

المحاضرة الأولى

اساسيات في هندسة الصرف الصحي

لقد حاول الإنسان ومنذ أ قدم العصور التخلص من المياه الملوثة بطرق مختلفة ومن أنجح الطرق كانت ولا تزال نقل هذه السوائل بواسطة شبكة من الأنابيب بعيدا عن المناطق السكنية المأهولة إلى الأنهار والوديان القريبة فلقد دلت الحفريات في مصر على وجود أقنية لتصريف المياه الملوثة من (٢٥٠٠ عام) قبل الميلاد كما نفذت مثل هذه الأقنية في روما والهند. إن انتشار شبكات الصرف الصحي كان له جوانبه السلبية تجلت في تلوث الأنهار شيئا فشيئا الأمر الذي أدى إلى غياب رونق المياه وتموت الأسماك هذا الأمر وأمور أخرى استوجب معالجة المياه قبل صرفها إلى الطبيعية أو إعادة استخدامها (سواء في الري أو استخدامات أخرى).
الهندسة صحية

تعريف الهندسة الصحية علم تطبيقي يهدف بالدرجة الأولى إلى تأمين مياه الشرب بالنوعية والكمية المناسبة وفي كل الأوقات وإلى صرف المخلفات السائلة الناتجة عن التجمعات السكانية ومعالجتها في محطات معالجة ليتم طرحها الى البيئة دون ضرر. وفقا لهذا التعريف تقسم الهندسة الصحية إلى :

أولاً : هندسة إمداد مياه الشرب

وهي مجموعة المنشآت الهندسية اللازمة لتأمين المياه بالكمية والنوعية اللازمة وهي :

- ١- منشأة المأخذ
- ٢- محطة التنقية
- ٣- خطوط جر المياه ومنشآت التخزين
- ٤- شبكات توزيع المياه الخارجي
- ٥- شبكات توزيع المياه الداخلي

ثانياً : هندسة الصرف الصحي :

وهي مجموعة المنشآت الهندسية اللازمة لنقل مياه الصرف الصحي إلى خارج التجمعات السكانية ومعالجتها وهي :

- ١- شبكات الصرف الصحي الداخلي
- ٢- شبكات الصرف الصحي الخارجي
- ٣- محطات معالجة مياه الصرف الصحي .

مفاهيم أساسية و تعاريف في الصرف الصحي

. المخلفات السائلة :

تعرف المخلفات السائلة بأنها المياه الناتجة عن النشاطات البشرية المختلفة والمتنوعة في التجمع السكاني ، كما تسمى بالمخلفات السائلة تلك المياه التي تسيل على الساحات والطرق في المدن نتيجة تساقط الأمطار وذوبان الثلوج .

تقسم المخلفات السائلة حسب مصدر نشوؤها إلى:

أ. المخلفات السائلة المنزلية :

وهي المياه الناتجة عن المطابخ والمراحيض والحمامات وغسيل الملابس وشطف المباني، تنشأ هذه المخلفات في المباني السكنية والإدارية والعامة أو في مباني الخدمات الملحقة في المعامل والمصانع وتحتوي هذه المياه بشكل رئيسي على مخلفات الإنسان وبقايا النشاء والصابون والسكر والأملاح والأتربة، تسمى هذه المخلفات أيضاً (مياه صرف صحي منزلية)

ب . المخلفات السائلة الصناعية :

وهي المياه الناتجة عن عملية التصنيع في الصناعات المختلفة للأغراض الإنتاجية وتختلف كمية ونوعية المياه الناتجة حسب نوع الصناعة ، تسمى هذه المخلفات أيضاً (مياه صرف صحي صناعية)

ج . مياه الأمطار :

تتشكل نتيجة جريان المياه الساقطة على شكل أمطار وثلوج على أسطح المباني وعلى الشوارع والساحات (مياه مطرية)

د- مياه الصرف الصحي الزراعية : وهي المياه الناتجة عن التربية المكثفة للحيوانات مثل (تربية الابقار ، الخنازير ، الخيول) .

خواص وتركيب المخلفات السائلة : (مياه الصرف الصحي):

المياه المنزلية :

فيزيائياً: مياه الصرف الصحي المنزلية الحديثة ذات لون بني فاتح (أوبني مائل إلى الصفار) ذو رائحة ضعيفة غير منفرة .

أما مياه الصرف الصحي التي مر عليها زمن طويل فلها لون بني غامق ورائحتها كريهة.
جرثومياً: تحتوي على الملايين من البكتيريا سواء الممرضة أو غير الممرضة وعلى العديد من الكائنات المجهرية وبيض الديدان .

كيميائياً: درجة الـ PH للمياه حديثة النشوء تتراوح بين (٦,٥-٧,٥) وتحتوي على نسبة من الاوكسجين المنحل.

تركيب مياه الصرف الصحي المنزلية :

تتكون مياه الصرف الصحي المنزلية من ٩٩,٩% ماء و ٠,١% ملوثات . بالإضافة للمواد الكبيرة والتي تلقى عبثاً في الأجهزة الصحية (مثل بقايا الأقمشة ،أخشاب ،كرتون ،قشور خضار وفواكه ،ورق) تحتوي مياه الصرف الصحي المنزلية على مواد عالقة ومواد منحلة ، هذه المواد تكون ذات منشأ عضوي أو ذات منشأ معدني . إضافة الى عدد كبير جداً من الكائنات الحية الدقيقة .

الملوثات ذات المنشأ المعدني مثل المواد الغضارية والرملية ناتجة عن التنظيف بالإضافة إلى الأملاح المنحلة (كملاح الطعام) وليس لهذه الملوثات دور كبير في مياه الصرف الصحي أما الملوثات العضوية هي مركبات قابلة للتفكك مثل بقايا الطعام ومخلفات الإنسان بالإضافة إلى مركبات الآزوت والفوسفور فتشكل مصدر لتلوث مياه الصرف الصحي . إن نسب توزيع هذه الملوثات في واحدة الحجم من مياه الرف المنزلية تختلف من بلد لآخر وذلك متعلق بطبيعة المجتمع وبطبيعة الغذاء .

تركيب مياه الصرف الصناعية :

تختلف مكونات وخواص مياه الصرف الصناعي حسب نوع الصناعة وضمن الصناعة الواحدة وذلك تبعاً للمادة المستعملة في التصنيع ونوع التكنولوجيا المستخدمة فقد تكون هذه المياه ملوثة عضوياً أو معدنياً أو الاثنين معاً وقد تحوي المياه الصناعية على مواد كيميائية سامة أو ضارة بالكائنات الحية الدقيقة لذا لا يسمح بصرف المخلفات الصناعية إلى شبكات الصرف الصحي إلا إذا توافرت فيها مواصفات معينة لذا تقوم المنشآت الصناعية التي لا تحقق مياهها الصناعية هذه المواصفات على إنشاء وحدات معالجة أولية خاصة بها لتحسين خواص المياه الصناعية قبل صرفها إلى الشبكة.

إن صرف المياه الصناعية غير المحققة لشروط الصرف (مخالفة للمواصفات المعتمدة لذلك) لا يؤثر فقط على الكائنات الدقيقة والتي لها دور هام في محطات معالجة مياه الصرف بل لها أيضاً تأثير سلبي على مادة أنابيب الشبكة البيتونية وقد تؤدي إلى تآكلها وتآكلها كما أن لها تأثير على أعمال الصيانة.

تركيب مياه الأمطار :

تحتوي مياه الأمطار على مواد تحملها أثناء سقوطها أو جريانها على أسطح المباني والأراضي والسطوح المختلفة ، فتختلف ما تحمله مياه الأمطار من أتربة ورمال ومواد عضوية تبعاً لطبيعة تلك السطوح وتبعاً لزمن سقوط العاصفة خلال الموسم الماطر .

كما أن مياه الأمطار تحتوي على غازات منحلة أذيت فيها أثناء سقوطها ومروراً بالطبقات المختلفة للغلاف المحيط بالأرض .

المعلومات الواجب توفرها لدراسة مشروع الصرف الصحي

نستعرض فيما يلي الوثائق والمعطيات الأساسية التي يحتاجها المهندس الصحي لاعداد دراسة لمشروع صحي:
المخططات :

١. **مخطط تنظيمي** محمل عليها خطوط الكونتور (خطوط التسوية) بتباعد (١-٢) م ومن المفضل (٠,٥) م. تعد هذه المخططات عادة بمقياس (١/٥٠٠ - ١/٢٠٠٠).

تبعاً لطبيعة التجمع السكاني المدروس يعطى المخطط التنظيمي له اما على شكل بلوكات سكنية (دون اظهار الابنية السكنية وتظهر فقط المرافق العامة) أو أن يظهر المخطط التنظيمي كل الابنية السكنية وغيرها ..
يظهر المخطط التنظيمي ايضا الشوارع والساحات والحدائق الموجودة في التجمع المدروس ومناطق التوسع المستقبلية .
يمكن ان يظهر المخطط التنظيمي المعطى على شكل بلوكات سكنية توزع الكثافة السكانية اضافة الى جدول توصيف للمرافق العامة. وفي حال عدم بيان توزيع الكثافة على هذا المخطط يأخذ هذا التوزيع من مخطط خاص (**مخطط توزيع الكثافة**).
أما المخططات التي تظهر كل الابنية (كما ذكر اعلاه) فيجب ان ترفق بجداول توضح نوع البناء وتوصيفه (مثلاً يتم اعطاء عدد الطوابق وعدد الشقق في كل طابق في حال الابنية السكنية).
ان الغاية من وجود هذا المخطط هو تخطيط شبكة الصرف الصحي عليه.

٢ - **مخطط موقع عام** موقع عليه أيضاً خطوط التسوية : من الضروري توفر هذا المخطط و بقطر يتراوح بين (٢٥-٣٠) كم تقع ضمنه التجمع المدروس ، هذا المخطط يضم كافة المعالم الطبيعية والهندسية الاصطناعية الموجودة في المنطقة المحيطة بالتجمع المدروس . الغاية من هذا المخطط هو دراسة إمكانية حل مشكلة الصرف الصحي (محطة معالجة مركزية) للتجمع المدروس مع التجمعات المجاورة ان وجدت . اضافة الى تحديد موقع محطة المعالجة (المركزية أو الخاصة بالتجمع المدروس) وأخيراً دراسة تأثير البيئة المحيطة على اختيار نظام الصرف في التجمع المدروس . مقياس هذا المخطط (١/٢٠٠٠ - ١/٥٠٠٠) وعند الحاجة ١٠٠٠ بمقياس ١/١٠٠٠.

٣- **مخطط الكثافة للتجمع المدروس** كما ورد اعلاه في حال عدم وضع توزيع الكثافة على المخطط التنظيمي يتم اعداد مخطط خاص يوضح التقسيمات الخاصة بالكثافة السكانية ، حيث كما نعلم أن المخطط التنظيمي يشمل على مناطق مختلفة الكثافة .(سكن قديم ، سكن تجاري...) الغاية من هذا المخطط هو حساب التصريف النوعي لكل منطقة ذات كثافة واحدة على حدى .

يتم اعداد المخططات المذكورة اعلاه من قبل مختصين في تخطيط المدن ومن اختصاصين في الطبوغرافيا و الجيوديزيا .

٤- **مخطط للشبكة القديمة (إن وجدت)** .الهدف منه هو تحديد مكان ومنسوب ربط الشبكة الجديدة مع القديمة .

٥- دراسة طرقية كاملة وتشمل المساقط الأفقية للطرق والمقاطع العرضية والتخطيط الشاقولي للمنطقة المدروسة .المقاطع الطولية تحدد ميل الطرقات ومنسوب أغطية غرف التفتيش .أما المقاطع العرضية فهي تحدد الميول العرضية للطريق وبذلك يتحدد جهة توضع البلايع المطرية .في حال تم إعداد لتخطيط شاقولي للتجمع المدروس فانه يفيد بالتحديد الدقيق لمواقع البلايع المطرية .يقوم باعداد هذه الدراسة مهندسي الطرق .

ب- دراسات وتقارير مختلفة :

١-معلومات مناخية :

تشمل بيانات عن المطولات المطرية في المنطقة ليتم تحديد العاصفة المطرية الحسابية ، اتجاه الرياح السائد . معدلات التبخر . يتم الحصول عليها من الهيئة العامة للأرصاد الجوية .

٢- تقرير ميكانيك التربة او الدراسة الجيو تكنولوجية :

الهدف منه تحديد نوع التربة وقدرة تحملها . ان نوع التربة يؤثر على:

- أ- تحديد أعماق تمديد القساطل.
 - ب- واختيار مادة القسطل .
 - ت- ضرورة تدعيم الخنادق او لا .
 - ث- وضع وسادة رملية تحت القساطل،لأنه من غير المقبول تمديد الانبوب على تربة صخرية (توضع خطي للانبوب) في هذه الحالة لابد من زيادة عمق الخفر لتنفيذ وسادة رملية تحت الانبوب بهدف تأمين استناد مناسب للقسطل على التربة
 - ج- اختيار اليات الحفر التي ستستخدم في حفر الخنادق.
 - ح- تحديد قدرة تحمل التربة بهدف حساب اساسات للمنشآت الملحقه بالشبكة .
- من ناحية اخرى في الترب الرخوة قد يكون من الضروري استبدال التربة بتربة ذات قدرة تحمل اكبر أو استخدام اوتاد مع حصيرة فوقها لتمديد القسطل عليها في حال كان الاستبدال مكلف .
- ان ما يقوم باعداد التقارير والحسابات الخاصة بالتربة هم مختصو بدراسات التربة والجيو تكنيك .

٣- دراسات هيدرولوجية :

ان لهذه الدراسة تأثير كبير على قرارات المهندس الصحي بما فيها اختيار نظام الصرف وتشمل هذه الدراسة:

- دراسة عن المصب النهائي (مجرى سيل ، نهر ، بحيرة ...) تتضمن (في حال ان المصب مجرى مائي) غزارة المجرى ومناسيب المياه العظمى والصغرى فيه وقدرته على التنظيف الذاتي.
- ب-دراسة منسوب المياه الجوفية وتغيرات المنسوب لان هذا يثر على عمق تمديد الشبكة .
- ت-- دراسة مصادر مياه الشرب وتحديد الحرم المائية .

ث--تحديد قيمة معامل الجريان الذي يؤثر على غزارة مياه الأمطار الداخلة الى شبكة الصرف الصحي .

ج--ضرورة تمديد شبكة دريناج لخفض منسوب المياه الجوفية او اتباع اساليب اخرى تبعا لنوع التربة ايضا.

ان لهذه الدراسة تأثير كبير على قرارات المهندس الصحي مثل اختيار نظام الصرف ان كل هذه المعلومات يقدمها علم الهيدرولوجيا

٤ -دراسات تحليلية لتقدير معدل الصرف اليومي للفرد: بالنسبة للتجمعات السكنية للمنشأة (الموجودة) فإن الطريقة المفضلة في تحديد معدل الصرف الصحي هو معرفة معدل الاستهلاك الوسطي من خلال القراءات المتوفرة لدى المؤسسات المسؤولة عن مياه الشرب والصرف الصحي في المنطقة المدروسة أو من خلال قراءة العداد على الخط الرئيسي من الخزان أو غزارة المضخة وعدد ساعات عملها وفي حال عدم توفر مثل هذه الدراسات يتم تقدير معدل الصرف من خلال تقييم الوضع الاجتماعي والوعي الصحي ووفرة المياه ونوعيتها وسعرها ودرجة تجهيز المباني بالتجهيزات الصحية ومدى توفر مياه ساخنة في المنازل. كما أنه من المفيد معرفة فيما اذا كان بعض المستهلكين يملكون مصادر مياه خاصة (كالآبار..).

أما التجمعات الحديثة فيتم وفقاً لطبيعة المنطقة (سكنية أو سياحية أو صناعية) تقدير معدل الاستهلاك من خلال المقارنة مع مناطق شبيهة وزائداً من الكودات التي تحوي على قيم لمعدلات الصرف مبنية على خبرات متراكمة.ومن خلال أيضا معرفة درجة التجهيز الفني للأبنية التي سيتم انشاؤها ويتم ذلك من دراسة المخططات الخاصة بالأبنية المختلفة.

٥-دراسات سكانية : تتضمن معرفة التعداد الحقيقي للسكان في المنطقة المدروسة و كذلك تعداد السكان في السنين السابقة و ذلك لتحديد نسبة تزايد عدد السكان من اجل تقدير عدد السكان التصميمي أي في نهاية الفترة التصميمية باستخدام قوانين علم الاحصاء .

عدد السكان التصميمي او المستقبلي : هو عدد السكان الذين سيستفيدوا من المشروع في نهاية الفترة التصميمية أي عندما تعمل كافة منشآته بكامل طاقتها .

بالنسبة للقرى والمدن المنشأة حديثاً بموجب مخططات تنظيمية موضوعة سلفاً ومنفذة بشكل مطابق لتخطيطها يعتمد على حساب المساحات المبنية وعلى الكثافة السكانية في كل مساحة أو في كل منطقة حيث كما نعلم أن المخطط التنظيمي يقسم إلى منطق ذات وظائف مختلفة حيث تختلف الكثافة باختلاف وظيفة المنطقة .

أما بالنسبة للمدن والقرى المبنية قديماً يتم الاعتماد على المعلومات المقررة دوائر الإحصاء و هناك عدة طرق لتقدير عدد السكان المستقبلي .

من المعروف أن عدد السكان يزداد نتيجة الفرق بين عدد الولادات والوفيات وهذا يتأثر بعوامل اقتصادية وصحية واجتماعية (الهجرة -الكوارث الطبيعية والحروب تؤدي إلى زيادة أو نقص عدد السكان في منطقة ما) .

العوامل المؤثرة على اختيار عمر المشروع (الفترة التصميمية للمشروع)

يصمم مشروع الصرف الصحي أو امداد مياه الشرب لتخدم ليس السكان الحاليين لفترة زمنية مستقبلية . تتراوح بين ٢٥ - ٣٠ سنة .. تسمى هذه الفترة عمر المشروع أو الفترة التصميمية وهي بالتعريف هو عدد السنوات التي بنهايتها يعمل المشروع بكل طاقته ويخدم عدد السكان المستقبلي وخلال هذه الفترة لا يحتاج المشروع الى توسيع او تعديل هناك عدة عوامل تثر على طول الفترة التصميمية :

- ١- العمر الحقيقي لأجزاء المشروع (أنابيب -مضخات . منشآت بيتونية)
- ٢-معدل تزايد عدد السكان وتزايد كميات الصرف نتيجة زيادة الاحتياجات المائية للسكان والنشاطات الاقتصادية الأخرى مثل الصناعة وغيرها . ان لهذا العامل تأثير غير كبير على عمر مشروع شبكة الصرف المشتركة بينما له تأثير اكبر على الشبكة المنزلية وشبكة مياه الشرب .
- ٣- المشاكل الفنية الممكن ظهورها ف بداية استثمار المشروع .
- ٤ كلفة تنفيذ المشروع وسعر الصرف للعملة المحلية .
- ٥-إمكانية توسع المشروع أو أجزاء منه (إضافة منشآت جديدة) . ان لكل من العوامل السابقة اثر في زيادة أو نقصان عدد سنوات الفترة التصميمية .

طرق تحديد عدد السكان المستقبلي :

١-الطريقة الحسابية (طريقة الزيادة الثابتة)

تتطلب من أن متوسط زيادة عدد السكان خلال فترة احصائية ثابت $P = P_0 + AT$

حيث :

P	عدد السكان المستقبلي
P_0	عدد السكان الحالي
A	متوسط زيادة السكان في كل فترة احصائية
T	عدد الفترات الاحصائية في الفترة التصميمية للمشروع

٢-الطريقة الهندسية :

تتطلب من أن معدل الزيادة ثابت خلال الفترة الإحصائية $P = P_0 (1 + r)^T$

حيث :

T	عدد الفترات الإحصائية
r	معدل تزايد خلال الفترة الإحصائية الواحدة

٣-طريقة الفائدة المركبة

تتطلب من أن معدل تزايد عدد السكان سنويا ثابت $P = P_0(1 + R)^n$

حيث:

n	عدد السنوات
R	معدل تزايد السكان سنويا

الطرق البيانية في تقدير عدد السكان المستقبلي :

هناك طرائق تقريبية وأخرى دقيقة

١. الطرائق التقريبية :

١-١ : من هذه الطرق رسم تطور عدد السكان للتجمع المدروس للسنوات الماضية وتقدير عدد السكان المستقبلي عن طريق تمديد المنحني المرسوم.



١-٢ : المقارنة بين منحنى نمو التجمع بمنحنيات نمو مدن أكبر ومتشابهة معها في الظروف المعاشية وفيها يفترض أن نمو المنطقة المدروسة يشبه نمو المدن الأكبر.

٢. الطريقة الدقيقة (الطريقة اللوغاريتمية):

أما الطريقة البيانية الدقيقة : تتمثل بتوقيع سنوات التعداد السابقة وعدد السكان المقابل على جملة إحداثيات لوغاريتمية وبهذا يتحول منحنى النمو إلى خط مستقيم معادلته :

$$\text{Log} y = b \text{Log} t + \text{Log} a \Rightarrow y = at^b$$



y	عدد السكان في سنة ما
t	الفترة الزمنية بين أول سنة أجرى فيها إحصاء وبين السنة التي تمثل نهاية الفترة التصميمية
b	ميل المستقيم
$\lg a$	مبين على الشكل

الحساب الهيدروليكي لشبكات الصرف الصحي

يقصد به :تحديد أو حساب البارامترات الهندسية والهيدروليكية - القطر، الميل ، السرعة ، نسبة الامتلاء

يقسم الجريان حسب علاقته مع الزمن إلى ← مستقر $\frac{dv}{dt} = 0$

← غير مستقر $\frac{dv}{dt} \neq 0$

وحسب تغير السرعة مع المسافة إلى ← منتظم $\frac{dv}{dx} = 0$

← غير منتظم $\frac{dv}{dx} \neq 0$

و حسب عدد رينولدز يقسم الجريان إلى: جريان صفحي (لزج) ، $Re < 2320$ ، وجريان جانش (مضطرب) وما بينها جريان في المرحلة الانتقالية.

يعتبر الجريان في شبكة الصرف الصحي حريان منتظم ومستقر وجانش في المرحلة الانتقالية وبالتالي فان قيمة معامل الاحتكاك الطولي تتعلق بعدد رينولدز و بالخشونة وتعطى بالعلاقة :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2.0 \lg \left[\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{d} \cdot 0.269 \right]$$

التي تشير الى ان معامل الاحتكاك الطولي يتعلق بالخشونة وبعدد رينولدز

ملاحظة : يعطى عدد رينولدز من العلاقة:

$$Re = \frac{V.D}{\nu}$$

D : قطر الانبوب (m)

V : السرعة (m/sec)

ν : اللزوجة الحركية و قيمتها عند درجة حرارة $(12 - 13C^{\circ})$ $\nu = 1,2.10^{-6} m^2 / sec$

انطلاقا من أن الجريان في الشبكة جائش منتظم و مستقر نكتب:

معادلة الاستمرارية :

$$Q = AV.....(1)$$

$$\frac{\Delta h}{L} = I = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2g}(2)$$

علاقة دارسي

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2.0 \lg \left[\frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{d} \cdot 0.269 \right](3)$$

من العلاقة (١)، (٢)، (٣) تنتج المعادلة العامة التالية :

$$Q = \{-\sqrt{32}.g.\lg\left[\frac{0.222.v}{R.\sqrt{g.R.I}} + 0.0674.\frac{K}{R}\right].\sqrt{R.I}\}.A$$

هذه العلاقة تصح لكل أنواع المقاطع العرضية وعلى اختلاف موادها و وتصح في حالة الامتلاء الكامل والجزئي .

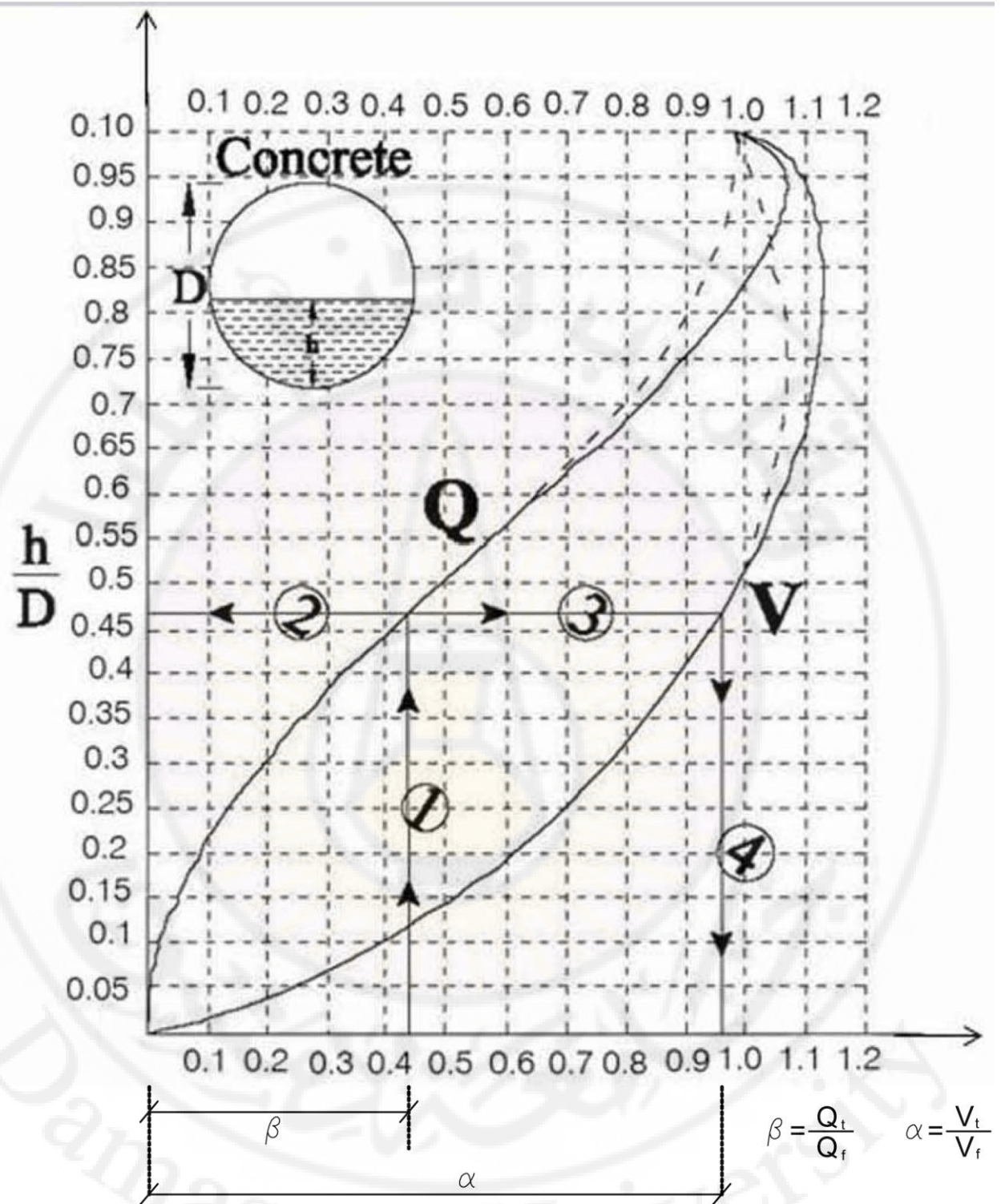
بتعويض $R = \frac{D}{4}$ لحالة المقطع الدائري تنتج لدينا العلاقة التالية التي تصح في حالة المقطع الدائري فقط و الامتلاء الكامل :

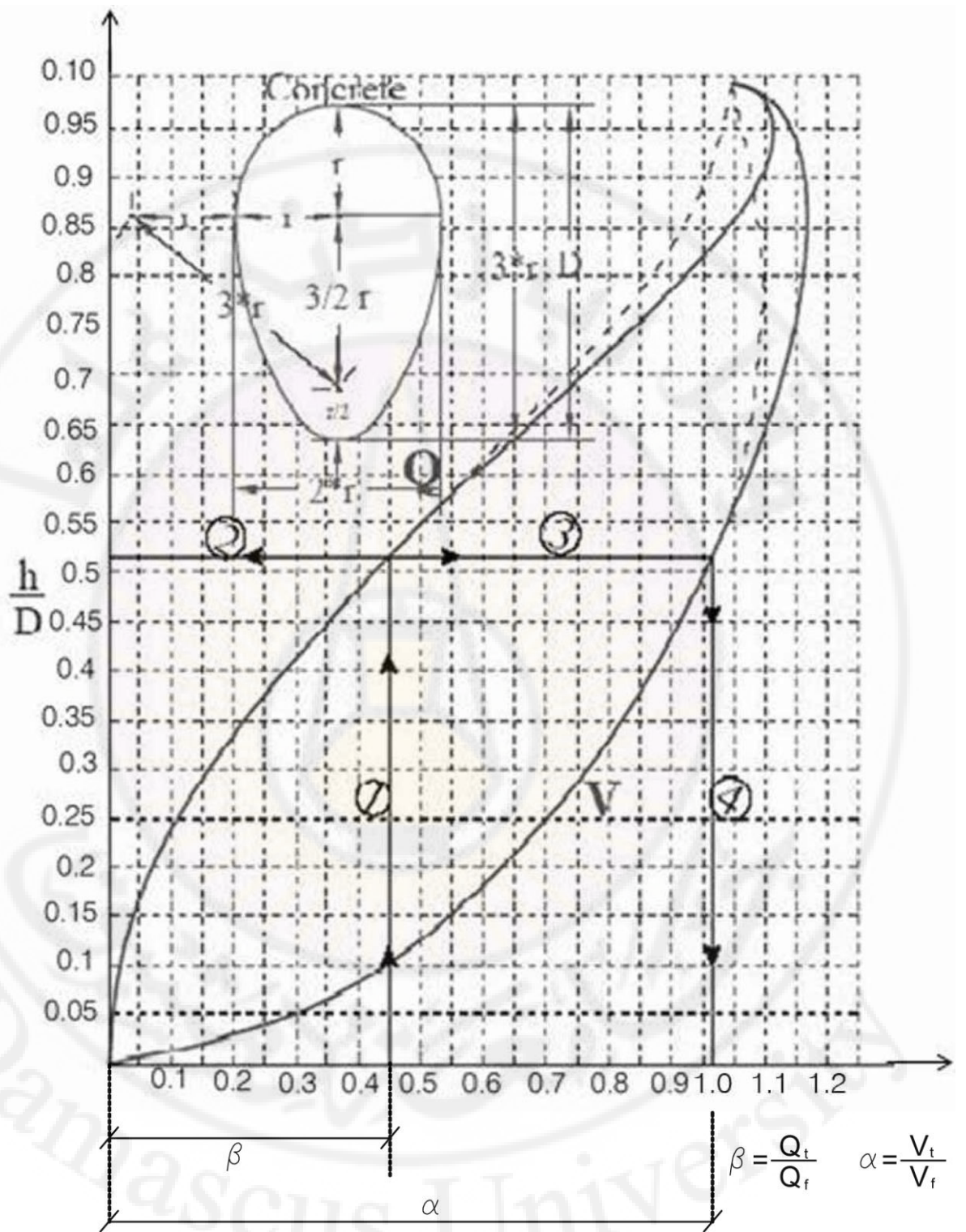
$$Q = -\frac{\pi}{2}.D^2.\sqrt{I.D.2g}.\lg\left[\frac{2.51.v}{D.\sqrt{I.D.2g}} + \frac{K}{3.71.D}\right]$$

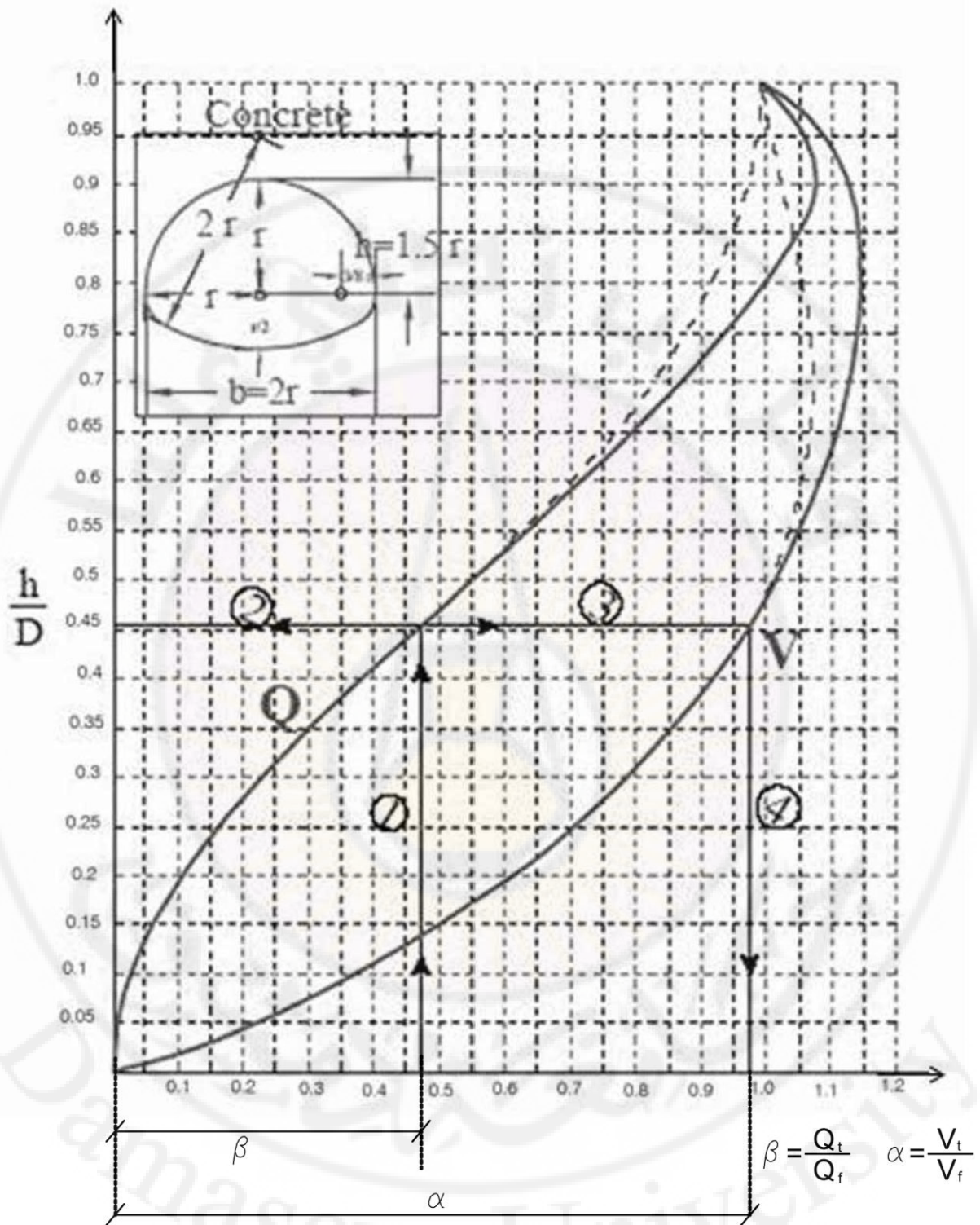
تسمى هذه العلاقة -علاقة برانتدل -كوك بروك - تستخدم من أجل قيم مختلفة ل (K)) أي لكل أنواع مادة الأنابيب (وفي حالة الامتلاء الكامل والجزئي.

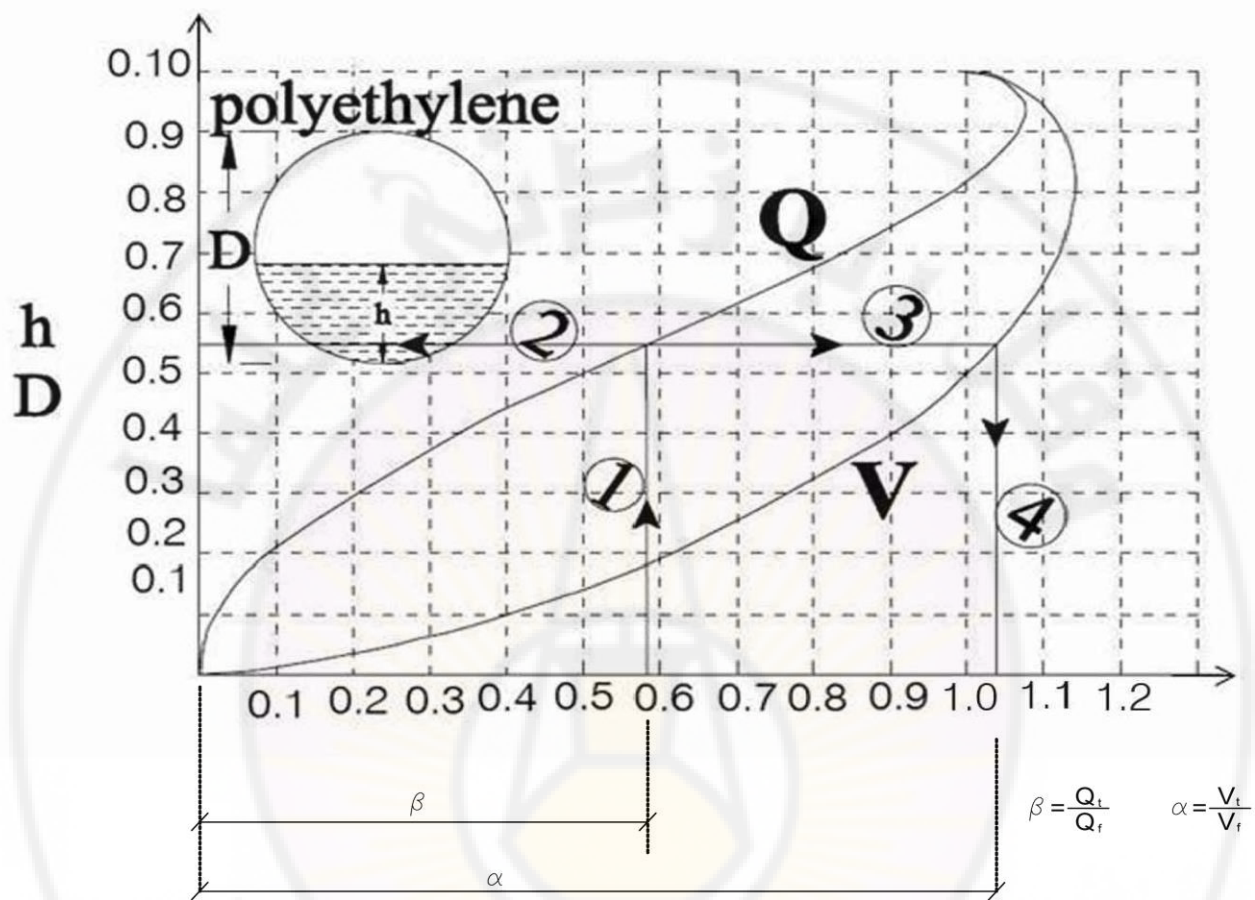
تسهيلاً للحساب تم وضع جداول لهذه العلاقة حيث تربط Q مع (I,D) و لمواد أنابيب مختلفة وفي حالة الامتلاء الكامل - ويتم إيجاد البارامترات الهيدروليكية في حالة الامتلاء الجزئي باستخدام المنحنيات التي تربط بين الغزارة والسرعة في حال الامتلاء الجزئي والغزارة والسرعة في حالة الامتلاء الكامل . راجع ملحق المحاضرة .

الجدول المرفقة خاصة بالأنابيب البيتونية الدائرية والمنحنيات المرفقة لأنابيب بيتونية مختلفة المقطع العرضي. كما تم ارفاق منحنى خاص لأنابيب البولي إيثيلين









بالإضافة إلى العلاقات السابقة هناك أيضا علاقة مانينغ التجريبية :

$$Q = M \cdot R^{0.67} \cdot i^{0.5} \cdot A$$

حيث (M) ثابت مانينغ ويتبع نوع مادة الأنبوب و تؤخذ من الجدول التالي

:

M	مادة الأنبوب
٩٠	أنابيب بيتونية ملساء
٨٥	أنابيب بيتونية عادية
٨٥	أنابيب خزفية
٦٠	أقنية بيتونية خشنة

أسس الحساب الهيدروليكي لشبكات الصرف الصحي :

أسس الحساب الهيدروليكي لشبكات الصرف الصحي :

نحسب الشبكات المنزلية والمطرية والمشاركة على أساس امتلاء كامل.

ماذا يقصد هنا بالامتلاء الكامل:

يجب أن لا يفهم من هذه العبارة أن نسبة الامتلاء في قساطل الشبكة يجب أن تكون مساوية للواحد .

بمبنى آخر يجب ان لا يفهم انه على المصمم اختيار الميل والقطر لقساطل الشبكة بحيث تكون نسبة الامتلاء تساوي الواحد .

بل يجب ان يفهم انه على المصمم اختيار ميل وقطر القسطل المناسبين فنيا (تحقيق شرط السرعة الدنيا) واقتصاديا (القطر المناسب وعمق حفر مناسب) بحيث لا تتجاوز نسبة الامتلاء العظمى المسموحة وهي الواحد وان اي نسبة امتلاء مقبولة شرط تحقيق الامور الفنية والاقتصادية حتى ولو بلغت قيمتها الواحد .

والسؤال هل تمتلئ شبكة الصرف الصحي فعلا بالكامل خلال عمر المشروع التصميمية :

- الجواب : أن الشبكات المنزلية تمتلئ في نهاية الفترة التصميمية وفي ساعات التصريف الأعظمي أما الشبكات المطرية والمشاركة فتمتلئ عدة مرات امتلاء كاملاً .
- من ناحية أخرى فان المجمعات التي تصب عليها محمعات فرعية ستمتلئ في القسم السفلي منها أما القسم العلوي منها فيبقى غير ممتلئ .
 - إن ضرورة اختيار قطر نظامي عند التصميم يفرض على المهندس اختيار قطر أكبر من القطر الحسابي لتجنب حدوث ارتداد للمياه وبالتالي لن تمتلئ هذه القساطل بشكل كامل في أغلب الأحيان.

فمثلا :

من اجل غزارة محددة يمكن ان يكون قطر الانبوب الذي ميله مناسب ويحقق نسبة امتلاء كاملة غيرنظامي (مثلا ٥٢٦ mmn . ان هذا القطر (كانبوب بيتوني) غير كتوفر وبالتالي المصمم سيختار القطر الاكبر للأسباب الواردة اعلاه وليكن القطر ٦٠٠ mm وبالتالي هذا الانبوب لن يمتلئ .

- ايضا في بدايات خطوط شبكات الصرف (وخاصة المنزلية) حيث الغزارات قليلة فان الاقطار الحسابية ستكون صغيرة وبما انه استثماريا يجب ان لاتقل الاقطار عن الاقطار الدنيا المسموحة (D_{min}) وبالتالي ستكون الاقطار الدنيا تكون في هذه الحالة اكبر من الاقطار الحسابية وبالتالي فإن هذه الخطوط لن تمتلئ بشكل كامل .

- هناك وجهة نظر لبعض الاختصاصيين مدونة ببغض المراجع العلمية تتمثل بان تحسب الشبكات المطرية والمشاركة على الامتلاء الكامل اما الشبكات المنزلية تخسب على اساس الامتلاء الجزئي أي يجب ان لا تزيد نسبة الامتلاء عن نسبة امتلاء عظمى مسموحة اقل من الواحد وقيمتها تتبع قطر الانبوب كما في الجدول التالي :

h/d max المسموحة	$D(mm)$ قطر الأنبوب
$\leq 0,6$	200-300
$\leq 0,7$	300-500
$\leq 0,75$	500-900
$\leq 0,8$	> 900

ان مبرر تبني وجهة النظر هذه هو احتمال ان تصرف الى الشبكة غزارات منزلية غير متوقعة اكبر من الغزارات المنزلية التصميمية وعلى شبكة الصرف الصحي المنزلية استيعاب هذه الغزارات غير المتوقعة دون حدوث ارتداد للمياه ضمن الشبكة ، وبالتالي يجب ان لا تزيد نسبة الامتلاء عن نسبة عظمى مسموحة ، اضافة الى اعتماد نسبة امتلاء عظمى مسموحة تؤدي الى زيادة تهوية الشبكة .

سرعة الجريان في انابيب شبكة الصرف الصحي وميول هذه الانابيب :
 إن استثمار الشبكات بشكل جيد و تقليل كلفة صيانتها و تشغيلها يتطلب إعطاء ميول كافية لتأمين سرعة جريان تمنع من حدوث ترسبات في الأنابيب .

السرعة التصميمية :

هي السرعة الناتجة عن مرور الغزارة التصميمية (الحسابية) والمتزامنة مع نسبة الامتلاء التصميمية (أو الحسابية) .

يجب أن تتراوح السرعة التصميمية بين سرعة عظمى وسرعة دنيا .
السرعة العظمى : هي السرعة التي لا تشكل خطر على التفتيت الميكانيكي لمواد الأنابيب نتيجة تدحرج حبات الرمل و المواد الصلبة الأخرى المنقولة مع المخلفات السائلة وتعطى تبعا لمادة الأنبوب من الجدول التالي:

$V_{max} = 2.5m/sec$ للأنابيب البيتونية وفي حالة الوصلات العادية (رأس وذيل)

$V_{max} = 5.0m/sec$ للأنابيب البيتونية المسلحة و في حالة الوصلات الجرسية

$V_{max} > 5.0m/sec$ للأنابيب الخزفية

$V_{max} > 8m/sec$ للأنابيب البولي إيثيلين

كما أن السرعة العظمى تتبع نوع الشبكة (منزلية / مشتركة) ومادة الانبوب كما تتبع توضع الأنبوب في الشبكة ، فمثلا يسمح بسرعة جريان عالية في أنابيب المياه الفائضة لان الجريان مؤقت

أما السرعة الدنيا فهي أخفض سرعة تؤمن عدم حدوث ترسبات في الأنابيب وهذه السرعة تختلف باختلاف أقطار الأنابيب كما في الجدول التالي :

$v_{min} (m/sec)$	$D(mm)$
٠,٤	٢٥٠
٠,٤٥	٣٠٠-٤٠٠
٠,٥٠	٥٠٠
٠,٥٥	٦٠٠-٨٠٠
٠,٦	٩٠٠-١٢٠٠

٠,٧	> ١٢٠٠
-----	--------

من أجل ضمان سرعة جريان مناسبة أكبر من السرعة الدنيا (والتي تسمى سرعة التنظيف الذاتي) و أقل من السرعة العظمى لا بد من اختيار ميل مناسب للأنايب .

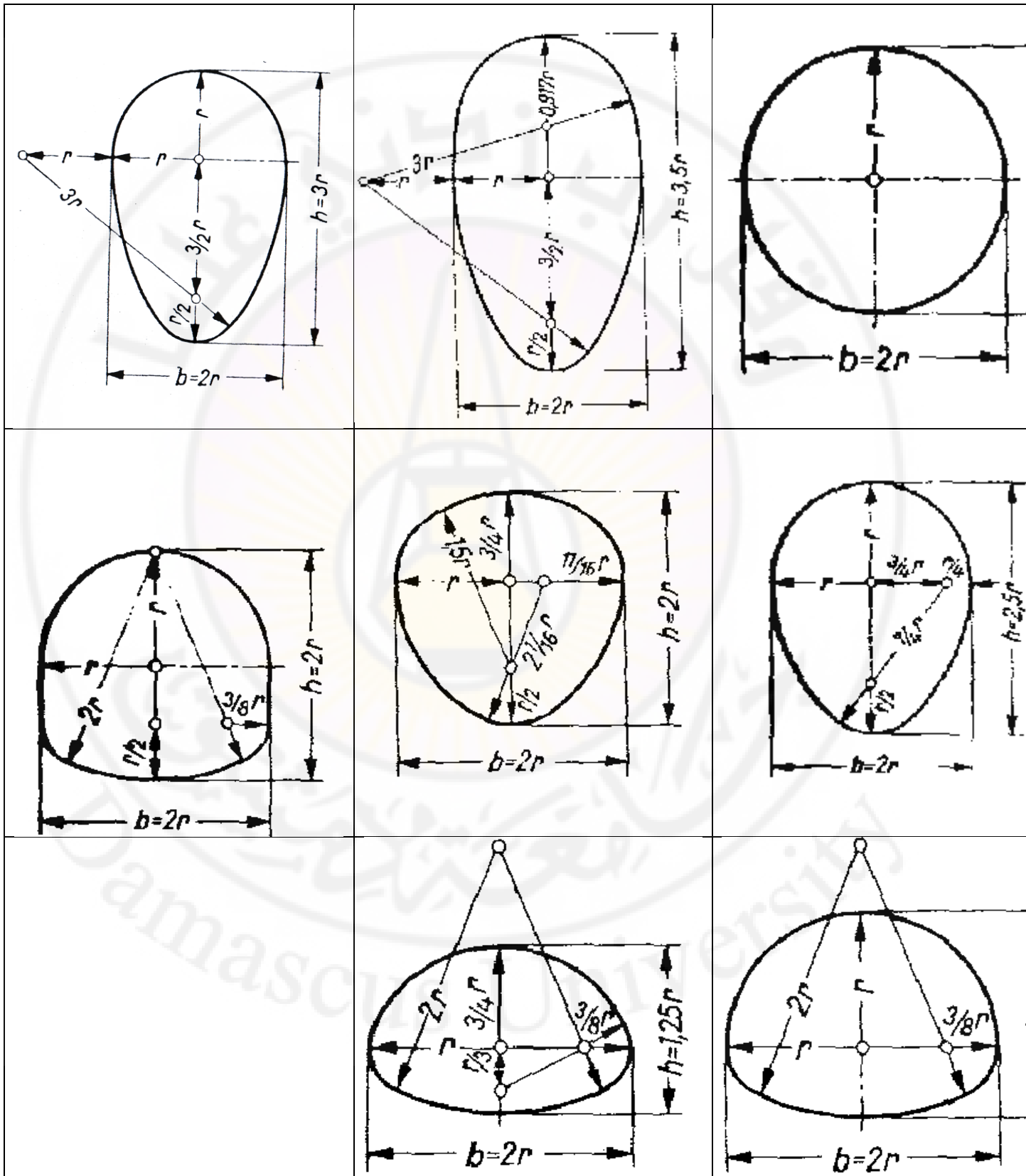
$$\frac{1}{D(cm)} \geq I \geq \frac{1}{D(mm)}$$

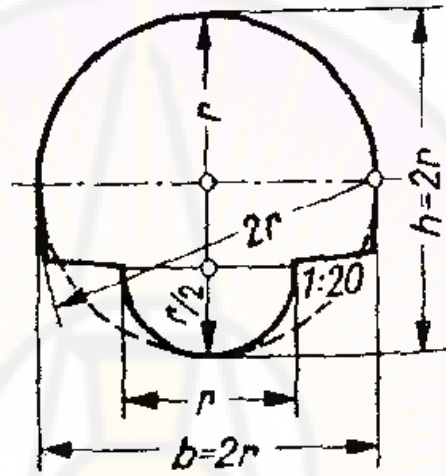
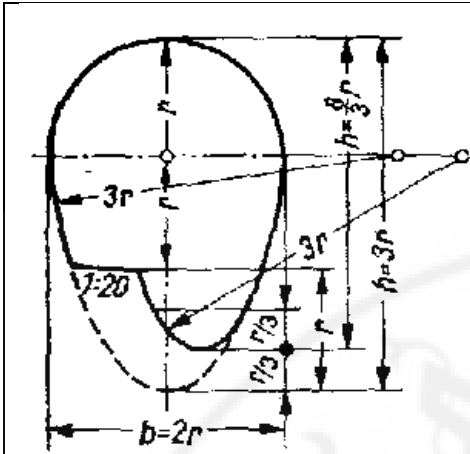
ينصح باستخدام العلاقة

ينصح باستخدام الجدول التالي:

مناسب I	$I_{\max}$	$I_{\min}$	$D(mm)$
١/٥٠	١/١٠	١/١٠٠	الوصلات المنزلية
١/٥٠-١/٢٠٠	١/١٥	١/٢٠٠-١/٣٠٠	٢٠٠-٣٠٠
١/١٠٠-١/٣٠٠	١/٢٠	١/٣٠٠-١/٦٠٠	٣٠٠-٦٠٠
١/٢٠٠-١/٤٠٠	١/٣٠	١/٦٠٠-١/١٠٠٠	٦٠٠-١٠٠٠
١/٣٠٠-١/١٠٠٠	١/٥٠	١/١٠٠٠-١/٢٠٠٠	١٠٠٠-٢٠٠٠

أشكال مقاطع الأنابيب و المجمعات - وصفاتها الهيدروليكية :





يمكن تقسيم المقاطع إلى ثلاث فئات رئيسية :

- مقاطع دائرية .
- مقاطع مشدودة (ارتفاعها أطول من عرضها) .
- مقاطع مضغوطة (ارتفاعها أقل من عرضها) .

المقطع الدائري هو أكثر المقاطع شيوعا (٩٠%) من الخطوط المنفذة منه ، اقتصادي في كمية المواد المستهلكة .سهولة التركيب و الاستثمار .

من المقاطع المشدودة :

فمنها البيضوي والبيضوي المقلوب ،القطع الناقص و المركب من نصفي دائرة و جدران قائمة .

من المقاطع المضغوطة :

يعتبر المقطع الخماسي و المفلطح أكثرها شيوعا و يستعملان بشكل رئيسي في الشبكات المطرية .

تحدد الصفات الهيدروليكية لمقطع ما بالتصريف الأعظمي الذي يمر بالمقطع بميل و مساحة مقطع معينين، إن أكثر المقاطع ملائمة في هذا المجال هو الدائري الذي يتمتع بأعلى نصف قطر هيدروليكي .

بالنسبة للمقاطع غير الدائرية فبدلا من استخدام العلاقة العامة لإبرانتدل-كوك بروك يمكن أيضا استخدام الجدول التالي و الذي يربط بين المقاطع الدائرية و غير الدائرية – من حيث V, Q كما يلي :

رقم المقطع	شكله	$b:h$	A	U	R	Q/Q_{kr}	V/V_{kr}
١	دائري	٢:٢	$r^2 * ٣,١٤$	$r * ٦,٢٨٣$	$r * ٠,٥$	١,٠	١,٠
٢	بيضاوي متطاو ل	٢:٣,٥	$r^2 * ٥,٤٩$	$r * ٨,٨٥$	$٠,٦٢١$ r^*	١,١	٢,٠

٣	بيضاوي عادي	٢:٣	$r^2 * ٤,٩٩٤$	$r * ٧,٩٣$	$٠,٥٧٩$ r^*	١,١	١,٦
٤	بيضاوي عري ض	٢:٢,٥	$r^2 * ٢,٨٢٣$	$r * ٧,٠٩٣$	$٠,٥٤٤$ r^*	١,٠	١,٢
٥	بيضاوي مضغ وط	٢:٢	$r^2 * ٣,٠٧٩$	$r * ٦,٢٨٦$	$٠,٤٩٣$ r^*	٠,٩	٠,٩
٦	فموي متطاو ل	٢:٢	$r^2 * ٣,٣٧٨$	$r * ٦,٦٠٣$	$٠,٥١٢$ r^*	١,٠	١,٠
٧	فموي عادي	٢:١,٥	$r^2 * ٢,٣٧٨$	$r * ٥,٦٠٣$	$٠,٤٠٤$ r^*	٠,٩	٠,٠
٨	فموي مضغ وط	٢:١,٢ ٥	$r^2 * 1.973$	$r * 5.169$	$r * 0.375$	0.8	0.5
٩	قناة ذات كتف واحد	٣:٤	$r^2 * 3.929$	$r * 7.578$	$r * 0.518$	١,٠	١,٢
١٠	قناة ذات أكتاف	٢:٢	$r^2 * ٢,٩٣٣$	$r * ٦,٥٦٣$	$٠,٤٤٧$ r^*	٠,٩	٠,٨

الأقطار الدنيا : $D_{\min}$

إن غزارة المخلفات السائلة في بدايات الخطوط تكون محدودة و يتطلب ذلك أقطار أنابيب صغيرة ، لكن تجارب استثمار الشبكات بينت أن عدد المرات التي يتعرض فيها أنبوب بقطر (١٥٠) ملم للانسداد هو ضعف عدد مرات الانسداد التي يتعرض لها أنبوب بقطر (٢٠٠) ملم أي أن كلفة استثمار وصيانة الأنابيب ذات القطر الصغير هي ضعف كلفة صيانة و استثمار الأنبوب الأكبر فيما كلفة تمديد الأنابيب متقاربة .
لذا ينصح باستخدام الأقطار الدنيا التالية :

الشبكات المنزلية :

(٢٥٠) ملم للأنابيب البيتونية و ٢٠٠ ملم للأنابيب البولي ايثيلين (قطر داخلي)

للشبكات المطرية و المشتركة:

(٣٠٠) ملم للأنابيب البيتونية ، (٢٥٠) ملم للأنابيب البولي ايثيلين .

خطوات الحساب الهيدروليكي وجداول الحساب الهيدروليكي :

يمكن تلخيص خطوات الحساب الهيدروليكي لشبكة الصرف الصحي كما يلي :

- ١- يجب دراسة ل خطوط الشبكة .
- ٢- بعد تحديد الخط المراد حسابه هيدروليكيًا يجب وقبل أي خطوة دراسة ميول المقطع الطولي للطرق المعد والمدرس من قبل اختصاصي الطرق بهدف دراسة امكانية اختيار ميول لأنابيب الشبكة تساوي ميول الطرق والشوارع التي سيمدد خط الصرف المدرس في جسمها لأنه اذا حققت هذه الميول الامور الفنية المطلوبة سيكون تصميم الخط اقتصادي لأنه في هذه الحالة سيكون عمق الحفر ثابت .
- ٣- بعد اختيار الميل (الذي يساوي ميل الطريق) واختيار القطر الادنى (في بدايات الخطوط) يتم من الجداول أو المنحنيات أو من علاقة برانتدل كول بروك استنتاج الغزارة والسرعة في حالة الامتلاء. الكامل. Q_{full} , V_{full} .

- ٤- من المنحني الذي يربط بين نسبة الامتلاء والغزارة (كنسبة من غزارة الامتلاء الكامل) والسرعة (كنسبة من السرعة في حالة الامتلاء الكامل) نستنتج نسبة الامتلاء والسرعة V_t المقابلة للغزارة التصميمية .
- ٥- اذا كانت الشبكة المدروسة منزلية او مطرية وكانت السرعة المستنتجة من الخطوة السابقة اكبر من السرعة الدنيا و اقل من السرعة العظمى المحددة تبعا لمادة الانبوب يكون التصميم جيد وبالتالي تكون النتيجة ان ميل الانبوب يساوي ميل الطريق والقطر هو القطر الادنى .
- ٦- في حال ان سرعة الجريان المحسوبة V_t اقل من سرعة الجريان الدنيا تتم زيادة الميل وتعاد الخطوتين ٣ و ٤ الحصول على سرعة اكبر من السرعة الدنيا .
- ٧- في حال كانت الشبكة مشتركة فان السرعة الحاسمة ليست السرعة المحسوبة من اجل غزارة الطقس الرطب بل من اجل غزارة الطقس الجاف لذلك لايعتبر تصميم الوصلة مقبول الا اذا تحقق سرعة جريان اكبر من السرعة الدنيا من اجل غزارة الطقس الجاف .
- ٨- يتم التحقق على الطقس الجاف وفق المراحل التالية :
- نحسب النسبة $\beta = Q_s / Q_{ful}$ ومن المنحني المذكور سابقا نستنتج قيمة V_s / V_f ومنها نحسب V_s وهي سرعة الجريان في الطقس الجاف .
- ٩- في حال كانت السرعة V_s اكبر من السرعة الدنيا المسموحة يعتبر التصميم مقبول والا لابد من زيادة الميل او تدليل القطر لتحقيق الشرط المذكور .
- ١٠- وهكذا ننتقل الى الوصلة الحسابية التالية .
- ١١- يتم تنظيم مراحل ونتائج الحساب الهيدروليكي في جدول . كما هو مبين في الملحق الخاص بذلك .

نلاحظ انه في نظام الصرف المشترك انه تم التصميم (اختيار القطر والميل) على غزارة الطقس الرطب وتم التحقيق على غزارة الطقس الجاف .
-للتأكيد يتم بالبداية اعتماد ميل الطريق لميل لانبوب الشبكة واختيار قطر بحيث تكون Q_{full} تساوي او اكبر بقليل من الغزارة التصميمية (سواء غزارة منزلية أو مطرية أو مشتركة) لأنه لا يمكن اختيار انبوب قطره لا يكفي لإمرار الغزارة التصميمية بجريان حر..

. عمق تمديد أنابيب شبكة الصرف الصحي

يتعلق العمق الأدنى لتمديد أنابيب شبكة الصرف الصحي بما يلي:

1.-نوع الشبكة:

الشبكات المنزلية والمشاركة تكون عادة أعمق من المطرية والسبب هو ضرورة تصريف أقبية للأبنية بالإسالة الطبيعية.

2.-الحمولات الستاتيكية والديناميكية المطبقة على الأنابيب (طبيعة استخدام السطح في مكان توضع القسطل أو الأنبوب)

3 -نوع مادة الأنبوب (التي تؤثر على سماكة التغطية الدنيا الواجب تأمينها فوق الراسم العلوي للأنبوب والمرتبطة بطبيعة استخدام السطح . ففي حال الأنابيب البيتونية يمكن في المناطق الخضراء والأرصفة أن تكون سماكة للتغطية الدنيا (٠,٢ m - ٠,٥) أما في الشوارع وتبعاً للحمولة الديناميكية والستاتيكية المتوقعة (يتبع درجة الشارع) رئيسي - فرعي (يجب ان لا تقل سماكة التغطية عن ١٢٠ cm . اما أنابيب البولي ايتلين فيجب الاتقل سماكة التغطية عن ٨٠ cm .

4. نوع التربة : ففي حال الترب القاسية يفضل الاقلال من عمق الحفر للإقلال من كلفة المشروع .

- 5.-منسوب المياه الجوفية وتغيراته لانه من الافضل ان يتوضع الانبوب على تربة جافة
- 6.-عمق المنشآت تحت أرضية الموجودة وعمق تمديد أنابيب الشبكات الأخرى الموجودة.
- 7 - .طبوغرافية المنطقة وميول الأنابيب

. المقطع الطولي لخطوط شبكة الصرف الصحي :

يجب رسم مقاطع طولية لكل أنابيب شبكة الصرف الصحي، يعد المقطع الطولي للأنابيب وثيقة تنفيذية هامة لمهندس التنفيذ كونه يظهر علاقة الأنبوب مع خط الأرض حيث تظهر عليه كل المناسيب اللازمة لتنفيذ الأنبوب بشكل دقيق.

. المقطع الطولي لخطوط شبكة الصرف الصحي :

يجب رسم مقاطع طولية لكل أنابيب شبكة الصرف الصحي، يعد المقطع الطولي للأنابيب وثيقة تنفيذية هامة لمهندس التنفيذ كونه يظهر علاقة الأنبوب مع خط الأرض حيث تظهر عليه كل المناسيب اللازمة لتنفيذ الأنبوب بشكل دقيق.

إن للمقطع الطولي الفوائد التالية:

- 1.يساعد في الاستفادة من ميول الطرق قدر الإمكان أثناء الحساب الهيدروليكي وبالتالي انصح وكم ورد سابق بان تدرس كل المقاطع الطولية للطرق المقدمة من مهندس الطرق للاستفادة منها اثناء التصميم لأنها تعتبر مرحلة هامة من مراحل التصميم الهيدروليكي.
- 2.يساعد أيضا في إيضاح النقاط المنخفضة والتي تعرض أعماق دنيا وبالتالي توجه عملية الحساب الهيدروليكي.
- 3.يعتبر وثيقة توضع بين أيدي المهندس المنفذ حيث يجد عليها كافة المعلومات الضرورية للتنفيذ.
- 4.يساعد في حساب حجوم الحفر .

يشمل المقطع الطولي بلمعلومات التالية:

- . منسوب المقارنة
 - . المسافة الجزئية
 - . المسافة الكلية (أو التراكمية)
 - . منسوب الأرض الطبيعية
 - . منسوب الحفر
 - . منسوب قاع الأنبوب
 - . عمق الحفر
 - . قطر وميل وطول الأنبوب
 - . مادة الأنبوب
 - . المسافة بين غرف التفتيش.
- الشكل المرفق بالملحق رقم ٤ يبين مثال عن مقطع طولي لخط صرف صحي.

عرض خنادق الأنابيب شبكة الصرف الصحي:

يقاس عرض الحفرية عند الراسم العلوي للأنبوب وبشكل عام يتبع عرض الخندق:

- قطر الأنبوب
 - عمق الخندق (عمق الحفر)
 - نوع التربة (حيث يؤثر ذلك على شكل الخندق (إما بجدران شاقولية أو مائلة) كما تؤثر على نوع التدعيم المراد استخدامه.
- يمكن الاستئناس بالجدول التالي الذي يعطي العرض الأدنى للخندق تبعاً لأكبر قطر للأنابيب وذلك للخنادق غير المدعمة زوات الجدران المائلة :

أكبر قطر خارجي للأنبوب	العرض الأدنى للخندق	
	خنادق مدعمة	خنادق غير مدعمة
		$B \leq 60^\circ$ $B > 60^\circ$
حتى ٠,٤ m	$b = d + 0.4$	$b = d + 0.4$
أكبر من ٠,٤ m حتى ٠,٨	$b = d + 0.7$	
أكبر من ٠,٨ m حتى ١,٤	$b = d + 0.85$	$b = d + 0.4$ $b = d + 0.7$
أكبر من ١,٤ m	$b = d + 1.00$	

يمكن زيادة العرض الوارد في الجدول تبعا لعمق تمديد الأنابيب حسب أقطارها ولنوع التربة بحيث يتحقق أمان لعمال التمديد والاختبار.

محتويات الاضبارة التنفيذية لمشروع شبكة صرف صحي:

إن مذكرة حسابية تتضمن:

. المعطيات

. حساب الغزارات المنزلية والمطرية

. الحساب الهيدروليكي

٢. المخططات:

٢-١: مسقط أفقي يبين مسارات أنابيب الشبكة وعليه المعلومات التالية:

أ- على الأنابيب: طول وقطر وميل كل أنبوب بين غرفتي تفتيش متتاليتين.

ب- منسوب قاع وغطاء كل غرفة تفتيش

٢-٢: مقطع طولي لكل خطوط الشبكة يبين عليه المعلومات المذكورة سابقا.

٢-٣: تفاصيل لكافة المنشآت الملحقة (غرف تفتيش ، بلائع مطرية، هدارات)
. دفاتر الشروط الفنية:

. جداول كميات

. كشف تقديري

. جدول تحليل أسعار.



المنشآت الملحقة بشبكات الصرف الصحي

مقدمة :

إنّ الهدف من بناء هذه المنشآت على شبكة الصرف الصحي هو إتمام وظيفة ومهمة شبكة الصرف الصحي في تجميع ونقل المخلفات السائلة وإيصالها إلى المصب النهائي " أو محطة المعالجة " بدون ضرر للبيئة .
من أهم المنشآت التي تبنى على شبكات الصرف الصحي :

١. حفر أو غرف التفطيش

٢. الباليع المطرية

٣. خزانات الدفق

٤. منشآت التقاطع (السيفونات والمعاير والجسور المائية)

٥. هدارات الفائض (على الشبكة المشتركة)

٦. الأحواض المطرية (على الشبكة المشتركة والمطرية)

٧. محطات الضخ

٨. منشآت دخول وخروج المياه

غرف التفطيش (حفر التفطيش) :

الهدف من بناء هذه الحفر هو مراقبة عمل الشبكة وتنظيفها وتهويتها وتبنى في المواقع التالية :

. بداية كل خط

. تغيير اتجاه الجريان

. تغيير المقطع العرضي لأنبوب الصرف

. تغيير مادة الأنبوب

. تغيير الميل

. عند التقاء أكثر من أنبوبين

كما تبنى الغرف على المسافات المستقيمة تتباعد فيما بينها يتعلق بالأمور التالية :

. قطر الأنبوب

. إمكانية تنظيف الخط بين غرفتي تفطيش بأدوات التنظيف العادية بسهولة

. ضمان تهوية الشبكة لتأخير أو لمنع تعفن المواد العضوية الموجودة في مياه الصرف

. بالنسبة للأنابيب الكبيرة المقطع والممكن السير بداخلها يأخذ بعين الاعتبار في تحديد التباعد بين غرفتي تفطيش

إمكانية الخروج بسرعة من الأنبوب في حالة وقوع حادث ما.

هناك آراء مختلفة بعض الشيء حول التباعد المناسب بين غرف التفتيش على المسافات المستقيمة إلا أن نتائج استثمار الشبكات تشير إلى التباعدات التالية :

D(mm)	L(m)
250-300	30-40m
400-600	40-50m
600-900	50-60m
1200-900	60-70m
>1200	70-100m

أجزاء غرف التفتيش :

تتألف غرفة التفتيش من قاع الغرفة (الجزء السفلي) وجسم الغرفة وغطاء الغرفة .

القسم السفلي ويتألف من :

. بيتون نظافة

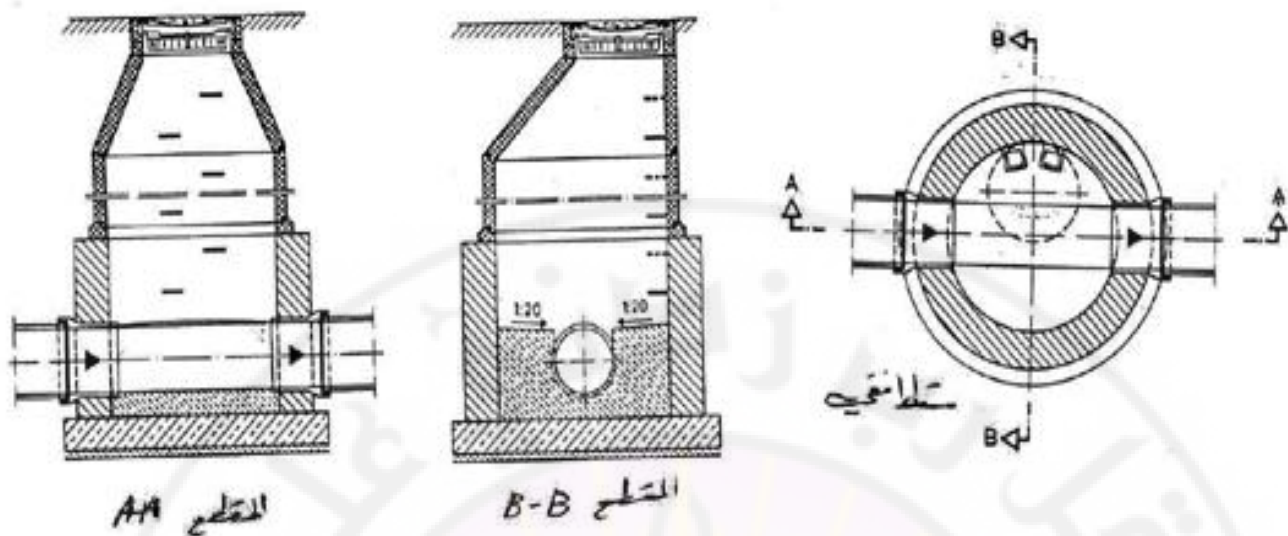
. قاعدة الغرف

. أكتاف القناة ضمن غرف التفتيش وتكون من البيتون العادي

تتعلق أبعاد الجزء السفلي لغرفة لتفتيش بعدد وأقطار وسماكة جدران الأنابيب الملتقية في الغرفة (الانابيب الداخلة الى والخارجة من غرفة التفتيش) حيث :

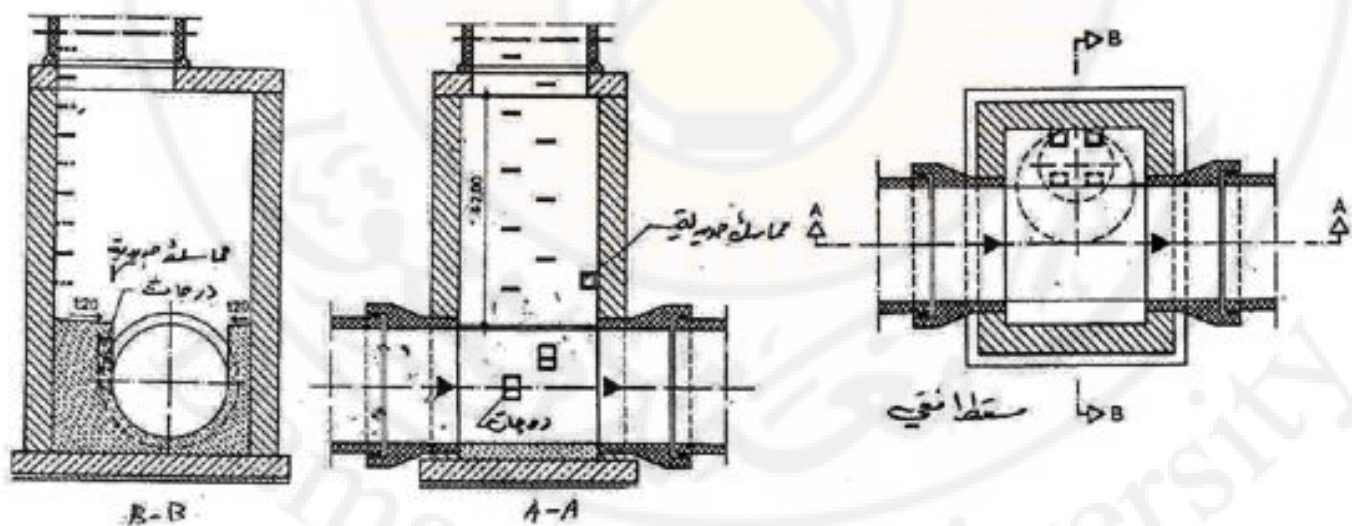
يجب ألا تقل المساحة الصافية لهذا القسم المستطيل أو المربع عن ٢م^١ ولا يقل قطره في حالة الجزء السفلي الدائري كما في الشكل التالي عن ١م وفي حال غرف التفتيش التي يزيد عمقها عن (٥م) فيجب أن لا يقل البعد الأدنى للجزء السفلي عن ١,٢م. (وبهدف تأمين فراغ كافٍ لأعمال الصيانة والمراقبة يجب أن لا يقل ارتفاع الضوء فوق كتف القناة ضمن الغرفة عن ٢م).

أما ارتفاع اكتاف القناة ضمن غرفة التفتيش فيساوي ارتفاع الراسم العلوي للانبوب ذو القطر الأكبر - في حالة الانابيب الملتقية حتى قطر (٥٠٠مم) أما في حال الانابيب الأكبر قطراً فيجب أن يساوي ارتفاع الاكتاف ارتفاع المياه في الانبوب المقابل لغزارة ضعف غزارة الطقس الجاف على أن لا يقل عن ٥٠سم (فوق قاع غرفة التفتيش). أما عرض الكتف فيجب أن يزيد عن ٥٠سم وميل لا يزيد عن (١,٢٠) لكي يتمكن عامل الصيانة من الوقوف عليها كما في الشكل التالي:



غرفة تفتيش دائرية المقطع لأنابيب حتى قطر ٥٠٠ ملم

يمكن في حال زيادة ارتفاع أكتاف القناة ضمن الغرفة عن ٥٠ سم تزويد الكتف بدرجات ضمنه مع مماسك معدنية وذلك لأسباب تتعلق بسلامة عمال الشبكة كما في الشكل التالي:

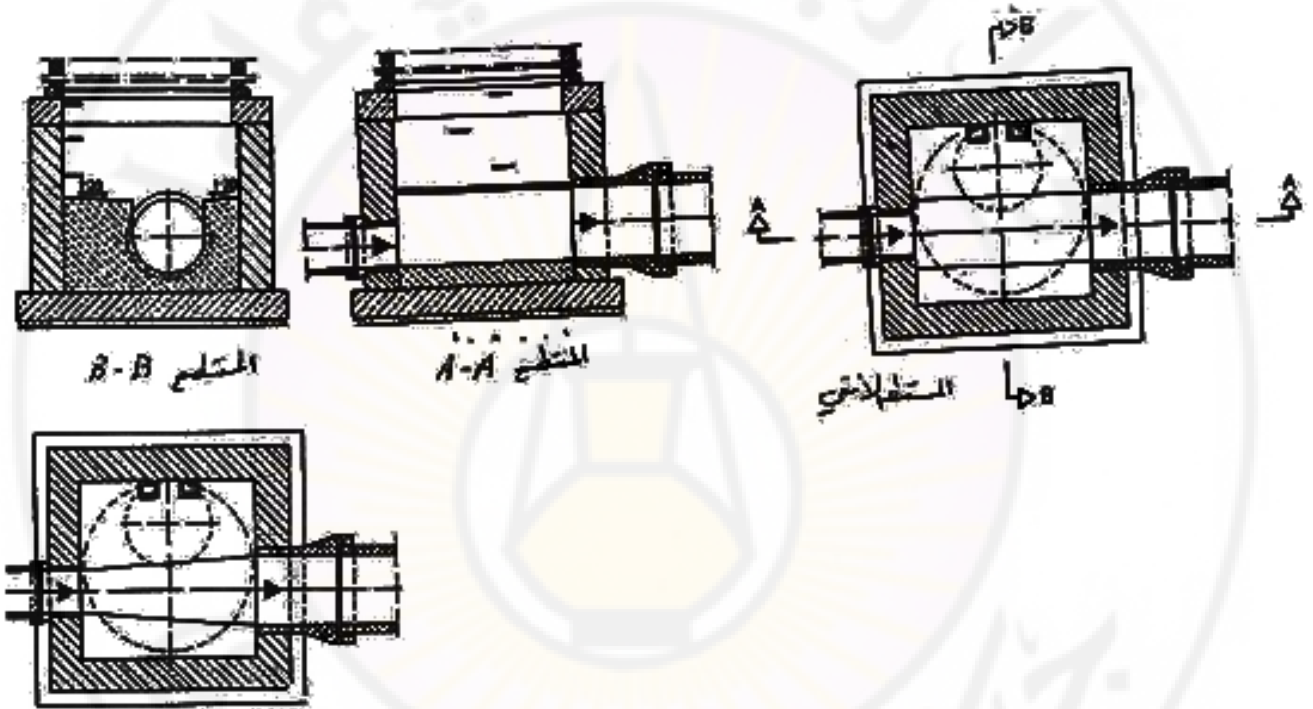


غرفة تفتيش لأقطار أكبر من ٦٠٠ ملم (الأكتاف مزودة بدرجات)

تعطى القناة ضمن غرف التفتيش ميلاً ثابتاً

مواد بناء غرف التفتيش:

إما أن تبنى غرف التفتيش من آجر خاص أو تصب من البيتون العادي أو المسلح أو تكون مؤلفة من مجموعة عناصر من البيتون المسبق الصنع وغالبا ما يكون القسم السفلي من الغرفة بيتوني مصبوب بالمكان والقسم العلوي إما أن يبنى من الآجر أو البلوك الإسمنتي أو يكون على شكل حلقات بيتونية مسبقة الصنع .
يجب تزويد غرف التفتيش بسلام من مواد مقاومة للصدأ (غالبا معدنية مطلية بالايوكسي تثبت على الجدار الشاقولي للغرفة تبلغ المسافة الشاقولية بين درجات السلم ٢٥ سم أو ٣٣,٣ سم



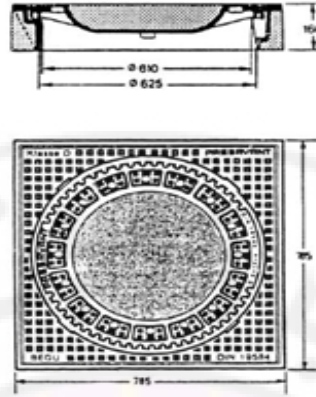
تشكيل القناة ضمن الغرفة

غطاء غرف التفتيش :

تزود غرف التفتيش بأغطية مواصفاتها تتبع موقع الغرفة ، فالغرف الواقعة في الشارع وتعرض للقوى الناتجة عن حركة الآليات فيجب أن تتحمل هذه القوى يجب أن يحتوي الغطاء على فتحات لتهوية الشبكة . في الشوارع التجارية المخصصة لحركة المشاة فقط فتستخدم أغطية لغرف تفتيش ذات ثقوب صغيرة أو بدون ثقوب وبالتالي لابد من اعتماد طريقة ما لتهوية شبكة الصرف مثل وضع أنابيب تهوية خاصة أو غير ذلك.

كما يمكن استخدام أغطية غرف التفتيش بدون ثقوب وذلك لحماية الشبكة من دخول المياه السطحية الى الشبكة أو لمنع خروج مياه الصرف منها نتيجة ارتدادها بهذه الحالة يجب أن يكون الغطاء قادر على تحمل ضغط من الأسفل بحدود ٢ م .

في الآونة الأخيرة بدأ استخدام أغطية غرفة تفتيش من الفبر كلاس.



غطاء غرفة تفتيش

يبين غرفة تفتيش عند التقاء أكثر من انبوب يلاحظ ضرورة التعامد بين محور الأنبوب الداخل وبين جدار الغرفة وإمكانية وصل الأنابيب حتى قطر (٥٠٠ ملم) بشكل متعامد مع الأنبوب الآخر الداخل إلى الغرفة.

غرفة تفتيش الانابيب حتى قطر (٥٠٠) ملم الانبوب الجانبي يشكل زاوية (٤٥)° مع الانابيب الآخرى	غرفة تفتيش الانابيب حتى قطر (٥٠٠) ملم الانبوب الجانبي متعامد مع محور الانابيب الآخرى

كما يبين الشكلين التاليين مساقط ومقاطع لغرف تفتيش عند التقاء أكثر من أنبوبين بأقطار كبيرة، يمكن نتيجة لكبر أبعاد مثل هذه الغرف أن تسمى " منشأة التقاء " .

منشأة التقاء أنابيب بقطر (≤ 600) ملم - الانبوب الجامبي يشكل زاوية ٩٠° مع الانبوب الآخر الداخل الى المنشأة	منشأة التقاء انابيب بقطر أكبر أو يساوي (600) ملم الانبوب الجانبي يشكل زاوية ٤٥° درجة على الأكثر مع الانبوب الآخر الداخل الى المنشأة.

يجب عند تصميم مثل هذه المنشآت أخذ ما يلي بعين الاعتبار :

. يجب تغيير الاتجاه بشكل تدريجي للإقلال من ضياعات الطاقة، حيث يسمح بتغيير اتجاه الانابيب حتى قطر (٥٠٠) ملم ضمن غرفة تفتيش واحدة أما الأنابيب الأكبر قطراً من (٥٠٠) ملم فيفضل أن يتم تغيير الاتجاه ضمن غرفتي تفتيش، حيث تغيّر كل غرفة الاتجاه بمقدار (٤٥) ° أو كما هو مبين بالشكل أعلاه حيث يبلغ نصف قطر القناة ضمن غرفة التفتيش ضعف القطر الصافي للأنبوب الدائري الداخل إلى الغرفة أو ضعف العرض الصافي للمقاطع العرضية الأخرى (غير الدائرية) ويسمح زيادة قيمة نصف القطر الى (٣,٥) ضعف من قطر الأنبوب الداخل في حالة الضرورة لأسباب هيدروليكية. في حالة الأنابيب الكبيرة (أكبر من ١٢٠٠

ملم (٦٥٩٣ - فيفضل تنفيذ قناة على شكل منحني (تكون عادة مصنعة بالمكان) مبنية أو مصبوبة بالمكان
وبنصف قطر (١٥) م وفي حالات خاصة (١٢) م .

أنواع غرف التفيتش:

إنّ تجنب زيادة السرعة العظمى المسموحة والتي تتعلق كما نعلم بنوع مادة الأنبوب وبنوع الوصلات بين الأنابيب يتم عن طريق تقليل ميل الأنابيب ولكن ذلك قد يؤدي في حال أن ميل الأنبوب أقل من ميل الأرض الطبيعية إلى الوصول إلى عمق حفر أقل من المسموح في مثل هذه الحالات نلجأ إلى تزويد غرف التفيتش بسقوط كما تبنى مثل هذه الغرف عند التقاطعات مع أنابيب ومنشآت التخديم الأخرى أو للتغلب على فرق الارتفاع الكبير على مسافة قصيرة.

يعرّف السقوط بأنه : " فرق المنسوب بين قاع غرفة التفيتش وقاع أنبوب الدخول يبلغ السقوط الأعظمي الحر المسموح (٩٠سم) لأنابيب الشبكة المنزلية حتى قطر (٤٠٠) ملم ، ولأنابيب الشبكة المشتركة حتى قطر (٨٠٠) ملم وفي حال زيادة ارتفاع السقوط عن الحد المسموح أو زيادة قطر أنبوب الدخول عمّا ذكر تدخل بعض الإضافات على غرفة التفيتش وذلك تبعاً لقطر ونوع أنبوب الشبكة ولفرق الارتفاع ، من هذه الإضافات:

a. أنبوب نازل

b. قناة على شكل رقبة البجعة

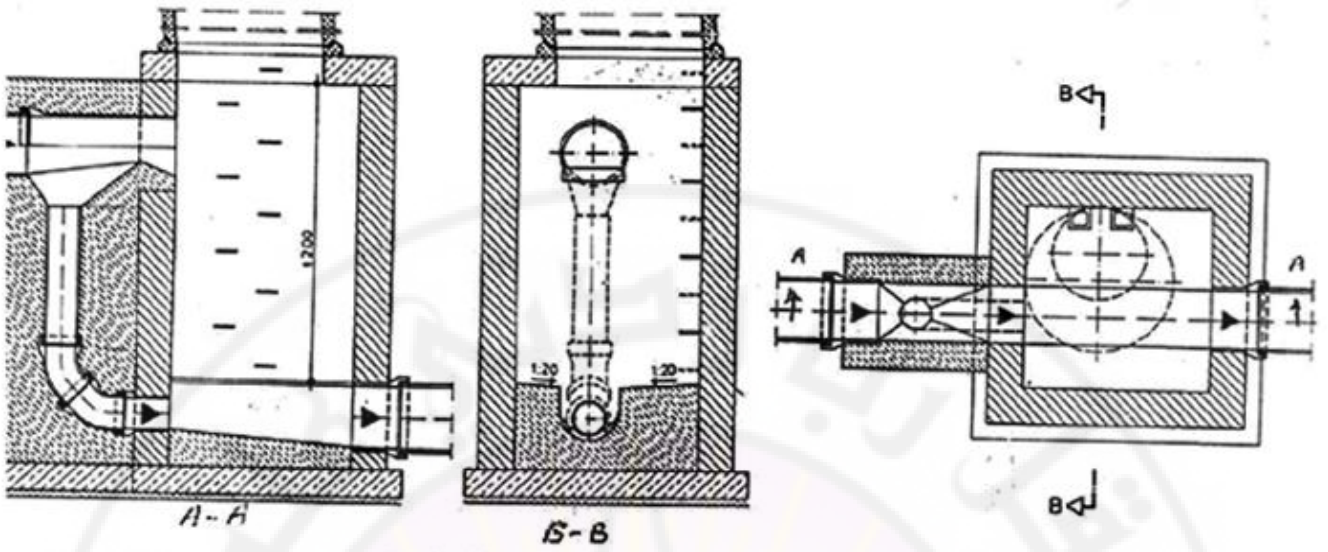
c. قناة مع درجات

تسمى غرفة التفيتش المزودة بمثل هذه الإضافات " منشآت السقوط " .

a. الغرف المزودة بأنبوب نازل :

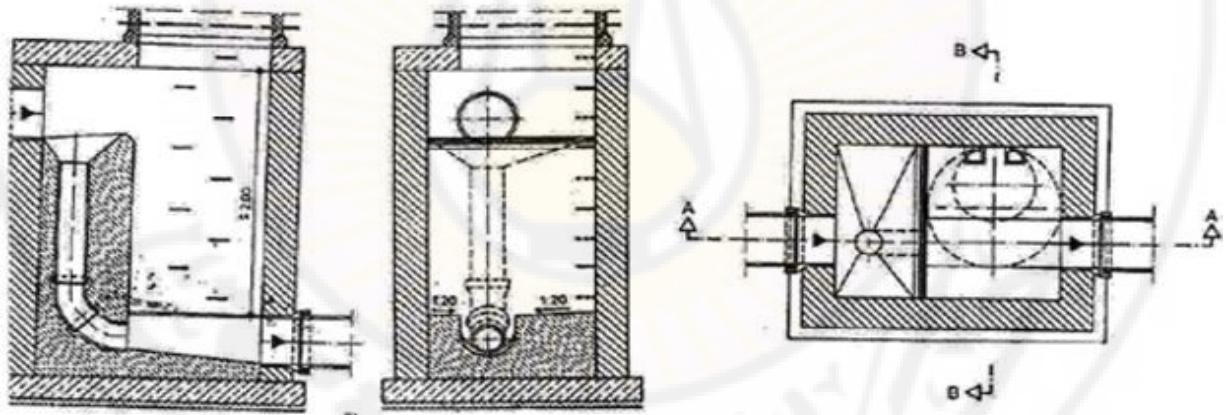
مهمة هذا الأنبوب تقسيم الغزارة القادمة في أنبوب الدخول إلى المنشأة بحيث تمر فيه غزارة تساوي إلى ضعف غزارة الطقس الجاف. القطر الأدنى لهذا الأنبوب (٢٠٠) ملم ويكون عادة من الخزف يستخدم هذا النوع من المنشأة لحالة الأنابيب بأقطار أقل أو تساوي (٨٠٠) ملم.

نميز بين نوعين من هذه المنشآت فمنها يكون الأنبوب النازل داخل المنشأة، ومنها يكون خارجها كما في الشكلين التاليين



منشأة مزودة بأنبوب نازل خارجي

إن وجود الأنبوب النازل داخل الغرفة أسهل من حيث سهولة التنظيف إلا أنه أكثر كلفة من حيث الإنشاء



منشأة مزودة بأنبوب نازل داخلي

تستخدم مثل هذه المنشآت في حال أن فرق المنسوب بين قاع الأنبوب الداخل وقاع المنشأة يتراوح بين (٠,٩ - ٣,٠) م ولأنابيب دخول ذات قطر أقل من (٤٠٠) ملم للشبكة المنزلية ولأنابيب دخول ذات قطر أقل من (٨٠٠) ملم للشبكة المشتركة.

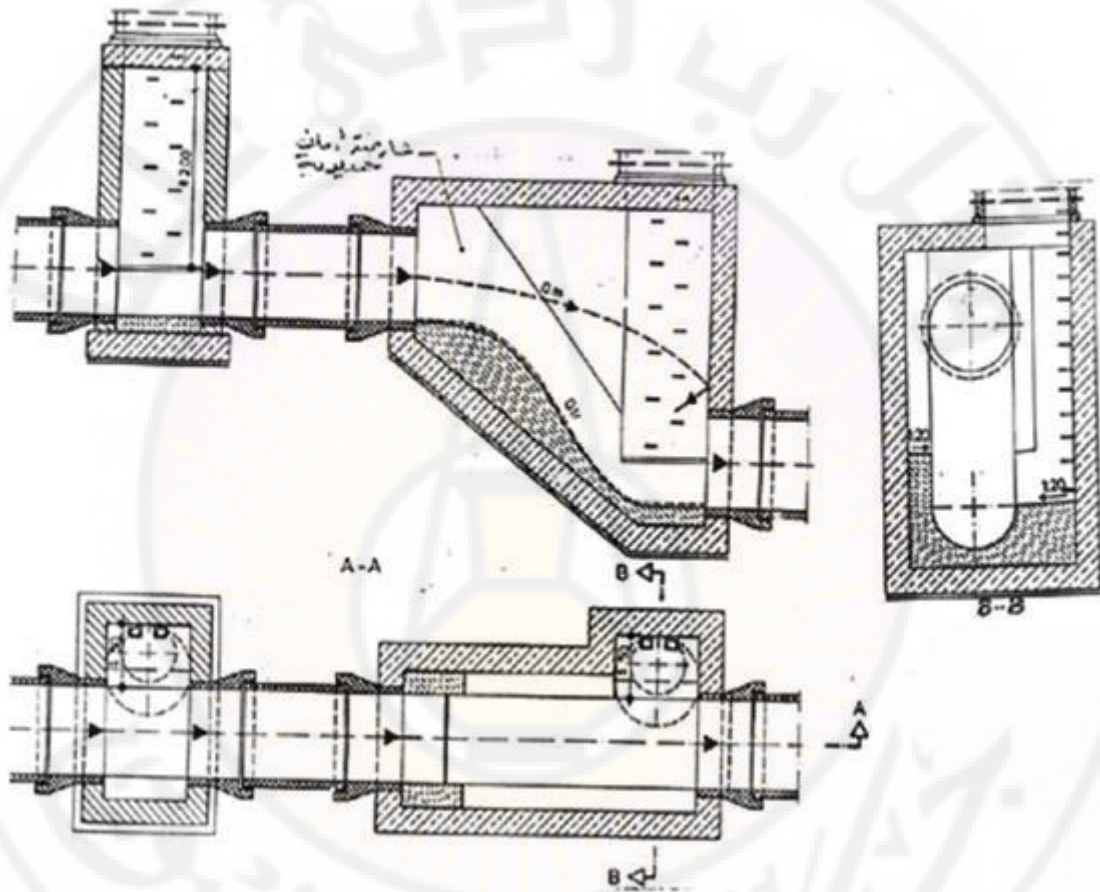
b. الغرف المزودة بقناة على شكل رقبة البجعة :

يستخدم هذا النوع من الغرف في حالة نظام الصرف المشترك ولأنابيب بأقطار أكبر من (٨٠٠) ملم وفي حالة نظام الصرف المنفصل (للشبكة المنزلية) لأنابيب بأقطار أكبر من (٤٠٠) ملم .

في حال استخدام هذه المنشأة على الشبكة المشتركة تبني القناة على شكل قطع مكافئ ، بحيث تبقى ضعف غزارة الطقس الجاف ملاصقة لمنحنى القناة ويتم تحديد طول القناة (x) بحيث لا تصطدم المياه بالجدار المقابل

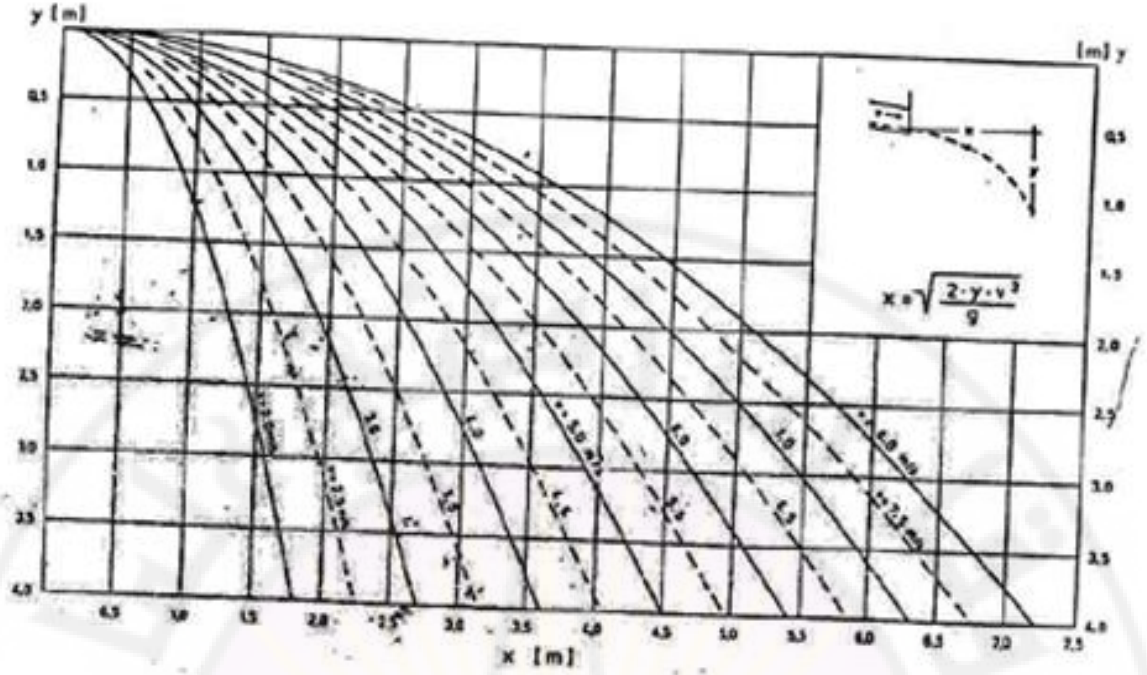
لأنبوب الدخول وإنما تصل مباشرة إلى أعمق نقطة في القناة وبالتالي فهذا التصميم للقناة لا يؤدي إلى امتصاص طاقة التيار المائي ولا إلى خفض سرعة الجريان .

لأسباب تتعلق بأمن عمال التشغيل الفني تبنى غرفة تفتيش عادية قبل هذه المنشأة، كما تزود المنشأة بعارضة أمان معدنية في الجزء العلوي منها وتوضع فتحة النزول إلى المنشأة فوق أخفض نقطة من القناة ، يحدد ارتفاع المنشأة وفق ظروف موقعها.



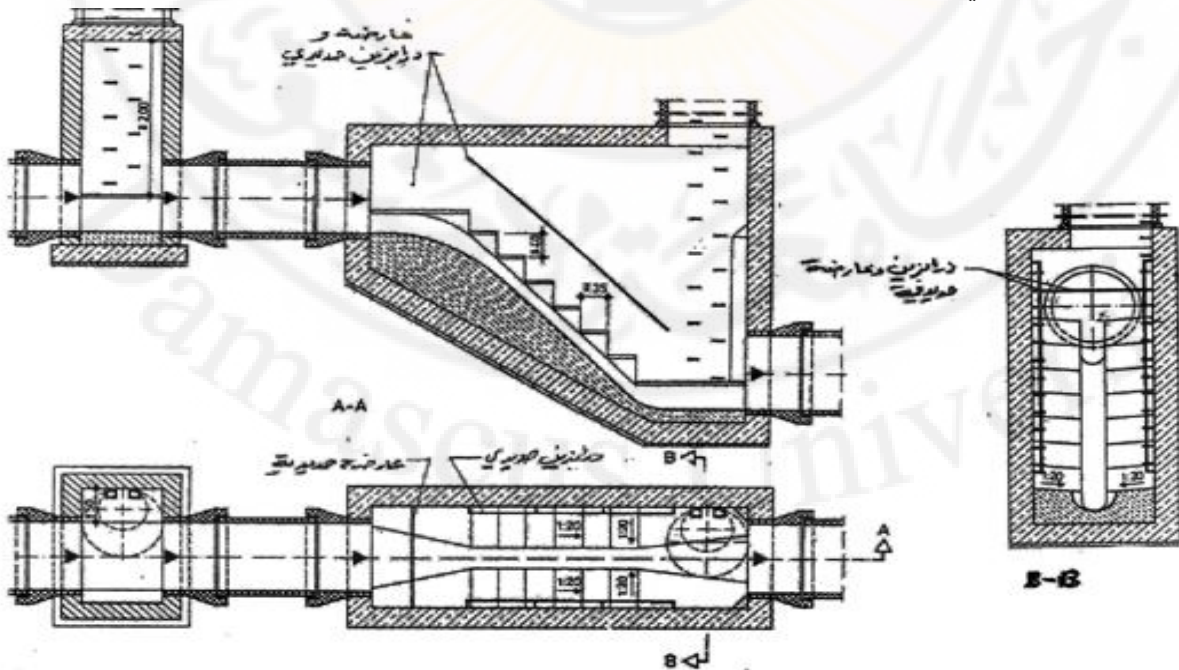
منشأة سقوط مزودة بقناة على شكل رقبة البجعة

الشكل التالي يعطي طريقة لحساب هذه المنشآت تبعاً لسرعة دخول المياه وتبعاً لفرق المنسوب (Y) المطلوب.

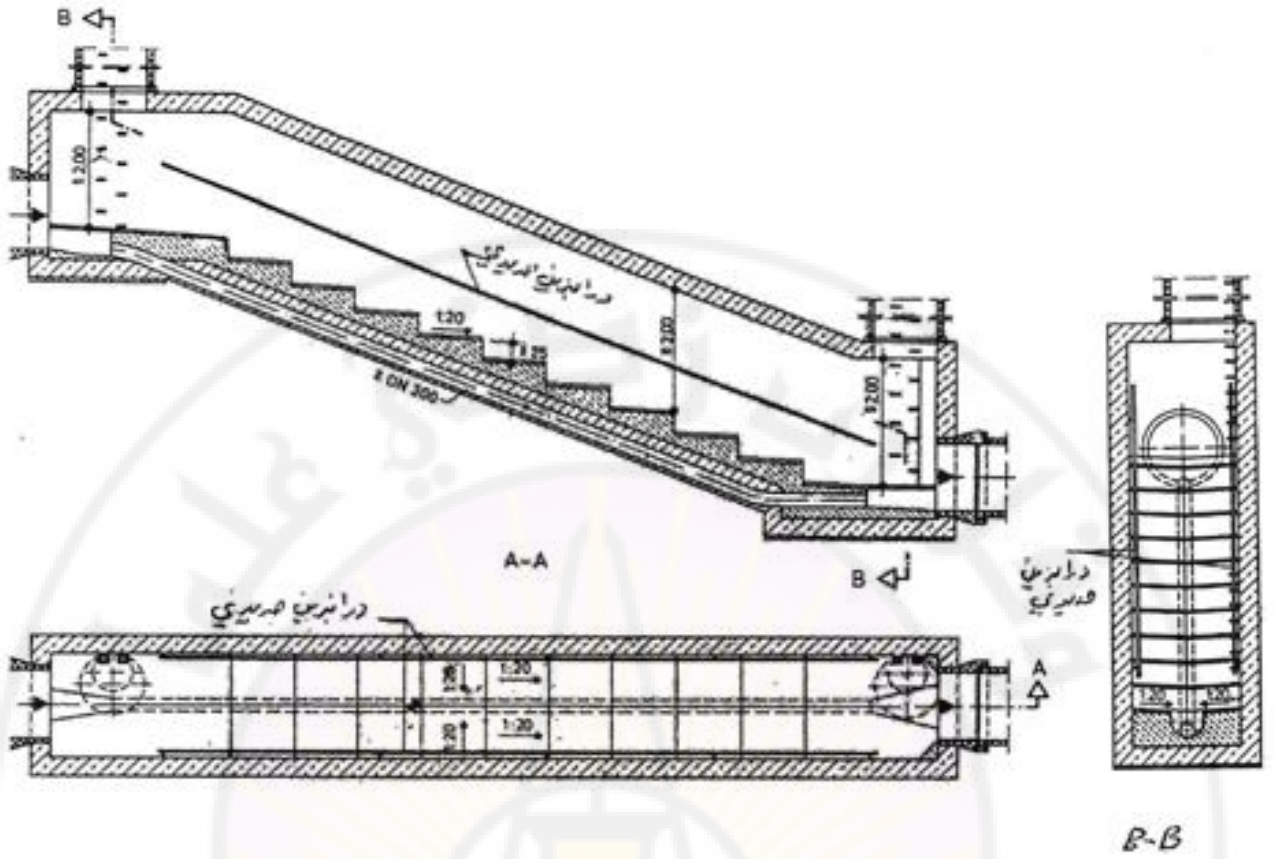


حساب طول القناة على شكل رقبة البجعة (X) تبعا لقيمة السقوط (Y) ولسرعة الدخول (v)

c. الغرف المزودة بقناة مع درجات : يستخدم هذا النوع من المنشآت لأنابيب بقطر أكبر من (١٨٠٠ ملم أي الأنابيب يمكن السير بداخلها. تمر الغزارة الجافة في : قناة تبني إما في منتصف الدرجات أو في أنبوب تحت الدرجات كما في الشكلين التاليين

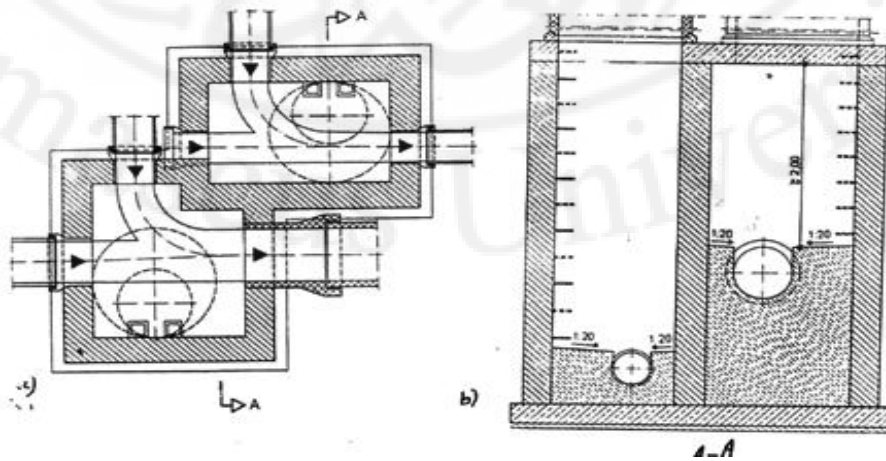


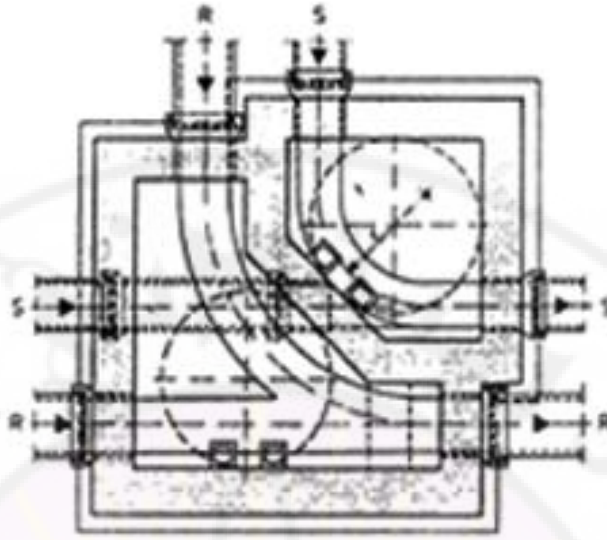
منشأة مزودة لدرجات مع قناة في منتصف الدرجات



منشأة مزودة بدرجات مع أنبوب تحت الدرجات

غرف التفطيش المزودة : تبني هذه الغرف في حالة نظام الصرف المنفصل حيث لا يسمح بوجود أية وصلة بين الشبكة المنزلية والمطرية. يكثر استخدام مثل هذه الغرف في المناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة في مثل هذه الغرف يجب الانتباه إلى اختلاف منسوب الشبكة المنزلية ومنسوب الشبكة المطرية كما في الشكل التالي





c)

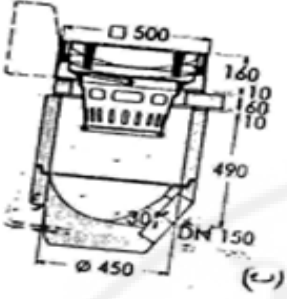
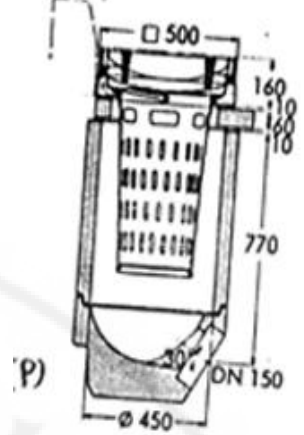
غرفة تفتيش مزدوجة

البلايين المطرية : الغاية منها استقبال مياه الأمطار (وغيرها من المياه السطحية) الجارية على الشوارع والساحات وممرات المشاة وإيصالها إلى الشبكة المطرية أو المشتركة. تبنى هذه البلايين على جانبي الشارع وفي مواقع محددة من الساحات وممرات المشاة ليتم تصريف مياهها بشكل جيد.

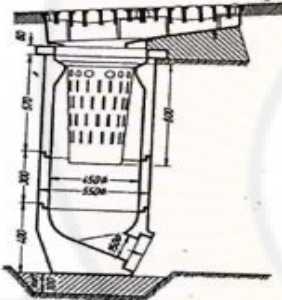
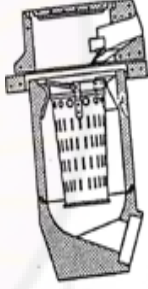
تتبع المسافة العظمى بين بالوعتين مطريتين في الشوارع شدة الهطول المطري كما تتبع نوع الشارع (رئيسي - فرعي) في ألمانيا تبلغ المسافة العظمى بين بالوعتين في الشوارع الرئيسية بحدود ٣٠ م ، وفي الشوارع الفرعية ٥٠ م . أما في سوريا فيتراوح التباعد بين بالوعتين ما بين (٤٠ - ٧٠ م)

إنّ زيادة التباعد بين البالوعات المطرية يؤدي إلى زيادة الغزارة المطرية في المجرى المخصص لمياه الأمطار - بمحاذاة الرصيف - مما يسيء إلى حركة المرور وإزعاج المشاة .

تبعاً لعمق (ارتفاع) البالوعة المطرية، نميز بين نوعين من البلايين المطرية فمنها ذات جذع طويل ومنها ذات جذع قصير كما في الشكلين التاليين إن استخدام هذا النوع أو ذاك يتبع عمق تمديد أنبوب شبكة الصرف المطرية أو المشتركة .

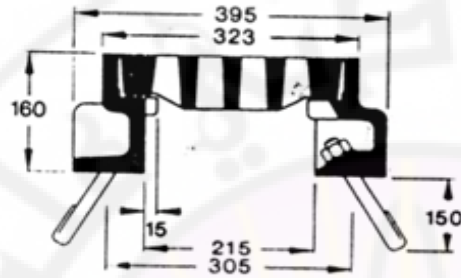
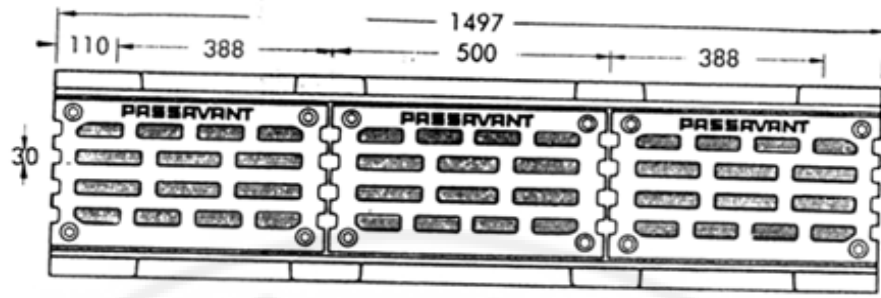
	بالوعة مطرية أ- ذات جذع طويل ب- ذات جذع قصير	
---	---	---

هناك نوع من البلايعة المطرية يكون دخول المياه المطرية إليها جانبي كما في الشكل التالي تستخدم في حال الأعماق القليلة لأنابيب الشبكة المطرية والمشاركة . في الشوارع ذات الميول الطولية الكبيرة (أكبر من ٨%) تزويد البالوعة المطرية بغطاء يمكنها من استقبال المياه المطرية من المساحة المخصصة لهذه البالوعة وعدم تجاوزها إلى البالوعة اللاحقة.

	
بالوعة مطرية للشوارع ذات الميول الكبيرة	بالوعة مطرية ذات دخول جانبي

تبنى البالوعات المطرية من البيتون المصبوب بالمكان (أو مسبق الصنع) أو تبنى من الآجر الخاص أما غطاؤها فيكون من حديد الصب .(الفونت)

في الشوارع والمناطق المخصصة للمشاة تبنى أفنية لتصريف مياه الأمطار (شواية مطرية) من البيتون المصبوب بالمكان أو المسبق الصنع حيث تغطي هذه الأفنية بأغطية يتم تثبيتها بواسطة براغي كما هو مبين بالشكل التالي يجب تنظيف هذه الأفنية باستمرار لتجنب انسدادها.



غطاء مخصص لأفتية تصريف مياه الامطار مع كيفية تثبيت الغطاء مع القناة

مياه الصرف الصحي المنزلية

تم في محاضرات سابقة تعريف مياه الصرف الصحي المنزلية وأين تنشأ ولاداعي لتكرار ذلك .

١- معدل الصرف اليومي : هو متوسط ما يصرفه الفرد من المياه يومياً
مقدر بـ $L/P.d$

العلاقة بين معدل الصرف و معدل الإستهلاك :

يتراوح معدل الصرف (٨٠-١٠٠) % من معدل الاستهلاك لأن :

أ- مياه غسيل الملابس تتبخر - ومياه إرواء الحدائق (الشقق الأرضية) في المنازل لا تدخل الشبكة .

ب- هناك مياه تستهلك ليس مصدرها بالضرورة شبكة مياه الشرب ،حيث أن بعض الأبنية و المصانع لها مصدر مائي خاص و لكنها تصرف مياهها إلى شبكة الصرف (المنزلية) أو المشتركة.

ج- قسم من مياه الأمطار يتسرب إلى الشبكة المنزلية من أغطية غرف التفتيش .

د- في حال نظام الصرف المنفصل هناك قسم من مياه غسيل الشوارع والأرصفة و إطفاء الحريق (وهي مياه مصدرها شبكة مياه الشرب) تذهب إلى الشبكة المطرية ولا تدخل إلى شبكة الصرف المنزلية .

العوامل المؤثرة على معدل الصرف :

- درجة تجهيز الأبنية بالتجهيزات الفنية .

- المستوى الاجتماعي و عادات السكان و تقاليدهم و المستوى المعاشي.
- أسعار المياه و درجة توفرها و جودتها .
- درجة الحرارة - فزيادتها يزيذ الاستهلاك .
- حجم المدينة - حيث أن زيادة حجم المدينة يزيذ من الفعاليات مثل (الورش و الحرف اليدوية المستهلكة للمياه) و بالتالي زيادة معدل الصرف .
- ماذا يشمل معدل الصرف اليومي :
- من المعلوم أن المياه تستهلك في :
- الأبنية السكنية
- الحرف اليدوية الصغيرة
- منشآت المرافق العامة
- المنشآت الصناعية
- المنشآت الملحقة بالمصانع .
- وفي المناطق الزراعية تستهلك المياه في تربية المواشي .

إن الإجابة على السؤال المطروح أعلاه هي أن معدل الصرف يشمل المياه الناتجة عن الأبنية السكنية والحرف اليدوية الصغيرة .

(المراجع الألمانية تعطي التالي: إن معدل الصرف يشمل إضافة لما ورد أعلاه المياه الناتجة عن منشآت المرافق العامة التي صرفها اليومي اقل من (١٥م٣/ يوم) .

الجدول التالي يعطي قيم وسطية لمعدل الصرف في المدن والبلدات الألمانية (متضمنة الحرف اليدوية الصغيرة)

عدد السكان	معدل الصرف الصحي اليومي L/ P .d
> ٥٠٠٠	١٣٠
٥٠٠٠ - ١٠٠٠٠	١٦٠
١٠٠٠٠ - ٣٠٠٠٠	١٩٠
٣٠٠٠٠ - ٢٥٠٠٠٠	٢١٠
> ٢٥٠٠٠٠	٢٥٠

يعطى معدل الصرف اليومي L/ P .d حسب درجة التجهيز الفني للأبنية من الجدول التالي :

١٦٠	أبنية مزودة بمياه ساخنة والشقق مزودة ببانيو أو دوش
١٤٠	بدون مياه ساخنة ولكن مزودة ببانيو أو دوش
٨٠	بدون بانيو أو دوش
٥٠ - ٧٠	مناطق ريفية

معدل صرف منشآت المرافق العامة والمنشآت الصناعية :

ينسب معدل الصرف لمنشأة غير سكنية (أي أن وحدة قياس معدّل الصرف لهذه المنشآت) إلى (وحدة انتاج أو وحدة استهلاك) - الجدول التالي :

نوع المنشأة	وحدة القياس	d وحدة/L
مدرسة مزودة بتدفئة مركزية و مياه ساخنة وأدواش	تلميذ	40.0
مدرسة مزودة بتدفئة مركزية و مياه ساخنة و أحواض سباحة	تلميذ	120.
حضانة مزودة بتدفئة مياه ساخنة ويقدم فيها طعام ساخن للأطفال	طفل	60
مدينة جامعية	سرير	130
مطعم درجة جيدة	كرسي	60.
فندق درجة ممتازة	نزيل	>300
مغسل سيارات أوتوماتيك مع إعادة استخدام المياه	سيارة	60

↑↑

بالنسبة للمياه الصناعية فكميتها تتعلق بأمر كثيرة منها نظام العمل ضمن

العمل ، التكنولوجيا المستخدمة والمواد الأولية المستخدمة لذلك يتم إعطاء قيم متفاوتة لكمية هذه المياه ويجب التعامل معها بحذر ، والجدول التالي يعطي قيم لبعض الصناعات :

جدول لقيم معدلات الصرف الصناعي لبعض المنشآت الصناعية:

نوع الصناعة	وحدة القياس	معدل الصرف الصناعي
١- الصناعات الغذائية		
- المطاحن	طن من الحبوب	١,٥-٨ م ٣/طن
- الكونسروة	طن من الخضار والفواكه	٤-١٤ م ٣/طن
- معامل الألبان	١٠٠٠ ل من الحليب	٤-٦ م ٣/طن
- معامل الأحذية	زوج	٤-٥ ل/زوج
- معامل الحديد ومعامل معالجة المعادن	موظف	٤٠-٦٠ ل/يوم

أما المياه المنزلية الناتجة عن المنشآت الملحقة بالمصانع فتختلف حسب لخدمات المقدمة للعمال في المصنع ، فيما الجدول التالي يبين بعض القيم لهذه المياه :

نوع التجهيزات	عامل L/ d.
المعامل مزودة بمياه ساخنة محلياً	60-80
مياه ساخنة مركزية وأدواش	90-120
مياه ساخنة مركزية وأدواش وحمامات	150-160
مياه ساخنة مركزية وأدواش وحمامات + مطابخ	170-200

بالنسبة للمياه المستهلكة في تربية المواشي والتي تظهر بشكل واضح في المناطق الزراعية فيمكن إعطاء الجدول التالي الذي يعطي قيم للمواشي والدواجن الأكثر شيوعاً في سوريا . علماً انه لا تنتج مياه صرف صحي زراعي إلا من مراكز التربية المركزة للمواشي والتي تربي فيها المواشي حظائر نظامية تحوي شبكة صرف تنتهي في اغلب الاحيان بمحطة معالجة ومنها الى شبكة الصرف المركزية (ان وجدت) او يعاد استخدامها في الزراعة في موقع الحظائر . وبالتالي يفيد الجدول التالي في حساب الاستهلاك وبالتالي في حساب شبكة مياه الشرب ؟

جدول يعطي بعض معدلات الاستهلاك لبعض المواشي والطيور:

النوع	معدل الصرف اليومي
بقرة	٨٠-١٠٠ ل
حصان	٤٠-٦٠ ل
خاروف أو ماعز	١٠-٣٠ ل
دجاج	٢-٤ ل

مفهوم الشخص المكافئ: EGW أو EQP

الشخص المكافئ هو وحدة مقارنة (من حيث الكمية والنوعية) بين المياه المنزلية والصناعية ذات التلوث العضوي (وأيضاً الناتجة عن المنشآت الزراعية) كما يستخدم هذا المفهوم للمقارنة بين كمية المياه الناتجة عن الأبنية السكنية والناتجة عن المرافق العامة و الأبنية الملحقة بالمصانع) ،
نورد فيما يلي أمثلة لتوضيح هذا المفهوم :

١- معمل الكونسروة (خضراوات و فواكه) ينتج يومياً ٦ طن ومعدل الصرف الصناعي للطن الواحد ٩ م٣ فتكون كمية المياه المصروفة يومياً هي ٥٤٠ م٣ / يوم :

فإذا كان معدل الصرف للشخص $100L/p.d$ فيكون :

$$\frac{54000}{100} = 540EGW \dots OR \dots 540EQP$$

فتكون الغزارة اليومية أو التصريف اليومي الناتج عن هذا المعمل مساوية من حيث الكمية للتصريف الناتج عن (540) شخص يومياً - بمعدل صرف مساوياً لـ $100 L /p.d$

- الشخص الواحد = الشخص المكافئ الواحد - EGW OR EQP

مثال آخر : مطعم يحوي ٢٠ كرسي ومعدل صرف الكرسي الواحد ٤٠ لتر فتكون الكمية المصروفة يومياً (d. كرسي / 40L) $\Rightarrow 40 \times 20 = 800 L/d$ وبالتالي يبلغ عدد الاشخاص المكافئة .

$$\frac{800}{100} = 8EGW \text{ أي ما ينتج عن هذا المطعم } = \text{ ما ينتج عن } 8 \text{ أشخاص فقط}$$

$$10.000 = 10.000 EGW \text{ OR EQP}$$

مثال ٣
١٠,٠٠٠ نسمة
تجمع يحوي

$$540 EGW \text{ OR EQP}$$

معمل

الكونسروة

$$8 EGW = \text{المطعم}$$

مطعم

$$10548 EGW \text{ OR EQP}$$

بمعدل صرف

$$100L/EGW.d$$

لهذا المفهوم استخدام أوسع في مجال المقارنة النوعية بين المياه الصناعية (والمياه الناتجة عن المرافق الزراعية) مع المياه المنزلية (حيث نقيس ذلك منسوباً إلى الـ BOD للمياه المنزلية الملوثة عضوياً .

بالنسبة للصناعات الملوثة معدنياً فهناك مفهوم - قيمة التلوث - أو معامل التلوث .

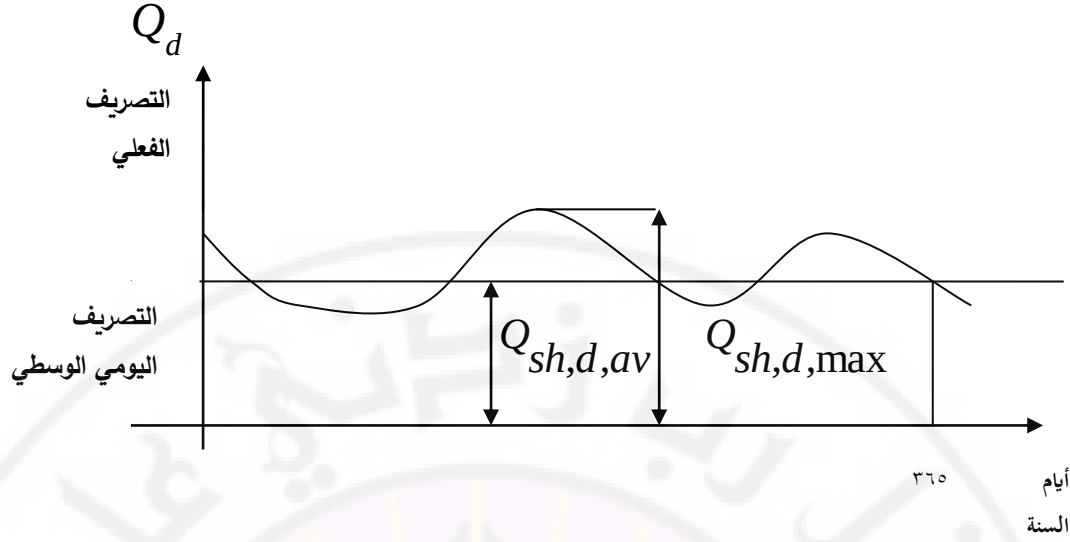
تغيرات كمية مياه الصرف الصحي :

كما ورد سابقاً فإن معدل الصرف يدل على متوسط ما يصرفه الفرد يومياً و ان التصريف اليومي الفعلي يزيد أو ينقص عن معدل الصرف اليومي . فاذا مثلنا على جملة احداثيات حيث محور السينات يمثل ايام السنة ومحور العيّنات يمثل قيم التصريف اليومي الفعلي لحصلنا عل المنحني المبين بالشكل والذي يدل أن كمية مياه الصرف يخضع لتغيرات يومية. يمكن التعبير عنها بمعامل هو معامل عدم الانتظام اليومي (يسمى ايضا معامل الدروة اليومي هو :

$$\frac{Q_{sh,d,max} \text{ تصريف يومي أعظمي}}{Q_{sh,d,av} \text{ تصريف يومي وسطي}} = K_d$$

$$Q_{sh,d,av} = \frac{q \times p}{1000} \dots m^3/d$$

حيث :



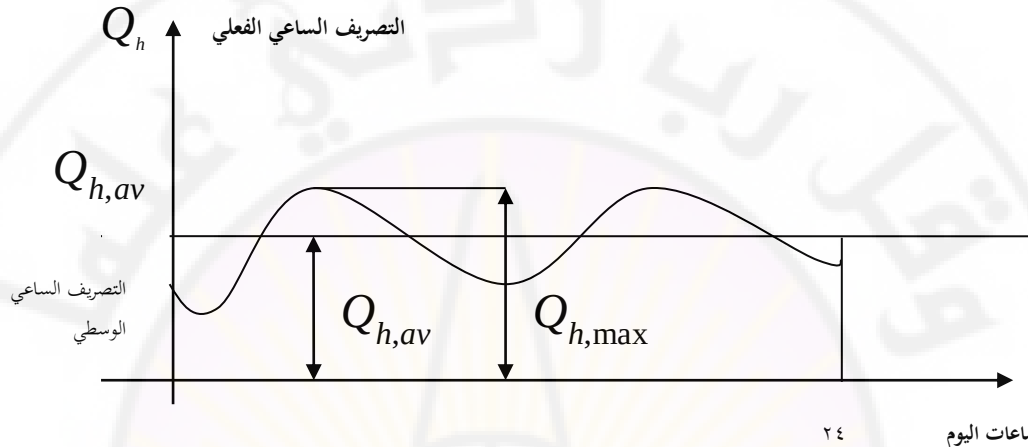
ان قيمة هذا المعامل يتبع طبيعة التجمع المدروس (سكنية ، سياحية ، صناعية)
وطبيعة تغير النشاط الاقتصادي في التجمع وتغيرات درجة الحرارة وتتراوح
قيمة kd ما بين (١,٣ - ١,٨) . بعض المراجع تسمي هذا الامل
(معامل الدروة اليومي)

كما أن التصريف الساعي متغير خلال ساعات اليوم (أي أن التصريف يخضع
لتغيرات ساعية) ويعبر عنها بعامل عدم الانتظام الساعي والذي يعرف كما يلي :

$$\frac{\text{تصريف ساعي أعظمي}}{\text{تصريف ساعي وسطي}} = K_h$$

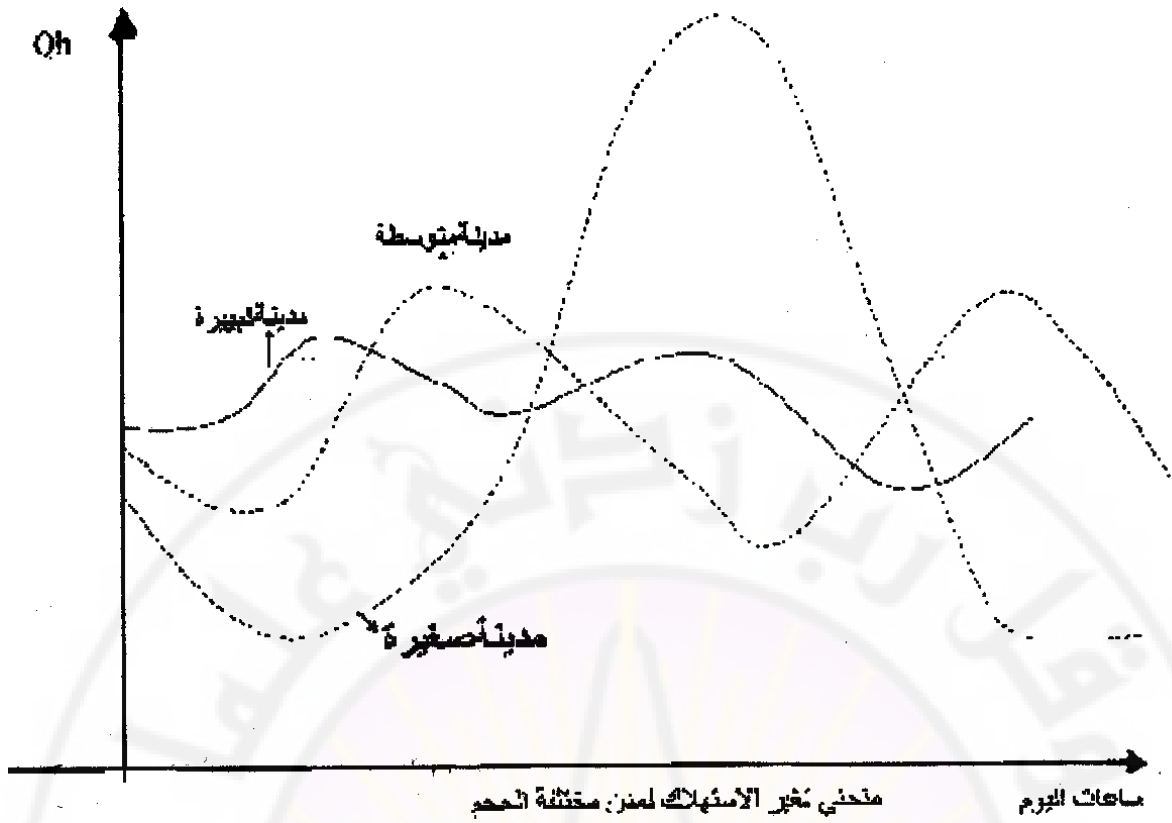
$$Q_{sh,h,av} = \frac{Q_{d,av}}{24} \dots m^3/h$$

حيث :



إن لشكل منحنى التغيرات الساعية للتصريف (وبالتالي قيمة معامل عدم الانتظام الساعي) علاقة مع عدد السكان وبالتالي حجم التجمع فكلما كان حجم التجمع كبير كلما كان عدم الانتظام أقل وقيمة معامل عدم الانتظام الساعي أصغر والسبب يعود الى تباين الفعاليات في المدينة كلما زاد حجمها .استنادا لما ذكر تتراوح قيمة المعمل (والذي يسمى في بعض المراجع معمل الذروة الساعي) ما بين (١,٢ - ١,٦)

الشكل المرفق يبين منحنى تغير التصريف لتجمعات مختلفة الحجم.



التصريف النوعي q_{sh} :

يعرف التصريف النوعي بأنه التصريف الناتج عن واحدة المساحة ويقدر $L/ \text{sec.ha}$

ونميز بين تصريف نوعي وسطي ويحسب من العلاقة :

$$q_{sh,av} = \frac{q.k}{24.3600} = \dots l/\text{sec.ha}$$

حيث :

k : الكثافة السكانية وتقدر p/ha

والتصريف النوعي الأعظمي $q_{sh,max}$

حساب التصاريح (الغزارات) المنزلية التصميمية :

يتم حساب الغزارة المنزلية التصميمية

١- عن طريق معامل عدم الانتظام العام : (الطريقة الروسية)

$$Q_{sh,s,av} = Q_{sh,h,av} / 3.6 \dots l/\text{sec}$$

$$Q_{sh,design} = Q_{sh,av} \cdot K_g$$

حيث:

$$k_g = k_h \cdot k_d$$

حيث **Kg** معامل عدم الانتظام العام ويعرف بأنه نسبة التصريف الساعي الأعظمي بيوم التصريف الأعظمي إلى التصريف الساعي الوسطي بيوم التصريف الوسطي

كما تحسب الغزارة التصميمية بدلالة التصريف النوعي $Q_{sh,design} = q_{sh,av} \cdot kg \cdot F \cdot l / sec$

حيث **F** : المساحة الساكنة وتقدر بـ **ha**

$$q_{sh,max} = q_{sh,av} \cdot Kg \text{ و}$$

تعطى قيمة **Kg** من الجدول التالي (١) :

التصريف الوسطي $Q_{sh,av}$	٥	١٥	٣٠	٥٠	١٠٠	٢٠٠	٣٠٠	٥٠٠	٨٠٠	١٢٥٠
kg	٢,٢	١,٩	١,٨	١,٧	١,٦	١,٤	١,٣٥	١,٢ ٥	١,٢	١,١٥

أو تعطى قيمة معامل عدم الانتظام العام للصرف المنزلي العلاقة التجريبية التالية :

$$Kg = \frac{2.69}{Q_s^{0.121}}$$

- حساب الغزارة الاعظمية (الحسائية) لمياه المرافق العامة باستخدام المعامل **Kg** :

بالنسبة للمرافق العامة نميز بين المرافق العامة التي يتم الصرف فيها على مدار الـ ٢٤ ساعة (مشافي فنادقمدينة جامعية ..) فان معامل عدم الانتظام العام بين (٢,٥ - ٣,٥).

اما المرافق العامة التي صرف المياه فيها يتم خلال ساعات محدودة ضمن اليوم الواحد (مثل المدارس وغيرها ..) فان قيمة معامل عدم الانتظام العام تتراوح حسب وظيفة المبنى وطبيعة استخدام التجهيزات الصحية ما بين ١,٥ - ٢,٥ .

- المنشآت الصناعية : تختلف قيمة معامل عدم الانتظام من منشأة الى اخرى حسب نوع الصناعة وحسب تكنولوجيا التصنيع وبالتالي حسب طريقة صرف هذه المياه .

طريقة العامل $(f_1 = h/d)$ لحساب التصريف او الغزارة الحسبية المنزلية :

يتم حساب التصريف او الغزارة المنزلية وفق هذه الطريقة بالعلاقات التالية :

$$q_{sh,max} = \frac{Q_{d,av}}{f_1 \cdot 3,6} \dots L / sec.ha$$

$$Q_{sh,design} = \frac{q \cdot k}{f_1 \cdot 3600} \cdot F \dots l / sec.$$

يؤخذ العامل (f_1) من الجدول التالي:

أدنى f3	وسطي نهاري f2	أعظمي f1	عدد السكان
30	20	16	>250,000
٣٧	18	14	250.000- 50,000

50000-10000	12	16	48
10000- 5000	10	14	84
<5000	8	12	قد لا يوجد جريان

- حساب الغزارة الاعظمية (الحسابية) لمياه المرافق العامة باستخدام
المعامل f_1 :

بالنسبة للمرافق العامة نميز بين المرافق العامة التي يتم الصرف فيها على مدار الـ ٢٤ ساعة (مشافي فنادقمدينة جامعية ..) فان المعامل f_1 يساوي ١٠ .

اما المرافق العامة التي صرف المياه فيها يتم خلال ساعات محدودة صمن اليوم الواحد (مثل المدارس وغيرها ..) فان قيمة المعامل f_1 تتراوح حسب وظيفة المبنى وطبيعة استخدام التجهيزات الصحية وعدد ساعات التصريف ما بين (٤-٦) .

-المنشآت الصناعية : تختلف قيمة المعامل f_1 من منشأة الى اخرى حسب نوع الصناعة وحسب تكنولوجيا التصنيع وبالتالي حسب طريقة صرف هذه المياه .

يتم حساب الغزارات المنزلية في نهاية الوصلات الحسابية ويتم تنظيم ذلك في جداول كما يلي :

جدول حساب الغزارات المنزلية باستخدام المعامل Kg والتصريف النوعي

ملاحظات	تصريف كلي		تصريف رافد أعظمي L/sec	تصريف حسابي ذاتي l/sec				Kg= $q = l / p.d$			المساحة ha			رقم المساحة		رقم الغرفة		رقم الوصلة
	باتجاه غرفة رقم	Q_t L / sec		مياه غريبة Q_f	مرافق عامة $Q_{gh, max}$	مياه صناعية $Q_{I, max}$	سكني $Q_{sh, max}$	تصريف نوعي أعظمي $q_{sh, max}$	تصريف نوعي وسطي $q_{sh, av}$	k	كلية	رافدة	ذاتية	رافدة	ذاتية	إلى	من	

نسبة المياه الغريبة تتبع:

$$Q_t = Q_{sh} + Q_I + Q_{gh} + Q_f$$

. وجود وصلات منزلية خاطئة

. مياه جوفية ذات منسوب مرتفع

. تشرب جزء من مياه شطف الشوارع أو مياه الأمطار الى الشبكة المنزلية عن طريق اغطية غرف التفتيش

$$Q_t = Q_s + Q_f$$

جدول حساب الغازات المنزلية باستخدام المعامل Kg وعدد السكان

ملاحظات	تصريف كلي		تصريف رافد أعظمي l/sec	تصريف أعظمي ذاتي l/sec				$kg = q = l / p.d$		رقم الغرفة		رقم الوصلة
	باتجاه غرفة	Q_t L / sec		مياه غريبة Q_f	مرافق عامة $Q_{gh, max}$	مياه صناعية $Q_{I, max}$	سكني $Q_{sh, max}$	التصريف الوسطي ذاتي l/sec $Q_{sh, av}$	عدد السكان (p)	من	إلى	

$$Q_t = Q_{sh} + Q_I + Q_{gh} + Q_f$$

$$Q_t = Q_s + Q_f$$

نسبة المياه الغريبة تتبع:

. وجود وصلات منزلية خاطئة

. مياه جوفية ذات منسوب مرتفع

. تشرب جزء من مياه شطف الشوارع أو مياه الأمطار الى الشبكة المنزلية عن طريق أغطية غرف التفتيش

. تصريف مياه سطحية الى الشبكة المنزلية

جدول حساب الغزارات المنزلية باستخدام المعامل f1 والتصريف النوعي

ملاحظات	تصريف كلي		تصريف	تصريف أعظمي ذاتي l/ sec				$q = l / p.d$ f1		المساحة ha			رقم المساحة		رقم الغرفة		رقم الوصلة
	باتجاه غرفة رقم	Q_t L / sec		مياه غربية Q_f	مرافق عامة $Q_{gh, max}$	مياه صناعية $Q_{I, max}$	سكني $Q_{sh, max}$	تصريف نوعي أعظمي $q_{sh, max}$	k	كلية	رافدة	ذاتية	رافدة	ذاتية	إلى	من	

نسبة المياه الغربية تتبع:

. وجود وصلات منزلية خاطئة

. مياه جوفية ذات منسوب مرتفع

. تشرب جزء من مياه شطف الشوارع أو مياه الأمطار الى الشبكة المنزلية عن طريق اغطية غرف التفتيش عن طريق اغطية غرف التفتيش

. تصريف مياه سطحية الى الشبكة المنزلية

$$Q_t = Q_{sh} + Q_I + Q_{gh} + Q_f$$

$$Q_t = Q_s + Q_f$$

جدول حساب الغزارات المنزلية باستخدام المعامل f_1 وعدد السكان P

ملاحظات	تصريف كلي		تصريف رافد أعظمي l/sec	تصريف أعظمي ذاتي $f_1 =$				عدد السكان (P)	$q = l / p.d$	رقم الغرفة		رقم الوصلة
	باتجاه غرفة	Q_t L/sec		مياه غريبة Q_f	مرافق عامة $Q_{gh, max}$	مياه صناعية $Q_{I, max}$	سكني $Q_{sh, max}$			من	إلى	

نسبة المياه الغريبة تتبع:

. وجود وصلات منزلية خاطئة

. مياه جوفية ذات منسوب مرتفع

. تشرب جزء من مياه شطف الشوارع أو مياه الأمطار الى الشبكة المنزلية عن طريق اغطية غرف التفتيش

. تصريف مياه سطحية الى الشبكة المنزلية

$$Q_t = Q_{sh} + Q_I + Q_{gh} + Q_f$$

$$Q_t = Q_s + Q_f$$

أنظمة الصرف الصحي

نميز بين نوعين رئيسيين من الأنظمة :

المنفصل : حيث تصرف المياه الصناعية والمنزلية في شبكة تسمى الشبكة المنزلية مياه الأمطار

في شبكة أخرى مستقلة تسمى الشبكة المطرية

المشترك : حيث تصرف المياه المنزلية والصناعية والمطرية في شبكة واحدة تسمى الشبكة

العامة

مقارنة بين النظامين:

ان لكل من لنظامي الصرف الصحي المذكورين انعكاس على البيئة المحيطة بالتجمع وعلى كلفة المشروع (سواء كلفة الانشاء أو كلفة الصيانة) . في الجدال ادناه نجري مقارنة شاملة بين النظامين لاثبات انعكاس كل من النظامين على البيئة والكلفة وقد اشير بحرف (س) الى الميزة السيئة و (ح) للميزة الحسنة للنظام .

١. من حيث محطة المعالجة :

نظام منفصل	نظام مشترك
. يصل إليها مياه منزلية فقط بالتالي هناك ثبات بالتحميل نوعاً ما (ح) . عدم وصول الملح المذيب للثلج إلى المحطة (في حال استخدامها في بعض المناطق) . حجم المحطة اصغر . بناء الأحواض المطرية غير ضروري (ح)	. فرق كبير بين (غزارة الطقس الجاف) والطقس الرطب (س) . إن وصول الملح المذيب إلى المحطة قد يضر بالمرحلة البيولوجية ومرحلة تخمير الحمأة (س) . حجم المحطة كبير و تشغيلها مكلف (س)

٢. من حيث التأثير على المجاري المائية:

نظام منفصل	نظام مشترك
— صرف مياه الأمطار إليها غالباً بدون معالجة (س)	. تصرف إليها مياه مشتركة في حال العواصف المطرية الغزيرة عن طريق هدارات الفائض التي تبنى على الشبكة . (حيث من الضروري بناء هدار فائض واحد

على الاقل قبل محطة المعالج لمنع مياه الامطار من الدخول كلها الى المحطة) .(س)
 — الأمطار القليلة أو الضعيفة الشدة لا تسبب تحميلاً لها (يقصد للمجاري المائية) لان هدار الفائض يصمم من أجل عاصفة مطرية ذات شدة معينة وبالتالي الامطار ذات الشدة الاقل لا تسبب عمله وبالتالي لا تسبب تحميل للمجاري المائية بالملوثات العضوية) .
 (ح)

. عدم وصول المياه المنزلية إليها (ح)

٣. من حيث البناء والصيانة والتشغيل:

نظام منفصل	نظام مشترك
. إن وجود شبكتين يزيد من كلفة التمديد (س) . صعوبة تمديد الشبكتين في حال وجود شبكات تخديم أخرى (س) . إمكانية استعمال أنابيب خزفية الرخيصة الثمن نظراً لصغر المقطع العرضي لأنابيب الشبكة المنزلية (ح) . طول الشبكة = ضعف طول الشبكة المشتركة مما يزيد كلفة الصيانة (س) . احتمال وجود ترسبات في الوصلات الأولى (بدايات الخطوط) و في الوصلات ذات الميول القليلة مما يزيد من كلفة الصيانة أيضاً	. وجد شبكة واحدة . عمق التمديد أكبر مقارنة مع النظام المنفصل إلا أن كلفة التمديد الإجمالية أقل من المنفصل (ح) . لا يحتاج إلى فراغ كبير في جسم الطريق (ح) . مياه الأمطار تساهم في تنظيف و شطف الشبكة مما يقلل من كلفة الصيانة (ح) . بما أن طول الشبكة العامة مقارنة مع النظام المنفصل أقصر فان كلفة صيانتها اقل (ح)

٤. من حيث محطة الضخ :

نظام منفصل	نظام مشترك
— محطة الضخ اصغر وأرخص حيث تضخ مياه منزلية فقط	. محطة الضخ أكبر وأعلى جزء من المحطة لا يعمل إلا في حال الطقس الرطب

٥. من حيث الوصلات الخاطئة :

نظام منفصل	نظام مشترك
. هناك احتمال حدوث وصل خاطئ	. لا يوجد احتمال لوصل خاطئ .

٦. من حيث فيضان الأقبية:

نظام منفصل	نظام مشترك
. لا يوجد احتمال حدوث فيضان للأقبية	. يوجد احتمال فيضان للأقبية.

إن لنظام الصرف المنفصل شكلان :

فصل كامل : حيث يتم إنشاء شبكتين منفصلتين ولا يوجد أي رابط بينهما .

— فصل جزئي : حيث يتم إنشاء شبكة واحدة لصرف المياه المنزلية والصناعية أما مياه الأمطار فإنها تسيل عبر أخاديد ومجاري على أطراف الطرقات إلى المصب النهائي لها .

هناك حالات خاصة أخرى مثل :

نظام الصرف المركب :

في المنطقة القديمة من المدينة شبكة صرف مشتركة وفي مناطق التوسيع يتم إنشاء شبكتين (منزلية ومطرية) المنزلية ترتبط مع الشبكة المشتركة والمطرية تصرف إلى أقرب واد في المنطقة المحيطة .

نظام صرف نصف منفصل :

يتم إنشاء شبكتين (منزلية ومطرية) ويتم إنشاء وصلات فيما بينها بحيث يتم تصريف مياه الأمطار الناتجة عن المطرة الأولى (والتي يمنع وصولها إلى المجرى المائي مباشرة كونها قد تحمل معها كمية من الملوثات التي كانت متواجدة في الجو وعلى الأسطح التي جرت عليها) إلى الشبكة المنزلية عبر هذه الوصلات لتصل إلى محطة المعالجة لمعالجتها ميكانيكياً . علماً أنه من الممكن تخفيف التلوث الناتج عن هذه المطرة بناء حوض معالجة مياه امطار متوضع في نهاية الشبكة المطرية ومنع وصول المواد غير المنحلة المحمولة (والتي يمكن ان تترسب خلال فترة تصل الى نصف ساعة) مع مياه الأمطار الى المجرى المائي .

انظمة الصرف الصحي الخاصة :

هناك انظمة صرف صحي تستخدم في حالات خاصة :

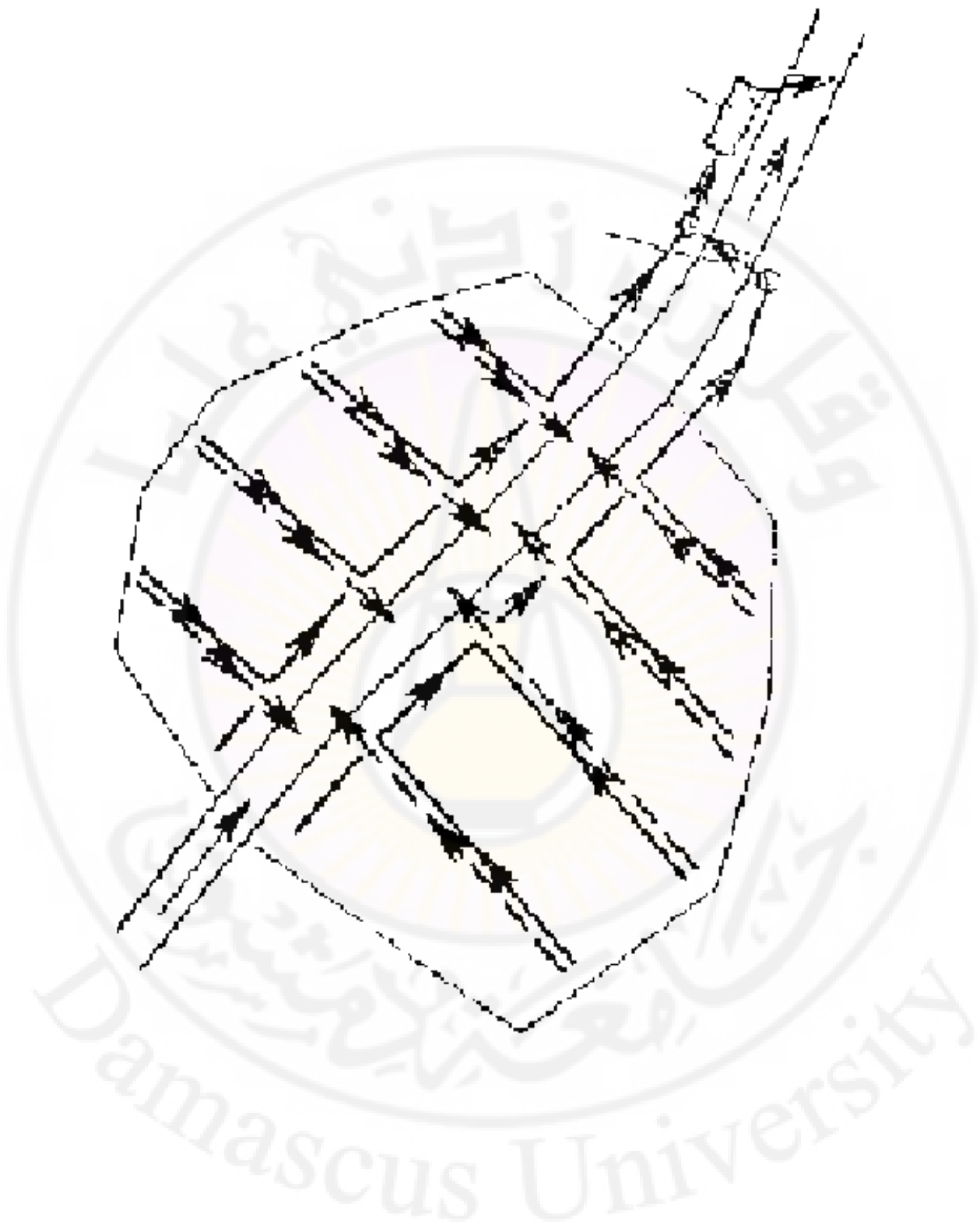
- انظمة الصرف الصحي المضغوطة
- انظمة الصرف الصحي بالتفريغ .

تغذية المياه الجوفية :

اختيار نظام الصرف الصحي في تجمع سكاني ما :

من أهم القرارات التي يتخذها المهندس الدارس هو تحديد نظام الصرف لاتخاذ هذا القرار لا بد من دراسة المنطقة المدروسة بشكل عميق و كاف من حيث:

- .طبوغرافية المنطقة والأحواض الساكنة في المنطقة المدروسة
- إمكانية تصريف مياه الأمطار بشكل مستقل .
- الفراغ المتوفر في جسم الطريق والمخصص لشبكة الصرف وغيرها من شبكات التخديم الفني المطلوب تمديدها في جسم الطريق .
- الواقع المحيط بالمنطقة المدروسة (وجود أنهار ، وديان ، أراضي زراعية -)
- اسقاط الآثار الايجابية والسلبية لكل من الأنظمة على ظروف المنطقة المدروسة، مع التأكيد إن اختيار نظام الصرف يجب أن يتم من خلال دراسة متكاملة لمشروع الصرف الصحي (شبكة ومحطة) لأن لنظام الصرف وكما ورد في فقرة سابقة أثر على محطة المعالجة وعلى المجاري المائية إن وجدت وبالتالي يجب ان يدرس نظام الصرف من خلال هذه النظرة المتكاملة لمشكلة الصرف الصحي للمنطقة المدروسة .اضافة لذلك يجب النظرة المتكاملة يجب ان تشمل إمكانية الحل المشترك لمشكلة الصرف الصحي لتجمعات سكانية متجاورة (أي شبكة في كل تجمع مع محطة معالجة مركزية) . من خلال عملية الإسقاط لسلبيات وإيجابيات كل من الأنظمة على ظروف المنطقة المدروسة ومن خلال النظرة المتكاملة لمشروع الصرف الصحي يتم اختيار النظام الأفضل فنياً وبيئياً واقتصادياً
- أمثلة عن اختيار نظام الصرف

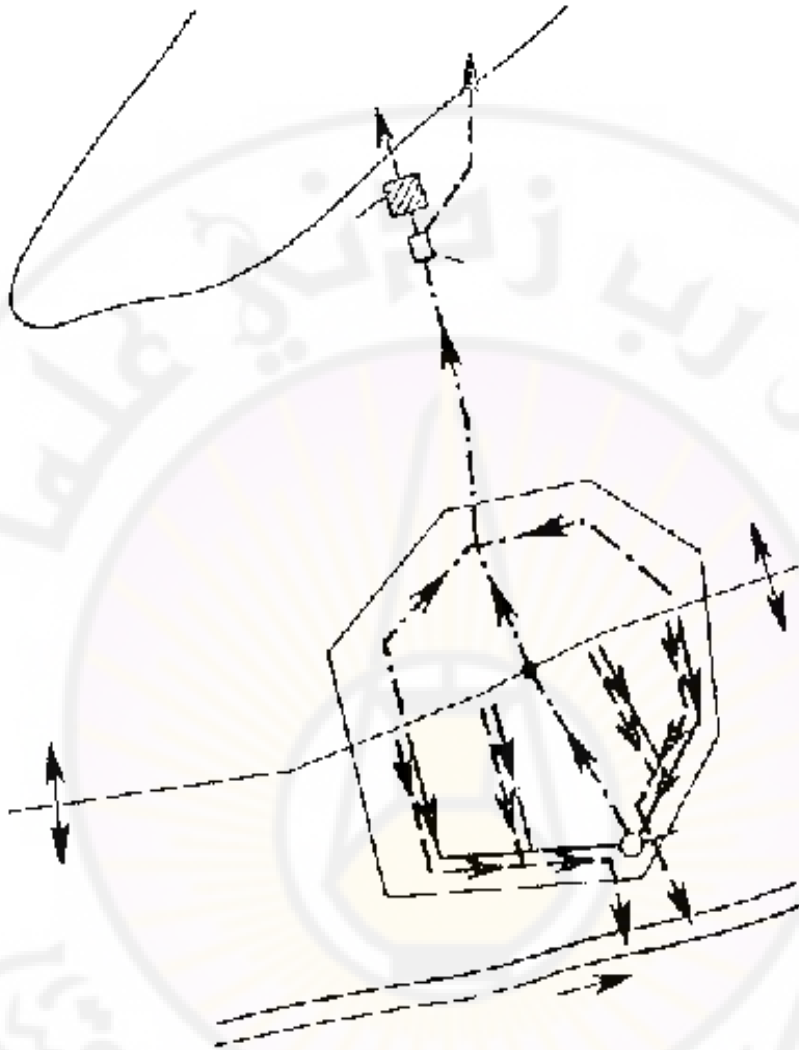


مثال ٢ :

. تجمع يتوسطه مجرى مائي يستخدم كمصدر لمياه الشرب.

. التجمع ذو ميول باتجاه المجرى المائي.

. لحماية مصدر مياه الشرب ومنع تلوثه الأفضل اعتماد نظام الصرف المنفصل.



مثال ٣:

. تجمع سكاني ذو حوضين ساكبين متعاكسين.

. المجرى المائي هو سيل مؤقت الجريان.

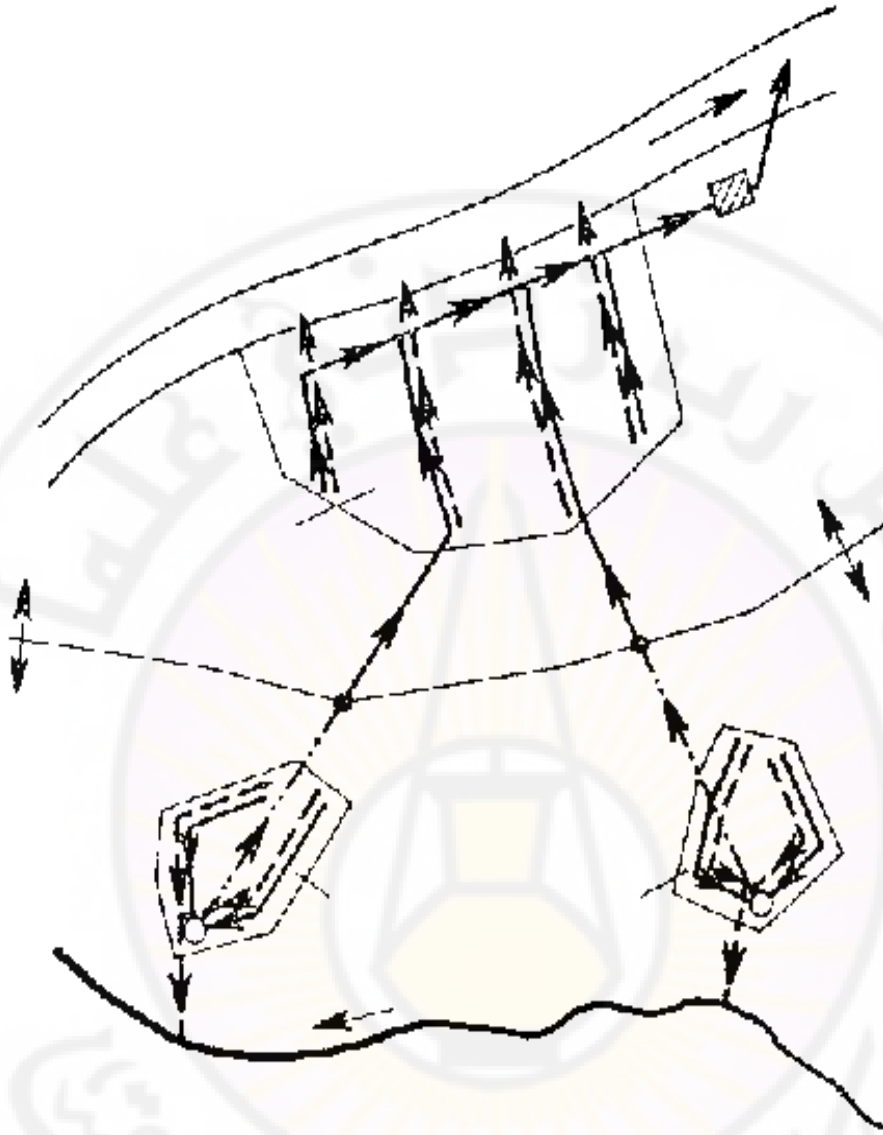
. الوادي قريب من موقع المحطة المختار - وادي مهجور .

المناقشة: نظراً لكون المجرى الصغير هو مجرى سيل ولا يسمح بصرف ملوثات عضوية إليه كونه يصل إلى تجمعات أخرى ومن ناحية أخرى إن ضرورة ضخ المياه إلى محطة المعالجة فالأفضل اعتماد نظام صرف منفصل وبحيث تضخ المياه المنزلية إلى شبكة مشتركة في الجزء الثاني من التجمع.

أما مياه الأمطار فتعرف إلى المسيل المؤقت .



مثال ٤ :



. ميول متعاكسة

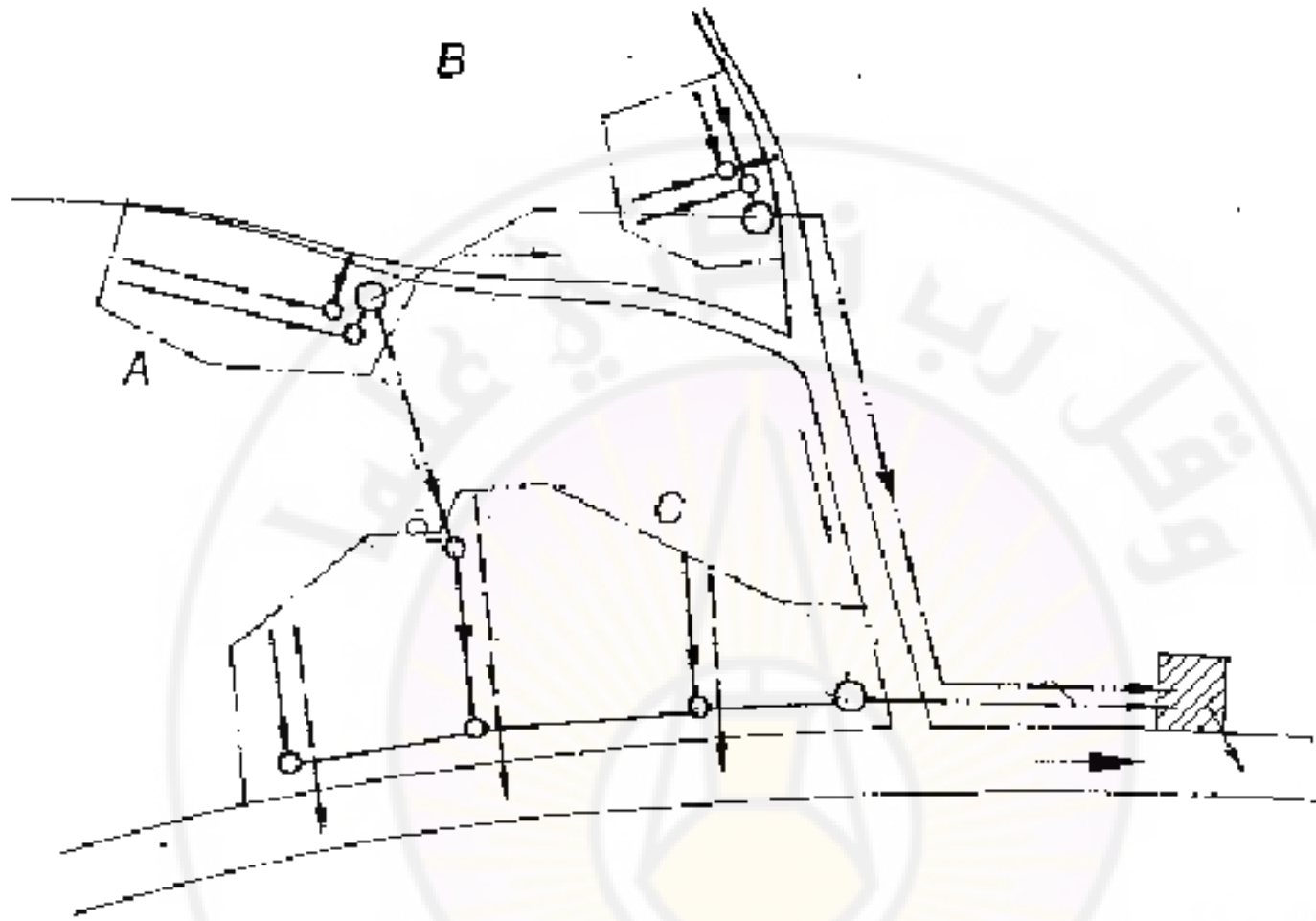
. إمكانية بناء محطة معالجة مركزية

. مجرى سيل قليل الغزارة

. مجرى مائي ذو قدرة منخفضة على التنظيف الذاتي

القرار: كما هو مبين بالشكل أعلاه.

مثال ٥:



A.B. أخفض من C

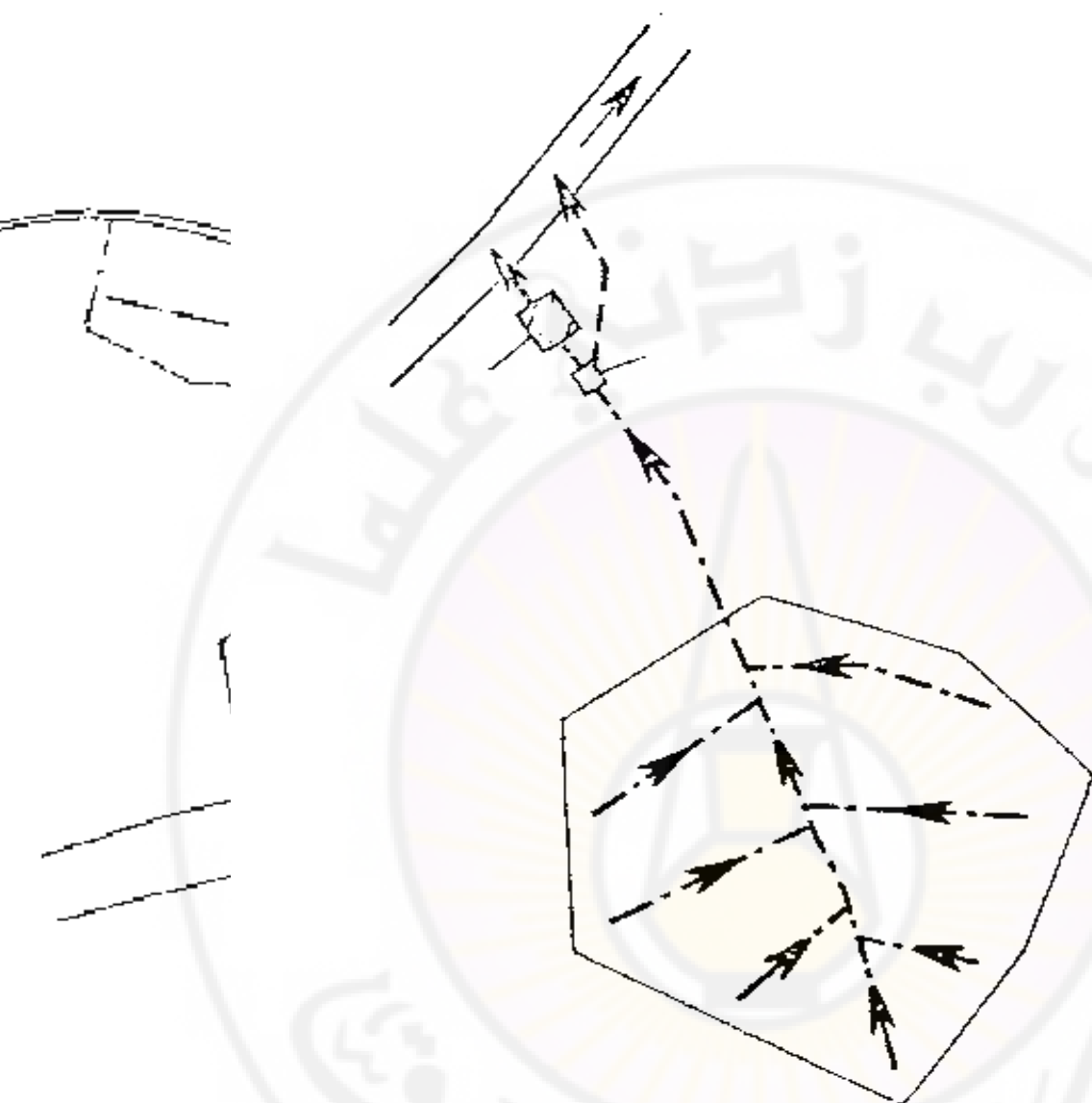
والمقارنة بين الحلول الممكنة لمحطة المعالجة ونظام الصرف:

(١) المخطط أعلاه يبين المقترح الأول وهو محطة معالجة مركزية مع نظام صرف منفصل

في كل مجتمع مع محطات ضخ كما هو مبين.

(٢) المخطط أعلى الصفحة الثانية (اللاحقة):

(٣) نظام صرف مشترك في كل تجمع مع ثلاث محطات معالجة.



Damascus University

تخطيط شبكة الصرف الصحي

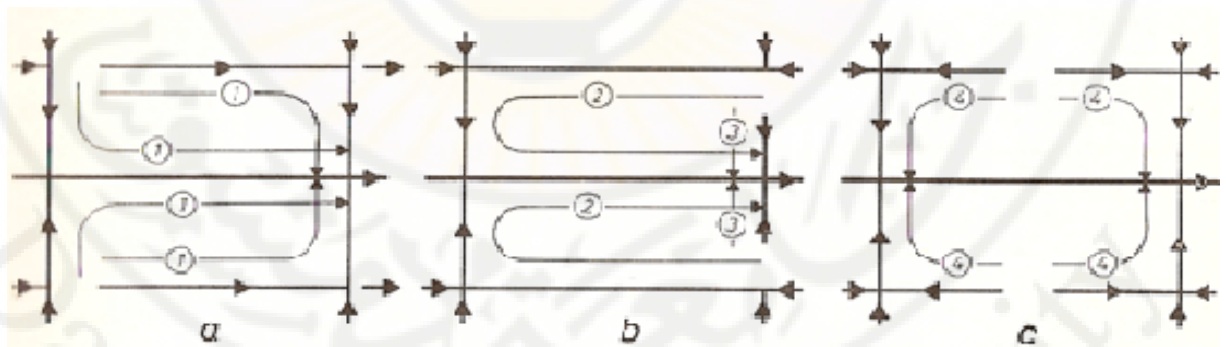
مقدمة:

بعد القيام بجمع المعلومات والمخططات اللازمة لدراسة مشروع الصرف الصحي واختيار الحل الأمثل من عدة حلول لمشكلة الصرف الصحي (كما ورد في دروس سابقة) وفقاً لمعايير اقتصادية فنية وبيئية نبدأ بالدراسة التفصيلية للحل الذي تم اعتماده.

الخطوة الأولى في الدراسة التفصيلية هي تخطيط شبكة الصرف وتخطيط الشبكة بالتعريف هو اختيار مسارات أنابيب شبكة الصرف الصحي

المبدأ الأساسي في تخطيط الشبكات :

المبدأ الأساسي هو تصريف المخلفات السائلة بالراحة (أي الاستفادة من ميل الأرض لتصريف هذه المخلفات بالإسالة الطبيعية) وبأقصر طريق ممكن. بتطبيق هذا المبدأ يتحقق ١- وفر بأطوال الأنابيب زوالاً من عمق الحفر للأنابيب وبهذا يتحقق وفر اقتصادي ٢- إن وصول المياه بأقصر طريق إلى محطة المعالجة يضمن وصولها طازجة غير متخمرة مما يسهل معالجتها بيولوجياً ،



عند تخطيط شبكة الصرف يجب التقيد بمايلي :

- كل خط صرف صحي يجب أن يبدأ بغرفة تفتيش .
- وضع غرفة عند تغيير اتجاه الجريان .
- وضع غرفة عند التقاء انبوبين (أو قسطين) أو أكثر
- ان الحساب الهيدروليكي لشبكات الصرف يتطلب حساب الغزارات (المنزلية . المطرية أو المشتركة) وهذا يعني معرفة المساحة الساكنة المرتبطة بكل وصلة حسابية . ان مراعاة هذا الامر

يتطلب أثناء تخطيط شبكة الصرف أن لا يتم توزيع الغزارة الداخلة الى غرفة تفتيش عن طريق الانبوب (أو الأنابيب) التي تصب بالغرفة وبالتالي يجب أن يخرج من الغرفة أنبوب (قسطل) واحد .

- في حال وجود عدة مسارات ممكنة للمياه ومتساوية بالطول يكون الافضل بدء خط الصرف الصحي باتجاه الميل الاكبر لأن هذا المسار يحقق وفر في كميات الحفر لأنه في بداية الخطوط تكون الغزارات قليلة وبالتالي فان تحقيق سرعة جريان في بدايات الخطوط يتطلب زيادة الميل ،وبالتالي فان بدء خط الصرف الصحي باتجاه الميل الاكبر يحقق وفر في كميات الحفر .

خطوات تخطيط الشبكة:

— قبل البدء بالدراسة التفصيلية - يكون موقع محطة المعالجة قد حدد في الدراسة الأولية والذي يكون عادة خارج حدود المخطط التنظيمي المستقبلي للتجمع وباتجاه الأجزاء المنخفضة وهذا يحدد بشكل واضح منحى و اتجاه المجمع الرئيسي للشبكة.

— بعد ذلك نقوم بتحديد الأحواض الساكنة للتجمع (الحوض الساكن بالتعريف هو : جزء من التجمع محدد بخطوط تقسيم المياه) ويكون قد تحدد معنا المناطق ذات الميول المعاكسة (ان وجدت) لموقع المحطة والتي بحاجة الى ضخ لايصال مياه هذه الأجزاء الى المحطة .

— بعدها يتم تحديد المجمع الخاص بكل حوض ساكن (هناك حالات تكون المنطقة أو التجمع المدروس مؤلف من حوض ساكن واحد) وفق المبدأ الأساسي المذكور سابقاً.

. بهذا نحصل على الهيكل الرئيسي لشبكة الصرف الصحي للتجمع المدروس .

. بعد ذلك نقوم بتحديد مسارات الخطوط او المجمعات الفرعية في الشوارع المختلفة على المسقط الأفقي .

وهنا يمكن التمييز بين اسلوبين لتوضع هذه الخطوط :

- الاسلوب التوزيعي :

— بهذا الاسلوب يتم توزيع الغزارة المطرية الناتجة عن العواصف المطرية ذات الشدة الأكبر من شدة العاصفة المطرية الحسابية وبالتالي عدم ظهور الآثار السلبية لمثل هذه العواصف بشكل واضح.

— يمكن الاقلال من عدد هدارات الفائض اللازمة لتجنب الأقطار الكبيرة عما هو عليه في حالة الاسلوب التجميعي.

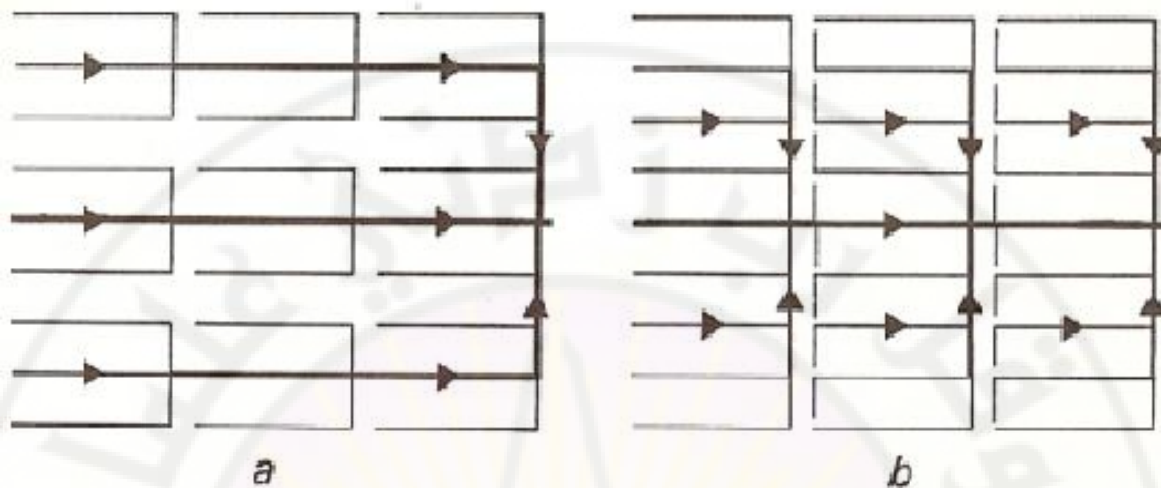
— إن الفروقات بين الأقطار الكبيرة فيما بينها (من حيث الغزارة والكلفة) أكبر بكثير من الفروقات بين الأقطار الصغيرة فيما بينها. وبالتالي فإن كلفة مجمع رئيسي كبير ستكون أكبر من مجمعين أو أكثر بأقطار أصغر .

- إضافة لذلك فإن وجود أكثر من مجمع يحقق توافق أكثر اقتصادية بين الغزارة والأقطار المختارة مما هو عليه في حالة الاسلوب التجميعي.

- الأسلوب التجميعي : يتم فيه تجميع مياه الصرف في مجمع واحد في مثل هذا الاسلوب تكون أقطار المجمعات الفرعية صغيرة. إضافة الى وصول مياه الصرف بأقصر طريق إلى المجمع الرئيسي حيث تكون

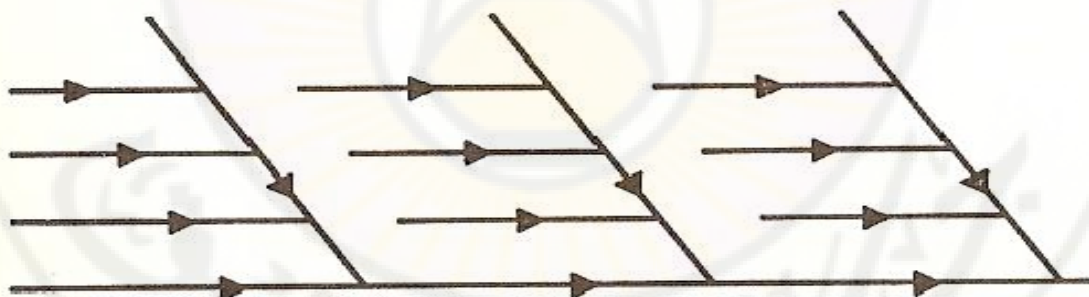
سرعة الجريان فيه (نتيجة تراكم الغزارة) أكبر بشكل ملموس من سرعتها في المجمعات الفرعية مما يقلل من الترسبات في المجمعات الفرعية .

- الاسلوبين المذكورين مبينين في الشكلين التاليين :

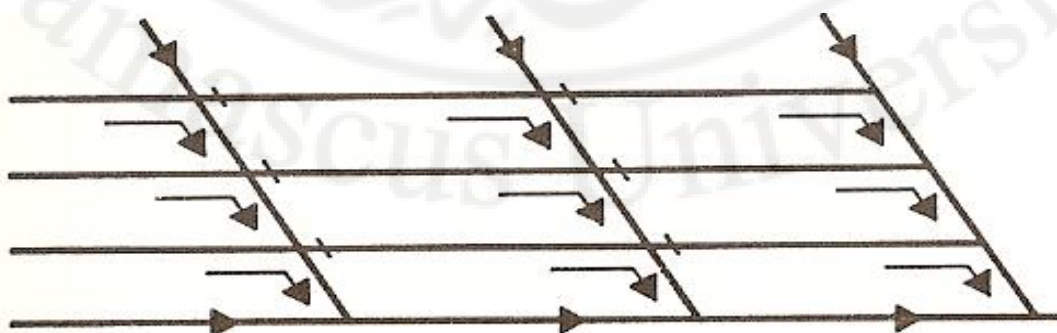


- بدايات الخطوط : يمكن التمييز بين اسلوبين لبدايات الخطوط كما في الشكلين التاليين :

-بداية بغرفة تفتيش مستقلة :



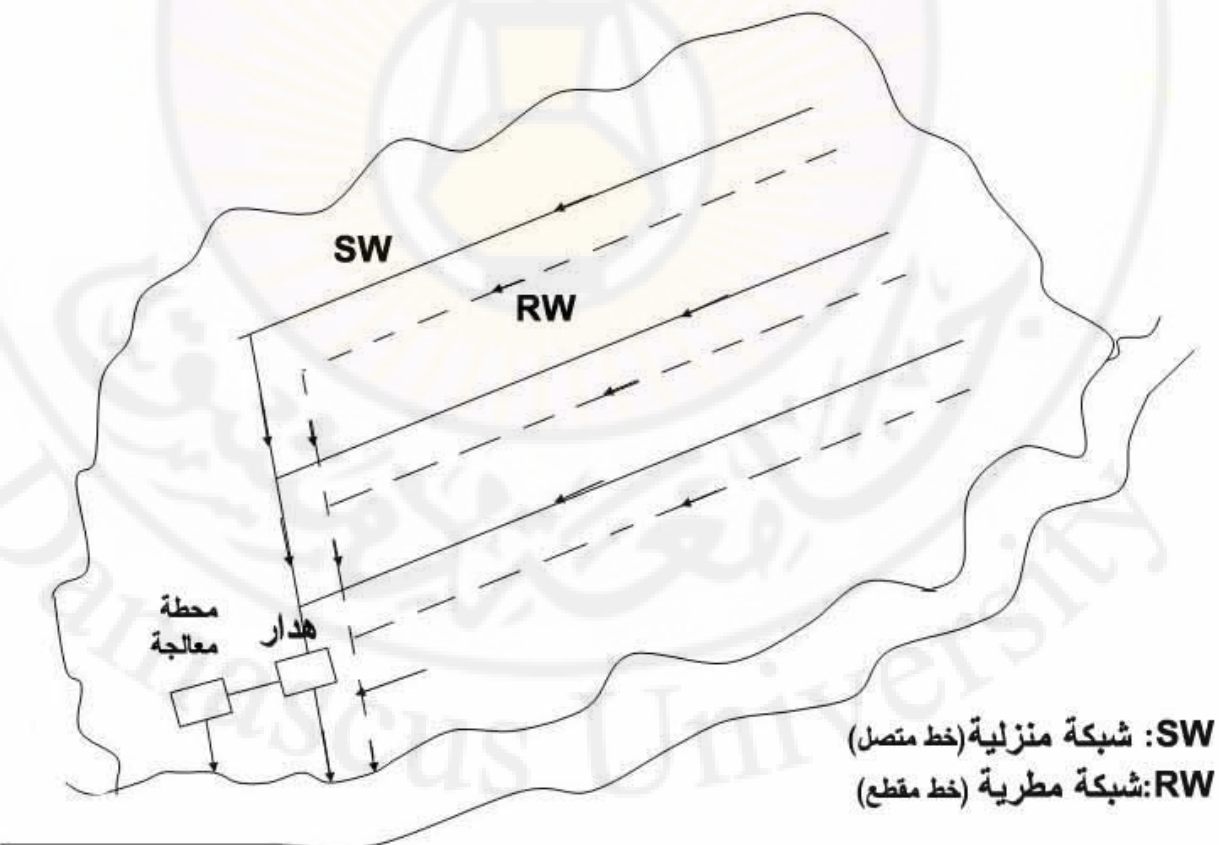
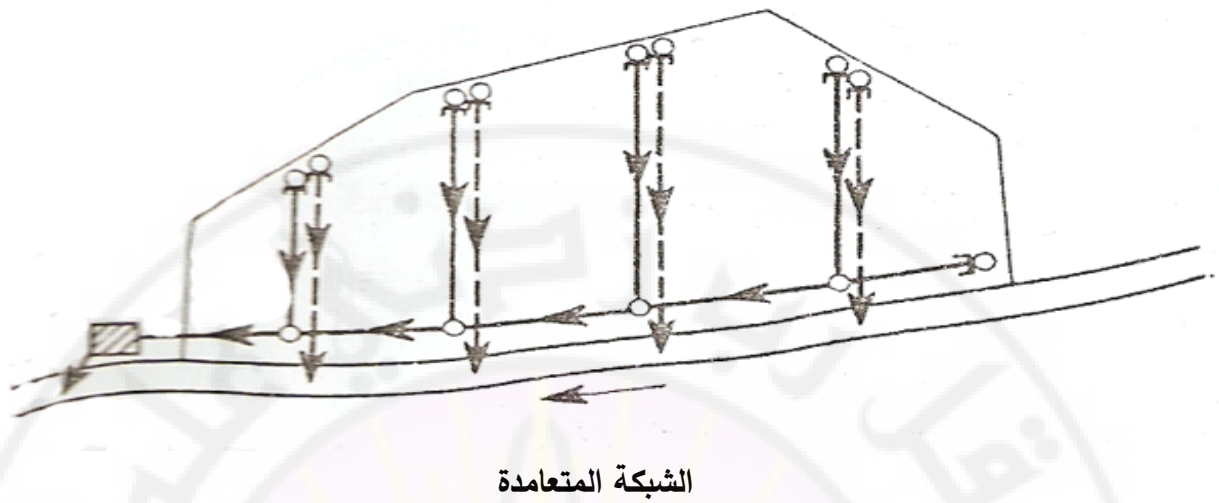
- بداية مربوطة مع غرفة تفتيش :

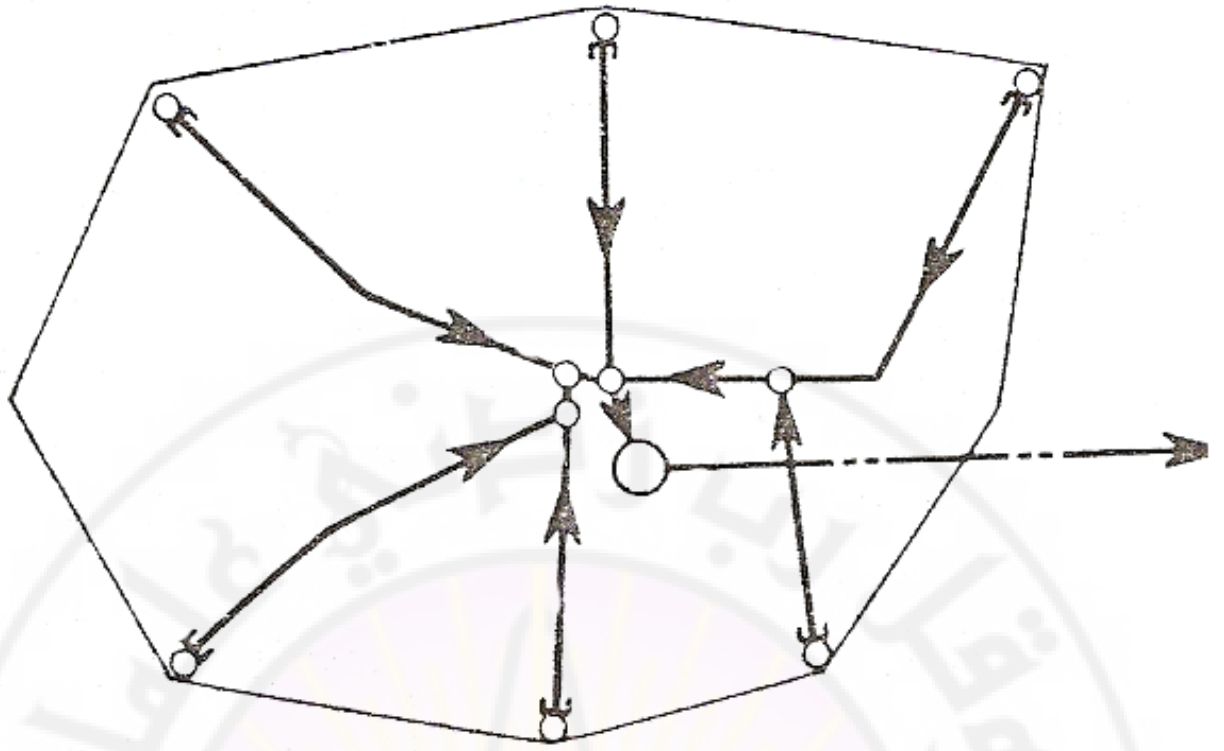


أشكال ونماذج شبكات الصرف الصحي :

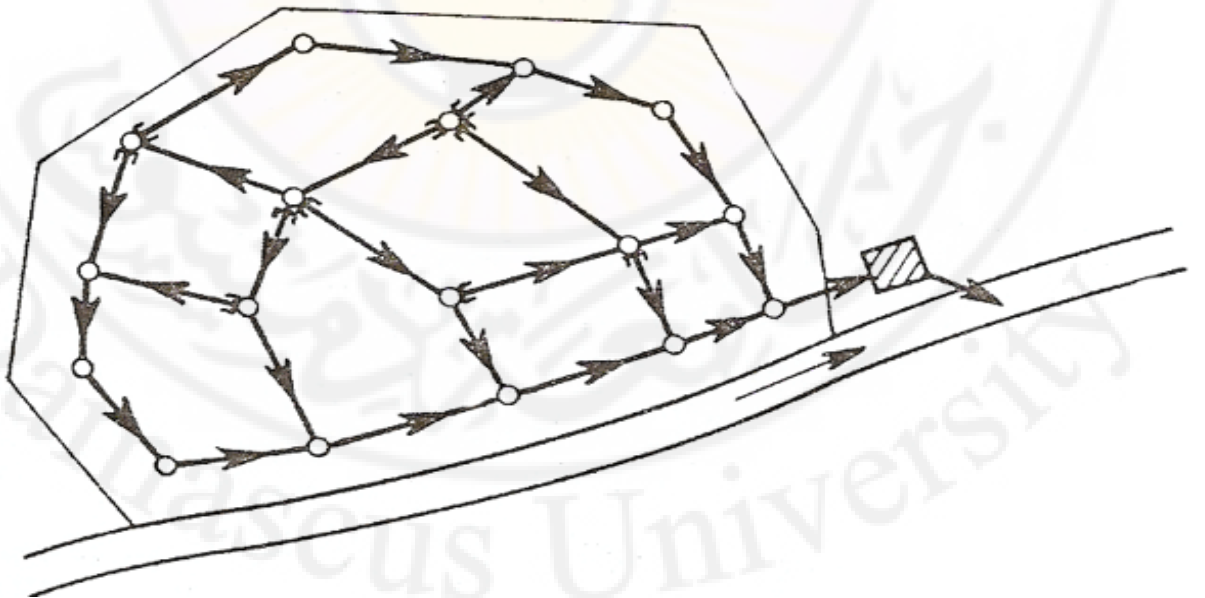
بما أن ميول أنابيب شبكة الصرف الصحي يجب أن تتبع الميول الطبيعية للتجمع وأن مسارات أنابيب شبكة الصرف تتبع مسارات الشوارع في المخطط التنظيمي فان استخدام نموذج معين من نماذج شبكة

الصرف التالية في منطقة ما يكون مشروطاً بتوفر الظروف الطبوغرافية المناسبة لاستخدام هذا النموذج أو ذاك.
 . نورد فيما يلي بعض النماذج لشبكات الصرف الصحي :





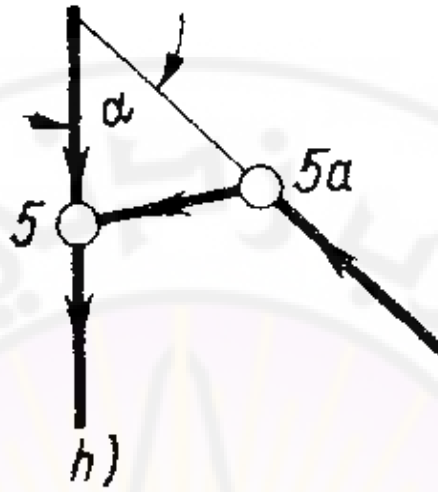
الشبكة المتفرعة



الشبكة الحلقية (او ذات مجمع رئيسي محيطي)

بعض الأمور الواجب مراعاتها أثناء تخطيط شبكة الصرف الصحي :

١ . يجب تجنب الوصل بين الانابيب بزاوية أقل من ٩٠ درجة مع اتجاه الجريان



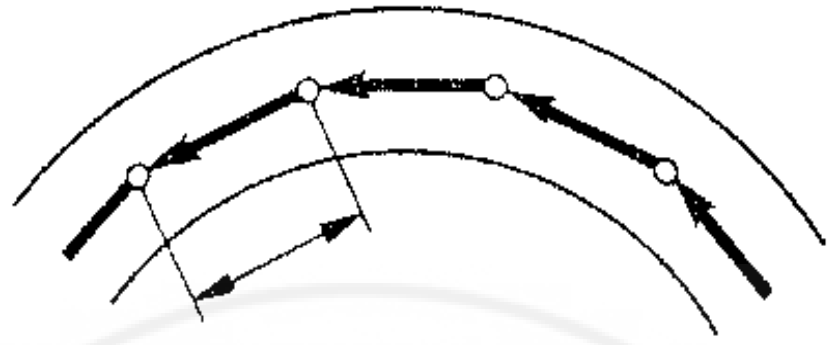
٢. يفضل في حالة التضاريس المنبسطة أن يكون مسار المجمع الرئيسي في وسط المدينة .

٣. يجب تجنب تقاطع خطوط الشبكة مع الوديان والأنهار وخطوط السالك الحديدية وكل ما يتطلب إقامة منشآت خاصة تسيء الى عمل شبكات الصرف الصحي.

٤ في حال وجود نهر قد يكون الأفضل بناء مجمعين موازيين للنهر (أو الخطوط الحديدية) من عملية تقاطع هذه الخطوط باستمرار مع تلك المواقع.

٥ — في الشوارع العريضة والتي يزيد عرضها عن (٣٠)م ينفذ عادة خطين للشبكة وذلك منعاً لقطع الشارع عرضياً عن كل وصلة منزلية.

٦- يتم توزيع غرف التفريش على المنحنيات وتبعاً لمادة الانبوب كما في الشكل التالي :



٧- يجب ان يكون الانبوب الداخل الى غرفة التفتيش عامودي على جدار الغرفة .



المياه المطرية

تصرف مياه الأمطار:

الهدف من صرف مياه الأمطار هو تجنب عرقلة حركة المرور (سواء للسيارات والمشاة) وتجنب غمر الأجزاء المنخفضة من التجمعات (أصف إلى ذلك إن جريان مياه الأمطار على الشوارع الرئيسية أمر غير حضاري) .

تصرف هذه المياه كما هو معروف إما في شبكة خاصة (مطرية)أو مع المياه المنزلية (مشتركة).

كيف تصل مياه الأمطار إلى الشبكة الخارجية:

يتم تصريف مياه الأمطار المتساقطة على اسطح الأبنية والشرفات عن طريق شبكة مياه الامطار الداخلية والتي تتألف من بلاييع مطرية ونوازل مطرية . تنقل هذه النوازل المطرية (وتبعاً لتوضع هذه النوازل الذي ممكن ان يكون على واجهة المبنى أو ضمن منور داخلي) المياه اما إلى الأرصفة المحيطة بالمباني ومنها تصرف هذه المياه مع مياه الامطار المتساقطة على الشوارع الى البلاييع المطرية ومنها الى الشبكة (سواء شبكة الموقع العام للمبنى -ان وجد - أو الشبكة الخارجية). في حالة النوازل الداخلية تصل المياه الى شبكة الموقع العام للمبنى ومنه الى الشبكة الخارجية .

أما في حال النوازل المطرية الداخلية فيتم نقل مياه الأمطار عن طريق امتداد هذه النوازل الأفقية الى الشبكة (ايضا كما ذكر سابقا ..اما الى شبكة الموقع العام او الى الشبكة الخارجية).

قياس كمية مياه الأمطار:

هناك أجهزة مختلفة لقياس كمية مياه الأمطار نذكر منها :

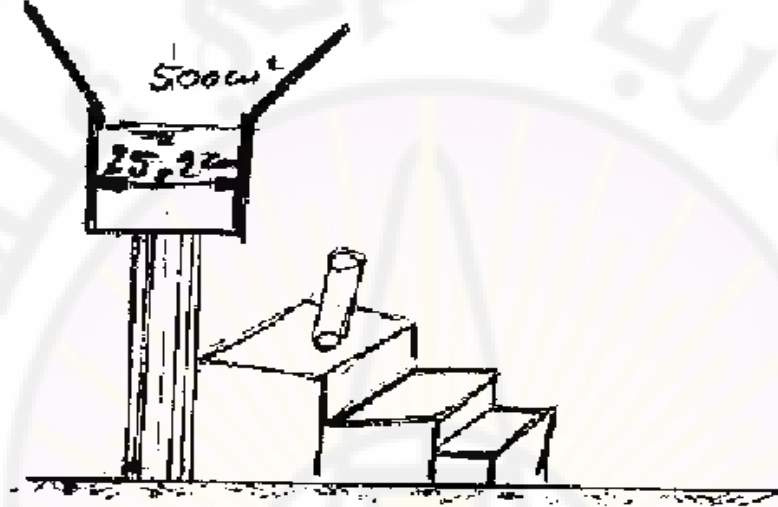
١. جهاز المطر البسيط الشكل رقم (١).

٢. جهاز قياس المطر الآلي المسجل (الأمبروغراف).

. جهاز المطر البسيط :

يتألف هذا الجهاز من اسطوانة معدنية مفتوحة مساحتها ٥٠٠ سم^٢ ، قطرها ٢٥,٢ سم ترتكز على عامود (ارتفاعه ٢ م لمنع تأثير الرياح على الأمطار المتساقطة تزود الاسطوانة بقمع معدني كما يبين الشكل رقم (١) .

لقياس كمية الأمطار المتجمعة تصب محتويات الأسطوانة في وعاء قياس متدرج ، يقيس هذا الجهاز كمية الأمطار خلال يوم ، أي يعطي فكرة إجمالية عن حجم الهطول المطري خلال (٢٤ ساعة)، مثل هذه القياسات لا تفيد في حساب الشبكة المطرية والشبكة المشتركة.



شكل رقم (١)

. جهاز قياس المطر الآلي المسجل (الأمبروغراف):

يبين الشكل رقم (٢) رسم توضيحي لأجزاء الجهاز وكيفية عمله. الشكل رقم (٣) يبين شكل منحنيات الأمبروغراف. هذه المنحنيات تقسم إلى (٣)

أنواع من الخطوط:

الشاقولي : يدل على تفريغ وعاء التجميع .

الأفقي : يدل على عدم وجود أمطار .

المائل : يدل على وجود مطر بغزارة (أو شدة) تساوي إلى ميل هذا الخط

نميز بين نوعين من الغزارات:

$$i = \frac{H}{T} \quad \text{mm/ min}$$

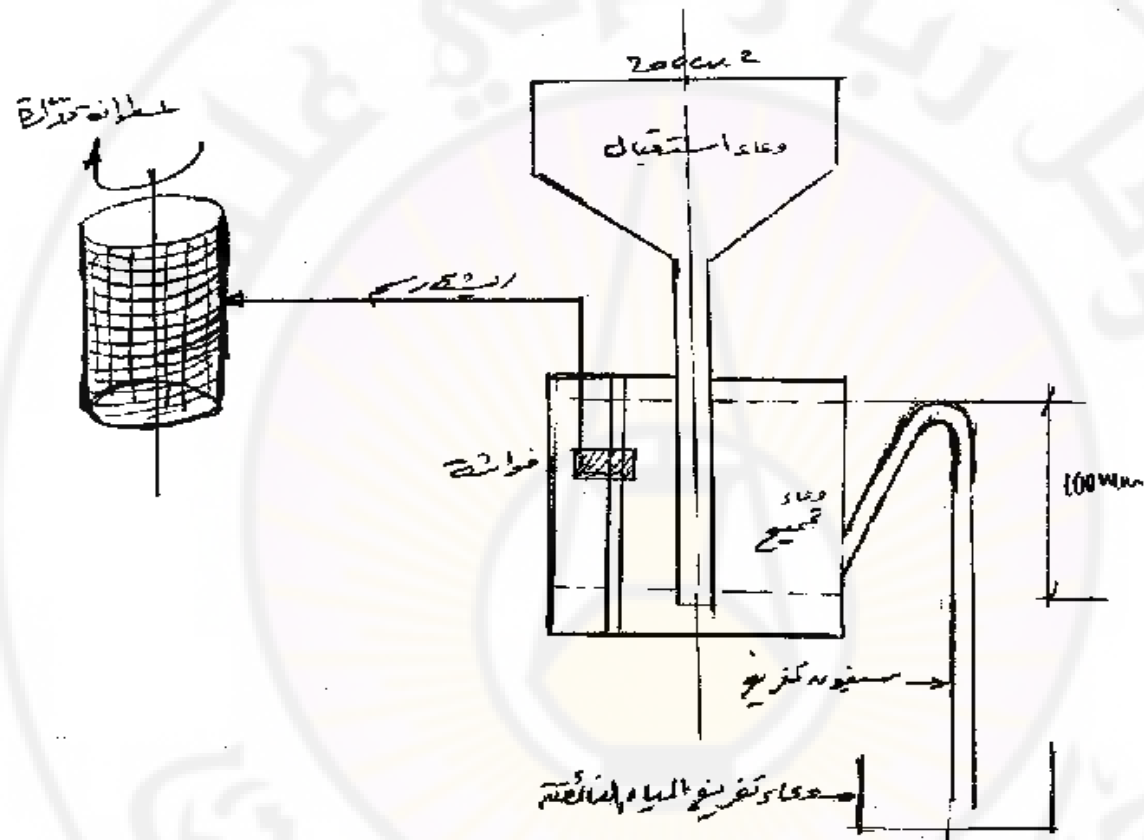
. غزارة فيزيائية ويرمز لها I وتطى بالعلاقة التالية :

:

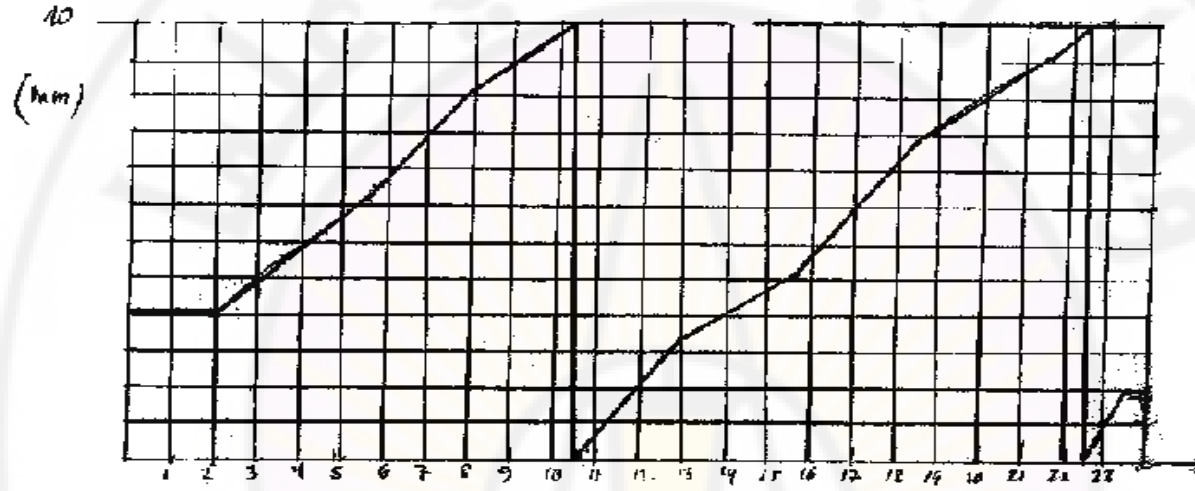
حيث : H (mm) : ارتفاع المطرة

T (min) : مدة المطرة

. غزارة حسابية : وهي الغزارة المطرية على واحدة المساحة
 $q_r = 166.7 \cdot i \quad \text{l/sec.ha}$



شكل رقم (٢): رسم توضيحي لجهاز الامبروغراف



شكل رقم (٣): منحنيات الامبروغراف

عناصر العاصفة المطرية : تعرف العاصفة المطرية بثلاثة مركبات وهي تواتر العاصفة ، مدة العاصفة ، شدة أو غزارة العاصفة .

تواتر العاصفة : (n) (وحدتها مرة / سنة) : وهو عدد مرات هطول عاصفة مطرية ذات غزارة (شدة) ومدة محددين في السنة .

وحدة التكرار ($P = \frac{1}{n}$) وهي عكس التواتر ويعرف بأنها : الفاصل الزمني مقدراً بالسنة بين هطولين متتالين لعاصفة مطرية محددة الشدة و المدة.

مدة العاصفة : تقدر بالـ (min) : هو زمن هطول العاصفة (فترة استمرار هطول المطرة) .

شدة العاصفة : نميز بين نوعين من الشدة . الشدة الفيزيائية (i) وهي كمية الماء الهاطلة مقدرة (mm) خلال واحدة الزمن (min) ونكتب mm/ min .

الشدة الحسابية q_T^n وهي حجم مياه الأمطار (I) الهاطلة على واحدة المساحة في واحدة الزمن ونكتب l/sec. ha ، أو غزارة مياه الأمطار (l/sec) الهاطلة على واحدة المساحة مقدرة بالهكتار .

العلاقة بين عناصر العاصفة :

هناك علاقة عكسية بين تواتر العاصفة المطرية وغزارتها فالعواصف ذات التواتر المنخفض تكون غزارتها عالية. ايضا العواصف المطرية ذات المدد القصيرة تكون شدتها عالية .

ان العواصف ذات الغزارات العالية وفترات هطول قصيرة لهذا أهمية خاصة في حساب الشبكات المطرية (والمشاركة) لأن كمية كبيرة من المياه تتساقط خلال فترة قصيرة وبالتالي تحتاج إلى تصريف ، لذلك يتم الاهتمام بالعواصف المطرية التي تستمر فترة زمنية تتراوح بين (5-60 دقيقة) .

اختيار تواتر العاصفة المطرية الحسابية :

يعد الاختيار الصحيح لتواتر العاصفة المطرية الحسابية من القرارات الهامة التي يتخذها المهندس المصمم لشبكة الصرف الصحي لان لهذا القرار انعكاس اقتصادي وفني ، فاختيار قيم منخفضة لتواتر العاصفة المطرية ستكون غزارتها عالية وبالتالي أقطار الشبكة كبيرة وكلفة إنشائها

مرتفعة وأمان الشبكة ومنشآتها ضد خطر الفيضان كبير والعكس ،فإن اختيار قيم كبيرة لتواتر العاصفة أي شدتها صغيرة وكلفة إنشاء الشبكة متدنية وبالتالي أمان الشبكة ضد خطر الفيضانات مرتفع .

إن الاختيار الصحيح للعاصفة المطرية الحسابية يجب أن يؤمن بأن واحد:

. الحد الأدنى للتكاليف المادية لإنشاء الشبكة وملحقاتها.

. عدم حدوث فيضانات للشبكة تثر على المنشآت تحت الأرض(بما فيها الأقبية) وعلى المناطق المنخفضة من المدينة.

وبالتالي فإن اختيار العاصفة المطرية أو السلسلة الحسابية يتم تبعا لعدة أمور تتعلق :

- بأهمية المنطقة ووجود منشآت تحت أرضية : لان فيضان الشبكة سيسبب اضرار مادية كبيرة فيها وبالتالي وجود مثل هذه المنشآت يتطلب

اختيار تواتر صغير للعاصفة المطرية .

- وتتعلق أيضا بكثافة حركة المرور.

- ميل التجمع السكاني (طبوغرافية التجمع المدروس) .يمكن توضيح تأثير ميل التجمع وبالتالي ميل الأنابيب على اختيار العاصفة

المطرية الحسابية هو أن الأنابيب ذات الميول الكبير يكون فيها خطر الارتداد أكبر من الأنابيب ذات الميول الأقل وهذا يستوجب في

المناطق ذات الميول الكبيرة اختيار عواصف مطرية ذات تواترات أقل أي ذات غزارات أكبر مما هي عليه في حالة المناطق ذات الميول

الأقل .

ينصح اعتماد القيم التالية لتواتر العواصف المطرية الحسابية :

١- التجمعات السكانية العادية : $n=0.5-1.0$

٢- مراكز المدن والمناطق الصناعية $n= 0.2-1.0$

٣- شوارع خارج حدود المناطق السكنية $n= 1.0$

٤- مدن أو مناطق فيها خطوط مترو ومنشآت خدمية تحت أرضية هامة $n= 0.2-0.05$ (خالة غير موجودة في سورية) .

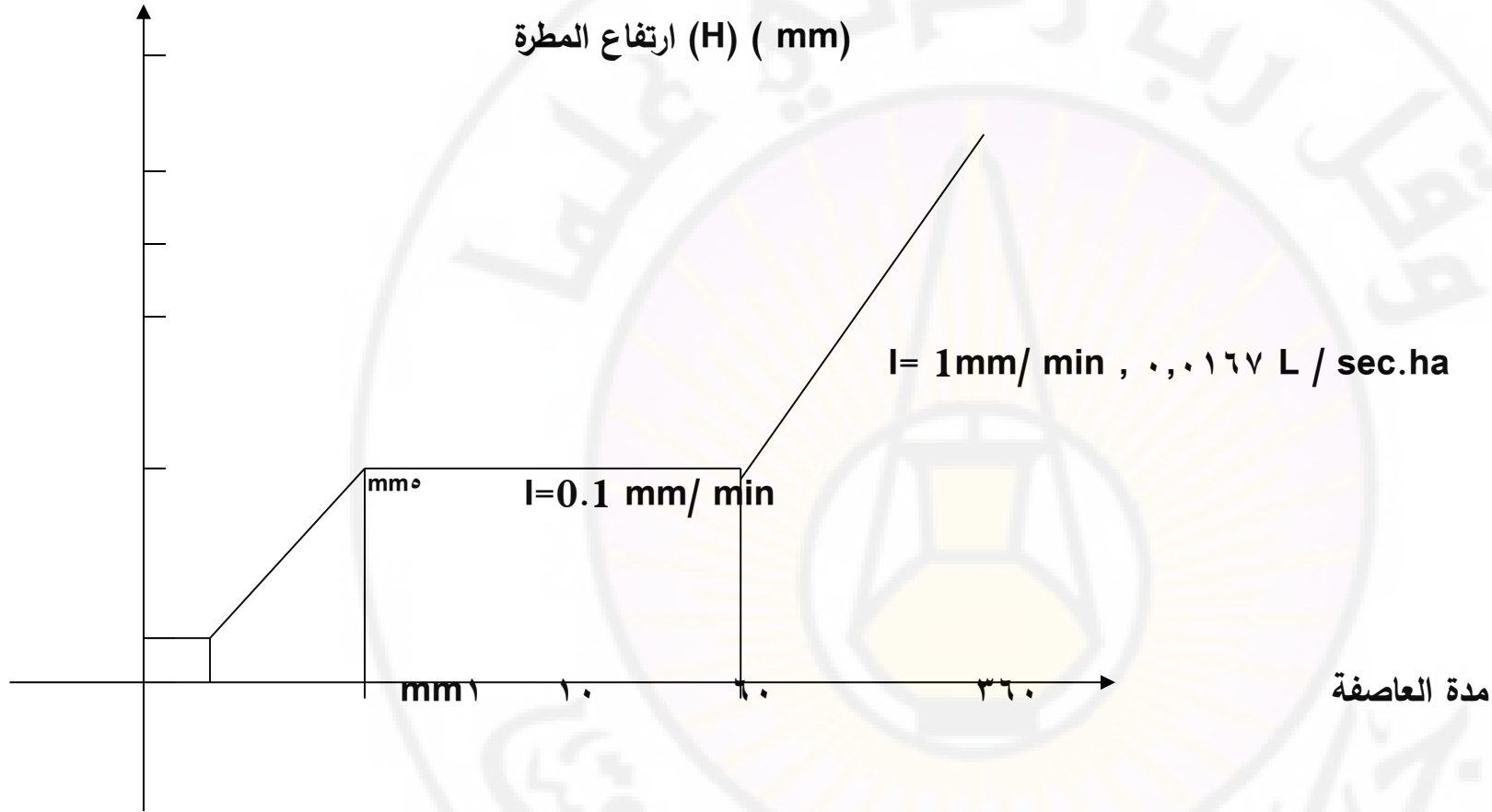
تحليل قراءات الأمبروغراف: إن اختيار العاصفة المطرية الحسابية يتطلب تحليل قراءات أو تسجيلات الأمبروغراف ولفترات زمنية لا تقل عن (١٥) سنة لضمان دقة مقبولة.

التحليل يتم باستخدام طرق الإحصاء الرياضي. هناك عدة طرق بيانية - إحصائية وطرق حسابية - إحصائية. (بيانية).

كنتيجة لتحليل القراءات نحصل على منحنيات السلاسل المطرية والتي تعبر عن العلاقة بين عناصر العواصف المطرية، مدة، شدة ، تواتر. فيما يلي شرح إحدى الطرق الإحصائية الحسابية:

١. الحدود الدنيا لشدة العاصفة أو العواصف المطرية التي لا تؤخذ بعين الاعتبار أثناء تحليل قراءات الامبروغراف.

ارتفاع المطرة (H) (mm)



ان المطرات التي شدتها ؛اقل من القيم التالية لا تدخل بالتقييم الاحصائي :

$h = 1 \text{ mm}$

المطرات التي مدتها اقل من ١٠ دقائق اي : $T < 10 \text{ min}$ وارتفاعها

-المطرات التي مدتها تتراوح بين ١٠ و ٦٠ دقيقة $T < 60 \text{ min}$ وشدتها الفيزيائية $i = 0.1 \text{ mm/min}$

$h = 5 \text{ mm}$

-المطرات التي مدتها تتراوح بين ٠.6 و ٣٦٠ دقيقة وارتفاعها

-المطرات التي مدتها اكبر من ٣٦٠ دقيقة وشدتها الفيزيائية اقل من $i=0.0167$ mm/min أو $i=1$ mm/h

بعد حذف المطرات المذكورة من قراءات الامبروغراف يتم تحليل باقي القراءات وفق هذه الطريقة بالتسلسل أو بالخطوات التالية:

١. تقسيم المنحنيات البيانية (منحنيات الأمبروغراف) إلى عواصف مطرية لها مدد زمنية محددة كما يلي:

(5,10,15,20,30,45,60,90,120,150,180,240,360,.....)min

٢. تحديد الغزارة الفيزيائية (r) أو الحسابية (r_q) لهذه العواصف وتنظيمها في جدول كالتالي:

مدة العاصفة المطرية (min)												شدة العاصفة (mm / min) و L / sec.ha
								٣٠	٢٠	١٥	١٠	٥
												رقم المطرة
												١
												٢
												٣

٣. يتم إعداد جدول كالمبين لكل سنة مراقبة على حدا ، حيث يحدد عدد العواصف المقابلة لمدة معينة وشدتها ضمن المجالات المبنية بالجدول .

مدة العاصفة min	الشدّة مقدرة بـ mm/min															
	١,٠	١,٢	١,٤	١,٦	١,٨	٢,١	٢,٢	٢,٤	٢,٦	٢,٨	٣,٠	٣,٢	٣,٤	٣,٦	٣,٨	٤,٠
	١	١	١	١	١		١	١	١	١	١	١	١	١	١	١
	١,٢	١,٤	١,٦	١,٨	٢,٠	٢,٢	٢,٤	٢,٦	٢,٨	٣,٠	٣,٣	٣,٤	٣,٦	٣,٨	٤,٠	↓
٥																
١٠																
١٥																
٣٦٠																

جدول يبين عدد العواصف في كل سنة المقابلة لمدة معينة وشدّة معينة

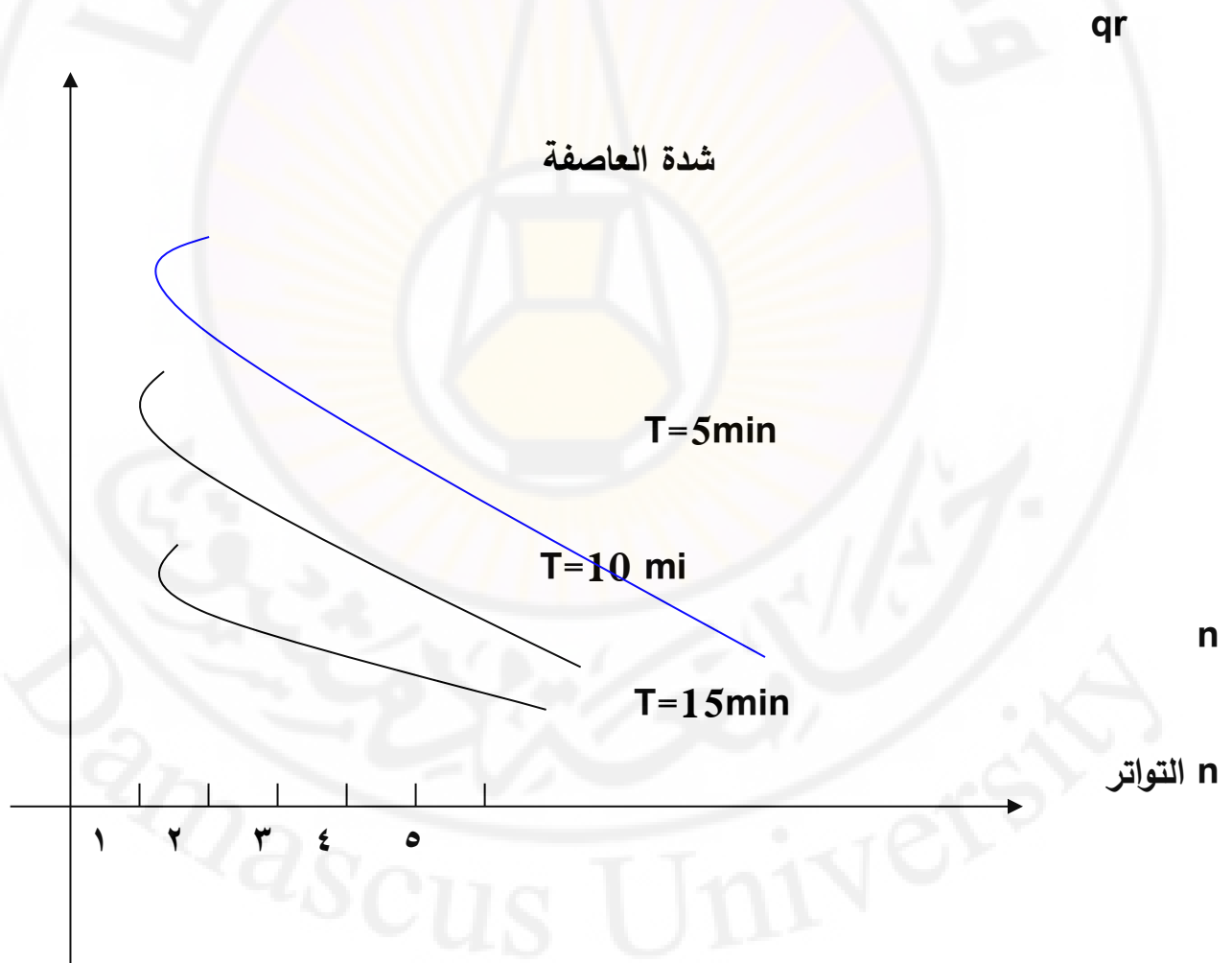
مدة اللعاصفة min	الشدة مقدرة بـ mm/min														
	٠,٠١ ٦٧	٠,٠٣ ٤	٠,٠٦ ٨	٠,١٠ ١	٠,١٣ ٤	٠,١٨ ٨	٠,٢١ ٠	٠,٢ ٦	٠,٣١	٠,٤ ١	٠,٥ ١	٠,٦ ١	٠,٧ ١	٠,٨ ١	٠,٩١
	٠,٠٣ ٣	٠,٠٦ ٧	٠,١٠ ١٠	٠,١٣ ٣	٠,١٦ ٧	٠,٢٠ ١٠	٠,٢٥ ١٠	٠,٣ ٠	٠,٤٠ ١٠	٠,٥ ٠	٠,٦ ٠	٠,٧ ٠	٠,٨ ٠	٠,٩ ٠	١,٠
٥															
١٠															
١٥															
٢٠															
٣٦٠															

جدول يبين عدد العواصف في كل سنة المقابلة لمدة معينة وشدة معينة

٤. من حاصل جمع الأرقام الموجودة في نفس الحقل لكل سنة مراقبة نحصل على جدول كالتالي
نذكره ولكن لكل فترة المراقبة.

٥. بتقسيم الرقم الموجود في كل حقل على عدد سنوات المراقبة نحصل على تواتر كل عاصفة ذات
مدة وشدة معينين .

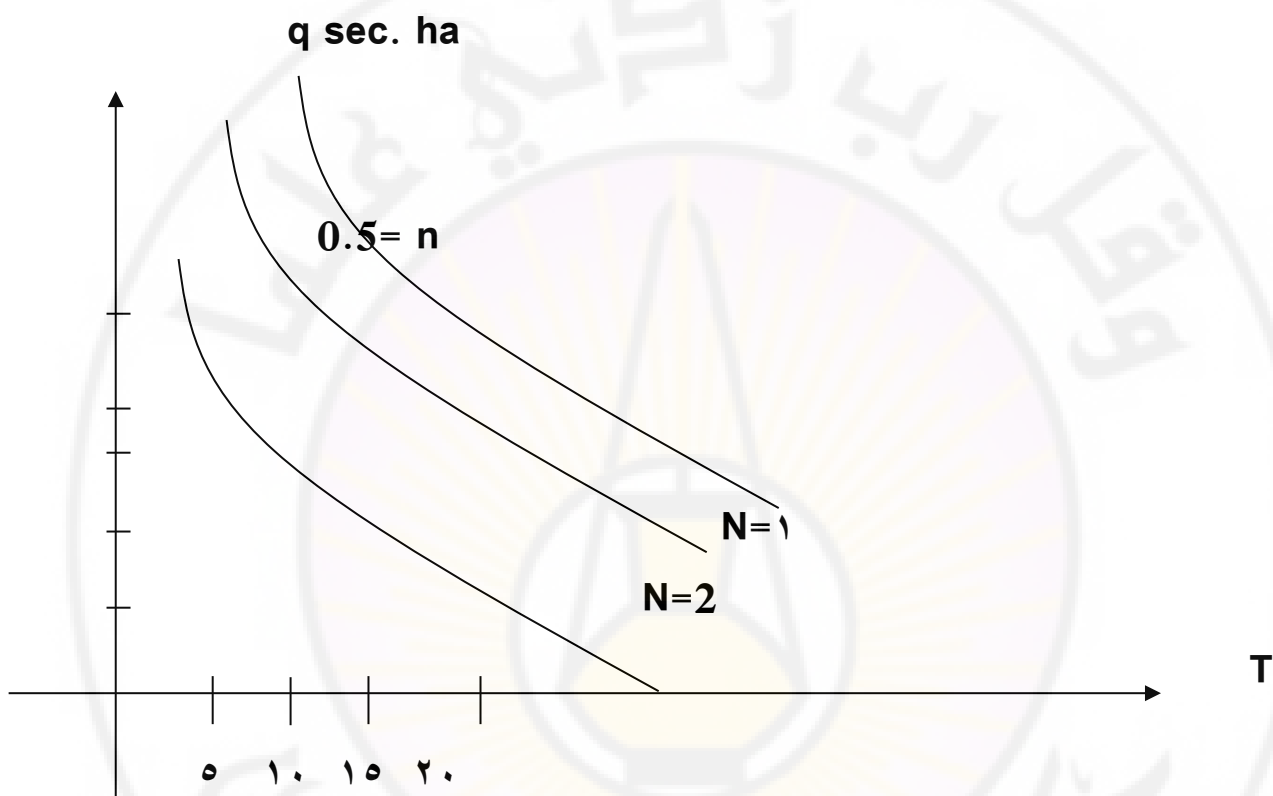
٦. الأرقام التي نحصل عليها في جدول التواترات أرقام حقيقية في أغلب الأحيان وبجاجة إلى بعض
التحسين ويفضل إجراء هذا التحسين بطريقة بيانية باستخدام جملة محاور عادية ،حيث يكون
محور السينات التواتر (n) ومحور العينات (r, q)، كما يلي:



٧. انطلاقاً من المنحني السابق نحصل على منحني السلاسل المطرية والذي يمثل العلاقة بين

عناصر العواصف المطرية مشكلة كما يلي (التواترات المختارة أرقام طبيعية).

السلسلة المطرية : هي مجموع المطرات ذات التواتر الواحد والمختلفة بالمدة والشدة.



ملاحظة (١): إن شكل هذه المنحنيات يتبع الموقع الجغرافي للمنطقة المدروسة ومن بلد آخر.

ملاحظة (٢): يمكن أيضا التعبير عن السلاسل المطرية إما على شكل جدول أو علاقة رياضية.

إن علاقة السلاسل المطرية في سورية تعطى كما يلي :

$$q = \frac{A}{T^m}$$

حيث (A, m) قيم تتبع موقع المنطقة و تواتر العاصفة المطرية

q شدة العاصفة المطرية .

في الجداول المرفقة تم تحديد قيمة الثوابت بحيث تعطى قيمة q بالـ ملم / ساعة ويتم

التحويل الى ل / ثانية . هكتار بالضرب ب ٢,٧٧٨ كما هو مبين بالجداول .

T. مدة العاصفة المطرية وتقدر بالدقيقة

قيم (A, m) مبنية في الجدول المرافق المعد من قبل الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية .

شركة الدراسات				الشدة المطرية ا مم/سا				ليتر / ثا . هكتار			
المحطة	تكرار	A	m	i5	i10	i15	i20	q5	q10	q15	q
القامشلي	1	26.12	0.4237	13.21	9.85	8.29	7.34	36.72	27.37	23.05	20
	2	236.29	0.6643	81.12	51.19	39.10	32.30	225.51	142.30	108.70	89
السويداء	1	42.2	0.484	19.36	13.85	11.38	9.90	53.83	38.49	31.63	27
	2	86.7	0.558	35.32	23.99	19.13	16.29	98.18	66.69	53.19	45
جبله	1	268.8	0.675	90.70	56.81	43.21	35.58	252.16	157.93	120.12	98
	2	365	0.656	126.99	80.59	61.77	51.15	353.03	224.05	171.72	142
جبله	1	249.4	0.68	83.48	52.11	39.55	32.52	232.08	144.86	109.95	90
	2	381.76	0.6534	133.38	84.80	65.06	53.91	370.79	235.74	180.87	149
قطيئة	1	92.4	0.615	34.34	22.42	17.47	14.64	95.47	62.33	48.58	40
	2	139.1	0.606	52.45	34.46	26.95	22.64	145.81	95.80	74.93	62
الحسكة	1	104.92	0.6651	35.97	22.69	17.32	14.31	100.00	63.07	48.16	39
	2	261.23	0.7155	82.59	50.29	37.63	30.63	229.59	139.82	104.61	85
صافيتا	1	315.65	0.6662	108.03	68.08	51.96	42.90	300.33	189.26	144.46	119
	2	360.6	0.6409	128.55	82.44	63.57	52.87	357.36	229.18	176.73	146
دير الزور	1	65.83	0.6544	22.96	14.59	11.19	9.27	63.84	40.56	31.11	25
	2	133.78	0.6572	46.45	29.46	22.57	18.68	129.14	81.89	62.73	51
حماة	1	70.83	0.5895	27.43	18.23	14.35	12.11	76.25	50.67	39.90	33
	2	121.52	0.5972	46.48	30.72	24.11	20.31	129.20	85.41	67.04	56
النبك	1	38.2	0.582	14.97	10.00	7.90	6.68	41.62	27.80	21.96	18
	2	85.9	0.629	31.21	20.18	15.64	13.05	86.77	56.11	43.48	36
دمشق	1	41.03	0.5298	17.49	12.11	9.77	8.39	48.62	33.68	27.17	23
	2	95.64	0.6164	35.46	23.13	18.02	15.09	98.59	64.31	50.09	41
طرطوس	1	368.54	0.8113	99.86	56.91	40.96	32.43	277.62	158.21	113.86	90
	2	374.95	0.6468	132.40	84.56	65.05	54.01	368.06	235.08	180.85	150
تل شهاب	1	61.6	0.555	25.21	17.16	13.70	11.68	70.10	47.71	38.10	32
	2	112.4	0.614	41.84	27.34	21.31	17.86	116.32	76.00	59.25	49

الرقعة	1	44.96	0.6121	16.79	10.98	8.57	7.19	46.67	30.53	23.82	19
	4	202.89	0.7076	64.96	39.78	29.86	24.36	180.60	110.59	83.00	67
الريستن	1	90.71	0.6389	32.44	20.83	16.08	13.38	90.18	57.92	44.70	37
	2	122.6	0.6097	45.95	30.12	23.52	19.74	127.75	83.72	65.38	54
اللاذقية	1	443.77	0.7836	125.73	73.04	53.16	42.43	349.53	203.05	147.78	117
	2	465.08	0.6799	155.70	97.19	73.77	60.67	432.86	270.19	205.09	168

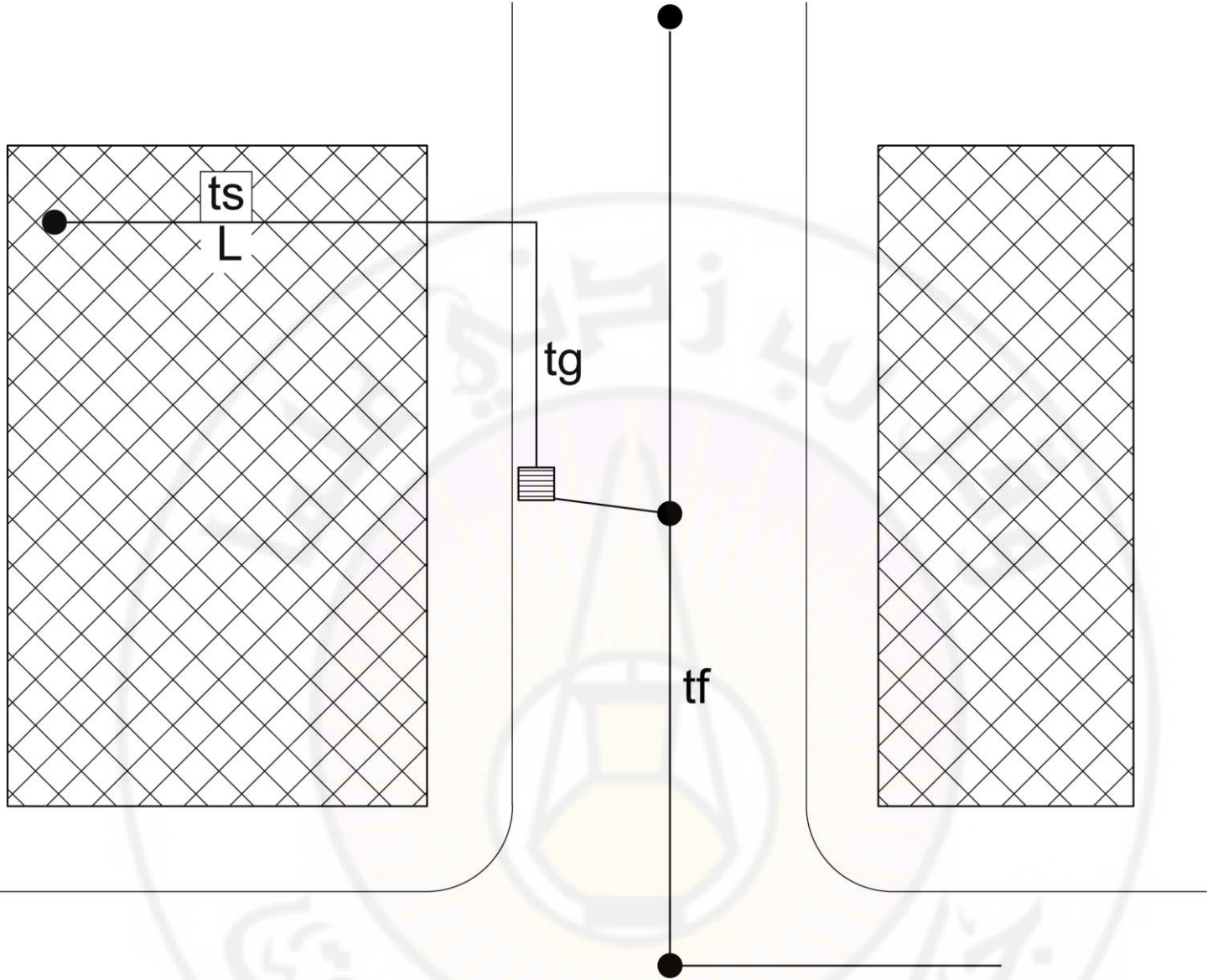
حساب كمية مياه الأمطار الداخلة إلى الشبكة (مطرية أو مشتركة):

هناك العديد من الطرق المتبعة في حساب r كمية مياه الأمطار أو الغزارة المطرية سوف تقتصر الشرح على طريقتين:

١. الطريقة الحدية (وهي طريقة روسية) .

٢. عامل التأخير أو ايمهوف مدة عامل الزمن (ألمانية) .

- في أي من الطريقتين على المهندس بداية اختيار تواتر العاصفة أي اختيار السلسلة المطرية التي سيتم تصميم الشبكة عليها .
- في الطريقة الحدية لا داعي لتحديد مدة العاصفة المطرية لان مدة العاصفة المطرية التي سيحسب عليها كل مقطع تساوي المن الحدي .
- في طريقة عامل الزمن على المهندس تحدي مدة العاصفة المطرية الحسابية وفق الاسس التي سترج لاحقا .



أولاً- الطريقة الحدية: تنطلق من أن مدة العاصفة المطرية (T) يساوي إلى الزمن الحدي T_{cr} وهو الزمن اللازم لوصول قطرة الماء من أبعد نقطة من المساحة الساكنة حتى المقطع المدروس أي أن مدة العاصفة المطرية التي يحسب عليها المقطع المدروس يساوي إلى الزمن الحدي T_{cr} وبالتالي يحدد في هذه الطريقة قبل بدء الحساب فقط تواتر العاصفة المطرية الحسابية وتحدد لكل مقطع مدروس (وصلة حسابية) مدة هذه العاصفة والتي تساوي الزمن الحدي T_{cr} .
تحسب كمية مياه الأمطار الداخلة إلى الشبكة وفق هذه الطريقة بالعلاقة التالية:-

$$Q_r = q_{cr} \cdot F \cdot Z \cdot \psi$$

q_{cr} شدة العاصفة المطرية التي مدتها تساوي تساوي الزمن الحدي t_{cr}

ψ معامل الجريان و يعرف بأنه النسبة بين كمية المياه الجارية على المساحة الساكنة إلى المياه الهاطلة وقيمه تتبع عوامل أهمها طبيعة السطح المستقبل للمطر.

F المساحة الساكنة التابعة للمقطع المدروس (ha) .

Z عامل المساحة ، عامل يعبر عن تغير شدة العاصفة المطرية في التجمع، قيمته تتبع مساحة المنطقة المدروسة .

الزمن الحدي T_{cr} يتألف من :

t_s : زمن التركيز السطحي: وهو الزمن اللازم لوصول قطرة المياه

من بداية الحوض الساكن إلى المجرى المكشوف على طرف الشارع ويتعلق بعدد من العوامل منها :

١- طول المساحة الساكنة (m)

٢- قيمة المساحة الساكنة (ha)

٣- وطبوغرافيتها

٤- وشدة العاصفة المطرية .

٥- طبيعة غطاء السطح وغيرها من العوامل.

هناك علاقات هيدرولوجية تجريبية تضم كافة العوامل المؤثرة على (t_s) يمكن الاطلاع عليها في المراجع العلمية المختصة تعطي معظم الكودات العالمية قيم t_s تتراوح بين (5-10) دقائق ويعتبر مساويا لـ (5) دقائق لأجزاء الشبكة داخل الأحياء .

t_g : الزمن اللازم لسير قطرة الماء في المجرى المكشوف على طرف الشارع وحتى البالوعة المطرية ويعطى بالعلاقة:

$$t_g = 1.25 \frac{L_g(m)}{V_g(m/sec)}$$

حيث : V_g : السرعة في نهاية المجرى (قرب البالوعة)، العامل (1,25) يأخذ بعين الاعتبار تزايد السرعة في المجرى.

t_f : الزمن اللازم لسير قطرة المياه في الأنابيب من البالوعة المطرية وحتى المقطع المدروس أي المراد حسابه، ويسمى (زمن الجريان t_f).

$$t_f = 2 \sum \frac{li}{vi}$$

حيث:

l_i	طول كل وصلة حسابية على حدى
v_i	سرعة الجريان في كل وصلة على حدى

العامل (2) يأخذ بعين الاعتبار ظاهرة فرملة الجريان.

تفسر ظاهرة فرملة الجريان بأن السرعة ضمن الوصلة الواحدة ليست ثابتة و تتزايد لذا يقل (t_f) للوصلة الواحدة ،لأخذ هذا بعين الاعتبار (لأننا نأخذ القيمة العظمى لـ v_f في كل وصلة) لذا نأخذ العامل المذكور.

ملاحظة :نتيجة وجود عدة مسارات للوصول إلى المقطع المدروس يؤخذ دائماً الخط الذي يعطي أطول زمن جريان t_f

عمليا تؤخذ قيمة الزمن الحدي من العلاقة: $t_{cr} = 5 + 1,5 \sum t_f$

العوامل المؤثرة على معامل الجريان :

١.نوع غطاء السطح المستقبل للمطر.

٢.ميل المساحات المستقبلية (وطبوغرافيتها).

٣.الرطوبة الموجودة نتيجة أمطار سابقة.

٤.مدة المطر وشدتها. ٥.التشرب ضمن التربة.

هناك علاقة تجريبية لتحديد ψ منها :

$$\psi = Z_0 q^{0.2} T^{0.1}$$

حيث:

Z_0	عامل يتبع نوع غطاء السطح
q	شدة العاصفة $L/sec.ha$
T	مدة العاصفة (min)

الجدول التالي يعطي قيم ψ تبعا لطبيعة السطح المستقبل للمياه المطرية :

نوع السطح	ψ
سقف معدني مائل	٠,٩٥
سقف قرميد	٠,٩
سقف مستو	٠,٧-٠,٥
شوارع بيتونية أو مزفتة	٠,٩-٠,٨
شوارع مرصوفة بالحجر	٠,٧٥-٠,٨٥
شوارع مرصوفة بالبحص	٠,٢-٠,٥
طرق ترابية	٠,١٥-٠,٣
ملاعب رياضية	٠,١-٠,٢
حدائق عامة	٠,٠-٠,١٠

من المعروف أن المساحة الساكنة التابعة لكل مقطع مدروس تتألف من عدة سطوح مختلفة فمنها الأسطح والشوارع والحدائق وغيرها ولكل منها عامل جريان يختلف عن الآخر فتكون قيمة ψ هي لوسطي أو المتوسط الموزون لقيم معاملات الجريان للمساحات الساكنة التالية لكل وصلة كما يلي :

$$\psi_m = \frac{\psi_1 F_1 + \psi_2 F_2 + \dots}{F_1 + F_2} = \frac{\sum \psi_i F_i}{\sum F_i}$$

يمكن إعطاء قيمة وسطية لمعامل الجريان لكامل المنطقة المدروسة وفق الجدول التالي :

نوع المنطقة أو التجمع	معامل الجريان
- مناطق ذات كثافة عالية (مناطق قديمة)	٠,٦-٠,٨
- التجمعات تضم تجمعات سكنية مغلقة	٠,٥-٠,٦
- مناطق صناعية	٠,٥-٠,٨
مناطق سكنية مؤلفة من تجمعات أبنية	٠,٣-٠,٤
- مناطق سكنية مؤلفة من تجمع أبنية منفردة أو مزدوجة	٠,٢-٠,٤
مناطق سكنية ذات أبنية متباعدة (فيلات)	٠,٢-٠,٣

المراجع الأمانية تعطي قيمة معامل الجريان تبعا لميل التجمع السكاني (والتي كما ذكر سابقاً تقسم التجمعات الى أربع مجموعات .كما ورد في فقرة اختيار مدة العاصفة المطرية) ولعواصف مطرية ذات المدة (١٥ دقيقة) وشدة بقيمة : $q = 100, 130 \text{ l/sec.ha}$ ونسبة المساحات المثبتة (المثبتة) .

عامل المساحة Z : كما ذكر يؤخذ بعين الاعتبار تغير شدة العاصفة المطرية في المنطقة المدروسة وهو متعلق فقط بالمساحة ويؤخذ من الجدول التالي:

المساحة ha	زمن الهطول			
	١٥	٣٠	٤٥	٦٠
٢٠٠	٠,٩٦	١,٠	١,٠	١,٠
٤٠٠	٠,٩٤	٠,٩٦	٠,٩٨	١,٠
٦٠٠	٠,٨٨	٠,٩١	٠,٩٥	٠,٩٨
٨٠٠	٠,٨٥	٠,٩١	٠,٩٤	٠,٩٧
١٦٠٠	٠,٧٧	٠,٨٩	٠,٨٩	٠,٩٢
٢٠٠٠	٠,٧٥	٠,٨٤	٠,٨٧	٠,٩٠

المساحة F :

وهي المساحة التابعة للمقطع المدروس وهي مساحة رافدة ومساحة ذاتية وتحسب بالـ ha . يمكن أيضا من الجدول المذكور تحديد نسبة المساحات المختلفة في التجمع من المساحة الكلية والتي لها قيمة ψ واحدة مثلا مساحات مبنية وحدائق وشوارع ثم حساب ψ_m الموزون كما في العلاقة السابقة .

ثانياً - طريقة عامل التأخير أو عامل الزمن أو طؤيقة ايمهوف في حساب Q_r :

في هذه الطريقة وكما ذكر سابقا يجب تحديد مدة العاصفة المطرية اضافة الى تحديد التواتر قبل البدء بحساب الغزارات وبالتالي فان غزارة العاصفة المطرية الحسابية تصبح معروفة .
تنطبق هذه الطريقة من المبدأ التالي : يبدأ الجريان مع بدء الهطول .
أي ان مدة العاصفة المطرية التي تحسب عليها أي من الوصلات الحسابية يساوي الى زمن الجريان من بداية أطول خط وحتى المقطع المدروس .
تعطى Q_r من العلاقة :

$$Q_r = q_T . F . Z . \psi . \phi$$

حيث :

q_T : شدة العاصفة المطرية ذات المدة (T) .

Z, ψ, F :سبق شرحها .

ϕ : عامل التأخير أو عامل الزمن وهو عامل تخفيض يدخل عندما يزيد مجموع ازمنة الجريان في الوصلات الحسابية من بداية أطول خط رافد حتى المقطع المدروس $\sum t_f$ عن (T) مدة العاصفة المطرية . والسؤال لماذا :لانه وفق فلسفة الطريقة ان الجريان يبدأ مع بدأ الهطول وبالتالي عندما يصل الهطول الى نهايته أي عند انتهاء مدة العاصفة المطرية ليس بالضرورة ان ينتهي الجريان بالشبكة وبالتالي المقاطع التي تجتازها المياه بعد توقف المطر (أي يكون زمن الجريان حتى المقطع المدروس أكبر من مدة العاصفة المطرية الحسابية) تحسب على عاصفة مطرية مدتها يساوي زمن الجريان الذي هو بهذه الحالة اكبر من مدة العاصفة المطرية أي يجب تخفيض شدة العاصفة المطرية التي مدتها هي المدة التي تم تحديدها للعاصفة المطرية الحسابية بمقدار عامل الزمن ϕ وتحسب قيمته من العلاقة (في سورية):

$$\phi = \frac{q_{\sum t_f}}{q_T}$$

$$= \frac{\frac{A}{\sum t_f}}{\frac{A}{T^m}} = \left(\frac{T}{\sum t_f} \right)^m < 1$$

وعلى العكس فإن المقاطع التي تجتازها المياه والمطر مستمر فلا يتم تخفيض الغزارة وبالتالي العامل ϕ يساوي الواحد .

- تحديد مدة العاصفة المطرية الحسابية :

إن العواصف المطرية ذات المدة القصيرة جداً (أقل من ٥ دقائق) والغزارة العالية تحدث جرياناً سطحياً بسيطاً لا يؤثر على الشبكة لأسباب مختلفة منها جفاف سطح المساحة الساكنة ، عدم استواء المساحة الساكنة لذلك قيم اختيار مدة العاصفة المطرية الحسابية وفقاً لميول التجمع السكاني ونسبة المساحات المعبدة (أو المثبتة) أي ستكون الضياعات كبيرة نسبياً. تبعا لميل التجمع تقسم التجمعات الى أربع مجموعات كما في الجدول التالي :

المجموعة	قيمة الميل
١	$J_s \leq 1\%$
٢	$4\% \geq J_s > 1\%$
٣	$10\% \geq J_s > 4\%$
٤	$J_s > 10\%$

وفقا لذلك يتم اختيار العاصفة المطرية وفقاً لما يلي :

مدة العاصفة المطرية	نوع التجمع
T=15 min	المجموعة (١) مع نسبة المساحات المعبدة أقل من او يساوي ٥٠ %
T= 10 min	المجموعة (١) مع نسبة المساحات المعبدة اكبر من ٥٠ % والمجموعات (٢) و (٣) و (٤) مع نسبة المساحات المعبدة او المثبتة أقل من او يساوي ٥٠ %

T=5 min

المجموعة (٤) ونسبة المساحات المعبدة أكبر من ٥٠ %

