الفصل السابع

نظام الري بالرش المحوري
Center-Pivot Irrigation System

اتســـعت الرقعة الزراعية توسعاً كبيراً خلال السنوات الأخيرة في مجال الزراعة ولاسيما زراعة القمح في المناطق الجافة. وقد صاحب هذا التوسع الكبير والسريع في آن واحد استعمال نظم ري حديثة ، وكان نظام الري بالرش المحوري من أهم هذه الأنظمة انتشاراً حيث يتم بواسطته إضافة كميات كبيرة من مياه الري إلى مساحات كـــبيرة من الأراضي. ويلائم استخدام نظام الري بالرش المحوري عديدا من الظروف الحقلـــية فهو يصلح لري معظم المحاصيل ولمعظم الأراضي وذلك للمرونة الكبيرة التي يتمـــيز بها النظام ولإمكانية التحكم في تشغيله بكفاءة عالية. ويمكن استخدامه تحت معظم الظروف المناخية. كذلك يمكن إضافة الأسمدة والمواد الكيميائية بواسطة نظام الري المحوري. أيضاً فإن هذا النظام لا يتطلب عمالة كبيرة في تشغيله بالمقارنة بنظم الـــري الأخـــرى. ولكي يتم الاستخدام الأمثل للنظام لابد من الأخذ بعين الاعتبار بالنقاط التالية :-

١ . يجب دراسة ملاءمة كل من التربة، وتضاريس الأرض، والمحاصيل لهذا النظام. كذلك معرفة تكلفة الآلات والصيانة والتشغيل لهذا الجهاز المحوري.

٢ . نظراً لساعات التشغيل الطويلة، والتي قد تتجاوز ٢٠٠٠ ساعة خلال الموسم، يجـــب أن يكـــون الـــنظام المستخدم موثوقا به ويمكن الاعتماد عليه، وقابل للإصـــلاح الســـريع في الحقل. حيث أن تعطيل الجهاز لعدة أيام خلال فترة

أقصـــى احتياجات مائية للمحصول قد يؤدى إلى ضياع المحصول أو انخفاض الإنتاج بدرجة كبيرة.

(٧,١) وصف النظام المحوري :

يتكون النظام المحوري من خط أنابيب يحتوى على رشاشات ومثبت من أحد طرفيه. الطرف المثبت يسمى بنقطة المحور والطرف الحر يسمى بالنهاية الطرفية. نقطة المحـــور عـــبارة عن قاعدة خرسانية مثبت عليها المحور. يرتفع هذا الأنبوب والذي يســـمى بخط الرشاشات عن الأرض بمسافة قد تصل إلى ٣ أمتار. يُحّمل هذا الخط عن الأرض بواسطة عدة ركائز تسمى بالأبراج وبواسطة أسلاك أو هياكل معدنية. يبعد كل برج عن الآخر على طول الخط بمسافة تتراوح من ٢٥ إلى ٧٥ متر تتوقف عـــلى طـــول خط الرش المحوري حيث تقل عندما يطول الخط حتى تتحمل الأبراج الوزن الناتج من زيادة الطول وتزيد هذه المسافة بين الأبراج عندما يقل طول الخط. وتركـــب هذه الأبـــراج على عجـــلات أو زحافات ، تتراوح أطوال الأنابيب بين ٥٠-٨٠٠ مـــتر ولكن الطول الشائع الاستخدام حوالي ٤٠٠ متر، والقطر الشائع الاستخدام للأنابيب يتراوح بين ١٤٢-١٦٨ مم.

يزود النظام بالمياه بواسطة أنبوب يمتد عبر الحقل تحت سطح الأرض إذا كان مصـــدر المـــاء خارج الحقل، أو من بئر قريب من المحور ثم إلى خط الرشاشات عن طـــريق المحور ، كما هو موضح بالشكل رقم (٢,١٥) ثم إلى الرشاشات. أثناء الري عـــند تشغيل النظام يدور خط الرشاشات باستمرار حول المحور دون توقف ليروى مســـاحة دائرية قد تصل إلى ١٠٠ هكتار تبعا لطول خط الرشاشات. وقد تستغرق الـــدورة الواحدة من عدة ساعات إلى عدة أيام حسب سرعة دوران الخط والعمق المـــراد إضـــافته أثناء الري. ويمكن للنظام الدوران للأمام أو الخلف حسب تعليمات المؤقـــت الزمني في لوحة الضبط والتحكم الموجودة قريبة من المحور. ونجد أن سرعة الـــدوران للأبراج تزداد للخط كلما ابتعد عن نقطة المحور وذلك حتى يمكن إضافة كميات متساوية من المياه للمساحة المروية.

تدار عجلات الأبراج بواسطة محرك كهربائي صغير الحجم قدرته تتراوح بين ٠,٥ إلى ١,٥ حصان يركب على كل برج لإدارة العجلتين المحمول عليها البرج وذلك في حالة الأجهزة التي تدار كهربائيا وهى الأكثر انتشاراً. ويحصل على الطاقة الكهربائية من مولد عند المحور يعمل بواسطة آلة احتراق داخلي، أو من شبكة الكهرباء العامة عن طريق توصيلات مدفونة تحت الأرض إلى المحور . معظم نظم الري المحوري تعمل بجهد يتراوح بين ٣٨٠-٤٨٠ فولت (تيار ثلاثي الأوجه)، وبتردد ٦٠ هرتز، أما دوائر التحكم في النظام فتعمل عادة بجهد ١١٠ فولت.

وهناك وسائل أخرى لتحريك الأبراج غير الطاقة الكهربائية مثل الطاقة الهيدروليكية باستخدام زيت تحت ضغط يتراوح بين ٤١٠٠-١٣٨٠٠ ك.بسكال (٦٠٠-٢٠٠٠ رطل/بوصة^2) عند المحور ويتم نقله إلى الأبراج بواسطة أنابيب صغيرة حتى المكبس الهيدروليكي أو المحرك الدوار عند كل برج. ضغط الزيت يتم الحصول عليه بواسطة مضخة عند المحور تعمل بواسطة آلة احتراق أو محرك كهربائي.

تركب أجهزة خاصة على الأبراج للتحكم في حركة كل برج على طول الخط المحوري وذلك لحفظ الخط في استقامة واحدة ابتداء من نقطة المحور إلى البرج الأخير. ويتحكم البرج الأخير في سرعة دوران النظام حيث أن الحركة تبدأ منه.

استقامة الأنبوب تتم من قبل الأبراج التي تأخذ مساراتها بحرية بالنسبة للبرج الأخير، ومحور الجهاز. وفى حالة حدوث خلل في استقامة النظام. يتوقف الجهاز عن الحركة ذاتياً. وذلك بسبب وجود أجهزة مزودة بها لإيقاف النظام كليا في حالة حدوث عطل أو خلل في الاستقامة.

يركب على خط الرشاشات أما رشاشات ثابتة أو دوارة وتكون المسافات بين هذه الرشاشات متساوية أو متغيرة أو تتغير أحجام الرشاشات مع تساوى المسافات بينهما. وذلك حتى يمكن الحصول على معدل إضافة متزايد كلما ابتعدنا عن المحور. ونجد أن الرشاشات مرتبة على المحور بأرقام معينة، وهذا الترتيب في غاية الأهمية ولا يجب تغييره عند صيانة الرشاشات أو استبدالها، لأن ذلك يؤثر على توزيع المياه على المحصول ويتراوح معدل الإضافة بين ٥-٧٥ مم/ساعة على طول

الخط للرشاشات الدوارة، بينما يزداد معدل الإضافة عند استخدام الرشاشات الثابتة إلى حـــوالي ٣٠٠ مـــم/ساعة عند الطرف البعيد من المحور. ويعتمد الضغط اللازم لتشغيل النظام على نوع الرشاشات المستعملة، وأيضا على طول الخط المحوري. ونجد أن الرشاشـــات الثابـــتة تحتاج إلى ضغط تشغيل أقل بالمقارنة بالدوارة مما يقلل من استهلاك الطاقة المستخدمة. وتستخدم الأنابيب الساقطة مع الرشاشات الثابتة وذلك لإضافة مياه الري بالقرب من المحصول وهذا يقلل من فاقد المياه بالبخر، وتقليل تأثير الرياح على توزيع المياه.

أهم عيوب نظام الري المحوري:

١ – يـــروي دائـــرة ويترك أركان الحقل بدون ري حيث تبلغ حوالي ٢١٪ من مساحة الحقل ما لم يكن هناك رشاش مدفعي لري الأركان.

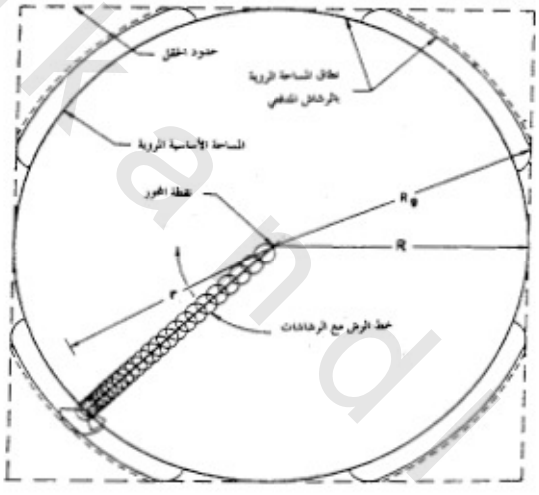
٢ – يكون متوسط معدل الإضافة كبيراً عند نهاية خط الرش المحوري ، وقد يصل إلى حوالي ١٠٠ مم/ساعة مع بعض ترتيب الرشاشات.

٣ – يجب استخدم الإضافة الخفيفة والمتكررة مع معظم الترب عدا الترب الرملية لتقليل أو إلغاء مشاكل الجريان السطحي التي تنتج من معدل الإضافة العالي. في بعض الحالات يمكن زيادة سرعة دوران الجهاز لتجنب الجريان السطحي ولكـــن هذه الزيادة تؤدي إلى زيادة فواقد الرش وتكاليف الصيانة بالإضافة إلى إمكانية حدوث خفض في إنتاج المحصول.

٤ – في حالـــة الأراضي ذات الميول فإن ضغط التشغيل سوف يتغير على طول خط الـــرش المحـــوري بدرجة كبيرة سواء الخط صاعداً أو هابطاً. مما يؤدي إلى تغير تصرف الرشاشات ما لم يكن هناك منظمات ضغط موجودة عند كل رشاش.

الشـــكل رقم (٧,١) يبين التخطيط العام لمكونات نظام الري المحوري مع وجـــود رشـــاش مدفعي خاص يروي فقط عند مرور خط الرش المحوري بأركان الحقل. فمثلاً إذا كان نصف قطر دائرة الرش ٤٠٢ متر ($R=402m$) وكذلك نصف

قطر البلل الفعال للرشاش المدفعي ٣٠ متر (*Rg-R=30m*) فإن المساحة المروية الكلية تكون حوالي ٥٥ هكتار. وهذا يمثل حوالي ٨٥٪ من مساحة الحقل الكلية، وبالتالي هناك حوالي ١٥٪ من المساحة لم تروى، إن المساحات التي على شكل هلال (شكل ٧,١) في الأركان الأربعة والمروية بواسطة الرشاش المدفعي حوالي ١ هكتار لكل مساحة، وبالتالي تكون المساحة المروية بدون رشاش مدفعي هي ٥٠,٨ هكتار والتي تمثل حوالي ٨٠ من مساحة الحقل التي هي ٦٥ هكتار.

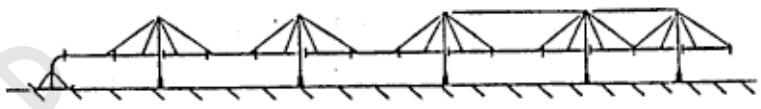


الشكل رقم (٧,١) تخطيط عام للمساحات المروية بواسطة نظام الري المحوري والرشاش المدفعي.

أنابيب خط الرشاشات :

لابد أن تكون هذه الأنابيب قوية ومقاومة للصدأ ولتأثير المواد الكيميائية والأملاح. كذلك تقاوم التآكل الناتج من المواد العالقة في المياه. وغالبا تكون هذه الأنابيب من الصلب المدهون أو الحديد المجلفن وقد تكون من البلاستيك. وقد يكون هناك نوعين من حيث تركيب خط الرشاشات على الأبراج كالتالي :-

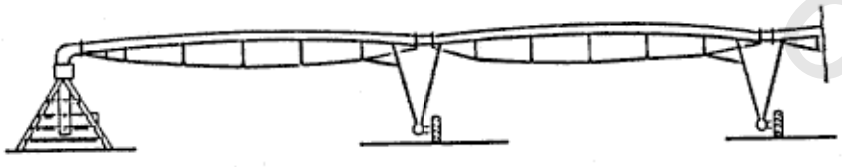
١ . خط الرشاشات مشدود بأسلاك من الصلب مكونة مثلثات حول كل برج، خط الرشاشات يكون مستقيما، شكل رقم (٧,٢). يكون ارتفاع البرج عن سطح الأرض حوالي ٦ متر، وارتفاع خط الرشاشات حوالي ٣ متر .



الشكل رقم (٧,٢) خط الرشاشات المستقيم مشدود بأسلاك ممتدة من الأبراج إلى الخط.

٢ . خط الرشاشات يكون على شكل منحنى مدعوما بهياكل معدنية وأسلاك معدنية. حيث تكون الهياكل مشدودة في الخط والأسلاك المعدنية التي تنتهي في نهاية كل وصلة من الأنابيب عند الأبراج، شكل رقم (٧,٣).

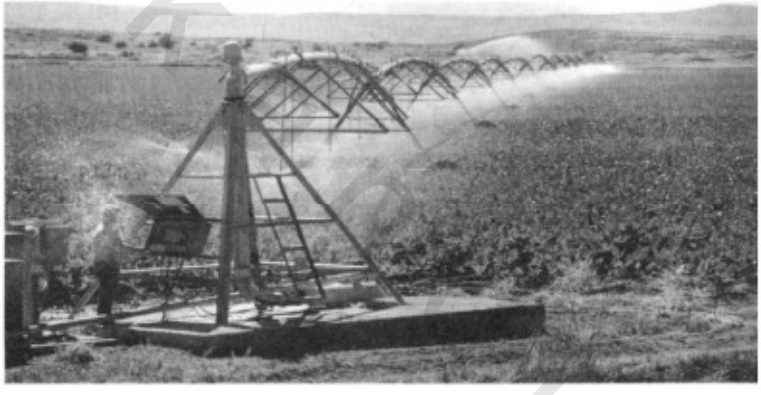
وتوجد وصلات مرنة بين أجزاء الخط عند كل برج تسمح بالحركة في الاتجاهين الأفقي والرأسي ولاتسمح بتسرب المياه، كذلك تسمح بحدوث زوايا صغيرة بينهما. هذه الوصلات قوية ومرنة جدا، وتصنع من الألياف الصناعية المرنة. وقد يتكون خط الرشاشات من أكثر من قطر واحد خاصة في الخطوط الطويلة .



الشكل رقم (٧,٣) خط الرشاشات المنحني مرتكز على الأبراج مدعوماً بهياكل وأسلاك معدنية.

آلية الدفع : Drive Mechanism

يـــتحرك النظام المحوري باستمرار أثناء الري حول نقطة تسمى نقطة المحور، ويتم الـــتحكم في حركة النظام بواسطة صندوق التحكم الذي يوجد عادة بالقرب من نقطة المحـــور، شكل رقم (٧,٤). وصندوق التحكم يوجد به عدة مفاتيح يمكن عن طريقها اختيار النسبة المئوية لسرعة الدوران أو اتجاه حركة الدوران للجهاز أو تشغيل أو إيقاف الـــنظام إلى غـــير ذلك من المفاتيح. في الواقع سرعة البرج الأخير لا تتغير مع اختلاف النسبة ولكن خطوة الحركة والإيقاف (Start- and - Stop) هي التي يمكن تغيرها.



الشكل رقم (٧,٤) صندوق التحكم القريب من قاعدة المحور.

ولكـــل بـــرج وحدة دفع مستقلة خاصة به، مما يسمح لكل برج أن يتحرك بسرعة مخـــتلفة. مـــع زيـــادة البعد عن المحور يزداد طول محيط الدائرة التي يقطعها البرج، مما يستدعي تحركه بسرعة أكبر للمحافظة على استقامة أنبوب الرش أثناء الدوران. وطاقة الدفع للأبراج قد تكون مائية أو كهربائية. فالطاقة المائية تستمد من خلال ضغط الماء داخـــل أنـــبوب الرش ، وتستخدم لإدارة محرك مائي مماثل لذلك المستخدم في مدافع الـــرش المدفعي وفى بعض الأحيان يستخدم مصدر مائي منفصل أو نظام هيدروليكي يعمل بالزيت. ويتم التحكم في سرعة الأبراج وبالتالي في سرعة أنبوب الرش بتحديد

مقـــدار التصـــرف إلى كل محرك مائي. كما يمكن التحكم في استقامة أنبوب الرش باستخدام أسلاك تحكم على طول الأنبوب فعلى سبيل المثال إذا تحرك أحد الأبراج إلى الأمام أكثر مما ينبغي ليسحب الأنبوب عند ذلك البرج مؤثرا على استقامته، فلابد أن يـــزداد الشـــد على هذا السلك فيقفل محبس تزويد المحرك المائي لهذا البرج مما يؤدى بدوره إلى تباطؤ ذلك البرج. وبشكل مماثل إذا تباطأ إحدى الأبراج عن الآخرين يؤثر ذلك على سلك آخر فيشده ليفتح محبس التزويد فيزيد سرعة ذلك البرج.

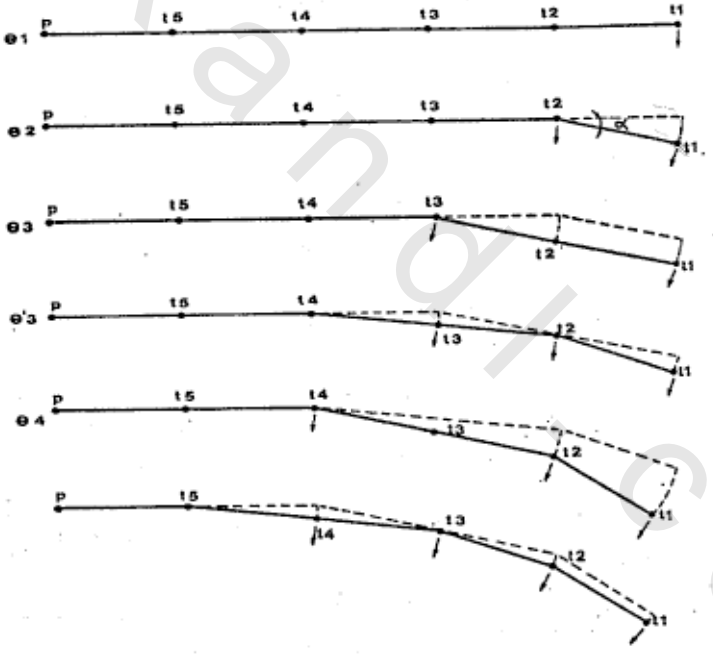
ويمكـــن الـــتحكم بسرعة دوران أنبوب الرش بضبط سرعة البرج الأخير، وعـــندما يبدأ هذا البرج في الحركة تستجيب باقي الأبراج تبعا لذلك بصورة آلية نظـــراً لاتصالها ببعضها البعض بأسلاك التحكم ويعتبر العيب الرئيسي في استخدام المحرك المائي هو أن الجهاز لا يعمل إلا أثناء عملية الري، ولا يمكن تحريك الأنبوب عندما لا يكون فيه ماء.

وعند توفر الطاقة الكهربائية يزود كل برج بمحرك كهربائي منفصل قدرته بـــين ٠,٥-١,٥ حصـــان، ويعمل المحرك بدفع العجلات أو الزحافات عن طريق صـــندوق تـــروس أو سلسلة دفع. ويتم التحكم في دوران أنبوب الرش من خلال ضـــبط سرعة البرج الأخير بواسطة صندوق تحكم قريب من المحور. ويتم المحافظة على استقامة أنبوب الرش بطريقة مشابهة لتلك المستخدمة في حالة المحركات المائية، حيث تستخدم أسلاك التحكم لتشغيل أو إيقاف المحركات الكهربائية.

(٧,٢) طريقة دوران خط الرشاشات :

لشـــرح هذه الطريقة سوف نأخذ مثالا لنظام ري محوري يتكون من خمسة أبراج (شكل رقم ٧,٥) تبدأ ببرج رقم (t_1) في نهاية خط الرشاشات إلى برج رقم (t_5) القريـــب من المحور ، كما هو في الشكل حيث أن البرج الأخير (t_1) يتحكم في حـــركة الجهاز وهو يتحرك بسرعة أمامية ثابتة (Forward Speed) ولكن تردده في حركته وإيقافه (Start and Stop) في وحدة الزمن (Frequency) يختلف حسب تشغيله وذلـــك باختـــيار نسبة السرعة التي تتراوح بين (صفر -١٠٠٪) داخل صندوق

التحكم (Control Box) ، وبالتالي يتم اختيار سرعة دوران (Rotation Speed) للبرج الأخـــير عن طريق النسبة المئوية لسرعة الدوران بالنسبة لسرعة الدوران القصوى. حيث أن البرج الأخير يتحرك باستمرار بدون توقف عند سرعة الدوران القصوى وهـــي عـــند النسبة المئوية ١٠٠٪، فإذا كان نظام الري يلف دورة كاملة في ٢٤ ساعة مثلا عند السرعة الدورانية القصوى ، والنسبة المئوية المختارة هي ٧٥٪ فأننا نتوقع أن يلف الجهاز الدائرة كاملة في ٣٢ ساعة (٢٤ ÷ ٠,٧٥ = ٣٢) وهكذا. ومن الجدير بالذكر أيضا انه يمكن عكس اتجاه حركة الجهاز وذلك بواسطة الضغط على مفتاح السرعة الخلفية في صندوق التحكم .



t = رقم البرج θ = الزمن p = نقطة المحور α = الزاوية بين الأنبوبين المتجاورين
(مع ملاحظة: أن الزوايا بين الأبراج مكبرة لتسهيل الفهم حيث يتعذر ملاحظتها في الحقل)

الشكل رقم (٧,٥) تخطيط بياني لحركة الأبراج للنظام المحوري.

عـــندما يـــبدأ في تشغيل نظام الري المحوري بتشغيل المضخة تبدأ الرشاشـــات في الـــري، ويـــبدأ الجهاز في الدوران حول محوره على النحـــو التالي . يتحرك البرج الأخير (t_1) وبذلك فأن الخط الواصل بين البرج (t_1) والبرج (t_2) يصنع زاوية مقدارها (α) مع الخط الواصل بين البرج (t_1) والبرج (t_3) بعد ذلك يبدأ البرج (t_2) في التحرك إلى أن يصل إلى خط الواصل بين (t_1) والبرج (t_3) بعد ذلك يتوقف البرج (t_2) ولكن يبدأ البرج (t_3) في التحرك حتى يصبح على استقامة مع الخط الواصل بين (t_2) و (t_4) وهكـــذا يـــبدأ (t_4) في الـــتحرك حتى تصل الحركة (t_5) حيث أن هذه الحركة بين الأبـــراج (t_2) إلى (t_5) حركة تعاقبية. مع ملاحظة أنه قد يتحرك أيضا البرج (t_1) في أثنـــاء ذلك ويبـــدأ في عمـــل زاوية مع البرج (t_2) وهكذا يتحرك (t_2) كما يتضح من الشكل .

لذلـــك نجـــد أن الـــبرج يتحرك عندما تكون $\alpha \geq \alpha_o$ ، ويتوقف عندما تكون $\alpha_o = 0.0$. أي يكـــون الـــبرج مع البرجين الذي قبله والذي بعده على استقامة واحدة. حيث أن α_o هي زاوية التصميم من قبل الشركة المنتجة (Pre - Set angle). وإذا تحرك برج ما وكوّن زاوية مع البرج الذي يليه أكبر من زاوية التصميم المحددة مـــن قـــبل الشركة المنتجة فإن الجهاز يتوقف كلياً عن العمل لوجود أجهزة أمان لـــلمحافظة عـــلى استقامة خط الرش، مثل هذه الحالات تحدث عند تغريز بعض العجلات أثناء الري.

(٧,٣) عناصر تشغيل نظام الري المحوري:

هناك بعض العناصر المطلوب معرفتها عند تشغيل جهاز الري المحوري حتى يمكـــن الحصول على نظام ري ذو كفاءة جيدة وهي زمن الدورة الفعلية للجهاز ونسبة التوقيت وعمق الماء المضاف وبالتالي لابد من حساب الزمن الفعلي للدورة تحـــت ظروف التشغيل في الحقل. حيث نجد أن الزمن النظري المحسوب بالمعادلات يخـــتلف عـــن الزمن الفعلي، وذلك بسبب اختلاف نوع التربة وتضاريس الحقل

ومقاســـات العجل وانزلاقه. ويمكن معرفة زمن الدورة الفعلي للجهاز عند ضبط نســـبة التوقيت في صندوق التحكم (شكل رقم ٧,٦) عند نسبة ١٠٠٪. وبالتالي يمكـــن حساب الزمن الذي استغرقه الجهاز لعمل دورة واحدة عند نسبة ١٠٠٪ وهـــذا يعطى سرعة البرج الأخير. ومن المعروف أنه عند ضبط السرعة على نسبة ١٠٠٪ فمعـــنى ذلـــك أن البرج الأخير يتحرك ٦٠ ثانية في الدقيقة، أي يتحرك باستمرار دون توقف. أما إذا تم الضبط على توقيت ٧٥٪ فأن البرج الأخير يتحرك ٤٥ ثانـــية كل دقيقة، أي يتحرك ٧٥٪ من الدقيقة فإذا كان الجهاز يقوم بإكمال الـــدورة في زمن ١٢ ساعة مثلاً عند نسبة ١٠٠٪ فنجد أنه يستغرق ١٦ ساعة في الـــدورة عـــند نسبة ٧٥٪ (١٢÷٠,٧٥ =١٦) وهـــكذا. وبالتالي يمكن حساب سرعة البرج الأخير من المعادلة التالية:

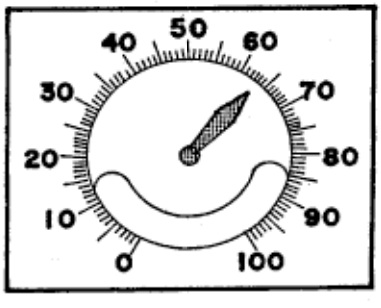
$$V = \frac{2 \times 3.14 \times R_L}{T_{rev}} \qquad (٧,١)$$

حيث أن:

R_L = المسافة من البرج الأخير إلى المحور (متر).

T_{rev} = زمن الدورة أثناء التشغيل (دقيقة).

V = سرعة دوران البرج الأخير (متر/دقيقة).



الشكل رقم (٧,٦) مقياس التحكم في سرعة الدوران.

obeikandl.com

كذلك لابد من تحديد نسبة التوقيت المطلوبة عند تشغيل نظام الري المحوري. وهناك عوامل تحدد اختيار هذه النسبة مثل عمق الماء المراد إضافته أثناء الري وكذلك نوع التربة. ومن المعلوم أن عمق الماء المضاف يتناسب عكسياً مع نسبة التوقيت. وهناك علاقة مباشرة بين زمن الدورة ونسبة التوقيت وعمق الماء المضاف وكذلك سرعة الدوران. ويمكن إيجاد تلك العلاقات بالمعادلات التالية:

$$T_{rev_1} \cdot X_1\% = T_{rev2} \cdot X_2\% \qquad (٧,٢)$$

$$d_{g_1} \cdot X_1\% = d_{g2} \cdot X_2\% \qquad (٧,٣)$$

$$\frac{d_{g1}}{T_{rev1}} = \frac{d_{g2}}{T_{rev2}} \qquad (٧,٤)$$

$$\frac{d_{g1}}{V_2} = \frac{d_{g2}}{V_1} \qquad (٧,٥)$$

حيث أن :

T_{rev_2} , T_{rev_1} = زمن الدورة عند نسبة توقيت X_2 , $X_1\%$ على التوالي.

d_{g_2} , d_{g_1} = عمق الماء المضاف عند T_{rev_2} , T_{rev_1} أو عند V_2 , V_1 على التوالي.

والمثال التالي يوضح استخدام هذه العلاقات:

مثال: عند ضبط جهاز الري المحوري على سرعة ١٠٠٪ كان زمن الدورة ١٢ ساعة وعمق الماء المضاف ١٣ مم. فإذا تم ضبط الجهاز على سرعة ٧٥٪ فما هو عمق الماء المضاف في هذه الحالة ؟

الحل

$$\because T_{rev_1} \times X_1 = T_{rev_2} \times X_2 \qquad 12 \times 100 = T_{rev_2} \times 75$$

$$\therefore T_{rev_2} = \frac{12 \times 100}{75} = 16hr$$

$$\because \frac{dg_1}{T_{rev1}} = \frac{dg_2}{T_{rev2}} \qquad \frac{13}{12} = \frac{dg_2}{16}$$

$$\therefore dg_2 = \frac{13 \times 15}{12} = 17.3mm$$

obeikandl.com

(٧,٤) اختلاف معدل الإضافة على طول الخط وترتيب الرشاشات:

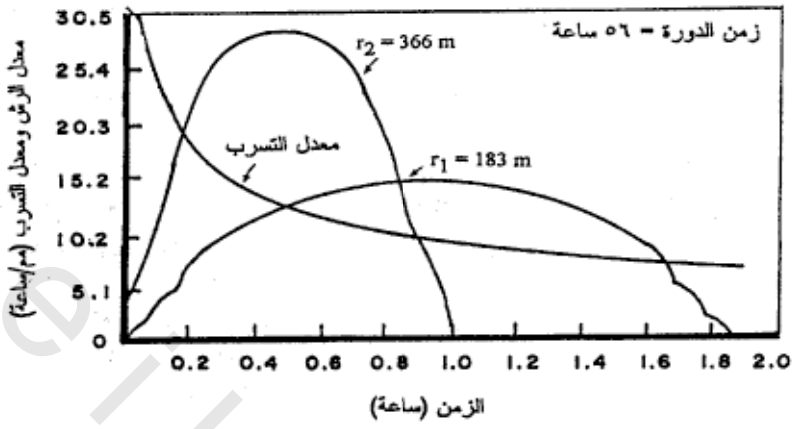
تتم عملية إضافة المياه للتربة على طول خط الرش المحوري بحيث يتزايد معدل الإضافة من قيمة صغرى بالقرب من المحور إلى قيمة عظمى عند الطرف البعيد للخط وبالتالي يكون معدل الإضافة الخارج من الرشاشات غير متساوي على طول الخط، والسبب في ذلك أن زمن إضافة المياه لموضع معين في الحقل يتناقص كلما زاد بعد هذا الموضع عن المحور. وللحصول على نفس عمق المياه (D_g) المطلوب أضافته في السرية عند المواضع المختلفة يتحتم زيادة معدل الإضافة على طول الخط المحوري. الزمن المطلوب لإضافة (D_g) يختلف في مواضع مختلفة على طول خط الرش المحوري لأنواع مختلفة من الرشاشات وسرعات الدوران. الشكل رقم (٧,٧) يبين الاختلاف في قيم معدل الإضافة وزمن الإضافة في موضعين على طول الخط الواحد، كذلك يوضح الشكل اختلاف عمق الجريان السطحي عند معرفة معدل التسرب على طول خط الرش المحوري، حيث يزداد ذلك العمق كلما ابتعدنا من المحور. وعلى ذلك فأن التحكم في معدلات الإضافة على طول الخط يستلزم اختيار الرشاشات المناسبة، والمسافات المناسبة وكذلك ضغط التشغيل المناسب.

ويتوقف معدل الإضافة على العوامل التالية :

١. نوع الرشاش المستخدم.
٢. المسافة بين الرشاشات على طول الخط.
٣. قطر دائرة الرش لكل رشاش.
٤. ضغط التشغيل عند فوهة الرشاش.
٥. طول خط الرش المحوري.

وعلى ذلك فأن التحكم في معدلات الإضافة على طول الخط يتطلب اختيار:

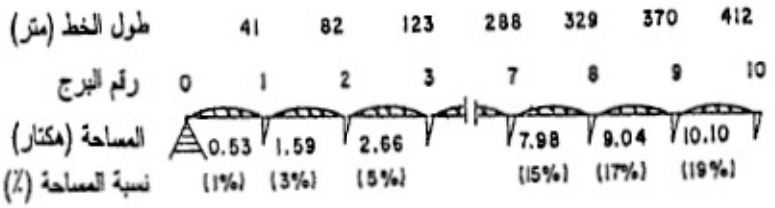
أ . حجم الرشاشات المناسبة.
ب. المسافة بين الرشاشات المناسبة.
ج . ضغط التشغيل المطلوب.



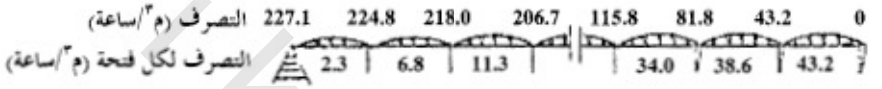
الشكل رقم (٧,٧) مقارنة بين معدل الإضافة وزمن الإضافة عند موضعين على خط رش واحد.

ويجب ملاحظة أن تغيير سرعة دوران الخط لا يؤثر على معدلات الإضافة، وإنما يؤثر على قيمة (D_g) المضاف في الدورة الواحدة. حيث تقل قيمة (D_g) بزيادة سرعة الدوران.

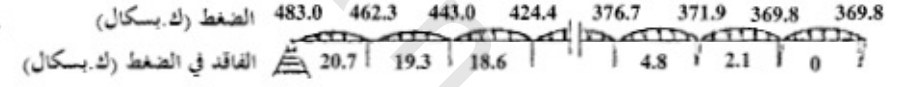
ولتوضيح أسباب تغير معدل الإضافة على طول خط الرش المحوري فالشكل رقم (٧,٨) يبين توزيع المساحة المروية والتصرف الخارج من النظام المحوري وكذلك ضغط التشغيل ونسبة الفاقد في الضغط لنظام ري محوري يتكون من عشرة أبراج، وطول خط الرشاشات ٤١٢ متر. نجد أن نسبة المساحة بين المحور والبرج الأول هي ١٪ من المساحة الكلية بينما نجدها ١٩٪ بين البرج رقم ٩ ، ١٠ مع العلم أن المسافة بين الأبراج تقريباً ثابتة. لذلك نجد أن التصرف الخارج من الرشاشات يزداد كلما ابتعدنا عن المحور. كذلك نجد أن ضغط التشغيل يكون أعلى عند المحور ثم يقل كلما اتجهنا إلى نهاية الخط. وأيضاً الفاقد بالاحتكاك يقل كلما اتجهنا إلى نهاية الخط وذلك لزيادة عدد المخارج في الخط .



١ – توزيع المساحة المروية على طول خط الرش المحوري.



٢– توزيع التصرف على طول خط الرش المحوري لتصرف ٢٢٧,١ م٣/ساعة

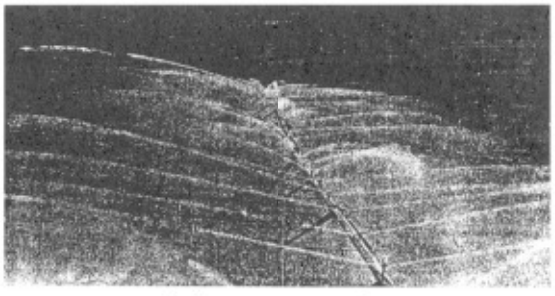


٣– توزيع الضغط والفاقد في الضغط على طول خط الرش المحوري لتصرف ٢٢٧,١ م٣/ساعة

الشكل رقم (٧,٨) توزيع المساحة والتصرف والضغط على طول خط الرش المحوري.

ترتيب الرشاشات على طول خط الرش :–

الرشاشات المستخدمة في جهاز الرش المحوري تكون أما رشاشات دوارة (Rotary impact Sprinklers) توضع فوق خط الرش كما يوضح ذلك الشكل رقم (٧,٩أ). أو رشاشات ثابتة (Fixed Spray Nozzles) توضع أسفل خط الرش مركبة في نهاية الأنابيب الساقطة أو مركبة على ذراع Boom قصير أو طويل موصل بنهاية الأنابيب الساقطة بحيث يوجد على كل ذراع أكثر من رشاش كما موضح ذلك في الشكل رقم (٧,٩ب) وذلك لزيادة عرض المساحة المروية وانتظامية المياه المضافة.



أ . رشاشات دوارة فوق خط الرش المحوري

ب . رشاشات ثابتة اسفل خط الرش المحوري

الشكل رقم (٧,٩) ترتيب الرشاشات على خط الرش المحوري.

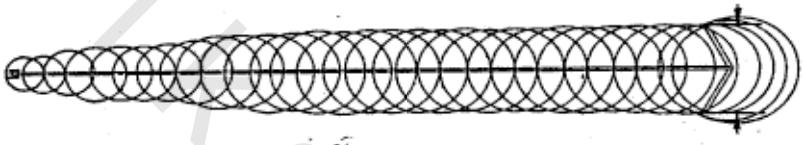
ويخضع توزيعها على طول خط الرش المحوري لإحدى الحالات الرئيسية التالية ، شكل رقم (٧,١٠) وذلك حتى يمكن الحصول على انتظام في توزيع المياه على المساحة المروية:

١ . الرشاشات المستخدمة توضع على مسافات متساوية على طول خط الرش المحوري (تتراوح من ٦-١٢ متر) . ولكن هذه الرشاشات ذات تصرفات متغيرة ، بحيث يزداد قطر البلل وتصرف هذه الرشاشات كلما ابتعدنا عن المحور ، شكل رقم (٧,١٠,١) .

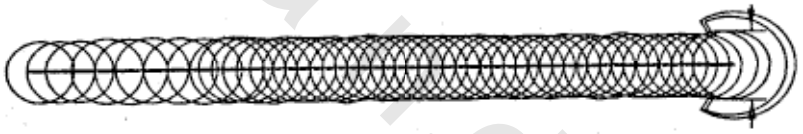
٢ . الرشاشات المستخدمة ذات تصرف وحجم ثابت على طول الخط المحوري ولكن تقل المسافة بين هذه الرشاشات كلما ابتعدنا عن المحور. تتراوح المسافة

بين (٩-١٢ متر) بالقرب من المحور ثم تقل حتى تصل حوالي (١,٥-٢ متر) في نهاية خط الرشاشات ، شكل رقم (٧,١٠,٢).

٣ . يكـــون هذا الترتيب خليط من الترتيب الأول والثاني حيث يتم تقسيم خط الرش المحوري إلى ثلاثة أو أربعة أجزاء ، وقد يتم استخدام مسافات متساوية مـــع تغير التصرفات للرشاشات في الجزء الأول من خط الرش ثم يكون هناك ترتيب آخر في الجزء الثاني من خط الرش وهكذا.



١. رشاشات دوارة مختلفة الحجم



٢. رشاشات دوارة متساوية الحجم

٣. رشاشات ثابتة

الشكل رقم (٧,١٠) أشكال البلل الناتجة من الرشاشات على طول خط الرشاشات المحوري.

ويمكـــن اســـتخدام الرشاشـــات الدوارة أو الثابتة مع نظام الري المحوري. وتســـتخدم الرشاشـــات الدوارة ذات زوايا القذف التي تتراوح من ٦° إلى ١٨° وذلك لتقليل فواقـــد الرش الناتجة من الرياح ودرجة الحرارة. ويفضل استخـــدام الزوايا الأقل في حالة الرياح الشديدة. وهذا النوع من الرشاشات يعطي دوائر بلل

أكبر وانتظامية عالية، ولكنها تحتاج إلى ضغوط تشغيل أعلى من الرشاشات الثابتة مما يزيد من تكاليف الطاقة. ولا يفضل استخدام هذا النوع من الرشاشات في المناطق الجافة أو شبه الجافة لارتفاع نسبة فواقد الرش.

أما الرشاشات الثابتة فيمكن استخدامها أسفل خط الرش المحوري بحيث تستخدم مع أنابيب ساقطة وهذه الرشاشات تعطي دوائر بلل صغيرة مما يؤدي إلى استخدام عدد أكبر من الرشاشات مقارنة بالدوارة ولكن تحتاج إلى ضغوط تشغيل أقل. كذلك يتم إضافة المياه بالقرب من سطح الأرض مما يقلل فواقد الرش ، ويناسب هذا النوع من الرشاشات المناطق الجافة نظراً لزيادة درجة الحرارة وسرعة الرياح. وينشأ نتيجة استخدام هذه الرشاشات مشكلة الجريان السطحي بسبب زيادة معدل الإضافة عن معدل التسرب للتربة خاصة في الجزء الأخير من خط الرش. لذلك يفضل استخدام الرشاشات الثابتة مع الأراضي ذات معدل التسرب العالي وكذلك الأراضي المستوية. وقد تحتاج هذه الرشاشات إلى منظمات ضغط تركب عند قاعدة الرشاش في الأراضي الغير مستوية للمحافظة على انتظامية الضغط خاصة في النصف الأول من خط الرش المحوري لوجود ضغط عالي في ذلك الجزء من خط الرش.

ويعتبر الترتيب الأول (رشاشات على مسافات متساوية) هو الأكثر استخداماً. والسبب في ذلك يعود إلى سهولة التصميم من قبل الشركة المنتجة، بالإضافة إلى سهولة تركيب وصيانة هذه الرشاشات. ولكن في هذا الترتيب تحتاج الرشاشات ذات التصرف العالي في نهاية خط الرش إلى ضغوط تشغيل عالية. وهذه الرشاشات تعطي قطرات مائية كبيرة الحجم تؤثر على حبيبات بعض أنواع من الترب مما يقلل من معدل التسرب للتربة، كذلك تعطي معدلات رش عالية وهذا يؤدي إلى زيادة الجريان السطحي تحت هذه الرشاشات. ويمكن تجنب هذه المشكلة في نهاية خط الرش باستخدام الترتيب الثالث وذلك لتفادي استخدام رشاشات ذات تصرفات عالية.

(٧,٥) ري الأركان في نظام الري المحوري :

غالبا ما يكون شكل الحقل المراد ريه مربعاً ومعنى ذلك أن استعمال نظام الري المحوري سيروى دائرة داخل المربع ويتبقى أربعة أركان تبلغ مساحتها حوالي ٢١٪ من مساحة الحقل المربع بدون ري حسب المعادلة التالية:

$$\frac{4R^2 - \pi R^2}{4R^2} = 0.21 \qquad (٧,٦)$$

حيث أن R هي تقريباً نصف طول أو عرض الحقل المروي.

وهناك طرق متنوعة لري أركان الحقل أهمها:

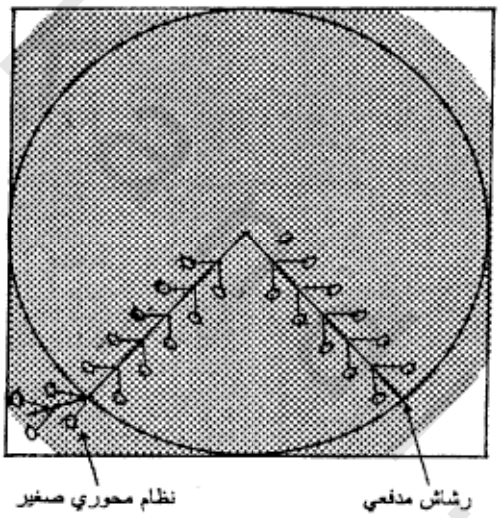
١ . نظام محوري صغير:

وهذا يتم تركيبه في نهاية خط الرش المحوري كما يوضح ذلك الشكل رقم (٧,١١)، وهو عبارة عن وصلة من الأنابيب مركب عليها عدة رشاشات ثابتة أو دوارة متصلة مع نهاية خط الرش المحوري. وهذا النظام يتحرك خلف خط الرش المحوري صانعاً معه زاوية ٩٠° وعند الوصول إلى بداية الركن وبواسطة أجهزة تحكم تركب عليه وكذلك موجودة في خط السير لذلك النظام يبدأ ينفرج هذا الذراع (أنبوب خط الرش) لذلك النظام ليصل إلى أقصى وضع عند مروره على قطر المربع حيث يكون على استقامة مع خط الرش المحوري ثم بعد ذلك يبدأ في الانثناء مرة أخرى حتى تصل الزاوية إلى ٩٠° وتتوقف بعد ذلك عملية الرش من ذلك النظام. ويجب ملاحظة ان بداية ونهاية الري من ذلك النظام تتم بواسطة أجهزة اليكترونية تعمل عند وصول النظام إلى بداية ونهاية ركن الحقل المراد ريه.

٢ . رشاش مدفعي :

وهذا الرشاش يتم تركيبه عند نهاية خط الرش المحوري لري الأركان كما يوضح ذلك الشكل رقم (٧,١١). وهناك عدة أنواع من الرشاشات المدفعية تختلف في التصميم من حيث زاوية الرش وقطر دائرة البلل وكيفية تشغيل الرشاش أثناء الري حسب الشركات المنتجة. وعلى العموم تروى مساحة من الأركان

تـــتوقف على حسب قطر البلل للرشاش المدفعي. وهذه الرشاشات المدفعية تؤدي إلى انخفاض كفاءة الإضافة وزيادة التكاليف وبالتالي يفضل عدم استخدامها. وفي حالة الاستخدام يفضل الرشاش المدفعي الصغير الذي يعطي قطر بلل يتراوح من ٦ إلى ١٢ متر. وعند استخدام رشاش مدفعي لابد من تركيب مضخة مساعدة على التوالي لرفع الضغط Booster Pump في نهاية خط الرش المحوري لأن الضغط في نهاية الخـــط قد تناقص ولايكون مناسباً لتشغيل الرشاش المدفعي الذي يحتاج إلى ضغط تشغيل أعلى من ذلك.



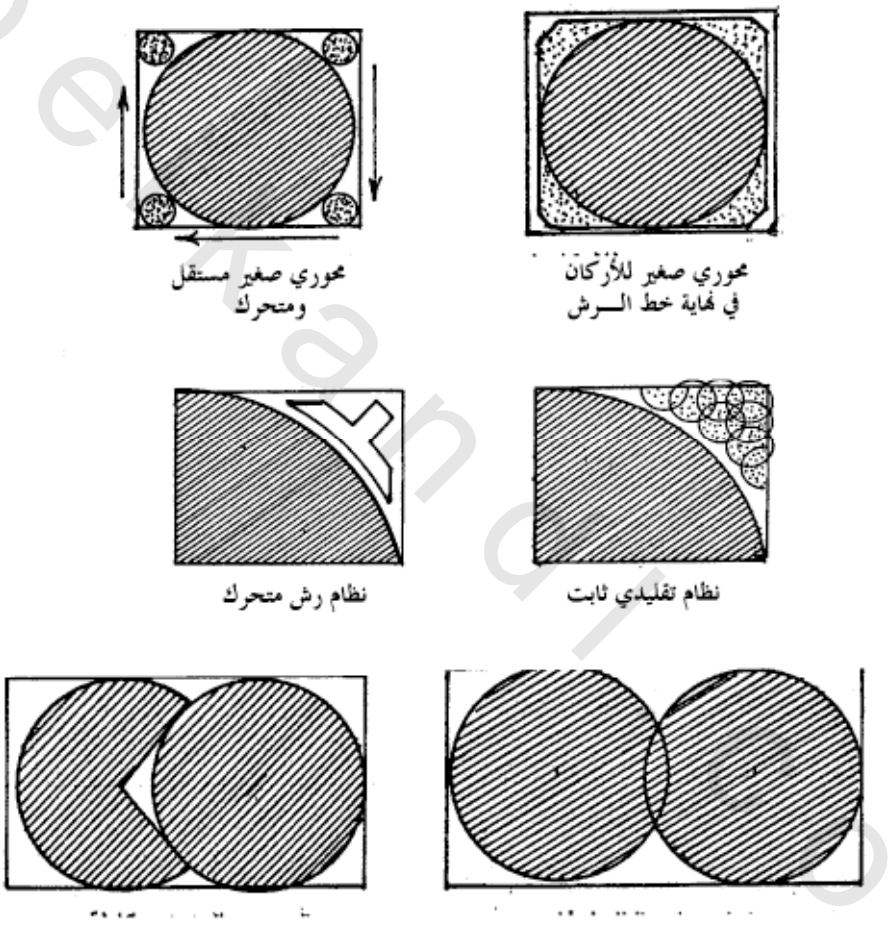
الشكل رقم (٧,١١) نظام الري المحوري مركب عليه نظام ري محوري صغير ورشاش مدفعي في نهايته لري الأركان.

ويمكـــن إيجـــاد المســـاحة المروية (هكتار) في كل ركن بواسطة الرشاش المدفعي كالتالي:

$$A_g = \frac{90^o - 2\,Cos^{-1}\left(\frac{R}{R_g}\right)}{90^o} \times \frac{\pi\left(R_g{}^2 - R^2\right)}{4 \times 10000} \qquad (٧,٧)$$

٣. نظم ري أخرى:

توجد وسائل ري أخرى مستقلة عن نظام الري المحوري لري الأركان وذلك باستخدام نظم ري تقليدية أو أي نظم أخرى كما يوضح ذلك الشكل رقم (٧,١٢).



الشكل رقم (٧,١٢) الوسائل المختلفة لري الأركان.

(٧,٦) معدل التسرب والتخزين السطحي: Infiltration Rate and Surface Storage

معـــدلات الإضافة القصوى المقترحة لنظم الري بالرش المنقولة والمدفعية مع معظـــم الـــترب مبينة بالجدول رقم (٤,١). هذه القيم التي بالجدول يمكن زيادتها بدرجـــة كبيرة بدون حدوث جريان سطحي عند إضافة ري خفيف ومتكرر مع نظـــام الري المحوري. هذا يرجع إلى وجود التخزين السطحي (حجز وتخزين المياه عـــلى ســـطح التربة) الذي يلعب دوراً هاماً في تخزين كمية من الماء المضاف على الســـطح لفـــترة قصيرة حتى تتمكن التربة من امتصاصه وبالتالي تسربه إلى داخل التربة. هذا التخزين السطحي قلل كمية الجريان السطحي الناتج من هذه الإضافة.

الـــتخزين الســـطحي يحدث في المنخفضات أو الجيوب الصغيرة المنتشرة بكثرة في الحقل، وعادة تكثر هذه المنخفضات أو الجيوب في بداية الموسم بعد حراثة وتسوية الحقل. متوسط عمق التخزين السطحي في الأرض المستوية لا يزيد عادة عن ٧,٥ مـــم ، ولكـــن كمية التخزين السطحي بشكل عام تعتمد على الميل العام للحقل، وتســـوية الأرض بعـــد الحـــراثة وخشـــونة سطح التربة. وهناك معادلات يمكن استخدامها لحساب كمية التخزين السطحي بعد معرفة العوامل التي تؤثر في ذلك.

هـــناك آلات حراثة يمكن استخدامها في الأراضي ذات الميول لزيادة كمية التخزين الســـطحي لمنع أو تقليل كمية الجريان السطحي وذلك بعمل حواجز صغيرة على مســـافات معيـــنة أو عمل بعض الحفر الصغيرة في الأماكن التي يكثر بها الجريان السطحي. هذا الإجراء يزيد من التكاليف وأيضاً ليس سهل الإجراء. بالإضافة إلى ذلـــك فـــإن بعض هذه الحواجز dikes مع تقدم موسم الري تختفي أو يحدث إزالة لجـــزء منها مما يؤدي إلى حدوث نحر للتربة ولمجموعة من الحواجز التي تليها بسبب تقدم موجة المياه الناتجة من هذه الحواجز خاصة في الأراضي المنحدرة.

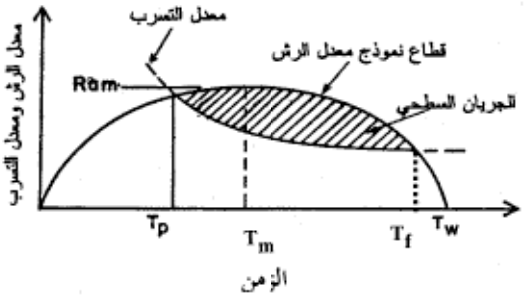
هناك أيضاً عامل آخر يساعد نظام الري المحوري على إضافة معدل إضافة عالي مع تقليل كمية الجريان السطحي وذلك بالاستفادة من خاصية التسرب للتربة وهي أن

سعة التسرب Infiltration Capacity تكون عالية في بداية الري ثم تقل مع الزمن. وبالتالي يمكن إضافة مياه ري خفيفة ومتكررة حتى يمكن الاستفادة من هذه الخاصية. مثال على ذلك الشكل رقم (٧,١٣) نجد أن الجزء المظلل يصف الجريان السطحي عند رسم منحنيات معدل تسرب التربة مع قطاع نموذج البلل لمعدل الإضافة والذي على هيئة نصف قطع مكافئ عند استخدام نظام الري المحوري. والجريان السطحي الناتج في الشكل بعد مرور زمن مقداره T_w، كانت بدايته عندما أصبح معدل الإضافة أكبر من معدل التسرب عند النقطة T_p. إذا زادت سرعة نظام الري المحوري فإن Ram (أقصى معدل إضافة) يبقى ثابتاً ولكن T_w (زمن الإضافة) سوف يقل، وهذا سوف يقلل من كمية الجريان السطحي (الممثلة بالمساحة المظللة). وهذا الانخفاض في كمية الجريان السطحي نتيجة زيادة السرعة بالتالي فإن التخزين السطحي للتربة قد يلغي أو يقلل من الجريان السطحي. أو بمعنى آخر أن مساحة منحنى نموذج البلل لمعدل الإضافة تساوي عمق الماء الواصل إلى سطح التربة (D_n). فإذا تم تقليل (D_n). أثناء الإضافة فإن زمن الإضافة سوف يقل وبالتالي يكون الري خفيف ولكن متكرر حتى يتم إضافة الاحتياجات المائية للمحصول في الوقت المناسب. وبالتالي نجد أن قيمة Ram تبقى ثابتة ولكن قيمة كل من D_n ، D_g ، T_w قد انخفضت بالتساوي. وبالتالي نجد أن منحنى معدل الإضافة تحول إلى اليسار ولذلك انخفض الجريان السطحي. ويمكن إيجاد زمن الإضافة عند أي مسافة r من المحور كالتالي:

$$T_w = \frac{T_{rev} \cdot D_w}{2\pi r} \qquad (٧,٨)$$

حيث أن:

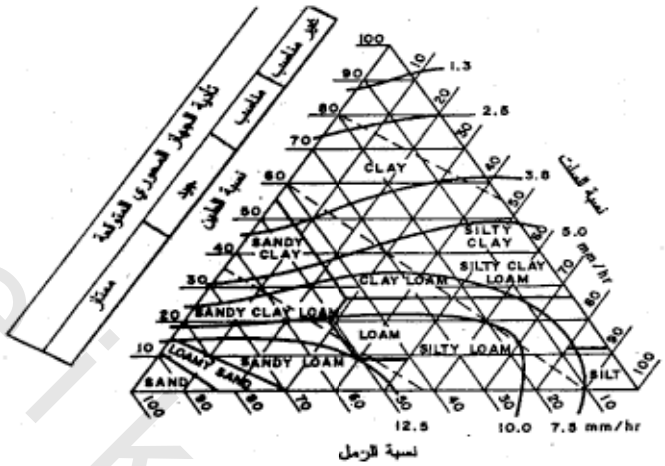
D_w = قطر بلل الرشاش عند المسافة r من المحور.



الشكل رقم (٧,١٣) تقاطع منحنى التسرب ونموذج قطاع البلل لرشاش ثابت أثناء تشغيل نظام الري المحوري.

معرفة أو وجود بيانات عن معدل التسرب للترب يعتبر هام وضروري عند تصميم نظام الري المحوري حتى يمكن تجنب أو إقلال مشكلة الجريان السطحي عند استخدام النظام. والمنحنيات بالشكل رقم (٧,١٤) يمكن أن تستخدم في التقديرات الأولية لمعدل التسرب الذي يعتمد على قوام التربة. والشكل رقم (٧,١٤) يوضح مثلث تصنيف قوام التربة مع معدلات التسرب العامة لهذه الترب والتي تم تطبيقها مع مثلث قوام التربة على هيئة خطوط كنتورية وكذلك خصائص تأدية نظام الري المحوري المتوقعة للترب الغير مزروعة ذات القوام المتوسط والتي يمثلها الخطوط المتقطعة والتي تبدأ من اليسار بالنسبة بالشكل.

يمكن استخدام هذا الشكل في التصميم الأولى كوسيلة إرشادية حتى يمكن معرفة وتحديد أماكن استخدام نظام الري المحوري التي لا تسبب جريان سطحي أو بعض الصعوبات في الإدارة الحقلية. لذلك يكون استخدام الشكل مفيداً خاصة عند عدم وجود خبرة في إدارة هذا النظام من حيث التشغيل وترتيب الرشاشات واختلاف معدلات الإضافة على طول خط الرش المحوري. مع مراعاة استخدام الشكل رقم (٧,١٤) في التقدير الأولى لمعدل التسرب لأن هناك عوامل أخرى غير قوام التربة تؤثر في سعة التسرب للتربة مثل بناء التربة وميل سطح الأرض والغطاء النباتي.



الشكل رقم (٧,١٤) الخطوط الكنتورية العامة لمعدلات التسرب مركبة مع مثلث تصنيف قوام التربة وتأدية نظام الري المحوري.

وعموماً يمكن تلخيص تأدية نظام الري المحوري المتوقعة مع تصنيف قوام التربة كالتالي:

١ . ممتاز إلى جيد مع الترب التي يحددها خط معدل التسرب الكنتوري ١٠ مم/ساعة. التأدية الجيدة مع هذه الترب مستقلة نسبياً عن حجم القطرات ومعدل الإضافة والتخزين السطحي.

٢ . جيد إلى مقبول إلى حدما للترب التي تقع بين ١٠ مم/ساعة و ٥ مم/ساعة لخطوط الكنتور. تتطلب التأدية الجيدة للنظام معدل إضافة منخفض مع قطرات مائية صغيرة وكذلك وجود التخزين السطحي مهماً.

٣ . مقبول إلى حدما إلى غير مناسبة للاستخدام مع النظام المحوري وذلك للترب التي تقع خارج ٥ مم/ساعة لخط الكنتور. والتأدية الجيدة تعتمد بدرجة كبيرة على وجود التخزين السطحي حتى عند استخدام أعماق إضافة صغيرة بمعدلات إضافة منخفضة.

لذلك عند مشاهدتك نظام ري محوري يروي تحت ظروف مشابهة (نوع التربة، ميل الأرض، معدل الإضافة، وترتيب الرشاشات) فإن مراقبة تأدية النظام تكون مفيدة جداً في تطوير التصميم وإرشادات الإدارة الحقلية. كذلك إجراء قياس معدلات التسرب في الحقل مفيداً عند عدم وجود البيانات والخبرة المحلية.

(٧,٧) تصميم نظام الري المحوري:

قبل البدء في خطوات التصميم لنظام ري محوري ما لابد من دراسة هيدروليكا النظام والتي تشمل العناصر التالية:

١. ضغط التشغيل عند المحور وفي نهاية الخط.
٢. التصرف المطلوب للنظام والذي يعتمد على الآتي:
   أ. المساحة المروية.
   ب. الاحتياج المائي للمحصول.
   ج. عناصر المناخ.
   د. نوع التربة ومعدل التسرب.
   هـ. تضاريس الحقل.
   و. مدى توافر المياه بالمصدر.
٣. معرفة نوع وقطر الخط الرئيسي في النظام.
٤. معرفة نوع وسعة المضخة.
٥. معرفة مستوى سطح الماء في المصدر من مركز المضخة.
٦. تضاريس الحقل ومقدار الارتفاع والانخفاض به.
٧. عوامل أخرى متنوعة مثل: التجهيزات والتوصيلات مثل الأكواع والصمامات... إلخ

لذلك لابد منذ دراسة ومعرفة العوامل السابقة حتى يمكن دراسة هيدروليكا نظام الري المحوري حتى يمكن الحصول على تصميم جيد لنظام الري.

obeikandl.com

وعند التصميم لابد من أتباع الخطوات التالية:

١ . يتشـــابه نظام الري المحوري مع نظم الرش الأخرى من حيث جمع المعلومات الأولـــية لكل من التربة والمحصول والمناخ ومصدر الماء المتاح للري (كميتها ونوعيتها) وكذلك تصميم الخط الرئيسي ما بين مصدر الماء ونقطة المحور، إذا كان المصدر خارج الحقل .

٢ . إيجاد نصف قطر المساحة المروية (R) للأرض وذلك بأخذ نصف أقصر طول أو بعد للحقل كالتالي :

$$R = \frac{L_f}{2} \qquad (٧,٩)$$

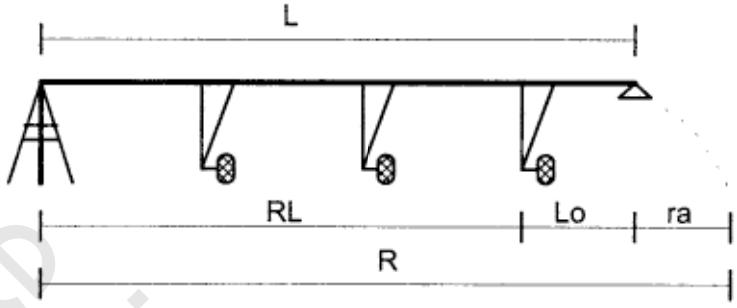
حيث: L_f = أقصر طول أو عرض للحقل .

وإذا استخدمت وسائل خاصة لري الأركان مثل الرشاش المدفعي الذي يعمل عـــند الاقتراب من ركن الحقل أو وصلة إضافية قابلة للفرد والطي ذاتياً عند الاقـــتراب أو الابـــتعاد من الركن ، لابد من حساب المساحة الإضافية عند حساب المساحة المروية الكلية.

وبذلك تكون (R) هي نصف قطر المساحة المروية التي تروى بجهاز الرش المحوري (والتي لا تشمل المساحة المروية بالرشاش المدفعي). وبالتالي تشـــمل مجمـــوع أطـــوال الفتحات بين الأبراج والنهاية الطرفية (Overhang) ونصف قطـــر دائـــــرة الرش (r_a) للرشاش الأخير في نهاية خط الرش المحوري. كما يوضح ذلك الشكل التالي. لذلك تكون (R) كالتالي:

١ . في حالة عدم وجود رشاش مدفعي تكون:

$$R = R_L + L_o + r_a = L + r_a \qquad (٧,١٠)$$



٢ . في حالة وجود رشاش مدفعي في نهاية خط الرش تكون:

$$R_g = R_L + L_o + r_{ag} = L + r_{ag} \qquad (٧,١١)$$

حيث أن :

L = طول الخط (الأنبوب).

R = نصف قطر دائرة الرش.

R_L = المسافة بين المحور والبرج الأخير.

L_o = طول النهاية الطرفية لخط الرش الذي بعد البرج الأخير.

r_a = نصف قطر البلل للرشاش الأخير.

r_{ag} = نصف قطر البلل الفعال للرشاش المدفعي ($r_{ag} > r_a$).

Rg = نصف قطر البلل للنظام عند استخدام الرشاش المدفعي ($R_g > R$).

أو يمكن إيجاد Rg من المعادلة التالية:

$$R_g = R\left(\frac{Q_t}{Q_s}\right)^{0.5} = R\left(\frac{Q_s+Q_g}{Q_s}\right)^{0.5} \qquad (٧,١٢)$$

حيث أن:

Q_t = تصرف نظام الري المحوري في حالة وجود رشاش مدفعي.

Q_s = تصرف النظام في حالة عدم وجود رشاش مدفعي.

Q_g = تصرف الرشاش المدفعي.

obeikandl.com

من ذلك يمكن إيجاد المساحة الكلية المروية بواسطة النظام من المعادلة التالية :

١ . في حالة عدم وجود رشاش مدفعي تكون:

$$A = 3.14 \times R^2 \qquad (٧,١٣)$$

٢ . في حالة وجود رشاش مدفعي في نهاية خط الرش تكون:

$$A_t = A + A_g \qquad (٧,١٤)$$

ويمكـــن إيجـــاد المساحة المروية (A_g) في كل ركن بالهكتار بواسطة الرشاش مدفعي المركب في نهاية خط الرش من المعادلة التالية:

$$A_g = \frac{90^o - 2\,Cos^{-1}\left(\frac{R}{R_g}\right)}{90^o} \times \frac{\pi\left(R_g{}^2 - R^2\right)}{4 \times 10000} \qquad (٧,١٥)$$

حيث أن:

A = المساحة المروية للنظام المحوري عند عدم استخدام الرشاش المدفعي.

A_g = المساحة المروية بواسطة الرشاش المدفعي في الركن الواحد.

وكذلك يمكن إيجاد المساحة المروية من رشاش واحد (A_{sp}) موجود على خط الرشاشات وعلى مسافة (r) من المحور من المعادلة التالية :

$$A_{sp} = 2 \times 3.14 \times r \times D_r \qquad (٧,١٦)$$

حيث أن :

r = المسافة بين الرشاش المطلوب ونقطة المحور.

d_r = متوسط المسافة بين الرشاش الذي قبله والرشاش الذي بعده على الخط.

ويمكن إيجاد (d_r) من المعادلة التالية :

$$d_r = \frac{S_1 + S_2}{2} \qquad (٧,١٧)$$

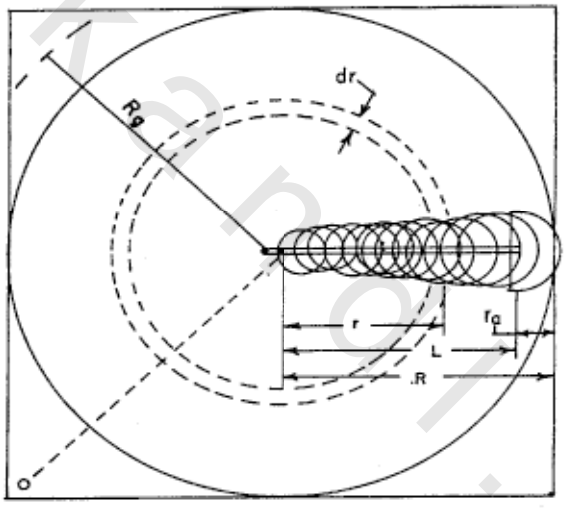
حيث أن :

S_1 = المسافة التي تفصله عن الرشاش الذي قبله على الخط.

S_2 = المسافة التي تفصله عن الرشاش الذي بعده على الخط.

ونجد أن المساحة (A_{sp}) تكون صغيرة مقارنة بالمساحة الكلية، كما هو موضح بالشكل رقم (٧,١٥).

ويجب ملاحظة أن هذه المسافات بين الرشاشات يتم تحديدها بواسطة الشركة المنتجة حسب برامج خاصة في الحاسب الآلي بناءاً على معدل الإضافة المطلوب والحصول على انتظامية جيدة عند توزيع المياه. وبالتالي يمكن للمزارع تحديد ضغط ونوع الرشاشات المستخدمة.



الشكل رقم (٧,١٥) مقارنة بين المساحة المروية وقطر البلل لكل من نظام الري المحوري والرشاش الواحد.

٣ . تعيين (II , D_g , D_n) كما سبق وتؤخذ كفاءة الإضافة (E_a) للنظام المحوري على وجه التقريب كالتالي :-

- ٨٥٪ للمناخ البارد. - ٧٥٪ للمناخ الحار.
- ٨٠٪ للمناخ المعتدل. - ٧٠٪ للمناخ الصحراوي.

obeikan.com

٤ . خلال فترة أقصى استهلاك مائي يعمل النظام تقريبا بلا انقطاع ويمكن إيجاد زمن الري (T_i) للمساحة المروية بواسطة النظام من إحدى المعادلتين التاليتين:

(٧,١٨) $$T_i = (0.8 \rightarrow 1)\, II$$

(٧,١٩) $$T_i = T_d \times N_d$$

حيث أن:

T_d = زمـــن الري اليومي وقد يصل إلى ٢٠-٢٢ ساعة في اليوم خلال فترة أقصى احتياج مائي.

N_d = عدد أيام الري في الرية.

II = الفترة بين الريات وتساوي:

(٧,٢٠) $$II = \frac{Taw \times Mad}{ET_c}$$

وغالـــباً تكون فترة الري قصيرة حيث تتراوح من ١ - ٤ يوم حيث يكون متوســـط نسبة الاستنفاذ حوالي ٢٠٪ للمحاصيل المزروعة في الترب الناعمة والمتوســـطة القوام والتي يكون متوسط عمق الماء المتاح الكلي حوالي ١٢٠ مـــم/متر، وحوالي ٣٠٪ للتربة الخشنة القوام (رملية) والتي يكون عمق الماء المتاح الكلي حوالي ٨٠ مم/متر.

٥ . تصرف النظام :

يمكن إيجاد تصرف نظام الري المحوري في حالة عدم وجود رشاش مدفعي كالتالي:

(٧,٢١) $$Q_s = \frac{A.D_g}{T_i} = \frac{\pi R^2 \cdot D_g}{T_i}$$

أما إذا كان يوجد رشاش مدفعي على النظام المحوري يكون:

(٧,٢٢) $$Q_t = Q_s + Q_g$$

(٧,٢٣) $$Q_g = Q_t \left(1 - \frac{L^2}{R_g^{\,2}}\right)$$

حيث أن :

Q_s = تصرف النظام بدون رشاش مدفعي.

R = نصف قطر دائرة البلل = $L + r_a$.

T_i = زمن الري للرية الواحدة = $T_d * N_d$.

N_d = عدد الأيام المطلوبة للرية الواحدة.

T_d = عدد ساعات التشغيل اليومية للرية الواحدة.

Q_t = تصرف النظام الكلي عند وجود رشاش مدفعي.

Q_g = تصرف الرشاش المدفعي.

R_g = نصف قطر دائرة البلل عند استخدام الرشاش المدفعي $(R_g > R) = r_{ag} + L$

r_{ag} = نصف قطر البلل للرشاش المدفعي.

L = طول أنبوب الخط الفرعي.

ويمكن إيجاد عمق الماء المضاف في الرية الواحدة عند الأخذ في الاعتبار كمية المياه المطلوبة لغسيل الأملاح من منطقة المجموع الجذري أثناء الري كالتالي:

١. عندما $LR \le 0.1$ $\quad D_g = \dfrac{D_n}{E_a}$ (أ٧,٢٤)

٢. عندما $LR \succ 0.1$ $\quad D_g = \dfrac{0.9\, D_n}{(1-LR)\, E_a}$ (ب٧,٢٤)

حيث أن ٠,٩ في المعادلة الثانية تعتبر أن ١٠٪ من D_n تعتبر كتسرب عميق أسفل منطقة المجموع الجذري، LR نسبة كمية المياه المطلوبة لغسيل الأملاح.

obeikandl.com

أمـــا عـــند الأخذ في الاعتبار كفاءات التصميم عند إيجاد D_g بعد تحديد مستوى الكفاية فتكون:

١. عندما $LR \le 0.1$

$$D_g = \frac{D_n}{E_{Pa}} \qquad (٧,٢٥أ)$$

٢. عندما $LR \succ 0.1$

$$D_g = \frac{0.9\, D_n}{(1-LR)\, E_{Pa}} \qquad (٧,٢٥ب)$$

٦ . سرعة دوران جهاز الري المحوري :

تـــتحكم ســـرعة الدوران في عمق الماء المضاف. فنجد أن السرعات العالية تـــؤدى إلى تقليل عمق المياه المضافة بالإضافة إلى أن السرعة العالية تؤدى إلى تآكل الجهاز والأضرار به. بينما السرعة المنخفضة تؤدى إلى زيادة عمق الماء المضـــاف وبالـــتالي إلى حدوث جريان سطحي. لذلك يجب حساب سرعة الـــنظام المحوري بعناية حتى يمكن تجنب المشاكل السابقة. في النظام المحوري نجد أن هناك طريقتين لحساب سرعة الدوران، وهى كالتالي:

أ) السرعة الأولى (V_1) :

وهى السرعة الأمامية الدنيا للبرج الأخير ويمكن إيجادها كالتالي :

$$V_1 = \frac{2 \times 3.14 \times R_L}{T_{rev}} \qquad (٧,٢٦)$$

ب) السرعة الثانية (V_2) :

وهى السرعة الأمامية القصوى للبرج الأخير. ويمكن إيجادها كالتالي :

$$V_2 = \frac{2 \times r_a}{T_w} = \frac{D_w}{T_w} \qquad (٧,٢٧)$$

حيث أن :-

r_a = نصـــف قطـــر الرش للرشاش الأخير الذي على خط الرشاشات وليس الرشاش المدفعي.

T_w = أقصـــى زمن مسموح به لإضافة مياه الري عند نقطة واحدة عند مرور رشاش عليها أثناء عملية الري.

D_w = قطر دائرة البلل للرشاش الأخير في نهاية الخط.

وبالتالي نختار السرعة المناسبة والتي عادة تكون السرعة القصوى أو أقرب ســـرعة منها ومحصورة بين السرعتين (V_1 & V_2) حسب عدد الدورات (لابد أن يكون رقم صحيح) لأن الســـرعة المنخفضة قد تؤدى إلى حدوث جريان سطحي عند الطرف البعيد من المحور لزيادة معدل الإضافة عند هذا الطرف.

٧ . عدد الدورات خلال زمن الري :

يمكن إيجاد عدد الدورات المطلوبة (N_{rev}) خلال زمن الري من المعادلة التالية :-

$$N_{rev} = \frac{T_i}{T_{rev}} \qquad (٧,٢٨)$$

ويؤخذ أقرب عدد صحيح بالزيادة (أي عدد الدورات المطلوبة). ومن ذلك نعين الزمن الفعلي للدورة الواحدة وتضبط سرعة الجهاز إلى أقرب قيمة لها. ومن ذلك تراجع قيمة زمن الري الفعلي ويتم تعديل التصرف المحسوب بعد معرفة زمن الدورة وعدد الدورات.

والعمق المضاف في الدورة الواحدة (d_g) يمكن إيجاده من المعادلة التالية :-

$$d_g(rev) = \frac{D_g}{N_{rev}} \qquad (٧,٢٩)$$

حيث أن :

$(d_g)rev$ = عمق الماء المضاف في الدورة الواحدة .

D_g = عمق الماء المضاف في الرية .

ويمكن إيجاد عدد أيام الري (N_d) في الرية الواحدة كالتالي:

$$N_d = II - T_{ff} \qquad (٧,٣٠)$$

obeikandl.com

حيـــث أن T_{ff} هي عدد الأيام التي لا يعمل فيها النظام لأسباب كثيرة منها الصـــيانة – الإصلاح ، عدم توفر العمالة – ... إلخ. ولابد من اعتبار هذا العامل عـــند التصميم كعامل آمان عند حدوث مشـــاكل أو أعطال مفاجئة أثناء الموسم تؤدي إلى توقف النظام عن الري، لذلك لابد أن تكون $N_d < II$ ، ولابد من إضافة D_n المحسوبة فعلاً $(D_n = II \bullet ET_c)$ خلال أيام الري (N_d) حتى لا يتعرض المحصول إلى أي إجهاد.

من البيانات التي توفرها الشركة المنتجة للجهاز يتم تعيين عدد الفتحات وطول كـــل فـــتحة وطـــول النهاية الطرفية ومواصفات الرشاشات (مع مراعاة نوع التربة والنبات) والمسافة بين الرشاشات على طول الخط ومن ذلك يتحدد الضغط المطلوب عـــند نهاية الخط وكذلك التصرف المار في بداية كل فتحة. ويمكن حساب التصرف المار في بداية كل فتحة ، أو عند أي نقطة على طول الخط من المعادلة التالية :-

$$Q_r = Q_s\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \qquad (٧,٣١)$$

حيث أن :-

Q_r = التصـــرف المار عند الفتحة التي تبعد مسافة (r) من المحور أو التصرف المار في مقطع يبعد (r) من المحور (لتر/ث).

أما في حالة وجود رشاش مدفعي فإن Q_r تكون:

$$Q_r = Q_t\left(1 - \frac{r^2}{Rg^2}\right) \qquad (٧,٣٢)$$

٨ . تصرف أي رشاش على الخط :

يمكـــن حساب تصرف أي رشاش موجود على خط الرشاشات والذي يبعد مسافة قدرها (r) من المحور ومسافة S_1 عن الرشاش الذي قبله ومسافة S_2 عن الرشاش الذي بعده على الخط من العلاقة التالية :

١) بالنسبة للرشاشات التي على مسافات غير متساوية على طول الخط :-

$$Q_{sp} = \frac{Q_s}{R^2}\left[2r \times S_m - \left(S1^2 - S2^2\right)\right] \qquad (٧,٣٣)$$

$$S_m = 0.5\left(S_1 + S_2\right) \qquad (٧,٣٤)$$

حيث أن :

Q_{sp} = تصرف الرشاش الذي يبعد مسافة (r) من المحور.

وبالنسبة للرشاش الأول على خط الرشاشات بالقرب من المحور نعتبر : $S_1 = 2r$ والرشاش الأخير البعيد عن المحور $S_2 = D_w$

٢) أمـــا بالنسبة للرشاشات التي على مسافات متساوية (S_s) على طول الخط فيكون تصرف الرشاش الذي يبعد مسافة (r) من المحور كالتالي :

$$Q_{sp} = \frac{2r \cdot S_S \cdot Q_s}{R^2} \qquad (٧,٣٥)$$

٩ . معدل الإضافة للنظام المحوري :

تـــتم عمليـــة إضـــافة المياه للتربة من الرشاشات التي على الخط المحوري إلى المساحة المروية بحيث يتزايد معدل الإضافة من قيمة صغرى بالقرب من المحور إلى قـــيمة عظمى عند الطرف البعيد من المحور. ونجد أن المسافة التي يقطعها أي رشـــاش على الخط أثناء السير تساوي $2\pi r$ ، حيث أن r هي المسافة من نقطة المحور إلى ذلك الرشاش الموجود على الخط. ولذلك نجد أن هذه المسافة $2\pi r$ تـــتزايد كلما زاد بعد ذلك الرشاش من نقطة المحور وبالتالي فإن الزمن

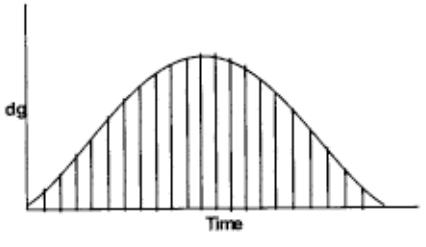
المتاح للري (T_w) لموضع معين في الحقل يتناقص كلما زاد بعد هذا الموضع عن المحـــور. وللحصـــول على نفس عمق المياه (d_g) المطلـــوب في الدورة عند المواضع المختلفة يتحتم زيادة معدل الإضافة كلما زادت قيمة r .

ويمكـــن توضيح ذلك في الشكل رقم (٧,١٦) لخط رش محوري موجود عليه رشاشات على مسافات متغيرة وذات تصرف ثابت تعطي عرض بلل (D_w) منـــتظم كما في الشكل (٧,١٦,٢). ونتيجة لزيادة معدل الإضافة على طول الخـــط نجد أن الجريان السطحي قد يحدث بالقرب من الطرف البعيد من المحور بسبب زيادة معدل الإضافة عن معدل التسرب للتربة. وهذا قد يسبب في تعرية التربة وتقليل انتظامية توزيع المياه ، بالإضافة إلى خفض إنتاج المحصول.

والـــنماذج التي على هيئة نصف قطع مكافئ تمثل نماذج توزيع المياه من الرشاشات أثناء الري. نموذج البلل في الشكل رقم (٧,١٦,١) لرشاش ثابت أثـــناء وقوف الجهاز يمكن تحويله إلى نمـــوذج بلل لرشاش ثابت أثناء حركة الجهاز كما في الشكل (٧,١٦,٣).

وبالـــتالي يمكن إيجاد متوسط معدل الإضافة وأقصى معدل إضافة لأي نموذج من أي رشاش موجود عند مسافة r من المحور كالتالي:

مساحة نموذج البلل التي تحت المنحنى = عمق الماء المضاف من الرشاش

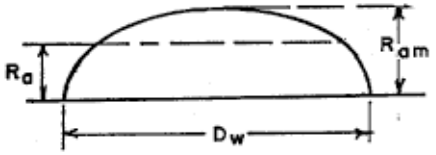


$$d_g = Area\ Under\ the\ Curve$$
$$= \int_0^{T_w} R_a\, dt$$
$$= R_a \cdot T_w$$

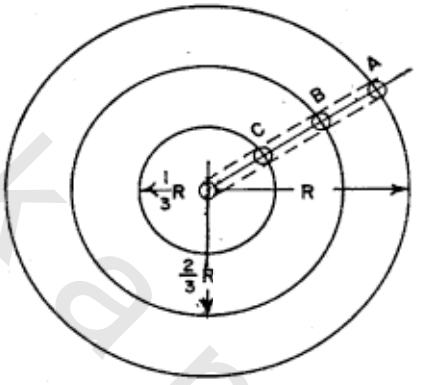
وبالتالي يكون:

$$R_a = \frac{d_g}{T_w} \qquad (٧,٣٦)$$

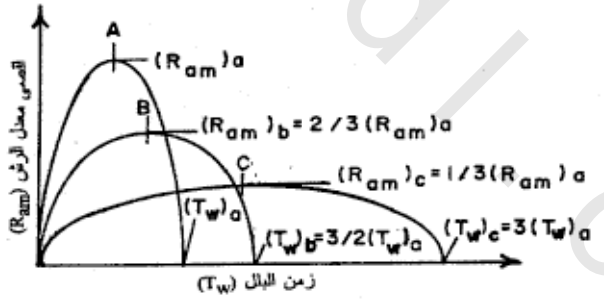
obeikandl.com



١ ـ قطاع نموذج بلل لرشاش ثابت



٢ ـ ثلاث رشاشات على مسافات متساوية



٣. نماذج البلل لثلاثة مسافات متغيرة من المحور

الشكل رقم (٧,١٦) مقارنة معدلات الإضافة على طول خط الرش المحوري لثلاثة مواقع حسب القرب والبعد من نقطة المحور.

obeikandl.com

وحيـــث أن مساحة نصف القطع المكافئ = $\frac{\pi}{4} \cdot T_w \cdot R_{am}$ وهي تمثل مساحة نمـــوذج البلل تحت المنحنى والتي تساوي d_g وعند التعويض بقيمة d_g نجد أن متوسط معدل الإضافة (R_a) يكون:

$$R_a = \frac{\pi \cdot T_w \cdot R_{am}}{4 \cdot T_w} = \frac{\pi}{4} R_{am} \qquad (٧,٣٧)$$

بينما يكون أقصى معدل إضافة (R_{am}) :

$$R_{am} = \frac{4}{\pi} R_a \qquad (٧,٣٨)$$

ومن المعروف أن عمق الماء الواصل إلى سطح التربة لا يشمل الفاقد بالتبخر وبعثرة الرياح. والشكل رقم (٧,١٦,٢) يمثل نماذج بلل لثلاثة رشاشات تبعد عـــلى مســـافات منتظمة من المحور (A ، B ، C) وبالتالي يمكن إيجاد معدلات الإضـــافة وكذلك زمن البلل وسرعات الدوران لهذه الرشاشات على طول خـــط الـــرش المحوري. ويوضح الشكل رقم (٧,١٦,٣) اختلاف معدلات الإضـــافة وزمن الإضافة عند النقاط المختلفة التي على طول الخط المحوري. وحيث أن متوسط معدل الإضافة تحت خط الرش المحوري يتناسب مع طول المسار الدائري عند المسافة r لخط الرش مقسوماً على عرض قطاع البلل (D_w) لرشاش غير متحرك أثناء الري. كذلك يمكن إيجاد R_a لأي رشاش على الخط المحـــوري يـــبعد مســـافة r من المحور بعد افتراض ان نموذج توزيع المياه من الرشاش على هيئة قطع مكافئ كالتالي:

$$R_a = \frac{7200\, r\, Q_s}{R^2 \cdot D_w} \qquad (٧,٣٩)$$

حيث أن:

R_a = متوسط معدل الإضافة للرشاش على بعد مسافة r من المحور (مم/ساعة).

D_w = قطر أو عرض نموذج البلل الذي يبعد مسافة r من المحور (متر).

Q_s = تصرف النظام (لتر/ث).

أمـــا إذا كـــان هناك فواقد مائية أثناء الرش فيكون متوسط معدل الإضافة الواصل إلى سطح التربة كالتالي:

حيث أن:

R_e = نسبة المياه الواصلة إلى سطح التربة من المياه الخارجة من الرشاشات (٪).

O_e = نسبة تسرب المياه من شبكة نظام الري بالرش (٪).

وتعـــتمد قـــيمة R_e على درجة الحرارة الجوية ونسبة الرطوبة النسبية وسرعة الـــرياح وهـــي $(R_e = 1 - E)$. أما قيمة O_e فهي تتوقف على حالة وعمر الشـــبكة والصـــيانة المتوفرة فهي قد تصل إلى ٩٩٪ مع الأنابيب الجديدة أو ذات الصيانة الجيدة.

$$R_a = \frac{7200\, r\, Q_s\, R_e O_e}{R^2 \cdot D_w} \qquad (٧,٤٠)$$

كذلـــك يمكن إيجاد متوسط معدل الإضافة عند أي نقطة تبعد مسافة r من المحور من إحدى المعادلات التالية:

$$R_a = \frac{2\pi r\, d_g}{T_{rev} \cdot D_w} \qquad (٧,٤١)$$

$$R_a = \frac{2\pi r \cdot ET_c}{T_d \cdot D_w} \qquad (٧,٤٢)$$

حيث أن :

ET_c = الاحتـــياج المـــائي اليومي من مياه الري (مم/يوم) وهو يعادل الماء المطلوب تسربه إلى منطقة المجموع الجذري (مم/يوم).

كذلك يمكن إيجاد زمن البلل لنقطة ما بعد مرور الجهاز وتبعد مسافة r من المحور الـــتي تـــتغير حسب المسافة من نقطة المحور حيث تقل مع زيادة المسافة من نقطة المحور بسبب زيادة السرعة مع زيادة المسافة من نقطة المحور من المعادلات التالية :

$$T_w = \frac{D_w}{V} \qquad (٧,٤٣)$$

obeikandl.com

$$T_w = \frac{4\, d_f}{\pi\, R_{am}} \qquad (٧,٤٤)$$

$$T_w = \frac{2.78\, D_w \cdot D_g}{2\,\pi\ r\, C_g} \qquad (٧,٤٥)$$

حيث أن :

T_w = زمن البلل لنقطة ما تبعد مسافة r من المحور وهي تساوي عرض قاعدة نموذج البلل الذي على هيئة نصف قطع مكافئ الذي محوره الصادي معدل الإضافة (ساعة). أو الزمن المستغرق لقطع مسافة قدرها D_w أثناء الري.

d_f = عمق الماء الواصل إلى سطح التربة $\left(d_f = \frac{d_g}{R_e}\right)$.

C_g = سعة النظام الكلية وهي تساوي تصرف النظام مقسوماً على المساحة المروية (لتر/ث/هكتار) $\left(C_g = \frac{Q_S}{A}\right)$ كذلك يمكن إيجاد C_g كالتالي:

$$C_g = 0.116\, C_n \left(\frac{100}{Ea}\right) \qquad (٧,٤٦)$$

حيث أن C_n سعة النظام الصافي وهي عمق الماء المطلوب في اليوم لسد الاحتياجات المائية للمحصول أثناء عملية الري ويمكن التعبير عنها بعمق الماء المستخدم في اليوم (مم/يوم) وتعتمد على نوع التربة والمحتوى الرطوبي والاحتياجات المائية للمحصول.

من هذه المعادلات يمكن أيضا إيجاد عمق الماء المضاف وزمن البلل عند أي نقطة تبعد r من المحور على طول خط الرش المحوري.

مثال :

إذا كان لدينا المعلومات التالية:

$R = 300\ m$, $X = 100\ \%$, $Trev = 12hr$, $ra = 6m$

أوجد الزمن اللازم لقطع مسافة قدرها Dw عند نهاية المحور ، أي عند مسافة R من المحور (أي الزمن المستغرق في إضافة الماء المتاح عند مسافة ٣٠٠ متر).

الحـــل

$$\because T_w = \frac{D_w}{V} = \frac{T_{rev} \cdot D_w}{2\pi R} = \frac{T_{rev} \times 2 \times r_a}{2\pi R} = \frac{12 \times 2 \times 6}{2\pi \times 300} = 0.0764\ hr$$

وحيـــث أن كل رشاش موجود على طول الخط المحوري يعطي نموذج بلل عـــلى هيئة نصف قطع مكافئ. وبالتالي يكون هناك R_a , R_{am} لكل نموذج ، ولكـــن أعلى قيمة لكل من R_a , R_{am} تكون للرشاش الأخير الموجود في نهاية الخـــط (عـــندما تكون r تساوي R) بينما أقل قيمة للرشاش الأول الموجود بالقرب من المحور. ويمكن إيجادهما لأي رشاش يبعد r من المحور.

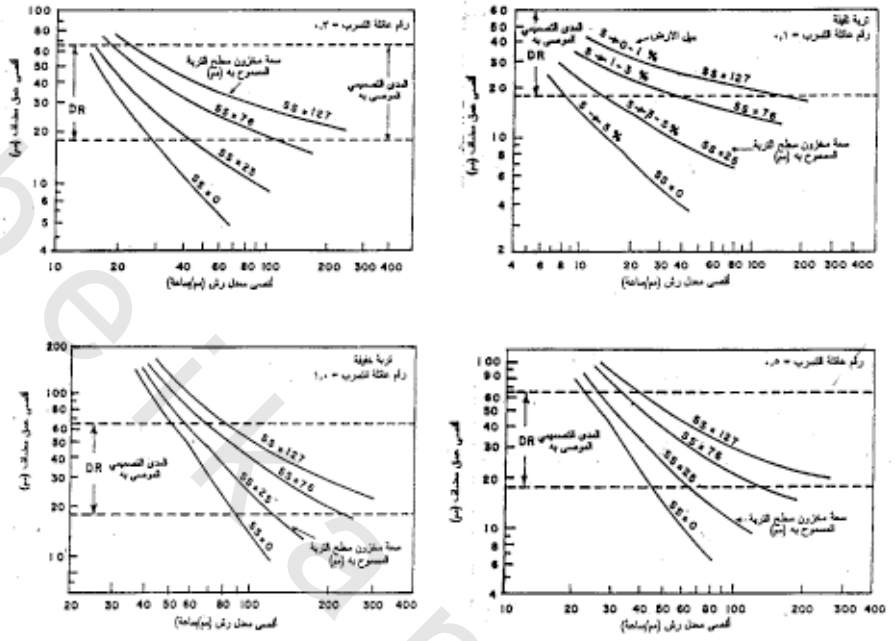
وبالـــتالي يمكـــن إيجاد متوسط معدل الإضافة بمعلومية أقصى معدل إضافة.

ويجب ملاحظة آلاتي عندما يزيد طول خط الرشاشات المحوري :-

- يزيد معدل الإضافة في نهاية الخط.
- يزيد الجريان السطحي.

هـــذا وترجع أهمية دراسة أقصى معدل إضافة في انه يجب أن ينخفض عن معـــدل تسرب المياه في التربة، وألا سوف يكون هناك جريان سطحي يتسبب في انخفاض كفاءة إضافة وتوزيع المياه تحت نظام الري بالرش المحوري. أو محاولة زيادة تخـــزين المياه على سطح التربة عند وجود جريان سطحي وذلك بإنشاء حواجز أو حفر صغيرة لمنع جريان المياه.

كذلـــك يجب الآخذ في الاعتبار عند التصميم ميل الأرض وحالة سطحها حيث أن لها تأثير على معدل تسرب التربة. ويمكن من العلاقة في الشكل (٧,١٧) بعد معرفة رقم عائلة التربة وأقصى معدل إضافة أيجاد أقصى زمن مسموح به قبل حدوث الجريان السطحي لهذه التربة.



الشكل رقم (٧,١٧) أقصى قيمة لعمق المياه في الدورة الواحدة والتي لا يحدث عنها جريان سطحي تحت نظام الري المحوري مع أنواع مختلفة من التربة.

كذلك يمكن ايجاد الجريان السطحي الممكن حدوثه اثناء الري تحت نظام الري المحوري عند أي نقطة على طول خط الرش المحوري. ويحدث الجريان السطحي عندما يزيد معدل الإضافة على معدل تسرب التربة. الشكل (٧,١٣) يوضح العلاقة بين معدل الإضافة ومعدل التسرب ومتى يبدأ حدوث الجريان السطحي، عند الزمن T_p يكون معدل التسرب للتربة مساوياً لمعدل الإضافة بينما قبل T_p يكون معدل التسرب أعلى من معدل الإضافة وبالتالي لايحدث الجريان السطحي، ولكن بعد الزمن t_s يصبح معدل الإضافة أعلى من معدل التسرب وبالتالي يحدث الجريان السطحي ويبدأ بالتراكم ، وبالتالي يحدث أقصى جريان سطحي عند الزمن T_m . ويمكن ايجاد الجريان السطحي الكلي من المعادلة التالية:

$$R_o = \int_{T_P}^{T_f} R_a(t) - \int_{T_P}^{T_f} I_{sp}(t) \qquad (٧,٤٧)$$

حيث أن :

R_O = الجريان السطحي الكلي (مم).

$R_a(t)$ = معدل الإضافة عند الزمن t (مم/ساعة).

I_{sp} = معدل التسرب تحت نظم الرش عند الزمن t (مم/ساعة).

$$I_{sp} = K\,(n+1)^n\, t \qquad (٧,٤٨)$$

T_P = بداية زمن الإضافة (البلل) (ساعة).

T_f = نهاية زمن الإضافة (ساعة).

وحيث أن معدل الإضافة يعتمد على المسافة من نقطة المحور. ولذلك نجد ان أقصى معدل إضافة يحدث عند الزمن T_m كما في الشكل (٧,١٢). وبافتراض ان نموذج البلل على هيئة نصف قطع مكافئ لمعدل الإضافة ، نجد أن أقصى معدل إضافة R_{am} يزيد مع زيادة المسافة من نقطة المحور.

١٠. قطر البلل للرشاشات:

يمكن حساب قطر البلل (D_W) لأي رشاش يقع على مسافة r من المحور من المعادلات التالية:

$$D_w = \frac{8\, r\, ET_c}{T_d \cdot R_{am} \cdot E_{dd}} \qquad (٧,٤٩)$$

$$D_w = V \cdot T_w \qquad (٧,٥٠)$$

وهناك معادلات تجريبية يمكن استخدامها لايجاد قطر البلل حسب نوع الرشاش كالتالي:

أ. بالنسبة للرشاشات الدوارة:

$$D_w = a\, N_z^{\,b}\; P_{sp}^{\,c} \qquad (٧,٥١)$$

obeikandl.com

ب. بالنسبة للرشاشات الثابتة:

$$D_w = a + b\,N_z + c\,P_{sp} \qquad (٧,٥٢)$$

كذلك يمكن إيجاد قطر فوهة الرشاش (d_{sp}) الذي يبعد مسافة r من المحور من المعادلة التالية:

$$d_{sp} = 30.46\sqrt{\frac{Q_{sp}}{\sqrt{P_{sp}}}} \qquad (٧,٥٣)$$

حيث أن:

Q_{sp} = تصرف الرشاش المطلوب (لتر/ث).

d_{sp} = قطر فوهة الرشاش (مم).

P_{sp} = ضغط التشغيل للرشاش (كيلوبسكال).

D_w = قطر البلل للرشاش (متر).

a , b , c = ثوابت تجريبية تعتمد على نوع الرشاش ويمكن الحصول عليها من الجدول رقم (٧,١) عند معرفة نوع الرشاش.

الجدول رقم (٧,١) الثوابت التجريبية للرشاشات المستخدمة مع النظام المحوري.

نوع الرشاش	P_{sp} (كيلوبسكال)	a	b	c
الرشاشات الدوارة				
ضغط عالي	٤٥٠ - ٥٢٠	٥,٢٠	٠,٤٨٠	٠,١٨٥
ضغط متوسط	٢٧٥ - ٣٥٠	٤,٥٤	٠,٣٩٤	٠,٢٣٢
ضغط منخفض	١٧٠ - ٢٤٠	١٠,٤٠	٠,١٩٢	٠,٠٨٣
الرشاشات الثابتة				
زاوية الرش ^{o}٣٦٠	١٧٠ - ٢٤٠	٢,٥٩	٠,٥٦	٠,٠٢٣
زاوية الرش ^{o}١٨٠	١٧٠ - ٢٤٠	١,٢٨	٠,٥٦	٠,٠١٢

• جميع القيم بالجدول تم الحصول عليها من تجارب بالمختبر حيث لاتوجد رياح.

obeikandl.com

١١. اختيار الرشاشات : Selection of Sprinklers

يمكن استخدام الرشاشات الدوارة أو الثابتة مع نظم الري المحوري. ومعظم أجهـــزة الرى المحورى تتبع واحد من المجموعات التالية من حيث اضافة مياه الرى كمـــا هو مبين فى الجدول رقم (٧,٢). من هذا الجدول يمكن الأسترشاد باختيار المجموعـــة (Package) المناســـبة بعد الأخذ بعين الأعتبار كل من المحصول، التربة، التضـــاريس، والعناصر المناخية. غالبا يمكن الحصول على جهاز رى محورى يعمل بمعـــدل إضـــافـــة وكفأة توزيع مقبولة مع قلة التكاليف من حيث التشغيل عند اســـتخدام الجدول. هذه المجموعة تعطى فكرة عن الرشاشات التى سوف تستخدم ومكانـــها على خـــط الرشاشات. ويبـــدأ اختيار الرشاشات كل على حدى بعد اختيار مجموعة إضافـــة المياه (application package). عادة تقوم مصانع أجهزة الرى المحوري باختيار الرشاشات عن طريق استخدام الحاسب الآلى بعد حساب تصرف كـــل رشاش وضغط التشغيل على طول الخط. والطريقة المستخدمة عند اختيار الرشاشات بعد معرفة المحصول والتربه وعناصر المناخ هى :-

١. إيجاد التصرف المطلوب من كل رشاش.
٢. إيجاد الضغط التصميمى سواء فى نهاية الخط أو عند المحور.
٣. إيجاد ضغط التشغيل عند كل مخرج (موقع) رشاش Sprinkler outlet.
٤. بعد معرفة التصرف المطلوب والضغط الموجود يتم اختيار الرشاش المناسب عند كل موقع رشاش على طول الخط.

١٢. خصائص اختيار الرشاشات:

هـــناك قاعدة عامة عند اختيار الرشاشات ذات الخصائص والأحجام المناسبة على طول خط الرش المحوري هي:

١ . إيجـــاد تصرف كل رشاش الذي يعطي انتظامية في إضافة المياه إلى المساحة المروية.

الجدول رقم (٧,٢) يوضح حالات أوضاع الرشاشات على طول خط الرش المحوري مع صفات ومميزات كل حالة.

نوع الرشاش	الوصف	ضغط تشغيل الرشاش ك.بسكال (رطل/بوصة^2)	الضغط عند المحور ك.بسكال (رطل/بوصة^2)	ارتفاع الرشاش متر	معدل الإضافة	كفاية الاضافة Ea (٪)	مسافة التغطية متر
	رشاش دوار ($^{\circ}$٦)	٤٨٣-١٧٢,٥ (٧٠ – ٢٥)	٤٨٣-٢٤١,٥ (٧٠ – ٣٥)	٤ – ٣	منخفض	٨٠-٦٥	٣٠ – ٢٠
	رشاش ثابت فوق خط الرش	٢٠٧ – ٦٩ (٣٠ – ١٠)	٢٠٧ – ١٣٨ (٣٠ – ٢٠)	٤ – ٣	متوسط	٨٥ – ٦٥	١٥ – ٩
	رشاش ثابت في نهاية الأنبوب الساقط	١٧٢,٥-٤١,٤ (٢٥ – ٦)	١٧٢,٥-١٠٣,٥ (٢٥ – ١٥)	٣-٠,٥	من متوسط إلى عالي	٩٥ – ٧٥	١٢ – ٦
	رشاش ثابت دوار	٢٠٧ – ٦٩ (٣٠ – ١٠)	٢٠٧ – ١٣٨ (٣٠ – ٢٠)	٣ – ١	من منخفض إلى متوسط	٩٥ – ٨٥	١٨ – ١٣
	رشاش ثابت يقلل تأثير الرياح والحرارة	١٣٨-٤١,٤ (٢٠ – ٦)	١٣٨-١٠٣,٥ (٢٠ – ١٥)	٣-٠,٥	من متوسط إلى عالي	٩٧ – ٩٠	١٢ – ٤
	رشاش نافوري	٦٩-٤١,٤ (١٠ – ٦)	٢٠٧ – ٦٩ (٣٠ – ١٠)	٠,٥-٠,٢	عالي جداً	٩٩ – ٩٥	٠,٦ – ٠,٣

٢ . إيجاد اقل ضغط تشغيل مطلوب (P_e) والذي يؤدي إلى الحصول على أداء مقبول لنوع وحجم الرشاش المستخدم.

٣ . إيجـــاد الضغط الموجود عند كل رشاش مبتدءاً من احدى نهايتي خط الرش المحوري بحيث يتم تصميم الضغط المناسب للحصول على P_e مقبول.

obeikandl.com

٤ . مـــن معرفة التصرف المطلوب لكل رشاش والضغط الموجود لكل رشاش يتم اختيار نوع وحجم الرشاش المناسب لكل فتحة على طول خط الرش المحوري.

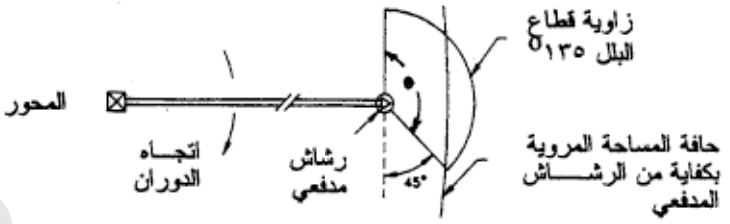
(٧,٨) الرشاش المدفعي في نهاية خط الرش المحوري:

١. تصرف الرشاش المدفعي :

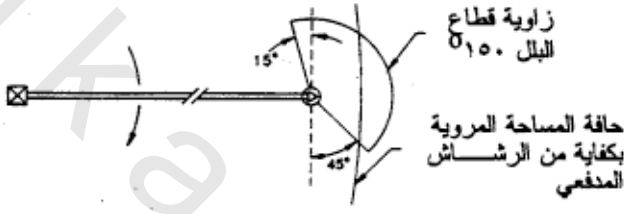
الـــنظام المحوري أثناء الرش يروى مساحة على شكل دائرة تاركاً جزء من الحقـــل بدون ري (لا يروى أركان الحقل). لذلك يمكن وضع وسائل إضافية في نهايـــة خط الرشاشات مثل الرشاش المدفعي حتى يمكن ري أركان الحقل. ويمكن الـــتحكم في طول قطر دائرة الرش للرشاش المدفعي آلياً وكذلك تصرف الرشاش المدفعـــي حتى يمكن ري المساحة المطلوبة. في حالة وجود رشاش مدفعي في نهاية خـــط الرشاشـــات والذي يبعد مسافة (L) من المحور، فإنه يروى جزء من مساحة ركن الحقل حسب تغطية الرشاش المستخدم ويمكن إيجاد زاوية تغطية البلل لذلك الرشاش كالتالي:

٢. زاوية قطاع البلل : Wetted Sector angle

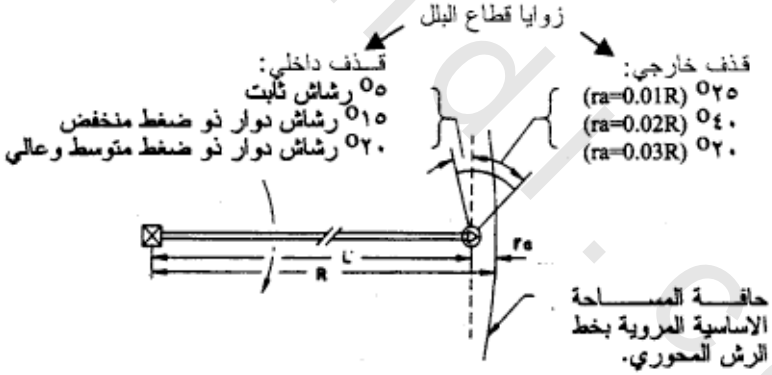
أن الهدف من تركيب الرشاش المدفعي في نهاية خط الرش المحوري هو أن يروي جزء من مساحة أركان الحقـــل. وتتراوح زوايا التغطية لهذه الرشاشات من $^{o}٢٥$ – $^{o}١٥٠$ عـــلى حسب نوع الرشاش المستخدم ومقدار المساحة المراد ريها. والشكل رقم (٧,١٨أ) يوضح زوايا البلل المرغوبة للرشاشات المدفعية الكبيرة والتي تعمـــل (تروي) فقط عندما يصل الرشاش الأركان. بينما الشكل رقم (٧,١٨ب) يـــبين أوضاع البلل لرشاش مدفعي صغير والتي تروي باستمرار. والقطعة الدائرية الإضـــافية $^{o}١٥$ في الشكل رقم (٧,١٨ج) هي لتغطية نقص المياه الموجود بالقرب من حافة الدائرة الأساســـية. وهذا النقص ناتج من عدم وجود رشاش في نهاية خط الرش المحوري لزيادة التداخل. أما في حالة استخدام الرشاش المدفعي الكبير كما في الشـــكل رقم (٧,١٨أ) والذي يروي عند الأركان فقط لابد من وجود رشاش في نهاية خط الرش المحوري لتغطية ذلك النقص في نهاية الدائرة الأساسية.



أ. رشاش مدفعي يروي عند الاركان فقط



ب. رشاش مدفعي صغير يروي باستمرار



ج. رشاشات ثابتة أو دوارة تبلل جزء من الدائرة تستخدم لزيادة مساحة الدائرة الاساسية.

الشكل رقم (٧,١٨) نماذج البلل لرشاشات مدفعية تبين زوايا قطاع البلل الموصي بها.

ويمكن استخدام رشاشات مدفعية صغيرة ذات زاوية بلل صغيرة تتراوح من ٢٥° – ٥٠° وذلك لزيادة البلل عدة أمتار بعد نهاية خط الرش المحوري والتي تكون مرغوبة. وبالتالي يكون R نصف قطر دائرة البلل بدلاً من L . وفي حالة استخدام هذا النوع من الرشاشات فأن نسبة مساحة البلل تزيد حوالي ٣٪.

ويمكن إيجاد تصرف هذه الرشاشات المدفعية كالتالي:

١. في حالة استخدام رشاش مدفعي زاوية قطاع البلل أكبر من ٥٠° وكذلك عند استخدام نظام محوري خاص للأركان يكون التصرف:

$$Q_g = \frac{Rg^2 - R^2}{T_d} \cdot Dg_g \qquad (٧,٥٤)$$

ويمكن استخدام المعادلة التالية لإيجاد Qg لرشاش مدفعي يروي باستمرار من المعادلة التالية:

$$Q_g = Q_t\left(1 - \frac{R^2}{Rg^2}\right) \qquad (٧,٥٥)$$

حيث أن:

T_d = زمن التشغيل اليومي (في حالة تشغيل أو عدم تشغيل الرشاش المدفعي).

Dg_g = عمق الماء المطلوب لري المساحة بواسطة الرشاش المدفعي.

٢. في حالة استخدام الرشاشات المدفعية الصغيرة ذات زوايا البلل التي أقل من ٥٠° وتروي جزء من الدائرة فيكون التصرف كالتالي:

$$Q_g = \frac{2L \cdot r_a}{R^2} \cdot Q_S \qquad \text{for} \quad r_a < 0.03\,R \qquad (٧,٥٦)$$

يستلزم استخدام مضخة مساعدة تركب في نهاية خط الرش عند البرج الأخير عند استخدام رشاش مدفعي يكون تصرف هذا الرشاش $Q_g > 0.2\ Q_t$ وذلك لتوفير الضغط المطلوب حتى يمكن الحصول على توزيع منتظم للمياه المضافة.

obeikandl.com

وإذا لم توجـــد هذه المضخة فإن الضغط على طول الخط سينخفض وبالتالي تتأثر تصرفات الرشاشات الموجودة على طول الخط.

٣. معدل الإضافة للرشاش المدفعي :

يمكن إيجاد معدل الإضافة للرشاش المدفعي الذي يروى جزء من الحقل وهو عـــبارة عـــن ري الأركـــان بالحقل. ويمكن التحكم في مساحة تغطية الرش للرشاش المدفعي عن طريق التحكم في زاوية البلل في نهاية خط الرش المحوري شـــكل (٧,١٨). ويمكن إيجاد معدل الإضافة من المعادلة التالية :

$$R_{ag} = \frac{Q_g}{r_{ag}^{\,2} \times \theta} \qquad (٧,٥٧)$$

حيث أن :

r_{ag} = نصف قطـــر دائـــرة الرش الفعال (effective radius) للرشاش المدفعي (m) ويؤخذ على أنه يساوى ٧٥٪ من نصف قطر دائرة الرش للرشاش المدفعي.

θ = مقـــــدار زاويـــة التغطية (درجة) وتعتبر زاوية ^{o}١٥٠ زاوية تستخدم بكثرة وتعطي انتظامية جيدة.

(٧,٩) فاقد الاحتكاك في خط الرش المحوري:

أولاً. في حالة خط رش محوري ذو قطر واحد:

يمكـــن إيجاد فاقد الاحتكاك في خط الرش المحوري الذي يتكون من قطر واحد في حالة عدم وجود رشاش مدفعي باستخدام معادلة هيزن – ويليام كالتالي:

$$H_f = 1.22 \times 10^{10} \times F \cdot L \cdot \left(\frac{Q}{C_{HW}}\right)^{1.852} \cdot d^{-4.87} \qquad (٧,٥٨)$$

حيث أن :

F = معامل الفتحات للنظام المحوري = ٠,٥٤٨

C_{HW} = معـــامل هـــيزن ويليام ويساوي ١٣٠ للصلب المجلفن ، ١٤٥ للصلب المدهون الأملس epoxy-coated steel

كذلك يمكن إيجاد H_f بمعلومية الضاغط في بداية الخط (H_v) والضاغط في نهاية الخط (H_e) حيث يكون:

$$H_f = H_v - \left(H_e + H_r + H_{rg} \pm \Delta H_z\right) \qquad (٧,٥٩)$$

حيث أن :

Hr = ضـــاغط فرق الارتفاع بين خط الرش وطول الأنبوب الساقط المعلق عليه الرشاش. وهو يساوي المسافة الرأسية بين سطح الأرض والرشاش المعلق.

Hrg = الضـــاغط المفقود نتيجة الاحتكاك في منظمات الضغط (يعادل حوالي ٣,٥ متر للخط).

ΔH_z = فرق المنسوب بين بداية الخط ونهايته.

كذلك يمكن إيجاد فاقد الاحتكاك في حالة وجود رشاش مدفعي في نهاية خط الرش المحوري كالتالي:

$$H_f = 1.22\times10^{10}\times F\cdot R_g\cdot\left(\frac{Q_t}{C_{HW}}\right)^{1.852}\cdot d^{-4.87} - 1.22\times10^{10}\times F_g\cdot\left(R_g - L\right)\cdot\left(\frac{Q_g}{C_{HW}}\right)^{1.852}\cdot d^{-4.87} \qquad (٧,٦٠)$$

حيث أن :

H_f = فاقد الاحتكاك في خط الرش المحوري.

F_g = معامل الفتحات في المسافة $(R_g\text{-}L)$.

ويمكن إيجاد فاقد الاحتكاك في الطول $(R_g\text{-}L)$ باستخدام الآتي:

$$h_{fg} = 1.22\times10^{10}\cdot\left(R_g - L\right)\cdot\left(\frac{Q_g}{C_{HW}}\right)^{1.852}\cdot d^{-4.87} \qquad (٧,٦١)$$

كذلـــك يمكن إيجاد فاقد الاحتكاك في المسافة الواقعة بين نقطة x ونقطة المحور من طول الأنبوب كالتالي:

$$(H_f - h_{fx}) = \frac{15}{8} H_f \left[\frac{r}{R} - \frac{2}{3}\left(\frac{r}{R}\right)^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{r}{R}\right)^5 \right] \qquad (٧,٦٢)$$

هذه هي معادلة Chue and Moe (1972) وهناك أيضاً معادلات أخري لإيجاد h_{fx} .

كذلك يمكن استخدام المعادلة التالية لإيجاد $(H_f - h_{fx})$ كالتالي:

$$(H_f - h_{fx}) = \frac{J}{100}\left(0.155 + 0.4 \times \frac{R}{R+r}\right) \cdot (R-r) \cdot \left[1 - \frac{r^2}{R^2}\right]^{1.852} \qquad (٧,٦٣)$$

حيث أن :

h_{fx} = فاقد الاحتكاك الناتج في الطول r الواقع بين نقطة x وبداية الخط.

$(H_f - h_{fx})$ = فاقد الاحتكاك في الطول الواقع بين x ونهاية الخط $(x \to R)$.

كذلـــك يمكن إيجاد فاقد الاحتكاك على طول خط الرش المحوري بطريقة الخطوة – خطوة Step-wise procedare باستخدام معادلة دارسي – ويسباخ. وتعتبر هـــذه الطـــريقة أدق الطرق عند حساب H_f لأنها تأخذ في الأعتبار لزوجة السائل ونـــوع نظام السريان (طبقي أو مضطرب) على طول خط الرش المحوري. ولكنها تحـــتاج إلى جهـــد ووقت وإلى حاسب آلي لتسهيل العمليات الحسابية لأنها تقسم الأنـــبوب إلى اطـــوال صغيرة هي المسافات بين الرشاشات (S_s) لحساب H_f ثم يتم إيجاد فاقد الاحتكاك الكلي في الخط كالتالي:

$$H_{f_{0-R}} = \sum_{i}^{N} h_{f_{Si}} \qquad (٧,٦٤)$$

وعند استخدام هذه الطريقة يكون معلوم الضاغط عند الرشاش الأخير (He) حتى يمكـــن توفير التصرف المطلوب. ويتم إيجاد فاقد الاحتكاك في المسافة بين الرشاش الأخير والرشاش الذي قبله على الخط كالتالي:

obeikandi.com

$$h_{f_{Ss_1}} = \frac{8\, f_n \cdot Ss_1 \cdot Q_{sp_N}{}^2}{\pi^2 \cdot g \cdot d^5} \qquad (٧,٦٥)$$

أما ضاغط التشغيل عند الرشاش الذي قبل الأخير يكون:

$$H_{N-1} = H_N + \frac{Q_{sp_N}}{2gA^2} - \frac{Q_{r_2}}{2gA^2} + \frac{8 f_n \cdot Ss_1 \cdot Q^2_{sp_N}}{\pi\, g\, d^5} + h_{f_{SO_1}} \qquad (٧,٦٦)$$

حيث أن :

h_{fSs1} = فاقد الاحتكاك في المسافة الأولى (بين الرشاش الأخير والذي قبله).

Q_{sp_N} = تصرف الرشاش الأخير.

H_{N-1} = ضاغط التشغيل للرشاش الذي قبل الأخير.

H_N = ضاغط التشغيل للرشاش الأخير (حيث أن $H_e=H_N$)

h_{fSO1} = الفواقد الثانوية في المسافة Ss_1 .

$Qr2$ = تصرف الخط عند الرشاش الثاني الذي قبل الأخير حيث أن :

$$Q_{r_2} = Q_{sp_N} + Q_{sp_{N-1}}$$

$Q_{sp_{N-1}}$ = تصرف الرشاش الذي قبل الأخير.

وهكـــذا يمكن حساب فاقد الاحتكاك والضاغط لكل مسافة على طول الخط. وهذا يتطلب عمليات حسابية كثيرة خاصة عندما يكون خط الرش المحوري من الأنابيب الطويلة والمتعددة الأقطار.

ويمكن حساب تصرف أي رشاش على طول خط الرش المحوري كالتالي:

أ. بالنسبة للرشاشات التي على مسافات متساوية :

$$Q_{sp} = \frac{2\, Q_s \cdot r \cdot S_s}{R^2} \qquad (٧,٦٧)$$

ب. بالنسبة للرشاشات التي على مسافات غير متساوية :

$$Q_{sp} = \frac{Q_s}{R^2}\left[2\, r \cdot S_m - \left(S_1^{\,2} - S_2^{\,2}\right)\right] \qquad (٧,٦٨)$$

obeikandl.com

حيث أن :

S_m = متوسط المسافة بين الرشاش الذي قبله والذي بعده $S_m = \frac{1}{2}(S_1 + S_2)$

Q_{sp} = تصرف الرشاش الذي يبعد مسافة r من المحور.

S_1 , S_2 = المسافة للرشاش الذي قبله والذي بعده على التوالي.

بالنسبة للرشاش الأول على الخط المحوري تكون $S_1 = 2\,r$ ، أما بالنسبة للرشاش الأخير على الخط تكون S_2تساوي قطر دائرة البلل للرشاش الأخير $(S_2=D_{W_N}=D_{W_R})$.

طول الأنبوب لخط الرش المحوري (L) يكون $L = S_o + S_s \cdot (N_{sp} - 1)$ ، حيث :

S_o= المسافة بين الرشاش الأول ونقطة المحور.

ثانياً: في حالة خط الرش ذو القطرين:

قد يتكون خط الرش المحوري من قطرين بسبب إنخفاض التصرف على طول الخـــط. وبالـــتالي يكون اقتصادياً استخدام أنبوب ذو قطرين، بالإضافة إلى تقليل الوزن للأنبـــوب في حالة استخدام قطر أصغر. ويمكن استخدام القطرين ٢٠٣ مم (٨ بوصـــة) و ١٥٢ مم (٦ بوصة) للخط مثلاً. أو الأقطار ٢٠٣ مم و ١٦٨ مم ($6\frac{5}{8}$ بوصة) للخط الواحد مثلاً.

ومـــن المعلوم ان المسافة بين الأبراج لابد ان تقل كلما ازداد قطر الأنبوب بسبب زيادة الوزن للأنبوب وكمية المياه المنقولة بواسطة ذلك الأنبوب. لأن زيادة الوزن يسبب تغريز العجلات في الأرض. والمسافة بين الأبراج للقطر ٨ بوصة تكون أما ٣٢ متر أو ٣٨ متر أما للقطر ٦ بوصة فتكون ٣٨ أو ٤٤ متر حسب نوع التربة ونوع الجهاز المستخدم.

ومـــن المعروف ان الطول ٣٢ متر× القطر ٢٠٣مم وكذلك الأنبوب ذو الطول ٤٤ متر× قطر ١٦٨مم لهما نفس الوزن عندما يمتلئان بالماء (الوزن = ٢,٦ طن متري).

ويمكن إيجاد الوزن المحمول بواسطة البرج كالتالي:

الـــوزن لكل برج = وزن البرج + وزن المسافة الواحدة بين برجين + وزن الماء في المسافة الواحدة.

أو يمكن كتابتها كالتالي:

Weight per tower = Wt of tower + Wt of span (steel) + Wt of water in span

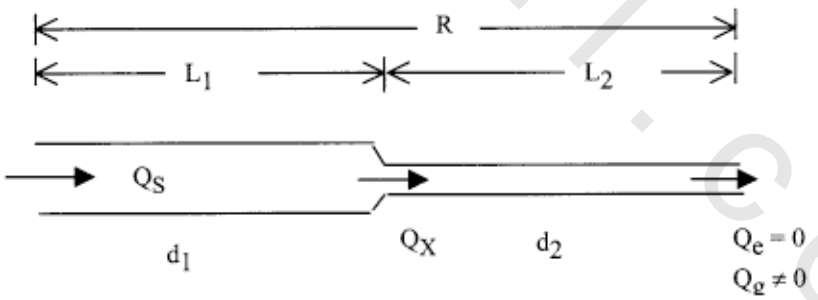
ولابد من اختيار الاقطار لكل نظام ري محوري حسب التصرف الكلي وطول خط الرش حتى يمكن اختيار أقطار الأنابيب الاقتصادية.

ويمكن ايجاد فاقد الاحتكاك في خط الرش المحوري الذي يتكون من قطرين كالتالي:

١. خط يتكون من قطرين ولايوجد رشاش مدفعي:

$H_f = h_{f_{o-R}}$ (for d_1) - $h_{f_{L2}}$ (foe d_1) + $h_{f_{L2}}$ (for d_2)

=friction Loss in the Pipe from o to R assuming all d_1 - friction loss for d_1 for L_2 + friction loss d_2 for L_2



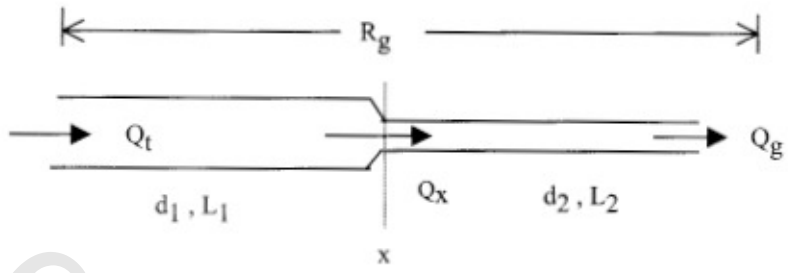
٢. خط يتكون من قطرين ويوجد رشاش مدفعي:

$H_f = h_{f_{o-Rg}}$ (for d_1) - $h_{f_{x-Rg}}$ (for d_1) + $h_{f_{x-Rg}}$ (for d_2) + + $h_{f_{L-Rg}}$ (for d_2)

= friction Loss in the Pipe from 0 to Rg assuming all d_1

- friction loss in d_1 from X to Rg + friction loss in d_2 from X to Rg
- friction loss in d_2 from L (pipe length) to Rg (imaginary section).

obeikandl.com



حيث أن:

x = نقطة التقاء القطرين.

ويمكن إيجاد نقطة اتصال القطرين في خط الرش المحوري وذلك عند إيجاد المسافة r بين نقطة x وبداية خط الرش المحوري من المعادلة:

$$r = R\left(\frac{Q_s - Q_x}{Q_s}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (٧,٦٩)$$

أما عند وجود رشاش مدفعي فتكون المعادلة:

$$r = R_g\left(\frac{Q_t - Q_x}{Q_t}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (٧,٧٠)$$

كذلك يمكن إيجاد التصرف عند نقطة x كالتالي:

$$Q_x = Q_s\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \qquad (٧,٧١)$$

أمـــا في حالة وجود رشاش مدفعي فتستخدم Q_t ، R_g بدلاً من Q_s ، R . كذلك يمكن إيجاد R_g في حالة وجود رشاش مدفعي من المعادلة :

$$R_g = R\left(\frac{Q_t}{Q_s}\right)^{0.5} = R\left(\frac{Q_s + Q_g}{Q_s}\right)^{0.5} \qquad (٧,٧٢)$$

obeikandl.com

ويمكن افتراض أن النسبة بين R ، R_g كالتالي:

$$\frac{R}{R_g} = 0.94$$

ومن المعلوم أن :

$$R = L + r_a$$

$$R_g = R + r_{ag}$$

وحيث أن :

$$Q_g = Q_t \left(1 - \frac{R^2}{R_g{}^2}\right) \qquad (٧,٧٣)$$

(٧,١٠) ضغط تشغيل نظام الري المحوري واختيار المضخة:

تعتمد نظم الري بالرش بشكل عام على وجود ضغط تشغيل معين حتى يمكن تشغيل الرشاشات المستخدمة على الضغط المناسب حتى يمكن الحصول على توزيع منتظم للمياه المضافة على المساحة المروية.

بالنسبة لنظام الري المحوري يعتمد ضغط التشغيل المطلوب على توفر ضغط معين في نهاية خط الرش المحوري بعد معرفة نوع وحجم الرشاش المستخدم في نهاية الخط. وكذلك توفر ضغط التشغيل المطلوب عند محور الجهاز الذي يعتمد على الآتي:

١. الضغط في نهاية خط الرش.
٢. فاقد الاحتكاك في خط الرش، مضافاً اليه ١٠٪ من فاقد الاحتكاك لتغطية الفواقد المتفرقة الاخرى (الفواقد الثانوية).
٣. فرق المنسوب بين أعلى نقطة في الحقل وقاعدة المحور.

obeikandi.com

٤. فاقد الاحتكاك الناتج من منظمات الضغط ان وجدت.

٥. ارتفاع الرشاشات عن سطح الأرض.

٦. الضغط المطلوب لتشغيل الرشاش المدفعي في نهاية خط الرش المحوري إن وجد، وذلك لتشغيل المضخة.

وبالتالي يمكن إيجاد ضغط التشغيل المطلوب عند قاعدة المحور من المعادلة التالية:

$$P_v = P_e + P_f \pm \Delta P_z + P_{rg} + P_r + P_{gun} \qquad (٧,٧٤)$$

حيث أن :

P_v = ضغط التشغيل المطلوب عند قاعدة المحور (كيلوبسكال).

P_e = الضغط المطلوب عند نهاية خط الرش (كيلوبسكال) .

P_f = الضغط المفقود نتيجة الاحتكاك في خط الرش مضافاً اليه ١٠٪ من قيمته للفواقد الثانوية (كيلوبسكال).

ΔP_z = الضغط الناتج من فرق المنسوب سواء كان منسوب الارض صاعداً (+) أو هابطاً (−) ، (كيلوبسكال).

P_{rg} = الضغط المفقود نتيجة الاحتكاك في منظمات الضغط (كيلوبسكال) وهي تعادل حوالي ٣,٥ متر (٣٤,٥ ك.بسكال أو ٥ رطل/بوصة^2).

P_r = الضغط الناتج من فرق الارتفاع بين ارتفاع البرج (أو المحور) وطول الانبوب الساقط ويساوي المسافة بين سطح الارض والرشاش المعلق في الانبوب الساقط (كيلوبسكال).

P_{gun} = ضغط التشغيل المطلوب للرشاش المدفعي أن وجد (كيلوبسكال).

openkanal.com

ويمكـــن إيجاد ضغط التشغيل عند أي نقطة x على طول خط الرش المحوري التي تبعد مسافة r من نقطة المحور من المعادلة التالية:

$$P_x = P_v - 1.22\times10^{11} F\left(\frac{Q_s}{C_{HW}}\right)^{1.852} \cdot d^{-4.87} \cdot R\left(\frac{15}{8}\right)\left[\left(\frac{r}{R}\right) - \frac{2}{3}\left(\frac{r}{R}\right)^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{r}{R}\right)^5\right] \quad (٧,٧٥)$$

ويجب ملاحظة أنه في حالة وجـــود رشاش مدفعي في نهاية خط الرش أن يتم استخدام Qt ، Rg ، Fg . ويمكن اعتبار أن $Fg = 0.56$ بينما $F = 0.548$

كذلك يمكن إيجاد الضاغط الديناميكي TDH للمضخة لتشغيل نظام الري المحوري مع ملاحظة موقع مصدر الماء من الحقل كما في الشكل رقم (٧,١٩) كالتالي :

$$TDH = P_v + P_{fm} + P_d + P_s + P_{fmis} \quad (٧,٧٦)$$

حيث أن :

TDH = الضاغط الديناميكي الكلي.

P_{fm} = الضغط الناتج من فواقد الاحتكاك في الخط الرئيسي الواصل بين المضخة والمحور مضافاً اليه ١٠٪ من قيمته للفواقد الثانوية نتيجة وجود أكواع ، صمامات ..... إلخ عليه.

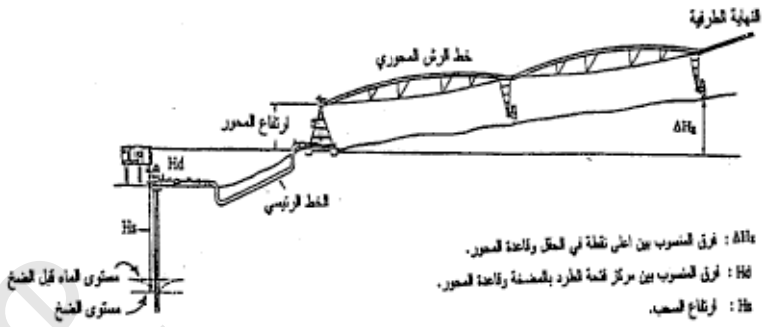
P_d = الضغط الناتج من فرق المنسوب بين مركز المضخة (فتحة الطرد) وقاعدة المحور.

P_s = الضـــغط الـــناتج من فرق المنسوب بين مركز المضخة ومستوى سطح الماء اثناء الضخ في المصدر.

$Pfmis$ = الفواقـــد المتـــنوعة وهـــي تأخذ في الأعتبار تقدم عمر الأنبوب والمضـــخة وعوامـــل أخرى. وتؤخذ على أنها تعادل ٢٠٪ من الفواقد الكلية في الخط الرئيسي.

ولابد من اعتبار موقع المضخة ومصدر الماء عند إيجاد TDH وبالتالي إذا كان هناك خط رئيسي بين المضخة والنظام المحوري.

obeikandl.com



الشكل رقم (٧,١٩) يبين إيجاد الضاغط الديناميكي الكلي (TDH) لنظام الري المحوري في الحقل.

وهـــناك قاعدة يمكن اعتبارها عند حساب فرق المنسوب بين اعلى نقطـــة وقاعـــدة المحور. وهي أن كل ٠,٧ متر ارتفاع أو انخفـــاض من ســـطـــح الأرض عن قاعـــدة المحور سوف يتـــأثر الضغط بمقـــدار ٠,٧ مـــتر (٦,٩ ك.بســـكال أو ١ رطل/بوصة٢). وبالتالي عندما يكون سطح الأرض هابط الى اسفل من قاعدة المحور تستخدم منظمات ضغط للتخلص مـــن الضغط الزائد، أما عندما يكون صاعداً فلابد من إضافة فرق المنسوب الناتج إلى الضغط المطلوب عند ايجاد ضغط التشغيل عند المحور (P_v) .

كذلـــك يمكـــن إيجـــاد P_v أو H_v باستخدام طريقة خطوة – خطوة وذلك باستخدام معادلة دارسي – ويسباخ أو معادلة هيزن – ويليام وذلك بتجزئة الخـــط إلى أطوال مقدارها المسافات بين الرشاشات مبتدائاً من نهاية الخط.

ويمكن إيجاد H_v كالتالي:

$$H_v = H_e + \sum_{i=o}^{N} \left(h_{f_i} \pm \Delta H_{zi}\right) + H_r + H_{rg} + H_{gun} \qquad (٧,٧٧)$$

حيث أن :

N = عدد الفتحات على طول الخط بحيث :

$$i = o \ \ at \ \ end \quad , \quad i = N \ \ at \ Pivot \ Point$$

h_{fi} = فاقد الاحتكاك بين الفتحة i والفتحة $i+1$.

ΔH_{zi} = فرق المنسوب بين الفتحتين.

كذلك يمكن ايجاد ضغط التشغيل عند اي نقطة على طول الخط المحوري في حالة الارض المستوية كالتالي:

$$H_i = H_v - h_{fi} = H_e + (H_f - h_{fi}) \qquad (٧,٧٨)$$

حيث أن:

H_i = ضاغط التشغيل عند النقطة i التي تبعد r من المحور.

h_{fi} = فاقد الاحتكاك في المسافة r .

H_f = فاقد الاحتكاك في خط الرش المحوري.

كذلك يمكن إيجاد مقدار الضاغط المفقود (ΔH) على طول خط الرش المحوري (يساوي فرق الضغط بين بداية ونهاية الخط) وذلك بعد تجاهل ضاغط السرعة كالتالي:

$$\Delta H = H_f \pm \Delta H_z \qquad (٧,٧٩)$$

أما متوسط الضاغط في الخط المحوري (Ha) فيمكن ايجاده بعد تجاهل ضاغط السرعة كالتالي:

$$H_a = H_v - H_f \pm 0.5\,\Delta H_z \qquad (٧,٨٠)$$

حيث يكون فرق المنسوب موجباً عندما يكون الخط صاعداً ، ويكون سالباً عندما يكون الخط هابطاً.

obeikandi.com

ويمكـــن ايجـــاد الضغط عند أى نقطة تبعد أي مسافة من المحور. فاذا كانت هناك نقطة أو رشاش تبعد مسافة (r) من المحور يمكن ايجاد الضغط عند تلك النقطة او الرشاش من المعادلة التالية :

$$H_i = H_f\left[1 - 1.875\left(X - \frac{2X^3}{3} + \frac{X^5}{5}\right)\right] + H_e \qquad (٧,٨١)$$

حيث أن :-

H_i = الضغط عند نقطة (i) التى تبعد مسافة (r) من المحور

X = النسبة بين (r) إلى (R) $\qquad X = \frac{r}{R}$

H_f = فاقد الأحتكاك فى خط الرشاشات المحورى.

أو يمكـــن إيجاد الضغط على مسافة (r) من المحور عند معرفة ضغط التشغيل عند المحور (H_v) بالمعادلة التالية :

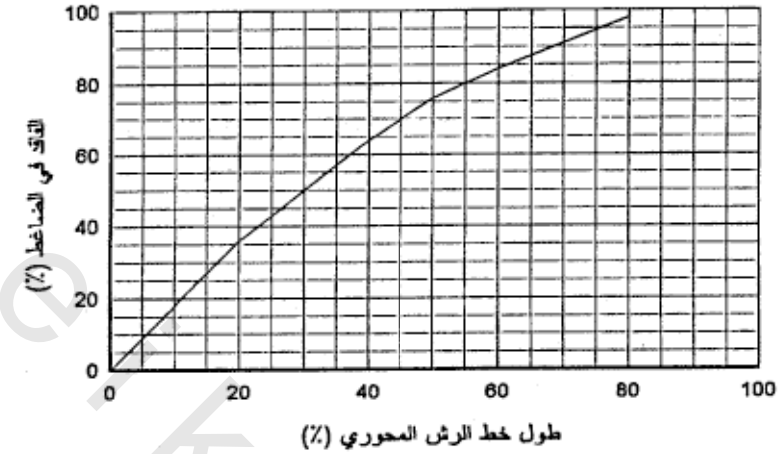
$$H_i = H_v - H_f\left(X - \frac{2X^3}{3} + \frac{X^5}{5}\right) \pm \Delta H_z \qquad (٧,٨٢)$$

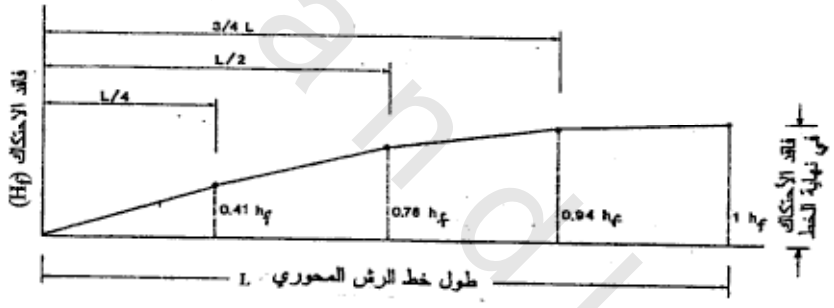
وبالـــتالى يمكن حساب الضغط على طول خط الرشاشات بمعلومية (r) من المحور. ويمكن الرجوع إلى معادلات الباب الثاني عند دراسة هيدروليكا نظام الري المحور.

توزيع الضغط على طول خط الرش المحوري :

معـــرفة توزيع الضغط على طول الخط المحوري سوف يساعد في اختيار الرشاشات التي تناسب ذلك الضغط. والشكل رقم (٧,٢٠) يعطى فكرة عن مقدار فواقد الاحتكاك على طول خط الرش وبالتالي يســـمح بتقييم تقريبي لـــتوزيع الضغط. وبالتالي يمكن اختيار الرشاشات ذات الضغوط المناسبة حتى يمكـــن الحصول على معدل الإضافة المطلوب على طول الخط المحوري. ويتم ذلك بحساب توزيع الضغط على طول خط الرش مع قطر الأنبوب المستخدم وهذا يتطلب جهد كبير.

obeikandi.com





الشكل رقم (٧,٢٠) توزيع الفاقد في الضغط على طول خط الرش المحوري.

وفى الوقت الحاضر يستخدم الحاسب الآلي في عمل هذه الحسابات التي تقوم بها برامج مجهزة لنظام الري المحوري بعد معرفة المعلومات التالية :-

- نوع الرشاش المستخدم.
- كيفية توزيع المياه على طول الخط المحوري.
- التصرفات المطلوبة من الرشاشات على حسب نوع التربة.
- طول وقطر المسافة بين هذه الرشاشات.

obeikandl.com

ويمكن معرفة العلاقة بين الضغط على طول خط الرشاشات المحوري مع المسافة بين بداية ونهاية خط الرشاشات، وكذلك فاقد الضغط مع التصرف في خط الرشاشات.

وبذلك نلاحظ أن الفاقد في الضغط يزداد مع زيادة التصرف وكذلك يزيد كلما ابتعدنا عن المحور. أيضا نلاحظ أن زيادة القطر يقلل من فاقد الضغط الناتج من الاحتكاك.

وبالتالي يقوم الحاسب الآلي عن طريق برامج موجودة به باختيار الرشاشات المستخدمة على طول الخط مع المسافة حتى يمكن الحصول على التوزيع المطلوب.

اختيار المضخة:

في حالة استخدام المحرك الديزل في توليد الكهرباء بواسطة الدينمو (المولد الكهربائي) لاستخدامها في تشغيل الجهاز المحوري تحسب قدرة المولد الكهربائي ثم تضاف إلى القدرة اللازمة لتشغيل المضخة (المحرك). وتحسب القدرة اللازمة للمولد الكهربائي بان تضاف عدد المحركات الكهربائية لكل برج وتضرب في ٧٠٪ وهذه النسبة تستخدم لأن الأبراج لا تتحرك كلها في نفس الوقت، أي أن المحركات الكهربائية التي تستخدم في تحريك الأبراج لا تصلها الكهرباء في نفس الوقت ، ويمكن إيجاد قدرة المحرك كالتالي:

$$H_P = \frac{TDH \times Q_S}{K \times E_P \times E_m} \qquad (٧,٨٣)$$

حيث أن:

Hp = قدرة المحرك اللازم لتشغيل مضخة الجهاز المحوري.

Ep = كفاءة المضخة.

E_m = كفاءة المحرك.

K = ثابت، تكون قيمته ٧٦ إذا كانت القدرة بالحصان أو ١٠٢ إذا كانت القدرة بالكيلووات.

طاقة تشغيل النظام المحوري :

ويمكن حساب الطاقة المستخدمة لكمية الماء المضافة بواسطة جهاز الري المحوري من المعادلة الآتية :

$$E_W = \frac{P_v \times Q_s \times V}{D_g \times A \times 6 \times 10^5} \qquad (٧,٨٤)$$

حيث أن :

E_w = الطاقة المستخدمة أثناء تشغيل النظام (كيلووات.ساعة/م^3).

P_v = الضغط الموجود عند المحور (كيلوبسكال).

Q_s = تصرف الجهاز (لتر/دقيقة).

V = سرعة الدوران للجهاز (ساعة/الدورة).

D_g = عمق الماء المضاف (مم).

A = مساحة الحقل المروية (هكتار).

هذه المعادلة أو الطاقة المحسوبة لا تشمل المضخة ولا كفاءة الري أو رفع الماء من المصدر. وبالتالي تحسب الطاقة لجهاز الري المحوري فقط.

ويمكن حساب الطاقة المستخدمة بواسطة المضخة ونظام الري من المعادلة التالية:

$$E_{WP} = 0.0272 A D_g (H_S + H_d) \qquad (٧,٨٥)$$

حيث أن :-

E_{wp} = الطاقة المطلوبة لسحب وضغط الماء إلى الرشاشات (كيلووات.ساعة).

H_s = ارتفاع عمود السحب (م).

H_d = ارتفاع عمود الطرد (م).

هـــناك عدة اختيارات للطاقة لتشغيل أجهزة الري. ولذلك لابد من دراسة لهذه الاختـــيارات قـــبل استخدام أي منها فعند استخدام الكهرباء مثلا يجب معرفة

obeikandl.com

توفرها والمسافة التي تبعد عن المشروع (الكهرباء المستخدمة ٣٨٠-٤٨٠ فولت 3 Phase) وهل الأجدى استخدام الكهرباء العامة أو استبدالها بمحرك كهربائي (Engine - generator System) يتم شراؤه للمشروع. ومن ذلك يمكن معرفة تكاليف الطاقة الكهربائية وبالتالي يمكن مقارنتها بالبدائل الأخرى كالوقود أو الغاز مثلا. ويمكن مقارنة تكاليف هذه البدائل من المعادلات التالية :-

- بالنسبة للديزل Diesel :

$$Cost / hp.hr = \frac{Cost / Gallon}{15} \qquad (٧,٨٦)$$

- بالنسبة للغاز Natural Gas :

$$Cost / hp.hr = \frac{Cost / MCF}{81} \qquad MCF = 1000\ ft^3 \qquad (٧,٨٧)$$

- بالنسبة للكهرباء Electricity (*) :

$$Cost / hp.hr = \frac{Cost / Kw.hr}{1.2} \qquad (٧,٨٨)$$

(*) وإذا كان هناك تغيرات في الطلب أو محركات إضافية جاهزة للتشغيل في حالة العطل (Standby Changes) يجب تقديرها وحسابها من المعادلة التالية ثم يضاف الناتج إلى المعادلة السابقة (في حالة الكهرباء).

$$Cost / hp.hr = \frac{Annual\ Demand\ Cost}{Annual\ Kw.hr \times 1.2} \qquad (٧,٨٩)$$

وبتقييم هذه البدائل مع تكاليف التشغيل وكذلك الصيانة وعدد العمال التي يتطلبها كل بديل يتم اختيار أفضل نوع من الطاقة من ناحية التكاليف والسهولة .

obeikandl.com

(٧,١١) تقييم أداء نظام الري المحوري :

يمكن تقييم نظام الري المحوري في الحقل وذلك بقياس ضغط تشغيل الرشاش والتصـــرف بنفس الخطوات المتبعة مع النظم التقليدية. أما إيجاد الانتظامية والتوزيع والكفاءة للنظام المحوري في الحقل فيمكن استخدام إحدى الطرق التالية:

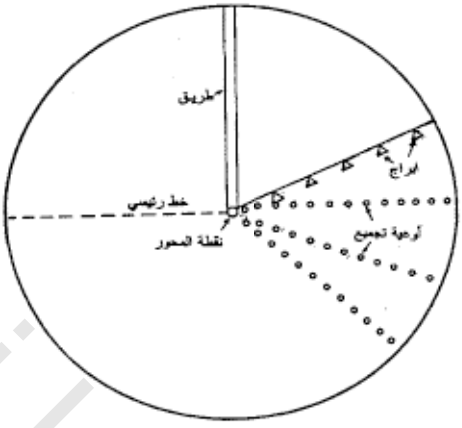
١- طرق ايجاد معامل الانتظامية للنظام المحوري :

أ . الانتظامية على طول خط الرش المحوري (Cu_r) Radial Uniformity :

وهـــي طريقة مهمة في تقييم انتظامية وتوزيع المياه على طول خط الرش المحـــوري. ويمكـــن إجراء ذلك بوضع (٢-٣) صفوف من أوعية القياس وعـــلى مسافات متساوية ، الشكل رقم (٧,٢١) ، ويمكن تلخيص تلك الطريقة في الخطوات التالية:

١. يضبط وضع خط الرشاشات المحوري عند الموضع رقم (١).
٢. وضع أوعية القياس في خطوط مستقيمة وعلى مسافة من خط الرشاشات مبـــتدئاً مـــن المحور على مسافات متساوية تتراوح بين (٤-١٠ متر) مع ترقيم هذه الأوعية بحيث يكون رقم (١) هو الأقرب للمحور ، والســـبب في ذلك أن كل وعاء يمثل مساحة بلل مختلفة حيث أن هذه المساحة تزيد كلما ابتعدنا من المحور. ويمكن حذف قراءات عدد من الأوعية القريبة من المحور لأن الكميات المتجمعة بها قليلة ولكن الترقيم يشملها.
٣. توضع خطوط أوعية القياس على خطوط مستقيمة يفصل بينها زاوية قياس تـــتراوح بين (١٠-٣٠ درجة) تتوقف على تجنب تأثير الرشاشات وزمن القياس، كما في الشكل رقم (٧,٢١).
٤. اســـتخدام ثلاثـــة أوعـــية إضافية لحساب التبخر منذ لحظة وصول تأثير الرشاشات إلى مكان التجربة وحتى ابتعادها عنه.
٥. يتم تشغيل النظام المحوري وهو في الموضع (١) وتنتهي التجربة عند اجتياز خط أوعية القياس الأخير.

openkandil.com



الشكل رقم (٧,٢١) ترتيب أوعية القياس أثناء تقييم النظام المحوري.

٦. تعيين الحجم المتبقي في الأوعية الإضافية الثلاثة بعد اجتياز خط الرشاشات لأوعية القياس مباشرة حتى يتم قياس التبخر وبعثرة الرياح أثناء التجربة وقياس التبخر من الأوعية أثناء القياس.

٧. قياس المياه المتجمعة في أوعية القياس مباشرا بعد انتهاء التجربة. ويجب قراءة القياسات بعد مرور الجهاز على كل خط أوعية حتى يمكن تقليل كمية المياه المفقودة من هذه الأوعية بأسرع ما يمكن.

٨. تسجيل القياسات في الجدول مع ترتيب الحجم المتجمع أو العمق حسب أرقام هذه الأوعية حتى يمكن حساب القياسات الموزونة.

٩. إيجاد العمق الموزون لكل وعاء وذلك بضرب العمق المقاس في المسافة بين الوعاء والمحور إذا اختلفت المسافة بين أوعية القياس على طول خط الرش، أما إذا كانت المسافة بين الأوعية ثابتة فيتم استخدام رقم الوعاء بدلاً من المسافة لإيجاد العمق الموزون.

obeikandl.com

وبالتالي يمكن إيجاد معامل الانتظامية من المعادلة التالية :-

$$Cu = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{i=N} W_i \left| \frac{X_i}{D_w} - 1 \right|}{\sum_{i=1}^{i=N} W_i} \right] \times 100 \qquad (٧,٩٠)$$

حيث أن :

N = عدد أوعية القياس.

X_i = عمق المياه المتجمعة فى الوعاء القياسي الواحد (مم).

W_i = معامل الوزن أو رقم الوعاء في حال ثبات المسافة بين الأوعية.

$$D_w = \text{متوسط العمق الموزون} = \frac{\text{مجموع الأعماق الموزونة}}{\text{مجموع أرقام الأوعية}}$$

$$D_w = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} (W_i \times X_i)}{\sum_{i=1}^{i=N} W_i} \qquad (٧,٩١)$$

ب. الانتظامية مع اتجاه خط السير (Cu_C) Circular Uniformity :

وذلـــك بقياس توزيع المياه في اتجاه دائري مع اتجاه خط السير وذلك بوضع علب على مسافات متساوية مع اتجاه السير وعلى مسافات منتظمة من المحور. ويمكن إجراء ذلك بوضع العلب في المكان الذي يعتبر الموقع المناسب والذي يبعد مسافة $r_f = \frac{2R}{3}$ حيث يعتبر ذلك الموقع مركز ثقل التصرف (متوسط التصـــرف) على طول خط الرش المحوري. ويمكن إجراء ذلك بوضع علب

التجميع على مسافات متساوية تعادل ٣٠ متر على طول خط السير وبالتالي يكون عدد العلب المستخدمة ٥٥ علبة $\left(N=\frac{2\pi\times 266}{30}=55\ ,\ r_j=\frac{2\times 400}{3}\approx 266\right)$ ويمكن وضع صفين من العلب مع اتجاه السير بينهما مسافة ٥ متر. ولابد من حساب فاقد التبخر وبعثرة الرياح بسبب الزمن الطويل لإجراء التجربة. ويمكن حساب Cu_c , Du_c باستخدام المعادلات التي استخدمت مع النظام التقليدي مباشرة. ولتحسين دقة القياس لابد أن تكون صفوف الأوعية تبعد عن أي مسار للعجلات بمسافة لا تقل عن ٥ متر.

٢- معامل انتظامية التوزيع للربع الأقل :

يمكن إيجاد معامل انتظامية التوزيع للربع الأقل للنظام المحوري من المعادلة التالية:

$$D_u=\frac{d_w}{D_w}\times 100 \qquad (٧,٩٢)$$

حيث أن :-

D_u = معامل انتظامية التوزيع للربع الأقل (٪).

D_w = متوسط العمق الموزون (مم).

d_w = متوسط العمق الموزون لعمق الماء المتجمع في الربع الأقل (مم).

$$= \frac{\text{مجموع الأعماق الموزونة في الربع الأقل}}{\text{مجموع ربع أرقام الأوعية}}$$

أن انخفاض قيمة Du يشير إلى زيادة فواقد التسرب العميق.

٣- كفاءة الإضافة لنظام الري المحوري:

يمكن إيجاد كفاءة الإضافة (Ea) للنظام المحوري من المعادلة التالية:

$$E_a = \frac{D_w}{D_g} \times 100 \qquad (٧,٩٣)$$

حيث يمكن اعتبار أن D_w الواصل إلى سطح الأرض مساوياً للعمق الصافي D_n في حالة التقييم.

٤- كفاءة إضافة المياه الممكنة في الربع الأقل (PELQ) :

وهي أيضا تسمى بكفاءة النظام System efficiency ويمكن إيجادها كالتالي:

$$PELQ = D_u \times E_a = \frac{d_w}{D_w} \times \frac{D_w}{D_g} \times 100 = \frac{d_w}{D_g} \times 100 \qquad (٧,٩٤)$$

إنخفاض قيمة (PELQ) يشير إلى وجود مشاكل في التصميم.

ويمكن إيجاد عمق الماء المضاف من النظام المحوري في الدورة الواحدة من المعادلة التالية:

$$D_g = \frac{T_{rev} \times Q_s}{A} \qquad (٧,٩٥)$$

ويمكن إيجاد قيمة (Q_s) وهو تصرف النظام خلال زمن التشغيل بواسطة عداد المياه (Flow meter) الموجود بالقرب من المحور . أما في حالة عدم وجود مقياس للتصرف فيمكن إيجاده بالمعادلة التالية :

$$D_g = D_w + E_v \qquad (٧,٩٦)$$

$$Q_s = \frac{D_g \times A}{T_{rev}} \qquad (٧,٩٧)$$

حيث أن :

E_v = متوسط عمق الماء المفقود عن طريق التبخر من الأوعية الإضافية (مم).

ويمكن إيجاد متوسط عمق الماء الواصل إلى المساحة الكلية المروية بواسطة النظام المحوري وكذلك متوسط الحجم من المعادلات التالية:

obeikandl.com

١ . مساحة الأرض التي تمثلها علبة القياس هي:

$$A_i = 2\,\pi\, r_i\, \Delta r \qquad (٧,٩٨)$$

حيث أن:

A_i = مساحة فوهة العلبة وهي تعادل مساحة الأرض التي تقع عليها العلبة.

r_i = المسافة بين العلبة ونقطة المحور.

Δr = المسافة الثابتة بين علب القياس.

٢ . حجم الماء الواصل إلى المساحة A_i يكون:

$$V_i = 2\,\pi\, r_i\, \Delta r\, x_i \qquad (٧,٩٩)$$

٣ . متوسط عمق الماء المضاف من النظام إلى المساحة الكلية $\overline{X}$ يكون:

$$\overline{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} V_i}{\sum_{i=1}^{i=N} A_i} \qquad (٧,١٠٠)$$

٤ . متوسط حجم الماء الواصل إلى العلب أو المساحة الكلية المروية بواسطة النظام فيكون:

$$\overline{V}_i = A_i \cdot \overline{X} \qquad (٧,١٠١)$$

$$\overline{V} = \frac{\sum_{i=1}^{i=N} A_i \cdot X_i}{N} \qquad (٧,١٠٢)$$

حيث أن:

$\overline{V}_i$ = متوسط حجم الماء الواصل للعلب.

$\overline{V}$ = متوسط حجم الماء المضاف تحت النظام.

x_i = عمق الماء الواصل إلى العلبة.

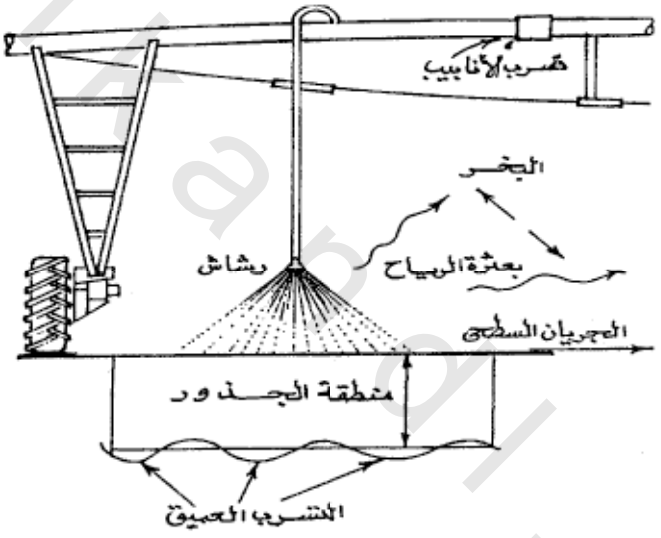
N = عدد علب القياس.

obeikandi.com

٥- فواقد التبخر (E): Evaporation Losses

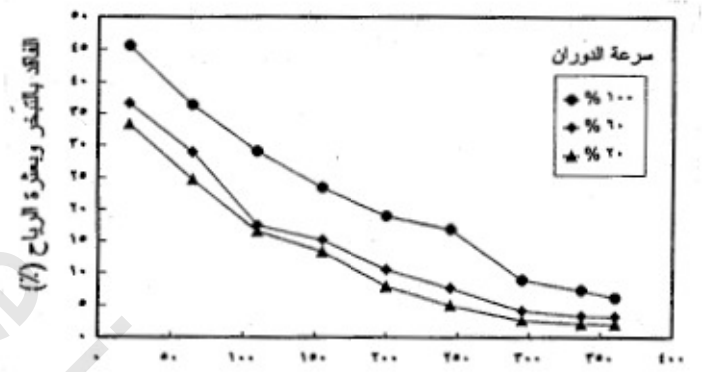
يمكن إيجاد كمية المياه المفقودة عن طريق بعثرة الرياح ودرجة الحرارة الجوية من نظام الري أثناء عملية الري ، الشكل رقم (٧,٢٢) ، من المعادلة التالية:

$$E = \frac{D_g - D_w}{D_g} \times 100 \qquad (٧,١٠٣)$$

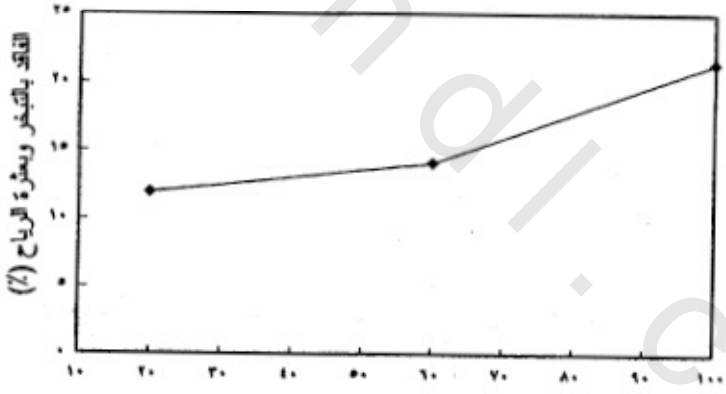


الشكل رقم (٧,٢٢) فواقد المياه من نظام الري المحوري.

ونجد أن فواقد التبخر وبعثرة الرياح تتأثر بسرعة دوران ومعدل الإضافة في نظام الري المحوري. فنجد أن هذه الفواقد تزيد مع زيادة سرعة الدوران للجهاز وتقل مع زيادة معدل الإضافة، كما يوضح ذلك الشكل رقم (٧,٢٣) وكذلك الشكل رقم (٧,٢٤).



الشكل رقم (٧,٢٣) العلاقة بين فواقد التبخر وبعثرة الرياح ومتوسط معدل الإضافة على طول خط الرش المحوري عند سرعات دوران مختلفة.



الشكل رقم (٧,٢٤) العلاقة بين فواقد التبخر وبعثرة الرياح تحت نظام الرش المحوري عند سرعات دوران مختلفة.

obeikandi.com

ومن الملاحظ أن انتظامية توزيع المياه تؤثر على المسافة بين الرشاشات والخطوط والعلاقة بين الضغط والتصرف للرشاشات. عموماً ينصح بأن تكون قيمة C_u على الأقل ٨٥٪ للمحاصيل الحساسة وذات الجذور السطحية مثل البطاطس ومعظم الخضراوات، وتكون C_u مقبولة عموماً بين ٧٥٪ إلى ٨٣٪ للمحاصيل ذات الجذور العميقة مثل البرسيم، الذرة. أما بالنسبة للأشجار أو المحاصيل ذات الجذور المنتشرة والعميقة فتكون C_u مقبولة إلى ٧٠٪، وعند استخدام المبيدات الكيميائية بواسطة الرشاش فلابد أن تكون قيمة C_u أكبر من ٨٠٪، وعند وجود معامل تجانس منخفض بسبب الرياح ينصح بإضافة المبيدات في حالة الرياح الهادئة.

العوامل المؤثرة على انتظام توزيع مياه الري :

هناك عدة عوامل تؤثر على كفاءة الإضافة لنظم الري المحوري من أهمها:

١ . عدم انتظام سرعة الحركة أو الدوران والذي قد ينتج من عدم تسوية خط السير.

٢ . عدم انتظام التداخل بين الرشاشات وشكل التوزيع الرطوبي للرشاش نتيجة اختلاف في ضغوط التشغيل.

٣ . حركة المياه على سطح الأرض بعد إضافتها نتيجة وجود اختلاف في مناسيب الأرض المروية وخاصة عندما يزيد معدل الإضافة عن معدل تسرب التربة.

٤ . زيادة فواقد التبخر من المياه المضافة بسبب درجة الحرارة وسرعة الرياح. وهذه الفواقد تزداد مع زيادة درجة الحرارة وسرعة الرياح وكلما قلت حجم القطرات ومعدل الإضافة.

٥ . وجود انسداد في بعض الرشاشات.

٦ . الترتيب الغير سليم للرشاشات على طول خط الرش.

obeikandl.com

(٧,١٢) نظام الري المحوري وأشجار الفاكهة :

يمكـــن استخدام نظام الري المحوري لري أشجار الفاكهة بكفاءة عالية بعد إدخـــال بعض التعديلات المناسبة على مواصفاته ليتلاءم مع طبيعة تلك النباتات مثل ارتفـــاع هـــذه الأشـــجار. وبالتالي يمكن زراعة هذه الأشجار في خطوط مستديرة هندســـية الشـــكل ونظام الري المحوري يعمل أثناء الري في حركة دائرية ثابتة بين صفوف أشجار الفاكهة كما يوضح ذلك الشكل رقم (٧,٢٥). حيث تكون هذه الصـــفوف على مسافة معينة حسب نوع أشجار الفاكهة وكذلك تحديد المسافة بين الشجرة والأخرى في الصف الواحد ، كذلك يمكن الاستفادة بزراعة المساحات التي بـــين صفوف الأشجار لعدة سنوات بالخضراوات أو محاصيل أخرى خاصة في بداية مـــراحل نمو أشجار الفاكهة، وبالتالي الحصول على عائد اقتصادي حتى الوصول إلى محصـــول أشـــجار الفاكهة. وفي هذه الحالة لابد من استخدام رشاشات ثابتة تعطي دائـــرة بلـــل كاملة (٣٦٠^{o}) حتى يمكن ري أشجار الفاكهة والمحصول المزروع بين الصـــفوف. ولكـــن عـــندما تكـــبر هذه الأشجار وتثمر تستبدل هذه الرشاشات برشاشات تعطي نصف دائرة بلل (١٨٠^{o}) حتى يمكن إضافة المياه بالقرب من منطقة المجمـــوع الجذري للشجرة (الشكل رقم ٧,٢٦، ٧,٢٧) بدلاً من المساحة التي بين الصفوف. وهذا بالتالي يقلل من نمو الحشائش بين صفوف الأشجار.

البيانات المطلوبة لري أشجار الفاكهة:

عند استخدام نظام الري المحوري لري أشجار الفاكهة فلابد من التخطيط الســـليم لذلك حتى يمكن الحصول على كفاءة ري عالية وبالتالي محصول مرتفع. لذلـــك لابد من توفر البيانات التالية قبل تخطيط وتصميم نظام الري المحوري لري أشجار الفاكهة:

١ . نوع الشجرة وأقصى احتياج مائي يومي للشجرة عند اكتمال النمو.
٢ . ارتفاع الشجرة عند اكتمال النمو.

٣ . المسافة بين الأشجار في الصف الواحد.

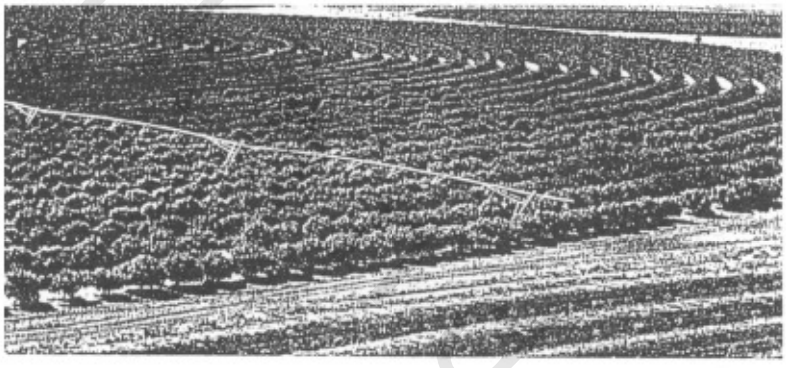
٤ . عدد ساعات تشغيل النظام اليومية.

٥ . عدد الصفوف من الأشجار لكل مسافة بين الأبراج.

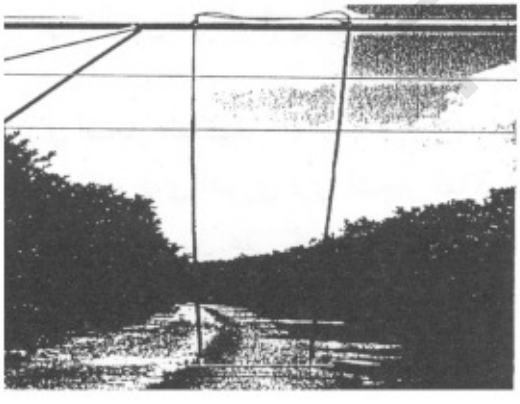
٦ . عدد ومساحة طرق الخدمة لكل نظام وهي في الغالب أربعة طرق متساوية المساحة تتوقف على عرض الآلات الزراعية المستخدمة في خدمة المزرعة والحصاد.

٧ . طول المسافة Span وكذلك طول الكابولي الطرفي.

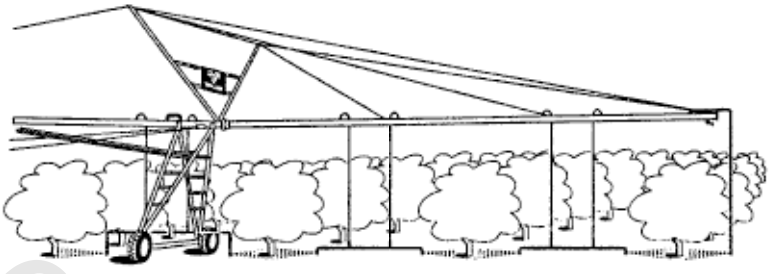
٨ . كفاءة نظام الري المحوري المستخدم.



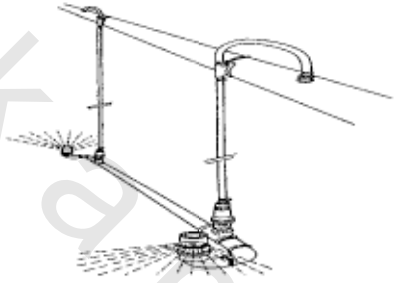
الشكل رقم (٧,٢٥) زراعة أشجار الفاكهة في صفوف دائرية تحت نظام الري المحوري.



الشكل (٧,٢٦) صورة فوتوغرافية توضح كيفية إضافة المياه بواسطة الرشاشات بالقرب من جذوع الأشجار.



الشكل رقم (٧,٢٧ أ) طريقة إضافة المياه بالقرب من منطقة المجموع الجذري للشجرة.



الشكل رقم (٧,٢٧ ب) كيفية توصيل الأنابيب الساقطة مع خط الرش والرشاشات.

بعد معرفة البيانات السابقة يمكن إيجاد تصرف النظام المطلوب لتوفير الاحتياجات المائية للأشجار وكذلك عدد الأشجار الكلية.

التعديلات المقترحة لجهاز الري المحوري:

يمكن استخدام الري المحوري المستخدم حالياً لري المحاصيل الحقلية مثل القمح لري أشجار الفاكهة ولكن قبل ذلك لابد من إجراء التعديلات التالية حتى يتلاءم مع هذا النوع من النباتات:

١ . يعدل ارتفاع الجهاز المحوري من الوضع الحالي بحيث يصبح الارتفاع بين شدادات الجهاز وسطح الأرض من حوالي ٣,٧٥ إلى ٤,٦ متر تقريباً.

٢ . تعديل عرض قواعد الأبراج بما يتناسب مع الارتفاع الجديد للجهاز لتلافي عدم اتزان الجهاز عند وجود رياح.

obeikandl.com

٣ . تغـــيير وضـــع الرشاشات وعددها ونوعها بما يتفق وإضافة مياه الري عند قاعدة الأشجار حتى يمكن الاستفادة منها بكفاءة عالية، خاصة عند اكتمال نمو الأشجار.

٤ . مـــراعاة تعديـــل القـــدرة الحصانية للمحرك الكهربائي لكل برج ليتلاءم مع متطلبات التعديلات الأخرى.

٥ . الأخـــذ في الاعتبار عند تشغيل الجهاز الاحتياجات المائية للأشجار. كذلك إجـــراء عملية التقليم للأشجار بصورة دورية (مرة كل سنة مثلاً) أو حسب الحاجـــة للمحافظة على المسافة بين صفوف الأشجار من جهة ومنع ملامسة قمم الأشجار لجهاز الري من جهة أخرى.

وبمعـــرفة قيم البيانات التالية كما في الجدول التالي يمكن إيجاد تصرف النظام والمساحة المروية وعدد الأشجار الكلية والمسافة بين الأشجار كما يوضح ذلك المثال التالي:

١ . نوع الشجرة : برتقال

٢ . أقصى احتياج مائي يومي لشجرة البرتقال عند اكتمال النمو = ٥٢ لتر/يوم

وقد تختلف المسافة بين الأبراج حسب طول خط الرش المحوري وكذلك طـــول الكـــابولي الطرفي وبالتالي يمكن اختلاف عدد الصفوف للأشجار وكذلك المسافة بين الصفوف كما يوضح ذلك الجدول التالي:

طول المسافة	عدد الصفوف والمسافة بينها					
(متر)	٦	٧	٨	٩	١٠	صف/مسافة
٥٤,٨٨	٩,١٥	٧,٨٤	٦,٨٦	٦,١٠	٥,٤٩	متر
٤٨,٠٢	٨,٠٠	٦,٨٦	٦,٠٠	٥,٣٤	٤,٨٠	متر
٤١,٢٢	٦,٦٧	٥,٦٩	٥,١٥	٤,٥٨	٤,١٢	متر

طول الكابولي	عدد الصفوف والمسافة بينها					
الطرفي (متر)	٢	٣	٤	٥	٦	صف
٢٥,٠٨	ويتم إيجاد المسافة بين الصـــفوف وذلك					
١٩,٣٩	بتقسيم طول الكابولي الطرفي على عدد					
١٦,٧١	الصفوف كما اتبع عند تحديد المســـافة					
١١,٠٣	بين الصـــفـــوف مـــع كل مســـافة.					

وبعـــد تحديد عدد الأبراج والمسافات بين الأبراج وطول الكابولي الطرفي وكذلـــك المسافة بين الصفوف يمكن إيجاد عدد الصفوف لكل مسافة كما يوضح ذلك المثال التالي عند تخطيط الحقل لزراعة أشجار الفاكهة.

١ – الاحتياج المائي المطلوب = ٢٠٣١,٣ م٣/يوم.

٢ – تصرف المضخة = ٤٧,٠٢١ لتر/ث.

٣ – المساحة المروية = ٤٩,٢٨ هكتار.

٤ – عدد الأشجار في الحقل = ٣٢,١٦٤ شجرة.

٥ – قطر الحقل المروي = ٧٩٢,١٢ متر.

٦ – أقصى احتياج مائي يومي للشجرة بعد اكتمال النمو = ٥٢ لتر/يوم.

٧ – أقصى ارتفاع للشجرة بعد اكتمال النمو = ٥ متر.

٨ – عدد المسافات وعدد الصفوف والمساحات كالتالي:

رقم المسافة Span No	طول المسافة (متر)	عدد صفوف الأشجار لكل مسافة	المسافة بين الصفوف (متر)
١	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
٢	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
٣	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
٤	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
٥	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
٦	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
٧	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
٨	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
٩	٤١,٢٢	٨	٥,١٥
الكابولي الطرفي	٢٥,٠٨	٦	٤,١٨
عدد الصفوف الكلية =		٧٨	

٩ – طول خط الرش المحوري = ٣٩٦,٠٦ متر.

١٠– المسافة بين الأشجار في الصف الواحد = ٣ متر.

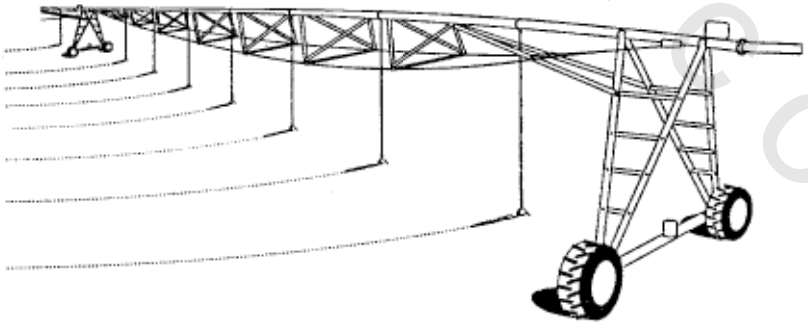
١١– عدد طرق الخدمة = ٤ طرق.

obeikandl.com

١٢- عرض طرق الخدمة = ١٠ متر (٢,٥ متر/طريق).
١٣- أقصى عدد ساعات تشغيل النظام للري = ١٢ ساعة.
١٤- كفاءة نظام الري = ٨٥٪.
ويجب ملاحظة أن حجم الغطاء الخضري للشجرة هو الذي يحدد عدد الصفوف لكل مسافة.

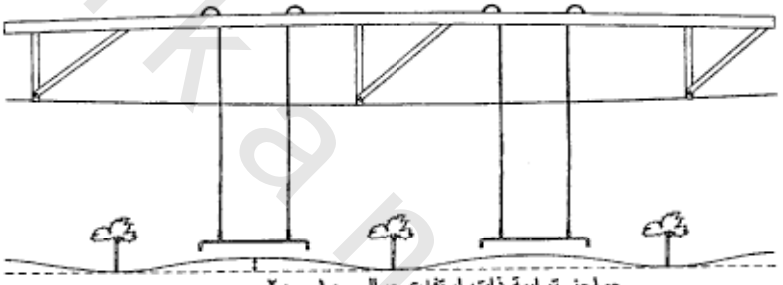
تجهيز وتخطيط الحقل:

بعد تركيب نظام الري المحوري في الحقل يأتي بعد ذلك الاستعداد لتجهيز وتخطيط الحقل لزراعة أشجار الفاكهة في صفوف دائرية. بعد تحديد عدد الصفوف والمسافة بين الصفوف حسب نوع الشجرة المراد زراعتها. يتم استخدام جهاز الري لتحديد مواقع الصفوف الدائرية وذلك بوضع علامات على طول خط الرش المحوري تمثل مواقع وعدد الصفوف بين الأبراج. بعد تحديد مواقع هذه الصفوف بين الأبراج يتم ربط حبل أو سلسلة عند هذه العلامات بحيث تصل نهايتها إلى سطح الأرض، ثم يوضع ثقل حوالي ٥ كجم في نهاية الحبل وذلك لتخطيط مواقع الصفوف على سطح الأرض بوضوح. بعد ذلك يتم تشغيل جهاز الري المحوري لعمل دورة كاملة مع ملاحظة آن جميع خطوط الصفوف واضحة على سطح الأرض بواسطة الخطوط التي تم تخطيطها بواسطة الثقل الموضوع في نهاية الحبال كما يوضح ذلك الشكل رقم (٧,٢٨).



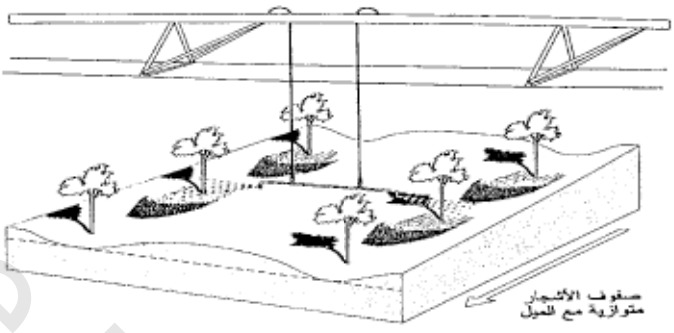
الشكل رقم (٧,٢٨) طريقة تحديد مواقع صفوف الأشجار على أرض الحقل.

ولـــزيادة كفاءة الإضافة لنظام الري وتقليل الجريان السطحي خاصة عند وجـــود ميول في الحقل يعمل خطوط كنتورية في الحقل. ويفضل غالباً عمل هذه الخطـــوط بين الصفوف على هيئة حواجز ترابية ذات ارتفاع بين ١٠ – ٢٠ سم كمـــا يوضـــح ذلـــك الشكل رقم (٧,٢٩). ولا يجب زراعة الأشجار على هذه الحواجـــز لأن ذلك سوف يقلل كفاءة الري ويزيد من الجريان السطحي ، لذلك تتم الزراعة بين هذه الحواجز. مع ملاحظة ترك الحبال مع الأثقال حتى يتم الانتهاء من تحديد هذه الخطوط الكنتورية.



الشكل رقم (٧,٢٩) الخطوط الكنتورية داخل الحقل ومواقع صفوف الأشجار.

في بعـــض الحقـــول تكون هناك حاجة إلى عمل خطوط كنتورية Contour furrows عـــند وجـــود بعض التضاريس ذات الانحدار. لذلك لابد من عمل هذه الخطـــوط الكنتورية حتى يمكن الاستفادة من مياه الري. كذلك عندما تكون هذه الخطـــوط الكنتورية متوازية مع ميل الحقل لابد من عمل حواجز dikes داخل هذه الخطـــوط بعد كل شجرة على طول الخطوط. ويمكن استخدام الآلات المخصصة لعمل هذه الحواجز dikes بدلاً من العمالة اليدوية. هذه الحواجز سوف تمنع الجريان الســـطحي وبالتالي حجز المياه لكل شجرة بدلاً من السريان إلى الأماكن المنخفضة في الحقـــل كما في الشكل رقم (٧,٣٠). أما في حالة وجود الخطوط متعامدة مع ميل الحقل فلابد من وضع الحواجز بين الخطوط حتى يتم منع حدوث السريان في اتجاه ميل الحقل.



الشكل رقم (٧,٣٠) وضع الحواجز الترابية بين الأشجار عند توازي صفوف الأشجار مع ميل الخطوط الكنتورية.

أن المسافة بين الشجرة والأخرى في الصف الواحد تحدد بواسطة حجم الغطاء الخضري للشجرة عند اكتمال النمو. ويفضل أن تكوّن هذه الأشجار سياج عند اكتمال النمو كما في الشكل رقم (٧,٢٥). وهناك سببان رئيسيان لتكوين هذا السياج من الأشجار عند زراعتها في الصف الواحد هما:

١ . عندما يكون هناك سياج والأشجار قريبة من بعضها يزيد من كفاءة الإضافة وبالتالي الاستفادة من مياه الري. لأن زيادة المسافة بين الأشجار تؤدي إلى زيادة الفقد في مياه الري.

٢ . زراعة الأشجار على هيئة سياج في الصف الواحد يساعد في تقليل أضرار الرياح ، ونجد أن السياج الخارجي يعمل كمصدات رياح للسياج الداخلية.

إضافة المياه إلى الأشجار:

عند استخدام نظام الري المحوري في ري الأشجار يتم إضافة المياه أسفل الغطاء الخضري. وذلك باستخدام أنابيب ساقطة من خط الرش المحوري الموجود في نهايتها رشاشات ثابتة تقوم بتوزيع المياه حول منطقة الجذور. وهذا يؤدي إلى زيادة كفاءة الري. ويتم استخدام رشاشات تبلل نصف دائرة (كما يلاحظ في

الأشـــكال أرقـــام ٧,٢٦، ٧,٢٧). وهـــناك فوائد من استخدام هذا النوع من الرشاشـــات مثل إضافة المياه إلى المساحة المطلوب ريها وبالتالي المحافظة على مياه الري. وأفضل طريقة يمكن إتباعها عند ري الأشجار هي إطالة فترة الري مع زيادة عمق مياه الرية الواحدة أثناء الإضافة. وهناك سببان لذلك هما:

١ – أن أعماق المياه المضافة عندما تكون خفيفة (قليلة) يؤدي إلى وجود جذور سطحية، بينما المياه الغزيرة يؤدي إلى وجود جذور عميقة وذلك لزيادة تسرب المياه.

٢ – عندما تكون الأعماق المضافة قليلة يؤدي إلى زيادة التبخر وذلك لإطالة زمن بلـــل ســـطح التربة وخاصة في المناطق الجافة. ولكن عند إضافة أعماق مياه غزيرة حوالي ٢٠–٣٠ مم في الإضافة الواحدة ، هذا سوف يؤدي إلى تخزين كمية مياه كافية داخل سطح التربة مما يزيد فترة الري إلى حوالي ٥ إلى ١٠ يوم بين الرية والأخرى التي تليها حسب نوع التربة والشجرة.

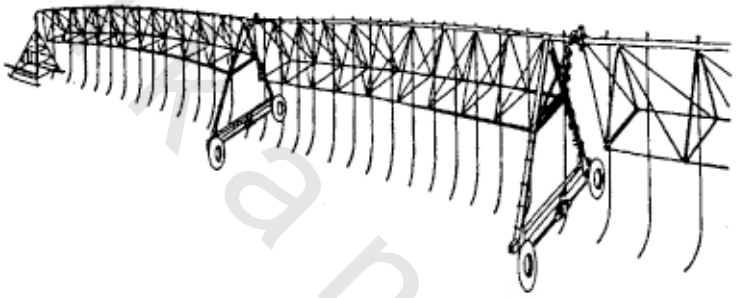
ويجـــب ملاحظة أنه عند إضافة مياه الري أن لا يحدث جريان سطحي خاصة في نهايـــة خط الرش المحوري.لذلك يجب مراعاة أن لا يزيد معدل الإضافة عن معدل تسرب التربة.

(٧,١٣) نظام الري المحوري والري بالتنقيط :

يمكن استخدام نظام الري المحوري للري بالتنقيط حيث تجمع فكرة النظام بـــين مـــزايا الـــنظم المتحركة لري الرش والمتمثلة في المرونة والحركة وقلة العمالة المطلوبة ومزايا التنقيط في دقة وتجانس توزيع المياه والاقتصاد في مياه الري بالإضافة إلى تقلـــيل فواقـــد التـــبخر وبالتالي يمكن استخدام نظام الري المحوري لري بعض المحاصيل مثل الخضروات التي تزرع في خطوط أو صفوف، الشكل رقم (٧,٣١). وتتلخص الفكرة باستخدام جهاز ري بالرش متحرك مثل الري بالرش المحوري أو ذو الحركة المستقيمة. وتستبدل الرشاشات بأنابيب مرنة تنتهي بمنقطات على هيئة أكياس جوربية ذات فتحات صغيرة تصل إلى سطح الأرض (الشكل رقم ٧,٣٢)

أو خـــراطـــيم مـــرنة مســـحـــوبة على سطح الأرض لها نهاية بها ثقوب متعددة (الشـــكل رقـــم ٧,٣٣) أو وجود رشاشات ثابتة في نهاية الأنابيب الساقطة يتم إضافة الماء بالقرب من سطح الأرض الشكل رقم (٧,٣٤).

وباســـتخدام الـــري بالتنقـــيط مع نظام الري المحوري يمكن زراعة مساحة كبيرة بمحاصـــيل متـــنوعة وتروى بنفس النظام تحت ترتيب معين من حيث كمية المياه المضافة وعمق الماء المضاف.



الشكل رقم (٧,٣١) نظم الري بالتنقيط المتحرك.

الشكل رقم (٧,٣٢) إضافة المياه على سطح الأرض مباشرة بواسطة أكياس جورية.

الشكل رقم (٧,٣٣) إضافة المياه على السطح الأرض
باستخدام خراطيم مسحوبة ذات نهاية جوربية.

الشكل رقم (٧,٣٤) إضافة المياه بالقرب من سطح الأرض
باستخدام رشاشات ثابتة.

(٧,١٤) أمثلة محلولة:

مثال: ١

نظام ري محوري يتكون من ٦ أبراج، المسافة بين الأبراج ٥٣ متر، قطر دائرة الرش للرشاش الأخير ١٠ متر. يروي الجهاز المحوري مساحة ٣٦ هكتار فإذا علمت أن :

- عمق الماء الصافي ٧٢ مم وكفاءة الري ٨٠٪.
- الاستهلاك المائي للنبات ٩ مم/اليوم.
- زمن الكلي للري = ٧٥٪ من فترة الري.
- أقصى عمق يخرج من جهاز الرش ولا يسبب جريان سطحي = ٤٠ مم/الدورة.

أحسب :

- طول الكابولي الطرفي.
- أقصى معدل إضافة.
- عدد الدورات في الرية الواحدة وزمن كل دورة.
- سرعة الدوران المناسبة.
- أقصى زمن مسموح به للري عند نهاية الخط.

الحـــل

$\because A_i = 36\ ha = 36 \times 10^4\ m^2$ $\quad\quad$ $\because A_i = \pi R^2$

$\therefore \pi R^2 = 36 \times 10^4$ $\quad\quad$ $\therefore R = 338.5\ m$

$$L = R - r_a = 338.5 - 5 = 333.5\ m$$

$$R_L = N_t \times S_i = 6 \times 53 = 318\ m$$

$$L_o = L - R_L = 333.5 - 318 = 15.5\ m \quad \rightarrow \quad \therefore L_o = 15.5\ m$$

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{72}{9} = 8\ day$$

$$T_i = \frac{75}{100} II = \frac{75}{100} \times 8 \times 24 = 144\ hr$$

$$D_g = \frac{D_n}{Ea} = \frac{72}{0.80} = 90\ mm$$

obeikandl.com

$$N_{rev} = \frac{D_g}{(d_g)_{max}} = \frac{90}{40} = 2.25 \quad \rightarrow \quad \underline{\therefore N_{rev} = 3}$$

$$T_{rev} = \frac{T_i}{N_{rev}} = \frac{144}{3} = 48\ hr \quad \rightarrow \quad \underline{\therefore T_{rev} = 48\ hr}$$

$$V = \frac{2\pi R_L}{T_{rev}} = \frac{2\pi \times 318}{48} = 41.63\ m/hr \quad \rightarrow \quad \underline{\therefore V = 41.63 m/hr}$$

$$\because V = \frac{2r_a}{T_{max}}$$

$$\therefore T_{max} = \frac{2r_a}{V} = \frac{2\times 5}{41.63} = 0.24\ hr = 14.41 min \rightarrow \quad \underline{\therefore T_{max} = 14.41 min}$$

$$Q_s = \frac{D_g \times A_i}{T_i} = \frac{0.090 \times (36 \times 10^4)}{144} = 225\ m^3/hr = 62.5\ L/s$$

$$R_a = \frac{7200\, r\, Q_s}{R^2 \cdot D_w} = \frac{7200 \times 338.5 \times 62.5}{(338.5)^2 \times 2 \times 5} = 132.94\ mm/hr$$

$$R_{am} = \frac{4}{\pi} \times R_a = \frac{4}{\pi} \times 132.94 = 169.26\ mm/hr$$

$$\underline{\therefore R_{am} = 169.26\ mm/hr}$$

مثال : ٢

قطعة أرض مربعة الشكل مساحتها ١٦ هكتار تروى بنظام ري محوري فإذا علمت أن :

١ . عمق الماء الكلي المضاف ٤٠ مم.

٢ . المسافة بين الأبراج ٤٦ متر.

٣ . المسافة بين الرشاشات على خط الرش متساوي وتساوي ٣ متر.

٤ . أول رشاش يبعد مسافة ٦ متر عن المحور.

٥ . قطر دائرة الرش للرشاش الأخير ١٢ متر.

obeikandl.com

٦ . أقصى زمن مسموح به للري عند نهاية الخط = ١٥ دقيقة.
٧ . فترة الري ٣ أيام.
٨ . الزمن الكلي للري = ٩٠٪ من فترة الري.
٩ . متوسط عمق الماء الموزون ١٦ مم.
١٠ . متوسط عمق الماء الموزون في الربع المنخفض ١٢ مم.

أحسب :

١ . طول الكابولي الطرفي (الوصلة الطرفية).
٢ . أقصى معدل إضافة.
٣ . عدد الدورات في الرية الواحدة وزمن كل دورة.
٤ . السرعة الفعلية للخط.
٥ . تصرف الرشاش رقم ٤٠.
٦ . التصرف داخل خط الرش عند موضع الرشاش رقم ٤٠.
٧ . معامل انتظام التوزيع.
٨ . نسبة الفاقد بالتبخر وبعثرة الرياح.

الحـــل

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

$$R = \frac{1}{2}W = \frac{400}{2} = 200\ m$$

$$L = R - r_a = 200 - 6 = 194\ m$$

assume $L_o = 0$ $\quad\quad \therefore R_L = L = 194\ m$

$$N_t = \frac{R_L}{S_t} = \frac{194}{46} = 4.21 \quad\quad \therefore N_t = 4$$

$$\therefore R_L = N_t \times S_t = 4 \times 46 = 184\ m$$

$$\therefore L_o = L - R_L = 194 - 184 = 10\ m \quad\quad \therefore L_o = 10\ m$$

$$T_i = \frac{75}{100} II = \frac{90}{100} \times 3 \times 24 = 64.8\ hr$$

$$\because A_i = \pi R^2 = \pi (200)^2 = 125663.7\ m^2$$

$$Q_s = \frac{D_g \times A_i}{T_i} = \frac{0.040 \times 125663.7}{64.8} = 77.57\ m^3/hr = 21.55\ L/s$$

$$R_a = \frac{7200\, r\, Q_s}{R^2 \cdot D_w} = \frac{7200 \times 200 \times 21.55}{(200)^2 \times 2 \times 6} = 64.64\ mm/hr$$

$$R_{am} = \frac{4}{\pi} \times R_a = \frac{4}{\pi} \times 64.64 = 82.3\ mm/hr \qquad \therefore R_{am} = 82.3\ mm/hr$$

$$V_1 = \frac{2\pi R_L}{T_i} = \frac{2\pi \times 184}{64.8} = 17.8\ m/hr$$

$$V_2 = \frac{2 r_a}{T_{max}} = \frac{2 \times 6}{(15/60)} = 48\ m/hr$$

$$assume:\ V = V_{max} = V_2 = 48\ m/hr$$

$$T_{rev} = \frac{2\pi R_L}{V} = \frac{2\pi \times 184}{48} = 24.08\ hr$$

$$N_{rev} = \frac{T_i}{T_{rev}} = \frac{64.8}{24.08} = 2.7 \rightarrow N_{rev} = 2$$

$$T_{rev} = \frac{T_i}{N_{rev}} = \frac{64.8}{2} = 32.4\ hr \rightarrow \therefore T_{rev} = 32.4\ hr$$

$$V = \frac{2\pi R_L}{T_{rev}} = \frac{2\pi \times 184}{32.4} = 35.68\ m/hr \rightarrow \therefore V = 35.68\ m/hr$$

$$r_{sp40} = (40 - 1) \times S_s + S_i = (39 \times 3) + 6 = 123\ m$$

obeikandl.com

$$Q_{sp40} = \frac{2\, r_{sp40} \times S_s \times Q_s}{R^2} = \frac{2 \times 123 \times 3 \times 77.57}{(200)^2} = 1.43\ m^3/hr$$

$$\therefore Q_{sp40} = 1.43\ m^3/hr$$

$$\because Q_r = Q_s\left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right)$$

$$Q_{123m} = 77.57 \times \left(1 - \frac{(123)^2}{(200)^2}\right) = 48.23\ m^3/hr$$

$$\therefore Q_{123m} = 48.23\ m^3/hr$$

$$D_u = \frac{d_W}{D_W} \times 100 = \frac{12}{16} \times 100 = 75\% \qquad \therefore D_u = 75\%$$

$$dg_{rev} = \frac{D_g}{N_{rev}} = \frac{40}{2} = 20\ mm$$

$$E_a = \frac{D_W}{dg_{rev}} \times 100 = \frac{16}{20} \times 100 = 80\%$$

$$E = 100 - E_a = 100 - 80 = 20\% \qquad \therefore E = 20\%$$

مثال : ٣

نظـــام ري محوري يروي محصول الاستهلاك المائي له ٩ مم/اليوم، وعمق ماء الري الصافي له ٤٥ مم. فإذا كانت المعلومات المتاحة:

١. عدد الأبراج ٧ أبراج بطول ٤٨ متر لكل مسافة.

٢. يوجد كابولي في نهاية الأبراج بطول ١٢ متر.

٣. يوجد رشاش مدفعي في نهاية الخط لري الأركان يغطي مسافة مقدارها ٢٢ متر.

obeikandl.com

٤. المسـافة بين الرشاشات على الخط ٦ متر، وأول رشاش على بعد ١٢ متر من المحـور. والرشاشات معلقة في الأنبوب الساقط وعلى بعد ١,٥ متر من سطح الأرض.
٥. الضغط عند نهاية الخط ٢٨٠ ك.بسكال.
٦. الفـاقد في الضغط المسموح به من أول الخط إلى نهايته لا يزيد عن ٢٥٪ من لضاغط في نهاية الخط.
٧. زمن الري المتبع = ٨٠٪ من فترة الري.
٨. كفاءة الري ٧٥٪.
٩. معامل هازن ويليامز = ١٢٠
١٠. التربة ثقيلة ذات عائلة تسرب ٠,١ والأرض أفقية.
١١. الضـاغط المفقـود نتيجة منظمات الضغط ٣,٥ متر، الفاقد بالاحتكاك في أنـبوب السحب للمضخة ١,٢ متر، مركز المضخة أعلى من مستوى سطح المـاء في البـئر أثناء الضخ بمقدار ١٠ متر، المضخة أسفل قاعدة المحور بمقدار ٠,٥ متر.
١٢. كفاءة المضخة ٨٥٪ ، كفاءة المحرك ٩٠٪.

أحسب :

١. نصف القطـر المسـاحة المروية.
٢. تصرف النظام المحوري بدون تشغيل الرشاش المدفعي.
٣. تصرف الرشاش المدفعي.
٤. قطر خط الرش المناسب (الأقطار المتوفرة ٦ ، ٨ ، ١٠ بوصة).
٥. تصرف وضغط الرشاش رقم ٣٠ وقطر فوهته.
٦. قدرة المحرك اللازم لتشغيل مضخة الجهاز المحوري.
٧. العمق المضاف في الدورة الواحدة.

obeikandi.com

٨. عدد الدورات وزمن الدورة الواحدة.

٩. سرعة الدوران.

الحـــل

$$R_L = N_t \times S_t = 7 \times 48 = 336\ m$$
$$L = R_L + L_o = 336 + 12 = 348\ m$$

نصف قطر دائرة الرش في حالة عدم تشغيل الرشاش المدفعي:

$$R = L = 348\ m$$

نصف قطر البلل في حالة تشغيل الرشاش المدفعي عند الأركان:

$$R_g = L + r_{ag} = 348 + 22 = 370\ m$$

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{45}{9} = 5\ day$$
$$T_i = \frac{80}{100} II = \frac{80}{100} \times 5 \times 24 = 96\ hr$$
$$D_g = \frac{D_n}{Ea} = \frac{45}{0.75} = 60\ mm$$

تصرف النظام في حالة عدم تشغيل الرشاش المدفعي:

$$Q_s = \frac{D_g \times A_i}{T_i} = \frac{0.060 \times \pi \times (348)^2}{96} = 237.8\ m^3/hr = 66\ L/s$$

$$\because R_g = R\left(\frac{Q_t}{Q_s}\right)^{0.5}$$

تصرف النظام في حالة تشغيل الرشاش المدفعي:

$$\therefore Q_t = Q_s\left(\frac{R_g}{R}\right)^2 = 237.8 \times \left(\frac{370}{348}\right)^2 = 268.8\ m^3/hr = 74.67\ L/s$$

obeikandl.com

تصرف الرشاش المدفعي:

$$Q_g = Q_t - Q_s = 268.8 - 237.8 = 31\, m^3/hr = 8.67\, L/s$$

حساب فاقد الاحتكاك في الخط :

$$P_e = 280\, kPa \qquad H_e = \frac{280}{9.81} = 28.54\, m$$

$$h_L = \frac{25}{100} H_e = \frac{25}{100} \times 28.54 = 7.135\, m$$

$$h_L = 1.1\, H_f + \Delta Hz \qquad \because \Delta Hz = 0 \qquad \therefore h_L = 1.1\, H_f$$

$$\therefore H_f = \frac{7.135}{1.1} = 6.486\, m$$

$$\because H_f = 1.22\times10^{10}\times0.548\times R_g\times\left(\frac{Q_t}{C_{HW}}\right)^{1.852}\times d^{-4.87} - 1.22\times10^{10}\times(R_g - L)\times\left(\frac{Q_g}{C_{HW}}\right)^{1.852}\times d^{-4.87}$$

$$\therefore 6.486 = 1.22\times10^{10}\times0.548\times370\times\left(\frac{74.67}{120}\right)^{1.852}\times d^{-4.87} - 1.22\times10^{10}\times(22)\times\left(\frac{8.67}{120}\right)^{1.852}\times d^{-4.87}$$

$$\therefore 6.486 = 1027\times10^{9}\times d^{-4.87} - 2\times10^{9}\times d^{-4.87} = 1025\times10^{9}\times d^{-4.87}$$

$$\therefore d = 1976\, mm = 7.78\, in \qquad \therefore d_{act} = 8\, in = 203.2\, mm$$

$$(H_f)_{act} = (H_f)_0\times\left(\frac{d_{act}}{d_0}\right)^{-4.87} = 6.486\times\left(\frac{203.2}{197.6}\right)^{-4.87} = 5.66\, m$$

حساب تصرف الرشاش رقم ٣٠ :

$$r_{sp30} = (30-1)\times S_s + S_1 = (29\times6) + 12 = 186\, m$$

$$Q_{sp30} = \frac{2\, r_{sp30}\times S_s\times Q_s}{R^2} = \frac{2\times186\times6\times237.8}{(348)^2} = 4.38\, m^3/hr$$

$$\therefore Q_{sp30} = 4.38\, m^3/hr = 1.217\, L/s$$

حساب ضغط الرشاش رقم ٣٠:

$$X_{30} = \frac{r_{30}}{R} = \frac{186}{348} = 0.5345$$

$$\because H_i = H_f \left[1 - 1.875 \left(X - \frac{2X^3}{3} + \frac{X^5}{5} \right) \right] + H_e$$

$$\therefore H_{186\,m} = 5.66 \left[1 - 1.875 \left(0.5345 - \frac{2 \times (0.5345)^3}{3} + \frac{(0.5345)^5}{5} \right) \right] + 28.54$$

$$\therefore H_{186\,m} = 0.97 + 28.54 = 29.51\,m$$

$$\therefore H_{sp30} = 29.51\,m$$

$$\therefore P_{sp30} = 29.51 \times 9.81 = 289.51\,kPa$$

حساب قطر فوهة الرشاش رقم ٣٠:

$$\because d_{sp} = 30.46 \sqrt{\frac{Q_{sp}}{\sqrt{P_{sp}}}}$$

$$\therefore d_{sp30} = 30.46 \sqrt{\frac{1.217}{\sqrt{289.51}}} = 8.15\,mm$$

$$R_a = \frac{7200\ Q_t}{R_g \cdot D_{ag}} = \frac{7200 \times 74.67}{370 \times 2 \times 22} = 33.02\,mm/hr$$

$$R_{am} = \frac{4}{\pi} \times R_a = \frac{4}{\pi} \times 33.02 = 42.04\,mm/hr$$

$$\therefore R_{am} = 42.04\,mm/hr$$

من الشكل رقم (٧,١٧) وللتربة ذات عائلة تسرب ٠,١ نعين $(dg)_{max}$ في الدورة والتي لا تسبب جريان سطحي في الأرض الأفقية:

$(dg)_{max} = 27\,mm/rev$

obeikandl.com

$$N_{rev} = \frac{D_g}{(d_g)_{max}} = \frac{60}{27} = 2.22 \quad \rightarrow \quad \underline{\therefore N_{rev} = 3}$$

$$(dg)_{rev} = \frac{D_g}{N_{rev}} = \frac{60}{3} = 20\ mm/rev$$

$$T_{rev} = \frac{T_i}{N_{rev}} = \frac{96}{3} = 32\ hr \quad \rightarrow \quad \underline{\therefore T_{rev} = 32\ hr}$$

$$V = \frac{2\pi R_L}{T_{rev}} = \frac{2\pi \times 336}{32} = 66\ m/hr \quad \rightarrow \quad \underline{\therefore V = 66\ m/hr}$$

أولاً: حساب ضاغط التشغيل المطلوب عند قاعدة المحور:

$$H_V = H_e + 1.1\,H_f \pm \Delta H_z + H_{rg} + H_r$$
$$H_V = 28.54 + 1.1(5.66) \pm 0 + 3.5 + 1.5 = 39.77\ m$$

ثانياً: حساب الضاغط الديناميكي الكلي:

$$TDH = H_V + 1.1\,H_{fm} + H_d + H_s$$
$$TDH = 39.77 + 1.1(1.2) + 0.5 + 10 = 51.586\ m$$

قدرة المحرك اللازم لتشغيل مضخة الجهاز المحوري:

$$H_P = \frac{TDH \times Q_t}{102 \times E_P \times E_m} = \frac{51.586 \times 74.67}{102 \times 0.85 \times 0.90} = 49.4\ kw$$

مثال : ٤

أعد حل المثال السابق إذا كان لا يوجد رشاش مدفعي في نهاية الخط ويوجد رشاش ثابت قطر دائرة البلل له ٨ متر.

oberkandi.com

الحـــل

$$R_L = N_t \times S_t = 7 \times 48 = 336\ m$$

$$L = R_L + L_o = 336 + 12 = 348\ m$$

$$R = L + r_a = 348 + 4 = 352\ m$$

$$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{45}{9} = 5\ day$$

$$T_i = \frac{80}{100} II = \frac{80}{100} \times 5 \times 24 = 96\ hr$$

$$D_g = \frac{D_n}{Ea} = \frac{45}{0.75} = 60\ mm$$

تصرف النظام:

$$Q_s = \frac{D_g \times A_i}{T_i} = \frac{0.060 \times \pi \times (352)^2}{96} = 243.28\ m^3/hr = 67.58\ L/s$$

حساب فاقد الاحتكاك في الخط:

$$P_e = 280\ kPa \qquad H_e = \frac{280}{9.81} = 28.54\ m$$

$$h_L = \frac{25}{100} H_e = \frac{25}{100} \times 28.54 = 7.135\ m$$

$$h_L = 1.1\, H_f + \Delta Hz \qquad \because \Delta Hz = 0 \qquad \therefore h_L = 1.1\, H_f$$

$$\therefore H_f = \frac{7.135}{1.1} = 6.486\ m$$

$$\because H_f = 1.22 \times 10^{10} \times 0.548 \times L \times \left(\frac{Q_s}{C_{HW}}\right)^{1.852} \times d^{-4.87}$$

$$6.486 = 1.22 \times 10^{10} \times 0.548 \times 348 \times \left(\frac{67.58}{120}\right)^{1.852} \times d^{-4.87}$$

$$\therefore d = 187.95\ mm = 7.4\ in$$

$$\therefore d_{act} = 8\ in = 203.2\ mm$$

$$\left(H_f\right)_{act} = \left(H_f\right)_0 \times \left(\frac{d_{act}}{d_0}\right)^{-4.87} = 6.486 \times \left(\frac{203.2}{187.95}\right)^{-4.87} = 4.44\ m$$

حساب تصرف الرشاش رقم ٣٠ :

$$r_{sp30} = (30-1) \times S_s + S_1 = (29 \times 6) + 12 = 186\ m$$

$$Q_{sp30} = \frac{2\, r_{sp30} \times S_s \times Q_s}{R^2} = \frac{2 \times 186 \times 6 \times 243.28}{(352)^2} = 4.38\ m^3/hr$$

$$\therefore Q_{sp30} = 4.38\ m^3/hr = 1.217\ L/s$$

حساب ضغط الرشاش رقم ٣٠:

$$X_{30} = \frac{r_{30}}{R} = \frac{186}{348} = 0.5345$$

$$\because H_i = H_f \left[1 - 1.875\left(X - \frac{2X^3}{3} + \frac{X^5}{5}\right)\right] + H_e$$

$$\therefore H_{186m} = 4.44\left[1 - 1.875\left(0.5345 - \frac{2 \times (0.5345)^3}{3} + \frac{(0.5345)^5}{5}\right)\right] + 28.54$$

$$\therefore H_{186m} = 0.76 + 28.54 = 29.3\ m$$

$$\therefore H_{sp30} = 29.3\ m$$

$$\therefore P_{sp30} = 29.3 \times 9.81 = 287.43\ kPa$$

حساب قطر فوهة الرشاش رقم ٣٠:

$$\because d_{sp} = 30.46\sqrt{\frac{Q_{sp}}{\sqrt{P_{sp}}}}$$

$$\therefore d_{sp30} = 30.46\sqrt{\frac{1.217}{\sqrt{287.43}}} = 8.23\ mm$$

$$R_a = \frac{7200\ Q_s}{R \cdot D_a} = \frac{7200 \times 67.58}{352 \times 2 \times 4} = 172.79\ mm/hr$$

$$R_{am} = \frac{4}{\pi} \times R_a = \frac{4}{\pi} \times 33.02 = 220\ mm/hr$$

$$\therefore R_{am} = 220\ mm/hr$$

من الشكل رقم (٧,١٧) وللتربة ذات عائلة تسرب ٠,١ نعين $(dg)_{max}$ في الدورة والتي لا تسبب جريان سطحي في الأرض الأفقية:

$$(dg)_{max} = 17\ mm/rev$$

$$N_{rev} = \frac{D_g}{(d_g)_{max}} = \frac{60}{17} = 3.53 \quad \rightarrow \quad \therefore N_{rev} = 4$$

$$(dg)_{rev} = \frac{D_g}{N_{rev}} = \frac{60}{4} = 15\ mm/rev$$

$$T_{rev} = \frac{T_i}{N_{rev}} = \frac{96}{4} = 24\ hr \quad \rightarrow \quad \therefore T_{rev} = 24\ hr$$

$$V = \frac{2\,\pi\,R_L}{T_{rev}} = \frac{2\,\pi \times 336}{24} = 87.96\ m/hr \rightarrow \therefore V = 87.96\ m/hr$$

أولاً: حساب ضاغط التشغيل المطلوب عند قاعدة المحور:

$$H_V = H_e + 1.1\,H_f \pm \Delta H_z + H_{rg} + H_r$$

$$H_V = 28.54 + 1.1(4.44) \pm 0 + 3.5 + 1.5 = 38.42\ m$$

ثانياً: حساب الضاغط الديناميكي الكلي:

$$TDH = H_V + 1.1\,H_{fm} + H_d + H_s$$

$$TDH = 38.42 + 1.1(1.2) + 0.5 + 10 = 50.24\ m$$

قدرة المحرك اللازم لتشغيل مضخة الجهاز المحوري:

$$H_P = \frac{TDH \times Q_s}{102 \times E_p \times E_m} = \frac{50.24 \times 67.58}{102 \times 0.85 \times 0.90} = 43.52\ kw$$

مثال: ٥

أحسب سعة المضخة ثم قدرة المحرك اللازم لتشغيل جهاز ري بالرش محوري نصف قطر دائرة البلل ٣٠٠ متر، والاحتكاك في الأنابيب يقدر بـ ٢متر/١٠٠متر طولي، وارتفاع المحور عن الأرض ٣ متر، وأقصى فرق في المنسوب لمحور الجهاز وأعلى نقطة في دائرة دوران المحور ١,٥ متر، واقل ضغط لتشغيل الرشاشات ٢ بار. فإذا علمت أن كفاءة إضافة المياه ٧٥٪ وأقصى استهلاك مائي يومي للمحصول ١٠ مم/يوم، وأقصى ساعات تشغيل يومي ٢٢ ساعة، وكفاءة المضخة ٧٠٪، وكفاءة المحرك ٨٥٪، وإذا فرض أن المضخة تبعد ٥٠٠ متر عن نقطة المحور والخط الرئيسي يميل إلى أعلى بمقدار ١٪ وعمق مياه في البئر ١٥٠ متر ومحرك الديزل يقوم بتشغيل مولد كهربائي يكفي لتشغيل ٦ أبراج.

الحل

$$Q_s = \frac{\pi R^2 \times ET_c}{T_i \times E_a} = \frac{\pi (300)^2 \times 10}{22 \times 0.75 \times 3600} = 47.6\ L/s$$

$$H_v = H_e + 1.1H_f + H_r \pm \Delta H_z$$

$$= (2bar \times 10m) + 1.1\left(\frac{300}{100} \times 2 \times 0.548\right) + 3 + 1.5 = 31.2m$$

$$TDH = H_v + H_{fm} + H_d + H_s$$

$$= 31.2 + \left(\frac{500}{100} \times 2\right) + \left(\frac{500}{100} \times 1\right) + 150 = 196.2m$$

$$H_P = \frac{TDH \times Q_S}{76 \times E_P \times E_m} = \frac{196.2 \times 47.6}{76 \times 0.70 \times 0.85} = 206.4\ hp$$

$$H_p\ total = H_p + H_p\ for\ generator$$ (للمحرك)

بفرض وجود ٦ محركات كهربائية قدرة ١ حصان لتشغيل ٦ أبراج.

$$\therefore H_p\ total = 206.4 + 6 = 212.4\ hp = 212.4 \times 0.746 = 158.45\ kw$$

مثال ٦:

يـــراد تركيـــب رشاش مدفعي في نهاية خط الرش المحوري. والمطلوب إيجاد قدرة المضخة المساعدة لتشغيل ذلك الرشاش . إذا علمت أن :

١. ضغط التشغيل في نهاية خط الرش المحوري = ٣٠٣ كيلوبسكال.
٢. ضغط تشغيل الرشاش المدفعي = ٤٠٠ كيلوبسكال.
٣. تصرف الرشاش المدفعي = ٧,٣٤ لتر/ث.
٤. فواقد الاحتكاك في صمام الرشاش المدفعي = ٣ متر.
٥. كفاءة المضخة = ٧٠٪.

الحـــل

$$\because BH_P = \frac{Q_{gun} \times TDH_g}{K \times Ep}$$

$$\because TDH_g = \left(P_{gun} - P_e\right) + P_f$$

$$TDH_g = (400 - 303) + 3 \times 9.81 = 97 + 29.43 = 126.43 \ \ KPa$$

$$TDH_g = 12.89 \ \ m$$

$$\because BH_P = \frac{7.34 \times 12.89}{76 \times 0.65} = 1.92 \ \ hp = 1.43 \ Kw$$

وبالـــتالي لابد من رفع الضغط لذلك الرشاش المدفعي من ٣٠٣ كيلو بسكال إلى ٤٠٠ كيلو بسكال مضافاً إليه فواقد الاحتكاك بعد ذلك. وذلك باستخدام مضخة مساعدة قدرتها ١,٤٣ كيلووات لتشغيل ذلك الرشاش عند الضغط المناسب.

مثال٧:

يـــراد تصـــميم نظام ري محوري به خط الرشاشات يتكون من قطرين ، ويوجد رشاش مدفعي في نهاية الخط. فإذا علمت أن:

obeikandl.com

$$Qt = 68.5\ l/s\ ,\quad Qx = 50.35\ l/s,\quad Qg = 11.5\ l/s$$

$$R = 404\ m\ ,\quad CHW = 135,\quad F = 0.548$$

والمطلوب إيجاد:

١. الأقطار التي يتكون منها خط الرشاشات.

٢. أطوال الأنابيب ذات الاقطار المختلفة.

٣. فاقد الاحتكاك الكلي في خط الرشاشات.

الحل

(١) إيجاد Rg :

$$Q_S = Q_t - Q_g = 68.5 - 11.5 = 57\ l/s$$

$$R_g = R\left(\frac{Q_t}{Q_s}\right)^{0.5} = 404\left(\frac{68.5}{57}\right)^{0.5} = 443\ m$$

(٢) إيجاد نقطة اتصال القطرين (x) التي تبعد r من المحور:

$$r = R_g\left(\frac{Q_t - Q_x}{Q_t}\right)^{\frac{1}{2}} = 443\left(\frac{68.5 - 50.35}{68.5}\right)^{\frac{1}{2}} = 228\ m$$

(٣) تحديد الأقطار التي يتكون منها خط الرشاشات وطول كل منها:

في الواقع أن أطوال المسافات (*Spans*) بين الأبراج من أي شركة منتجة تكون محدودة الأطوال لكل قطر. والجدول رقم (٧,٣) يوضح بعض المواصفات العامة والأسعار التقريبية لمكونات نظام الرش المحوري لإحدى الشركات والتي سيتم التصميم تبعاً له. ومن الجدول يمكن تحديد الأقطار المناسبة تبعاً لأطوال المسافات ونقطة اتصال القطرين x كالتالي:

قطر الأنبوب الخارجي (مم)	١٤١	١٥٢	١٦٨	٢٠٣	٢٥٤
قطر الأنبوب الداخلي (مم)	١٣٥,١	١٤٦,٢	١٦٢,١	١٩٧,٠	٢٤٧,٨
الطول الأمثل للمسافة (متر)	٥٦	٥٦	٤٤	٣٨	٣٢
عدد المسافات المطلوبة	٤,٠٧	٤,٠٧	٥,١٨	٦	٧,١٢

وهـــــكذا نجد أن أفضل الأقطار من المحور إلى نقطة الاتصال x هو قطر خارجي ٢٠٣ مـــم (٨ بوصـــة) إذا يتطلب هذا ٦ مسافات بطول ٣٨ متر لكل منها أي بمســـافة إجمالية ٢٢٨ (تساوي r) ، ثم نختار للجزء الثاني من الأنبوب القطر الأقل وهـــو الأنبوب ذو قطر خارجي ١٦٨ مم (٦,٦٣ بوصة) فنجد أنه يتطلب للجزء الثاني من أنبوب الرش الذي طوله ١٧٦ متر (٤٠٤ – ٢٢٨ = ١٧٦) ٤ مسافات بطول ٤٤ متر لكل منها أي بمسافة إجمالية ١٧٦ متر.

لذلك يمكن أن يتألف خط الرشاشات كالتالي:

$$\begin{aligned} &6 \ \text{Spans of } 203\ mm \ \text{by } 38\ m \rightarrow 228\ m \\ &4 \ \text{Spans of } 168\ mm \ \text{by } 44\ m \rightarrow 176\ m \\ &\hline \\ &404\ m \end{aligned}$$

∴ طول خط الرشاشات = ٤٠٤ متر.

(٤) إيجاد فاقد الاحتكاك:

لإيجاد فاقد الاحتكاك الكلي الناتج في الأنبوب يكون:

$$\because J = 1.22\times10^{10}\cdot\left(\frac{Q}{C_{HW}}\right)^{1.852}\cdot d^{-4.87}\times100 \quad .....m/100m$$

$$\because H_f = \frac{J\,F\,L}{100}$$

$$\therefore J = 2.33\ m/100m \quad for \quad Qt = 68.5\ l/s \ , d = 197\ mm$$

$$h_{f_{o-Rg}}\left(for\ d_l = 197mm\right) = 2.33\times0.548\times\left(\frac{443}{100}\right) = 5.65\ m$$

$$h_{f_{r-Rg}}\ for\ d_l = \frac{J}{100}\left(0.155+0.4\,\frac{R_g}{R_g+r}\right)\left(R_g-r\right)\cdot\left[1-\frac{r^2}{R_g{}^2}\right]^{1.852}$$

$$= \frac{2.33}{100}\left(0.155+0.4\,\frac{443}{443+228}\right)(443-228)\cdot\left[1-\frac{(228)^2}{(443)^2}\right]^{1.852}$$

$$= 1.19\ m$$

obeikandi.com

$$\because J_{162mm} = 1.22\times10^{10}\times\left(\frac{68.5}{135}\right)^{1.852}\cdot(162)^{-4.87}\times100 = 6.03\ m/100m$$

$$h_{f_{x-Rg}}\ for\ d_2 = \frac{6.03}{100}\left(0.155+0.4\frac{443}{443+228}\right)(443-228)\cdot\left[1-\frac{(228)^2}{(443)^2}\right]^{1.852}$$
$$= 3.07\ m$$

كذلـــك يمكن حساب الفاقد بالاحتكاك في أنبوب الرشاش المدفعي الذي يكافئ طول ٣٩ متر (443-404=39m) حيث :

$$h_{f_{L-Rg}}\ (for\ d_2 = 162\ mm) = \frac{6.03}{100}\left(0.155+0.4\frac{443}{443+404}\right)(443-404)\cdot\left[1-\frac{(404)^2}{(443)^2}\right]^{1.852}$$
$$= 0.032\ m$$

$$\therefore H_f = h_{f_{o-Rg}}\ for\ d_1 - h_{f_{x-Rg}}\ for\ d_1 + h_{f_{x-Rg}}\ for\ d_2 - h_{f_{L-Rg}}\ for\ d_2$$
$$= 5.65 - 1.19 + 3.07 - 0.032 = 7.498\ m$$

إذاً فاقد الاحتكاك الكلي في خط الرش = ٧,٥ متر.

أما إذا تم إفتراض أن خط الرش المحوري يتكون من قطر واحد وهو ١٦٢مم فهذا يتطلـــب ٩ مسافات بطول ٤٤ متر لكل منها أي بمسافة إجمالية ٣٩٦ متر وإضافة نهايـــة طرفية مقدارها ٨ متر للحصول على نصف قطر رش مقداره ٤٠٤ متر في حالـــة عـــدم تشغيل الرشاش المدفعي ، ويركب في نهاية الوصلة الطرفية الرشاش المدفعي. فيكون فاقد الاحتكاك الكلي:

في حالة وجود رشاش مدفعي:

$$H_f = \frac{J\cdot F\cdot L}{100} = \frac{6.03\times0.548\times443}{100} = 14.64\ m$$

أما عندما تكون R = ٤٠٤ متر فإن في حالة عدم وجود رشاش مدفعي:

$$\because J = 1.22\times10^{10}\times\left(\frac{57}{135}\right)^{1.852}\cdot(162)^{-4.87}\times100 = 4.29\ m/100m$$

$$H_f = \frac{J \cdot F \cdot L}{100} = \frac{4.29 \times 0.548 \times 404}{100} = 9.5\,m$$

ملحوظة: أن استخدام المعامل F يأخذ في الاعتبار أن التصرف يقل مع زيادة المسافة. لذلك في المثال يتم استخدام تصرف واحد كما هو الحال عند استخدام $Qt = 68.5\ L/s$.

الجدول رقم (٧,٣) بعض المواصفات العامة والأسعار التقريبية لمكونات نظام الرش المحوري.

		قطر الأنبوب الخارجي. مم (بوصة)				
البنـــــد		١١٤ (٤,٥)(١)	١٤١ (٥,٥٦)	١٥٢ (٦,٠)	١٦٨ (٦,٦٣)	٢٠٣ (٨,٠)	٢٥٤ (١٠,٠)
خط الرش المحوري القطر الداخلي(٢)	مم	١٠٨,٠	١٣٥,١	١٤٦,٢	١٦٢,١	١٩٧,٠	٢٤٧,٨
	(بوصة)	٤,٢٥٥	٥,٣١٨	٥,٧٥٥	٦,٣٨٠	٧,٧٥٥	٩,٧٥٥
الطول الأمثل للمسافة	متر		٥٦	٥٦	٤٤	٣٨	٣٢
سعر المتـــر الطولي لخط الرش(٣)	ريال	٤٣٠	٤٩٠	٥٢٠	٥٥٠	٦٥٠	٨٥٠
للنهاية الطرفية(٤)	ريال			٢٧٥			
سعر المضخة بقدرة ٥٤٠ حصان	ريال			٢٨٥٠٠٠			
سعر أنابيب المضخة	ريال/متر		١٢٠	١٤٠		٢٥٠	

(١) الأنبوب الذي قطره ١٠٨ مم (٤,٥ بوصة) يستخدم للأجهزة الصغيرة وخفيفة الوزن والتي يكون طول خط الرش فيها أقل من ٣٠٠ متر.

(٢) عند استخدام أنابيب الصلب يمكن استخدام معامل هيزن ويليام كالتالي:

للأنابيب الصلب المجلفن تكون $130 \le C_{HW} < 140$

للأنابيب الملســـــاء تكون $140 \le C_{HW} \le 150$

(٣) سعر المتر الطولي لخط الرش المحوري يشمل سعر القاعدة وحوامل الأبراج والرشاشات والمستلزمات الكهربائية والميكانيكية والتركيب.

(٤) تتراوح أطوال النهاية الطرفية من ٤ إلى ٢٥ متر حسب الطلب.

obeikandl.com

مثال٨:

المطلوب تصميم القطر المناسب لخط رش محوري باستخدام كل من معادلة دارسي وايزباك ومعادلة هيزن ويليامز إذا كانت البيانات كالتالي:

- عدد الرشاشات عليه (N_{sp}) = ٢٠ رشاش.
- المسافة بين الرشاشات (S_s) = ١٠ متر.
- المسافة بين الرشاش الأول ونقطة المحور (S_o) = ١٠ متر.
- خشونة أنبوب الصلب (ε) = ٠,٠٤٥ مم.
- معامل هيزن ويليامز للخشونة = ١٤٠.
- اللزوجة الكينماتيكية لمياه الري عند ٢٢°م = ١ × ١٠$^{-٦}$ م٢/ث.
- الضغط عند الرشاش الأخير (P_e) = ٤١٤ كيلوبسكال.
- تصرف النظام (Q_s) = ٤٢ لتر/ث.
- لايوجد رشاش مدفعي.

الحـــل

إيجاد طول أنبوب الرش:

$$L = S_O + S_S\,(N_{sp} - 1) = 10 + 10\,(20 - 1) = 200\ m$$

إيجاد الضاغط في نهاية أنبوب الرش:

$$H_e = \frac{P_e}{\gamma} = \frac{414}{9.81} = 42.2\ m$$

(١) باستخدام معادلة دارسي – ويسباخ:

لقـــد تم استخدام محاولة التجربة والخطاء للوصول إلى القطر المناسب للخط . بتتبع الخطوات التالية:

assume: $d = 108\ mm$

obeikandl.com

$$\therefore \frac{\varepsilon}{d} = \frac{0.045}{108} = 0.00041$$

$$R_N = \frac{V \cdot d}{\upsilon} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4}d^2} \cdot \frac{d}{\upsilon} = \frac{4Q}{\pi \upsilon} \cdot \frac{1}{d} = \frac{4 \times 0.042}{\pi \times 1 \times 10^{-6}} \cdot \frac{1}{d} = \frac{5.35 \times 10^4}{d}$$

$$R_N = \frac{5.35 \times 10^4}{d} = \frac{5.35 \times 10^4}{0.108} = 4.95 \times 10^5$$

ومن منحنيات مودي نعين معامل الاحتكاك f:

$$f = 0.017$$

$$\because H_f = f \frac{L}{d} \frac{V^2}{2g} \times 0.548 = 0.017 \times \frac{200}{0.108} \times \left(\frac{0.042}{\frac{\pi}{4}d^2} \right)^2 \times \frac{0.548}{2 \times 9.81} = \frac{0.016\, f}{d^5}$$

$$\therefore H_f = \frac{0.016 \times 0.017}{(0.108)^5} = 18.51\, m$$

وباهمال الفواقد الثانوية يكون:

$$H_v = H_e + H_f \pm \Delta H_z$$

وباعتبار أن خط الرش أفقي:

$$H_v = H_e + H_f$$

$$H_v = 42.2 + 18.51 = 60.71\, m$$

$$\% \, Head\ loss = \left(\frac{H_v - H_e}{H_v} \times 100 \right) = \left(\frac{60.71 - 42.2}{60.71} \times 100 \right) = 30.5\%$$

وحيث أن نسبة الفاقد أكبر من ٢٠٪ نختار قطر أكبر من ١٠٨ مم وليكن ١٣٥ مم ونكرر المحاولة إلى أن نصل بنسبة الفاقد بقيمة أقل من ٢٠٪. ونرصد النتائج في الجدول التالي:

d (mm)	H_V (m)	نسبة فاقد الضاغط بين نقطة المحور والرشاش الأخير (٪)
108	60.71	30.5 %
135.1	48.67	13.2 %

obeikandl.com

وبذلـــك نجد أن القطر المناسب هو ١٣٥,١ مم (قطر داخلي) حيث أعطى نسبة فاقد في الضغط حوالي ١٣٪ وهي في الحدود المسموح بها.

(٢) باستخدام معادلة هيزن – ويليام :

ويمكـــن للســـهولة مقارنـــة النتـــيجة السابقة مع نتيجة معادلة هيزن – ويليام .

وباستخدام البيانات التالية في المعادلة :

$L = 200\ m \quad , \quad Q_S = 42\ l/s \quad , \quad C_{HW} = 140 \quad , \quad F = 0.548$

وبالتعويض في معادلة هيزن – ويليام تصبح كالتالي:

$$H_f = 1.22\times10^{10}\times0.548\times200\times\left(\frac{42}{140}\right)^{1.852}\cdot d^{-4.87}$$

$$= \frac{1.438\times10^{11}}{d^{4.87}}$$

$assume: \quad d = 108\ mm$

$$\therefore H_f = \frac{1.438\times10^{11}}{(108)^{4.87}} = 18\ m$$

وباهمال الفواقد الثانوية وباعتبار أن خط الرش أفقي:

$$H_v = H_e + H_f$$

$$H_v = 42.2 + 18 = 60.2\ m$$

$$\%\ Head\ loss = \left(\frac{H_v - H_e}{H_v}\times100\right) = \left(\frac{60.2-42.2}{60.2}\times100\right) = 29.9\%$$

وحيـــث أن نسبة الفاقد أكبر من ٢٠٪ نختار قطر أكبر من ١٠٨ مم وليكن ١٣٥ مم ونكـــرر المحاولة إلى أن نصل بنسبة الفاقد بقيمة أقل من ٢٠٪. ونرصد النتائج في الجدول التالي:

d (mm)	H_V (m)	نسبة فاقد الضاغط بين نقطة المحور والرشاش الأخير (٪)
108	60.2	29.9 %
135.1	48.2	12.5 %

وهكذا نجد أن القطر ١٣٥,١ مم هو القطر المناسب.

ونجـــد أن هناك فرق بسيط في النتيجة من حيث الفاقد في الضاغط بين المعادلتين بسبب الاختلاف الموجود بينهما.

مثال٩:

نظام ري محوري يروي دائرة بلل قطرها ٨٠٠ متر. فإذا علمت أن البيانات المتوفرة عن المحصول والنظام كالتالي:

- عمق الماء الصافي لمنطقة الجذور = ٢٩ مم.
- الاحتياج المائي الموسمي = ٣٧٨ مم.
- الاحتياج المائي اليومي = ٧ مم/يوم.
- مقدار الفاقد بالتبخر وبعثرة الرياح = ٩ ٪.
- كفاءة النظام المحوري = ٧٥ ٪.
- قطر دائرة الرش للرشاش الأخير = ١٢ متر.

المطلوب إيجاد الآتي:

١. فترة الري.
٢. زمن التشغيل في الموسم.
٣. تصرف النظام.
٤. مقدار العمق الصافي المطلوب وصوله إلى سطح التربة.
٥. أقصى معدل إضافة بطرقتين.
٦. سرعة النظام المحوري (البرج الأخير).

الحـــل

$$D_g = \frac{D_n}{E_i} = \frac{29}{0.75} = 39\ mm$$

1- $$II = \frac{D_n}{ET_c} = \frac{29}{7} \approx 4\ days$$

obeikandl.com

2- $T_{seas} = \left(\frac{ET_{seas}}{D_n}\right) \times T_{rev}$ *where II = T_i = T_{rev}*

$= \left(\frac{378}{29}\right) \times 4 \times 24 = 1251\ hr$

3- $Q_s = \frac{D_g \times A}{T_i} = \frac{0.039 \times \pi \times 400^2}{4 \times 24} = 204.2\ m^3/hr$

$= 56.72\ L/s$

4- $D_f = D_g(1 - E) = 39(1 - 0.09) = 35.49\ mm$

5- (*A*) $R_a = \frac{7200\, r\, Q_s}{D_w \cdot R^2}$ *at* $r = R$

$\therefore R_a = \frac{7200 \times 400 \times 56.72}{12 \times (400)^2} = 85.08\ mm/hr$

$\therefore R_{am} = \frac{4}{\pi} R_a = \frac{4}{\pi}(85.08) = 108.33\ mm/hr$

(*B*) $C_g = \frac{Q_s\ (l/s)}{A\ (ha)} = \frac{56.72}{\pi (400)^2 \times 10^{-4}} = 1.1283$

$R_{am} = \frac{8\, C_g\, r}{2.78\, D_w} = \frac{8 \times 1.1283 \times 400}{2.78 \times 12} = 108.23\ mm/hr$

$R_a = \frac{\pi}{4} R_{am} = \frac{\pi}{4} \times 108.23 = 85\ mm/hr$

6- $T_w = \frac{4\, D_f}{\pi\, R_{am}} = \frac{4 \times 35.49}{\pi \times 108.33} = 0.42\ hr = 25.2\ min$

$\therefore V = \frac{D_w}{T_w} = \frac{12}{25.2} = 0.48\ m/min$

or

obeikandl.com

$$T_w = \frac{2.78\, D_w \cdot D_g}{2\,\pi\, r \cdot C_g} = \frac{2.78 \times 12 \times 39}{2\,\pi \times 400 \times 1.1283} = 0.46\ hr = 27.53\ min$$

$$\therefore V = \frac{D_w}{T_w} = \frac{12}{27.53} = 0.44\ m/min$$

مثال ١٠:

لنظام رش محوري إذا علمت الآتي:

١ – أن الاحتياج المائي اليومي المطلوب إضافته من النظام = ٩ مم/يوم.

٢ – زمن التشغيل اليومي = ٢٢ ساعة.

٣ – قطر البلل للرشاش الأخير = ١٢ متر.

٤ – نصف قطر البلل للنظام المحوري (R) = ٤٠٠ متر.

٥ – كذلك: $R_e = 0.95$, $O_e = 0.99$

٦ – نموذج معدل الإضافة على هيئة نصف قطع مكافئ.

المطلوب إيجاد :

١ – R_a ٢ – R_{am} ٣ – T_w ٤ – V

الحـــل

١ – معدل الإضافة للرشاش الأخير:

$$R_a = \frac{8\, r\, ET_c\, R_e\, O_e}{T_d \cdot D_w} = \frac{8 \times 400 \times 9 \times 0.95 \times 0.99}{22 \times 12} = 102.6\ mm/hr$$

٢ – أقصى معدل إضافة:

$$R_{am} = \frac{4}{\pi} R_a = \frac{4}{\pi} \times 102.6 = 130.6\ mm/hr$$

٣ – زمن الإضافة لأقصى معدل إضافة:

$$T_w = \frac{D_w}{R_{am}} = \frac{12}{130.6} \times 60 = 5.5\ min$$

٤ – سرعة النظام عند إضافة R_{am} :

$$V = \frac{D_w}{T_w} = \frac{12}{5.5} = 2.18\ m/min$$

obeikandl.com