوى الرطوبية، والطبقات الجدرانية. تستخدم في العديد من التطبيقات الهندسية مثل تصميم أنظمة الصرف الصحي والتدفئة والتبريد، وتصميم وتحليل أنظمة السفن والطائرات. في الطرف الاخر، تركز الهيدرولوجيا على دراسة دوران وتوزيع المياه في الطبيعة، بما في ذلك تأثيرات الأمطار والتساقطات الثلجية وذوبان الثلوج، وتأثيرات التبخر والتصريف. يتناول هذا المجال أيضًا دراسة الظواهر الجيولوجية المرتبطة بالمياه مثل الترسبات والتأثيرات الجيولوجية للأنهار والبحيرات.يستخدم في تحليل وتصميم منشآت الهندسة المائية مثل السدود والتحكم في الفيضانات ومشاريع إدارة المياه.

خصائص المياه او الموائع

- قدرتها على الانسياب
- قدرتها على التشكل بحسب الأوعية التي تشغلها
- قابليتها على الانضغاط و تأثرها بأي قوة قص
- احتوائها على أسطح حرة

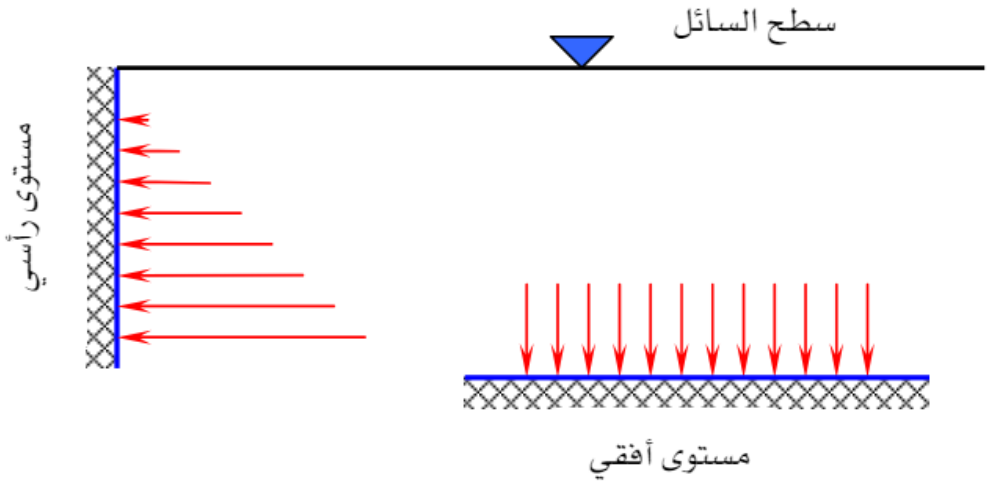
ميكانيكا الموائع Fluid Mechanics

1. كثافة المائع Fluid Density: تشير الكثافة (ρ) إلى الكتلة لكل وحدة حجم من السائل. وهي تقيس كمية المادة الموجودة في حجم معين. يتم تمثيل كثافة السائل عادة بالحرف اليوناني رو (ρ) وتُعبر عادة بوحدة الكيلوغرام لكل متر مكعب (كجم/م^3) لوحدات النظام الدولي

2. لزوجة المائع Fluid Viscosity: اللزوجة هي قياس لمقاومة السائل للتدفق. وتصف المقاومة الاحتكاكية الداخلية للسائل أثناء تشويهه تحت تأثير إجهاد القص المطبق. السوائل ذات اللزوجة العالية (مثل العسل) تتدفق ببطء أكبر، بينما السوائل ذات اللزوجة المنخفضة (مثل الماء) تتدفق بسهولة أكبر. يُمثل اللزوجة عادة بالحرف اليوناني ميو (μ)وتُقاس بوحدات باسكال-ثانية (با·ث) أو سنتيبويز (سي بي).

ميكانيكا الموائع Fluid Mechanics

3. ضغط المائع Fluid Pressure: الضغط هو القوة المؤثرة لكل وحدة مساحة من قبل السائل على محيطه. وينشأ الضغط نتيجة لتصادم جزيئات السائل مع جدران الحاوية أو أي سطح في اتصال مع السائل. يُقاس الضغط (P) بوحدة الباسكال (با)، حيث 1 با = 1 ن/م 2 1با=1ن/م 2 . يكون الضغط في نقطة معينة في السائل هو نفسه في جميع الاتجاهات (قانون باسكال)، ويتغير مع العمق فى السائل بسبب وزن السائل فوقه (الضغط الهيدروستاتيكي).



ميكانيكا الموائع Fluid Mechanics

4. حركة المائع Fluid Motion: تشمل حركة السائل دراسة كيفية تحرك السوائل وسلوكها تحت مختلف الظروف. وتتضمن تحليل أنماط تدفق السوائل وسرعاتها والقوى المؤثرة على السوائل. يمكن تصنيف حركة السائل إلى أنواع مختلفة من التدفق، مثل التدفق الطبقي (السلس، المنظم) والتدفق الكامن (الفوضوي، غير المنتظم). تؤثر عوامل تحريك السائل تأثيرًا كبيرًا على حركتها وتتضمن مثلًا التدرجات السرعة والتدرجات الضغطية والظروف الحدودية.

الهيدرولوجيا Hydrology

الهيدرولوجيا هي الدراسة العلمية للمياه، ووجودها، وتوزيعها، وحركتها، وخصائصها على سطح الأرض، وفي التربة، وداخل الغلاف الجوي.

تشمل هذه الدراسة فحص المياه بكل أشكالها، بما في ذلك السائلة، والصلبة (الجليد)، والبخار. يقوم علماء الهيدرولوجيا بدراسة جوانب مختلفة للمياه، مثل التساقط، والتبخر، والتسرب، والجريان، وتدفق المياه الجوفية، لفهم كيفية تحرك المياه عبر نظام الأرض وتفاعلاتها مع البيئة.

أحد المفاهيم الأساسية التي تُدرس في الهيدرولوجيا هو الدورة الهيدرولوجية، المعروفة أيضًا بدورة المياه. تصف الدورة الهيدرولوجية التدوير المستمر للمياه على الأرض، وتشمل حركة المياه بين سطح الأرض والغلاف الجوي والخزانات الجوفية. تتألف الدورة الهيدرولوجية من عدة عمليات رئيسية.

الدورة الهيدرولوجية Hydrologic Cycle

- التبخر: هذه هي العملية التي يتحول فيها الماء من حالة سائلة إلى حالة بخارية بفعل الطاقة الحرارية من الشمس. تحدث بشكل أساسي من المحيطات والبحيرات والأنهار وغيرها من أجسام المياه السطحية.
- التساقط: يحدث التساقط عندما تتكثف قطرات الماء المكثفة في السحب لتشكل قطرات أكبر وتسقط إلى سطح الأرض بشكل مطر أو ثلج أو بَرَد.

الدورة الهيدرولوجية Hydrologic Cycle

- التسرب: هذه هي العملية التي يتسرب فيها ماء التساقط إلى الأرض ويعيد ملء الخزانات الجوفية. تعتمد على عوامل مثل نوع التربة والغطاء النباتي والانحدار.
- الجريان السطحي: الجريان السطحي هو حركة المياه عبر سطح الأرض ودخول الأنهار والجداول والبحيرات. يحدث عندما يتجاوز معدل التساقط القدرة على التسرب في التربة أو عندما يكون الأرض مشبعة بالفعل.

مصادر المياه

- **مياه الأمطار :** جمع مياه الأمطار يشير إلى عملية جمع وتخزين مياه الأمطار التي تتجمع من الأسطح العلوية مثل الأسطح والطرق والساحات غير المعبدة. يعتبر جمع مياه الأمطار ممارسة بيئية مستدامة وفعالة للغاية لاستغلال المياه، خاصة في المناطق التي تعاني من نقص في الموارد المائية العذبة. يمكن استخدام المياه المجمعة لأغراض متعددة بما في ذلك الري، والسقي، وتزويد المياه للحيوانات، والاستخدامات الصناعية، وحتى للشرب في بعض الحالات. وتساعد ممارسات جمع مياه الأمطار على تقليل الاعتماد على مصادر المياه التقليدية وتحسين توزيع المياه.

مصادر المياه

- **مياه السطح :** مياه السطح هي المياه التي تجد على سطح الأرض في شكل أنهار، بحيرات، برك، خزانات، وجداول ماء. تعتبر هذه المصادر هامة جدًا للإمداد بالمياه، حيث يعتمد الكثيرون عليها للشرب والاستخدامات الزراعية والصناعية. بالإضافة إلى ذلك، تعتبر موئلًا للعديد من الكائنات الحية المائية، وتوفر بيئات مائية متنوعة للحياة البرية. تتغير كمية مياه السطح بشكل كبير حسب المنطقة الجغرافية والتغيرات المناخية، حيث تكون التساقطات المطرية الغزيرة تسبب زيادة في كمية المياه في الأنهار والبحيرات، في حين يؤدي نقص التساقطات إلى جفاف الأنهار وتناقص مخزون المياه في البحيرات.

مصادر المياه

- **مياه الجوف :** مياه الجوف توجد تحت سطح الأرض في تشكيلات صخرية مسامية تعرف بالأحواض المائية. تُعتبر مياه الجوف مصدرًا هامًا للمياه، حيث يعتمد عليها الملايين من الأشخاص للشرب والري والاستخدامات الصناعية. يتم الوصول إلى مياه الجوف من خلال الآبار والينابيع. تختلف كمية المياه المخزنة في الجوف حسب نوعية التربة والصخور، وكثافة الأمطار، ومعدل التسرب. وتُعتبر مياه الجوف مصدرًا مستدامًا بشكل عام، ولكن يجب الحفاظ عليها بعناية وعدم استخدامها بشكل مفرط لتجنب الاستنزاف والتلوث.

الاستهلاكات المختلفة للمياه

- الاستخدام المنزلي Domestic:

يشير استهلاك المياه المنزلية إلى المياه المستخدمة في المنازل للشرب والطهي والاستحمام وغسل الملابس وسقاية المراحيض وغيرها من الأنشطة اليومية. يختلف كمية المياه المستهلكة في الاستخدام المنزلي اعتمادًا على عوامل مثل حجم الأسرة ونمط الحياة وممارسات توفير المياه والمناخ. في المتوسط، قد يستهلك شخص ما بين 75 إلى 340 لتر من المياه يوميًا للأغراض المنزلية لكل شخص.

الاستهلاكات المختلفة للمياه

- الاستهلاك لأغراض الصناعة والتجارة Commercial and Industrial:

يشير استهلاك المياه الصناعية إلى المياه المستخدمة في مختلف العمليات الصناعية، مثل التصنيع والتبريد والتنظيف ومعالجة المنتجات. تختلف كمية المياه المستهلكة في الصناعة بشكل واسع اعتمادًا على نوع الصناعة والعمليات الخاصة بكل صناعة. و يشمل استهلاك المياه التجارية المياه المستخدمة في الشركات والمكاتب والفنادق والمطاعم وغيرها من المؤسسات التجارية لأغراض مختلفة مثل التنظيف والنظافة وخدمة العملاء.

تعتمد كمية المياه المستهلكة تجاريًا على حجم ونوع المؤسسة، وطبيعة العمليات الخاصة بها.

الاستهلاكات المختلفة للمياه

- الاستهلاك للخدمات العامة Public Use:

يتضمن استهلاك المياه في الخدمات العامة المياه المستخدمة في المرافق العامة مثل المدارس والمستشفيات والمتنزهات والمباني الحكومية، بالإضافة إلى المياه المستخدمة في إطفاء الحرائق وتنظيف الشوارع. تختلف كمية المياه المستهلكة في الخدمات العامة اعتمادًا على حجم واستخدام المرافق ومستوى البنية التحتية العامة.

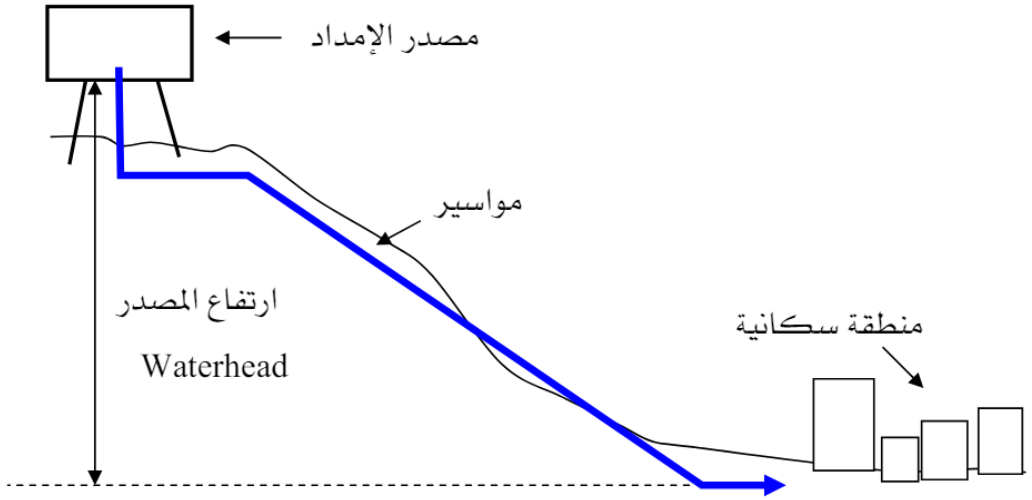
العوامل المؤثرة في معدلات استهلاك المياه

- التقنيات المتقدمة أو التقدم الصناعي
- أنماط المناخ و الطقس
- ضغط المياه في الشبكة
- التوزيع المستمر للمياه
- نمو السكان
- ثمن المياه

طرق توزيع المياه

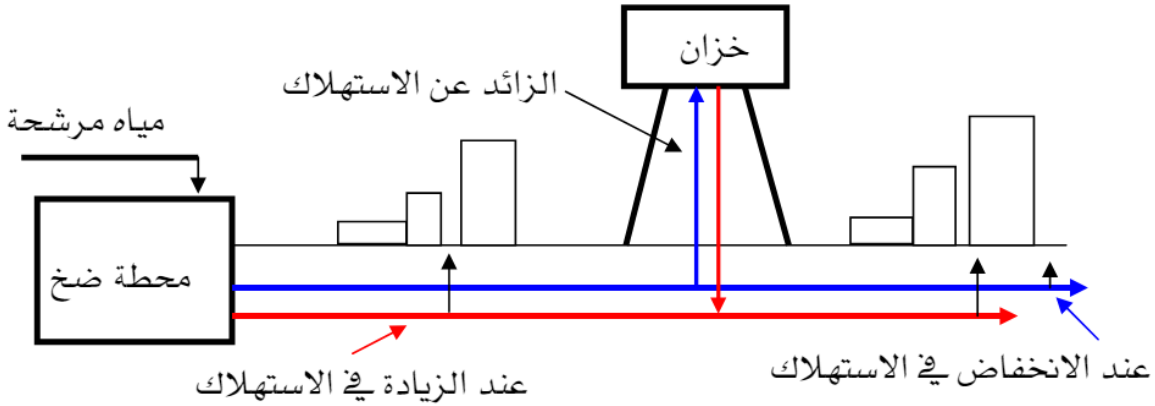
- نظام التوزيع بالجاذبية أو الانحدار Gravity Distribution:

في هذا النظام، تتدفق المياه باتجاه الأسفل من مصدر ذو ارتفاع أعلى (مثل خزان مياه أو برج مياه) إلى المناطق ذات ارتفاع أقل من خلال شبكة من الأنابيب. الجاذبية تقوم بعمل نقل المياه، مما يلغي الحاجة إلى المضخات. يعتبر نظام التوزيع بالجاذبية فعّال من حيث التكلفة وكفاءة الطاقة ولكن يقتصر استخدامه على تضاريس المنطقة.



طرق توزيع المياه

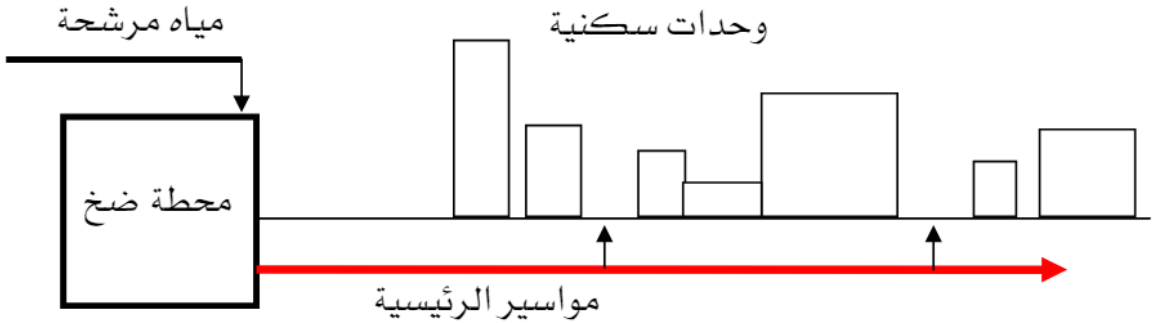
- التوزيع بواسطة الضخ والتخزين Distribution by means of pumping with storage: في هذا النوع من أنظمة التوزيع، يتم استخدام مضخات لرفع المياه من مصدرها إلى خزانات تخزين عالية الارتفاع. بمجرد وصول المياه إلى الخزانات، تتخزن هناك حتى تكون جاهزة للتوزيع. عند الحاجة إلى المياه، تعمل المضخات على ضخ المياه من الخزانات وتوزيعها إلى المناطق المستهلكة عبر شبكة الأنابيب. يتم استخدام هذه النظام عادة في المناطق التي تواجه صعوبة في تحقيق ضغط المياه بشكل كافٍ بدون الضخ والتخزين.



طرق توزيع المياه

- التوزيع بواسطة الضخ وبدون التخزين Distribution by means of pumping without storage :

في هذا النوع من أنظمة التوزيع، يتم استخدام المضخات مباشرة لضخ المياه من مصدرها وتوزيعها مباشرة إلى نقاط الاستهلاك دون الحاجة إلى تخزينها في خزانات. يتم تحقيق ذلك عن طريق تشغيل المضخات بشكل مستمر للحفاظ على تدفق المياه عبر شبكة الأنابيب بالضغط المطلوب. هذا النوع من أنظمة التوزيع عادة ما يستخدم في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية حيث يكون هناك حاجة متزايدة للمياه بشكل مستمر ولا يمكن تحمل فترات التوقف في التوزيع.



شبكات توزيع المياه Water distribution systems

تتكون شبكات توزيع المياه من الأجزاء التالية:

- المغذيات الأولية (Primary Feeders): هذه هي الأنابيب الرئيسية التي توصل المياه من مصدرها الرئيسي مثل محطة التحلية أو الخزانات الكبيرة إلى مناطق الاستخدام الرئيسية مثل المناطق السكنية والتجارية والصناعية. تعتبر المغذيات الأولية عادةً أنابيب كبيرة الحجم تمتد عبر مسافات طويلة وتوفر كميات كبيرة من المياه للتوزيع في أنحاء المنطقة.

شبكات توزيع المياه Water distribution systems

- المغذيات الثانوية (Secondary Feeders):

بمجرد وصول المياه إلى مناطق الاستخدام الرئيسية، يتم توجيهها إلى المناطق الفرعية أو الأحياء الصغيرة من خلال المغذيات الثانوية. تقوم المغذيات الثانوية بتقسيم التدفق الرئيسي للمياه وتوجيهها إلى الشبكات الفرعية الصغيرة التي تخدم المناطق السكنية الفردية أو المباني التجارية.

- الأنابيب الصغيرة للتوزيع (Small Distribution Mains):

هذه الأنابيب تُعتبر الجزء الأخير من نظام التوزيع وتوصل المياه من الشبكات الفرعية إلى نقاط الاستخدام النهائية مثل المنازل والمباني التجارية والمرافق العامة. تكون الأنابيب الصغيرة للتوزيع عادةً أنابيب صغيرة القطر تركب تحت الأرض أو في الأماكن العامة مثل الشوارع والممرات.

تخطيط شبكات التوزيع

- النظام الفرعي (Branching System): في هذا النظام، تتفرع الأنابيب من مصدر المياه الرئيسي لتوصيل المياه إلى المناطق المستخدمة.

يتميز النظام الفرعي بتشكيل شبكة من الأنابيب تتفرع من مصدر المياه الرئيسي وتوصل المياه إلى مناطق الاستخدام المختلفة. يستخدم هذا النظام عادة في المناطق الصغيرة أو ذات الكثافة السكانية المنخفضة حيث يكون التكلفة مناسبة ولا تتطلب شبكة معقدة.

- النظام الشبكي (Grid System): في هذا النظام، تتشكل الشبكة من الأنابيب على شكل شبكة مربعة أو مستطيلة، حيث تتقاطع الأنابيب بزوايا قائمة. يتميز النظام الشبكي بتوزيع المياه بشكل متجانس ومنتظم في جميع الاتجاهات، مما يعزز المرونة والموثوقية في توزيع المياه. يستخدم هذا النظام عادة في المناطق الحضرية والكبيرة حيث يكون هناك حاجة إلى توزيع المياه بشكل متساوٍ ومتوازن على جميع المناطق.

تخطيط شبكات التوزيع

- النظام المركب (Composite System): في هذا النظام، يتم استخدام مزيج من النظام الفرعي والنظام الشبكي، حيث يتم استخدام النظام الفرعي في المناطق الريفية أو النائية والنظام الشبكي في المناطق الحضرية. يمكن أن يتم توجيه المياه من مصدرها الرئيسي إلى مناطق الاستخدام الرئيسية باستخدام النظام الفرعي، ثم يتم توزيعها بشكل متجانس ومنتظم في المناطق الفرعية باستخدام النظام الشبكي. يسمح هذا النظام بتلبية احتياجات المياه في المناطق ذات الطبيعة المتنوعة بشكل فعال.

أساسيات توزيع المياه

تصمم شبكات توزيع المياه اتخدم لفترة زمنية تقارب العمر الافتراضي للأنابيب و على هذا الأساس يتم حساب التدفق التصميمي ومنه يتم تحديد نوع و حجم الأنابيبوموقع وسعة الخزانات و طاقة الضخ اللازمة لذلك. ومن أهم العوامل التي تأخذ بالاعتبار عند تصميم الشبكات هي:

- طبوغرافية المنطقة
- التعداد الحالي و المستقبلي للسكان
- الاستهلاك المتوقع للشخص
- الاحتياجات اللازمة من المياه للأعمال الصناعية والتجارية

أنواع المواسير المستخدمة في شبكات توزيع المياه

توجد العديد من أنواع المواسير التي يمكن استخدامها في شبكات توزيع المياه، وتختلف هذه الأنواع بناءً على الخصائص التقنية والتطبيقات المختلفة. وعموما يجب أن تتوفر الشروط التالية في المواد التي تصنع منها المواسير:

- قدرتها على تحمل الضغوط الداخلية و الخارجية
- مقاومتها للتآكل الداخلي و الخارجي لفترة طويلة (العمر الافتراضي)
- وتحملها لدرجات حرارة مرتفعة
- احتوائها لوصلات محكمة تمنع التسرب

أنواع المواسير المستخدمة في شبكات توزيع المياه

من أهم أنواع المواسير:

- مواسير الحديد الزهر: تعتبر مواسير الحديد الزهر من أكثر أنواع المواسير شيوعًا في شبكات توزيع المياه. وتتمتع هذه المواسير بقوة عالية ومقاومة جيدة للتآكل والضغط، مما يجعلها مثالية للاستخدام في الظروف الصعبة والتطبيقات ذات الضغط العالي.

أنواع المواسير المستخدمة في شبكات توزيع المياه

من أهم أنواع المواسير:

- مواسير الصلب: تعتبر مواسير الصلب واحدة من أقدم وأكثر الخيارات شيوعًا في توزيع المياه. تتميز بقوتها ومتانتها، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في خطوط النقل الرئيسية والأنظمة ذات الضغط العالي.

أنواع المواسير المستخدمة في شبكات توزيع المياه

من أهم أنواع المواسير:

- مواسير خرسانية: تتميز مواسير الخرسانية بقوة هيكلية كبيرة وقدرة على تحمل الضغط الخارجي العالي. وتستخدم عادة في التطبيقات التي تتطلب مقاومة عالية للتآكل أو في بنية الأنفاق أو الصرف الصحي.

أنواع المواسير المستخدمة في شبكات توزيع المياه

من أهم أنواع المواسير:

- مواسير بلاستيكية: تتميز مواسير البلاستيك بخفة الوزن وسهولة التركيب والصيانة وتستخدم على نطاق واسع في التطبيقات المنزلية والصناعية والزراعية نظرًا لمرونتها ومقاومتها للتآكل وتكلفتها المنخفضة.