



برنامج المسار الوظيفي للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب



البرنامج التدريبي لمهندسين تخطيط وتطوير

التحليل الهيدروليكي - الدرجة الثالثة



الباب الأول:- منظومة وأعمال مياه الشرب	4
1. أسس تصميم شبكات مياه الشرب	5
1.1 التنبؤ بعدد السكان	5
2.1 حساب معدلات الاستهلاك المختلفة	8
3.1 حساب التصرفات التصميمية	13
4.1 عمل الدراسات الميدانية	13
2. المبادئ الهيدروليكية الأساسية	15
3. تخطيط شبكات توزيع مياه الشرب	17
1.3 متطلبات الأمان فى أعمال توزيع المياه	17
2.3 النظم الهندسية للتغذية بمياه الشرب	18
3.3 شبكة توزيع المياه	20
4.3 تخطيط شبكة توزيع مياه الشرب	20
5.3 منشآت تخزين مياه الشرب	23
6.3 التصميم الهيدروليكي لشبكات توزيع مياه الشرب	25
7.3 المعادلات الهيدروليكية التى تربط بين المتغيرات الرئيسية	29
8.3 خطوات التصميم الهيدروليكي لشبكات مياه الشرب الجديدة	31
9.3 الشروط الفنية لشبكات التوزيع	32
10.3 القطر الإقتصادي للمواسير	33

11.3	الضغط فى شبكات التوزيع.....	35
12.3	فوائد الطاقة Energy Losses.....	35
13.3	أنواع المحابس.....	38
14.3	عناصر شبكات توزيع المياه Pipe Networks الشائعة الاستخدام في برامج النمذجة.....	39
4.	الطلبات.....	40
46	الباب الثاني:- منظومة وأعمال الصرف الصحي	46
2.	مصادر مياه الصرف الصحي.....	47
1.2	المخطط التوضيحي لمنظومة الصرف الصحي.....	48
49	أنواع شبكات تجميع مياه الصرف الصحي.....	49
52	أنظمة تخطيط شبكات تجميع مياه الصرف الصحي.....	52
54	خطوات تخطيط شبكة الصرف الصحي فى منطقة المشروع.....	54
63	اشتراطات يجب أخذها فى الاعتبار عند تصميم مواسير الإتحاد.....	63
66	القطاعات الطولية لمواسير الإتحاد.....	66
68	أنواع مواسير شبكات تجميع مياه الصرف الصحي.....	68
70	المطابق.....	70
74	ثانياً: أعمال نقل مياه الصرف.....	74
74	محطات الرفع وخطوط الطرد.....	74
70	الطلبات المستخدمة بمحطات رفع الصرف الصحي.....	70
76	الملحق Annex	76
94	المراجع.....	94

الباب الأول

منظومة وأعمال مياه الشرب

أسس تصميم شبكات مياه الشرب

تعتبر البيانات الأساسية اللازمة لتصميم شبكات مياه الشرب والصرف الصحي والتي يتم الحصول عليها عن طريق الدراسات المبدئية هي مدخلات لعملية تصميم ناجحة؛ تحقق الهدف المصممة من أجله الشبكة. ولما كانت شبكات توزيع مياه الشرب تُنشأ لخدمة مجتمع في فترة تصميمية لا تقل في أغلب الأحيان عن ثلاثين عاماً، فإنه لا يُكتفى بالحصول على البيانات الأساسية للوقت الحاضر فقط، ولكن يلزم التنبؤ بالبيانات المستقبلية وذلك بدراسة النمط السابق لنمو هذه البيانات. وعلى هذا فإن البدء في تصميم شبكة مياه لمدينة أو منطقة معينة يتطلب تقدير كمية المياه اللازمة حالياً، ومستقبلياً وهذا يستوجب القيام بالدراسات المبدئية الآتية:

- التنبؤ بعدد السكان
- حساب معدلات الإستهلاك المختلفة
- حساب التصرفات التصميمية
- عمل الدراسات الميدانية

التنبؤ بعدد السكان

لما كان خط المواسير الذي يستخدم في نقل مياه الشرب أو الصرف الصحي الحالية والمستقبلية ذا عمر إفتراضي يتراوح بين 30 & 50 سنة فإنه يجب تقدير عدد السكان طوال المدة التي يخدم فيها الخط بدقة كافية؛ حتى لا تسبب زيادة التقدير حدوث زيادة في أقطار المواسير وبالتالي زيادة تكاليف الخط، وحتى لا يسبب نقص التقدير حدوث قصور في خدمة الإمداد بالمياه أو الصرف الصحي اللازمة.

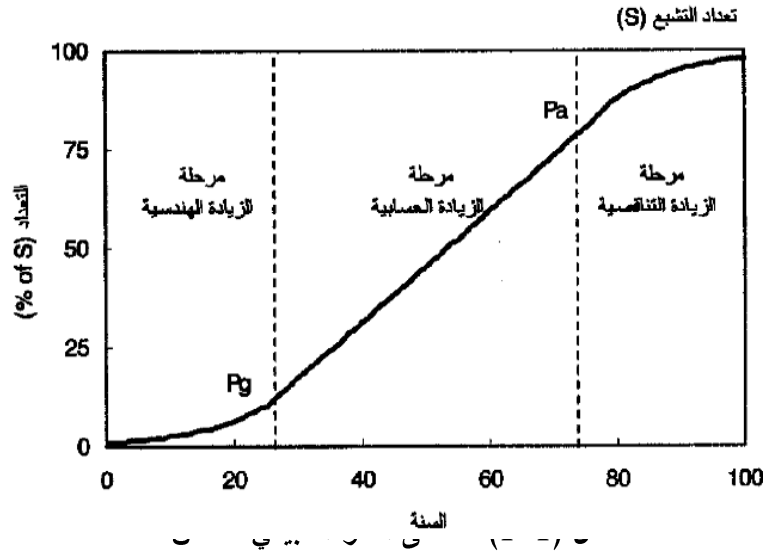
والطرق المستخدمة في التنبؤ بعدد السكان هي:

- طرق نمو السكان الطبيعي (هندسية- حسابية- متناقصة)
- طريقة الكثافة السكانية
- طريقة الزيادة السنوية (معدل النمو)
- الطريقة البيانية التقريبية
- طريقة المقارنة البيانية

طرق نمو السكان الطبيعي (هندسية- حسابية- متناقصة)

منحنى نمو السكان الطبيعي

عند دراسة التعداد السكاني للمدينة أو القرية أو التجمع السكاني بهدف تصميم شبكات مياه الشرب أو الصرف الصحي يتم دراسة النمو السكاني طبقاً للمراحل الآتية ذكرها، ويبين الشكل (1-1) منحنى النمو الطبيعي للسكان.



- مرحلة البداية والإزدهار (النشؤ) - الزيادة الهندسية Geometric Increase

وتتسم هذه المرحلة بمعدل زيادة سكانية على صورة زيادة هندسية، طبقاً للمعادلة:

$$\ln P_n = \ln P_o + K_g (t_n - t_o)$$

i. مرحلة الإستقرار (النمو) - الزيادة الحسابية Arithmetic Increase

وهي التي تستقر فيها عوامل جذب السكان مما يستدعي معه توسع سكاني بمعدل ثابت، طبقاً للمعادلة:

$$P_n = P_o + K_a (t_n - t_o)$$

حيث:

P_n = التعداد الذي يخدمه المشروع عند سنة الهدف

P_o = آخر تعداد حقيقي للمنطقة ويؤخذ حسب بيان الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء

K_a = معدل الزيادة السنوية للسكان (معدل ثابت)

K_g = معدل الزيادة السنوية للسكان في الطريقة الهندسية (متزايد)

$t_n - t_o$ = الفترة الزمنية التي يخدم فيها المشروع

$\ln$ = اللوغاريتم الطبيعي للأساس صفر

- مرحلة التشبع
- الزيادة المتناقصة

وهي مرحلة الوصول إلى الزيادة المتناقصة للنمو السكاني نتيجة توقف عوامل الجذب أو نتيجة إنشاء تجمعات سكانية أخرى مجاورة ذات عوامل جذب أقوى. وعلى المصمم الأخذ في الاعتبار الفرق بين التنبؤ في النمو السكاني لمجتمع عمراني قائم ومجتمع عمراني جديد.

طريقة الكثافة السكانية

يجب الرجوع إلى المخطط العمراني المستقبلي لتحديد الكثافات السكانية المستقبلية ومعدلات النمو المقترحة حتى الوصول إلى مرحلة التشبع لمنطقة الدراسة، وفي حالة عدم وجود مخطط عمراني تستخدم الكثافات السكانية الموضحة بالجدول (1-2) لتقدير تعداد التشبع.

$$P_n = \text{pop.density} \times \text{Area}$$

pop.density : الكثافة السكانية ويتم إفتراضها من جدول (1 - 2)

Area : نطاق خدمة المشروع (هكتار)

الكثافة السكانية (فرد/ هكتار)	استعمالات الأراضي
30-10	فيلات درجة أولى
60-30	فيلات درجة ثانية
100-60	فيلات درجة ثالثة
250-100	عمارات سكنية صغيرة
700-250	عمارات سكنية متوسطة
1200-700	عمارات سكنية كبيرة
75-50	مناطق تجارية
30-20	مناطق صناعية

المصدر: الكود المصري لتصميم وتنفيذ خطوط المواسير لشبكات مياه الشرب والصرف الصحي إصدار مايو 2010

جدول (1 - 2): الكثافات السكانية لمختلف إستعمالات الأراضي

طريقة الزيادة السنوية (معدل النمو)

وتعتمد تلك الطريقة علي معدل الزيادة السنوية للسكان (r) والتي يتم تحديدها من الإحصاءات الرسمية علماً بأنها تتراوح في محافظات جمهورية مصر العربية ما بين 1 و 4 % بمتوسط حوالي 2.5 %، وعادة ما يكون معدلات الزيادة في الريف أكبر منها في الحضر، وتعتمد هذه الطريقة علي آخر تعداد حقيقي للمنطقة ويؤخذ حسب بيان الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء. والمعادلة كالتالي :

$$P_n = P_o (r+1)^n$$

حيث: r : معدل الزيادة السنوية

n : فرق السنوات بين سنة الهدف للمشروع والسنة الحالية

حساب معدلات الاستهلاك المختلفة

يمكن تقسيم أنواع الإستهلاكات إلى ما يلي:

- إستهلاك منزلي - إستهلاك غير منزلي

الإستهلاك المنزلي

ويشمل كل ما يخص إستهلاك المياه داخل المنزل من نظافة وشرب وإعداد طعام ... إلخ.

الإستهلاك غير المنزلي

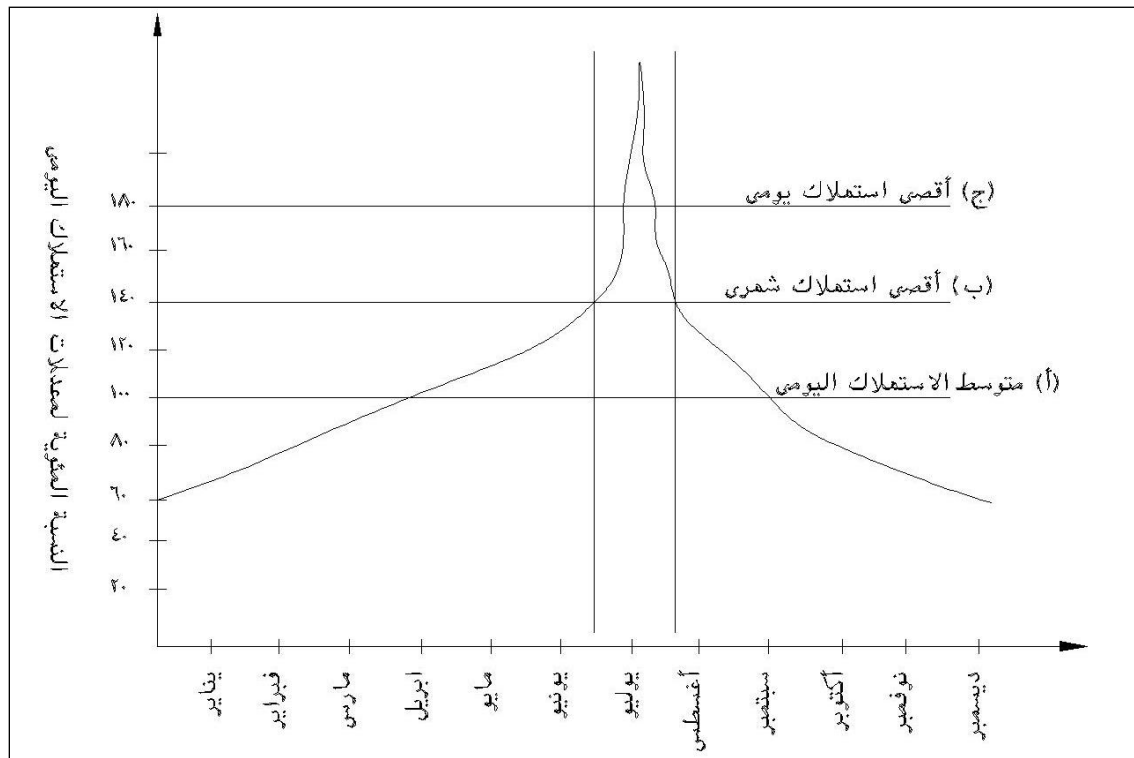
ويشمل جميع عناصر الإستهلاك غير المنزلية من إستهلاك تجاري وصناعي والإستهلاك العام من مدارس، فنادق، مستشفيات، مساجد ومكاتب إلخ. ويوضح الجدول (1-3) معدل الإستهلاك النمطي غير المنزلي. ويعبر عن معدل الإستهلاك الكلي اليومي للمياه باللتر/ فرد/ يوم. ويختلف هذا المعدل باختلاف فصول السنة وكذلك أشهر السنة وأيضاً في خلال الساعة من اليوم. ولمواجهة هذه التغيرات في معدلات الإستهلاك أمكن تعريف معدلات الإستهلاك المختلفة، وإستنتاج متوسط الإستهلاك اليومي على مدار العام، كمقياس لبقية معدلات الإستهلاك. وفيما يلي تعريفات لمعدلات الإستهلاك المختلفة:

- متوسط الإستهلاك اليومي على مدار العام (Average of Annual Daily Consumption) : ويحسب بقسمة جملة الإستهلاك للمياه خلال العام على عدد أيام السنة.

- أقصى إستهلاك شهري (Maximum Monthly Consumption): يعين الشهر الذي يقع فيه مجموع أكبر إستهلاك ويؤخذ متوسط الإستهلاك اليومي خلال هذا الشهر، فيكون هو أقصى إستهلاك شهري. ويمكن تقديره بحوالى (1.25 - 1.50) من متوسط الإستهلاك اليومي على مدار العام ويؤخذ (1.40).
 - أقصى إستهلاك يومي (Maximum Daily Consumption): يعين الشهر الذى يحدث فيه أكبر إستهلاك خلال السنة، ثم يعين اليوم الذى يحدث فيه أكبر إستهلاك فيكون هذا الإستهلاك هو أقصى إستهلاك يومي. ويمكن تقديره بحوالى (1.60 - 1.80) من متوسط الإستهلاك اليومي على مدار العام.
 - أقصى إستهلاك فى الساعة (Maximum Hourly Consumption): يعين اليوم الذى يحدث فيه أكبر إستهلاك خلال السنة والذى يعطى أقصى إستهلاك يومي، ثم يرسم منحنى الإستهلاك خلال ساعات هذا اليوم ومنه يحدد أقصى إستهلاك فى الساعة ويمكن تقديره بحوالى 2.50 من متوسط الإستهلاك اليومي على مدار العام.
- وترجع أهمية دراسة معدلات الإستهلاك فى تعيين التصرفات المختلفة للإمداد بالمياه، حيث يستخدم (أقصى إستهلاك شهري) فى تصميم أعمال التنقية، (وأقصى إستهلاك يومي) فى تصميم الخطوط الرئيسية والخطوط الفرعية وأعمال التخزين للشبكة، ويستخدم (أقصى إستهلاك ساعة) فى تصميم خطوط التوزيع فى الشبكة، وكذلك فى تصميم وصلات الخدمة فى البيوت.
- ويوضح الشكلان (4-1 أ)، (4-1 ب) العلاقة بين معدلات الاستهلاك المختلفة.

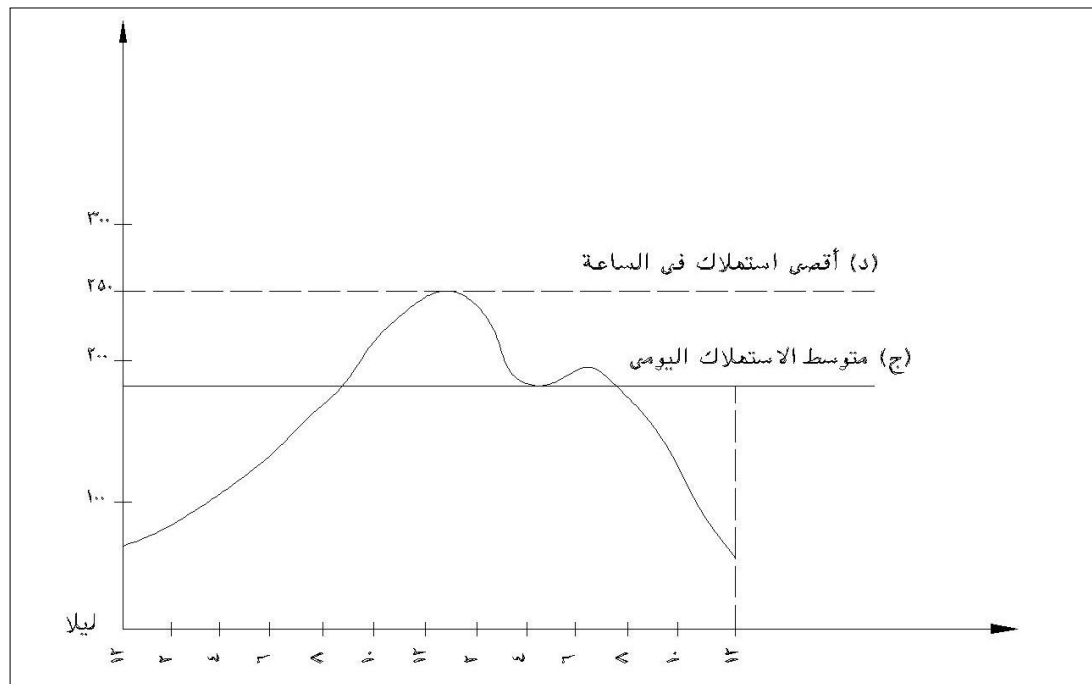
الفئة	الاستخدام النمطي (لتر/يوم)
المدارس	15-30 لكل تلميذ
المستشفيات (بها مغاسل)	220-300 لكل سرير
الفنادق	80-120 للشخص
المقاهى	65-90 للكرسى
المساجد	25-40 للزائر
السينما والمسرح	10-15 لكل كرسى
المكاتب	25-40 لكل شخص
محطات الأتوبيس والسكة الحديد	15-20 لكل شخص
معامل منتجات الألبان	2-5 لكل لتر لبن
المجازر	10-50 لكل حيوان
الثروة الحيوانية	
الماشية	25-35 للرأس
الخيول والحمير	20-25 للرأس
الأغنام	15-25 للرأس
الدواجن	15-25 لكل 100 دجاجة

جدول (3-1) : معدل الاستخدام النمطي غير المنزلى فى القرى



شكل (4-1 أ)

العلاقة بين معدلات الإستهلاك المختلفة



شكل (4-1 ب)

الإستهلاك في اليوم الذي يحدث فيه أكبر إستهلاك

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك اليومي لتر/فرد/يوم	كمية الفاقد لتر/فرد/يوم	متوسط الاستهلاك الكلي ل ر/فرد/يوم
1- عواصم المحافظات (المدن)	180	40-20	220-200
2- المراكز	150	30-15	180-165
3- القرى حتى 50000 نسمة	125	25-10	150-135
4- المدن الجديدة	280	صفر-20	300-280

جدول (1-5) : متوسط الاستهلاك اليومي وكمية الفاقد خلال الشبكة

أما بالنسبة للاستهلاك الصناعي، فقد تم تحديد قيم الاستهلاك الصناعي كما هو موضح بالجدول (1-6).

حالة الاستخدام	الاستهلاك الصناعي (لتر/هكتار/ثانية)
1- عواصم المحافظات (المدن)	2
2- المراكز	2
3- القرى حتى 50000 نسمة	2
4- المدن الجديدة	3

جدول (1-6): قيم الاستهلاك الصناعي (لتر/هكتار/ثانية)

ويوضح الجداول أرقام (1-7) & (1-8) متوسط الاستهلاك اليومي في حالة الفنادق - المباني العامة - المباني الحكومية - والمدارس والمستشفيات ومعدلات استهلاك المياه للأغراض المختلفة، أما بالنسبة لتصرفات الحريق فتؤخذ طبقاً للجدول (1-9).

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك (لتر/فرد/يوم)
1- مباني عامة - مكاتب - مدارس	150-50
2- مستشفيات	1000-500 لتر/سرير/يوم
3- فنادق	500-180 لتر/سرير/يوم

جدول (1-7): متوسط الاستهلاك اليومي للمباني العامة والمستشفيات - الفنادق - المدارس

الاستخدام	البيان	معدل الاستهلاك	الوحدة
صناعي	صناعة المواد الغذائية	200	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة المفروشات	30	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة الذهب	30	م ³ / هكتار/ يوم
	الصناعات الكهربائية	30	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة الأثاث الخشبي	30	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة مواد البناء	70	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة الماكينات والمعدات	30	م ³ / هكتار/ يوم
	الصناعات الكيماوية	20	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة الألومنيوم	15	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة الجلود	70	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة الورق والطباعة	15	م ³ / هكتار/ يوم
	الصناعات الطبية	15	م ³ / هكتار/ يوم
	صناعة الملابس والمنسوجات	200	م ³ / هكتار/ يوم
	منطقة المعارض	5	م ³ / هكتار/ يوم
	الصناعات البلاستيكية	15	م ³ / هكتار/ يوم
	المستودعات والمخازن	5	م ³ / هكتار/ يوم
	مناطق صناعية متنوعة	100-50	م ³ / هكتار/ يوم
	إحتياجات العاملين داخل المصانع	30	ل/ فرد/ يوم
إداري	مباني عامة ومكاتب	50	ل/ فرد/ يوم
	المساجد	20	ل/ فرد/ يوم
	الكنائس	5	ل/ فرد/ يوم
	السجون	50	ل/ فرد/ يوم
	المطارات	20	ل/ راكب/ يوم
	المدارس	5	ل/ فرد/ يوم
	المستشفيات	500	ل/ سرير/ يوم
	المعسكرات	75	ل/ ف/ يوم
	فنادق حتى 3 نجوم	240-100	ل/ غرفة/ يوم
تجاري	فنادق أكبر من 3 نجوم	500-240	ل/ غرفة/ يوم
	المطاعم	35	ل/ وجبة/ يوم

جدول (1-8): معدلات إستهلاك المياه للأغراض المختلفة

تعداد السكان (نسمة)	تصرف الحريق (ل/ ث)	فترة الحريق (ساعة)
حتى 10,000	20	2
25,000-10,000	25	2
50,000- 25,000	30	3
100,000- 50,000	40	3
250,000- 100,000	50	4
500,000- 250,000	60	4
أكبر من 1,000,000	70	4
المناطق التجارية	45	6
المدارس والمستشفيات	45	6
المناطق الصناعية	90	6

جدول (1-9) : تصرفات الحريق

حساب التصرفات التصميمية

تحسب التصرفات التصميمية (Qdesign) للخطوط حسب نوع التخطيط المتبع في الشبكة، من حيث كونه تخطيط شجري أو دائري أو شبكي، والتي سيأتي ذكرها لاحقاً ببند 3-4 & 3-6

عمل الدراسات الميدانية

تعتبر الدراسات الميدانية هي الأساس في بدء عملية التصميم بالإضافة إلى البيانات التصميمية وتشمل الدراسات عمل الآتي:

- عمل خرائط تفصيلية موقع عليها جميع المنشآت والطرق.
- عمل خرائط كنتورية لتحديد المناطق المنخفضة والمرتفعة في منطقة الدراسة.
- توقيع المصدر الرئيسي للشبكة وكذلك مواقع الخزانات.
- عمل جسات على المسار لتصميم الأساسات.
- تحديد أماكن العدايات سواء للسكة الحديد أو الطرق أو المجاري المائية وخلافه.

المبادئ الهيدروليكية الأساسية

معادلة الإستمرارية Continuity Equation

تنص المعادلة على أنه في حالة السريان المستمر والثابت فإن كتلة السائل التي تمر في أي قطاع من الماسورة ثابتة أي أن:

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2$$

حيث:

ρ : كثافة السائل (كجم/م³)

Q: التصريف (م³/ث)

A: مساحة مقطع الماسورة (م²)

V: سرعة السريان المتوسطة في الماسورة (م/ث)

وحيث أن الماء غير قابل للانضغاط فإن:

$$\rho_1 = \rho_2$$

وبذلك تصبح معادلة الإستمرارية في هذه الحالة هي:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

مبدأ حفظ الطاقة (Principle of Conservation of Energy (Bernoulli Equation))

تتكون الطاقة الكلية عند أي قطاع في الماسورة من ثلاثة أنواع من الطاقة هي طاقة الوضع

Potential Energy وطاقة الضغط Pressure Energy وطاقة الحركة Kinetic Energy، وكذلك فإن الضاغط الكلي عند أي قطاع في الماسورة يتكون من ثلاثة أنواع من الضواغط ضاغط الوضع وضاغط الضغط وضاغط الحركة.

$$H = Z + \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g}$$

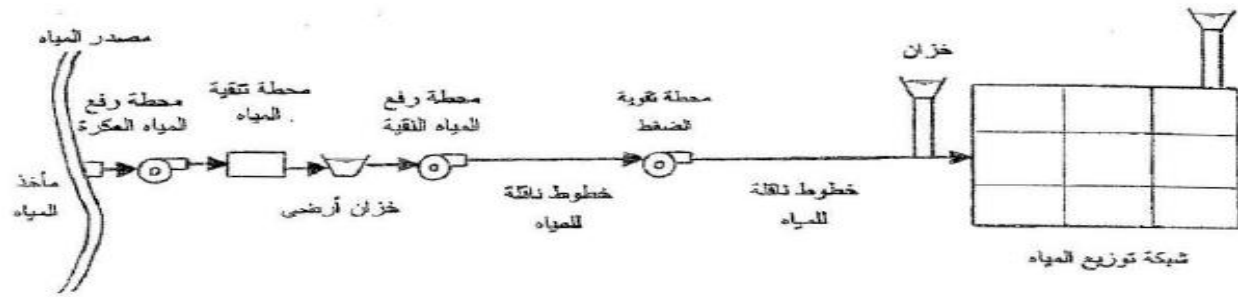
Head = Energy/ unit weight

وفي حالة السريان الثابت تكون الطاقة الكلية لكتلة المياه عند أي قطاع من ماسورة المياه كمية ثابتة.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} - H_L = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g}$$

H = الطاقة الكلية لوحدة الوزن أو الضاغط الكلي (Total Head)

الإدارة العامة للمسار الوظيفي



تخطيط شبكات توزيع مياه الشرب

ويبين الشكل (11-1) مخطط توضيحي لمنظومة مياه الشرب

شكل رقم (11-1): مخطط توضيحي لمنظومة مياه الشرب

وتشمل أعمال توزيع مياه الشرب الوحدات الرئيسية التالية:

- محطات طلمبات ضخ المياه النقية (الضغط العالي).
- شبكات توزيع مياه الشرب.
- منشآت التخزين الأرضية والعالية.

متطلبات الأمان في أعمال توزيع المياه

يمكن تلخيص أهم متطلبات الأمان في أعمال توزيع مياه الشرب في النقاط التالية:

- 1- يجب أن تفي كميات المياه التي تنقلها الشبكة بكافة الإحتياجات المائية المطلوبة في أي وقت.
- 2- يجب أن يكون ضغط التشغيل بشبكة التوزيع كافياً لتوصيل المياه إلى أبعد وأعلى مكان بالمدينة أو التجمع السكني.
- 3- يمكن التحكم في سريان المياه خلال شبكة التوزيع باستخدام محابس القفل.
- 4- يجب أن تكون شبكة المواسير آمنة على نوعية المياه النقية وأن لا تتفاعل معها أو تسمح بتلوثها.

- 5- ينبغي أن تكون مواد الصنع للمنشآت والشبكات والأجزاء الميكانيكية والكهربائية من مواد متينة تتحمل التشغيل المستمر وتقاوم التآكل من الداخل والخارج.
- 6- من الضروري أن تخلو شبكة التوزيع من النهايات المينة.
- 7- ينبغي ألا يتعارض أى جزء من أعمال التوزيع مع الخدمات والمرافق الأخرى.
- 8- يجب حماية جميع أعمال التوزيع من التلوث من الخارج أو الداخل.

النظم الهندسية للتغذية بمياه الشرب

يمكن تقسيم النظم الهندسية للتغذية بمياه الشرب كما هو موضح بالشكل (1-12)، كما يلي:

- التغذية بالجاذبية - التغذية بالضغط - التغذية المشتركة

التغذية بالجاذبية

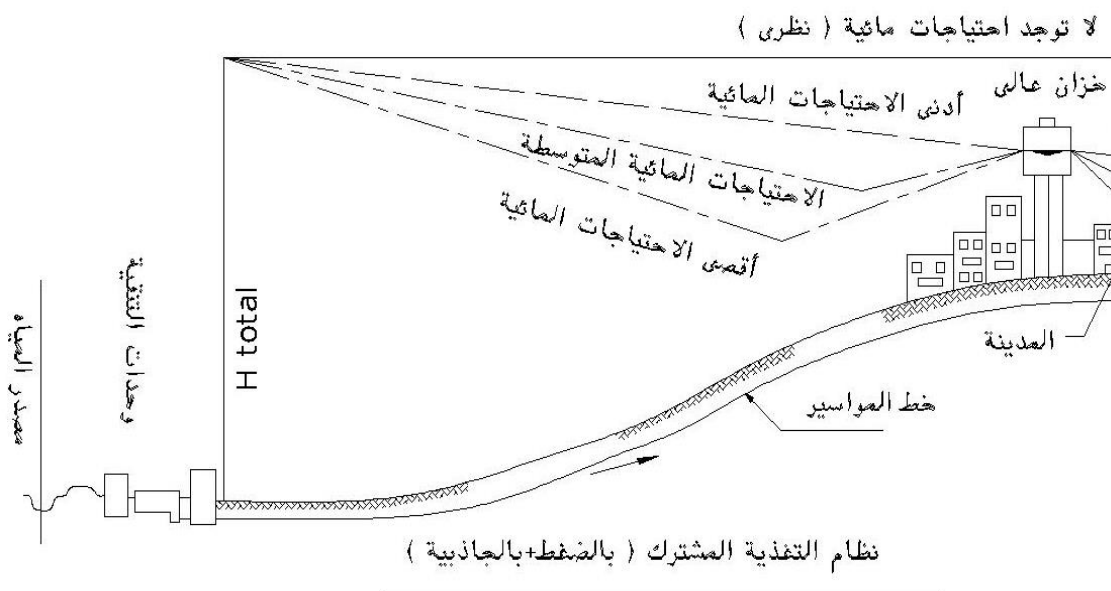
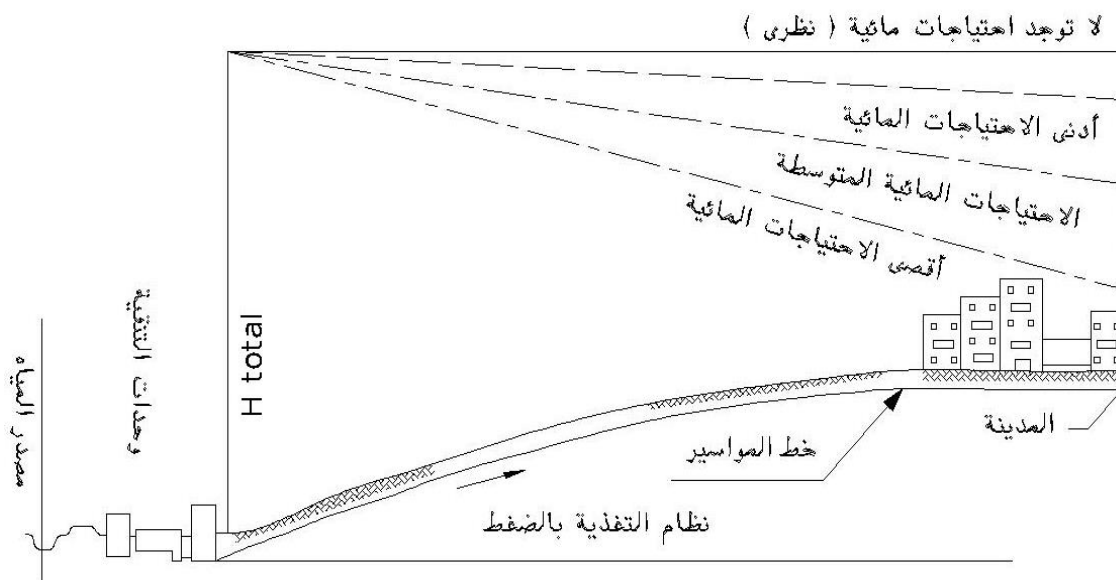
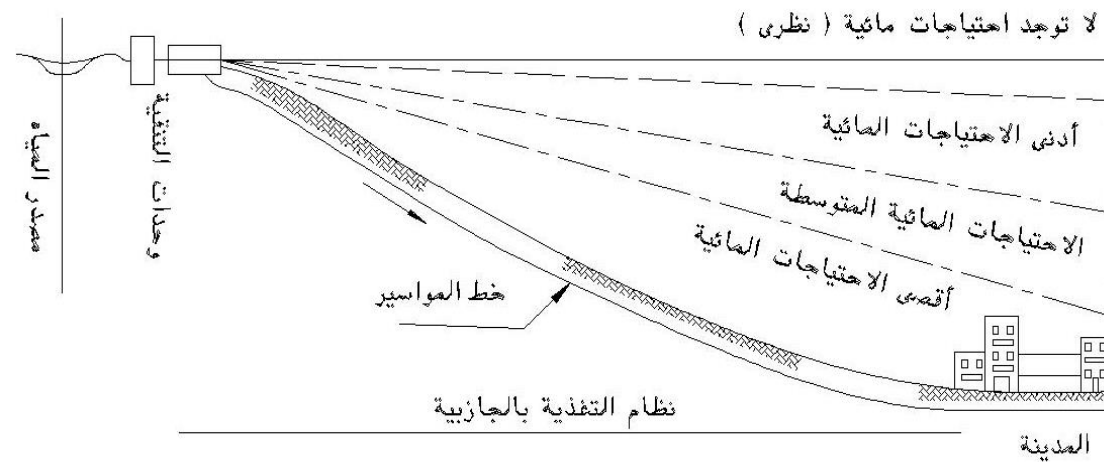
هى التغذية من أعلى وفيها تكون جميع أعمال إنتاج وتنقية وتخزين المياه (فى خزانات أرضية) فى مكان مرتفع عن منسوب المدينة أو التجمع السكني. ويسمح هذا الوضع بتغذية المدينة بالضغط الكافي والناتج من الفارق الإستاتيكي. ويمتاز هذا النظام بعدم وجود محطات ضخ (ضغط)، أو منشآت تخزين عالية؛ أي أنه نظام إقتصادي مريح.

التغذية بالضغط

هى التغذية من نفس المستوى أو أقل، بواسطة محطة ضخ تعمل طوال الوقت وفيها تكون جميع أعمال إنتاج وتنقية وتخزين المياه (فى خزانات أرضية) في مكان ذو منسوب يعادل منسوب التجمع السكني أو المدينة أو يقل عنه، كما تخلو شبكة التوزيع من منشآت التخزين العالية؛ ولذلك تستخدم محطة ضخ (طلمبات) توضع بجوار أعمال التنقية وتعمل طوال الوقت وتبصرفات مختلفة لتلبي كافة الإحتياجات المائية.

التغذية المشتركة

هى التغذية من نفس المستوى أو أقل، بواسطة محطة ضخ ومنشآت تخزين عالية ونجد فى هذا النظام الثالث للتغذية بمياه الشرب أن جميع أعمال إنتاج المياه وتنقيتها وكذلك تخزينها فى خزانات أرضية فى مكان ذو منسوب يعادل منسوب المدينة أو يقل عنه، وتتواجد فى شبكة التوزيع منشآت تخزين عالية مما يتيح الفرصة لأن تعمل محطة طلمبات ضخ المياه النقية بعض الوقت بتصرف ثابت، بينما تتيح منشآت التخزين العالي فرصة تعويض كميات المياه أثناء ساعات الذروة على أن يتم ملؤها أثناء ساعات الليل.



شكل رقم (1-12): النظم الهندسية للتغذية بمياه الشرب

شبكة توزيع المياه

يقصد بشبكة التوزيع خطوط المواسير الرئيسية الممتدة من محطة تنقية المياه أو من محطة ضخ المياه إلى شبكة التوزيع الفرعية في جميع مناطق التجمعات العمرانية المختلفة (مدن/ قرى/ عزب/ نجوع). وتستخدم شبكة توزيع المياه في تغذية جميع أنحاء التجمعات السكنية بالمياه الصالحة للاستخدامات المنزلية والصناعية ومقاومة الحرائق، وذلك وفقاً للمعدلات المطلوبة وتحت الضغط المناسب، مع الأخذ في الاعتبار الحماية الكافية للشبكة لضمان عدم تلوث المياه وضمان نظافة الشبكة.

وتشمل شبكة التغذية المواسير، وجميع ما يلزمها من قطع خاصة، ومحابس مختلفة وحنفيات حريق وري بالإضافة إلى الأعمال الإنشائية والتكميلية اللازمة لحمايتها وضمان سهولة تشغيلها وصيانتها مثل غرف المحابس والعدايات والدعامات الخرسانية للأكواع والمشاركات. إلخ. وفي الغالب، تتبع خطوط المواسير في إنشائها شكل سطح الأرض.

وتعتبر أعمال توزيع المياه واحدة من أهم الأعمال الإنشائية الرئيسية وأكثرها تكلفة في عملية الإمداد بالمياه، حيث تتعرض المواسير على اختلاف أنواعها إلى إجهادات وتأثيرات متنوعة، سواء من التربة المحيطة بها أو بسبب التغير في درجات الحرارة، أو الصدمات التي تحدث أثناء النقل والتركيب.

تخطيط شبكة توزيع مياه الشرب

عند تخطيط شبكة التوزيع، تستخدم إحدى الطرق الأربعة الآتية:

التخطيط الشجري، أو الدائري، أو الشبكي، أو القطري.

التخطيط الشجري

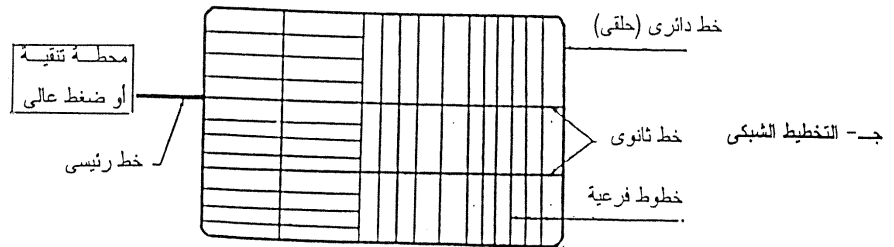
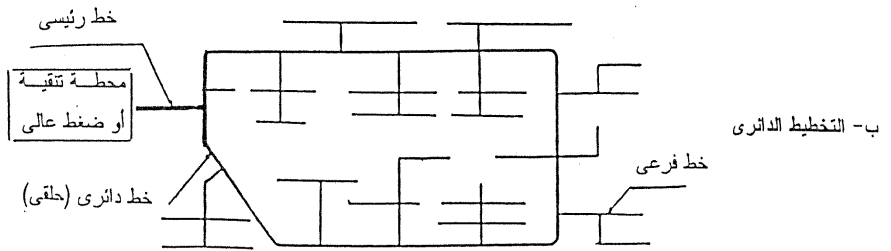
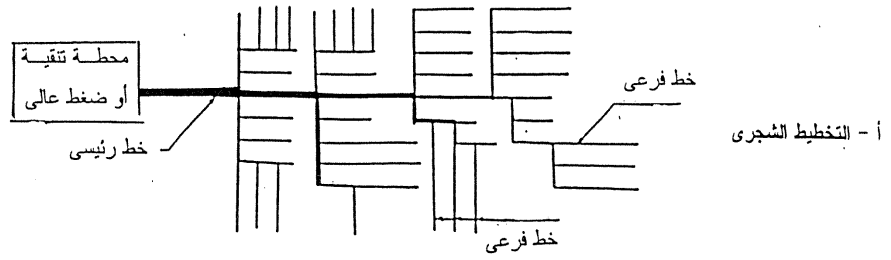
في نظام التخطيط الشجري (Tree System)، يمتد الخط الرئيسي من محطة الطلبات إلى وسط القرية أو المدينة كما هو موضح بالشكل رقم (1-13/ أ) ويقل قطره كلما بعد عن المحطة. وتتفرع من هذا الخط أفرع أخرى إلى داخل الشوارع المتفرعة من الشارع الرئيسي لتوزيع المياه. ومع أن هذا الأسلوب في التخطيط يعتبر أرخص الطرق للتخطيط إلا أنه أقل إستعمالاً لوجود نهايات غير متصلة (ميتة Dead Ends) كثيرة، بالإضافة إلى تعرض مناطق كثيرة للحرمان من المياه في حالة قفل خطوط المياه بسبب الإصلاح والصيانة، أو نتيجة حدوث كسر في الخط الرئيسي. ويمكن استخدام هذا النظام في القرى والتجمعات الصغيرة.

التخطيط الدائري

يعتبر التخطيط الدائري (Circle System) تطويراً لنظام التخطيط الشجري، مع توصيل نهايات الخطوط الرئيسية حول المدينة أو المنطقة حيث يمر الخط الرئيسى فى شارع يحيط بالمناطق القديمة. لتكوين دائرة أو حزام مقفل تتفرع منه خطوط فرعية فى الشوارع الجانبية، وذلك حسب تخطيط مسارات خطوط التوزيع كما هو موضح بالشكل رقم (13-1/ ب). ويستعمل هذا النظام فى تغذية القرى والمناطق الريفية، ويمتاز هذا النظام عن النظام السابق بقلّة النهايات غير المتصلة، بالإضافة إلى عدم حرمان أى منطقة من الماء بسبب أي كسر بعيداً عن المنطقة نظراً للتغذية من أكثر من إتجاه.

التخطيط الشبكي

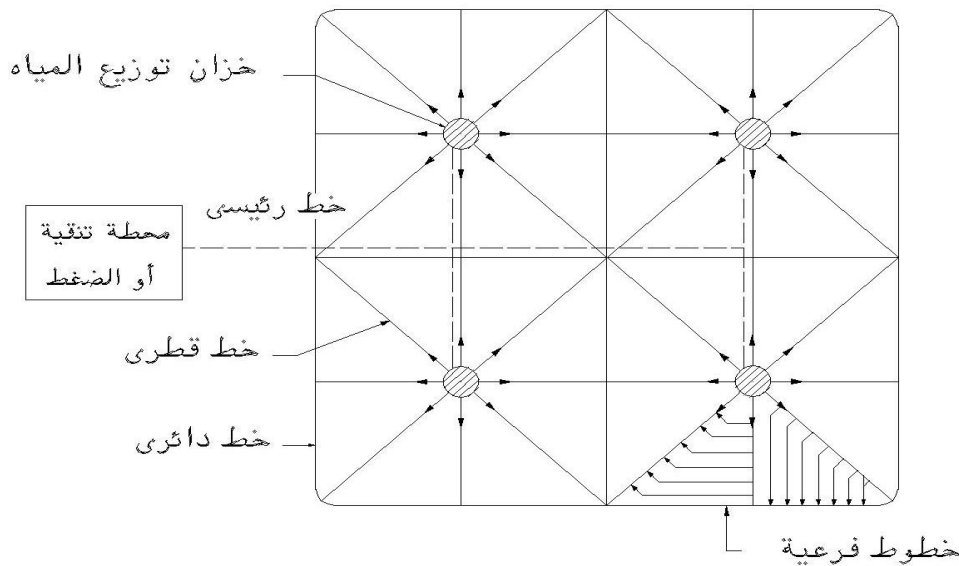
يفضل إستخدام التخطيط الشبكي (Gridiron System) فى المدن السكنية الصغيرة والمتوسطة. ويتكون هذا النوع من الشبكات من خط دائري رئيسي يحيط بالمدينة أو المنطقة على هيئة حزام، بالإضافة إلى خطوط شبه رئيسية أخرى (ثانوية) تخترق الشوارع الرئيسية على ألا تزيد المسافة بين أي ماسورتين رئيسيتين عن كيلو متر واحد كما هو موضح بالشكل رقم (13-1/ ج)، على أن تمتد بينهما خطوط فرعية للتوزيع. ويضمن هذا النوع وصول المياه إلى أي منطقة من إتجاهين، كما يجعل المياه دائمة الحركة حيث تمر من جهة إلى أخرى ثم بالعكس طبقاً للسحب والضغط فى جهتي الخط. وهذه الطريقة- وإن كانت عالية التكاليف- إلا أنها تعتبر أفضل من الطرق السابقة نظراً لضمان الإمداد بالمياه دون توقف أو انقطاع، وضمان ملائمة توزيع الضغوط بالإضافة إلى مقاومة الحريق.



شكل رقم (1-13) : التخطيط الشجري والدائري والشبكي لشبكات توزيع المياه

التخطيط القطري

يمكن اعتبار نظام التخطيط القطري (Radial System) نظاماً عكسياً للنظام الدائري، حيث تخرج الخطوط الرئيسية حاملة للمياه من محطة ضخ أو تنقية المياه إلى خزانات المياه في مراكز المناطق المختلفة المقسمة إليها المدينة أو الخطوط الحاملة للمياه، ثم تتفرع منها خطوط التوزيع اللازمة إلى أطراف المناطق كما هو موضح بالشكل رقم (14-1). وتمتاز هذه الطريقة بإحتفاظها بمعدل التصرف والضغط العالي بداية من توزيعها في خزانات المناطق المركزية إلى جميع أنحاء المدينة وقلة الفاقد في الضغط فيها، ويستخدم هذا النظام في تغذية المدن الكبيرة. وعموماً فإن نظام توزيع ونقل المياه لأي مدينة يمكن أن يجمع بين أكثر من نظام من النظم السابقة، حسب تخطيط المدينة أو التجمع العمراني.



شكل رقم (14-1): التخطيط القطري لشبكات توزيع المياه

مقارنة بين أنظمة تخطيط شبكات المياه

عناصر المقارنة	الشجري	الدائري	الشبكي	القطري
التكلفة	قليلة	متوسطة	عالية	عالية جداً
النهايات الميتة	كثيرة	متوسطة	لا توجد	لا توجد
نطاق تأثير كسر أحد المواسير	كبيرة	متوسطة	محدود	محدود
جودة المياه	ضعيفة	متوسطة	عالية	عالية
ضغط المياه	منخفضة	متوسطة	عالية	عالية

منشآت تخزين مياه الشرب

الغرض من منشآت تخزين مياه الشرب

- موازنة التغير في سحب المياه خلال ساعات اليوم الواحد.
- تشغيل محطات ضخ المياه بشكل إقتصادي ومنتظم إما بمعدل ثابت أو متغير لفترة أو فترتين على الأكثر خلال اليوم الواحد.
- توفير كمية احتياطية من الماء النقي (مياه الشرب) لمواجهة عدم استمرارية التغذية بالمياه.

أنواع الخزانات

الخزان الارضي

الغرض من الخزان الأرضي أو خزان المياه المرشحة هو إستقبال المياه بعد خروجها من المرشحات وتغذية محطات الضغط العالي التي تدفعها في شبكات التوزيع ، ويبنى هذا الخزان عادة تحت سطح الأرض بالقرب من مبنى المرشحات. على أن تكون سعته كافية لإستيعاب تصرف المدينة لمدة 6-8 ساعات، وفي هذه الحالة يعتبر الجزء المجاور لدخول المياه كخزان تلامس بين المادة المعقمة والمياه لاتمام عمليات التعقيم ، وتتراوح هذه المدة بين 20-30 دقيقة.

الخزان العالي

وهو من الوحدات الهامة في أعمال توزيع المياه ، ونادراً ما تخلو أي مدينة من خزان عال أو أكثر، ويبنى من الخرسانة المسلحة ويستخدم أساساً في حفظ ضغط كاف في شبكة التوزيع ولتخزين المياه في معدلات الإستهلاك المنخفضة من أجل إستخدامها في حالة معدلات الإستهلاك الكبيرة (للموازنة) ولإطفاء الحرائق، ويتم تحديد سعة الخزان حسب الغرض من إستخدامه (للموازنة أو التخزين). ويتصل الخزان العالي بشبكة التوزيع بواسطة ماسورة رأسية لتغذيته بالمياه وكذلك لتغذية شبكة التوزيع بالماء منه.

سعة التخزين

يتم تحديد السعة التخزينية بغرض الموازنة خلال دورة الملء والتفريغ وذلك على أساس:-

الفرق بين أعلى وأقل إحتياج (التغير في الإستهلاك).

التخزين الإحتياطي المطلوب لإطفاء الحرائق.

ويتم التخزين عادة باستخدام الخزانات الأرضية والعلوية معاً بحيث يغطي كل منهما جزءاً من التخزين الكلي المطلوب.

سعة التخزين الأرضي

يتم حساب حجم التخزين الأرضي بحيث يفي بالإحتياجات التالية:

- الزمن اللازم للتلامس بين الكلور والماء للتعقيم (30 دقيقة).....V1
- الفرق بين أقصى إستهلاك يومي وأقصى إستهلاك شهري (التصرف التصميمي).....V2
- حجم تخزين للطوارئ من 6 ساعات إلى 8 ساعات من الإنتاج اليومي.....V3
- الحجم اللازم لتغطية 80% من إحتياجات الحريق.....V4

$$V_1 = Q_{Des} \times (0.5 \text{ hour}) \dots\dots\dots \text{For Disinfection}$$

$$V_2 = (Q_{\max-Daily} - Q_{\max-monthly}) \dots\dots \text{Through a day}$$

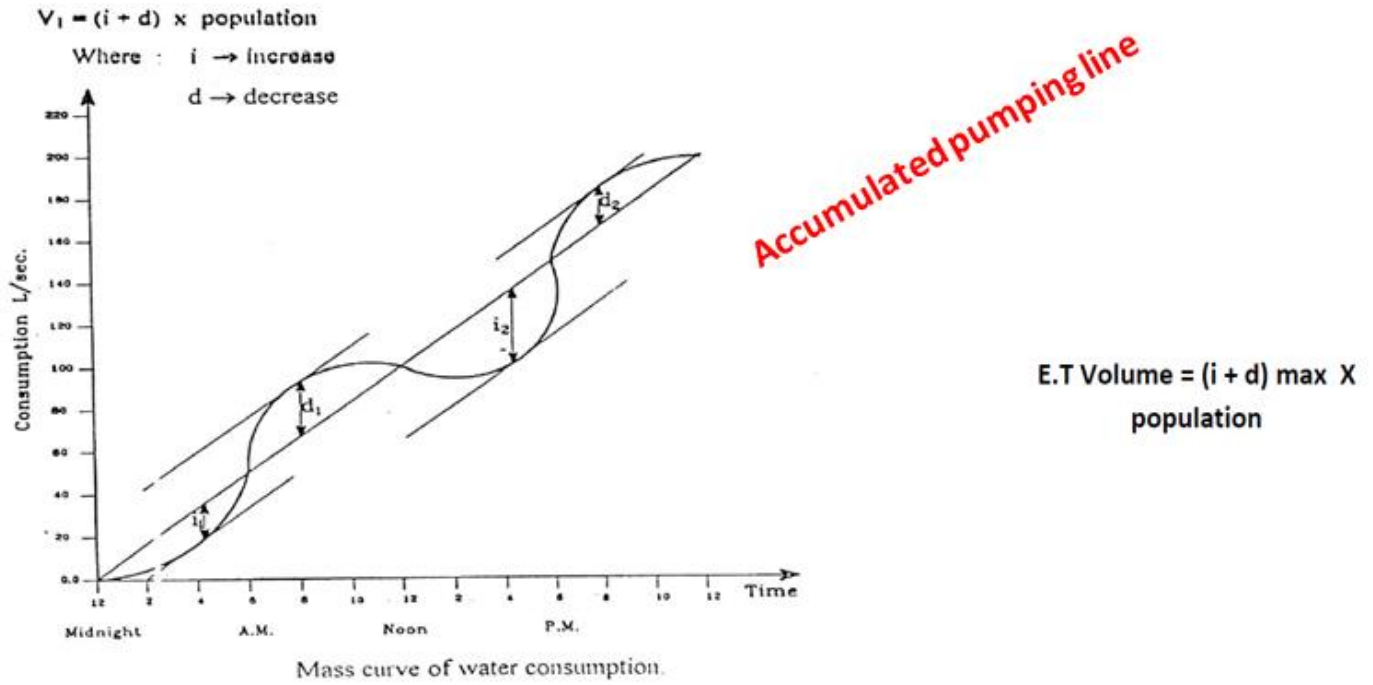
$$V_3 = Q_{Des} \times (6-8 \text{ hour}) \dots\dots\dots \text{For Emergency}$$

$$V_4 = (0.80) \times (\text{Fire Demand})$$

$$\text{Ground Tank Volume} = \text{The greatest one of } (V_1 - V_2 - V_3) + V_4$$

سعة التخزين العلوي

- في المناطق الصغيرة التي لا يتجاوز تعدادها مائة ألف شخص يبني الخزان العلوي بحيث تكون سعة تساوي إحتياجات المدينة لمدة تتراوح بين 6-8 ساعات، وهو الوقت الذي تتوقف فيه محطة الطلمبات عن الضخ يومياً عند تشغيلها فترة النهار فقط وإيقافها في المساء.
- أما في المناطق الكبيرة التي يتراوح تعدادها ما بين مائة ألف ونصف مليون شخص فيكتفي بأن تكون سعة الخزان مساوية لإحتياجات المدينة مدة تتراوح بين ساعتين وأربع ساعات ، وذلك نظراً لتشغيل محطة الطلمبات ومحطة التنقية 24 ساعة يومياً في مثل هذه المناطق.
- ولحساب سعة الخزان بدقة، لابد من دراسة معدل إستهلاك المدينة للمياه والتغيرات التي تحدث فيه من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم ، ورسم منحنى تجميعي (Mass Curve) لهذا المعدل الموضح بالشكل رقم (1-13) وفي حالة عدم توافر بيانات يتم حساب حجم الخزان العالي عن طريق الفرق بين أقصى إستهلاك يومي وأقصى إستهلاك ساعة مضافاً إليه 20 % من تصرف الحريق.
- ويضاف إلى كمية التخزين السابق حسابها كمية لا تقل عن 20% من كمية المياه المطلوبة، وذلك لإطفاء الحرائق بحيث تكون متاحة للإستعمال الفوري عند الحاجة إليها.
- ويوضح الشكل رقم (1-15) معدل الضخ التراكمي خلال اليوم



شكل رقم (1-15): منحنى تجميعي لمعدلات الضخ في اليوم

التصميم الهيدروليكي لشبكات توزيع مياه الشرب

إعتبارات التصميم الهيدروليكي

نستعرض فيما يلي إعتبارات التصميم الهيدروليكي الأساسية، وتشمل:

- التصرف التصميمي
- الضغوط التصميمية
- السرعات التصميمية

التصرف التصميمي

من البديهي نتيجة لإختلاف معدل إستهلاك المياه في أي تجمع سكني من شهر لآخر ومن يوم لآخر بل وخلال ساعات اليوم الواحد؛ أن يتم تصميم مشروعات المياه بحيث يمكن لمرفق المياه مواجهة الإحتياجات المائية المختلفة للسكان. ولكل نوع من أنواع تخطيط شبكات توزيع المياه النقية (وهي الأنواع السابق عرضها في البند 3-4 من هذا

الكتيب). و نتناول فيما يلي التصرف التصميمي لكل من حالة التخطيط الشبكي وحالة التخطيط الشجري والدائري لشبكة التوزيع.

التصرف التصميمي فى حالة التخطيط الشبكي

تصمم خطوط المواسير الرئيسية (الناقلة للمياه من محطة الضخ - أو التنقية - حتى بداية الشبكة داخل المدينة أو القرية) على أساس أقصى تصرف يومي مضافاً إليه تصرف الحريق، وذلك على أساس أن معدل الضخ ثابت على مدار اليوم. أما إذا كان الضخ لفترة محدودة (16 ساعة مثلاً) فيتم تعديل التصرف التصميمي وفقاً لظروف التشغيل، وذلك باستخدام الخزانات العالية لتلبية التغير فى إحتياجات المياه خلال ساعات اليوم، وخلال ساعات التوقف عن الضخ (غالباً ساعات الليل).

- تصمم خطوط المواسير الثانوية (الموجودة داخل التجمع السكني) على أساس أقصى إستهلاك فى الساعة، أو معدل الإستهلاك اليومي مضافاً إليه تصرف الحريق، أيهما أكبر.
- تصمم خطوط التوزيع الفرعية على أساس التصرف المطلوب لإطفاء الحرائق، وهو تصرف يختلف باختلاف عدد السكان. ويوضح الجدول رقم (1-16) إحتياجات الحريق بالنسبة لعدد السكان.

م	عدد السكان (نسمة)	التصرف المطلوب لإطفاء الحريق (لتر/ث)
1	حتى 5000	20-30
2	5000 - 10000	25-35
3	10000 - 20000	30-40
4	20000 - 30000	35-45
5	30000 - 50000	40-50
6	50000 - 100000	45-75
7	أكثر من 200000	50-100

جدول رقم (1-16) : معدلات التصرف المطلوبة لإطفاء الحرائق

التصرف التصميمي في حالة التخطيط الشجري والدائري

يتم تصميم الشبكات على أساس متوسط الاستهلاك اليومي مضروباً في معامل الذروة. ويتوقف هذا المعامل على عدد السكان وصفات المنطقة المراد تغذيتها سواء كانت حضرية (مدناً) أم ريفية، كما هو مبين في الجدول رقم (1-17).

م	عدد السكان (نسمة)	حضر	ريف (قرية واحدة أو مجموعة قرى)
1	حتى 50 000	2.25	2.0
2	100 000 – 50 000	2	1.80
3	500 000 – 100 000	1.80	1.60
4	1 000 000 – 500 000	1.40-1.60	–
5	1 000 000 فأكثر	1.20-1.40	–

جدول رقم (1-17) : قيم معامل الذروة

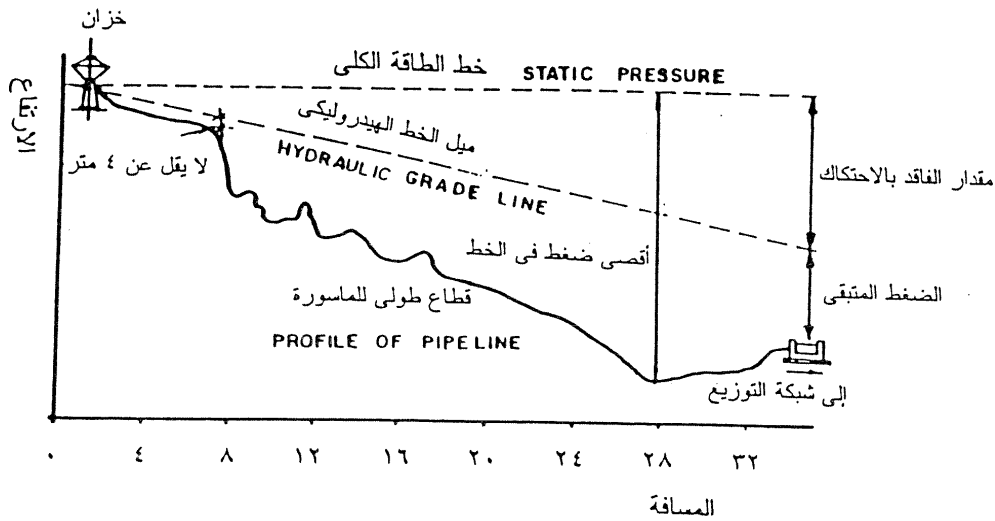
المستخدم في حساب التصرف التصميمي في حالة التخطيط الشجري والدائري

الضغوط التصميمية

تتبع خطوط مواسير المياه عند إنشائها عادة طبيعة سطح الأرض، حيث يتم إنشاؤها قريبة منه وعلى عمق يتراوح بين 1.0 و 3.0 متر طبقاً لقطر الماسورة. ومع إستمرار خط المواسير في السير بعيداً عن محطة طلمبات الضغط العالي أو محطة التنقية أو الخزان العالي يقل الضغط في الخط. لذا يجب توقيع (رسم) خط الميل الهيدروليكي، والذي يبين ضغط المياه في خط المواسير تحت ظروف التشغيل المختلفة، فوق القطاع الطولي لخط المواسير وعلى مدى طوله، للتمكن من معرفة الضغوط عند النقاط المختلفة في الشبكة. ونتناول فيما يلي الضغوط التصميمية لكل من الخطوط الناقلة (الحاملة للمياه) وشبكات التوزيع.

1.2.6.2 الضغوط التصميمية للخطوط الناقلة

فى بعض الحالات التى تكون فيها محطة التنقية أو الخزان على منسوب عالى بالنسبة للمدينة، بحيث يسير الماء فى الماسورة الرئيسية دون حاجة إلى محطة ضخ بالجاذبية (كما فى الشكل 1-18)، يجب ألا يقل ضغط التشغيل (أو الضغط المتبقى) فى أى نقطة على الخط عن أربعة أمتار.



شكل (1-18): الضغط التصميمي لخط المواسير

الضغوط التصميمية لشبكات التوزيع

نتيجة للإعتبارات الاقتصادية لأطوال شبكات الإمداد بالمياه يتم إختيار الضغوط التصميمية لشبكات التوزيع على النحو التالي:

- فى المدن والتجمعات السكنية التى يتراوح متوسط إرتفاع مبانيها بين ثلاثة وأربعة أدوار (حوالى 15 متراً)، لا يقل الضغط المتبقى فى الشبكة عادة عن 25 متراً فوق أعلى وأبعد منسوب للأرض فى ساعات الإستهلاك الأقصى، على أن يصل الماء إلى الأدوار العلوية تحت ضغط قدره خمسة أمتار.
- فى التجمعات السكنية التى تتكون معظم مبانيها من دور واحد أو دورين، عادة لا يقل الضغط المتبقى فى الشبكات عند أقصى معدلات إستهلاك فوق أعلى منسوب لسطح الأرض عن 15 متراً أو ما يحقق على الأقل الضغط المناسب لتشغيل حنفيات الحريق.
- فى المناطق التجارية والصناعية، يفضل ألا يقل الضغط عن 30-40 متراً.

وعموماً لا يفضل إستخدام ضغوط مرتفعة تزيد عن الحاجة الضرورية للشبكة، حيث أن ذلك قد يؤدى إلى المزيد من التسرب فى الشبكة، وإلى استخدام مواسير غالية الثمن لتتحمل هذا الضغط. لذلك يجب مراعاة أن تفي الضغوط بالمطلوب فقط.

السرعات التصميمية

يتم إختيار سرعات سريان المياه فى المواسير تبعاً لظروف التصميم. وتتراوح قيمة السرعات عند التصرفات التصميمية من 0.8 إلى 1.5 م/ث. وتؤخذ فى المتوسط فى حدود 1.00 م/ث.

المعادلات الهيدروليكية التى تربط بين المتغيرات الرئيسية

يلزم لإستكمال أعمال التصميم الهيدروليكي لشبكات توزيع مياه الشرب دراسة العلاقات التى تربط بين التصرف والسرعة وقطر الماسورة (أو مساحة القطاع الحامل للمياه) ومعدل الفاقد فى الضغط نتيجة سريان الماء. وتوجد عدة معادلات هيدروليكية تربط بين تلك المتغيرات المختلفة، من أهمها ما يلي:

- معادلة التصرف
- معادلات حساب الفواقد الرئيسية

معادلة التصرف

تحدد معادلة التصرف التالية العلاقة بين كل من سرعة سريان المياه ومساحة مقطع الماسورة، وبين التصرف المطلوب نقله:

(3)

$$Q = A \times V$$

حيث:

Q	=	التصرف التصميمى المطلوب نقله	(م ³ /ث)
V	=	سرعة سريان المياه التصميمية	(م/ث)
A	=	المساحة المائية لمقطع الماسورة	$\frac{\pi D^2}{4}$
		أى عندما تكون الماسورة مملوءة بالمياه	(م ²)
D	=	القطر الداخلى للماسورة	(م)

وبتحديد التصرف التصميمى والسرعة التصميمية من الاعتبارات السابق ذكرها يمكن باستخدام هذه المعادلة حساب مساحة مقطع الماسورة واستنتاج قطرها. وبالرجوع إلى بيانات الشركات المنتجة للمواسير، يتم اختيار أقرب أكبر قطر ليكون هو القطر المبدئي للماسورة.

3.7.3 معادلة حساب الفاقد h_f باستخدام معادلة هازن ويليامز Hazen- Williams Equations

$$h_f = S \cdot L$$

حيث :

S : ميل الماسورة (م/م)

L : طول الماسورة بالمتري

$$S = \frac{V^{1.85}}{k^{1.85} C^{1.85} R^{1.17}}$$

The Hazen-Williams equation is an empirical relation

V is velocity

k is a conversion factor for the unit system (k = 1.318 for US customary units, k = 0.849 for SI units)

C is a roughness coefficient

R is the radius

S is the slope of the energy line (head loss per length of pipe or h_f/L)

ويبين الجدول (1-19) قيم معامل الإحتكاك (C) في معادلة هازن - وليامز

م	نوع الماسورة	معامل الاحتكاك (C)
1	أسبستوس أسمنتى	140
2	نحاس أصفر أو أحمر *	140 - 130
3	(ماسورة من الطوب) *	100
4	حديد زهر: أ - حديد وغير مبطن ب - قديم وغير مبطن ج - مبطن بالأسمنت د - مبطن بالب تومين هـ - مطلى بالقار	130 120 - 40 150 - 130 150 - 140 135 - 115
5	خرسانة أو مبطنة بالخرسانة: أ - شدادت معدنية ب - شدادت خشبية ج - مصنوعة بطريقة الطرد المركزى	140 120 135
6	خرطوم حريق (مبطن بالمطاط) *	135
7	حديد مجلفن	120
8	ألياف زجاجية مقواة بالبلاستيك	140
9	رصاص (استخدم هذا النوع فى الماضى للوصلات المنزلية)	140 - 130
10	بلاستيك	150 - 140
11	صلب: أ - حديد وغير مبطن ب - مبرشم	150 - 140 110
12	قصدير *	130
13	فخار مزجج *	140 - 100

جدول (1-19): قيم معامل الإحتكاك (C) فى معادلة هازن - وليامز

هذا وقد قام (هازن - وليامز) بترجمة هذه المعادلة إلى منحنيات يسهل استعمالها وبمعلومية نوع المواسير وطولها وتصرف المياه بها يمكن بواسطة المنحنيات تعيين القطر والسرعة وفاقد الضغط بين طرفي الماسورة.

خطوات التصميم الهيدروليكي لشبكات مياه الشرب الجديدة

يتم تصميم شبكة التوزيع على إعتبار أنها ستخدم لفترة زمنية تتراوح بين 30 إلى 50 سنة، وهي تقارب العمر الافتراضي للمواسير. ويمكن إتباع الخطوات التالية عند إعداد التصميم الهيدروليكي لشبكات التوزيع الجديدة :

- 1- تحديد التصرف التصميمي للماسورة، والسرعة التصميمية للمياه المارة فيها، والضغط التصميمي طبقاً لإعتبارات التصميم المذكورة في البند 6.3 بداية هذا الفصل.
- 2- حساب القطر المبدئي للماسورة باستخدام معادلة التصرف، وبمعلومية كل من التصرف التصميمي والسرعة التصميمية.
- 3- إعداد خريطة للمنطقة موقعاً عليها أطوال وأقطار المواسير الحالية والأقطار المبدئية للمواسير المستقبلية. وتوقع على الخريطة أيضاً أماكن جميع المحابس وحنفيات الحريق وباقي ملحقات الشبكة.
- 4- حساب الإحتياجات المختلفة المطلوبة، شاملة إحتياجات مكافحة الحرائق عند النقاط المهمة في شبكة التوزيع.
- 5- حساب الفاقد الرئيسي في الضغط في الخطوط، بالإستعانة بمعادلات ومنحنيات حساب الفواقد الرئيسية (هازن - وليامز).

6- حساب الضغوط في الأجزاء المختلفة للشبكة، وذلك بمعلومية الفاقد الرئيسي في الضغط في كل خط.

وهناك عدة طرق لحساب الضغوط في مختلف مناطق الشبكة، منها:

- طريقة المواسير المكافئة
- طريقة القطاعات
- طريقة هاردي كروس
- طريقة الدائرة

7- تعديل الأقطار المبدئية للمواسير للوصول إلى الضغوط التصميمية المطلوبة لها.

8- حساب الفواقد الثانوية في القطع الخاصة والوصلات والمحابس ومختلف أجزاء الشبكة من المعادلة الآتية في صورتها العامة:

$$h = K_L V^2 / 2g$$

حيث:

$$h = \text{مقدار الفاقد الثانوى فى الضغط (م)}$$

$$V = \text{سرعة السريان (م/ث)}$$

$$g = \text{عجلة الجاذبية الأرضية (9.81 م/ث}^2\text{)}$$

$$KL = \text{معامل يتوقف على نوع الوصلة أو القطعة}$$

الشروط الفنية لشبكات التوزيع

يجب أن تتوافق نتائج التصميم الهيدروليكي مع الشروط الفنية الآتية:

- 1- أقل قطر يمكن إستخدامه فى شبكات التوزيع هو 100 مم ويفضل 150 مم حتى يحقق أقل متطلبات لتركيب حنفيات مكافحة الحريق.
- 2- لا يسمح بتوصيل الوصلات المنزلية مباشرة على الخطوط ذات الأقطار الأكبر من 300 مم.
- 3- المسافة بين الخطوط الرئيسية تكون فى حدود 1000 متر.
- 4- المسافة بين الخطوط الشبه رئيسية (الثانوية) تكون فى حدود 500 متر.
- 5- الخطوط الفرعية لا يزيد طولها عن 300 - 400 متر.

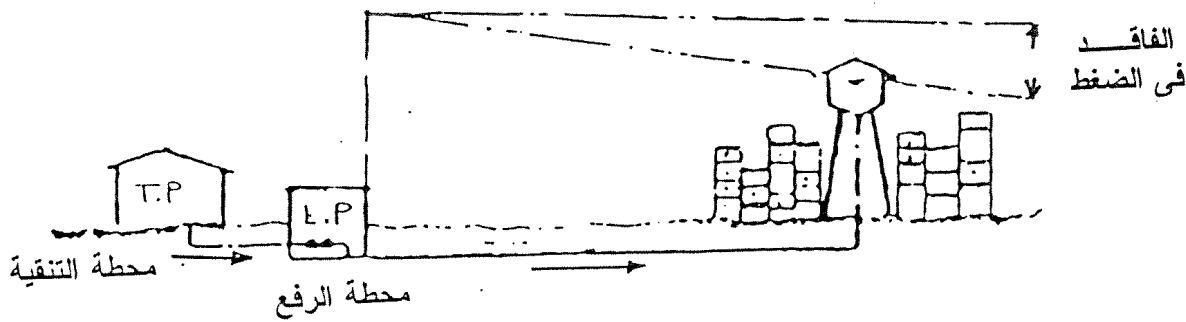
القطر الإقتصادي للمواسير

عند إختيار أقطار المواسير التي تضغط فيها المياه لمسافات بين محطة طلبات الضغط العالي والمدينة (شكل رقم 1-20) فإنه يجب مراعاة إختيار أقطار هذه المواسير بحيث تكون التكلفة أقل ما يمكن - ويمكن تقسيم تكاليف مثل هذه المواسير إلى:

1- الثمن الأساسي للمواسير بما فيها تكاليف الإنشاء - وهذا الثمن يتزايد مع كبر قطر الماسورة؛ نظراً لزيادة كمية الحديد المستعمل في الماسورة وكذلك لزيادة التكاليف الإنشائية مع كبر القطر. وهذا الثمن الأساسي يفترض إستهلاكه في المدة التي تخدم فيها الماسورة (عمر الماسورة وهذا يساوي عادة حوالي خمسين عاماً).

الفائدة السنوية لرأس المال الذي أستغل في الثمن الأساسي وهذه الفائدة تتزايد مع كبر رأس المال.

2- تكاليف ضغط الماء في الماسورة وهذه تقل مع كبر قطر الماسورة إذ أن الفاقد في الإحتكاك في الماسورة يقل مع كبر قطر الماسورة - ومن ثم فإن قوة الطلبات اللازمة لضغط المياه تقل وبالتبعية تقل القوة الكهربائية المستعملة.



شكل رقم (1-20): إختيار قطر المواسير المناسب لبعد المسافة بين محطة الضغط والمدينة

القطر الإقتصادي لمواسير تسير بالإنحدار الطبيعي

هناك بعض الحالات التي تكون فيها محطة التنقية على منسوب عالي بالنسبة للمدينة بحيث يسير الماء في الماسورة الرئيسية بالإنحدار الطبيعي دون الحاجة إلى محطة طلمبات (شكل رقم 1-21). وفي هذه الحالة يحسن إختيار قطر الماسورة هذه بحيث يكون الفاقد في الإحتكاك مساوياً للفرق بين منسوب المياه في محطة التنقية، ومنسوب المياه في خزان المياه العلوي في أقصى المدينة والذي يكون إرتفاعه كافياً لحفظ المياه على منسوب كافٍ لرفع المياه إلى الدور الرابع في أى منزل في المدينة.



شكل رقم (1-21): فاقد الإحتكاك في المواسير يساوي الفاقد بين المنسوبين (محطة التنقية والخزان)

الضغط فى شبكات التوزيع

تتص بعض المواصفات على أنه يجب حفظ الضغط فى شبكات التوزيع بحيث يكون كافياً لرفع المياه إلى الدور الرابع فى المساكن فى أي مكان فى المدينة. على أن يكون عند وصوله إلى هذه الأدوار تحت ضغط قدره ستة أمتار على الأقل وبذلك بحيث ألا يقل عامود الضغط فى المواسير عن خمسة وعشرين متراً موزعة كالاتى:

14 متراً إرتفاع أربعة أدوار

5 متر فاقد فى مواسير التوزيع داخل المنزل

6 متر عامود على الصنابير داخل المنزل

25 متراً للمجموع

وتتص بعض المواصفات الأخرى على ألا يقل الضغط فى المواسير الرئيسية فى المدينة عن 2.5 بار – أما الضغط فى المواسير الفرعية فيجب ألا يقل 1.5 بار.

أي أن عامود ضغط الماء فى شبكات مياه الشرب يجب ألا يقل عن 25 متراً فى المواسير الرئيسية ولا يقل عن 15 متراً فى المواسير الفرعية وهذه الضغوط غير كافية لتغطية الحريق، وفي هذه الحالة ينصح باستعمال طلمبات متنقلة لضخ الماء من مواسير التوزيع فى خراطيم مقاومة الحريق عند الحاجة لذلك.

كما أنه فى بعض المدن توجد شبكتان للتوزيع يحتفظ فى شبكة منها بضغط عادةً من 15 إلى 30 متر ويحفظ فى الأخرى بضغط عالي من 40 الى 60 متر – وتستعمل الشبكة الأولى فى الأغراض العادية. أما الشبكة الثانية فتستعمل فى أغراض مقاومة الحرائق أو الأغراض الصناعية الخاصة.

فوائد الطاقة Energy Losses

فوائد الاحتكاك : Friction Losses

عند حساب فوائد الإحتكاك داخل المواسير لا يوجد إختلاف بين Pressure Piping و Open Chanel. ومن أشهر الطرق لحساب فوائد الضغط فى شبكات الضغط هى معادلة هازن ويليامز ومعادلة دارسي.

الفواقد الثانوية Minor Losses

و تحدث تلك الفواقد عادة من المحابس والعدادات والقطع الخاصة Fittings وكذلك المداخل والمخارج. ويطلق على تلك الفواقد فواقد ثانوية نظراً لصغر قيمتها مقارنة بفواقد الاحتكاك نظراً لكبر أطوال المواسير ولكن ينبغي أن تؤخذ بعناية في شبكات التبريد والتسخين.

حيث:

$$H_L = K_L V^2 / 2g$$

:H_L فواقد الضغط (م):K_L معامل الفواقد الثانوية

:V السرعة (م/ث)

:g عجلة الجاذبية الأرضية (م/ث²)

ويوضح الجدول رقم (1-22) قيم معامل الفواقد الثانوية (K)

Fitting	K-value
Pipe Entrance	
Bellmouth	0.03-0.05
Rounded	0.12-0.25
Sharp Edged	0.5
Projecting	0.8
Contraction- Sudden	
D ₂ /D ₁ = 0.8	0.18
D ₂ /D ₁ = 0.5	0.37
D ₂ /D ₁ = 0.2	0.49
Expansion- Sudden	
D ₂ /D ₁ = 0.8	0.16
D ₂ /D ₁ = 0.5	0.57
D ₂ /D ₁ = 0.2	0.52

Fitting	K-value
90° Smooth Bend	
Bend radius/D= 4	0.16– 0.18
Bend radius/D= 2	0.19–0.25
Bend radius/D= 1	0.35– 0.40
Mitered Bend	
$\theta = 15^\circ$	0.05
$\theta = 30^\circ$	0.10
$\theta = 45^\circ$	0.20
$\theta = 60^\circ$	0.35
$\theta = 90^\circ$	0.80
Tee	
Line Flow	0.30– 0.40
Branch Flow	0.75– 1.80
Cross	
Line Flow	0.50
Branch Flow	0.75
45° Wye	
Line Flow	0.30
Branch Flow	0.50

جدول رقم (1-22): قيم معامل الفواقد الثانوية (K)

أنواع المحابس

محبس تأكد (عدم رجوع) (CV) Check Valve :

ويستخدم لتحديد اتجاه التصرف وجعله في اتجاه واحد عن طريق غلق المحبس عندما يكون التصرف في الاتجاه المعاكس. وعندما يكون التصرف في الاتجاه المحدد يمكن اعتبار المحبس مفتوح تماماً.

محبس تحكم في التصرف (FCV) Flow Control Valve :

ويستخدم لتحديد كمية التصرف عند قيمة محددة وفي اتجاه محدد.

محبس تخفيف الضغط (PRV) Pressure Reducing Valve :

ويستخدم لتفصل مناطق الضغط في شبكة توزيع المياه وهذا الصمام يستخدم لمنع الضغوط خلفه عن تعدي قيمة محددة.

محبس المحافظة على الضغط (PSV) Pressure Sustaining Valve :

ويستخدم للمحافظة على ضغط محدد قبل المحبس.

محبس الضغط المنكسر (PBV) Pressure Breaker Valve :

ويستخدم لإضافة فاقد في الضغط عند مكان المحبس ويستخدم لمحاكاة العناصر التي لا يمكن تمثيلها كفواقد ثانوية بالبرنامج.

محبس خنق (TCV) Throttle Control Valve :

ويستخدم لتمثيل الفواقد الثانوية و التي يتغير خصائصها مع الزمن.

محابس الهواء

تركب هذه المحابس على مسارات الخطوط الناقلة للمياه وخطوط الطرد للصرف الصحي وخطوط شبكة المياه الرئيسية التي لا يوجد عليه وصلات خدمة وذلك بغرض تسهيل عملية خروج ودخول الهواء أثناء ملئ وتفريغ الخط.

تركب محابس الهواء عند النقاط المرتفعة والنقاط ذات أقل ضغط على ألا تزيد المسافة البينية بين محابس الهواء ولا يقل قطر محبس الهواء عن القيم المذكورة بالجدول (1-23).

قطر الخط الرئيسي (مم)	قطر محبس الهواء (مم)	أقصى مسافة بين محابس الهواء (م)
أقل من 600	100	1000
700-1000	150	1500
1100-1500	200	2000
1600-2000	250	2500
أكبر من 20000	300	3000

جدول (1-23): المسافات البينية بين محابس الهواء

محابس الغسيل

محابس الغسيل عبارة عن محابس قفل عادية تركيب على مسارات الخطوط الناقلة للمياه وخطوط الطرد للصرف الصحي وخطوط شبكة المياه الرئيسية التي لا يوجد عليه وصلات خدمة وذلك بغرض تفريغ الخط من المياه عند الصيانة.

تركب هذه المحابس عند النقاط المنخفضة على الخطوط على ألا تزيد المسافة البينية بين محابس الغسيل ولا يقل قطر محبس الغسيل عن القيم المذكورة بالجدول (1-24).

قطر الخط الرئيسي (مم)	قطر محبس الغسيل (مم)	أقصى مسافة بين محابس الغسيل (م)
أقل من 600	150	1000
700-1000	200	1500
1100-1500	250	2000
1600-2000	300	2500
أكبر من 20000	400	3000

جدول (1-24): المسافات البينية بين محابس الهواء

عناصر شبكات توزيع المياه Pipe Networks الشائعة الاستخدام في برامج النمذجة هي :

نقاط الحقن Junction Nodes

تستخدم نقاط معينة حيث يحدث سحب أو اضافة مياه الى شبكة توزيع المياه. كما تستخدم في حالة وجود نقطة حرجية في الشبكة يكون الضغط مهم ومؤثر في التحليل الهيدروليكي.

نقاط الحدية Boundary Nodes

هي عبارة عن نقاط معلوم عندها الضاغط الهيدروليكي و قد تكون خزانات Tanks أو تكون Reservoirs أو تكون مصادر ضغط Pressure Sources.

الروابط Links

عبارة عن المواسير التي تربط بين النقاط و بين الوحدات المختلفة و تتحكم في التصرف والفواقد داخل الشبكة.

الطلبات

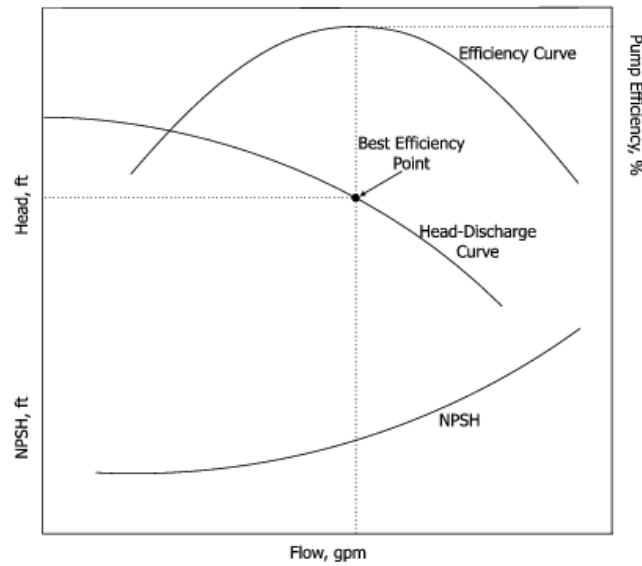
بعض التعريفات الهامة

تصرف الطلبية (Pump flow rate): التصرف Q هو حجم المياه التي يتم ضخها في وحدة الزمن ويقاس بالمتري المكعب في الساعة أو اللتر في الثانية.

رفع الطلبية (Pump head): رفع الطلبية هو الرفع الكلي (H_{total}) للطلبية أو الرفع المانومتري للطلبية وهو عبارة عن الرفع الاستاتيكي (الفرق بين المناسيب) مضافاً إليه فواقد الاحتكاك و الفواقد في قطع الاتصال والمحابس والقطع الخاصة (الرفع الديناميكي)، بالإضافة إلى ضاغط احتياطي يتراوح بين 3 : 5 م ويقاس رفع الطلبية بالمتري.

منحنى الطلبية (Pump Curve): عند سرعة ثابتة للطلبات الطاردة المركزية فإن تصرف الطلبية Q يزداد كلما نقص الرفع H. ويتم تمثيل العلاقة التي تربط جميع هذه المتغيرات على ما يعرف بمنحنى الطلبية والذي يوضح مميزات التشغيل لها.

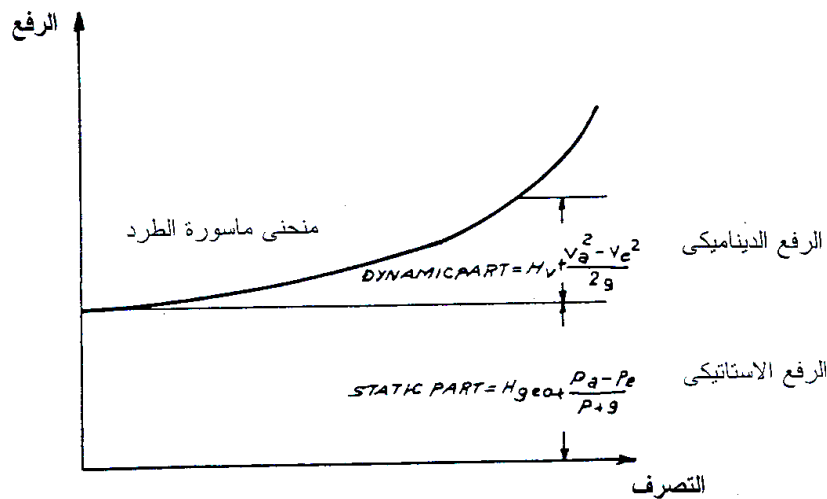
ويبين الشكل (1-25) 4 أنواع منحنيات أداء للمضخات: H-Q أو الضغط مقابل التصرف، والقدرة brake horsepower، والكفاءة efficiency، و (Net Positive Suction Head) NPSH



شكل رقم (1-25): منحنيات أداء الطلمبة

منحنى أداء نظام التشغيل (System curve):

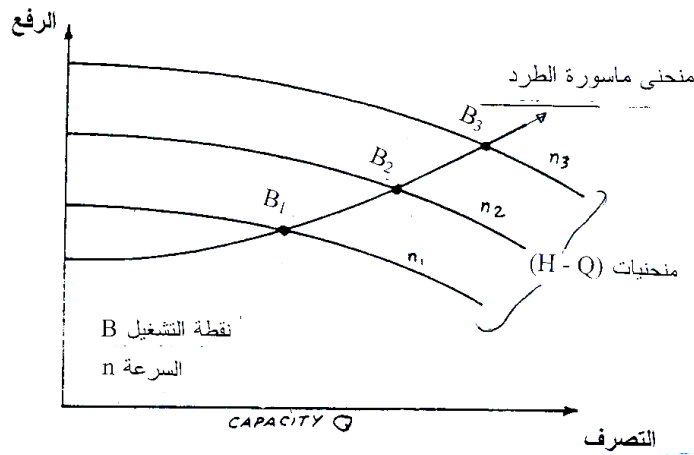
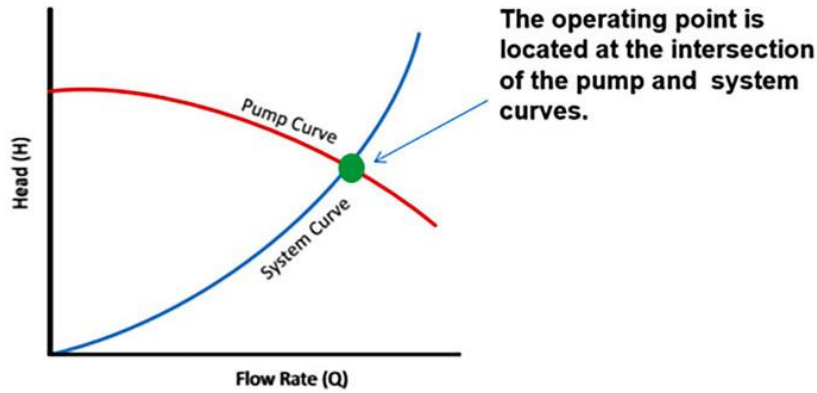
يرسم رفع المنظومة الكلى (H_{Total}) مقابل سعة (تصرف) الطلمبة (Q) لإعطاء منحنى أداء منظومة التشغيل / الماسورة (System/piping curve). ويمثل هذا المنحنى كلا من الرفع الاستاتيكي والديناميكي (التشغيلي) للمنظومة (System). ويبين الشكل رقم (1-26) منحنى ماسورة الطرد.



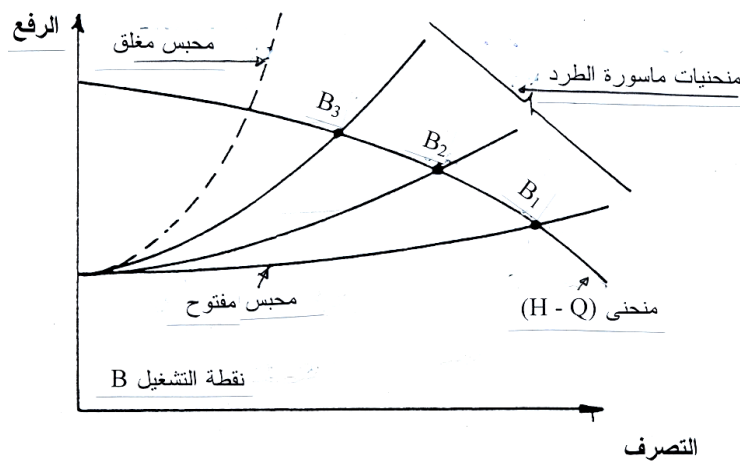
شكل رقم (1-26): منحنى ماسورة الطرد

نقطة التشغيل (Duty / Operating point): يتحدد لكل طلمبة نقطة تشغيل B وهي نقطة التقاطع بين منحنى

الطلبية (Q - H Curve) ومنحنى المنظومة/ الماسورة (System curve) ولا تتغير هذه النقطة (وبالتالي التصرف Q والرفع H) للطلبية إلا إذا تغيرت سرعة دوران الطلبية، أو قطر المروحة، أو إذا تغير منحنى نظام التشغيل (بتغيير فتحة المحبس مثلاً). كما هو موضح بالشكل رقم (1-27).



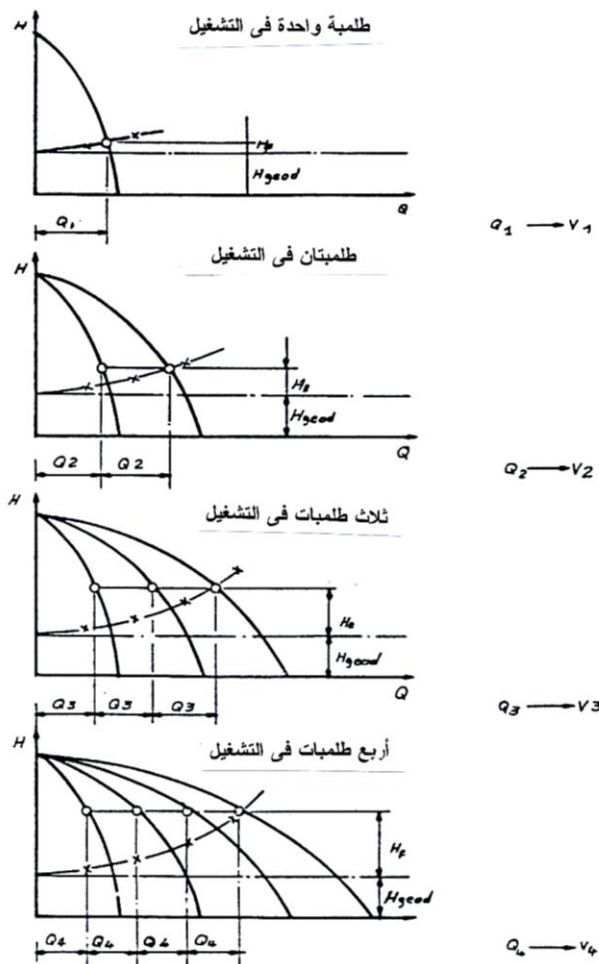
تغير نقطة التشغيل من B_1 إلى B_3 على منحنى ماسورة الطرد يرفع سرعة الطلبية من n_1 إلى n_3



تغير مكان نقطة التشغيل من B_1 إلى B_3 على منحنى التصرف والرفع وذلك بتغيير فتحة المحبس

شكل رقم (1-27): نقطة تشغيل الطلبية

تحديد عدد الطلبات المطلوب تركيبها بالمحطة



عدد الظلمبات المركبة = عدد الظلمبات العاملة لرفع
التصرفات القصوى لمحطة في ساعات الذروة + ظلمبة
واحدة احتياطية + ظلمبة واحدة على الأقل بالصيانة.

شكل (1-28)

ويراعى ألا يزيد عدد الظلمبات العاملة بالمحطة عن 50%
من عدد الظلمبات المركبة، وأن تكون الظلمبة الاحتياطية
ذات تصرف يعادل تصرف أكبر الظلمبات المركبة
بالمحطة في حالة استخدام ظلمبات غير متماثلة في السعة
(مختلفة التصرفات) داخل نفس المحطة. وتضاف ظلمبة
واحدة من كل سعة مستخدمة باعتبارها في الصيانة علاوة
على الظلمبات العاملة والاحتياطية.

شكل رقم (1-28): إختلاف التصرف باختلاف عدد الظلمبات العاملة (على التوازي)

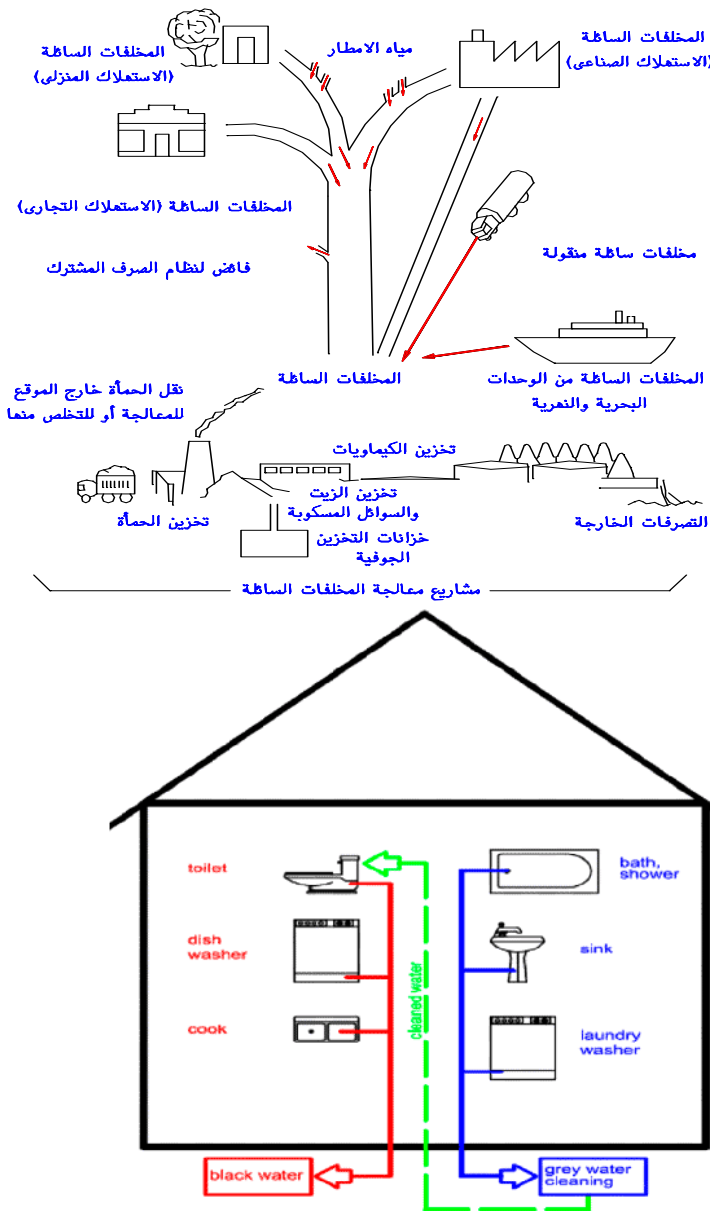
الباب الثاني

منظومة وأعمال الصرف الصحي

مصادر مياه الصرف الصحي

تتكون مياه الصرف الصحي أساساً من المخلفات السائلة المنزلية الناتجة من المباني السكنية ومن المخلفات السائلة الناتجة من بعض الصناعات الخفيفة بالمدينة كالصناعات الغذائية بالإضافة إلى مياه الرش ومياه الأمطار التي تصل إلى الشبكة كما هو موضح بالشكل رقم (1-2).

وتتكون مياه الصرف الصحي أصلاً من مياه الشرب المستعملة بما تحتويه من العناصر الكيميائية الموجودة فيها قبل الاستعمال مضافاً إليها الشوائب التي تصاحب استعمالها. وتعتمد هذه الشوائب في نوعيتها وكمياتها على مجالات استعمال المياه، فتختلف بالنسبة للمخلفات الصناعية عنها في الاستعمالات المنزلية أو مياه الأمطار أو مياه الرش. وكل نوع من هذه الأنواع تتداخل عوامل كثيرة في التأثير على مكوناته، وتفاوت هذه العوامل من منطقة إلى أخرى.



• مياه المجارى المنزلية والمباني العامة والحكومية -المباني التجارية والصناعية:

○ مياه الصرف الصحي من المناطق السكنية (Residential Flows)

○ مياه الصرف الصحي من المناطق التجارية (Commercial Flows)

○ مياه الصرف الصحي من المباني الحكومية (Governmental Flows)

○ مياه الصرف الصحي من المناطق الصناعية (Industrial Flows)

○ مياه الصرف الصحي من المناطق التعليمية (Institutional Flows)

○ مياه الصرف الصحي الناتجة من قطاع السياحة (Transient or Touristic Flows)

• مياه الأمطار.

• مياه الرش.

• مياه المخلفات الصناعية السائلة.

• مياه غسيل الشوارع والأرصفة.

شكل رقم (1-2)

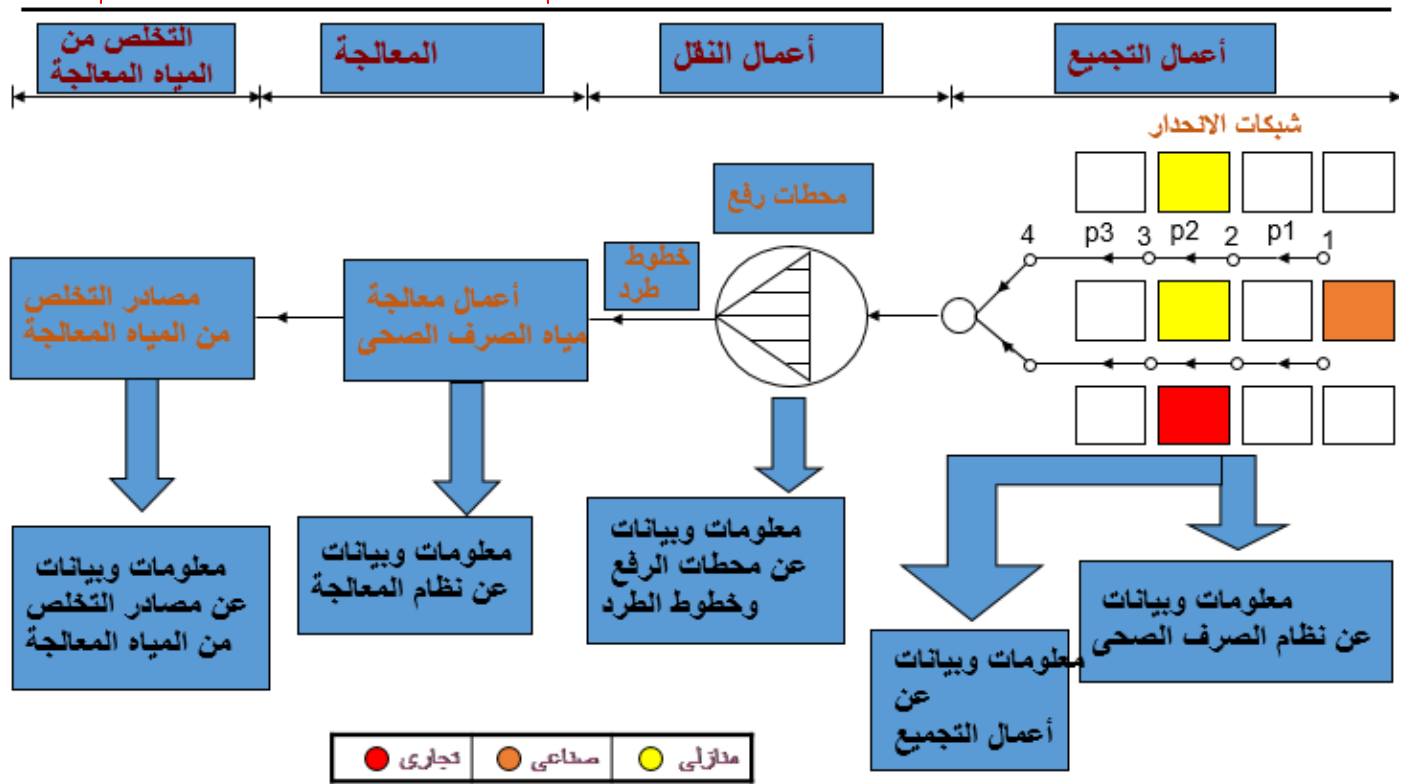
مصادر مياه الصرف الصحي

المخطط التوضيحي لمنظومة الصرف الصحي

ويوضح الشكل رقم (2-2) المنظومة المتكاملة للصرف الصحي

غير معني به مهندس التحليل الهيدروليكي

معني به مهندس التحليل الهيدروليكي

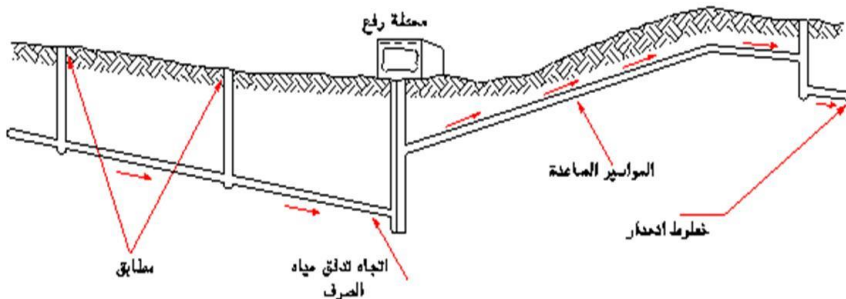


شكل رقم (2-2)

المنظومة المتكاملة للصرف الصحي

أعمال تجميع مياه الصرف الصحي

تتكون شبكات الصرف الصحي من عنصرين أساسيين موضحين بالشكل رقم (2-3)، وهما: مواسير الإنحدار
تتمثل في:



شكل رقم (2-3)

مكونات أعمال تجميع مياه الصرف

- الوصلة المنزلية
- الخطوط الفرعية
- الخطوط الرئيسية
- المجمعات

• المطابق

- غرف التفتيش، المنزلية

تخطيط وتصميم شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

أنواع شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

يتم تقسيم شبكات تجميع مياه الصرف الصحي تبعاً لمصادرها وكمياتها وأيضاً طبقاً لطبوغرافية المدينة وكذلك للظروف المناخية والبيئية كالتالى:

- شبكات الصرف المشتركة.
- شبكات الصرف المنفصلة.
- شبكات الصرف المشتركة جزئياً.

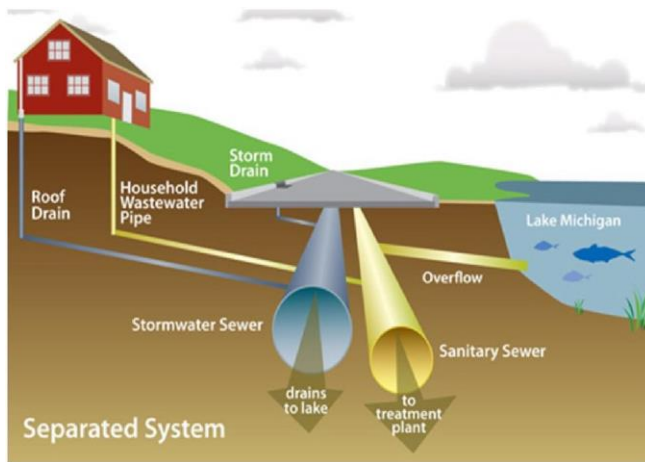
ونستعرض فيما يلى هذه الأنواع. ثم نذكر مميزات وعيوب كل نوع منها بعد ذلك.

شبكات الصرف المشتركة

وهى الشبكات التى تستقبل كل المخلفات السائلة بجميع أنواعها سواء كانت مخلفات منزلية أو صناعية أو مياه أمطار أو مياه رشح. وهذا النظام هو المستخدم فى تجميع المخلفات السائلة من معظم المدن المصرية كما هو موضح بالشكل رقم (2-4).

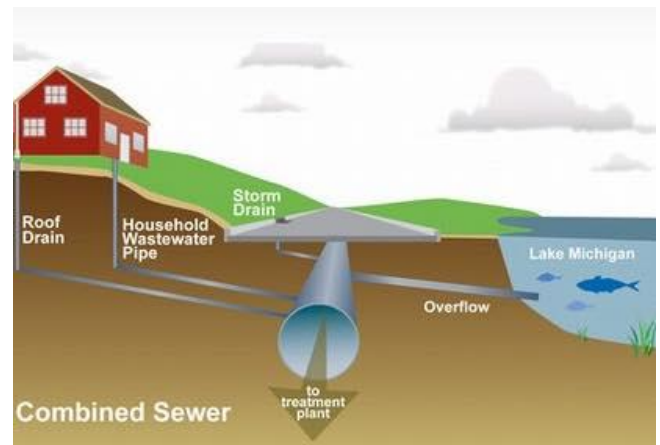
شبكات الصرف المنفصلة

وهى الشبكات التى تستقبل المخلفات السائلة المنزلية والمخلفات الصناعية، وتنشأ فى نفس الوقت شبكة أخرى لاستقبال مياه الأمطار كما هو موضح بالشكل رقم (2-5).



شكل رقم (2-5)

شبكات الصرف المنفصلة



شكل رقم (2-4)

شبكات الصرف المشتركة

شبكات الصرف المشتركة جزئياً

وتستخدم لتجميع المخلفات المنزلية والصناعية وصرف المياه المتجمعة فوق بعض الأسطح والممرات الداخلية. وتنشأ في بعض الأحيان شبكات لتجميع المخلفات السائلة ثم تنشأ هدارات على مواسير التجميع الرئيسية في نقط محددة لتحويل الزيادة في التصريفات أثناء العواصف الممطرة الشديدة إلى أماكن صرف مثل مخزرات السيول أو المسطحات المائية مثل البحيرات أو البحار أو المجارى المائية المجاورة.

تُستعمل شبكات الصرف المشتركة في الظروف الآتية:

- في الشوارع والطرق المزدحمة بالخدمات العامة الأخرى (مواسير شبكات توزيع مياه الشرب وكابلات الكهرباء والتليفونات وشبكة مواسير توزيع الغاز ...).
- إذا كان سقوط الأمطار نادراً ويخشى أن تبقى شبكة مياه الأمطار خالية دون استعمال معظم أيام العام.
- إذا كان هطول الأمطار بكثرة وغزارة مما يجعل كمية المخلفات السائلة المنزلية والصناعية بسيطة بالنسبة لمياه الأمطار
- إذا كانت الأرض مسطحة مما يستدعى وضع المواسير بانحدار بسيط منعاً للوصول بها إلى أعماق كبيرة
- إذا كانت درجة الحرارة مرتفعة أثناء فترة هطول الأمطار ويخشى من تحلل المخلفات السائلة أثناء سيرها مدة طويلة في شبكة المواسير

ويوضح الجدول رقم (2-6) مميزات وعيوب أنظمة شبكات تجميع مياه الصرف الصحي وهى شبكات الصرف المشتركة، والمنفصلة، والمشاركة جزئياً.

النظام	المميزات	العيوب
الشبكة المنفصلة	أقطار المواسير صغيرة وبالتالي فهي أقل تكاليفاً وأسهل تصميماً.	عدم تحقيق سرعة التنظيف الذاتية، ولذلك لابد من استخدام أحواض الدفق الأرضية إلى المطابق.
	ضمان عدم تلوث المسطحات المائية المجاورة لشبكة التجميع المنفصلة.	مضاعفة إنشاء الوصلات المنزلية، وكذلك تنفيذ شبكتين وما يترتب عليه من تكاليف باهظة لإنشاء أعمال تقاطعات الشبكتين.
	كمية مياه الصرف الصحي المطلوب معالجتها محدودة، وبالتالي أعمال المعالجة والتخلص من الفائض محدودة.	تكاليف التشغيل والصيانة لشبكتين سوف تكون أكبر من تكاليف تشغيل وصيانة شبكة واحدة.
	تكاليف رفع مياه الصرف الصحي سوف تقل إلا إذا تطلب الأمر رفع مياه العواصف والأمطار كذلك.	
الشبكة المشتركة	خط مياه الأمطار مع مياه الصرف الصحي يجعلها سهلة المعالجة وبالتالي تكون تكاليف المعالجة اقتصادية.	كمية مياه الأمطار الكبيرة تتطلب أعمال حفر وردم وإنشاءات مما يزيد التكاليف.
	خط مياه الأمطار مع مياه الصرف الصحي يخفف من درجة التلوث وبالتالي قد لا تحتاج المياه المختلطة إلى معالجة ابتدائية ويقتصر الأمر على المعالجة البيولوجية.	نظراً لصغر التصريف الجاف وكبر أقطار المواسير قد تترسب المواد العالقة بالمياه الملوثة مما يتطلب أعمال نظافة مستمرة للشبكة في موسم الجفاف. كما أن تراكمها قد يسبب تعفنها اللاهوائي ويتصاعد غاز ثنائي أكسيد الكبريت، الذي يتحد مع بخار الماء الموجود على الجزء العلوى الداخلى الغير ممتلئ من المواسير مكوناً حامض الكبريتيك مما يسبب تآكل الجزء العلوى من المواسير.

جدول رقم (2-6)

مميزات وعيوب أنظمة شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

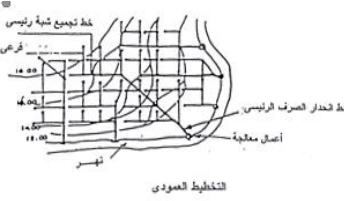
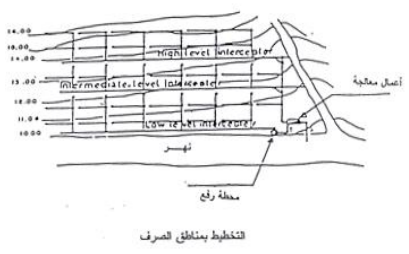
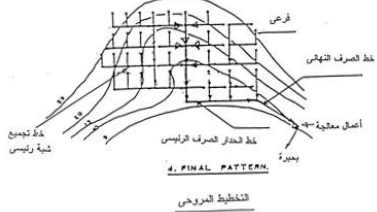
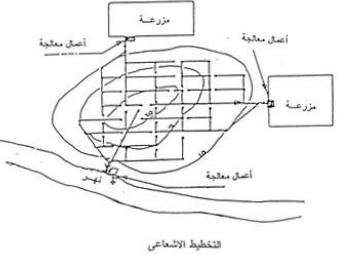
النظام	المميزات	العيوب
الشبكة المشتركة نوع الشبكة	خلط مياه الأمطار مع مياه الصرف الصحي يتطلب أقطار مواسير كبيرة وبالتالي يسهل عمليات التنظيف.	تكاليف التشغيل والصيانة للشبكة ومحطات الرفع وخطوط الطرد ووحدات المعالجة تكون كبيرة.
	الوصلات المنزلية واحدة مما يقلل التكاليف.	في الحالات الحرجة يحدث فيضان للشبكة مما يسبب خطورة على الصحة العامة.
الشبكة المشتركة جزئياً	الوصلات المنزلية بسيطة.	السرعات المنخفضة لسريان مياه الصرف الصحي أثناء موسم الجفاف تسبب تراكمًا للمواد العضوية المترسبة.
	شبكة تجمع مياه الصرف الصحي تكون متوسطة الحجم وبالتالي تكون اقتصادية في التكاليف.	احتمال حدوث فيضان للشبكة الأمر الذي قد يسبب خطراً على الصحة العامة.

تابع" جدول رقم (2-6)

مميزات وعيوب أنظمة شبكات تجمع مياه الصرف الصحي

أنظمة تخطيط شبكات تجمع مياه الصرف الصحي

تتكون شبكة التجميع من مواسير تسير فيها المخلفات السائلة بالانحدار الطبيعي فتصب المواسير الصغرى في مواسير أكبر منها، وهكذا حتى تصب في النهاية في مواسير كبرى تسمى "المجمع الرئيسي" أو خط انحدار الصرف الرئيسي. ويصل هذا الخط الرئيسي إلى محطات الرفع، ومنها تضخ مياه الصرف الصحي في المواسير الصاعدة إلى موقع وحدات المعالجة، حيث يتم التخلص منها بعد المعالجة. وتتباين طرق التخلص من المياه المعالجة تبعاً للظروف الطبوغرافية للمدينة، وكذلك الموقع المحدد لإنشاء وحدات المعالجة، وأيضاً أماكن الاستفادة أو التخلص من السبب. وبالاستعانة بالخرائط الكنتورية للمخطط العام للمدينة والمناطق المحيطة يمكن تخطيط شبكة تجمع مياه الصرف الصحي. وبشكل عام ينقسم تخطيط شبكات مياه الصرف الصحي إلى أربعة أنظمة مبينة على النحو التالي.

نوع التخطيط	استخداماته	
	يستعمل هذا النظام عندما تكون طبوغرافية المدينة ذات ميل واحد وفي هذه الحالة يتم إنشاء خط انحدار الصرف الرئيسي (المجمع الرئيسي) في اتجاه المنسوب المنخفض	التخطيط العمودي
	ينفذ هذا التخطيط في المدن ذات الاختلافات الواضحة في مناسيب الأحياء فيها، لذلك تقسم المدينة إلى عدة مناطق ينشأ بكل منها مجمع رئيسي يصل إلى محطة الرفع الخاصة به. وتضخ مياه الصرف الصحي المتجمعة مباشرة إلى موقع وحدات المعالجة ويمكن صرف الأحياء المنخفضة الصغيرة إما إلى المجمع الرئيسي للمنطقة المجاورة أو إلى أقرب محطة رفع	التخطيط بتقسيم المدينة إلى مناطق صرف
	يعتمد التخطيط المروحي في الأساس على طبوغرافية المدينة أو أجزاء منها	التخطيط المروحي
	يتم تجميع مياه الصرف الصحي من مركز المدينة إلى محيطها، وتكون هناك حاجة في هذه الحالة إلى عدة محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي. وفي حالة طبوغرافية المدينة الموضحة بالشكل رقم (2-4) يتم تجميع مياه الصرف الصحي من الحدود الخارجية إلى مركز المدينة المنخفض المنسوب، ويتم إنشاء محطة رفع رئيسية في مركز المدينة، ومنها تضخ مياه الصرف الصحي المتجمعة إلى موقع وحدات المعالجة عبر خطوط الطرد.	التخطيط الإشعاعي (المحوري)

خطوات تخطيط شبكة الصرف الصحي فى منطقة المشروع

يتم تخطيط شبكة تجميع مياه الصرف الصحي فى منطقة المشروع طبقاً للخطوات التالية:

- بعد انتهاء أعمال الرفع المساحى يتم إنتاج مساقط أفقية لمنطقة المشروع بمقياس رسم 1 : 500 أو 1 : 1000 موقعاً عليها المناسيب المساحية كل 25 متر تقريباً، وموضحاً عليها كل الشوارع والمنشآت والكبارى والأنفاق والترع والسكك الحديدية والطرق السريعة.
- يتم توقيع مسارات مواسير الصرف الصحي على المساقط الأفقية بداية من المناطق ذات المناسيب الأعلى وذلك حتى المناطق المنخفضة المنسوب.
- تحدد مواقع محطات الضخ المختلفة.
- تم تحديد مسارات خطوط الطرد من مواقع محطات الضخ وذلك حتى موقع محطة معالجة مياه الصرف الصحي.
- يتم التنسيق مع الجهات الرسمية والجهات المختلفة للحصول على موافقتها على مواقع محطات الضخ وموقع محطة المعالجة وأيضاً مسارات خطوط الطرد.
- يتم تحديد المجمعات الرئيسية للصرف الصحي وتسميتها.
- توقع أماكن المطابق على خطوط الصرف الصحي الصغيرة (Sewer Line) وأيضاً المجمعات الرئيسية.
- يتم ترقيم المطابق على كل خط.
- يتم تحديد منسوب سطح الأرض عند كل مطبق.
- يجب أخذ الملاحظات الفنية التالية فى الاعتبار عند التخطيط:
- يفضل أن تكون المواسير الفرعية عمودية على خطوط الكنتور أى أن تكون مع الانحدار الطبيعى للأرض وذلك نظراً للانحدار الكبير لها، أما الخطوط أو المجمعات الرئيسية فيمكن أن تكون موازية لخطوط الكنتور حيث أن ميلها صغير وذلك لتجنب زيادة مكعبات الحفر والردم.
- تجنب اختيار مسار المواسير فى الأراضي الصخرية أو ضعيفة التربة أو مرتفعة مناسيب المياه الجوفية (مياه الرش).
- تلافى عبور خطوط السكك الحديدية أو الشوارع المزدهمة قدر الإمكان، وكذلك تجنب اختيار مواقع محطات الرفع الفرعية بالشوارع الضيقة أو المقام على جوانبها مباني ضعيفة الإنشاء.
- الاعتماد على سير المياه بالانحدار الطبيعى فى الشبكة.

- يجب أن تصل المخلفات السائلة بالشبكات في أقصر وقت إلى مواقع محطات الرفع وبالتالي إلى موقع وحدات المعالجة.

التصرفات الواردة لشبكات الصرف الصحي

- التصرف المتوسط

يحسب التصرف المتوسط (Average flow) بضرب متوسط الاستهلاك اليومي للمياه (والذي سبق ذكره في الباب الأول بالجدول رقم (1-5)) في معامل يؤخذ من (0.8-0.9).

$$Q_{av}(\text{sewage}) = (0.8 - 0.9) Q_{av}(\text{water})$$

التصرف المتوسط Q_{av} = معدل التصرف × عدد السكان (والذي سبق ذكره في الباب الأول بالبند 1.1 التنبؤ بعدد السكان)

- التصرف الجاف

التصرف الجاف (Dry weather flow DWF) هو التصرف الناتج من الاستهلاكات المختلفة بدون إضافة مياه الأمطار، وينقسم إلى:

أدنى تصرف جاف (Minimum dry weather flow):

وهذا التصرف يحدث أثناء الليل أو خلال الشتاء ويحسب من المعادلة الآتية:

$$Q_{\min} \text{ DWF} = 0.2 p^{1/6} \times Q_{av}$$

حيث:

$Q_{\min} \text{ DWF}$ أدنى تصرف جاف (لتر/ ثانية)

P عدد السكان (بالألف)

Q_{av} التصرف المتوسط (لتر/ ثانية)

أقصى تصرف جاف (Maximum dry weather flow):

يطلق عليه تصرف ساعة الذروة ويحدث في شهور الصيف ويحسب من المعادلات الآتية:

$$Q_{\max} DWF = P.F \times Q_{av}$$

$$Q_{\max} DWF = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \times Q_{av} \quad \text{If Population} > 80000$$

$$Q_{\max} DWF = \frac{5}{P^{0.167}} \times Q_{av} \quad \text{If Population} < 80000 \quad \text{حيث } 0$$

3. مياه الرش

يتم حساب كمية مياه الرش باستخدام المعادلة التالية:

$$Q_{inf} = adh^{2/3}$$

حيث:

$$Q = \text{كمية مياه الرش المتسربة داخل المواسير خلال كم من خط المواسير (لتر/ساعة)}$$

$$d = \text{قطر المواسير (متر)}$$

$$h = \text{ارتفاع منسوب مياه الرش فوق محور المواسير (متر)}$$

$$a = \text{معامل يتوقف على نوع المواسير يتراوح بين 5 - 10 ويؤخذ (10)}$$

من سابقه الخبرة اتضح أن أنسب طريقة لحساب كمية مياه الرش هي إعتبار (فرض) كمية مياه الرش الواردة للشبكات تكافئ 10 إلى 20 % من التصريف المتوسط لمياه الصرف تبعاً لإرتفاع أو إنخفاض منسوب المياه الجوفية لمنطقة دراسة التحليل الهيدروليكي (10% من التصريف المتوسط في محافظات الوجه القبلي & 20% من التصريف المتوسط في محافظات الوجه البحري).

- 4. مياه الأمطار (Rainfall)

لحساب كمية مياه الأمطار تم تطبيق المعادلة الواردة بالكود المصري لأسس التصميم وشروط التنفيذ لخطوط المواسير المستخدمة في شبكات مياه الشرب والصرف الصحي (إصدار مايو 2010) ، كآلاتي:

$$\text{كمية مياه الأمطار (Qrain)} = \text{معامل فائض الأمطار (C)} \times \text{المساحة المخدومة بشبكات الصرف الصحي (A)} \times \text{كثافة الأمطار (I) / 360}$$

حيث :

$$Q_{rain} : \text{كمية مياه الأمطار التي تصل إلى خط الصرف (م}^3/\text{ث)}$$

$$C : \text{معامل فائض مياه الأمطار ، ويتوقف على نوع السطح الذي تجري عليه مياه الأمطار}$$

وميل السطح ، ويؤخذ من الجدول المبين أدناه

نوع السطح	قيمة "C"
الأسطح والشوارع المرصوفة جيداً	٠,٩٥ - ٠,٧٠
التربة والشوارع غير المرصوفة	٠,٢٠ - ٠,١٠
المناطق السكنية (مستوية)	٠,٥٠ - ٠,٣٠
المناطق السكنية (جبلية)	٠,٧٠ - ٠,٥٠
المناطق الصناعية (صناعات خفيفة)	٠,٦٥ - ٠,٥٥
المناطق الصناعية (صناعات ثقيلة)	٠,٨٠ - ٠,٦٠

جدول (2-7): معامل فائض مياه الأمطار (C)

- التصريف التصميمي الأقصى = معامل الذروة الأقصى (P.F) × التصريف المتوسط + تصريف الرشح + تصريف المطر
- التصريف التصميمي الأدنى = معامل الذروة الأدنى (M.F) × التصريف المتوسط + تصريف الرشح

التصميم الهيدروليكي لخطوط مواسير شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

يقصد بالتصميم الهيدروليكي لمواسير تجميع مياه الصرف الصحي إيجاد العلاقة التي تربط بين التصريف والسرعة ومساحة مقطع الماسورة.

معادلة الاستمرارية

نظراً لأن الماء سائل غير قابل للانضغاط، لذلك عند مرور الماء خلال ماسورة فإن التصريف خلال أى مقطع من الماسورة يكون ثابتاً، وتبعاً لهذا تتغير سرعة سريان المياه بالماسورة كما هو موضح بالشكل رقم (2-5).

$$Q = A \times V$$

حيث أن:

وإذا كان قطر الماسورة متغيراً، وبالتالي مساحة مقطعها، فإن:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

حيث:

Q: التصريف المار في الماسورة (م³/ث)

V: السرعة في الماسورة (م/ث)

A: مساحة مقطع الماسورة = $\frac{\pi D^2}{4}$ عندما تكون الماسورة

مملوءة (م²)

D: القطر الداخلي للماسورة (م)

ويتم اختيار القطر الداخلي للماسورة عن طريق المواصفات القياسية لكل نوع من أنواع المواسير مع الاستعانة ببيانات الشركة المنتجة لها، ويعبر عن قطر الماسورة بالقطر الداخلي لها بالإضافة إلى ذكر القطر الأسمي أو القطر الخارجي إذا تطلب الأمر ذلك.

ويتم اختيار السرعات في المواسير الأقل ميلاً تبعاً لظروف التصميم. ففي حالة الأرض المنبسطة يتم التصميم على أقل ميل مسموح به للماسورة بحيث لا يحدث ترسيب، أما في حالة الأرض المنحدرة فتصمم الماسورة على ميل يوازي سطح الأرض بحيث لا تزيد السرعة عن 3.5 م/ث. ويتم تحقيق ذلك باتباع نظام الهدارات للحصول على ميول مناسبة.

المعادلات الهيدروليكية

هناك ثلاثاً من المعادلات الهيدروليكية المستخدمة في التصميم وهي معادلة ماننج ، ومعادلة هازن ويليامز، ومعادلة كول بروك ووايت.

معادلة ماننج

تربط معادلة ماننج بين السرعة، ومعامل الاحتكاك، والميل الهيدروليكي للماسورة، ومساحة مقطع الماسورة، ومحيط الجزء المبطل منها وتنص على:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

حيث:

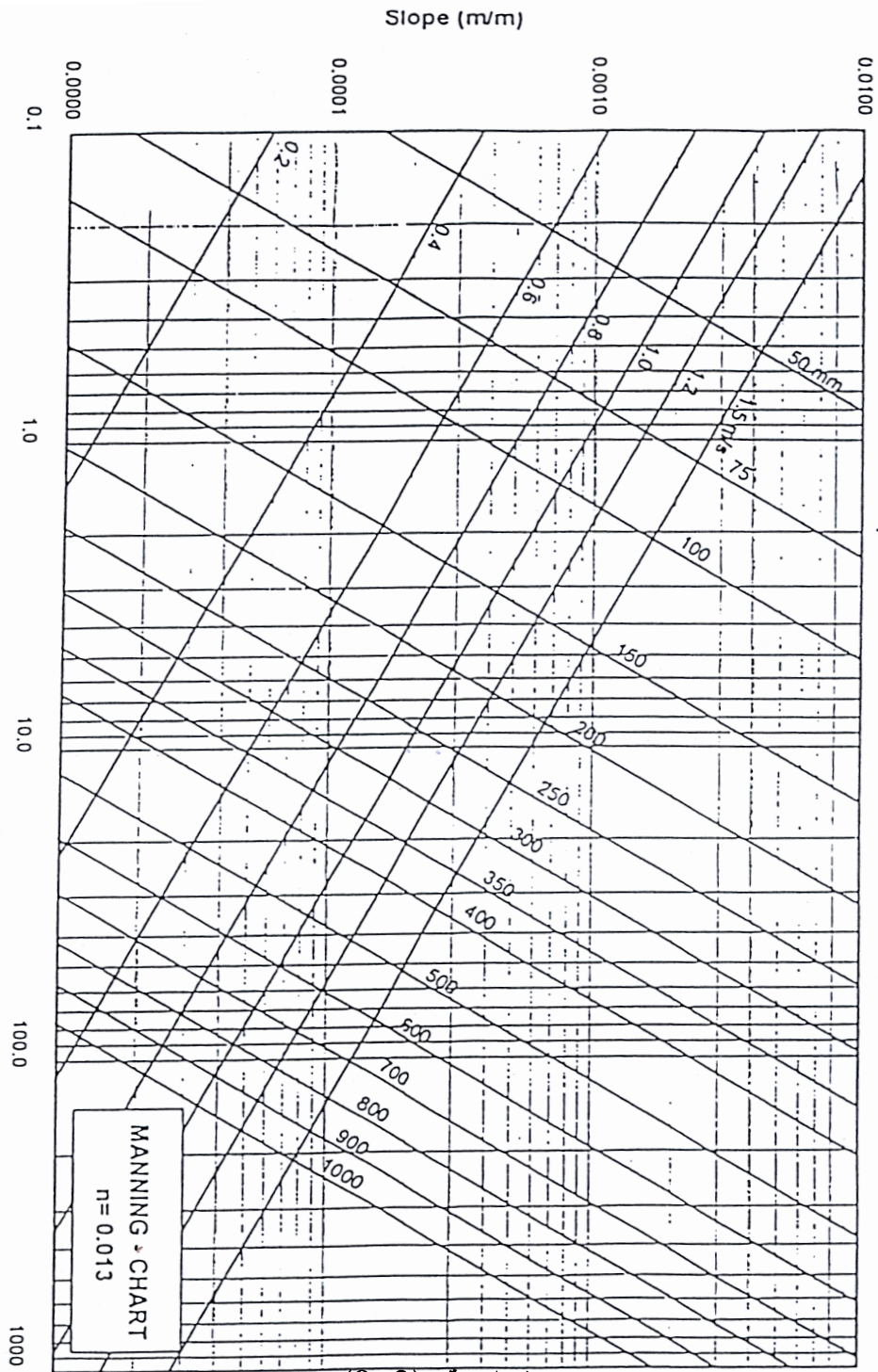
- V: سرعة التصريف (م/ث)
- R: نصف القطر الهيدروليكي $(R = \frac{A}{p})$
- A: مساحة مقطع الماسورة (م²)
- P: المحيط المبطل (م)
- S: الميل الهيدروليكي للماسورة (م/م)
- n: معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع مادة الماسورة

ونظراً لصعوبة استخدام المعادلة فإنه يتم استخدام المنحنيات الموضحة بالشكل رقم (2-7)، ويوضح الجدول رقم (2-8) قيم معامل الاحتكاك (n) في معادلة ماننج. وذلك للمواسير والمجارى المائية المستخدمة في أعمال الصرف الصحي.

م	نوع الماسورة	معامل الاحتكاك (n)
1	اسبستوس أسمنتى	0.015 – 0.011
2	مجارى خرسانية	0.018 – 0.012
3	مواسير زهر غير مبطنة	0.015 – 0.012
4	مواسير زهر مبطنة بالأسفلت	0.015 – 0.011
5	مبطنة بمونة الأسمنت	0.015 – 0.011
6	مواسير خرسانية	0.016 – 0.012
7	مواسير بلاستيك	0.015 – 0.011
8	مواسير فخار مزجج	0.017 – 0.010

جدول رقم (2-8)

قيم معامل الاحتكاك (n) فى معادلة ماننج



شكل رقم (2-9)

قيم معامل الاحتكاك (n) في معادلة ماننج

معادلة هازن ويليامز

تعتبر هذه المعادلة من أكثر المعادلات شيوعاً في الاستخدام لعدة أسباب لأنها:

- ذات صيغة مناسبة وسهلة في الاستخدام.
- حققت نتائج عملية مناسبة تتفق مع الصيغة الرياضية.
- صالحة للاستخدام لمدى واسع من الأقطار، ولقيم معامل احتكاك C أكبر من 100.

ومنها يمكن استنتاج معادلة السرعة لهازن ويليامز

$$V = 0.355 C D^{0.63} \left(\frac{H}{L} \right)^{0.54}$$

حيث:

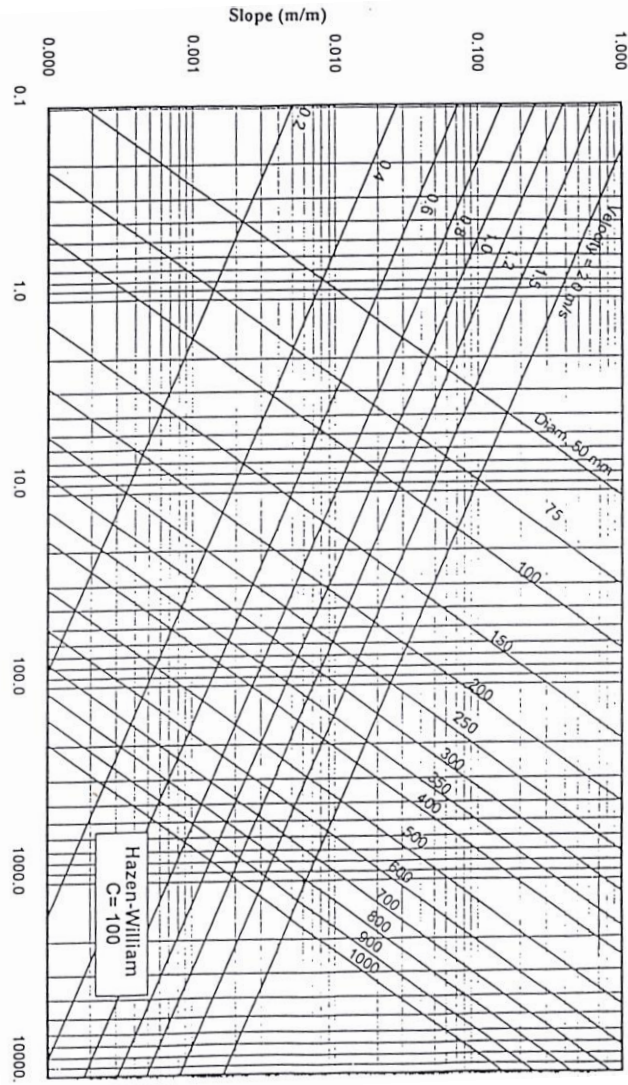
C: معامل الاحتكاك لهازن - ويليامز.

ويوضح الشكل رقم (2-9) المنحنيات الخاصة بمعادلة هازن - ويليامز. عند معامل احتكاك $C = 100$ كما توجد منحنيات أخرى عند قيم C أكبر من ذلك. كما يوضح الجدول رقم (2-10) القيم المختلفة لمعامل الاحتكاك C تبعاً لنوع الماسورة.

م	نوع الماسورة	معامل C
1	فخار مزجج	130 - 120
2	بلاستيك	155 - 150
3	بولستر مسلح بألياف الزجاج	155 - 150
4	خرسانة مسلحة	145 - 110
5	خرسانة سابقة الإجهاد	145 - 140
6	خرسانة عادية	130 - 100
7	اسبستوس أسمنتي	140 - 130
8	زهر مرن	145 - 140
9	صلب	145 - 140

جدول رقم (2-10)

قيم معامل الاحتكاك (C) في معادلة هازن - ويليامز



شكل رقم (11-2)
المنحنيات الخاصة بمعادلة هازن - ويليامز عند معامل احتكاك $C = 100$

اشتراطات يجب أخذها فى الاعتبار عند تصميم مواسير الإنحدار

قطر الماسورة :

يتم اختيار قطر ماسورة الصرف الصحى بحيث تستوعب أقصى تصرف (Design peak flow) ، على أن تكون الماسورة مملوءة جزئياً حتى لا يحدث تحلل لاهوائى. وتتراوح نسبة الامتلاء من 0.5 إلى 0.9 من تصرف الامتلاء. ومن واقع الخبرة العملية فإن نسبة الامتلاء تتغير تبعاً لقطر الماسورة كما هو موضح بالجدول رقم (2-12).

شبكات الصرف المشتركة

نسبة الامتلاء	قطر الماسورة (مم)
٠,٧٥	أقل من ٧٠٠ مم
٠.٩	أكبر من أو يساوي ٧٠٠ مم

شبكات الصرف المنفصلة

نسبة الامتلاء	قطر الماسورة (مم)
٠,٦٧	أقل من ٧٠٠ مم
٠.٧٥	أكبر من أو يساوي ٧٠٠ مم

جدول رقم (2-12)

العلاقة بين نسبة الامتلاء وقطر ماسورة الصرف

يراعى أن لا يقل قطر خط الإنحدار عن 200 مم ، وذلك منعاً لاحتمال سدها بما قد تحمله من مواد صلبة كبيرة.

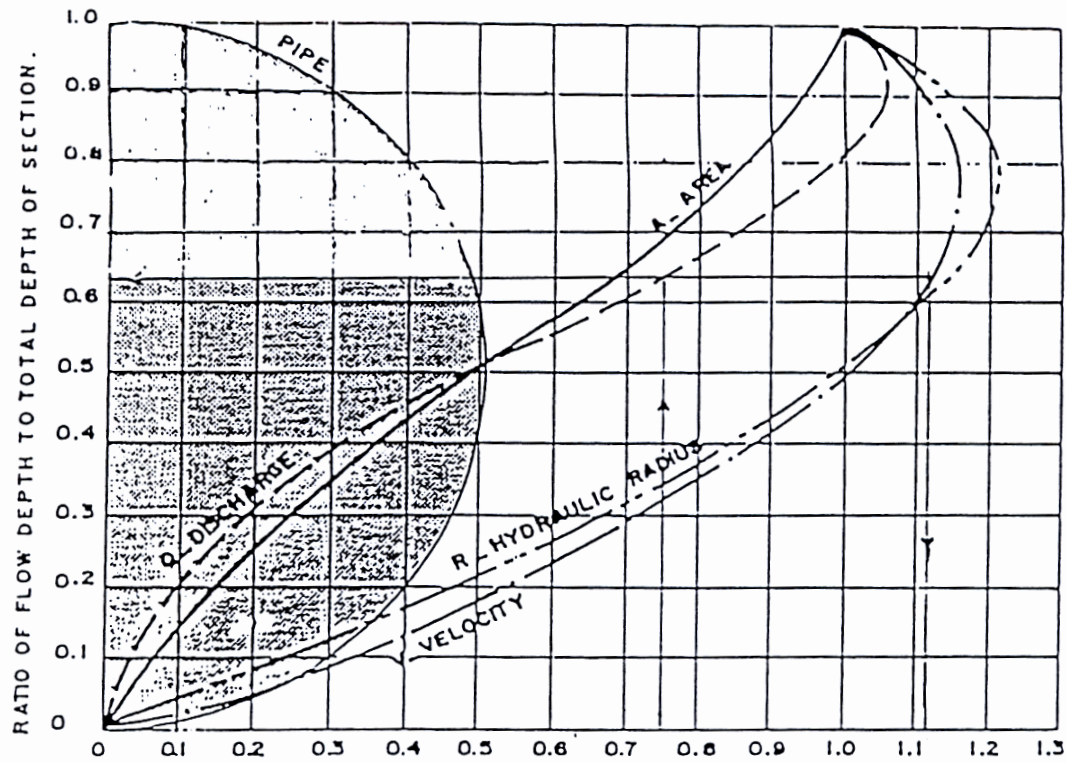
معامل الاحتكاك:

يفضل استعمال معامل احتكاك $n = 0.013$ بحيث يغطى كل أنواع المواسير.

السرعة فى مواسير الإنحدار:

يفضل أن تتراوح قيم السرعات في مواسير الإنحدار من 0.6 م/ث سرعة التنظيف الذاتى (Self - cleaning velocity). إلى 1.5 م/ث

ويمكن استخدام المنحنى الموضح بالشكل رقم (2-13) لتحديد أقصى وأدنى سرعة طبقاً للتصرف فى كل حالة، والرجوع إلى استخدامه والجدول في التطبيق العملي بالملحق.



RATIO OF HYDRAULIC ELEMENTS OF THE FILLED SECTION TO THOSE OF THE FULL SECTION.

$$\frac{V}{V_{full}}, \frac{Q}{Q_{full}}, \frac{A}{A_{full}}, \frac{R}{R_{full}}$$

EXAMPLE (1)

$$\frac{Q_{max}}{Q_{full}} = 0.75 \rightarrow \frac{V_{max}}{V_{full}} = 1.12, \frac{D_{max}}{D_{full}} = 0.63$$

EXAMPLE (2)

$$\frac{Q_{min}}{Q_{full}} = 0.20 \rightarrow \frac{V_{min}}{V_{full}} = 0.75, \frac{D_{min}}{D_{full}} = 0.51$$

شكل رقم (2-13)

العناصر الهيدروليكية لمواسير الانحدار غير الممتلئة في القطاع الدائري

يتم الرجوع للمثال التصميمي بالملحق صفحة 79

أقل ميل مسموح به لمواسير الإحذار لتحقيق سرعات التنظيف الذاتي:

يتغير أقل ميل للماسورة حسب قطرها. ويوضح جدول رقم (2-13) أقل ميل مسموح به للماسورة.

ويمكن استخدام جداول ملحق هذا الكتيب لتصميم مواسير تجميع مياه الصرف الصحي بالانحدار مباشرة بعد معرفة التصريف المملوء والميل الاقتصادي.

أقل ميل للماسورة (م/كم)	قطر الماسورة (مم)
3.25	200
2.8	250
2.2	300
1.4	400
1.2	450
1.2	500
1.00	600
0.8	700
0.6	800
0.5	900 أو أكبر

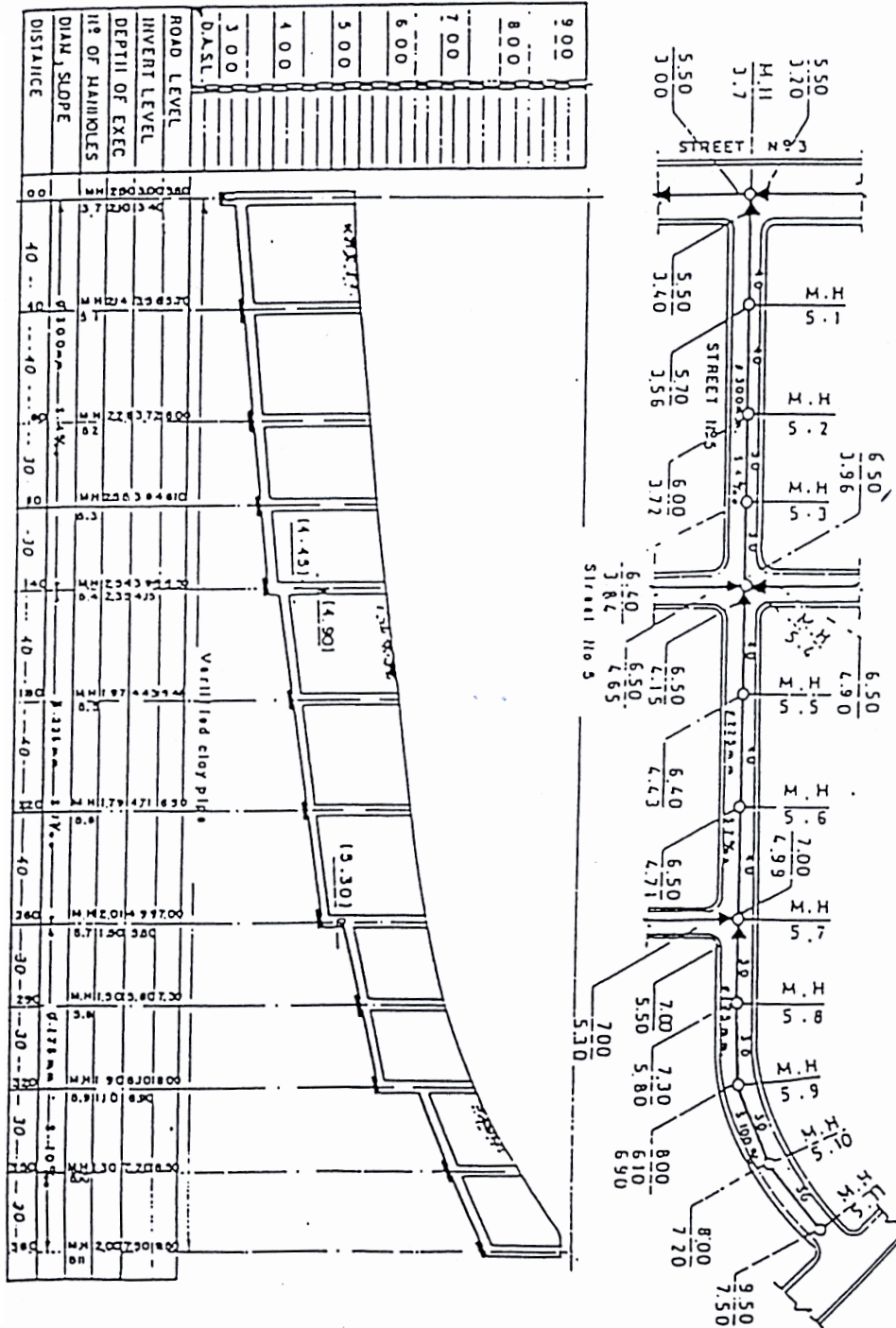
جدول رقم (2-14)

العلاقة بين قطر الماسورة وأقل ميل

القطاعات الطولية لمواسير الانحدار

بعد إتمام تصميم مختلف مواسير شبكة تجميع مياه الصرف الصحي بالانحدار الطبيعي، أى تعيين القطر والميل، ترسم قطاعات طولية لخطوط المواسير المختلفة، كما هو موضح بالشكل رقم (2-15)، وتوضح عليها البيانات الآتية:

- منسوب الأرض الطبيعية أو منسوب أعلى الرصف.
- منسوب قاع الماسورة.
- عمق الحفر حتى قاع خندق الماسورة.
- ميل الماسورة.
- نوع مادة الماسورة.
- أماكن تقاطع المواسير حيث تُنشأ المطابق.
- أماكن المطابق وأرقامها.
- مواقع المنشآت المقامة على الخط.
- مواقع عبور العوائق المختلفة (سكك حديدية - مجارى مائية - ترع ومصارف - طرق رئيسية).
- توصيلات المباني المختلفة على خطوط المواسير.
- أساسات المواسير ومناسيبها.



شكل رقم (15-2)

القطاعات الطولية لمواسير مياه الصرف الصحي بالانحدار الطبيعي

أنواع مواسير شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

هناك بعض العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند اختيار نوع المواسير المستخدمة في شبكات تجميع مياه الصرف الصحي ويمكن ذكر هذه العوامل كما يلي:

- خواص مياه الصرف الصحي التي تحملها المواسير.
- العمر الافتراضي لنوع المواسير وعلاقته بالفترة التصميمية للمشروع.
- مدى مقاومة المواسير للنحر نتيجة السرعات العالية.
- التآكل نتيجة الأحماض المتواجدة داخل المواسير وخاصة في الجزء العلوى الداخلى.
- السهولة في النقل والمناولة والتركيب وتحمل المواسير للأحمال المؤثرة عليها داخلياً وخارجياً.
- نوع الوصلات المستخدمة لهذا النوع وسهولة تركيبها.
- مسامية مادة المواسير.
- الأقطار والنوعية المتاحة.
- أسعار المواسير.

ومن الصعب أن تتوفر جميع الاحتياجات في نوع واحد من الأنواع المختلفة ولذلك فإنه يتم اختيار أنسب هذه الأنواع طبقاً لظروف المدينة.

وعموماً فإن أنسب أنواع المواسير بالانحدار الطبيعى والتي تستخدم في تجميع مياه الصرف الصحي هي مواسير الفخار المزجج، والبلاستيك، والألياف الزجاجية (الفيرجلاس)، والمواسير الخرسانية. وسنتناول فيما يلي هذه الأنواع الأربعة مع تلخيص مميزات وعيوب كل نوع منها.

مواسير الفخار المزجج

هي مواسير مصنوعة من خليط متجانس من الطين المحروق في درجة

حرارة لا تقل عن 1100 درجة مئوية، وهي مزججة من الداخل والخارج بطبقة شبيهة بالزجاج (محلول كلوريد الصوديوم). وينتج هذا النوع من المواسير بأطوال تتراوح من 1.00 متر إلى 2.00 متر وبأقطار تتراوح من 100 مم إلى 1000 مم.

مواسير البلاستيك uPVC

هى مواسير مصنوعة من مادة بولى كلوريد الفينيل غير اللدن وبعض المواد المضافة غير السامة. وينتج هذا النوع من المواسير فى مصر بأطوال 3، 6، 9 أمتار، وبأقطار حتى 400 مم.

مواسير الألياف الزجاجية (الفيبر جلاس)

هى مواسير مصنوعة من خليط مكون من الآتى:

- بولى إستر، وهو راتنج سائل كمادة لاصقة.
- ألياف الزجاج المعروفة بالـ E. Galss، وتستخدم على هيئة خيوط

مركبة من شعيرات مستمرة، متوسط قطر الشعيرة حوالى 15 ميكرون.

- شرائط رقيقة من ألياف الزجاج المعروفة بالـ C Glass، مصنوعة من شعيرات دقيقة منسوجة من الزجاج المحتوى على نسبة عالية من أكسيد السليكون (66%)، وتستخدم فى بناء الطبقة الداخلية والخارجية للمواسير.
- رمل الكوارتز، ويحتوى على 95% أكسيد سيليكون، ويستخدم فى التصنيع كمادة مالئة، وتختلف نسبة إضافته حسب نوعية المواسير.

ويتم تصنيع هذا النوع من المواسير فى مصر بأطوال من 6 إلى 12 متراً وأقطار من 200 مم إلى 1800 مم.

المواسير الخرسانية

تنتج محلياً بأقطار تبدأ من 600 مم وتصنع من الخرسانة العادية أو الخرسانة المسلحة. وهناك أنواع منها تصنع من الخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد. ويستخدم الأسمنت المقاوم للكبريتات فى صناعة هذه المواسير، كما يتم دهانها من الداخل والخارج بالبيتومين الساخن، أو تبطينها بطبقات من البلاستيك.

عدايات شبكات الانحدار

عداية ترعة او مصرف

(اقل مسافة مسموح بها بين قاع المجري المائي والراسم العلوي للماسورة = 1.5 متر)

- عداية طريق

(اقل مسافة مسموح بها بين منسوب الطريق والراسم العلوي للماسورة = 2 متر)

- عداية سكة حديد

(أقل مسافة مسموح بها بين منسوب السكة الحديد والراسم العلوي للماسورة = 3 متر)

المطابق:

تنشأ المطابق على خطوط المواسير فى الحالات الآتية:

- تغير قطر الماسورة.
 - تغير نوع الماسورة.
 - تغير اتجاه الماسورة.
 - تغير ميل المواسير.
 - تقاطعات الشوارع.
 - تقابل ماسورتين أو أكثر.
 - تغير منسوب الماسورة.
 - على مسافات مناسبة على طول الخط تتوقف على قطر الماسورة لإجراء أعمال الصيانة.
- . ويوضح الجدول رقم (2-16) العلاقة بين قطر الماسورة والمسافة بين المطابق. ويوضح الشكل رقم (2-17) مطبقاً نموذجياً.

أكبر مسافة بين مطبقين (متر)	قطر الخط (مم)
٣٠	١٧٥ - ٢٠٠
٥٠	٢٠٠ - ٣٠٠
٦٠	٣٠٠ - ٤٠٠
١٠٠	٤٠٠ - ٩٠٠
١٥٠	٩٠٠ - ١٢٠٠
٢٠٠	أكبر من ١٢٠٠

جدول رقم (2-16)

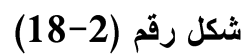
العلاقة بين قطر ماسورة والمسافة بين المطابق

وينبغي إضافة مطبق بهدار إذا كانت الماسورة الداخلة للمطبق أعلى بمتز واحد أو أكثر من الماسورة الخارجة من المطبق. ويكون الهدار من النوع الخارجى الموضح بالشكل رقم (2-18).

[illegible]

شكل رقم (2-17)

مطبق نموذجي



مطابق به دار

أعمال نقل مياه الصرف الصحي (محطات الرفع وخطوط الطرد)

محطات رفع مياه الصرف الصحي

إختيار مواقع محطات الرفع

قبل عمل تخطيط عام لتصميم نظام صرف صحي لخدمة مناطق معينة بما فى ذلك محطات الرفع وخطوط الطرد لابد من توافر الشروط والدراسات الآتية:

- 1- شروط مواقع محطات الرفع.
- 2- تحديد المناطق المخدومة.
- 3- الأعمال المساحية والطبوغرافية ودراسة التربة.

شروط مواقع محطات الرفع

يجب أن تتوافر بمواقع محطات الرفع الشروط التالية:

- 1- أن تكون المواقع فى أماكن ذات مناسيب منخفضة لتقليل تكاليف الإنشاء سواء للشبكات أو للمحطة، ويفضل أن تتوسط المحطة منطقة الصرف بقدر المستطاع.
- 2- يفضل أن تكون المواقع فى أراض مملوكة للدولة لتفادى إجراءات نزع الملكية.
- 3- مراعاة أن لا تتقاطع مسارات شبكة الانحدار التى تخدم هذا الموقع مع العوائق المائية ذات الأعمال الكبيرة كلما أمكن ذلك.
- 4- أن يكون الطريق المؤدى للمحطة والمارة به خطوط الانحدار المؤدية إليها، وخطوط الطرد، بعرض كاف لاستيعاب هذه الخطوط، مع سهولة الوصول للمحطة، وتجنب الطرق السريعة كمسارات للخطوط قدر الإمكان.
- 5- عدم وجود عوائق بالموقع (أنابيب غاز - خطوط كهرباء ...).
- 6- أن يكون الموقع قريباً قدر الإمكان من أماكن التغذية بالكهرباء والمياه.
- 7- يراعى ألا يزيد عمق ماسورة الداخل للمحطة على 6.5 متر فيما عدا الحالات التى تتطلب الدراسة الفنية والاقتصادية لها زيادة العمق عن ذلك.
- 8- أن يكون الموقع بعيداً عن المنشآت القائمة بمسافة كافية.
- 9- مراعاة النواحي البيئية مع تجنب تداخل المحطة مع مواقع منشآت التغذية بمياه الشرب على وجه الخصوص.

تحديد المناطق المخدومة

يعتمد إعداد المخطط العام لشبكات تجميع المخلفات السائلة للمدينة على المخطط العمراني والتخطيط الهيكلي وطبوغرافية المنطقة. ويراعى عند إعداد المخطط العام لهذه الشبكات الاستفادة الكاملة من طبوغرافية المنطقة لتقليل عدد محطات الرفع إلى أقل عدد ممكن. وتخدم كل محطة منطقة معينة ويفضل أن تكون هذه المنطقة خالية من العوائق (سكة حديد - ترع)، وتضخ هذه المحطات المياه مباشرة إلى محطات المعالجة (محطات رئيسية) أو أى محطة أخرى قريبة أو إلى المجمعات الرئيسية (محطات فرعية).

الأعمال المساحية والطبوغرافية ودراسة التربة

قبل البدء فى أعمال التصميم لأعمال تجميع وصرف المخلفات السائلة يجب الحصول على البيانات التالية:

- خرائط طبوغرافية للمدينة والمناطق المجاورة موضحاً عليها مناسيب الطرق كل 25 متراً، وأيضاً الرفع المساحى لمواقع محطات الرفع ومحطة المعالجة.
- خرائط كنتورية شاملة للمدينة.
- الكثافات السكانية حالياً ومستقبلاً.
- خرائط تفصيلية تشمل مخارج الصرف من المباني إذا أمكن.
- قطاعات تفصيلية تبين مواقع المرافق الأخرى مثل خطوط المياه والكهرباء والتليفون والغاز وغيرها إذا وجدت.
- تحديد المجارى المائية القريبة من المنطقة التى سوف ينشأ فيها المشروع وأماكن الصرف عليها إذا أمكن.
- قطاعات طولية (جسات) تبين طبيعة وخصائص التربة والطبقات الصخرية ومنسوب المياه الجوفية وأيضاً التحليل الكيميائى للتربة.

تحديد أنواع محطات الرفع

تصب شبكات الصرف الصحي تصرفاتها في بئارة تجميع حيث يتم تركيب الطلمبات إما مباشرة في هذه البئارة (بئر مبتل) أو يخصص جزء من البئارة (بئر مبتل) أو يخصص جزء من البئارة لتركيب الطلمبات (بئر جاف) وتتؤخذ العوامل الآتية عند تحديد نوع المحطة:-

- المساحة المتاحة لمحطة الرفع
- نوع التربة بموقع المحطة
- كمية التصريفات الواردة للمحطة

وبذلك تقسم محطات الرفع لمياه الصرف الصحي طبقاً لنوع البيرة وشكلها والقدرة الإستيعابية كالتالي:

نوع البيرة

- بيرة جافة

تستخدم في محطات الرفع ذات التصريفات المتوسطة والكبيرة

- بيرة مبتلة

تستخدم في محطات الرفع ذات التصريفات الصغيرة والمتوسطة

شكل البيرة

يتم تحديد شكل البيرة مستطيلة أو مستديرة طبقاً لنوعية التربة ومنسوب المياه الجوفية وأسلوب الإنشاء المتبع ويمكن تقسيم البيرة من الداخل حسب نوع الطلبات المستخدمة.

القدرة الإستيعابية (السعة)

- التصريفات الصغيرة حتى 40 لتر/ ثانية

- التصريفات المتوسطة من 40 إلى 300 لتر/ ثانية

- التصريفات الكبيرة أكبر من 300 لتر/ ثانية

الطلبات المستخدمة بمحطات رفع الصرف الصحي

يتم الرجوع للبند 4 بالفصل الأول صفحات أرقام (39 إلى 41) بالإضافة إلى بعض الأجزاء التالي إيضاحها نظراً

لإختلاف الطلبات المستخدمة بمنظومة مياه الشرب عن منظومة الصرف الصحي نذكر منها ما يلي:

تحديد متطلبات التصميم للطلبة (Design requirements): يراعى عند توصيف الطلبات المطلوبة لمحطة الرفع

تحديد الآتى:

- 1- نوع الطلبة.
- 2- سرعة الدوران.
- 3- سرعة دخول المياه إلى فتحة السحب (فتحة المص للطلبة).
- 4- قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها داخل الطلبة.
- 5- خامات التصنيع لأجزاء الطلبة.
- 6- طريقة تركيب الطلبات.

1- أنواع الطلمبات المستخدمة في محطات الصرف الصحي (Type of pump):

○ يُحدد نوع الطلمبة المستخدمة طبقاً للرفع الكلى للمحطة، وتستخدم الأنواع التالية:

- الطلمبات الطاردة المركزية Centrifugal Pumps
- الطلمبات الحلزونية Screw Pumps
- الطلمبات موجبة الإزاحة Positive Displacement Pumps
- الطلمبات التي تعمل بدفع الهواء Air Lift Pumps

في حالة استخدام الطلمبات الطاردة المركزية يتم تحديد نوعها طبقاً للآتى:

- تستخدم الطلمبات ذات التصريف القطرى (Radial flow) فى حالة القيم العالية للرفع (أكثر من 40 متراً).
- تستخدم الطلمبات ذات التصريف المختلط (Mixed flow) فى حالة القيم المتوسطة للرفع (من 10-40 متراً).
- تستخدم الطلمبات ذات التصريف المحورى (Axial flow) فى حالة القيم الصغيرة للرفع (أقل من 10 متراً).

في روافع مياه الصرف الصحي التي تستخدم الطلمبات الطاردة المركزية يتم إختيار الطلمبات ذات التصريف المختلط والمحوري (Mixed & Axial Flow).

2- سرعة الدوران (Speed): تُحدد سرعة دوران الطلمبة طبقاً لاعتبارات التصميم المُعدّة بمعرفة المنتج. ويراعى فى اختيار سرعة الدوران تحقيق أعلى كفاءة ممكنة للطلمبة عند نقطة التشغيل المحددة، ومدى تحمل الأجزاء الدوارة للسرعات العالية ومعدل استهلاكها، ونوعية المواد المستخدمة فى التشحيم، ومعدلات البرى لكراسى الارتكاز، والخامات المستخدمة فى تصنيع الطلمبة، بالإضافة إلى طبيعة السوائل المراد ضخها، ومدى احتوائها على مواد صلبة ورمال.

وعادة ما تكون سرعة الطلمبات الصغيرة (ذات التصريف الأقل من 50 لتر/ ث) عالية فى حدود 1500 - 3000 لفة/ د. أما الطلمبات الكبيرة التي يزيد تصريفها عن 50 لتر/ ث فتكون سرعتها صغيرة من 750 - 1500 لفة/ د وذلك حتى يكون حجم المحرك مناسباً.

3- سرعة دخول المياه إلى فتحة السحب: يجب ألا تزيد سرعة دخول المياه عند فتحة السحب (المص) للطلمبة عن 4.5 متر/ ثانية عند نقطة التشغيل التصميمية.

4- قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها داخل الطلمبة: يحدد قطر الأجسام الصلبة المسموح بمرورها عبر مروحة الطلمبة على أساس قطر فتحة السحب المنتظرة (حسب كميات التصريفات)، والسرعة المسموح بها فى مواسير

السحب، وقطر فتحة سحب الطلمبة. وتؤخذ في الاعتبار نوعية مروحة الطلمبة، وكفاءة الطلمبة، حيث تقل الكفاءة بزيادة حجم المواد الصلبة المسموح بمرورها.

وفي المعتاد يكون قطر المواد الصلبة المسموح بها كالتالى:

- للطللمات ذات التصرف حتى 30 ل/ث 30 مم
- للطللمات ذات التصرف من 30 - 100 ل/ث 50 مم
- للطللمات ذات التصرف من 100 - 200 ل/ث 75 مم
- للطللمات ذات التصرف من 200 - 400 ل/ث 100 مم
- للطللمات ذات التصرف أكبر من 400 ل/ث أكبر من 100 مم

5- خامات التصنيع لأجزاء الطلمبة (Construction materials): تؤخذ مواد التصنيع الآتية في الاعتبار في حالة طلب طلمبات للاستخدامات العادية في رفع المخلفات السائلة للصرف الصحي:

- جسم الطلمبة : حديد زهر
- المروحة : حديد زهر
- عامود الإدارة : صلب غير قابل للصدأ
- حلقات التآكل : برونز

وفي حالة طلب طلمبات لاستخدامات خاصة أو في حالة احتواء السوائل المراد رفعها على مواد كيميائية (أحماض أو قلويات) فإنه ينصح بمراجعة هذه الخامات مع الشركات المنتجة لتحديد الخامات المناسبة.

6- طريقة تركيب الطلمبات (Pump installation): يتم تحديد طريقة تركيب الطلمبات وبالتالي تصميم بيارات السحب طبقاً للآتى:

- التركيب في الوضع الرأسى باتصال مباشر بين الطلمبة والمحرك.

وتستخدم هذه الطريقة في حالة أعماق السحب الصغيرة والتي لا تزيد على 5 أمتار تحت سطح الأرض.

التركيب في الوضع الرأسى عن طريق استخدام أعمدة كردان للتوصيل بين الطلمبة والمحرك، بحيث يتم تركيب المحركات أعلى منسوب سطح الأرض. وتستخدم هذه الطريقة في حالة أعماق السحب الكبيرة والتي تزيد عن 5 أمتار تحت سطح الأرض، أو في حالة احتمال تعرض موقع المحطة للغرق. ولا يسمح بزيادة زاوية الميل لأعمدة الكردان عن 3° (ثلاث درجات) على الرأسى.

تصميم خطوط الطرد

يتم نقل مياه الصرف الصحي - المتجمعة في البئر المبتل لمحطات الضخ - بواسطة الطلمبات عبر مواسير الطرد إلى موقع وحدات المعالجة.

التصميم الهيدروليكي لخطوط مواسير الطرد

تستخدم معادلة (هازن - ويليامز) لتصميم خطوط الطرد والمواسير الصاعدة والتي ورد ذكرها سابقاً في الجزء الخاص بالمعادلات الهيدروليكية الخاصة بالتصميم

المواسير المستخدمة في خطوط الطرد

- 1- مواسير الحديد الزهر المرن (Ductile cast iron pipes).
- 2- المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد (Prestressed concrete pipes).
- 3- مواسير الفيبر جلاس ("GRP" Glassfiber reinforced pipes).
- 4- مواسير البلاستيك (uPVC pipes).
- 5- مواسير الزهر الرمادي (Gray cast iron pipes).

بحوث التربة: ويجب عمل الأبحاث والتحليل الخاصة بالتربة لتصنيف التربة هل هي:

- تربة ضعيفة العدوانية.
- تربة متوسطة العدوانية.
- تربة عدوانية.
- تربة شديدة العدوانية.

وذلك بناءً على العناصر الكيميائية الموجودة بالتربة، وبالتالي يمكن تحديد الطرق المثلى لحماية المواسير خارجياً. وقد أصدرت وزارة الإسكان في مصر قراراً وزارياً يحدد طرق حماية المواسير المختلفة في كل حالة من حالات التربة السابق ذكرها. كما تفيد أبحاث التربة أيضاً في تحديد نوع الفرشة تحت المواسير.

إعتبارات فنية عند التصميم

- يراعى ألا يقل قطر الماسورة المستخدمة عن 200 مم.
- يفضل أن تتراوح قيم السرعات في مواسير الإنحدار من 0.6 إلى 1.5 م/ث
- يجب ألا تقل سرعة السريان داخل خطوط الطرد عن 1 م/ث لسرعة توصيل مياه المخلفات قبل حدوث تفاعلات لاهوائية فيها، وألا تزيد عن 1.5 م/ث. لتفادي زيادة الاحتكاك الذي يقلل العمر الافتراضى للمواسير، ولتجنب الوصول إلى السرعة المثلى.
- يمكن أن تصل السرعة في خطوط الطرد إلى حوالي 3 م/ث وذلك في حالات أطوال خطوط الطرد الصغيرة (أقل من 1 كم) أما في حالات أطوال خطوط الطرد الطويلة (أكثر من 3 كم) محذور أن تصل السرعة إلى أكثر من 1.5 م/ث).
- ينبغي أن يتطابق التصرف التصميمى لخطوط الطرد مع التصرف التصميمى للطللمات. ويجب أن يتم حساب السرعة في خطوط الطرد في حالة تشغيل طلمبة أو اثنتين أو أكثر وذلك حسب التصرف (أدنى- أقصى - أو متوسط).
- يجب عمل تحليل للمطرقة المائية (Surge analysis) لتحديد الأماكن التي تتعرض لضغوط سلبية (Negative pressures) بحيث يتم حماية الخطوط بإضافة أجهزة حماية المطرقة المائية (Anti hammer devices).

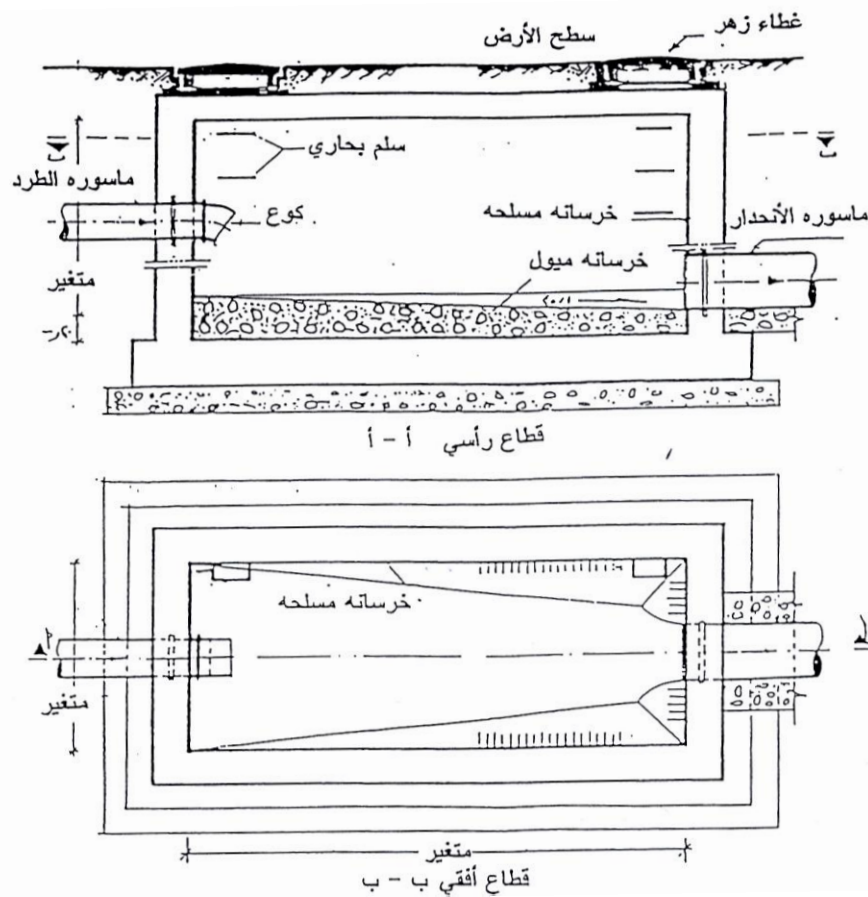
ومن أمثلة هذه الأجهزة:

- خزان الحماية من المطرقة المائية (Surge tank).
 - محابس الهواء (Air/Vacuum release valves – Air release valves)
- توضع محابس الهواء الخاصة من النوع المستخدم في المجارى في الأماكن المرتفعة من خطوط الطرد لتسريب الهواء المحبوس الذي يتجمع بها، وكذلك محابس للغسيل في الأماكن المنخفضة لتصريف مياه المجارى من الخط عند إجراء الصيانة في حالة الكسر أو التنظيف. وتتغير أقطار محابس الهواء تبعاً لقطر خط الطرد مبينة بالجدول رقم (2-19).

قطر خط الطرد "مم"	قطر محبس الهواء "مم"
أقل من 400	65
400-600	100
700 – 900	150
1000	200

جدول رقم (2-19): تغير قطر محبس الهواء تبعاً لقطر خط الطرد

- فى حالة صب خطوط الطرد فى خطوط انحدار رئيسية يجب وضع غرف تهدة كما هو موضح بالشكل رقم (20-2)، عند نهاية خطوط الطرد لتقليل السرعة قبل الصب فى خطوط الانحدار. ويجب أن تصمم غرف التهدة على أساس مدة مكث من 10 إلى 60 ثانية ويكون طول الغرفة ثلاثة أمثال العرض. ويجب ألا يقل عرض غرفة التهدة عن ثلاثة أمثال قطر خط الطرد الداخلى للغرفة على ألا يقل عرض الغرفة بأى حال من الأحوال عن 1.2 م.
- لحماية ماسورة خط الطرد يجب ألا يقل الردم فوق الماسورة عن 1 متر. كما يجب تدعيم الخط بدعامات خرسانية عند الكيعان وذلك لمنع الخط من التحرك.
- عند الترع والمصارف والطرق الرئيسية والسكك الحديدية يجب إنشاء عدايات لماسورة خط الطرد طبقاً للقواعد المنصوص عليها من وزارة الري والأشغال العامة والموارد المائية وهيئة السكك الحديدية وكذلك هيئة الطرق والكبارى.



شكل رقم (20-2): غرفة التهدة

القطاعات الطولية لخطوط الطرد

توضح الخطوات التالية كيفية رسم القطاعات الطولية:

- يتم توقيع مسار خطوط الطرد من محطات الرفع إلى موقع محطة المعالجة على الخرائط المساحية (المساقط الأفقية) بمقياس رسم مناسب 1 : 500 أو مقياس رسم 1 : 1000.
- يتم تحديد مناسيب سطح الأرض على طول مسار خط الطرد كل 50 متراً.
- يتم إدخال هذه البيانات على الحاسب الآلي ويتم حساب الراسم السفلي لماسورة خط الطرد عند تغير منسوب سطح الأرض. وكذلك على مسافات متساوية كل 50 متراً.
- يتم وضع غرف محابس الهواء عند النقاط المرتفعة من خط الطرد ووضع غرف محابس الغسيل عند النقاط المنخفضة منه.
- يتم إدخال البيانات التي أعدت بواسطة الحاسب الآلي ليقرأها برنامج Auto Cad ليتم رسم القطاعات الطولية لخط الطرد المطلوب.

الملحق Annex

أمثلة التطبيق العملي على تصميم شبكات مياه الشرب والصرف الصحي

مثال رقم (1) تصميم شبكات مياه الشرب:

مطلوب حساب عدد السكان المستقبلي والتصرف والتصميم الهيدروليكي لخط مواسير ناقل لمياه الشرب لتجمع سكني جديد تعدادة الحالي 50,000 نسمة والخط يخدم فترة زمنية مقدارها 40 سنة ومن المتوقع أن تكون بالتجمع أنشطة صناعية وتجارية.

ملاحظة: إستخدم الآتي:

- طريقة معدل النمو في حساب عدد السكان المستقبلي، علماً بأن معدل الزيادة في السكان طبقاً لتعداد الجهاز المركزي للتعبئة العامة والإحصاء 2.5 %.

- متوسط الإستهلاك اليومي للفرد = 300 لتر/فرد/يوم. جدول (A-1)

- تصرف الحريق (Q_{fire}) = 40 لتر/ ثانية جدول (A-2)

- قم بتقريب نتائج حسابات التصرفات لأقرب ثلاثة أرقام عشرية.

الحل:

أولاً: تقدير عدد السكان في المستقبل

$$P_n = P_0 * (1+r)^n$$

$$P_n = 50,000 * (1+0.025)^{(40)}$$

$$P_n = 134,253 \text{ Capita}$$

ثانياً: حساب التصرفات التصميمية للخط حالياً ومستقبلاً

$$Q_{av} \text{ Present} = (50,000 * 300 \text{ l/c/d}) / (1000 * 24 * 3600) = 0.174 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{av} \text{ Future} = (134,253 * 300 \text{ l/c/d}) / (1000 * 24 * 3600) = 0.466 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{fire} = 40 \text{ l/s}$$

استخدم جدول رقم (A-3) في تعيين قيمة معامل الذروة (P.F)

$$\begin{aligned} Q_{\max \text{ daily}} (\text{Present}) &= P.F * Q_{av} \text{ Present} \\ &= 2 * 0.174 = 0.347 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\max \text{ daily}} (\text{Future}) &= P.F * Q_{av} \text{ Future} \\ &= 2 * 0.466 = 0.932 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{des1} (\text{Present}) &= Q_{\max \text{ daily}} (\text{Present}) + Q_{fire} \\ &= 0.347 + 0.04 = 0.387 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{des2} (\text{Future}) &= Q_{\max \text{ daily}} (\text{Future}) + Q_{fire} \\ &= 0.932 + 0.04 = 0.972 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

ملاحظة:

يراعى عند تحديد أقصى تصرفات يومية أن يؤخذ في الاعتبار التغيير في الإستهلاك بين فصلي الصيف والشتاء.
 ثالثاً: التصميم الهيدروليكي لخط مواسير مياه الشرب (تعيين قطر الخط، والميل الهيدروليكي، والسرعة)
 حالة التصميم للتصرف المستقبلي

$$Q_{des2} \text{ (Future)} = 0.972 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Assume: } V = 1 \text{ m/s}$$

بفرض السرعة

$$Q = A * V \implies ((\pi/4)*D^2)*1 = 0.972 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{There for: } D = 1112 \text{ mm}$$

$$\text{Choose } D = 1000 \text{ mm}$$

$$\text{Then: } V = 0.972 / ((\pi/4)*(1000/1000)^2)$$

$$= 1.237 \text{ m/s} \quad (< 1.5 \text{ m/sec}) \quad \text{OK}$$

نتأكد من أن السرعة في قطر الخط الذي تم اختياره في الحدود المسموح بها في الكود المصرى للشبكات ، وتطبق معادلة هازن ويليامز لتعيين السرعة والميل الهيدروليكي لخط المواسير بفرض أن مادة الصنع من المواسير الخرسانية سابقة الإجهاد (C=145). جدول (A-4)

$$V = 0.355 C D^{0.63} (H/L)^{0.54}$$

$$1.237 = 0.355 * 145 * (1)^{0.63} (H/L)^{0.54}$$

$$\text{Then: } H = 0.042 \text{ m when } L = 100 \text{ m}$$

مثال رقم (2) تصميم شبكات الصرف الصحي:

لنفس المدينة بالمثل السابق مطلوب حساب التصريف التصميمي والتصميم الهيدروليكي لمجمع مياه الصرف الصحي مشترك (يحمل التصريف الجاف الأقصى+ تصريف الرش+ تصريف الأمطار)، والذي يخدم المدينة علماً بأن طول خط المواسير 5 كم، وعرض الشارع 40م (مساحة منطقة الخدمة 20 هكتار)، مستخدماً منحنيات/ جدول التصميم المرفق، ويمكن إعتبار الآتي:

- شوارع المدينة مرصوفة جيداً (معامل فائض مياه الأمطار (C) = 0.8) جدول (A-5)

- معدل سقوط الأمطار (طبقاً للبيان الصادر عن الهيئة العامة للأرصاد) = 2 مم/ساعة

- معامل ماننج (n) = 0.013 جدول (A-6)

الحل:

من المثال السابق:

$$P_n = 134,253 \text{ Capita}$$

$$Q_{\text{av Water Future}} = 0.466 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{av Sewage Future}} = 0.8 * Q_{\text{av Water}} = 0.8 * 0.466 = 0.373 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{Max D.W.F Sewage Future}} &= P.F * Q_{\text{av Sewage Future}} \\ &= (1 + 14 / (4 + (134,253 / 1000))^{1/2}) * 0.373 \\ &= 0.708 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{\text{Min D.W.F Sewage Future}} &= 0.2 * (P_n / 1000)^{1/6} * Q_{\text{av Sewage Future}} \\ &= 0.169 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

$$\text{Take } Q_{\text{infiltration}} = 10 \% * Q_{\text{av Sewage}}$$

$$Q_{\text{infiltration}} = 10\% * 0.373 = 0.037 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{rain}} = C * I * A / 360$$

$$Q_{\text{rain}} = 0.8 * 2 * 20 / 360 = 0.089 \text{ m}^3/\text{sec}$$

حالة أقصى تصريف:

$$\begin{aligned} Q_{\text{design}} &= Q_{\text{Max D.W.F Sewage}} + Q_{\text{infiltration}} + Q_{\text{rain}} \\ &= 0.708 + 0.037 + 0.089 \\ &= 0.834 \text{ m}^3/\text{sec} \end{aligned}$$

تصميم خط مواسير الإنحدار

استخدم جدول (A-7) العلاقة بين نسبة الامتلاء وقطر ماسورة الصرف

بفرض أن قطر الماسورة أكبر من أو يساوي 700 مم

$$d/D=0.9 \text{ من منحنيات/ جداول التصميم} \Rightarrow q/Q_{full} = 1.0605 \text{ \& } v/V_{full} = 1.128$$

$$q/Q_{full} = 1.0605$$

$$q_{design}/Q_{full} = 1.0605 \Rightarrow 0.834/Q_{full} = 1.0605$$

$$Q_{full} = 0.786 \text{ m}^3/\text{sec}$$

$$\text{Assume } D = 700 \text{ mm} = 0.7 \text{ m}$$

$$\text{Then } V_{full} = Q_{full} / A = 0.786 / ((\pi/4)*(0.7)^2) = 2.04 \text{ m/s}$$

$$V_{max}/V_{full} = 1.128$$

$$V_{max} = 1.128 * V_{full} = 1.128 * 2.04 = 2.3 \text{ m/s} \quad (> 1.5 \text{ m/s}) \text{ not safe}$$

$$\text{Assume } D = 1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Then } V_{full} = Q_{full} / A = 0.786 / ((\pi/4)*(1)^2) = 1 \text{ m/s}$$

$$V_{max}/V_{full} = 1.128$$

$$V_{max} = 1.128 * V_{full} = 1.128 * 1 = 1.13 \text{ m/s} \quad (< 1.5 \text{ m/s}) \text{ safe OK}$$

Slope Calculation (Manning's Equation)

$$V_{full} = 1/n * R^{2/3} * S^{1/2} = 1/n * (D/4)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$1.001 = 1/0.013 * (1/4)^{2/3} * S^{1/2}$$

$$S = 0.0011$$

Check V_{min}

$$Q_{min}/Q_{full} = 0.169/0.786 \text{ من منحنيات/ جداول التصميم} \Rightarrow v_{min}/V_{full} = 0.796$$

$$V_{min} = 0.796 * 1.001 = 0.797 \text{ m/sec} \quad (> 0.6 \text{ m/sec}) \quad \text{OK}$$

مثال رقم (3)

منطقة سكنية يبلغ تعداد سكانها 10000 نسمة ومعدل استهلاك الفرد من المياه 130 ل/فرد/ يوم والمطلوب حساب أقصى إستهلاك يومي ($Q_{max. daily}$) (Q_{mh} Q_{mm}) بوحدة (لتر/ ثانية) مع إختيار المعامل المناسب الخاص بكل تصرف (1.4- 1.6- 2.5).

الحل:

$$Q_{av} = 130 * 10000 / (1000 * 86.4) = 15.04 \text{ L/Sec}$$

$$Q_{mm} = 1.4 * 15.04 = 21.06 \text{ L/Sec}$$

$$Q_{md} = 1.6 * 15.04 = 24.07 \text{ L/Sec}$$

$$Q_{mh} = 2.5 * 15.04 = 37.62 \text{ L/sec}$$

مثال رقم (5)

احسب التصرفات التصميمية المتوقعة بوحدة (ل/ث) لمدينة سكنية للمرحلة التصميمية خلال (40 عام) بأستخدام طريقة الزيادة السنوية إذا كان عدد السكان الحالي = 50000 نسمة ومعدل النمو السنوى 1.5 % سنويا إذا كان متوسط الاستهلاك اليومى 175 ل/فرد /يوم (بإستخدام بيانات الكود المصرى).

الحل:

$$P_n = P_o(1+r)^n = 50000(1+0.015)^{40} = 90700 \text{ capita}$$

$$\text{التصرف المتوسط} = 86.4 / 90700 * 0.175 = 183.7 \text{ ل / ث}$$

$$\text{التصرف الأقصى يومي} = 183.7 * 1.6 = 294 \text{ ل/ث}$$

$$\text{التصرف الأقصى شهري} = 183.7 * 1.25 = 229.63 \text{ ل/ث}$$

$$\text{التصرف الأقصى ساعة} = 183.7 * 2.25 = 413.3 \text{ ل/ث}$$

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك اليومي لتر/فرد/يوم	كمية الفاقد لتر/فرد/يوم	متوسط الاستهلاك الكلي لتر/فرد/يوم
1- عواصم المحافظات (المدن)	180	40-20	220-200
2- المراكز	150	30-15	180-165
3- القرى حتى 50000 نسمة	125	25-10	150-135
4- المدن الجديدة	280	صفر-20	300-280

جدول رقم (A-1)

متوسط الاستهلاك اليومي وكمية الفاقد خلال الشبكة

تعداد السكان (نسمة)	تصرف الحريق (ل/ث)	فترة الحريق (ساعة)
حتى ١٠,٠٠٠	٢٠	٢
١٠,٠٠٠ - ٢٥,٠٠٠	٢٥	٢
٢٥,٠٠٠ - ٥٠,٠٠٠	٣٠	٣
٥٠,٠٠٠ - ١٠٠,٠٠٠	٤٠	٣
١٠٠,٠٠٠ - ٢٥٠,٠٠٠	٥٠	٤
٢٥٠,٠٠٠ - ٥٠٠,٠٠٠	٦٠	٤
أكبر من ١,٠٠٠,٠٠٠	٧٠	٤
المناطق التجارية	٤٥	٦
المدارس والمستشفيات	٤٥	٦
المناطق الصناعية	٩٠	٦

جدول رقم (A-2)

تصرفات الحريق

م	عدد السكان (نسمة)	حضر	ريف (قرية واحدة أو مجموعة قرى)
1	حتى 50 000	2.25	2.0
2	100 000 – 50 000	2	1.80
3	500 000 – 100 000	1.80	1.60
4	1 000 000 – 500 000	1.40-1.60	–
5	1 000 000 فأكثر	1.20-1.40	–

جدول رقم (A-3) قيم معامل الذروة

المستخدم في حساب التصرف التصميمي

م	نوع الماسورة	معامل C
1	فخار مزجج	130 – 120
2	بلاستيك	155 – 150
3	بولستر مسلح بألياف الزجاج	155 – 150
4	خرسانة مسلحة	145 – 110
5	خرسانة سابقة الإجهاد	145 – 140
6	خرسانة عادية	130 – 100
7	اسبستوس أسمنتى	140 – 130
8	زهر مرن	145 – 140
9	صلب	145 – 140

جدول رقم (A-4)

قيم معامل الاحتكاك (C) في معادلة هازن – ويليامز

نوع السطح	قيمة "c"
الأسطح والشوارع المرصوفة جيداً	٠,٩٥ - ٠,٧٠
التربة والشوارع غير المرصوفة	٠,٢٠ - ٠,١٠
المناطق السكنية (مستوية)	٠,٥٠ - ٠,٣٠
المناطق السكنية (جبلية)	٠,٧٠ - ٠,٥٠
المناطق الصناعية (صناعات خفيفة)	٠,٦٥ - ٠,٥٥
المناطق الصناعية (صناعات ثقيلة)	٠,٨٠ - ٠,٦٠

جدول (A-5)

معامل فائض مياه الأمطار (C)

م	نوع الماسورة	معامل الاحتكاك (n)
1	اسبستوس أسمنتى	0.015 - 0.011
2	مجارى خرسانية	0.018 - 0.012
3	مواسير زهر غير مبطنة	0.015 - 0.012
4	مواسير زهر مبطنة بالأسفلت	0.015 - 0.011
5	مبطنة بمونة الأسمنت	0.015 - 0.011
6	مواسير خرسانية	0.016 - 0.012
7	مواسير بلاستيك	0.015 - 0.011
8	مواسير فخار مزجج	0.017 - 0.010

جدول رقم (A-6)

قيم معامل الاحتكاك (n) فى معادلة ماننج

شبكات الصرف المشتركة

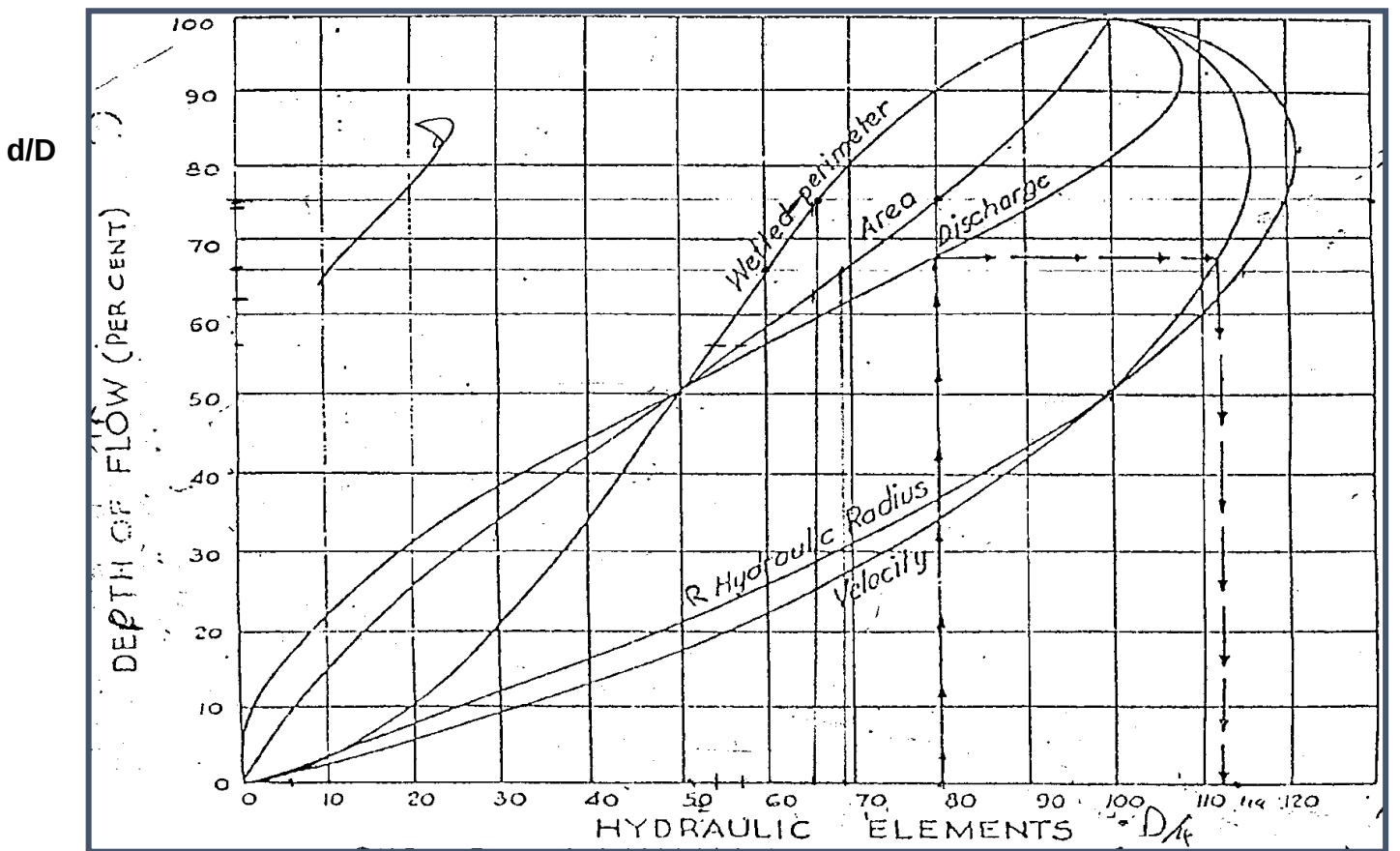
نسبة الامتلاء	قطر الماسورة (مم)
٠,٧٥	أقل من ٧٠٠ مم
٠.٩	أكبر من أو يساوي ٧٠٠ مم

شبكات الصرف المنفصلة

نسبة الامتلاء	قطر الماسورة (مم)
٠,٦٧	أقل من ٧٠٠ مم
٠.٧٥	أكبر من أو يساوي ٧٠٠ مم

جدول رقم (A-7)

العلاقة بين نسبة الامتلاء وقطر ماسورة الصرف



$$Q/Q_f - V/V_f - A/A_f - P/P_f$$

Hydraulic Design Chart

Hydraulic Design Table (d/D_f - v/V_f)

q/Q_f	d/D_f	q/Q_f	d/D_f
0.0002	0.01	0.5685	0.55
0.0007	0.02	0.5857	0.56
0.0016	0.03	0.603	0.57
0.003	0.04	0.6202	0.58
0.0048	0.05	0.6374	0.59
0.0071	0.06	0.6546	0.6
0.0098	0.07	0.6718	0.61
0.013	0.08	0.6889	0.62
0.0167	0.09	0.706	0.63
0.0209	0.1	0.7229	0.64
0.0255	0.11	0.7397	0.65
0.0306	0.12	0.7564	0.66
0.0361	0.13	0.773	0.67
0.0421	0.14	0.7893	0.68
0.0486	0.15	0.8055	0.69
0.0555	0.16	0.8215	0.7
0.0629	0.17	0.8372	0.71
0.0707	0.18	0.8527	0.72
0.0789	0.19	0.868	0.73
0.0876	0.2	0.8829	0.74
0.0966	0.21	0.8976	0.75
0.1062	0.22	0.9119	0.76
0.116	0.23	0.9258	0.77
0.1263	0.24	0.9394	0.78
0.137	0.25	0.9524	0.79
0.148	0.26	0.9652	0.8
0.1594	0.27	0.9775	0.81
0.1712	0.28	0.9892	0.82
0.1834	0.29	1.004	0.83
0.1958	0.3	1.011	0.84
0.2086	0.31	1.0211	0.85
0.2217	0.32	1.0304	0.86
0.2352	0.33	1.0391	0.87
0.2489	0.34	1.0471	0.88
0.2629	0.35	1.0542	0.89
0.2772	0.36	1.0605	0.9
0.2918	0.37	1.0658	0.91
0.3066	0.38	1.0701	0.92
0.3217	0.39	1.0732	0.93
0.337	0.4	1.0752	0.94
0.3525	0.41	1.0757	0.95
0.3682	0.42	1.0745	0.96
0.3841	0.43	1.0714	0.97
0.4003	0.44	1.0657	0.98
0.4165	0.45	1.0567	0.99
0.433	0.46	1.0419	1
0.4495	0.47	1	
0.4662	0.48		
0.4831	0.49		
0.5	0.5		
0.517	0.51		
0.534	0.52		
0.5513	0.53		

q/Q_f	v/V_f	q/Q_f	v/V_f
0.0002	0.089	0.5685	1.0319
0.0007	0.1408	0.5857	1.0393
0.0016	0.1839	0.603	1.0464
0.003	0.2221	0.6202	1.0533
0.0048	0.2569	0.6374	1.0599
0.0071	0.2892	0.6546	1.0663
0.0098	0.3194	0.6718	1.0724
0.013	0.3481	0.6889	1.0783
0.0167	0.3752	0.706	1.0839
0.0209	0.4102	0.7229	1.0893
0.0255	0.426	0.7397	1.0944
0.0306	0.45	0.7564	1.0993
0.0361	0.473	0.773	1.1039
0.0421	0.4953	0.7893	1.1083
0.0486	0.5168	0.8055	1.1124
0.0555	0.5376	0.8215	1.1162
0.0629	0.5578	0.8372	1.1198
0.0707	0.5775	0.8527	1.1231
0.0789	0.5965	0.868	1.1261
0.0876	0.6151	0.8829	1.1288
0.0966	0.6331	0.8976	1.1313
0.1062	0.6507	0.9119	1.1335
0.116	0.6678	0.9258	1.1353
0.1263	0.6844	0.9394	1.1369
0.137	0.7007	0.9524	1.1382
0.148	0.7165	0.9652	1.1391
0.1594	0.732	0.9775	1.1397
0.1712	0.747	0.9892	1.14
0.1834	0.7618	1.004	1.1399
0.1958	0.7761	1.011	1.1395
0.2086	0.7901	1.0211	1.1387
0.2217	0.8038	1.0304	1.1374
0.2352	0.8172	1.0391	1.1358
0.2489	0.8302	1.0471	1.1337
0.2629	0.843	1.0542	1.1311
0.2772	0.8554	1.0605	1.128
0.2918	0.8675	1.0658	1.1243
0.3066	0.8794	1.0701	1.12
0.3217	0.8909	1.0732	1.115
0.337	0.9022	1.0752	1.1093
0.3525	0.9132	1.0757	1.1027
0.3682	0.9239	1.0745	1.095
0.3841	0.9343	1.0714	1.0859
0.4003	0.9445	1.0657	1.0751
0.4165	0.9544	1.0567	1.0618
0.433	0.964	1.0419	1.0437
0.4495	0.9734	1	1
0.4662	0.9825		
0.4831	0.9914		
0.5	1		
0.517	1.0084		
0.534	1.0165		
0.5513	1.0243		

المراجع:

- الكود المصري لأسس تصميم وشروط التنفيذ لخطوط المواسير المستخدمة في شبكات مياه الشرب والصرف الصحي إصدار مايو 2010

- الكود المصري لأسس تصميم وشروط التنفيذ لمحطات تنقية مياه الشرب والصرف الصحي ومحطات الرفع إصدار 2018

- Water& Wastewater Management Program_GIZ

تم إعداد وتعديل المادة العلمية من خلال :-

مهندس / حازم ركابي عوض الله	شركة مياه الشرب بالإسكندرية
مهندسة / أميرة السعيد الخولي	شركة الصرف الصحي بالإسكندرية
مهندس / محمد علي أبو شنب	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالبحيرة
مهندس/ ماجد مكرم روفائيل	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالمنوفية
مهندسة / نانسي لطفي رمزي	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالمنوفية
مهندس / وليد محمد السيد	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة
مهندسة / عزيزة السيد عبد الله	شركة مياه الشرب والصرف الصحي بالجيزة

للاقتراحات والشكاوى قم بمسح الصورة (QR)

