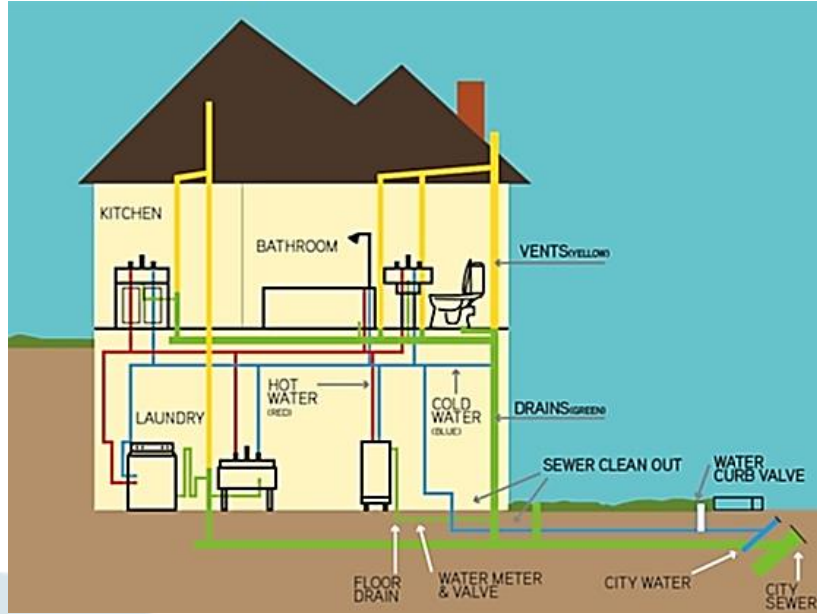


أنظمة الصرف الصحي والتغذية بالمياه في المباني Building Water and Wastewater Systems (Building Plumbing and Sanitation Systems)



مقدمة:

تخيلوا معي اللحظة... مشروع سكني فخم، تصميم معماري رائع، تشطيبات عالية الجودة، لكن بعد سنة من التسليم:

- رائحة كريهة في بعض الحمامات.
- ضغط ماء ضعيف في الطوابق العلوية وقت الذروة.
- تسربات متكررة في الأسقف المعلقة.
- فواتير مياه وكهرباء مرتفعة بشكل غير مبرر.
- شكاوى مستمرة من السكان عن طول وقت انتظار الماء الساخن.

كل هذه المشاكل في أغلب الأحيان قد لا تكون بسبب سوء تنفيذ، بل بسبب قرارات تصميمية اتخذت في مرحلة مبكرة جداً من قبل المهندس المعماري، غالباً دون وعي كافٍ بمتطلبات الأنظمة الصحية.

الحقيقة المؤلمة:

في معظم المشاريع، تتراوح تكلفة الأعمال الصحية والميكانيكية (Plumbing+ HVAC)

بين 15% - 8 من إجمالي تكلفة المشروع. لكن التأثير السلبي للأخطاء في هذه النسبة الصغيرة قد يصل إلى إفساد سمعة المشروع كله، وزيادة تكاليف الصيانة، وانخفاض رضا المستخدم النهائي.
إذاً لماذا يجب على المهندس المعماري - أنتم بالتحديد - أن تهتموا بهذا الموضوع؟
لأنكم:

1. أنتم أول من يحدد مكان الحمامات والمطابخ والغرف الخدمية.
2. أنتم من يقرر أماكن الأعمدة الرأسية (Risers) وأماكن المناور Shafts.
3. أنتم من يحدد المناسيب والمسافات التي ستؤثر على ميل الأنابيب.
4. أنتم من يضع القيود التي سيضطر الاستشاري الميكانيكي للعمل ضمنها (أو يعاني بسببها).

بمعنى آخر: المهندس المعماري هو صاحب القرار الأول والأخير في كثير من تفاصيل الأنظمة الصحية، حتى لو لم يقدّر بالحسابات بنفسه.
هدفنا اليوم ليس أن نصبح مهندسين الميكانيك، بل أن نصبح معماريين أذكياء يفهمون:

- ما الذي يريده الاستشاري الميكانيكي فعلاً.
- أين توجد نقاط التوتر والمشاكل الشائعة في الصرف الصحي أو التغذية بالماء.
- كيف نصمم مخططاً معمارياً يسهّل (ولا يعقّد) عمل الأنظمة الصحية.

الهندسة الصحية هي أحد فروع الهندسة التي تهدف إلى:

- توفير بيئة صحية وآمنة داخل وخارج المباني.
- حماية صحة الإنسان.
- ضمان الاستخدام السليم للمياه والتخلص الآمن من الفضلات.

أهمية الهندسة الصحية للمعماري:

- تؤثر مباشرة على تصميم المبنى وتخطيطه.
- **صحة الإنسان:** تلعب هذه الأنظمة دوراً مباشراً في الحفاظ على صحة الناس من خلال توفير المياه النقية للشرب وإزالة المياه القذرة بشكل آمن.
- **البيئة:** يمكن لأنظمة الصرف الصحي الصحيحة حماية البيئة من تلوث المياه والتأثيرات البيئية السلبية.
- **الراحة والرفاهية:** أنظمة المياه والصرف الصحي هي عمود فقري لحياتنا اليومية، توفر الراحة والرفاهية للمجتمعات من خلال توفير الخدمات الأساسية.

- **أنظمة المياه والصرف الصحي** تضمن الوصول إلى المياه النظيفة والحفاظ على صحتنا وراحتنا. بالنظر إلى أهميتها الكبيرة، يجب أن نفهم جيداً كيفية تصميم وصيانة هذه الأنظمة بشكل صحيح. أي خطأ تصميمي قد يؤدي إلى مشاكل صحية وبيئية.

الكودات المستخدمة في حسابات وتصميم شبكة الصرف الصحي:

تستخدم الكودات (Codes & Standards)، الكود هو المرجع الذي نستخدمه عند تصميم وحسابات شبكات الصرف الصحي وشبكات المياه الباردة والساخنة وتدوير الماء الساخن.

الكودات العالمية المستخدمة

- I. **International Plumbing Code – IPC** الأكثر شيوعاً في العالم العربي.
- II. **British Standards – BS** شائع في دول تعتمد النظام البريطاني.
- III. **Uniform Plumbing Code – UPC**
- IV. **ASHRAE** خاص بالماء الساخن والطاقة

الحسابات والتصميم الهيدروليكي لشبكة الصرف الصحي:

في تصميم الأنظمة الصحية داخل المباني (شبكات المياه الباردة والساخنة، الصرف الصحي، تصريف مياه الأمطار)، الهدف الأساسي هو ضمان مرور الكمية المناسبة من الماء بسرعة مناسبة وضغط كافٍ إلى جميع النقاط (الحمامات، المطابخ، طفايات الحريق، الري، إلخ) مع تقليل الفاقد في الطاقة والضوضاء والتآكل.

لتحقيق ذلك نعتمد على مفهومين **فيزيائيين أساسيين يُدرسان في ميكانيكا الموائع:**

1. **معادلة الاستمرارية (Continuity Equation)** الفكرة الأساسية (بكلمات بسيطة) : الماء لا يختفي ولا يظهر فجأة داخل الأنابيب. الكمية التي تدخل من نقطة = الكمية التي تخرج من نقطة أخرى (في حالة الجريان المستمر/الثابت Steady flow).

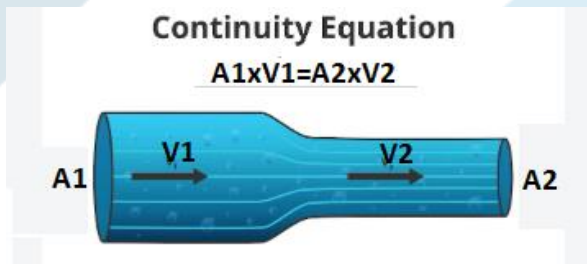
رياضياً (الشكل الأكثر استخداماً في الهندسة الصحية):

$$Q = A_1 \times V_1 = A_2 \times V_2 = \text{Constant}$$

Q - معدل التصريف / التدفق الحجمي m^3/s أو L/s

A - مساحة المقطع (m^2)

V - متوسط سرعة السائل (m/s)



2. معادلة برنولي (Bernoulli's Equation) الفكرة الأساسية (بكلمات سهلة): الطاقة الكلية للماء (ضغط + طاقة حركة + طاقة وضع) تظل ثابتة تقريباً على طول خط الجريان (إذا تجاهلنا الفاقد الناتج عن الاحتكاك مؤقتاً).

الشكل الأشهر (بين نقطتين على نفس خط الجريان):

$$P_1/\gamma + V_1^2/2g + Z_1 = P_2/\gamma + V_2^2/2g + Z_2 + \text{pressure losses}$$

أو بشكل آخر شائع:

$$P + 1/2 \rho V^2 + \rho g h = \text{constant}$$

(شكل الطاقة لكل وحدة حجم)

حيث:

- $P \rightarrow$ الضغط
- $1/2 \rho V^2 \rightarrow$ الضغط الحركي الناتج عن سرعة المائع (Dynamic pressure)
- $\rho g h \rightarrow$ الضغط الهيدروستاتيكي الناتج عن الارتفاع
- $\gamma = \rho g$ (الوزن النوعي)

معادلة الاستمرارية ← تحافظ على كمية الماء (Q ثابت) ← تربط القطر بالسرعة.
معادلة برنولي ← تحافظ على الطاقة الكلية ← تربط الضغط بالسرعة وبالارتفاع.

في الواقع نضيف دائماً الفاقد الناتج عن الاحتكاك والقطع الخاصة (المعادلة الحقيقية)

الهدف في التصميم الصحي تامين: ضغط كافٍ + سرعة معقولة (0.6-2.5 م/ث تقريباً) + أقل فاقد في الضغط ممكن.

بنهاية المقرر يجب أن يكون الطالب قادراً على:

- إدراك مفهوم الهندسة الصحية ودورها في العمارة.
- معرفة أنظمة المياه والصرف الصحي داخل المباني.
- إدراك العلاقة بين التصميم المعماري والصحة العامة.
- تجنب الأخطاء الشائعة في التصميم الصحي.

أنظمة الصرف الصحي

Sanitary Drainage systems

أولاً: أهداف الصرف الصحي

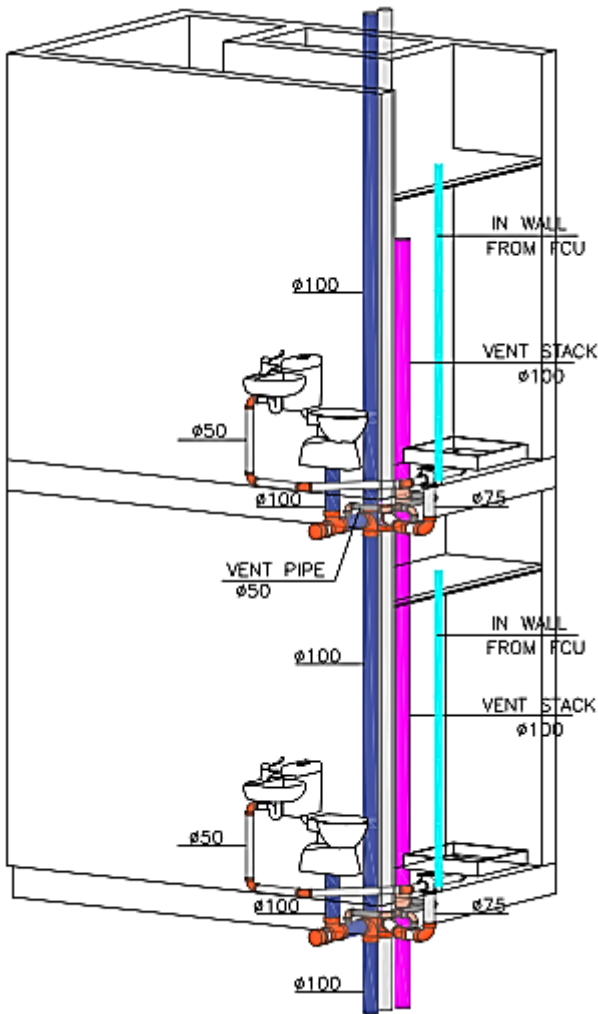
1. تعريف الصرف الصحي:

هو نظام يُستخدم لإزالة المياه الصرف (العادمة) من الأدوات الصحية بأمان دون روائح أو ارتداد و صرفها إلى شبكة الصرف العامة في المباني وكذلك الصرف الصحي الصناعي والزراعي تصريفها بطريقة آمنة وصحية. منظومة أنابيب الصرف الصحي تعمل بالجاذبية لنقل المياه المستعملة والفضلات ويعتمد على:

- الجاذبية (Gravity Flow)
- فرق الضغط
- التهوية (Ventilation)

2. أهداف الصرف الصحي:

- حماية صحة الإنسان من الأمراض المنقولة بالمياه مثل الكوليرا والتيفوئيد وغيرها.
- حماية البيئة والمياه الجوفية من التلوث.
- تحسين جودة الحياة في المناطق الحضرية.
- تقليل الروائح الكريهة والحشرات الناقلة للأمراض.
- تمكين إعادة استخدام المياه المعالجة في أغراض غير الشرب مثل الري أو الصناعات.



- ثانياً: أنواع الصرف الصحي

يمكن تصنيف الصرف الصحي إلى الأنواع التالية:

الصرف الصحي Sewage System

عبارة عن مياه الصرف من المباني السكنية والصناعية التي تحتوي على فضلات عضوية وكيميائية وتصنف بحسب:

حسب نوع المياه

• صرف صحي (Sanitary Drainage)

- مياه المراحيض
- مياه المغاسل
- مياه المطابخ
- مياه الدش

هذا هو النظام الأساسي في المباني السكنية. ويقسم بحسب نوع المياه الى نوعين:

• صرف المياه الرمادية (Grey Water) هي مياه ناتجة عن الاستخدام اليومي لكنها تحتوي على صابون، منظفات، دهون خفيفة ولا تحتوي على فضلات بشرية. مثل مياه:

- مغاسل
- ادواش
- غسلات
- مياه أحواض المطبخ (أحياناً تُستثنى حسب النظام)

أحياناً يُعاد استخدامها في:

- ري الحدائق
- تنظيف الأرضيات
- صناديق الطرد في المراحيض

• صرف المياه السوداء (Black water) هي مياه الصرف الأكثر تلوثاً لأنها تحتوي على فضلات بشرية. مثل مياه:

- المراحيض
- أحياناً مياه المطبخ (لوجود دهون وبقايا طعام)

خصائصها:

- تحتوي على بكتيريا وميكروبات ضارة.

- تحتاج إلى معالجة متقدمة.
- تشكل خطراً صحياً إذا لم تُعالج.

التعامل معها:

- تُنقل إلى شبكات الصرف الصحي.
- تحتاج إلى معالجة في محطات معالجة متخصصة قبل التصريف في البيئة.

1. الصرف الصحي الصناعي: Industrial Wastewater

المياه الناتجة عن العمليات الصناعية. قد تحتوي على مواد خطرة تحتاج لمعالجة خاصة.

2. الصرف الصحي المطري: Storm water Drainage

- جمع مياه الأمطار ومنع تجمعها حول المباني.
- يقي من الفيضانات ويحافظ على البنية التحتية. ويشمل:
 - مياه الأسطح
 - مياه الشرفات
 - مياه الموقع العام من الأرصفة والطرق وغيرها.

3. الصرف المختلط: Combined System

- يجمع بين مياه الصرف الصحي والمياه المطرية في شبكة واحدة.
- يستخدم في بعض المدن القديمة لكنه قد يؤدي لمشاكل عند هطول أمطار غزيرة.

- ثالثاً: مكونات نظام الصرف الصحي في المباني

1- الأدوات الصحية (Plumbing Fixtures)

التركيبات الصحية وهي نقطة البداية داخل المنشأة (منزل، مصنع، مكتب). مثال مصادر المياه العادمة:

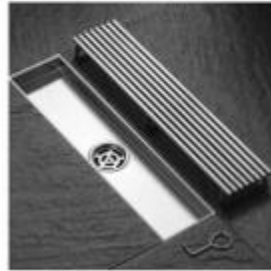
- المراض (WC)
- بيديه
- المغسلة
- حوض الاستحمام (الدش / البانيو)
- حوض المطبخ
- الغسالة
- غسالة الصحون-جلالية.

2- المصارف الأرضية الداخلية في المبنى (House/Building Floor Drains)

هي أنابيب أفقية داخل المبنى تجمع الصرف من جميع التركيبات الصحية وتوصله إلى أنبوب الخروج الرئيسي.

- تُركَّب في الحمامات والمطابخ
- لتصريف مياه الأرضيات
- تحتوي على سيفون أرضي (مصائد) لمنع رجوع الروائح

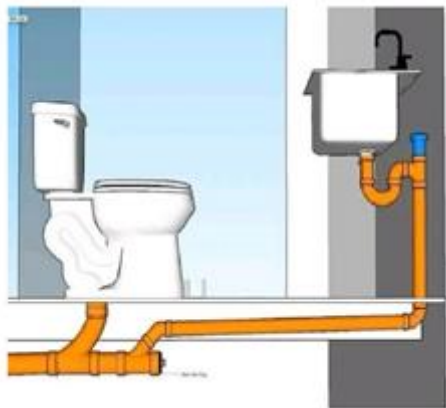
3- السيفونات (مصائد المياه) (Trap)



هي انحناء على شكل "U" أو "S" (قاطع رائحة) موجود أسفل كل حوض المغسلة والدوش أو مرحاض. وظيفتها تحجز كمية دائمة من الماء لتعمل كسداد يمنع عودة الغازات والروائح من الشبكة إلى داخل المبنى. مثال:

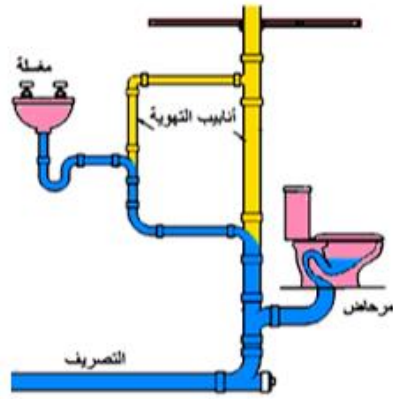
- سيفون مغسلة
 - سيفون أرضي
 - سيفون المرحاض
- تعتمد على وجود عمود ماء يمنع مرور الغازات.

النوع	الاستخدام
P-Trap	مغاسل
S-Trap	مراحيض
Floor Trap	أرضيات



4- أنابيب التهوية (Vent Stack/Pipe)

ما هي التهوية في الصرف الصحي؟
هي أنبوب خاص (يسمى أنبوب التهوية أو Vent Pipe) يصل من شبكة الصرف إلى سطح المنزل (السطح أو خارج الجدار). قطره عادة 2-4 إنش، ويخرج فوق السطح بـ 50 سم على الأقل. وظيفة أنابيب التهوية كبيرة كتالي:



1. منع خروج الروائح الكريهة داخل المنزل (غاز المجاري لا يدخل الى الشقة).
2. تحافظ على الماء في الكوع (Siphon) تحت المغاسل والتواليت، فلا تجف ولا تسمح للروائح بالصعود.
3. تسمح بتدفق المياه بسرعة وبدون أصوات (غرفة).
4. تعمل على توازن الضغط في شبكة الصرف تمنع الضغط السلبي الذي يسحب الماء من الكوع (ظاهرة السيفونات).
5. وهي إلزامية حسب الكود العالمية بدونها النظام يُعتبر غير مطابق!
6. يركب دائماً غطاء تهوية (vent cap) على نهاية أنبوب التهوية فوق السطح لحمايتها من المطر والحشرات.

5- أنابيب الصرف خطوط التوصيل المنزلي (House Sewer/Lateral Sewer)

هي الانابيب التي تمتد ضمن المنزل والانابيب الخارجة من المبنى ويتصل بالمجاري العامة في الشارع. تنقسم حسب الوظيفة:

Branch Sewers أنابيب الفروع

- تنقل المياه من الأدوات الصحية
- أقطارها صغيرة نسبياً وتنفذ بميل مناسب

Sub-main Sewers أنابيب التجميع (الأفقية)

- تجمع المياه من عدة فروع
- تُركب بميول مناسبة

Stack or Riser أنابيب السقوط (العمودية)

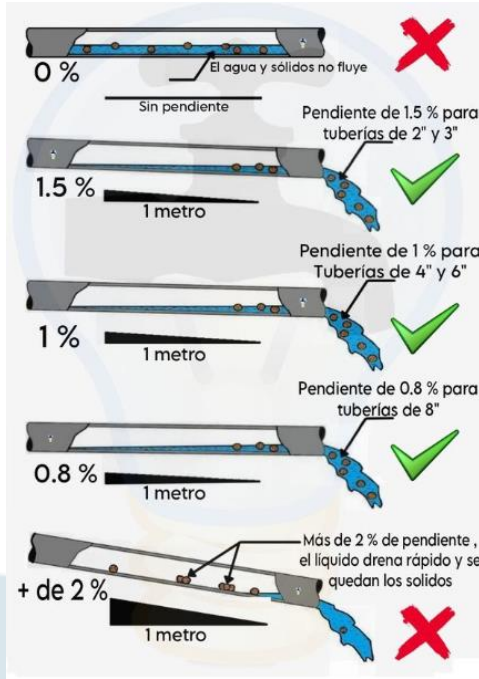
- تنقل الصرف من الأدوار العليا
- تمتد حتى غرفة التفتيش في المبنى أو الشارع

- مجاري الصرف الصحي الرئيسية (Main/Trunk Sewers)

هي أنابيب كبيرة الحجم تجمع الصرف من عدة مجاري فرعية.

- ميل شبكة مجاري الصرف الصحي (Slope):

الميل المفضل (الانحدار) لشبكة الصرف الصحي يعتمد على قطر الأنبوب، لكن في معظم المشاريع السكنية والتجارية الصغيرة إلى المتوسطة تكون القيم الأكثر شيوعاً واستخداماً.



القاعدة الذهبية الأكثر استخداماً في المنازل والمباني.

1-2 سم لكل متر (أي 1-2%) للمواسير 4

بوصة و6 بوصة هذا الميل يعتبر التوازن

المثالي بين السرعة الجيدة وعدم حدوث

ترسبات سريعة. الميل الكبير يؤدي الى تدفق

سريع للماء وترسب المواد الصلبة وعدم امالة

الشبكة تؤدي الى ركود الماء وترسب المواد

الصلبة.

عند التصميم النسبة المثلى لامتلاء الانابيب

هي 50% إلى 75% مع مراعاة تحقيق سرعة

جريان بالثقالة كافية (ميل) بدون ضخ لمنع

الترسب في جميع حالات التشغيل. يجب

الرجوع إلى الكود المحلي المعتمد في كل بلد

للحصول على المواصفات الدقيقة. يجب ان تكون سرعة الجريان مناسبة.

الميل الأدنى	القطر
2%	Ø 50 مم
1%	Ø 75-100 مم
0.5%	Ø ≥ 150 مم

• السرعة الدنيا المطلوبة 0.9 - 0.6 متر/ثانية، السرعة العظمى 3 - 2.5 متر/ثانية.

• السرعة المثلى الدنيا 0.75 م/ثانية على الأقل عند التدفق الكامل.

• الهدف: منع ترسب المواد الصلبة (الرمال، الأتربة، المواد العضوية) في قاع الأنابيب.

في مخططات الصرف الصحي الهندسية (Sanitary Sewer Drawings)، يتم تمثيل

أنواع المواسير برموز قياسية تكتب بجوار الخط الذي يمثل الماسورة، مع ذكر القطر والميل

إن لزم الأمر.

6- فتحات التنظيف Regur-Clean Out

فتحة الريكار أو فتحة التنظيف هي الاسم الشائع في العديد من الدول العربية وتكون بقطر 4-6 انش لـ Out Clean في نظام الصرف الصحي. هي نقطة وصول خاصة في شبكة الأنابيب، مصممة لتسهيل تنظيف وصيانة المجاري دون الحاجة إلى حفر الأرض أو تكسير الجدران.

الغرض الرئيسي من فتحة الريكار:

- **تنظيف الانسدادات:** إذا انسدت الأنابيب بسبب الدهون، الشعر، الأوساخ، أو الجذور، يفتح الغطاء ويُدخل أداة تسليك (مثل "الراصور" أو آلة الضغط العالي).
- **فحص الأنابيب:** يمكن إدخال كاميرا صغيرة لمعرفة موقع المشكلة بدقة.
- **منع فيضان مياه الصرف:** تساعد في تجنب رجوع المياه إلى المنزل (مثل المغاسل أو المراحيض).
- **تهوية النظام:** تسمح بتسريب الغازات الضارة من المجاري.



7- غرف التفتيش (Inspection Chambers / Manholes)

هي غرف أسطوانية أو مربعة الشكل تحت الأرض متصلة بالخطوط، ومغطاة بغطاء معدني أو بلاستيكي على سطح الطريق. وظيفتها السماح لمياه الصرف بالوصول إلى الشبكة الرئيسية ضمن الشارع، تستخدم للفحص، التنظيف، الصيانة، وأخذ العينات. توضع عند تغيير الاتجاه، الميل، القطر، أو تقاطع الخطوط.

- تُستخدم للفحص والتنظيف
- أعمال الصيانة وأخذ العينات
- تُركب خارج المبنى توضع عند تغيير الاتجاه، الميل، أو تقاطع الخطوط
- تربط الشبكة الداخلية بالشبكة العامة.

الفرق بين الريكار وغرف التفتيش (المنهول):

- الريكار (Clean Out) صغيرة، للتنظيف السريع، لا يدخلها الإنسان.
- غرفة التفطيش (منهول): كبيرة، يمكن ان يدخلها العامل للصيانة الكبيرة، موجودة في الشوارع.



8- ضخ الصرف الصحي (Pumping Stations) Sewage/Sump Pump

- هي منشآت أو حفرة تجمع جميع أجهزة بمضخات قوية وخزانات استقبال وظيفتها رفع مياه الصرف من المناطق المنخفضة أقبية المباني إلى مناطق أعلى عندما لا يكون الميل كافياً للجريان بالجاذبية، لمواصلة نقلها نحو غرف التفطيش أو محطة المعالجة.
- هناك عدة أنواع من أنظمة الضخ:
- مضخات الصرف الصحي مع فواشه (أو مفرمة / Grinder Pump) هي مضخات غاطسة متخصصة تقوم بفرم المواد الصلبة في مياه الصرف (مثل المناديل، الشعر، المنتجات الصحية) إلى قطع صغيرة جداً، ورفع المياه لمسافات طويلة أو ارتفاعات عالية دون انسداد.
 - مضخة Sewage/Sump Pump أو مضخة تجمع المياه في الحفرة، وهي مضخة غاطسة مع فواشه تُستخدم بشكل أساسي لإزالة المياه النظيفة أو الرمادية (مياه الأمطار، التسرب، أو الماء في غرف خزانات الماء) من حفرة تجمع (sump pit) في القبو (basement) أو تحت الأرض لمنع الفيضان.

9- قطع وصلات وربط الانابيب (مواسير) (Pipes & Fitting)

• قطع الوصل بين الانابيب لزوم التركيبات

- جميع قطع الوصل في نظام الصرف الصحي تكون بزاوية 90 أو 45 درجة.
- كوع قائم، كوع فاتح
 - تيّهات مختلفة (T)
 - أغطية تنظيف (Cleanouts)
 - ناقصه عند تغيير قطر الانابيب.
 - قطع وصل الانابيب.



• أنواع الاتابيب لزوم التركيبات

- **مواسير البلاستيك (Unplasticized Polyvinyl Chloride) UPVC/PVC**
بولي فينيل كلوريد غير ملدن الأكثر استخداماً في المشاريع السكنية والفرعية في معظم الدول العربي تتميز خفيفة . مقاومة ممتازة للتآكل . رخيصة . سهلة التركيب . سطح أملس (قلة الترسبات).
- **مواسير البولي إيثيلين عالي الكثافة (High Density Polyethylene) HDPE**
الأكثر استخداماً في الشبكات الرئيسية. تتميز مرنة جداً . مقاومة كيميائية عالية . مقاومة الزلازل والانزلاقات . وصلات اندماج حراري (لا تتسرب).
- **مواسير الخرسانية (Reinforced Concrete Pipe) RCP**
لا تزال مهيمنة في الأقطار 600–800 مم. قليلاً جداً استخدامها في المشاريع الجديدة. تتميز قوة ضغط عالية جداً . تتحمل أحمال خارجية كبيرة . رخيصة نسبياً في الأقطار الكبيرة.
- **مواسير الحديد الدكتايل (Ductile Iron Pipe)**
تتميز. قوة ميكانيكية عالية . تتحمل ضغط وأحمال عالية . عمر طويل مع حماية جيدة ويُستخدم بشكل رئيسي في خطوط الضغط أو الصرف تحت أحمال ثقيلة.

- **الفخار المزجج (Vitrified Clay Pipe)** مقاومة كيميائية ممتازة جداً . لا يتآكل بوجود الغازات الحمضية. عمر طويل جداً.



10- تصميم وحساب شبكات الصرف الصحي:

- لتنهيل تصميم وحسابات شبكة الصرف الصحي يتم تحويل كل تركيبات أو أجهزة الصرف المختلفة (مرحاض، حوض، دش، غسالة...) إلى وحدات تصريف صحي- **وحدات قياسية موحدة Drainage Fixture Unit(DFU)** ، لتمثيل حمولة شبكة الانابيب (تدفق مياه التصريف) وتحديد القطر المناسب لكل فرع وللخط الرئيس وحساب احتمالية الاستخدام المتزامن **للتجهيزات حيث لا تعمل جميع التركيبات أو التجهيزات في نفس الوقت ونفس اللحظة في المباني الكبيرة (معامل الاحتمالية Probability Factor)** . بالاعتماد على الكودات العالمية والمحلية يتم تحديد عدد الوحدات القياسية.
- وحدات التركيبات تأخذ في الاعتبار احتمال التشغيل المتزامن.

- التصميم الاقتصادي للأنابيب.
- يبين الجدول مقارنة بين كود IPC & UPC.

جدول وحدات الصرف القياسية (Drainage Fixture Unit DFU) للتركيبات الصحية.

DFU (IPC)	DFU (UPC)	التركيبية الصحية
1	1	مغسلة يد (Lavatory)
2	2	حوض مطبخ
2	2	دوش (Shower)
2	2	بانيو (Bathtub)
3	4	مرحاض (WC) خزان عادي
6	6	مرحاض (Flush Valve)
1	2	بيديه (Bidet)
2	3	غسالة ملابس منزلية
2	2	غسالة أطباق
2	2	مصرف أرضية (Floor Drain)
حسب المساحة	حسب المساحة	المصرف المطري (Roof Drain)

يحدد معامل الاحتمالية استخدام التجهيزات بنفس الوقت K هو ثابت عددي في معادلات الاحتمالية الإحصائية التي تحول مجموع وحدات التركيبات الصحية (DFU) إلى معدل تدفق تصميمي (لتر/ثانية). وظيفته هي نمذجة احتمالية الاستخدام المتزامن للتركيبات في نوع معين من المباني.

ببساطة، K هو عامل تصحيح يضمن ألا نصمم الأنابيب لاستيعاب جميع التركيبات وهي تعمل معاً (وهو أمر مستبعد إحصائياً)، بل لاستيعاب الذروة الواقعية المتوقعة.

يحدد التدفق من معادلة هنتر (Hunter's Equation)، المعادلة الأساسية التي تستخدم K هي شكل، وتكتب كالتالي:

$$Q = K * \sqrt{(\Sigma DFU)}$$

حيث:

- Q : معدل التدفق التصميمي (لتر/ثانية).
 - ΣDFU : مجموع وحدات التصريف الصحي لجميع التركيبات.
 - K : المعامل الذي يعتمد على نوع المبنى ونوع النظام.
- قيم K النموذجية (حسب الكود الأمريكي الموحد للهندسة الصحية UPC) تختلف قيمة K باختلاف طبيعة الاستخدام وتردد التشغيل:

نوع المبنى / الاستخدام	قيمة K للنظام	المنطق
المباني السكنية (شقق، فيلات)	0.5	احتمالية متوسطة للتشغيل المتزامن، حيث أن فترات الذروة (الصباح/المساء) موزعة.
المستشفيات، الفنادق،	0.6	احتمالية أعلى قليلاً، بسبب وجود عدد كبير من المستخدمين في أوقات محددة.
المدارس، المكاتب، الكنائس	0.4	احتمالية منخفضة نسبياً، لأن استخدام المرافق الصحية يكون في فترات راحة محددة.
المطاعم، المسارح، الملاعب	0.7 أو أكثر	احتمالية عالية جداً، حيث يتم استخدام عدد كبير من المراحيض في فترات الاستراحة القصيرة.

جدول أقصى عدد (Drainage Fixture Unit DFU) وحدات صرف مسموح بها حسب
قطر ماسورة الصرف (أفقي) في كود IPC & UPC.

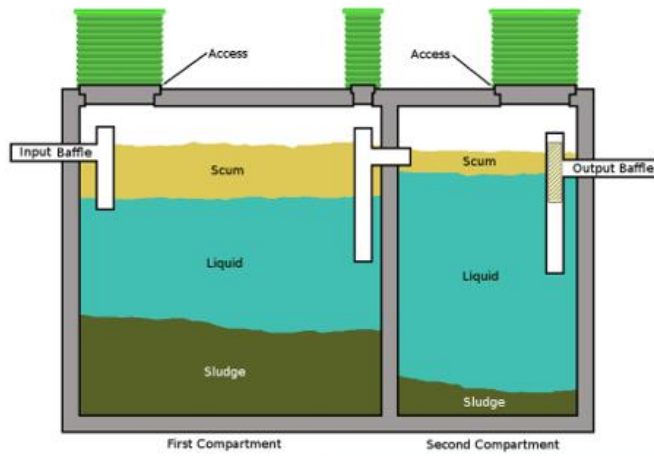
قطر الماسورة	DFU (IPC)	DFU (UPC)
1½ انش (40 mm)	3	1
2 انش (50 mm)	21	6
3 انش (75 mm)	48	20
4 انش (100 mm)	216	160
5 انش (125 mm)	480	360
6 انش (150 mm)	840	620

ملاحظات مهمة

تُستخدم الجداول اعلاه لتحديد:

- قطر ماسورة الصرف
- سعة الخط الرئيسي
- التهوية (Vent)

11- خزان التحليل (Septic Tank)



هو خزان لتجميع مياه الصرف الصحي (البيارة) وهو نظام معالجة أولية لمياه الصرف المنزلي في المناطق التي لا توجد فيها شبكة صرف صحي عامة. يعتمد عمله على الترسيب + التحلل اللاهوائي بواسطة البكتيريا.

يتألف خزان التحليل من حجرة واحدة أو حجرتين أو ثلاثة وتكون حجم كل حجرة مختلف فالنسبة المثالية للحجرات (في الخزان ذو الحجرتين أو الثلاث):

- الحجرة الأولى 60-70% ← من الحجم الكلي
 - الحجرة الثانية 30-40% ← من الحجم الكلي
 - في حالة 3 حجرات: (الأولى 50% - الثانية 25% - الثالثة 25%) من الحجم الكلي.
- يتم حساب حجم خزان الصرف الصحي (طرق مختلفة مستخدمة عربياً) بعدة طرق الطريقة الأكثر شيوعاً في المنازل السعودية والخليجية حسب مدة التخزين قبل الشفط -السحب:
- $$\text{الحجم} = \text{عدد الأشخاص} \times \text{استهلاك الفرد اليومي} \times \text{عدد أيام التخزين المطلوبة}$$
- القيم الشائعة:

- استهلاك الفرد اليومي (مياه صرف + مطبخ + استحمام) 120 - 150 → لتر/يوم (غالباً 130-140 لتر واقعياً).
- مدة التخزين المريحة قبل الشفط 8-15 → يوم (10 أيام قيمة وسطية جيدة).
- يجب ان يكون خزان التحليل بعيد بمسافة (1.5-3م) عن العناصر الانشائية للبناء المجاور.
- ويجب ان يكون بعيد مسافة لا تقل عن 15م عن خزانات الماء للمبنى.

12- محطات معالجة مياه الصرف الصحي (Wastewater Treatment Plant WWTP)

تمر معالجة مياه الصرف الصحي عبر ثلاث مراحل رئيسية. تبدأ بالمعالجة الأولية الفيزيائية الميكانيكية لتصفية المواد الصلبة الكبيرة وترسيب الرمال من خلال احواض ترسيب **Primary Sedimentation Tanks**.

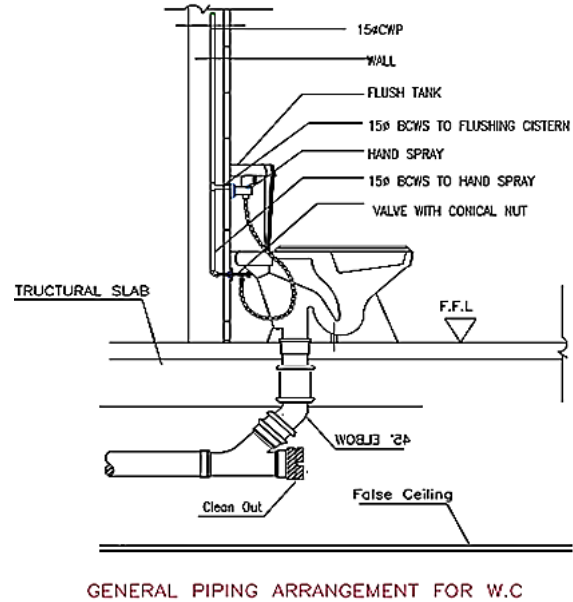
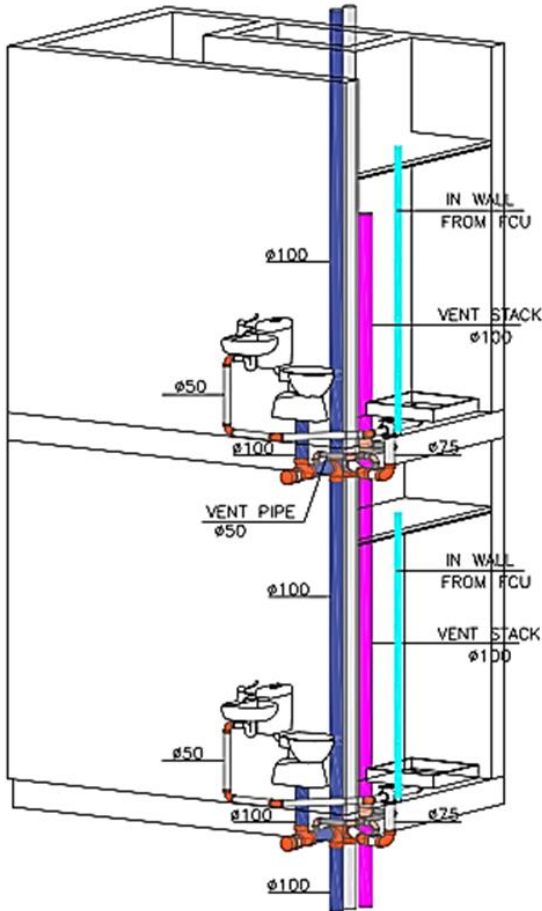
تليها المعالجة الثانوية **Secondary/Biological Treatment** البيولوجية، حيث تقوم بكتيريا خاصة بتحليل المواد العضوية الذائبة.

ثم تأتي المتقدمة الثالثة (**Tertiary/Advanced Treatment**) مرحلة التطهير النهائي باستخدام الترشيح الدقيق والتطهير بالكلور أو الأشعة فوق البنفسجية لقتل الميكروبات الضارة. تهدف العملية بأكملها إلى إنتاج مياه معالجة آمنة للتصريف في حماية البيئة والصحة العامة، وكمية من الحمأة يتم تثبيتها والتخلص منها بشكل صحي أو إعادة استخدامها.

13- طرق توصيلات الأدوات الصحية بأنابيب الصرف الصحي

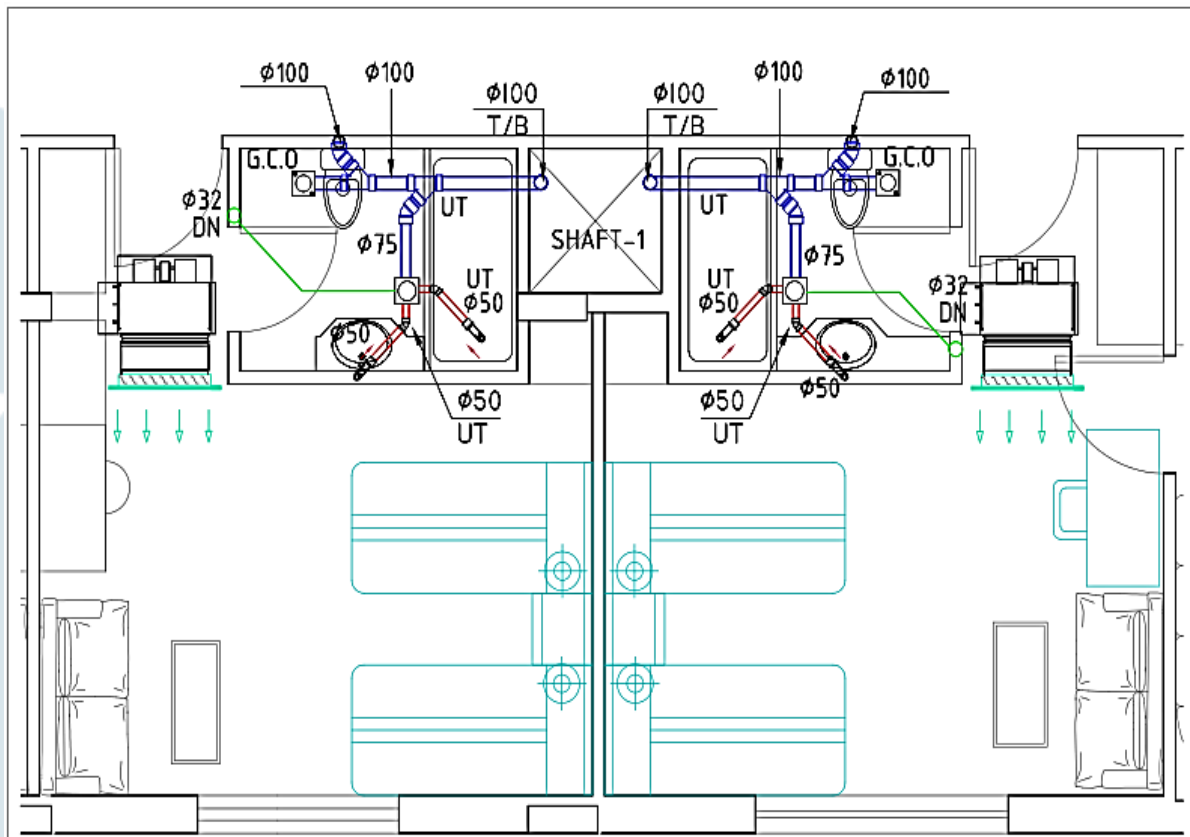
في المباني السكنية (خاصة الشقق والفلل الحديثة)، هناك طريقتان رئيسيتان لتوصيل شبكة الصرف الصحي داخل الوحدة:

1. **تحت البلاط (Under Tile)** داخل الأرضية - غالبًا تحت البلاطة أو ضمن البلاطة المسلحة (Sunken Slab) وتستخدم عندما يكون ارتفاع السقف الأصلي $\leq 3.00 - 3.20$ م (بعد التشطيب).
2. **المعلقة (Suspended / Hanged)** معلقة تحت السقف.

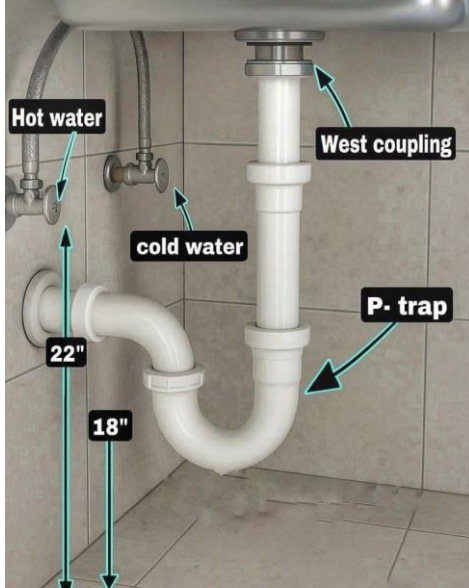


مقارنة سريعة بين الطريقتين:

- مواصفات التمديدات تحت البلاط:
 - 1- ممتاز جدًا - لا يوجد مواسير مرئية.
 - 2- يقلل ارتفاع السقف من 8-20 سم تقريبًا.
 - 3- عند حدوث تسريب يجب تكسير بلاط + خرسانة. غالبًا نحتاج الى (حفرة) بلاطة غاطسة في الحمامات ومكان مرور الانابيب ونحتاج الى عزل قوي تحت الانابيب.
- مواصفات التمديدات المعلقة (تحت السقف):
 - 1- المواسير ظاهرة (يفضل تغطيتها بسقف مستعار).
 - 2- لا تؤثر على ارتفاع السقف (خصوصا إذا تم تمديدها في السقيفة - عندما تكون الحمامات متكررة فوق في الطوابق).
 - 3- يمكن الكشف عليها وملاحظة أي تسرب وسهلة الصيانة ويمكن الوصول مباشر.
 - 4- سرعة التنفيذ.



Plumbing P-trap diagrams with labels



توصيلات مغسلة يدين



توصيلات حوض مجلى مزدوج



كرسي مرحاض معلق



شبكة صرف صحي أرضية فوق البلاط



شبكة الصرف الصحي المعلقة في السقف

مثال توضيحي لتصميم نظام الصرف الصحي

لدينا مبنى مكون من 5 طوابق يحتوي كل طابق على شقتين. مع التأكيد على أن التصميم النهائي يجب أن يتم وفقاً للكود الهندسية العالمية أو المحلية المعتمدة في بلدك.

- الافتراضات الأولية للمبنى والتركيبات

لنفترض أن كل شقة تحتوي على التركيبات الصحية التالية:

مرحاض (تواليت)، حوض استحمام (بانيو)، حوض غسيل (بيديه)، مغسلة مطبخ.

المطلوب حساب للقيم الأساسية لشبكة الصرف الصحي (تدفق المياه واقطار الانابيب).

وفقاً لمعايير مثل الكود الدولي للتصاميم الصحية (IPC)، يتم تحويل كل تركيب إلى وحدات تصريف صحي (DFU) لتمثيل حمولته.

يبين الجدول التالي عدد الوحدات الصرف الصحي للأجهزة في كل طابق.

التركيبات الصحية	وحدة التصريف الصحي - (DFU)
مرحاض (تواليت)	4 DFU
حوض استحمام (بانيو)	2 DFU
حوض غسيل (ايدي)	1 DFU
مغسلة مطبخ	2 DFU
المجموع لكل شقة	9 DFU

-تحليل الأحمال الهيدروليكية

الهدف هو حساب إجمالي الحمل (تدفق الماء الصرف) على أنبوب الصرف الرئيسي (النازل) الذي يخدم المبنى.

-حساب الحمل لكل شقة: كما هو موضح في الجدول وتساوي 9 DFU.

-حساب الحمل الكلي للمبنى:

1. عدد الشقق = 5 طوابق × 2 شقة/طابق = 10 شقق.

2. إجمالي وحدات التصريف DFU = 10 شقق × DFU/9 لكل شقة = **90 DFU**

1. تطبيق عامل الاحتمالية: (Probability Factor)

في الواقع، لا تعمل جميع التركيبات في كل الشقق في نفس اللحظة. لذلك نستخدم معادلات أو جداول إحصائية (مثل منحني هنتر) لتحويل إجمالي الوحدات إلى معدل تدفق تصميمي واقعي.

باستخدام معادلة مبسطة مستخدمة في بعض الكودات:

$$Q = K * \sqrt{(\Sigma DFU)}$$

حيث:

- Q: معدل التدفق التصميمي (لتر/ثانية).
- ΣDFU : مجموع وحدات التصريف الصحي لجميع التركيبات.
- K: المعامل الذي يعتمد على نوع المبنى، من الجدول للمباني السكنية 0.5.

التصرف التصميمي للتدفق (ليتر/ثانية): **$Q = 0.5 * \sqrt{(90)} = 4.74$**

التصميم الأفقي والرأسي للنظام

المرجع	التوصيف الفني	المكون
	- لصرف المغاسل والبانيو 40-5مم. - لصرف المراض والمغسلة الرئيسية 100مم.	أقطار الأنابيب الفرعية داخل الشقة
خبرة هندسية	بناءً على التصريف المحسوب (4.7 ل/ث) والكود، القطر الأدنى هو 110مم الشائع للمباني السكنية. وقد يختار المهندس 125 مم للسماح بقدرة استيعابية مستقبلية أو بناءً على حسابات تفصيلية.	قطر عمود الصرف الرئيسي (الصاعد)
	• للأنابيب قطر 40-50 مم: ميل 3% (3 سم انخفاض لكل متر طول).	ميل الأنابيب الأفقية

المرجع	التوصيف الفني	المكون
	•للأنابيب قطر 85-110 مم :ميل 2% (2) سم انخفاض لكل متر طول).	
	يجب أن يكون لكل صاعد انبوب تهوية يخرج عبر السطح إلى الهواء الخارجي، بارتفاع لا يقل عن 20 سم فوق السطح، لمنع تفريغ المصائد المائية ونقل الروائح.	التهوية
	يجب أن تحتوي كل تركيبية (ماعد المرحاض الذي يحتوي على مصيدة مدمجة) على مصيدة مائية لمنع تسرب الغازات إلى داخل الشقة.	المصائد المائية (Siphons)

أنظمة التغذية بالمياه

Water Distribution Systems

مقدمة

تُعد شبكات التغذية بالمياه الباردة والساخنة من أهم الأنظمة الصحية في المباني السكنية (Domestic Hot & Cold-Water Supply Systems)-للفلل، الشقق، العمارات متعددة الطوابق). الهدف الأساسي هو توفير مياه شرب نظيفة وباردة بضغط كافٍ لجميع النقاط الاستهلاكية (الحنفيات، الدش، المغاسل، غسالات الأطباق والملابس)، بالإضافة إلى توفير مياه ساخنة مريحة (عادة 50-60 درجة مئوية) للاستخدام اليومي دون إهدار طاقة أو انتظار طويل. ولكن يفضل لقتل البكتيريا مثل السالمونيلا زيادة درجة الحرارة إلى 75 درجة مئوية

مكونات النظام الرئيسية (عامة)

1- المياه الباردة:

- مصدر رئيسي (شبكة المدينة العامة).
- عداد مياه (رئيسي أو فردي لكل وحدة).
- أنابيب الشبكة الرئيسية والفرعية.
- خزانات تخزين (علوية أو أرضية) في حال ضعف الضغط.
- صمامات رئيسية وفرعية + فلاتر (في بعض الحالات).

2- المياه الساخنة:

- مصدر تسخين (سخان كهربائي فردي، غلاية مركزية، مبادل حراري، أو نظام شمسي).
- يتم عزل أنابيب سخنة بعزل حراري (لمنع الضياعات الحرارية).
- في المباني الكبيرة: يستخدم مضخة دوران + (Recirculation Pump) أنبوب إرجاع لتدوير الماء الساخن باستمرار أو عند الطلب.
- صمامات الخلط الحراري (Thermostatic Mixing Valves) للتحكم في درجة الحرارة ومنع الحروق.

- أولاً: احتياجات استهلاك الماء للاستخدام المنزلي

احتياجات استهلاك الماء في المنازل تختلف بناءً على المنطقة الجغرافية، حجم الأسرة، والعادات اليومية. بشكل عام، يُقاس الاستهلاك المنزلي باللتر يومياً للفرد أو للمنزل بأكمله، وتتأثر بعدة عوامل رئيسية.

العوامل المؤثرة على استهلاك الماء المنزلي

هناك عدة عوامل تؤثر على حجم الاستهلاك، ويمكن تصنيفها إلى فئات رئيسية. إليك أبرزها بناءً على دراسات علمية:

1. العوامل الديموغرافية والاجتماعية:

- عدد الأشخاص في المنزل: كلما زاد عدد افراد الاسرة، زاد الاستهلاك الكلي، لكن الاستهلاك للفرد قد ينخفض بسبب المشاركة في الأجهزة.
- العمر والجنس: الأسر ذات الأطفال أو كبار السن قد تستهلك أكثر بسبب احتياجات إضافية.
- مستوى المعيشة ونمط الحياة: الأسر ذات الدخل الأعلى أو التعليم الأفضل قد تستخدم أجهزة موفرة للماء، مما يقلل الاستهلاك.

2. العوامل البيئية والمناخية:

- درجة الحرارة والأمطار: في المناطق الحارة أو الجافة، يزيد الاستهلاك بسبب الاستحمام المتكرر أو ري الحدائق (إن كان خارجياً).
- المناخ: في المناطق الجفاف أو ذات درجات الحرارة المرتفعة يؤدي إلى ارتفاع الاستهلاك اما المناطق الباردة عادةً يكون أقل استهلاكاً.

3. العوامل السلوكية والعادات:

- العادات اليومية: مثل كثرة الاستحمام أو استخدام أحواض الاستحمام (بانيو- جاكوزي) بدل الدوش. واستخدام الغسالات.
- كفاءة الأدوات والأجهزة الصحية: الأجهزة القديمة تستهلك أكثر، بينما استخدام الأدوات الموفرة للاستهلاك المياها في المراحيض، الحنفيات، والدُش الموفرة تقلل الاستهلاك بنسبة قد تصل إلى 30-50% (مثل رؤوس الدش المنخفضة التدفق والخلاطات الماء مع الحساس الضوئي).
- الوعي والسلوك الاستهلاكي.

4. العوامل البنوية والاقتصادية:

يُقاس الاستهلاك غالباً باليتر للفرد في اليوم، وتشمل الاستخدامات اليومية مثل الشرب، الطبخ، الاستحمام، الغسيل، والتنظيف. المتوسط التقريبي للاستهلاك بناءً على المستوى الاقتصادي:

- الدول منخفضة الدخل 50-100 لتر/فرد/يوم
- الدول متوسطة الدخل 100-200 لتر/فرد/يوم
- الدول مرتفعة الدخل 200-300 لتر/فرد/يوم (وقد يزيد في بعض المناطق)
- شح المياها: في المناطق ذات الأسعار المرتفعة أو التقنين، ينخفض الاستهلاك.
- نوع المنزل وسعة التخزين: المنازل الكبيرة أو ذات الحدائق قد تستهلك أكثر.

5. استهلاك الماء المنزلي الموصى به

لتحقيق توازن بين الراحة والاستدامة، توصي العديد من الجهات بأن يكون الاستهلاك بين **(100-150) ليترًا للفرد في اليوم** في الظروف العادية.

ان معدل استهلاك المياه في تصميم شبكة تغذية المياه في المباني السكنية (أي تصميم شبكة الماء الداخلية أو الفرعية للمباني السكنية) يعتمد على الكود المحلي أو المعايير الهندسية المعتمدة في البلد، ويختلف بشكل كبير حسب العوامل أعلاه.

يبين الجدول ادناه معدل استهلاك الماء في بعض الدول العربية.

الدولة / المنطقة	ملاحظات / المصدر الشائع	متوسط الاستهلاك اليومي للفرد (لتر/يوم/فرد) للتصميم
مصر	الكود المصري للمياه (غالبًا 200 لتر في المدن الكبرى، وهناك توجه للترشيد إلى 150 لتر)	150 – 250 لتر/يوم
السعودية	دليل كفاءة المياه السعودي + الكود السعودي (كان ~284 لتر في 2020)	200 – 280 لتر/يوم
الإمارات	من أعلى المعدلات عالميًا، توجه للترشيد حاليًا	250 – 350 لتر/يوم
الأردن / فلسطين	قيم منخفضة نسبيًا بسبب ندرة المياه	100 – 150 لتر/يوم
الدول الغربية (للمقارنة)	أوروبا غالبًا 120-180، أمريكا 200-400 (مع ري خارجي)	150 – 250 لتر/يوم

يبين الجدول ادناه معدل استهلاك الماء في التركيبات الصحية

النسبة التقريبية من الاستهلاك الإجمالي	استهلاك الماء اليومي التقريبي للفرد (لتر)	النشاط
20-30%	30-50	الاستحمام أو الدش
15-20%	20-40	غسل الملابس والأطباق
20-25%	25-40	تدفق التواليت
5-10%	5-15	الطبخ والشرب
10-15%	10-20	الري الداخلي أو التنظيف

- ثانياً: طرق التغذية بالمياه في المباني

تُعدّ التغذية بالماء البارد والساخن من الأنظمة الأساسية في المباني السكنية، حيث تُستخدم لتلبية احتياجات السكان اليومية مثل الشرب، الاستحمام، الطهي، والتنظيف. ويُعد توفير الماء بشكل منتظم وآمن عاملاً مهماً لضمان الراحة والصحة داخل المسكن. ويجب ضمان سلامة النظام وكفاءته. ويساعد هذا التنظيم البسيط في توفير المياه بسهولة، وتقليل الأعطال، وتحقيق الراحة اليومية لسكان المبنى.

1. التغذية بالماء البارد:

المصدر: المياه من الشبكة العامة أو الآبار أو خزانات مخصصة.
طرق التوزيع:

1. توزيع الماء في الشبكة يعتمد على الجاذبية: تعتمد على فرق الارتفاع لتدفق الماء.
2. المضخات: تستخدم في الأبنية العالية عملية ضخ الماء لتوفير ضغط مناسب.
3. الخزانات العلوية: تخزن الماء وتوزعه بالجاذبية.

الأهداف: توفير مياه للشرب، الطهي، النظافة، التبريد، والغسيل.

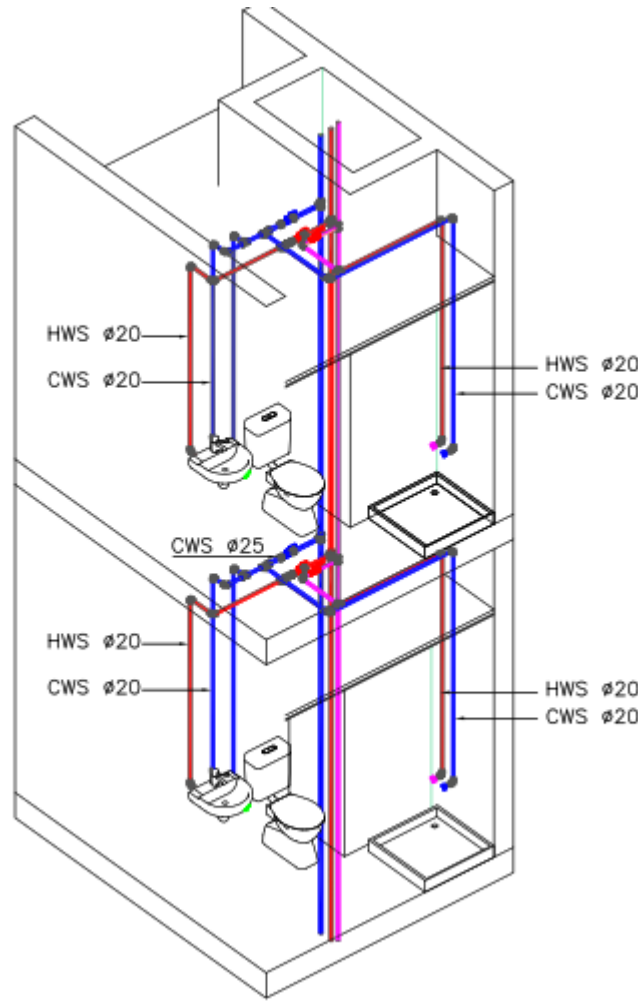
2. التغذية بالماء الساخن:

المصدر: تسخين المياه بواسطة:

1. السخانات الكهربائية أو على الغاز.
2. أنظمة تسخين الماء بالطاقة الشمسية.
3. المبادلات الحرارية ومرآجل الماء الساخن في المباني الكبيرة.

التوزيع الماء الساخن:

1. استخدام أنابيب معزولة للحفاظ على درجة الحرارة.
 2. تدوير جزء من الماء الساخن لتقليل فقد الحرارة وهدر الماء.
- الأهداف:** توفير مياه دافئة للاستحمام، الغسيل، والاستخدامات الصحية والصناعية.



ثالثاً: العلاقة بين التصميم المعماري وأنظمة المياه والصرف الصحي

تصميم أنابيب الصرف والمياه يجب أن يكون متوافقاً مع:

1. شكل المبنى وعدد الطوابق.
2. نوع الاستخدام (سكني، تجاري، صناعي).
3. متطلبات السلامة والصحة العامة.
4. التخطيط الجيد يقلل من فقد المياه والمشاكل الصحية.

رابعاً: نقاط هامة للدراسات العملية

1. رسم مخطط الشبكات داخل المبنى
(Cold, Hot Water & Return Hot Water)

2. توضيح مواقع الخزانات والمضخات.
3. توضيح نظام الصرف الصحي الداخلي والخارجي.
4. دراسة حالات عملية لمباني مختلفة بحسب التصميم المعماري.

- **خامساً: الاستدامة في الهندسة الصحية**

1. تصميم المباني الصديقة للبيئة باستخدام أنظمة صحية مستدامة.
2. تقنيات مثل جمع مياه الأمطار، وإعادة تدوير المياه، واستخدام الطاقة الشمسية.
3. تحسين الكفاءة الطاقية في الأنظمة الصحية.

مكونات نظام التغذية بالماء البارد والساخن في الأبنية السكنية

نظام التغذية بالماء البارد والساخن (Domestic Hot & Cold Water Supply) يتكون من مجموعة من العناصر المتكاملة التي تضمن وصول المياه النظيفة بضغط مناسب ودرجة الحرارة المرغوبة إلى جميع نقاط الاستخدام (حنفيات، دش، مطابخ، حمامات، غسالات، إلخ). يختلف التفصيل حسب حجم المبنى (فيلا، شقة، عمارة متعددة الطوابق) ونوع النظام (مباشر، غير مباشر، مركزي، إلخ)، لكن تبقى المكونات الأساسية مشتركة في معظم الحالات.

1. مكونات نظام الماء البارد (Cold Water Supply)

- مصدر التغذية الرئيسي — الشبكة العامة للمدينة. (Municipal Water Main)
- عداد المياه الرئيسي — يقيس الاستهلاك (غالباً خارج المبنى أو في غرفة العدادات).
- صمامات الإغلاق الرئيسية — (Main Shut-off Valve) لقطع المياه عن المبنى كاملاً.
- خزانات التخزين إن وجدت:
 - خزان أرضي. (Underground/Overhead Tank)
 - خزان علوي (Roof Tank) للضغط بالجاذبية.
- مضخات الضغط (Booster Pumps) تستخدم في المباني العالية أو الأماكن التي يكون فيها ضغط الماء ضعيف، ويستخدم أيضاً مع خزان (Pressure Tank) هيدروفر.
- أنابيب التغذية الرئيسية — (Rising Main) من المصدر إلى الطوابق.
- أنابيب التوزيع الفرعية — (Branch Distribution Pipes) داخل المبنى.
- صمامات فرعية وصمامات عزل — (Branch Valves, Isolation Valves) لكل طابق أو وحدة.
- فلاتر — (Filters) لتحسين جودة الماء.
- نقاط الاستخدام — الحنفيات، الدش، المغاسل، الغسالات، إلخ.

2. مكونات نظام الماء الساخن (Hot Water Supply)

- مصدر التسخين: (Water Heater)

- سخان كهربائي فردي — (Electric Storage Heater) شائع في الشقق.
- سخان غازي. (Gas Heater)
- مراجل مركزية — (Central Boilers) في العمارات الكبيرة.
- مبادل حراري (Heat Exchanger) مرتبط بمراجل التدفئة المركزية.
- نظام شمسي — (Solar Water Heater) مع خزان تخزين.
- أنابيب التغذية بالماء البارد إلى السخان — عادة قطر أكبر ($\frac{3}{4}$ انش على الأقل).
- أنابيب التوزيع الساخنة — (Hot Water Distribution Pipes) معزولة حرارياً لتقليل الفاقد.
- خط الإرجاع — (Return Line) في الأنظمة المركزية لتدوير المياه الساخنة (Recirculation).
- مضخة التدوير (Circulation Pump) تدوير مستمرة أو حسب الطلب بحيث يتم تشغيل مضخة التدوير عند الحاجة (Demand-controlled).
- صمامات مزج حراري — (Thermostatic Mixing Valves - TMV) للتحكم في درجة الحرارة ومنع الحروق أو نمو البكتيريا.
- صمامات أمان (Pressure Relief Valve, Temperature Relief Valve) — لمنع الانفجار أو الضغط الزائد.
- أنابيب التوزيع الفرعية — مشابهة للباردة لكن معزولة.

النوع	اختصار شائع	مناسب بشكل أساسي لـ	درجة حرارة قصوى تقريبية	مميزات رئيسية	عيوب رئيسية	نسبة الاستخدام الحالية (تقريبية) (2025)
بولي بروبيلين عشوائي	PPR	بارد + ساخن	95–100 °C (ضغط منخفض عند 95 °C)	سهل اللحام بالحرارة، مقاوم للكس، عمر طويل	يحتاج لحام حراري دقيق، أقل مرونة من PEX	50–70% (الأكثر انتشاراً في المنطقة)
كلوريد البولي فينيل الكلور	CPVC	بارد + ساخن	82–93 °C	لصق سهل (مذيب)، سعر جيد، مقاوم للكور	هش نسبياً تحت الصدمات، أقل تحملاً للحرارة العالية	15–30% (في السعودية ومصر)
بولي إيثيلين مترابط	PEX	بارد + ساخن	95 °C (قصير الأمد حتى 110 °C)	مرن جداً، تركيب سريع (Push-fit) أو (Compression)، مقاوم للتجمد	يحتاج أدوات خاصة، حساس للأشعة فوق البنفسجية	10–25% (بسرعة في المشاريع الحديثة)
نحاس	Copper (Type L, M)	بارد + ساخن	> 200 °C	متانة عالية، مقاوم للبكتيريا، يعيد بيع الخرقة	غالي جداً، يتأثر بالمياه الحمضية، لحام صعب	5–15% (الفلل الفاخرة والمستشفيات)
متعدد الطبقات (بلاستيك + ألومنيوم)	PEX-AL-PEX / PERT-AL-PERT	بارد + ساخن	95 °C	لا يتمدد حرارياً كثيراً، شكل مستقيم، مقاوم للأكسجين	تركيب أصعب وأعلى، بعض الأنواع قد تتفكك مع الزمن	10–5% (في التدفئة الأرضية أكثر)
(PVC عادي)	PVC / uPVC	بارد فقط	≤ 45–60 °C	رخيص جداً، سهل التركيب	لا يتحمل الساخن أبداً، يصبح هشاً في الشمس	نادر جداً في التغذية (يستخدم في الصرف)
HDPE	HDPE	بارد (أحياناً ساخن منخفض)	≤ 60–80 °C	مرن، مقاوم للكسر، شائع في الخطوط الرئيسية	لحام خاص، غير شائع داخل المباني	نادر داخل المباني
حديد مجلفن	GI / Galvanized Steel	بارد + ساخن (قديم)	عالية	قوة ميكانيكية عالية	يصدأ داخلياً مع الزمن، ثقيل، تركيب صعب	5% < (التخلص منه تقريباً في المشاريع الجديدة)









تركيب مجمع للأنابيب

- (تمثل الحمل الهيدروليكي للتركيبات الصحية من الماء (مغسلة، مرحاض، دوش...)، وليست تدفقاً فعلياً.

جدول وحدات التركيبات الصحية

ماء بارد (WSFU)	ماء ساخن (HWSFU)	التركيب الصحي
1.0	1.0	مغسلة (Lavatory) أيدي
2.5	-	مرحاض (WC – Tank)
1.0	1.0	دوش (Shower)
1.5	1.5	حوض مجلى (مطبخ)
2.0	2.0	غسالة ملابس
1.5	1.5	غسالة أطباق- جلاية

جدول تحديد تدفق الماء ليتر/ثانية (الاستهلاك) لمجموع وحدات التركيبات الصحية

التدفق المتوقع L/s	التدفق المتوقع L/min	إجمالي (WSFU)
0.50	30	10
0.88	53	20
1.70	102	50
2.70	163	100
4.42	265	200
8.20	492	500
13.1	787	1000

التدفق المتوقع L/s	التدفق المتوقع L/min	إجمالي (WSFU)
20.8	1250	2000
33.1	1988	4000

سرعات المياه المسموح بها في أنابيب التغذية

- لماذا نهتم بالسرعة؟

- السرعة العالية تؤدي الى - ضوضاء + تآكل + (المطرقة المائية) Water Hammer
- السرعة المنخفضة جداً تؤدي الى- ترسبات + ضعف الأداء.

السرعات الموصى بها (القيم المعتمدة)

نوع الخط	السرعة المسموحة (m/s)
فروع الأدوات الصحية	0.6 – 1.2
تغذية شقة	0.8 – 1.5
رايزر ماء بارد	1.5 – 2.0
رايزر ماء ساخن	1.0 – 1.5
خط تدوير ماء ساخن	0.3 – 0.9
خطوط رئيسية خارجية	2.0 – 2.5) حد أقصى

هذه القيم مستخدمة في:

- BS EN 806
- ASHRAE Handbook
- ممارسات IPC العملية

القيم القصوى (لا يُفضل تجاوزها)

المادة	السرعة القصوى
مواسير بلاستيك (PPR / PVC / PEX)	2.5 m/s
مواسير نحاس	2.0 m/s
مواسير فولاذ	3.0 m/s

علاقة السرعة بالتدفق (التصريف) والقطر:

$$Q = V \cdot A$$

حيث:

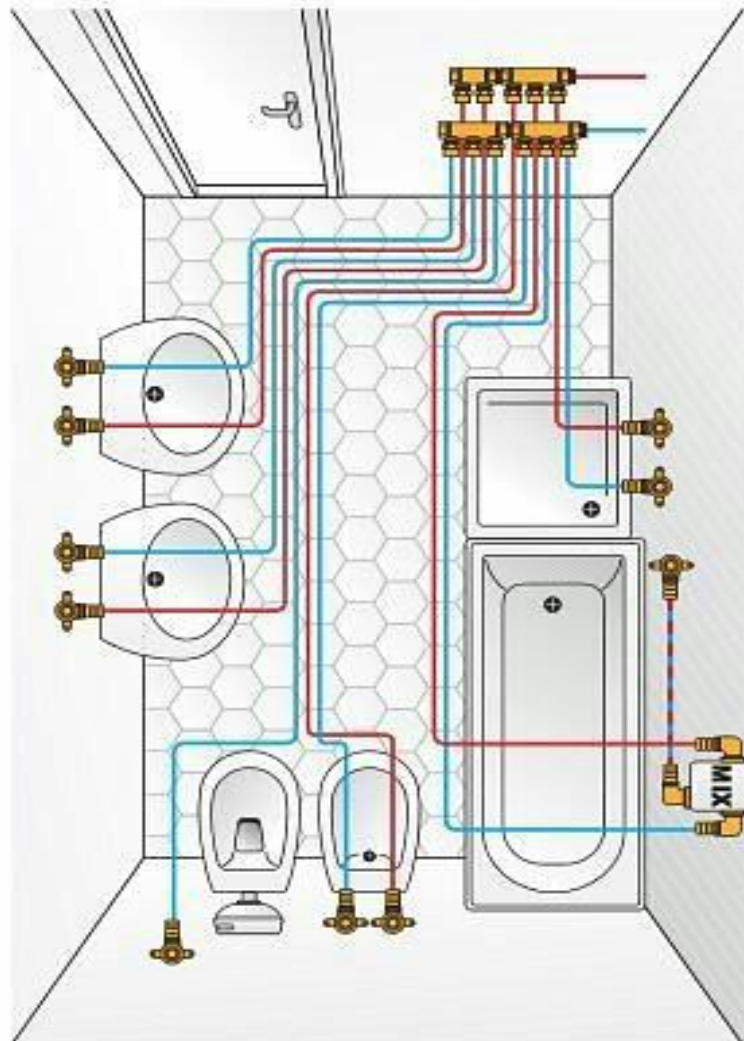
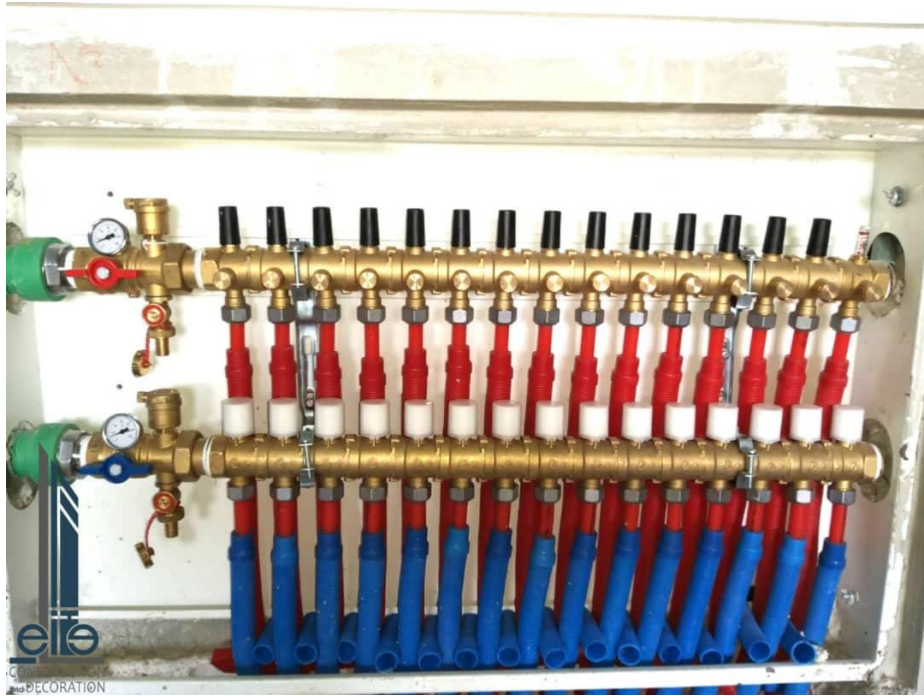
- V-السرعة (m/s)
- Q-التصريف (m³/s)
- A-مساحة المقطع (m²)

يبين الجدول القيم المفضلة للتدفق والسرعة الماء داخل الانابيب عند اقطار الانابيب

القطر (مم)	سرعة تقريبية	تصرف مناسب (L/s)
Ø 15	1.0 – 1.5	0.10 – 0.15
Ø 20	1.0 – 1.8	0.20 – 0.50
Ø 25	1.0 – 1.6	0.50 – 1.00
Ø 32	1.2 – 1.8	1.00 – 2.00
Ø 40	1.5 – 2.0	2.00 – 4.00

ملاحظة:

قطر أكبر قليلاً = ضوضاء أقل + عمر أطول للنظام



خزانات الماء Water tanks

خزانات المياه في المباني السكنية ضرورية لتوفير إمداد مياه مستمر وتنظيم الضغط، وتُصنَّع عادةً من الخرسانة أو البولي إيثيلين وتُرَكَّب علوية أو أرضية، وتتطلب تصميمًا مناسباً لحجم المبنى واشتراطات صحية صارمة (مثل العزل الجيد والإغلاق المحكم) وصيانة دورية لضمان نقاء المياه وسلامتها، مع مراعاة كفاءة التوزيع باستخدام الجاذبية أو المضخات.

أهمية خزانات المياه

- استمرارية الإمداد: ضمان توفر المياه حتى مع انقطاع المصدر الرئيسي.
- تنظيم الضغط: توفير ضغط مناسب للمياه في جميع الطوابق (خاصة الخزانات العلوية).
- السلامة: الحماية من التلوث بفضل التصميم المحكم والمواد الصحية.
- الطوارئ: مصدر بديل للمياه في حالات الكوارث أو أعطال الشبكة العامة.

أنواع الخزانات وموادها:

- خزانات علوية (فوق الأسطح): تعتمد على الجاذبية لتوزيع المياه، وتُستخدم في المباني العالية.
- خزانات أرضية (تحت الأرض): تُوضع في مستوى منخفض، ويجب عزلها جيداً من الرطوبة والترشيح.
- نظام مزدوج (أرضي + علوي) الأكثر شيوعاً.

المواد المستخدمة في خزانات الماء:

- **الخرسانة المسلحة:** متينة واقتصادية للأحجام الكبيرة، وتتطلب عزلاً قوياً.
- **البولي إيثيلين (البلاستيك):** خفيف الوزن، مقاوم للصدأ، وسهل التركيب، لكن يحتاج لحماية من الأشعة فوق البنفسجية.
- **الفيبرجلاس (الألياف الزجاجية):** قوي ومقاوم للظروف المناخية.
- **ستانلس ستيل** (أقل شيوعاً سكنياً).

الاشتراطات الفنية والصحية:

- السعة: تُحسب بناءً على عدد السكان (100 لتر/فرد/يوم كحد أدنى).
- الإغلاق: محكمة الغلق لمنع دخول الأتربة والملوثات، وارتفاع الفتحة عن الأرض بين 10-25 سم.

- **العزل مائي:** ضروري لمنع التسربات وتلوث المياه، خاصة في **الخزانات الخرسانية**.
- **المواد:** يجب أن تكون المواد المستخدمة (بولي إيثيلين، دهانات داخلية) صالحة لحفظ مياه الشرب وغير سامة.
- **التهوية:** توفير نظام تهوية لمنع تراكم الغازات الضارة.
- **النظافة:** تنظيف دوري للخزان وفحص الأنظمة الميكانيكية والكهربائية المرتبطة به.

تصميم التركيب:

- **الخزانات العلوية:** تُوضع أعلى نقطة في المبنى لتوفير ضغط كافٍ، وتُعزل الأنابيب الخارجية.
- **الخزانات الأرضية:** تُنشأ قريبة من مدخل المبنى لسهولة الصيانة، ويجب عمل صرف جوفي حولها إذا كان منسوب المياه الأرضية مرتفعاً.

أولاً: الأسس العامة لتحديد سعة مواصفات خزان المياه الرئيس

يتم تحديد سعة خزانات المياه في الأبنية السكنية بناءً على الاستهلاك اليومي، عدد السكان، نوع المبنى، وعدد أيام التخزين المطلوبة، مع اختلاف واضح بين الأبنية العادية والأبراج العالية

1- عدد السكان

- يُقدَّر عادةً عدد الأشخاص = عدد الشقق × متوسط عدد السكان للشقة
- المتوسط الشائع 4-6 أشخاص للشقة

2- معدل الاستهلاك اليومي للفرد

- يختلف حسب مستوى المعيشة، وغالباً:
- 150-250 لتر/شخص/يوم
 - يؤخذ الرقم الأعلى في الأبراج والفنادق.

3- عدد أيام التخزين

يعتمد على:

- انتظام مصدر المياه.
- تعليمات البلدية أو الكود.

عادة:

- 1 يوم: في المدن ذات الإمداد المنتظم.
- 2-3 أيام: في المناطق ذات الانقطاع المتكرر.

4- معامل الأمان

يضاف 10-25% احتياطي للطوارئ

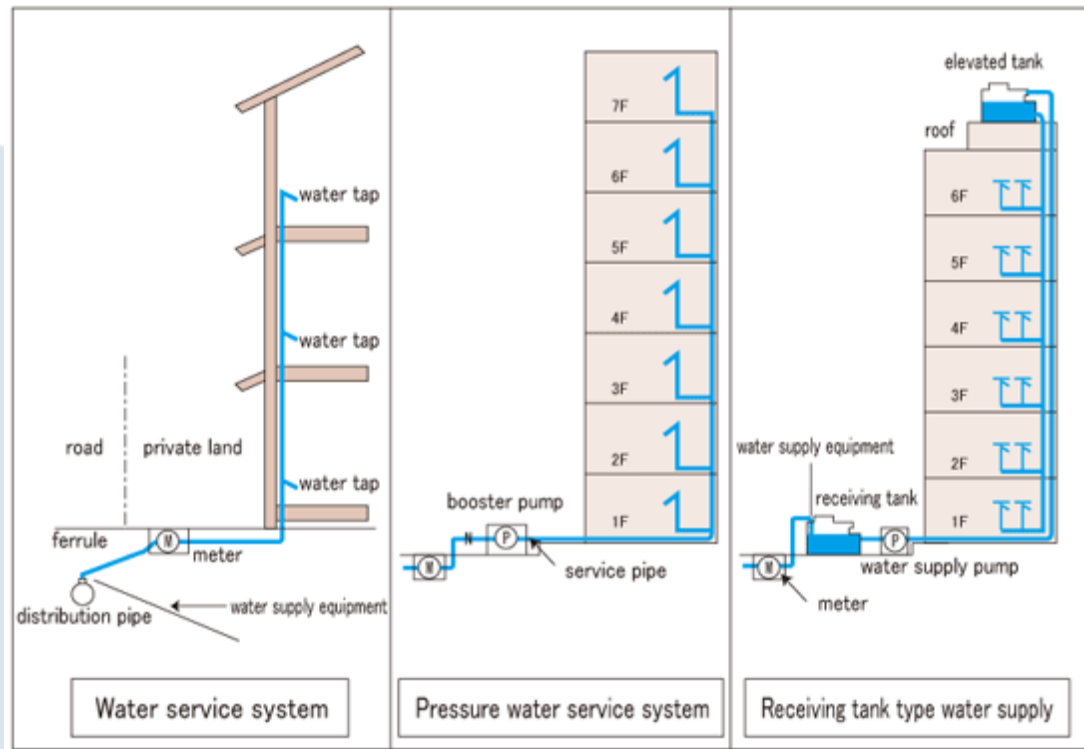
المعادلة الأساسية

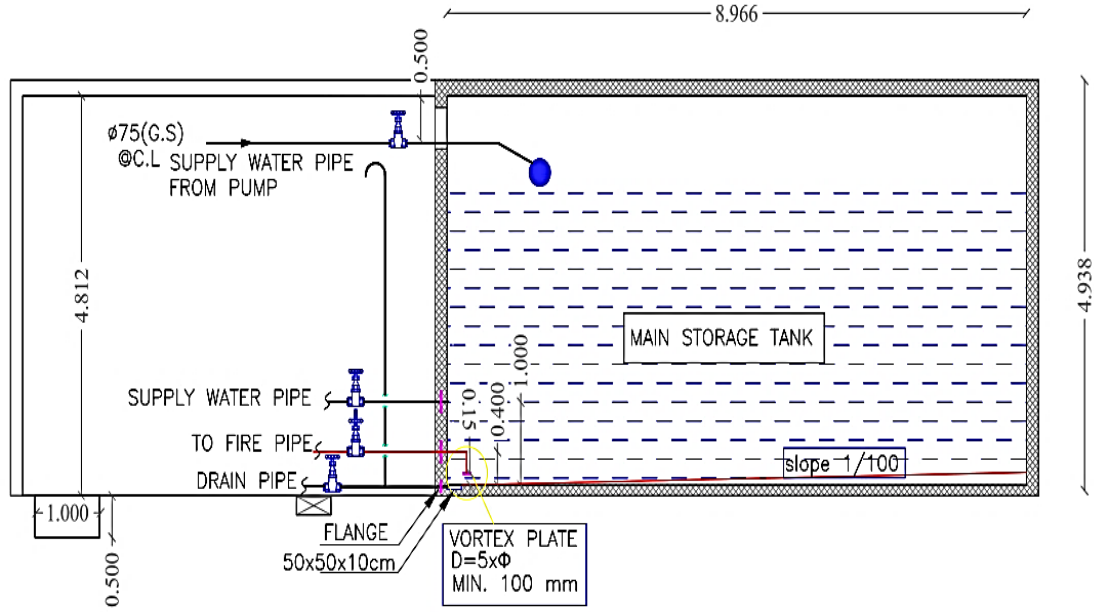
سعة الخزان (لتر) = عدد السكان × استهلاك الفرد × عدد أيام التخزين × معامل الأمان

في الأبنية السكنية العادية (حتى 5-6 طوابق)

النظام الشائع هو خزان أرضي + مضخة + خزان علوي، تحدد السعة التقريبية كالتالي:

- خزان أرضي: يغطي 2-3 أيام.
- خزان علوي: يغطي 1/4 إلى 1/3 الاستهلاك اليومي (او 1/3 سعة الخزان الأرضي ان أمكن).





ملاحظة مهمة لطلاب العمارة ودور المعماري:

- تحديد أماكن السخانات.
- تقليل أطوال المواسير.
- تجميع المطابخ والحمامات رأسياً.
- ترك فراغات مناسبة للمواسير مناوور خدمات يفض ان يكون احد ابعاد المنور لا يقل عن 60سم.
- التنسيق مع المهندس الميكانيكي.

مثال توضيحي مفصل خطوة-بخطوة لحسابات تغذية بالماء البارد والساخن لمبنى سكني نموذجي

المطلوب:

- حسابات الماء البارد.
- حسابات الماء الساخن.
- حسابات تدوير الماء الساخن..
- وصف المبنى
- مبنى سكني.
- عدد الطوابق 5 طوابق
- عدد الشقق في كل طابق 2 شقة
- إجمالي عدد الشقق 10 شقق
- محتويات الشقة الواحدة

الأداة الصحية	العدد
مرحاض (WC)	1
مغسلة (Lavatory)	1
دوش (Shower)	1
حوض مجلي (مطبخ)	1
غسالة ملابس	1

أولاً: حسابات الماء البارد (Cold Water)
احتياجات كل تركيبة صحية تحدد من الجدول التالي:
المعدلات الشائعة في الدول العربية (تقريبية 2024-2025):

ملاحظات	الاستهلاك اليومي لل فرد (لتر/يوم/شخص)	النوع
الأكثر شيوعاً في السعودية ومصر والإمارات	150 – 250	سكني عادي (شقق)
وجود جاكوزي، مسبح صغير، حديقة	250 – 400	سكني فاخر / فلل
غالباً 100 للحمام + 75 مطبخ + 50 مرحاض	200 – 300	الإمارات (حسب تجربة المهندسين)
—	180 – 250	مصر (تقديري حديث)
يُفضل 180 لتر كحد أقصى مع أجهزة ترشيد	150 – 220	السعودية) كود + SBC ترشيد)

- (WSFU) تمثل الحمل التركيبات الصحية من الماء (مغسلة، مرحاض، دش...)،
وليست تدفقاً فعلياً.

جدول وحدات التركيبات الصحية

ماء بارد (WSFU)	ماء ساخن (HWSFU)	التركيب الصحي
1.0	1.0	مغسلة يدين (Lavatory)
2.5	—	مرحاض (WC – Tank)
1.0	1.0	دوش (Shower) حمام
1.5	1.5	حوض مجلى (مطبخ)
2.0	2.0	غسالة ملابس
1.5	1.5	غسالة أطباق- جلاية

1. تحديد عدد وحدات التركيبات لاستهلاك الماء (Hot Water Fixture Units)

المجموع	FU ماء بارد	العدد	التركيبية الصحية
2.5	2.5	1	WC
1.0	1.0	1	مغسلة

المجموع	FU ماء بارد	العدد	التركيبية الصحية
1.5	1.5	1	دش
1.5	1.5	1	حوض مطبخ
2.0	2.0	1	غسالة ملابس
8.5 FU			المجموع للشقة

جدول تحويل الى عدد الوحدات الى تدفق بحسب الكود **UPC** – Fixture Units Flow

مجموع FU	التصرف (L/s)
5	0.3
10	0.6
20	1.0
50	2.2
100	4.0

2. مجموع وحدات المبنى (خمسة طوابق شقتين في الطابق)

$$FU 85 = 10 \times 8.5 = \text{Total FU}$$

$$\text{Total FU} = 8.5 \times 10 = 85 \text{ FU}$$

3. تحويل FU إلى التصريف أو تدفق (Flow Rate)

من جداول التحويل عدد التركيبات الى تدفق التقريبية الكود **UPC** – Fixture Units Flow

FU	التصرف (L/s)
50	2.2
100	4.0

بالتقريب لدينا 85 FU وحدة

$$Q \approx 3.5 \text{ لتر/ثانية}$$

$$Q \approx 3.5 \text{ لتر/ثانية}$$

جدول تحويل عدد التركيبات الى تدفق بحسب الكود: **UPC** – Fixture Units Flow

4. اختيار قطر ماسورة التغذية الرئيسية

التصرف	القطر
3.5 L/s	40مم

- إنن:

• ماسورة التغذية الرئيسية Ø 40 = مم

ثانياً: حسابات الماء الساخن (Hot Water)

5. تحديد الأدوات التي تحتاج ماء ساخن

الأداة	HWSFU ساخن
مغسلة	1.0
دش	1.5
حوض مطبخ	1.5
غسالة ملابس	1.5

6. مجموع FU للماء الساخن (شقة واحدة)

$$FU\ 5.5 = 1.5 + 1.5 + 1.5 + 1$$

مجموع المبنى:

$$FU\ 55 = 10 \times 5.5$$

7. التصريف الكلي للماء الساخن

من الجداول:

$$FU\ 55 \Rightarrow 2.5 \text{ لتر/ثانية}$$

ثالثاً: حساب سعة سخان المياه

تقدير الطلب على الماء الساخن
يُحسب عادة بنسبة من الماء البارد:

$$Q_{hot} = (30-40\%) \times Q_{total}$$

أو باستخدام قيم استهلاك تقريبية:

الاستعمال	استهلاك ماء ساخن
شخص واحد	30-50 لتر/يوم
شقة (4 أشخاص)	120-200 لتر/يوم

8. عدد السكان

- متوسط 4 أشخاص / شقة

$$40 \text{ شخص} = 4 \times 10 = N$$

9. حساب السعة (حجم الأسطوانة) المركزية للمبنى

معادلة مبسطة: 40 ليتر/ اليوم لكل شخص

$$1600 \text{ لتر} = 40 \times 40 = 40 \times N = V$$

$$V = N \times 40 = 40 \times 40 = 1600 \text{ لتر}$$

الحل العملي:

- أسطوانة ماء سخان عدد 2 سعة كل واحدة 800 لتر
- أو خزان مركزي 1500–2000 لتر

رابعاً: تدوير الماء الساخن (Recirculation)

- هل نحتاج تدوير؟

- ارتفاع المبنى ≈ 15 م (أي مبنى يزيد عن 3–4 طوابق يحتاج تدوير ماء ساخن).
- يجب لا يزيد أطول مسار ماسورة 20 > م.

- نعم، نحتاج تدوير الماء الساخن

مكونات نظام التدوير (لرسم المعماري)

- سخان ماء (Boiler / Heater)
- خط تغذية سخان
- خط التدوير - رجوع (Return Line)
- مضخة تدوير الماء الساخن.
- صمام عدم رجوع.
- صمام موازنة (Balancing Valve)
- عزل حراري للمواسير.

10. حساب تدفق الماء الساخن لمضخة التدوير

قاعدة: يحسب من الفاقد الحراري للأنباب من العلاقة:

$$\frac{\text{Heat Loss}}{\rho \times C_p \times \Delta T} = \text{recirc}Q$$

تبسيطاً للطلاب:

- غالباً 10%–5 من تدفق التغذية الساخنة.
- سرعة منخفضة لمنع التآكل والضوضاء.

$$\text{hot}Q \times 10\% = \text{recirc}Q$$

$$0.25 \text{ لتر/ثانية} = 2.5 \times 0.1 = \text{recirc}Q$$

11. قطر ماسورة تدوير الماء الساخن

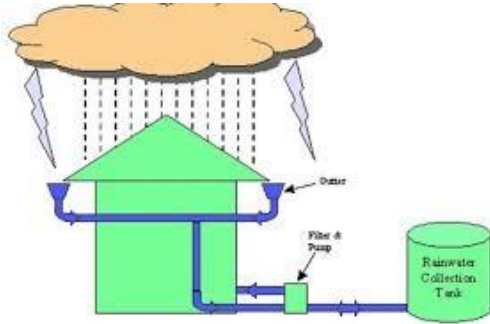
التصرف	القطر
0.25 L/s	20مم

12. مضخة التدوير

- التصرف 0.25 L/s :
- الرفع (Head) : (3 – 4 م)
- تعمل مع:
 - ترموستات
 - أو مؤقت زمني

خامساً: ملخص القيم النهائية (اللوحة التصميم)

البند	القيمة
تصرف الماء البارد	3.5 L/s
قطر التغذية الرئيسية	Ø 40مم
تصرف الماء الساخن	2.5 L/s
سعة سخان	1600 لتر
تصرف التدوير	0.25 L/s
قطر ماسورة التدوير	Ø 20مم



نظام تصريف مياه الامطار Stormwater Drainage Rainwater Drainage

مقدمة

يُعد نظام تصريف مياه الأمطار أحد العناصر الأساسية في تصميم الأبنية السكنية، حيث يهدف إلى جمع وتصريف مياه الأمطار المتساقطة على الأسطح والمناطق المكشوفة بطريقة آمنة وفعالة، بما يمنع تجمع المياه أو تسربها إلى عناصر المبنى. كما يلعب التصريف المطري دوراً مهماً في تحقيق الاستدامة من خلال تقليل الهدر المائي وإمكانية إعادة استخدام مياه الأمطار.

1. ما هو المقصود بالتصريف المطري وكيف يُحسب.
2. ما هي أهميته.
3. ما هي علاقته بالاستدامة.

أولاً: ما هو التصريف المطري؟

التصريف المطري هو كمية مياه الأمطار التي تتحول إلى جريان سطحي وتحتاج إلى تصريف عبر القنوات، العبارات، أو شبكات تصريف المياه، لمنع تجمع المياه والفيضانات. هو تصميم نظام يجمع ويصرف مياه الأمطار من:

- الأسطح (Roof Drainage)
 - الشرفات.
 - الممرات والساحات.
- بهدف منع تسرب المياه، تجمعها، أو إضرارها بالمبنى.

ثانياً: حسابات التصريف المطري (Rainfall Runoff).

1- الطريقة العقلانية (Rational Method)

وهي الأكثر استخداماً في المناطق الحضرية والمشاريع الصغيرة.
المعادلة:

$$Q = \frac{C \times I \times A}{3600}$$

حيث:

- Q- التصريف (م³/ثانية)
- C- معامل الجريان السطحي (بدون وحدة)

- I- شدة المطر (مم/ساعة)
- A- مساحة السطح (كيلومتر مربع - كم²)

2- معامل الجريان السطحي (C)

يعتمد على طبيعة السطح:

نوع السطح	قيمة C
أسطح إسفلتية والخرسانة والمباني السكنية	0.8 – 0.95
مناطق سكنية (بلاط)	0.4 – 0.6
أراضٍ زراعية	0.2 – 0.4
مساحات خضراء	0.1 – 0.3

ثالثاً: أهمية التصريف المطري.

- منع الفيضانات وتجمع المياه.
- حماية الطرق والبنية التحتية.
- تقليل تآكل وانجراف التربة.
- حماية المباني والممتلكات.
- تحسين السلامة العامة.
- منع تسرب المياه والرطوبة وتجمع العفن
- زيادة عمر العزل المائي
- منع تلف التشطيبات

رابعاً: التصريف المطري والاستدامة.

كيف يرتبط بالاستدامة؟

أنظمة التصريف المطري التقليدية تسرع خروج المياه وتهدر مياه الأمطار، بينما الحلول المستدامة تعمل على تجميع مياه الأمطار (Rainwater Harvesting) في خزانات أرضية أو علوية وتهدف إلى:

- تقليل الجريان السطحي.
- زيادة تسرب المياه إلى التربة.
- إعادة استخدام مياه الأمطار للري.
- تقليل استهلاك المياه
- تخفف الضغط على شبكات الصرف
- تدعم البيئة
- ري الحدائق

- تنظيف الساحات
- تستخدم في صناديق الطرد المراحيض (بعد المعالجة)

الفوائد البيئية:

- 1- حماية المياه الجوفية
 - 2- تقليل التلوث
 - 3- تحسين المناخ الحضري
 - 4- دعم إدارة الموارد المائية (تسمح بتغذية المياه الجوفية)
- المساحات او **المسطحات الخضراء (Green Roofs)** تقلل الجريان السطحي بنسبة 50-80% ويفضل وضع منافذ أرضية (احواض ترابية) في المواقف والممرات. وتصريف الماء على الاسقف يحمي العزل الحراري تطيل عمر سقف الخرسانة. ان ربط التصريف المطري بالاستدامة والتصنيف البيئي يساهم في شهادات:

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)

لا يُقصد بـ"التصريف المطري Stormwater Runoff" أو Rainwater Runoff أن يكون "LEED" بحد ذاته، بل يُشير السؤال غالباً إلى كيف يمكن تصميم إدارة التصريف المطري (إدارة مياه الأمطار) بحيث يحقق اعتمادات أو نقاط LEED في فئة Sustainable Sites (المواقع المستدامة)، وبالأخص الاعتماد المسمى Rainwater Management أو إدارة مياه الأمطار.

الهدف الأساسي في LEED لإدارة التصريف المطري هو تقليل حجم الجريان السطحي (Runoff) وتحسين جودة المياه من خلال محاكاة الظروف الهيدرولوجية الطبيعية للموقع بدلاً من تصريف المياه بسرعة خارج الموقع كما في التصميم التقليدي.

المثال في مدينة اللاذقية

مبنى سكني مساحة السطح الاخير 450 م²، مقسم إلى أربعة أقسام متساوية تقريباً، المطلوب حساب قطر الأنبوب النازل لتصريف المطر.

لمدينة اللاذقية في سوريا، باستخدام الطريقة Rational Method العقلانية. ان شدة الهطول المطري (I)، حيث اللاذقية منطقة ساحلية متوسطة كمية الأمطار والرطوبة فيها كبيرة مما يزيد من الشدة المتوقعة.

الحساب المبدئي لمدينة اللاذقية:

- المساحة التي لكل أنبوب نازل 112.5 م².
- معامل الجريان $C \approx 0.90$ سطح مبنى خرساني/مسطح.
- شدة الهطول التصميمية $I \approx 130$ مم/ساعة قيمة محافظة لفترة عودة 10 سنوات، زمن تركيز قصير ~5-10 دقائق في اللاذقية، بناءً على بيانات متوسطة للمناطق الساحلية السورية.

التصريف الأقصى لكل قسم

$$Q = C \times I \times A = 0.90 \times 130 \times 0.01125 \approx 1.316 \text{ لتر/ثانية لكل أنبوب نازل.}$$

- إذا أخذنا شدة أعلى (مثل 150 مم/ساعة للأمان، نظراً للأمطار الشديدة في المناطق الساحلية) :
 $Q \approx 1.519$ حوالي 1.5 لتر/ثانية.
 قطر الأنبوب النازل المناسب (لكل قسم) بناءً على التجارب الهندسية الشائعة في سوريا، ومعايير دولية مثل Uniform Plumbing Code أو جداول معدلة للأمطار العالية:
 • لتصريف أمطار شديدة قصيرة المدة (1.3 - 1.5 لتر/ث) أو أقل مساحة سطح (120-
 150 م²) نركب downpipe نازل مطري دائري (القطر الموصى به = 75 مم إلى 100 مم).

قطر الأنبوب النازل (مم)	سعة تصريف تقريبية (لتر/ث) في أنابيب رأسية	مناسب لمساحة السطح لكل أنبوب (م ²) في أمطار ~130 مم/ساعة	التوصية لقسم 112.5 م ²
60-65 مم	0.5 - 0.8	حتى 60-80 م ²	صغير جداً (غير كافٍ)
75 مم (3 انش)	1.0 - 1.8	90-150 م ²	مناسب وشائع الأكثر استخداماً، خاصة مع أمطار اللاذقية
100 مم (4 انش)	2.0 - 3.5+	150-300 م ² +	ممتاز للأمان موصى به إذا أمطار شديدة أو سطح مائل
110-120 مم	4.0+	أكبر من 250 م ²	زائد عن الحاجة هنا

- القطر الأمثل لكل أنبوب نازل (لكل قسم من الأربعة) 75 مم (3 انش) كحد أدنى آمن وشائع في المباني السكنية في سوريا واللاذقية.
- الأفضل للأمان والمستقبل (خاصة مع تغير المناخ وزيادة شدة الأمطار في المناطق الساحلية) 100 مم (4 بوصة) — يوفر هامش أمان أكبر ضد الفيضانات المفاجئة الشائعة في اللاذقية.
- نستخدم أنابيب PVC أو UPVC لمقاومة التآكل من الرطوبة الساحلية.
- أضف شبكة حماية عند الفتحة لمنع الانسداد بسبب الأوراق أو الغبار.

