الفصل الخامس

تخطيط وتصميم نظم الري بالرش التقليدية
Layout and Design of Conventional Sprinkle Systems

(٥,١) مراحل التخطيط والتصميم: Layout and Design of Procedures

عند دراسة أي نظام من نظم الري بالرش وذلك لتصميم شبكة ري بالرش لابد من اختيار أفضل الحلول لشبكة أنابيب تنقل الماء بضغط مناسب لتنثره بواسطة الرشاشات بحيث يؤمن الاحتياج المائي للمحاصيل. ويتم عادة تخطيط شبكات الري بالرش التقليدية الثابتة وتصميم مكوناتها بما يناسب المساحة المروية والمحصول ونوع التربة والمناخ المحلي وإدارة المزرعة. وتعتمد كفاءة نظام الري بدرجة كبيرة على دقة التصميم، ومدى مراعاته لجميع العوامل المؤثرة على انتظامية توزيع مياه الري التي تعتبر معيار كفاءة أي نظام ري. ويمكن تلخيص مراحل التخطيط والتصميم الجيد لأي نظام ري بالرش إلى ثلاث مراحل متتابعة هي:

أولاً: جمع المعلومات الأولية للتصميم التي يجب الحصول عليها بعد القيام بزيارة أو عدة زيارات ميدانية للحقل المراد تصميم نظام ري بالرش له بواسطة المهندس الزراعي حتى يمكن الحصول على التصميم السليم . هذه المعلومات تشمل:

١. عمل خريطة للأرض المراد ريها وتوقيع جميع ما عليها من منشأت وأشجار وأبعادها.

٢. تعيين حدود ومساحة الحقل المراد زراعته حاضراً أو مستقبلاً.

obeikandl.com

٣. عمل مسح طبوغرافي للأرض المراد ريها بتعيين مناسيب الأرض (الارتفاعات والانخفاضات) وبيان أعلى نقطة في الحقل.
٤. معرفة نوع التربة كذلك عمق التربة السطحية، سعة تخزين التربة ومعدل تسرب التربة.
٥. معرفة موقع مصدر الماء وكذلك كميته ونوعه.
٦. معرفة المحاصيل المراد زراعتها وعمق المجموع الجذري لها.
٧. تعيين أوقات ري المحاصيل.
٨. معرفة اتجاه وسرعة الرياح السائدة.
٩. معرفة نوعية ومهارة عمال المزرعة.

ثانياً: تشمل هذه المرحلة القيام بتصميم نظام الرش المطلوب مستخدماً المعلومات الأولية التي تم جمعها في المرحلة الأولى. وهذه المرحلة تشمل الخطوات التالية:

١. **حساب الاحتياجات المائية وجدولة الري:** وذلك بإيجاد الاحتياج المائي للمحصول أو المحاصيل الزراعية، وكذلك عمق ماء الري المطلوب إضافته أثناء الرية، ومعدل الإضافة، وزمن الري والفترة بين الريات.
٢. **اختيار أوضاع شبكة الأنابيب:** وفيها يتم تحديد مواقع الخطوط الفرعية وشبه الرئيسية حسب شكل وتضاريس الحقل وموقع مصدر الماء واتجاه الرياح السائدة. وكذلك تحديد عدد وأطوال الأنابيب المستخدمة، ومواقع الملحقات المختلفة المكونة للشبكة ومناسيبها.
٣. **اختيار الرشاشات المناسبة:** حيث يتم تحديد تصرف وضغط تشغيل الرشاش، وعدد الرشاشات التي يتم تشغيلها في الرية الواحدة، وكذلك تحديد المسافات المناسبة بين الرشاشات وبين الخطوط الفرعية.
٤. **اختيار أقطار أنابيب الخطوط الفرعية والرئيسية:** وفيها يتم تحديد الأقطار المناسبة لشبكة الأنابيب التي تضمن نقل وتوزيع المياه إلى جميع الرشاشات بالكميات والضغوط المناسبة. وكذلك يتم معرفة توزيع التصرفات والضغوط خلال الشبكة وعند بداية ونهاية كل خط فرعي ورئيسي.

٥. **اختيار المضخة المناسبة:** وفيها يتم إيجاد الضاغط الديناميكي الكلي للنظام وبالتالي يمكن تحديد قدرة المضخة المناسبة لتشغيل نظام الري.

٦. **حساب التكاليف الكلية لنظام الري بالرش:** والتي تشمل التكاليف الأولية للشراء والإنشاء وتكاليف الطاقة والتشغيل.

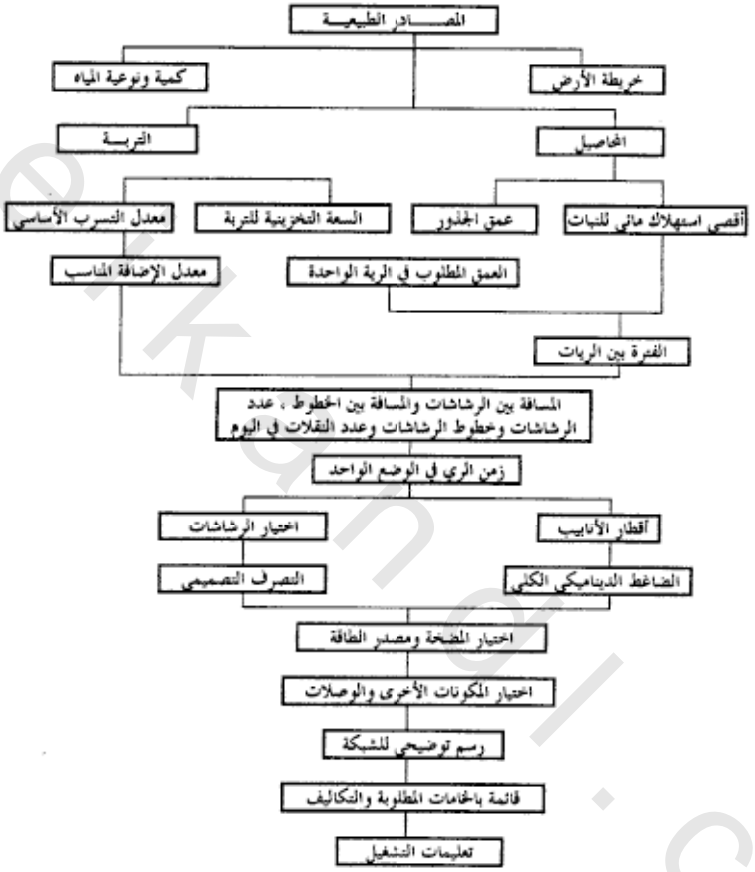
ثالثاً: مناقشة تفصيلية للتصميم المقترح من المرحلة السابقة مع المزارع مستخدماً خريطة تخطيطية حتى يتصور أوضاع الخطوط وتشغيل النظام المقترح. ثم أخذ مقترحات المزارع (إن وجدت)، مع خبرة المصمم ووضعها في التصميم النهائي ومن ثم تقديمه إلى المزارع.

هذه المراحل التي يجب أتباعها عند القيام بتخطيط وتصميم نظام الري بالرش حتى يمكن الحصول على تصميم جيد في النهاية.

(٥,٢) خطوات تصميم نظم الري بالرش التقليدية :

Conventional Sprinkle System Design Procedures

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من النظم التقليدية تستخدم حاليا هي: الثابتة، نصف الثابتة (نصف المتنقلة)، والمنقولة يدوياً. كما ذكر في الفصل الثاني. وهذه النظم تتكون من شبكة من أنابيب الرشاشات التي تتفرع من أنبوب رئيسي أو شبه رئيسي ويضخ الماء فيها بواسطة المضخة بحيث تروى الرشاشات شرائح مستطيلة من الحقل على جانبي خط الرشاشات. يظل الخط ثابتا أثناء الرش حتى يتم إضافة العمق المطلوب من مياه الري إلى المساحة المراد ريها. قد تبقى هذه الأنابيب والرشاشات في مكانها حتى الرية التالية أو قد تنقل كل مكونات الشبكة أو جزءاً منها إلى موقع آخر حسب النوع المستخدم ويمكن تلخيص خطوات تصميم نظام رش تقليدي في الشكل البياني رقم (٥,١). كما يمكن إيجاز عناصر التصميم الأولية لنظام رش تقليدي في الجدول رقم (٥,١) والذي يمكن استخدامه في التصميم الأولي.



الشكل رقم (٥,١) خطوات تصميم نظام رش تقليدي.

obeikandl.com

الجدول رقم (٥,١) عناصر التصميم الأولية لنظام رش تقليدي.

أولاً : المحصول	١	٢	ملاحظات
أ . نوع المحصول			
ب . عمق الجذور D_{rz} (مم)			
ج . فترة الموسم T_s (يوم)			
د . الاحتياج المائي اليومي ET_c (مم/يوم)			
هـ . الاحتياج المائي الموسمي (مم/موسم)			
ثانياً : التربة			
أ . نوع التربة			
ب . المساحة المروية (هكتار)			
ج . عمق منطقة الجذور (سم)			
د . السعة التخزينية Wa (مم/متر)			
هـ . الماء الكلي المتاح Taw (مم)			
و . نسبة الاستنفاذ Mad (٪)			
ز . عمق الماء سهل التيسر (مم)			
م . معدل التسرب I (مم/ساعة)			
ثالثاً : الـــري			
أ . فترة الري II (يوم)			
ب . عمق الماء الصافي في الرية D_n (مم)			
ج . كفاءة الإضافة Ea (٪)			
د . عمق الماء المضاف في الرية Dg (مم)			
رابعاً : الاحتياجات المائية المطلوبة			
أ . الاحتياجات المائية في الموسم $D_{n\,season}$ (مم)			
ب . عمق ماء الأمطار في الموسم R_n (مم)			
ج . عمق الماء المخزون بالتربة D_s (مم)			
د . عمق ماء الري الصافي في الموسم D_{nt} (مم)			
هـ . عدد مرات الري			
خامساً : سعة النظام			
أ . معدل الرش R_a (مم/ساعة)			
ب . زمن الوضع الواحد T_{set} (ساعة)			
ج . عدد الأوضاع (النقلات) في اليوم N_{set}			
د . عدد أيام التشغيل لإتمام رية N_d (يوم)			
هـ . تصرف النظام المبدئي Q_s (لتر/ث)			

obeikandl.com

(٥,٣) قواعد عامة في التخطيط لنظم الري التقليدية: General Basics in Layout

القواعـــد التالية لا تؤدي بالضرورة إلى تخطيط واحد ومحدد. بل قد يكون لديـــنا عـــادة أكثر من تخطيط ممكن لحقل ما. ولكن يتم اختيار تخطيط معين عند مقارنة التكاليف الكلية والتي تشمل تكاليف الإنشاء وتكاليف التشغيل والتي ترجح تخطيطاً بعينه.

والتخطيط المقترح هو الذي يحقق كفاءة رش عالية وانتظامية توزيع مقبولة ومرونة تتناسب مع إمكانية المزارع. وبالتالي هناك قواعد عامة عند التخطيط لبعض نظم الرش التقليدية يمكن إيجازها كالتالي:

١ . التخطـــيط يتم على أساس فترة أقصى احتياجات مائية للمحصول ، وفى حالـــة زراعة أكثر من محصول في نفس الوقت يؤخذ أقصى احتياج مائي ممكن حدوثه في نفس الوقت للمحاصيل كلها.

٢ . إذا تيســـر وضع المضخة الرئيسية في مركز الحقل للأرض المستوية ذلك أفضل اقتصاديا من ناحيتين :-

أ . تقليل طول الخط الرئيسي.

ب. المساعدة على انتظام الضغط.

٣ . مراعاة تناسب التخطيط مع أوقات العمل وأوقات تشغيل المضخة.

٤ . خطـــوط الرشاشـــات عمودية أو مائلة في حدود ٤٥ درجة على اتجاه الرياح السائدة بقدر الإمكان، للمساعدة على انتظام توزيع المياه.

٥ . الخـــط الرئيســـي غالـــباً يكون صاعد أو هابط بالنسبة للميل الرئيسي وخطـــوط الرشاشـــات عموديـــة على اتجاه الميل الرئيسي للأرض (أي انحدارهـــا بسيط). وقد تؤخذ خطوط الرشاشات في اتجاه الميل إلى أسفل لموازنة التغير في الضغط الناشئ عن الفاقد بالاحتكاك. ولكن لا يفضل أن تكون صاعدة إلى أعلى ألا في حالة الضرورة. يتراوح قطر الخط الرئيسي

عـــادة بين ٧٥ – ٢٠٠ مم، بينما خطوط الرشاشات بين ٧٥ – ١٥٠ مـــم. يفضل أن تكون خطوط الرشاشات متســـاوية في الطول ولا يزيد عن ٢٥٠ متر.

٦ . تقلـــيل معدل الإضافة المتوسط (R_a) مع زيادة زمن الوضع الواحد (Tset) في النظام المتنقل له عدة مميزات :-

- تحسين انتظام توزيع المياه.
- تقليل عدد النقلات في اليوم الواحد (معظم المزارعين يفضلون نقله مرة أو مرتين في اليوم على الأكثر).
- تحسين التركيب البنائى للتربة.

ولكـــن مـــن ناحـــيـــة أخرى يجب أن لا تقل قيمة (R_a) عن حد معين لضمان وصول المياه إلى سطح التربة والحصول على كفاءة ري جيدة .

٧ . المقارنة بين عدة تخطيطات وتعيين الأقطار المطلوبة لتحديد التخطيط الأقل تكلفة.

٨ . مواضـــع الرشاشـــات يمكـــن أن تكون فيما بينها مثلثات أو مربعات أو مستطيلات. والشكل المثلث يعطى افضل توزيع للمياه، ثم الشكل المربع، ثم المســـتطيل. إلا أن الأخير يقلل من عدد خطوط الرشاشات المطلوبة. حيث أن المسافة (S_L) تكون عادة اكبر من (S_S).

٩ . إذا كـــان التصـــرف المـــتاح للـــري مـــحدوداً ، ولكن الحجم الكلى للاستهلاك المائي متوفر، فأما ينشأ خزان للحصول على التصرف المطلوب لفترة أقصى احتياجات، أو تروى مساحة من الأرض بالتبادل (مناوبات) بشـــكل جيد بدلا من ري مساحة كبيرة بمعدلات رش اقل من المطلوب.

١٠. الخط الرئيسي أما فوق سطح الأرض أو مدفون تحت السطح.

١١. إذا وجـــدت مناطق مرتفعة متميزة فيفضل استخدام مضخة صغيرة مساعدة لتأمين الضغط المطلوب لهذه المناطق، بدلاً من رفع الضغط في الشبكة الكلية.

(٥,٤) خطوات تصميم نظام رش تقليدي منقول يدوياً :

Design Staps of Hand Move System

يمكن كتابة خطوات التصميم لهذا النوع من الري بالرش في النقاط التالية :-

١. جمع المعلومات الأولية المطلوبة مثل مساحة الحقل، نوع المحصول، عمق المجموع الجذري، نوع التربة.

٢. حساب عمق الماء الصافي (D_n) المراد إضافته إلى منطقة المجموع الجذري عند كل رية. ويمكن الاستعانة بالجدول رقم (١,٢) لاختيار نسبة الاستنفاذ حسب نوع المحصول.

٣. تحديد أقصى استهلاك مائي يومي للنبات أثناء الموسم (ET_C) ويمكن إيجاد ذلك من جداول خاصة أو باستخدام المعادلات التجريبية لحساب الاستهلاك المائي مثل معادلة بلانى – كريدل أو معادلة بنمان المعدلة.

٤. حساب عمق الماء الكلى المضاف (D_g) عن طريق نظام الري بعد معرفة كفاءة الإضافة للنظام (E_a) وكذلك نسبة كمية المياه المطلوبة لغسيل الأملاح في منطقة المجموع الجذري (L_R) عن طريق المعادلات التالية :

$$D_g = \frac{D_n}{E_i} \qquad \text{عندما} \qquad L_R \le 0.1 \qquad (٥,١)$$

$$D_g = \frac{0.9 D_n}{(1 - L_R) E_i} \qquad \text{عندما} \qquad L_R > 0.1 \qquad (٥,٢)$$

حيث أن قيمة ٠,٩ في المعادلة الثانية هي أن ١٠٪ من (Dn) تعتبر كتسرب عميق أسفل منطقة المجموع الجذري. والمعادلة الأولى هي أكثر المعادلات استخداماً في التصميم حيث تقلل من أقطار الأنابيب وكذلك حجم المضخة، وبالتالي يمكن إجراء عملية غسيل الأملاح عند الانتهاء من الموسم. أما المعادلة الثانية فيتم إجراء عملية الغسيل عند كل رية لأنه يتم إضافة احتياج النبات من المياه وكذلك كمية المياه المطلوبة لغسيل الأملاح.

وبالـــتالي تكون كمية المياه التي تتسرب إلى داخل منطقة المجموع الجذري هـــي مجموع كل من العمق الصافي (D_n) بالإضافة إلى عمق ماء الصرف اللازم لغسيل التربة.

٥. حساب فترة الري (II) :

وهى عدد الأيام بين كل رية والرية التي تليها ، من المعادلة التالية :-

$$II = \frac{D_n}{ET_c} \qquad (٥,٣)$$

ثم يعـــاد حساب عمق الماء الصافي الفعلي بعد تحديد فترة الري الفعلية التي تكون عادة رقماً صحيحاً.

٦. تعيين معدل الإضافة (R_a) :

يجـــب أن لا يتعدى معدل الإضافة معدل التسرب الأساسي للتربة حتى لا يحـــدث جـــريان سطحي وبالتالي تزيد نسبة الفاقد من المياه بالإضافة إلى حـــدوث تعـــرية وانجراف للتربة. ويمكن حساب متوسط معدل الإضافة الخارج من الرشاشات من المعادلة التالية:

$$R_a = \frac{Q_{sp}}{A_{sp}} = \frac{Q_{sp}}{S_s \times S_L} \qquad (٥,٤)$$

أما متوسط معدل الإضافة الواصل إلى سطح التربة بعد اعتبار نسبة الفاقد بالتبخر وبعثرة الرياح (E) يكون كالتالي:

$$R_a = \frac{Q_{sp} \cdot R_e}{S_s \cdot S_l} \qquad (٥,٥)$$

وتكون :

$$R_e = 1 - E \qquad (٥,٦)$$

حيث أن :

R_e = نسبة الماء الواصل إلى سطح التربة بعد خروجه من الرشاشات (٪).

E = نسبة الفاقد بالتبخر وبعثرة الرياح (٪).

obeikandl.com

٧. حساب زمن الري (T_i) :

وهو عبارة عن زمن تشغيل نظام الري للقيام بعملية ري الحقل. وفى النظام المنقول يدوياً لابد من حساب زمن الفك والنقل والتركيب للنظام وذلك عن طريق المعادلات التالية:

$$T_i = \frac{D_g}{R_a} \qquad (٥,٧)$$

حيث أن :

T_i - زمن الري (زمن الرية الواحدة).

R_a - متوسط معدل الإضافة الواصل إلى سطح التربة.

أما زمن الوضع الواحد (T_{set}) الذي يشمل زمن الري + زمن الفك والتركيب والنقل (T_{mov}) هو:

$$T_{set} = T_i + T_{mov} \qquad (٥,٨)$$

ويفضل المزارع أن لا يزيد زمن الوضع الواحد عن ١١ ساعة حتى يمكن ري وضعين على الأقل في اليوم الواحد (٢٤ ساعة) وبذلك تكون:

$$T_{set} \le 11\ hr$$

٨. عدد أوضاع الري للخطوط الفرعية (N_{set}):

وهى عدد النقلات أو المواضع التي يتم فيها نقل أجهزة الري خلال اليوم الواحد أو الرية الواحدة. ويمكن إيجادها كالتالي:

$$n_{set} = \frac{T_a}{T_{set}} \qquad (٥,٩)$$

$$N_{set} = n_{set} \times N_d \qquad (٥,١٠)$$

حيث أن :

T_a = زمن الري اليومي المتاح (المسموح به) حسب إمكانيات المزارع.

n_{set} = عدد الأوضاع (النقلات) للخط الفرعي في اليوم الواحد.

N_{set} = عدد الأوضاع للخط الفرعي الواحد في الرية الواحدة.

obeikandi.com

N_d = عدد أيام الري.

ويجـــب اختـــيار عدد النقلات اليومية بحيث تتناسب مع ظروف العمل والعمالـــة المـــتوفرة في الحقل بعد ذلك يجب حساب زمن الري اليومي الفعـــلي بعـــد تحديد (N_{set}) الفعلية. ولابد أن تكون $N_{set} \le n_{set} \times N_d$ للخط الفرعي الواحد.

٩. زمن الري اليومي الفعلي (T_d) :

وهو الزمن الفعلي الذي يشمل إضافة مياه الري بالإضافة إلى زمن النقل والفك والتركيب للنظام. ويمكن حسابه بعد تحديد عدد النقلات اليومية كالتالي :

$$T_d = T_{set} \times N_{set} \qquad (٥,١١)$$

بحيث لابد أن تكون: $(T_d \le T_a)$

١٠. زمن الري الكلى للحقل (T_t) :

بعـــد تحديـــد (T_d) وكذلك عدد أيام الري (N_d) يمكن إيجاد زمن الري الكلى للحقل من إحدى المعادلات التالية:

$$T_t = T_d \times N_d \qquad (٥,١٢)$$

بحيث لابد أن تكون: $(N_d \le II)$

١١. تصرف المضخة (Q_{pump}) :

يمكـــن حساب تصرف المضخة المطلوب توفيرها لري مساحة الحقل من المعادلة التالية:-

$$Q_{pump} = \frac{D_g \times A}{T_t} \qquad (٥,١٣)$$

حيث أن :

A = المساحة المراد ريها.

Q_s = سعة النظام الكلية. بحيث يجب أن يكون: $Q_{pump} \ge Q_s$

١٢. تحديد المسافة بين الرشاشات وبين الخطوط الفرعية:

لابـــد من تحديد المسافة بين الرشاشات (S_S) على الخط الواحد وكذلك المســـافة بين الخطوط الفرعية (S_L) وقد يتحكم في تحديدها مجموعة من العوامل أهمها نوع المحصول، أبعاد الحقل، سرعة واتجاه الرياح السائدة، نوعـــية الآلات المســـتخدمة في خدمة الأرض وكذلك قطر دائرة البلل للرشـــاش. ويمكـــن الاســـتعانة بالجداول الخاصة في الباب الثالث (من الجدول رقم ٣,٧ إلى الجدول رقم ٣,٩).

١٣. عدد خطوط الرشاشات وعدد الرشاشات :

يمكـــن إيجاد عدد الخطوط العاملة في النظام حسب الإمكانيات المتاحة مـــثل زمن الري اليومي ، عدد أوضاع الري اليومية وكذلك المسافة بين الخطـــوط الفرعـــية. وإذا كان الخط الرئيسي في منتصف الحقل أو في جانب من الحقل. يمكن حساب عدد خطوط الرشاشات (N_L) في جانب واحد من الخط الرئيسي من إحدى المعادلات التالية :-

$$N_L = \frac{L_m}{N_{set} \cdot N_d \cdot S_L} \qquad (٥,١٤)$$

$$N_L = \frac{N_{sp}}{n_{sp}} \qquad (٥,١٥)$$

حيث أن :-

L_m = طول الخط الرئيسي.

N_{sp} = عدد الرشاشات الكلية للنظام.

n_{sp} = عدد رشاشات الخط الفرعي الواحد.

وبذلـــك يمكـــن ري الحقل بواسطة (N_L) على الجانب الواحد من الخط الرئيســـي في فترة الري المطلوبة . أما إذا كان الخط الرئيسي في منتصف الحقل فقد يكون عدد الخطوط مساويا $(2N_L)$ كذلك يمكن حساب عدد

النقلات الكلية للخطوط الفرعية (N_p) خلال أيام الري على جانب واحد من الخط الرئيسي عند استخدام إحدى المعادلات التالية :-

$$N_p = \frac{L_m}{S_l} \qquad (٥,١٦)$$

للخطوط الفرعية $N_p = N_L \times N_{set} \times N_d$ (٥,١٧أ)

الخط الفرعي الواحد $N_p = N_{set} \times N_d$ (٥,١٧ب)

حيث أن :-

N_p = عدد النقلات الكلية للخط الفرعي خلال أيام الري.

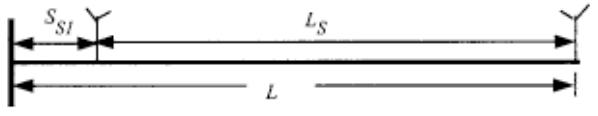
N_L = عدد خطوط الرشاشات المطلوبة في الجانب الواحد.

١٤. اختيار الرشاش المناسب :

بعد تحديد كل من (S_L , S_S) وكذلك R_a فإنه يمكن حساب تصرف الرشاش المطلوب كالتالي:-

$$Q_{SP} = R_a \times S_S \times S_L \qquad (٥,١٨)$$

كذلك بمعلومية كل من (S_L , S_S) وكذلك سرعة الرياح ومعدل تسرب التربة يمكن تحديد (R_a) ثم حساب (Q_{SP}) ثم إيجاد T_d & T_{set} وهكذا كما هو في الخطوات السابقة. كذلك يمكن أيجاد عدد الرشاشات (n_{sp}) على طول الخط الفرعي الواحد مع ملاحظة أن L قد يكون مساوياً لطول الحقل، وذلك بعد تحديد مسافة الرشاش الأول من الخط الرئيسي S_S ، وتكون المسافة بين أول وأخر رشاش على الخط الفرعي الواحد هي L_S.



كذلك يمكن حساب عدد الرشاشات على الخط الواحد (n_{sp}) كالتالي:-

أ . عندما تكون مسافة الرشاش الأول من الخط الرئيسي = S_S يكون :

$$n_{sp} = \frac{L}{S_S} \qquad (٥,١٩أ)$$

ب. عندما يكون مسافة الرشاش الأول من الخط الرئيسي= $0.5\,S_S$ يكون:

$$n_{sp} = \frac{L}{S_S} + 0.5 \qquad (٥,١٩ب)$$

مع ملاحظة أنه في الحالة الثانية (ب) أن أول رشاش يبعد نصف المسافة من الخط الرئيسي والرشاش الأخير يبعد نصف المسافة من حدود الحقل.

ويجب أن تكون (n_{sp}) رقم صحيح.

وبمعلومية عدد الرشاشات للخط الواحد يمكن إيجاد عدد الرشاشات للخطوط الفرعية التي تعمل. ويمكن إيجاد طول الخط الفرعي من المعادلة التالية:

$$L = S_{s_1} + L_S \qquad (٥,٢٠)$$

أو

$$L = S_{S1} + S_S\left(n_{sp} - 1\right) \qquad (٥,٢١)$$

حيث أن S_{s1} هي المسافة بين أول رشاش على الخط الفرعي والخط الرئيسي، حيث $\left(S_{s1} = \frac{S_s}{2}\right)$.

١٥. تصرف الخط الفرعي ونظام الري:

يمكن إيجاد تصرف خط الرشاشات الواحد من المعادلات التالية :-

$$Q_L = n_{sp} \times Q_{sp} \qquad (٥,٢٢)$$

وبالتالي يمكن إيجاد تصرف نظام الري (Q_S) أثناء عملية الري كالتالي :-

$$Q_S = N_L \times Q_L \qquad (٥,٢٣أ)$$

$$Q_S = N_{SP} \times Q_{Sp} \qquad (٥,٢٣ب)$$

حيث أن:

N_{sp} = عدد الرشاشات الكلية العاملة أثناء عملية الري.

N_L = عـــدد خطـــوط الرشاشـــات العاملة أثناء الري مع ملاحظة أن $Q_s \leq Q_{pump}$ وفى حالة عدم تحقيق هذا الشرط لابد من خفض قيمة Q_s وذلك بتقليل حجم أو عدد الرشاشات المستخدمة.

١٦. تخطيط وتصميم الخطوط الفرعية والرئيسية:

وتشمل هذه الخطوة تحديد مواقع الخطوط الفرعية والخط الرئيسي في الحقل، ثم إيجاد طول وقطر الخطوط الفرعية والخط الرئيسي وكذلك فواقد الاحتكاك وضاغط التشغيل. وسوف نناقش ذلك في الجزئين (٥,٦ ، ٥,٧).

١٧. اختيار المضخة المناسبة:

بعد اختيار وتحديد شبكة نظام الري بالرش يتم اختيار المضخة ذات القدرة المطلوبـــة بعـــد إيجاد الضاغط الديناميكي الكلي المطلوب وذلك حتى تتم عملية الري حسب المطلوب. وسوف نناقش ذلك في الجزء (٥,١١).

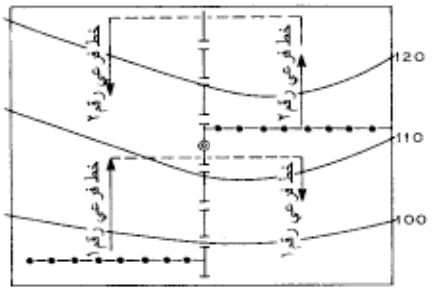
(٥,٥) تصميم نظام رش تقليدي ثابت : Permanent Dystem Design

عـــندما يكـــون هناك عدد كافيا من الرشاشات والخطوط الفرعية متوفرة للمســـاحة المـــراد زراعتها ، وليس هناك حاجة لتحريك هذه المعدات أثناء موسم الري فالنظام يسمى بالنظام الثابت وبالتالي تكون كل أجزاء شبكة الري ثابتة على طـــول الموسم. غالباً ما تكون معظم أجزاء الشبكة مدفونة تحت الأرض حتى لا تعـــوق العملـــيات الزراعـــية المختلفة. يبرز فوق سطح الأرض فقط الرشاشات وحوامـــل الرشاشات. وقد تكون أجزاء الشبكة فوق سطح الأرض عند استخدام الشبكة لمحصول موسمي ثم ترفع قبل الحصاد مباشرة وتخزن أجزاء الشبكة حتى بداية

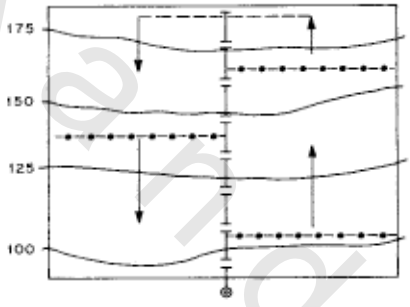
الموســـم الـــتالي. وخطوات التصميم التي تبين كيفية تصميم نظام ثابت هي نفس الخطـــوات الموجـــودة في تصـــميم نظـــام رش تقليدي منقول يدوياً فيما عدا أن الرشاشـــات والخطـــوط ثابتة لا تتحرك بعد عملية الري وكذلك لا يوجد هناك نقلات أثناء الري. والشكل رقم (٥,١) يوضح ملخصا لخطوات التصميم المطلوب لمثل هذا النظام. ومن الواضح أن استعمال نظام الرش الثابت له تكاليف شراء عالية بينما تكون تكاليف التشغيل أقل من المنقول يدوياً بدرجة كبيرة. ولكنها تفضل في حالـــة نـــدرة العمالـــة أو زيـــادة تكاليفها وتستخدم مواد الصلب أو الحديد أو البلاستيك القوى (*PVC*) في صناعة الأنابيب الثابتة والتي تدفن تحت سطح الأرض ويتعرض لضغوط مختلفة منعا للصدأ والتآكل.

(٥,٦) تخطيط الخطوط الفرعية والرئيسية : Laterals and Mainline Layout

أثـــناء تخطيط شبكة الأنابيب لنظام رش تقليدي لابد من الأخذ في الاعتبار أن تقلل التكاليف الكلية بقدر الإمكان، وان يستفاد من تضاريس الحقل عند تحديد مواقـــع الخطـــوط الفرعـــية والرئيسية وذلك لموازنة توزيع الضغط على طول الخط الفـــرعي لـــتوزيع المياه إلى جميع الرشاشات بأقل التكاليف. من المعلوم أن تكاليف الخطـــوط الرئيســـية تكون أعلى من تكاليف الخطوط الفرعية، ولذلك طول الخط الرئيســـي لابد أن يقلل بقدر الإمكان إذا كان ممكنًا. في الحقول ذات الميل المتوسط المنتظم يكون وضع الخط الرئيسي عادة في منتصف الحقل يمتد في اتجاه الميل الأقصى. بينما الخطوط الفرعية تكون ممتدة إلى اسفل مع الميل مكونة زاوية متعامدة مع الخط الرئيسي للحصـــول على أعلى ضغـــط وانتظامية توزيع. الشكلان رقما (٥,٢) و (٥,٣) يوضحان مواقع الخط الرئيسي والخطوط الفرعية بناءاً على ذلك الترتيب.

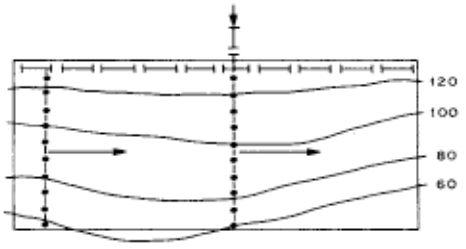


الشكل رقم (٥,٢) أوضاع الخطوط الفرعية والخط الرئيسي لحقل بميول منتظمة ومصدر الماء في المنتصف.

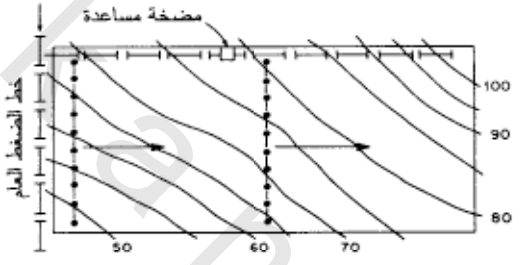


الشكل رقم (٥,٣) أوضاع الخطوط الفرعية والخط الرئيسي لحقل بميول منتظمة ومصدر الماء في أحد الجوانب.

كذلك في الحقول ذات الميل المتوسط، من الممكن أن يوضع الخط الرئيسي على طول الجانب العلوي من الحقل وتمتد الخطوط الفرعية مع اتجاه الميل بحيث تكون زاوية متعامدة مع الخط الرئيسي. هذا النوع من التخطيط يهدف إلى محاولة أن يوازن بين فاقد ضاغط الاحتكاك على طول الخط الفرعي والاستفادة من فرق المنسوب للوصول إلى ضغوط وتصرفات منتظمة على طول الخط الفرعي. الشكل رقم (٥,٤) يوضح هذا النوع من التخطيط. حالة مشابهة مبينة في الشكل رقم (٥,٥) ماعدا اتجاه الحقل بالنسبة للتضاريس.لا يوفر ضغوط كافية للخط الرئيسي في النهاية العليا من الحقل. في هذه الحالة يكون مطلوب إضافة مضخة تعزيز في منتصف طول الخط الرئيسي.

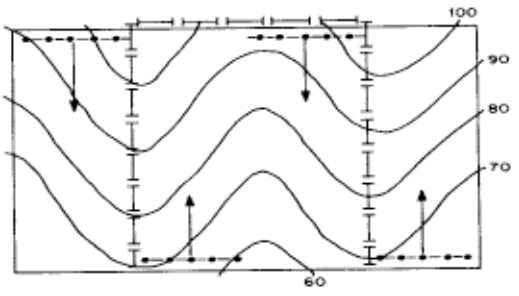


الشكل رقم (٥,٤) الخط الرئيسي على طول الجانب العلوي والخطوط الفرعية مع اتجاه الميل إلى أسفل.

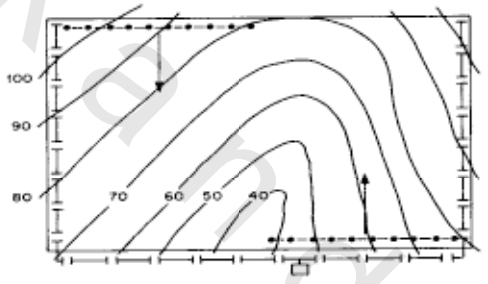


الشكل رقم (٥,٥) الخط الرئيسي على طول الجزء العلوي من الحقل والخطوط الفرعية ممتدة إلى أسفل مع الميل لموازنة فاقد الاحتكاك مع فرق المنسوب.

في الأرض الغـــير مســـتوية، الخطوط الرئيسية تكون موضوعة على طول الحواجز (ridges) والخطوط الفرعية تكون ممتدة إلى أسفل مع اتجاه الميل للمحافظة عـــلى انتظامية الضغط والتصرف. الشكل رقم (٥,٦) يوضح تخطيط لأرض غير مستـــوية مع مواقع الخطـــوط الرئيسية في اتجاه منتصف الحقل. بينما الشكل رقم (٥,٧) يوضـــح تضاريس لأرض غير مستوية بحيث أن تلك التضاريس تملي نسبياً وجـــود خطـــوط رئيسية على جوانب الأرض المروية وذلك حتى تكون الخطوط الفرعية ممتدة إلى أسفل مع الميل.



الشكل رقم (٥,٦) مواقع الخطوط الرئيسية ممتدة على الخواجز في اتجاه منتصف الحقل والخطوط الفرعية ممتدة إلى اسفل مع الميل في أرض ذات تضاريس غير منتظمة.



الشكل رقم (٥,٧) تخطيط لأرض غير مستوية التضاريس مع خطوط رئيسية على الجوانب وخطوط فرعية ممتدة إلى أسفل مع الميل.

(٥,٧) تصميم الخطوط الفرعية Design of laterals

المعيار العام المطبق عند تصميم الخطوط الفرعية يتطلب ان لايزيد الاختلاف في تصرف أي رشاشين على الخط الفرعي عن ± ١٠٪. وحتى يتحقق هذا الهدف يجب ان لاتزيد الفواقد الكلية المسموح بها (h_L) في الخط الفرعي عن ٢٠٪ من ضاغط التشغيل التصميمي للرشاش (H_{sp}).

طريقة تصميم الخطوط الفرعية تتطلب موازنة يتم تطويرها بين طول الخط الفرعي وفاقد الضاغط نتيجة الاحتكاك في الخط الفرعي وكذلك التغير في ضاغط المنسوب بسبب تأثير تضاريس الأرض. هذه العوامل يكون هناك موازنة بينها بحيث يكون تغير الضغط بين الرشاشين الحرجين على الخط الفرعي يكون في حدود ± ٢٠٪. الرشاشان الحرجان هما الرشاشان الأكثر اختلاف في ضغط التشغيل فيما بينهما. إذا وضع الخط الفرعي على أرض مستوية، او على ارض ذات ميل ثابت فإن الرشاشين الحرجين هما الأول والأخير على الخط. أما إذا وجد ارتفاع أو انخفاض في منتصف الخط أو إذا وضع الخط الفرعي على منحدر شديد وثابت فيمكن أن يتجاوز التغير في ضاغط فرق المنسوب فاقد الضاغط الناتج من الاحتكاك، وبالتالي فإن الرشاش القريب من منتصف الخط يمكن أن يكون واحد من الرشاشات الحرجة.

ويمكن تحديد مصادر فواقد الاحتكاك الثانوية (الوصلات، الصمامات، الأكواع،..... إلخ) في الخطوط الفرعية وتقديرها بدلالة ضاغط السرعة. أو تؤخذ على انها تساوي حوالي ١٠٪ من فاقد الاحتكاك في الخط الفرعي (H_f). وبالتالي يمكن إيجاد الفواقد الكلية المسموح بها (h_L) كما سبق.

تغير الضغط على الخط الفرعي : Pressure Variation at Laterral

وجود ارتفاع أو انخفاض في سطح الأرض وكذلك احتكاك جزئيات الماء مع جدران الأنبوب الداخلية تسبب تغير في الضغط على طول أنبوب الرش. والمعادلة التالية يمكن أن تستخدم لحساب الضغط عند نقطة ما وبذلك يمكن حساب الاختلاف في الضغط عند نقطتين:

$$H_e = H_L - (H_f \pm \Delta H_z) \qquad (٥,٢٤)$$

حيث أن :-

H_e = الضاغط في نهاية الخط (الضاغط عند النقطة المطلوبة).

H_L = الضاغط في بداية الخط.

H_f = فاقد الاحتكاك شاملاً الفواقد الثانوية.

ويمكـــن إيجـــاد الضغط في نهاية الخط بتحويل الضاغط إلى ضغط. كذلك يمكن حساب H_f بإحدى المعادلات السابقة وإضافة الفواقد الثانوية إلى ذلك.

(٥,٧,١) طرق ايجاد فاقد الاحتكاك في الخط الفرعي: Friction Losses in Lateral

هناك طرق عديدة لإيجاد فاقد الاحتكاك أو ضاغط التشغيل في بداية الخط أو نهايته أو عند نقطة معينة تقع على الخط الفرعي. وتختلف هذه الطريقة من حيث الدقة وسهولة التطبيق وسرعة الاجراء. ومن هذه الطرق:

(١) استخدام معادلات فواقد الاحتكاك :

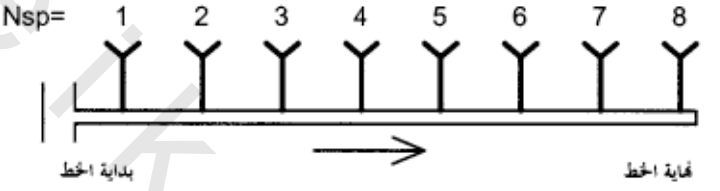
وذلـــك بافتراض الطول الكلي للخط الفرعي وايجاد عدد الفتحات على طـــول الخط الفرعي ثم التطبيق مباشرة باستخدام المعادلة لايجاد فاقد الاحتكاك في الخط الفرعي. هذه الطريقة سهلة الأجراء ولكن الدقة أقل مقارنة بطريقة الخطوة – خطوة خاصة عند دراسة توزيع الضغط على طول الخط الفرعي.

(٢) طريقة الخطوة – خطوة (Step-Wise Procedure) :

يمكن استخدام طريقة أخرى أكثر دقة لحساب فاقد الاحتكاك على طول الخـــط الفـــرعى باستخدام طريقة خطوة – خطوة مبتدئا من أخر رشاش فى نهاية الخـــط الفـــرعى ومنتهـــياً بالرشاش الاول فى بداية الخط الفرعي. كما يبين ذلك

obeikandl.com

الشـــــكل التالى الذى يوضح خط فرعى قطره (d) ويوجد عليه ثمانية رشاشات على مسافات متساوية (S_s) ويعطى كل رشاش تصرف مقداره (Q_{sp}) يختلف هذا التصرف حسب قرب أو بعد الرشاش من بداية الخط الفرعي وضاغط تشغيل(H_{sp}) ويمكن حساب فواقد الاحتكاك الناتجة بين كل رشاشين على النحو التالى :-



التصرف المتدفق فى الانبوب بين الرشاشين (٧ ، ٨) = Q_{sp8}

وبالـــتالى يمكـــن إيجـــاد فاقد الاحتكاك فى هذا الجزء من الانبوب (بين الرشاش السابع والثامن) كالتالى :-

$$h_{f(7-8)} = J\% \cdot S_s = \frac{J \cdot S_s}{100} \qquad (٥,٢٥)$$

حيث أن :-

S_s = المسافة بين الرشاشات (متر).

$J\%$ = انحدار فاقد الضغط الناتج من الفاقد بالاحتكاك (متر/١٠٠ متر) من طـــول الانـــبوب ويمكن الحصول عليه من جداول أو منحنيات حسب نوع مادة الانبوب أو باستخدام المعادلة التالية:

$$J = \frac{H_f}{L/100} = 1.22 \times 10^{10} \times \left(\frac{Q}{C_{HW}} \right)^{1.852} \times d^{-4.87} \qquad (٥,٢٦)$$

أو يمكـــن حساب فاقد الاحتكاك $[h_{f(7-8)}]$ من المعادلات المعروفة مثل معادلة هيزن – ويلـــيام مباشرة وبالتالى يكون الضغط الناتج عند الرشاش السابع (قبل الأخير) كالتالى:-

$$H_{sp_7} = H_{sp_8} + h_{f(7-8)} \qquad (٥,٢٧)$$

والتصرف الخارج من فوهة الرشاش المستخدم كالتالى :

$$Q_{sp} = Cd \times A \times \sqrt{2g\,H_{sp}} \qquad (٥,٢٨)$$

حيث أن :

Q_{sp} = تصرف الرشاش.

C_d = معامل التصرف ويتوقف على فوهة الرشاش.

A = مساحة مقطع فوهة الرشاش.

H_{sp} = ضاغط تشغيل الرشاش.

وبافـــتراض ان معامل التصرف (C_d) ثابت، يمكن حساب نسبة التصرفات من رشاشين بمعرفة نسبة الجذر التربيعى لضغط التشغيل لهذين الرشاشين كالتالى :-

$$\frac{Q_{sp_7}}{Q_{sp_8}} = \sqrt{\frac{H_{sp_7}}{H_{sp_8}}} = \sqrt{\frac{H_{sp_8} + h_{f(7-8)}}{H_{sp_8}}} \qquad (٥,٢٩)$$

$$Q_{sp_7} = Q_{sp_8} \cdot \sqrt{\frac{H_{sp_8} + h_{f(7-8)}}{H_{sp_8}}} = Q_{sp_8} \cdot \sqrt{1 + \frac{h_{f(7-8)}}{H_{sp_8}}} \qquad (٥,٣٠)$$

وبالـــتالى يمكـــن ايجاد تصرف الرشاش رقم ٧ من المعادلة السابقة، وبأتباع نفس الخطوات السابقة يمكن ايجاد ضاغط التشـــغيل والتصرف لكل رشاش على طول الخط الفرعى بعد معرفة فاقد الاحتكاك فى الانبوب الواقع بين رشاشين كالتالى :-

$$H_{sp_6} = H_{sp_7} + h_{f(6-7)} = H_{sp8} + h_{f(6-7)} + h_{f(7-8)} \qquad (٥,٣١)$$

$$Q_{sp_6} = Q_{sp_8} \cdot \sqrt{1 + \frac{h_{f(6-7)} + h_{f(7-8)}}{H_{sp_8}}} \qquad (٥,٣٢)$$

obeikandl.com

وعـــند نهاية اجراء العمليات الحسابية حتى اول رشاش موجود على الخط الفرعى لابـــد مـــن التحقـــيق من ان فرق الضغط الناتج من فاقد الاحتكاك الكلي بالخط الفـــرعي لايـــزيد عـــن الحـــد المسموح به وهو ٢٠٪ من ضغط تشغيل الرشاش التصميمى ويمكن التحقق من ذلك كالآتى:

$$H_f = H_{spm} - H_{spe} \geq h_L \qquad (٥,٣٣)$$

حيث أن :-

H_f = فرق الضاغط الناتج من فاقد الاحتكاك فى الخط الفرعى.

H_{spm} = ضاغط التشغيل للرشاش الموجود فى بداية الخط الفرعى.

H_{spe} = ضاغط التشغيل للرشاش الموجود فى نهاية الخط الفرعى.

h_L = فاقد الضاغط المسموح به.

وإذا زاد فاقد الضاغط عن الحد المسموح به يمكن تقصير الخط الفرعى أو زيـــادة قطر الخط الفرعى لتقليل فواقد الاحتكاك. ويمكن إيجاد متوسط التصرف للرشاشات الموجودة على الخط الفرعى من المعادلة التالية :-

$$Q_{spa} = \frac{Q_L}{N_{sp}} \qquad (٥,٣٤)$$

ويمكن حساب متوسط ضاغط التشغيل للرشاشات (H_{spa}) كالتالى :-

$$H_{spa} = H_{spe}\left(\frac{Q_{spa}}{Q_{spe}}\right)^2 \qquad (٥,٣٥)$$

حيث أن :

Q_{spa} = التصرف المتوسط للرشاشات على الخط الفرعي.

Q_{spe} = تصرف الرشاش الأخير على الخط الفرعي.

Q_L = التصرف عند بداية الخط الفرعي.

openkandil.com

وبالتالى يمكن استخدام (Q_{spa}) وكذلك (H_{spa}) لأختيار الرشاشات التى تعطى هذا التصـــرف تحـــت ضاغط التشغيل من جداول الشركات المنتجة. الطريقة السابقة (طـــريقة خطـــوة – خطوة) فى حساب فواقد الاحتكاك تحتاج الى جهد ووقت كـــبيرين وتحتاج الى حاسب آلى لتسهيل عملية اجراء الحسابات خاصة عند وجود خط رشاشات على ارض غير مستوية. ويمكن الاستغناء عنها باستخدام معادلات حساب الفواقد السابقة للسهولة وسرعة الاجراء.

وفي النهاية يتم ايجاد فاقد الاحتكاك الكلي في الخط الفرعي كالتالي:

$$H_{fL} = \sum_{0}^{Nsp} h_{f_i} \qquad (٥,٣٦)$$

(٣) طرق أخرى:

وذلـــك باستخدام طرق سهلة تعتمد على التفاضل differential approach عند حساب *Hf* وتوزيع الضغط على طول الخط الفرعي وتتلخص في الآتي:

يمكـــن ايجاد تصرف الخط الفرعي عند أي نقطة على طول الخط الفرعي في حالة افـــتراض انـــتظام وتســـاوي تصرفات الرشاشات الموجودة عليه Uniform outlet discharge كماهو الحال في النظم التقليدية باستخدام المعادلة التالية:

$$Q_x = Q_L\left(1 - \frac{r}{L}\right) \qquad (٥,٣٧)$$

أما إذا كانت التصرفات الخارجة من الرشاشات غير منتظمة Variable outflow فإن التصرف للخط الفرعي عند نقطة X يكون كالتالي:

$$Q_x = Q_L\left(1 - \frac{r^2}{L^2}\right) \qquad (٥,٣٨)$$

حيث أن:

Q_x = تصرف الخط الفرعي عند نقطة x التي تبعد مسافة r من بداية الخط.

r = المسافة من بداية الخط حتى نقطة x .

obeikandl.com

ويمكن حساب فاقد الاحتكاك على طول الخط الفرعي من المعادلة التالية:

$$H_{fL} = \frac{C}{d^n} \int_o^L Q_x^{\ m}\, dx$$

وعـــندما تكون شروط التصرفات الخارجة منتظمة (Uniform Outflow Conditions) وبالتعويض بقيمة Q_x يكون:

$$H_{fL} = \frac{C\, Q_L^{\ m}}{d^n} \int_o^L \left(1 - \frac{r}{L}\right)^m dx$$

وبالتالي يكون H_{fL} كالتالي:

$$H_{fL} = \frac{C \cdot Q_L^{\ m} \cdot L}{d^n} \cdot \frac{1}{(m+1)} \qquad (٥,٣٩)$$

ولوجـــود مخـــارج أو فـــتحات (رشاشات) على طول الخط الفرعي فإن الطرف $\frac{1}{(m+1)}$ في الجزء الأيمن من المعادلة يمثل معامل الفتحات (المخارج) الموجودة على الخط الفرعي. بينما الطرف الثاني $\left(\frac{C \cdot Q_L^{\ m} \cdot L}{d^n}\right)$ يمثل فاقد الاحتكاك على طول الخـــط الفرعي للتصرف الكلي في حالة عدم وجود فتحات. ويمكن كتابة المعادلة بتعبير أبسط كالتالي:

$$H_{fL} = H_{fo} \cdot F \qquad (٥,٤٠)$$

حيـــث أن H_{fo} يمثل فاقد الاحتكاك على طول الخط الفرعي بدون وجود رشاشات على الخط.

كذلـــك يمكن ايجاد فاقد الاحتكاك عند نقطة x التي تبعد مسافة r من بداية الخط الفرعي كالتالي :

$$H_{fx} = \frac{C\, Q_L^{\ m}}{d^n} \int_o^r \left(1 - \frac{r}{L}\right)^m dx$$

obeikandi.com

والمعادلة تعطي التالي:

$$H_{fx} = H_{fL}\left[1-\left(1-\frac{r}{L}\right)^{m+1}\right] \qquad (٥,٤١)$$

وكذلك فاقد ضاغط السرعة عند نقطة x يمكن ايجاده كالتالي:

$$H_{vx} = \frac{V_o^{\,2}}{g\,L}\int_o^x \left(1-\frac{r}{L}\right)dx$$

وتكون كالتالي:

$$H_{vx} = H_{vL}\left[2\frac{r}{L}-\left(\frac{r}{L}\right)^2\right] \qquad (٥,٤٢)$$

أما فاقد انحدار ضاغط السرعة يكون:

$$S_{vx} = \frac{V_o^{\,2}}{g\,L}\left(1-\frac{r}{L}\right) \qquad (٥,٤٣)$$

وبالتالي يمكن ايجاد ضاغط التشغيل عند أي نقطة x من المعادلة التالية:

$$H_x = H_L - H_{fx} + H_{vx} \pm \Delta H_{zx} \qquad (٥,٤٤)$$

حيث أن:

H_{fx} = فاقد الاحتكاك بين بداية الخط ونقطة x .

H_{vx} = فاقد ضاغط السرعة بين بداية الخط ونقطة x .

H_{vL} = فاقد ضاغط السرعة على طول الخط والذي يعادل ضاغط السرعة عند بداية الخط.

H_x = ضاغط التشغيل عند النقطة x .

m = ثابت ويعتمد على معادلة فاقد الاحتكاك المستخدمة.

n = الأس المستخدم مع معادلة فاقد الاحتكاك. مع معادلة هيزن ويليام ($n = 4.87$) ومع دارسي ويسباخ ($n = 5$) للسريان المضطرب أو ($n = 4$) للسريان الطبقي. عموماً تكون تقريباً ($n = m + 3$) .

obeikandl.com

C = معـــامل يشمل الوحدات المستخدمة ومعامل الخشونة معاً ويعتمد على المعادلـــة المســـتخدمة مثلاً معادلة هيزن ويليام $\left(C=\frac{k}{(CHw)^m}\right)$ أما معادلـــة دارســـي فـــيكون $(C=k\cdot f)$ حيـــث k معامل الوحدات المستخدمة للمعادلة.

V_o = متوسط سرعة السريان عند مدخل الخط الفرعي.

ΔH_{zx} = فرق المنسوب من بداية الخط حتى نقطة x .

S_{vx} = فاقد انحدار ضاغط السرعة.

ويمكن إيجاد متوسط ضاغط التشغيل (عند تساوي تصرفات الرشاشات على الخط) بـــتكامل H_x في المعادلة السابقة بالنسبة إلى المسافة r (من نقطة المحور إلى x) وقسمة الناتج على L يكون كالتالي:

$$\frac{1}{L}\int_0^L H_x\,dx=\frac{1}{L}\left(\int_0^L H_L\,ds-\int_0^L H_{fx}\,dx+\int_0^L H_{vx}\,dx\pm\int_0^L S_{vx}\,dx\right)$$

بالتعويض بقيم H_{fx} ، H_{vx} من المعادلات السابقة يمكن حل هذه المعادلة فيكون:

$$H_{av}=H_L-\left(\frac{m+1}{m+2}\right)H_{fL}+\frac{2}{3}H_{vL}\pm\frac{1}{2}\Delta H_{zL} \qquad (٥,٤٥)$$

عند التعويض بقيمة m حسب المعادلة المستخدمة في المعادلة السابقة يكون :

$$for\ m=1.852 \qquad H_{av}=H_L-\left(\frac{2.852}{3.852}\right)H_{fL}+\frac{2}{3}H_{vL}\pm\frac{1}{2}\Delta H_{zL}$$

$$for\ m=2 \qquad H_{av}=H_L-\frac{3}{4}H_{fL}+\frac{2}{3}H_{vL}\pm\frac{1}{2}\Delta H_{zL}$$

حيث أن:

H_{av} = متوسط ضاغط التشغيل في الخط الفرعي.

ΔH_{zL} = فرق المنسوب من بداية الخط إلى النهاية $(\Delta H_z=S\cdot L)$.

S = ميل الخط الفرعي ويكون (سالباً) للهابط ، (موجباً) للصاعد.

ولتحديد موقع H_{av} في الخط الفرعي $\left(\left(\frac{r}{L}\right)_{av}\right)$ يمكن استخدام المعادلة التالية:

$$\frac{H_{fL}}{L}\left[1-\left\{1-\left(\frac{r}{L}\right)_{av}\right\}^{m+1}-\frac{(m+1)}{(m+2)}\right]-\frac{H_{vL}}{L}\left[2\left(\frac{r}{L}\right)_{av}-\left(\frac{r}{L}\right)_{av}^{2}-\frac{2}{3}\right]+S\left[\left(\frac{r}{L}\right)_{av}-\frac{1}{2}\right]=0 \quad (٥,٤٦)$$

وهـــذه المعادلة تحتاج إلى محاولة التجربة والخطأ trial and error حتى نحصل على أن المعادلـــة تساوي صفراً. ويمكن ان تكون المعادلة سهلة إذا كان الخط الفرعي على ارض مستوية وتم تجاهل ضاغط السرعة. وبالتالي يكون الحل مباشراً لكل قيمة لـــ m كالتالي:

$$For \quad m=1 \qquad \therefore\left(\frac{r}{L}\right)_{av}=1-\left(\frac{1}{3}\right)^{\frac{1}{2}}=0.423$$

$$For \quad m=1.75 \qquad \therefore\left(\frac{r}{L}\right)_{av}=1-\left(\frac{1}{3.75}\right)^{\frac{1}{2.75}}=0.382$$

$$For \quad m=1.852 \qquad \therefore\left(\frac{r}{L}\right)_{av}=1-\left(\frac{1}{3.852}\right)^{\frac{1}{2.852}}=0.377$$

$$For \quad m=2 \qquad \therefore\left(\frac{r}{L}\right)_{av}=1-\left(\frac{1}{4}\right)^{\frac{1}{3}}=0.370$$

وبالـــتالي يكـــون الحل مباشرة عند كل قيمة لـــ m . وبالتالي يتم التعويض بقيمة $\left(\frac{r}{L}\right)_{av}$ في المعادلـــة السابقة عند كل قيمة لـــ m حتى يتم تحديد موقع H_{av} على الخط الفرعي.

obeikandl.com

هـــذه المعادلات السابقة يمكن استخدامها لايجاد فواقد الاحتكاك ومتوسط الضغط على طول الخط الفرعي. وقد تمت مقارنة نتائج هذه المعادلات مع طريقة الخطـــوة – خطـــوة باســـتخدام معادلة دارسي– ويسباخ عند دراسة هيدروليكا الخطوط الفرعية في النظم التقليدية وكانت نتائجها جيدة، حيث أنها أسرع وأسهل من طريقة الخطوة – خطوة. ولايجب استخدام هذه الطريقة عند وجود خط فرعي له أقل من ست فتحات (يحتوي على أقل من ٦ رشاشات).

(٥,٧,٢) الضغط المطلوب في بداية الخط الفرعي : Lateral Operating Pressure

يجـــب أن يكـــون مـــتوفر ضغط كافي في بداية الخط الفرعي عند نقطة الاتصال بالخط الرئيسي لتوفير الضغط المناسب لجميع الرشاشات التي على الخط. الضـــغط المطلـــوب يجب أن يأخذ في الاعتبار ضغط التشغيل التصميمي للرشاش المطلوب عند فوهة الرشاش نفسه، وفواقد الاحتكاك، وارتفاع حامل الرشاش بين الخـــط الفرعي وفوهة الرشاش، وفروق المناسيب على طول الخط الفرعي. وبالتالي يكون الضاغط المطلوب لكل خط فرعي عند نقطة الاتصال بالخط الرئيسي يكون محسوباً من المعادلة التالي:

$$H_L = H_{sp} + 0.75 H_f + H_r \pm 0.5 \Delta H_z \qquad (٥,٤٧)$$

أما بالنسبة للخط الفرعي الذي يتكون من قطرين مختلفين يتغير المعامل ٠,٧٥ إلى ٠,٦٣ حيث يكون منحنى فاقد الاحتكاك أكثر استقامة وبالتالي تكون المعادلة:

$$H_L = H_{sp} + 0.63 H_f + H_r \pm 0.5 \Delta H_z \qquad (٥,٤٨)$$

حيث أن :

H_L = الضاغط المطلوب عند بداية الخط الفرعي (متر).

H_{sp} = ضاغط التشغيل التصميمي للرشاش المستخدم (متر).

H_f = ضاغط فاقد الاحتكاك في الخط الفرعي (متر).

H_r = ارتفاع حامل الرشاش (متر).

obeikandl.com

ΔH_Z = الضاغط الناتج من فرق المنسوب بين بداية الخط ونهايته (متر) ومن المعلـــوم أن $(h_L \le 20\% H_{SP} \pm \Delta H_Z)$ ويكون موجباً (+) للخط الصاعد إلى أعلى وسالباً (−) للهابط إلى أسفل.

ويمكن حساب ضغط تشغيل الخط الفرعى عند اختلاف تضاريس الحقل كالتالى:

١. خط الرشاشات على أرض مستوية : Lateral on Level Ground

فى هذه الحالة فأنه الفرق فى الضغط المسموح به والناتج من الفاقد بالاحتكاك يكـــون مســـاوياً لـــ ٢٠٪ من ضغط تشغيل الرشاش حيث ليس هناك تأثير لمنسوب الارض المستوية (الشكل رقم ٥,٨) وبالتالى يكون :

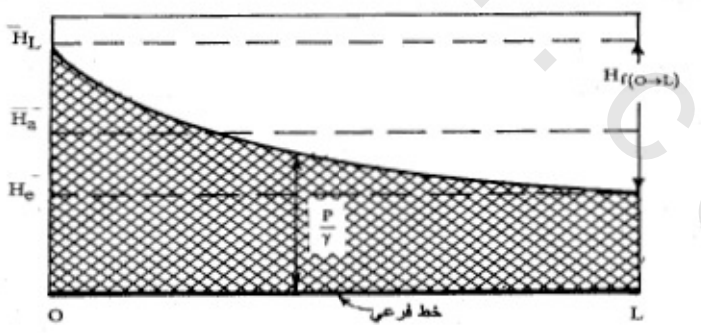
$$h_L \le 20\% H_{sp} \qquad (٥,٤٩)$$

أو يمكن كتابتها كالتالي:

$$h_L = 1.1\, H_f \le 20\% H_{sp}$$

ولحســـاب الضـــاغط المطلوب عند بداية الخط الفرعى فى حالة تشغيل خط فرعى ذو قطر واحد يمكن إيجادها من المعادلة التالية :-

$$H_L = H_{sp} + 0.75\, H_f + H_r \qquad (٥,٥٠)$$



الشكل رقم (٥,٨) توزيع الضغط على طول الخط الفرعي على أرض مستوية.

وفى حالة اذا كان خط الرشاشات يتكون من قطرين يمكن ايجاده من المعادلة التالية:-

$$H_L = H_{sp} + 0.63\,H_f + H_r \qquad (٥,٥٠ب)$$

يتضمن تصميم الخط الفرعي ايجاد الضغط اللازم عند بداية الخط وكذلك في مواقع أخرى مختارة على امتداد الخط وبخاصة في نهايته. وقد وجد من التجارب والتحليلات العديدة للتدفق في الانابيب تحت ظروف وعوامل مختلفة ان متوسط الضغط (P_a) أو متوسط الضاغط (H_a) للخط الفرعي المستوي يقع تقريباً على بعد ٤١٪ من بداية الخط. كذلك وجد أن ٧٥٪ من الضغط المفقود بالاحتكاك تحصل بين بداية الخط وهذه النقطة التى يكون عندها الضغط مساوياً لمتوسط الضغط. كما يبين ذلك الشكل رقم (٤,٥). وقد تتغير هذه النسبة إلى ٦٣٪ عند استخدام قطرين للخط الفرعي الواحد. وللسهولة يمكن أفتراض أن (P_a) يقع في منتصف الخط الفرعي وبالتالي يستخدم العامل ٠,٥ عند حساب فرق المنسوب.

أن الرشاش الحرج هو ذلك الرشاش الذي له أقل ضغط تشغيل. أنه عادة الرشاش الأخير على الخط الفرعي إلا إذا وجدت نقطة بفرق منسوب عالي بين بداية الخط الفرعي ونهايته أو الميل الهابط يكون شديد الانحدار.

٢. خط الرشاشات صاعد الى اعلى : Lateral Uphill

في هذه الحالة (الشكل رقم ٥,٩) فأن الفاقد المسموح به يكون مساوياً الى ٢٠٪ من ضاغط تشغيل الرشاش (H_{sp}) مطروحاً منه الضاغط المطلوب لتفادى الفرق فى المنسوب (ΔH_z) ، لذلك تكون:

$$h_L \le 20\% H_{sp} - \Delta H_z$$

$$\therefore h_L = 20\% H_{sp} - \Delta H_z \qquad (٥,٥١)$$

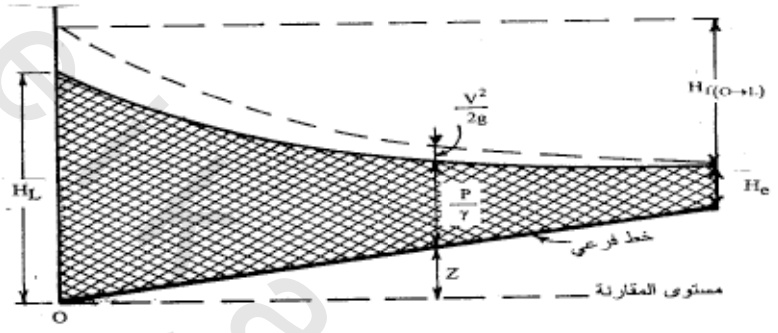
ويكون ضاغط التشغيل المطلوب عند بداية الخط الفرعي ذو قطر واحد:

openkandil.com

$$H_L = H_{sp} + 0.75\,H_f + H_r + 0.5\,\Delta H_z \qquad (٥,٥٢)$$

بينما في حالة وجود خط فرعى يتكون من قطرين يكون :-

$$H_L = H_{sp} + 0.63\,H_f + H_r + 0.5\,\Delta H_z \qquad (٥,٥٣)$$



الشكل رقم (٥,٩) توزيع الضغط على طول خط فرعي صاعداً إلى أعلى.

٣. خط الرشاشات منحدر لأسفل : Lateral Downhill

فى هـــذه الحالة (الشكل رقم ٥,١٠) يكون الفاقد فى الضاغط المسموح به مســـاوياً لـــ ٢٠٪ من ضاغط تشغيل الرشاش مضافا اليه الضاغط الناتج من اختلاف فرق المنسوب وبذلك يكون :-

$$h_L \le 20\%\,H_{sp} + \Delta H_z$$

$$\therefore h_L = 0.20\,H_{sp} + \Delta H_z \qquad (٥,٥٤)$$

ويكون الضاغط المطلوب عند بداية الخط الفرعى ذو قطر واحد كالتالى :-

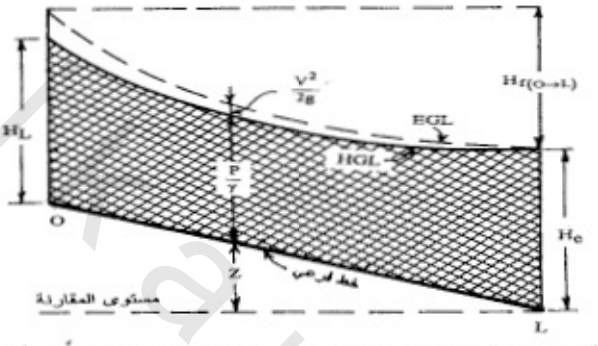
$$H_L = H_{sp} + 0.75\,H_f + H_r - 0.5\,\Delta H_z \qquad (٥,٥٥)$$

وعندما يتكون خط الرشاشات من قطرين يكون :-

$$H_L = H_{sp} + 0.63\,H_f + H_r - 0.5\,\Delta H_z \qquad (٥,٥٦)$$

ويفضل عند وجود ميل شديد ينحدر لأسفل بحيث $\left(\Delta H_z \succ 0.3 - 0.4\,H_{SP}\right)$

عـــلى أن يـــتم اختيار أنبوب ذو قطر مناسب حتى يكون $H_f = \Delta H_z$ وبالتالي يكون $H_f - \Delta H_z = 0$. في هذه الحالة يكون الضاغط الناتج من فرق المنسوب تم التخلص منه بواسطة فاقد الاحتكاك. وبالتالي الحصول على ضغط منتظم على طول الخط الفرعي في الارض المنحدرة.



الشكل رقم (٥,١٠) توزيع الضغط على طول خط فرعي منحدراً إلى أسفل.

٤ . الخط الفرعي مع منظمات للضغط : Lateral With Flow Regulators

تســـتخدم منظمات للضغط أو التصرف في خطوط الرشاشات عندما تكون تضـــاريس الحقـــل غير منتظمة أو عندما يكون هناك انحدار شديد. وبالتالي تعمل على التحكم في تغير الضغط في حدود الـــ ٢٠٪ المسموح بها. وتوضع هـــذه المـــنظمات بين الرشاش وخط الرشاشات وقد صممت لاعطاء ضغط وتصـــرف متساويين لجميع الرشاشات. وحيث أن هذه المنظمات تتحكم في تصرف الرشاشات وبالتالي يكون اختيار الأقطار قليل الأهمية من حيث تغير الضـــغط بين الرشاشات، ولكن لابد اعتبار التكلفة الاقتصادية لهذه الأقطار. ولمعظـــم الحـــالات يكون الفاقد المسموح به مساويا لـــ ٢٠٪ من ضاغط تشغيل الرشاش ، وبالتالي يكون الضاغط في بداية الخط الفرعي :-

$$H_L = H_{sp} + H_f + H_r + \Delta H_z + H_{cv} \qquad (٥,٥٧)$$

حيث أن :-

H_{cv} = الفاقد في الضغط الناتج من الفاقد بالاحتكاك في منظم الضغط (متر).

تحديد موقع اقل ضغط في الخط الفرعي:

موقـــع أقل ضغط في الخطوط الفرعية المستوية أو الصاعدة إلى أعلى يكون دائمـــاً في نهايـــة الخط الفرعي. أما بالنسبة للخطوط الفرعية الهابطة إلى أسفل ذو القطـــر الواحـــد فقد يكون أقل ضغط في أي موقع بين بداية الخط ونهايته ويمكن تحديد ذلك بالمعادلة التالية:

$$r = \frac{S_s}{Q_{sp}}\left[Q_L - CHw\left(\frac{S \cdot d^{4.87}}{k}\right)^{1/1.852}\right] \qquad (٥,٥٨)$$

حيث أن:

r = المسافة بين بداية الخط الفرعي وموقع اقل ضغط (متر).

S = ميل الخط الفرعي (٪) ويكون سالب عند الهبوط إلى أسفل ($-S$).

k = ثابت الوحدات.

ويمكن إيجاد الضاغط عند هذا الموقع من المعادلة التالية:

$$H_x = H_L - (S \cdot r) - \left(H_{f_{o-L}} - H_{f_{x-L}}\right)$$

ويمكن كتابة المعادلة السابقة كالتالي :

$$H_x = H_L - (S \cdot r) - H_{f_{o-x}} \qquad (٥,٥٩)$$

حيث أن:

H_x = ضاغط التشغيل عند نقطة x التي تبعد r من بداية الخط الفرعي.

H_{fo-L} = فاقد الاحتكاك على طول الانبوب من البداية حتى النهاية.

H_{fx-L} = فاقد الاحتكاك في الخط من نقطة x حتى نهاية الخط.

H_{fo-x} = فاقد الاحتكاك في الخط من بدايته حتى نقطة x .

obeikandl.com

ويمكن ايجاد نسبة التغير في الضغط على طول الخط الفرعي بمعلومية متوسط الضغط (P_a) من المعادلة التالية:

$$\%\Delta P = \frac{P_{max} - P_{min}}{P_a} \times 100 \qquad (٥,٦٠)$$

حيث أن:

P_{max} = أقصى ضغط تشغيل في الخط الفرعي.

P_{min} = أدنـــى ضغط تشغيل في الخط الفرعي.

وقد يوجد P_{max} في بداية الخط في حالة الأرض المستوية والصاعدة إلى أعلى بيـــنما P_{min} في نهاية الخط. أما عند وجود خط فرعي هابط إلى أسفل فقد يقع P_{max} في نهاية الخط بينما P_{min} في بداية الخط.

(٥,٧,٣) إيجاد قطر الخط الفرعي: Mainline Diameter

عند إيجاد قطر الخط الفرعي المناسب لنظام الري بالرش المطلوب لابد من اختـــيار القطر الاقتصادي للأنبوب والذي يعطي توزيع منتظم للضغط على طول الخط بحيث لايتم تجاوز نسبة فاقد الاحتكاك المسموح بها. بحيث يكون هذا القطر قـــادر على نقل كمية المياه المطلوبة للمحاصيل المراد زراعتها في الحاضر والمستقبل في المســـاحة المراد ريها عند استخدام ذلك النظام. ويمكن إيجاد قطر الخط الفرعي بإحدى الطرق التالية :-

١. باستخدام إحدى معادلات فواقد الاحتكاك مثل معادلة هيزن – ويليام وذلك بتعويض قيمة (H_f) المحسوبة حيث ($h_L = 1.1\ H_f$) مع العوامل الأخرى المعلومة في المعادلة وبالتالي إيجاد قطر الخط الفرعي.

٢. بمعـــرفة تصرف الخط الفرعي (Q_L) يمكن إيجاد قطر الخط الفرعي باستخدام جداول خاصة مع معرفة قيمة (H_f) المحسوبة.

وحيث أن الأنابيب تصنع بأقطار قياسية محددة فإن قيمة القطر المحسوب (d) من المعادلة المستخدمة قد تكون غالباً غير متوفرة في الأسواق مما يتطلب اختيار أقرب قطر مناسب متوفر تجارياً. ولكي لا يزيد الفاقد بالاحتكاك في الأنبوب عن الحد المسموح به ينبغي اختيار أقرب أكبر قطر متوفر. وبطبيعة الحال فإن هذا يؤدي إلى أن يكون الفاقد الفعلي بالاحتكاك أقل من الحد المسموح به، ويمكن إيجاد الفاقد الفعلي بالاحتكاك باستخدام طريقة النسبة والتناسب من أي معادلة لحساب H_f كالتالي:

$$H_{f2} = H_{f1}\left(\frac{d1}{d2}\right)^{n} \qquad (٥,٦١)$$

حيث أن:

H_{f1} = الفاقد بالاحتكاك في الأنبوب الذي قطره d_1.

H_{f2} = الفاقد بالاحتكاك في الأنبوب الذي قطره d_2.

n = أس قطر الأنبوب في معادلة فاقد الاحتكاك المستخدمة.

يصمم تصرف الرشاشات في الخطوط الفرعية على أساس متوسط ضغط التشغيل (P_a). حيث يجب أن لا يزيد فاقد الاحتكاك الكلي المسموح به عن ٢٠٪ من ضغط التشغيل المتوسط. ويمكن حساب متوسط ضاغط التشغيل للرشاش على طول الخط الفرعي من المعادلة التالية :

$$H_a = H_e + 0.25\,H_f \pm 0.5\,\Delta H_z \qquad (٥,٦٢)$$

حيث أن :-

H_a = متوسط ضاغط التشغيل للرشاش (m).

H_e = ضاغط الرشاش الأخير في نهاية الخط (m).

ويمكن إيجاد ضاغط التشغيل للرشاش الأخير من المعادلة التالية :-

$$H_e = H_L - H_f \pm \Delta H_z \qquad (٥,٦٣)$$

obeikandl.com

ويمكـــن إيجـــاد الضـــاغط المطلوب لتشغيل الخط الفرعي من المعادلة التالية عند استخدام متوسط ضاغط التشغيل كالتالي :-

$$H_L = H_a + 0.75\,H_f + H_r \pm 0.5\,\Delta H_z \qquad (٥,٦٤)$$

كذلك يمكن إيجاد H_r لحامل الرشاش من المعادلة التالية :

$$H_r = \frac{Q_L^{\,2}}{2g\,A_p^{\,2}}\ exp\left(\frac{9.2\,Q_{sp}}{Q_L}\right) \qquad (٥,٦٥)$$

حيث أن :

A_p = مساحة المقطع العرضي للخط الفرعي $\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)$.

Q_{sp} = تصرف الرشاش الموجود على الحامل.

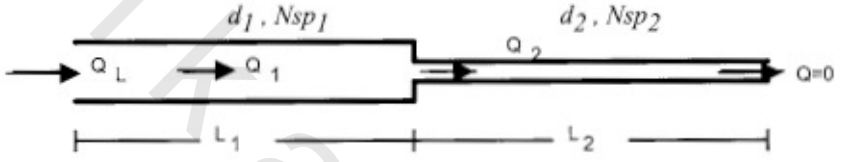
وقـــــد يمكـــن تجاهل (H_r) إذا كان نظـــام الري المستخدم ذو ضغط عالي (أكـــبر مـــن ٤ بار) أو عندما يكون طول الحامل قصيراً. ويجب ملاحظة أن فاقد الاحـــتكاك في أنـــبوب ذو طول وقطر معين يزيد أو يقل في حالة عدم أو وجود مخـــارج (فتحات أو حوامل عليها رشاشات) على الخط ويفضل أن تكون الأقطار للخطوط الفرعية محدودة من ١٥٠ مم أو اقل حتى يمكن نقلها بسهولة. والأقطار الأكثر سهولة في النقل والتركيب هي ٧٥ مم وكذلك ١٠٠ مم .

تصميم خط فرعي بقطرين:

يفضـــل كـــثير من المزارعين استخدام خطوط فرعية ذات القطر الواحد خاصة للنظام المتنقل وذلك لسهولة الفك والتركيب اثناء عملية الري. بينما يفضل الـــبعض الآخـــر استخدام خطوط فرعية تتكون من قطرين أو أكثر وذلك لتقليل التكالـــيف الأولية لنظام الري. لذلك يمكن استخدام أنابيب متعددة الأقطار عندما

يكـــون النظام ثابت فيكون القطر الأكبر في بداية الخط ثم يقل القطر وذلك لأن التصرف يتناقص باتجاه السريان.

عـــند استخدام خط فرعي يتكون من قطرين مختلفين كما يوضح الشكل الـــتالي لنظام الري بالرش فيمكن تصميم ذلك الخط بتحديد هذه الأقطار وطول كـــل قطر ، وكذلك ايجاد فواقد الاحتكاك لكل طول وتوزيع الضغط على طول الخط وذلك باتباع الخطوات التالية:



١. حســـاب الفـــاقد في الضاغط (أو الضغط) المسموح به نتيجة الاحتكاك في الطول الكلي للخط الفرعي ($L = L_1 + L_2$) مع الأخذ في الأعتبار إذا كان الخط مستوياً أو هابطاً أو صاعداً ($\pm \Delta H_z$) حيث يكون :

$$h_L = \frac{20}{100}\left(H_{sp} \pm \Delta H_z\right) \qquad (٥,٦٦)$$

الخط الصاعد لأعلى يكون ΔH_z – أما الهابط لأسفل يكون ΔH_z +

٢. حســـاب انحدار فاقد الاحتكاك المسموح به allowable friction gradient وذلك للطول الكلي للأنبوب من المعادلة :

$$J_a = \frac{20\%\, H_{sp} \pm \Delta H_z}{F \cdot \left(\frac{L}{100}\right)} = \frac{h_L}{F \cdot \left(\frac{L}{100}\right)} \qquad (٥,٦٧)$$

حيث أن :

obeikandl.com

J_a = إنحدار فاقد الاحتكاك المسموح به لكل ١٠٠ متر من طول الأنبوب (متر/١٠٠متر).

L = طول الأنبوب الكلي (متر).

F = معامل الفتحات (المخارج) الكلية على طول الأنبوب.

٣. من الجدول (٥,٢) إلى الجدول (٥,٧) وبمعلومية Q_L و J_a يمكن بالتقريب إيجاد القطـــرين (d_2 , d_1) والتي لها انحداري فواقد احتكاك (J_2, J_1) قريبة من J_a بحيث يكون أحدهما أكبر منه والآخر أقل منه.

٤. إيجـــاد طول L_1 الذي قطره d_1 وكذلك L_2 الذي قطره d_2 باستخدام طريقة المحاولة والخطأ Iterative Procedurse حتى نحصل على L_1 و L_2 التي تعطي الفاقد المسموح به (المحسوب في خطوة رقم ١) أو قريبة منه. يفضل أفتراض أن $L_1 = L_2 = 0.5\ L$ في البداية ثم مقارنة الناتج إذا كان $H_f < h_L$ الكلي المحسوب لكل من L_1و L_2فيتم تقليل L_1 وزيادة L_2 ويتم إعادة خطوات إيجاد H_f فإذا كان $H_f > h_L$ يتم زيادة L_1 وتقليل L_2 حتى نحصل على ان $H_f \approx h_L$. ويتم حساب H_f باتباع الخطوات التالية:

٥. إفـــتراض أن القطـــر d_1 يشمل الطول الكلي للخـــط L ، وبالتالي نحسب فاقـــد الاحـــتـــكاك في الطـــول $L_1 + L_2$ والذي تصـــرفه Q_L وعـــدد الرشاشات عليه $(N_{sp} = N_{sp1} + N_{sp2})$ N_{sp}.

٦. إيجـــــاد فـــاقد الاحـــتكاك للطـــــول L_2 الذي قطره d_2 والتصرف Q_2 وعدد الرشاشات N_{sp2}.

٧. إيجـــاد فـــاقد الاحـــتكاك للطـــول L_2 بافتراض أن قطره d_1 والتصرف Q_2 وعدد الرشاشات N_{sp2}.

obeikandi.com

الجدول رقم (٥,٢) طول الفاقد بالاحتكاك (Ja) بالمتر لكل ١٠٠ متر لتصرفات مختلفة في أنبوب متنقل من الألمنيوم يستخدم للخط الفرعي حيث سمك جدار الأنبوب ١,٢٧مم والوصلات كل ٩ متر (٣٠ قدم).

تصرف		قطر أنبوب الألمنيوم			
لتر/ث	جالون/دقيقة	٢بوصة	٣بوصة	٤بوصة	٥بوصة
٠,٦٣	١٠	٠,٤٠	٠,٠٥		
١,٢٦	٢٠	١٠٤٤	٠,١٨		
١,٨٩	٣٠	٣,٠٥	٠,٣٩		
٢,٥٢	٤٠	٥,٢٠	٠,٦٦		
٣,١٥	٥٠	٧,٨٥	١,٠٠		
٣,٧٩	٦٠	١١,٠١	١,٤٠	٠,٣٣	
٤,٤٢	٧٠	١٤,٦٥	١,٨٧	٠,٤٤	
٥,٠٥	٨٠	١٨,٧٦	٢,٣٩	٠,٥٧	٠,١٩
٥,٦٨	٩٠	٢٣,٣٣	٢,٩٨	٠,٧٠	٠,٢٣
٦,٣١	١٠٠	٢٨,٣٦	٣,٦٢	٠,٨٥	٠,٢٨
٧,٥٧	١٢٠		٥,٠٧	١,٢٠	٠,٣٩
٨,٨٣	١٤٠		٦,٧٤	١,٥٩	٠,٥٢
١٠,١	١٦٠		٨,٦٤	٢,٠٤	٠,٦٧
١١,٤	١٨٠		١٠,٧٤	٢,٥٤	٠,٨٣
١٢,٦	٢٠٠		١٣,٠٦	٣,٠٨	١,٠١
١٣,٩	٢٢٠		١٥,٥٨	٣,٦٨	١,٢١
١٥,١	٢٤٠		١٨,٣٠	٤,٣٢	١,٤٢
١٦,٤	٢٦٠		٢١,٢٢	٥,٠١	١,٦٥
١٧,١	٢٨٠		٢٤,٣٥	٥,٧٥	١,٨٩
١٨,٩	٣٠٠			٦,٥٤	٢,١٥
٢٠,٢	٣٢٠			٧,٣٧	٢,٤٢
٢١,٥	٣٤٠			٨,٢٤	٢,٧١
٢٢,٧	٣٦٠			٩,١٦	٣,٠١
٢٤,٠	٣٨٠			١٠,١٣	٣,٣٣
٢٥,٢	٤٠٠			١١,١٤	٣,٦٦
٢٦,٥	٤٢٠			١٢,١٩	٤,٠١
٢٧,٨	٤٤٠			١٣,٢٨	٤,٣٧
٢٩,٠	٤٦٠			١٤,٤٢	٤,٧٥
٣٠,٣	٤٨٠			١٥,٦١	٥,١٤
٣١,٢	٥٠٠			١٦,٨٣	٥,٥٤
٣٢,٨	٥٢٠				٥,٩٦
٣٤,١	٥٤٠				٦,٣٩
٣٥,٣	٥٦٠				٦,٨٣
٣٦,٦	٥٨٠				٧,٢٩
٣٧,٩	٦٠٠				٧,٧٦

* معامل هيزن ويليام (CHW) = ١٣٠

obeikandl.com

الجدول رقم (٥,٣) طول الفاقد بالاحتكاك (Ja) بالمتر لكل ١٠٠ متر لتصرفات مختلفة في أنبوب من البولي ايثلين يستخدم للخطوط الفرعية.

التصرف		القطر الداخلي		التصرف		القطر الداخلي	
لتر/ دقيقة	جالون/ دقيقة	١٤,٧مم (٠,٥٨بوصة)	١٧,٨ مم (٠,٧بوصة)	لتر/ دقيقة	جالون/ دقيقة	١٤,٧مم (٠,٥٨بوصة)	١٧,٨ مم (٠,٧بوصة)
٠,٤	٠,١	٠,٠٥	٠,٠٣	١٣,٦	٣,٦	١٥,٩٩	٦,٥٤
٠,٨	٠,٢	٠,١١	٠,٠٥	١٤,٠	٣,٧	١٦,٧٧	٦,٨٦
١,١	٠,٣	٠,١٧	٠,٠٨	١٤,٤	٣,٨	١٧,٥٣	٧,١٩
١,٥	٠,٤	٠,٣٧	٠,١١	١٤,٨	٣,٩	١٨,٤٠	٧,٥٣
١,٩	٠,٥	٠,٥٣	٠,٢٢	١٥,١	٤,٠	١٩,٢٣	٧,٨٧
٢,٣	٠,٦	٠,٧٢	٠,٣٠	١٥,٥	٤,١	٢٠,٠٩	٨,٢١
٢,٦	٠,٧	٠,٩٤	٠,٣٩	١٥,٩	٤,٢	٢٠,٩٦	٨,٥٧
٣,٠	٠,٨	١,١٨	٠,٤٩	١٦,٣	٤,٣	٢١,٨٤	٨,٩٣
٣,٤	٠,٩	١,٤٥	٠,٦٠	١٦,٧	٤,٤	٢٢,٧٤	٩,٣٠
٣,٨	١,٠	١,٧٣	٠,٧١	١٧,٠	٤,٥	٢٣,٦٦	٩,٥٧
٤,٢	١,١	٢,٠٤	٠,٨٤	١٧,٤	٤,٦	٢٤,٥٩	١٠,٠٥
٤,٥	١,٢	٢,٣٧	٠,٩٨	١٧,٨	٤,٧	٢٥,٥٤	١٠,٤٤
٤,٩	١,٣	٢,٧٢	١,١٢	١٨,٢	٤,٧	٢٦,٥١	١٠,٨٣
٥,٣	١,٤	٣,٠٩	١,٢٧	١٨,٥	٤,٩	٢٧,٤٣	١١,٢٣
٥,٧	١,٥	٣,٤٣	١,٤٣	١٨,٩	٥,٠	٢٨,٤٩	١١,٦٤
٦,١	١,٦	٣,٨٩	١,٦٠	١٩,٣	٥,١	٢٩,٥٠	١٢,٠٥
٦,٤	١,٧	٤,٣٢	١,٧٨	١٩,٧	٥,٢	٣٠,٥٢	١٢,٤٧
٦,٨	١,٧	٤,٧٧	١,٩٦	٢٠,١	٥,٣	٣١,٥٧	١٢,٨٩
٧,٢	١,٩	٥,٢٤	٢,١٥	٢٠,٤	٥,٤	٣٢,٦٣	١٣,٣٢
٧,٦	٢,٠	٥,٧٣	٢,٣٥	٢٠,٨	٥,٥	٣٣,٧٠	١٣,٧٦
٧,٩	٢,١	٦,٢٤	٢,٥٦	٢١,٢	٥,٦	٣٤,٧٩	١٤,٢٠
٨,٣	٢,٢	٦,٧٦	٢,٧٧	٢١,٦	٥,٧	٣٥,٨٣	١٤,٦٥
٨,٧	٢,٣	٧,٣١	٣,٠٠	٢٢,٠	٥,٨	٣٧,٠١	١٥,١١
٩,١	٢,٤	٧,٨٧	٣,٢٣	٢٢,٣	٥,٩	٣٨,١٥	١٥,٥٧
٩,٥	٢,٥	٨,٤٥	٣,٤٦	٢٢,٧	٦,٠	٣٩,٣٠	١٦,٠٤
٩,٨	٢,٦	٩,٠٥	٣,٧١	٢٣,١	٦,١	٤٠,٤٦	١٦,٥١
١٠,٢	٢,٧	٩,٦٦	٣,٩٦	٢٣,٥	٦,٢	٤١,٦٤	١٧,٠٠
١٠,٦	٢,٨	١٠,٣٠	٤,٢٢	٢٣,٨	٦,٣	٤٢,٨٤	١٧,٤٣
١١,٠	٢,٩	١٠,٩٥	٤,٤٨	٢٤,٢	٦,٤	٤٤,٠٥	١٧,٩٧
١١,٤	٣,٠	١١,٦٢	٤,٧٦	٢٤,٦	٦,٥	٤٥,٢٧	١٨,٤٧
١١,٧	٣,١	١٢,٣٠	٥,٠٤	٢٥,٠	٦,٦	٤٦,٥١	١٨,٩٨
١٢,١	٣,٢	١٣,٠١	٥,٣٣	٢٥,٤	٦,٧	٤٧,٧٦	١٩,٤٩
١٢,٥	٣,٣	١٣,٧٣	٥,٦٢	٢٥,٧	٦,٨	٤٩,٠٣	٢٠,٠٠
١٢,٩	٣,٤	١٤,٤٦	٥,٩٢	٢٦,١	٦,٩	٥٠,٣٢	٢٠,٥٣
١٣,٢	٣,٥	١٥,٢٢	٦,٢٣	٢٦,٥	٧,٠	٥١,٦١	٢١,٠٥

obeikandl.com

الجدول رقم (٥,٤) طول الفاقد بالاحتكاك (Ja) بالمتر لكل ١٠٠ متر لتصرفات مختلفة في أنبوب من البلاستيك PVC يستخدم للخطوط الفرعية.

التصرف		القطر الاسمي والقطر الداخلي، مم (بوصة)					
لتر/ ثانية	جالون/ دقيقة	١,٢٥ بوصة ٣٨,٩ مم (١,٥٣٢)	١,٥ بوصة ٤٤,٦ مم (١,٧٥٤)	٢ بوصة ٥٥,٤ مم (٢,١٩٣)	٢,٥ بوصة ٦٧,٤ مم (٢,٦٥٥)	٣ بوصة ٨٣,٤ مم (٣,٢٨٤)	٤ بوصة ١٠٨,٧ مم (٤,٢٨٠)
٠,٢٥	٤	٠,١٩	٠,١٠	٠,٠١			
٠,٣٨	٦	٠,٣٩	٠,٢٠	٠,٠٧	٠,٠٣		
٠,٦٣	١٠	٠,٩٥	٠,٥٠	٠,١٧	٠,٠٧	٠,٠٣	
٠,٨٨	١٤	١,٧١	٠,٩٠	٠,٣١	٠,١٣	٠,٠٥	
١,١٤	١٨	٢,٦٧	١,٤٠	٠,٤٨	٠,١٩	٠,٠٧	
١,٣٩	٢٢	٣,٨١	٢,٠٠	٠,٦٩	٠,٢٨	٠,١٠	٠,٠٣
١,٦٤	٢٦	٥,١٣	٢,٦٩	٠,٩٣	٠,٣٧	٠,١٤	٠,٠٤
١,٨٩	٣٠	٦,٦٢	٣,٤٦	١,١٩	٠,٤٨	٠,١٧	٠,٠٥
٢,١٥	٣٤	٨,٢٧	٤,٣٣	١,٤٩	٠,٦٠	٠,٢٢	٠,٠٦
٢,٤٠	٣٨	١٠,٠٩	٥,٢٨	١,٨١	٠,٧٣	٠,٢٦	٠,٠٨
٢,٦٥	٤٢	١٢,٠٦	٦,٣١	٢,١٧	٠,٨٧	٠,٣٢	٠,٠٩
٢,٩٠	٤٦	١٤,١٩	٧,٤٢	٢,٥٥	١,٠٢	٠,٣٧	٠,١٠
٣,١٥	٥٠	١٦,٤٨	٨,٦٢	٢,٩٦	٢,٢٩	٠,٤٣	٠,١٢
٣,٤١	٥٤	١٨,٩٢	٩,٨٩	٣,٣٩	١,٣٦	٠,٤٩	٠,١٤
٣,٦٦	٥٨	٢١,٥٠	١١,٢٤	٣,٨٦	١,٥٤	٠,٥٦	٠,١٦
٤,١٦	٦٦		١٤,١٧	٤,٨٦	١,٩٥	٠,٧٠	٠,٢٠
٤,٦٧	٧٤		١٧,٤١	٥,٩٦	٢,٣٩	٠,٨٦	٠,٢٥
٥,١٧	٨٢			٧,١٧	٢,٨٧	١,٠٤	٠,٣٠
٥,٦٨	٩٠			٨,٤٧	٣,٣٩	١,٢٢	٠,٣٤
٦,٣١	١٠٠			١٠,٢٤	٤,٠٩	١,٤٨	٠,٤٢
٦,٩٤	١١٠			١٢,١٦	٤,٨٦	١,٧٥	٠,٤٩
٧,٥٧	١٢٠			١٤,٢٢	٥,٦٨	٢,٠٥	٠,٥٨
٨,٢٠	١٣٠				٦,٥٦	٢,٣٧	٠,٦٥
٨,٨٣	١٤٠				٧,٥٠	٢,٧٠	٠,٧٦
٩,٤٦	١٥٠				٨,٤٩	٣,٠٦	٠,٨٦
١٠,٠٩	١٦٠				٩,٥٣	٣,٤٤	٠,٩٦
١٠,٧٣	١٧٠				١٠,٦٤	٣,٨٣	١,٠٧
١١,٣٦	١٨٠				١١,٧٩	٤,٢٥	١,١٩
١١,٩٩	١٩٠					٤,٦٨	١,٣١
١٢,٦٢	٢٠٠					٥,١٣	١,٤٤
١٣,٨٨	٢٢٠					٦,١٠	١,٧١
١٥,١٤	٢٤٠					٧,١٤	٢,٠٠
١٧,٦٧	٢٨٠					٩,٤٣	٢,٦٤
٢٠,١٩	٣٠٠						٣,٣٦
٢٢,٧١	٣٦٠						٤,١٦
٢٥,٢٤	٤٠٠						٥,٠٣

التصرفات التي أسفل الخطوط المتصلة زادت سرعة السريان عن ١,٥ م/ث

التصرفات التي أسفل الخطوط المتقطعة زادت سرعة السريان عن ٢,١ م/ث

obeikandl.com

الجدول رقم (٥,٥) طول الفاقد بالاحتكاك (Ja) بالمتر لكل ١٠٠ متر لتصرفات مختلفة في الخط الرئيسي المصنوع من الألمنيوم مع وصلات كل ٩ متر.

التصرف		قطر أنبوب الألمنيوم (سمك و القطر الداخلي ، بوصة)				
لتر/ث	جالون/ دقيقة	٥ بوصة (٠,٠٥٠) (٤,٩٠٠)	٦ بوصة (٠,٠٥٨) (٥,٨٨٤)	٨ بوصة (٠,٠٧٢) (٧,٨٥٦)	١٠ بوصة (٠,٠٩١) (٩,٨١٨)	١٢ بوصة (٠,٠٩١) (١١,٨١٨)
٦,٣	١٠٠	٠,٢٨	٠,١٢			
٩,٥	١٥٠	٠,٦٠	٠,٢٤			
١٢,٦	٢٠٠	١,٠١	٠,٤٢	٠,١٠		
١٥,٨	٢٥٠	١,٥٣	٠,٦٣	٠,١٥		
١٨,٩	٣٠٠	٢,١٥	٠,٨٨	٠,٢٢		
٢٢,١	٣٥٠	٢,٨٦	١,١٧	٠,٢٩		
٢٥,٢	٤٠٠	٣,٦٦	١,٥٠	٠,٣٧	٠,١٢	
٢٨,٤	٤٥٠	٤,٥٦	١,٨٧	٠,٤٦	٠,١٥	
٣١,٥	٥٠٠	٥,٥٤	٢,٢٧	٠,٥٦	٠,١٩	
٣٤,٧	٥٥٠	٦,٦١	٢,٧١	٠,٦٦	٠,٢٢	
٣٧,٩	٦٠٠	٧,٧٦	٣,١٨	٠,٧٨	٠,٢٦	
٤١,٠	٦٥٠	٩,٠٠	٣,٦٩	٠,٩٠	٠,٣١	
٤٤,٢	٧٠٠		٤,٢٤	١,٠٤	٠,٣٥	٠,١٤
٤٧,٣	٧٥٠		٤,٨١	١,١٨	٠,٤٠	٠,١٦
٥٠,٥	٨٠٠		٥,٤٢	١,٣٣	٠,٤٥	٠,١٨
٥٣,٦	٨٥٠		٦,٠٧	١,٤٩	٠,٥٠	٠,٢٠
٥٦,٨	٩٠٠			١,٦٥	٠,٥٦	٠,٢٣
٥٩,٩	٩٥٠			١,٨٣	٠,٦٢	٠,٢٥
٦٣,١	١٠٠٠			٢,٠١	٠,٦٨	٠,٢٧
٦٩,٤	١١٠٠			٢,٣٩	٠,٨١	٠,٣٣
٧٥,٧	١٢٠٠			٣,٨١	٠,٩٥	٠,٣٩
٨٢,٠	١٣٠٠			٣,٢٦	١,١٠	٠,٤٥
٨٨,٣	١٤٠٠			٣,٧٤	١,٢٦	٠,٥١
٩٤,٦	١٥٠٠			٤,٢٥	١,٤٤	٠,٥٨
١٠٠,٩	١٦٠٠			٤,٧٩	١,٦٢	٠,٦٦
١١٣,٦	١٨٠٠			٥,٩٦	٢,٠١	٠,٨٢
١٢٦,٢	٢٠٠٠			٧,٢٥	٢,٤٥	٠,٩٩
١٣٨,٨	٢٢٠٠			٨,٦٤	٢,٩٢	١,١٨
١٥١,٤	٢٤٠٠				٣,٤٣	١,٣٩
١٦٤,٠	٢٦٠٠				٣,٩٨	١,٦١
١٧٦,٧	٢٨٠٠				٤,٥٦	١,٨٥
١٨٩,٣	٣٠٠٠				٥,١٨	٢,١٠
٢٢٠,٨	٣٥٠٠					٢,٨٠
٢٥٢,٤	٤٠٠٠					٣,٥٨

معامل هيزن ويليام (CHW) = ١٣٠

obeikandi.com

الجدول رقم (٥,٦) طول الفاقد بالاحتكاك (Ja) بالمتر لكل ١٠٠ متر لتصرفات مختلفة لأنبوب من البلاستيك PVC (SDR 41, Class 6.8 atm - 100 psi) يستخدم للخط الرئيسي.

التصرف		القطر الخارجي والقطر الداخلي، مم (بوصة)				
لتر/ ثانية	جالون/ دقيقة	٤ بوصة ١٠٨,٧مم (٤,٢٨٠)	٦ بوصة ١٦٠,٠مم (٦,٣٠١)	٨ بوصة ٢٠٨,٤ مم (٨,٢٠٥)	١٠ بوصة ٢٥٩,٧ مم (١٠,٢٢٦)	١٢بوصة ٣٠٨,١ مم (١٢,١٢٨)
٦,٣	١٠٠	٠,٤٢				
٩,٥	١٥٠	٠,٨٦				
١٢,٦	٢٠٠	١,٤٢				
١٥,٨	٢٥٠	٢,٠٩				
١٦,٩	٣٠٠	٢,٨٨	٠,٤٧			
٢٢,١	٣٥٠	٣,٧٧	٠,٦٢			
٢٥,٢	٤٠٠	٤,٧٧	٠,٨٠			
٢٨,٤	٤٥٠	٥,٨٦	٠,٩٩			
٣١,٥	٥٠٠		١,٢٠	٠,٣٣		
٣٤,٧	٥٥٠		١,٤٢	٠,٤٠		
٣٧,٩	٦٠٠		١,٦٧	٠,٤٧		
٤١,٠	٦٥٠		١,٩٣	٠,٥٤		
٤٤,٢	٧٠٠		٢,٢٢	٠,٦٢	٠,٢١	
٤٧,٣	٧٥٠		٢,٥١	٠,٧٠	٠,٢٤	
٥٠,٥	٨٠٠		٢,٨٣	٠,٧٩	٠,٢٧	
٥٣,٦	٨٥٠		٣,١٦	٠,٨٨	٠,٣٠	
٥٦,٨	٩٠٠		٣,٥١	٠,٩٨	٠,٣٤	
٦٣,١	١٠٠٠		٤,٢٥	١,٩٩	٠,٤١	٠,١٨
٦٩,٤	١١٠٠		٥,٠٧	١,٤١	٠,٤٩	٠,٢١
٧٥,٥	١٢٠٠		٥,٩٤	١,٦٦	٠,٥٧	٠,٢٥
٨٢,٠	١٣٠٠			١,٩٢	٠,٦٦	٠,٢٩
٨٨,٣	١٤٠٠			٢,٢٠	٠,٧٦	٠,٣٣
٩٤,٦	١٥٠٠			٢,٥٠	٠,٨٦	٠,٣٨
١٠٠,٩	١٦٠٠			٢,٨١	٠,٩٧	٠,٤٣
١٠٧,٣	١٧٠٠			٣,١٤	١,٠٨	٠,٤٨
١١٣,٦	١٨٠٠			٣,٤٨	١,٢٠	٠,٥٣
١٢٦,٢	٢٠٠٠			٤,٢٣	١,٤٦	٠,٦٤
١٣٨,٣	٢٢٠٠			٥,٠٣	١,٧٤	٠,٧٦
١٥١,٤	٢٤٠٠			٥,٩٠	٢,٠٤	٠,٨٩
١٦٤,٠	٢٦٠٠				٢,٣٦	١,٠٣
١٧٦,٧	٢٨٠٠				٢,٧٠	١,١٨
١٨٩,٣	٣٠٠٠				٣,٠٥	١,٣٤
٢٠١,٩	٣٢٠٠				٣,٤٥	١,٥٤
٢٢٧,١	٣٦٠٠				٤,٢٨	١,٨٨
٢٥٢,٤	٤٠٠٠				٥,١٩	٢,٢٨

* التصرفات التي اسفل الخطوط المتصلة زادت سرعة السريان عن ١,٥ م/ث.

* التصرفات التي اسفل الخطوط المنقطة زادت سرعة السريان عن ٢,١ م/ث.

obeikandl.com

الجـــدول رقـــم (٥,٧) طول الفاقد بالاحتكاك (Ja) بالمتر لكل ١٠٠ متر لتصرفات مختلفة لأنبوب من البلاستيك PVC (SDR 41, Class 6.8 atm - 100 psi) يستخدم للخط الرئيسي.

تصرف		القطر الخارجي والقطر الداخلي، مم (بوصة)				
لتر /ثانية	جالون/ دقيقة	٦ بوصة ١٤٨,٣مم (٥,٨٤٠)	٨ بوصة ١٩٧,١مم (٧,٧٦٢)	١٠ بوصة ٢٤٦,٤ مم (٩,٧٠٢)	١٢ بوصة ٢٩٥,٧ مم (١١,٤٦٢)	١٥ بوصة ٣٦٩,٧ مم (١٤,٥٥٤)
١٨,٩	٣٠٠	٠,٦٨				
٢٢,١	٣٥٠	٠,٩٠				
٢٥,٢	٤٠٠	١,١٥				
٢٨,٤	٤٥٠	١,٤٢				
٣١,٥	٥٠٠	١,٧٣	٠,٤٤			
٣٤,٧	٥٥٠	٢,٠٦	٠,٥٢			
٣٧,٩	٦٠٠	٢,٤١	٠,٦١			
٤١,٠	٦٥٠	٢,٧٩	٠,٧١			
٤٤,٢	٧٠٠	٣,٢٠	٠,٨١	٠,٢٨		
٥٠,٥	٨٠٠	٤,٠٨	١,٠٣	٠,٣٥		
٥٦,٨	٩٠٠	٥,٠٦	١,٢٨	٠,٤٤		
٦٣,١	١٠٠٠	٦,١٤	١,٥٥	٠,٥٣		
٦٩,٤	١١٠٠		١,٨٥	٠,٦٣	٠,٢٦	
٧٥,٧	١٢٠٠		٢,١٧	٠,٧٤	٠,٣١	
٨٢,٠	١٣٠٠		٢,٥١	٠,٨٦	٠,٣٥	
٨٨,٣	١٤٠٠		٢,٨٨	٠,٩٨	٠,٤١	
١٠٠,٩	١٦٠٠		٣,٦٧	١,٢٥	٠,٥٢	٠,١٨
١١٣,٦	١٨٠٠		٤,٥٦	١,٥٥	٠,٦٤	٠,٢٢
١٢٦,٢	٢٠٠٠		٥,٥٢	١,٨٨	٠,٧٨	٠,٢٧
١٣٨,٨	٢٢٠٠		٦,٥٨	٢,٢٤	٠,٩٣	٠,٣٢
١٥١,٤	٢٤٠٠			٢,٦٣	١,٠٩	٠,٣٧
١٦٤,٠	٢٦٠٠			٣,٠٤	١,٢٦	٠,٤٣
١٧٦,٧	٢٨٠٠			٣,٤٨	١,٤٤	٠,٤٩
١٨٩,٣	٣٠٠٠			٣,٩٥	١,٦٤	٠,٥٦
٢٢٠,٨	٣٥٠٠				٢,١٧	٠,٧٤
٢٥٢,٤	٤٠٠٠				٢,٧٧	٠,٩٤
٢٨٣,٩	٤٥٠٠				٣,٤٤	١,١٧
٣١٥,٥	٥٠٠٠				٤,١٧	١,٤٢
٣٤٧,٠	٥٥٠٠					١,٦٩
٣٧٨,٥	٦٠٠٠					١,٩٨
٤١٠,١	٦٥٠٠					٢,٢٩
٤٤١,٦	٧٠٠٠					٢,٦٣

* التصرفات التي اسفل الخطوط المتصلة زادت سرعة السريان عن ١,٥ م/ث.

* التصرفات التي اسفل الخطوط المنقطة زادت سرعة السريان عن ٢,١ م/ث.

obeikandl.com

٨. إيجاد فاقد الاحتكاك الكلي H_f على طول الانبوب كالتالي:

فاقد الاحتكاك H_f = خطوة رقم ٦ _ خطوة رقم ٨ + خطوة رقم ٧

أو $H_f = step\ 6 - step\ 8 + step\ 7$

وبالتالي يمكن كتابتها كالتالي:

$$H_f = h_{f_{o-L}}(for\ all\ d_1) - h_{f_{L_2}}(for\ d_1) + h_{f_{L_2}}(for\ d_2) \qquad (٥,٦٨)$$

ثم يتم مقارنة H_f الناتج مع فاقد الاحتكاك المسموح به h_L كما ذكر في الخطوة رقم (٥) حتى يمكن الحصول على الاطوال المناسبة حتى نحصل على أن $H_f \approx h_L$.

يجب ملاحظة انه عند استخدام معامل الفتحات F يتم افتراض أن الخط الفرعي الموجود عليه الفتحات (مخارج) مغلق في نهايته ، وذلك لأن اشتقاق المعامل F مبني على أساس أن يتلاشى التصرف في نهاية الأنبوب المطلوب حساب فاقد الاحتكاك فيه. ولكن عند استعمال خط فرعي بقطرين فإن التصرف في نهاية L_1 لاينعدم بل يكون التصرف مساوياً Q_2. لذلك فإن فاقد الإحتكاك في L_1 يحسب على أساس فاقد الاحتكاك في الطول L وبقطر d_1 مطروحاً منه فاقد الاحتكاك في L_2 وبقطر d_1 (هذه الخطوة تستخدم لتطبيق المعادلة بحيث يكون نهاية الأنبوب مسدودة). هناك طريقة تقريبية لإيجاد الأطوال L_1 , L_2 بواسطة معادلة Keller عندما يكون $N_{sp} \geq 12$ فيكون:

$$F_{(Nsp)} \approx F_{(Nsp/2)}$$

$$L_1 = L\left(\frac{J_a - J_1}{J_2 - J_1}\right)^{\frac{1}{m+1}} \qquad (٥,٦٩)$$

$$Nsp_1 = Nsp\left(\frac{J_a - J_1}{J_2 - J_1}\right)^{\frac{1}{m+1}} \qquad (٥,٧٠)$$

حيث أن :

$$J_1 = k\left(\frac{Q_L}{CHw}\right)^{1.852} \cdot d_1^{-4.87} \qquad (٥,٧١)$$

$$J_2 = k\left(\frac{Q_L - Q_{sp}\cdot\frac{L_1}{S_s}}{CHw}\right)^{1.852}\cdot d_2^{-4.87} \qquad (٥,٧٢)$$

$$\therefore J_2 = k\left(\frac{Q_{sp}\cdot\frac{L_2}{S_s}}{CHw}\right)^{1.852}\cdot d_2^{-4.87} \qquad (٥,٧٣)$$

وبالتالي يمكن إيجاد الطول L_1 ، L_2 من المعادلة بدلاً من طريقة المحاولة والخطأ السابقة ومن ثم إيجاد H_f كما ذكر سابقاً. حيث أن J_1 و J_2 انحداري فاقد الاحتكاك في الأطوال L_1 و L_2 على التوالي مع العلم أن $m = 1.852$.

(٥,٨) تصميم الخط الرئيسي : Mainline Design

عند تصميم الخط الرئيسي تراعى القواعد التالية:

١ . فاقد الاحتكاك :

يجب أن يكون هناك توازن بين الضاغط المطلوب عند محطة الضخ والذي يتأثر بقطر الأنبوب المستخدم وتكاليف استخدام الطاقة. حيث انه عندما ينخفض قطر الأنبوب يزيد فاقد الاحتكاك وبالتالي يزيد الضاغط المطلوب عند محطة الضخ مما يزيد تكاليف الضخ. لذلك يجب أن يكون هناك دراسة اقتصادية تقارن بين قطر الأنبوب المستخدم وتكاليف الطاقة بحيث يتم اختيار الأنبوب ذو القطر الاقتصادي.

٢ . سرعة سريان الماء داخل الأنبوب :

يجب آلا تزيد سرعة سريان الماء إلى الحد الذي يسبب الطرق المائي وهو عامل مهم يجب اعتباره عند تصميم الخط الرئيسي. حيث أن زيادة السرعة تؤدى إلى أضرار بالغة قد تؤدى إلى انفجار الأنبوب. وتتوقف سرعة السريان داخل الأنابيب على الآتي:

obeikandi.com

- نوع مادة الأنبوب.
- قطر الأنبوب.
- سمك جدار الأنبوب.
- ضغط التشغيل والضغط المسموح به.

وبالتالي تؤثر هذه العوامل على مقدار سرعة السريان. ويفضل عموماً أن تكون سرعة السريان لأنابيب الصلب حوالي ٢ م/ث بينما أنابيب البلاستيك (PE , PVC) حوالي ١,٥ م/ث.

كذلك عند تصميم الخط الرئيسي ووضع الخطوط الفرعية على جانبيه لابد من أخذ الاعتبار للعوامل التالية:

أ . اختيار القطر الاقتصادي للأنبوب.

ب . الحصول على توزيع منتظم للضغط على طول الخط الرئيسي.

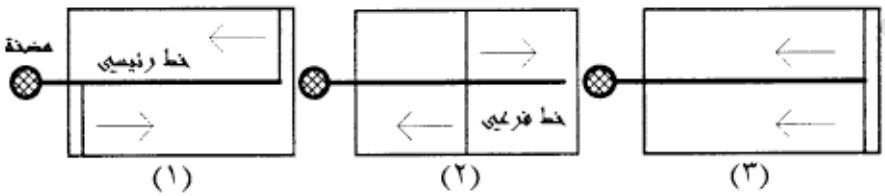
وعند وجود الخط الرئيسي في منتصف الحقل لابد من توزيع الخطوط الفرعية بحيث يتحقق الآتي:

١ . مساواة ضغط التشغيل لكل خط فرعي على طول الخط الرئيسي.

٢ . تقليل فاقد الاحتكاك وقطر الأنبوب في منتصف الخط الرئيسي الأخير.

٣ . تقليل حركة أو نقل الخط الفرعي بقدر الإمكان في نهاية عملية الري وذلك لوجود ارض مروية ومبللة مما يعيق الحركة.

الأشكال التالية تبين كيفية ترتيب مواقع الخطوط الفرعية على جانبي الخط الرئيسي أثناء تشغيل الخطوط الفرعية أثناء الري في وقت واحد.



في هذه الأشكال نجد أن الشكلين (١) ، (٢) تم توزيع التصرف في الخط الرئيسي ($2Q_L$) ويستمر هذا التصرف إلى منتصف الخط الرئيسي (أقصى وضع) ، والنصف الأخـــير من الخط الرئيسي يمر به تصرف (Q_L) فقط وبالتالي فاقد الاحتكاك يكون أقل ولذلك يمكن تقليل قطر الخط الرئيسي في النصف الأخير. بينما في الشكل (٣) نجـــد أن التصرف ($2Q_L$) يكون على طول الخط الرئيسي وبالتالي زيادة الاحتكاك وكذلـــك عدم إمكانية تقليل القطر للنصف الأخير من الخط. ونجد أن P_L يكون عـــالي في بداية الخط وقليل في نهاية الخط الرئيسي للخطين مما ينتج عنه عدم توزيع جيد للضغط. لذلك يعتبر شكل ٣ تخطيط غير جيد.

(٥,٨,١) إيجاد قطر الخط الرئيسي : Mainline Diameter

يجب مراعاة اختيار قطر الأنبوب الاقتصادي والذي يحقق أقل مجموع للتكاليف الأولية والتشغيلية. ويمكن استخدام معادلة هيزن ويليام أو دارسي – ويسباخ عند إيجاد القطر للخط الرئيسي. هناك عدة طرق لاختيار قطر الخط الرئيسي أهمها :-

١ . الطريقة الاقتصادية (Economic Method):

وهى تبنى على أقل مجموع للتكاليف الثابتة للأنابيب وتكاليف الطاقة السنوية.

٢ . الضاغط المفقود لوحدة الطول (Unit Head Loss):

وهى تبنى على أساس عدم فقد أكثر من ضاغط معين يتم تحديده لوحدة الطول من الأنابيب (٦ متر / ١٠٠ متر مثلاً).

٣. طريقة السرعة (Velocity Method):

وفيها يتم وضع حد أقصى للسرعة ، وهذا الحد يتراوح عادة بين ١,٥-٢,٠ م/ث حسب نوع مادة الأنبوب حيث تكون :

$$V = \frac{4Q}{3.14\,d^2} \qquad (٥,٧٤)$$

openkanal.com

حيث أن :-

V = سرعة السريان للمياه داخل الأنبوب (م/ث).

Q = التصرف الساري داخل الأنبوب الرئيسي (م٣/ث).

d = القطر الداخلي للأنبوب (م).

ويفضل أن لا تتعدى سرعة السريان في أنابيب الري بالرش عن ٢ متر/ ثانية. وبالتالي يمكن أيجاد قطر الخط الرئيسي كالتالي :

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{3.14V}} = \sqrt{\frac{2Q}{3.14}} = 0.8\sqrt{Q} \qquad (٥,٧٥)$$

ويمكن إيجاد ضاغط التشغيل المطلوب عند أي نقطة على الخط الرئيسي من المعادلة التالية:

$$H_i = H_n + H_{f\,i\to n} + \Delta H_{z\,i\to n} + H_{v\,i\to n} \qquad (٥,٧٦)$$

حيث أن:

H_i = ضاغط التشغيل المطلوب عند نقطة i (متر).

H_n = ضاغط التشغيل عند نقطة n (متر).

$H_{f\,i\to n}$ = فاقد الاحتكاك في طول الخط الذي يقع بين نقطة i ونقطة n (متر).

$H_{z\,i\to n}$ = فرق المنسوب بين النقطتين $n\,,i$ (متر).

$H_{v\,i\to n}$ = الفرق في ضاغط السرعة بين النقطتين $n\,,i$ (متر).

ويمكن إيجاد ضاغط السرعة عند نقطة i كالتالي:

$$H_{vi} = \frac{Vi^{2}}{2g} \qquad (٥,٧٧)$$

حيث أن Vi هي سرعة السريان للماء عند نقطة i . وضاغط السرعة عموماً قليل ويمكن تجاهله.

تعديلات لمقابلة حالات التخطيط :

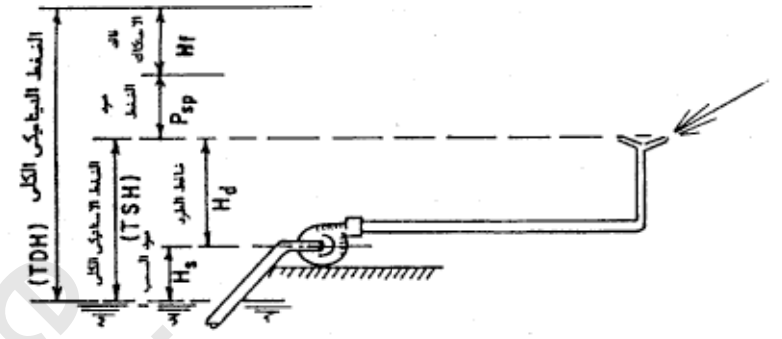
بعـــد الانـــتهاء من التخطيط الأولي لأوضاع الخطوط الفرعية والرئيسية في الحقـــل المراد زراعته ، قد يكون من الضروري عمل بعض التعديلات في واحد أو أكثر من العوامل التالية لمناسبة ذلك التخطيط :-

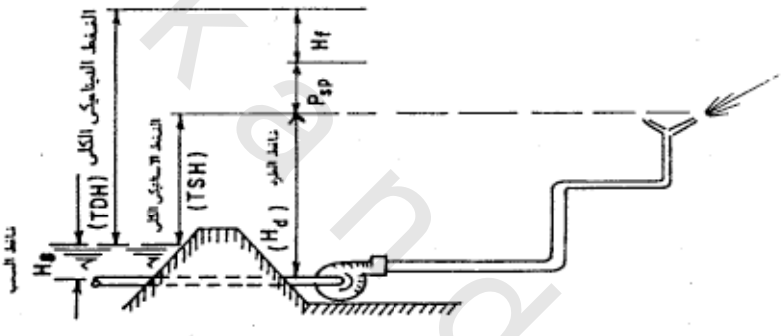
١ . عدد الرشاشات.
٢ . معدل الإضافة.
٣ . المسافة بين الرشاشات والخطوط.
٤ . تصرف الرشاش.
٥ . زمن الري اليومي.
٦ . الزمن الكلى للرية الواحدة .
٧ . سعة النظام الكلية .

وكلما زادت خبرة المصمم كلما زادت معرفته في تجنب هذه التعديلات بعد الانـــتهاء مـــن تخطيط الخطوط الرئيسية والفرعية. ولذلك لابد من القيام بالزيارة الميدانـــية إلى الحقل المراد زراعته حتى يمكن أن يجمع المعلومات الأولية قبل القيام بعملية التصميم حتى يتجنب هذه التعديلات وغيرها .

(٥,٩) الضاغط الديناميكي الكلي : Total Dynamic Head

بعـــد اختيار الرشاشات المناسبة وتحديد ضغط التشغيل المطلوب ، وكذلك تصـــميم الخطوط الفرعية والرئيسية لابد من حساب الضاغط الديناميكي الكلى المطلـــوب مـــن المضخة لتشغيل نظام الري بالرش حتى يمكن ري المساحة المراد زراعـــتها . لذلك لابد من حساب الضاغط الديناميكي الكلى الذي توفره المضخة المراد اختيارها لتشغيل شبكة الري. ويتكون الضاغط الديناميكي الكلى (*TDH*) من مجموع الضغوط التالية، الشكل رقم (٥,١١) :-





الشكل رقم (٥,١١) مكونات الضاغط الديناميكي الكلي.

١ . الضاغط المطلوب عند بداية الخطوط الفرعية (H_L).

٢ . الضاغط الناتج من فواقد الاحتكاك في الخطوط الرئيسية وشبه الرئيسية وأنبوب السحب (H_{fm}) .

٣ . الضاغط الناتج من فواقد الاحتكاك الثانوية (H_{fmin}) الناتجة من ألا كواع والصمامات والانحناءات ..... إلخ الموجودة على أنابيب شبكة الري. وتقدر هذه الفواقد الثانوية على أنها تساوى ١٠٪ من فواقد الاحتكاك الكلية في الخطوط الفرعية والرئيسية وشبة الرئيسية.

obeikandl.com

٤ . الضـــاغط الاستاتيكي الكلي (Total Static Head, TSH) والذي يشمل ارتفاع السحب الاستاتيكي (Suction Lift) وهو يساوى المسافة الراسية بين مستوى ســطح المــاء في المصـــدر ومركـــز المضخة (H_s) ، وكذلك ضاغط الطرد الاستاتيكي (Discharge Head) ، وهو يساوي المسافة الراسية بين مركز المضخة ومستوى الماء عند نهاية رفعه (H_d). ويجب ملاحظة مركز المضخة من مستوى ســطح الماء في المصدر كما في الشكل رقم (٥,١١). كذلك يجب الأخذ في الاعتـــبار تغـــير مستوى سطح الماء في المصدر مع زمن التشغيل. وهذا يمثل الضـــغط المطلوب لرفع الماء في أنبوب السحب. كذلك ويحتاج المصمم إلى حساب فواقد الاحتكاك في أنبوبة السحب.

٥ . فواقـــد متنوعة (Miscellaneous Losses) تضاف عند حساب الضاغط الديناميكي الكلي وهي تأخذ في الاعتبار تقدم عمر الأنبوب والمضخة وعدم الدقة في حساب معـــامل هيزن ويليام (CHW) والفواقد الثانوية. وتؤخذ على أنها تعادل ٢٠٪ من الفواقد الكلية في الخط الرئيسي وهي تعتبر كعامل أمان في المحافظة على الضاغط المطلوب لفترة زمنية طويلة عند تقدم عمر مكونات نظام الري بالرش.

وبالتالي يمكن أيجاد الضاغط الديناميكي الكلى من المعادلة التالية:

$$TDH = H_L + H_{f_m} + H_{f_{min}} + TSH + H_{f_{mis}} \qquad (٥,٧٨)$$

حيث أن :-

H_{f_m} = فواقد الاحتكاك في الخطوط الرئيسية وشبة الرئيسية وأنبوب السحب.

TSH = الضاغط الاستاتيكي الكلى $(TSH = H_d \pm H_s)$ حيث يكون موجباً عندما يكون مركز المضخة أعلى من مستوى سطح الماء. وسالباً عندما يكون مركز المضخة أسفل من مستوى سطح الماء في المصدر.

H_s = ضاغط السحب الاستاتيكي.

H_d = ضاغط الطـــرد الاستاتيكي.

obeikandl.com

$H_{f_{min}}$ = فواقد متنوعة حيث أن $H_{f_{min}} = \frac{20}{100}\left(H_{f_m} + H_{f_{min}}\right)$.

$H_{f_{min}}$ = فواقد ثانوية وهي تعادل ١٠٪ من فاقد الاحتكاك في الخط الرئيسي $\left(H_{f_{min}} = \frac{10}{100} H_{f_m}\right)$.

ويجب أن لا تتعدى فواقد الاحتكاك في الخطوط والفواقد الثانوية وفروق المناسيب عن ٢٠٪ من الضاغط الديناميكي الكلي.

(٥,١٠) قدرة المضخة المطلوبة Pump Power Requirement :

بعد إيجاد الضاغط الديناميكي الكلي (*TDH*) لنظام الري بالرش فلابد من ايجاد قدرة المضخة المناسبة. حيث يحتاج سحب المياه من المصدر ثم دفعها بضغط معين من خلال أنابيب شبكة نظام الري بالرش إلى مضخة مناسبة ذات قدرة معينة حتى يتم توزيع مياه الري من الرشاشات على المساحة المروية بانتظام وبكفاءة جيدة. ويمكن إيجاد قدرة المضخة المطلوب اختيارها لتشغيل نظام الري من المعادلات التالية:

$$W_P = \frac{Q_s * TDH}{K} \qquad (٥,٧٩)$$

$$H_P = \frac{W_P}{E_P} \qquad (٥,٨٠)$$

حيث أن :-

W_P = القدرة المائية للمضخة.

B_P = القدرة الفرملية للمضخة.

Q_s = تصرف نظام الري بالرش (لتر/ث).

TDH = الضاغط الديناميكي الكلي (متر).

Ep = كفاءة المضخة (٪).

K = ثابت ويساوي ٧٦ عند إيجاد القدرة بالحصان أو ١٠٢ عند إيجادها بالكيلووات. ومن المعلوم أن (١ حصان = ٠,٧٤٦ كيلووات).

أما قدرة المحرك المطلوب لتشغيل (إدارة) المضخة فيمكن إيجادها كالتالي:

obeikandl.com

$$H_{Pm} = \frac{H_P}{E_m} \qquad (٥,٨١)$$

حيث أن :

Ep = كفاءة المحرك (٪).

وبالتالي يمكن اختيار المضخة ذات القدرة المطلوبة. ويمكن افتراض أن كفاءة المضخة على أنها تتراوح بين ٧٥٪ إلى ٨٥٪، بينما كفاءة المحرك حوالي ٩٠ – ٩٥٪. وبصفة عامة يمكن خفض الكفاءة بنسبة ٥ – ١٠٪ عن الكفاءة الموجودة على منحنى المضخة المعطاة من قبل الشركة المنتجة. ويستحسن تحديد الكفاءة من عمل قياسات حقلية بين حين وآخر. ويجب أن لا تقل كفاءة المضخة عن ٧٥٪ وكفاءة المحرك عن ٩٠٪. ونجد أن كفاءة المضخة تتأثر بدرجة كبيرة بسرعة الدوران وتصميم المضخة وصيانتها وتآكلها.

اختيار الطاقة للمضخة :

معظم مضخات مياه الري تدار بواسطة محرك كهربائي أو ديزل. وأفضل مصدر للطاقة لإنشاء معين يعتمد على عوامل فيزيائية ومناخية. وعند اختيار مصدر الطاقة لابد من اعتبار العوامل التالية:

١ . مقدار القدرة الحصانية الفرملية للمضخة.
٢ . ساعات تشغيل المضخة في الموسم.
٣ . توفر وتكاليف الطاقة المستخدمة.
٤ . مقدار الاستهلاك والاستعمال للمضخة.
٥ . إمكانية نقل المضخة إلى مكان آخر.
٦ . إمكانية استخدام مصدر الطاقة لأعمال أخرى أثناء عدم الري.
٧ . توفر العمالة والحاجة إلى السهولة في التشغيل.

obeikandl.com

٨ . التشغيل في الطقس البارد.
٩ . تكاليف الطاقة الأولية أثناء الإنشاء.

لذلك لابد من اعتبار العوامل السابقة قبل اتخاذ القرار بشأن مصدر الطاقة. كذلك من الضروري أن تكون قدرة المحرك الحصانية مساوية لمتطلبات المضخة. لذلك عند وجود محرك يعطي قدرة زائدة فإن الكفاءة تنخفض عندما تكون متطلبات المضخة أقل.

(٥,١١) أمثلة محلولة :

مثال ١ :

نظـــام ري بالرش تقليدي متنقل يعطى معدل إضافة ١٢,٥ مم/ساعة يحوى النظام على خطين من الرشاشات طول كل منهما ١٨٦ متر وفى كل خط ١٦ رشاش. إذا كانـــت المسافة بين الرشاشات والخطوط هي ١٢ × ١٨ متـــر والزمن اللازم للنقل والتركيب هي ساعة واحدة. المطلوب إيجاد :-

١ . سعة النظام
٢ . عدد ساعات الري اللازمة لإضافة ٥٠ مم من ماء الري لحقل مربع مساحته ١٦ هكتار.
٣ . عدد الأيام المطلوبة لري الحقل ، علما أن النظام يشتغل ١٠ ساعات يومياً.

الحـــل

تصرف الرشاش الواحد:

$$Q_{sp} = R_a \times S_s \times S_l = \frac{12.5}{3600} \times 12 \times 18 = 0.75\ L/S$$

عدد الرشاشات الكلية للنظام:

$$N_{sp} = 16 \times 2 = 32$$

سعة النظام المستخدم:

$$Q_s = N_{sp} \times Q_{sp} = 32 \times 0.75 = 24\ L/S$$

obeikandi.com

زمن التشغيل للنظام:

$$T_i = \frac{D_g}{R_a} = \frac{50}{12.5} = 4\ hr$$

زمن الوضع الواحد:

$$T_{set} = T_i + T_{move} = 4 + 1 = 5\ hr$$

عدد الأوضاع اليومية:

$$N_{set} = \frac{T_d}{T_{set}} = \frac{10}{5} = 2$$

طول الخط الرئيسي:

$$L_m = \sqrt{16 \times 10^4} = 400\ m$$

عدد النقلات اللازمة:

$$N_P = \frac{L_m}{S_L} = \frac{400}{18} = 22$$

عدد الساعات الكلية المطلوبة لري الحقل:

$$T_t = T_{set} \times N_P = 5 \times 22 = 110\ hr$$

عدد الأيام المطلوبة لري الحقل:

$$N_d = \frac{T_t}{T_d} = \frac{110}{10} = 11\ days$$

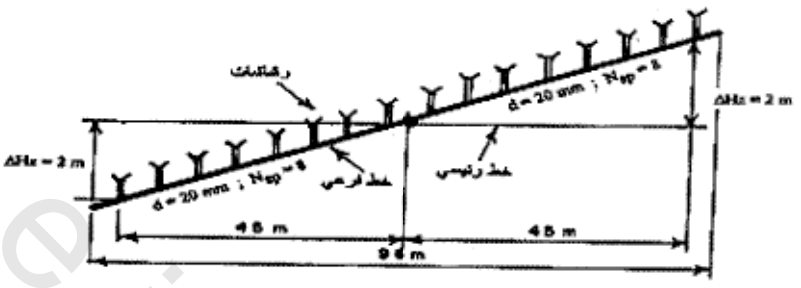
أو يمكن إيجاد عدد الأيام المطلوبة لري الحقل كالتالي :

$$N_d = \frac{N_P}{N_{set}} = \frac{22}{2} = 11\ days$$

مثال ٢ :

خط رئيسي على أرض مستوية في منتصف حقل مستطيل يغذى خط فرعى على كل جانب كما يوضح الشكل التالي. حيث يوجد ٨ رشاشات على كل جانب والمسافة بين الرشاشات ٦ متر، تصرف الرشاش = ١٢٠ لتر/ساعة، ضغط التشغيل = ٢٥ متر. مع العلم أن الخط الفرعي من البلاستيك ومعامل هيزن ويليام يساوي ١٤٠.

obeikandl.com



المطلوب : ١. حساب قطر الخط الفرعي.
٢. حساب الضغط في بداية كل خط.
٣. حساب الضغط في نهاية كل خط.

الحـــل

$$C_{HW} = 140 \quad , S_S = 6\,m \quad , L = 45\,m \quad , N_{sp} = 8$$

من الجدول (٤,١) نعين معامل الفتحات لثمانية رشاشات:

$$F = 0.377$$

تصرف الخط الفرعي الواحد:

$$Q_L = \frac{8 \times 120}{3600} = 0.267\ L/S$$

الفاقد المسموح به هو :

$$h_L \le 0.20\,H_{sp} \pm \Delta H_z$$

أولاً – في حالة الخط الفرعي الصاعد لأعلى:

$$h_L \le 0.20\,H_{sp} - \Delta H_z$$

فاقد الاحتكاك :

$$h_L = 0.20 \times 25 - 2 = 3\,m$$

$$\because h_L = 1.1\,H_f \qquad \therefore H_f = \frac{3}{1.1} = 2.73\,m$$

obeikandl.com

إيجاد قطر الخط الفرعي:

بتطبيق معادلة هيزن ويليام يمكن إيجاد القطر كالتالي :

$$H_f = 1.22\times10^{10}\times F\times L\times\left(\frac{Q_L}{C_{HW}}\right)^{1.852}\times d^{-4.87}$$

$$2.73 = 1.22\times10^{10}\times 0.377\times 45\times\left(\frac{0.267}{140}\right)^{1.852}\times d^{-4.87}$$

$$\therefore d = 15.8\ mm$$

وعند افتراض تغيير قطر الخط الفرعي إلي ٢٠ مم حتى يمكن تقليل فاقد الاحتكاك يعاد حساب فاقد الاحتكاك للقطر الجديد باستخدام معادلة هيزن ويليام فتكون قيمة (H_f) :

$$H_f = 0.88\ m$$

والفاقد المسموح به يساوى (h_L) :

$$h_L = H_f + \Delta H_Z = 0.88 + 2 = 2.88\ m$$

وبذلك يكون:

$$h_L < 20\%\, H_{sp} - \Delta H_z$$

ثانياً – الخط الفرعي الهابط إلي أسفل :

ويحسب (h_L) وبالتالي يكون :-

$$h_L \le 0.20\, H_{sp} + \Delta H_z$$

$$h_L = 0.20\times 25 + 2 = 7\ m$$

فاقد الاحتكاك :

$$H_f = \frac{7}{1.1} = 6.36\ m$$

$$H_f = 1.22\times10^{10}\times F\times L\times\left(\frac{Q_L}{C_{HW}}\right)^{1.852}\times d^{-4.87}$$

$$6.36 = 1.22\times10^{10}\times 0.377\times 45\times\left(\frac{0.267}{140}\right)^{1.852}\times d^{-4.87}$$

$$\therefore d = 13.3\ mm$$

obeikandl.com

وعند افتراض تغيير قطر الخـــط الفرعي إلي ١٦ مم حتى يمكن تقليل فرق الضاغط إلى أقـــل حد ممكن بين بداية كل خط فرعي يعاد حساب فاقد الاحتكاك للقطر الجديد باستخدام معادلة هيزن ويليام فيكون قيمة (H_f) كالتالي:

$$H_f = 2.58 \ m$$

والفاقد المسموح به يساوى (h_L) :

$$h_L = H_f - \Delta H_Z$$

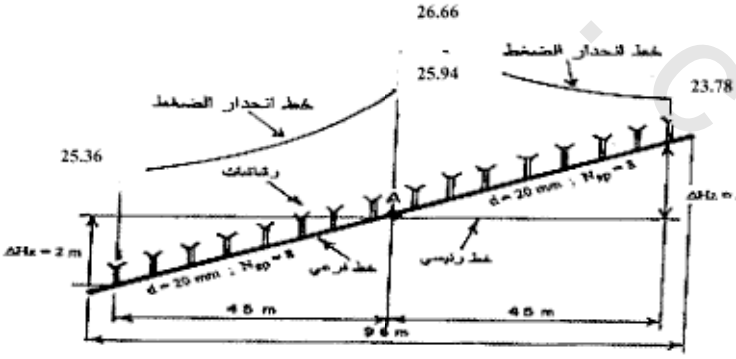
$$h_L = 2.58 - 2 = 0.58 \ m$$

وبذلك يكون: $h_L < 20\% H_{sp} - \Delta H_z$

ويمكن حساب كل من الضاغط في بداية ونهاية كل خط فرعي $(H_e \ \& H_L)$ كالتالي :

الخط الفرعي الصاعد إلي أعلى	الخط الفرعي الهابط إلي أسفل
$H_L = H_{sp} + 0.75H_f + 0.5\Delta H_z$ $= 25 + (0.75 \times 0.88) + 0.5 \times 2 = 26.66 m$	$H_L = H_{sp} + 0.75H_f - 0.5\Delta H_z$ $= 25 + (0.75 \times 2.58) - 0.5 \times 2 = 25.94 m$
$H_e = H_L - H_f - \Delta H_z$ $= 26.66 - 0.88 - 2 = 23.78 \ m$	$H_e = H_L - H_f + \Delta H_z$ $= 25.94 - 2.58 + 2 = 25.36 \ m$
$h_L = H_L - H_e = 26.66 - 23.78 = 2.88 m$	$h_L = H_L - H_e = 25.94 - 25.36 = 0.58 m$

ويـــبين الشكل رقم (٥,١٢) توزيع الضغوط على الخطوط الفرعية وبالتالي شكل خط الانحدار الهيدروليكي.



شكل (٥,١٢) رسم توضيحي لخطين فرعيين في ارض غير مستوية مع خط الميل الهيدروليكي لكل منهما.

مثال ٣ :

المطلـــوب تصـــميم نظام ري بالرش لري حقل مساحته ٣,٢ هكتار من محصول البرسيم المزروع في تربة لومية رملية *(Sandy Loam)* في مناخ صحراوي. إذا علمت أن الحقـــل مســـتوى، ومعدل التشغيل اليومي للنظام لا يزيد عن ٦ ساعات، وان الفترة بين الريات تساوى عدد أيام الري. المطلوب إيجاد كل من:-

١ . معدل الإضافة. ٢. الفترة بين الريات. ٣. العمق الكلى المضاف.

٤. سعة النظام (مم.هكتار/يوم). ٥. سعة المضخة الكلية في الرية الواحدة.

الحل

من الجدول (٣,٢) للتربة اللومية الرملية المستوية نحدد أقصى معدل إضافة:

$$Ra = 25\ mm/hr$$

من الجدول (١,١) للتربة اللومية الرملية نحدد سعة التربة التخزينية:

$$Taw = 120\ mm/1m$$

من الجدول (١,٣) لمحصول البرسيم نحدد عمق الجذور:

$$D_{rz} = \frac{120+180}{2} = 150\ cm$$

نفرض أن نسبة الاستنفاذ = ٥٠ ٪

$$D_n = Taw \times D_{rz} \times Mad$$

$$= \frac{120}{1} \times \frac{150}{100} \times 0.50 = 90\ mm$$

من الجدول (١,٤) لمحصول البرسيم المزروع في منطقة صحراوية نحدد الاستهلاك المائي اليومي:

$$ET_c = 10.2\ mm/day$$

الفترة بين الريات:

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{90}{10.2} = 8.82 = 9\ days$$

obeikandl.com

عمق الماء الصافي الفعلي:

$$D_n = II \times ET_c = 9 \times 10.2 = 91.8\ mm$$

عمق الماء المضاف الكلى في الرية بفرض أن كفاءة الري = ٧٠ ٪:

$$D_g = \frac{D_n}{E_a} = \frac{91.8}{0.70} = 131.1\ mm$$

زمن الري:

$$T_i = \frac{D_g}{R_a} = \frac{131.1}{25} = 5.24\ hr$$

وحيث أن أقصى تشغيل يومي للجهاز ٦ ساعات فتكون هناك رية واحدة يومياً.

سعة النظام:

$$Q_s = \frac{D_g \times A}{II} = \frac{131.1 \times 3.2}{9} = 46.61\ mm.ha/day$$

ســـعة المضخة في الريه الواحدة :

$$Q_{pump} = \frac{D_g \times A}{N_d \times T_i} = \frac{131.1 \times 3.2 \times 10000}{1000 \times 9 \times 5.24} = 88.96\ m^3/hr = 24.71\ L/sec$$

مثال ٤ :

حقل مستو مزروع به ثلاث محاصيل مختلفة خلال ثلاث سنوات متتالية. والمطلوب تصميم نظام ري بالرش لري المحاصيل إذا علمت أن :-

$$FC = 25\%(wt)\ ,WP = 15\%(wt)\ ,B_d = 1.2\ gm/cm^3\ ,E_i = 70\%$$

المحصول	عمق الجذور (Drz) متر	الاستهلاك المائي (ETc) مم/يوم	نسبة الاستنفاذ (Mad) ٪
أ	١,٢	٦	٨٠
ب	٠,٦	٦	٦٠
ج	٠,٩	٦	٧٠

obeikandl.com

وإذا كـــان تصـــرف الرشاش المستخدم ١,٧ م٣/ساعة وضغط التشغيل ٢٠ متر، ومعـــدل الإضـــافة ١١,٨ مم/ساعة. وخط الرشاشات من الألمنيوم المنقول باليد. وضـــع عـــلى مســـافة ١٢ متر على طول الخط الرئيسي الذي طوله ٣٦٠ متر وموضـــوع في منتصـــف الحقـــل. إذا كان زمن الري اليومي المتاح ١٨ ساعة. المطلـــوب: حســـاب عدد الخطوط الفرعية التي يمكن استخدامها لتعمل في نفس الوقت. إذا كان عدد أيام الري ٨٠ ٪ من الفترة بين الريات.

الحـــل

أولاً : بالنسبة للمحصول (أ) :

$$D_n = (FC - WP) \times B_d \times D_{rz} \times Mad$$

$$= (0.25 - 0.15) \times 1.2 \times 1.2 \times 1000 \times 0.8 = 115.2\ mm$$

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{115.2}{6} = 19.2 = 19\ days$$

$$D_g = \frac{D_n}{E_i} = \frac{115.2}{0.7} = 164.57\ mm$$

$$T_i = \frac{D_g}{R_a} = \frac{164.57}{11.8} = 13.95 = 14\ hr$$

عدد النقلات في اليوم الواحد (n_{set}) :

$$n_{set} = \frac{(T_i)_{at\ day}}{T_i} = \frac{18}{14} = 1.3 = 1$$

وبذلك يكون هناك ٤ ساعات للفك والنقل والتركيب.

عدد أيام الري:

$$N_d = 0.8 \times II = 0.8 \times 19 = 15\ \ day$$

عدد النقلات للخط الفرعي في الجانب الواحد:

$$N_{set} = \frac{L_m}{S_L} = \frac{360}{12} = 30$$

obeikandl.com

عدد النقلات في الجانبين:

$$N_{set} = 30 \times 2 = 60$$

لإيجاد عدد الخطوط الفرعية التي تعمل في اليوم الواحد :

١. عدد الخطوط في الجانب الواحد:

$$N_L = \frac{L_m}{n_{set} \times N_d \times S_L} = \frac{360}{1 \times 15 \times 12} = 2$$

٢. عدد الخطوط في الجانبين:

$$N_L = 2 \times 2 = 4$$

أو يمكن إيجاد عدد الخطوط الفرعية في الجانبين كالتالي :

$$N_L = \frac{N_{set}}{N_d} = \frac{60}{15} = 4$$

ويمكن اتباع نفس الخطوات السابقة بالنسبة للمحصول ب ، ج .

والجدول التالي يبين ملخص لنتائج الحسابات للمحاصيل كلها :

المحصول	Dn (مم)	II (يوم)	الفترة بين الريات الفعلية (يوم)	Dg (مم)	T_i (ساعة)	عدد الريات في اليوم	عدد الخطوط الفرعية لكل يوم	عدد الخطوط الفرعية لكل رية
أ	١١٥	١٩	١٥	١٦٤	١٤	١	٤	٤
ب	٤٣	٧	٥	٦١	٥	٣*	١٢	٤
ج	٧٦	١٣	١٠	١٠٩	٩	٢*	٦	٣

(*) عـــدد خطوط فرعية إضافية وفرت واستخدمت مع الخطوط الفرعية المتوفرة سابقاً للمحاصيل ب ، ج .

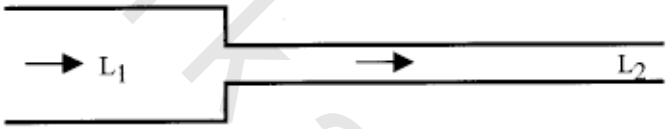
obeikandl.com

مثال ٥:

خط رشاشات أفقي عليه ٣٦ رشاش، والمسافة بين كل رشاشين ٩ متر. قطر الخط في ثلثه الأول ٧٥ مم ، ٥٠ مم في بقية الطول. تصرف الرشاش ٢,٣ جالون/دقيقة. ضـــغطه التصميمي ٤٠ رطل/بوصة٢. هل الفاقد نتيجة الاحتكاك على طول الخط في حدود المسموح به أم لا ؟ مع العلم أن : $F = 0.35 \ \& \ C_{HW} = 140$

الحل

$L_1 = 9 \times 12 = 108\ (m)$ $\qquad$ $L_2 = 9 \times 24 = 216\ (m)$



التصرف الكلي للخط:

$$Q_t = Q_{sp} \times N_{sp} = \frac{2.3}{15.85} \times 36 = 5.224\ L/sec$$

تصرف الطول (L_1) :

$$Q_1 = Q_t = 5.224\ L/sec$$

تصرف الطول (L_2) :

$$Q_2 = Q_{sp} \times N_{sp2} = \frac{2.3}{15.85} \times 24 = 3.483\ L/sec$$

الفاقد نتيجة الاحتكاك للطول L_1:

$$h_{f1} = 1.22 \times 10^{10} \times 0.35 \times 108 \times \left(\frac{5.224}{120}\right)^{.852} \times (75)^{-4.87} = 1.03\ m$$

الفاقد نتيجة الاحتكاك للطول L_2:

$$h_{f2} = 1.22 \times 10^{10} \times 0.35 \times 216 \times \left(\frac{3.483}{120}\right)^{.852} \times (50)^{-4.87} = 7.02\ m$$

الفاقد الكلي نتيجة الاحتكاك :

$$H_f = h_{f1} + h_{f2} = 1.03 + 7.02 = 8.05\ m$$

openkandi.com

الفاقد المسموح به :

$$(h_L)_{allowable} = 0.20 \times h_{sp} = 0.20 \times \left(\frac{40 \times 10}{14.225}\right) = 5.623\,m$$

وبذلك يكون : $H_f > h_L$

نسبة الفاقد الموجودة في الخط :

$$\%\,h_L = \frac{H_f}{H_{sp}} \times 100 = \frac{8.05}{\frac{40 \times 10}{14.225}} \times 100 = 29\%$$

وبذلك تكون نسبة الفاقد أكبر من المسموح به وهي ٢٠٪، لذلك لابد من تقليل الفاقد بالاحتكاك بزيادة قطر الجزء الثاني من الأنبوب وليكن ٦٠ مم بدلاً من ٥٠ مم.

مثال ٦:

يراد تصميم خط فرعي بقطرين فإذا علمت بالآتي:

طول الخط الفرعي ٢٨٨ متر ومصنوع من الألمنيوم حيث CHw ١٣٠ ، والتصرف في بداية الخط ١١٥٢ لتر/دقيقة، والمسافة بين الرشاشات ١٢م وتصرف الرشاش الواحد ٤٨ لتر/دقيقة ويوجد ٢٤ رشاش على الخط الفرعي وضغط الرشاش ٣٠٠ كيلوبسكال والخط صاعد لأعلى بمقدار ٢,٧٥ متر بين البداية والنهاية ويستخدم حامل رشاشات ارتفاعه ٢,٤ متر.

المطلوب : إيجاد الآتي:

١. أقل الأقطار للخط الفرعي بحيث لايتم تجاوز نسبة الفاقد المسموح به.

٢. الضغط المطلوب عند بداية الخط الفرعي.

الحل

$$h_L = 20\%\,H_{sp} \pm \Delta H_z$$

حيث أن الخط صاعد إلى أعلى:

$$h_L = \frac{0.20 \times 300}{9.81} - 2.75 = 3.37\,m$$

من الجدول (٤,١) نعين معامل الفتحات (٢٤ رشاش) :

$$F = 0.358$$

وبتطبيق معادلة هيزن ويليام لإيجاد الأقطار حيث:

$$Q_L = \frac{1152}{60} = 19.2\ Lit/sec$$

$$H_f = 1.22 \times 10^{10} \times F \times L \times \left(\frac{Q_L}{CHw}\right)^{1.852} \cdot d^{-4.87}$$

$$3.37 = 1.22 \times 10^{10} \times 0.358 \times 288 \times \left(\frac{19.2}{130}\right)^{1.852} \cdot d^{-4.87}$$

$$\therefore d = 114\ mm$$

وبمـــا أنـــه لاتوجد في الأسواق ماسورة ذات قطر ١١٤ مم ولكن يوجد أنابيب ذات قطر ١٢٥ مم ، ١٠٠ مم. لذلك سنختار أنابيب بالمواصفات التالية :

$d_1 = 125\ mm$	$d_2 = 100\ mm$
$L_1 = 144\ m$	$L_2 = 144\ m$
$N_{sp_1} = 12$	$N_{sp_2} = 12$
$Q_1 = 9.6\ Lit/sec$	$Q_2 = 9.6\ Lit/sec$

- ولإيجاد فاقد الاحتكاك في d_2 (حيث F = ٠,٣٦٧ من الجدول ٤,١) فإن :

$$H_{f_{L_2}}\ for\ d_2 = 1.22 \times 10^{10} \times 0.367 \times 144 \times \left(\frac{9.6}{130}\right)^{1.852} \cdot 100^{-4.87} = 0.93\ m$$

- ولإيجاد h_f في الطول L $(L = L_1 + L_2)$ وللتصرف Q_L $(Q_L = Q_1 + Q_2)$ للقطـــر d_1 $(d_1 = 125mm)$ ، ومعامل الفتحات = ٠,٣٥٨ فإن :

$$H_{f_{L_2}}\ for\ all\ d_1 = 1.22 \times 10^{10} \times 0.358 \times 288 \times \left(\frac{19.2}{130}\right)^{1.852} \cdot 125^{-4.87} = 2.24\ m$$

- ولإيجاد فاقد الاحتكاك في القطر d_1 في الطول L_2 فإن :

obeikandl.com

$$H_{f_{L_2}} \ for\ d_1 = 1.22\times10^{10}\times0.367\times144\times\left(\frac{9.6}{130}\right)^{1.852}\cdot125^{-4.87} = 0.31\,m$$

لذا نجد ان فاقد الاحتكاك في الخط الفرعي يكون :

$$H_f = 0.93 + 2.24 - 0.31 = 2.86\ m$$

لـــذا نجـــد أن فاقد الاحتكاك الناتج ٢,٨٦ متر أقل من قيمة الفاقد المسموح به وهي ٣,٣٧ متر. ولذلك يمكن زيادة طول الأنبوب ذو القطر ١٠٠ مم . وبذلك نفترض أن:

$d_1 = 125\ mm$	$d_2 = 100\ mm$
$L_1 = 96\ m$	$L_2 = 197\ m$
$N_{sp1} = 8$	$N_{sp2} = 16$
$Q_1 = 6.4\ Lit/sec$	$Q_2 = 12.8\ Lit/sec$

ثم يعاد إيجاد H_f الكلي حتى تقترب قيمة H_f من h_L $\left(H_f \le h_L\right)$.

مثال ٧:

يراد تصميم نظام ري بالرش يتكون من خمسة خطوط فرعية تعمل في وقت واحد. يوجـــد ٣٠ رشـــاش لكل خط فرعي بتصرف ٠,٣٦ لتر/ث لكل رشاش. ضغط التشغيل لكل خط فرعي كان ٣٩٣ كيلوبسكال. قطر الخط الرئيسي ٢٠,٣٢ سم مـــن الألمنـــيوم (CHw=144) . فاقد الاحتكاك وضاغط فرق المنسوب بين مستوى ســـطح الماء ومركز المضخة كان ٣٣,٣ م. الخطوط الفرعية تعمل في وقت واحد تـــبدأ مـــن A حـــتى E . إذا علمت ان ارتفاع كل نقطة على الخط والمسافة بين الخطوط في الجدول الآتي:

نقاط الخطوط	المنسوب (م)	المسافة بين النقاط (م)
Pump	48.41	36.58
A	47.55	18.29
B	48.46	18.29
C	48.77	18.29
D	47.85	18.29
E	47.24	18.29

المطلوب حساب كل من:

١. فواقد الاحتكاك على طول الخط الرئيسي.

٢. ضاغط السرعة عند كل نقطة.
٣. الضاغط المطلوب عند كل نقطة.
٤. الضاغط الديناميكي الكلي عند المضخة.

الحل

سوف نبدأ من نهاية الخط الرئيسي عند نقطة E حتى المضخة وهي بداية الخط الرئيسي. والتصرف لكل خط فرعي يكون كالتالي :

$$Q_L = Q_{sp} \times N_{sp} = 0.36 \times 30 = 10.8\ L/s$$

ويتم إيجاد فاقد الأحتكاك في الطول الواقع بين أي نقطتين على الخط الرئيسي والذي يعتمد على التصرف المار والطول مستخدماً في ذلك معادلة هيزن-ويليام. كذلك يتم إيجاد التصرف الكلي وفاقد الأحتكاك من نقطة D إلى نقطة E كمثال للنقاط الأخرى. والتصرف من D إلى E هو عبارة عن تصرف لخط فرعي واحد وبالتالي :

$$Q_{L-DE} = Q_L = 10.8\ L/s$$

وفاقد الاحتكاك بين نقطة D إلى نقطة E يكون :

$$h_{f_{DE}} = 1.22 \times 10^{10} \times 18.29 \times \left(\frac{10.8}{144}\right)^{1.852} \times (203.2)^{-4.87} = 0.011\ m$$

وحيث أن نقطة E هي النقطة الأخيرة على الخط الرئيسي ، لذلك يكون الضغط المطلوب عندها مساوياً للضغط عند بداية الخط الفرعي ويساوي ٣٩٣ كيلوبسكال ، وبالتالي يكون الضاغط عند E :

$$H_E = \frac{393}{9.81} = 40.073\ m$$

وبذلك يكون الضاغط الكلي عند E هو H_E مضاف إليه ضاغط السرعة والذي يكون صغيراً لأنه آخر خط فرعي موجود على الخط الرئيسي.

ولإيجاد فرق المنسوب من D إلى E يكون :

$$\Delta H_{Z-DE} = 47.24 - 47.85 = -0.61m$$

ولايجاد ضاغط السرعة عند D و E وكذلك الزيادة في ضاغط السرعة من D إلى E يكون كالتالي:

$$\because H_V = \frac{V^2}{2g} = \frac{Q^2}{2gA^2} = \frac{Q^2}{2\times 9.81\times\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2}$$

$$\therefore H_{V-E} = \frac{Q^2}{2\times 9.81\times\left(\frac{\pi}{4}d^2\right)^2} = \frac{(0.0108)^2}{2\times 9.81\times\left(\frac{\pi}{4}\times(0.2032)^2\right)^2} = \frac{(0.0108)^2}{0.02063} = 0.00565m$$

$$\therefore H_{V-D} = \frac{(0.0216)^2}{0.02063} = 0.02262\,m$$

$$\therefore H_{V-ED} = 0.00565 - 0.02262 = -0.01696\,m$$

ويمكن إيجاد الضاغط المطلوب عند نقطة D كالتالي :

$$\because H_i = H_n + H_{fi\to n} \pm \Delta H_{Zi\to n} + H_{Vi\to n}$$

$$\therefore H_D = 40.073 + 0.11 - 0.61 - 0.017 = 39.457\,m$$

يجب ملاحظة أن منسوب نقطة E أوطى من نقطة D . وبالتالي تطرح قيمة كل من ضاغط السرعة وفرق المنسوب من الضاغط عند نقطة E . بينما يضاف فاقد الأحتكاك إلى H_E .

ولقد تم إيجاد الضاغط المطلوب عند جميع النقاط على الخط الرئيسي حتى المضخة بنفس الطريقة السابقة، كذلك تم إيجاد TDH عند نقطة E باستخدام المعادلة التالية :

$$TDH_E = H_E + H_{f-PE} \pm \Delta H_{Z-SE} + H_{f-S} + \frac{V_E^{\,2}}{2g}$$

حيث أن :

TDH_E = الضاغط الديناميكي الكلي عند نقطة E .

H_E = الضاغط المطلوب عند نقطة E .

H_{f-PE} = فاقد الاحتكاك في الخط من المضخة إلى نقطة E .

$\Delta H_{Z\text{-}SE}$ = فرق المنسوب بين سطح الماء في المصدر ونقطة E .

$H_{f\text{-}S}$ = فاقد الأحتكاك في أنبوب السحب.

ولتطبيق هذه المعادلة لابد من ايجاد فواقد الاحتكاك الكلية على طول الخط من المضخة حتى نقطة E وهو $H_{f\text{-}PE}$، وكذلك الزيادة في فرق المنسوب من المضخة حتى نقطة E وهو $\Delta H_{f\text{-}PE}$. والجدول رقم (٥,٩) يوضح نتائج الحسابات المطلوبة في هذا المثال. وقد قسمت النتائج في هذا الجدول إلى ثلاثة اجزاء، حيث نجد ان الضاغط المطلوب عند كل نقطة في الجدول رقم (٥,٩ أ)، بينما في الجدول رقم (٥,٩ ب) الضاغط الديناميكي الكلي المطلوب عند كل نقطة على طول الخط الرئيسي بدايةً من المضخة.

وطريقة التحليل التي استخدمت في هذا المثال هو ان تكون بداية التحليل من نهاية الخط حتى نصل إلى المضخة واعتبار فواقد الاحتكاك والتغير في فروق المنسوب وضاغط السرعة على طول الخط يضمن أن TDH المحسوب للمضخة سوف يخدم بكفاءة جميع النقاط التي على الخط. وهذا هو السبب في أن TDH المحسوب لجميع النقاط في الجدول رقم (٥,٩ ب) كان متساوياً. ويمكن إيجاد TDH المطلوب عند المضخة بسهولة وذلك بإضافة الضاغط المطلوب وضاغط السرعة عند المضخة P إلى فاقد الاحتكاك وفرق المنسوب في أنبوب السحب.

كذلك يوضح الجدول رقم (٥,٩ أ) أن النقطة الأخيرة على الخط E ليست النقطة الحرجة بالنسبة للضغط ، ولكن نقطة C هي النقطة الحرجة حيث يوجد أقل ضغط. من المألوف أن يتم التحليل كما في المثال من نقطة النهاية حيث قد نتوقع بأنها النقطة الحرجة. ولكن من التحليل وجد أن النقطة الحرجة هي نقطة C مع العلم أن أعلى منسوب عند C . لذلك لابد من تعديل الضغط عند نقطة C إلى الضغط المطلوب وهو يعادل $40.073m$ ، وهذا سوف يؤثر في توزيع الضغط على طول الخط، ونتائج ذلك + التعديل موضح في الجدول رقم (٥,٩ ج).

obeikandi.com

أما *TDH* المطلوب عند المضخة يمكن إيجاده باستخدام النتائج التي في جدول رقم (٥,٩ ج) للضاغط المطلوب عند *P* زائداً ضاغط السرعة عند *P* مع إضافة فاقد الاحتكاك وفرق المنسوب لأنبوب السحب كما يلي:

$$TDH = 40.980 + 0.1414 + 0.333 + 0.148 = 41.87\ m$$

وهذا *TDH* عند المضخة سوف يوفر الضغط المطلوب لجميع النقاط كماهو مبين في الجدول رقم (٥,٩ ج) للخط الرئيسي.

كما ذكر سابقاً بأن ضاغط السرعة يمكن تجاهله في التحليل. ولكن في هذا المثال تم اعتباره للتوضيح وكذلك لمعرفة قيم هذا الضاغط على طول الخط. كذلك في هذا المثال تم تجاهل الفواقد الثانوية على طول الخط. ولكن هذا لن يؤثر على مكان النقطة الحرجة إذا تم اعتبار هذه الفواقد حيث ان قيمة هذه الفواقد متساوية عند كل مخرج. ولكن سوف تزيد من قيمة *TDH* عند اعتبارها بنسبة قليلة. غالباً لابد من إضافة حوالي ٢٠٪ من قيمة الفواقد الكلية في الخط الرئيسي كفواقد متنوعة لزيادة عامل الأمان أثناء التصميم ، كذلك لابد من اعتبار جميع الفواقد اثناء التصميم.

جدول رقم (٥,٩ أ) الضاغط المطلوب وفرق المنسوب وفواقد الاحتكاك عند كل نقطة على طول الخط الرئيسي.

اجزاء الخط الرئيسي	التصرف (لتر/ث)	فاقد الاحتكاك (متر)	فرق المنسوب (متر)	النقاط	ضاغط السرعة (متر)	الضاغط المطلوب (متر)
				E	0.0057	40.073
D - E	10.800	0.011	- 0.610			
				D	0.0226	39.457
C - D	21.600	0.038	- 0.920			
				C	0.0509	38.547
B - C	32.400	0.081	0.310			
				B	0.0905	38.898
A - B	43.200	0.138	0.910			
				A	0.1414	39.896
P - A	54.000	0.418	- 0.860			
				P	0.1414	39.454

جدول رقم (٥,٩ ب) الضاغط الديناميكي الكلي عند كل نقطة على طول الخط بداية من المضخة.

الضاغط الديناميكي الكلي* TDH (متر)	النقاط	فرق المنسوب (متر)	فاقد الاحتكاك (متر)	اجزاء الخط الرئيسي
39.928	P			
		- 0.860	0.418	P - A
39.928	A			
		0.050	0.556	P - B
39.928	B			
		0.360	0.637	P - C
39.928	C			
		- 0.560	0.676	P - D
39.928	D			
		- 1.170	0.686	P - E
39.928	E			

* يشمل فاقد الاحتكاك وفرق المنسوب في أنبوب السحب

جدول رقم (٥,٩ ج) الضاغط المطلوب وضاغط السرعة عند كل نقطة على طول الخط الرئيسي.

الضاغط المطلوب (متر)	ضاغط السرعة (متر)	النقاط	فرق المنسوب (متر)	فاقد الاحتكاك (متر)	التصرف (لتر/ث)	اجزاء الخط الرئيسي
41.599	0.0057	E				
			- 0.610	0.011	10.800	D - E
40.983	0.0226	D				
			- 0.920	0.038	21.600	C - D
40.073	0.0509	C				
			0.310	0.081	32.400	B - C
40.424	0.0905	B				
			0.910	0.138	43.200	A - B
41.422	0.1414	A				
			- 0.860	0.418	54.000	P - A
40.980	0.1414	P				

obeikandl.com