الفصل الخامس

التصميم الهيدروليكى لخطوط مواسير

شبكات الإنحدار لتجميع المياه الملوثة

يقصد بالتصميم الهيدروليكى لخطوط مواسير شبكات تجميع المياه الملوثة هــو تحديــد العلاقة التى تربط بين التصرف والسرعة والمساحة المائية للماسورة والضغوط والفواقد فى الطاقة والاسباب المؤدية لها.

وفيما يلى أهم الاسس والقوانين الهيدروليكية المستخدمة فى هذا التصميم الهيدروليكى:

٥-١ معادلة التصرف

$$Q = A \times V \qquad (٥-١)$$

حيث:

Q : التصرف المطلوب نقله ويعنى نقل حجم معين فى وحدة الزمن (م^{٣}/ث)

V : السرعة المتوسطة للسائل خلال مقطع الماسورة (م/ث)

A : المساحة المائية لمقطع الماسورة = $\frac{\pi D^2}{4}$ عندما تكون الماسورة مملوءة (م^{٢}).

D : القطر الداخلى للماسورة (م)

ويتم حساب قيمة التصرف تبعا لمعدلات استهلاك المياه للاستخدامات المختلفة.

ويتم اختيار القطر الداخلى للماسورة عن طريق المواصفات القياسية لكل نوع من انواع المواسير والاستعانة ببيانات الشركة المنتجة لها، ويعبر عن قطر الماسورة بالقطر الداخلى لها بالاضافة الى ذكر القطر الاسمى والقطر الخارجى اذا تطلب الامر ذلك.

ويتم اختيار السرعات فى المواسير فى المواسير تبعا لظروف التصميم ففى حالة الارض المنبسطة يتم التصميم على اقل ميل مسموح به للماسورة بحيث لا يحدث ترسيب اما فى حالة الارض المنحدرة فتصمم الماسورة على ميل يوازى سطح الارض بحيث لا تزيد السرعة عن ٢.٠ م/ث وفى الحالات شديدة الانحدار يجب الا تزيد

السرعة عن ٠.٣ م/ث ويتم تحقيق ذلك باتباع نظام الهدارات للحصول على ميول مناسبة. وتتراوح قيمة السرعات كالاتى:

- بين ١.٠ – ٢.٠ م/ث للمواسير الفرعية اقل من ٢٠٠مم.
- بين ١.٠ – ١.٥ م/ث لمواسير نقل المياه اكبر من ٢٠٠مم.
- بين ٠.٦ – ١.٥ م/ث لمواسير الانحدار لتجميع المياه الملوثة تبعا لظروف تخطيط الشبكة.
- بين ١.٠ – ١.٥ م/ث لخطوط الطرد الناقلة لمياه الصرف الصحى بين محطات الرفع او اعمال المعالجة او بين محطات الرفع فيما بينها

٥-٢ معادلة الاستمرارية (Continuity Equation)

نتيجة ان المياه سائل غير قابل للانضغاط فانه عند مرور الماء خلال ماسورة متغيرة القطر او ثابتة فان التصرف خلال اى مقطع من الماسورة ثابت.

وحيث:

Q = ثابت

AV = ثابت

$$\text{ثابت} = A_2 V_2 = A_1 V_1 \qquad (٥-٢)$$

٥-٣ معادلة الطاقة (Bernoulli's Equation)

عند اى قطاع فى ماسورة مياه تحت ضغط فان الطاقة الكلية تتكون من:

أ – طاقة الوضع (Z).

ب – طاقة الضغط (P/W).

ج – طاقة الحركة ($V^2/2g$).

وبالتالى تكون معادلة برنولى فى الصورة الاتية:

$$Z + P/W + V^2/2g \qquad (٣-٥)$$

ولكن نتيجة لحركة المياه بين نقطتين داخل الماسورة فانه يحدث فواقد فى الطاقة علـــى طول الماسورة.

وبالتالى تصبح المعادلة فى الصورة الاتية:

$$\text{الفواقد} + Z_2 + P/W + V_2^2/2g = Z_1 + P/W + V_1^2/2g \qquad (٤-٥)$$

وفى حالة ثابت مقطع الماسورة فان $V_1 = V_2$

وبالتالى فان الفقد فى الطاقة يكون كما يلى:

$$\text{الفواقد} = [Z_1 + P_1/W] - [Z_2 + P_2/W] \qquad (٥-٥)$$

والفواقد الناتجة تنقسم الى:

٥-٣-١ فواقد رئيسية (Major Losses)

وهى الفواقد الناتجة من احتكاك السائل بالسطح الداخلى للماسورة وهى أكبر فى القيمة من أنواع الفواقد الاخرى

٥-٣-٢ فواقد ثانوية (Major Losses)

وهى الفواقد الناتجة من خط المواسير نتيجة الوصلات، والقطع الخاصة.

٥-٤ المعادلات الهيدروليكية التى تستخدم فى حساب الفواقد الرئيسية:

تنقسم هذه المعادلات الى قسمين

المعادلات الصحيحة الابعاد (Dimensioally Correct Formulae)

والمعادلات الافتراضية (Empirical Formulae)

٥-٤-١ المعادلات الصحيحة الابعاد:

وهى معادلات مستنتجة حسابيا ولها اساس رياضى واخذت فى اعتبارها لزوجة السائل و حالته من كونه خطى او مضطرب واخذت ايضا فى الاعتبار خشونة الجدار الداخلى للماسورة و اشهر هذه المعادلات معادلة كول بروك Cole- Brook and white Formula وتستخدم هذه المعادلة لاستنتاج معامل الاحتكاك فى معادلة دراسى:

$$H_f = \frac{fLV^2}{2gD} \qquad (٥-٦)$$

حيث:

H_f : الفواقد (م)

F : معامل دارسى للاحتكاك وليس له وحدات ويعين من الجدول (٥-١)

V : السرعة (م/ث)

D : القطر الداخلى للماسورة (م)

g : عجلة الجاذبية الارضية (م/ث^2)

وقد بين كول بروك فى معادلته ان f معامل الاحتكاك يتناسب مع كل من لزوجة السائل و سرعته وقطر وخشونة الماسورة.

ومعادلة كول بروك تكون فى الصورة الآتية:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left[\frac{K_s}{3.71D} + \frac{2051}{R_n\sqrt{f}}\right] \qquad (٥-٧)$$

R_n : قيمة وينولد، وهى تعبر عن حالة سريان السائل هيدروليكيا من كونه خطى او مضطرب.

عندما يكون R_n <٢٠٠٠ يكون السائل فى الحالة الخطية

عندما يكون ٢٠٠٠< R_n < ٤٠٠٠ يكون السائل فى الحالة الانتقالية من الحالة الخطية الى الحالة المضطربة.

عندما يكون R_n >٤٠٠٠ يكون السائل فى الحالة المضطربة

وحيث ان $R_n = \frac{VD}{\upsilon}$

ومن معادلة دراسى $f = \frac{2gDS}{V^2}$

أمكن استنتاج المعادلة كالتالى:

$$V = -2\sqrt{2gDS}\log\left[\frac{K_s}{3.71D} + \frac{2051}{D\sqrt{2gDS}}\right] \qquad (٨-٥)$$

حيث:

S : الانحدار الهيدروليكى للماسورة ويعبر عنه (م/م)

D : القطر الداخلى للماسورة (م)

g : عجلة الجاذبية الارضية (م/ث^٢)

K_s: خشونة الجدار ويعبر عنه (م)

υ : معامل اللزوجة ويعبر عنه (م^٢/ث)

وهى علاقة تربط بين السرعة والقطر والميل الهيدروليكى آخذين فى الاعتبار معامل اللزوجة.

ومن دارسة كول بروك نستنتج الاتى:

١. يفضل استخدام هذه المعادلة نظر لشموليتها من حيث وصفها السائل والوسط الناقل له (جدار الماسورة).

٢. نظرا لصعوبة حل المعادلة حسابيا فيفضل استخدام منحنيات تسهل حل المعادلة ويستخدم الجدول (٥-١) لتعيين قيم (K_s) للأنواع المختلفة من المواسير .

ويستخدم الجدول (٥-٢) لتعيين قيم (υ) معامل اللزوجة عند درجات الحرارة المختلفة سواء لمياه الشرب او للمياه الملوثة.

جدول (٥-١) قيم (K_s) خشونة الجدار لمختلف الأنواع من المواسير

نوع الماسورة	قيم (K_s) (مم)		
	حالة الماسورة جيدة	حالة الماسورة عادية	حالة الماسورة قديمة
١ – اسبستوس اسمنتى	٠.٠١٥	٠.٠٣	
٢- بلاستيك (pvc)			
• مواسير بلاستيك بوصلات ملحومة	–	٠.٠٣	
• مواسير بلاستيك بوصلات رأس وذيل بحلقة كاوتش	–	٠.٠٣	
٣- بولستر مسلح بألياف زجاج	٠.٠٠٣	٠.٠٣	–
٤-خرسانة سابقة الاجهاد	–	٠.٠٣	–
٥- خرسانة عادية	٠.٠٦	٠.١٥	٠.٣
٥- خرسانة مسلحة	٠.٠٦	٠.١٥	٠.٣
٧ – زهر مرن			
• مواسير ذات حماية داخلية من المونة الاسمنتية.	–	٠.٠٣	–
• مواسير ذات حماية داخلية من البيتومين	–	٠.٠٣	–
٨- صلب			
• مواسير ذات حماية داخلية من المونة الاسمنيتة	–	٠.٠٣	–
• مواسير ذات حماية داخلية من البيتومين	–	٠.٠٣	–
٩- فخار ذات رأس وذيل بالوصلة المرنة وكذلك بوصلة المونة الاسمنتية (القلفطة)	–	٠.٠٦	–

جدول (٥-٢) قيم معامل اللزوجة (υ) عند درجات الحرارة المختلفة

درجة الحرارة م°	معامل اللزوجة ١٠$^{-٦}$ م٢/ث	درجة الحرارة م°	معامل اللزوجة ١٠$^{-٦}$ م٢/ث
٥	١.٥٢١	٤٥	٠.٦٠٤
١٠	١.٣١٠	٥٠	٠.٥٥٦
١٥	١.١٤٨	٥٥	٠.٥١٤
٢٠	١.٠٠٧	٦٠	٠.٤٧٨
٢٥	٠.٨٩٧	٦٥	٠.٤٤٦
٣٠	٠.٨٠٤	٧٠	٠.٤١٧
٣٥	٠.٧٢٥	٧٥	٠.٣٩٢
٤٠	٠.٦٦١	٨٠	٠.٣٦٦

٥-٤-٢ المعادلات الافتراضية (الصورة العامة)

وهذه معادلات تعتمد على افتراض صيغة معينة تكون على الصورة الاتية:

$$V = CR^{\alpha}S^{\beta} \qquad (٥-٩)$$

حيث:

V = السرعة المتوسطة للسائل (م/ث)

R = المحيط المبتل ووحداته (م)

C = معامل يتعين بالتجربة المعملية يتوقف على خشونة جدار الماسورة.

α,β= قيم لتحقيق طرفى المعادلة وتستنتج بالتجربة المعملية

وتمتاز هذه المعادلات بأنه سهلة التطبيق وتعطى دقيقة عند الاخذ فى الاعتبار قيم الثوابت لكل معادلة ومن أشهر هذه المعادلات:

٥-٤-٢-١ معادلة هازن ويليامز (Hazen Williams Formula)

وتعتبر هذه المعادلة من أكثر المعدلات شيوعا فى الاستخدام لعدة اسباب منها:

١. ذات صيغة مناسبة فى الاستخدام.

٢. حققت نتائج معملية مناسبة تتفق مع الصيغة الرياضية.

٣. صالحة للاستخدام لمدى واسع من الاقطار من ١٥٠مم ولقيم C اكبر من ١٠٠.

والمعادلة على الصورة

$$H = \frac{6.78L}{D^{1.165}}\left[\frac{V}{C}\right]^{1.85} \qquad (٥-١٠)$$

ومنها يمكن استنتاج معادلة السرعة

$$V = 0.355CD^{0.63}\left[\frac{H}{L}\right]^{0.54} \qquad (٥-١١)$$

حيث:

C: معامل الاحتكاك لهازن ويليامز ويحدد من الجدول (٥-٣)

جدول (٥-٣)

قيم معامل الاحتكاك فى معادلة هازن ويليامز C

نوع الماسورة	معامل C
١- اسبستوس اسمنتى	١٤٠
٢- بلاستيك	١٥٠-١٥٥
٣- بولستر مسلح بألياف الزجاج	١٥٠-١٥٥
٤- خرسانة سابقة الاجهاد	١٤٠-١٤٥
٥- خرسانة عادية	١٣٠-١٤٠
٥- خرسانة مسلحة	١٣٠-١٤٠
٧- زهر مرن	١٤٠-١٤٥
٨- صلب	١٤٠-١٤٥
٩- فخار	١٤٠-١٤٥

٥-٤-٢-٢ معادلة مانينج:

وهى معادلة مشهورة وتستخدم بكثرة وذلك للميزات الاتية".

١. الفواقد (H_f) تتناسب طرديا مع السرعة.

٢. معامل الاحتكاك لمانينج (n) يكون ثابت لنفس نوع المواسير.

٣. نظرا لان الفواقد الثانوية الناتجة من القطع الخاصة والاكواع والمحابس والتيهات وغالبا تضاف الى فواقد الاحتكاك ويعبر عنها بالصيغة $H = KV^2$ فتكون معادلة مانينج هى الانسب فى التطبيق.

٤. فى حالة التصرفات الكبيرة ودراسة خطوط مواسير قديمة ذات سطح داخلى خشن واذا كان معامل هازن ويليامز للاحتكاك "C" أقل من ١٠٠ فتكون معادلة مانينج هى الانسب فى التطبيق عن معادلة هازن ويليامز ومعادلة مانينج تكون على الصورة الاتية:

$$H = \left[\frac{n^2}{(0.379)^2}\right] x \left[\frac{LV^2}{D^{\frac{4}{3}}}\right] \qquad (١٢-٥)$$

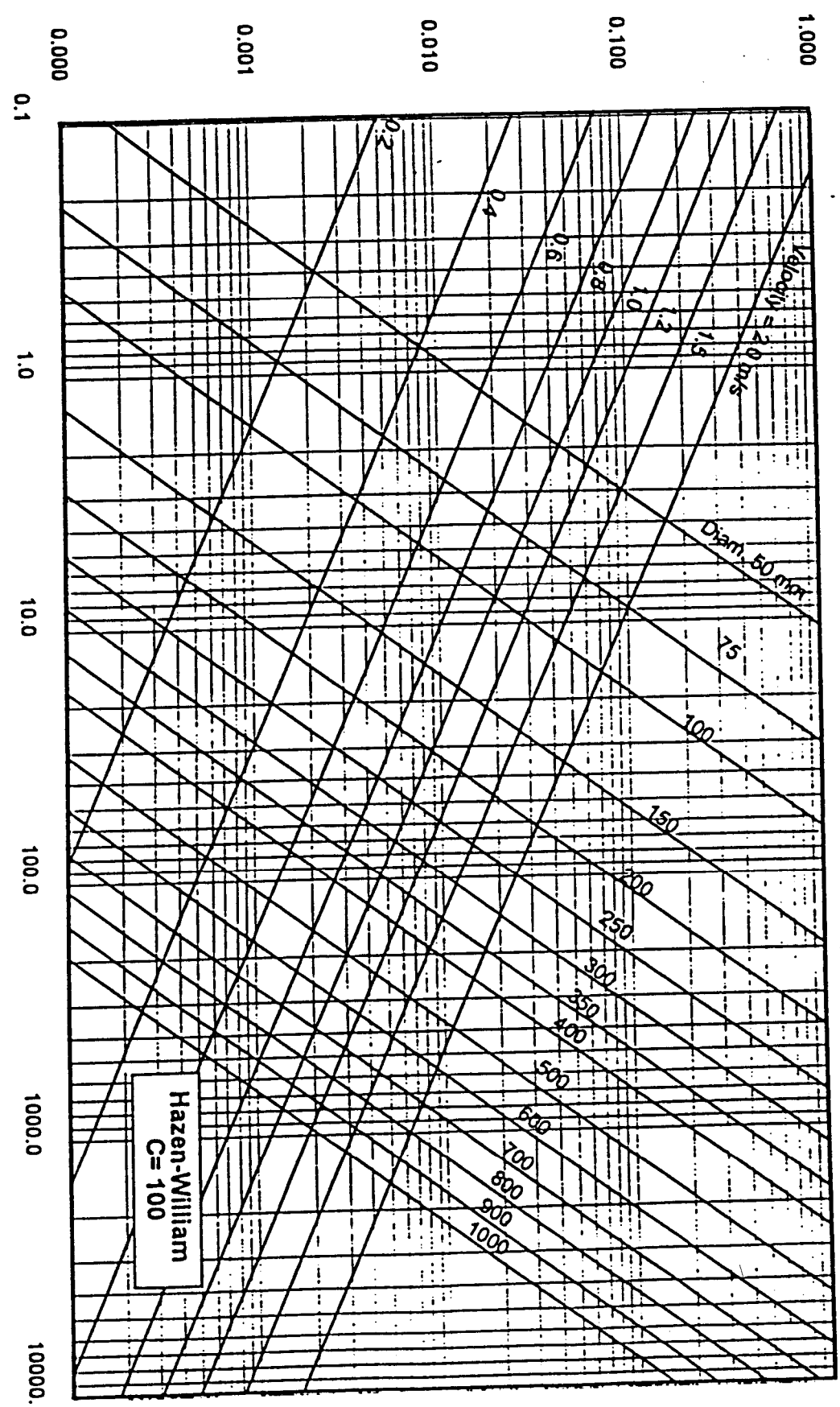
$$V = \left[\frac{0.379}{n}\right] x \left[\frac{H}{L}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (١٣-٥)$$

والجدول (٥-٤) يعطى قيم معامل الاحتكاك (n) فى معادلة مانينج وكذلك قيم معامل الاحتكاك (f) فى معادلة دارسى.

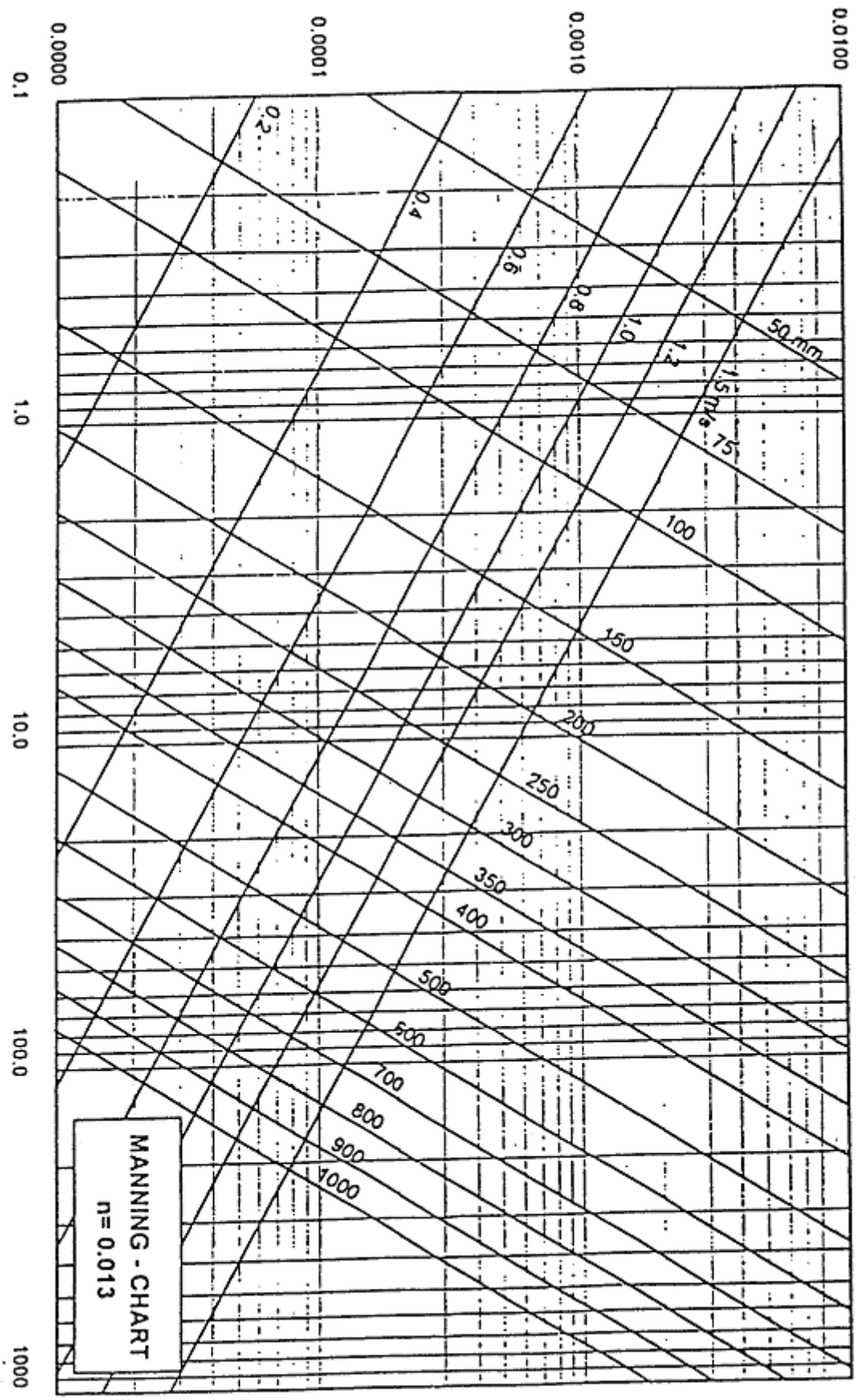
كما يمكن استخدام المنحنيات التصميمية لتحديد عناصر التصميم الهيدروليكى كما يلى:

الشكل رقم (٥-١) عناصر التصميم الهيدروليكى طبقا لمعادلة هازن وليامز.

والشكل رقم (٥-٢) عناصر التصميم الهيدروليكى طبقا لمعادلة لمانينح.



شكل رقم (٥-١) منحنيات هازن وليامز لخطوط المواسير



شكل رقم (٥-٢) المنحنيات الخاصة بمعادلة مانتج

جدول (٥-٤)

قيم معامل الاحتكاك (n) فى معادلة مانىج

(f) فى معادلة دارسى

نوع الماسورة	معامل الاحتكاك (f) معادلة دراسى	معامل الاحتكاك (n) معادلة مانىج
١- اسبستوس اسمنتى	٠.٠٠١ – ٠.٠١	٠.٠١١ -٠.٠١٥
٢- مواسير زهر		
• غير مبطنة	٠.٠٠٨٥	–
• مبطنة بالاسفلت	٠.٠٠٠٤	–
• مبطنة بمونة الاسمنت	٠.٠٠١-٠.٠١	٠.٠١١-٠.٠١٥
٣- مواسير خرسانية	٠.٠٠١-٠.٠١	٠.٠١١-٠.٠١٥
٤- مواسير بلاستيك	٠.٠١	٠.٠١١-٠.٠١٥
٥- مواسير فخار	٠.٠٠١-٠.٠١	٠.٠١١-٠.٠١٥

٥-٥ تقسم المدينة الى مناطق صرف

نظرا لان مواسير شبكة الصرف الصحى توضع بميل يسمح بجريان الماء فيها بالانحدار الطبيعى فمن البديهى انه فى البلاد المسطحة نسبيا يزيد عمق الماسورة كلما زاد طولها. المر الذى يزيد التكاليف الانشائية ويمثل خطر على المنشآت المجاورة للخندق الذى توضع فيه الماسورة. لذلك يتحتم تقسيم المدينة الى مناطق متعددة على ان تؤدى شبكة الصرف فى كل منطقة الى محطة رفع خاصة بالمنطقة – هذه المحطة ترعف المخلفات السائلة الى المجمع الرئيسى الذى يصل الى محطة الطلمبات الرئيسية وهذا يسمى (Sectional System) اى الصرف مع التقسيم الى مناطق.

٥-٦ خطوات تصميم قطاعات المواسير لشبكة الإنحدار

بعد تقدير كمية المخلفات التى تمر فى كل فرع من فروع شبكة الصرف الصحى وكذلك تقدير التغيرات فى هذه الكمية من وقت لآخر. يمكن تصميم المواسير وذلك مع مراعاة الشروط الآتية:

١. تصميم مواسير الصرف بحيث لا تكون ممتلئة القطاع بل بحيث يكون ارتفاع الماء فيها كالآتى:

حوالى ثلث القطر عند مرور ادنى تصرف جاف.

حوالى نصف القطر عند مرور اقصى تصرف جاف.

حوالى ثلاثة أرباع القطر عند مرور أقصى تصرف ممطر للمواسير الكبيرة التى يزيد قطرها عن سبعين سنتيمترا.

القطر الكامل تقريبا عند مرور أقصى تصرف ممطر للمواسير التى يقل قطرها عن سبعين سنتيمترا.

٢. يجب أن تكون السرعة فى مواسير الصرف كافية لمنع رسوب المواد العالقة فى قاع الماسورة. وهى ما تسمى (Self-Cleaning Velocity) وقد وجد أن هذه السرعة يجب ألا تقل عن ٦٠ سنتيمترا فى الثانية، عندما يكون التصرف فى الماسورة مساويا للتصرف المتوسط فى اليوم بينما فى حالة أقصى تصرف جاف يجب ألا تقل السرعة عن ٧٥ سنتيمترا فى الثانية.

أما فى حالة أدنى تصرف فيسمح بهبوط السرعة حتى ٤٥ أو ٥٠ سنتيمترا فى الثانية، وذلك لان المياه عندئذ تكون خالية نسبيا من المواد العالقة نظرا لان هذا التصرف يحدث عادة فى ساعات الليل حيث يكون مصدر اغلب المياه فى الماسورة هو مياه الرشح.

وبذلك نضمن عدم حدوث اى ترسيب فى جميع الحالات.

والجدول رقم (٥-٥) يبين مساحة القطاع المائى ونصف القطر الهيدروليكى والسرعة والتصرف عند مرور الماء فى قطاع دائرى على اعماق مختلفة.

جدول رقم (٥-٥)

العلاقات الهيدروليكية فى تصميم خطوط مواسير الإنحدار

عمق الماء	المساحة	نصف القطر الهيدروليكى	السرعة	التصرف
١/٤ ق	٠.١٥٣ م^{٢}	٠.١٤٦ ق	٠.٧٠ م/ث	٠.١٣٧ ص
١/٣ ق	٠.٢٦٦ م^{٢}	٠.١٨٤ ق	٠.٨٢ م/ث	٠.٢٣٥ ص
٢/٣ ق	٠.٣٩٢ م^{٢}	٠.٢٥٠ ق	١.٠٠ م/ث	٠.٥٠ ص
٢/٣ ق	٠.٥٦٠ م^{٢}	٠.٢٥٠ ق	١.١١ م/ث	٠.٧٩ ص
٢/٤ ق	٠.٨٧٤ م^{٢}	٠.٣٤١ ق	١.٣٤ م/ث	٠.٩١٢ ص
ق	٠.٧٨٤ م^{٢}	٠.٢٥٠ ق	س	ص

حيث:

ق: قطر الماسورة (مم)

س = سرعة الماء عند امتلاء الماسورة (م/ث)

ص = التصرف عند امتلاء الماسورة (لتر/ث)

٣. يجب ألا تزيد سرعة المياه عن السرعة المتلفة (Destructive Velocity) وقيمتها تتوقف على مادة تصنيع الماسورة ويفضل عادة ألا تتجاوز السرعة فى الماسورة عن متر ونصف فى الثانية.

٤. اقل قطر ممكن لماسورة الصرف هو ١٥٠مم (ويفضل احيانا ١٧٥مم أو ٢٠٠مم) وذلك منعا لاحتمال إنسدادها بما قد تحمله من مواد صلبة كبيرة الحجم.

ويتم تصميم قطاع الماسورة اى تعيين القطر والميل بإتباع الخطوات الآتية:

١. يعين التصرف الذى يمر فى الماسورة (أدنى تصرف Q_{min}، التصرف المتوسط Q_{ave} و اقصى تصرف Q_{max}).

٢. بفرض ان ادنى تصرف Q_{min} يمر بحيث يكون ارتفاع الماء فى الماسورة يساوى ثلث القطر وبالرجوع الى جدول رقم (٥-٥)، نجد ان نسبة هذا التصرف الى التصرف عندما يكون القطاع ممتلئ تساوى ١:٠.٢١٥ أى أن التصرف عند امتلاء القطاع = ٤.٢٥ × ادنى تصرف.

٣. بفرض سرعة المياه للقطاع الممتلئ (V_f) تساوى ٨٠-١٠٠ سنتيمترا/ثانية.

تكون مساحة القطاع A= $\frac{Q}{V}$.

ومن ثم يمكن إيجاد القطر – فإذا لم يتواجد هذا القطر فى الأسواق يختار القطر الأكبر منه مباشرة.

٤. بمعرفة القطر (D) الذى وقع عليه الاختيار عند امتلاء القطاع تساوى $\frac{4Q}{\pi D^2}$ ويمكن ايجاد الميل S الذى توضع عليه الماسورة وذلك بالتعويض فى احد المعادلات الاتية حيث R=D/4.

(١٤-٥)

(Chezy)	$V = C\sqrt{RS}$
(Manning)	$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$
(Santo Crimo)	$V = 83R^{2/3} S^{1/2}$
(William-Hazen)	$V = 1.318CR^{0.63} S^{0.54}$

حيث:

V= السرعة بالمتر/ ثانية

R = نصف القطر الهيدروليكى بالمتر

= مساحة قطاع الماسورة الممتلئ بالماء

مساحة محيط الماسورة المبلول بالماء

S = ميل الماسورة – ويساوى كذلك معدل الفاقد فى الاحتكاك

C = معامل ثابت يتوقف على نوع الماسورة ويعطى كاتر (Kutter) قيمة لهذا الثابت بالمعادلة الآتية:

(١٥-٥)

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0.0055}{S}}{1 + 23 + \frac{0.0055}{S}\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

حيث:

n = ثابت يتوقف على مادة تصنيع الماسورة

٠.٠٠٨ ⟵ ٠.١٠ للخشب الممسوح جيدا

٠.٠١٠ ⟵ ٠.١٢ للمواسير المبطنة بالاسمنت

٠.٠١٢ ⟵ ٠.٠١٤ للخشب الغير ممسوح

٠.٠١٠ ⟵ ٠.٠١٣ للمواسير الخرسانية

٠.٠١٢ ⟵ ٠.٠١٥ للمواسير الفخار المزجج

٠.٠١٥ ⟵ ٠.٠١٧ للمواسير المبنية بالطوب أو الدبش

٥- يستعمل والمنحنى فى الشكل (٥-٣) يوضح العناصر الهيدروليكية لمواسير الإنحدار الغير ممتلئة وذلك لحساب السرعة عند التصرفات المختلفة التى تتواجد فى الماسورة ويبين كل منهم المساحة النسبية والسرعة النسبية والتصرف النسبى للمواسير المستديرة عند وجود الماء على اعماق مختلفة فى ماسورة الصرف.

اى يبين العلاقة بين $\frac{d}{D},\frac{q}{V}$ وكذلك العلاقة بين $\frac{d}{D},\frac{q}{Q}$

حيث:

a = المساحة عند مرور الماء بعمق قدره d

A = المساحة الكلية للماسورة

أما فى حالة أدنى تصرف فيسمح بهبوط السرعة حتى ٤٥أو٥٠ سنتيمترا فى الثانية، وذلك لان المياه عندئذ تكون خالية نسبيا من المواد العالقة نظرا لان هذا التصرف يحدث عادة فى ساعات الليل حيث يكون مصدر اغلب المياه فى الماسورة هو مياه الرشح. وبذلك نضمن عدم حدوث اى ترسيب فى جميع الحالات. ويمكن استخدام المنحنى الموضح بالشكل السابق ذكره رقم (٥-٣) لتحديد اقصى وادنى سرعة طبقا للتصرف فى كل حالة.

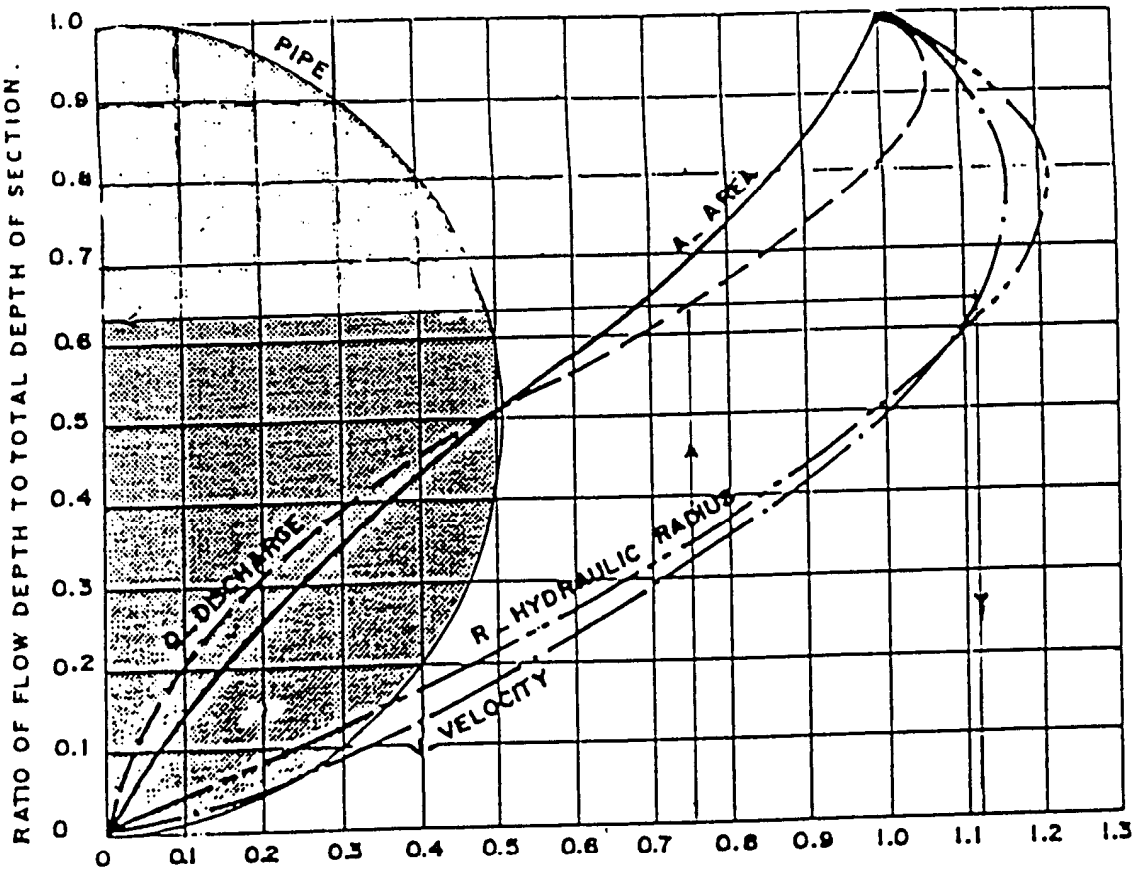
٦- يتغير أقل ميل للماسورة حسب قطرها. ويوضح جدول رقم (٥-٦) أقل ميل مسموح به للماسورة.

جدول رقم (٥-٦)

العلاقة بين قطر الماسورة وأدنى ميل لخط المواسير

قطر الماسورة (مم)		اقل ميل للماسورة (م/م)
بوصة	مم	
٧	١٧٥	٥
٨	٢٠٠	٤
٩	٢٢٥	٣.٥
١٠	٢٥٠	٣.٢٥
١٢	٣٠٠	٣.٠
١٥	٣٧٥	٢.٧٥
١٨	٤٥٠	٢.٥
٢٠	٥٠٠	٢.٠
٢٤	٦٠٠	١.٥
٣٢	٨٠٠	٠.١
٤٠	١٠٠٠	٠.٨
٤٨	١٢٠٠	٠.٦
٦٠	١٥٠٠	٠.٤

ويمكن استخدام الجداول الملحقة من هذا الكتاب وذلك لتصميم مواسير تجميع مياه الصرف الصحى بالانحدار مباشرة بعد معرفة التصرف المملوء والميل الاقتصادى.



EXAMPLE (1)

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

EXAMPLE (2)

$$\frac{Q_{min}}{Q_{full}} = 0.20 \longrightarrow \frac{V_{min}}{V_{full}} = 0.73 \ , \ \frac{D_{min}}{D_{full}} = 0.31$$

الشكل (٥-٣) العناصر الهيدروليكية لمواسير الإنحدار الغير ممتلئة فى القطاع الدائرى

٥-٧ اعتبارات التصميم لخطوط مواسير الإنحدار

٥-٧-١ قطر الماسورة:

يتم اختيار قطر ماسورة الصرف الصحى بحيث تستوعب اقصى تصرف (Design peak flow)، على ان تكون الماسورة مملوءة جزئيا حتى لا يحدث تحلل لاهوائى، وتتراوح نسبة الامتلاء من ٠.٥ الى ٠.٨ من تصرف الامتلاء.

ومن واقع الخبرة العملية فان نسبة الامتلاء تتغير تبعا لقطر الماسورة كما هو موضح بالجدول رقم (٥-٧)

جدول رقم (٥-٧)

العلاقة بين نسبة الامتلاء وقطر ماسورة الصرف الصحى

قطر الماسورة (مم)	نسبة الامتلاء
١٧٥، ٢٢٥، ٢٥٠	٠.٥
٣٠٠، ٣٧٥، ٤٥٠، ٦٠٠	٠.٦٧
٨٠٠ وأكبر	٠.٨

ولا يجب ان يقل قطر ماسورة الصرف الصحى عن ١٧٥مم للوصلات المنزلية الصغيرة، وذلك منعا لاحتمال سددها بما قد تحمله من مواد صلبة كبيرة.

٥-٧-٢ معامل الاحتكاك

يفضل استعمال معامل احتكاك (n) = ٠.٠١٣ بحيث يغطى كل أنواع المواسير.

٥-٧-٣ السرعة فى مواسير الصرف

يجب ان تكون سرعة سريان المياه فى مواسير الصرف كافية لمنع رسوب المواد العالقة فى قاع الماسورة. وتسمى هذه السرعة سرعة النظيف الذاتى (Self-cleaning velocity). وقد وجد انها ألا تقل عن ٦٠ سنتيمترا فى الثانية، عندما يكون التصرف فى الماسورة مساويا للتصرف المتوسط فى اليوم، بينما فى حالة اقصى تصرف جاف الا تقل السرعة عن ٧٥ سنتيمترا فى الثانية. ويوضح الجدول رقم (٥-٨) العلاقة بين السرعة النسبية والتصرف النسبى للمواسير المستديرة.

جدول رقم (٥-٨)

العلاقة بين السرعة النسبية والتصرف النسبى للمواسير دائرية الشكل

عمق الماء قطر الماسورة	المساحة النسبية a/A	نصف القطر الايدروليكى r/R	السرعة النسبية v/V	التصرف النسبى q/Q
٠.٠١	٠.٠٠١٧	٠.٠٢٦٥	٠.٠٨٩	٠.٠٠٠٥
٠.٠٢	٠.٠٠٤٨	٠.٠٥٢٨	٠.١٤٠٨	٠.٠٠٠٧
٠.٠٥	٠.٠١٨٧	٠.١٣٠٢	٠.٢٥٦٩	٠.٠٠٤٧
٠.١	٠.٠٢٥٠	٠.٢٤٥١	٠.٤٠١٢	٠.٠٢٠٩
٠.١٧	٠.١١٢٧	٠.٤١٦٧	٠.٥٥٧٨	٠.٠٢٦٩
٠.٢	٠.١٤٢٤	٠.٤٨٢٤	٠.٦١٥١	٠.٠٨٧٦
٠.٣٠	٠.٢٥٢٣	٠.٦٨٣٨	٠.٧٧٦١	٠.١٩٥٨
٠.٣٣	٠.٢٨٧٨	٠.٧٣٧٨	٠.٧١٧٢	٠.٢٣٥٢
٠.٣٥	٠.٣١١٩	٠.٧٧٤٠	٠.٨٤٣٠	٠.٢٦٢٩
٠.٤٠	٠.٣٧٣٥	٠.٨٥٦٩	٠.٩٠٢٢	٠.٣٣٧٠
٠.٥٠	٠.٥٠٠٠	١.٠٠٠٠	٠.٠٠٠٠	٠.٥٠٠٠
٠.٦٠	٠.٦٢٦٥	١.٦١٠٦	١.٧٠٢٤	٠.٦٧١٨
٠.٦٧	٠.٧١٢٢	١.١٦١٧	١.١٠٨٣	٠.٧٨٩٣
٠.٧٠	٠.٧٤٧٧	١.٠١٨٤٩	١.١١٩٨	٠.٤٣٧٢
٠.٨٠	٠.٨٥٧٦	١.٢١٦٨	١.١٣٩٧	٠٩٧٧٥
٠.٨١	٠.٨١٧٧	١.٢١٧٢	١.١٤٠٠	٠.٩٨٩٢
٠.٨٥	٠.٩٠٥٩	١.٢١٣١	١.١١٢٧٤	١.٠٣١٤
٠.٩٠	٠.٩٤٨٠	١.١٩٢١	١.١٢٤٣	١.٠٦٥٨
٠.٩٤	٠.٩٧٥٥	١.١٥٧٩	١.١٠٢٧	١.٠٧٥٧
٠.٩٥	٠.٩٨١٣	١.١٤٥٨	١.٠٩٥٠	١.٠٧٤٥
١.٠٠	١.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠	١.٠٠٠٠

جدول رقم (٥-٩)

العلاقة بين ادنى انحدار وقطر خط مواسير الصرف الصحى

القطر بالبوصة	مياه صرف صحى خام سرعة ٧٥سم/ثانية		مياه صرف صحى معالجة ٦٠ سم/ثانية
	ماسورة خرف أو أسمنتية	ماسورة زهر	ماسورة خزف أو أسمنتية
٥	١١٠:١	٩٠:٩	١٨٥:١
٦	١٥٠:١	١٢٢:١	٢٤٠:١
٧	١٩٠:١	١٥٥:١	٢٩٥:١
٩	٢٦٥:١	٢١٥:١	٤١٥:١
١٢	٨٥:١٣	٣١٥:١	٦١٠:١
١٥	٥٢٠:١	٤٢٠:١	٨٢٠:١
١٨	٦٦٠:١	٥٣٥:١	١٠٥٠:١
٢٤	٩٧٠:١	٨٠٠:١	١٥٠٠:١
٢٧	١١٠٠:١	٩٠٠:١	١٨٠٠:١
٢٠	١٣٠٠:١	١٠٦٠:١	٢٠٥٠:١
٣٣	١٥٠٠:١	١٢٣٠:١	٣٢٥٠:١
٣٦	١٦٥٠:١	١٣٤٠:١	٢٦٠٠:١
٣٩	١٨٥٠:١	١٥٠٠:١	٧٩٠٠:١
٤٢	٢٠٥٠:١	١٦٧٠:١	٣٢٠٠:١
٤٥	٢٢٥٠:١	١٨٣٠:١	٣٥٠٠:١

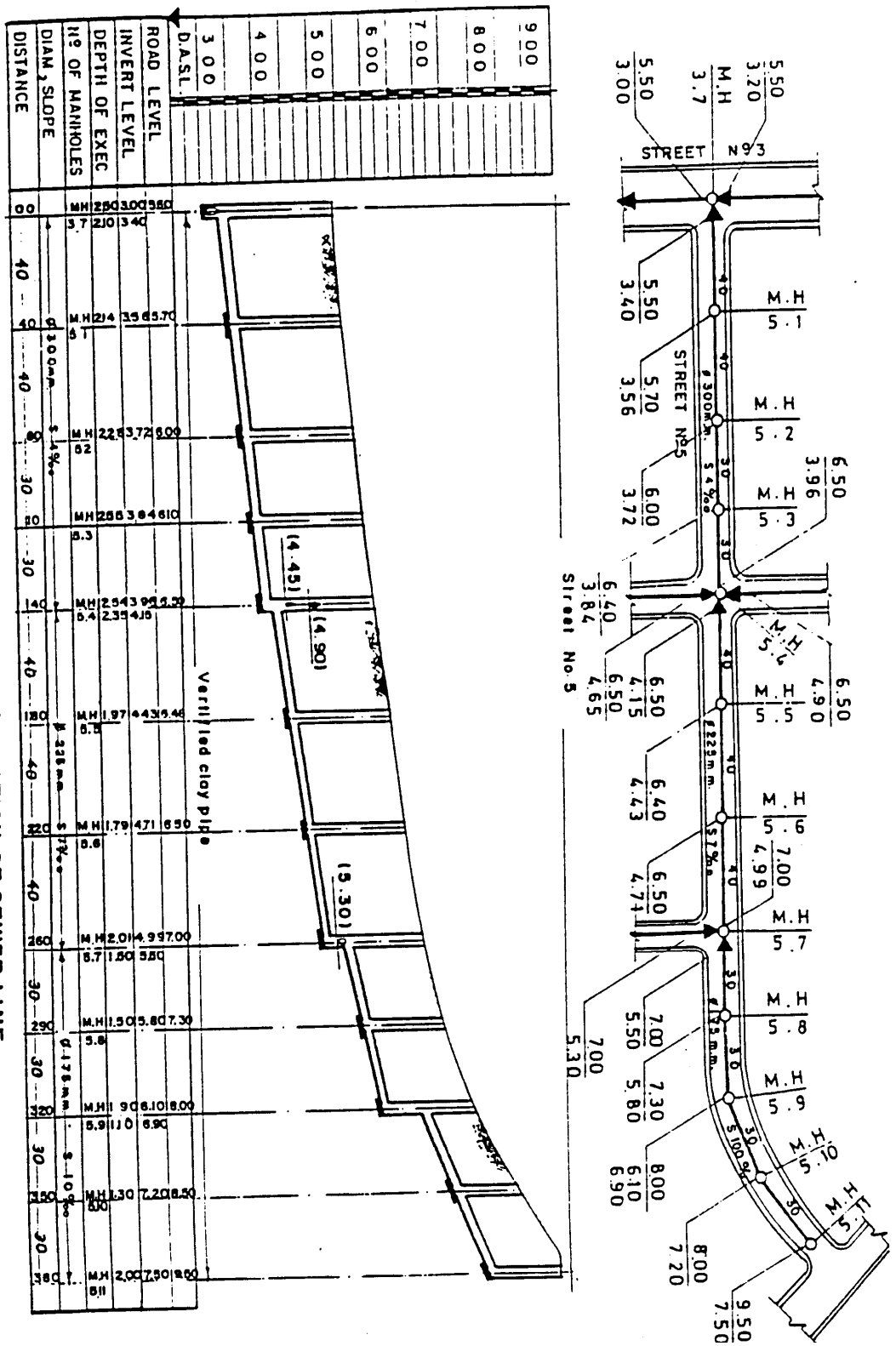
كما يبين الجدول رقم (٥-٩) اقل انحدار توضع عليه المواسير بحيث يتوفر شرط عدم هبوط السرعة عن الحدود المقررة.

وبعد تحديد قيمة التصرف عند امتلاء الماسورة بحوالى ٤.٢٥× أدنى تصرف. فأن تصميم ماسورة الصرف الصحى هو فى الواقع تطبيق القوانين السابقة على ماسورة دائرية ممتلئة ولكن ليست تحت ضغط، هذه القوانين تحتوى على خمسة متغيرات S-n-D-V-Q إذا علم ثلاثة منها أمكن معرفة الاثنان الباقيان، الا فى حالة معرفة D-V-Q فلا يمكن تحديد قيمة S-n.

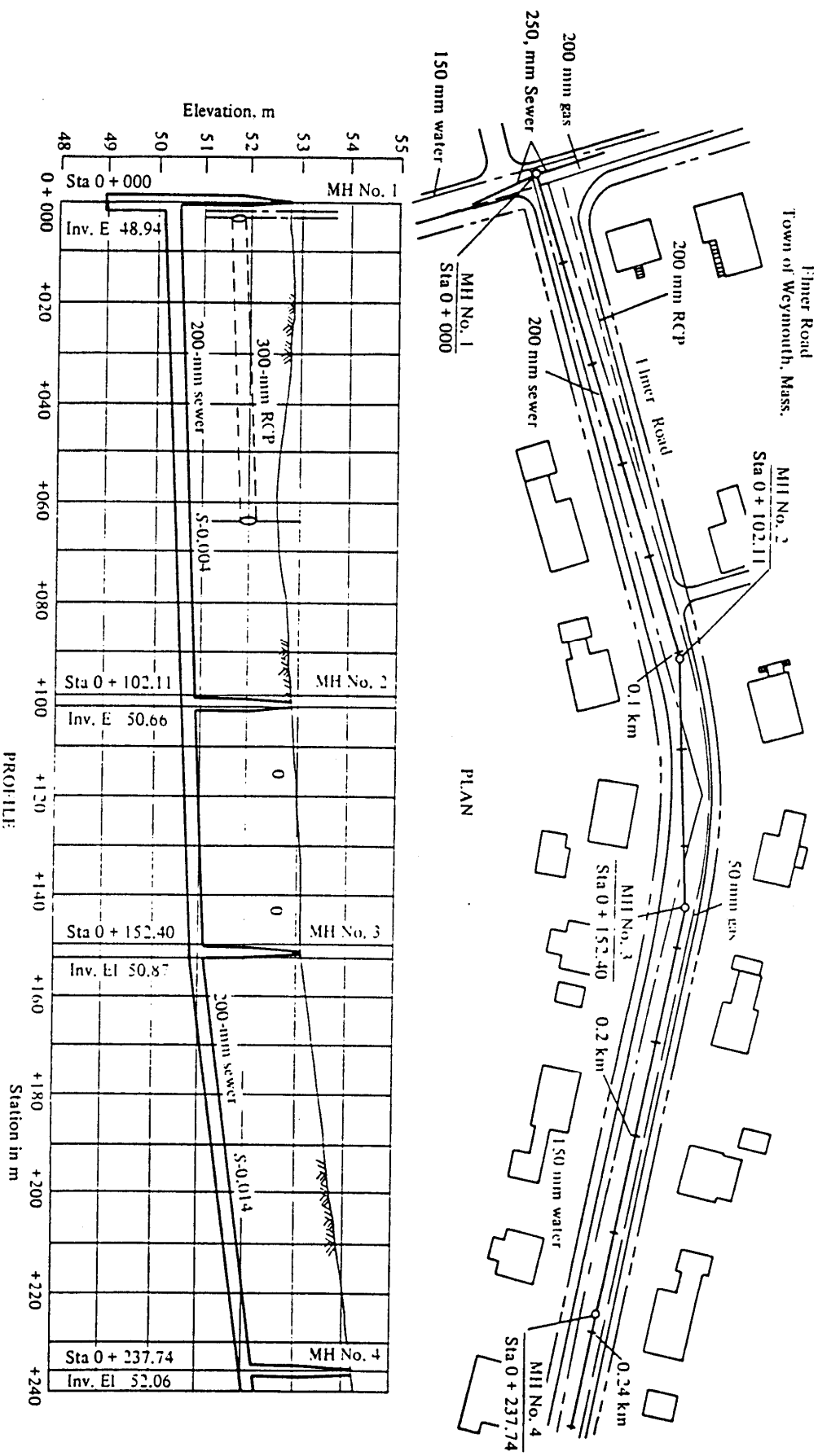
٥-٧-٤ القطاعات الطولية لمواسير الانحدار

بعد اتمام تصميم مختلف مواسير شبكة تجميع مياه الصرف الصحى بالانحدار الطبيعى، أى تعين القطر والميل، ترسم قطاعات طولية لخطوط المواسير المختلفة، كالمبين بالشكلين رقم (٥-٤)، (٥-٥) وتوضح عليها البيانات الآتية:

أ - منسوب الارض الطبيعية او منسوب اعلى الرصف.
ب – منسوب قاع الماسورة.
ج - عمق الحفر حتى قاع خندق الماسورة.
د - ميل الماسورة.
هـ - نوع مادة الماسورة.
و - اماكن تقاطع المواسير حيث تنشأ المطابق.
ز - اماكن المطابق وارقامها.
ح - مواقع المنشآت المقامة على الخط.
ط - مواقع عبور العوائق المختلفة (سكك حديدية – مجارى مائية – ترع ومصارف – طرق رئيسية).
ك - توصيلات المبانى المختلفة على خطوط المواسير.
ل - اساسات المواسير ومناسيبها.



شكل رقم (٥-٤) قطاع طولى لخطوط مواسير الإنحدار لشبكات الصرف الصحى نموذج رقم (١)



شكل رقم (٥-٤) يوضح قطاع طولى لخطوط مواسير الإنحدار لشبكات الصرف الصحى نموذج (٢)