Aleppo University
Faculty of Agriculture
Department of Rural Engineering

جامعة حلب
كلية الزراعة
قسم الهندسة الريفية

استخدام برنامج EPANET
في تصميم خطوط الري بالتنقيط

Using EPANET Program In Designing of Drip Irrigation Laterals

دراسة أعدت لنيل شهادة البكالوريوس في الهندسة الزراعية
(قسم الهندسة الريفية)

Prepared by
Tammam I. Dayoub

إعداد
تمّام ابراهيم ديّوب

Supervision Of
Dr.eng. Faraj Naoum

بإشراف
د. م. فرج نعّوم

2009 - 2008

الإهداء

MA

Tanmam.ma@yahoo.com

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
الفصل الأول: المقدمة ومراجعة الأبحاث السابقة	
الدراسات المرجعية السابقة	3
الهدف من الدراسة	3
الفصل الثاني: المبادئ والمكونات الأساسية في برنامج EPANET	
1.2. ما هو EPANET	4
2.2. نافذة العمل في EPANET	5
3.2. نماذج عناصر الشبكة في EPANET	10
4.2. كيف نرسم شبكة توزيع المياه في EPANET	15
الفصل الثالث: إعدادات البرنامج	
1.3. الخصائص الافتراضية للمشروع	16
2.3. نموذج المحاكاة الهيدروليكي	19
الفصل الرابع: تطبيقات البرنامج في مجال تصميم خطوط الري بالتنقيط (النتائج والمناقشة)	
مثال (1) تصميم خط ري بالتنقيط	20
مثال (2) تصميم شبكة ري بالتنقيط بعدة خطوط	23
الخاتمة والتوصيات	27
المراجع	28
الملحق (I)	29
الملحق (II)	30
الملحق (III)	35
الملحق (IV)	36
الملحق (V)	41

الفصل الأول

المقدمة ومراجعة الأبحاث السابقة

يعد الماء من أهم عناصر ومقومات الحياة واستمرارها على سطح الكرة الأرضية، كما أنه يلعب دوراً هاماً في تكوين الترب، فالماء والأرض والبذرة والمناخ المناسب إضافةً إلى الإنسان تمثل أهم عناصر التنمية الزراعية، حيث أنه لا توجد زراعة في حال انعدام أي منهما، فالماء عامل محدد خاصةً في المناطق الجافة وشبه الجافة، لأن الماء أساس الحياة وعليه يرتكز إنتاج الغذاء في العالم، كما ويشكل أهم عناصر البيئة.

إن توفر الماء يمثل عامل الحسم في التوسع الزراعي، كما يحتل الركن الأساسي في التنمية الاقتصادية والاجتماعية بكافة جوانبها وذلك من خلال استخدامه في ري الأراضي الزراعية.

ويمكن تقسيم طرق الري المتبعة في الأراضي الزراعية إلى ثلاثة أقسام وهي:

1. طرق الري السطحي: وتشمل الانسياب (الشرائح)، الغمر، الخطوط.
2. طرق الري تحت السطحي.
3. طرق الري الحديثة: تشمل الري بالرش والري بالتنقيط.

ومن أكثر الطرق التي يتم الحديث حولها اليوم طريقة الري بالتنقيط، حيث يتم إيصال الماء للنبات في هذه الطريقة بالقرب من منطقة انتشار الجذور بشكل بطيء على هيئة قطرات مستمرة أو متقطعة من منقطات ثابتة على امتداد أنبوب الري، يبلغ تصريف المنقطة الواحدة (2-10 L/h).

يتم نقل وتوزيع الماء في شبكة الري بالتنقيط من خلال أنابيب مغلقة تعمل تحت ضغوط منخفضة تبلغ 1 bar ويلاحظ في هذه الطريقة أن المياه ترطب التربة على شكل دائرة، أي أن جزءاً فقط من التربة يترطب بالماء وهو حول النبات فقط بينما تبقى التربة جافة في باقي المناطق.

ويتميز الري بالتنقيط عن غيره من طرق الري بعدة أمور هي:

1. كفاءة ري عالية مما يؤدي للتوفير الكبير بكميات المياه المستخدمة.
2. الحدّ من نمو الأعشاب الضارة.
3. إمكانية إضافة الأسمدة الذوابة مع مياه الري.
4. توفير الرطوبة في منطقة انتشار الجذور بشكل مستمر نظراً لطول فترات الري وتكرارها.
5. التقليل من مخاطر انجراف التربة في الأراضي المنحدرة.
6. عدم إعاقة العمليات الزراعية.
7. إمكانية استخدامها بمختلف الظروف الطبوغرافية.
8. التقليل من عدد الأيدي العاملة اللازمة وسهولة التشغيل.
9. تناسب معظم الأشجار والمحاصيل ولمختلف فترات النمو.

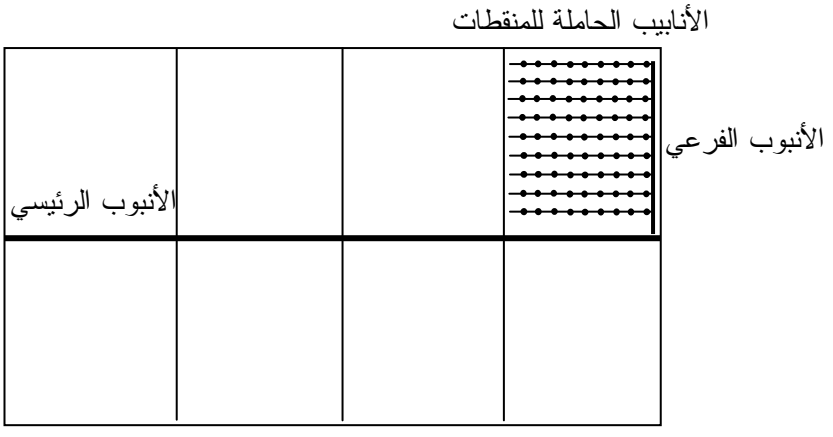
أما أهم سيئات هذه الطريقة فهي:

1. الكلفة الأولية المرتفعة بالمقارنة مع باقي طرق الري.
2. إمكانية انسداد المنقطات نتيجة للشوائب والأملاح الموجودة بالماء.
3. تعرض الأشجار لخطر الاقتلاع عند هبوب رياح قوية بسبب عدم تعمق الجذور بالتربة.

ويتألف نظام الري بالتنقيط من محطة الضخ ومركز التحكم ومن شبكة الأنابيب الرئيسية والفرعية وأنابيب التنقيط والمنقطات، إضافة للصمامات والأكواع والتجهيزات الضرورية الأخرى.

- **محطة الضخ:** لتوفير الضاغط اللازم للتغلب على قوى الاحتكاك والفواقد الإضافية نتيجة التجهيزات الثانوية للشبكة، وللتغلب على فروق الارتفاعات التضاريسية في الحقل، إضافةً إلى تأمين الضغط اللازم لعمل المنقطات. كما يمكن الاستغناء عن المضخات إذا كان ارتفاع مصدر الماء في الحقل يكفي لتأمين ضاغط التشغيل المطلوب.
- **وحدة التحكم:** وتتكون من عدد من التجهيزات مثل أجهزة الترشيح والتنقية، مقياس تدفق الماء، جهاز تنظيم وقياس الضغط، خزان السماد وخزان خلط الأسمدة الكيماوية. والعديد من الصمامات.
- **شبكة الأنابيب:** تشتمل شبكة الري بالتنقيط على أنابيب رئيسية وفرعية (ثانوية) وأنابيب الري الحقلية.

1. الأنبوب الرئيسي (Main line): وهو الأنبوب الذي ينقل مياه الري من مصدرها إلى الأرض الزراعية، ويمكن أن يتفرع إلى أكثر من خط فرعي تبعاً للمساحة المزرعة.
2. الأنابيب الفرعية (Sub-main lines): وهي تفرعات الأنبوب الرئيسي.
3. الأنابيب الحاملة للمنقطات (Laterals): تتفرع عن الأنابيب الفرعية، ويتم تثبيت المنقطات عليها، تتراوح أقطارها بين (10-22 mm). تختلف المسافة بينها بحسب نوع المحصول المزروع والمسافة بين خطوط الزراعة.



الشكل (1) تخطيط أنابيب شبكة الري بالتنقيط

- **المنقطات:** تقوم بإيصال ماء الري من الأنبوب الحامل لها إلى منطقة انتشار الجذور. تصمم النقاطات بحيث تقوم بتخفيض ضغط الماء ليخرج منها بضغط يعادل الضغط الجوي، يتراوح تصريف المنقطات (2-10 L/h)، وتصنع من مادة البولي إيثلين PE.

ويوصف تصميم نظام الري بالتنقيط بأنه العملية التي يتم من خلالها إيجاد عناصر النظام، مثل كمية المياه والطاقة وأطوال الأنابيب اللازمة وأقطارها. وعموماً تتم عملية التصميم من خلال الخطوات التالية:

1. حساب الاحتياجات المائية للمحصول.
2. اختيار المنقطات.
3. اختيار شبكة الأنابيب وتخطيطها.
4. تصميم شبكة الأنابيب.
5. إيجاد متطلبات الترشيح والتسميد وحساب قدرة الضخ الملائمة للنظام.

الدراسات المرجعية السابقة:

قام كل من Todini and Pilati (1987) ومن ثم Salgado (1988) باستخدام النظرية التي أسموها "نظرية التدرج" من أجل إجراء حسابات التدفق و الضياعات التي تميز الحالة الهيدروليكية لشبكة الأنابيب. والتي تم وصفها بشكل مشابه من قبل Hamam and Brameller (1971) "نظرية التهجين" ومن قبل Osiadacz (1987) "نظرية حلقة العقد لنيوتن".

الفرق بين هذه النظريات هو في الطريقة التي يتم بها تحديث قيمة التدفق في الأنابيب عند كل إجراء لاختبار المحاكاة الهيدروليكية لهذه الشبكة وذلك بناءً على قيمة ضاغط العقدة التي يجدها البرنامج.

ونظراً لكون نظرية Todini هي الأبسط فقد تم استخدامها في برنامج EPANET.

الهدف من الدراسة:

تصميم خطوط ري بالتنقيط باستخدام برنامج EPANET.

الفصل الثاني

المبادئ والمكونات الأساسية في برنامج EPANET

1.2. ما هو EPANET:

EPANET هو عبارة عن برنامج حاسوبي يقوم بمحاكاة هيدروليكية لتغير ضغط ونوعية المياه داخل شبكات الأنابيب لفترات زمنية طويلة.

تتألف هذه الشبكات من أنابيب، وصلات (نقاط التقاء الأنابيب)، مضخات، صمامات، وخزانات تكون مصدراً للماء وخزانات مستقبلة له. فيقوم هذا البرنامج بتتبع تدفق الماء في كل أنبوب، الضغط في كل عقدة، ارتفاع الماء في كل الخزانات، وتركيز الأنواع المختلفة من المواد الكيماوية في الشبكة خلال فترة المحاكاة الزمنية التي نقوم بها والتي تتألف من عدة خطوات زمنية، وبالإضافة لذلك يقوم بتقدير عمر المياه في الخزان وتعقب تغير نوعيتها في الشبكة في أوقات زمنية مختلفة.

إن هذا البرنامج يعمل على نظم Windows، وهو يقدم بيئة عمل واحدة لتحرير البيانات المدخلة للشبكة، تشغيل محاكاة لنوعية وهيدروليكية المياه، وإظهار النتائج في صيغ متعددة. كما يتضمن ترميز لوني على خريطة الشبكة، جداول للبيانات المدخلة والمخرجة، خرائط كونتورية ومخططات لفترات زمنية متعددة.

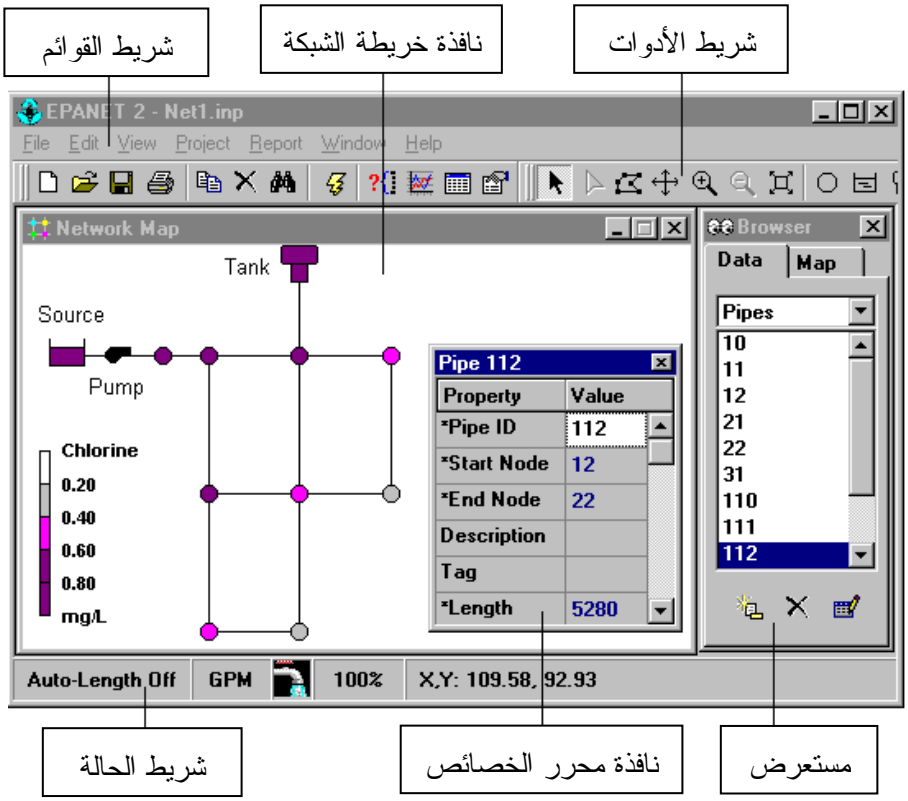
ويستطيع برنامج EPANET القيام بالعديد من عمليات التحليل الهيدروليكي التي تمكننا من تغيير الاستخدام الأساسي للبرنامج المتمثل بتحديد نوعية المياه في شبكات توزيعها، إلى استخدامه في تصميم شبكات الري الحديث والتي تتطلب بالدرجة الأولى حساب الضغط والتدفق ضمن الأنابيب ونقاط خروج الماء سواءً نقاطات أو فوهات الرشاشات.

حيث يستطيع EPANET القيام الحسابات الهيدروليكية التالية:

1. حساب ضياعات الاحتكاك في الأنابيب مستخدماً معادلات Darcy-Weisbach, Hazen-Williams, Chezy-Manning.
2. حساب ضياعات الضغط الثانوية في الأكواع وغيرها من تركيبات الشبكة.
3. استخدام مضخات ذات سرعات ثابتة أو متغيرة.
4. حساب التكلفة والطاقة اللازمة لعملية الضخ.
5. إعطاء نماذج متنوعة من أنواع الصمامات تتضمن صمامات الفتح والإغلاق، تنظيم الضغط، وصمامات التحكم بالتدفق وغيرها.
6. يمكنه أن يعطي خزانات لتخزين المياه Tank بأي شكل نريده (تغيير القطر أو الارتفاع حسب المطلوب).
7. يأخذ بعين الاعتبار تغير الطلب المائي للعقد مع مرور الوقت أو باختلاف العقد.
8. حساب التدفق الناتج عن الضغط في النقاطات أو المرشات.

2.2. نافذة العمل في EPANET

نافذة العمل في EPANET تظهر في الصورة المبينة في الأسفل، حيث تتألف واجهة المستخدم من العناصر التالية: شريط القوائم، شريطي الأدوات، شريط الحالة، نافذة خريطة الشبكة، المستعرض، محرر الخصائص.



الشكل (2) نافذة العمل في EPANET

1.2.2. شريط القوائم: وهو عبارة عن الشريط الذي يتواجد في القسم العلوي من ساحة العمل، ويتألف من مجموعة من القوائم تستخدم للتحكم في البرنامج. هذه القوائم هي: قائمة ملف (File)، تحرير (Edit)، عرض (View)، مشروع (Project)، تقرير (Report)، نافذة (Window)، مساعدة (Help).

- **قائمة ملف (File):** وتتألف من مجموعة من الأوامر لفتح وحفظ الملفات وأيضاً للطباعة.

الأمر		الوظيفة
جديد	New	إنشاء ملف (مشروع) جديد
فتح	Open	فتح ملف موجود
حفظ	Save	تخزين الملف الحالي
حفظ باسم	Save as	تخزين الملف الحالي باسم مختلف
استيراد	Import	استيراد بيانات رسم الشبكة أو الخريطة من ملف نصي
تصدير	Export	تصدير بيانات الشبكة المرسومة لملف نصي
إعدادات الصفحة	Page setup	تحديد هوامش الصفحة والطابعة المستخدمة
معاينة قبل الطباعة	Print preview	معاينة طباعة للنافذة النشطة

طباعة	Print	طباعة العرض الحالي أو النافذة النشطة
الخيارات	Preferences	تحديد خيارات البرنامج مثل عدد المنازل العشرية في النتائج
خروج	Exit	الخروج من EPANET

الجدول (1): الأوامر الموجودة في قائمة File ووظائفها

- **قائمة تحرير (Edit):** تتألف من مجموعة من الأوامر للتحرير والنسخ، هذه الأوامر هي:

الأمر		الوظيفة
نسخ لـــ	Copy To	نسخ النافذة النشطة (خريطة، تقرير، مخطط، جدول) إلى ملف
تحديد عنصر	Select Object	السماح بتحديد عنصر على الخريطة (الشبكة)
تحديد منطقة	Select Region	السماح بتحديد مساحة معينة من الخريطة
تحديد الكل	Select All	تحديد كامل مساحة العمل
تحرير العناصر	Group Edit	تحرير الخصائص لمجموعة من العناصر تقع في المساحة المحددة من الخريطة

الجدول (2): الأوامر الموجودة في قائمة Edit ووظائفها

- **قائمة عرض (View):**

الأمر		الوظيفة
الأبعاد	Dimensions	تحديد الواحدة المستخدمة في قياس الأبعاد في الشبكة
خلفية الشاشة	Backdrop	السماح بظهور صورة كخلفية لخريطة الشبكة
تحريك	Pan	تحريك الخريطة
تكبير	Zoom in	تكبير الخريطة
تصغير	Zoom out	تصغير الخريطة
امتداد كامل	Full extent	عرض الخريطة كاملةً ضمن نطاق الشاشة
إيجاد	Find	إيجاد عناصر خاصة في الخريطة
تساؤل	Query	البحث عن عناصر في الخريطة تطابق معايير محددة
شريط الأدوات	Toolbars	إلغاء أو إظهار شريطي الأدوات
خيارات	Option	خيارات إظهار العناصر في الخريطة

الجدول (3): الأوامر الموجودة في قائمة View ووظائفها

- **قائمة المشروع (Project):** وتتضمن الأوامر المتعلقة بالمشروع الذي سنقوم بتحليله.

الأمر		الوظيفة
ملخص	Summary	يزودنا بخلاصة تصف عناصر ومكونات المشروع
الإفتراضيات	Defaults	تحرير الخصائص الافتراضية للمشروع
بيانات المعايرة	Calibration Data	إدخال بيانات ملف المعايرة للمشروع
خيارات التحليل	Analysis Option	تحرير خيارات التحليل الهيدروليكي
تشغيل التحليل	Run Analysis	تشغيل المحاكاة

الجدول (4): الأوامر الموجودة في قائمة Project ووظائفها

- **قائمة تقرير (Report):** مجموعة من الأوامر تستخدم لإعطاء تقرير عن النتائج المحسوبة بصيغ مختلفة.

الأمر		الوظيفة
تقرير كامل	Full	تقرير كامل عن النتائج المحسوبة في كل العقد والخطوط في كل الفترات الزمنية، وتخزن في ملف نصي بسيط
مخطط	Graph	إنشاء مخططات عامة أو كنتورية للعناصر المحددة
جدول	Table	إنشاء جدول للمخرجات المحددة في العقد أو الخطوط
خيارات	Options	التحكم بنموذج التقرير أو المخطط أو الجدول

الجدول (5): الأوامر الموجودة في قائمة Report ووظائفها

- **قائمة نافذة (Window):**

الأمر		الوظيفة
تنظيم	Arrange	تنظيم النوافذ المنشأة للتوافق مع النافذة الأساسية
إغلاق الكل	Close All	إغلاق كل النوافذ المفتوحة (الخريطة والمستعرض)

الجدول (6): الأوامر الموجودة في قائمة Window ووظائفها

- **قائمة مساعدة (Help):** وتتألف من الأوامر:

الأمر		الوظيفة
نقاط المساعدة	Help Topics	إظهار نقاط التعليمات للبرنامج
الواحدات	Units	واحدات قياس المتحولات في EPANET
درس	Tutorial	درس صغير عن كيفية استخدام EPANET

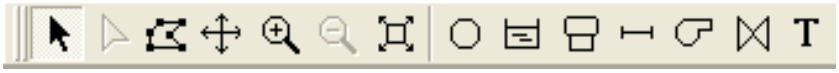
الجدول (7): الأوامر الموجودة في قائمة Help ووظائفها

2.2.2. أشرطة الأدوات (Toolbars): في الغالب يكون شريط الأدوات عبارة عن اختصارات للعمليات الأكثر استخداماً في البرنامج. إذا لم تكن موجودة هذه الأشرطة يمكن إظهارها من View>>Toolbars.

لدينا في EPANET شريطي أدوات:

☒ **شريط الأدوات القياسي (Standard Toolbar).**

☒ **شريط أدوات الخريطة (Map Toolbar).**



☒ **شريط الأدوات القياسي:** ويتألف من الأيقونات التالية:

الأيقونة	الوظيفة	موقعها في شريط القوائم
	إنشاء ملف جديد	File >> New
	فتح ملف موجود	File >> Open
	حفظ الملف الحالي	File >> Save
	طباعة النافذة النشطة	File >> Print
	نسخ الخريطة إلى ملف	Edit >> Copy To
	حذف العنصر المحدد	
	إيجاد عناصر خاصة في الخريطة	View >> Find
	تشغيل المحاكاة	Project >> Run Analysis
	البحث عن عناصر في الخريطة تطابق معايير محددة	View >> Query
	إنشاء مخطط للنتائج	Report >> Graph
	إنشاء جدول للنتائج	Report >> Table
	خيارات إظهار العناصر في الخريطة	View >> Options

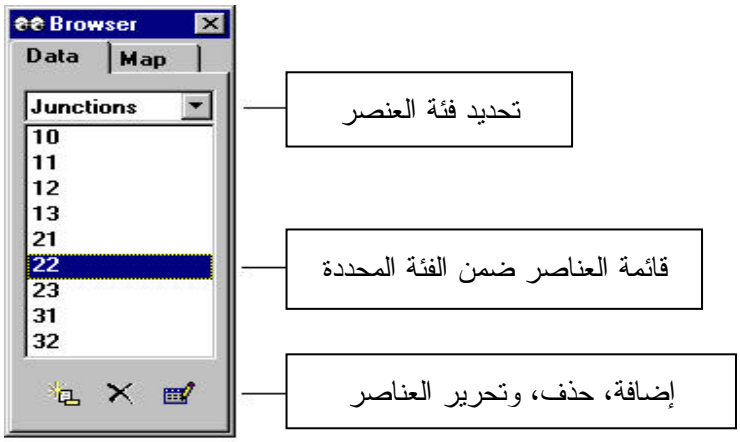
الجدول (8): الأيقونات الموجودة في شريط الأدوات القياسي ووظائفها وموقعها في شريط القوائم

☒ **شريط أدوات الخريطة:** ويتضمن الأيقونات التالية:

الأيقونة	الوظيفة	موقعها في شريط القوائم
	تحديد عنصر من الخريطة	Edit >> Select Object
	تحديد مساحة معينة على الخريطة	Edit >> Select Region
	تحريك الخريطة	View >> Pan
	تكبير الخريطة	View >> Zoom In
	تصغير الخريطة	View >> Zoom Out
	إظهار الخريطة ضمن الشاشة بكامل أبعادها	View >> Full Extent
	إضافة وصلة إلى الخريطة	**لا يوجد اختصارات لهذه العناصر في شريط القوائم**
	إضافة خزان مصدر إلى الخريطة	
	إضافة خزان مستقبل إلى الخريطة	
	إضافة أنبوب إلى الخريطة	
	إضافة مضخة إلى الخريطة	
	إضافة صمام إلى الخريطة	
	كتابة عناوين ضمن الخريطة	

الجدول (9): الأيقونات الموجودة في شريط أدوات الخريطة ووظائفها وموقعها في شريط القوائم

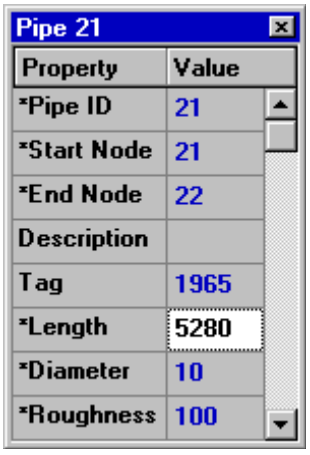
3.2.2. مستعرض البيانات: ويوضحه الشكل التالي، حيث يظهر فيه العناصر الموجودة في الشبكة بترميز معين يشير إلى هذه العناصر التي تصنف ضمن فئات (عقد، أنابيب، ....). ويمكن أيضاً من خلال هذا المستعرض إضافة عناصر أو حذفها أو تحرير خصائصها.



4.2.2. محرر الخصائص: ويستخدم لتحرير خصائص العناصر الموجودة في الشبكة، يمكن الحصول عليه من خلال النقر مرتين على العنصر المطلوب، أو باستخدام الزر الأيمن للماوس باختيار خصائص Properties من القائمة التي تظهر، أو من خلال مستعرض البيانات بتحديد العنصر ومن ثم النقر على أيقونة تحرير .

كما تجدر الإشارة إلى أن الخاصية المطلوب إدخال قيمتها بشكل إجباري يكون إلى جانبها علامة نجمية مثلاً (*Pipe ID). وأن الخلايا التي يكون لونها أصفر ويوجد بداخلها عبارة (#N/A) هي عبارة عن الخلايا التي يقوم البرنامج بحساب محتوياتها ولا يمكن إدخال قيم فيها، ونحصل على قيمها بعد القيام بتشغيل (Run) البرنامج.

الشكل التالي يوضح محرر الخصائص لأحد الأنابيب، حيث يتضمن: ترميز الأنبوب، عقدة البداية، عقدة النهاية، طول وقطر الأنبوب وخشونته... وغيرها من الخصائص.



3.2. نماذج عناصر الشبكة في EPANET

EPANET يحتوي على العديد من العناصر الفيزيائية التي تظهر على خريطة الشبكة، وعلى العديد من العناصر الغير فيزيائية التي لا تظهر على الشبكة والتي تتضمن معلومات التصميم وخصائص العناصر الفيزيائية والعمليات المنفذة على عناصر الشبكة وغيرها.

1.3.2. العناصر الفيزيائية: يمكننا EPANET من تمثيل شبكة لتوزيع الماء على شكل عقد Nodes متصلة فيما بينها بالخطوط Lines. هذه العقد يمكن أن تمثل نقاط التقاء الأنابيب (الوصلات) Junction أو الخزانات سواء المصدرة للماء Reservoir أو المستقبلة له Tank. أما الخطوط فيمكن أن تمثل الأنابيب Pipes أو المضخات Pumps أو الصمامات Valves.

1.1.3.2. الوصلات Junctions: وهي عبارة عن نقاط التقاء الأنابيب مع بعضها، حيث يدخل ويخرج الماء عندها، وهي تُمثل على الشبكة على شكل دوائر مصمتة، ويمكن إضافتها من خلال الأيقونة .

ومن أجل رسم الشبكة بشكلها الصحيح وتخطيطها يجب إدخال بعض البيانات الضرورية للوصلات ضمن خصائصها، مثل ارتفاعها فوق مستوى قياسي معين Elevation والطلب المائي فيها Base demands وغيرها من الخصائص الضرورية الموضحة في الجدول (10). أما النتائج الأساسية التي يمكن الحصول عليها فهي عبارة عن الضاغط الكلي Total head والتدفق الموافق Actual demand.

بالإضافة لذلك يمكن أن تعبر الوصلات عن نقاطات Emitters أو مرشات Spinklers فيما لو أدخل ضمن خصائص هذه العقدة معامل النقاطة أو المرش، فيصبح التدفق فيها مرتبطاً بالضاغط المطبق.

ويوجد لدينا طريقتين لرسم الوصلات، إما باستخدام الماوس؛ حيث ننقر على الأيقونة الخاصة بها ونحرك الماوس إلى الموقع الذي نريد وضعه فيها على الشبكة ونثبتها فيه بالنقر على هذا الموقع، أو باستخدام مستعرض البيانات؛ حيث نختار منه فئة الوصلات Junctions، ونستخدم زر الإضافة .

الخصائص		الوصف
ترميز الوصلة ID	Junction ID	تستخدم للتمييز بين الوصلات برموزها
إحداثيات X	X-Coordinate	الموقع الأفقي للوصلة على الخريطة (m, ft)
إحداثيات Y	Y-Coordinate	الموقع العمودي للوصلة على الخريطة (m, ft)
الوصف	Description	نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذه الوصلة
الارتفاع	Elevation	يقاس بـــ (m, ft)، للمقارنة بين ارتفاعات الوصلات وذلك من أجل حساب الضغط
الطلب الأساسي	Base Demand	وهو عبارة عن معدل الطلب النظري للماء من الوصلة، يقاس بواحدات التدفق، القيمة السالبة تشير إلى أن الماء يخرج من هذه الوصلة
معامل النقاط	Emitter coefficient	معامل التدفق للنقاطات C، لحساب تدفق النقاط اعتماداً على ضاغطه

الجدول (10): الخصائص المدخلة للوصلات.

2.1.3.2. الخزان المصدر (المصدر المائي) Reservoir: يمكن أن يكون بحيرات أو أنهار وغير ذلك، والمدخلات الأساسية للمصدر المائي موضحة في الجدول (11)، ومن أهمها الضاغط الكلي الذي يمثل ارتفاع سطح الماء في الخزان مضافاً إلى الارتفاع الطبوغرافي للخزان.

ولا يوجد أي نتائج محسوبة بالنسبة للمصدر المائي.

الخصائص		الوصف
ترميز الخزان ID	Reservoir ID	تستخدم للتمييز بين الخزانات برموزها
إحداثيات X	X-Coordinate	الموقع الأفقي للخزان على الخريطة (m, ft)
إحداثيات Y	Y-Coordinate	الموقع العمودي للخزان على الخريطة (m, ft)
الوصف	Description	نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذا الخزان
الضاغط الكلي	Total Head	الضاغط الهيدروليكي (ارتفاع الخزان+ ارتفاع الماء)

الجدول (11): الخصائص المدخلة للخزان المصدر

3.1.3.2. الخزان المستقبل Tank: هو عبارة عن عقدة لها قدرة تخزين للماء، حيث يتغير حجم الماء المخزن خلال فترة المحاكاة التي نجريها. والمدخلات الأساسية للخزانات هي ارتفاع القاعدة، القطر، المستوى الأعظمي والأصغري للماء، نوعية الماء الابتدائية. أما النواتج الأساسية المحسوبة مع الوقت فهي الضاغط الهيدروليكي، نوعية الماء.

كما يقوم EPANET تلقائياً بإيقاف التدفق الخارج من الخزان المستقبل عندما يكون مستوى الماء فيه في حدوده الدنيا، كما ويوقف التدفق الداخل إليه إذا كان مستوى الماء فيه في حدوده العليا.

4.1.3.2. النقاطات Emitters: هي أدوات مرتبطة مع الوصلات، حيث يخرج التدفق منها من الفوهات أو الثقوب إلى الوسط المحيط. ويكون التدفق خلال النقاطات تابع للضاغط المتاح في الوصلة حسب العلاقة:

$$q = C.H^{y}$$

q: التدفق (واحدة التدفق)، C: معامل النقاط (واحدات التدفق والضاغط)، H: الضاغط المطبق (واحدة الضاغط)، y: أس النقاط.

ويمكن استعمال النقاطات لتجسيد التدفق الخارج من الوصلات في شبكات الري، كما نستطيع استخدامها لمحاكاة الرشح الحاصل في الأنابيب المتصلة بالعقد إذا كان بإمكاننا تقدير معامل النقاط وأس الضاغط في شقوق الرشح. وفي حالات أخرى يمكن تعديل ارتفاعات العقد لتشمل الضاغط المكافئ للضغط المستهدف تطبيقه. حيث يتعامل البرنامج مع النقاطات كخاصة من خصائص العقد و ليس ككائن منفصل في الشبكة.

5.1.3.2. الأنابيب Pipes: هي وصلات تقوم بنقل الماء من نقطة إلى أخرى في الشبكة. وتمثل الأنابيب في الشبكة على شكل خطوط، حيث يتم رسمها بالنقر على الأيقونة وبتحديد عقدة البداية وعقدة النهاية ووصل الخط بينهما بالاتجاه الذي نريده. أو باستخدام المستعرض باختيار الفئة أنابيب Pipes والنقر على زر الإضافة وتحديد عقدة البداية والنهاية من ضمن خصائص الأنبوب.

يقوم EPANET بافتراض أن هذه الأنابيب تكون ممتلئة طيلة الوقت. اتجاه التدفق يتحدد ابتداءً من الضاغط الهيدروليكي الأعلى وانتهاءً عند الضاغط الهيدروليكي الأخفض.

المدخلات الهيدروليكية الأساسية للأنابيب هي: ترميز عقدة البداية والنهاية، القطر، الطول، معامل الخشونة (لتحديد فواقد الضغط)، الحالة (مفتوح، مغلق، يحتوي على صمام). (الجدول 12).

النتائج المحسوبة للأنابيب تتضمن: مقدار التدفق، السرعة، ضياعات الضاغط، حساب معامل احتكاك دارسي– وايسباخ.

الخصائص		الوصف
ترميز الأنبوب ID	Pipe ID	تستخدم للتمييز بين الأنابيب برموزها
عقدة البداية	Start Node	ID للعقدة حيث يبدأ الأنبوب
عقدة النهاية	End Node	ID للعقدة حيث ينتهي الأنبوب
الوصف	Description	نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذا الأنبوب
الطول	Length	الطول الحقيقي للأنبوب (m, ft)
القطر	Diameter	قطر الأنبوب (mm, inch)
الخشونة	Roughness	معامل الخشونة للأنبوب
معامل الضياعات	Loss coefficient	معامل الضياعات الثانوية في الأكواع ووصلات T
الحالة الابتدائية	Initial Status	لتحديد حالة الأنبوب مفتوح، مغلق، يوجد فيه صمام

الجدول (12): الخصائص المدخلة للأنابيب

6.1.3.2. المضخات Pumps: وهي عبارة عن الآلة التي تقوم بنقل الطاقة إلى المائع لرفع ضغطه الهيدروليكي للحصول على ضغوط التشغيل المطلوبة.

المدخلات الأساسية للمضخة موضحة في الجدول (13)، حيث يشير منحني المضخة Pump curve إلى ترميز المنحني الذي ستعمل المضخة وفقه (العلاقة بين الضاغط و التدفق الذي يمكن للمضخة أن تولده). أما المخرجات الأساسية فهي التدفق و الضاغط الناتج.

والجدير ذكره أن التدفق عبر المضخة أحادي الاتجاه، وEPANET لا يسمح للمضخة بالعمل خارج إطار منحنيها. كما نستطيع استخدام مضخات بسرعات متغيرة وذلك بتغيير المنحني الذي سنقوم بتشغيل المضخة على أساسه، حيث يمكن إنشاء أكثر من منحني، وكل منحني يعمل وفق ضاغط وتدفق معين يختلف عن سابقه فينتج عن ذلك مضخات بسرعات واستطاعات مختلفة.

وإذا كانت شروط تشغيل النظام تتطلب ضغوط أكبر من الضغوط المولدة من المضخة، عندها يقوم EPANET بإغلاق المضخة. أما إذا كان التدفق المطلوب أكبر من التدفق المتوفر فان EPANET سوف يولد منحني للتدفق المطلوب حتى ولو نتج عن ذلك ضغط سالب في الشبكة، وفي كلا الحالتين ستظهر لدينا رسالة تحذير.

الخصائص		الوصف
ترميز المضخة ID	Pump ID	تستخدم للتمييز بين المضخات برموزها
عقدة البداية	Start Node	ID للعقدة حيث تبدأ المضخة
عقدة النهاية	End Node	ID للعقدة حيث تنتهي المضخة
الوصف	Description	نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذه المضخة
منحني المضخة	Pump Curve	ID لمنحني المضخة

الجدول (13): الخصائص المدخلة للمضخة

7.1.3.2. الصمامات Valves: وهي عبارة عن أجهزة تقوم بتحديد التدفق أو الضغط في نقاط معينة من الشبكة، وأهم المدخلات التي تعرف بها الصمامات من ضمن خصائصها موضحة في الجدول (14).

الخصائص		الوصف
ترميز الصمام	ID Label	تستخدم للتمييز بين الصمامات برموزها
عقدة البداية	Start Node	ID لعقدة دخول الماء إلى الصمام، فقط نوعين من الصمامات يسمحان باتجاه واحد للتدفق هما (PRV, PSV)
عقدة النهاية	End Node	ID لعقدة خروج الماء من الصمام
الوصف	Description	نص غير إلزامي يصف المعلومات الهامة حول هذا الصمام
القطر	Diameter	قطر الصمام (mm, inch)
الإعدادات	Setting	لتحديد المنحني الذي سيعمل وفقه الصمام (منحني يربط بين التدفق والضياعات الموضعية)
معامل الضياعات	Loss coefficient	لتحديد قيمة الضياعات بالاعتماد على هذا المعامل دون الحاجة إلى منحني
الحالة الثابتة	Fixed Status	لتحديد حالة الصمام عند التشغيل، مفتوح أو مغلق أو نصف مفتوح

الجدول (14) الخصائص المدخلة للصمامات

يوجد لدينا عدة أنواع من الصمامات هي:

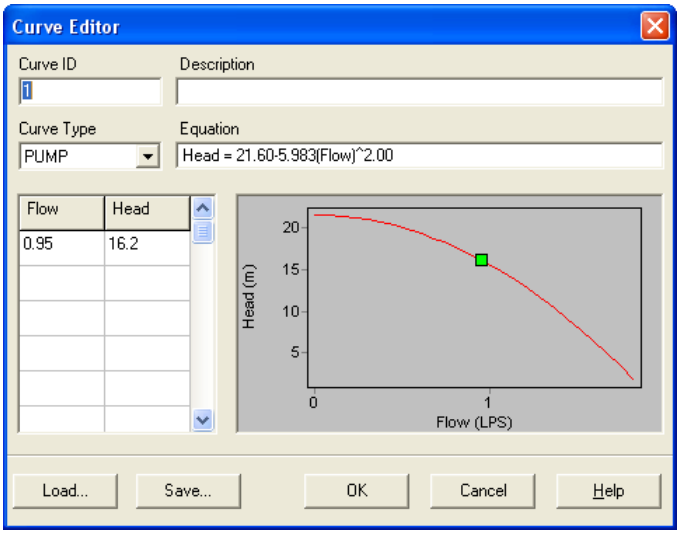
نوع الصمام		الخصائص المطلوبة للتعريف Setting
صمام خافض الضغط	PRV	الفقد في الضاغط (m, psi)
صمام يحافظ على الضغط	PSV	الفقد في الضاغط (m, psi)
صمام مكسر للضغط	PBV	الفقد في الضاغط (m, psi)
صمام التحكم بالتدفق	FCV	التدفق (واحدات التدفق)
صمام التحكم بالاختناق	TCV	معامل الضياعات
صمام متعدد الاستخدام	GPV	رمز منحني ضياع الضاغط المرتبط بالتدفق

2.3.2: العناصر الغير الفيزيائية: بالإضافة للمكونات الفيزيائية يقوم EPANET باستخدام ثلاث عناصر غير ظاهرة يستفاد منها في تشغيل العناصر الفيزيائية، وهي المنحنيات– النماذج – التحكم.

1.2.3.2. المنحنيات Curves: وهي عبارة عن الأدوات التي تحتوي على بيانات مزدوجة (ثنائية) لتمثل العلاقة بين نوعين من المقادير أو أكثر. من أهم هذه المنحنيات:

1. **منحني المضخة Pump Curve:** وهذا المنحني الذي يمثل العلاقة بين الضاغط والتدفق الذي يمكن للمضخة أن تولده بشكل نظري عند إعدادات سرعة محددة. الضاغط هو ذلك الضاغط المكتسب والمنقول إلى الماء بواسطة المضخة ويكون مرسوم على المحور العمودي للمنحني (Y) ويقاس بالقدم أو المتر. أما مستوى التدفق فيرسم على المحور الأفقي (X) و يقاس بواحدات التدفق. ومنحني المضخة الصحيح يكون فيه الضاغط متناقص تدريجياً مع زيادة التدفق.
2. **منحني الضياعات Headloss Curve:** يستخدم لوصف الضياعات بشكل بياني، حيث يقاس المحور Y بالقدم أو بالمتر والمحور X يقاس بواحدة التدفق، ويمكن اعتباره كمنحني تشغيل للصمامات.
3. **منحني الكفاءة.**
4. **منحني الحجم.**

لكي نستطيع إضافة منحني إلى الشبكة نذهب إلى المستعرض نختار من ضمن قوائمه منحنيات (Curves) ثم ننقر على زر الإضافة فيظهر ID للمنحني ننقر عليه مرتين فتظهر نافذة كما هي موضحة في الشكل (4)، حيث تتألف هذه النافذة من: ترميز المنحني (Curve ID) لنحدد له رمز هذا المنحني لتمييزه عن غيره من المنحنيات، ونوع المنحني (Curve Type) الذي نريده، سواءً مضخة (Pump) أو حجم (Volume) أو كفاءة (Efficiency) أو ضياعات (Headloss)، وأيضاً وصف هذا المنحني Description، والمعادلة التي تربط بين المتحولين Equation. فلو اخترنا المضخة مثلاً (Pump)، فيلزم لرسم منحنيها تدفق هذه المضخة والضاغط الذي تعمل عليه، ليقوم البرنامج بشكل تلقائي برسم هذا المنحني وفق المعادلة التي يفرضها البرنامج أيضاً بشكل تلقائي.



الشكل (3) منحني المضخة

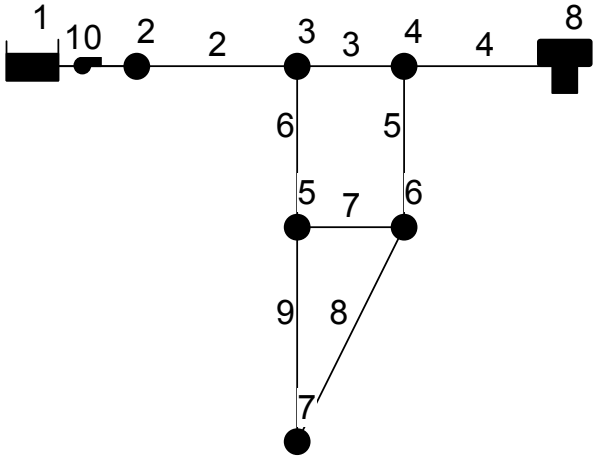
4.2. كيف نرسم شبكة توزيع المياه في EPANET

تزودنا خريطة الشبكة برسم بياني تخطيطي للمشروع الذي يمثل شبكة توزيع المياه، لكن موقع هذا المشروع والمسافات بين عناصره ليس من الضروري أن تكون مطابقة للمقياس الفعلي الحقيقي بشكلها الظاهري، حيث يمكننا تحرير هذه الأبعاد من خلال خصائص هذه العناصر لتتطابق مع المقياس الحقيقي، كما يمكن إضافة عدد لا محدود من العناصر إلى هذه الخريطة وتحرير خصائصها وحذفها وكذلك تعديل مكانها إذا أردنا ذلك.

يمكن رسم شبكة توزيع المياه باستخدام الماوس والأزرار الموجودة في شريط أدوات الخريطة.

في البداية يجب أن نضيف المصدر المائي (الخزان المصدر) Reservoir بالضغط على الأيقونة الخاصة به ثم نضغط بالماوس ضمن نافذة العمل (الخريطة) في الموقع الذي اخترناه لهذا العنصر. وبعدها نقوم بإضافة وصلة Junction بالضغط على أيقونة الوصلة وننقر بالماوس على موقع الوصلة المختار على الخريطة، ونضيف للخريطة عدد من الوصلات حسب حجم الشبكة المطلوب. ومن ثم نضيف الخزان المستقبل Tank بنفس الخطوات السابقة. ومن ثم يجب أن نضيف الأنابيب و ذلك بالضغط على أيقونة الأنبوب في شريط الأدوات ، ولنفرض أننا سنرسم الأنبوب الواصل بين الوصلتين (1–2)، ننقر بالماوس على الوصلة (1) لنحدد بداية الأنبوب، ثم على الوصلة الثانية (2) ليظهر لدينا الأنبوب الواصل بين هاتين الوصلتين، وبنفس الطريقة للأنابيب الواصلة بين جميع الوصلات. وأخيراً يجب إضافة المضخة بالضغط على أيقونة المضخة في شريط الأدوات وبالنقر بالماوس على الوصلة 1 ثم على الوصلة 2 (المضخة موضوعة بين الوصلتين 1 و2).

ليظهر الشكل (4) موضحاً الوصلات والأنابيب والخزانات والمضخة.



الشكل (4) خريطة لشبكة من الأنابيب

الفصل الثالث

إعدادات البرنامج

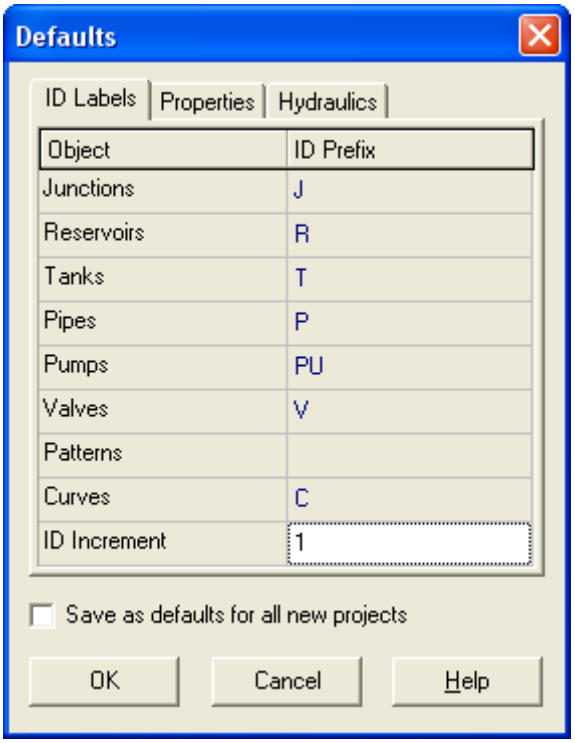
1.3: الخصائص الافتراضية للمشروع

نستطيع تحديد بعض الخصائص الافتراضية لعناصر شبكة توزيع المياه التي نقوم برسمها، وذلك من خلال المسار Project >> Default، فيقوم البرنامج بافتراض هذه القيم لعناصر الشبكة في المشروع الذي نقوم بإنشائه أو عند إنشاء أي مشروع جديد.

تصنف هذه الخصائص ضمن ثلاثة فئات:

1. بطاقة الترميز (ID) الخاصة بكل عنصر.
2. الخصائص الافتراضية للعقد أو الخطوط (ارتفاع العقدة، طول الأنبوب وقطره ...).
3. خيارات التحليل الهيدروليكي (نظام الواحدات، معادلات الضياعات ...).

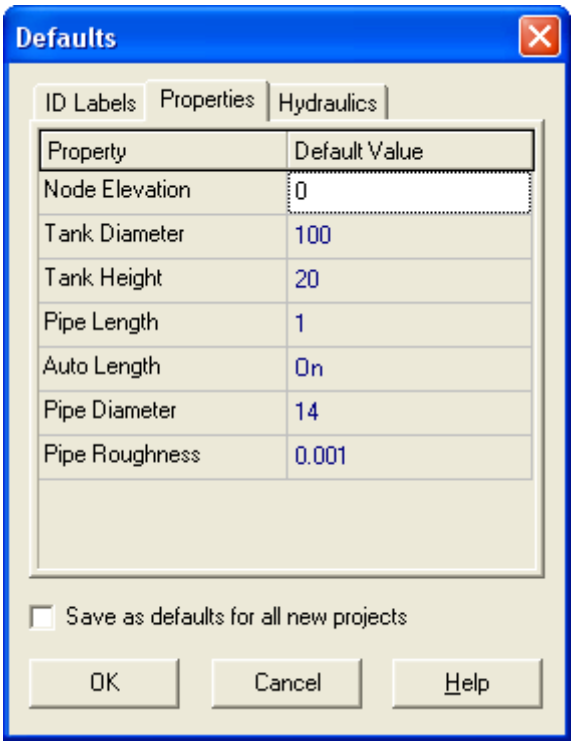
1.1.3. بطاقة الترميز الافتراضية (ID Labels): وتستخدم هذا الفئة لتحديد كيف يقوم EPANET بتحديد ID الخاصة بمكونات الشبكة عند البدء بإنشاء المشروع، كالوصلات مثلاً حيث تستطيع أن نرمز إلى الوصلات مثلاً برمز (J) اختصاراً لـ (Junctions)، فعند ظهور ترميز الوصلات في ساحة العمل أو في المستعرض فتظهر باسم (J_1, J_2, J_3, ...) مثلاً، بالإضافة إلى ترميز غيرها من العناصر الموجودة في ساحة العمل كالخزانات والأنابيب وغيرها ...



الشكل (5) بطاقة الترميز الافتراضية لعناصر الشبكة

2.1.3. الخصائص الافتراضية للعقد والخطوط (Properties): هذه الخصائص تتضمن ما يلي:

- ارتفاع العقدة (Node Elevation).
- قطر الخزان المستقبل (Tank Diameter).
- مستوى الماء الأعظمي في الخزان المستقبل (Tank Height).
- طول الأنبوب (Pipe Length).
- الطول التلقائي الأنبوب (Auto Length): فعندما يكون هذا الخيار نشط (Turn on) فإن البرنامج يقوم بشكل تلقائي بحساب أطوال الخطوط في ساحة العمل بعد أن نقوم برسمها على الشبكة.
- قطر الأنبوب (Pipe Diameter).
- خشونة الأنبوب (Pipe Roughness).



الشكل (6) الخصائص الافتراضية للعقد والخطوط

3.1.3. الخيارات الهيدروليكية الافتراضية: وتستخدم هذه الفئة لتحديد خيارات التحليل الهيدروليكي الافتراضية، يمكن الحصول عليها من خلال نافذة المستعرض بأخذ الخيار Option >> Hydraulics.

الخيارات الهيدروليكية الأكثر أهمية التي سوف تستخدم في المشروع الذي سنقوم بإنشائه هي:

1.3.1.3. واحدات التدفق Flow Units : وهي عبارة عن واحدات قياس الطلب المائي في العقد ومقدار التدفق في الأنابيب، وبناءً على واحدة التدفق المختارة يتم تحديد واحدات باقي المتحولات في البرنامج كالطول والقطر مثلاً.

فلو استخدمنا واحدة تدفق من الجملة الدولية (SI METRIC) مثل (لتر/ثانية، لتر/دقيقة... LPS,LPM) فستكون واحدة قياس الطول والضاغط بالمتر، ولو اخترنا واحدة قياس من الجملة البريطانية مثل (غالون/دقيقة GPM) فسيقاس الطول والضاغط بالقدم والضغط بالرطل على الإنش المربع PSI.

يبين الجدول التالي واحدات قياس التدفق في الجملتين الدولية والبريطانية والواحدات الموافقة لهما لكل العوامل المتغيرة في البرنامج.

العوامل المتغيرة		الواحدات الدولية		الواحدات البريطانية	
التدفق (الطلب)	Flow (Demand)	لتر/ ثانية	LPS	قدم^3/ ثانية	CFS
		لتر/ دقيقة	LPM	غالون/ دقيقة	GPM
		ميغا لتر/ اليوم	MLD	مليون غالون/ يوم	MGD
		م^3/ ساعة	CMH	مليون غالون ملكي/ يوم	IMGD
		م^3/ يوم	CMD	قدم. ياردة^2/ يوم	AFD
القطر (أنابيب)	Diameter (Pipes)	ملم	mm	إنش	inches
القطر (خزانات)	Diameter (Tanks)	م	m	قدم	Feet
الارتفاع	Elevation	م	m	قدم	ft
معامل الضياعات	Friction Factor	unitless		unitless	
الضاغط الهيدروليكي	Hydraulic Head	م	m	قدم	ft
الطول	Length	م	m	قدم	ft
السرعة	Velocity	م/ ثانية	m/s	قدم/ ثانية	ft/s
معامل النقاط	Emitters coefficient	واحدة تدفق/م$^{0.5}$	flow units /(meters)$^{0.5}$	واحدة تدفق/(رطل في الإنش المربع)$^{0.5}$	flow units / (psi)$^{0.5}$

الجدول (15) العوامل المتغيرة و واحدات قياسها.

2.3.1.3. معادلات الضياعات (Headloss Formula): هذه المعادلات تستخدم لحساب الضياعات في الأنابيب سواءً ضياعات الضغط أو التدفق، ولدينا ثلاثة معادلات هي:

1. معادلة دارسي– وايسباخ (Darcy – Weisbach) [D-W].
2. معادلة هازن– ويليام (Hazen-Williams) [H-W].
3. معادلة شيزي– مانينغ (Chezy-Manning) [C-M].

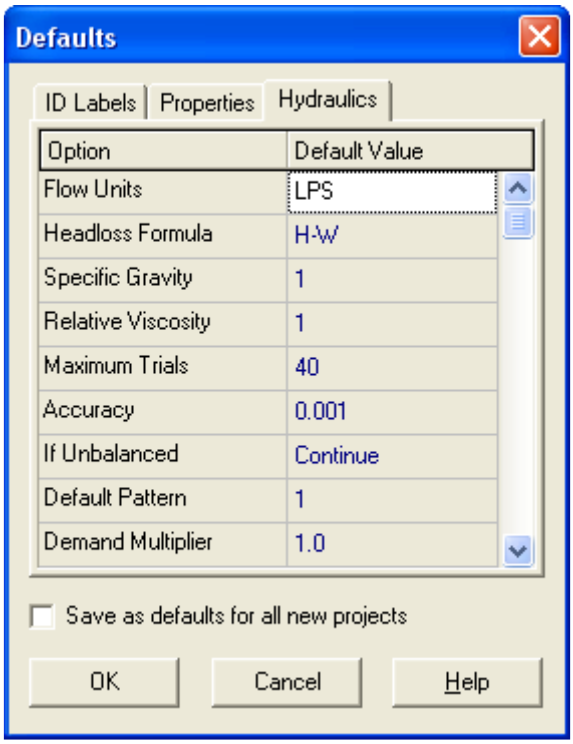
3.3.1.3. الوزن النوعي (Specific Gravity): وهو عبارة عن نسبة الوزن النوعي للسائل الذي نقوم باستخدامه في الشبكة إلى الوزن النوعي للماء في درجة الحرارة 4C (1000 Kg/m^3)، ليس له واحدة، فإذا كان السائل المستخدم هو الماء فالقيمة تساوي (1).

4.3.1.3. اللزوجة النسبية (Relative Viscosity): نسبة اللزوجة الحركية للسائل بالنسبة للزوجة الحركية للماء في درجة الحرارة 20C، ليس لها واحدة، فإذا كان السائل المستخدم الماء فالقيمة تساوي (1).

5.3.1.3. أس النقاط "y" (Emitter Exponent): وتعتمد قيمتها على نوع النقاط، وهي بالعادة تأخذ القيمة (y = 0.5).

6.3.1.3. عدد التجارب الأقصى Maximum Trials: حيث يستخدم هذا الخيار من أجل تحديد عدد مرات طرق الحل الهيدروليكي، فكلما ازداد عدد طرق أو تجارب الحل كلما كان أدق وأقرب إلى الواقع التجريبي، القيمة المفترضة (40).

7.3.2.3. الدقة Accuracy: معيار يستخدم لتحديد دقة الأرقام في الحل الهيدروليكي، القيمة الافتراضية هي 0.001.



الشكل (7) الخيارات الهيدروليكية الافتراضية

كما يوجد في أسفل هذه النافذة أحد الخيارات التي تميز بين حفظ القيم الافتراضية لكل المشاريع الجديدة أو عدم الحفظ.

2.3: نموذج المحاكاة الهيدروليكي:

إن نموذج المحاكاة الهيدروليكي لـــ EPANET يقوم بحساب ضاغط النقاطات وتدفقات الخطوط، وذلك من أجل وضع ثابت لمستوى الماء في الخزان المصدر Reservoir والخزان المستقبل Tank، حيث يقوم البرنامج بتوزيع التدفق الموجود في الخزان على عدد النقاطات الموجودة في الشبكة ثم يقوم بحساب الضاغط عند كل نقاطة بناءً على نقصان هذا التدفق عبر النقاطات، ويحسب تدفق النقاطة المتعلق بضاغطها بناء على علاقة التدفق والضاغط المعرفة لهذه النقاطة، ثم يقوم بإعادة الحل الهيدروليكي بناء على تدفق النقاطة الجديد المحسوب، يكرر الحل حسب عدد المرات المحددة له من ضمن الخيارات الهيدروليكية للبرنامج.

هذه العملية يطلق عليها التوازن الهيدروليكي hydraulically balancing. الشبكة تحتاج لاستعمال تقنية مناسبة لحل المعادلة غير الخطية التي تم استخدامها. وهذا ما يوفره البرنامج.

الفصل الرابع

تطبيقات البرنامج في مجال تصميم خطوط الري بالتنقيط

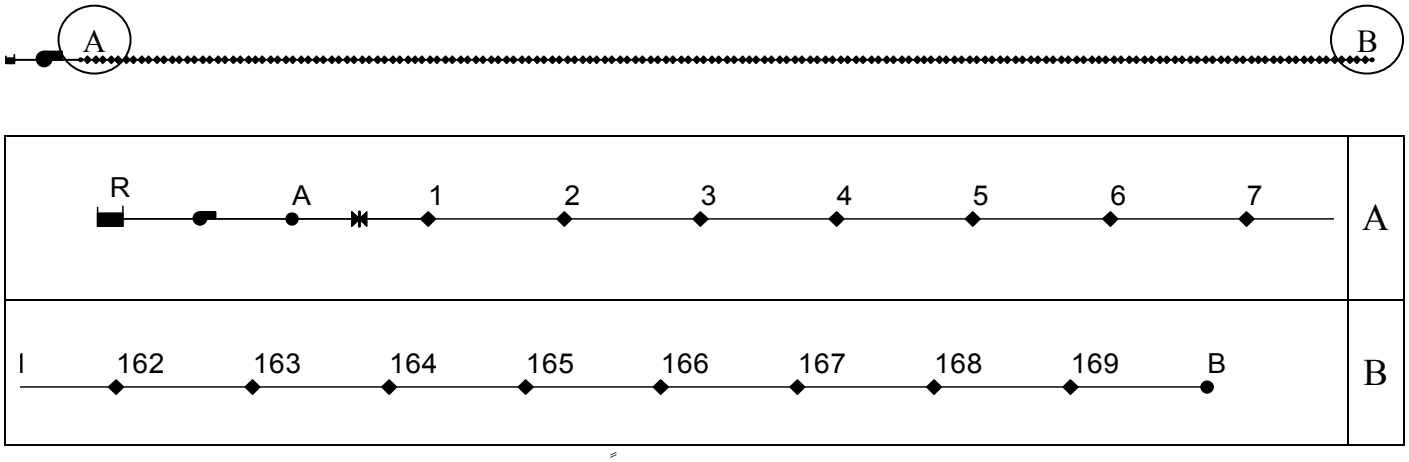
النتائج والمناقشة

من أجل معرفة مدى قدرة EPANET على إجراء الحسابات الهيدروليكية لشبكة الري بالتنقيط، سوف نقوم برسم خطوط وشبكات الري بالتنقيط والمؤلفة من عدد من النقاطات والأنابيب ومن خزان مصدر ومن مضخة وصمامات لأنابيب الري، بأبعاد وأطوال وثوابت محددة لكل العناصر السابقة، وسوف نقوم بحساب الضاغط والتدفق عند كل نقاط، مع العلم أن المعادلة المستخدمة من أجل حساب ضياعات الضاغط هي معادلة (Hazen-Williams).

مثال (1) تصميم خط ري بالتنقيط

لدينا خط ري بالتنقيط طوله (170 m)، قطره (14 mm)، معامل الخشونة فيه (150) عند استخدام معادلة H-W، يتوضع عليه عدد من النقاطات المسافة بينها (1 m) م بحيث يبعد أول وآخر نقاط عن بداية الخط ونهايته على الترتيب مسافة (1 m)، ومعامل النقاط ($0.000358\ L/s/m^{0.5}$)، يتصل الخط مع خزان ارتفاع الماء فيه يعطيه التدفق والضاغط المطلوب لسريان الماء، ضاغط أول نقاط (16.18 m)، وقطر الأنبوب الذي يصل الخزان بالخط (25 mm)، ويبعد عنه مسافة (1 m). نستخدم صمامات خافضة للضغط في بداية الخط، ضياعات الضاغط فيها (0.5 m).

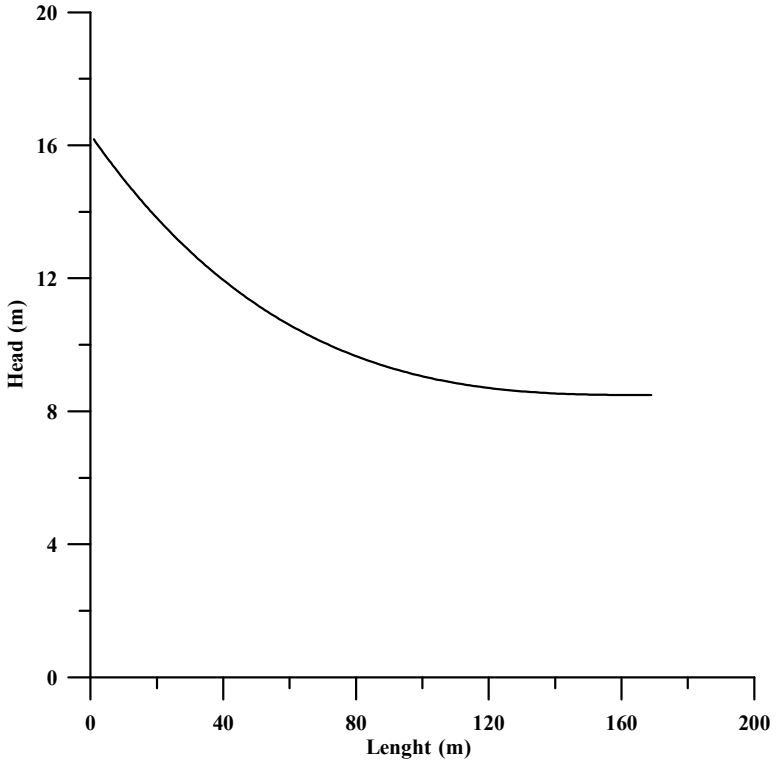
الشكل التالي يوضح تخطيط هذه الشبكة بواسطة EPANET



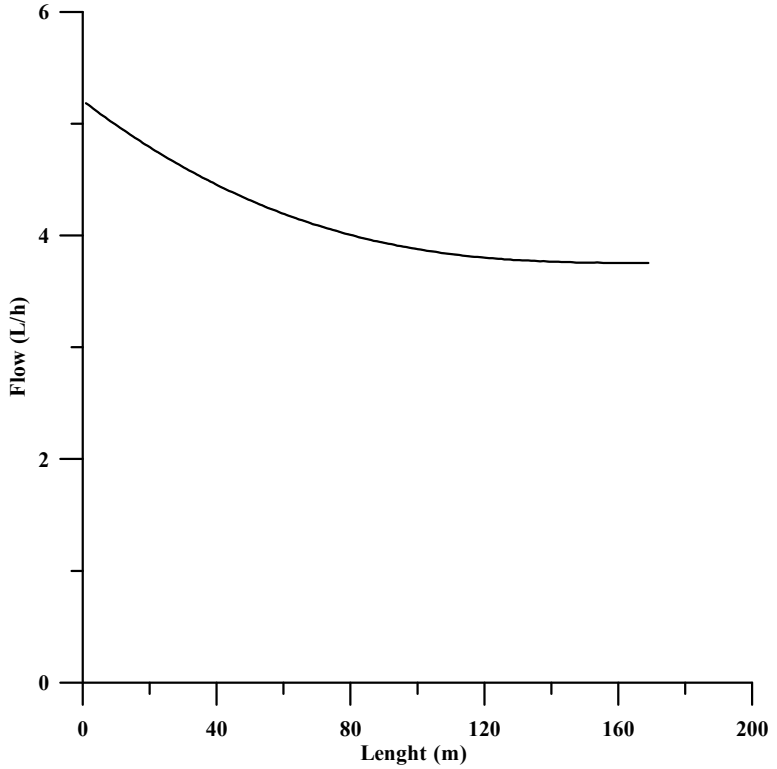
الشكل (8) خط الري بالتنقيط مرسوماً بواسطة EPANET

بعد أن رسمنا الشبكة، نطلب من البرنامج أن يعمل محاكاة هيدروليكية لها، ليعطينا الضاغط والتدفق عند كل نقاط، وذلك بواسطة الصيغ الهيدروليكية الموجودة فيه، **النتائج موضحة في الملحق I.**

والمخططات التالية توضح انخفاض التدفق والضاغط للنقاطات على طول الخط:



الشكل (9) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في خط الري بالتنقيط



الشكل (10) مخطط يوضح انخفاض التدفق في خط الري بالتنقيط

نقوم بحساب تغير تدفق النقاطات على طول الخط (Δq) حسب العلاقة: $\Delta q = \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{avg}}$ حيث:

- q_{max}: التدفق الأعظمي للنقاط (L/h).
- q_{min}: التدفق الأصغري للنقاط (L/h).
- q_{avg}: التدفق المتوسط للنقاطات في الخط (L/h)

كما نقوم بحساب تغير الضاغط على طول الخط (ΔH) حسب العلاقة: $\Delta H = \frac{H_{max} - H_{min}}{H_{avg}}$ حيث:

- H_{max}: الضاغط الأعظمي للنقاط (m).
- H_{min}: الضاغط الأصغري للنقاط (m).
- H_{avg}: الضاغط المتوسط للنقاطات في الخط (m).

نحسب معامل التجانس (CU) للخط حسب العلاقة :(%) $CU = 100 \left[1 - \frac{1}{n \cdot q_{avg}} \cdot \sum_{i=1}^{n} \left| q_i - q_{avg} \right| \right]$.

النتائج موضحة في الجدول التالي:

q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
5.184	3.755	4.141	16.18	8.489	10.427	0.35	0.74	91.514

إن قيم ($\Delta q > 10$ %, $\Delta H > 20$ %)، وهي قيم غير مقبولة لتغير التدفق والضاغط على طول الخط. لجعلها مقبولة نقوم إما بتكبير قطر الأنبوب المستخدم أو بتقصير طوله.

ولنفرض أن قمنا بتقصير طول الخط، فبعد رسم الخط بأطول مختلفة وجدنا أن الطول الأعظمي المسموح به لهذا الخط ضمن الشروط نفسها من مواصفات الأنبوب والضاغط المطبق عليه يساوي: **(L = 107.67 m)**

فيصبح لدينا:

q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
5.184	4.702	4.831	16.18	13.316	14.062	0.10	0.20	97.561

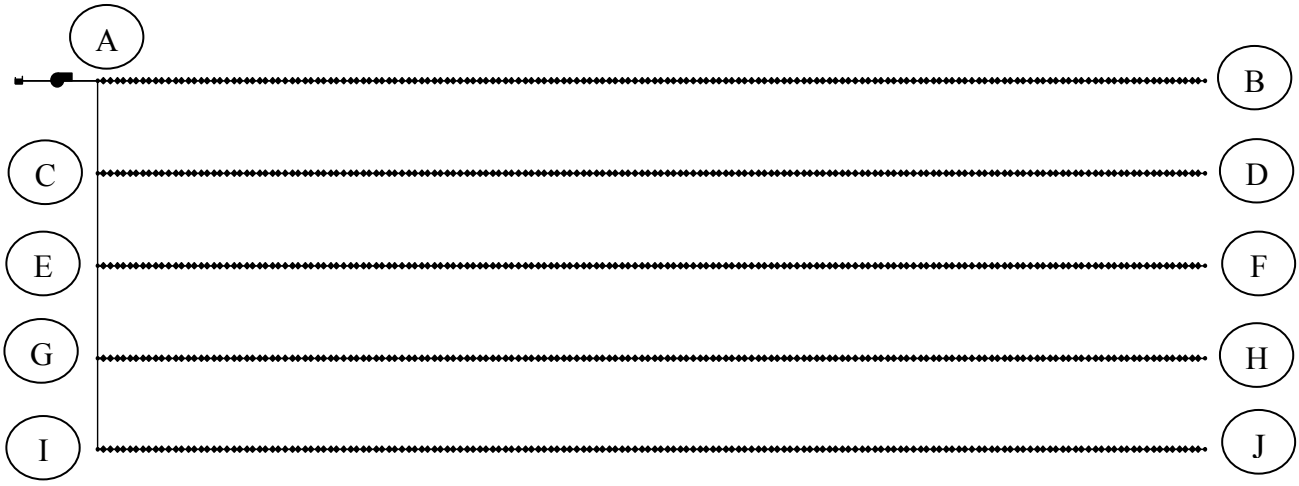
وهي قيمة مقبولة لتغير التدفق والضاغط على طول الخط ($\Delta q = 10$ %, $\Delta H = 20$ %).

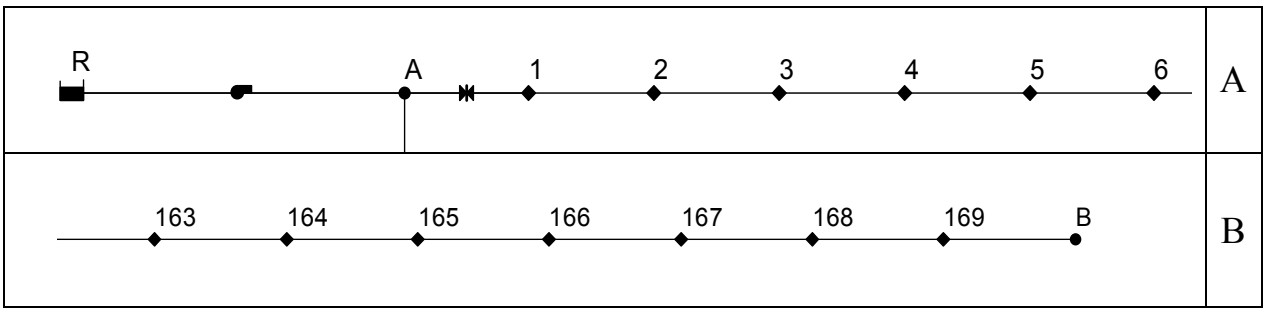
(تدفق وضاغط النقاطات للخط بعد تعديل طوله موضحة في الملحق III).

مثال (2) تصميم شبكة ري بالتنقيط بعدة خطوط

لدينا (5) خطوط ري بالتنقيط تبعد عن بعضها (1m) ، طول الخط الواحد (170 m)، قطره (14 mm)، معامل الخشونة فيه (150) عند استخدام معادلة H-W. قطر الأنابيب التي تصل بين خطوط الري (25 mm)، يتوضع عليها عدد من النقاطات المسافة بينها (1 m) بحيث يبعد أول وآخر نقاط عن بداية الخط ونهايته على الترتيب مسافة (1 m)، ومعامل النقاط ($0.000358\ L/s/m^{0.5}$)، تتصل الخطوط مع خزان ارتفاع الماء فيه يعطيها التدفق والضاغط المطلوب لسريان الماء، ضاغط أول نقاط في أول خط (16.18m)، وقطر الأنبوب الذي يصل الخزان بالخط الأول يساوي (25 mm)، ويبعد عنه مسافة (1 m). نستخدم صمامات خافضة للضغط في بداية كل خط، ضياعات الضاغط فيها (0.5 m).

الشكل التالي يوضح تخطيط هذه الشبكة بواسطة EPANET

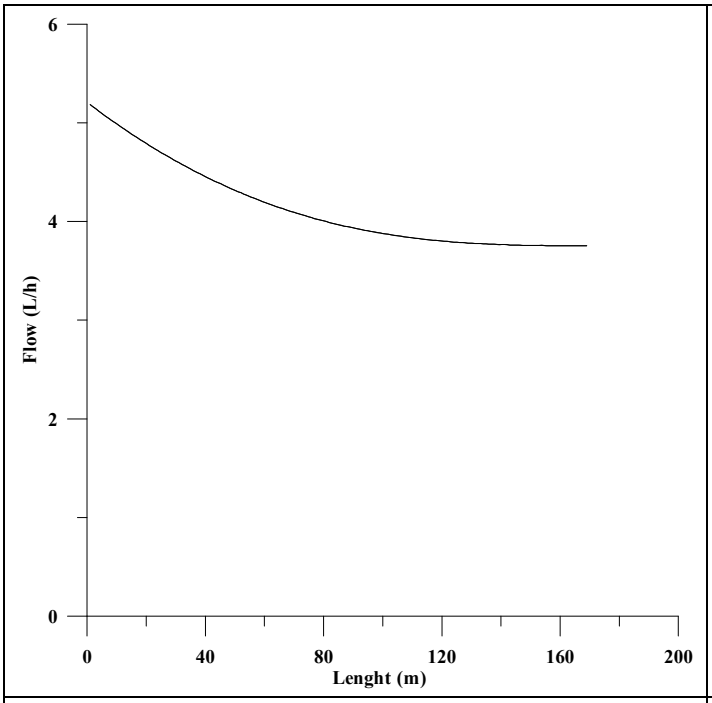




الشكل (11) شبكة الري بالتنقيط مرسومة بواسطة EPANET

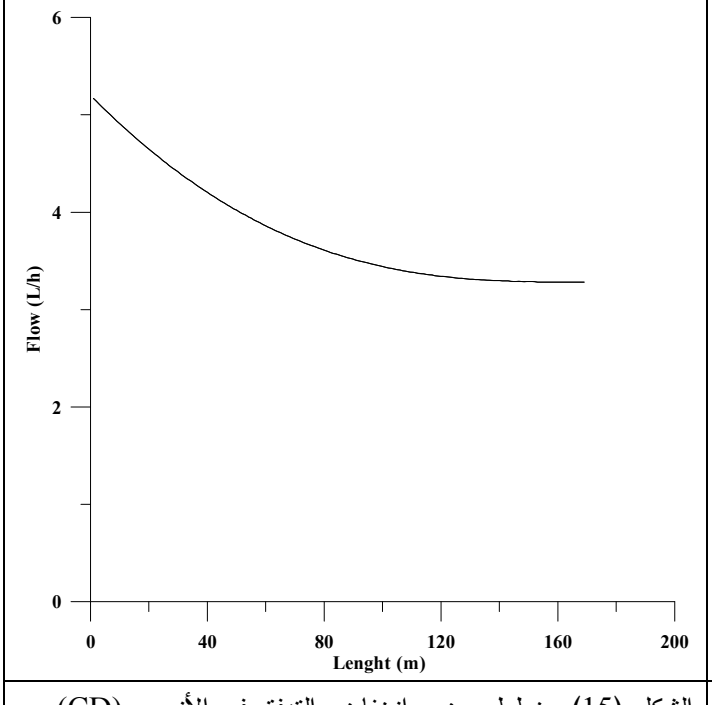
بعد أن رسمنا الشبكة، نطلب من البرنامج أن يعمل محاكاة هيدروليكية لها، ليعطينا الضاغط والتدفق عند كل نقاط، وذلك بواسطة الصيغ الهيدروليكية الموجودة فيه، **النتائج موضحة في الملحق II.**

المخططات التالية توضح انخفاض التدفق والضاغط للنقاطات على طول خطوط الشبكة:



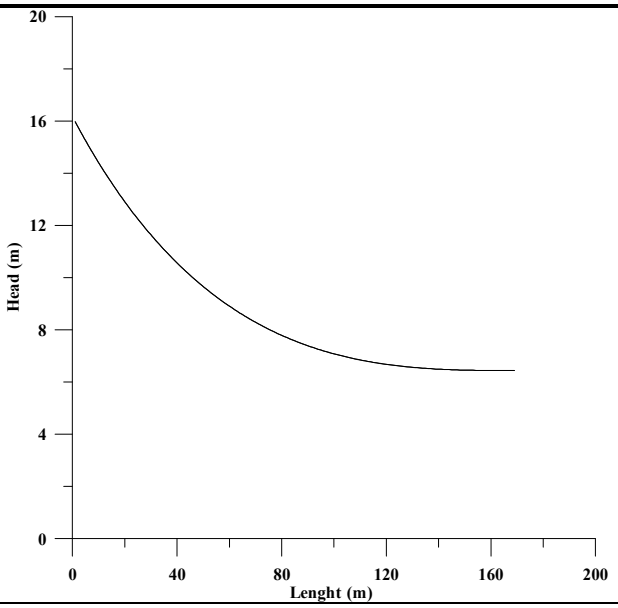
الشكل (12) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (AB)

الشكل (13) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (AB)

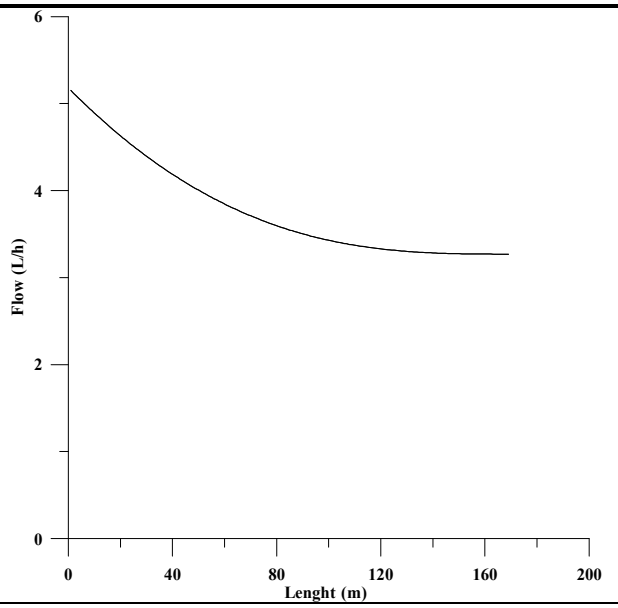


الشكل (14) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (CD)

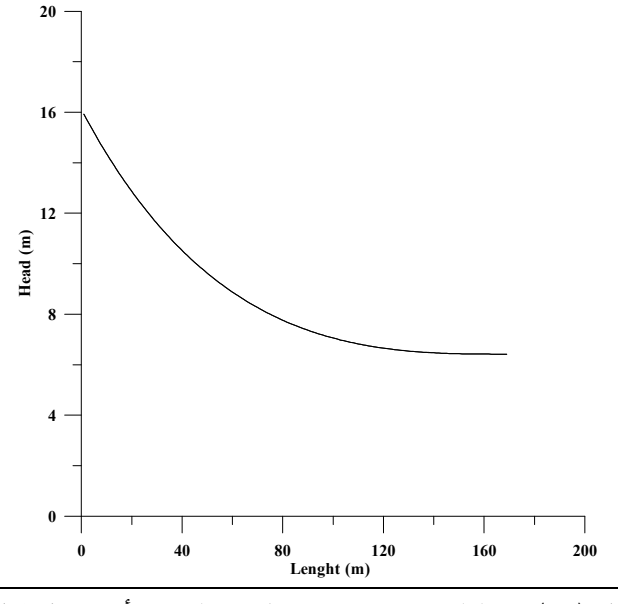
الشكل (15) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (CD)



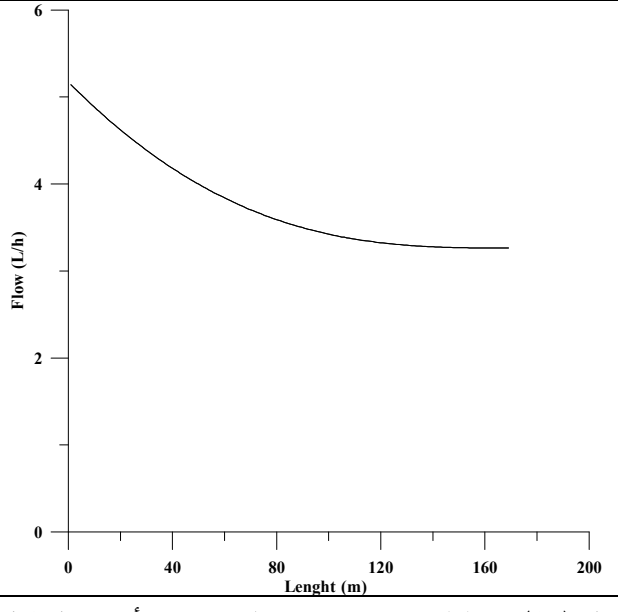
الشكل (16) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (EF)



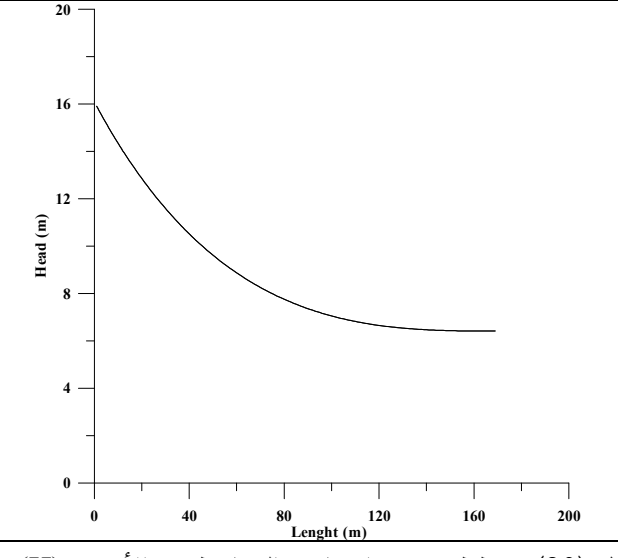
الشكل (17) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (EF)



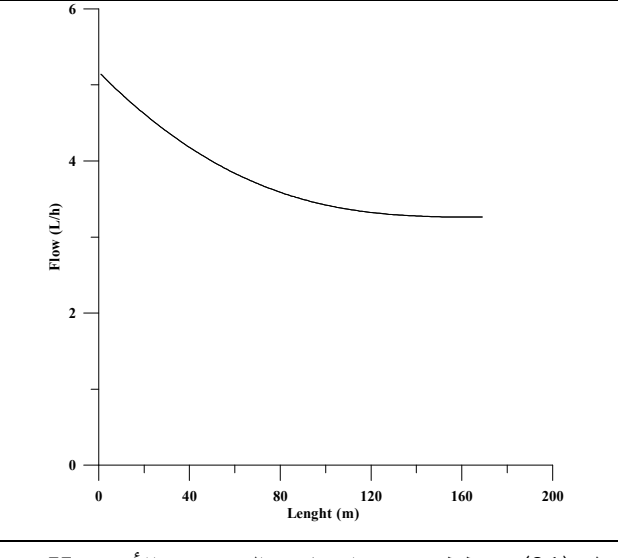
الشكل (18) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (GH)



الشكل (19) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب (GH)



الشكل (20) مخطط يوضح انخفاض الضاغط في الأنبوب (IJ)



الشكل (21) مخطط يوضح انخفاض التدفق في الأنبوب IJ

نقوم بحساب تغير تدفق وضاغط النقاطات على طول الخطوط جميعها وكذلك معامل التجانس، النتائج موضحة في الجدول التالي:

Line	q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
AB	5.184	3.755	4.141	16.18	8.489	10.427	0.345	0.738	91.514
CD	5.170	3.283	3.789	16.087	6.487	8.828	0.499	1.088	87.763
EF	5.152	3.269	3.775	15.973	6.439	8.764	0.497	1.088	87.757
GH	5.141	3.265	3.769	15.921	6.418	8.735	0.497	1.088	87.757
IJ	5.14	3.264	3.768	15.907	6.412	8.727	0.497	1.088	87.756

إن قيم ($\Delta q > 10$ %, $\Delta H > 20$ %)، وهي قيم غير مقبولة لتغير التدفق والضاغط على طول الخط. لجعلها مقبولة نقوم إما بتكبير قطر الأنبوب المستخدم أو بتقصير طوله.

ولنفرض أن قمنا بتقصير طول الخطوط، وجدنا أن الأطوال الأعظمية المسموح بها التي يمكن استخدامها في الشبكة موضحة في الجدول التالي، وذلك ضمن الشروط نفسها من مواصفات الأنبوب والضاغط المطبق.

(تدفق وضاغط النقاطات بعد تعديل الأطول موضحة في الملحق IV).

Line	L (m)	q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
AB	107.67	5.184	4.702	4.831	16.180	13.316	14.062	0.10	0.20	97.561
CD	93.561	5.170	4.691	4.817	16.100	13.244	13.980	0.10	0.20	97.571
EF	93.284	5.155	4.676	4.803	16.007	13.167	13.899	0.10	0.20	97.568
GH	93.181	5.152	4.673	4.797	15.969	13.136	13.866	0.10	0.20	97.567
IJ	93.150	5.148	4.669	4.796	15.962	13.129	13.860	0.10	0.20	97.567

وهي قيمة مقبولة لتغير التدفق والضاغط على طول الخط ($\Delta q = 10$ %, $\Delta H = 20$ %).

وبما أنه توجد أطول مختلفة لخطوط الشبكة، فمن أجل تصميم هذه الشبكة فإننا نأخذ طول أقصر خط من بين الخطوط، والذي هو ($L = 93.15$ m) ونصمم باقي الخطوط على أساس طوله.

أي أصبح الطول الجديد لجميع الخطوط في الشبكة ($L = 93.15$ m)، نعيد حساب القيم الموجودة في الجدول السابق من أجل الأطوال الجديدة.

Line	L (m)	q_{max} (L/h)	q_{min} (L/h)	q_{avg} (L/h)	H_{max} (m)	H_{min} (m)	H_{avg} (m)	Δq	ΔH	CU %
AB	93.15	5.184	4.853	4.940	16.180	14.175	14.7	0.067	0.136	98.356
CD	93.15	5.177	4.694	4.822	16.133	13.272	14.009	0.10	0.20	97.573
EF	93.15	5.166	4.687	4.813	16.076	13.225	13.960	0.10	0.20	97.570
GH	93.15	5.162	4.684	4.810	16.050	13.203	13.937	0.10	0.20	97.568
IJ	93.15	5.162	4.684	4.809	16.044	13.198	13.931	0.10	0.20	97.568

(تدفق وضاغط النقاطات عند ($L = 93.15$ m) موضحة في الملحق V).

الفصل السابع

الخاتمة والتوصيات

I. تطوير استخدام البرنامج في تصميم أنواع أخرى من نظم الري مثل الري بالرش والري بالخطوط.

II. استخدام البرمجيات الجاهزة مثل EPANET في تصميم شبكات الري (تنقيط، رش) بسبب الدقة العالية في الحسابات الهيدروليكية التي تقوم بها هذه البرمجيات.

المراجع

1. الحاج حسين، مروان؛ عبد الناصر الضرير (2008) " الري والصرف الزراعي "، منشورات جامعة حلب، 384 صفحة.

2. كوينكا، ريتشارد (2004) " تصميم نظم الري المنظور الهندسي "، ترجمة د. أحمد ابراهيم العمود وآخرون، منشورات جامعة الملك سعود، 623 صفحة.

3. Rossman, L.A. (2000), "EPANET 2 USERS MANUAL", Environmental Protection Agency (EPA). United States. 200 p.
4. Valiantzas, J. D., (1998), "Analytical approach for direct drip lateral hydraulic calculation", J. Irrig. and Drain. Engrg., Vol. 124, No. 6, PP. 300-305.
5. Hathoot, H. M.; Al-Amoud, A.I. and Al-Misned, A.S. (1999), "Effect of Energy Loss Due to Emitters on the Design of Trickle Irrigation Laterals", King Saud University, Riyadh, Saudi Arabia, 16 P.

الملحق (I): تدفق وضاغط النقاطات في خط الري بالتنقيط

ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.180	5.184	58	10.711	4.219	114	8.785	3.820
2	16.039	5.162	59	10.653	4.205	115	8.770	3.816
3	15.900	5.141	60	10.596	4.194	116	8.756	3.812
4	15.763	5.116	61	10.541	4.183	117	8.742	3.809
5	15.628	5.094	62	10.486	4.172	118	8.728	3.809
6	15.495	5.072	63	10.432	4.162	119	8.715	3.805
7	15.364	5.051	64	10.379	4.151	120	8.703	3.802
8	15.234	5.029	65	10.327	4.140	121	8.691	3.798
9	15.106	5.008	66	10.276	4.133	122	8.679	3.798
10	14.980	4.990	67	10.226	4.122	123	8.668	3.794
11	14.856	4.968	68	10.177	4.111	124	8.657	3.791
12	14.734	4.946	69	10.129	4.100	125	8.647	3.791
13	14.613	4.928	70	10.082	4.093	126	8.637	3.787
14	14.494	4.907	71	10.036	4.082	127	8.627	3.787
15	14.377	4.885	72	9.991	4.075	128	8.618	3.784
16	14.261	4.867	73	9.946	4.064	129	8.610	3.780
17	14.147	4.849	74	9.903	4.057	130	8.601	3.780
18	14.035	4.828	75	9.860	4.046	131	8.593	3.776
19	13.924	4.810	76	9.819	4.039	132	8.586	3.776
20	13.815	4.792	77	9.778	4.028	133	8.579	3.776
21	13.708	4.770	78	9.738	4.021	134	8.572	3.773
22	13.602	4.752	79	9.699	4.014	135	8.565	3.773
23	13.498	4.734	80	9.660	4.007	136	8.559	3.769
24	13.395	4.716	81	9.623	4.000	137	8.553	3.769
25	13.294	4.698	82	9.586	3.989	138	8.548	3.769
26	13.194	4.680	83	9.550	3.982	139	8.543	3.766
27	13.096	4.666	84	9.515	3.974	140	8.538	3.766
28	12.999	4.648	85	9.481	3.967	141	8.533	3.766
29	12.904	4.630	86	9.447	3.960	142	8.529	3.766
30	12.810	4.612	87	9.414	3.953	143	8.525	3.762
31	12.717	4.597	88	9.382	3.949	144	8.521	3.762
32	12.626	4.579	89	9.351	3.942	145	8.518	3.762
33	12.537	4.565	90	9.321	3.935	146	8.515	3.762
34	12.449	4.547	91	9.291	3.928	147	8.512	3.758
35	12.362	4.532	92	9.262	3.924	148	8.509	3.758
36	12.276	4.514	93	9.233	3.917	149	8.507	3.758
37	12.192	4.500	94	9.206	3.910	150	8.504	3.758
38	12.109	4.486	95	9.179	3.906	151	8.502	3.758
39	12.028	4.471	96	9.152	3.899	152	8.500	3.758
40	11.948	4.453	97	9.127	3.895	153	8.499	3.758
41	11.869	4.439	98	9.102	3.888	154	8.497	3.758
42	11.791	4.424	99	9.077	3.884	155	8.496	3.755
43	11.715	4.410	100	9.054	3.877	156	8.495	3.755
44	11.640	4.396	101	9.031	3.874	157	8.494	3.755
45	11.566	4.385	102	9.008	3.870	158	8.493	3.755
46	11.493	4.370	103	8.987	3.863	159	8.492	3.755
47	11.422	4.356	104	8.965	3.859	160	8.491	3.755
48	11.351	4.342	105	8.945	3.856	161	8.491	3.755
49	11.282	4.327	106	8.925	3.852	162	8.490	3.755
50	11.214	4.316	107	8.906	3.845	163	8.490	3.755
51	11.148	4.302	108	8.887	3.841	164	8.490	3.755
52	11.082	4.291	109	8.868	3.838	165	8.490	3.755
53	11.017	4.277	110	8.851	3.834	166	8.489	3.755
54	10.954	4.266	111	8.834	3.830	167	8.489	3.755
55	10.892	4.252	112	8.817	3.827	168	8.489	3.755
56	10.831	4.241	113	8.801	3.823	169	8.489	3.755
57	10.770	4.230						

الملحق (II): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (AB)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.180	5.184	58	10.711	4.219	114	8.785	3.820
2	16.039	5.162	59	10.653	4.205	115	8.770	3.816
3	15.900	5.141	60	10.596	4.194	116	8.756	3.812
4	15.763	5.116	61	10.541	4.183	117	8.742	3.809
5	15.628	5.094	62	10.486	4.172	118	8.728	3.809
6	15.495	5.072	63	10.432	4.162	119	8.715	3.805
7	15.364	5.051	64	10.379	4.151	120	8.703	3.802
8	15.234	5.029	65	10.327	4.140	121	8.691	3.798
9	15.106	5.008	66	10.276	4.133	122	8.679	3.798
10	14.980	4.990	67	10.226	4.122	123	8.668	3.794
11	14.856	4.968	68	10.177	4.111	124	8.657	3.791
12	14.734	4.946	69	10.129	4.100	125	8.647	3.791
13	14.613	4.928	70	10.082	4.093	126	8.637	3.787
14	14.494	4.907	71	10.036	4.082	127	8.627	3.787
15	14.377	4.885	72	9.991	4.075	128	8.618	3.784
16	14.261	4.867	73	9.946	4.064	129	8.610	3.780
17	14.147	4.849	74	9.903	4.057	130	8.601	3.780
18	14.035	4.828	75	9.860	4.046	131	8.593	3.776
19	13.924	4.810	76	9.819	4.039	132	8.586	3.776
20	13.815	4.792	77	9.778	4.028	133	8.579	3.776
21	13.708	4.770	78	9.738	4.021	134	8.572	3.773
22	13.602	4.752	79	9.699	4.014	135	8.565	3.773
23	13.498	4.734	80	9.660	4.007	136	8.559	3.769
24	13.395	4.716	81	9.623	4.000	137	8.553	3.769
25	13.294	4.698	82	9.586	3.989	138	8.548	3.769
26	13.194	4.680	83	9.550	3.982	139	8.543	3.766
27	13.096	4.666	84	9.515	3.974	140	8.538	3.766
28	12.999	4.648	85	9.481	3.9672	141	8.533	3.766
29	12.904	4.630	86	86	9.447	142	8.529	3.766
30	12.810	4.612	87	87	9.414	143	8.525	3.762
31	12.717	4.597	88	88	9.382	144	8.521	3.762
32	12.626	4.579	89	89	9.351	145	8.518	3.762
33	12.537	4.565	90	90	9.321	146	8.515	3.762
34	12.449	4.547	91	91	9.291	147	8.512	3.758
35	12.362	4.532	92	92	9.262	148	8.509	3.758
36	12.276	4.514	93	93	9.233	149	8.507	3.758
37	12.192	4.500	94	94	9.206	150	8.504	3.758
38	12.109	4.486	95	95	9.179	151	8.502	3.758
39	12.028	4.471	96	96	9.152	152	8.500	3.758
40	11.948	4.453	97	97	9.127	153	8.499	3.758
41	11.869	4.439	98	98	9.102	154	8.497	3.758
42	11.791	4.424	99	99	9.077	155	8.496	3.755
43	11.715	4.410	100	100	9.054	156	8.495	3.755
44	11.640	4.396	101	101	9.031	157	8.494	3.755
45	11.566	4.385	102	102	9.008	158	8.493	3.755
46	11.493	4.370	103	103	8.987	159	8.492	3.755
47	11.422	4.356	104	104	8.965	160	8.491	3.755
48	11.351	4.342	105	105	8.945	161	8.491	3.755
49	11.282	4.327	106	106	8.925	162	8.490	3.755
50	11.214	4.316	107	107	8.906	163	8.490	3.755
51	11.148	4.302	108	108	8.887	164	8.490	3.755
52	11.082	4.291	109	109	8.868	165	8.490	3.755
53	11.017	4.277	110	110	8.851	166	8.489	3.755
54	10.954	4.266	111	111	8.834	167	8.489	3.755
55	10.892	4.252	112	112	8.817	168	8.489	3.755
56	10.830	4.241	113	8.801	3.823	169	8.489	3.755
57	10.770	4.230						

تابع الملحق (II): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (CD)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.087	5.170	58	9.111	3.892	114	6.821	3.366
2	15.901	5.141	59	9.041	3.874	115	6.803	3.362
3	15.717	5.108	60	8.971	3.859	116	6.787	3.359
4	15.537	5.080	61	8.903	3.845	117	6.771	3.355
5	15.359	5.051	62	8.837	3.830	118	6.755	3.348
6	15.184	5.022	63	8.771	3.816	119	6.740	3.344
7	15.011	4.993	64	8.707	3.802	120	6.726	3.341
8	14.842	4.964	65	8.645	3.791	121	6.712	3.341
9	14.675	4.936	66	8.583	3.776	122	6.699	3.337
10	14.510	4.910	67	8.523	3.762	123	6.686	3.334
11	14.348	4.882	68	8.464	3.751	124	6.674	3.330
12	14.189	4.856	69	8.406	3.737	125	6.662	3.326
13	14.032	4.828	70	8.349	3.722	126	6.651	3.323
14	13.878	4.802	71	8.294	3.712	127	6.640	3.323
15	13.726	4.774	72	8.239	3.701	128	6.630	3.319
16	13.576	4.748	73	8.186	3.686	129	6.620	3.316
17	13.429	4.723	74	8.134	3.676	130	6.611	3.312
18	13.285	4.698	75	8.083	3.665	131	6.602	3.312
19	13.142	4.673	76	8.033	3.654	132	6.594	3.308
20	13.002	4.648	77	7.985	3.643	133	6.586	3.308
21	12.864	4.622	78	7.937	3.632	134	6.578	3.305
22	12.728	4.597	79	7.890	3.622	135	6.571	3.305
23	12.595	4.576	80	7.845	3.611	136	6.564	3.301
24	12.464	4.550	81	7.800	3.600	137	6.557	3.301
25	12.335	4.525	82	7.757	3.589	138	6.551	3.298
26	12.208	4.504	83	7.714	3.578	139	6.545	3.298
27	12.083	4.478	84	7.673	3.571	140	6.540	3.298
28	11.960	4.457	85	7.632	3.560	141	6.535	3.294
29	11.839	4.435	86	7.592	3.550	142	6.530	3.294
30	11.720	4.414	87	7.554	3.542	143	6.526	3.294
31	11.603	4.388	88	7.516	3.532	144	6.522	3.290
32	11.488	4.367	89	7.479	3.524	145	6.518	3.290
33	11.375	4.345	90	7.443	3.517	146	6.514	3.290
34	11.264	4.327	91	7.408	3.506	147	6.511	3.290
35	11.155	4.306	92	7.374	3.499	148	6.508	3.287
36	11.048	4.284	93	7.341	3.492	149	6.505	3.287
37	10.942	4.262	94	7.308	3.485	150	6.503	3.287
38	10.839	4.244	95	7.277	3.478	151	6.501	3.287
39	10.737	4.223	96	7.246	3.470	152	6.499	3.287
40	10.637	4.205	97	7.216	3.463	153	6.497	3.283
41	10.538	4.183	98	7.187	3.456	154	6.495	3.283
42	10.442	4.165	99	7.159	3.449	155	6.494	3.283
43	10.347	4.147	100	7.131	3.442	156	6.492	3.283
44	10.253	4.126	101	7.104	3.434	157	6.491	3.283
45	10.162	4.108	102	7.078	3.427	158	6.490	3.283
46	10.072	4.090	103	7.053	3.424	159	6.490	3.283
47	9.983	4.072	104	7.028	3.416	160	6.489	3.283
48	9.896	4.054	105	7.004	3.409	161	6.488	3.283
49	9.811	4.036	106	6.981	3.406	162	6.488	3.283
50	9.727	4.021	107	6.959	3.398	163	6.488	3.283
51	9.645	4.003	108	6.937	3.395	164	6.487	3.283
52	9.565	3.985	109	6.916	3.388	165	6.487	3.283
53	9.485	3.971	110	6.896	3.384	166	6.487	3.283
54	9.408	3.953	111	6.876	3.380	167	6.487	3.283
55	9.331	3.938	112	6.857	3.373	168	6.487	3.283
56	9.257	3.920	113	6.838	3.370	169	6.487	3.283
57	9.183	3.906						

تابع الملحق (II): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (EF)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	15.973	5.152	58	9.045	3.877	114	6.771	3.355
2	15.788	5.119	59	8.975	3.863	115	6.754	3.348
3	15.606	5.090	60	8.906	3.845	116	6.737	3.344
4	15.426	5.062	61	8.839	3.830	117	6.721	3.341
5	15.250	5.033	62	8.773	3.816	118	6.706	3.337
6	15.076	5.004	63	8.708	3.802	119	6.691	3.334
7	14.905	4.975	64	8.644	3.791	120	6.677	3.330
8	14.736	4.946	65	8.582	3.776	121	6.663	3.326
9	14.570	4.921	66	8.521	3.762	122	6.650	3.323
10	14.407	4.892	67	8.461	3.748	123	6.637	3.319
11	14.246	4.864	68	8.402	3.737	124	6.625	3.316
12	14.088	4.838	69	8.345	3.722	125	6.614	3.316
13	13.932	4.810	70	8.289	3.712	126	6.602	3.312
14	13.779	4.784	71	8.234	3.697	127	6.592	3.308
15	13.628	4.759	72	8.180	3.686	128	6.582	3.305
16	13.480	4.730	73	8.127	3.676	129	6.572	3.305
17	13.334	4.705	74	8.075	3.661	130	6.563	3.301
18	13.190	4.680	75	8.025	3.650	131	6.554	3.298
19	13.048	4.655	76	7.975	3.640	132	6.545	3.298
20	12.909	4.630	77	7.927	3.629	133	6.537	3.294
21	12.772	4.604	78	7.879	3.618	134	6.530	3.294
22	12.638	4.583	79	7.833	3.607	135	6.522	3.290
23	12.505	4.558	80	7.788	3.596	136	6.516	3.290
24	12.375	4.532	81	7.744	3.586	137	6.509	3.287
25	12.246	4.511	82	7.700	3.575	138	6.503	3.287
26	12.120	4.486	83	7.658	3.568	139	6.497	3.287
27	11.996	4.464	84	7.617	3.557	140	6.492	3.283
28	11.874	4.442	85	7.577	3.546	141	6.487	3.283
29	11.754	4.417	86	7.537	3.539	142	6.482	3.280
30	11.636	4.396	87	7.499	3.528	143	6.478	3.280
31	11.520	4.374	88	7.461	3.521	144	6.474	3.280
32	11.406	4.352	89	7.425	3.510	145	6.470	3.280
33	11.294	4.331	90	7.389	3.503	146	6.467	3.276
34	11.184	4.309	91	7.354	3.496	147	6.463	3.276
35	11.075	4.288	92	7.320	3.488	148	6.460	3.276
36	10.969	4.270	93	7.287	3.478	149	6.458	3.276
37	10.864	4.248	94	7.255	3.470	150	6.455	3.276
38	10.761	4.226	95	7.224	3.463	151	6.453	3.272
39	10.660	4.208	96	7.193	3.456	152	6.451	3.272
40	10.560	4.187	97	7.163	3.449	153	6.449	3.272
41	10.463	4.169	98	7.134	3.442	154	6.447	3.272
42	10.367	4.151	99	7.106	3.434	155	6.446	3.272
43	10.272	4.129	100	7.079	3.431	156	6.445	3.272
44	10.180	4.111	101	7.052	3.424	157	6.444	3.272
45	10.089	4.093	102	7.026	3.416	158	6.443	3.272
46	9.999	4.075	103	7.001	3.409	159	6.442	3.272
47	9.911	4.057	104	6.977	3.406	160	6.441	3.272
48	9.825	4.039	105	6.953	3.398	161	6.441	3.272
49	9.740	4.021	106	6.930	3.391	162	6.440	3.272
50	9.657	4.007	107	6.908	3.388	163	6.440	3.269
51	9.576	3.989	108	6.886	3.380	164	6.440	3.269
52	9.496	3.971	109	6.866	3.377	165	6.439	3.269
53	9.417	3.956	110	6.845	3.373	166	6.439	3.269
54	9.340	3.938	111	6.826	3.366	167	6.439	3.269
55	9.264	3.924	112	6.807	3.362	168	6.439	3.269
56	9.190	3.906	113	6.788	3.359	169	6.439	3.269
57	9.117	3.892						

تابع الملحق (II): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (GH)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	15.921	5.141	58	9.015	3.870	114	6.748	3.348
2	15.736	5.112	59	8.945	3.856	115	6.731	3.344
3	15.555	5.083	60	8.877	3.841	116	6.714	3.341
4	15.376	5.054	61	8.809	3.827	117	6.698	3.337
5	15.200	5.026	62	8.744	3.812	118	6.683	3.330
6	15.026	4.997	63	8.679	3.798	119	6.668	3.326
7	14.856	4.968	64	8.615	3.784	120	6.654	3.323
8	14.688	4.939	65	8.553	3.769	121	6.641	3.323
9	14.522	4.910	66	8.492	3.755	122	6.627	3.319
10	14.360	4.885	67	8.433	3.744	123	6.615	3.316
11	14.199	4.856	68	8.374	3.730	124	6.603	3.312
12	14.042	4.831	69	8.317	3.715	125	6.591	3.308
13	13.887	4.802	70	8.261	3.704	126	6.580	3.305
14	13.734	4.777	71	8.206	3.694	127	6.569	3.305
15	13.583	4.748	72	8.152	3.679	128	6.559	3.301
16	13.435	4.723	73	8.100	3.668	129	6.550	3.298
17	13.290	4.698	74	8.048	3.658	130	6.540	3.298
18	13.147	4.673	75	7.998	3.643	131	6.532	3.294
19	13.006	4.648	76	7.948	3.632	132	6.523	3.290
20	12.867	4.622	77	7.900	3.622	133	6.515	3.290
21	12.730	4.597	78	7.853	3.611	134	6.508	3.287
22	12.596	4.576	79	7.807	3.600	135	6.500	3.287
23	12.464	4.550	80	7.762	3.589	136	6.494	3.283
24	12.334	4.525	81	7.718	3.582	137	6.487	3.283
25	12.206	4.504	82	7.675	3.571	138	6.481	3.280
26	12.080	4.478	83	7.632	3.560	139	6.476	3.280
27	11.957	4.457	84	7.591	3.550	140	6.470	3.280
28	11.835	4.435	85	7.55114	3.5424	141	6.465	3.276
29	11.715	4.410	86	7.512	3.532	142	6.461	3.276
30	11.598	4.388	87	7.474	3.524	143	6.456	3.276
31	11.482	4.367	88	7.436	3.514	144	6.452	3.272
32	11.368	4.345	89	7.400	3.506	145	6.448	3.272
33	11.257	4.324	90	7.364	3.499	146	6.445	3.272
34	11.147	4.302	91	7.330	3.488	147	6.442	3.272
35	11.039	4.280	92	7.296	3.481	148	6.439	3.269
36	10.932	4.262	93	7.263	3.474	149	6.436	3.269
37	10.828	4.241	94	7.231	3.467	150	6.433	3.269
38	10.725	4.219	95	7.199	3.460	151	6.431	3.269
39	10.624	4.201	96	7.169	3.452	152	6.429	3.269
40	10.525	4.180	97	7.139	3.445	153	6.427	3.269
41	10.428	4.162	98	7.110	3.438	154	6.426	3.265
42	10.332	4.144	99	7.082	3.431	155	6.424	3.265
43	10.238	4.122	100	7.055	3.424	156	6.423	3.265
44	10.146	4.104	101	7.029	3.416	157	6.422	3.265
45	10.055	4.086	102	7.003	3.409	158	6.421	3.265
46	9.966	4.068	103	6.978	3.406	159	6.420	3.265
47	9.878	4.050	104	6.953	3.398	160	6.420	3.265
48	9.793	4.032	105	6.930	3.391	161	6.419	3.265
49	9.708	4.014	106	6.907	3.388	162	6.419	3.265
50	9.625	4.000	107	6.885	3.380	163	6.418	3.265
51	9.544	3.982	108	6.863	3.377	164	6.418	3.265
52	9.464	3.964	109	6.842	3.370	165	6.418	3.265
53	9.386	3.949	110	6.822	3.366	166	6.418	3.265
54	9.309	3.931	111	6.803	3.362	167	6.418	3.265
55	9.233	3.917	112	6.784	3.355	168	6.418	3.265
56	9.159	3.899	113	6.766	3.352	169	6.418	3.265
57	9.087	3.884						

تابع الملحق (II): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط

الخط (IJ)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	15.907	5.140	58	9.007	3.866	114	6.742	3.348
2	15.723	5.112	59	8.937	3.852	115	6.725	3.341
3	15.541	5.080	60	8.869	3.838	116	6.708	3.337
4	15.363	5.051	61	8.802	3.823	117	6.693	3.334
5	15.187	5.022	62	8.736	3.809	118	6.677	3.330
6	15.013	4.993	63	8.671	3.794	119	6.662	3.326
7	14.843	4.964	64	8.608	3.780	120	6.648	3.323
8	14.675	4.936	65	8.546	3.769	121	6.635	3.319
9	14.510	4.910	66	8.485	3.755	122	6.622	3.316
10	14.347	4.882	67	8.425	3.740	123	6.609	3.312
11	14.187	4.853	68	8.367	3.730	124	6.597	3.312
12	14.030	4.828	69	8.310	3.715	125	6.585	3.308
13	13.875	4.799	70	8.254	3.704	126	6.574	3.305
14	13.722	4.774	71	8.199	3.690	127	6.564	3.301
15	13.572	4.748	72	8.145	3.679	128	6.553	3.298
16	13.424	4.723	73	8.093	3.665	129	6.544	3.298
17	13.278	4.698	74	8.041	3.654	130	6.535	3.294
18	13.135	4.669	75	7.991	3.643	131	6.526	3.294
19	12.994	4.648	76	7.941	3.632	132	6.517	3.290
20	12.856	4.622	77	7.893	3.622	133	6.509	3.287
21	12.719	4.597	78	7.846	3.611	134	6.502	3.287
22	12.585	4.572	79	7.800	3.600	135	6.495	3.283
23	12.453	4.547	80	7.755	3.589	136	6.488	3.283
24	12.323	4.525	81	7.711	3.578	137	6.482	3.280
25	12.195	4.500	82	7.668	3.568	138	6.475	3.280
26	12.070	4.478	83	7.626	3.560	139	6.470	3.280
27	11.946	4.453	84	7.585	3.550	140	6.464	3.276
28	11.825	4.432	85	7.544	3.539	141	6.459	3.276
29	11.705	4.410	86	7.505	3.532	142	6.455	3.276
30	11.588	4.388	87	7.467	3.521	143	6.450	3.272
31	11.472	4.367	88	7.430	3.514	144	6.446	3.272
32	11.358	4.345	89	7.393	3.503	145	6.443	3.272
33	11.247	4.324	90	7.358	3.496	146	6.439	3.269
34	11.137	4.302	91	7.323	3.488	147	6.436	3.269
35	11.029	4.280	92	7.289	3.481	148	6.433	3.269
36	10.923	4.259	93	7.256	3.470	149	6.430	3.269
37	10.818	4.241	94	7.224	3.463	150	6.428	3.269
38	10.716	4.219	95	7.193	3.456	151	6.425	3.265
39	10.615	4.198	96	7.163	3.449	152	6.423	3.265
40	10.516	4.180	97	7.133	3.442	153	6.422	3.265
41	10.419	4.162	98	7.104	3.434	154	6.420	3.265
42	10.323	4.140	99	7.076	3.427	155	6.419	3.265
43	10.229	4.122	100	7.049	3.420	156	6.417	3.265
44	10.137	4.104	101	7.022	3.416	157	6.416	3.265
45	10.046	4.086	102	6.997	3.409	158	6.415	3.265
46	9.957	4.068	103	6.972	3.402	159	6.414	3.265
47	9.870	4.050	104	6.947	3.398	160	6.414	3.265
48	9.784	4.032	105	6.924	3.391	161	6.413	3.265
49	9.700	4.014	106	6.901	3.384	162	6.413	3.265
50	9.617	3.996	107	6.879	3.380	163	6.412	3.265
51	9.536	3.978	108	6.857	3.373	164	6.412	3.265
52	9.456	3.964	109	6.836	3.370	165	6.412	3.265
53	9.377	3.946	110	6.816	3.366	166	6.412	3.265
54	9.301	3.931	111	6.797	3.359	167	6.412	3.265
55	9.225	3.913	112	6.778	3.355	168	6.412	3.265
56	9.151	3.899	113	6.759	3.352	169	6.412	3.265
57	9.079	3.884						

الملحق (III): تدفق وضاغط النقاطات في خط الري بالتنقيط بعد تعديل طوله

ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.180	5.184	37	14.172	4.853	72	13.431	4.723
2	16.101	5.173	38	14.137	4.846	73	13.422	4.723
3	16.024	5.159	39	14.103	4.838	74	13.413	4.720
4	15.949	5.148	40	14.070	4.835	75	13.405	4.720
5	15.874	5.134	41	14.038	4.828	76	13.397	4.716
6	15.802	5.123	42	14.007	4.824	77	13.389	4.716
7	15.730	5.112	43	13.976	4.817	78	13.383	4.716
8	15.660	5.101	44	13.947	4.813	79	13.376	4.712
9	15.592	5.090	45	13.918	4.810	80	13.370	4.712
10	15.525	5.080	46	13.891	4.802	81	13.364	4.712
11	15.459	5.069	47	13.864	4.799	82	13.359	4.709
12	15.394	5.058	48	13.838	4.795	83	13.354	4.709
13	15.331	5.047	49	13.813	4.792	84	13.350	4.709
14	15.269	5.036	50	13.788	4.784	85	13.346	4.709
15	15.209	5.026	51	13.765	4.781	86	13.342	4.709
16	15.149	5.015	52	13.742	4.777	87	13.338	4.705
17	15.091	5.008	53	13.720	4.774	88	13.335	4.705
18	15.034	4.997	54	13.699	4.770	89	13.332	4.705
19	14.979	4.990	55	13.678	4.766	90	13.330	4.705
20	14.924	4.979	56	13.658	4.763	91	13.327	4.705
21	14.871	4.972	57	13.639	4.759	92	13.325	4.705
22	14.819	4.961	58	13.621	4.756	93	13.324	4.705
23	14.768	4.954	59	13.603	4.752	94	13.322	4.705
24	14.719	4.943	60	13.586	4.752	95	13.321	4.705
25	14.670	4.936	61	13.570	4.748	96	13.320	4.705
26	14.623	4.928	62	13.554	4.745	97	13.319	4.705
27	14.576	4.921	63	13.539	4.741	98	13.318	4.702
28	14.531	4.914	64	13.525	4.741	99	13.317	4.702
29	14.487	4.907	65	13.511	4.738	100	13.317	4.702
30	14.444	4.900	66	13.498	4.734	101	13.316	4.702
31	14.402	4.892	67	13.486	4.734	102	13.316	4.702
32	14.361	4.885	68	13.474	4.730	103	13.316	4.702
33	14.321	4.878	69	13.462	4.730	104	13.316	4.702
34	14.282	4.871	70	13.451	4.727	105	13.316	4.702
35	14.245	4.864	71	13.441	4.723	106	13.316	4.702
36	14.208	4.856						

الملحق (IV): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (AB)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.180	5.184	37	14.172	4.853	72	13.431	4.723
2	16.101	5.173	38	14.137	4.846	73	13.422	4.723
3	16.024	5.159	39	14.103	4.838	74	13.413	4.720
4	15.949	5.148	40	14.070	4.835	75	13.405	4.720
5	15.874	5.134	41	14.038	4.828	76	13.397	4.716
6	15.802	5.123	42	14.007	4.824	77	13.389	4.716
7	15.730	5.112	43	13.976	4.817	78	13.383	4.716
8	15.660	5.101	44	13.947	4.813	79	13.376	4.712
9	15.592	5.090	45	13.918	4.810	80	13.370	4.712
10	15.525	5.080	46	13.891	4.802	81	13.364	4.712
11	15.459	5.069	47	13.864	4.799	82	13.359	4.709
12	15.394	5.058	48	13.838	4.795	83	13.354	4.709
13	15.331	5.047	49	13.813	4.792	84	13.350	4.709
14	15.269	5.036	50	13.788	4.784	85	13.346	4.709
15	15.209	5.026	51	13.765	4.781	86	13.342	4.709
16	15.149	5.015	52	13.742	4.777	87	13.338	4.705
17	15.091	5.008	53	13.720	4.774	88	13.335	4.705
18	15.034	4.997	54	13.699	4.770	89	13.332	4.705
19	14.979	4.990	55	13.678	4.766	90	13.330	4.705
20	14.924	4.979	56	13.658	4.763	91	13.327	4.705
21	14.871	4.972	57	13.639	4.759	92	13.325	4.705
22	14.819	4.961	58	13.621	4.756	93	13.324	4.705
23	14.768	4.954	59	13.603	4.752	94	13.322	4.705
24	14.719	4.943	60	13.586	4.752	95	13.321	4.705
25	14.670	4.936	61	13.570	4.748	96	13.320	4.705
26	14.623	4.928	62	13.554	4.745	97	13.319	4.705
27	14.576	4.921	63	13.539	4.741	98	13.318	4.702
28	14.531	4.914	64	13.525	4.741	99	13.317	4.702
29	14.487	4.907	65	13.511	4.738	100	13.317	4.702
30	14.444	4.900	66	13.498	4.734	101	13.316	4.702
31	14.402	4.892	67	13.486	4.734	102	13.316	4.702
32	14.361	4.885	68	13.474	4.730	103	13.316	4.702
33	14.321	4.878	69	13.462	4.730	104	13.316	4.702
34	14.282	4.871	70	13.451	4.727	105	13.316	4.702
35	14.245	4.864	71	13.441	4.723	106	13.316	4.702
36	14.208	4.856						

تابع الملحق (IV): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (CD)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.100	5.170	32	14.089	4.838	63	13.349	4.709
2	16.008	5.155	33	14.049	4.831	64	13.339	4.709
3	15.918	5.141	34	14.010	4.824	65	13.330	4.705
4	15.831	5.126	35	13.973	4.817	66	13.321	4.705
5	15.745	5.116	36	13.936	4.810	67	13.313	4.702
6	15.661	5.101	37	13.901	4.806	68	13.305	4.702
7	15.579	5.087	38	13.867	4.799	69	13.299	4.702
8	15.499	5.072	39	13.835	4.795	70	13.292	4.698
9	15.421	5.062	40	13.803	4.788	71	13.286	4.698
10	15.345	5.047	41	13.773	4.784	72	13.281	4.698
11	15.271	5.036	42	13.743	4.777	73	13.276	4.694
12	15.198	5.026	43	13.715	4.774	74	13.271	4.694
13	15.128	5.011	44	13.688	4.766	75	13.267	4.694
14	15.059	5.000	45	13.662	4.763	76	13.264	4.694
15	14.991	4.990	46	13.637	4.759	77	13.261	4.694
16	14.926	4.979	47	13.613	4.756	78	13.258	4.694
17	14.862	4.968	48	13.590	4.752	79	13.255	4.691
18	14.800	4.957	49	13.568	4.748	80	13.253	4.691
19	14.739	4.946	50	13.546	4.745	81	13.251	4.691
20	14.680	4.939	51	13.526	4.741	82	13.250	4.691
21	14.623	4.928	52	13.507	4.738	83	13.248	4.691
22	14.567	4.918	53	13.489	4.734	84	13.247	4.691
23	14.513	4.910	54	13.471	4.730	85	13.246	4.691
24	14.460	4.900	55	13.454	4.727	86	13.246	4.691
25	14.409	4.892	56	13.439	4.723	87	13.245	4.691
26	14.359	4.885	57	13.423	4.723	88	13.245	4.691
27	14.310	4.874	58	13.409	4.720	89	13.245	4.691
28	14.263	4.867	59	13.396	4.716	90	13.244	4.691
29	14.218	4.860	60	13.383	4.716	91	13.244	4.691
30	14.174	4.853	61	13.371	4.712	92	13.244	4.691
31	14.131	4.846	62	13.360	4.712			

تابع الملحق (IV): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (EF)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.007	5.155	32	14.008	4.824	63	13.271	4.694
2	15.916	5.141	33	13.968	4.817	64	13.262	4.694
3	15.826	5.126	34	13.929	4.810	65	13.252	4.691
4	15.739	5.112	35	13.892	4.802	66	13.244	4.691
5	15.654	5.098	36	13.856	4.799	67	13.236	4.687
6	15.571	5.087	37	13.821	4.792	68	13.228	4.687
7	15.489	5.072	38	13.787	4.784	69	13.221	4.687
8	15.410	5.058	39	13.754	4.781	70	13.215	4.684
9	15.332	5.047	40	13.723	4.774	71	13.209	4.684
10	15.256	5.033	41	13.693	4.770	72	13.204	4.684
11	15.183	5.022	42	13.664	4.763	73	13.199	4.684
12	15.110	5.011	43	13.635	4.759	74	13.194	4.680
13	15.040	4.997	44	13.608	4.756	75	13.190	4.680
14	14.971	4.986	45	13.582	4.748	76	13.187	4.680
15	14.905	4.975	46	13.558	4.745	77	13.183	4.680
16	14.839	4.964	47	13.534	4.741	78	13.181	4.680
17	14.776	4.954	48	13.511	4.738	79	13.178	4.680
18	14.714	4.943	49	13.489	4.734	80	13.176	4.676
19	14.654	4.932	50	13.468	4.730	81	13.174	4.676
20	14.595	4.925	51	13.448	4.727	82	13.173	4.676
21	14.538	4.914	52	13.429	4.723	83	13.171	4.676
22	14.483	4.903	53	13.410	4.720	84	13.170	4.676
23	14.429	4.896	54	13.393	4.716	85	13.169	4.676
24	14.376	4.885	55	13.376	4.712	86	13.169	4.676
25	14.325	4.878	56	13.360	4.712	87	13.168	4.676
26	14.276	4.871	57	13.345	4.709	88	13.168	4.676
27	14.227	4.860	58	13.331	4.705	89	13.168	4.676
28	14.181	4.853	59	13.318	4.702	90	13.167	4.676
29	14.135	4.846	60	13.305	4.702	91	13.167	4.676
30	14.092	4.838	61	13.293	4.698	92	13.167	4.676
31	14.049	4.831	62	13.282	4.698			

تابع الملحق (IV): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (GH)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	15.969	5.152	32	13.974	4.817	63	13.240	4.691
2	15.878	5.137	33	13.934	4.810	64	13.230	4.687
3	15.789	5.123	34	13.896	4.806	65	13.221	4.687
4	15.702	5.108	35	13.859	4.799	66	13.212	4.684
5	15.617	5.094	36	13.822	4.792	67	13.204	4.684
6	15.534	5.080	37	13.788	4.784	68	13.196	4.684
7	15.452	5.065	38	13.754	4.781	69	13.190	4.680
8	15.373	5.054	39	13.721	4.774	70	13.183	4.680
9	15.296	5.040	40	13.690	4.770	71	13.177	4.680
10	15.220	5.029	41	13.660	4.763	72	13.172	4.676
11	15.146	5.015	42	13.631	4.759	73	13.167	4.676
12	15.074	5.004	43	13.603	4.752	74	13.163	4.676
13	15.004	4.993	44	13.576	4.748	75	13.159	4.676
14	14.936	4.982	45	13.550	4.745	76	13.155	4.673
15	14.869	4.968	46	13.525	4.741	77	13.152	4.673
16	14.804	4.957	47	13.501	4.734	78	13.149	4.673
17	14.741	4.946	48	13.478	4.730	79	13.147	4.673
18	14.679	4.939	49	13.456	4.727	80	13.144	4.673
19	14.619	4.928	50	13.436	4.723	81	13.143	4.673
20	14.560	4.918	51	13.415	4.720	82	13.141	4.673
21	14.503	4.907	52	13.396	4.716	83	13.140	4.673
22	14.448	4.900	53	13.378	4.712	84	13.139	4.673
23	14.394	4.889	54	13.361	4.712	85	13.138	4.673
24	14.342	4.882	55	13.344	4.709	86	13.137	4.673
25	14.291	4.871	56	13.328	4.705	87	13.137	4.673
26	14.241	4.864	57	13.314	4.702	88	13.136	4.673
27	14.193	4.856	58	13.299	4.702	89	13.136	4.673
28	14.147	4.849	59	13.286	4.698	90	13.136	4.673
29	14.102	4.838	60	13.273	4.694	91	13.136	4.673
30	14.058	4.831	61	13.261	4.694	92	13.136	4.673
31	14.015	4.824	62	13.250	4.691			

تابع الملحق (IV): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها بقيم مختلفة

الخط (IJ)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	15.962	5.148	32	13.968	4.817	63	13.234	4.687
2	15.871	5.134	33	13.928	4.810	64	13.224	4.687
3	15.782	5.119	34	13.890	4.802	65	13.215	4.684
4	15.695	5.105	35	13.853	4.795	66	13.206	4.684
5	15.610	5.090	36	13.817	4.792	67	13.198	4.684
6	15.527	5.080	37	13.782	4.784	68	13.191	4.680
7	15.446	5.065	38	13.748	4.777	69	13.184	4.680
8	15.367	5.051	39	13.716	4.774	70	13.177	4.680
9	15.289	5.040	40	13.684	4.766	71	13.172	4.676
10	15.214	5.026	41	13.654	4.763	72	13.166	4.676
11	15.140	5.015	42	13.625	4.756	73	13.161	4.676
12	15.068	5.004	43	13.597	4.752	74	13.157	4.676
13	14.998	4.990	44	13.570	4.748	75	13.153	4.673
14	14.929	4.979	45	13.544	4.745	76	13.149	4.673
15	14.863	4.968	46	13.519	4.738	77	13.146	4.673
16	14.798	4.957	47	13.495	4.734	78	13.143	4.673
17	14.734	4.946	48	13.473	4.730	79	13.141	4.673
18	14.673	4.936	49	13.451	4.727	80	13.139	4.673
19	14.613	4.928	50	13.430	4.723	81	13.137	4.673
20	14.554	4.918	51	13.410	4.720	82	13.135	4.669
21	14.497	4.907	52	13.391	4.716	83	13.134	4.669
22	14.442	4.896	53	13.372	4.712	84	13.133	4.669
23	14.388	4.889	54	13.355	4.709	85	13.132	4.669
24	14.336	4.878	55	13.338	4.705	86	13.131	4.669
25	14.285	4.871	56	13.323	4.705	87	13.131	4.669
26	14.235	4.864	57	13.308	4.702	88	13.131	4.669
27	14.187	4.853	58	13.294	4.698	89	13.130	4.669
28	14.141	4.846	59	13.280	4.698	90	13.130	4.669
29	14.096	4.838	60	13.268	4.694	91	13.130	4.669
30	14.052	4.831	61	13.256	4.691	92	13.130	4.669
31	14.009	4.824	62	13.244	4.691			

الملحق (V): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (AB)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.180	5.184	32	14.784	4.957	63	14.253	4.867
2	16.117	5.173	33	14.755	4.950	64	14.245	4.864
3	16.056	5.162	34	14.728	4.946	65	14.239	4.864
4	15.995	5.155	35	14.701	4.943	66	14.232	4.864
5	15.936	5.144	36	14.675	4.936	67	14.226	4.860
6	15.879	5.137	37	14.650	4.932	68	14.221	4.860
7	15.823	5.126	38	14.626	4.928	69	14.215	4.860
8	15.767	5.119	39	14.603	4.925	70	14.211	4.860
9	15.714	5.108	40	14.580	4.921	71	14.206	4.856
10	15.661	5.101	41	14.559	4.918	72	14.202	4.856
11	15.610	5.090	42	14.538	4.914	73	14.199	4.856
12	15.559	5.083	43	14.518	4.910	74	14.195	4.856
13	15.510	5.076	44	14.498	4.907	75	14.192	4.856
14	15.462	5.069	45	14.479	4.903	76	14.189	4.856
15	15.416	5.062	46	14.461	4.900	77	14.187	4.853
16	15.370	5.054	47	14.444	4.900	78	14.185	4.853
17	15.326	5.044	48	14.428	4.896	79	14.183	4.853
18	15.282	5.040	49	14.412	4.892	80	14.181	4.853
19	15.240	5.033	50	14.396	4.889	81	14.180	4.853
20	15.199	5.026	51	14.382	4.889	82	14.179	4.853
21	15.159	5.018	52	14.368	4.885	83	14.178	4.853
22	15.120	5.011	53	14.355	4.882	84	14.177	4.853
23	15.082	5.004	54	14.342	4.882	85	14.176	4.853
24	15.045	5.000	55	14.330	4.878	86	14.176	4.853
25	15.009	4.993	56	14.318	4.878	87	14.175	4.853
26	14.974	4.986	57	14.307	4.874	88	14.175	4.853
27	14.940	4.982	58	14.297	4.874	89	14.175	4.853
28	14.907	4.975	59	14.287	4.871	90	14.175	4.853
29	14.875	4.972	60	14.278	4.871	91	14.175	4.853
30	14.843	4.964	61	14.269	4.867	92	14.175	4.853
31	14.813	4.961	62	14.261	4.867			

تابع الملحق (V): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (CD)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.133	5.177	32	14.118	4.842	63	13.377	4.712
2	16.041	5.162	33	14.078	4.835	64	13.367	4.712
3	15.951	5.148	34	14.039	4.828	65	13.357	4.709
4	15.863	5.134	35	14.002	4.824	66	13.349	4.709
5	15.777	5.119	36	13.965	4.817	67	13.341	4.709
6	15.693	5.105	37	13.930	4.810	68	13.333	4.705
7	15.611	5.090	38	13.896	4.806	69	13.326	4.705
8	15.531	5.080	39	13.863	4.799	70	13.320	4.705
9	15.453	5.065	40	13.832	4.792	71	13.314	4.702
10	15.377	5.054	41	13.801	4.788	72	13.308	4.702
11	15.302	5.040	42	13.772	4.784	73	13.303	4.702
12	15.229	5.029	43	13.743	4.777	74	13.299	4.702
13	15.159	5.018	44	13.716	4.774	75	13.295	4.698
14	15.089	5.008	45	13.690	4.770	76	13.291	4.698
15	15.022	4.997	46	13.665	4.763	77	13.288	4.698
16	14.956	4.986	47	13.641	4.759	78	13.285	4.698
17	14.892	4.975	48	13.618	4.756	79	13.283	4.698
18	14.830	4.964	49	13.596	4.752	80	13.280	4.698
19	14.769	4.954	50	13.574	4.748	81	13.279	4.698
20	14.710	4.943	51	13.554	4.745	82	13.277	4.694
21	14.653	4.932	52	13.535	4.741	83	13.276	4.694
22	14.597	4.925	53	13.516	4.738	84	13.275	4.694
23	14.542	4.914	54	13.499	4.734	85	13.274	4.694
24	14.490	4.907	55	13.482	4.734	86	13.273	4.694
25	14.438	4.896	56	13.466	4.730	87	13.273	4.694
26	14.388	4.889	57	13.451	4.727	88	13.272	4.694
27	14.340	4.882	58	13.437	4.723	89	13.272	4.694
28	14.293	4.871	59	13.423	4.723	90	13.272	4.694
29	14.247	4.864	60	13.411	4.720	91	13.272	4.694
30	14.203	4.856	61	13.399	4.716	92	13.272	4.694
31	14.160	4.849	62	13.387	4.716			

تابع الملحق (V): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (EF)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.076	5.166	32	14.069	4.835	63	13.329	4.705
2	15.985	5.152	33	14.029	4.828	64	13.319	4.705
3	15.895	5.137	34	13.990	4.820	65	13.310	4.702
4	15.807	5.123	35	13.952	4.813	66	13.301	4.702
5	15.722	5.108	36	13.916	4.806	67	13.293	4.698
6	15.638	5.098	37	13.881	4.802	68	13.286	4.698
7	15.556	5.083	38	13.847	4.795	69	13.279	4.698
8	15.477	5.069	39	13.814	4.792	70	13.273	4.694
9	15.399	5.058	40	13.783	4.784	71	13.267	4.694
10	15.323	5.044	41	13.752	4.781	72	13.261	4.694
11	15.248	5.033	42	13.723	4.774	73	13.256	4.691
12	15.176	5.022	43	13.695	4.770	74	13.252	4.691
13	15.105	5.008	44	13.668	4.766	75	13.248	4.691
14	15.036	4.997	45	13.642	4.759	76	13.244	4.691
15	14.969	4.986	46	13.617	4.756	77	13.241	4.691
16	14.904	4.975	47	13.593	4.752	78	13.238	4.691
17	14.840	4.964	48	13.570	4.748	79	13.236	4.687
18	14.778	4.954	49	13.548	4.745	80	13.234	4.687
19	14.717	4.943	50	13.527	4.741	81	13.232	4.687
20	14.659	4.936	51	13.506	4.738	82	13.230	4.687
21	14.601	4.925	52	13.487	4.734	83	13.229	4.687
22	14.545	4.914	53	13.469	4.730	84	13.228	4.687
23	14.491	4.907	54	13.451	4.727	85	13.227	4.687
24	14.439	4.896	55	13.435	4.723	86	13.226	4.687
25	14.387	4.889	56	13.419	4.720	87	13.226	4.687
26	14.338	4.882	57	13.404	4.720	88	13.225	4.687
27	14.289	4.871	58	13.390	4.716	89	13.225	4.687
28	14.242	4.864	59	13.376	4.712	90	13.225	4.687
29	14.197	4.856	60	13.363	4.712	91	13.225	4.687
30	14.153	4.849	61	13.351	4.709	92	13.225	4.687
31	14.110	4.842	62	13.340	4.709			

تابع الملحق (V): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (GH)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.050	5.162	32	14.046	4.831	63	13.308	4.702
2	15.959	5.148	33	14.006	4.824	64	13.298	4.698
3	15.869	5.134	34	13.967	4.817	65	13.289	4.698
4	15.782	5.119	35	13.930	4.810	66	13.280	4.698
5	15.696	5.105	36	13.893	4.802	67	13.272	4.694
6	15.613	5.094	37	13.858	4.799	68	13.264	4.694
7	15.531	5.080	38	13.825	4.792	69	13.257	4.694
8	15.452	5.065	39	13.792	4.788	70	13.251	4.691
9	15.374	5.054	40	13.760	4.781	71	13.245	4.691
10	15.298	5.040	41	13.730	4.777	72	13.240	4.691
11	15.224	5.029	42	13.701	4.770	73	13.235	4.687
12	15.152	5.018	43	13.673	4.766	74	13.230	4.687
13	15.081	5.004	44	13.646	4.759	75	13.226	4.687
14	15.012	4.993	45	13.620	4.756	76	13.223	4.687
15	14.945	4.982	46	13.595	4.752	77	13.220	4.687
16	14.880	4.972	47	13.571	4.748	78	13.217	4.687
17	14.816	4.961	48	13.548	4.745	79	13.214	4.684
18	14.754	4.950	49	13.526	4.741	80	13.212	4.684
19	14.694	4.939	50	13.505	4.738	81	13.210	4.684
20	14.635	4.932	51	13.484	4.734	82	13.209	4.684
21	14.578	4.921	52	13.465	4.730	83	13.207	4.684
22	14.522	4.910	53	13.447	4.727	84	13.206	4.684
23	14.468	4.903	54	13.429	4.723	85	13.205	4.684
24	14.415	4.892	55	13.413	4.720	86	13.205	4.684
25	14.364	4.885	56	13.397	4.716	87	13.204	4.684
26	14.314	4.874	57	13.382	4.716	88	13.204	4.684
27	14.266	4.867	58	13.368	4.712	89	13.204	4.684
28	14.219	4.860	59	13.354	4.709	90	13.203	4.684
29	14.174	4.853	60	13.342	4.709	91	13.203	4.684
30	14.130	4.846	61	13.330	4.705	92	13.203	4.684
31	14.087	4.838	62	13.318	4.702			

تابع الملحق (V): تدفق وضاغط النقاطات في شبكة الري بالتنقيط بعد تعديل أطوال خطوطها (L = 93.15 m)

الخط (IJ)								
ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)	ترميز النقاطة	الضاغط (m)	التدفق (L/h)
1	16.04350	5.1624	32	14.03996	4.8276	63	13.30210	4.7016
2	15.95203	5.1480	33	13.99994	4.8240	64	13.29217	4.6980
3	15.86261	5.1336	34	13.96120	4.8168	65	13.28288	4.6980
4	15.77520	5.1192	35	13.92372	4.8096	66	13.27422	4.6944
5	15.68977	5.1048	36	13.88749	4.8024	67	13.26615	4.6944
6	15.60629	5.0904	37	13.85248	4.7952	68	13.25866	4.6944
7	15.52475	5.0796	38	13.81867	4.7916	69	13.25174	4.6908
8	15.44511	5.0652	39	13.78604	4.7844	70	13.24535	4.6908
9	15.36735	5.0508	40	13.75457	4.7808	71	13.23947	4.6908
10	15.29144	5.0400	41	13.72423	4.7736	72	13.23410	4.6872
11	15.21736	5.0292	42	13.69500	4.7700	73	13.22919	4.6872
12	15.14507	5.0148	43	13.66687	4.7628	74	13.22475	4.6872
13	15.07456	5.0040	44	13.63982	4.7592	75	13.22073	4.6872
14	15.00581	4.9932	45	13.61381	4.7556	76	13.21713	4.6872
15	14.93877	4.9824	46	13.58884	4.7520	77	13.21392	4.6836
16	14.87344	4.9716	47	13.56487	4.7484	78	13.21108	4.6836
17	14.80978	4.9608	48	13.54190	4.7412	79	13.20859	4.6836
18	14.74778	4.9500	49	13.51990	4.7376	80	13.20643	4.6836
19	14.68740	4.9392	50	13.49884	4.7340	81	13.20457	4.6836
20	14.62862	4.9284	51	13.47871	4.7304	82	13.20299	4.6836
21	14.57143	4.9212	52	13.45949	4.7268	83	13.20167	4.6836
22	14.51579	4.9104	53	13.44116	4.7268	84	13.20059	4.6836
23	14.46169	4.8996	54	13.42369	4.7232	85	13.19973	4.6836
24	14.40909	4.8924	55	13.40707	4.7196	86	13.19906	4.6836
25	14.35798	4.8852	56	13.39128	4.7160	87	13.19855	4.6836
26	14.30834	4.8744	57	13.37628	4.7124	88	13.19820	4.6836
27	14.26014	4.8672	58	13.36208	4.7124	89	13.19797	4.6836
28	14.21335	4.8600	59	13.34864	4.7088	90	13.19783	4.6836
29	14.16797	4.8528	60	13.33594	4.7052	91	13.19777	4.6836
30	14.12395	4.8420	61	13.32396	4.7052	92	13.19775	4.6836
31	14.08129	4.8348	62	13.31269	4.7016			