الشركة القابضة
لمياه الشرب والصرف الصحى

برنامج المسار الوظيفي
للعاملين بقطاع مياه الشرب والصرف الصحي

دليل
المتدرب

البرنامج التدريبي
لمهندس تخطيط وتطوير

التحليل الهيدروليكي - الدرجة الثالثة

حقوق الطبع محفوظة
الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
الإدارة العامة للمسار الوظيفي - إدارة المناهج

تم إعداد المادة بواسطة الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي
قطاع تنمية الموارد البشرية - الإدارة العامة لتخطيط المسار الوظيفي V2 February 2020

الفهرس

الباب الأول:- منظومة وأعمال مياه الشرب 4
1. أسس تصميم شبكات ميـــاه الشـــرب..... 5
1.1 التنبؤ بعدد السكان 5
2.1 حساب معـــدلات الاستهلاك المختلفة 8
3.1 حساب التصرفات التصميميـــــة 13
4.1 عمل الدراسات الميدانيـــــة..... 13
2. المبادئ الهيدروليكية الأساسية..... 15
3. تخطيط شبكات توزيع مياه الشرب..... 17
1.3 متطلبات الأمـــان فى أعمـــــال توزيع المياه..... 17
2.3 النظم الهندسية للتغذية بميـــاه الشرب..... 18
3.3 شبكـــة توزيـــع الميـــــــاه..... 20
4.3 تخطيط شبكة توزيـــع مياه الشرب 20
5.3 منشآت تخزين مياه الشرب..... 23
6.3 التصميم الهيدروليكى لشبكات توزيع مياه الشرب..... 25
7.3 المعـــــــادلات الهيدروليكيـــة التى تربط بين المتغيرات الرئيسية 29
8.3 خطوات التصميم الهيدروليكى لشبكات مياه الشرب الجديدة 31
9.3 الشروط الفنيـــة لشبكات التوزيع..... 32
10.3 القطر الإقتصادي للمواسير 33

11.3 الضغـــط فـــى شبكات التوزيع 35

12.3 فواقد الطاقة Energy Losses 35

13.3 أنواع المحابس 38

14.3 عناصر شبكات توزيع المياه Pipe Networks الشائعة الاستخدام في برامج النمذجة 39

4. الطلمبات 40

الباب الثاني:- منظومة وأعمال الصرف الصحي 46

2. مصـــادر ميـــاه الصرف الصحى 47

1.2 المخطط التوضيحى لمنظومة الصرف الصحى 48

أنـــواع شبكـــات تجميـــع ميـــــاه الصرف الصحى 49

أنظمـــة تخطيط شبكـــات تجميع مياه الصـــرف الصحـــى 52

خطوات تخطيـــط شبكـــة الصـــرف الصحـــى فـــــى منطقة المشروع 54

اشتراطات يجب أخذهـــا فـــــى الاعتبار عنـــد تصميم مواسير الإنحدار 63

القطاعات الطولية لمواسير الانحدار 66

أنواع مواسيـــر شبكات تجميع مياه الصرف الصحـــى 68

المطـــــابق 70

ثانياً: أعمـــال نقل مياه الصرف 74

محطات الرفع وخطوط الطرد 74

الطلمبات المستخدمة بمحطات رفع الصرف الصحي 70

الملحق Annex 76

المراجع 94

الباب الأول

منظومة وأعمال مياه الشرب

أسس تصميم شبكات ميـــاه الشـــرب

تعتبر البيانات الأساسية اللازمـــة لتصميم شبكات ميـــاه الشـــرب والصرف الصحي والتي يتم الحصول عليها عن طريق الدراسات المبدئية هى مدخلات لعملية تصميم ناجحة؛ تحقق الهدف المصممة من أجله الشبكة. ولما كانت شبكات توزيع مياه الشرب تُنشأ لخدمة مجتمع فى فترة تصميمية لا تقل فى 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 فى 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 بعـــدد الســـــكان

لما كان خط المواســـير الذى يستخدم فى نقل مياه الشرب أو الصرف الصحي الحاليـــة والمستقبليـــة ذا عمر إفتراضى يتراوح بين 30 & 50 سنة فإنه يجب تقدير عدد السكان طوال المدة التى يخدم فيها الخط بدقة كافية؛ حتى لا تسبب زيادة التقدير حدوث زيادة فى أقطار المواسير وبالتالى زيادة تكاليف الخط، وحتى لا يسبب نقص التقدير حدوث قصور فى خدمة الإمداد بالمياه أو الصرف الصحي اللازمة.

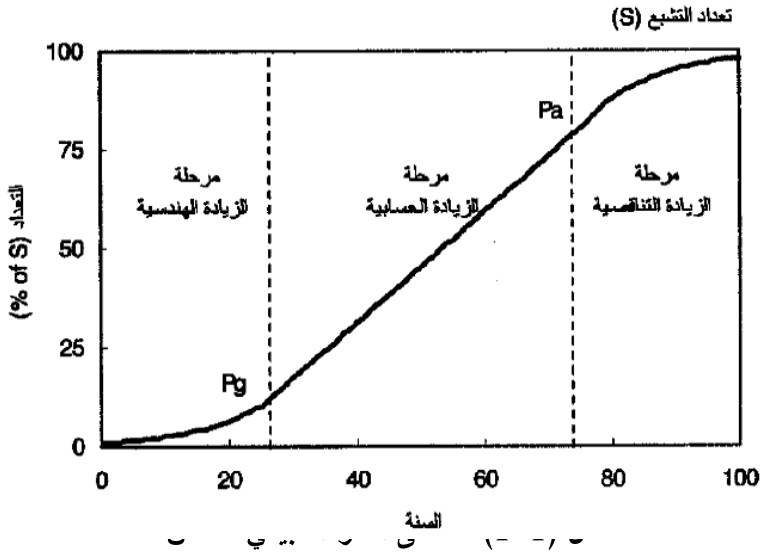
والطرق المستخدمة فى التنبؤ بعدد السكان هى:

- 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 الآتي 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:

$$Ln\ P_n = Ln\ P_o + K_g\ (tn - to)$$

i. مرحلة الإستقرار (النمو) – الزيادة الحسابية Arithmatic Increase

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

$$P_n = P_o + K_a\ (tn - to)$$

حيث:

P_n = التعداد الذى 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 فى الطريقة الهندسية (متزايد)

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

ln = اللوغاريتم الطبيعي للأساس صفر

- مرحلة التشبع
- الزيادة التناقصية

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 الإعتبار 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.

$$P_n = pop.density \times Area$$

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

Area : نطاق خدمة المشروع (هكتار)

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

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 كالآتي :

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

حيث: **r** : معدل الزيادة السنوية

n : فرق السنوات بين سنة الهدف للمشروع والسنة الحالية

حساب معـــدلات 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 .... الخ. ويوضح الجدول (1-3) معدل الإستخدام النمطي غير المنزلي. ويعبر عن معدل الإستهلاك الكلي اليومي للمياه باللتر/ فرد/ يوم. ويختلف هذا المعدل باختلاف فصول السنة وكذلك أشهر السنة وأيضاً فى خلال الساعة من اليوم. ولمواجهة هذه التغيرات فى معدلات الإستهلاك أمكن تعريف معدلات الإستهلاك المختلفة، وإستنتاج متوسط الإستهلاك اليومي على مدار العام، كمقياس لبقية معدلات الإستهلاك. وفيما يلي تعريفات لمعدلات الإستهلاك المختلفة:

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

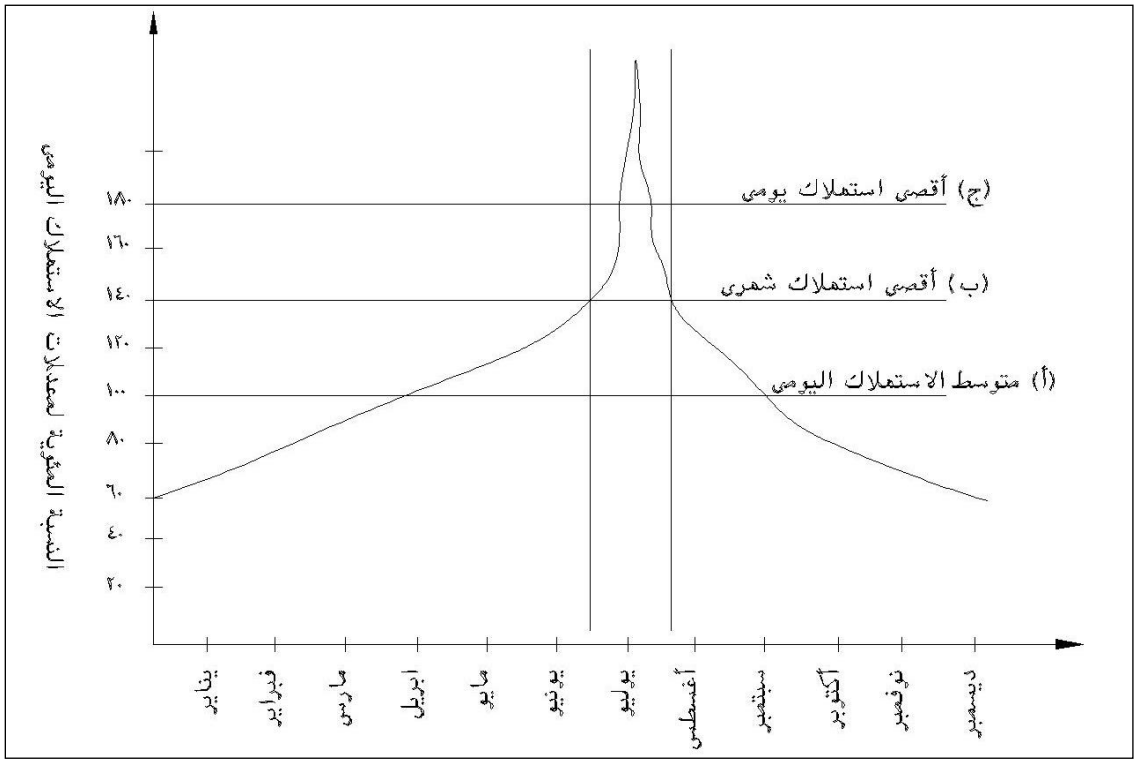
- أقصى إستهلاك شهرى (Maximum Monthly Consumption): يعين الشهر الذي يقع فيه مجموع أكبر إستهلاك ويؤخذ متوسط الإستهلاك اليومي خلال هذا الشهر، فيكون هو أقصى إستهلاك شهري. ويمكن تقديره بحوالى (1.25 – 1.50) من متوسط الإستهلاك اليومي على مدار العام ويؤخذ (1.40).
- **أقصى إستهلاك يومي (Maximum Daily Consumption):** 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 يُرسم 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 شهرى) 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 (1-4 أ)، (1-4 ب) العلاقة بين معدلات الاستهلاك المختلفة.

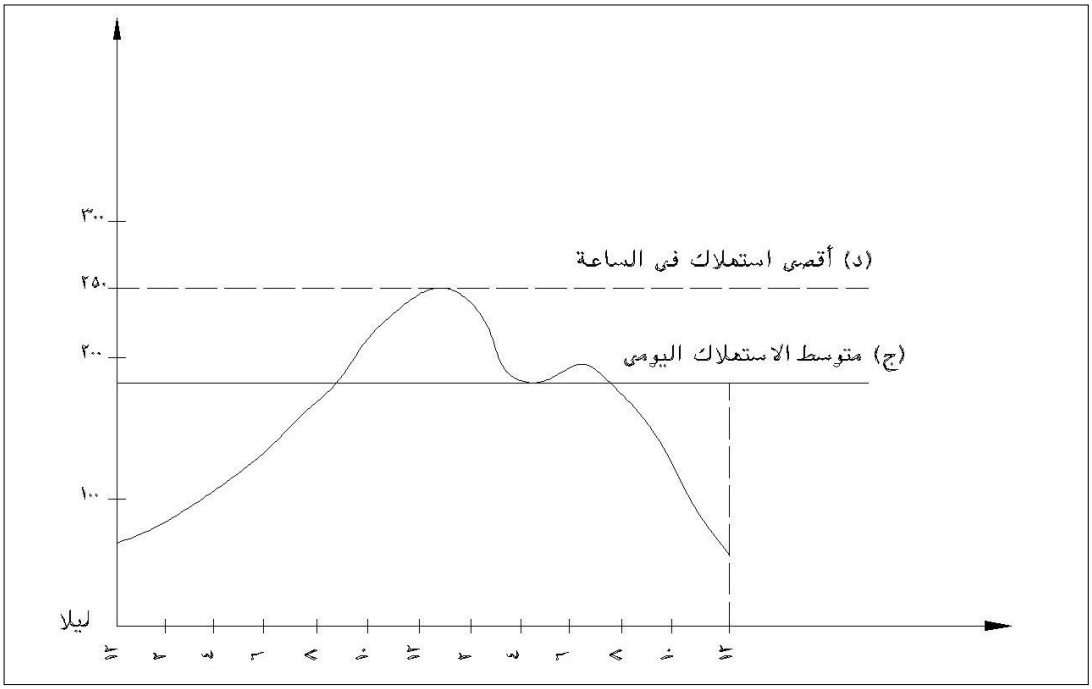
الفئـــــــة	الاستخدام النمطي (لتر/يوم)
المدارس	15-30 لكل تلميذ
المستشفيات (بها مغاسل)	220-300 لكل سرير
الفنادق	80-120 للشخص
المقاهى	65-90 للكرسى
المساجد	25-40 للزائر
السينما والمسرح	10-15 لكل كرسى
المكاتب	25-40 لكل شخص
محطات الأتوبيس والسكة الحديد	15-20 لكل شخص
معامل منتجات الألبان	2-5 لكل لتر لبن
المجازر	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 (1-3) : معدل الاستخدام النمطي غير المنزلى فى القرى



شكل (1-4 أ)

العلاقة بين معدلات الإستهلاك المختلفة



شكل (1-4 ب)

الإستهلاك في اليوم الذى يحدث فيه أكبر إستهلاك

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك اليومى لتر/فرد/يوم	كمية الفاقد لتر/فرد/يوم	متوسط الاستهلاك الكلى 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 اليومى وكمية الفاقد خلال الشبكة

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

حالة الاستخدام	الاستهلاك الصناعى (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 الصناعى (لتر/هكتار/ثانية)

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

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

جدول (1-7): متوسط الاستهلاك اليومى للمبانى العامة المستشفيات - 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 الملبوسات 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	50-100	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
تجاري	فنادق حتى 3 نجوم	100-240	ل/ غرفة/ يوم
	فنادق أكبر من 3 نجوم	240-500	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) : تصـــرفات الحريـــق

حساب التصرفات التصميميـــــة

تحسب التصرفات التصميميـــة (Qdesign) للخطوط حســـب نوع التخطيط المتبع فى الشبكة، من حيث كونه تخطيط شجري أو دائري أو شبكي، والتي سيأتي ذكرها لاحقاً ببندي 3-4 & 3-6

عمل الدراسات الميدانيـــــة

تعتبر الدراسات الميدانية هى الأساس فى بدء عملية التصميم بالإضافـــة إلى البيانات التصميمية وتشمل الدراسات عمل الآتي:

- عمل خرائط تفصيلية موقع عليها جميع المنشآت والطرق.
- عمل خرائط كنتورية لتحديد المناطق المنخفضة والمرتفعة فى 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: التصرف (م3/ث)

A: مساحة مقطع الماسورة (م2)

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

وحيث أن الماء غير قابل للإنضغاط 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.

الطاقة الكلية عند النقطة 1 = الطاقة المفقودة خلال السريان = الطاقة الكلية عند النقطة 2 كما هو موضح بالشكل (1-9)

$$H_1 - H_L = H_2$$

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

$$H_L = H_F + H_M$$

حيث:

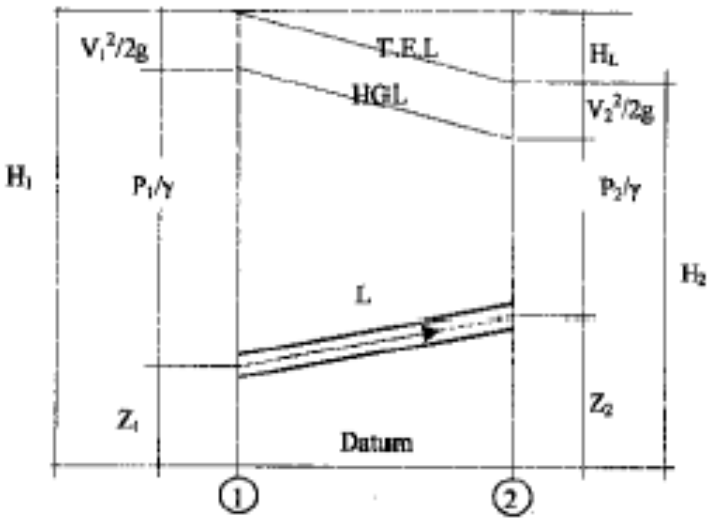
H = الطاقة الكلية لوحدة الوزن أو الضاغط الكلي (Total Head)

ويمثله خط الطاقة الكلية لوحدة الوزن (T.H.L) Total Energy Line Per Unit Weight or Total Head Line

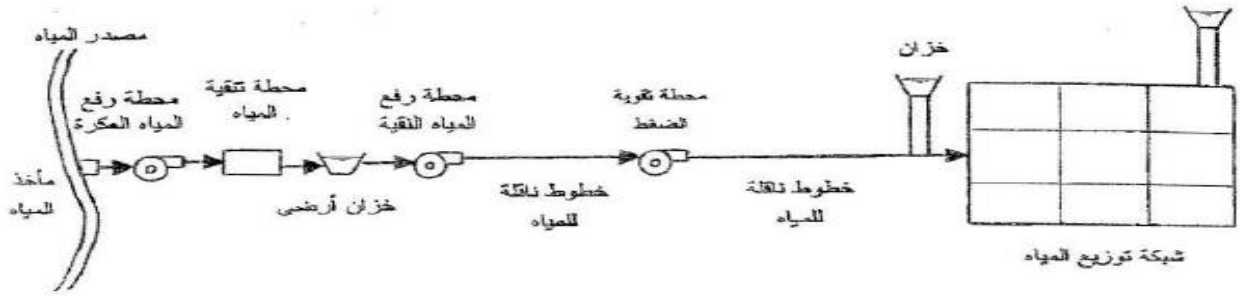
Z = طاقة الوضع لوحدة الوزن أو ضاغط الضغط Pressure Energy Per Unit Weight or Pressure Head وهو يساوي إرتفاع خط الميل الهيدروليكي (H.G.L) Hydraulic Grade Line فوق محور الماسورة وفي حالة إنخفاض منسوب الـــ (H.G.L) عن الراسم العلوي للماسورة يتحول السريان إلى سريان حر (Gravity Flow) كما في حالة خطوط الإنحدار، أما في حالة إنخفاض منسوب الـــ (H.G.L) عن الراسم السفلي للماسورة فإن الضغط يكون سالباً.

$V^2/2g$ = طاقة الحركة لوحدة الوزن أو ضاغط السرعة وهو يساوي إرتفاع خط الطاقة الكلية (T.E.L) فوق خط الميل الهيدروليكي (H.G.L). ويلاحظ أنه في معظم شبكات المياه تكون قيمة طاقة الحركة قليلة نسبياً بالمقارنة بطاقتي الوضع والضغط بحيث يمكن إهمالها.

H_L = الطاقة المفقودة Lost Head نتيجة إحتكاك المياه ببدن الماسورة (فواقد الإحتكاك H_F) أو نتيجة حدوث تغير مفاجئ في سريان المياه (الفواقد الثانوية H_M).



شكل (1-10) : مبدأ حفظ الطاقة



تخطيط شبكات توزيع مياه الشرب

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

شكل رقم (1-11): 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 الأمـــان فى أعمـــــال توزيع المياه

يمكن تلخيـــص أهم متطلبات الأمان فى أعمال توزيع مياه الشرب فى النقاط التالية:

1- يجب أن تفي كميات المياه التي تنقلها الشبكة بكافة الإحتياجات المائية المطلوبة فى أي وقت.
2- يجب أن يكون ضغط التشغيل بشبكة التوزيع كافياً لتوصيل المياه إلى أبعد وأعلى مكان بالمدينة أو التجمع السكني.
3- يمكن التحكم فى 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- ينبغى أن تكون مواد الصنع للمنشآت والشبكات والأجزاء الميكانيكية والكهربائية من مواد متينة تتحمل التشغيل المستمر وتقاوم التآكل من الداخل والخارج.
6- من الضرورى أن تخلو شبكة التوزيع من النهايات الميتة.
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 بميـــاه الشرب

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

- التغذية بالجاذبية - التغذية بالضغط - التغذية المشتركة

التغذية بالجاذبية

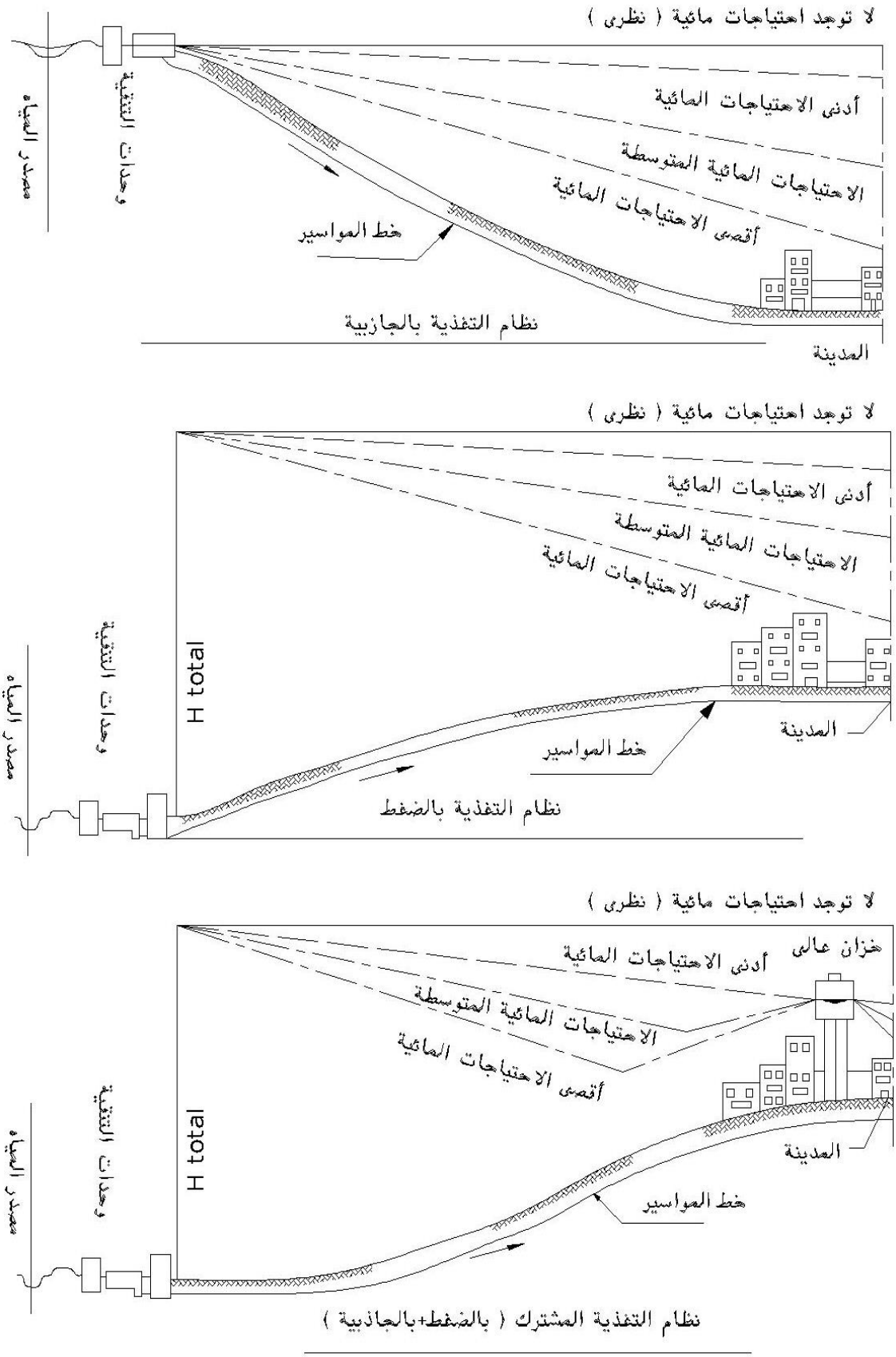
هى التغذية من أعلى وفيها تكون جميع أعمال إنتاج وتنقية وتخزين المياه (فى خزانات أرضية) فى مكان مرتفع عن منسوب المدينة أو التجمع السكني. ويسمح هذا الوضع بتغذية المدينة بالضغط الكافي والناتج من الفارق الإستاتيكى. ويمتاز هذا النظام بعدم وجود محطات ضخ (ضغط)، أو منشآت تخزين عالية؛ أي أنه نظام إقتصادي مريح.

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 ذى 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 وبتصرفات 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 في 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

شبكـــة توزيـــع الميـــــــاه

يقصـــد بشبكـــة التوزيع خطـــوط المواسير الرئيسية الممتدة من محطة تنقية المياه أو من محطة ضخ المياه إلى شبكة التوزيع الفرعية فى جميع مناطق التجمعات العمرانية المختلفة (مدن/ قرى/ عزب/ نجوع). وتستخدم شبكة توزيع المياه فى تغذية جميع أنحاء التجمعات السكنية بالمياه الصالحة للاستخدامات المنزلية والصناعية ومقاومة الحرائق، وذلك وفقاً للمعدلات المطلوبة وتحت الضغط المناسب، مع الأخذ فى 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 والمشتركات. إلخ. وفى الغالب، تتبع خطوط المواسير فى إنشائها شكل سطح الأرض.

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

تخطيط شبكة توزيـــع مياه الشرب

عند تخطيط شبكة التوزيع، تستخدم إحدى الطرق الأربعة الآتية:

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

التخطيط الشجري

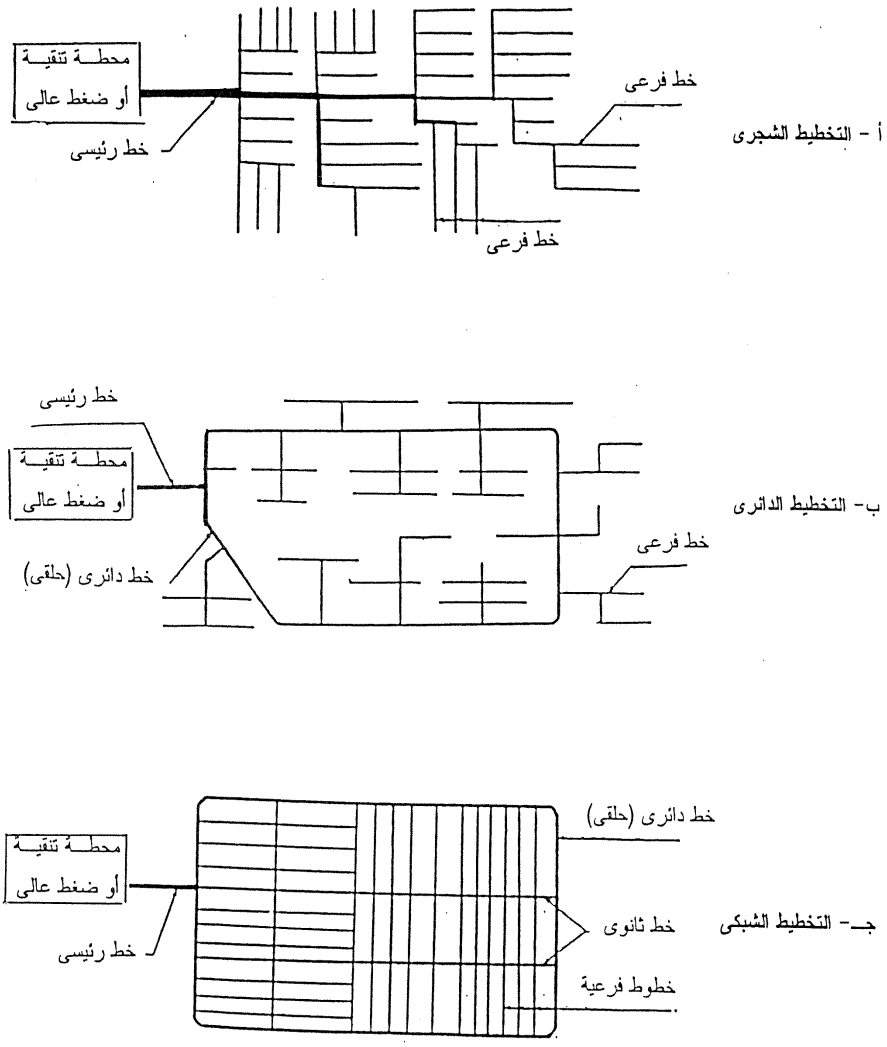
فى نظام التخطيط الشجري (Tree System)، يمتد الخط الرئيسي من محطة الطلمبات إلى وسط القرية أو المدينة كما هو موضح بالشكل رقم (1-13/ أ) ويقل قطره كلما بعد عن المحطة. وتتفرع من هذا الخط أفرع أخرى إلى داخل الشوارع المتفرعة من الشارع الرئيسي لتوزيع المياه. ومع أن هذا الأسلوب فى التخطيط يعتبر أرخص الطرق للتخطيط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

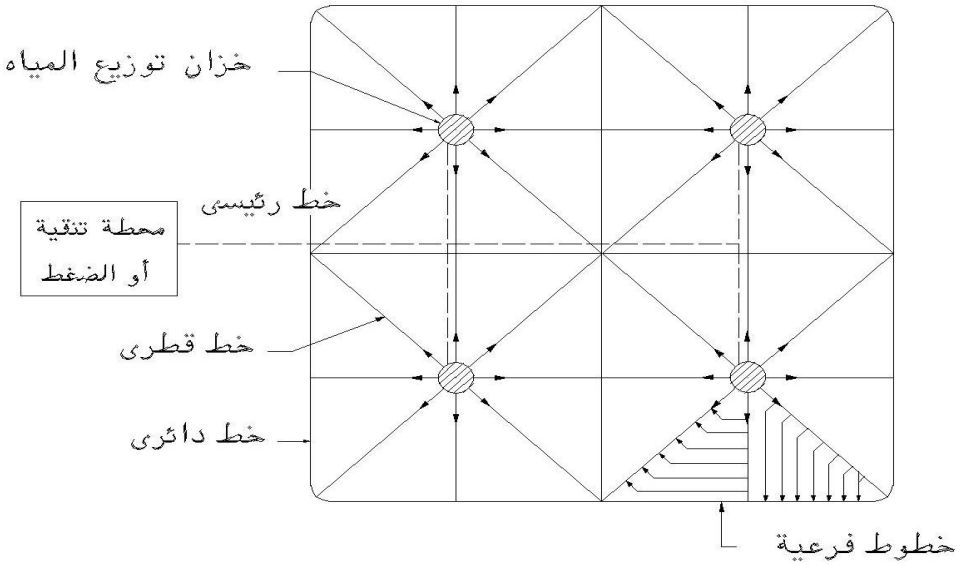
يفضل إستخدام التخطيط الشبكي (Gridiron System) فى المدن السكنية الصغيرة والمتوسطة. ويتكون هذا النوع من الشبكات من خط دائري رئيسي يحيط بالمدينة أو المنطقة على هيئة حزام، بالإضافة إلى خطوط شبه رئيسية أخرى (ثانوية) تخترق الشوارع الرئيسية على ألا تزيد المسافة بين أي ماسورتين رئيسيتين عن كيلو متر واحد كما هو موضح بالشكل رقم (1-13/ 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 طبقا للسحب والضغط فى جهتى الخط. وهذه الطريقة-وإن كانت عالية التكاليف- إلا أنها تعتبر أفضل من الطرق السابقة نظراً لضمان الإمداد بالمياه دون توقف أو انقطاع، وضمان ملاءمة 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 الدائــري، حيث تخرج الخطوط الرئيسية حاملــة للمياه من محطة ضــخ أو تنقية المياه إلى خزانات المياه فى مراكز المناطق المختلفة المقسمة إليها المدينة أو الخطوط الحاملة للمياه، ثم تتفرع منها خطوط التوزيع اللازمة إلى أطراف المناطق كما هو موضح بالشكل رقم (1-14). وتمتاز هذه الطريقة بإحتفاظها بمعدل التصرف والضغط العالى بداية من توزيعها فى خزانات المناطق المركزية إلى جميع أنحاء المدينة وقلة الفاقد فى الضغط فيها، ويستخدم هذا النظام فى تغذية المدن الكبيرة. وعموماً فإن نظام توزيع ونقل المياه لأى مدينة يمكن أن يجمع بين أكثر من نظام من النظم السابقة، حسب تخطيط المدينة أو التجمع العمراني.



شكل رقم (1-14): 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 تاثير 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

- موزانة التغير في سحب المياه خلال ساعات اليوم الواحد.
- تشغيل محطات ضخ المياة بشكل إقتصادي ومنتظم إما بمعدل ثابت أو متغير لفترة أو فترتين على الأكثر خلال اليوم الواحد.
- توفير كمية احتياطية من الماء النقى (مياة 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 العاليي الت تدفعها في شبكات التوزيع ، ويبنى هذا الخزان عادة تحت سطح الارض بالقرب من مبنى المرشحات. على أن تكون سعتة كافية لإستيعاب تصرف المدينة لمدة 6-8 ساعات، وفي هذة الحالة يعتبر الجزء المجاور لدخول المياه كخزان تلامس بين المادة المعقمة والمياه لاتمام عمليات التعقيم ، وتتراوح هذة 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 الملىء 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 للطوارىء من 6 ساعات إلى 8 ساعات من الإنتاج اليومي.....V3
- الحجم اللازم لتغطية 80% من إحتياجات الحريق.....V4

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

$V_2 = (Q_{max-Daily} - Q_{max-monthly})$ .... Through a day

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

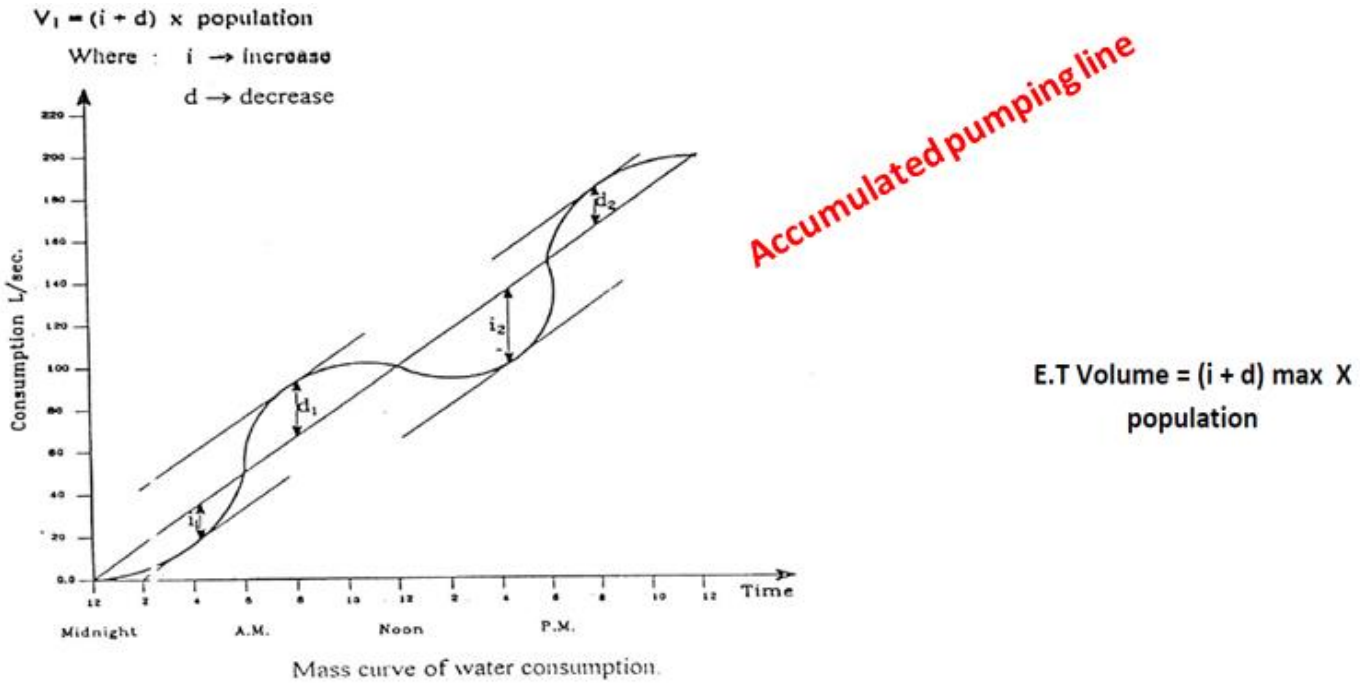
$V_4 = (0.80) \times (\text{Fire Demand})$

Ground Tank Volume = 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 يبنى الخزان العلوى بحيث تكون سعتة 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 والتغييرات التي تحدث فيه من ساعة إلى ساعة في نفس اليوم ، ورسم منحنى تجميعى (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 الهيدروليكى لشبكات توزيع مياه الشرب

إعتبارات التصميم الهيدروليكي

نستعرض فيما يلي إعتبارات التصميم الهيدروليكي الأساسية، وتشمل:

- التصرف التصميمي
- الضغوط التصميمية
- السرعات التصميمية

التصـــــرف التصميمي

من البديهي نتيجـــة لإختلاف معدل إستهلاك المياه فى 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 (وهى الأنواع السابق عرضها فى البند 3-4 من هذا

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

التصرف التصميمى 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 التصميمى وفقاً لظروف التشغيل، وذلك بإستخدام 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 الجـــدول رقم (1–16) إحتياجات الحريق بالنسبة لعدد السكان.

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

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

التصرف التصميمى فى حالة التخطيط الشجري والدائري

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

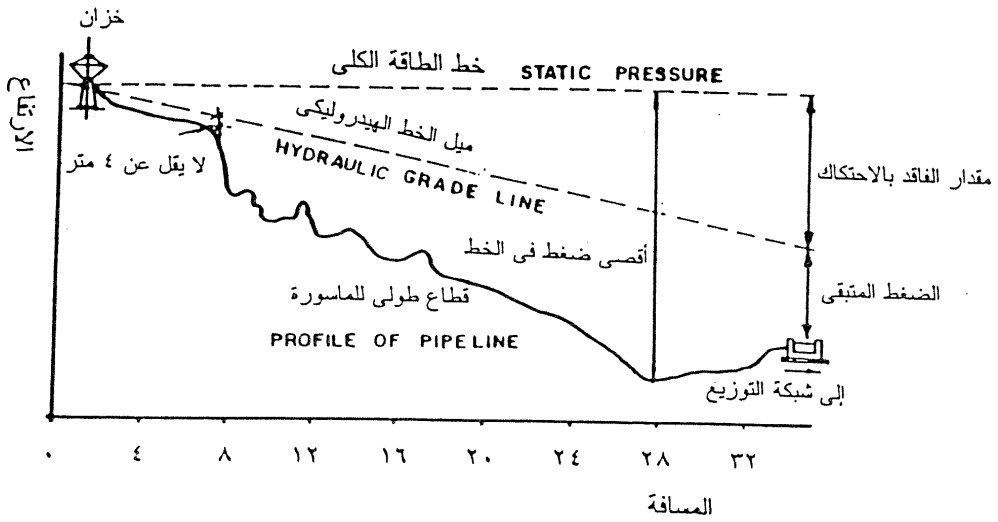
المستخدم فى حساب التصرف التصميمى فى حالة التخطيط الشجري والدائري

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 فى السير بعيداً عن محطة طلمبات الضغط العالي أو محطة التنقية أو الخزان العالي يقل الضغط فى الخط. لذا يجب توقيع (رسم) خط الميل الهيدروليكى، والذي يبين ضغط المياه فى خط المواسير تحت ظروف التشغيل المختلفة، فوق القطاع الطولى لخط المواسير وعلى مدى طوله، للتمكن من معرفة الضغوط عند النقط المختلفة فى 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 عالي 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 التصميمى لخط المواسير

الضغوط التصميمية لشبكات التوزيع

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

- في المدن والتجمعات السكنية التي 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.
- في التجمعات السكنية التي 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.
- في المناطــق التجاريــة والصناعيــة، يفضل ألا يقل الضغط عــن 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.

السـرعـات التصميمية

يتم إختيـار سـرعات سـريان المياه فى المواسير تبعاً لظروف التصميم. وتتـراوح قيمة السـرعات عند التصـرفات التصميمية من 0.8 إلى 1.5 م/ث. وتؤخذ فى المتوسط فى حدود 1.00 م/ث.

المعـادلات الهيدروليكيـة التى تربط بين المتغيرات الرئيسية

يلزم لإسـتكمال أعمـال التصميم الهيدروليكى لشبكات توزيع مياه الشرب دراسة العلاقات التي تربـط بيـن التصرف والسـرعة وقطر الماسـورة (أو مساحة القطاع الحامل للمياه) ومعدل الفاقد فى الضغط نتيجـة سـريان المـاء. وتوجـد عـدة معـادلات هيدروليكيـة تربـط بين تلك المتغيرات المختلفة، من أهمها ما يلي:

- معادلـة التصـرف
- معادلات حساب الفواقد الرئيسية

معادلة التصرف

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

$$Q = A \times V \qquad (3)$$

حيـث:

Q	=	التصرف التصميمى المطلوب نقله	(م3/ث)
V	=	سرعة سريان المياه التصميمية	(م/ث)
A	=	المساحة المائية لمقطع الماسورة $= \frac{\pi D^2}{4}$	
		أى عندما تكون الماسورة مملوءة بالمياه	(م2)
D	=	القطر الداخلى للماسورة	(م)

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

3.7.3 معادلة حساب الفاقد h_f بإستخدام معادلة هازن ويليامز Hazen– Williams Equations

$$h_f = S \cdot L$$

حيث :

S : ميل الماسورة (م/م)

L : طول الماسورة بالمتر

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

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) فى 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 – جديد وغير مبطن	130
	ب– قديم وغير مبطن	120 – 40
	جـ– مبطن بالأسمنت	150 – 130
	د – مبطن بالب تومين	150 – 140
	هـ – مطلى بالقار	135 – 115
5	خرسانة أو مبطنة بالخرسانة:	
	أ – شدات معدنية	140
	ب– شدات خشبية	120
	جـ– مصنوعة بطريقة الطرد المركزى	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 – جديد وغير مبطن	150 – 140
	ب– مبرشم	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 طرفى الماسورة.

خطوات التصميم الهيدروليكى لشبكات مياه الشرب الجديدة

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

1- تحديد التصرف التصميمى للماسورة، والسرعة التصميمية للمياه المارة فيها، والضغط التصميمى طبقاً لإعتبارات التصميم المذكورة فى البند 6.3 بداية هذا الفصل.
2- حساب القطر المبدئي للماسورة بإستخدام 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 وباقى ملحقات الشبكة.
4- حساب الإحتياجات المختلفة المطلوبة، شاملة إحتياجات مكافحة الحرائق عند النقط المهمة فى شبكة التوزيع.
5- حساب الفاقد الرئيسي فى الضغط فى الخطوط، بالإستعانة بمعادلات ومنحنيات حساب الفواقد الرئيسية (هازن – وليامز).

6- حساب الضغوط فى الأجزاء المختلفة للشبكة، وذلك بمعلومية الفاقد الرئيسى فى الضغط فى كل خط.

وهناك عدة طرق لحساب الضغوط فى 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 فى القطع الخاصة والوصلات والمحابس ومختلف أجزاء الشبكة من المعادلة الآتية فى صورتها العامة:

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

حيث:

h = مقدار الفاقد الثانوى فى الضغط (م)

V = سرعة السريان (م/ث)

g = عجلة الجاذبية الأرضية (9.81 م/ث^2)

KL = معامل يتوقف على نوع الوصلة أو القطعة

الشروط الفنيـــة لشبكات التوزيع

يجب أن تتوافق نتائج التصميم الهيدروليكي مع الشروط الفنية الآتية:

1- أقل قطر يمكن إستخدامه فى شبكات التوزيـــع هـــو 100 مم ويفضـــل 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- المســـافة بين الخطـــوط الشـــبه رئيســـية (الثانوية) تكون فى حـــدود 500 متر.

5- الخطوط الفرعية لا يزيد طولها عن 300 – 400 متر.

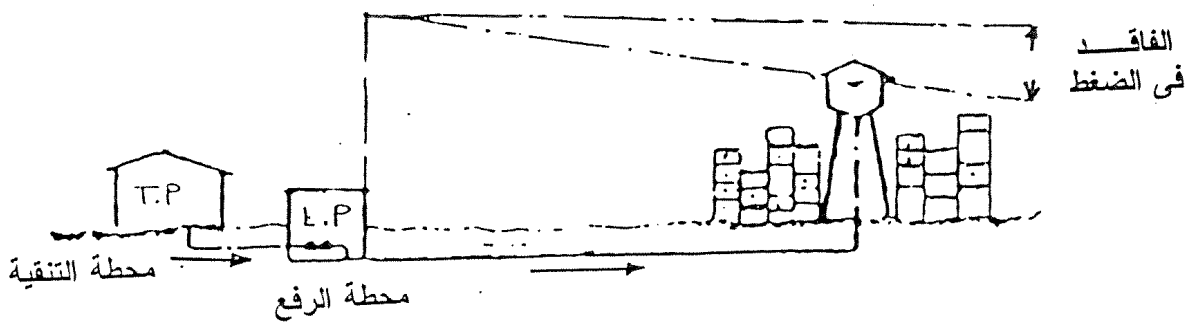
القطر الإقتصادي للمواسير

عند إختيار أقطار المواسير التي تضغط فيها الميـــاه لمســـافات بين محطـــة طلمبات 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 فى الماسورة وكذلك لزيادة التكاليف الإنشائية مع كبر القطر. وهذا الثمن الأساسى يفترض إستهلاكه فى المدة التي تخدم فيها الماسورة (عمر الماسورة وهذا يساوي عادة حوالي خمسين عاماً).

الفائدة السنوية لرأس المال الذى أستغل فى الثمن الأساسي وهذه الفائدة تتزايد مع كبر رأس المال.

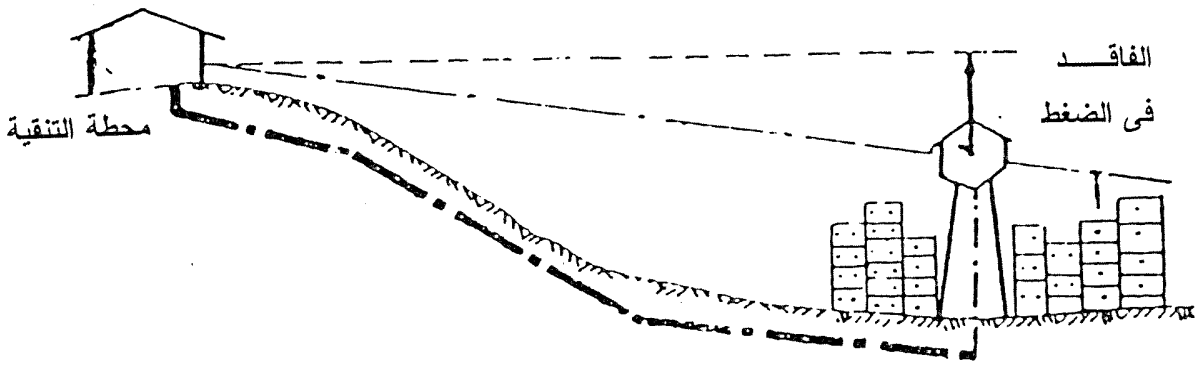
2- تكاليف ضغط الماء فى الماسورة وهذه تقل مع كبر قطر الماسورة إذ أن الفاقد فى الإحتكاك فى الماسورة يقل مع كبر قطر الماسورة – ومن ثم فإن قوة الطلمبات اللازمة لضغط المياه تقل وبالتبعية تقل القوة الكهربية المستعملة.



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

القطر الإقتصادي لمواسير تسير بالإنحدار الطبيعى

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



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

الضغـــــط فـــى شبكات التوزيع

تنص بعض المواصـــفات على أنه يجـــب حفظ الضغط فى شـــبكات 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 كالآتى:

14 متراً إرتفاع أربعة أدوار

5 متر فاقد فى مواسير التوزيع داخل المنزل

6 متر عامود على الصنابير داخل المنزل

25 متراً للمجموع

وتنص 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 في 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 بإستعمال 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 من15 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.

فواقد الطاقة Energy Losses

فواقد الاحتكاك *Friction Losses* :

عند حساب فواقد الإحتكاك داخل المواسير لا يوجد إختلاف بين Pressure Piping و Open Chanel. ومن أشهر الطرق لحساب فواقد 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 الإحتكاك نظراً لكبر أطوال المواسير ولكن ينبغى أن تؤخذ بعناية فى 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/ث^2)**

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	
θ = 15°	0.05
θ = 30°	0.10
θ = 45°	0.20
θ = 60°	0.35
θ = 90°	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) Check Valve (CV) :

ويستخدم لتحديد إتجاه التصرف وجعله فى إتجاه واحد عن طريق غلق المحبس عندما يكون التصرف فى الإتجاه المعاكس. وعندما يكون التصرف فى الإتجاه المحدد يمكن إعتبار المحبس مفتوح تماماً.

محبس تحكم فى التصرف Flow Control Valve (FCV) :

ويستخدم لتحديد كمية التصرف عند قيمة محددة وفي إتجاه محدد.

محبس تخفيف الضغط Pressure Reducing Valve (PRV) :

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

محبس المحافظة على الضغط Pressure Sustaining Valve (PSV) :

ويستخدم للمحافظة على ضغط محدد قبل المحبس.

محبس الضغط المنكسر Pressure Breaker Valve (PBV) :

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

محبس خنق Throttle Control Valve (TCV):

ويستخدم لتمثيل القواقد 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
1000-700	150	1500
1500-1100	200	2000
2000-1600	250	2500
أكبر من 20000	300	3000

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

محابس الغسيل

محابس الغسيل عبارة عن محابس قفل عادية تركب 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**
1000-700	**200**	**1500**
1500-1100	**250**	**2000**
2000-1600	**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 فى حالة وجود نقطة حرجة فى الشبكة يكون الضغط مهم ومؤثر فى التحليل الهيدروليكى.

نقاط الحدية Boundary Nodes

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

الروابط Links

عبارة عن المواسير التي تربط بين النقط و بين الوحدات المختلفة و تتحكم فى التصرف والفواقد داخل الشبكة.

الطلمبات

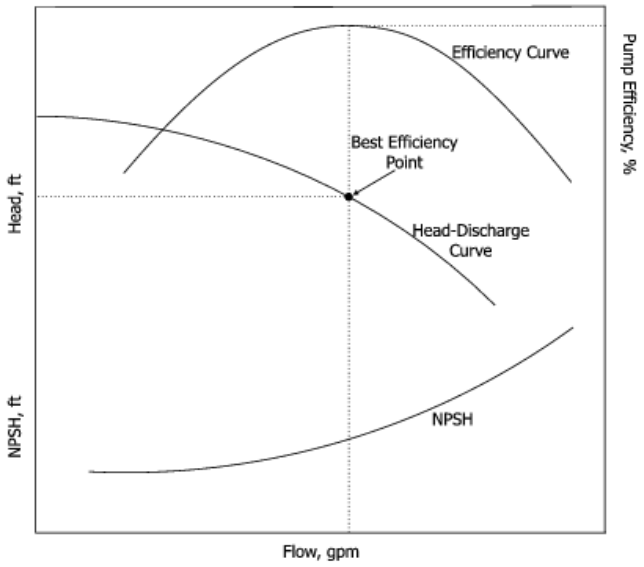
بعض التعريفات الهامـــــة

تصرف الطلمبة (Pump flow rate): التصرف Q هو حجم المياه التى يتم ضخها فى وحدة الزمن ويقاس بالمتر المكعب فى الساعة أو اللتر فى الثانية.

رفع الطلمبة (Pump head): رفع الطلمبة هو الرفع الكلى (H_{total}) للطلمبة أو الرفع المانومترى للطلمبة وهو عبارة عن الرفع الاستاتيكى (الفرق بين المناسيب) مضافاً إليه فواقد الاحتكاك و الفواقد فى قطع الاتصال والمحابس والقطع الخاصة (الرفع الديناميكى)، بالإضافة إلى ضاغط احتياطى يتراوح بين 3 : 5 م ويقاس رفع الطلمبة بالمتر.

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

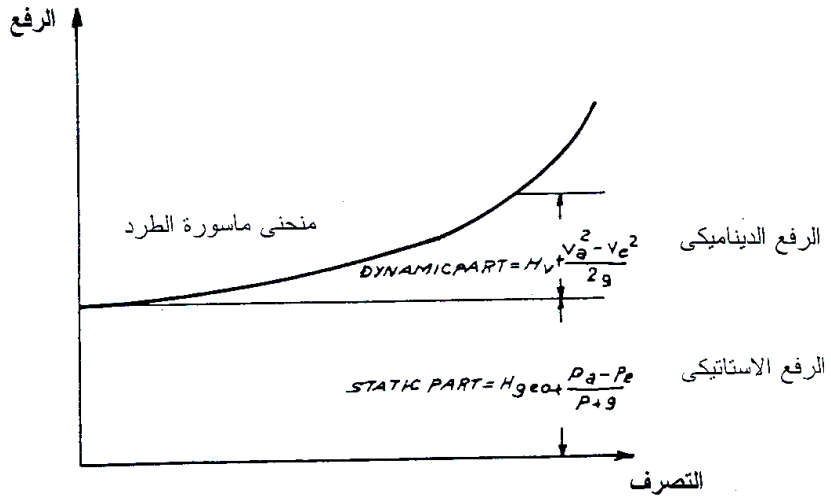
ويبين الشكل (1-25) 4 أنواع منحنيات أداء للمضخات: H-Q أو الضغط مقابل التصرف، والقدرة brake horspower، والكفاءة efficiency، و NPSH (Net Positive Suction Head)



شكل رقم (1-25): منحنيات أداء الطلمبة

منحنى أداء نظام التشغيل (System curve):

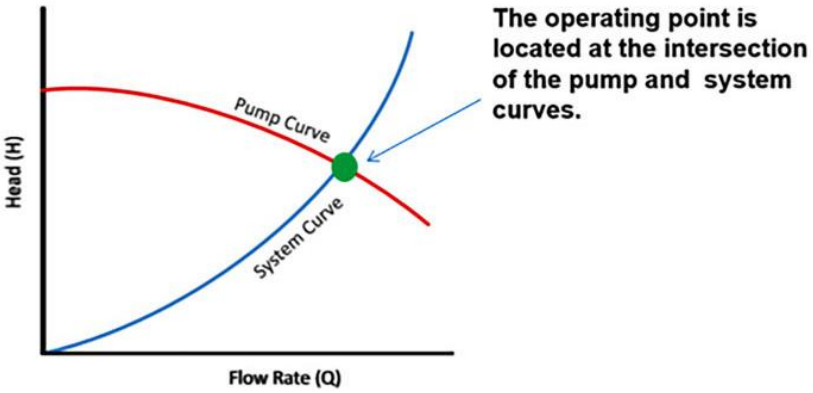
يرسم رفع المنظومة الكلى (H_{Total}) مقابل سعة (تصرف) الطلمبة (Q) لإعطاء منحنى أداء منظومة التشغيل / الماسورة (System/piping curve). ويمثل هذا المنحنى كلا من الرفع الاستاتيكى والديناميكى (التشغيلى) للمنظومة (System). ويبين الشكل رقم (1-26) منحنى ماسورة الطرد.

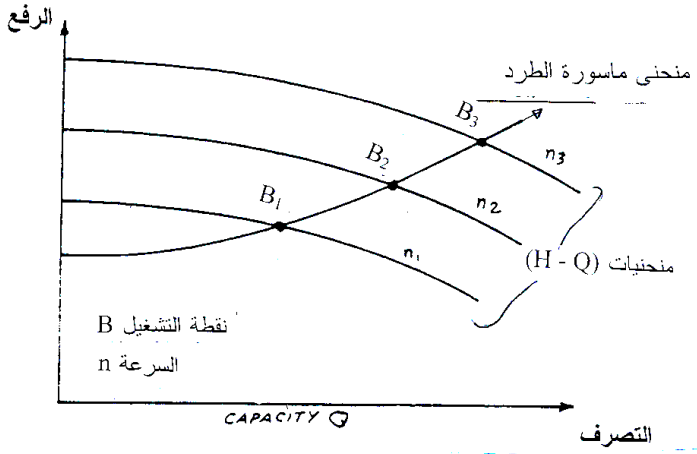


شكل رقم (1-26): منحنى ماسورة الطرد

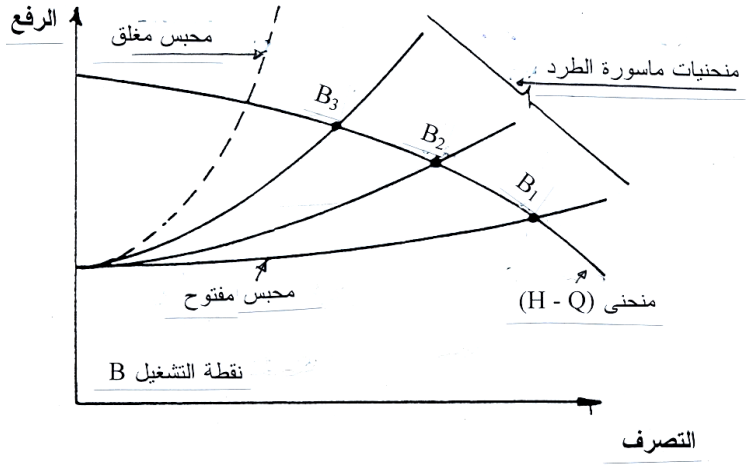
نقطة التشغيل (Duty /Operating point): يتحدد لكل طلمبة نقطة تشغيل **B** وهى نقطة التقاطع بين منحنى

الطلمبة (**Q – H Curve**) ومنحنى المنظومة/ الماسورة (**System curve**) ولا تتغير هذه النقطة (وبالتالى التصرف **Q** والرفع **H**) للطلمبة إلا إذا تغيرت سرعة دوران الطلمبة، 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 الطلمبة من n_1 إلى n_3



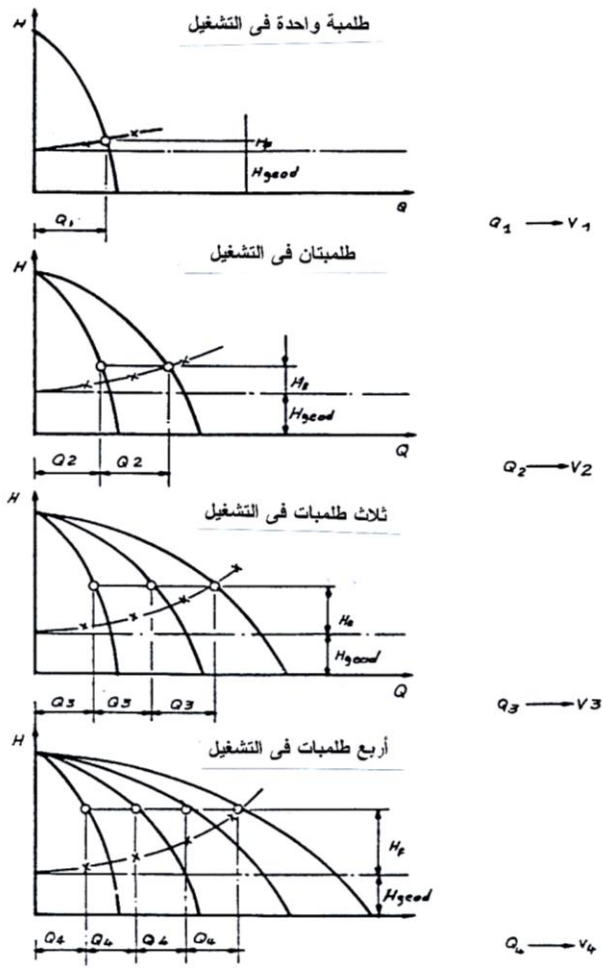
تغير مكان نقطة التشغيل من B_1 إلى B_3 على منحنى التصرف والرفع وذلك بتغيير فتحة المحبس

شكل رقم (1-27): نقطة تشغيل الطلمبة

تحديد عدد الطلمبات المطلوب تركيبها بالمحطة

عدد الطلمبات المركبة = عدد الطلمبات العاملة لرفع التصرفات القصوى لمحطة فى ساعات الــذروة + طلمبة واحدة احتياطية + طلمبة واحدة على الأقل بالصيانة.
شكل (1-28)

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



شكل رقم (1-28): إختلاف التصرف باختلاف عدد الطلمبات العاملة (على التوازى)

الباب الثاني

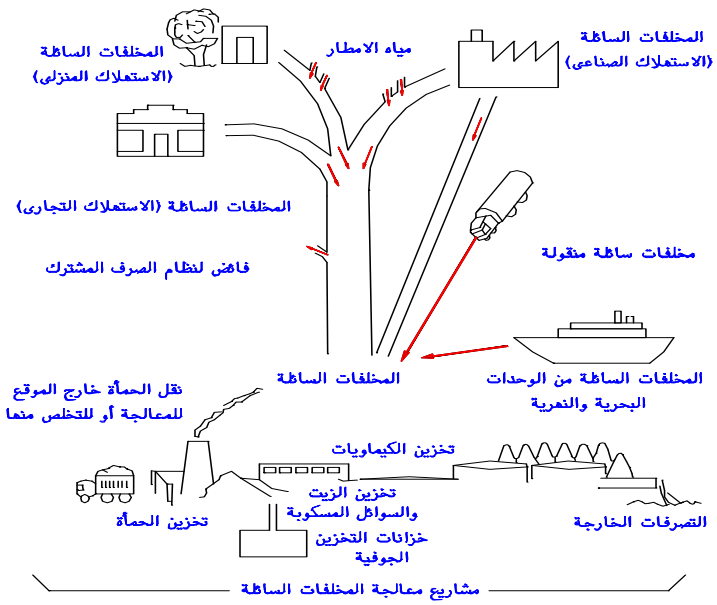
منظومة وأعمال الصرف الصحي

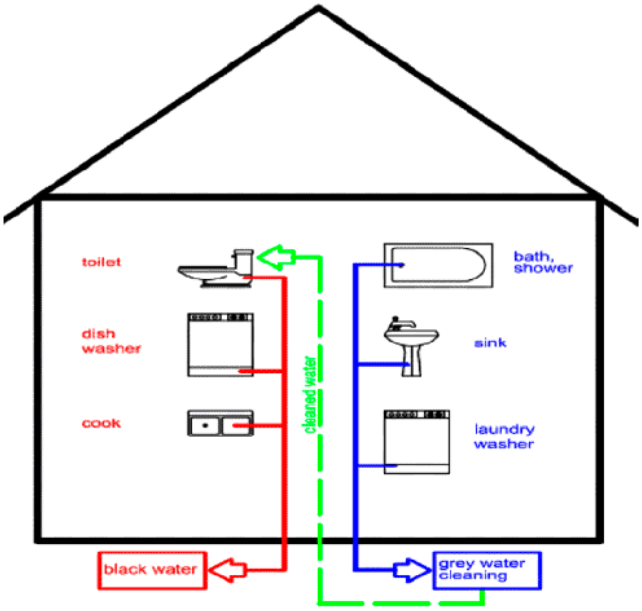
مصـــادر ميـــاه الصرف الصحى

تتكون مياه الصرف الصحى أساساً من المخلفات السائلة المنزليـــة الناتجـــة من المباني السكنية ومن المخلفـــات السائلة الناتجـــة مـــن بعض الصناعات الخفيفة بالمدينة كالصناعات الغذائيـــة بالإضافة إلى مياه الرشح ومياه الأمطار التي تصل إلى الشبكة كما هو موضح بالشكل رقم (2-1).

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

- مياه المجارى المنزلية والمباني العامة والحكومية –المباني التجارية والصناعية:
  - مياه الصرف الصحى من المناطق السكنية (Residential Flows).
  - مياه الصرف الصحى من المناطق التجارية (Commercial Flows).
  - مياه الصرف الصحى من المبانى الحكومية (Governmental Flows).
  - مياه الصرف الصحى من المناطق الصناعية (Industrial Flows).
  - مياه الصرف الصحى من المناطق التعليمية (Institutional Flows).
  - مياه الصرف الصحى الناتجة من قطاع السياحة (Transient or Touristic Flows).
- مياه الأمطار.
- مياه الرشح.
- مياه المخلفات الصناعية السائلة.
- مياه غســـيل الشوارع والأرصفة.



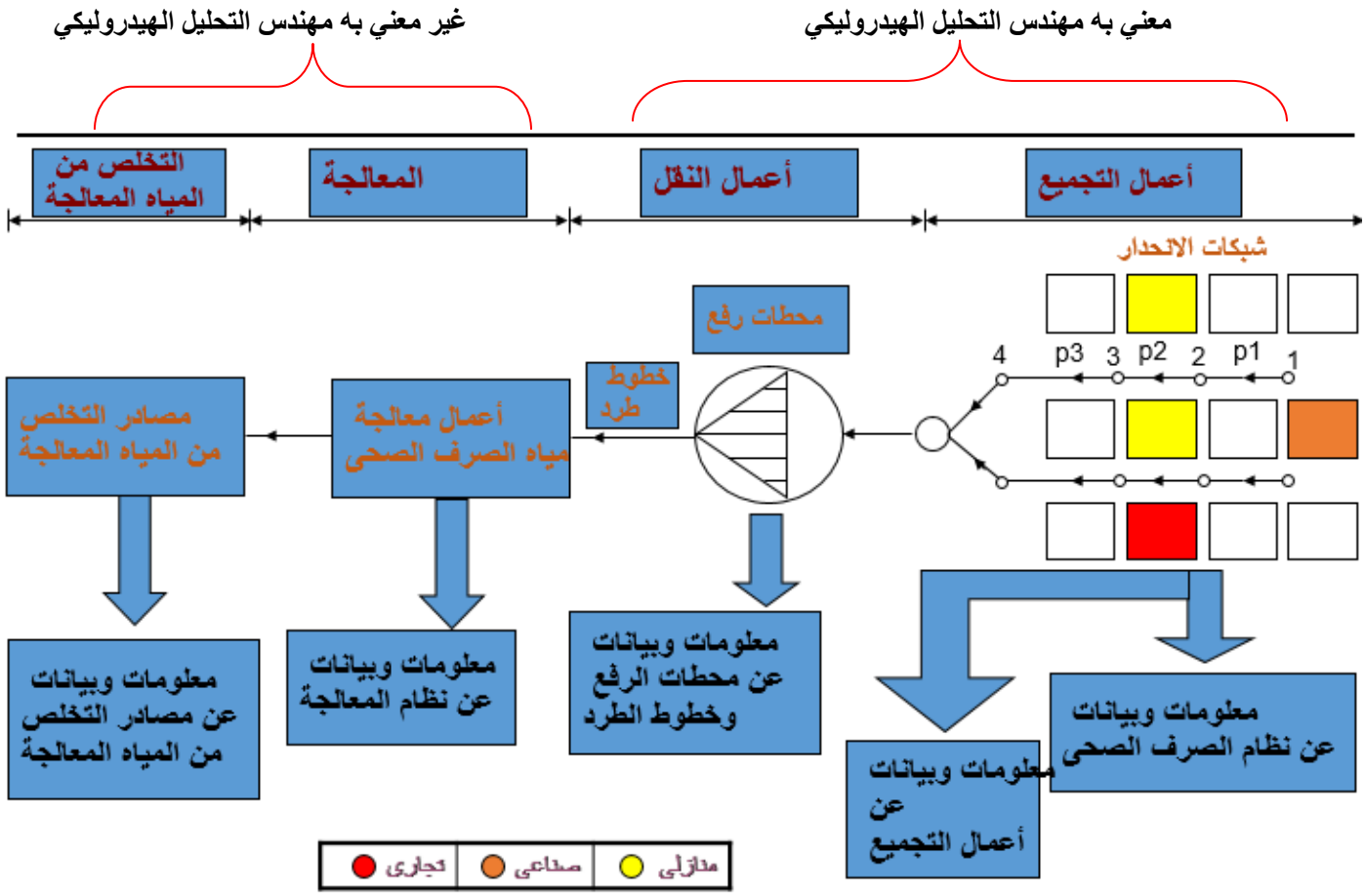


شكل رقم (2-1)

مصادر مياه الصرف الصحى

المخطط التوضيحى لمنظومة الصرف الصحى

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



شكل رقم (2-2)

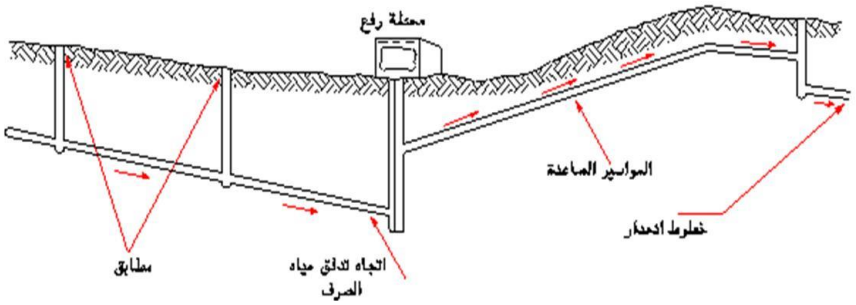
المنظومة المتكاملة للصرف الصحي

أعمـــال تجميـــع مياه الصرف الصحي

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

- الوصلة المنزلية
- الخطوط الفرعية
- الخطوط الرئيسية
- المجمعات

- **المطابق**
  - غرف التفتيش المنزلية



شكل رقم (2-3)

مكونات أعمال تجميع مياه الصرف

تخطيـــط وتصميـــم شبكـــات تجميـــع ميـــاه الصرف الصحى

أنـــواع شبكـــات تجميـــع ميـــــاه الصرف الصحى

يتم تقسيم شبكات تجميع مياه الصرف الصحى تبعـــاً لمصادرهـــا وكمياتهـــا وأيضاً طبقاً لطبوغرافية المدينة وكذلك للظروف المناخية والبيئية كالتالى:

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

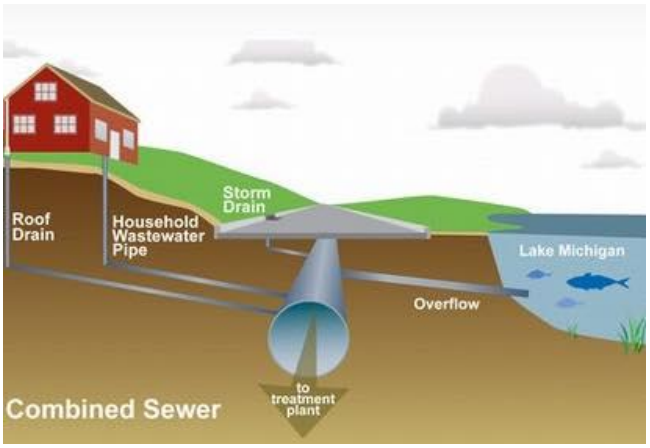
ونستعرض فيما يلى هذه الأنواع. ثم نذكر مميزات وعيوب كل نوع منها بعد ذلك.

شبكات الصرف المشتـــركة

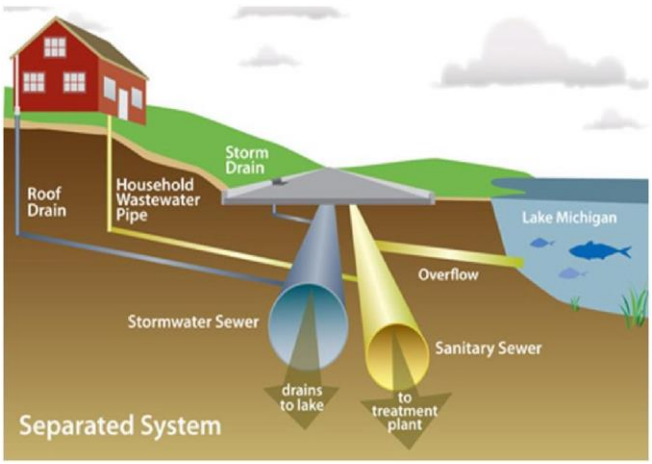
وهى الشـــبكات التى تســـتقبل كل المخلفات السائلة بجميع أنواعها سواء كانت مخلفات منزلية أو صناعية أو مياه أمطار أو مياه رشح. وهذا النظام هو المستخدم فى تجميع المخلفات السائلة من معظم المدن المصرية كما هو موضح بالشكل رقم (2-4).

شبكات الصرف المنفصلـــة

وهى الشـــبكات 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 (2-4)
شبكات الصرف المشتركة



شكل رقم (2-5)
شبكات الصرف المنفصلة

شبكات الصـــرف المشتركة جزئياً

وتستخدم لتجميع المخلفات المنزلية والصناعيـــة وصـــرف المياه المتجمعـــة فوق بعض الأسطح والممرات الداخلية. وتنشأ فى بعض الأحيان شبكات لتجميع المخلفات السائلة ثم تنشأ هدارات على مواسير التجميع الرئيسية فى نقط محددة لتحويل الزيادة فى التصرفات أثناء العواصف الممطرة الشديدة إلى أماكن صرف مثل مخرات السيول أو المسطحات المائية مثل البحيرات أو البحار أو المجارى المائية المجاورة.

تُستعمل شبكـــــــات الصرف المشتركة في الظروف الآتية:

- فى الشوارع والطرقات المزدحمة بالخدمات العامة الأخرى (مواسيـــر شبكات توزيع مياه الشرب وكابـــلات الكهربـــاء والتليفونـــات وشبكـــة 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 فى شبكة المواسير

ويوضح الجدول رقم (2-6) مميزات وعيوب أنظمة شبكات تجميع مياه الصرف الصحى وهـــى شـــبكات الصـــرف المشتركة، والمنفصلة، والمشتركة جزئياً.

النظام	المميـــزات	العيـــــوب
الشبكـــة المنفصلـــة	أقطار المواسير صغيرة وبالتالى فهـــى أقل تكاليفاً وأسهل تصميماً.	عدم تحقيق سرعة التنظيف الذاتية، ولذلك لابد من اســتخدام أحواض الدفق الأرضية إلى المطابق.
	ضمان عدم تلوث المسطحات المائيـــة المجاورة لشبكة التجميع المنفصلة.	مضاعفة إنشاء الوصلات المنزلية، وكذلك تنفيذ شبكتين ومـــا يترتب عليه من تكاليف باهظة لإنشاء أعمال تفادى تقاطعات الشبكتين.
	كمية مياه الصرف الصحى المطلـــوب معالجتها محـــدودة، وبالتـــالى أعمـــال المعالجة والتخلص من الفائض محدودة.	تكاليف التشغيل والصيانة لشبكتين سوف تكـــون أكبـــر مـــن تكاليف تشغيل وصيانة شبكة واحدة.
	تكاليف رفع ميـــاه الصـــرف الصـــحى سوف تقل إلا إذا تطلب الأمر رفع مياه العواصف والأمطار كذلك.	
الشبكـــة المشتركـــة	خلط مياه الأمطار مع ميـــاه الصـــرف الصحى يجعلها سهلة المعالجة وبالتالى تكون تكاليف المعالجة اقتصادية.	كمية مياه الأمطار الكبيرة تتطلب أعمال حفر وردم وإنشاءات مما يزيد التكاليف.
	خلط مياه الأمطار مع ميـــاه الصـــرف الصحى يخفف مـــن درجـــة التلـــوث وبالتالى قد لا تحتاج المياه المختلطة إلى معالجة ابتدائية ويقتصر الأمـــر علـــى المعالجة البيولوجية.	نظراً لصغر التصرف الجاف وكبر أقطـــار المواســـير قـــد تترسب المواد العالقة بالمياه الملوثة مما يتطلب أعمال نظافة مستمرة للشبكة فى موسم الجفاف. كما أن تراكمها قد يســـبب تعفنها اللاهوائى ويتصاعد غاز ثانى أكسيد الكبريت، الـــذى يتحد مع بخار الماء الموجود على الجزء العلـــوى الـــداخلى 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

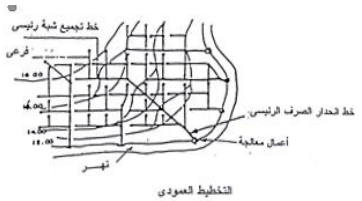
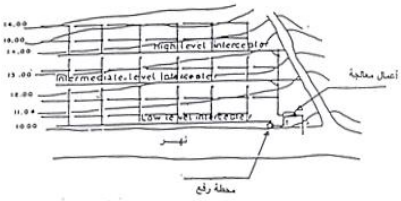
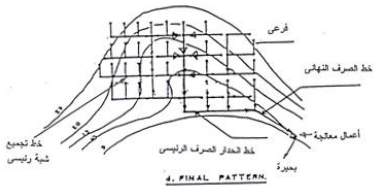
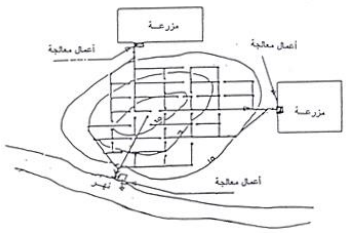
النظام	المميـــزات	العيـــــوب
"تابع" الشبكـــة المشتركـــة	خلط مياه الأمطار مع ميـــاه الصـــرف الصحى يتطلب أقطار مواســـير كبيـــرة وبالتالى يسهل عمليات التنظيف.	تكاليف التشغيل والصيانة للشبكة ومحطات الرفع وخطـــوط الطرد ووحدات المعالجة تكون كبيرة.
	الوصلات المنزلية واحـــدة ممـــا يقلـــل التكاليف.	فى الحالات الحرجة يحدث فيضان للشبكة مما يسبب خطورة على الصحة العامة.
الشبكة المشتركة جزئياً	الوصلات المنزلية بسيطة.	السرعات المنخفضة لسريان مياه الصرف الصـــحى أثنـــاء موسم الجفاف تسبب تراكماً للمواد العضوية المترسبة.
	شبكة تجميع مياه الصرف الصحى تكون متوسطة الحجم وبالتالى تكون اقتصادية فى التكاليف.	احتمال حدوث فيضان للشبكة الأمر الذى قد يســـبب خطـــراً على الصحة العامة.

"تابع" جدول رقم (2-6)

مميزات وعيوب أنظمة شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

أنظمـــة تخطيط شبكـــات تجميع مياه الصـــرف الصحـــى

تتكون شبكة التجميع من مواســـير تسير فيها المخلفـــات السائلـــة بالانحـــدارالطبيعى فتصب المواسير الصغرى فى مواسير أكبر منها، وهكذا حتى تصب فى النهاية فى مواسير كبرى تسمى "المجمع الرئيسى" أو خط انحدار الصرف الرئيسى. ويصل هذا الخط الرئيسى إلى محطات الرفع، ومنها تضخ مياه الصرف الصحى فى 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 السيب. وبالاستعانة بالخرائط الكنتورية للمخطط العام للمدينة والمناطق المحيطة يمكن تخطيط شبكة تجميع مياه الصرف الصحى. وبشكل عام ينقسم تخطيط شبكات مياه الصرف الصحي إلى أربعة أنظمة مبينة على النحو التالي.

نوع التخطيط	استخداماته	
التخطيط العمودى	يستعمل هذا النظام عندما تكون طبوغرافية المدينة ذات ميل واحد وفى هذه الحالة يتم إنشاء خط انحدار الصرف الرئيسى (المجمع الرئيسى) فى اتجاه المنسوب المنخفض	 التخطيط العمودى
التخطيط بتقسيم المدينة إلى مناطق صرف	ينفذ هذا التخطيط فى المدن ذات الاختلافات الواضحة فى مناسيب الأحياء فيها، لذلك تقسم المدينة إلى عدة مناطق ينشأ بكل منها مجمع رئيسى يصل إلى محطة الرفع الخاصة به. وتضخ مياه الصرف الصحى المتجمعة مباشرة إلى موقع وحدات المعالجة ويمكن صرف الأحياء المنخفضة الصغيرة إما إلى المجمع الرئيسى للمنطقة المجاورة أو إلى أقرب محطة رفع	 التخطيط بمناطق الصرف
التخطيط المروحى	يعتمد التخطيط المروحى فى الأساس على طبوغرافية المدينة أو أجزاء منها	 التخطيط المروحى
التخطيط الإشعاعي (المحوري)	يتم تجميع مياه الصرف الصحي من مركز المدينة إلى محيطها، وتكون هناك حاجة فى هذه الحالة إلى عدة محطات لمعالجة مياه الصرف الصحي. وفى 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 فى مركز المدينة، ومنها تضخ مياه الصرف الصحي المتجمعة إلى موقع وحدات المعالجة عبر خطوط الطرد.	 التخطيط الاشعاعى

خطوات تخطيـــط شبكـــة الصـــرف الصحـــي فـــــى منطقة المشروع

يتم تخطيط شبكة تجميع مياه الصرف الصحى فى منطقـــة المشـــروع طبقـــاً للخطوات التالية:

- بعد انتهاء أعمال الرفع المساحى يتم إنتـــاج مساقـــط أفقيـــة لمنطقـــة

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 الصحى 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 الصحى.
- 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 الصحى وتسميتها.
- توقع أماكن المطابق على خطوط الصـــرف الصحـــى الصغيـــرة (Sewer Line) وأيضاً المجمعات الرئيسية.
- يتم ترقيم المطابق على كل خط.
- يتم تحديد منسوب سطح الأرض عند كل مطبق.

ويجب 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 الأراضى الصخرية أو ضعيفة التربة أو مرتفعة مناسيب المياه الجوفية (مياه الرشح).
- تلافى عبور خطوط السكك الحديدية أو الشوارع المزدحمة قدر الإمكان، وكذلك تجنب اختيار مواقع محطات الرفع الفرعية بالشوارع الضيقة أو المقام على جوانبها مبانى ضعيفة الإنشاء.
- الاعتماد على سير المياه بالانحدار الطبيعى فى الشبكة.

- يجب أن تصل المخلفات السائلة بالشبكات فى أقصر وقت إلى مواقع محطات الرفع وبالتالى 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)) فى معامل يؤخذ من (0.8-0.9).

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

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:

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

حيث:

Q_{min} 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 فى شهور الصيف ويحسب من المعادلات الآتية:

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

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

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

حيث 0

3. مياه الرشح

يتم حساب كمية مياه الرشح باستخدام المعادلة التالية:

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

حيث:

Q = كميه مياه الرشح المتسربة داخل المواسير خلال كم من خط المواسير (لتر/ساعة)

d = قطر المواسير (متر)

h = ارتفاع منسوب مياه الرشح فوق محور المواسير (متر)

a = معامل يتوقف علي نوع المواسير يتراوح بين 5 – 10 ويؤخذ (10)

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

كمية مياه الأمطار (**Q**rain)= معامل فائض الأمطار (**C**) × المساحة المخدومة بشبكات الصرف الصحي (**A**) × كثافة الأمطار (**I**)/ **360**

حيث :

Qrain: كمية مياه الأمطار التي تصل إلى خط الصرف (م³/ث)

C : معامل فائض مياه الأمطار ، ويتوقف على نوع السطح الذي تجري عليه مياه الأمطار وميل السطح ، ويؤخذ من الجدول المبين أدناه

I : كثافة سقوط مياه الأمطار (لتر/ هكتار/ الساعة) ويؤخذ من البيانات المقاسة فعلياً من الهيئة العامة للأرصاد الجوية

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

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

- **التصرف التصميمي الأقصى = معامل الذروة الأقصى (P.F) × التصرف المتوسط + تصرف الرشح + تصرف المطر**
- **التصرف التصميمي الأدنى = معامل الذروة الأدنى (M.F) × التصرف المتوسط + تصرف الرشح**

التصميم الهيدروليكى لخطوط مواسير شبكات تجميع مياه الصرف الصحي

يقصد بالتصميم الهيدروليكى لمواسير تجميع مياه الصرف الصحى إيجاد العلاقة التى تربط بين التصرف والسرعة ومساحة مقطع الماسورة.

معادلـــــــة الاستمرارية

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

حيث أن: $Q = A \times V$

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

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

حيث:

Q: التصرف المار فى الماسورة (م^3/ ث)

V: السرعة فى الماسورة (م/ ث)

A: مساحة مقطع الماسورة = $\frac{\pi D^2}{4}$ عندما تكـون الماسـورة مملوءة (م^2)

D: القطر الداخلى 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 الداخلى لها بالإضافة إلى ذكر القطر الأسمي أو القطر الخارجي إذا تطلب الأمر ذلك.

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

المعـــــادلات الهيدروليكية

هناك ثلاثاً من المعادلات الهيدروليكية المســتخدمة فى التصميم وهى معادلة مانينج ، ومعادلة هازن ويليامز، ومعادلة كول بروك ووايت.

معادلة مانينج

تربط معادلة مانينج بين السرعة، ومعامل الاحتكاك، والميل الهيدروليكى للماسورة، ومساحة مقطع الماسورة، ومحيط الجزء المبتل منها وتنص على:

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

حيث:

V: سرعة التصرف (م/ ث)

R: نصف القطر الهيدروليكى ($R = \frac{A}{p}$)

A: مساحة مقطع الماسورة ($م^2$)

P: المحيط المبتل (م)

S: الميل الهيدروليكى للماسورة (م/ م)

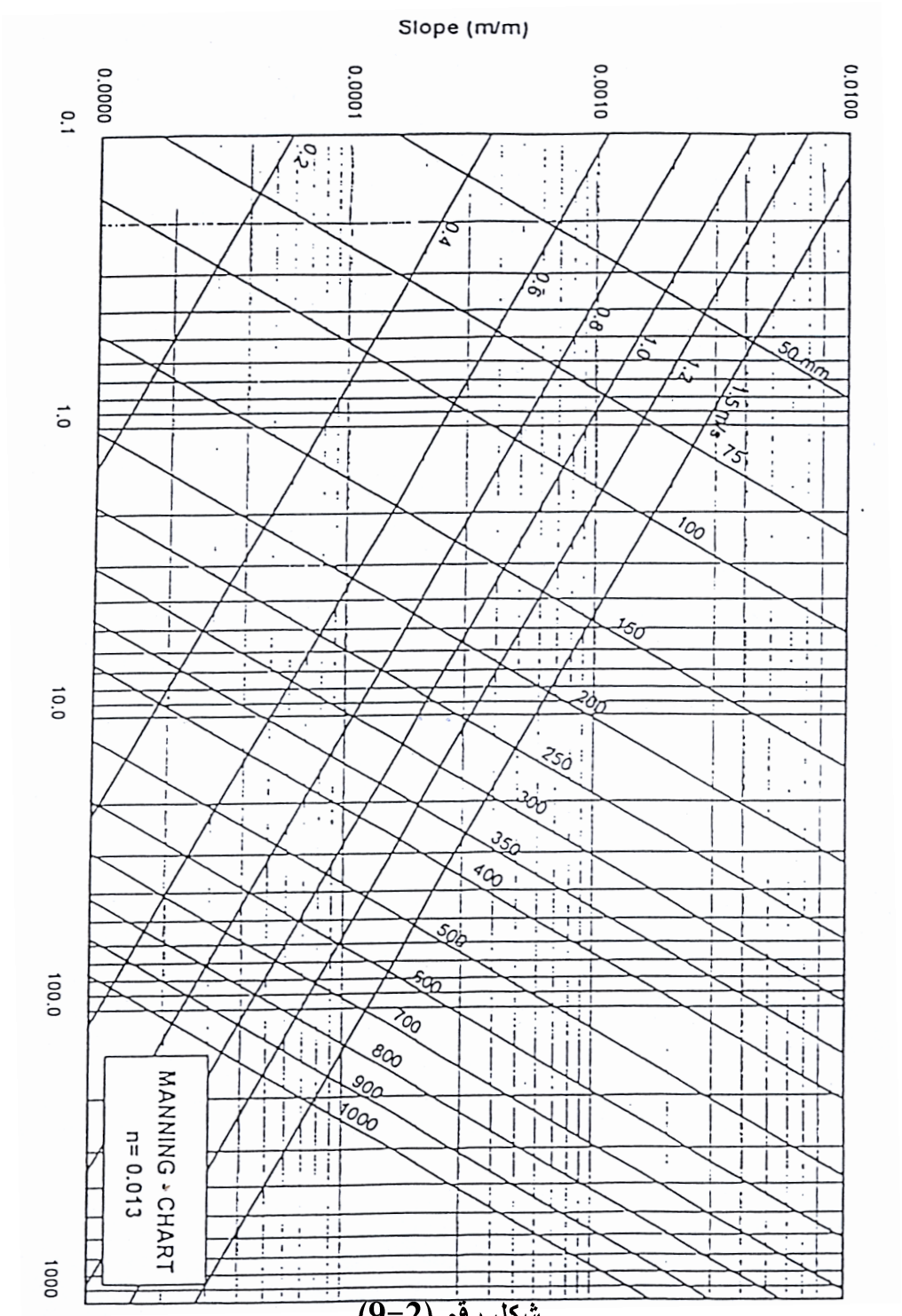
n: معامل الاحتكاك ويعتمد على نوع مادة الماسورة

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

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 مانننج



شكل رقم (2-9)

قيم معامل الاحتكاك (n) فى معادلة مانننج

معادلة هازن ويليامز

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

- ذات صيغة مناسبة وسهلة فى 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:

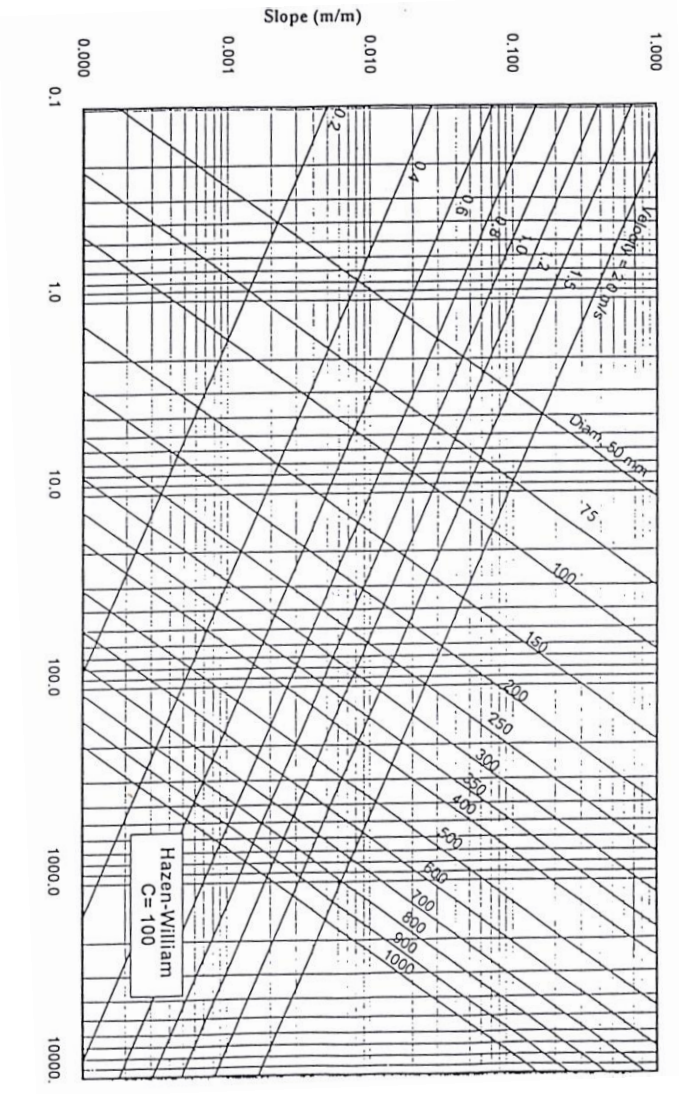
C: معامل الاحتكاك لهازن – ويليامز.

ويوضح الشكل رقم (2–9) المنحنيات الخاصة بمعادلة هازن – ويليامز.عند معامل احتكـــاك 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 أسمنتى	140 – 130
8	زهر مرن	145 – 140
9	صلب	145 – 140

جدول رقم (2–10)

قيم معامل الاحتكاك (C) فى معادلة هازن – ويليامز



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

اشتراطات يجب أخذهـــا فـــــى الاعتبار عنـــد تصميم مواسير الإنحدار

قطر الماسورة :

يتم اختيار قطر ماسورة الصرف الصحى بحيـــث تستوعب أقصى تصـــرف (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 المنفصلة

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

شبكات الصرف المشتركة

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

جدول رقم (2-12)

العلاقة بين نسبة الامتلاء وقطر ماسورة الصرف

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

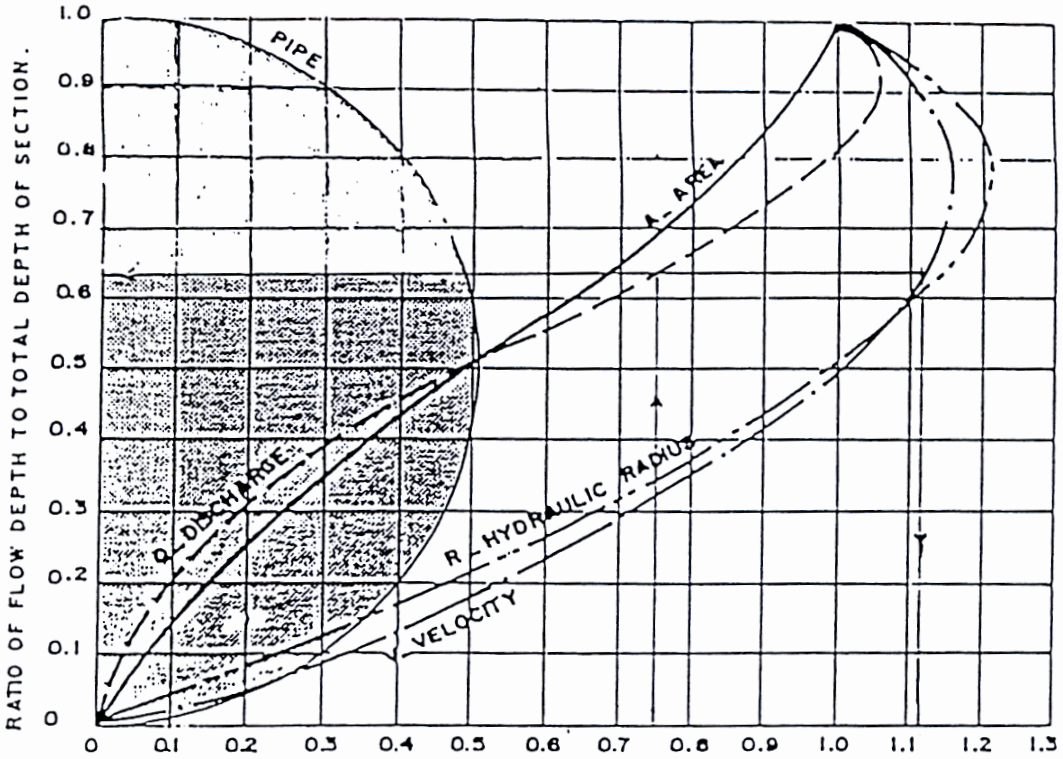
معامل الإحتكاك:

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 فـــى كـــل حالـــة، والرجوع إلى استخدامه والجدول في التطبيق العملي بالملحق.



شكل رقم (2-13)

العناصر الهيدروليكية لمواسير الانحدار غير الممتلئة فى القطاع الدائري

يتم الرجوع للمثال التصميمي بالملحق صفحة 79

أقـــل ميـــل مسموح به لمواسير الإنحدار لتحقيق سرعات التنظيف الذاتي:

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

ويمكن استخدام جداول ملحق هذا الكتيب لتصميم مواسير تجميع مياه الصرف الصحى بالانحدار مباشرة بعد معرفة التصرف المملوء والميل الاقتصادى.

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

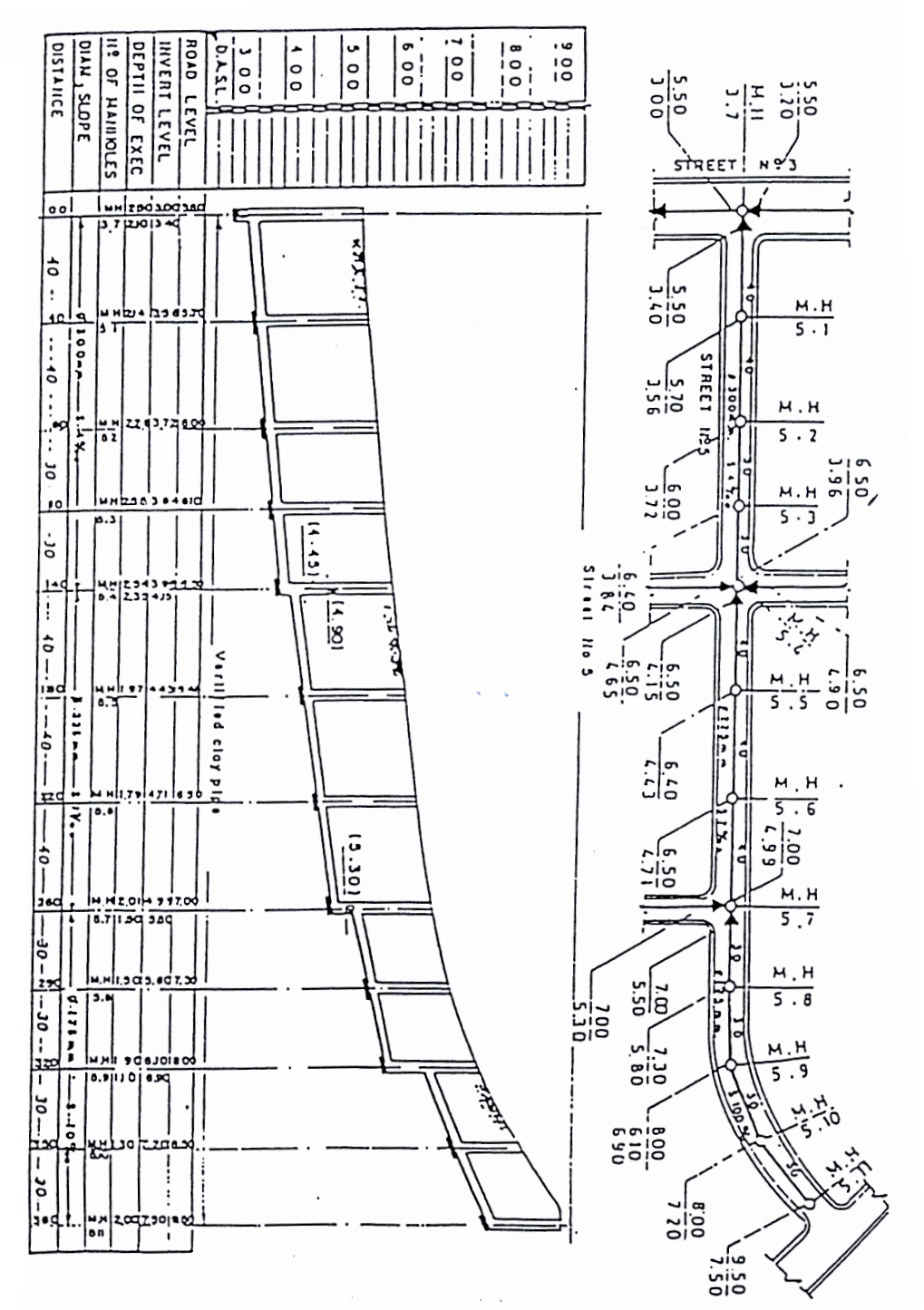
جدول رقم (2-14)

العلاقة بين قطر الماسورة وأقل ميل

القطاعات الطولية لمواسير الانحدار

بعد إتمام تصميم مختلف مواسير شبكة تجميع مياه الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى، أى تعين 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 المبانى المختلفة على خطوط المواسير.
- أساسات المواسير ومناسيبها.



شكل رقم (2-15)

القطاعات الطولية لمواسير مياه الصرف الصحي بالانحدار الطبيعي

أنواع مواسيـــر شبكات تجميع مياه الصرف الصحـــى

هناك بعض العوامل التى يجب أن تؤخذ فى الاعتبار عند اختيار نوع المواسير المستخدمة فى شبكات تجميع مياه الصرف الصحى ويمكن ذكر هذه العوامل كما يلى:

- خواص مياه الصرف الصحى التى تحملها المواسير.
- العمر الافتراضى لنوع المواسير وعلاقته بالفترة التصميمية للمشروع.
- مدى مقاومة المواسير للنحر نتيجة السرعات العالية.
- التآكل نتيجة الأحماض المتواجدة داخل المواسير وخاصة فى الجزء العلوى الداخلى.
- السهولة فى 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 تتوافر جميع الاحتياجات فى نوع واحد من الأنواع المختلفة ولذلك فإنه يتم اختيار أنسب هذه الأنواع طبقاً لظروف المدينة.

وعموماً فإن أنسب أنواع المواسير بالانحدار الطبيعى والتى تستخدم فى تجميع مياه الصرف الصحى هى مواسير الفخار المزجج، والبلاستيك، والألياف الزجاجية (الفيبرجلاس)، والمواسير الخرسانية. وسنتناول فيما يلى هذه الأنواع الأربعة مع تلخيص مميزات وعيوب كل نوع منها.

مواسير الفخار المزجـــج

هى مواســـير مصنوعة من خليط متجانـــس من الطين المحروق فى درجـــة

حرارة لا تقل عن 1100 درجة مئوية، وهى 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 تتروح من 100 مم إلى 1000 مم.

مواســـير 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)

- عدايه سكة حديد

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

المطـــــابق:

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.

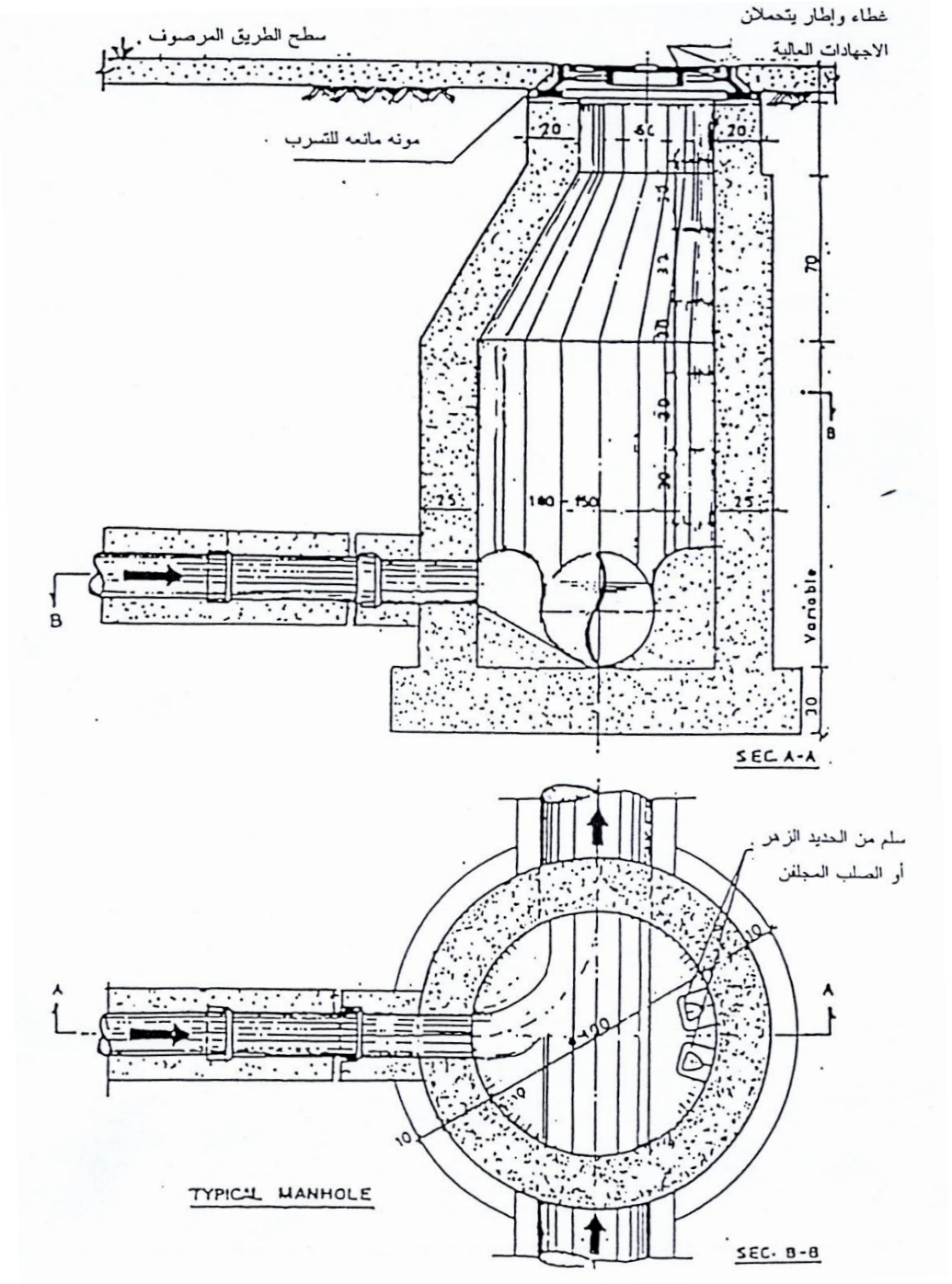
قطر الخط (مم)	أكبر مسافة بين مطبقين (متر)
١٧٥ - ٢٠٠	٣٠
٢٠٠ - ٣٠٠	٥٠
٣٠٠ - ٤٠٠	٦٠
٤٠٠ - ٩٠٠	١٠٠
٩٠٠ - ١٢٠٠	١٥٠
أكبر من ١٢٠٠	٢٠٠

جدول رقم (2-16)

العلاقة بين قطر ماسورة والمسافة بين المطابق

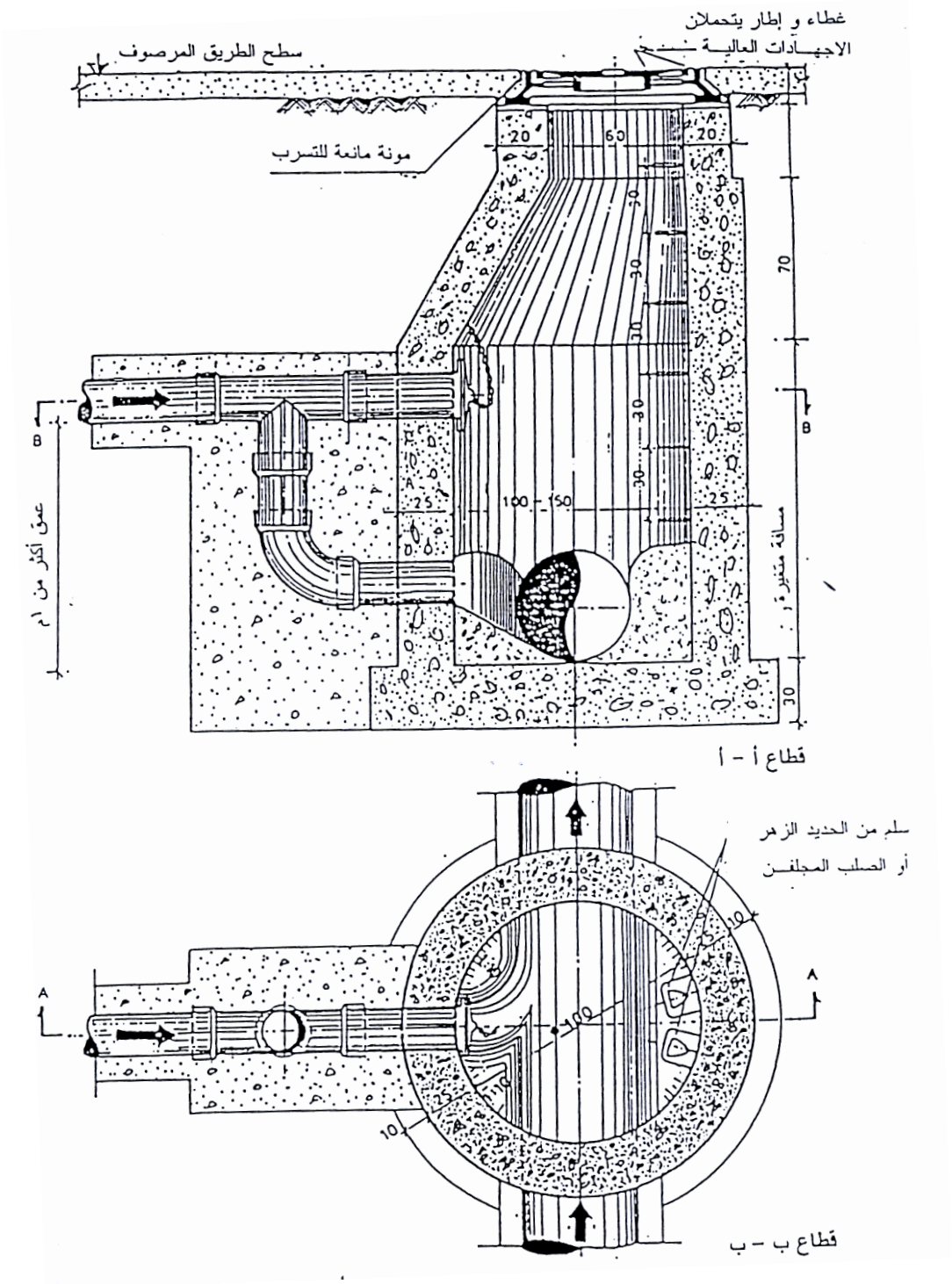
وينبغى إضافة مطبق بهدار إذا كانت الماسورة الداخلة للمطبق أعلى بمتر واحد أو أكثر من الماسورة الخارجة من المطبق. ويكون الهدار من النوع الخارجى الموضح بالشكل رقم (2-18).

وإذا لم يكن قطرا الماسورة الداخلة والماسورة الخارجة متساويين فيجب أن يتطابق الراسم العلوى لكل منهما مع الآخر، ولا يقل عمق المطـــبق عن 1.20 متر، وبعد تحديد قيمة التصرف عند امتلاء الماسورة بحوالى 4.25 مرة أدنى تصرف، فإن تصميم ماسورة تجميع مياه الصرف الصحى هو فى الواقع تطبيق للقوانين السابقة على ماسورة دائرية ممتلئة ولكن ليست تحت ضغط. هذه القوانين تحتوى على خمسة متغيرات هى التصرف (Q)، السرعة (V) والقطر(D)، معامل الاحتكاك (n)، وميل بدن الماسورة (S). وهذه المتغيرات الخمسة تتناسب مع بعضها، وبمعرفة أى ثلاثة منها يمكن حساب المتغيرين الباقيين.



شكل رقم (2-17)

مطبـــــــق نموذجـــــى



شكل رقم (2-18)

مطبـــــق بهـــــــدار

أعمـــال نقل مياه الصرف الصحي (محطات الرفع وخطوط الطرد)

محطات رفع مياه الصرف الصحي

إختيار مواقـــع محطات الرفع

قبل عمل تخطيط عام لتصميم نظام صرف صحي لخدمة مناطـــق 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.

شـــروط مواقـــع محطـــات الرفـــع

يجب أن تتوافر بمواقع محطات الرفع الشروط التالية:

1-أن تكـــون المواقـــع فى أماكـــن 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 النواحى 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 العمرانى والتخطيط الهيكلى 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 مناسيبالطرق 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 المبانى 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 بيارة تجميع حيث يتم تركيب الطلمبات إما مباشرة في هذه البيارة (بئر مبتل) أو يخصص جزء من البيارة (بئر مبتل) أو يخصص جزء من البيارة لتركيب الطلمبات (بئر جاف) وتؤخذ العوامل الآتية عند تحديد نوع المحطة:-

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

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

نوع البيارة

- بيارة جافة

تستخدم في محطات الرفع ذات التصرفات المتوسطة والكبيرة

- بيارة مبتلة

تستخدم في محطات الرفع ذات التصرفات الصغيرة والمتوسطة

شكل البيارة

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

القدرة الإستيعابية (السعة)

- التصرفات الصغيرة حتى 40 لتر/ ثانية
- التصرفات المتوسطة من 40 إلى 300 لتر/ ثانية
- التصرفات الكبيرة أكبر من 300 لتر/ ثانية

الطلمبات المستخدمة بمحطات رفع الصرف الصحي

يتم الرجوع للبند 4 بالفصل الأول صفحات أرقام (39 إلى 41) بالإضافة إلى بعض الأجزاء التالي إيضاحها نظراً لإختلاف الطلمبات المستخدمة بمنظومة مياه الشرب عن منظومة الصرف الصحي نذكر منها ما يلي:

تحديد متطلبات التصميم للطلمبة (**Design requirements**): يراعى عند توصيف الطلمبات المطلوبة لمحطة الرفع تحديد الآتى:

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

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

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

- تستخدم الطـــلمبات ذات التصرف القطرى (Radial flow) فى حالة القيم العالية للرفع (أكثر من 40 متراً).
- تستخدم الطـــلمبات ذات التصرف المختلط (Mixed flow) فى حالة القيم المتوسطة للرفع (من10–40 متراً).
- تستخدم الطـــلمبات ذات التصرف المحورى (Axial flow) فى حالة القيم الصغيرة للرفع (أقل من 10 متراً).

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

2- سرعة الدوران (Speed): تُحدد سرعة دوران الطلمبة طبقاً لاعتبارات التصميم المُعدَّة 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 ســـــرعة الطلمبات الصـــــغيرة (ذات التصرف الأقـــــل من 50 لتر/ ث) عالـــية فى حدود 1500 – 3000 لفة/ د. أما الطلمبـــات الكبيرة التى يزيد تصـــــرفها 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 (المـــص) للطلـــمبة 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 التصرفات)، والسرعة المسموح بها فى مواسير

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

وفى المعتاد يكون قطر المواد الصلبة المسموح بها كالتالى:

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

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

جسم الطلمبة : حديد زهر

المروحة : حديد زهر

عامود الإدارة : صلب غير قابل للصدأ

حلقات التآكل : برونز

وفى حالة طلب طلمبات لاستخدامات خاصة أو فى حالة احتواء السوائل المراد رفعها على مواد كيماوية (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 وبالتالى تصميم بيارات السحب طبقاً للآتى:

- التركيب فى الوضع الرأسى باتصال مباشر بين الطلمبة والمحرك.

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

التركيب فى الوضع الرأسى عن طريق استخدام أعمدة كردان للتوصيل بين الطلمبة والمحرك، بحيث يتم تركيب المحركات أعلى منسوب سطح الأرض. وتستخدم هذه الطريقة فى حالة أعماق السحب الكبيرة والتى تزيد عن 5 أمتار تحت سطح الأرض، أو فى 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 الصحى – المتجمعة فى البئر المبتل لمحطات الضخ – بواسطة الطلمبات عبر مواسير الطرد إلى موقع وحدات المعالجة.

التصميم الهيدروليكى لخطوط مواسير الطرد

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

المواسيـــــــــر المستخدمة فى 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 الرمادى (Gray cast iron pipes).

بحوث التربة: ويجب عمل الأبحاث والتحاليل الخاصة بالتربة لتصنيف التربة هل هى:

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

وذلك بناءً على العناصر الكيميائية الموجودة بالتربة، وبالتالى يمكن تحديد الطرق المثلى لحماية المواسير خارجياً. وقد أصدرت وزارة الإسكان فى مصر قراراً وزارياً يحدد طرق حماية المواسير المختلفة فى كل حالة من حالات التربة السابق ذكرها. كما تفيد أبحاث التربة أيضاً فى 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. لتفادى زيادة الاحتكاك الذى يقلل العمر الافتراضى للمواسير، ولتجنب الوصول إلى السرعة المتلفة.
- 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).
- ينبغى أن يتطابق التصرف التصميمى لخطوط الطرد مع التصرف التصميمى للطلمبات. ويجب أن يتم حساب السرعة فى خطوط الطرد فى حالة تشغيل طلمبة أو اثنتين أو أكثر وذلك حسب التصرف (أدنى– أقصى – أو متوسط).
- يجب عمل تحليل للمطرقة المائية (Surge analysis) لتحديد الأماكن التى تتعرض لضغوط سالبة (Negative pressures) بحيث يتم حماية الخطوط بإضافة أجهزة حماية المطرقة المائية (Anti hammer devices).

ومن أمثلة هذه الأجهزة:

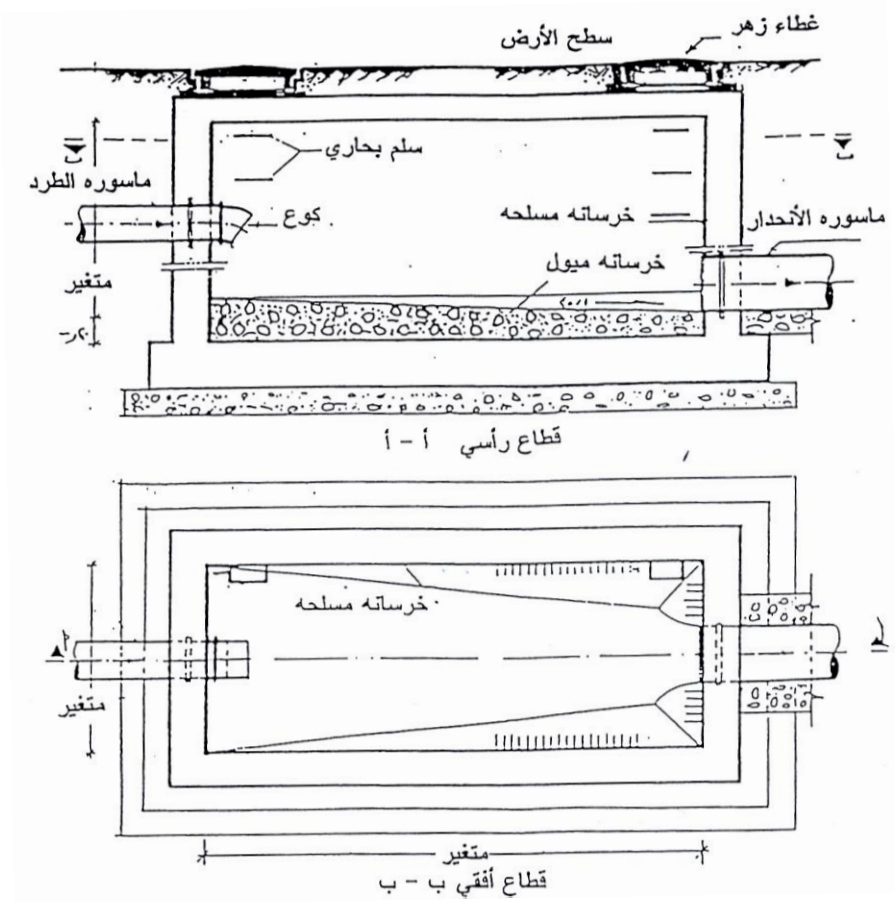
- خزان الحماية من المطرقة المائية (Surge tank).
- محابس الهواء (Air/Vacuum release valves – Air release valves)

توضع محابس الهواء الخاصة من النوع المستخدم فى المجارى فى الأماكن المرتفعة من خطوط الطرد لتسريب الهواء المحبوس الذى يتجمع بها، وكذلك محابس للغسيل فى الأماكن المنخفضة لتصريف مياه المجارى من الخط عند إجراء الصيانة فى 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
600–400	100
900 – 700	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 تهدئة كما هو موضح بالشكل رقم (2-20)،عند نهاية خطوط الطرد لتقليل السرعة قبل الصب فى خطوط الانحدار. ويجب أن تصمم غرف التهدئة على أساس مدة مكث من 10 إلى 60 ثانية ويكون طول الغرفة ثلاثة أمثال العرض. ويجب ألا يقل عرض غرفة التهدئة عن ثلاثة أمثال قطر خط الطرد الداخل 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 الرى والأشغال العامة والموارد المائية وهيئة السكك الحديدية وكذلك هيئة الطرق والكبارى.



شكل رقم (2-20): غرفة التهدئة

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 الآلى ويتم حساب الراسم السفلى 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 التى أعدت بواسطة الحاسب الآلى ليقرأها برنامج Auto Cad ليتم رسم القطاعات الطولية لخط الطرد المطلوب.

الملحقAnnex

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 سكنى جديد تعداده 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 Capita

ثانياً: حساب التصرفات التصميمية للخط حالياً ومستقبلاً

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

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

Q_{fire} = 40 l/s

استخدم جدول رقم (A-3) في تعيين قيـــمة معامـــل الـــذروة (P.F)

$Q_{max\ daily}$ (Present) = P.F* Q_{av} Present

= 2*0.174 = 0.347 m^3/s

$Q_{max\ daily}$ (Future) = P.F* Q_{av} Future

= 2*0.466 = 0.932 m^3/s

Q_{des1} (Present) = $Q_{max\ daily}$ (Present) + Q_{fire}

= 0.347 +0.04 = 0.387 m^3/s

Q_{des2} (Future) = $Q_{max\ daily}$ (Future) + Q_{fire}

= 0.932 + 0.04 = 0.972 m^3/s

ملاحظة:

يراعى عند تحديد أقصى تصرفات يومية أن يؤخذ في الإعتبار 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} (Future) = 0.972 m^3/s

Assume: V = 1 m/s بفرض السرعة

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

There for: D = 1112 mm

Choose D =1000 mm

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

= 1.237 m/s (< 1.5 m/sec) OK

نتأكد من أن السرعة في قطر الخط الذى 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)

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

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

Then: H= 0.042 m when L = 100 m

مثال رقم (2) تصميم شبكات الصرف الصحي:

لنفس المدينة بالمثال السابق مطلوب حساب التصرف التصميمي والتصميم الهيدروليكي لمجمع مياه الصرف الصحي مشترك (يحمل التصرف الجاف الأقصى+ تصرف الرشح+ تصرف 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 مانينج (n) = 0.013 جدول (A-6)

الحل:

من المثال السابق:

P_n= 134,253 Capita

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

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

$Q_{Max\ D.W.F\ Sewage}$ Future = P.F* $Q_{av\ Sewage}$ Future

$=(1+14/(4+(134{,}253\ /1000))^{1/2})\ *\ 0.373$

$= 0.708\ m^3/s$

$Q_{Min\ D.W.F\ Sewage}$ Future = $0.2*(P_n/1000)^{1/6}$ * $Q_{av\ Sewage}$ Future

$= 0.169\ m^3/s$

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

$Q_{infilteration}$ = 10% * 0.373 = 0.037 m^3/s

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

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

حالة أقصى تصرف:

Q_{design}= $Q_{Max\ D.W.F\ Sewage}$ + $Q_{infilteration}$ + Q_{rain}

$= 0.708 + 0.037 + 0.089$

$= 0.834\ m^3/sec$

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 من منحنيات/ جداول التصميم $\Longrightarrow$ $q/Q_{full} = 1.0605$ & $v/V_{full} = 1.128$

$q/Q_{full} = 1.0605$

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

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

Assume D = 700 mm = 0.7 m

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

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

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

Assume D = 1000 mm = 1 m

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

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

$V_{max} = 1.128 * V_{full} = 1.128 * 1 = 1.13$ m/s (< 1.5 m/s) 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}

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

Vmin= 0.796*1.001= 0.797 m/sec (> 0.6 m/sec) 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 ($Q_{max.\ daily}$) (Qmh Qmm) بوحدة (لتر/ ثانية) مع إختيار المعامل المناسب الخاص بكل تصرف (1.4- 2.5-1.6).

الحل:

Qav=130*10000/(1000*86.4)=15.04 L/Sec

Qmm=1.4*15.04=21.06 L/Sec

Qmd=1.6*15.04=24.07 L/Sec

Qmh=2.5*15.04=37.62 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 الحالى =50000 نسمة ومعدل النمو السنوى 1.5 % سنويا إذا كان متوسط الاستهلاك اليومى 175 ل/فرد /يوم (بإستخدام بيانات الكود المصرى).

الحل:

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

التصرف المتوسط =0.175*90700 /86.4 = 183.7 ل /ث

التصرف الأقصى يومي =1.6 * 183.7= 294 ل/ث

التصرف الأقصى شهري = 1.25*183.7 = 229.63 ل/ث

التصرف الأقصى ساعة = 2.25*183.7 = 413.3 ل/ث

حالة الاستخدام	متوسط الاستهلاك اليومى لتر/فرد/يوم	كمية الفاقد لتر/فرد/يوم	متوسط الاستهلاك الكلى 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)

تصـــرفات الحريـــق

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) قيـــم معامـــل الـــذروة

المستخدم فى حساب التصرف التصميمى

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) فى معادلة هازن – ويليامز

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

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 مانننج

شبكات الصرف المنفصلة

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

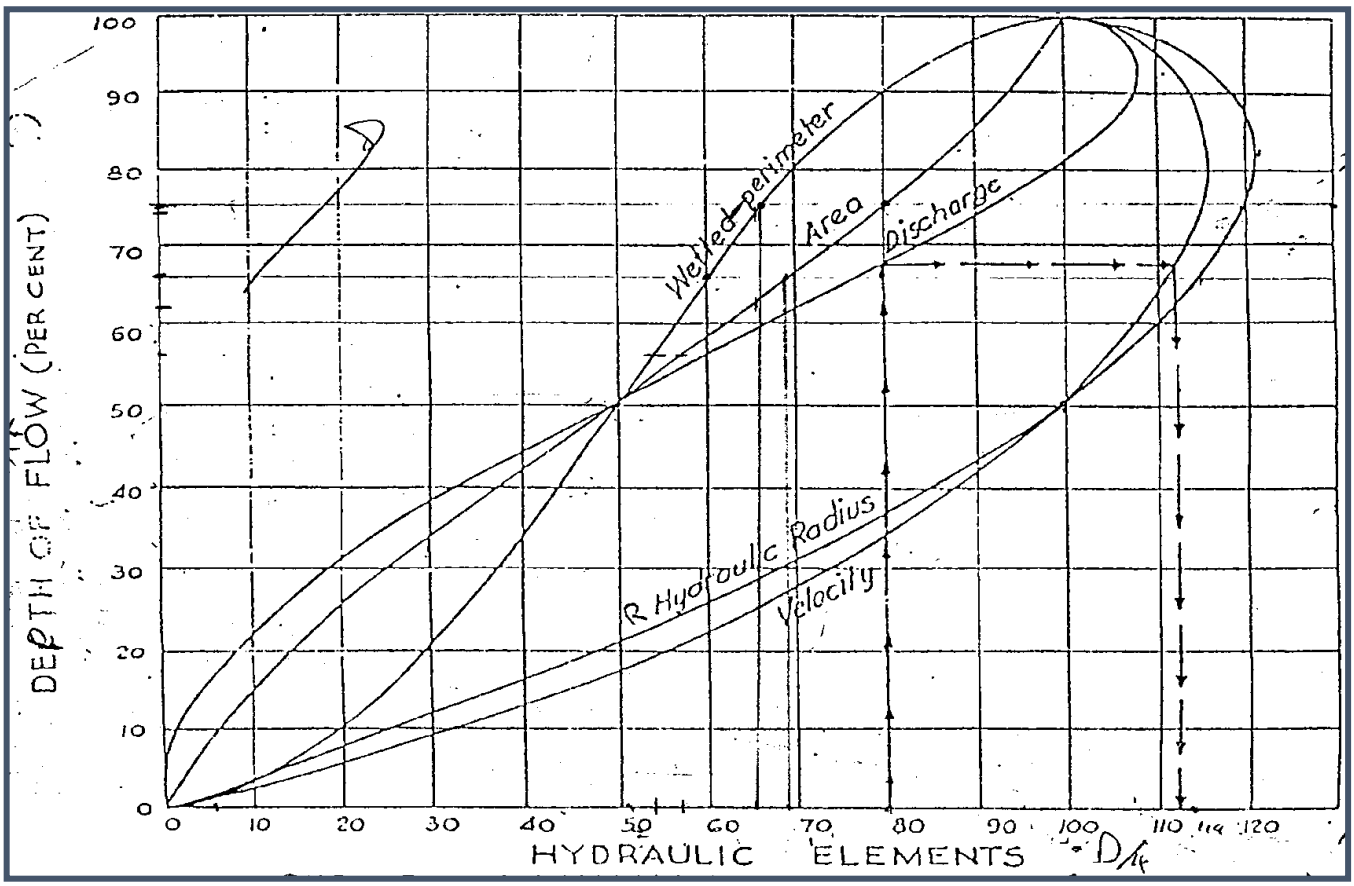
شبكات الصرف المشتركة

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

جدول رقم (A-7)

العلاقة بين نسبة الامتلاء وقطر ماسورة الصرف

d/D



Q/Qf - V/Vf - A/Af - P/Pf

Hydraulic Design Chart

Hydraulic Design Table (d/Df - v/Vf)

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	0.8258	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	0.8258	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)

حقوق الطبع محفوظة
الإدارة العامة للمسار الوظيفي - الإدارة العامة للمسار الوظيفي