# الرى والصرف الحقلى

## تأليف

**الأستاذ الدكتور / عبد الغنى الجندى**

أستاذ الهندسة الزراعية

عميد كلية الزراعة – جامعة عين شمس

**الأستاذ الدكتورة / محمود حجازى**

أستاذ ورئيس قسم الهندسة الزراعية

كلية الزراعة – جامعة عين شمس

حقوق **النشر**

**اسم الكتاب:** الري والصرف الحقلي

**أسماء المؤلفون: أ.د/ عبد الغنى الجندى**

**أ.د/ محمود حجازى**

حقوق الطبع والنشر محفوظة لمركز التعليم المفتوح بكلية الزراعة – جامعة عين شمس ،ولا يجوز نشر أي جزء من هذا الكتاب ، أو اختزان مادته بطريقة الاسترجاع أو نقله على أي وجه، أو بأي طريقة ، ، سواء أكانت إليكترونية ، أو ميكانيكية ، أو بالتصوير ، أو بالتسجيل ، أو بخلاف ذلك إلا بموافقة الناشر على هذا كتابة ومقدماً

# فهرس الموضوعات


| | | رقم الصفحة |
|---|---|---|
| مقدمة الكتاب | | 1 |
| الباب الاول | الموارد المائية | 2 |
| الباب الثاني | هندسة استغلال الموارد المائية | 14 |
| الباب الثالث | نقل مياه الري | 33 |
| الباب الرابع | تخطيط مشروعات الري | 71 |
| الباب الخامس | طرق وانظمة الري السطحي | 89 |
| الباب السادس | الري الضغطي | 105 |
| الباب السابع | ادارة نظم الري الحقلي | 205 |
| الباب الثامن | الصرف الزراعي واهميته | 264 |
| المراجع | | 298 |

# مقدمه

يرجع تاريخ الري إلى تاريخ الإنسان نفسه، فلقد عرف الري في مصر والصين والهند والعراق وإيران منذ 4000 سنه، وذلك لتعويض النقص في كمية مياه الأمطار لكي يكفل لنفسه حاجته من المحاصيل الزراعية. وحيث أن الماء هو الركيزة الأساسية للتنمية الزراعية، لذا فإنة يعتبر من أهم العناصر الأساسية المحددة للتوسع الزراعي الرأسي والأفقي للإنتاج الزراعي، الأمر الذي يقتضي الاهتمام بتطوير أنظمة الري القائمة مع الإدارة الجيدة والاهتمام بتنمية الموارد المائية وحسن استغلالها وترشيد استهلاكها للتوسع في زراعة مساحات أخري من الأراضي الجديدة كما في مناطق توشكا وسيناء .... ، لهذا يهدف الكتاب إلى تعريف الطالب بالموارد المائية وطرق استغلالها ، وتوزيعها، وكيفية تخطيط مشروعات الري، وطرق الري الحقلي ومكوناتها بدءا من نظم الري السطحي الي نظم الري بالرش والتنقيط والتي إزداد مجال استخدامها وتطبيقاتها، كما يتناول الكتاب العلوم التطبيقية الخاصة بمبادئ السريان والمضخات وأساسيات ونظم الصرف الحقلي. وقد تم الاهتمام بوضع الرسومات التوضيحية والأشكال المختلفة حتي تكون الفائدة كبيرة ويتحقق الهدف المرجو منها.

أملين أن يوفقنا الله عز وجل لتحقيق الهدف من هذا المجهود المتواضع وإيصال الفائدة العلمية بأسلوب واضح ومبسط للطلاب والمهتمين والعاملين في مجال الري الحقلي.

واللة أسأل أن يهدينا الي سواء السبيل, وهو ولي التوفيق.

المؤلفون

# الباب الأول

## الموارد المائية

### المقدمة

تعتبر المياه مدخلا أساسيا في العملية الإنتاجية والتنمية المستدامة حيث يحتل الإنتاج الزراعي من الغذاء والكساء مقدمة الأنشطة التي يرتكز عليها الاقتصاد القومي. وتقع مصر في المناطق الجافة لانخفاض معدل سقوط الامطار عن 400مم/سنويا ولذلك تبلغ مساحة الأراضي المروية 95% من إجمالي الأراضي المنزرعة، ومن ثم فان إدارة المياه في مصر تاريخية وديناميكية للتميز النسبي بتوسط الموقع واعتدال المناخ والاقتدار البشري، وتبذل الدولة الكثير من المجهودات الحالية والمستقبلية لمجابهة مشاكل توفير الغذاء وتحقيق الأمن الغذائي من خلال مشروعات تحسين التربة وتحديث العمل المزرعي وإنشاء المجتمعات الجديدة. وتتركز تلك المجهودات على:

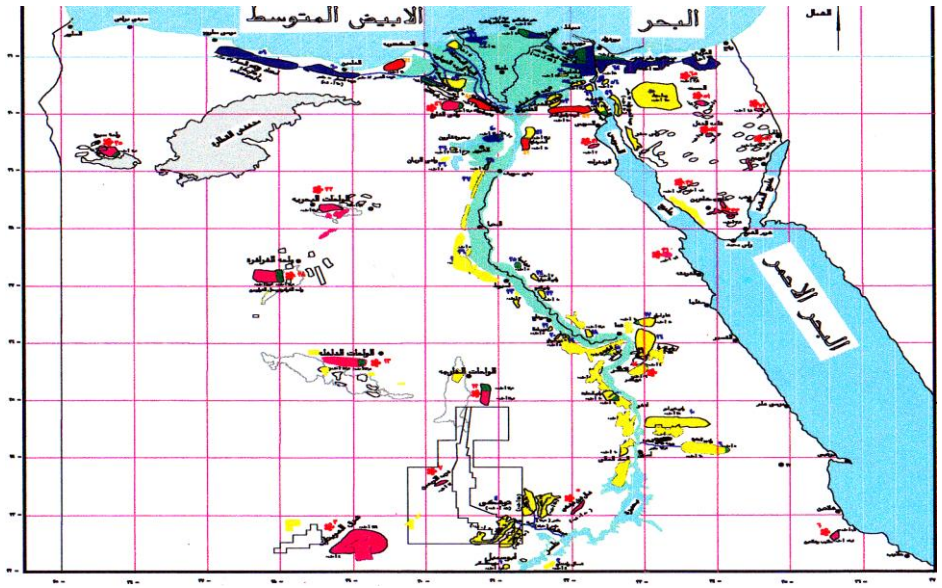
1. الإدارة المتكاملة للمياه.
2. تطوير وسائل استخدام الماء المتاح وذلك بإدخال أساليب التقنية الحديثة في ري الزراعة المصرية من اجل:

- توفير المياه لري مساحات جديدة (التوسع الأفقي) بترشيد استخداماتها والتحكم في كمياتها.
- تقليل مشاكل الصرف وتحسين الصفات المائية للتربة.
- زيادة الإنتاج المحصولي كما وجودة وتعظيم الاستفادة من وحدة المياه.

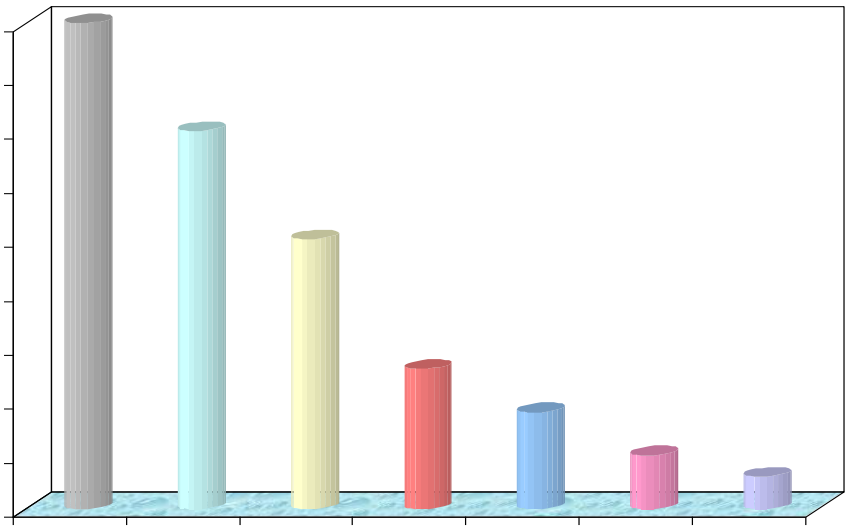
## خريطة التوسع الأفقي بجمهورية مصر العربية

أجرت وزارة الزراعة المصرية بالاشتراك مع وزارة الموارد المائية و الري دراسات عديدة لتقدير مساحات الأراضي الجديدة المتوقع استصلاحها باستخدام فائض المياه كعامل رئيسي لزيادة مساحة الرقعة الزراعية. ويوضح شكل (1-1) خطه التوسع الأفقي في مصر حتى عام 2017. كما يوضح جدول (1-1) أساس الحسابات التى قامت بها وزارة الزراعة ووزارة الرى لتحديد المساحات القابلة للإستصلاح حتى عام 2017 لرسم سياسة التوسع الأفقى واستصلاح الأراضى خلال السنوات الباقية حتى نهاية هذا القرن فى مساحة 3.4 مليون فدان بإستخدام المقننات المائية المناسبة لطبيعة التربة وأنظمة الرى مع الالتزام باستخدام نظم الرى

الحديثة المتطورة (رش ، موضعى و سطحي مطور) للإستفادة القصوى من مياه الرى ومعظمه استهلاك الوحدة المائية للوحدة الإنتاجية وتعد جمهورية مصر العربية أكبر الدول المستخدمة لنظم الرى الحديثة (الضغطي ، الرش والموضعي) فى منطقة الشرق الأدنى حيث بلغت 16% من المساحة الكلية المروية بنهاية عام 1992 كما هو موضح بشكل (1-2) وقد بلغت المساحة حوالى25 % بنهاية عام 2006 لرى مساحة 2.3 مليون فدان (966 ألف هكتار) جدول (1-2).




**شكل (1-1 ) خطة التوسع الأفقي حتى عام 2017**



**شكل (1–2) توزيع المساحات المروية بنظم الري فى بلدان**

**جدول (1–1) توزيع المساحات القابلة للإستصلاح حى عام 2017**
**(المساحة بالآلف فدان)**

| المنطقة ومصدر مياه الرى | الأراضى القابلة للإستصلاح | الأراضى طبقاً لأولويات الاستصلاح |
|---|---|---|
| **أ – مياه نهر النيل** | | |
| شرق الدلتا | 799 | 612 |
| غرب الدلتا | 685 | 264 |
| وسط الدلتا | 59 | 59 |
| مصر الوسطى | 224 | 184 |
| مصر العليا | 782 | 195 |
| سيناء | 283 | 212 |
| شواطئ البحيرات | 50 | صفر |
| **إجمالى** | **2882** | **1526** |
| ب – **الميـــاه الجوفيـــة** بـــالوداى الجديد وسيناء | 546 | 82 |
| **إجمالى** | **3428** | **1608** |

**جدول (1–2): توزيع المساحات المنزرعة بمصر حتى عام 2006.**

| | | | |
|---|---|---|---|
| إجمالي مساحة الأراضي المنزرعة حتى نهاية عام 2004 | 7.8 | مليون فدان | (3.27 مليون هكتار) |
| مساحة أراضي الدلتا والوادي | 5.7 | مليون فدان | (2.39 مليون هكتار) |
| مساحة الأراضي المستصلحة والمروية بالنظم الحديثة | 2.1 | مليون فدان | (0.88 مليون هكتار) |
| المساحة الإنتاجية | 14.00 مليون فدان | | (5.88 مليون هكتار) |
| إجمالي المساحة المتوقع استصلاحها | 3.4 | مليون فدان | ( 1.4 مليون هكتار) |
| الاولويات حتى عام 2017 | 1.6 | مليون فدان | (0.67 مليون هكتار) |

**جدول (1–3) معدل المساحات المروية بطرق الرى الحديثة فى مصر**

| نظام الرى | المساحة بالألف فدان | |
|---|---|---|
| | **حتى عام 1990** | **حتى عام 2006** |
| **الرى بالرش** | **750** | 1400 |
| 1 – نظام النقل اليدوى | 400 | **510** |
| 2 – نظام الرى الثابت | 300 | **680** |
| 3 – أنظمة مختلفة (مدفع متنقل–محورى–متدحرج) | 150 | 210 |
| **الرى الموضعى** | **250** | 700 |
| 1 – أشجار | 175 | **450** |
| 2 – خضار | 75 | 250 |
| **إجمالى** | **1000** | **2100** |

## مصادر المياه في مصر

أظهرت دراسات حديثة لوزارة الموارد المائية والرى أن من أهم هذه المصادر:

**مياه الأمطار:**

وتقدر بحوالى 43.0 مليار م$^3$ سنوياً وتستخدم حالياً كما يلى:

- الساحل الشمالى الغربى وسيناء 150 مليون م$^3$ سنويا

- تغذية البحيرات الشمالية 100 مليون م$^3$ سنويا
- غسيل التربة 50 مليون م$^3$ سنويا
- تغذية الخزان الجوفى 100 مليون م$^3$ سنويا

ويمكن تنمية وإستخدام نحو 4.1 مليار م$^3$ سنويا كخطة مستقبلية على النحو التالى:-

- 380 مليون م$^3$ بالدلتا مع عمل برمجة خاصة لنظام الرى.
- 450 مليون م$^3$ من سيناء.
- 750 مليون م$^3$ بالسواحل الشمالية.

**مياه النيل:**

وهو المورد الحقيقى الوحيد للمياه.

**موارد نهر النيل حالياً وحتى عام 2025**

- حالياً 5.55 مليار م3 سنوياً
- 2015 5.61 مليار م3 سنوياً
- 2025 5.64 مليار م3 سنوياً

**المياه الجوفية العميقة غير المتجددة:-**

تعتبر المياه الجوفية بالصحراء الغربية وسيناء مورداً إضافياً محدوداً جداً حيث تنتشر فى خزان كبير يطلق عليه خزان الحجر الرملى النوبى، وتدل كافة الدراسات على أن أقصى ما يمكن الاستفادة به لن يتجاوز عن 6.3 مليار م$^3$ لضمان تواصل التنمية واستمراريتها.

وتلخص جداول (1-4) ، (1-5) ،الموقف الحالى والمستقبلى للموارد المائية كما حددته وزارة الأشغال العامة والموارد المائية والرى كما تلخص جدوال (1-6) ، (1-7) ، (1-8) ، (1-9) توزيع المساحات التى تروى على مصادر المياه المختلفة بمصر.

**جدول (1–4) : الموقف الحالي للموارد المائية حتى عام 2017 بمصر (مليار م$^3$ سنويا).**

| المصدر | الكمية مليار م$^3$ /سنويا | |
|---|---|---|
| | 2004 | 2017 |
| نهر النيل | 55.5 | 55.5 |
| المياه الجوفية | 6.9 | 8.4 |
| إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي | 4.9 | 7.4 |
| إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالج | 1.4 | 1.4 |
| عائد إلى النيل | 4.0 | 4.0 |
| الأمطار | 1.3 | 1.3 |
| اسماك | 0.4 | 0.4 |
| **إجمالي** | **74.4** | **78.4** |

**جدول (1–5): الاستخدامات المائية في مصر.**

| الاستخدام | كميات المياه المستخدمة خلال سنوات الدراسة (مليار م$^3$) | |
|---|---|---|
| | 2004 | 2017 |
| زراعة | 59 | 64 |
| شرب | 5.4 | 6.6 |
| صناعة | 5.5 | 8.5 |
| استخدامات أخرى (ملاحة + اسماك) | 0.8 | 1.3 |
| **الجملة** | **70.7** | **80.4** |
| الموارد المتاحة | 74.4 | 78.4 |

**جدول (1-6) معدلات تساقط الأمطار بالدول العربية**

| القطر | المساحة | الأمطار | |
|---|---|---|---|
| | مليون هكتار | مليار م$^3$/سنة | متوسط مم/سنة |
| دول مجلس التعاون الخليجى | 5.257 | 3.144 | 56 |
| دول المشرق العربى | 3.71 | 3.178 | 250 |
| دول المغرب العربى | 7.577 | 5.588 | 102 |
| دول الوسط العربى | 8.416 | 1304.0 | 313 |
| الدول العربية | 1.1376 | 5.2282 | 166 |

المرجع : دراسة تحسين كفاءة الرى الحقلى – المنظمة العربية للتنمية الزراعية سبتمبر 1997.

## الموارد المائية واستخداماتها بالدول العربية

**الموارد المائية:**

شهدت السنوات الأخيرة تدهواً ملحوظاً فى كمية الموارد المائية ونوعيتها بالوطن العربى حيث تعانى هذه الدول عجزاً كبيراً فى المياه العذبة سوف يزداد بإستمرار الزيادة السكانية وتغير نمط حياة سكانه وإرتفاع معدلات الاستهلاك المائى ويعتبر اشتراك الدول العربية فى مواردها المائية مع دول أخرى غير عربية تقع منابعها خارج الوطن العربى (النيل – دجلة – الفرات – شبيلى – جوبا والسنغال) من كبرى المشاكل التى يتطلب وضع القوانين الدولية والاتفاقيات لتنظيم وتحكم استغلال هذه الموارد.

وتعتبر معظم البلدان العربية أكثر بلدان العالم جفافاً لإنخفاض معدلات الأمطار عليها والموضحه بجدول (1–10).

كما يوضح جدول (1–7) الموارد المائية المتاحة بالدول العربية ونصيب الفرد منها والتى تنقسم الى:

أ – **الموارد المائية السطحية :** سواء نابعة من داخل الحدود أو من خارج الحدود (مياه دولية مشتركة).

ب – **الموارد المائية الجوفية:** والتى تعتبر أكثرها أهمية من حيث الحجم والتوزيع .

جـ– **الموارد المائية غير التقليدية ومنها:**

مياه الصرف الزراعى– مياه الصرف الصحى – مياه تحلية مياه البحر وتمثل هذه المصادر وخاصة معالجة مياه الصرف الصحى وتحلية مياه البحر تحدياً كبيراً للحصول على الموارد المائية والتى تعتمد بصفة أساسية على الامكانيات المالية التى تتمتع بها دول مجلس التعاون الخليجى.

## جدول (1–7) الموارد المائية المتاحة بالدول العربية

| القطر | موارد مائية متجددة مليار متر مكعب سنوياً | | | موارد مائية غير تقليدية مليار متر مكعب سنوياً | | | إجمالى موارد مائية | اجمالى عدد السكان | نصيب الفرد من المياه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | سطحية | جوفية | إجمالى | صرف زراعى | صرف صحى | تحلية مياه البحر | مليار م$^3$/سنة | مليون نسمة | م$^3$/سنة |
| دول مجلس التعاون الخليجى | 05.5 | 31.3 | 36.8 | -- | 51.0 | 91.1 | 8.10 | 6.24 | 439 |
| دول المشرق العربى | 2.67 | 6.5 | 8.73 | -- | 0.42 | -- | 74,-- | 6.43 | 1702 |
| دول المغرب العربى | 4.40 | 15,-- | -55,4 | -- | 11.0 | 21.0 | 7.55 | 5.71 | 778 |
| دول الوسط العربى | 4.87 | 8.8 | 96,- | 7.4 | 02.0 | 03.0 | 101,- | 9.100 | 1000,- |
| الدول العربية | -- | 35,-- | 240,- | 7.4 | 06.1 | 015.2 | 247,- | 255,- | 971,- |
| | 205, | | | | | | | | |
| أوروبا | | | | | | | | | 4240 |
| أمريكا الشمالية | | | | | | | | | 1740 |
| أستراليا | | | | | | | | | 83600 |

المرجع : دراسة تحسين كفاءة الرى الحقلى – المنظمة العربية للتنمية الزراعية سبتمبر 1997

ويتضح من جدول (1–7) أن أقل نصيب للفرد من المياه بدول مجلس التعاون الخليجى 439م$^3$/فرد / سنة وهو تحت خط العجز المائى (1000 م$^3$ /فرد / سنة) وبالمقارنة فان نصيب الفرد بالدول العربية بلغ 971م$^3$ / سنة و4240م$^3$ / سنة فى أوروبا و 1740 م$^3$/ سنة فى أمريكا الشمالية فى حين يبلغ أقصى نصيب باستراليا 83600 م$^3$ / سنة.

كما يوضح جدول (1–8) استخدمات المياه بالدول العربية والذى بلغ أكثر من 200% من جملة المياه المتجددة سنوياً بدول الخليج لتبين مدى الاستنزاف فى استخدام المياه الجوفية والتى أدت الى إنخفاض مناسيب المياه الجوفية وتدهور جودتها.

**جدول (1–8) استخدامات المياه بالدول العربية**

| القطر | الاستهلاك % | | | نسبة الاستهلاك الى الموارد المتجددة % |
|---|---|---|---|---|
| | زراعى | منزلى | صناعى | |
| دول مجلس التعاون الخليجى | 5.86 | 5.11 | 2 | 200,-- |
| دول المشرق العربى | 8.91 | 4,-- | 2.4 | 6.80 |
| دول المغرب العربى | 9.84 | 2.10 | 9.4 | 6.44 |
| دول الوسط العربى | 88,-- | 6.4 | 6.7 | 2.81 |
| الدول العربية | 7.88 | 9.5 | 4.5 | 1.77 |
| العالم | 71,-- | 9,-- | 20,-- | 6.7 |

المرجع : دراسة تحسين كفاءة الرى الحقلى – المنطقة العربية للتنمية الزراعية 1997.

## طرق الرى بالدول العربية

نظراً لندرة المياه بدول الخليج فأن أكثر طرق الرى شيوعاً هى الطريقة الحديثة (رش وموضعى (64 %) لارتفاع كفاءة تلك الطرق فى حين بلغت 15% فقط فى الدول العربية حيث توافر أكثر للمصادر المائية كما هو موضح فى جدول (1–9) وشكل (1–2).

**جدول (1–9) طرق الرى بالدول العربية**

| القطر | الرى السطحى | | الرى بالرش | | الرى الموضعى | | النسبة المئوية للمساحة المروية |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | هكتار (مليون) | % | هكتار (مليون) | % | هكتار (مليون) | % | |
| دول مجلس التعاون الخليجى | 0.645 | 36.0 | 1.035 | 60.0 | 0.073 | 4.0 | 98.0 |
| دول المشرق العربى | 4.585 | 96.3 | 0.117 | 2.5 | 0.061 | 1.3 | 67.4 |
| دول المغرب العربى | 1.735 | 71.9 | 0.668 | 27.7 | 0.010 | 7.4 | 62.4 |
| دول الوسط العربى | 5.000 | 96.2 | 0.1170 | 2.3 | 0.083 | 1.6 | 69.7 |
| الدول العربية | 12.343 | 85.0 | 1.937 | 13.4 | 0.228 | 1.6 | 70.2 |

المرجع : دراسة تحسين كفاءة الرى الحقلى – المنظمة العربية للتنمية الزراعية سبتمبر 1997.

## الإدارة المتكاملة للمياه Integrated water management

تتضمن الإدارة المائية Water Management (WM) حزم الإجراءات التي تتخذ للتحكم في مصادر المياه واستخداماتها لصالح المجتمع، أما الإدارة المتكاملة للمياه Integrated Water Management (IWM) فهي تتضمن حزم الإجراءات التي تتخذ لتحصيص وتوزيع الموارد المائية التقليدية وغير التقليدية المتاحة حاليا ومستقبلا بما يوفر المياه التي يتطلبها كل نشاط تنموي بالكمية المناسبة والنوعية المرغوبة في الزمان والمكان بغرض تحقيق أعلى عائد اقتصادي ومردود اجتماعي وتوثيق البعد الطبيعي مع البعد الثقافي.

**المفهوم الحديث للإدارة المتكاملة للمياه**

تستهدف القوانين المعمول بها في مصر ذات الصلة بالحفاظ على الموارد المائية في معظمها اختصاصات وزارة الموارد المائية والري متجاهلة وجود شركاء ومستفيدين آخرين لهم اهتمامات أخرى في الموارد المائية غير الري (مياه الشرب والصرف الصحي والصناعي). ونظرا لأهمية مشاركة كل مستفيدي ومستخدمي المياه برزت حتمية تطبيق حزم من سياسات الإدارة المتكاملة للمياه لترشيد استخدامها والحفاظ عليها من التلوث تسهر عليها حزم من التشريعات تكفل تحقيق الأهداف الآتية:

1- **ضمان حد أدنى من المتطلبات وهي:**

- حماية الموارد المائية كما ونوعا.
- مشاركة كل المنتفعين من المياه.
- تنمية الموارد المائية غير التقليدية.
- تطوير وتحديث البنية المؤسسية لخدمات المياه.
- تعظيم الاستفادة من المياه المتاحة من خلال زيادة وعي المواطنين بأهمية المياه وضرورة الحفاظ عليها وترشيد استخدامها بتنمية سلوكهم.
- رسم برامج إرشادية لتعديل السلوكيات علم الرشيدة في استخدام المياه وذلك لدراسة احتياجات المستفيدين من المياه وخصائصهم الاقتصادية والاجتماعية في ضوء الأعراف والتقاليد.

**2- تطوير وتحديث أساليب ووسائل تعبئة ونقل وتوزيع المياه.**

ويؤكد شكل **(1-3)** يؤكد كيف أن الإدارة المتكاملة للمياه تحقق مبدأ التكامل بين مجموعة العناصر الفنية والاقتصادية والاجتماعية المتعلقة بالموارد المائية واستخدامها والحفاظ عليها. ومع ذلك يتطلب تنفيذ برامج الإدارة المتكاملة للموارد المائية ما يأتي:

أ- وجود أجهزة تنظيمية فاعلة قادرة على تخطيط وتنمية وإدارة الموارد المائية.

ب- استحداث أطر تشريعية مناسبة من شأنها تحقيق إدارة رشيدة ومستدامة للموارد المائية تسمح بتحفيز المواطنين على المشاركة الشعبية الفعالة في مجال إدارة الطلب على المياه.

ج- إنشاء المؤسسات القانونية للكيانات الشعبية وتحديد مسئولياتها وعملها.

د- التحويل التدريجي لمستويات إدارة الموارد المائية التي تقع كلية على كاهل الدولة حتى الآن إلى كاهل المستفيدين من المياه والمستخدمين لها، وهو ما يتطلب قدرا كبيرا من الوعي والثقافة والمعرفة بأساليب إدارة المياه ومشاكلها ومعوقاتها والإلمام بقواعد المشاركة الشعبية في الإدارة المائية.

**دور المرأة في مجال الإدارة المتكاملة للمياه:**

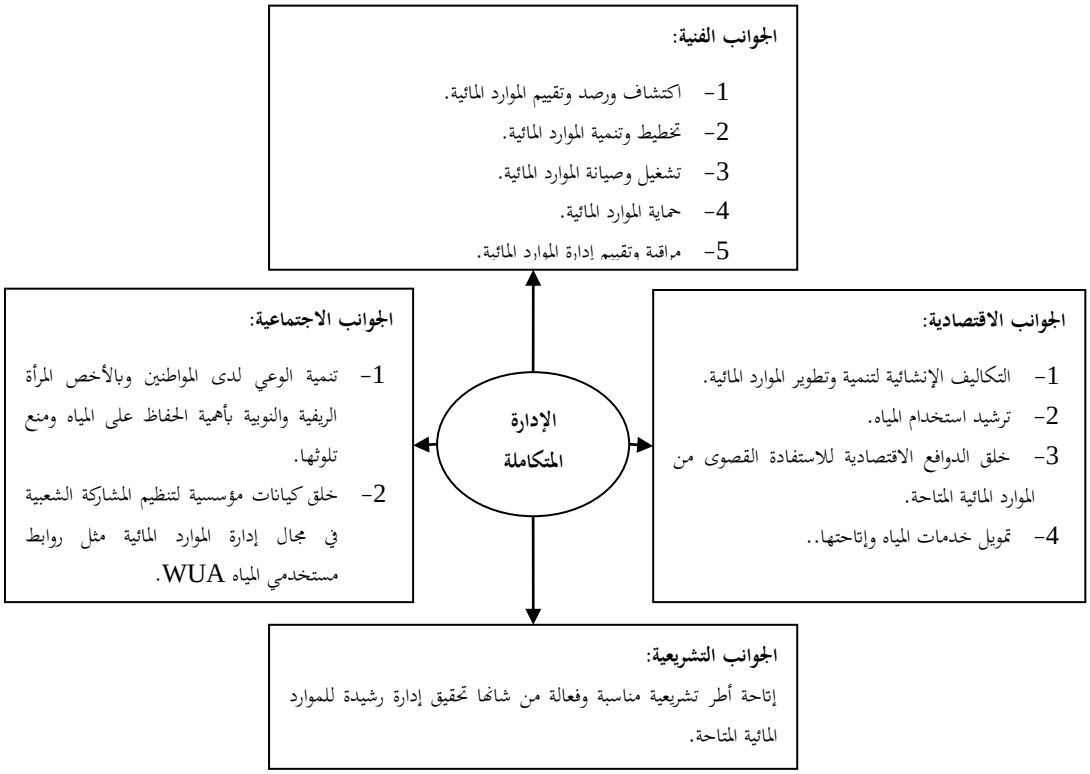
للمرأة دور هام في التجمعات البدوية والصحراوية بما تزاولة في مجال الزراعة و الرعي و أنشطة اجتماعية تزاولها داخل المنزل تعكس علاقتها الوثيقة واليومية بمصادر المياه ليصبح تنمية مصادر المياه في إطار مسئولياتها.

وتساهم المرأة بصفة عامة والريفية بصفة خاصة والبدوية بصفة اخص في أطار سياسة الإدارة المتكاملة للمياه ومن خلال الأنشطة التالية:

1- نقل وتخزين المياه لأغراض الشرب والاستخدامات المنزلية في المناطق الصحراوية.
2- تنظيم الاستخدام الأمثل للمياه الجوفية في ضوء التغيرات في مناسيب المياه و نوعيتها تفاديا للآثار البيئية الضارة مثل تداخل مياه البحر في الخزانات الساحلية.

**ولهذا فانه يجب تنمية وعي المرأة (شكل 1-3) تدريب المرأة وإكسابها المعارف والمهارات خاصة بعد دخولها في مجال الاستثمار الزراعي:**

- في مجال تنمية المصادر غير التقليدية للمياه وفق أسس صحية وبيئية سليمة لتفادي الآثار السلبية على خواص التربة الطبيعية والكيميائية.، بالإضافة إلى الانتباه واخذ الحيطة للحفاظ على صحة الإنسان خاصة بالنسبة لاستعمال مياه الصرف الصحي.
- في مجال استخدام طرق الري الحديثة في المناطق الصحراوية والمستصلحة.
- في مجال الحماية من مخاطر الملوثات المائية كالمبيدات وغيرها.




**شكل (1-3): الإدارة المتكاملة للموارد المائية.**

# الباب الثاني
# هندسة استغلال الموارد المائية

**مقدمه :**

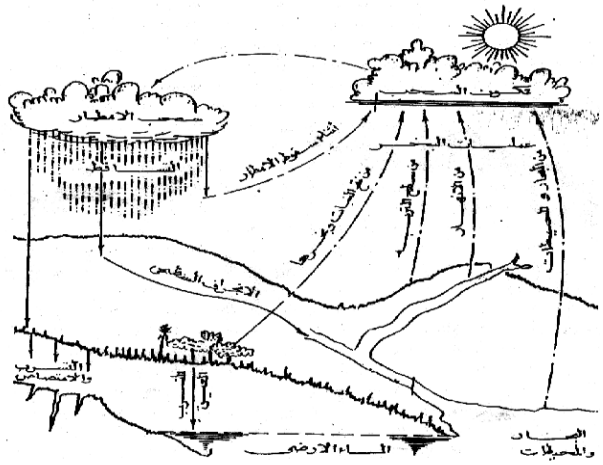
يبحث علم الهيدرولوجى (Hydrology) خواص المياه وحركتها وتوزيعها على سطح الكره الأرضية ومصادرها بالإضافة الى دراسة الفيضانات والجفاف وتمر المياه فى الطبيعة بدوره هيدرولوجية Hydrologic Cycle تتحرك فيها المياه فى دورة مستمرة لتتبخر منه أجزاء من الأسطح النباتية والمائية والتربة فيصعد الى الجو وينجرف عن طريق البر الى المحيطات فيسقط عليها على هيئة مطراً أو جليداً كما تتبخر المياه من سطح المحيطات وتعود الى الأرض عن طريق هواء البحر فيسقط عليها ثم يتحرك داخل التربة ليمد النبات بإحتياجاته ويجرى جزء منه على سطح التربة ومنها يعود ثانياً الى المحيطات وهكذا كما فى شكل (1-2)

**الأمطار :** Precipitation (Rain Fall)

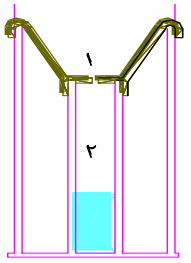
تعتبر الأمطار والثلوج من المصادر الرئيسية للمياه وتستهلك النباتات من الثلوج الذائبة والأمطار جزء بسيط وينجرف الباقى على سطح الأرض أو يتسرب فى باطنه مكوناً الامدادات المختلفة من الماء الجوفى ويعتبر هذا الجزء من المياه سواء كان سطحياً أو جوفياً مصدراً لا يستهان به من مصادر مياه الرى.

وتقسم المناطق فى العالم من حيث الرطوبة أو الجفاف الى حد كبير على أساس مقدار سقوط الأمطار فالمناطق الجافة تبلغ كمية الأمطار السنوية أقل من 400 مم حيث يعتبر الرى أساسياً ولا يعتمد على المطر كمصدر لمياه الرى فى حين تبلغ فى المناطق الشبه جافة 400 – 800 مم ولذلك يعتبر الرى هنا مكملاً Supplementary وفى المناطق الرطبه تبلغ كمية الأمطار السنوية أكثر من 800 مم ولهذا فليس هناك حاجة للرى . وتقع جمهورية مصر العربية فى المنطقة الجافة ونسبة المساحة المروية الى المساحة الكلية المنزرعة 100% أى إعتماد كلياً على الرى.

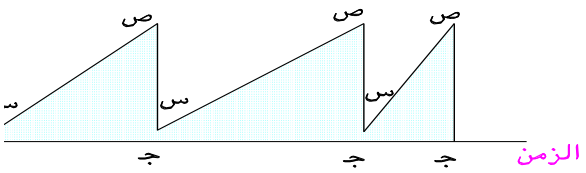
## حصاد مياه الأمطار والاستفادة من مياه السيول:



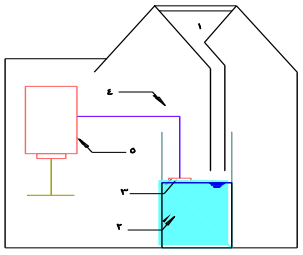
شكل( 2-1 ) الدورة الهيدروليكية (المائية)




ا- المقياس العادى




ب المقياس و التسجيل الاتوماتيكى




١- حوض استقبال
٢- حوض تجميع
٣- عوامة
٤- زراع بة قلم
٥- اسطوانة تدور حول محورها

شكل (2-2 ) أجهزة القياس وتسجيل الأمطار

يتم تنفيذ مشروعات لحصاد المياه حيث يصل متوسط معدل سقوط الأمطار بنحو 100 – 200 مم فى السنة وللإستفادة منها فى الرى في الساحل الشمالي الغربي لمصر التكميلي لمحاصيل الجنوب فى هذه المنطقة، وتهدف الأعمال الالية فى هذا المجال الى تحسين أعمال حصر المياه التقليدية وكذلك إدخال النظم الحديثة لحصد مياه الأمطار بالإعتماد على المعلومات المتراكمة لكيفية الاستفادة القصوى من مياه الأمطار بإستخدام نظم المعلومات الجغرافية (**GIS**).

وفى سيناء يتم بناء سدود على مجارى السيول لحجز وتخزين مياه السيول والإستفادة منها فى الزراعة وتربية الماشية ، ويتم ذلك على ضوء دراسات هيدرولوجية تحدد العلاقة بين الهطول المطرى والجريان السطحى ومعدل حدوث السيول وكميتها ، كما يتم بناء سدود إعاقة على مسار مجارى السيول للحد من إنجراف التربة والمساعدة على شحن الخزان الجوفى.

**قياس مياه الأمطار:**

ويبين شكل (3–2) أجهزة قياس المطر والتى تتكون من قمع قطر فتحته العليا 20 سم تستقبل مياه الأمطار التى تتجمع فى مخبار مدرج مساحة مقطعة عشر مساحة مقطع الاستقبال ليقاس ارتفاع الماء بدقة مضاعفة عشر مرات (أ) وقد يركب وعاء الاستقبال على يای منفصل براسم يسجل كمية المطر مع الزمن بمساعدة ساعة تدير شريطاً للتسجيل البيانى (جهاز Fergnsen) وقد تستخدم عوامة للقياس أو يستخدم سيفونا لتفريغ الوعاء ويسجل عدد مرات التفريغ (ب) كما يستخدم الرادار فى قياس كثافة السحب ومعدلات الأمطار.

## مياه الأنهار :

تتكون الأنهار من مياه الأمطار كمصدر أساسى حينما يكون معدل تساقطها أعلى من معدل تسربها الى باطن الأرض وتصب الأنهار غالباً فى النهاية بعد تكوينها الى البحار والمحيطات وهى من أهم مصادر مياه الرى وتكون تصرفات الأنهار عادة غير منتظمة على مدار السنة ولهذا يقام العديد من المشروعات الصناعية للتحكم فى التصرفات للوفاء بالإحتياجات المائية للنباتات عن طريق تخزينها فى أشهر الفيضانات لتعويض العجز فى أشهر العجز ومن أمثلة الأنهار الهامة هو نهر النيل بمصر.

ويبلغ متوسط الإيراد الطبيعى لنهر النيل عند أسوان (1912 – 1957) 84 ملياراً من الأمتار المكعبة غير أن هذا لايعدو أن يكون المتوسط الحسابى لإيراد النهر خلال الفترة المشار اليها أما الإيراد الفعلى فيتذبذب من يوم الى يوم ومن فصل الى آخر ومن عام الى عام .

**وتنقسم السنة المائية الى موسمين:**

**الموسم الأول:** يبدأ من شهر أغسطس حتى نهاية شهر يناير ويسمى بموسم الفيضان حيث يزيد إيراد النهر خلاله عن احتياجات الرى ويذهب فائض الإيراد الى البحر قبل إنشاء السد العالى.

**الموسم الثانى :** من شهر فبراير حتى شهر يوليو ويسمى بموسم الحاجة (التحاريق) حيث يقل إيراد النهر عن احتياجات الرى مما يزيد الحاجة الى مصدراً آخراً للمياه لتكملة الاحتياجات المائية.

## الأعمال الصناعية الكبرى المقامة على نهر النيل:

ساد فى مصر حتى مستهل القرن التاسع عشر نظام الرى الحوضى والذى أخذ يتلاشى تدريجياً بالتحول الى نظام الرى المستديم وبفضل السد العالى أسدل الستار نهائياً على نظام الرى الحوضى حيث كانت تغمر كل الأراضى المصرية بالمياه فى موسم الفيضان حينما يكون الإيراد عالياً ثم يبادر المزارع بعد انحسار المياه الى الزراعة ثم الحصاد فى الشتاء فكان هناك موسماً زرعياً واحداً فيما عدا المناطق التى بها آبار أرتوازية . وفى سنوات الإيراد المنخفض فإن البلاد تمر بكوارث الا أنها عولجت بإنشاء القناطر لرفع المناسيب لتغذية الترع الحوضية.

وقد نشأت مشكلتين لتحويل الرى من النظام الحوضى الى النظام المستديم لزراعة المحاصيل الصيفية كالقطن هما :

أ – تعزيز إيراد النهر فى الفترة من فبراير الى يوليو من كل عام بإعتبارها الفترة التى يقل فيها الإيراد عن الاحتياجات المائية.

ب – رفع مناسيب النهر صناعياً فى الفترة المذكورة لكى تنطلق المياه حره الى الترع الرئيسية مما يوفر تكاليف عمليات التعميق أو إستخدام الطلمبات لرفع المياه.

ولمواجهة العجز فى إيراد النهر كان لزاماً أن تقام الخزانات والسدود لتقتطع جانباً من مياه النهر فى موسم الفيضان وتخزنه فى أحواضها الى أن يتم سحبه فى فترة الحاجة والتخزين نوعان:-

1- **التخزين السنوى Annual Storage** ويسمى أيضاً بالموسمى حيث تملأ الخزانات وتفرغ خلال السنة نفسها وأهم مثال على ذلك هو خزان أسوان وخزان جبل الأولياء.

2- **التخزين المستمر Over - Year Storage** وهو تخزين رصيد كبير من فائض السنين العالية الإيراد داخل خزانات هائلة السعة لكى يساعد هذا الرصيد على ضمان تصرف ثابت يطلق من الخزان كل سنة ليساعد على تغطية العجز فى السنين الشحيحة الإيراد . ومثال ذلك هو السد العالى.

**ومن أهم الأعمال الصناعية:**

## أولاً : السدود والخزانات : Dams and Reservoirs

والسد والخزان هما أعمال صناعية لتجميع كميات من المياه يستفاد منها فى وقت الجفاف فالسد يحجز المياه أمامه فى حين يحفظ الخزان المياه لوقت الحاجة والسدود نوعان:

### أ - سدود بنائية مزودة بفتحات تصريف للمياه:

ومن أهم السدود المقامة على النيل هو سد أسوان وسد جبل الأولياء وسنكتفى هنا بشرح لسد أسوان.

**سد أسوان :**

يقع سد أسوان على مسافة 946 كيلو متر من قناطر الدلتا والذى بدء فى إنشائه عام 1898 من أحجار الجرانيت وتم بناءه عام 1902 ويقع ويبلغ طول 1900 متر متكوناً من جزئين - الشرقى وهو سد مصمت بطول 550 متراً والغربى ذو فتحات وتشمل على 180 عيناً مستطيلة الشكل بعرض 2 متراً لكل منها باب متحرك وتم بناء فرش هذه الفتحات على مناسيب مختلفة تتفق وحالة قاع النهر شكل (2-3) حيث كان منسوب التخزين 106 متر ومنسوب الطريق 109 متر وكمية المياه المخزنة تقدر بحوالى مليار متراً مكعباً من المياه.

وقد تبين للمهندسين فى سنة 1907 الفائدة التى تمت بتحويل جميع أراضى الحياض فى الوجه البحرى وبعض أراضى مصر الوسطى الى نظام الرى المستديم فتم تعليته مرتين الأولى الى منسوب 113 وكمية مخزون 2,5 مليار متر

مكعب وتمت التعلية الأولى عام 1912 والثانية فى الفترة 1929 – 1933 ليصبح منسوب التخزين 121 متر وكمية مخزون –,5 مليار متر مكعب وفى سنة 1954 رفع منسوب التخزين الى 121,30 متر لزيادة التخزين بمقدار 100 مليون متر مكعب ثم الى 121,40 متر فى عام 1959 للحصول على 40 مليون متر مكعب كإضافى تخزين وباتمام المرحلة الأولى لمشروع السد العالى سنة 1964 أصبحت وظيفة سد أسوان تمرير مياه السد من ناحية وأغراض توليد الكهرباء من ناحية أخرى.

**ب – السدود الترابية:**

ويتكون جسم السد من التراب أو الرخام الصخرى ولكنه مزود بنواه صلبة تصل الى الأرض الصخرية الصماء وأهم مثال له هو السد العالى.

**السد العالى : The high Dam**

انتهت المرحلة الأولى من بناء السد العالى كمشروع للتخزين سنة 1964 ويبلغ طول السد العالى 3600 متر منها 520 متراً من حافتى النيل ويمتد الباقى على هيئة جناحين النهر ويبلغ طول الجناح الأيمن 2325 متراً على الصفة الشرقية وطول الجنح الأيسر 775 متراً على الضفة الغربية ويبلغ ارتفاع السد العالى 111 متراً فوق قاع النيل وعرضه 980 متراً عند القاع ، 40 متراً عند القمة شكل (2–4).

ويتكون جسم السد من رخام الجرانيت والرمال ويتوسطه نواه من الطين الاسوانلى مانعه لتسرب المياه تتصل فى الأمام بستاره أفقية مانه للمياه أيضاً.

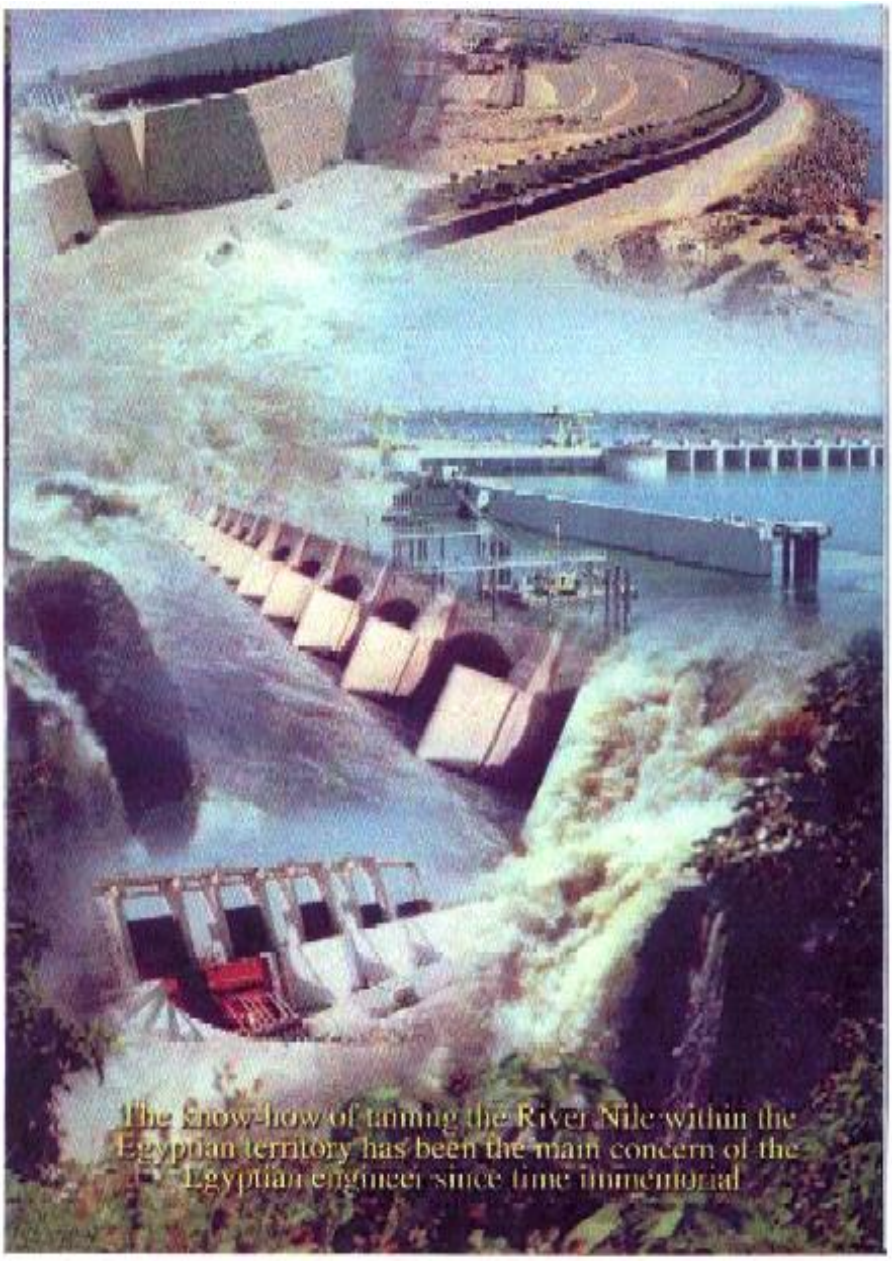
ويبلغ ارتفاع السد العالى 111 متراً من منسوب 85 متراً فوق سطح البحر الى منسوب 196 متراً وأعلى منسوب لحجز المياه أمامه هو 183 متراً أى بعمق 98 متراً وتكون المياه المحجوزة أمام السد العالى بحيرة صناعية كبيرة يبلغ طولها 500 كيلو متر ومتوسط عرضها عشرة كيلو متراً . وتبلغ مساحتها السطحية 5000 كيلو متراً مربع عند أقصى منسوب للتخزين شكل (2–4) . وتقع قناة التحويل فى الضفة الشرقية للنيل وتتكون من قناة أمامية وقناة خلفية مكشوفتين تصل بينهما الانفاق الرئيسية المحفورة فى الصخر تحت الجناح الأيمن للسد ويبلغ الطول الكلى لقناة التحويل 1950 متراً منها 1150 متراً طول القناه الأمامية ، 485 متراً طول القناة الخلفية، 315 متراً طول الاتفاق ومحطة لتوليد الكهرباء شكل (2–5) ويصل

القناة الأمامية بالخلفية شبه انفاق طول كل منها 282 متراً والانفاق مستديرة القطاع فى غالبية الطول وبقطر نهائى 15 متراً ومبطنة بالخرسانة المسلحة بسمك متراً وقبل اتصالها بمحطة الكهرباء يفرع كل نفق الى فرعين مستطيلى المقطع 7,5 × 22,5 متر ويوصل كل فرع الماء الى وحدات التوليد كما تم تقسيم كلا من هذه الفروع الى ممرين للمياه بفاصل يمكن لاحدهما أن يطرد المياه الفائضة الخلفية مباشرة دون أن تمر على التربينة ويتحكم فى ممرات المياه الفائضة بوابات دائرية تعمل حسب الحاجة .

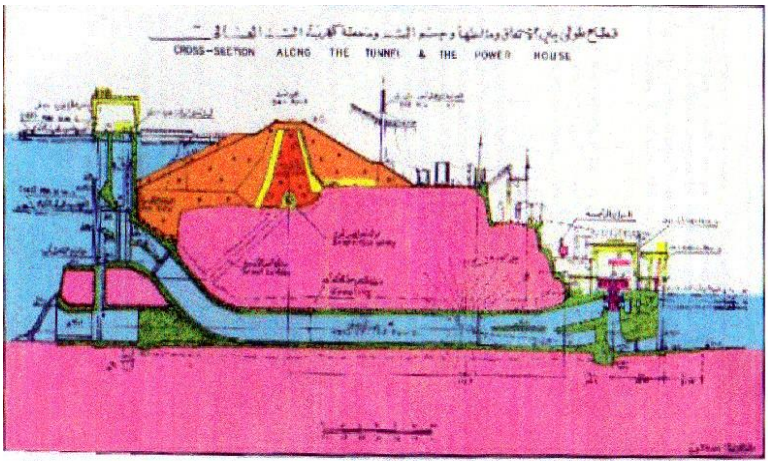
وتشمل محطة القوى الكهربائية على 12 وحدة تربينيه لتوليد الكهرباء قدرة كل منها 175000 كيلو وات أى القدرة الإجمالية للمحطة 2,1 مليون كيلو وات تنتج طاقة كهربائية سنوية تصل الى 10 مليار كيلو وات ساعة.

**مزايا السد العالى:**

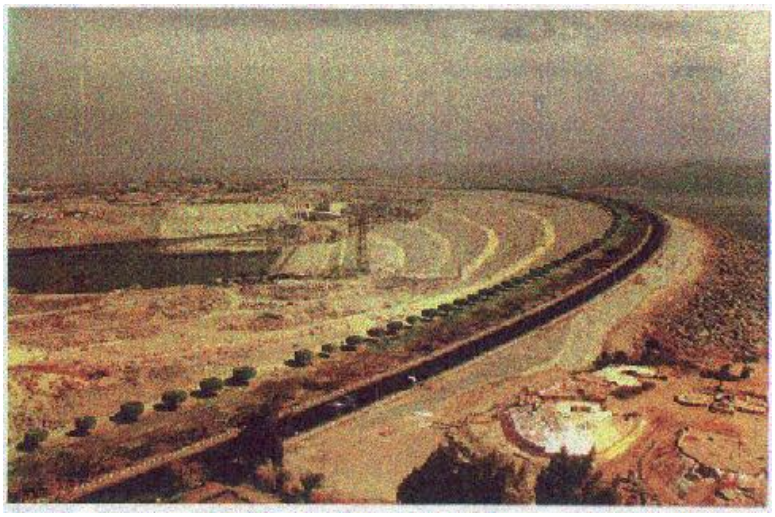
1. التوسع الزراعى الأفقى فى مساحات جديدة جملتها 1,2 مليون فدان.
2. تحويل 973500 فدان من رى حياض الى رى دائم.
3. ضمان احتياجات الرى وبتصرفات منتظمة مع توفير كميات مياه كبيرة (7,5 مليار متر مكعب لمصر 14,5 مليار متر مكعب للسودان).
4. تحسين الصرف وتبسيط مشروعاته لتقليل التكاليف.
5. ضمان زراعة 700,000 فدان أرز .
6. تأمين الملاحة وتحسينها فى النيل والمجارى المائية والوقاية من خطر الفيضان .
7. توليد الطاقة الكهربائية بقدرة إجمالية 2,1 مليون كيلو وات.




**شكل (2–3) شكل عام لبعض الأعمال الصناعية المقامة على النيل (سدود وخزانات)**




**شكل (2–4) شكل عام للسد العالى**



شكل (2–5) : الاتفاق ومحطة توليد الكهرباء

## ثانياً : القناطر الكبرى المقامة على النيل: Barrages

القنطرة عمل صناعى يعترض مجرى النهر لرفع منسوب المياه أمامها وليس لتخزينه فيسهل اطلاق وتوزيع المياه الى الترع والرياحات الآخذه منه فتنساب فيها المياه حره عبر قناطر الأفمام وتتغلغل فى أنحاء الأراضى المنزرعة بمناسيب عالية وقد تنشأ القناطر لأغراض أخرى مثل تقليل سرعة المياه والجرف الذى تسببه

أو لمنع رجوع مياه البحر فى فروع النهر أو مصباته وقد ذكر أهم القناطر المقامة على النيل فى الباب الثانى.

## المياه الجوفية : Ground water

تعتبر مياه الأمطار والثلوج الذائبة وكذلك مياه الرى والمياه الراشحة من جوانب النهار والترع والمياه المحبوسة فى الخزانات أمام السدود وذلك بعد تسربها الى باطن الأرض مصدراً للمياه الجوفية حيث تتجمع هذه المياه فوق الطبقات الصماء أو قليلة النفاذية مكونة ما يسمى بالخزان الجوفى شكل( 2-5) وقد تعود هذه المياه الجوفية لسطح الأرض مرة آخرى واما طبيعياً عن طريق التبخر ونتح النباتات اذا كان مستواها قريباً من سطح الأرض أو فى صورة برك خمله بالتسرب فى الأراضى المنخفضة أو عن طريق نزحها بالطلمبات.

### أنواع الخزانات الجوفية:

تصنف الخزانات طبقاً لكيفية تكوين الطبقة الصماء ويوجد ثلاثة أنواع هى كالاتى:

**1 - الخزان الجوفى الحر Unconfined aquifer**

تكون الطبقة الحاملة للمياه ذو سطح علوى حر كما فى شكل (2-5) وتتأثر هذه الخزانات مباشرة بالتغيرات الدورية لمناسيب المياه السطحية فى منطقة الخزان والمناطق القريبة منه ويعتبر الخزان الجوفى متصلاً اتصالاً دقيقاً ومباشراً بمصادر تغذيته فإذا كان متصلاً بالبحر مباشرة فإنه ينبغى عدم تفريغه والا ضغت عليه مياه البحر المالحة.

**2 - الخزان الجوفى المحصور Confined aquifer**

وتنحصر فيه الطبقة الحاملة للمياه بين طبقتين صماءتين وتكون فيه المياه تحت ضغط وهو غير متصل اتصالاً بالمياه السطحية القريبة ولكنه يستمد مياه من مصادر بعيدة ويوجد هذا النوع فى مناطق الواحات حيث تصل المياه عن طريق التسرب من مصادر نائية ذات مناسيب عالية كما فى شكل (2-5) ويكون تصرف المياه من هذه الآبار ثابتاً وتسمى المياه المتدفقة منه بالمياه الارتوازية.

### 3 – الخزان الجوفى شبه المحصور Semi - Confined aquifer

وتنحصر فيه المياه بين طبقتين السفلى صماء والعليا غير صماء تماماً وانما ذات نفاذية منخفضة كما هو الحال فى الخزان الجوفى فى الدلتا وهناك علاقة بين مياهه والمياه تحت السطحية شكل (2–5) وتتحرك المياه من الخزان الى أعلى الى الطبقة الطينية تحت تأثير الضغط الاستاتيكى فاذا قل هذا الضغط بسبب هبوط مناسيب النهر فان المياه المتسربة الى الطبقة الطينية تعود بالتالى الى أسفل ويستفاد من هذا النوع فى الأغراض الرى والصرف.

### هيدروليكية الآبار Hydraulics of Wells

يبين شكل (2–6أ) بئر ذو خزان جوفى حر موضحاً منسوب الماء الأرضى (المستوى الاستاتيكى) قبل عمليات سحب المياه والتى يمكن تحديده بواسطة الأنابيب البيزومترية ويكون شكل الماء الأرضى فى منطقة تأثير السحب بعد عملية السحب على هيئة مخروط غير حقيقى ونصف قطر منطقة التأثير هى المسافة من البئر حتى المنطقة التى يكون فيها منسوب الماء الأرضى كما هو قبل عمليات السحب ويمكن حساب تصرف البئر بمعرفة عمق منسوب
الماء الأرضى محسوبة من منسوب قاع الطبقة الحاملة للمياه وكذلك منسوب الماء داخل البئر ونصف قطر التأثير ونصف قطر البئر نفسه باستخدام المعادلة التالية.

$$Q = \frac{\pi K\left(H^2 - h^2\right)}{L_n R/r} \qquad (2\text{-}1)$$

حيث

Q = التصرف (متر 3 / ثانية)

H = ارتفاع مستوى الماء الأرضى عن سطح الطبقة الصماء (متر)

h = ارتفاع الماء داخل البئر عن " " " (متر)

R = نصف قطر التأثير (متر)

r = نصف قطر البئر (متر)

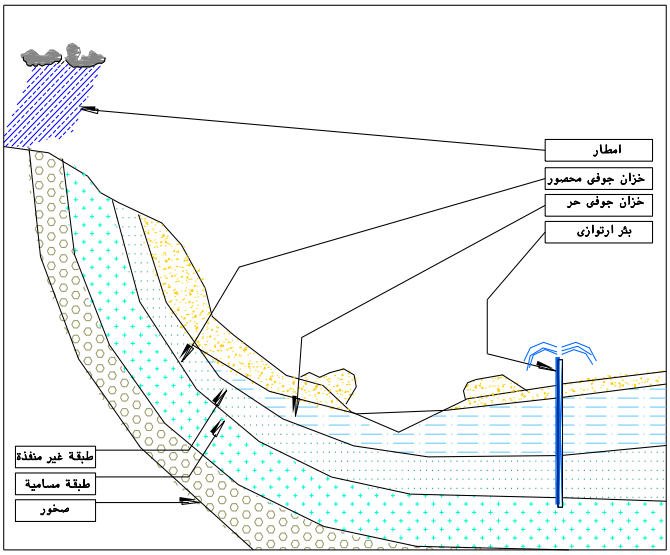
K = معامل النفاذية (متر / ثانية)

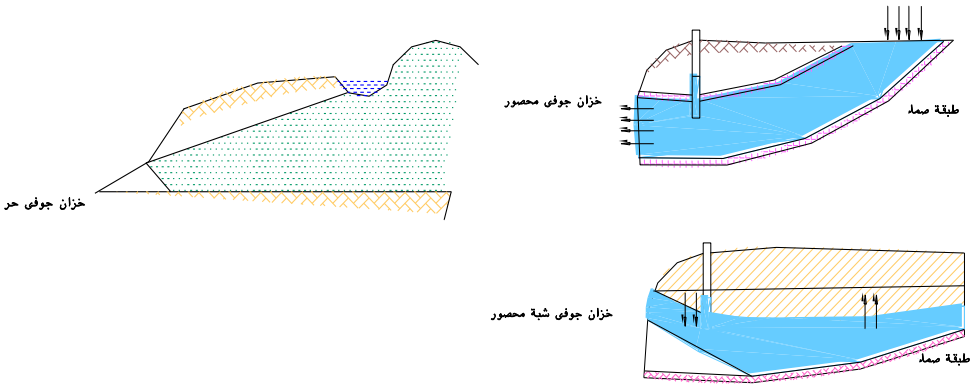
$L_n$ = اللوغاريتم الطبيعى

كما يوضح شكل (2-6ب) هيدروليكية بئر ذو خزان جوفى محصور والذى يمكن أيضاً حساب معدل تصرفه من المعادلة التالية:

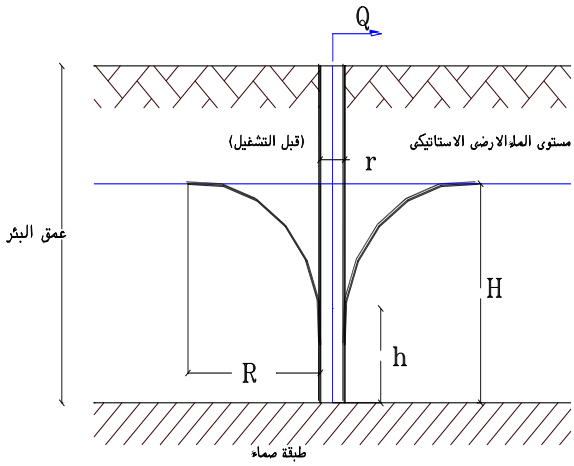
$$Q = \frac{2\pi Kt(H-h)}{L_n R/r} \qquad (2\text{-}2)$$

**حيث t هو سمك الطبقة الحاملة للماء.**

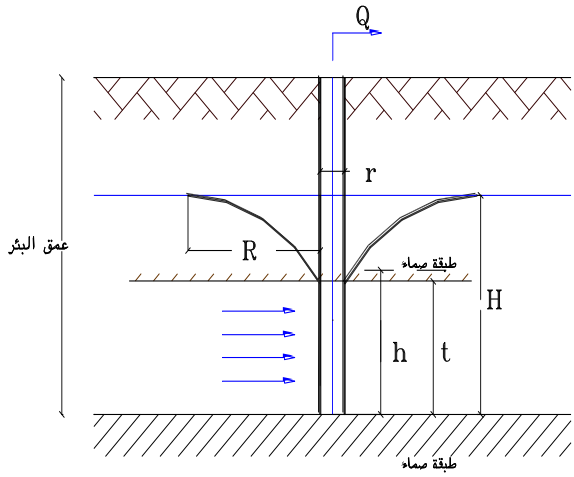



**شكل (2-5) أنواع الخزانات الجوفية المختلفة**




ا- خزان جوفى حر




ب- خزان جوفى محصور

**ب – خزان جوفى محصور**

**شكل (2–6) هيدروليكية الآبار**

**إعادة ملئ الخزان الجوفى : Aquifer Recharge**

**يوجد طريقتين لإعادة الملئ :**

أ – بمساعدة العوامل الطبيعية التى تتسبب فى وجود هذا النهر الجوفى على إعادة ملئة ويكون ذلك بإقامة عقبات فى طريق النهر السطحى لكى تزيد نسبة التسرب منه الى النهر الجوفى أو ملئ خزانات المياه الجوفية عن طريق الآبار عندما توجد كميات متوفرة من المياه وذلك باستعمالها أثناء موسم الجفاف.

ب – بإستعمال كميات محدود من المياه Safe yield وذلك بعد التأكد من عدم إمكانية إعادة ملئه صناعياً وذلك بالموازنة بين الاحتياجات المائية وكميات المياه المخزونة فى باطن الأرض والتى تنساب اليه وذلك بالنسبة للزمن المزمع استخدام هذا الماء كمصدر للمياه.

**اقتصاديات إستخدامات المياه الجوفية:**

**تتوقف اقتصاديات استخدام المياه الجوفية على عدة عوامل أهمها:**

1- تكلفة إنشاء البئر والتى تعتمد على المنسوب الاستاتيكى للمياه.

2- طبيعة المياه الجوفية من حيث تدفقها الطبيعى (أرتوازى Artesian well) .

3- نوعية المياه الجوفية والتى يتوقف عليها مواصفات وتكلفة البئر وعمره الافتراضى وإمكانية إستغلاله.

4- تكاليف التشغيل والصيانة.

5- نوع الاستخدام والعائد الاقتصادى.

**حماية وإدارة مصادر المياه الجوفية :**

**لحماية مصادر المياه الجوفية وضمان استمرار تدفقها يراعى النقاط الآتية:**

- التصميم الأمثل للآبار بما يتناسب مع هبوط مناسيب المياه الجوفية مع الزمن وقطر القيسونات والمصافي.

- اختيار المسافات البينية بين الآبار لمراعاة عدم التداخل بين مناسيب المياه الجوفية في وذلك في حدود 300–500 متر.
- إنشاء آبار مراقبة دورية يركب عليها أجهزة رصد أوتوماتيكية لمتابعة البيانات دورياً ورصد حركة منسوب المياه الجوفية.
- إنشاء شبكة مراقبة لمتابعة تغير نوعية المياه الجوفية مع الضخ (السحب).
- يراعى في الآبار المتدفقة تركيب محابس للتحكم فى الآبار كما تحدد عدد ساعات التشغيل فى الآبار الغير متدفقة.

## أمثلة محلولة:

المطلوب حساب تصرف بئر خزانه الجوفى محصور وآخر خزانة الجوفى حر. المعطيات (للخزان المحصور):

| | |
|---|---|
| ارتفاع سطح الماء الاستاتيكى من الطبقة الصماء | 100 متر |
| ارتفاع سطح السحب من الطبقة الصماء | 90 متر |
| سمك الطبقة الحاملة للمياه | 20 متر |
| معامل النفاذية K | 0,0001 م/ث |
| نصف قطر البئر | 125 متر |
| نصف قطر التأثير | 200 متر |

(للخزان الحر)

| | |
|---|---|
| بعد سطح الماء الاستاتيكى من الطبقة الصماء | 30 متر |
| بعد سطح السحب عن الطبقة الصماء | 25 متر |

فى حالة الخزان الحر (معادلة 2–1)

$$Q = 2\pi Kt (H - h)/ Ln R/r$$
$$= 0.017\ m^3/ S = 61.3\ m^3/h.$$

فى حالة الخزان المحصور معادلة (2–2)

$$Q = 2\pi K (H^2 - h^2) / Ln R/r$$
$$= 0.023\ m^3 / S = 84.4\ m^3/h$$

.

## المطر الصناعى

يعتبر المطر الصناعى من أهم الطرق التى تظهر رغبة الانسان فى الحصول على كميات أكبر من المياه للرى وتتم عملية المطر الصناعى بعملية تسمى التنويه Nucleation وتتم بتكوين أو تجميع بلورات ثلجية عادة مع بعضها وتنمو فى الحجم ثم تسقط الى الأرض إما على شكل ثلوج أو تذوب قبل وصولها الى الأرض فتكون المطر. ويستعمل لذلك إيدريد الفضة ، (الثلج الجاف) – أو أى مادة متميعه التى ويتم تبخيرها على الأرض فتعمل التيارات الهوائية على حملها الى الطبقات العليا أو بتوزيعها من طائرات داخل السحب المراد إسقاط أمطارها وترتفع تكاليف هذه الطريقة فى حين أن نتائجها غير مؤكدة وأماكن سقوط الأمطار الناتجة عنه لا يمكن تحديدها بالضبط.

## استصلاح المياه المالحة وإعادة استخدام مياه الصرف الحقلى

تعتبر المياه المالحة أحد مصادر المياه ولذلك وجهت كثير من الأبحاث الى تحويل الماء المالح الى ماء يصلح لاستعمال الإنسان والحيوان والنباتات ويحتوى الماء المالح على أملاح غير عضوية معروفة الخواص الكيماوية والطبيعية وتستعمل هذه الخواص فى الوصول الى طرق عملية لاستصلاحها ويعتبر تحويل مياه البحر الى ماء عذب من التحديات القوية للعلم الحديث وقد بدأ فعلاً فى استخدام الطاقة النووية فى عمليات التحويل على أساس الدراسات الاقتصادية ومازال البحث فى استخدام الطاقة الشمسية جارياً.

ويجب التنويه بأن المياه الناتجة من عمليات التحويل لا يجب أن يصل تركيزها الى الصفر فى كل الحالات اذ لا ضرر من استعمالها فى الرى اذا احتويت على كميات لا بأس بها من الأملاح وبالتالى تقلل من تكاليف التحلية اذا تزاد الطاقة المطلوبة للتخلص من الأملاح الموجودة كلما زادت نسبة العذوبة المطلوبة ومن ناحية أخرى يمكن إعادة استخدام مياه الصرف الحقلى ذات الملوحة العالية أو المنخفضة بعد خلطها بمياه عذبة أو استخدامها مباشرة.

## مياه الصرف الصحى المعالج : Treated Sewage Water (TSW)

تتزايد فى الوقت الحاضر أهمية استغلال هذا المصدر وذلك ومعالجة مياه الصرف الصحى وتنقيتها ثم استعمالها فى الأغراض الصناعية والزراعية، بل إن بعض المناطق تؤكد صحة استعمالها بواسطة الإنسان فى الاستحمام والشرب.

وتستخدم كثيراً من البلاد مياه المجارى الصحية فى الزراعة بعد تحديد إمكانية استعمالها بشروط معينة، فمثلاً لا يوصى بإستعمالها بطرق الرى الرش على النباتات مع ضرورة غسيل وتطهير الثمار والخضروات قبل استعمالها المباشر.

وتعتمد طريقة معاملة مياه المجارى على ترسيب المواد المعلقة واكسدة المواد العضوية بها، وتعتبر الكويت أول البلاد العربية التى سارعت الى معالجة مياه المجارى لاستعمالها فى التوسع الزراعي. وزيادة الموارد المائية وبدأ فى مصر استخدام مياه المعالجة فى رى الأشجار الخشبية تجنباً لأى تلوث غذائى وهناك مزيد من الدراسات لاستخدامها فى بعض المحاصيل الحقلية والبستانية.

## مؤشرات استغلال مياه الصرف الصحى المعالج:

يعد استعمال مياه الصرف الصحى بعد معالجتها طريقة للإستفادة منها وإعادة دورة العناصر السمادية بها فى التربة لغرض زيادة خصوبة التربة وليس الغرض من استعمال هذه المياه هو الرغبة فى التخلص منها (عن وكالة حماية البيئة الأمريكية).

لذلك يجب أن يتضمن نظام معالجة مخلفات الصرف الصحى الاعتبارات الآتية من حيث المبدأ:

1. الأخذ فى الاعتبار النواحى البيئية والتحفظات الخاصة باستعمال مياه الصرف الصحى.
2. تقدير معدلات الاضافة والطاقة الكلية للتربة والتى تستوعبها من هذه المخلفات.

3. تقدير معدلات ومواصفات المخلفات التى تضاف أو بمعنى آخر نوعية مياه الصرف الصحى الناتجة من وحدات المعالجة والتى تصل الى التربة (20 مجم / لتر مواد صلبة).

4. كمية النترات التى تحتويها المياه الناتجة من وحدات المعالجة والتى تضاف الى الأرض ثم بدورها تعمل على تلوث المياه الجوفية بالنترات ومدى إمكانية تقليل هذه الكمية بتحويلها الى نتروجين غازى N2 أو أكسيد نيتروز $N_2O$ .

5. زيادة الاستفادة بالعناصر الغذائية النباتية التى تحتويها المياه الناتجة من وحدات المعالجة وفى نفس الوقت المواد الكيماوية الضارة بها .

6. عدم إضافة أو استعمال المياه الناتجة من وحدات معالجة مخلفات الصرف الصحى فى الرى على مسافة تقل عن 100 متر من المناطق المأهولة بالسكان أو المجارى المائية السطحية أو الآبار الجوفية التى تستعمل للإستعمال الآدمى تبعاً للحدود الموصى بها من هيئة حماية البيئة الأمريكية EPA الا اذا كانت معالجة مرحلة ثالثة.

7. يفضل أن لا تزيد الميول السطحية للمناطق التى تستعمل فيها مياه الصرف الصحى فى الرى عن 3%.

8. استعمال المنظفات البوتاسية بدلاً من الصودية لتقليل كميات الصوديوم فى مياه الصرف وذلك باستعمال هيدروكسيد البوتاسيوم بدلاً من هيدروكسيد الصوديوم فى تصنيع هذه المنظفات . كذلك استعمال كلوريد البوتاسيوم بدلاً من كلوريد الصوديوم لاستعادة نشاط المواد المستعملة فى علاج عسر الماء وخاصة المستعملة فى الغلايات البخارية وغيرها.

**9.** إجراء تحاليل كيماوية وبيولوجية (ميكروبيولوجية) بصفة دورية على عينات ممثلة من مياه الصرف الصحى المستعملة وذلك لغرض حماية البيئة والحفاظ على الصحة العامة من زيادة تراكم الملوثات والمواد السامة والتى قد تسبب أضرار للإنسان والنباتات المنزرعة التى تروى هذه المياه **ومن أهم هذه التحفظات والتى تلعب دوراً هاماً فى تقليل فرص استخدام هذه المياه:**

1. عدم استكمال مراحل المعالجة لمخلفات الصرف الصحى مما يؤدى الى عدم التخلص من الكميات المفروضة من المواد الصلبة مما يصعب معه

استخدامها خلال شبكات الرى الحديث والتى تستلزم درجة عالية من النقاوه من المواد الصلبة العالقة .

2. يؤدى عدم استكمال مراحل المعالجة الى عدم إزالة الروائح الكريهة من هذه المخلفات مما يسبب ازعاج شديد لمستخدمى هذه المياه فى الرى.
3. وجود المواد الصلبة العالقة بنسب محسوسة في مياه الصرف يؤدى إلى تراكمها على الأسطح النباتية وحول الأشجار ثم يكتمل تحليلها بعد ذلك مما يعمل على جذب الحشرات وخاصة الذبابة المنزلية والتي تتكاثر بكميات هائلة مما لا يستقيم معه الأمر وطبيعة المشروع.
4. زيادة نسبة الكلور فى المياه المعالجة تؤدى إلى تسمم النباتات وقد يستلزم ذلك تعريض هذه المياه للجو لفترة كافية لتطاير الكلور منها.
5. يلزم عادة لاستخدام مياه الصرف المعالجة وقبل ضخها في شبكات الرى الحديث إجراء عمليات ترشيح ذات طبيعة خاصة باستخدام مرشحات الحصى والرمل التي تؤدى في النهاية إلي زيادة درجة نقاوة هذه المياه ومن الجدير بالذكر أن هذه المرشحات تحتاج صيانة مكثفة ومنتظمة لضمان انتظام تصرفات المياه خلال هذه المرشحات.

# الباب الثالث
# نقل مياه الرى

تقع الأراضى المروية عادة على مسافات بعيدة عن مصادر مياه الرى ولذلك يحتاج الأمر لنقلها الى اماكن استعمالها. أما فى قنوات مكشوفة أو فى مجارى مغلقة أنابيب وتخضع المجارى المائية لأساس هيدروليكى واحد ففى مرور المياه فى المواسير يعتبر الفرق فى الطاقة الكلية بين نقتطى البداية والنهاية هو الأساس فى حساب التصرف فى حين أن ميول سطح الماء والتغير فيه هو الأساس فى حساب تصرف القنوات المكشوفة.

## هيدروليكا سريان الماء Hydraulics of Water flow

يبحث علم الهيدروليكا حركة الماء بقياس كمياته وسرعاته ودراسة جميع الظواهر الهندسية المتعلقة بذلك. وهناك عديد من القوانين التى تحكم حركة الماء مما يستوجب الإلمام ببعض أسس السريان.

## أنواع السريان Types of flow

### السريان اللازمنى ( المستقر) Steady flow

تكون فيه سرعة السريان ثابتة بالنسبة للزمن عند مقطع هندسى معين فى المجرى رغم احتمال تغيرها من حيث القيمة أو الاتجاه تبعاً للمسافة ويعبر عن هذا النوع من السريان رياضياً بالمعادلة الآتية:

$$dv/dt = 0 \qquad (3\text{-}1)$$

حيث v سرعة السريان ، t الزمن.

وسيتبع ثبات السرعة فى مقطع هندسى معين من المجرى المائى ثبات التصرف المار وضغطه وكثافته مع الزمن.

$$dp/dt = dQ/dt = dp/dt = 0 \qquad (3\text{-}2)$$

ومعظم تطبيقات سريان السوائل فى الأنابيب حالات مستقرة ومثال ذلك سريان الماء فى المواسير تحت ضغوط ثابته أو تصرف الفتحات تحت ضواغط ثابتة ولكن قد يكون السريان منتظماً أو غير منتظم.

### السريان الزمنى ( غير مستقر) Unsteady flow

وفيه تتغير الظروف السابقة حيث تكون $dv/dt \neq 0$

**السريان المنتظم Uniform flow**

تكون فيه سرعة سريان الماء ثابتة القيمة والاتجاه من منطقة الى آخرى اى لاتتغير السرعة مع المسافة.

$$dv/ds = 0 \qquad (3\text{-}3)$$

حيث s هى مسافة السريان.

ويستنتج فى حالة عدم تغير السرعة مع المسافة فى السريان المستقر عدم تغير التصرف للماء والضغط وكثافة الماء مع المسافة.

$$\frac{dp}{ds} = \frac{dQ}{ds} = \frac{d\rho}{ds} = 0 \qquad (3\text{-}4)$$

ويعتبر سريان الماء فى مواسير تحت ضغوط منتظما سواء كان السريان مستقرا او غير مستقر.

**السريان غير المنتظم Non-uniform flow**

يحدث السريان الغير منتظم عندما تتغير سرعة أو ضغط الماء من نقطة لأخرى أى أن :

$$dv/ds \neq 0 \qquad (3\text{-}5)$$

ومثال ذلك حركة الماء فى المواسير اذا تغير قطر مقطعها مع ثبات التصرف حيث تتغير السرعة تبعاً للتغير فى مساحة المقطع.

**انماط السريان Flow Patterns**

والسريان المستقر للموائع الحقيقية نوعان من أنماط السريان.

**السريان الطبقى ( الرقائقى) Laminar flow**

تتحرك كتيلات السائل فى هذا النوع فى مسارات مستقيمة متوازية لتكون طبقات من رقائق متلاصقة ذات سرعات مختلفة وتزداد هذه السرعات كلما اتجهنا نحو مركز الانبوبة.

ويحدث هذا النوع تحت ظروف خاصة مثل انسياب السوائل داخل الانابيب الدقيقة والانابيب الشعرية كما هو الحال فى سريان الدم أو سريان السوائل ذات اللزوجة العالية ولهذا يسمى ايضا بالسريان اللزج.

**السريان المضطرب Turbulent flow**

تتحرك كتيلات السائل فى هذا النوع عشوائيا فى جميع الاتجاهات مما يحدث نمطاً معقدا من خطوط السريان تتميز بظهور دوامات صغيرة لها حركة عامة فى اتجاه السريان وينتج ذلك بزيادة السرعات.

وقد وجد رينولد Reynold العالم الانجليزى ان التغير من سريان طبقى الى مضطرب يبدأ عند سرعة معينة تسمى بالسرعة الحرجة Critical Velocity

وقد استنبط رينولد معادلة رياضية لتحديد نمط السريان وحدد رقما سمى Reynold,s Number ($R_N$).

$$R_N = \left( \frac{V.D.\rho}{\mu} \right) = \frac{VD}{\mu} \qquad (3\text{-}6)$$

**حيث:**

| | | |
|---|---|---|
| V | هى السرعة المتوسطة | (متر /ثانية) |
| D | قطر الانبوبة | (متر) |
| $\mu$ | معامل اللزوجة الكينماتيكية | (متر2 /ثانية) |
| M | معامل اللزوجة المطلقة | (بسكال . متر/ثانية) |
| $\rho$ | كثافة السائل | (نيوتن /متر$^3$) |
| | ويكون السريان طبقيا عندما | $R_N < 2000$ |
| | ويكون السريان مضطربا عندما | $R_N > 4000$ |

ويعتبر السريان فى مرحلة انتقالية فيما بين الحدين 4000،2000 فى حين تقابل القيمة 4000 لرقم رينولد مع السرعة الحرجة العليا Upper critical velocity والتى عندها يتحول نمط السريان من طبقى الى مضطرب أما السرعة الحرجة الدنيا Lower critical velocity والتى يتحول عندها النمط من مضطرب الى طبقى تقابل قيمة لرقم رينولد 2000.

وفى حالة السريان فى المجارى المكشوفة فيكون السريان طبيعيا اذا كان رقم رينولد أقل من 500 وفى هذه الحالة يحسب رقم رينولد باعتبار ان (d) تترادف مع عمق المجرى بدلا من قطر الانبوب – ويجب ان يكون واضحا ان رقم رينولد فى المجارى المكشوفة يؤخذ به فقط اذا كان السريان منتظما والمجرى ذو قطاع ثابت غير متغير فى مسافة كافية منه.

## معادلة استمرار السريان Continuity Equation

وتتلخص هذه المعادلة فى أن التصرف المار فى انبوبة يظل ثابتا من مقطع لآخر وان التغير فى مقطع الانبوبة يتبعه تغير فى سرعة السريان حيث تقل السرعة بزيادة مقطع المرور والعكس صحيح شكل (3−1).

**وفى حالة السوائل الغير قابلة للانضغاط كالماء فان معادلة السريان تسرى على الحجوم**

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = C \qquad (3\text{-}7)$$

حيث ان

$Q$ معدل التصرف أى حجم السائل الذى يسرى فى وحدة الزمن (متر$^3$/ ثانية أو لتر/ثانية)

$A_1, A_2$ مساحة المقطع عند القطاعين 1 ،2 (متر$^2$)

$V_1, V_2$ سرعة السريان عند القطاعين 2,1 (متر / ثانية)

## معادلة برنولى ( للطاقة ) Bernoulli Equation

تكتب معادلة الطاقة الكلية لسائل مثالى لوزن W من سائل متحرك بالصورة التالية:

$$E = W\left(\frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\alpha} + Z\right) \qquad (3\text{-}8)$$

حيث ان

| | | |
|---|---|---|
| Kinetic Energy | هى طاقة الحركة | $W\ V^2/2g$ |
| Pressure Energy | طاقة الضغط | $WP/\alpha$ |
| Potential Energy | طاقة الوضع | $W.Z$ |

وحدات المعادلة السابقة هى وحدات شغل ( قوة × مسافة ) وإذا اعتبرنا الطاقة الكلية للماء كسائل لا انضغاطى بالنسبة لوحدة الوزن W
اى بقسمة المعادلة على W فان

$$E = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\alpha} + Z \qquad (3\text{-}9)$$

وهى ما تسمى بمعادلة برنولى ووحدات الطاقة فى هذه الحالة وحدات طولية وهو ما يعبر عنه بالضاغط الهيدروليكى Hydraulic head

**معادلة برنولى للسوائل الحقيقية:**

يفقد جزءاً من الطاقة الكلية عند سريان السوائل داخل الانابيب نتيجة للقوى المقاومة للسريان ويمثل الفقد بالاحتكاك اكثر من 94% من مجمع الفواقد الاخرى.

واذا طبقت معادلة برنولى عند القطاعين 1،2 كما فى شكل (3-1)

$$E1 - E2 = h_L \qquad (4\text{-}10)$$

$$\left(\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\alpha} + Z_1\right) - \left(\frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\alpha} + Z_2\right) = h_L \qquad (4\text{-}11)$$

حيث ان :

$h_L$ هى الطاقة المفقودة بين القطاعين 1 ،2 (متر)

V سرعة السريان( متر / ثانية)

P الضغط ( بسكال أو نيوتن / متر2)

$\alpha$ الوزن النوعى للماء (9810 نيوتن / متر 3)

Z ارتفاع السائل عن منسوب مقارنة (متر)

W وزن السائل ( نيوتن)

ويمكن حساب ما يسمى بالميل الهيدروليكى الذى يمثل مقدار الفقد فى الطاقة الكلية خلال مسافة معينة شكل (3-1)

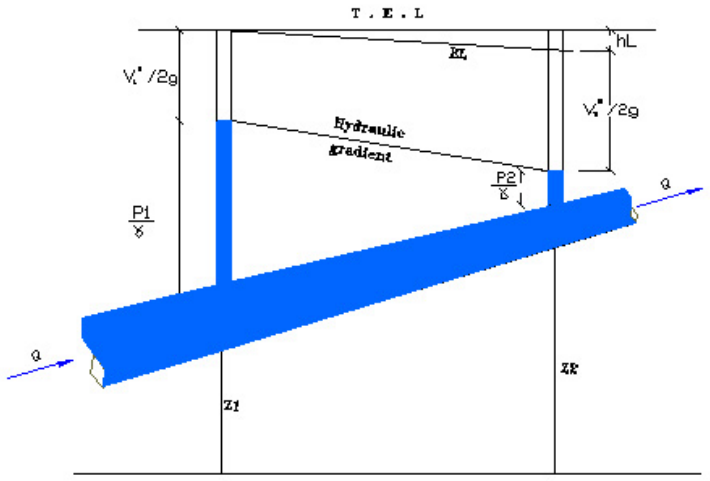
$$J = dh_L / dL \qquad (3\text{-}12)$$

حيث ان

J الميل الهيدروليكى

$h_L$ الفاقد (متر)

L المسافة (متر)




**شكل (3–1) معادلة استمرار السريان وخطوط الطاقة ( معادلة برنولى)**

## السريان فى المجارى المائية المغلقة ( الانابيب)
## Flow in Closed Conduits (pipes)

### فواقد الضاغط Head Losses

### أولاً: الفواقد الرئيسية Main head Losses

وتتمثل فى فاقد الاحتكال Friction Loss الناتج من الاحتكاك بين السائل المتحرك وجدار الانبوبة ويتوقف على نمط السريان والخشونة النسبية لجدار الانبوبة. ومن أهم المعادلات المستخدمة فى حساب فواقد الاحتكاك:

**معادلة دارسى – فيسياج Darcy – Weishach's لحساب قيمة فاقد الاحتكاك:**

$$h_f = K\frac{V^n L}{D^m} = \frac{fL}{D^m}\frac{V^n}{2g} \qquad (3\text{-}13)$$

حيث

f معامل الاحتكاك وترتبط قيمته بدرجة خشونة السطح الداخلى للانبوبة ولزوجة السائل وسرعته.

K معامل

n اس السرعة (1.85–2)

m اس لقطر الانبوب D (1–1.25) ويحدد فى معظم الاحوال على انه يساوى (3-n).

L طول الانبوب

D قطر الانبوب

**ب–معادلة Gray ومساعدوه**

$$h_f = f\frac{L}{D}\cdot\frac{V^2}{2g} \qquad (3\text{-}14)$$

وتستخدم المعادلة التالية المبسطة فى حالة إستخدام المواسير ذات الوصلات السريعة واقطار من 2–5 بوصة لحساب الفواقد.

$$h_F = 3\times10^{-3}\ \frac{V^{1.8}}{D^{1.2}} \qquad (3\text{-}15)$$

كما يمكن حساب قيمة معامل الاحتكاك (f) من المنحنيات شكل (2–3) بتحديد وحساب كلا من قيمة رقم رينولد $R_N$ وقيمة الخشونة النسبية $\frac{\varepsilon}{D}$

$$f = F\left(R_N \bullet \frac{D}{\varepsilon}\right) \qquad (3\text{-}16)$$

حيث ان:

ε الخشونة المطلقة لجدار الانبوبة (مم)

D قطر الانبوب الداخلى (مم)

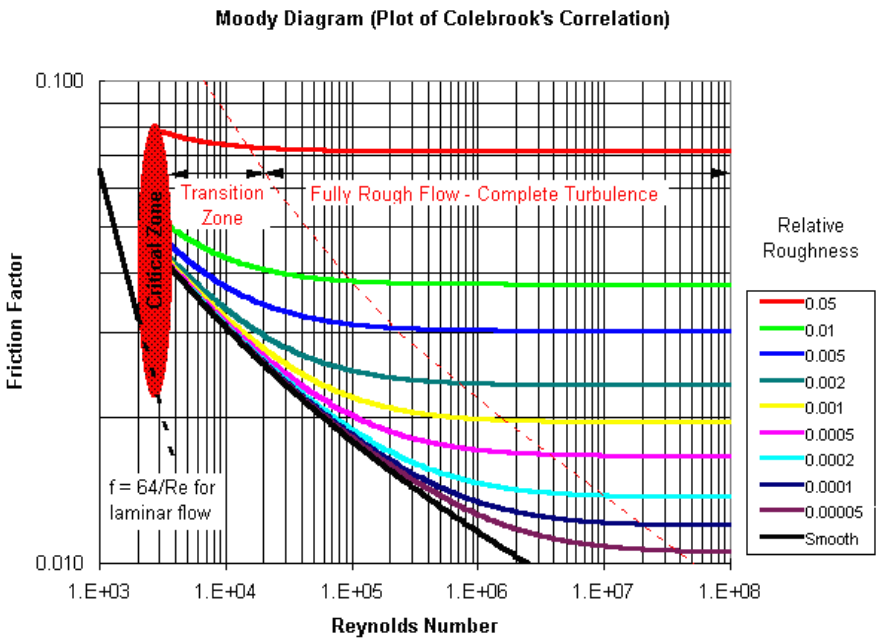
وفى حالة السريان الطبقى Laminar Flow فان قيمة f يمكن حسابها من المعادلة

$$f = 64 / R_N \qquad (3\text{-}17)$$

اما فى حالة السريان المضطرب Turbulent flow فان قيمة f تحسب طبقا لعديد من المعادلات أبسطها معادلة بلاسيوس Blasius

$$f = 0.316 / R_N^{0.25} \qquad (3\text{-}18)$$

رقم رينولد فى حدود قيم ($R_N$) والمحصورة بين $3\ X\ 10^3$ –$100\ X10^3$




**شكل ( 3–2) منحنيات حساب معامل الاحتكاك (f)**

### جـ – معادلة هازن– وليامز Hazen – Williams Equation

وهى من أكثر المعادلات استعمالا فى حسابات فواقد الاحتكاك فى شبكات الرى الضغطى (الرش والموضعى).

$$J = \frac{h_f}{L}(100) = 1.21\times10^{12}\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} D^{-4.87} \qquad (3\text{-}19)$$

حيث أن:

J فاقد الاحتكاك متر /100 متر أو نسبة مئوية %

L طول الأنبوبة ( متر )

Q معدل التصرف ( لتر / ثانية )

D القطر الداخلي للأنبوبة ( مم )

C معامل هازن يتوقف على نوع مادة الأنبوب والموضحة بجدول رقم (3–3)

وهناك منحنيات وجداول تستخدم لحساب قيمة فاقد الاحتكاك لاقطار وتصرفات بعد اختيار الاقطار عند السرعات الموصى بها (1.5 – 2 متر/ث) جدول (3–1) وجدول (3–2).

**جدول (3–1) التصرفات الماره من خلال الأنابيب لسرعات سريان مختلفة**

| Pressure (Bar) | Size (mm) القطر (مم) | | Discharge $m^3/h$ التصرف | |
|---|---|---|---|---|
| | O.D | I.D | V= 1.5 m/s. | V= 2.0 m/s. |
| 10 | 50 | 45.2 | 8.7 | 11.6 |
| 6 | " | 46.4 | 9.1 | 12.2 |
| 10 | 63 | 57.0 | 13.8 | 18.4 |
| 6 | 63 | 59.2 | 14.8 | 19.8 |
| 10 | 75 | 67.8 | 19.5 | 26.0 |
| 6 | 75 | 70.6 | 21.1 | 28.2 |
| 10 | 90 | 81.4 | 28.1 | 37.5 |
| 6 | 90 | 84.6 | 30.4 | 40.5 |
| 10 | 110 | 99.6 | 42.1 | 56.1 |
| 6 | 110 | 103.6 | 45.5 | 60.7 |
| 10 | 125 | 113.0 | 54.2 | 72.2 |
| 6 | 125 | 117.6 | 58.7 | 78.2 |
| 10 | 160 | 144.6 | 88.7 | 118.2 |
| 6 | 160 | 150.6 | 98.2 | 128.3 |
| 10 | 200 | 180.8 | 138.6 | 184.9 |
| 6 | 200 | 188.2 | 150.2 | 200.3 |
| 10 | 250 | 226.2 | 217.0 | 289.3 |
| 6 | 250 | 235.4 | 235.1 | 313.4 |
| 10 | 315 | 285.0 | 344.5 | 459.3 |
| 6 | 315 | 296.6 | 373.1 | 497.5 |
| 10 | 400 | 361.8 | 545.9 | 727.9 |
| 6 | 400 | 377.0 | 602.5 | 803.3 |

القطر الخارجى للأنبوب (مم) O.D القطر الداخلى للأنبوب (مم) I.D سرعة السريان (متر/ثانية)

**جدول (3–2) حساب فواقد الأحتكاك فى اجزاء الشبكة طبقاً للأسس الهيدروليكة**

| Size (mm) | معدل التصرف متر٣/ساعة | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 300 | 400 | 500 |
| 50 | 1.85 | 6.54 | 13.85 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 63 | - | 1.98 | 4.19 | 7.21 | 15.12 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 75 | - | - | 1.80 | 3.1 | 6.5 | 11.1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 90 | - | - | - | 1.3 | 2.71 | 4.61 | 7.00 | - | - | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 110 | - | - | - | - | 1.00 | 1.71 | 2.58 | 3.62 | 4.82 | - | - | - | - | - | - | | | | |
| 125 | - | - | - | - | - | 0.92 | 1.39 | 1.94 | 2.59 | 3.31 | 5.00 | - | - | - | - | | | | |
| 160 | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.77 | 1.00 | 1.5 | 2.1 | 2.79 | - | - | | | | |
| 200 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0.71 | 0.94 | 1.21 | 1.5 | 1.83 | 3.87 | 6.6 | - |
| 250 | | | | | | | | | | | | | - | - | 0.51 | 0.61 | 1.30 | 2.22 | - |
| 315 | | | | | | | | | | | | - | - | - | - | 0.20 | 0.42 | 0.72 | 1.09 |
| 400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- ضغط التشغيل للأنابيب ٦بار
- عند قيم مختلفة لمعامل $(C_x)$ يستخدم للتعديل المعادلة

$$J_x = J\left(\frac{Q}{Q_x}\right)^{1.852}$$

- عند أختلاف التصرفات $(Q_x)$ يستخدم للتعديل المعادلة

$$J_x = J\left(\frac{Q_x}{Q}\right)^{1.852}$$

**د– معادلة سكوبى Scobey's formula**

وتكتب على الصورة

$$h_f = Ks\frac{V^{1.9}}{D^{1.1}} \cdot L \qquad (3\text{-}20)$$

**جدول(3-3) قيم معامل سكوبى (Ks ) و معامل هازن ( C )**

| | معامل هازن ويليامز -C- | معامل سكوبى KS |
|---|---|---|
| حديد قديم | 100 | 0.48 |
| حديد مجلفن والمونيوم | 120 | 0.40 |
| اسبستوس | 150 | 0.30 |
| P. V. C., P.E قطر < 125 مم | 150 | 0,30 |
| قطر 40-125مم | 145 | |
| قطر > 125 مم | 140 | |

وتستخدم المعادلات السابقة لحساب فاقد الاحتكاك لانابيب ناقلة للمياه فقط دون وجود مخارج عليها وعندما تستخدم انابيب فرعية متعددة المخارج كما فى خطوط الموزعات (المنقطات والرشاشات) فان قيمة $H_f$ يجب تعديلها طبقا لعدد هذه المخارج ولطول الانبوب (L).

$$H_f = h_f \cdot F = J \cdot \frac{L}{100} \cdot F \qquad (3\text{-}21)$$

حيث ان:

$h_f$ فاقد الاحتكاك المكافىء لانابيب ليس عليها مخارج.

F معامل تصحيح يتوقف على عدد المخارج

وتحسب قيمة F

$$F = \sum_{I=1}^{N} \frac{I^{1.85}}{N^{2.85}}$$

حيث ان N عدد المخارج ، وعليه فان قيمة F لعدد 6 مخارج على سبيل المثال

$$F = \frac{1^{1.85} + 2^{1.85} + 3^{1.85} + 4^{1.85} + 5^{1.85} + 6^{1.85}}{6^{2.85}} = 0.438$$

**ثانياً: الفواقد الثانوية: Minor Losses**

تحدث الفواقد الثانوية اثناء سريان السوائل فى الأنابيب بسبب المقاومات الناتجة عن اى عوائق تعترض مجرى السريان مثل التغيرات المفاجئة فى قطر الانبوب والانحناءات والمحابس وغير ذلك من الوصلات المختلفة على طول خط

السريان وتمثل الفواقد الثانوية أهمية خاصة فى حالة خطوط السريان القصيرة وذلك من اجل الحصول على حسابات هندسية دقيقة اما فى حالة خطوط الانابيب الطويلة فان الفواقد الثانوية فى الضاغط قد تكون قليلة القيمة جدا بالنسبة لفاقد الاحتكاك.

ويحدث الفقد فى الضاغط عادة نتيجة للتغير المفاجىء فى سرعة السريان سواء كان هذا التغير فى قيمة السرعة Magnitude او فى اتجاهها Direction وعموما فان التغير المفاجىء الذى يؤدى الى زيادة سرعة السريان يكون مصحوبا بفاقد أقل من ذلك التغير المؤدى الى نقصان فى السرعة حيث تتكون فى هذه الحالة تيارات دوامية Eddies.

ويعبر عن هذه الفواقد الثانوية بالعلاقة الآتية:

$$h_{mL} = KV^2 / 2g \qquad (3\text{-}22)$$

حيث k معامل الفقد الثانوى

**جدول (3–4) يوضحان حساب الفواقد الثانوية.**

## أمثلة محلولة للسريان داخل الأنابيب:

**مثال:**

**المطلوب** حساب فاقد الاحتكاك باستخدام معادلات دارس – فيسياج ومعادلة

هازن – ويليام ومعادلة سكوبى.

**المعطيات:**

| | |
|---|---|
| طول الانبوبة | 500 متر |
| القطر الخارجى | 250مم (10 بوصة) |
| سمك الجدار | 12 مم |
| الخشونة | 0.003مم |

## جدول (3–4) المعادلات الرياضية للفواقد الثانوية ( محابس - وصلات)

| نوع الفاقد الثانوى Minor Losses | معامل الفقد | المعادلات الرياضية |
|---|---|---|
| **الاتساع Enlargement** | **Ke** | $he = 2.6Sin\frac{\theta}{2}(1-r^2)^2V_1^2/2g$<br>$he = Ke(V_1 - V_2)^2/2g$<br>**he = Ke ($V_1 - V_2^2/2q$** |
| **الاتساع التدريجى Gradual Enl.** | | $\theta \le 45^\circ$<br>$he = (1-r^2)^2V_1^2/2g$<br>$45^\circ \le \theta^\circ < 180^\bullet$ |
| **الاتساع المفاجىء .EnL Sudden** | | $he = (1-r^2)^2\ V_1^2/2g$ |
| **الانقباض Contraction** | **Kc** | $he = 0.6 \quad Sin\frac{\theta}{2}(1-r^2)V_2^2/2g$ |
| **الانقباض التدريجى Gradual Cont** | | $\theta \le 45^\circ$<br>$he = 0.5(Sin\frac{\theta}{2})^{0.5}(1-r^2)V_2^2/2g$<br>$45 \le \theta < 180$ |
| **الانقباض المفاجىء Sudden Cont.** | | $he = (\frac{1}{Cc} - 1)^2V_2^2/2g$<br>or<br>$= 0.5(1-r^2)V_1^2/2g$ |
| **فاقد المنحنيات والاكواع Bends and Elbows Losses** | **Kb** | $he = KbV^2/2g$ |
| **فاقد المحابس Valves Loss** | **KV** | $hv = K_vV^2/2g$<br>$r = d_1/d_2$ |

**الحـل**

أولاً: يتم حساب كلا من سرعة السريان V ومعامل رينولد RN، معامل $\frac{\varepsilon}{d}$ نة النسبية

$$Q = AV = \pi/4(0.226)^2.V \quad = 260/3600$$
$$V = 1.8m/S$$
$$RN = \frac{V.D.\rho}{\mu} = \frac{1.8\times0.226\times10000}{3\times10^{-3}} = 1.3\times10^{6}$$
$$\varepsilon/d = 0.003/226 = 1.3\times10^{-5}$$
$$f = 0.013$$

فاقد الاحتكاك

1- معادلة دراس (4-14) $Hf = f.L.V^2 / 2gd$ من شكل (3-2)

$$= 0.013 \text{ X } 500 \text{ } (1.8)2 / 2 \text{ X } 9.81 \text{ X}$$
$$0.226 = 4.7 \text{ m}$$

معادلة هازن – وليام (3-19)

$$hf = \frac{L}{100}\times1.21\times10^{12}(Q/C)^{1.852} \quad (D)^{-4.87}$$

$$hf = \frac{500}{100}\times1.21\times10^{12}\left(\frac{260/3.6}{150}\right)^{1.852} \cdot(226)^{-4.87}$$
$$= 6.05\times10^{12}\times0.258/2.914\times10^{11} \quad = 5.36m$$

المطلوب مراعاة الوحدات

**ثالثاً: معادلة سكوبى** : (3-20) من جدول (3-3)

$$Ks = 0.3$$
$$hf = Ks\frac{V^{1.9}}{d^{1.1}}\cdot L = 0.3\times\frac{(1.8)^{1.9}}{(226)^{1.1}}\times500 \quad = 1.18m$$

**مثال (2):**

**المطلوب** حساب الفواقد الثانوية فى خط طرد مضخة 8" (200مم) مركب عليه محبس سكينة وكوع 90° ويطرد الخط المياه بعد ذلك فى خط آخر قطر 10" (250مم) وباتساع متدرج بزاوية 70°

**المعطيات:** التصرف المار خلال الخط 252م3 / ساعة (0.7م3 / ثانية)

معامل فاقد المحبس $K_v$ = 0.12

معامل فاقد الكوع $K_b$ = 0.41

**الحـــل:**

حساب السرعة فى خط الطرد (200مم) وخط التوزيع 250مم.

القطر الداخلى لخط الطرد 176 مم وخط التوزيع 220مم.

$$V_1 = 0.07/0.024 = 2.92 m/s$$
$$V_2 = 0.07/0.038 = 1.84 m/s$$

**من جدول (3-4) (فاقد المحبس)**

$$h_v = K_v V_1^{\,2} /2g = 0.12 (2.92)^2 /2 \times 9.81 = 0.05m$$

$$h_B = K_b V_1^{\,2} /2g = 0.41 (2.92)^2 /2 \times 9.81 = 0.18m$$

(فاقد الكوع)

$$he = KeV_1^2/2g = (1-r^2) \cdot V_1^2/29 = \left[1-\left(\frac{176}{220}\right)^2\right] \cdot (2.92^2)/2\times 9.81 = 0.16m$$

## السريان فى القنوات المكشوفة Flow in open channels

تعرف القناة المكشوفة بأنها اى مجرى مائى تسير فيه المياه بسطح حر وللمجرى المائى المكشوف اشكال عديدة منها المستطيل والدائرى وشكل شبه المنحرف والمثلثى والقطع الناقص وقد يكون المجرى مبطناً لتقليل فاقد التسرب من القاع والجوانب أو غير مبطن ويبين شكل (3-4) أحد القطاعات فى قناة مكشوفة.

**تعريفات عامة :**

أ- **المحيط المبتل** هو طول الجوانب المبتلة الحاملة للمياه مضافاً اليها عرض القاع

$$P = b + 2C \qquad (4 - 23)$$

ب - **مساحة القطاع المائى** هى مساحة القطاع المبتل الحامل للمياه كما فى شكل (4-4)

$$A = \frac{b+B}{2} \times d \qquad (4- 24)$$

ج - **نصف القطر الهيدروليكى Hydraulic Radius**

نظراً لتعدد اشكال القطاعات المائية فأنه من المرغوب فيه اعطاء بعد واحد يعبر عن مقاس القطاع مهما اختلف شكله. ونصف القطر الهيدروليكى هو نسبة المساحة المبتلة الى المحيط المبتل:

$$R = \frac{A}{P} \qquad (3\text{-}25)$$

د- **الانحدار الهيدروليكى Hydraulic Slope** هو النسبة بين الانخفاض الرأسى فى منسوب سطح الماء الى طول المجرى :

$$S = h / L \qquad (3\text{-}26)$$

هـ - **العمق الهيدروليكى Hydraulic Depth**

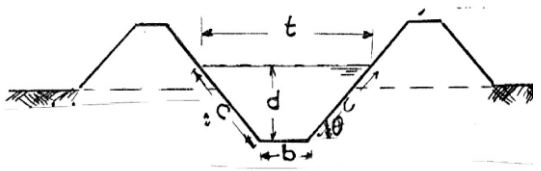
وتساوى مساحة القطاع المائى مقسوما على عرض المجرى العلوى.

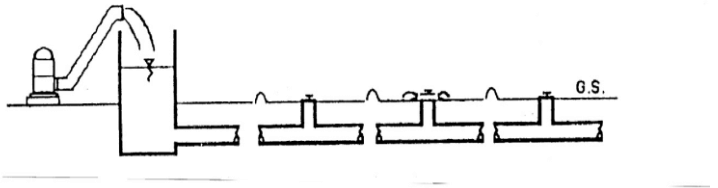
$$D_h = \frac{A}{B} \qquad (3\text{-}27)$$

حيث :

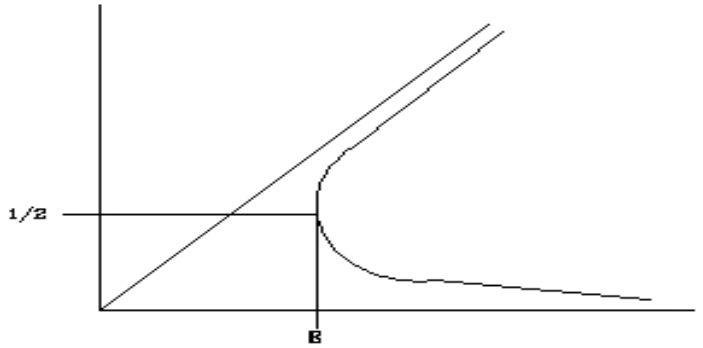
b عرض قاع القناة ( متر)

B عرض سطح المياه فى القناه ( متر)
c طول جانب القناه ( متر)
d عمق المياه فى القناه ( متر)
Dh العمق الهيدروليكى ( متر)




شكل(3–4) قطاع في مجرى مائي مكشوف




شكل (3–5) خطوط السرعات الحرجة والطاقة النوعية سريان داخل القنوات

**و – رقم فرويد Froude Number** ويستخدم لتحديد حدود السرعات الحرجة

$$Fr = \frac{0.31V}{\sqrt{Dh}} = 0.3V(D_h)^{-0.5} \qquad (3\text{-}28)$$

حيث أن : V = السرعة المتوسط.

$D_h$ = العمق الهيدروليكى.

وتعتبر السرعة حرجة اذا كانت قيمة Fr تساوى واحد وفوق حرجة Supper Critical اذا كانت القيمة اكبر من واحد وتحت حرجة Sub-critical اذا كانت القيمة أقل من واحد.

وتسمى السرعة الحرجة بالسرعة التى عندها أقل طاقة نوعية وأعلى تصرف شكل (3–5).

$$Vc = 3.13\sqrt{y_c} = 3.13(y_c)^{0.5} \qquad (3\text{-}29)$$

$$Vc = (gy_c)^{0.5}$$

حيث ان :

Vc السرعة الحرجة م/ث

g عجلة الجاذبية (9.81م/ث)

yc العمق الحرج متر (yc = 2/3 E)

E الطاقة الكلية عند النقطة $E = d + V^2/2g$

V سرعة السريان المتوسطة م/ث

d عمق الماء (متر)

ويوضح جدولى (3–5)، (3–6) السرعات القصوى والحرجة والتى لاتسبب نحرا ولاترسيبا للسلت فى قطاع القناه.

**جدول (3–5) أقصى سرعة لتدفق المياه ولاتسبب نحرا Boojer, 1971**

| نوع التربة | متر / ثانية |
|---|---|
| رملية | 0.75 – 0.3 |
| رملية طميية | 0.75 – 0.5 |
| طينية طميية | 0.9 – 0.6 |
| طينية | 1.5 – 0.9 |
| زلطية | 1.5 –0.9 |

**جدول (3–6) سرعات التدفق الحرجة ولاتسبب ترسيب للسلت**

| عمق الماء (متر ) | السرعة ( متر / ثانية) |
|---|---|
| 0.3 | 0.24 |
| 0.6 | 0.40 |
| 0.9 | 0.50 |
| 1.2 | 0.63 |
| 1.5 | 0.72 |
| 1.8 | 0.83 |
| 2.1 | 0.90 |

**سرعة السريان فى القنوات المكشوفة.**

تتناسب سرعة السريان مع الجذر التربيعى لكل من الانحدار ونصف القطر الهيدروليكى ومن اهم المعادلات التى استخدمت فى حساب سرعة السريان معادلة شيزى (Chezys formula )

حيث ان C ثابت شيزى.

$$V = C \cdot R^{0.5} \cdot S^{0.5} \qquad \textbf{(3-30)}$$

ومن المعادلات الاخرى المستخدمة هى معادلة مانننج Manning formula

$$V = \frac{I}{n} R^{0.67} . S^{0.5} \qquad \textbf{(3-31)}$$

حيث ان n معامل الخشونة للقناة ( معامل مانننج ) والذى يتوقف على درجة خشونة السطح الملامس للمياه الذى يؤثر على حركة المياه داخل المجرى وجدول (3–7). يبين قيم (n)

ومن المعادلات الاخرى معادلة Darcy-Weishach:

$$V = 8.86 \cdot R^{0.5} \cdot S^{0.5} \cdot F^{-0.5} \qquad \textbf{(4-32)}$$

حيث أن g عجلة الجاذبية الارضية.

F معامل الاحتكاك ( معامل دراسى ويسباتش) Darcy – Weishach وترتبط معاملات شيزى ومانننج ودراسى بعلاقة رياضية مستنتجة من معادلات أرقام 30،31، 32.

$$C=8.86\ F^{-0.5} = R^{0.17}.\ n^{-1.0} \qquad (4\text{-}33)$$

**جدول (3–7) قيم معامل مانننج (n)**

| طبيعة المجرى | المعامل (n) |
|---|---|
| مجرى مائى مبطن بالبلاستيك | 0.009 : 0.010 |
| مجرى مائى مبطن بالاسمنت النظيف | 0.010 : 0.012 |
| مجرى مائى مبطن بالخرسانة العادية | 0.013 : 0.015 |
| قنوات ترابية منشأه حديثاً | 0.018 : 0.020 |
| قنوات ترابية بحالة متوسطة | 0.022 : 0.025 |
| قنوات الرى التى بها حشائش قصيرة | 0.027 : 0.030 |
| مجارى الصرف العامة | 0.028 : 0.033 |
| مساقى الحقل حيث تنمو الحشائش بكثرة | 0.033 : 0.04 |

وتعتبر معادلة مانننج افضل المعادلات المستخدمة فى حساب تصرفات المجارى المائية المكشوفة وبمعرفة سرعة السريان فأنه يمكن حساب معدل التصرف من معادلة استمرار السريان $Q = A.\ V$ حيث A مساحة مقطع القناة.

ويجب الاهتمام بميول جوانب القنوات الترابية حتى لاتتهدم مع تمرير التصرفات المطلوبة ففى القنوات الدائمة تؤخذ الميول بنسبة 1.5 افقياً الى 1 رأسياً وفى حالة الاراضى الطينية الصلبة يمكن ان تؤخذ الميول بنسبة 0.5 الى 1 اما فى حالة الاراضى الرخوة الرملية فتكون 2 افقى الى 1 رأسى ويوضح جدول ( 3–8) أقصى ميول لجوانب القنوات المكشوفة ويعتبر تبطين المجارى المائية من الوسائل الفعالة لرفع كفاءة نقل المياه بجانب حماية المجارى المائية من البخر ونمو الحشائش وتقليل معدلات الفقد بالتسرب من قاع وجوانب المجرى والذى يمثل عنصراً اساسياً فى فواقد مياه الرى جدول (3–9).

ومن الموارد المستخدمة فى تبطين القنوات والأكثر شيوعاً هى الخرسانة ويأتى بعدها الطوب والأسفلت ويمكن كذلك استخدام شرائح البلاستيك لتغطية المجارى الحقلية حيث انه ارخص سعر ولكنه اقصر عمرا ويبلغ تكلفة التبطين بالخرسانة حوالى الف جنيه للفدان فى مقابل مائتان وثلاثون جنيها لشرائح البلاستيك.

**جدول (3–8) الميول القصوى لجوانب القنوات المكشوفة.**

| نوع التربة | رملية طمييه | سلتيه طمييه | طينية طمييه | طينية |
|---|---|---|---|---|
| الميل ( أفقى / رأسى) | 1/3 | 1/2 | 1/1.5 | 1/1 |

**جدول (3–9) معدل التسرب من قاع القنوات الغير مبطنة (Kraatz 1971)**

| نوع التربة | الفقد م$^3$ /م$^2$ من المحيط المبتل / يوم |
|---|---|
| طينية طمييه صماء | 0.1 – 0.07 |
| طينية طمييه وسلتيه طمييه | 0.23 – 0.15 |
| طينية طمييه زلطية | 0.30 – 0.23 |
| رملية طمييه | 0.45 – 0.30 |
| رملية | 0.55 – 0.45 |
| رملية زلطية | 0.75 – 0.55 |

ومن جهة آخرى يمكن استخدام المواسير البلاستيك .P.V.C والتى تتحمل ضغوطا منخفضة فى نقل مياه الرى لتجنب فاقد البخر من سطح المجرى المائى بالاضافة الى سهولة التحكم وقياس كميات المياه المنقولة الا ان تكلفتها الانشائية أعلى من المجارى المائية المكشوفة المبطنة بالخرسانة شكل (3–4).

**أمثلة محلولة على القنوات المكشوفة:**

**المطلـوب** حساب التصرف المار فى قطاع لمجرى مائى مكشوف باستخدام المعادلات المختلفة. وماهى السرعة الحرجة والعمق الحرج لهذا المجرى ان كان حرجا.

**المعطيات:** عمق القاع ا متر عمق الماء 0.75 متر
ميول الجوانب 2:3 مادة التبطين أسمنت
ميل المجرى %0.08

**الحل:**

$$A = \frac{(3d+2b)}{2} d. = 1.6m^2$$

$$P = b + 2(d/Sin) = 3.7m$$

حساب نصف القطر الهيدروليكى

$$R = A/p = 1.6/3.7 = m$$

إيجاد معامل مانينج ( جدول **3-5**) = 0.011

**من معادلة (3-33)**

$$C = 8.86\ F^{0.5} = R^{0.17} \cdot n^{-1.0} = 79.0$$

F معامل دارسى = 0.013

لحساب التصرف يتم أولا حساب السرعة

1-معادلة شيزى:

$$V = C\sqrt{R.S} = 79\sqrt{0.43 \times 0.008}$$

$$= 1.47 m/s$$

$$Q = AV = 1.6 \times 1.47 = 2.34 m^3/S$$

3- معادلة دارسى - ويسباتسى

$$V = \sqrt{\frac{8gRS}{F}} = \sqrt{\frac{8 \times 9.81 \times 0.43 \times 0.0008}{0.013}} = 1.44 m/s$$

$$Q = A.V = 1.6 \times 1.44 = 2.3 m^3/S$$

يتضح من الحل تقارب الثلاثة معادلات فى حساب التصرفات

بحساب السرعة الحرجة يتم إيجاد رقم فرويد للتحقق من أن السريان حرج أم لا

السرعة المتوسطة = V = 1.46 m/Sec ( السرعة المتوسطة).

من معادلة (3-27)

العمق الهيدروليكى (Dh) =

$$\frac{A}{t} = 1.6/3.5 = 0.457 m$$

∴ ( رقم فرويد)

$$Fr. \frac{V}{\sqrt{gDh}} = \frac{1.46}{\sqrt{9.8 \times 0.457}} = 0.68$$

وهو أقل من واحد وتعتبر السرعة تحت حرجة Sub-Critical

$$E = d + V^2/2g = 0.75 + \frac{(1.46)^2}{2g} = 0.859$$

ولحساب السرعة الحرجة باستخدام المعادلة (4–29)

**yc ( العمق الحرج)=2/3 E= 0.67X 0.859 = 0.576m**

$$Vc = (gyc)^{0.5} = 2.38 m/Sec$$

ويمكن التأكد من قيمة السرعة الحرجة بإعادة استخدام رقم فرويد

## انواع المجارى المائية المكشوفة لنقل مياه الرى

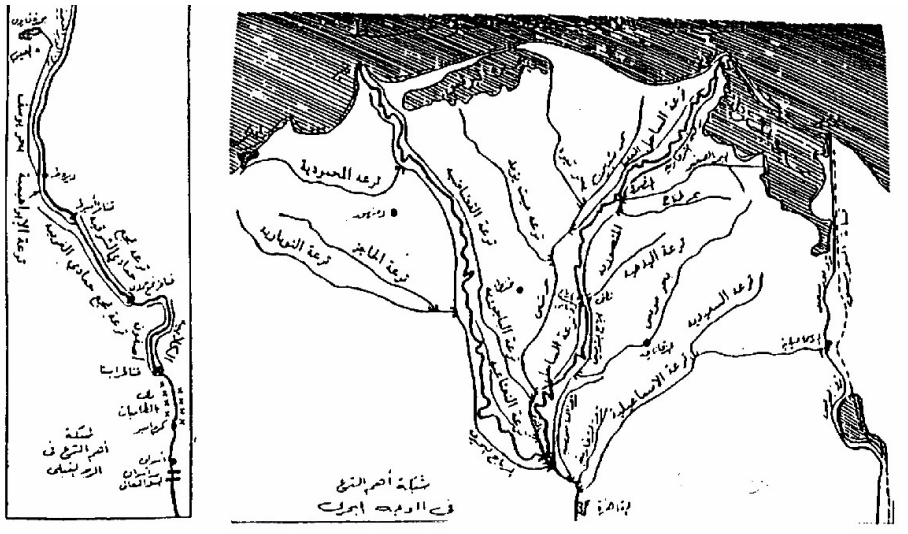
تنقل مياه الى من النيل الى الحقول الزراعية عبر مجارى مائية عبارة عن شبكة من الترع والموضحة بشكل (3–6) و تختلف احجام هذه المجارى حسب وظيفتها وتحتاج هذه الشبكة الى اعمال صناعية كالقناطر والكبارى والبرابخ والسحارات والبدالات والقاعدة العامة ان تنشا الترع فى الاجزاء المرتفعة من الاراضى وان تنشا المصارف فى الاجزاء المنخفضة منها كما فى شكل (3–7) والتكوين الطبيعى لطبوغرافية الاراضى فى مصر تسمح فى اغلب الاحيان باتباع هذه القاعدة.

### الرياحات: Main Branch Canal (Riah)

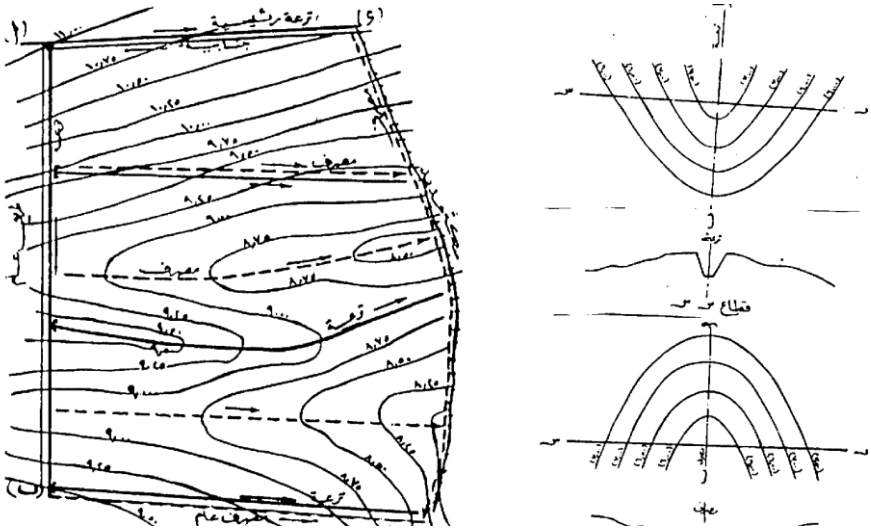
وتأخذ المياه من امام القناطر المقامة على النيل وهى اكبر المجارى المائية المكشوفة حجماً وتأخذ منها فروع عديدة ويبلغ انحدار المياه فيها 3–5 سم / كيلو متر ولاتستعمل الرياحات الا لنقل المياه اى أنها مجارى توصيل ويوجد فى مصر الرياح التوفيقى والرياح المنوفى والرياح البحيرى ثم الرياح الناصرى التى تأخذ مياهها من امام القناطر الخيرية. شكل (3–6).

### الترع الرئيسية Main Canals

وتتفرع من الرياحات وتمر فى الاراضى العالية حيث يتحدد زمام الترعة الرئيسية بمصرفين يسمى بمصرفى المنطقة وقد تأخذ هذه الترع من النيل مباشرة مثل ترعة الاسماعيلية وجميع ترع الوجه القبلى ترع رئيسية.



شكل (3–6) أنواع المجارى المائية في مصر



شكل (3–7) أماكن إنشاء الترع والمصاريف طبقا لخطوط الكنتور

ولايسمح بالرى المباشر منها الا فى الاحباس السفلى وعادة ما تصب نهايتها فى مصرف أو بحيرة وتعمل لها جنابيات موازية لها لمنع الرى المباشر فيها وتأخذ الجنابيات عادة من امام قناطر الحجز على الترع الرئيسية وانحدار الماء منها 5-7 سم /كيلو متر. ومتوسط الطول 80-300 كم بمسافات بينهما من 10-25كم.

**الجنابيات Parallel (Side) Canals**

تأخذ مياها من الرياحات او من الترع الرئيسية وتسير موازية لها ولايزيد طولها عن 10-15 كيلو متر وقد تعمل كمصارف للترع الرئيسية.

**الترع الفرعية Branch Canals**

تأخذ من الترع الرئيسية امام قناطر الحجز وعلى مسافات 10-10 كيلو متر ويفصلها عن بعضها مصرف وتصب نهايتها فى مصرف عمومى ويسمح بالرى منها مباشرة وتدفعها المياه فيها طوال العام وقت السدة الشتوية ويبلغ الانحدار بها من 8-10سم/كيلو متر.

**ترع التوزيع Distributary Canals**

اصغر انواع الترع العمومية التى تقوم بانشائها وزارة الموارد المائية والمسافات بينها 2.5-4 كيلو متر ويبلغ زمامها حوالى 2000 فدان ويصرح بالرى المباشر منها عن طريق فتحات الرى ومقدرا الانحدار فيها من 10-16 سم/كيلو متر.

**المساقى Mesqua (Field Canals)**

اصغر انواع الترع ويقوم بأنشائها وصيانتها ملاك الاراضى وتأخذ منها فتحات الرى ويبلغ زمامها 25-30 فدان.

## الاعمال الصناعية على المجارى المائية الفرعية:

**فتحات الرى Irrigation Outlet (Farm Turnout)**

تنقل مياه الرى الى الحقول من خلال مواسير أو برابخ توضع تحت جسور الترع لتصب فى المساقى الخاصة بالحقول وتصنع من الصلب او الخرسانةى وحالياً من ال P.V.C وتوضع البرابخ بحيث يكون منسوب سطحها العلوى اقل من 25 من منسوب سطح المياه فى الترعة ويركب على فتحى البربخ

من ناحية الترعة بوابة لإغلاق الماء عند اللزوم وتصرح وزارة الرى لكل مالك بفتحة يتناسب حجمها مع الزمام وفى حالة الملكيات الصغيرة يصرح لكل مجموعة ملاك بفتحة واحدة شكل (3-8) وتصمم اقطار البرابخ على أساس مساحة الزمام وباستخدام المعادلات التالية

**ومن ثم فان**

$$A.R = 3.6 \times 10^{-3} \frac{\pi}{4} .d^2.V.t \qquad (3\text{-}34)$$

$$d = 18.8 \sqrt{\frac{A.R}{V.t}} \qquad (3\text{-}35)$$

حيث ان :

| | | |
|---|---|---|
| A | المساحة المروية | هكتار |
| R | المقنن المائى | م$^3$/هكتار |
| d | قطر البرابخ | مم |
| V | سرعة المياه خلال البربخ | متر / ثانية |
| t | زمن الرى | ساعة |

وتستخدم المعادلة المبسطة التالية لحساب قطر الماسورة والذى يجب الايقل عن 4 سم

$$d = 2\sqrt{A} \qquad (3\text{-}36)$$

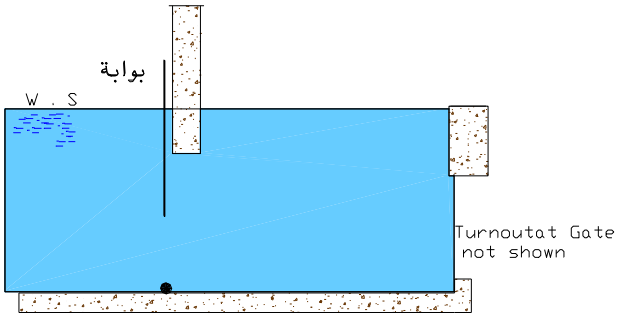
وتصلح هذه المعادلة فى حدود 10 متر طول البربخ اما اذا زاد عن ذلك فستعمل معادلات السريان داخل المواسير السابقة الذكر.

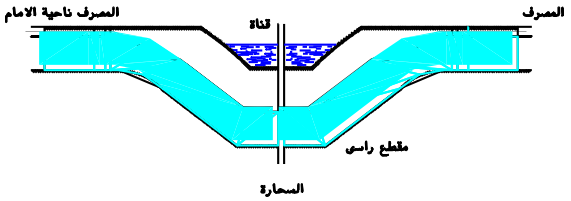
**السحارات Drainage Syphon**

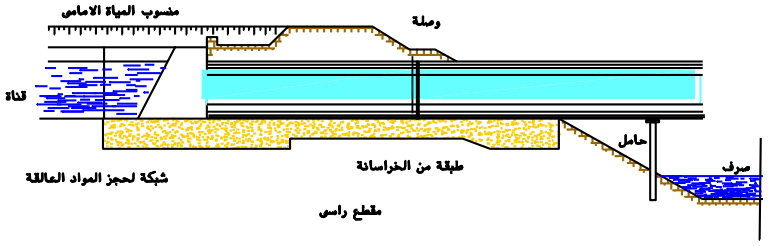
وتنقل مياه المجارى التى تمر اسفل مجارى اخرى مرتفعة مثلما فى حالة مرور ترعة فوق مصرف خوفاً من خلط المياه وهى تشبه البربخ وتصنع من الحديد او الاسمنت والخرسانة او الطوب وقطاعها قد يكون مستدير او مستطيل او مربع شكل (3-8).

**البدالات Canal Syphon**

بعكس عمل السحارات حيث تنقل مياه الرى فى المجارى المرتفعة اعلى المجارى المنخفضة(مياه المصارف) شكل (3-8).




البدال

شكل (3– 8) الأعمال الصناعية على المجارى المائية المكشوفة

**المصبات ( المقبضات) Overchute**

تعمل المصبات فى نهايات الترع والتى تصرف مياها عادة فى مصارف أو ترع اخرى منخفضة عنها وهى عبارة عن فتحة (بيارة) تفتح لاعلى فى حالة ارتفاع منسوب المياه عن الحد المسموح به ويخشى على الترعة من الفيضان.

## قياس التدفق فى المجارى المائية
## Water Flow Measurement of Irrigation Water Conduits

**ترجع أهمية قياس سرعة ومعدل تدفق مياه الرى فى المجارى المائية الى دورها الفعال فى التحكم فى كميات الرى وتصريف الاحتياجات المائية للمحاصيل المختلفة وضمانها بأقل فواقد ممكنة لزيادة كفاءة الرى.**

وتستخدم الوحدات القياسية الاتية:

أ- **كمية المياه** (حجم) لتر – متر مكعب م$^3$ – مم. هكتار – مم. فدان – مم.مترمربع

ويعنى مم. متر$^2$ انه حجم الماء اللازم لتغطية مساحة مقدراها متر مربع وتساوى لتر .

1مم.فدان = 4200 لتر = 4.2 متر$^3$

1مم.هكتار = 10000لتر = 10متر$^3$

ب- **التصرف** (Discharge) Flow Rate

هو معدل مرور حجم معين من المياه فى مجرى مائى فى زمن معين ووحداتها لتر/ثانية ، لتر/دقيقة – لتر/ ساعة، م مكعب (م$^3$) /ساعة، (م$^3$ / ساعة = 3.6 لتر/ث).

## طرق قياس سرعة ومعدلات التصرف فى الانابيب
## Methods of measuring water Velocity and dicharge in pipes

أ- **الطرق الحجمية Volumetric method**

وهى طريقة مباشرة تتم بجمع حجم الماء مع قياس الزمن معدل التصرف خارج قسمة الحجم على الزمن وتعتبر هذه الطريقة دقيقة شكل (3-9).

**ب- طريقة السرعة – المساحة Veiocity – Area method**

ويمكن حساب معدل التصرف بمعرفة مساحة المقطع المار فيه الماء ومتوسط سرعة السريان خلال هذا المقطع طبقاً للمعادلة (3-7).

**جـ- أجهزة فرق الضاغط بين نقطتين فى الانبوب Defferential pressure head**

1-**انبوب بيتوت** Pitot tube

وهى عبارة عن ماسورة على شكل L مفتوحة الطرفين فان غمر طرفها الاسفل فى مسار تيار مائى وترك الطرف الآخر متصلا بالجو فيرتفع الماء فى الانبوب اعلا من ضاغط السائل نفسه بمقدار الطاقة الحركية للسائل او ما يسمى بضاغط السرعة $V^2/2g$ وبقياس الفرق فى الضاغط من طرفى انبوبة بيتوت باستخدام مانومتر فرقى كما هو موضح بشكل (3-9) يمكن حساب سرعة السريان من المعادلة التالية.

$$V^2/2g = \Delta H \quad or \quad V = 4.43\ \Delta H^{0.5} \qquad (3\text{-}36)$$

حيث ان

$\Delta H$ الفرق بين الضاغط ( متر)

$V$ سرعة السريان ( متر / ثانية)

2-**جهاز الفينشورى** Venturimeter

وهى عبارة عن انبوبة يقل قطره تدريجيا من جهتيه وينحصر بينهما اختناق كما فى شكل (3-9).

ومعادلة التصرف خلال الفينشورى كالتالى.

$$Q = cd\ \sqrt{\frac{2ghA_1^2A_2^2}{A_1^2 - A_2^2}} = 4.43 \times 10^3 cd\ \sqrt{\frac{(d_1^2 d_2^2)h}{d_1^2 - d_2^2}} \qquad (3\text{-}37)$$

حيث ان:

| | | |
|---|---|---|
| Q | التصرف | (لتر/ثانية) |
| cd | معامل التصرف | - |
| h | الفرق فى الضاغط بين مقطعى الجهاز | (متر) |

| | | |
|---|---|---|
| g | عجلة الجاذبية الارضية وتساوى 9.81 | (متر /ثانية) |
| $a_1$ ,$a_2$ | مساحة مقطعى الجهاز | (متر مربع) |
| $d_1$,$d_2$ | قطر مقطعى الجهاز | (متر) |

هـ- طريقة حساب السرعة من مسار التيار فى الهواء Trajectory

وتعتمد هذه الطريقة على حساب السرعة من مسار التيار تحت تأثير الجاذبية كما فى شكل (3-9) وبقياس كل من المسافتين X, Y يمكن حساب السرعة طبقا للمعادلة:

$$V = X\sqrt{g/2y} \qquad \textbf{(3-38)}$$

## د- العدادات الحجمية Meters

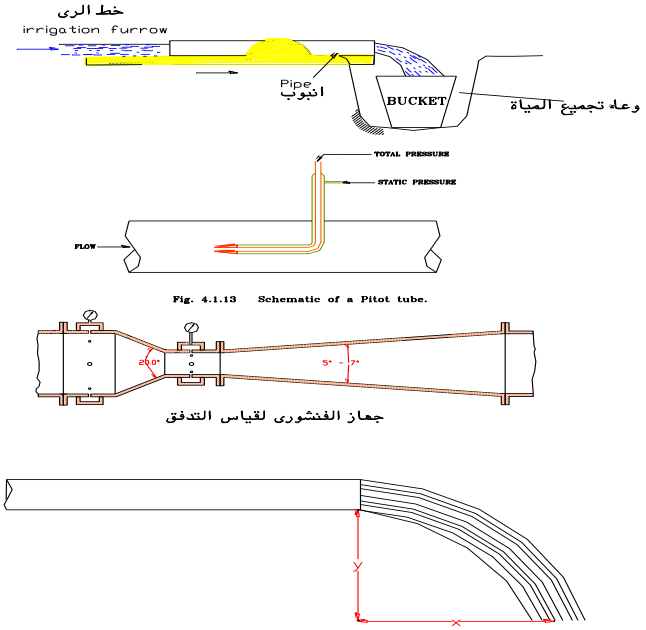
### 1-العدادات الحجمية المباشرة Water and flow meters

تستخدم العدادات الحجمية المباشرة كثيراً فى المنازل على نطاق صغير وتستخدم فى الرى بالرش فى قياس تصرفات الخطوط الرئيسية والفرعية شكل (3-10) كما يوجد ايضا عدادات لقياس معدل التدفق تعتمد على وجود فتحة داخل الانبوب وبقياس الضاغط قبل وبعد هذه الفتحة.

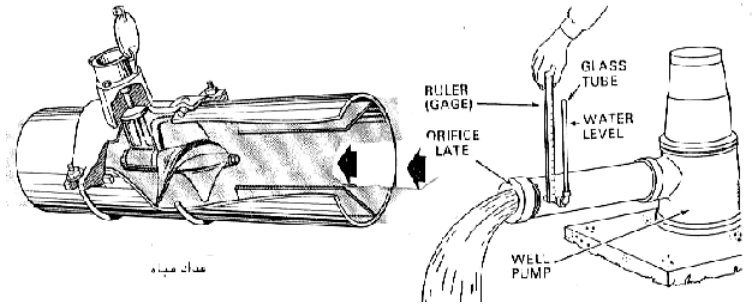
### 2-عدادات الموجات فوق السمعية Ultrasonic Flowmeters

وهى أحدث أنواع عدادات قياس التصرف والتى تستعمل الأشعة فوق الصوتية دون حدوث أى فاقد فى الضغط ولاتحتوى على أى أجزاء ميكانيكية يمكن ان تتلف فى أى وقت وهى أجهزة متنقلة يمكن أن تستخدم مع عديد من الخطوط ولا تحتاج الى تثقيب أو كسر الماسورة لتركيبها ويتكون العداد من مرسل transmitter ومستقبل receiver كما فى شكل (3-11).

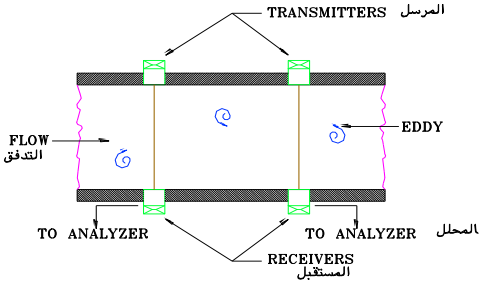
والمسار المفرد النظرى لشعاع القياس – Single-path, diagonal beadimether وهو أكثر الاشعة استخداما فى عدادات الفوق صوتية وهذا النوع يرسل شعاعين فوق صوتى قطرى قاطعا للانبوبة كما هو موضوع بالشكل – احدهما ينتقل الى اسف المجرى Downstream والثانى لأعلى المجرى up-stream والفرق بين زمن إنتقال الشعاعين الى المستقبل له علاقة بسرعة السريان داخل الانبوبة – ويحتاج الجهاز الى معايرة. وهناك طرق عديدة حقلية ومعملية لقياس مياه الرى ولكن نكتفى بما سبق لاعطاء موجزاً لهذه القياسات.

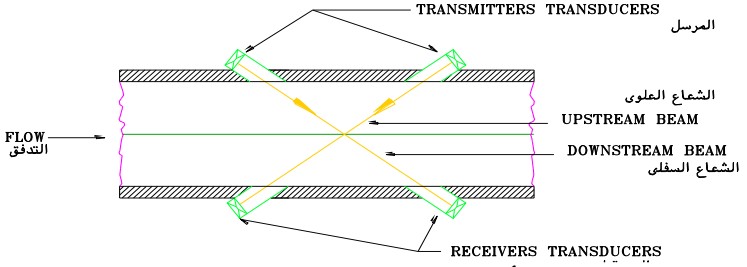



شكل (3–9) طرق وأجهزة قياس سرعة وتصرف المياه فى خطوط الانابيب




شكل (3–10) عددات قياس التصرف الحجمية المباشرة




شكل (3–11) أجهزة القياس بعدادات الموجات فوق السمعية

**طرق قياس معدل تدفق السريان فى القنوات المكشوفة والخزانات:**

Flow rates measurment in open channel and tanks

**1–طريقة السرعة – المساحة Velocity – Area method**

من أبسط طرق قياس سرعة السريان فى القنوات المكشوفة طريقة العوامة (زجاجة مملؤة جزئياً أو قطعة خشب) حيث تترك العوامة لتطفو على الماء لقطع مسافة معينة ومع تسجيل الزمن يمكن حساب السرعة وتكرر القياسات لأخذ المتوسط ويجب ان تعدل السرعة السطحية الى السرعة المتوسطة للعمق كله وذلك بضرب السرعة السطحية فى (0.8) وتقاس السرعات فى مناطق مستقيمة ومنتظمة المقطع وقد تستخدم بدلاً من العوامة صبغة ذائبة فى الماء بملاحظة سرعة سريانها ومن المواد الممكن استخدامها لهذا الغرض الفلورسين او برمنجنات البوتاسيوم او الميثيل الازرق ولاتعدل السرعة المقاسة كما فى طريقة العوامة.

**2-مقياس التيار او دوارة المياه Current meter**

تتركب هذه العدادات من دوار يتحرك بتأثير حركة وسرعة المياه عند نقطة القياس وتنتقل عدد الدورات عن طريق تسجيلها بواسطة سلك كهرباء وبطارية وسماعة تسمع فيها فرقعة بعدد الدورات او بواسطة عداد كهربائى ومع قياس عدد الدورات تترجم الى سرعة سريان وتستخدم فى المجارى والقنوات حيث يقسم قطاع المجرى الى قطاعات صغيرة تحسب مساحتها وتقاس السرعة فى كل قطاع وعلى عمق 0.2 ، 0.8 من السطح ثم تحسب السرعة المتوسطة فى كل قطاع ويضرب مساحة كل قطاع × متوسط سرعته ليعطى التصرف فى كل قطاع وبجمع التصرفات فى القطاعات نحصل على التصرف الكلى .

3-**الهدارات Weirs**

وهى عبارة عن حاجز يعترض السريان فى المجارى والقنوات المكشوفة ومصنوع من المبانى أو المعادن القوية مثل الحديد وبه قطع تأخذ اشكالاً مختلفة ( مستطيل – مثلث – شبه منحرف) وبمعرفة الضاغط فوق عتب الهدار واتساع الفتحة يمكن حساب معدلات التصرف ويوضح شكل (3-12) الاشكال المختلفة للهدرات مع معادلات استخدامها فى حساب التصرفات. وهناك نسبة خطأ معملى لايزيد عن 2 الى 3% او قد تزيد عن ذلك فى القياسات الحقلية وبجانب استخدامها فى قياسات مياه الرى تستعمل ايضاً عندما يراد تقليل انحدار الماء فى المجارى المكشوفة تلافياً لعمليات النحر فى قاع وجوانب فتحة للسرعات العالية.

ويجب ان تكون عتب الهدار حاده بسمك اقل من 25 مم فى اتجاه السريان.

ويتم استخدام المعادلات الآتية لحساب تصرف الآنواع المختلفة من الهدارات

أ- **الهدار المستطيل** Rectangular Notch weir

$$Q = 1.84\ L\ H^{1.5} \qquad (3\text{-}39)$$

ب- الهدار شبه المنحرف Trapezoidel Notch weir

ويكون عرض عتب الهدار أقل من عرض سطح المياه وميل الجوانب 4:1

$$Q = 1.86\ H^{1.5} \qquad (3\text{-}40)$$

ت- **الهدار المثلث** Triangular Notch weir

واكثرها شيوعا هو الذى علي شكل حرف V – Notch ويصلح للمجارى المائية الصغيرة.

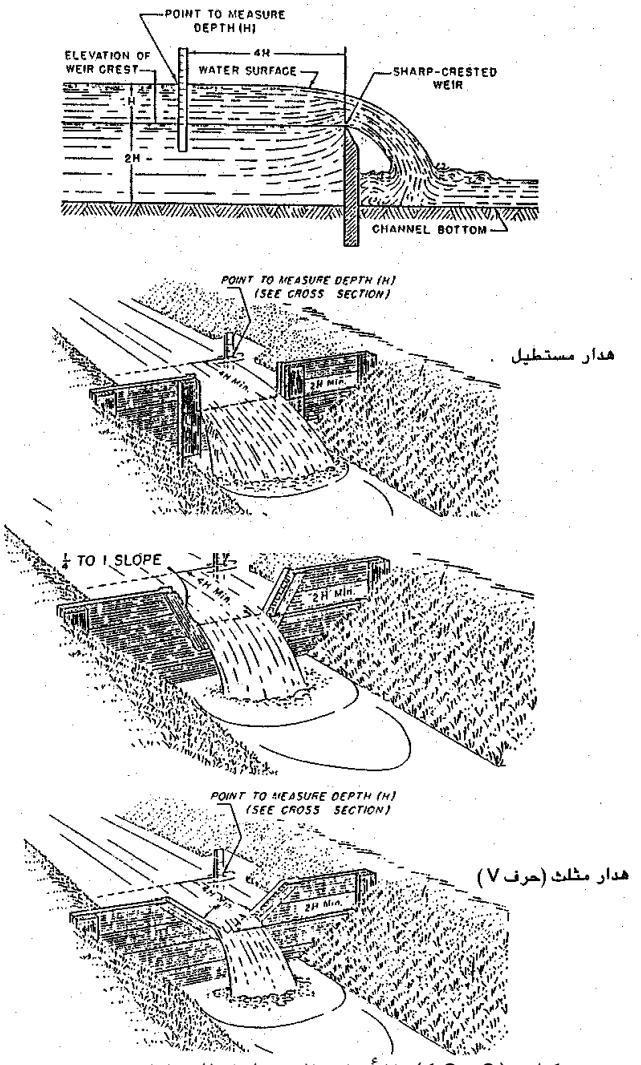
$$Q = 1.38\ H^{2.5} \qquad (3\text{-}41)$$

حيث ان:

Q = التصرف متر مكعب/ثانية

L = عرض عتب الهدار متر

H = الضاغط فوق الهدار متر




شكل (3–12) الأنواع المختلفة للهدارات

### 4-الفتحات Orifices

وتستخدم فى قياس معدلات التصرف الخارجة من خزانات من خلال فتحة تأخذ اشكالاً مختلفة ويعتمد حساب التصرف على حساب سرعة خروج المياه وهى دالة للضاغط المتوفر فوق الفتحة وبمعرفة مساحة المقطع ويمكن حساب السرعة من المعادلة التالية:

$$Q = C.A.V = C.A\sqrt{2gh} \qquad (3\text{-}42)$$

حيث ان:

| | | |
|---|---|---|
| Q | معدل التصرف | (متر3/ثانية) |
| A | مساحة مقطع الفتحة | (متر2) |
| g | عجلة الجاذبية الارضية 9.81 | (متر/ثانية) |
| h | الضاغط | (متر) |
| C | معامل التصرف يتوقف على شكل الفتحة وفواقد الاحتكاك عندها | |

### 5-المسيلات Flumes

وتستخدم لقياس التصرفات فى المجارى المكشوفة حينما تزداد السرعات فوق الحد الحرج واكثر المسيلات المستخدمة هى

أ- قناة بارشال Parshall Flumes

تستخدم المعادلة العامة التالية (3-43) لحساب التصرف الحر Free flow مع نسبية غمر (S) فى حدود 60%. كما فى شكل (3-13).

$$Q = CH_a^n \qquad (3\text{-}43)$$

حيث ان:

| | | |
|---|---|---|
| Q | التصرف | (متر3/ثانية) |
| $H_a$ | الضاغط عند المدخل | (متر) |
| $H_b$ | الضاغط عند الاختناق | (متر) |
| n | ثابت يتوقف على طول القناة (جدول **3-10**) | |
| C | ثابت التصرف ويتوقف على طول القناه وعرض الاختناق وتحسب من المعادلة 3-44 وجدول (3-10). | |
| S | درجة الغمر $H_b/H_a$ حيث يعتبر التصرف حرا إذا كانت قيمتها أقل من 60% فى حين يعتبر التصرف مغمورا فى حالة قيمة ال S أكبر من 60%. | |

وتحسب قيمة ثابت التصرف C من المعادلة التالية:

$$C = KW^{1.025} \qquad (3\text{-}44)$$

حيث ان :

W = عرض الاختناق (متر)

K = ثابت

ومن المعادلات المستخدمة أيضا لحساب التصرف خلال مسيل بارشال McGhee 1991

$$Q = 2.23 \times 10^{-5} W \left( \frac{H}{0.305} \right)^{1.57} W^{0.026} \qquad (3\text{-}45)$$

وتستخدم حينما يكون $H_b < 0.7\ H_a$

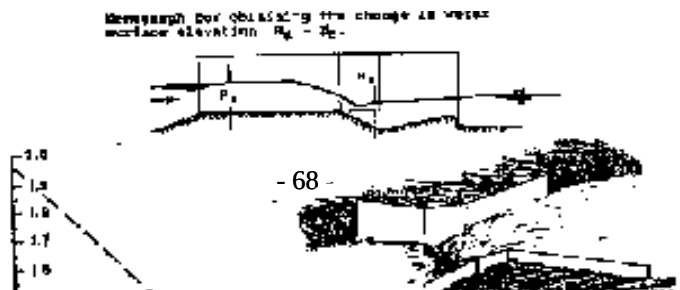
شكل (3–13) وشكل (3–14) الأبعاد الهندسية لمسيل بارشال وكذلك تصرفاتها عند ضواغط مختلفة عند المدخل

ب– قناه Cutthroat Flume

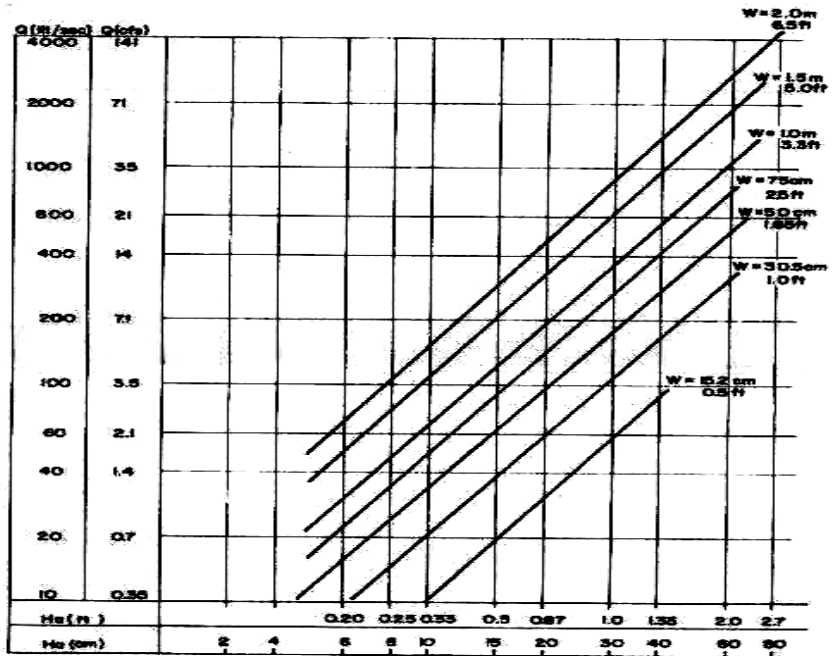
ويستخدم Cutthroat Flume فى حساب التصرف المار خلال مجرى مائى ويختلف عن البارشال فى انه يتكون من مدخل متسع ومخرج ضيق وقاع مستوى تماما وهو اسهل فى الاستخدام والتصنيع شكل (3–15) وتستخدم المعادلة (3–43) فى حساب التصرف الحر لهذا النوع.

**جدول (3–10) قيم الثوابت (C,n) لمسيلات بارشال**

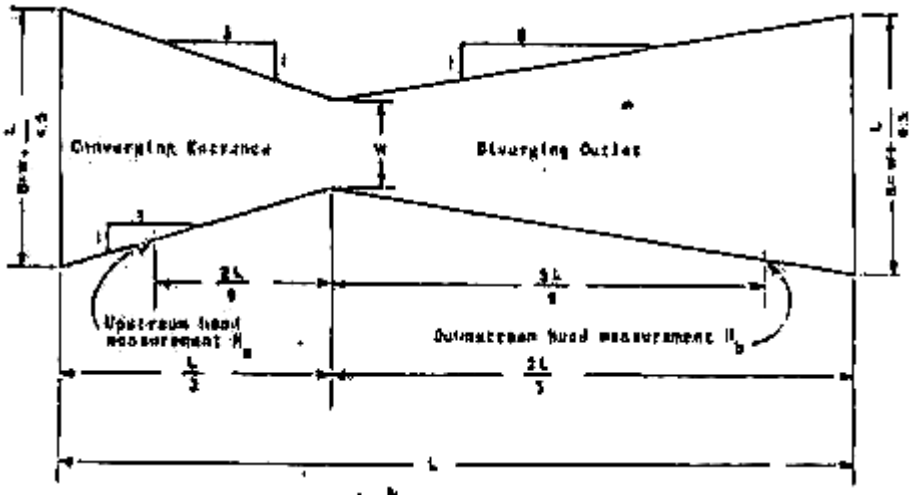
| C | n | نسبة الغمر Hb/Ha (S) | عرض الاختناق سم (W) |
|---|---|---|---|
| 0.6 | 1.55 | 0.5 | 2.5 |
| 0.12 | 1.55 | 0.5 | 5.0 |
| 0.38 | 1.58 | 0.6 | 15.0 |
| 0.69 | 1.52 | 0.7 | 30.0 |
| 1.43 | 1.55 | 0.7 | 60.0 |
| 3.0 | 1.58 | 0.7 | 120.0 |
| 4.19 | 1.6 | 0.7 | 180.0 |
| 6.11 | 1.61 | 0.7 | 240.0 |



شكل (3–13) أ–مسيل بارشال




شكل (3–14) منحنيات إداء لمسيل بارشال




شكل (3–15) الـ Cuthrolat Flume

# الباب الرابع
# تخطيط مشروعات الرى

**مقدمة :**

الرى هو الطريقة المنظمة لتوصيل المياه الى الحقل لمقابلة الاحتياجات المائية للنباتات مضيفاً إمكانيات كبيرة فى زيادة الانتاج . ونجاح وإستمرار التقدم والتوسع الزراعى.

وتختلف طرق الرى من مكان لآخر فى العالم والأقطار ومن مزرعة لأخرى نظراً لاختلاف نوع التربة والطبوغرافية ومصدر المياه والتراكيب المحصولية وأيضاً فى أنماط الزراعة والعادات . ويعتبر الرى أساسياً فى المناطق الجافة عندما تكون كمية الأمطار السنوية أقل من 400 مم ومكملاً فى المناطق شبه الجافة عندما تتراوح كمية الأمطار السنوية مابين 400 – 800 مم وغير مطلوب فى المناطق الرطبة حيث تزيد كمية الأمطار السنوية عن 800 مم حيث لا حاجة للرى.

**طرق الرى الحقلى : On - Farm Irrigation Methods**

1 – الرى السطحى Surface (gravity) Irrigation
2 – الرى الضغطى Pressurized Irrigation
أ – الرى بالرش Sprinkler Irrigation
ب – الرى الموضعى Localized - Irrigation
3 – الرى تحت التربة Sub - Irrigation

ونظراً لمحدودية الموارد المائية وندرتها فقد أصبح ضرورياً العمل على ترشيد استخدام المياه بإختيار طرق الرى الحديثة وتطوير طرق الرى السطحى ، لذا فقد عملت الدولة على تشجيع أساليب الرى الحديثة والمتطورة ، والتى من أهم مزاياها ما يلى :

- الإقتصاد فى إستخدام المياه.
- إمداد النبات بالكميات المناسبة والمطلوبة من الماء دون زيادة للحد من إرتفاع منسوب الماء الأرضى.

- توفير مساحة كبيرة من الأراضى المستخدمة فى إقامة الترع والمصارف والتى تقدر بحوالى 12%.
- توفير التكاليف الباهظة لتسوية الأرض وذلك لإمكانية زراعتها على طبيعتها الكنتورية وفق مناسيبها المختلفة تحت ظروف استخدام طرق الرى الضغطى .
- انتظامية توزيع الكيماويات مع مياه الرى (الأسمدة والمبيدات) وبدرجة كفاءة عالية للإستفادة منها.
- سرعة إستغلال الأراضى والحصول على إنتاج وعائد سريع ومناسب فى السنوات الأولى لبدء الإستزراع.

وتأتى أهمية إختيار طريقة الرى المناسبة فى مقدمة تخطيط مشروعات الرى فهناك من الظروف التى تجعل طريقة خاصة هى الأنسب. ولكل طريقة رى مميزاتها وعيوبها الخاصة ولكل تصميم قطاع رى مشاكله وصعوباته ولكن هناك معايير أساسية يجب أن تراعى فى طرق الرى المختلفة وهى:

- مقابلة الاحتياجات المناسبة للنباتات فى كل مراحل نموه المختلفة تحت مختلف الظروف المناخية.
- تحقيق أعلى كفاءة استخدام لمياه الرى والكيماويات وتوزيعها توزيعاً منتظماً فى منطقة الجذور.
- تقليل نحر الأراضى الى أقل قدر ممكن.
- توفير الأيدى العاملة.
- مقابلة التغيرات فى التربة والطبوغرافية.
- مقابلة احتياجات الغسيل عند الحاجة.
- السماح بإستخدام الالات الزراعية فى مختلف عمليات الخدمة.
- مراعاة العوامل الاقتصادية.
- مراعاة العوامل البيئية.

ولتحقيق معظم هذه المعايير يجب الإلمام الكامل بكل تفاصيل العوامل المحدده للإنتاج الزراعى بمنطقة ما حتى يمكن التخطيط السليم لمشروع رى بها متناسباً مع ظروفها للحصول على أفضل إنتاج زراعى وذو جدوى اقتصادية عالية

## أساسيات تخطيط مشروعات الرى Irrigation Projects Planning

تخطط المشروعات الزراعية الناجحة على أساس علمى ويلعب اختيار طريقة الرى المناسبة لهذه المشروعات دوراً كبيراً وبالغ الأهمية من نجاحها ولتحقيق ذلك يجب ان يتيسر بعض المعلومات التفصيلية عن :

- الخريطة المساحية.
- المناخ والتغيرات الجوية.
- التربة .
- التركيب المحصولى.
- مصادر المياه والصرف.
- نوع القوى المحركة لمضخات الرى.
- الأيدى العاملة.

### 1- الخريطة المساحية : Map of Area

ترسم الخرائط المساحية بمقياس رسم كبير كلما أمكن (1 : 2500 أو 1: 5000) على أن تشمل المعلومات الآتيه:

- المساحة المطلوب ريها وكذلك التوسع المنتظر مستقبلاً.
- اتجاه الشمال الجغرافى واتجاهات الميول.
- خطوط الكنتور (الخريطة الكنتورية) لتوضيح فرق المنسوب بين المزرعة ومستوى الضخ والرفع.
- موقع مصدر المياه.
- مواقع السكك الحديدية والمبانى وقنوات الرى والصرف وشبكات الكهرباء وأى تقاطعات أو منافع عامة أو خاصة أخرى.

### 2- المناخ والمنسوب : Climate and Altitude

**وتشمل البيانات الآتيه:**

- ارتفاع الأرض عن مستوى سطح البحر.
- المتوسط الشهرى للأمطار.
- الرطوبة النسبية.
- درجات الحرارة والإشعاع الشمسى على أساس متوسط بيانات عدة سنوات سابقة.

- سرعة واتجاهات الرياح أثناء فترة الرى (لها أهمية خاصة فى الرى بالرش)

**3- التربة : Soils**

**ويجب توفر البيانات الآتيه:**

- نوع الطبقة السطحية (رملية – طينيه – طمييه ..... ) وعمقها.
- صفات تفصيلية عن الطبقة تحت السطحية والطبقات الصماء.
- معدلات التشرب للأراضى وقدرتها على حفظ الماء ونفاذيتها.
- معدلات موجزة عن التاريخ الزراعى والمحاصيل السابقة.
- حالة الصرف ومستوى الماء الأرضى خلال فترات الرى.

• ثوابت الأرض المائية ومن أهمها:

**- حد التشبع : Saturation limit**

هو النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف والتى تملأ كل الفراغات الموجودة بين حبيبات التربة.

**- السعة الحقلية : Field capacity (F.C)**

هى النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف والتى تحتفظ بها التربة ضد الجاذبية الأرضية وتقاس عادة بعد الرى من 1-2 يوم حسب نوع التربة وهى تساوى 2/1 نسبة الرطوبة عند التشبع ويقدر الشد الرطوبى بحوالى 3/1 بار (3,5 نيوتن / سم$^2$) .

**- نقطة الذبول المستديم : Permanent Wiliting Point (PWP)**

هى النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف والتى لا يمكن لمعظم النباتات الاستفادة منها أو إمتصاصها بواسطة المجموع الجذرى وعندها لا يمكن للنبات أن يحافظ على حياته . ويستخدم نبات عباد الشمس Sun flowers فى حساب الرطوبة عند نقطة الذبول المستديم ويقدر قيمة الشد الرطوبى عند الذبول الدائم بحوالى 15 بار (150 نيوتن / سم$^3$) .

وتختلف قوى شد النبات لامتصاص الماء من التربة من صفر عند التشبع الى أكبر من 150 نيوتن / سم$^2$ عند الذبول الدائم.

**- قدرة الاحتفاظ بالماء : Water holding capacity (WHC)**

هى النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف والتى تحتفظ بها التربة ضد الجاذبية الأرضية ويقدر الماء الميسر Total Available Water (TAW) بالفرق بين المحتوى الرطوبى عند السعة الحقلية وعند نقطة الذبول الدائم على أساس الوزن كما فى المعادلات التالية

$$TAW = M_{F.c} - M_{WP} \qquad (4\text{-}1)$$

وفى حالة حساب الرطوبة الميسرة على أساس الحجم فان المعادلة تصبح :

$$TAW = (M_{F.c} - M_{WP}) . \gamma s \qquad (4\text{-}2)$$

حيث أن $\gamma s$ هى الكثافة الظاهرية للتربة.

وتقدر الرطوبة فى التربة بعدة طرق:

1. الطريقة الحجمية.
2. الطريقة الوزنية
3. طريقة المقاومة الكهربائية.
4. الطرد المركزى
5. قياس الشد الرطوبى

ويوضح جدول (4–1) بعض قيم ثوابت الأرض المائية لبعض أنواع الأراضى.

**جدول (4–1) قيم ثوابت التربة المائية (عن Booher سنة 1967)**

| نوع التربة | النسبة المئوية للرطوبة على أساس الوزن الجاف | | عمق الماء الميسر مم ماء / متر عمق للتربة |
|---|---|---|---|
| | عند السعه الحقلية | عند نقطة الذبول المستديم | |
| رمل ناعم | 5 – 3 | 3 – 1 | 40 – 20 |
| رملية طمية | 15 – 5 | 8 – 3 | 110 –40 |
| سلتيه طمييه | 18 – 12 | 10 – 6 | 130–60 |
| طينيه طمييه | 30 – 15 | 16 – 7 | 180 – 100 |
| طينيه | 40 – 25 | 20 – 12 | 300 – 160 |

**معدل التشرب (الرشح) (I) Infiltration (Intake) Rete**

وهو معدل دخول المياه من سطح التربة وله علاقة كبيرة بنوع التربة وخاصة الطبقة السطحية ونسبة الرطوبة بها. وهناك العديد من المعادلات لحساب معدلات التشرب للأراضى منها: معادلة كوستياكوف Kostiakov Equation ومعادلة Kostiakov-lewis وأبسط المعادلات الموضحة لمعدل الرشح هى :

$$I = kT^n \qquad (4\text{-}3)$$

حيث أن :

I = معدل الرشح اللحظى عند نقطة ما (سم / ساعة)

n,k = ثوابت

T = زمن الاضافة عند نقطة القياس (ساعة)

وتختلف قيم n , k عند الرى بالخطوط عنها فى الشرائح ويمكن حساب كمية الماء المتشرب Cumulative infiltration (D) وبعد زمن معين.

$$D = nkT^{n-1} \qquad (4\text{-}4)$$

ويتضح من المعادلة (3-5) أن قيمة معدل الرشح قد تساوى صفراً بعد زمن طويل وهذا يخالف الفعلى ولذلك تم تطوير المعادلة لتصبح على النحو التالى :

$$I = kT^n + b \qquad (4\text{-}5)$$

$$D = nkT^{n-1} + bt \qquad (4\text{-}6)$$

حيث أن

b معدل الرشح الثابت المستقر بعد زمن ما

وقد قامت اقسام حماية الأراضى – وزارة الزراعة الأمريكية (Soil Conservation service) SCS بتطوير مجموعة منحنيات معدلات الرشح سميت بـIntake Families وهى منشورة فى SCS National Engineering Hand book

## العوامل التى تؤثر على ثوابت معادلة الرشح:

- **طريقة الرى :** تؤثر درجة إبتلال سطح التربة على معدلات الرشح لتباين رطوبة سطح التربة فمثلاً تختلف درجة الابتلال فى الرى بالخطوط عنها فى الشرائح كما أن تقليل المسافات بين الخطوط يزيد من درجة ابتلال السطح ويعتبر الابتلال كاملاً فى الرى بالرش وجزئياً فى الرى الموضعى.
- **عمق المياه المضافة :** يرتفع معدل الرشح بزيادة عمق الماء فوق سطح التربة (الضاغط)
- **درجة انضغاط(دمك) سطح التربة :** ينخفض معدل الرشح بزيادة درجة انضغاط سطح التربة نتيجة لوجود الماء فوق السطح وكذلك نتيجة وجود بعض النباتات.
- **الخدمة والحرث :** يرتفع معدلات الرشح بزيادة الحرث لتفتت سطح التربة.
- **جودة مياه الرى :** تقل معدلات الرشح بإنخفاض درجة الملوحة وزيادة تركيز الصوديوم والبيكربونات جدول (4-2) .
- **درجة حرارة الماء :** يرتفع معدل الرشح بزيادة درجة الحرارة نظراً لزيادة لزوجة الماء.
- **نسبة الرطوبة الأولية :** يقل معدل الرشح بزيادة الرطوبة الأولية.
- **المادة العضوية :** يرتفع معدل الرشح بزيادة المادة العضوية.

**جدول (4-2) : تأثرمعدلات الرشح بمستوي الملوحة في مياه الري**

| مستويات الملوحة في مياه الري | لايوجد إنخفاض | إنخفاض ببسيط | إنخفاض متوسط | إنخفاض حاد |
|---|---|---|---|---|
| | SAR | SAR | SAR | SAR |
| **0.7** | <1 | 1-5 | 5-11 | >11 |
| **0.7-0.3** | <10 | 10-15 | 15-23 | >23 |
| **3.0-6.0** | <25 | >25 | لا تأثير | لا تأثير |
| **6.0-14** | <35 | >35 | لا تأثير | لا تأثير |
| **>14.0** | لا تأثير | لا تأثير | لا تأثير | لا تأثير |

## طرق قياس معدلات الرشح : Methods of Measuring Infiltration Rate

وهناك العديد من الطرق نكتفى بشرح اثنين منهما والأكثر تداولاً وهما :

### - جهاز الرشح مزدوج الحلقات :

**Double Ring Cylinder Infiltrometer**

وهو عبارة عن اسطوانتين .... الداخلية بقطر 30 سم وارتفاع 40 سم والاسطوانة الخارجية بقطر 60 سم ويتم القياس بوضع الاسطوانة الداخلية داخل التربة حتى عمق 15 سم ويضاف الماء فى الاسطوانة الداخلية والخارجية معاً بحيث يكون المنسوب داخل وخارج الاسطوانة الداخلية واحد (80 – 100 مم) ويقاس بعد ذلك مقدار الإنخفاض فى منسوب الماء بالداخل مع الزمن على أن يتم إعادة المنسوب الى ماهو عليه أو يتم قياس حجم المياه المضاف بالإسطوانة الداخلية حتى يظل المنسوب ثابتاً ويقاس الزمن المقابل أى أن يتم قياس معدل الإضافة لتر / د للمحافظة على منسوب ثابت ويتم ذلك حتى يصل الى معدل ثابت للإضافة كما هو موضح بالمثال.

### - طريقة قياس السريان الداخل والخارج

**Inflow and outflow method**

ويتم فيها اختيار أحد خطوط الرى بطول متوسط 40 متر ويقاس معدل التدفق الداخل للخط ومعدل التدفق الخارج عند نهاية الخط ويكون الفرق بينهما هو معدل التسرب بالنسبة لوحدة الطول ووحدة العرض وعند زمن ما وهى من الطرق التقريبية .

## 4 –التركيب المحصولى : Crop Pattern

**وفيه يتم تحديد مايلى :**

أ – أنواع المحاصيل المنزرعة وأقصى مساحة كلية لكل محصول.

ب – الاحتياجات المائية للمحاصيل المختارة طبقاً للتركيب المحصولى.

ج – مراحل النمو المختلفة للمحاصيل.

د – عمق منطقة الجذور للمحاصيل المنزرعة.

هـ – أقصى ارتفاع للمحاصيل خلال فترة نموه (هامة فى أجهزة الرى بالرش).

ويؤثر عمق منطقة جذور المحاصيل المنزرعة على حساب الاحتياجات المائية ومكان تخزينها فلكل نبات منطقة جذوره الفعالة Effective root zone والتى يمتص منها النبات معظم احتياجاته المائية والغذائية (السمادية) وتملأ المنطقة بالماء حتى السعة الحقلية لضمان التهوية والحراره الجيدة والمناسبة كما يجب الا تحتوى على طبقات صماء أو يكون مستوى المياه الأرضية قريباً مع خلوها من العناصر السامة . ويتراوح عمق انتشار الجذور لمعظم المحاصيل الحقلية تحت ظروف النمو الملائمة من 1,- – 1,5 متر بينما تكون جذور معظم محاصيل الخضر سطحية ولا تتعمق كثيراً في التربة كما في جدول رقم (5–3) ويستهلك النبات 70% من احتياجاته بين 50 : 70% من العمق الكلى لانتشار جذوره كما هو موضح بشكل (4–2).

ولهذا يؤخذ في الاعتبار عند التصميم عمق منطقة الجذور الفعالة فقط لتجنب الفاقد بالرشح تحت هذه المنطقة وهو ما يسمى الرشح(التشرب) العميق. ) (Deep percolation وتختلف المحاصيل فى عمق منطقة جذورها الفعالة طبقاً لنوعها وعمرها.

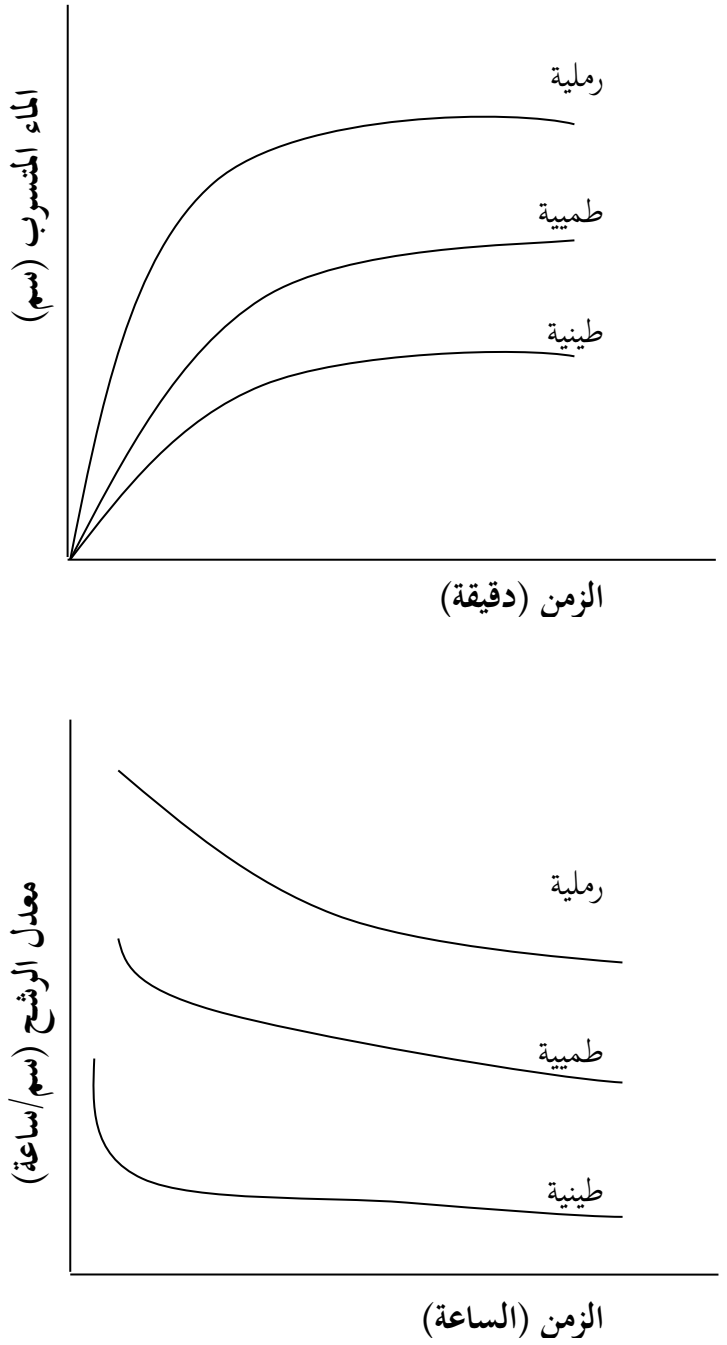
وقد اتضح من الخبره الزراعية أن نشاط الجذور فى المناطق الحاره يقل بحوالى 10% فى الربع العلوى ويتم الرى عندما يستنفذ النبات 50% تقريباً من الماء الميسر فى منطقة الجذور حيث تصل منطقة الربع العلوى من منطقة الجذور الى نقطة الذبول ولهذا فان أعماق جذور المحاصيل فى المناطق الحارة أكبر من عمق منطقة جذور نفس المحاصيل فى المناطق الباردة أو الرطبة.

## 5 – مصادر المياه المتوفره والصرف:

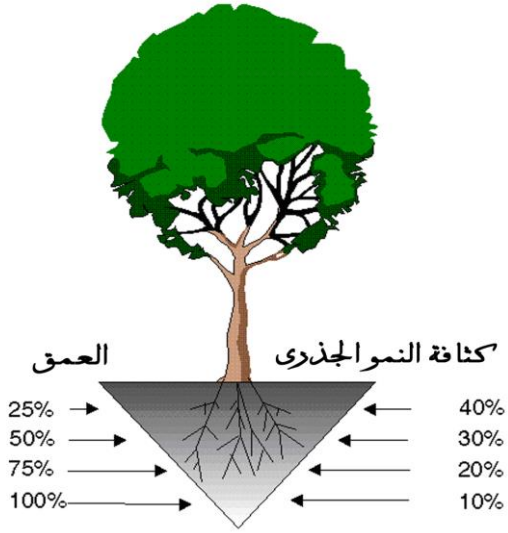
**Available Water Resources and Drainage**

**يجب توفر المعلومات والبيانات عن**

- مصادر المياه ( أنهار – آبار – خزانات ...)
- تحليل مياه الرى لتحديد نوعيتها من حيث نوع الشوائب العالقة – العناصر الكيمائية (جدول (4–4).
- مستوى السحب لمختلف الطلمبات وأقصى عدد ساعات التشغيل اليوميه.
- نوعية المصارف بالمنطقة.




**شكل (4–1) منحنيات معدل الرشح**




**شكل (4-2) : توزيع الانتشار الجذري مع العمق.**

- أقصى احتياجات للرى عند أدنى مستوى لتصرف مصدر مياه الرى حيث يتم الأخذ فى الاعتبار جميع القياسات على أساس هذه الفترة وفى حالة العجز يعمل حساب لبعض الوسائل المناسبة لحفظ وصيانة المياه.

ونظراً لتغير درجة التوصيل الكهربائى EC لمياه بعض الآبار مع زمن التشغيل فيجب إجراء اختبار يبين العلاقة بين EC وزمن السحب التشغيل بأخذ عينه مياة كل ساعتين ابتداء من التشغيل وحتى نهايته. والذى يتم بناء عليه تحديد أنسب عدد ساعات تشغيل لهذا البئر للحصول على مياه ذات ملوحة للتراكيب المحصولية المروية من هذا المصدر وعلى سبيل المثال فاذا كانت أقصى درجة ملوحة تتحملها المحاصيل المختلفة والتى تروى من مصدر ما هى 1500 جزء فى المليون وكانت نتائج تحليل مياه موضحة بالرسم التالى شكل (4-3) فإن أقصى عدد ساعات تشغيل هى 15 ساعة / يومياً فى حين يكون عدد ساعات التشغيل 12 ساعة يومياً فى حالة الملوحة 1100 جزء فى المليون.

## جدول(4-3) أعماق منطقة الجذور الفعالة لبعض المحاصيل المختلفة
## Effective Root Zone Deptho for Some Crops

| المحصول | العمق* | المحصول | العمق* | المحصول | العمق* |
|---|---|---|---|---|---|
| **المحاصيل الحقلية Field Crops** | | | | | |
| البصل | 30 - 70 | البطاطس | 60-100 | بنجر السكر | 90-150 |
| الأرز | 30 - 70 | القمح | 80-120 | قطن | 100-150 |
| فول سودانى | 30 - 70 | دخان | 80-120 | برسيم حجازى | 120-180 |
| الفاصوليا | 30 - 90 | ترمس | 80-120 | | |
| نجيل المسطحات | 15 - 45 | حمص | 80-120 | قصب السكر | 120-180 |
| | | خروع | 80-120 | أسبرجس | 120-170 |
| | | حبوب صغيرة | 90-120 | | |
| | | فول الصويا | 90-120 | | |
| | | الأعشاب | 90 - 120 | | |
| | | الذره الشامية | 90-150 | | |
| | | الشعير | 90-150 | | |
| | | الذرة الرفيعة | 90-150 | | |
| **محاصيل الخضر Vegetable Crops** | | | | | |
| الفراولة | 30-60 | | | الطماطم | 90-150 |
| الخس | 30-60 | بطيخ | 60-100 | خرشوف | 120-150 |
| قرنبيط | 40-70 | خيار - كوسة | 60-100 | قرع عسلى | 120-170 |
| بروكلى | 40-70 | كانتلوب | 60-120 | | |
| فجل | 40-70 | جزر | 60-100 | | |
| كرنب | 40-70 | فلفل | 60-120 | | |
| **أشجار الفاكهة Fruit Trees** | | | | | |
| | | | | العنب | 90-180 |
| الموز | 60-90 | الموالح | 60-150 | لوز | 150-190 |
| الافوكادو | 60-90 | تين | 60-150 | مشمش | 150-190 |
| | | كمثرى | 120-180 | توت | 150-190 |
| | | | | عين الجمل | 150-190 |

*العمق سم

**جدول (4-4) مؤشرات دليل نوعية وصلاحية المياه للرى**

| الدليل | الوحدة | قيود الاستخدام | | |
|---|---|---|---|---|
| | | لا يوجد | متوسطة | قوية |
| درجة التوصيل الكهربائى EC | ds/m | < 0.7 | 0.7 – 3.0 | > 3.0 |
| إجمالى الأملاح الذائبة TDS | مجم/لتر ppm | < 500 | 500 – 2000 | > 2000 |
| الصوديوم (Na) | | | | |
| للرى السطحى | مليمكافئ/لتر | < 3 | 3 – 9 | > 9 |
| للرى بالرش | مليمكافئ/لتر | < 3 | > 3 | > 3 |
| كلوريد (CL) | | | | |
| للرى السطحى | مليمكافئ/لتر | < 4 | 4 – 10 | > 10 |
| للرى بالرش | مليمكافئ/لتر | < 3 | > 3 | > 3 |
| البورون (B) | مجم/لتر | < 0,7 | 0,7 – 3 | > 3 |
| نتروجين (نترات) ($NO_3$,.N) | مجم/لتر | < 5 | 5 – 30 | > 30 |
| بيكربونات $HCO_3$ | مجم/لتر | < 1,5 | 1,5 – 8,5 | > 8,5 |
| للرى بالرش فقط | | | | |
| الرقم الهيدروجينى PH | | 6,5 – 8,4 | | |

### 6 – القوى المحركة المتوفرة : Available Power

وتلعب دوراً هاماً فى تحديد التكاليف الرئيسية للمشروع ودرجة أمان التشغيل واستمراريته ومنها :

- الجرارات (طارة الإدارة)
- محركات كهربائية

محركات احتراق داخلى (ديزل – بنزين – كيروسين ...)

### 7 – الأيدى العاملة : Labour

تعتبر التكاليف الرئيسية لأى مشروع رى دالة لعدد ساعات التشغيل اليومى ويعتبر توافر العمالة الفنية وأسعارها أساس هام فى اختيار نظام الرى. فعلى سبيل المثال اذا كانت العمالة قليلة فإن استخدام الرى بالرش أو الرى المحورى أو الرى الموضعى هو البديل الوحيد مقارناً بالرى بالرش النقالى.

وبعد جمع المعلومات السابقة يمكن اختيار طريقة الرى المناسبة التى تحقق النجاح المنشود مع تحقيق الربح الوفير بزيادة الانتاج عن طريق رفع كفاءة الرى

وتوفير كميات كبيرة من المياه يمكن استغلالها فى مشاريع التوسع الأفقى . ويمكن الاستعانة بإستمارة عوامل التصميم التالية لتسهيل تدوين المعلومات وتحليلها.

## عوامل اختيار وتصميم نظم الرى:

**أولاً : الخريطة المساحية والعوامل المناخية**

– المساحة هكتار ، التوسع فى المساحة مستقبلاً إن وجد هكتار (فدان)
– الموقع (الإحداثيات التقريبية) : ---------- /----------
---
– الارتفاع عن سطح البحر ---------- متر
– الشكل الهندسى للمساحة المروية : ----------
---
– النسبة المئوية واتجاه الانحدار فى الحقل : ----------
---
– توفر خريطة طبوغرافية للمساحة المروية – موقع إمدادات المياه – مقياس الرسم والخطوط الكونتورية.
– أية معلومات أخرى متصله بالموضوع (مثل كيفية الوصول الى الطريق ، مدى قريب محطة الأرصاد الجوية وما الى ذلك).
– سرعة وإتجاه الرياح : ---------- متر / ثانيه ----------
---
– المتوسط الشهرى للأمطار مم
– درجات الحراره العظمى 5 م درجات الحراراه الدنيا ° م
– الرطوبة النسبية.

**ثانياً : مصدر مياه الرى:**

– نوع المصدر : بحيره – جدول – قناة – بئر – مصادر أخرى
– توفر المياه : مستمرة خلال فترة معينة من الموسم من ---------- الى
---
خلال فترة معينة من اليوم من ---------- الى
---
– منسوب المياه تحت سطح الأرض : ثابت ---------- متر

تغيرات موسمية تتراوح من -------- متر الى --------- متر
التصرف الآمن ---------- لتر / ثانية
– نوعية المياه : من حيث قياس الأجسام الصلبة ، مواد كيميائية أساسية غير عضوية ،مواد متصلده ، حديد ، كبريتيد الهيدروجين ، بكتريا الحديد ، كائنات حيه مختزلة للكبريتات ، موصلة كهربائية (ملليموز) التوصيل الكهربائى – الرقم الهيدروجينى (pH)

**ثالثاً : الأراضى :**

– قوام التربة ومميزات المقطع الجانبى

| العمق | القوام | البنيه |
|---|---|---|
| --- سم | --- | --- |
| --- سم | --- | --- |
| --- سم | --- | --- |

– التغيرات المفاجئة فى مقطع التربة الجانبى عند أو بين ------ سم
– الطبقات التى لا تخترقها المياه أو الجذور على عمق ------- سم
– بسبب ----------
– طبقات الأحجار أو الحصى على عمق ---------- متر
– الملوحة : التوصيل الكهربائى لمستخلص التربة ----- بالملليموز
– خواص الاحتفاظ بالرطوبة المتاحة على :

عمق
--- سم
--- سم
--- سم

– معدل الرشح ----------مم / ساعة
– خواص انتشار المياه : رأسى ------ متر فى زمن -------- ساعة ومعدل تصريف --------- لتر / ساعة ، وأفقى ---- متر ------ فى زمن ---------- ساعة ومعدل تصريف ------ لتر / ساعة

**رابعاً : المحاصيل :**

– نوع المحصول ------- صنف ، بستان ، حقل (بستانية – حقلية)
– عمق الجذور -------- متر ، المسافات بين النباتات ------ متر

– التغطية النباتية ------ % ، العمر أو مرحلة النضج ----------
– النمط المحصولى والمساحة (بالهكتار) ----------
– أى معلومات أخرى متصله بالموضوع ----------

**خامساً : الاحتياجات من مياه الرى :**

– الاحتياجات الموسمية أو الشهرية من المياه (صافى) ------ م$^3$ / هكتار (فدان)
– الفترات الحرجة للإجهاد الرطوبى ----------
– ذروه الاستهلاك (الصافى) لنظم الرى المختلفة
– مصادر المعلومات أو إجراءات الحسابات المستخدمة:
– لمحصول ---------- ، ---------- مم / يوم أو لتر / نبات
– لمحصول ---------- ، ---------- مم / يوم أو لتر / نبات
– لمحصول ---------- ، ---------- مم / يوم أو لتر / نبات
– أقصر فترة فاصلة بين الريات ---- أيام ومدة الرى فى اليوم ---- ساعة مع مراعاة الأحوال المحلية السائدة .
– كفاءة تطبيق مشروع مماثل فى المنطقة إن وجد ---------- %

**سادساً : احتياجات النظام:**

– قابلية الجهاز للنقل من مكان الى آخر

**الخطوط الرئيسية : مدفونة أو فوق سطح الأرض أو الأثنين**

و ----------

الخطوط الفرعية : المواد المطلوبة : اسبستوس، صلب، ( P.V.C )

أو البولى ايثيلين (PE) مواد أخرى ----------

المساقى الجانبية والموزعات : ثابتة أو متحركة ----------

الأسمدة + المرشحات : ثابتة أو متحركة ----------

المضخات : ثابتة / متحركة ----------

ديزل / كهربائية ------ فولت ----------

دورة ----------

**أدوات التحكم والقياس :**

– مانومترات يسهل نقلها ----------

– عدادات الماء ----------

– صمامات أتوماتيكية ---------- م3

– أدوات أخرى ----------

ما يلزم من المعدات وقطع الغيار الاضافية ----------

**4–4 مثال :**

استنتج معادلة الرشح والعمق المتركم التى تم ترشيحها بعد زمن معين نتائج التجربة كما يلى :

| التوقيت | الزمن المتراكم دقيقة | قراءة الأعماق مم اللحظى | قراءة الأعماق مم التراكمى | معدل الرشح اللحظى مم/د |
|---|---|---|---|---|
| 800 | صفر | صفر | صفر | – |
| 801 | 1 | 4 | 4 | 4 |
| 802 | 2 | 1 | 5 | 1 |
| 804 | 4 | 1 | 6 | ,5 |
| 806 | 6 | 1 | 7 | ,5 |
| 810 | 10 | 1 | 8 | ,25 |
| 820 | 20 | 2 | 10 | 0,1 |
| 830 | 30 | 1 | 11 | 0,1 |
| 900 | 60 | 3 | 14 | 0,1 |
| 1000 | 120 | 4 | 18 | ,07 |
| 1100 | 180 | 3 | 21 | 0,05 |
| 1200 | 240 | 3 | 24 | 0,05 |
| 1400 | 360 | 5 | 29 | 0,04 |
| 1600 | 480 | 5 | 34 | 0,04 |
| 1800 | 600 | 4 | 38 | 0,03 |
| 2400 | 960 | 12 | 50 | 0,03 |
| 300 | 1140 | 6 | 56 | 0,03 |
| 600 | 1320 | 5 | 61 | 0,028 |
| 840 | 1480 | 4 | 65 | 0,025 |

ويمكن رسم العلاقة بين العمق المتراكم والزمن ومعدل الرشح والزمن لإيجاد قيمة ثوابت المعادلات . شكل (4–4).

**الأعماق التراكمية**

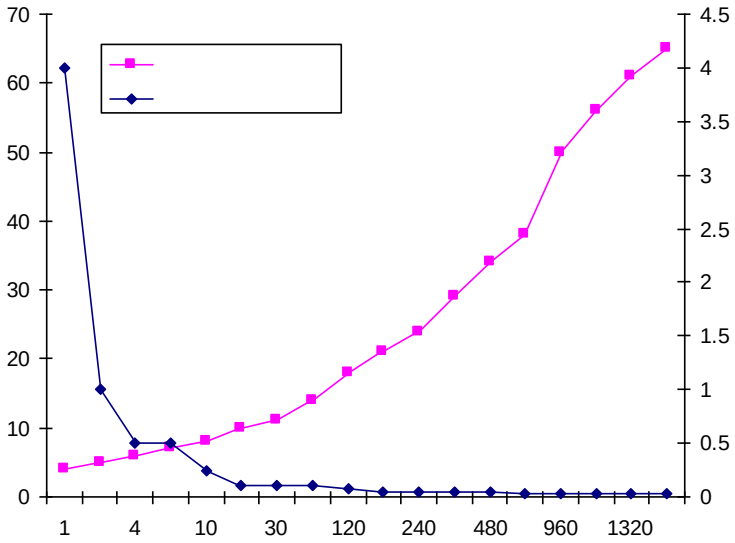
**y = 0.2369x2 - 0.8263x + 5.7034**

**R2 = 0.9943**

**معدل الرشح**

**y = 0.0202x2 - 0.4832x + 2.6093**

**R2 = 0.603**




**شكل (4-3) معدل الرشح وثوابت المعادلة**

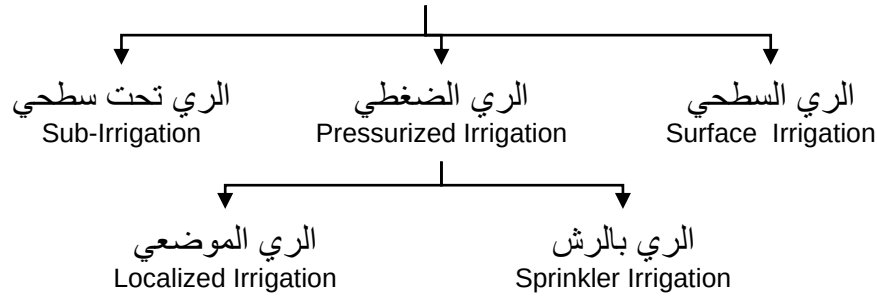
## الباب الخامس

# طرق وأنظمة الري

## Irrigation Methods and Systems

يستخدم الري في معظم أنحاء العالم لإمداد المحاصيل بالماء اللازم لنموها، وفي حدود احتياجاتها المائية دون فاقد في المياه مع كفاءة وقدرة التشغيل والعمالة الاقتصادية خاصة بالمناطق الجافة وشبه الجافة، حيث تكون الأمطار بها نادرة أو معدومة، أما في المناطق الرطبة فإن المحاصيل تعتمد في نموها على الأمطار الطبيعية ، ولكنها قد لا تكون كافية وغير متجانسة على مدار الموسم، لذا فإن الحاجة إلى إضافة كميات إضافية من الماء تبقى قائمة من أجل تحسين نوعية المحاصيل وزيادة إنتاجيتها في تلك المناطق.

شكل 5-1 : طرق الري الحقلي




لكل طريقة ري مميزاتها وعيوبها ومشاكلها ، ويراعى في أي طريقة ري الاعتبارات التالية:

1 – أن تفي باحتياجات النبات في مراحل نموه المختلفة
2 – أن تقلل من انجراف الأرض
3 – توفير الأيدي العاملة
4 – ملائمة لطبواغرافية سطح التربة
5 – أن تفي بالاحتياجات الغسيلية عند الحاجة
6 – السماح باستخدام الآلات الزراعية بكفاءة
7 – العوامل الاقتصادية

## الري السطحي : Surface Irrigation

من الطرق الشائعة الاستخدام لقلة تكاليف إنشائه مقارنة بالطرق الأخرى بالإضافة إلى اعتبارات أخرى مثل تكاليف التشغيل المنخفضة وعدم إعاقة العوامل الجوية كالرياح الشديدة لإتمام عملية الري وتناسب هذه الطريقة مجموعة كبيرة من المحاصيل الحقلية والبستانية.

**مزايا وعيوب الري السطحي :**

تتعدد أنواع الري السطحي وتتباين في محاسنها ومساوئها ولكن هنالك صفات وخواص مصاحبة للنظام وبكل أنواعه ويمكن حصرها في الآتي :

**مزايا الري السطحي :**

* إمكانية ري مساحات كبيرة من الاراضي الزراعية بأقل التكاليف مما يؤدي لاستقرار كثير من الأسر.

- النظام بطبيعته قابل للتعديل والتحسين.
- استهلاك الطاقة قليل جداً مقارنة مع طرق الري الأخرى،
- سهولة إدارة وتوزيع مياه الري بالحقل وذلك للأسباب الآتية:
- إمكانية إضافة كمية من الماء لتغطي احتياجات النبات والاحتياجات الغسيلية .
- لا تحتاج إلى تقنيات أو تعقيدات في اضافة المياة وتعتمد كثيراً على خبرة المزارع ومهاراته المكتسبة بالممارسة ومعرفته لخواص حقله.
- النظام صالح لري كل المحاصيل الزراعية بما في ذلك المحاصيل الشجرية (بستانية وغابية).

**عيوب الري السطحي :**

تتعدد عيوب الري السطحي مقارنة بطرق الري الأخرى ، وهذه العيوب يمكن حصرها في الآتي :

* عرف نظام الري السطحي بكفاءته المنخفضة والتي غالباً ما تكون في حدود 40-60% مما يعتبر هدراً لمياه الري.
* يحتاج النظام إلى درجة عالية من التسوية التي تتطلب الكثير من الجهد والمال حيث أن انتظام وتوزيع مياه الري يعتمد كثيراً على ذلك.

* إهدار مساحة من الأرض تستقطع للقنوات والبتون (حوالي 12 % من المساحة) وبالتالي تخرج عن دائرة الإنتاج الزراعي.
* صعوبة أداء العمليات الزراعية أثناء وبعد عملية الري مباشرة وعليه يتم تأخيرها لفترة بين الريات.
* القنوات والجداول الحقلية والبتون تعيق من حركة الآلات وعمليات الميكنة الزراعية.
* سطح الماء المكشوف يخلق بيئة غير صحية في المنطقة المروية مما يؤدى لتفشي أمراض الملاريا والبلهارسيا وغيرها.

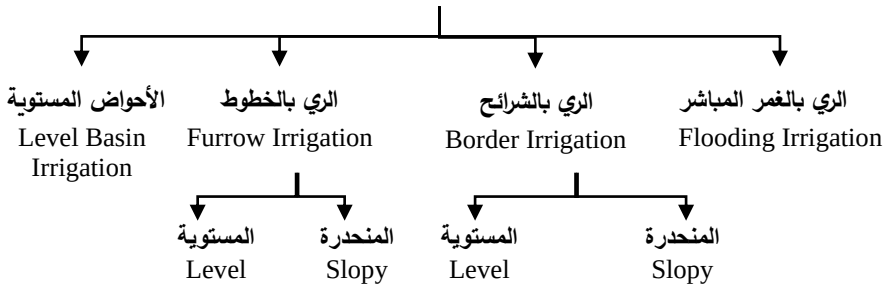
وتنقسم طرق الري الحقلي إلى ثلاثة أقسام رئيسية (شكل 5–1) تتوقف على نوع التربة وطبوغرافيتها ، العادات والمناخ السائد في المنطقة ، كما يعتمد على نوع الزراعة والتركيب المحصولي ومصادر المياه المتاحة من حيث النوع والكمية والقيمة الاقتصادية وهى :

1 –الري السطحي ويشمل: الغمر المباشر، الشرائح، الأحواض، الخطوط
2 –الري الضغطي ويشمل طرق الري بالرش و الري بالتنقيط
3 –الري تحت سطحي أو الباطنى

فيما يلي أهم نظم الري السطحي والموضحة بشكل (5–2).

شكل 5- 2: **نظم الري السطحي**

**Surface Irrigation Systems**



تطلق مياه الرى فى هذه النظم مباشرة لتغمر سطح الحقل اما غمرا كاملا كما فى نظم الرى بالغمر والشرائح والاحواض او غمراً جزئيا للسطح كما فى نظام الخطوط والتعرجات. ومن المعروف أن الرى السطحى هو الطريقة الشائعة فى مصرلإنخفاض تكلفتة الإنشائية.

**1- الري بالغمر المباشر من المساقى**

Irrigation by flooding from field ditches

في الري الفيضي قد تتجمع مياه الأمطار بما يفوق سعة الأنهار أوالاودية والخيران فتفيض وتغمر الأراضي الزراعية في المنخفضات المجاورة ، وتغمر هذه الأراضي بالمياه بالقدر الذي يسمح بإنتاج المحاصيل الزراعية.

وقد يتم الغمر عن طريق مساقى ولكن بدون أى حواجز او بتون، وتختلف المسافة بين هذه المساقى من 15-60 متر طبقا لنعومة واستواء وانحدار السطح وعلى عمق وقوام التربة وعلى حجم المسقى ونوع المحصول. ولاتحتاج هذه الطريقة الى أى عمليات تسوية. قد تنطبق مجموعة المساقى تقريبا مع خطوط الكنتور فى الاراضى شديدة الانحدار فى حين تكون عمودية عليها فى الاراضى المنبسطة وتصلح هذه الطريقة للمحاصيل الكثيفة. وقد تلاشى هذا النظام تقريبا فى مصر.

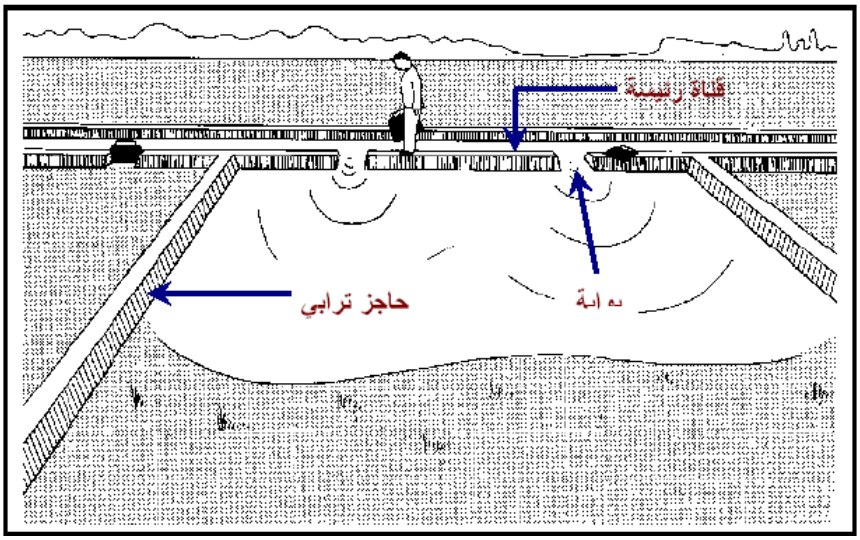
**من عيوب هذه الطريقة:**

- فقد مساحة تقدر بحوالى 12% تقريبا فى اقامة المساقى.
- انخفاض كفاءة استخدام وتوزيع الماء.
- حدوث النحر خاصة فى الانحدارات الشديدة.
- كثرة الأيدى العاملة المطلوبة.
- اعاقة عمليات الميكنة.

**2- الرى بالشرائح** Border Irrigation

تشبه طريقة الغمر الا انه منظم Controlled flooding وفيها يقسم الحقل الى شرائح بواسطة بتون لتحد من الحركة الجانبية للمياة ويكون اتجاهه الى نهاية الشريحة مع اتجاه الميل كما فى شكل (5-3).

تتوقف ابعاد الشرائح على تصرف قناه الرى ومعدل الرشح للتربة وقد اوصى (Marr 1952) باطوال للشرائح تتراوح من 60–90م فى الاراضى الرملية والى 600م فى الاراضى الثقيلة. فى حين أوصى Israelsen, and Hansen 1962 بأطوال تتراوح من 100–400 م وعرض من 9–18 م وميول من 0.2 الى 0.4% ويوضح جدول (5–1) قيم استرشادية لأقصى طول وعرض للشرائح مع الانحدار وأنوع تربة مختلفة.




**شكل 5–3 : الرى بالشرائح.**

**جدول 5–1 : أبعاد الشريحة المقترحة لتناسب الظروف المختلفة .**

| نوع التربة | معدل الرشح سم/ ساعة | عمق ماء الري(مم) | الانحدار % | العرض (م)* | الطول (م) | معدل التدفق (ل/ث) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| رملية | 2.5 | 100 | 0.2 | 30 – 12 | 100– 60 | 15–10 |
| | | | 0.4 | 12 – 10 | 100 –60 | 10–8 |
| | | | 0.8 | 10 – 5 | 75 | 7–5 |
| طمية | 1.8 – 1.2 | 150 | 0.2 | 30 – 15 | 300– 90 | 6 –4 |
| | | | 0.4 | 12 – 10 | 180– 90 | 5 – 3 |
| | | | 0.8 | 10 – 5 | 90 | 4 – 2 |
| طينية | 0.6 – 0.2 | 200 | 0.2 | 30 – 15 | 350 | 6 – 3 |
| | | | 0.4 | 12 – 10 | 300–180 | 4 – 2 |

* ويعتمد عرض الشريحة على تصرف قناة الري ، الانحدار

**يمكن تحديد مواصفات الشريحة المناسبة فيما يلي :**

*** طول الشريحة :**

يعتمد طول الشريحة على الآتي :

- شكل ومساحة الحقل المروي ويكون طول الشريحة عادة بطول الحقل، أما إذا كان الحقل طويلاً فيمكن تقسيمه إلى عدة شرائح.
- معدل نفاذية التربة حيث أن العلاقة عكسية بين معدل النفاذية وطول الحقل أى كلما زاد معدل النفاذية يقل طول الشريحة.
- عمق جذور النبات ومقدرة التربة للاحتفاظ بالماء. وعلى سبيل المثال تستعمل عادة شرائح طويلة لمحاصيل ذات جذور عميقة في أراضي طينية.

يفضل عادة أن تأخذ الشرائح اكبر طول ممكن مع عدم الإخلال بالتجانس في توزيع المياه أو زيادة الفواقد المائية إلى حد غير اقتصادي ، حيث أن زيادة طول الشرائح بالأراضي ذات النفاذية العالية أو بسيطة الانحدار مع استخدام تيار مائي ضعيف يؤدى إلى سوء توزيع الرطوبة الأرضية فيزداد عمق الماء عند بداية الشريحة (رأس القطعة ) ويقل عند نهاية الشريحة (ذيل القطعة) وقد لا يصل الماء إليها.

*** عرض الشريحة :**

مواصفات عرض الشريحة تتوقف علي :

- نوعية التربة واستواء ونعومة السطح.
- كمية التصرف المتاح ومدى كفايته للري خلال فترة مناسبة.
- أن تناسب مقاس الآلات الزراعية المستعملة ويفضل أن يساوي عرض الشريحة عدة أضعاف عرض الآلات الزراعية.

*** انحدار الشريحة :**

يفضل أن يكون الميل في أول ونهاية الشريحة مستوياً .

**إدارة المياه في الري بالشرائح:**

عند ري الشرائح يكون من المهم جدا أن نستخدم وحدة معدل التدفق المتاحة والملائمة لنوع التربة وانحدار الأرض ، مع إمكانية التحكم في وقف تدفق المياه في الوقت المناسب .

يعتبر اتخاذ القرار في تحديد موعد وقف تدفق مياه الري مشكلة ذات أهمية لأن وقف التدفق بعد فترة قصيرة من بدء عملية الري قد ينتج عند عدم وصول المياه إلى نهاية الشريحة ، وفى حالة الاستمرار في عملية الري والسماح للمياه بالتدفق لفترة زمنية أطول فإن من الممكن أن يحدث جريان سطحي Runoff عند نهاية الشريحة خاصة مع معدل التدفق القوى للمياه ونفاذية قليلة للتربة.

عموما يعتمد المزارعون في اتخاذ قراراتهم لتحديد مواعيد وقف تدفق المياه على بعض الإرشادات والمعلومات العامة مثل إيقاف عملية التدفق للمياه في حالة التربة الطينية عندما تصل جبهة التقدم إلى مسافة 0.6 من طول الشريحة ، والى مسافة 0.8 من طول الشريحة في التربة الطميية، والى نهاية الشريحة تقريبا في التربة الرملية.

بشكل عام يمكن إدارة مياه الري في الشرائح بصوره جيده والحد أو التقليل من فاقد المياه بالتسرب العميق أو الجريان السطحي والتي قد لا تتجاوز نسبتها 10-15 % من كمية المياه الكلية المضافة.

أقصي معدل التدفق مطلوب لكل شريحة والمتحصل عليه من النتائج العملية لا يحدث نحر للتربة $Q_{max}$ يمكن حسابة من العلاقة التالية :

$$Q_{max} = 0.06S^{0.75} \qquad \textbf{(5-1)}$$

وأقل معدل تدفق:

$$Q_{min} = 0.004S^{0.5} \qquad \textbf{(5-2)}$$

حيث أن :

$Q_{max}$ = أقصى معدل تدفق ( م3/ ث ) لكل متر من عرض الشريحة.

$S$ = الانحدار % .

$Q_{min}$ = أقل معدل تدفق م3/ث ) لكل متر من عرض الشريحة.

تحت الظروف العادية وجد أن أنسب معدل تصرف للمياه هو4 ل/ث/ متر من عرض الشريحة، وجدول(5-1) يوضح بيان لهذه المعدلات.

**مميزات الري بالشرائح :**

1 – اقتصادية للمزارع وانخفاض العمالة مقارنة بالري بالأحواض.

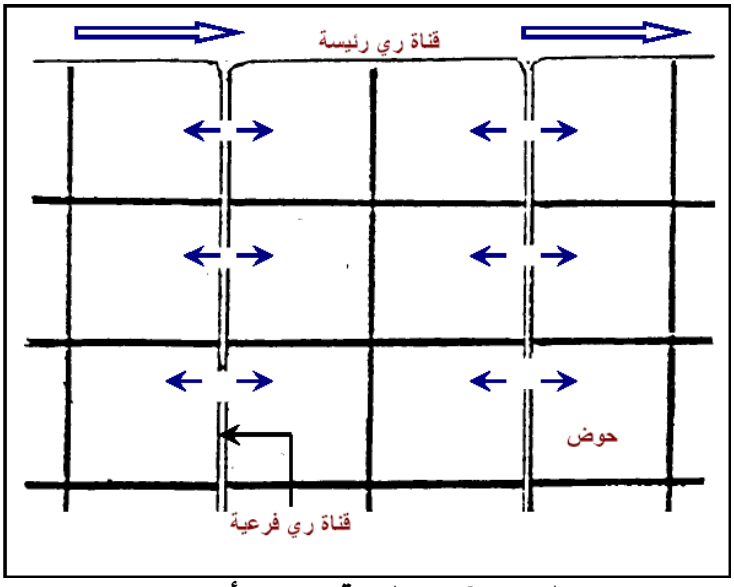
2 – تجانس التوزيع وزيادة كفاءة الري عند التصميم المناسب

3 – سهولة التشغيل

4 – إمكانية الصرف السطحي عند توفر فتحات الصرف.

## 3- الرى بالاحواض المستوية Level Basin Irrigation

الري الحوض يعتبر من أبسط طرق الري السطحي وأكثرها شيوعا وقدرة على التحكم في المياه ، وفيها يقسم الحقل الى مساحات محاطة بالبتون (شكل 5-4) تختلف مساحتها تبعا لنوع التربة والمحصول، وهى مناسبة للاراضى المستوية ولنوعيات مختلفة من التربة والمحاصيل وخاصة للتربة الثقيلة ذات معدلات الرشح المنخفضة وذلك بغرض الاحتفاظ بالماء على السطح لفترة طويلة. كما تستخدم ايضا فى حالة عمليات غسيل الاملاح، فى حين تستخدم الاحواض الصغيرة فى رى اشجار الفاكهة ويكفى حوض لكل شجرة أو اكثر (شكل 5-4 أ ، ب). قد تكون الأحواض مستطيلة او مربعة الشكل وتتروح مساحتها من 2 متر مربع الى فدان او اكثر.




**شكل 5- 4 : طريقة الري بالأحواض.**

وبشكل عام لا توجد طريقة حسابية بسيطة تساعد المزارع على اختيار أفضل مساحة للحوض ولكن لخبرة المزارعين أهمية كبيرة في ذلك، والجدول رقم (5-2) يمكن الاسترشاد به لاختيار مساحة الحوض التي تحقق توزيع منتظم لمياه

الري بكفاءة عالية. فعلى سبيل المثال إذا كان معدل التدفق المتاح 30 لتر/ث من الجدول (5–2) تكون مساحة الحوض في حالة التربة الرملية 0.05 فدان (200 م2) فقط ، وباستعمال نفس التدفق يمكن زيادة مساحة الحوض إلى 10 أضعاف في التربة الطينية لتكون حوالي 0.48 فدان.

يستخدم الري بالأحواض لأغلب أنواع المحاصيل ويستحسن عدم استعماله للمحاصيل الحساسة للغرق. تنشأ جسور الأحواض بصورة مؤقتة أو مستدامة حسب نوعية المحصول حيث أن جسور احواض ري الأرز والمراعي غالباً ما تكون ثابتة، بينما جسور أحواض ري المحاصيل الحقلية تزول تماماً مع عمليات تحضير الأرض سنوياً.

شكل5–4أ: الري بالأحواض.

شكل5–4 ب:الري الحوضي في البساتين.

**مزايا وعيوب الري الحوضي :**

فيما يلي أهم مزايا وعيوب هذه الطريقة:

**المزايا :**

1–لا تتطلب خبره عالية أو رعاية مستمرة .

2 – إمكانية استخدام التحكم الآلي في إدخال المياه .

3 – يمكن زيادة مساحة الحوض إلى40 فدان عندما يكون استواء السطح جيدا.

4 – يمكن استخدامه في عمليات الغسيل بدون تغييرالتخطيط أو طريقة التشغيل.

5 – تمد قطاع التربة بتوزيع مائي منتظم بمنطقة المجموع الجذري.

6 – يمكن تطبيقها في كثير من الأراضي عند توفر مصدر الماء المطلوب .

7 – ارتفاع كفاءة استخدام وتوزيع المياه.

8 – بمجرد إعداد الأرض للغمر فإن مصاريف التشغيل والصيانة تكون قليلة.

**العيوب :**

1 – تحتاج إلى تسويه دقيقه .

2 – يصعب الاحتفاظ بالفواصل في التربة الرملية .

3 – تتطلب صرف جيد .

4 – تتداخل الجور مع حركة العمليات الزراعية والخدمة مما يستلزم في كثير من الأحيان هدمها وإعادة إقامتها تبعا لسير العمليات الزراعية ،

5– تشغل الجسور مساحة كبيره من الأرض .

6 – تتطلب مصاريف كبيره في عمليات التسوية وإنشاء الحواجز الترابية .

7 – زيادة الفاقد من مياه الري خاصة مع زيادة المساحة أو التربة الخفيفة.

8 – تسبب نحر لسطح التربة خاصة مع استعمال معدل تدفق لا يتناسب مع درجة الانحدار.

9 – في التربة الطمييه والجيرية يميل سطح التربة عادة إلى تكوين قشرة صلبه جدا قد تسبب تلفا للمحصول إذا كانت البذور في حالة الإنبات.

جدول 5– 2 : المساحة المقترحة لري الأحواض بالفدان ( جدول إرشادي ) .

| معدل التدفق المتاح(لتر/ث) | نـوع التربـــة | | | |
|---|---|---|---|---|
| | رملية | رملية طمييه | طينية طمييه | طينيه |
| 15 | 0.02 | 0.07 | 0.14 | 0.24 |
| 30 | 0.05 | 0.14 | 0.29 | 0.48 |
| 60 | 0.09 | 0.29 | 0.57 | 0.95 |
| 90 | 0.14 | 0.43 | 0.86 | 1.43 |
| 120 | 0.19 | 0.57 | 1.14 | 1.90 |
| 150 | 0.24 | 0.71 | 1.43 | 2.38 |
| 180 | 0.29 | 0.86 | 1.71 | 2.86 |
| 210 | 0,33 | 1.00 | 2.00 | 2.33 |
| 240 | 0.38 | 1.14 | 2.28 | 3.81 |

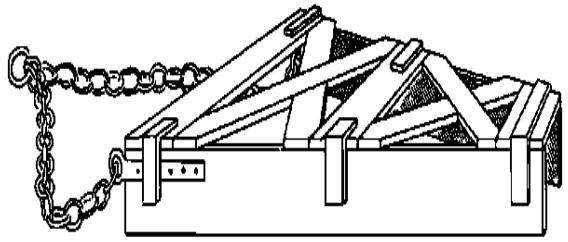
**مواصفات الحوض :**

تهيأ الجسور والأكتاف يدوياً أو ميكانيكياً بواسطة Border disc الذي يسحب بالجرار أو استخدام آله **A** - Type ridge (الأشكال 5–6، 5–7) بارتفاع

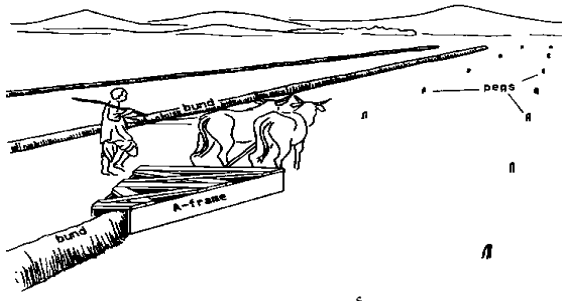
16–30 سم فوق سطح الارض وتكون قمة الجسر في حدود 10–20 سم فوق سطح الماء بالحوض (شكل 5–8). يتراوح عرض قاعدة الجسر بين 60–120 سم. في أحواض الأرز ويصل ارتفاع الجسور إلى 40–50 سم وعرض القاعدة إلى 150–180 سم. وتنشأ الأحواض بانحدار اقل من 2%.

**إدارة المياه في ري الأحواض :**

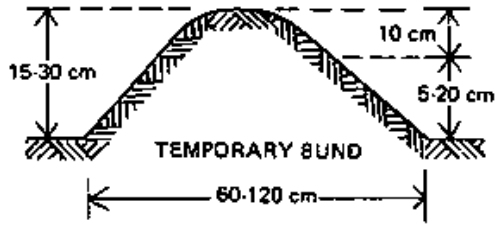
لري الأحواض تنشأ قنوات صغيره فيما بينها ويكون الري عادة على الطالع بمعنى أن تروى الأحواض التي في نهاية القناة ثم يقفل عليها ويحول الماء إلى التي فوقها وهكذا حتى ينتهي الري .



شكل5–6: إطار علي شكل حرف A يقطر بالجرار أو الحيوان لتكوين الحواجز الترابية.




شكل 5– 7 : الإطار أثناء العمل لتكوين الحواجز الترابية.




شكل 5– 8 : أبعاد الحاجز بالنسبة لمستوي المياه بالشريحة.

يتم إدخال المياه إلى الأحواض بواسطة فتحات أو سيفونات بالتناوب، ومهما كانت الطريقة المستعملة فانه يجب أن يكون التدفق المتاح المستعمل كبيرا بالقدر الذي يسمح بتدفق المياه في الحوض بسرعة لضمان توزيع مياه الري بشكل ملائم، فالأحواض تملأ عادة حتى عمق الري المحدد ثم يترك الماء متراكم فيها لكي يرشح داخل التربة. وعادة يفقد جزء من الماء بالتخلل العميق عند ري الأحواض، إلا أن هذه الفوا قد يمكن أن تقل كثيرا إذا استخدم معدل التدفق المناسب، علاوة علي انه يجب ألا تكون هناك فوافد بالجريان السطحي.

**نحر التربة Soil erosion :**

يوجد دائما احتمال حدوث نحر في التربة عندما تستعمل تدفقات عالية في الأراضي المنحدرة، مما يسبب جرف التربة السطحية وإلحاق أضرار بها، لذا يجب توافر مهارات جيدة للري في مثل هذه الظروف. ولمنع ذلك فانة يجب أن لا تزيد سرعة الماء عن 1م/ث وتنشأ مخارج في نهاية الأحواض، بمعدل مخرج واحد للأحواض ذات عرض يصل إلى 60 م وتدفق لغاية 0.4 م3/ث.

**غسيل التربة Soil leaching:**

تكون طريقة الري بالأحواض مفيدة وبسيطة لغسيل الأملاح من التربة ، حيث تسمح هذه الطريقة بتجميع المياه فوق السطح لفترة زمنية طويلة. وتتلخص طريقة الغسيل في ملء الأحواض بالمياه إلى عمق معين اكبر من عمق الري المعتاد واللازم لتلبية احتياجات المحاصيل ويترك الماء متراكما إلى أن يرشح داخل التربة ، فتنفذ المياه الفائضة إلى أسفل منطقة الجذور حاملة معها الأملاح الضارة. ويستوجب الأمر وجود وسائل لصرف هذه المياه ونقلها خارج الحقل.

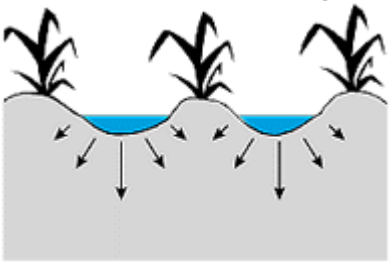
**الصرف Drainage :**

وجود المصارف في الحقل أمر ضروري لصرف المياه الفائضة من الأحواض والتي قد تكون ناتجة عن مياه الري الزائدة عن الحاجة أو نتيجة لمياه الأمطار، ومن المهم جدا ألا يبقى الماء متراكما في الأحواض لفترة طويلة تؤثر على بعض المحاصيل وإنتاجيتها. و قد تشق أحيانا مصارف ضحلة في أحواض الأرز الكبيرة لكي تساعد على صرف المياه بسرعة في نهاية الموسم من أجل الحصاد، أو عند إجراء غسيل سطحي للتربة.

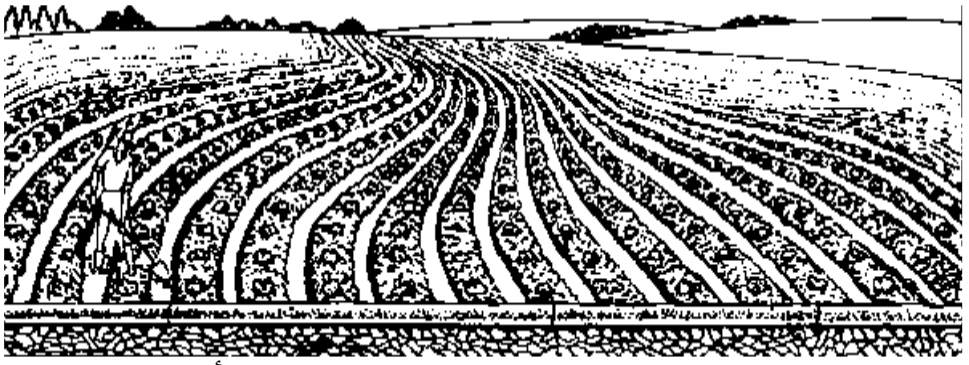
**4- الرى بالخطوط Furrow Irrigation**

هى عبارة عن قنوات متوزاية موضحة بالشكل (5-9)، تتدفق فيها مياه الرى لتغطي جزء من سطح الخطوط مما يقلل من فقد الماء بالتبخر وتسهل عمليات الخدمة بعد الرى. وتتم عملية رشح او تسرب الماء عن طريق قاع وجوانب الخط فى اتجاهين رأسياً وجانبياً شكل (5-10) أما فى طرق الغمر تكون الحركة فى اتجاه واحد (الرأسى). وقد يكون هناك صف واحد او صفين من النباتات لكل خط . وفى حالة الاراضى شديدة الانحدار يلجأ الى الخطوط الكنتورية ( Contour Furrows) الموازية لمناسيب الأرض (شكل5-11)

شكل 5-9 : صف واحد أو صفين من النباتات لكل خط في الرى بالخطوط.



شكل 5-10: حركة رشح الماء فى الاتجاهين الرأسي والجانبي.



شكل5-11: الخطوط الكنتورية الموازية لمناسيب الأرض.

لتجنب النحر نتيجة الانحدار الشديد واكتساب الماء سرعات عالية. وتصلح طريقة الرى بالخطوط لكثير من المحاصيل مثل الذرة والبطاطس والفواكه والخضروات التى تزرع فى صفوف.

ترتفع الخطوط عادة إلى حوالى 15-20 سم فوق سطح الأرض. يدخل الماء من القناة الحقلية من أول الخط لنهايته من خلال فتحة أو سيفون تحت تأثير ضاغط مائي يماثل ارتفاع الماء بالمسقي عن قاع هذه الخطوط.

**أطوال وأبعاد الخطوط :**

تختلف أطوال الخطوط حسب نوع التربة والانحدار وتصرف وبالتالي يمكن استعمال خطوط طويلة في الأراضي ذات النفاذية القليلة وخطوط قصيرة للتربة الخفيفة. تحكم المسافة بين الخطوط على نوع المحصول والتربة ، ويجب أن تكون هذه المسافة متوازية والخطوط بانحدارات منتظمة.

**التصرف بالخطوط :**

تنتقل المياه الى الخطوط خلال مساقي أو مجاري مائية مفتوحة أو أنابيب بالتصرف المطلوب، ويجب أن يكون ارتفاع منسوب الماء في هذه المساقي في حدود 15-30 سم فوق قاع هذه الخطوط.

حجم التصرف (Q) الداخل لكل خط يتحدد من مقطع الخط وميله ومعامل خشونته (N) باستعمال معادلة مانينج-ستريكلرالتالية:

$$Q = A.\ N\ .\ R^{\frac{2}{3}}.\ S^{\frac{1}{2}}$$ Manning's equation

حيث أن :

Q = مقدرة التصرف. A = مساحة المقطع المائي

R = نصف القطر الهيدروليكي. S = الانحدار.

N = معامل ما ننج للخشونة.

**من أساليب تطوير وتحسين الري السطحي ورفع كفاءته:**

أ- التصميم السليم لنظام الري.

ب- التسوية الدقيقة باستخدام أشعة الليزر.

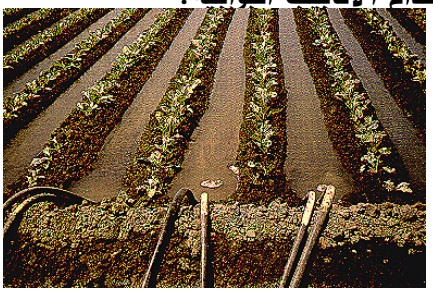
ج- استخدام تكنولوجيا الري النبضي Surge Flow.

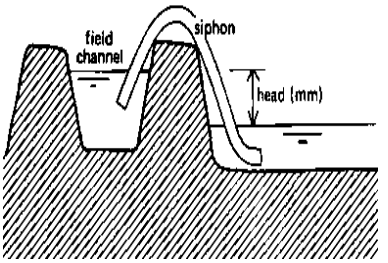
د- الإدارة الجيدة للمياه وإتباع بيانات الأرصاد الجوية في تحديد المقننات المائية وجدولة الري طبقا لنوع التربة وخواصها.

هـ- استخدام الخطوط والشرائح الطويلة

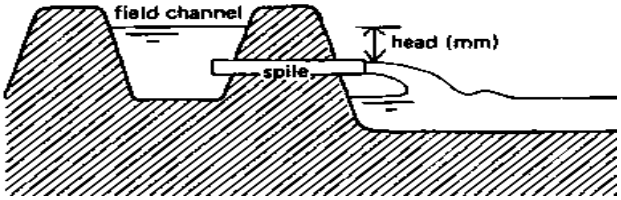
و- تبطين المساقي واستخدام الوسائل الحديثة لتوزيع المياه (الأنابيب المبوبة وأنابيب السيفون او المنافذ) الأشكل (5-12، 5-13، 5-14).

**شكل 5-12: استخدام الأنابيب البوابية.**






**شكل 5-13: استخدام السيفون في إضافة المياه إلى الخطوط.**




**شكل 6-14: استخدام المنافذ.**

والأنابيب المبوبة هي نظام تستبدل فيه قناة الري الخاصة بكل حقل بأنابيب من الألمنيوم تتراوح أقطارها من 6"- 12" مركب عليها بوابات منزلقة تفتح وتقفل بسهولة وعلى مسافات مناسبة لنظام الري. ويعتمد التصرف الخارج من البوابات على الضاغط المتوفرعليه والذي لا يتطلب ضاغطا مائيا كبيرا (7سم حتى 1.5متر). لدرجة انه يمكن الاعتماد على فرق المنسوب بين القناة الرئيسية ومنسوب المواسير المبوبة.

## الباب السادس

# الري الضغطي Pressurized Irrigation

تشمل طرق الرى الضغطى كلاً من الرى بالرش (Sprinkler Irrigation) والرى الموضعى(Localized Irrigation) والتى يفضل تسميتها بطرق الرى الضغطى لخضوعها لأسس هيدرولية لحركة المياه فى المواسير ومشتملاتها وحسابات فواقد السريان الرئيسية والثانوية نتيجة لضخ مياه الرى من مصدره بإستخدام وسيلة ضغط (مضخة أو خزان مياه على منسوب مرتفع) الى شبكة من المواسير تتدرج فى أقطارها لتنتهى بأقل الخطوط قطراً والمثبت عليها موزعات المياه. فإذا كانت الموزعات من الرشاشات سميت بطريقة الرى بالرش أما إذا كانت الموزعات نقاطات أو رشاشات صغيرة أو نافورات سمى بطريقة الرى الموضعى وهناك تشابه كبير بين الطريقتين من حيث مسميات مكونات شبكة الرى مع الاختلاف فى نوع الموزع ووحدة التحكم المركزى.

## أولا : الري بالرش
## Sprinkler Irrigation

يتم بواسطتة توزيع المياه تحت ضغط خلال شبكة من الأنابيب ثم يخرج الماء في صورة قطرات صغيرة بما يشبه المطر الصناعي من خلال فوهات الرش Sprinkler Nozzles أو فتحات Perforations. ويمكن التحكم في تتابع الري، فترة الري، معدل الترسيب، وحجم القطرات.

لا يعتمد النظام على سطح التربة في نقل أو توزيع المياه ، ويصمم بحيث يكون معدل إضافة المياه أقل من معدل رشح المياه في التربة Intake rate ، مما يتجنب معه تكوين البرك أو الجريان السطحي وما يسببه من انجراف وفقد للمياه وتقليل الضرر على البناء الأرضي.

ويعتبر استهلاك المياه واحتياجات العمالة أقل في الري بالرش مقارنة بنظم الري السطحي ، كما يمتاز بملاءمته للتربة ذات التضاريس غير المستوية. وتتوافر أنواع كثيرة من هذة النظم بما يتلاءم مع حالة التربة والمحصول.

تعتمد فكرة الري بالرش على دفع المياه بسرعة كبيرة من خلال فوهة الرشاش، مما يؤدي الي نشرها وتساقطها على هيئة قطرات صغيرة تشبه المطر و يعتمد حجم هذه القطرات على قطر الفوهة الرشاش وعلى ضغط التشغيل .

يستخدم الري بالرش في ري المحاصيل المتقاربة والكثيفة كالمحاصيل الحقلية والأعلاف والمسطحات الخضراء في الحدائق والملاعب وفي ري بعض محاصيل الخضر الكثيفة التي تزرع علي مسافات متقاربة.

وتبلغ المساحة المروية تحت نظم الري بالرش حتى عام 2004 حوالي 1.4 مليون فدان (588 ألف هكتار) اغلبها من المتنقل والثابت والمحوري.

**ولضمان نجاح أنظمة الري بالرش يجب مراعاة :**

- إعداد التصميم الجيد لضمان وصول المياه بشكل منتظم.
- اختيار مواصفات الرشاش المناسب من حيث قطر الفوهة وقطر دائرة الابتلال وزاوية ارتفاع تيار الرش.
- المعرفة التامة بسرعة واتجاه الرياح في المنطقة .
- توفير ضغط مناسب لمتطلبات الرشاش المستخدم.

**وبالتالي قبل اختيار الرشاش لابد من معرفة الآتي :**

1. نوع المحصول المراد زراعته.
2. نوع وخصائص التربة الطبيعية.
3. كمية التصرف المطلوبة لتتناسب مع نفاذية التربة للماء لتفادي تجمع المياة في برك صغيرة تؤدي الي الجريان السطحي للماء .
4. المسافة بين الرشاش والآخرعلي الخط والمسافة بين خطوط الرشاشات.

- يعتبر الري بالرش بجميع أنظمته أكثر النظم ملائمة للمحاصيل الحقلية لتعدد مميزاتة وقلة مشاكله ولا ينصح به لري محاصيل البساتين (فاكهه – خضر– زينه) نظراً لمشاكله العديدة مع تلك المحاصيل الأمر الذي يسبب انخفاض في الإنتاج إذا ما قورن بنظم الري السطحي أو الموضعي.

**المزايا والعيوب:**

**أ– مميزات نظام الري بالرش:**

1– يمكن إستخدام مصدر مائي ذو تصرف منخفض بكفاءة عالية.

2- تجانس التوزيع والاقتصاد في كمية المياه المضافة الى التربة، حيث يوفر حوالي 30 % من المياة بالمقارنة مع الري السطحي.
3- يمكن التحكم في مشاكل الجريان السطحي، ويقلل من نحر التربة الى اقل درجة ممكنة والحد من مشكلة ارتفاع مستوي الماء الأرضي.
4- يمكن ري الأرض غير المتجانسة بسهولة.
5- يمكن ري الأرض الضحلة التي تتميز بقطاع غير عميق نتيجة لوجود طبقة صماء أو غير منفذة قريبة من سطح الأرض. التي لا يمكن ريها بالطرق التقليدية (ري بالغمر) بدون تسوية.
6 - يمكن ري الأراضي ذات التضاريس الوعرة بدون تسوية. وبذلك يتم توفير تكاليف والوقت المطلوب لأعمال التسوية التي قد تؤدي الي إزالة الطبقة السطحية من التربة وهي الطبقة الغنية نسبيا بالعناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات.
7- توفير مساحة الأراضي الزراعية التي تشغلها المساقي والمصارف كما في حالة الري السطحي. وبالتالي إمكانية استعمال الميكنة الزراعية بكفاءة عالية.
8- يمكن الحصول على ريات خفيفة متكررة بكفاءة عالية.
9- يستخدم هذا النظام بنسبة كفاءة عالية في التربة ذات النفاذية العالية والتي يصعب توفير التوزيع الجيد للمياه بها عن طريق الري بالغمر .
10- سهولة أخذ العينات المائية من الري بالرش وتحديد مواقع الرشاشات التالفة وكذلك تعديل الأخطاء الناتجة عن التصميم .
11- يمكن الري بالرش تخفيض درجة الحرارة المحيطة بالنبات مما يساعد علي تنظيم درجة حرارة المجموع الخضري وحمايته من اضرارارتفاع درجة الحرارة أو انخفاضها (الصقيع).. مما يتيح مناخ ملائم للنمو.
12- يمكن الإستفادة من النظام في إضافة العديد من الأسمدة والمبيدات بسرعة وسهولة وكفاءة. ويسمي نظام الري مع اضافة الكيماويات الزراعية بالري الكيماوي Chemigation أما نظام الري والتسميد فقط Fertigation ويساعد ذلك علي توفير احتياجات النباتات من العناصر الغذائية وسهولة امتصاصها عن طريق الأوراق، وسرعة علاج اعراض نقص هذه العناصر. كما يمكن حقن المبيدات الفطرية والحشرية لمقاومة الأمراض والأفات.
13- توفير الأيدي العاملة المستخدمة.
14- يلائم معظم الأراضي والظروف المناخية.

15- لا يؤدي إلى فقد في العناصر الغذائية بالتربة.
16- يقلل من تأثير الصقيع Frost على النبات في الأجواء الباردة حيث تنفرد طاقة حرارية قدرها 80 سعر/جم ماء، فتعمل هذه الطاقة علي موازنة ما يفقده النبات من حرارة للجو البارد المحيط به.
17- لاتحتاج الي متطلبات ترشيح أو إلى عناية خاصة لترشيح المياه لكبر قطر فوهة الرشاش وعدم تعرضها للانسداد بسهولة
18- غسيل الأوراق والثمار من الأتربة والمواد الغريبة العالقة عليها والتي قد تثبط من العمليات الحيوية بالنبات.
19- يمكن استخدامه في البيوت المحمية لتوفير الرطوبة الجوية المناسبة وقت الأزهار (كما في الطماطم) لزيادة كفاءة عملية التلقيح والاخصاب وعقد الثمار.

**ب- عيوب نظام الري بالرش:**

1- إرتفاع تكاليف الإنشاء و تكاليف الطاقة المستخدمة.
2- في حالة الري بمياه ذات ملوحة عالية نسبياً قد يؤدي إلى حرق الأوراق لتركيز الاملاح عليها بعد تبخر قطرات الماء العالقة بها.
3- الحاجة إلى عمالة تتصف بالخبرة الفنية سواء للتشغيل أو الصيانة مع ضرورة توفير قطع الغيار.
4- يلزم توفير مضخة مناسبة حيث يتطلب النظام قوة ضغط تتراوح من 1 -6 ضغط جوي علي حسب نوع الرشاش المستخدم.
5- يزيد من خطورة الإصابة ببعض الأمراض الفطرية عند بقاء الأوراق أو الثمار مبللة بالماء لفترة طويلة.
6- تؤدي زيادة نسبة الكالسيوم في المياه المستخدمة في الري الى سرعة تأكل شبكة الري.
7- انخفاض كفاءة الري بدرجة كبيرة في حالة المناطق التي تتعرض لرياح تزيد سرعتها عن 5-6 م/ث (الأشكال 6-1، 6-2)، أو في حالة ارتفاع درجة الحرارة.

**ملائمة نظام الري بالرش:**

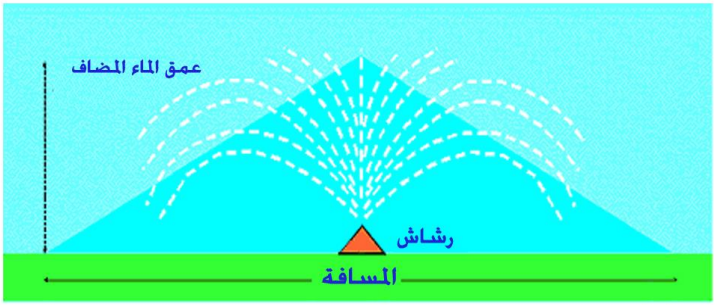
يلائم نظام الري بالرش الأراضي المختلفة بما فيها:

- الأراضي الثقيلة ذات معدل الرشح المنخفض،

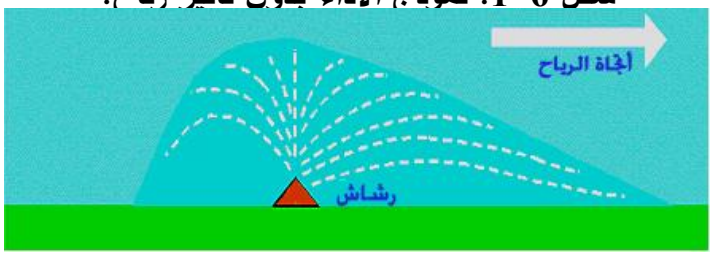
- الأراضي ذات الانحدارات،
- الأراضي الضحلة.

**ولتجنب تأثيرات الرياح يجب مراعاة ما يلي:**

- قليل المسافة ما بين الرشاشات.
- وضع الرشاشات علي الخط الفرعي عمودي علي اتجاة الرياح السائدة.
- استعمال سعة أكبر للرشاش.
- اختيار رشاشات دورانية مع زاوية تيار منخفضة (زاوية خروج المياة من فوهة الرشاش) تتراوح من 18 – 21 ْ ، حيث يعطي توزيع رطوبي افضل من الرشاشات ذات زاوية رش تتراوح من22 ْ – 32 ْ .




**شكل 6–1: نموذج الأداء بدون تأثير رياح.**

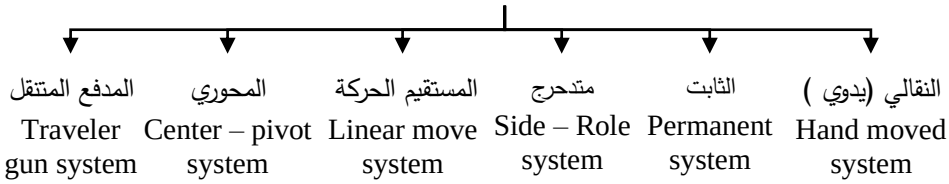



**شكل 6– 2 : تأثير الرياح علي نموذج الأداء في ظروف رياح شديدة.**

وفيما يلي نظم الري بالرش والموضحة كذلك بشكل (6–3):

شكل 6-3: **نظم الري بالرش**

**Sprinkler Irrigation System**




**عوامل اختيار نظام الري:**

هناك طرق عديدة للري يمكن للمزارعيين اختيار أي منها أو احداث تحوير بها لتلائم ظروفهم الخاصة. غير أن سوء اختيار او تصميم النظام المقترح للري سيؤدي بلاشك الى انخفاض كفاءته وسوء استغلال مياه الري.

نظرا لوجود عدد كبير من نظم الري فلذلك يجب اختيار النظام الذي يتناسب مع كل من:

- نوع المحصول المنزرع،
- كمية المياه المتاحة ومصدرها،
- نوعية مياه الري،
- مدي توفر الأيدي العاملة،
- التكاليف والاستثمارات المتاحة.

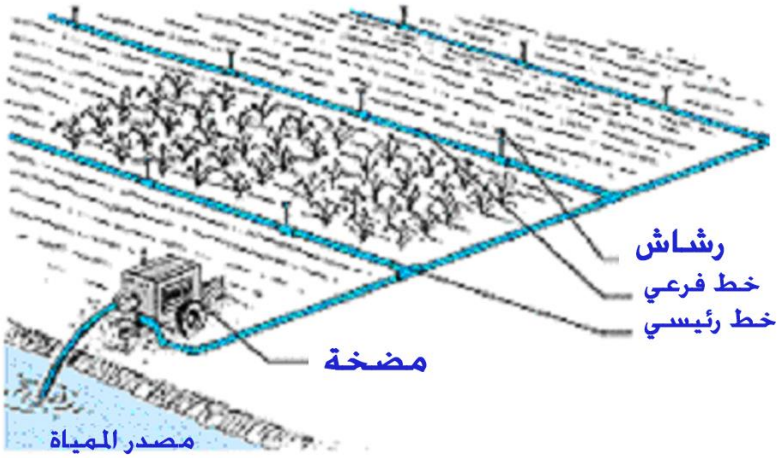
لكل نظام من نظم الري بعض المزايا والعيوب، ويعتبر العامل الاقتصادي هو اساس المفاضلة عند اختيار الاسلوب الامثل للري.

يمكن تلخيص العناصر الاساسية التي تؤخذ في الاعتبار عند اختيار طريقة او اسلوب الري في الآتي:

1) مدي وفرة أو ندرة مياه الري ونسبة الاملاح الذائبة فيها.
2) طبوغرافية المنطقة المطلوب ريها.
3) بعد أو قرب المياه الجوفية عن سطح الارض ودرجة ملوحتها.
4) العوامل المناخية بالمنطقة.
5) المحاصيل المراد زراعتها.

**مكونات نظام الري بالرش:**

تتكون جميع أنظمة الرى بالرش من مكونات مشتركة أساسية (شكل 6-4) وهى مصدر الطاقة والضخ عند مصدر المياه وخط رئيسى Main Line ومجموعة خطوط شبه رئيسية Sub-main Lines (يتوقف عددها على المساحة الكلية المروية) ثم مجموعة الخطوط الفرعية (Laterals or Sprinkler Lines) مركب عليها مجموعة الرشاشات المناسبة بالإضافة الى أجهزة التحكم والمحابس ، وأجهزة القياس ، وأجهزة التسميد.




**شكل 6- 4 : المكونات الرئيسية لنظام الري بالرش.**

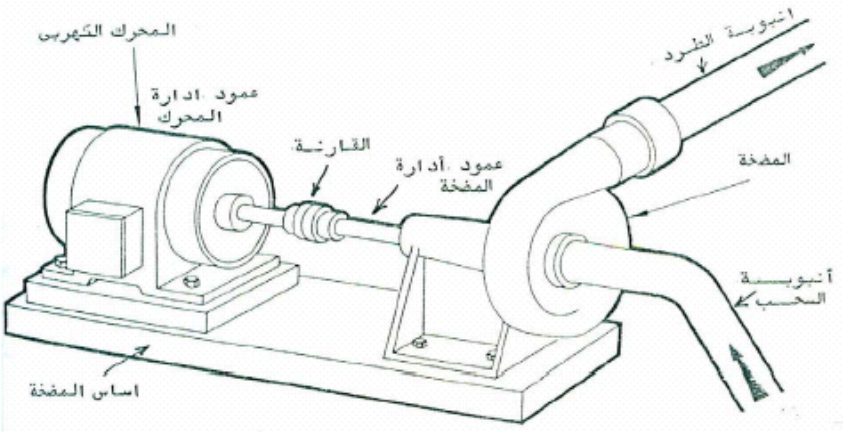
**المضخات Pumps:**

يتطلب الري بالرش مضخات ذات ضغوط عالية ، وظيفة المضخة هي سحب المياه من المصدر سواء كان بحيرات أو انهار وضخها خلال أنابيب التوزيع. ويجب اختيار المضخة ذات التصريف والضغط المناسب ومن أهمها :

**أ-المضخات التربينية للآبار العميقة Deep Well Turbine Pumps :** وتستعمل في حالة مياه الآبار العميقة (شكل 6-5).

**ب_المضخات الطاردة المركزية Centrifugal Pumps:** وتستعمل في حالة المياه غير العميقة أو القريبة من السطح (شكل 6-6).

شكل 6–5 : مضخة تربينية تعمل بمحرك ديزل.




شكل 6–6 : المضخة الطاردة المركزية.

يستخدم في نظام الري بالرش مدي واسع من الضغط يتراوح بين 1–6 ضغط جوي ، ويتوقف الضغط المناسب علي:

1 – المساحة المراد ريها.

2 – نوع الرشاشات المستخدمة.

3 – المسافة بين الرشاشات

4 – المحصول المنزرع.

5 – تكاليف القوة اللازمة.

هذا ويوجد العديد من انواع المضخات تختلف حسب قطر فوهة الطرد ومعدل تدفقها كما هو موضح بالجدول رقم (6–1) وذلك للاسترشاد بة:

جدول 6–1 : معدل تدفق المضخة تبعا لقطر فوهة الطرد للمضخة.

| قطر فوهة الطرد, بوصة | معدل التدفق م$^3$/ س |
|---|---|
| 1 | 5 |
| 2 | 25 |
| 3 | 50 |
| 4 | 70 |
| 5 | 95 |

وهناك انواع اخري يزيد معدل تدفقها عن المعدلات السابقة.

الاحتياج إلى المضخات يعتمد على طبيعة مصدر المياه، فقد يكون المصدر من خط مواسير رئيسي به ضغط غير كافي للتشغيل أو مياه من قنوات مكشوفة. وتجهز المضخات بوسائل حماية للإيقاف عند نقص ضاغط الزيت للمحرك أو زيادة الحرارة أو انقطاع المياة من مصدرها.

يتم تشغيل المضخة بواسطة وحدة قوي محركة مثل آلة احتراق داخلي أو محرك كهربي.ومن المعتاد أن تضاف 20% علي القدرة المحسوبة للمحرك كنوع من الاحتياط. وبالرجوع الى كتالوجات الشركات المنتجة فإنه يمكن اختيار المضخة المناسبة لظروف التشغيل.

يفضل أن يكون موقع المضخة ومصدر المياه في منتصف الأرض تقريبا بقدر الإمكان. حيث يؤدي ذلك الى تقليل تكاليف إنشاء الخطوط الرئيسية، وتكاليف ضخ المياه إلا أن إختيار موقع المياه لايكون متاح في اغلب الاحوال الا في حالة ما إذا كان مصدر المياه من بئر.

يجب مراعاة وجود مصفاة عند فوهة ماسورة السحب الخاصة بالمضخة وذلك عند استعمال الماء السطحي كمصدر للري لتجنب دخول أي شوائب الى داخل شبكة الري منعا لانسداد فوهات الرشاشات. وتختلف مواصفات هذه المصافي، الا انها يجب ان تكون ثقوبها دقيقة الحجم حتي يمكنها حجز أي شوائب عالقة بالمياه وخصوصا بذور الأعشاب والحبيبات الصغيرة الاخري. ويجب إزالة

الشوائب المتجمعة علي المصافي بصفة مستمرة حتي لاتسبب أي عانق لتدفق وسريان المياه من مصدر المياه الى المضخة.

**مركز التحكم ( وحدة رأس النظام): Control head**

يشمل مركز التحكم ما يلي:

1) الصمامات
2) منظمات الضغط والتصريف
3) خزان الأسمدة ومضخة حقن الأسمدة والكيماويات
4) المرشحات ( الفلاتر).

كما في نظام الري بالتنقيط تقريبا وسيأتي ذكرها بالتفصيل فيما بعد، مع إمكانية إجراء بعض التعديلات بين كل من نظامي الري بالرش والتنقيط.

**شبكة الانابيب : Piping system**

يتم نتقل المياة من المضخة خلال خطوط الأنابيب الرئيسية والفرعية تحت ضغط مناسب الى خطوط الرشاشات. وتتكون شبكة الأنابيب من الآتي:

**أ- خطوط نقل المياه Conveyance line:**

قد تكون ثابتة أو متنقلة، والخطوط الثابتة يجب أن تكون مدفونة على عمق كافي لحمايتها. وتصنع المواسير من الصلب، P.V.C , P E، الأسبستوس الأسمنتي أو الألومنيوم إلا أن المواسير P.V.C , P. E والألومنيوم أكثرها استعمالا (المواصفات الفنية ستذكر مع الري الموضعي).

**ب- الخط الرئيسي Main line:**

يستخدم لنقل المياه من الخط الناقل أو المضخة إلى الخطوط تحت رئيسية أو الفرعية ( خطوط الرشاشات) وقد تكون هذه الخطوط ثابته كما في حالة نظام الري بالرش الثابت للزراعات المستديمة ، أو متنقلة بتكاليف إنشائية اقل. وغالبا ما تكون مواسير الخطوط الثابته مصنوعة من الاسبستوس أو P.V.C أو البولي ايثيلين PE، أما في حالة الخطوط المتنقلة فيفضل ان تكون مصنوعة من الألومنيوم لانه خفيف الوزن ويسهل تحريكها من مكان لاخر، وطول الماسورة الألومنيوم 6 أو 9 أو 12م.

ويفضل ان يمر الخط الرئيسي بمنتصف الارض، علي أن تخدم خطوط الرشاشات (الخطوط الفرعية) علي الجانبيين، وأن يكون في اتجاة إنحدارالأرض للاستفادة من الضغط الناتج عن فرق المنسوب.

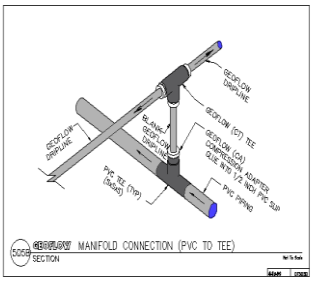
يجب الا تزيد سرعة سريان الماء في الخط الرئيسي عن 3 م/ث، ولكن معظم نتائج البحوث توصي بأن تكون السرعة من 1.5 – 2 م/ث.

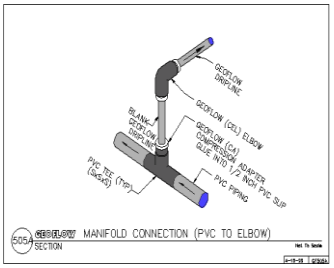
بصفة عامة فمن اهم النقاط الواجب مراعتها عند تصميم الخط الرئيسي هو إختيار قطر المواسير الإقتصادي الذي يحقق اقل قيمة للتكاليف الثابته وتكاليف الطاقة السنوية المطلوبة.

**ت- الخط الفرعي Lateral line:**

يستخدم لنقل المياه من الخط الرئيسي إلى الرشاشات، حيث تنقل المياه من الخط الرئيسي عن طريق وصلة علي شكل حرف T ( انظر الاشكال 21، 22)، وقد تكون الخطوط ثابتة أو متنقلة على مسافات منتظمة.

شكل 6-7 : وصلات علي شكل حرف T سريعة الفك والتركيب




شكل 6 **-8 : يبين كيفية وصل خط رش متنقل بخط رئيسي مدفون تحت سطح الارض عن طريق وصلة حرف T أو كوع.**

**وعند تصميم الخطوط الفرعية يجب مراعاة ما يلي:-**

أ- يفضل ان يكون الخط الفرعي ( خط الرشاشات) ذو قطر واحد وذلك لسهولة نقلة من مكان لآخر في نظام النقل اليدوي.

ب-يجب ان توضع الخطوط الفرعية متعامده على اتجاه الرياح السائدة في المنطقة.

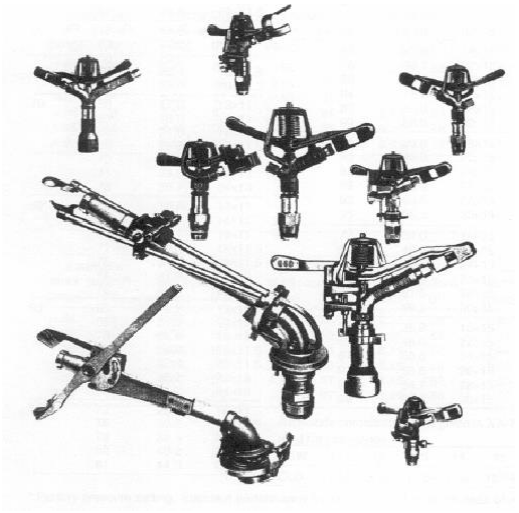
ت-يزود كل خط فرعي بصمام ومقياس للضغط للتحكم في كل خط علي حدة.

ث-يجب إختبار قطر الخطوط الفرعية بحيث لا يزيد الفرق في ضغط التشغيل بين أول واخر رشاش علي الخط عن 20% من متوسط تشغيل الرشاش التصميمي. هذة الحدود تؤدى الي اختلاف في التصرف مقدارة 10%.

## موزعات مياه الري في شبكات الري بالرش

### الرشاشات: Sprinklers

تعتبر الرشاشات اهم جزء في نظام الري بالرش، حيث يتم توزيع المياه علي سطح الأرض من خلالها. حيث تتدفق المياه من فوهة الرشاشات بتصريف معين. وتركب الرشاشات عل الخطوط الفرعية محمولة علي مواسير رأسية تسمي حوامل الرشاشات (Risers). ويوضح شكل رقم (6-9) الأنواع المختلفة للرشاشات .



شكل 6–9 : الأنواع المختلفة للرشاشات.

**تنقسم الرشاشات على حسب ضغط التشغيل (جدول 6–2) إلى:**

**أ–ضغط تشغيل منخفض Low-pressure:**

تصمم للتشغيل على ضغط منخفض أقل من 1.1 بار ، معدلات الإضافة لها كبيرة نسبياً، قطر الابتلال صغير، وهي مناسبة للمساحات الصغيرة وللأراضي ذات معدل رشح أكثر من 12.7 مم / ساعة .

**ب– ضغط تشغيل متوسط Moderate – pressure:**

تعمل على ضغط من 1–2,2 بار وهى ملائمة للرش تحت الأشجار في المساحات الصغيرة ويكون الرشاش أحادى أو ثنائي الفوهة.

**جـ– ضغط تشغيل فوق متوسط Intermediate – pressure:**

الضغط المستعمل من 2.1–4.3 بار ، الرشاشات مزدوجة الفوهة، قطر الابتلال لها من 20 – 40 متر، ويستعمل على نطاق واسع من المحاصيل والأراضي.

**د– ضغط تشغيل مرتفع High- pressure:**

الضغط المستعمل من 4–7 بار معدل الإضافة أكبر من 20 مم/ساعة ، قطر الابتلال من 35– 70 متر، يعطى تجانس توزيع جيد عدا عند وجود رياح وفيها تقل المسافة ما بين الرشاشات (زيادة نسبة التداخل).

**هـ- المدفع Giant or hydraulic type sprinklers:**

الضغط المستعمل من 5 – 8.5 بار التدفق من ( 22 – 136 م$^3$/ساعة)، معدل الإضافة (12 مم/ساعة) قطر الابتلال من 60 – 130 متر، ويستخدم للزراعات الكثيفة.

يصل أداء الرشاش إلى أفضل ما يمكن عند قيمة معينة من ضغط التشغيل وهذه القيمة يحددها عادة الصانع ويمكن استعمال الجداول 6-2 ، 6-3 للاسترشاد بها، وإذا اختلف الضغط عنها بدرجة ملموسة فإن توزيع المياه الناتج قد يصبح مختلفاً تماماً عما هو متوقع ( شكل 6-10)، فعند انخفاض الضغط لا يتفتت تيار الماء (شكل 6-11) ولا يصل إلى المدى المرغوب ويكون حجم القطرات كبيراً مما يؤثر تأثير ضاراً على التربة والنبات، حالة التشغيل تحت ضغط منخفض من المشاكل الشائعة في كثير من شبكات الري بالرش مما يؤدى إلى توزيع غير متجانس للمياه، أما إذا كان الضغط أعلى مما يجب فيزداد تشتت التيار وتتساقط معظم المياه بالقرب من الرشاش (شكل 6-12) مما يؤثر علي تجانس التوزيع وكفاءة الإضافة ، ويزداد الفقد بالبخر والانجراف في الهواء، وفى كلا الحالتين يقل قطر الابتلال.

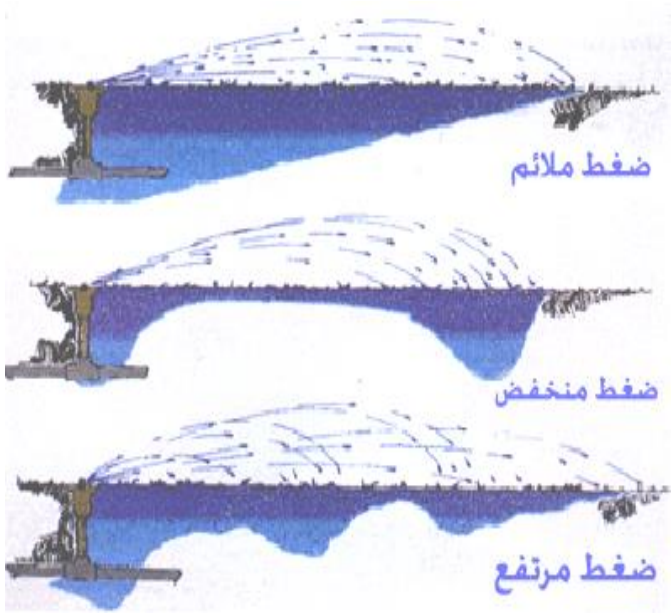
جدول 6-2 : تقسيم الرشاشات تبعا لضغوط تشغيلها:

| نوع الرشاش | ضغط التشغيل (بار) | قطر المساحة المبتلة بالرشاش (م) | اقل معدل إضافة للماء (مم/ساعة) |
|---|---|---|---|
| ذو ضغط تشغيل منخفض. | 1-0.3 | 15-6 | 10.2 |
| ذو ضغط تشغيل متوسط. | 4-2 | 36-22.5 | 6.4 |
| ذو ضغط تشغيل عالي. | 7-3 | 69-33 | 12.7 |
| المدفع الرشاش. | 8-5 | 120-60 | 16.5 |
| للري تحت الأشجار. | 2.5-0.7 | 27-12 | 8.4 |

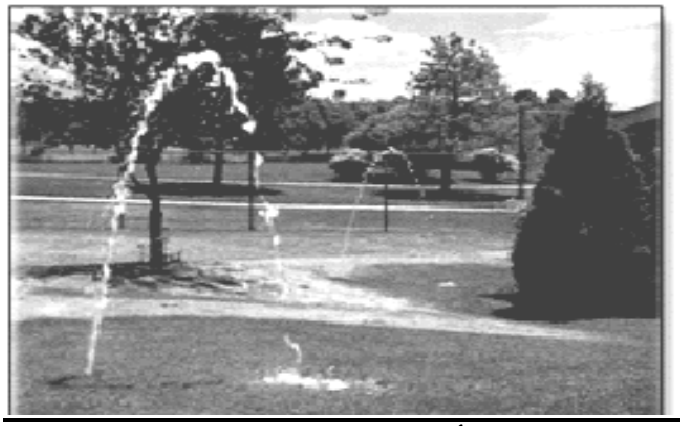
جدول 6–3 : الضغوط الموصي بها لأقطار فوهات الرش المختلفة.

| قطر الفوهة ، مم | الضغط المطلوب، كيلو باسكال |
|---|---|
| 4.8 – 2.4 | 345 – 240 |
| 6.3 – 4.8 | 415 – 310 |
| 9.5 – 6.3 | 480 – 345 |

يمكن أيضاً التحقق من ضغط التشغيل لأي رشاش باستخدام أنبوبة بيتوت بعد توصيلها بالمقياس. وعند وضع طرف الأنبوبة بداخل فوهة الرشاش فإن المقياس يعطى قراءة فورية للضغط (شكل 6–13). ويمكن أيضاً عن طريق ملاحظة تأثير الضغط علي شكل تيار الماء الخارج من فوهة الرشاش، (شكل6–10) فإذا كان التيار يأخذ شكل الخط المستقيم فإن ذلك يعنى أن الرشاش يعمل تحت ضغط مناسب، أما إذا كان يأخذ شكل قوس (شكل 6–11) فإن الضغط يكون أقل مما يجب ويجب زيادته.

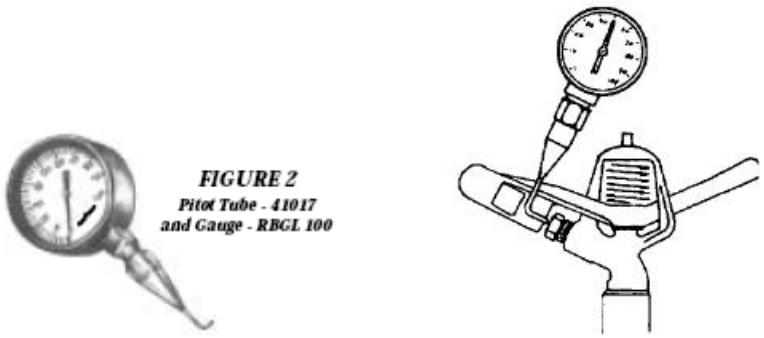



شكل 6–10: تأثير ضغط التشغيل علي أداء الرشاش.



شكل6-11: تأثير الضغط علي تفتت تيار الماء.

شكل6-12: تأثير الضغط علي تفتت تيار الماء.



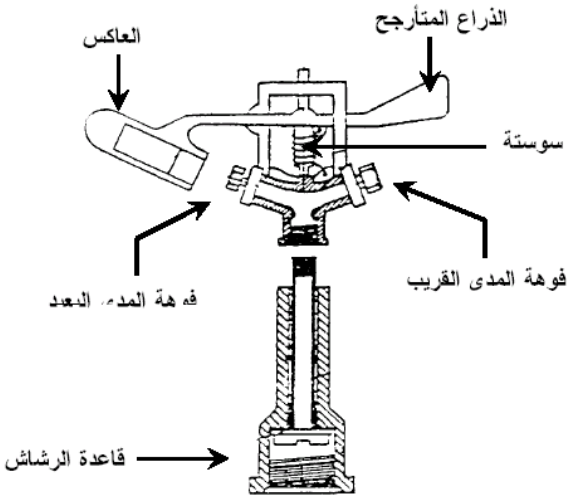

شكل 6-13: قياس ضغط تشغيل الرشاش باستخدام مقياس بوردو مع وصلة بيتوت.

**انواع الرشاشات:**

تشترك جميع انواع الرشاشات في أن الماء يندفع منها تحت ضغط وبسرعات تختلف باختلاف نوع الرشاش ومقدار الضغط عند فوهته، وبصفة عامة تقسم أنواع الرشاشات من حيث الحركة الي:

**1-رشاشات دورا نية Rotating sprinklers:**

وهى النوع الشائع وتدور حول محورها بقوة دفع الماء ضد تحميل الياي ويحدث انكسار للتيار الخارج من الفوهة، بعودة شد الياي تعود المطرقة بسرعة وتؤدى الصدمة إلى دوران الرشاش ببطيء (شكل 6-14) ،و بتكرار هذا التأثير يستمر الرشاش في الدوران .



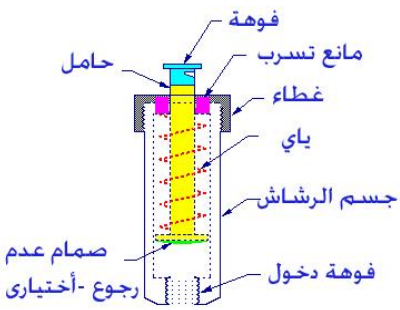

شكل 6-14 : أجزاء الرشاش الدوار.

قد يكون بالرشاش فوهة واحدة أو فوهتان (شكل 6-15)، فالرشاش ذو الفوهة الواحدة يعطى معدل رش منخفض، أما الرشاش ذو الفوهتين فتكون إحداهما فوهة رئيسية ( فوهة المدى) والأخرى فوهة الانتشار والتي تقوم برش المواضع القريبة من الرشاش مما يعمل على تحسين انتظام الرش لكن معدل الرش يكون بصفة عامة أكبر وتأثير الرياح على قطرات المياه المندفعة يكون أقوى.

**2-رشاش قفاز pop – up:**

يوجد الرشاش داخل تجويف أثناء توقف الري، وعند التشغيل يظهر على السطح نتيجة ضغط الماء ويقوم بعلمية الري (شكل 6-16).

شكل 6–15 : رشاش ذو فوهة واحدة وذو فوهتان.



شكل 6–16 : مخطط يوضح أجزاء الرشاش القفاز.

**3– فوهات رش Spray- type nozzle:**

غير دورا نية، تعطى غطاء رش ثابت بزاوية تتراوح من 90 – 360° (شكل 6–17).

شكل 6–17 : فوهات الرش.

### 4-الأنابيب المثقبة Perforated pipe:

استخدمت الأنابيب المثقبة منذ فترة طويلة وهي عبارة عن ماسورة مصنوعة من الصلب المجلفن او اللومنيوم وتتراوح اقطارها من 5-15سم، بها ثقوب بقطر حوالي واحد ملليمتر موزعة علي جانبي انبوب التوزيع بانتظام (شكل 6-18)، وتستخدم هذه الأنابيب للعمل في حالة الضغوط المختلفة التي تتراوح من 0.5-2.5 ضغط جوي (بار). ويتراوح معدل الري بهذه الطريقة من 16-50مم/ساعة. حيث تتدفق المياه من الثقوب مباشرة وعلي جانبي الخط الفرعي لتروي مساحة علي شكل مستطيل يتراوح عرضها من 12-15م وبطول الانبوب. وتوضع الخطوط علي مسافات تتراوح من 6 – 9 متر.

وفي هذا النظام يجب تنقية المياه المستخدمة في الري من الشوائب بواسطة مرشحات خاصة حتي لا يحدث إنسداد للثقوب.

شكل 6-18: الأنابيب المثقبة.

**إختيار الرشاش:**

يتم اختيار الرشاش المناسب بناء علي عدة اسس هي:

1- معدل تصرف الرشاش.
2 – قطر فوهة الرشاش.
3 – شكل توزيع الرشاش للمياه علي سطح التربة.
4 – المسافة بين الرشاشات علي خطوط الرشاشات (الخطوط الفرعية).
5- المسافة بين خطوط الرشاشات علي الخط الرئيسي أو تحت رئيسي.

6 – معدل الرشح ويختلف تبعا لقوام التربة، وحالة سطحها فقد يكون مغطي بزراعات أو عاري بدون أي زراعة ، ودرجة الانحدار، و يمكن تحديد أقصى معدل رش يمكن استخدام (مم/ ساعة) تبعا للجدول رقم (6–5).

7– الضغط المتاح لتشغيل الرشاش.

8– ارتفاع الرشاش.

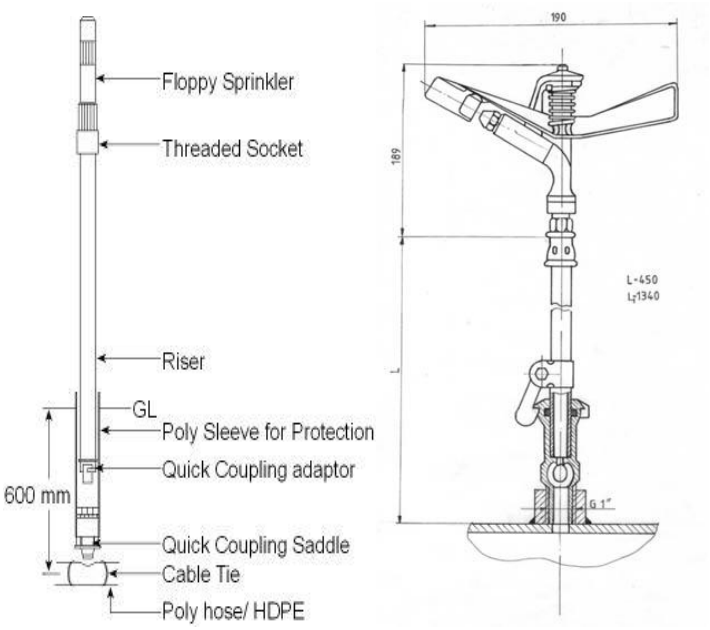
9 – سرعة الرياح واتجاهها.

10– نوع المحصول المنزرع.

**حامل الرشاش:**

ترجع اهمية حامل الرشاش الى التخلص من الحركة الدوامية للمياه والتى تحدث نتيجة تغير حركة المياه من خط الرشاشات الى اتجاه عمودي خلال فوهة الرشاش والتى تتسبب فى تقليل قطر دائرة خدمة الرشاش عن الحد الطبيعي. وهو من الحديد المجلفن أو الألومنيوم، يصل طوله إلى 3متر ويتوقف ذلك علي تصريف الرشاش (شكل 6–19)، ويمكن توضيح العلاقة بين طول حامل الرشاش ومعدل تصريف الرشاش في جدول رقم (6–4).

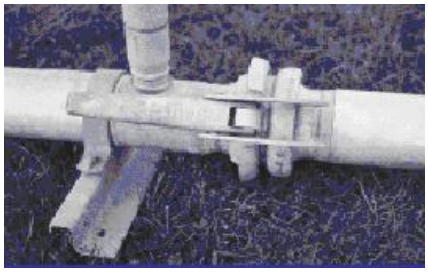
في كل الأحوال يجب أن يكون ارتفاع الحامل أعلى من النباتات ما عدا اشجار الفاكهة حيث يكون من المطلوب أن يكون حامل الرشاش قصير لأن الري بالرش يكون تحت الأشجار وأن يكون في وضع رأسي تماماً وثابت، وقد يستخدم دعامات للتثبيت (شكل 6–20)، وأحياناً يكون الحامل من جزأين: الجزء السفلي ثابت وفى نهايته صمام تحكم، والأخر بعد الصمام وبه الرشاش (شكل 6–21) ، ويمكن أن ينتقل الرشاش من موضع إلى آخر بواسطة وصلات سريعة التركيب. والرشاشات التي تستخدم تحت الأشجار يجب أن تتميز بصغر زاوية الرش لتقليل بلل الأوراق والمجموع الخضري.



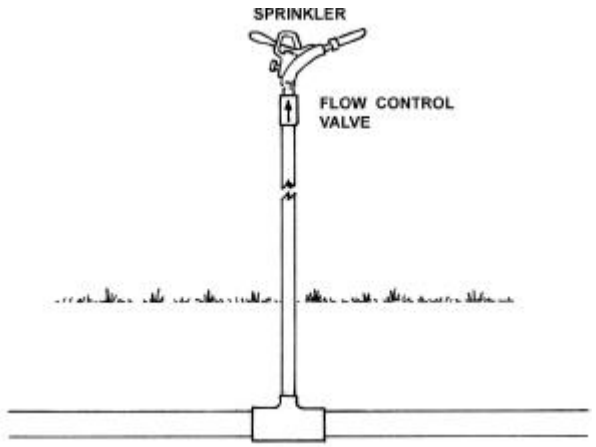

شكل 6–19 : حامل الرشاش.

جدول 6–4 : العلاقة بين طول حامل الرشاش ومعدل تصريف الرشاش.

| طول حامل الرشاش (مم) | معدل تصريف الرشاش ($م^3$/ ساعة). |
|---|---|
| 15 | اقل من 2.25 |
| 23 | 5.6–2.25 |
| 30 | 11.258–5.6 |
| 45 | 27–11.25 |
| 90 | اكبر من 27 |



شكل 6–20 : دعامات اتزان في حالة الحوامل الطويلة.




شكل 6–21 : صمام تحكم مركب قبل الرشاش علي الحامل.

جدول 6–5 : أقصى معدل رش يمكن استخدامة (مم/ ساعة) تبعا لحالة سطح التربة.

| قوام التربة | الميل صفر % | | الميل 10% | |
|---|---|---|---|---|
| | مغطاه | عارية | مغطاه | عارية |
| رملية طميية | 43 | 25 | 25 | 15 |
| طميية سلتية | 25 | 13 | 15 | 8 |
| طينية | 5 | 3 | 3 | 2 |

## المبادئ الهيدرولية للري بالرش

**الضغط Pressure :**

يعتبر الضغط مقياساً للطاقة المطلوبة لتشغيل نظام الري بالرش، ويعرف بأنه قوة تؤثر على المساحة العمودية عليها، ويقاس بوحدات نيوتن/م2. أو الباسكال أو البار أو بارتفاع عمود من المياه. كما يمكن قياس الضغط داخل أنبوب الري باستخدام مقياس بوردو (شكل **6–13**).

**ضغط تشغيل النظام :**

أقصي اختلاف في الضغط مسموح بة هو 20% للخط الفرعي الذي يحمل الرشاشات (بمعني انة اذا كان ضغط التشغيل للنظام 30 متر (3 بار) فإن

أقصي فاقد بالاحتكاك نتيجة سريان المياة بالأنابيب بالاضافة الي فرق المنسوب علي طول الخط الفرعي لا يزيد عن 6 متر (0.6 بار).

**تغير مناسيب سطح التربة وتأثيرها علي الضغط :**

اختلاف مناسيب سطح التربة الي أعلي أو الي أسفل يؤثر في تغير الضغط بشبكة الأنابيب ويجب أن يؤخذ في الاعتبار عند حساب قيمة اختلاف الضغط المسموح بة حيث أن نظم الرى الحديثة ( الرش والتنقيط) تستخدم عادة في ارض ذات طبوغرافية متعرجة او شديدة الانحدار، وتسبب التغيرات في المناسيب هذه اختلافات في قيم الضغط داخل الانبوب كما يلى :

أ – في حالة وضع الرشاشات على انحدار صاعد فإن الضغط يتناقص بمعدل 0.1 بار لكل زيادة مقدارها 1 متر في منسوب الارض مما يؤثر على اداء نظام الرى ، هذا بالاضافة الى نقص الضغط الناشيء عن الاحتكاك، ولتجنب ذلك توضع خطوط الرشاشات مستوية في اتجاه خطوط الكنتور، وعند تعذر ذلك فيجب ان تؤخذ في الاعتبار عند حساب الضغط المطلوب.

ب – في حالة الانحدار الى اسفل في اتجاه السريان فقد يكون مفيدا حيث ان الضغط يزداد بمعدل 0.1 بار لكل هبوط مقداره 1 متر في منسوب الارض، ويمكن استغلال هذه الزيادة للتغلب او تعويض الفواقد الناشئة من الاحتكاك، لكن قد يسبب الانحدار الحاد الى اسفل مصاعب نتيجة ارتفاع الضغط اكثر من اللازم وتؤثر على اداء نظام الرى.

تغير المنسوب بمقدار 2.3 قدم = 1 رطل/بوصة$^2$ ( 1 psi)
تغير المنسوب بمقدار 1 متر = 0.1 بار( 0.1 ضغط جوي)
تغير المنسوب بمقدار 1 متر = 10 كيلو باسكال

**زمن الوضع Set - time:**

زمن الوضع هو الزمن الذي يستغرقه الرشاش أو مجموعة من الرشاشات لإتمام عملية الري في موضع واحد، وتتوقف قيمة زمن الوضع على معدل الإضافة للرشاش وعلى احتياجات الري.

ونلاحظ هنا أن الوسيلة الوحيدة لتغيير كمية الماء المضافة في الري هي تغيير قيمة زمن الوضع، ويتعذر تغيير معدل الإضافة حيث أنه مرتبط بنوع

الرشاش وضغط التشغيل وأي محاولة لتغيير ضغط التشغيل سيترتب عليها توزيع غير متجانس للمياه.

## أداء الرشاش:

**معدل الإضافة للرشاش (I) :**

يقدر معدل الإضافة للرشاش من المعادلة التالية:

$$I = Q/A$$

حيث أن:

I = معدل الإضافة (مم/ساعة)

Q= معدل تدفق الرشاش (لتر/ساعة)

$S_L$ $S_m$ = المساحة المروية ($م^2$) = A

$S_L$ = المسافة ما بين الرشاشات على طول الخط الفرعي (متر)

$S_m$ = المسافة ما بين الخطوط الفرعية على الخط الرئيسي (متر)

ومن معدل الاضافة يمكن حساب معدل تصرف الرشاش كما يلي:

$$q = I.S_l.S_m / 3600$$

حيث أن :

q = معدل التصرف (لتر/ثانية)

I = معدل الاضافة ( مم/ساعة)

$S_l$ = المسافة مابين الرشاشات على الخط الفرعى (متر).

$S_m$ = المسافة مابين الخطوط الفرعية على الخط الرئيسى (متر).

**تدفق فوهة الرشاش :**

**يقدر من إحدى المعادلتين كما يلي:**

$$q = CA\sqrt{2gh} \qquad \text{(أ)}$$

$q$ = تدفق الرشاش ( $م^3$/ ث)

$C$ = معامل التدفق للفوهة (0 ,98- 0, 95)

$A$ = مساحة مقطع فوهة الرش (م$^2$)
$g$ = عجلة الجاذبية الأرضية ( 9 ,81 م/ث$^2$ )
$h$ = الضاغط عند فوهة الرشاش ( م )

$$q = 0.00111Cd\ \ p^{0.5}$$ (ب)

$q$ = التدفق ( لتر/ث )
$C$ = معامل التدفق
$d$ = قطر الفوهة ( مم )
$p$ = الضغط عند الفوهة ( كيلو باسكال).

**يتوقف التصرف المطلوب للرشاش على عدة عوامل هى:**

1) المسافة بين الرشاشات.
2) معدل إضافة المياه المطلوب، وهذا بدوره يعتمد على:
   أ- فترة الرى المتاحة للموضع الواحد.
   ب- كمية المياه المطلوب إضافتها للتربة.
   ت- كفاءة الرى.

**حساب سرعة المياه المنطلقة من فوهة الرشاش.**

يمكن حساب ذلك من المعادلة الاتية:

$$V = Cv\sqrt{2gh}$$

حيث أن :
V = سرعة المياه (م/ث).
Cv= معامل السرعة ويتوقف على شكل فوهة الرشاش.
g = عجلة الجاذبية الأرضية (م/ث).
h = الضاغط المائي عند الفوهة (م).

**مدى الرشاش ($R$) :**

أ – للرشاشات غير دورانية :

$$R = 1.35d^{0.6}h^{0.4}$$

ب – للرشاشات الدورانية :

$$R = 1.35\sqrt{dh}$$

حيث أن :

$R$ = نصف قطر الابتلال ( م )

$d$ = قطر فوهة الرشاش ( مم )

$h$ = الضاغط عند الفوهة ( م )

ونحصل على أقصى مدى عندما يكون زاوية اندفاع الماء من الرشاش ما بين 30–32 درجة مع الاتجاه الأفقي.

$$\textbf{نسبة التداخل} = \frac{S_l}{W.D}$$

حيث أن :

$S_l$ = المسافة مابين الرشاشات على الخط الفرعى (متر).

$W.D$ = قطر دائرة الخدمة ( الإبتلال ) بالمتر

تبعا لسرعة الرياح السائده تحدد المسافة مابين الرشاشات كنسبة من قطر الابتلال من الجدول رقم 6–6 التالي.

جدول 6–6 : تأثير سرعة الرياح علي نسبة التداخل أو المسافة بين الرشاشات.

| سرعة الرياح كم/ساعة | % للمسافة مابين الرشاشات كنسبة من قطر الإبتلال | |
|---|---|---|
| | $S_l$ | $S_m$ |
| صفر | 50 | 65 |
| صفر–6 | 45 | 60 |
| 7 – 12 | 40 | 50 |
| اكثر من 13 | 30 | 30 |

$$S_l = \frac{50}{100}W.D \qquad S_m = \frac{65}{100}W.D$$

حيث أن :

$S_m$ = المسافة مابين الخطوط الفرعية على الخط الرئيسى (متر).

**حجم قطرات الرش ودليل التشتت ( $Pd$ ) Break–up of Jet:**

ترجع أهمية تشتت تيار الماء الخارج من فوهة الرشاش في الحصول على غطاء متجانس لمياه الري، والتقليل من حجم قطرات المياه الكبيرة، حيث أن القطرات الكبيرة تكون سرعتها أقل وتذهب إلى مسافات أقصر، ويؤدى اصطدامها بسطح الأرض خاصة عند السرعات العالية والطاقة الكبيرة إلى تدهور بناء التربة، ويزداد مقدار التشتت مع زيادة الضغط والدوران السريع للرشاشات.

ويقدر دليل التشتت من معادلة Panda 1968:

$$Pd = \frac{h}{(10q)^{0.4}}$$

حيث أن :

$Pd$ = دليل التشتت

$h$ = الضاغط عند فوهة الرشاش ( m)

$q$ = تدفق الرشاش

**فإذا كانت:**

$Pd$ : أقل من 2 يكون حجم القطرات كبير

$Pd$ : تساوى 2–4 يكون حجم القطرات أفضل (الحالة المثلى)

$Pd$ : أكبر من 4 يكون هناك إسراف في الضغط.

في حالة قطر الفوهة أكبر من 8 مم :

$$Pd = \frac{h}{1000d}$$

يجب أن تكون $Pd$ في هذه الحالة من 1 ,5 – 3 ,5

**كفاءة النموذج ( $P_E$ ):** عبر Criddle et al. (1958) عنها بالمعادلة:

$$P_E = 100\frac{a}{m}$$

حيث أن:

$a$ = مدى عمق الإضافة لـ 25% من القيم التي لها أقل عمق

$m$ = متوسط العمق.

والعلاقة ما بين ( $Cu$ )، ( $P_E$ ) تمثلها العلاقة التالية:

$$P_E = 1.45Cu - 0.45$$

قيمة معامل التجانس المقبولة لا تقل عن 0. 85

**كفاءة التغطية : ( $E_f$ ) Coverage efficiency :**

$$E_f = \frac{R}{H}$$

حيث أن: $R$ = نصف قطر الابتلال (م)

$H$ = ضاغط التشغيل (م)

وتكون هذه القيمة جيدة عندما تتراوح من 70- 80%

**ونحصل على تغطية جيدة عندما يكون سرعة دوران:**

الرشاش الصغير من 0.67 – 1.00 دورة/ دقيقة،

للرشاش الكبير من 0.25 – 0.5 دورة/دقيقة.

**الضاغط الموصى به للحصول علي تغطية جيدة يكون في حدود:**

27 متر للفوهات ذات القطر 3.2 ملليمتر.

30 متر للفوهات ذات القطر 3.6 ملليمتر

ويضاف3.4 متر لكل 0.8 ملليمتر زيادة في القطر بعد ذلك.

**توزيع الرشاشات علي الخطوط الفرعية:**

يراعي عند توزيع الرشاشات علي الخطوط الفرعية أن تتداخل دوائر خدمة الرشاشات حتي يتم توزيع الماء توزيعا منتظما، وعادة يتم توزيع الرشاشات باحدي الطرق الأتية:

**الرشاشات علي رؤوس مربعات : Squares**

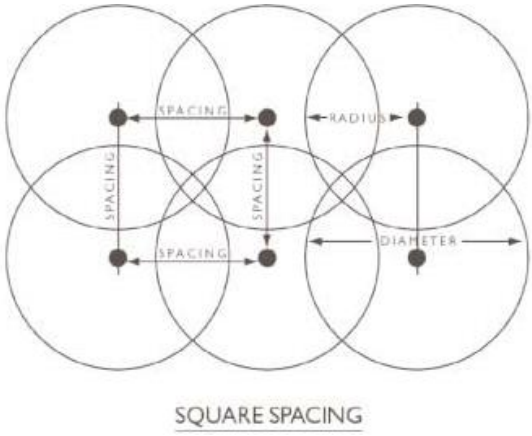
وفيها تتساوي المسافة بين الرشاشات علي طول الخط الفرعي مع المسافة بين الخطوط الفرعية، (شكل 6-22).

**الرشاشات علي رؤوس مستطيلات : Rectangulares**

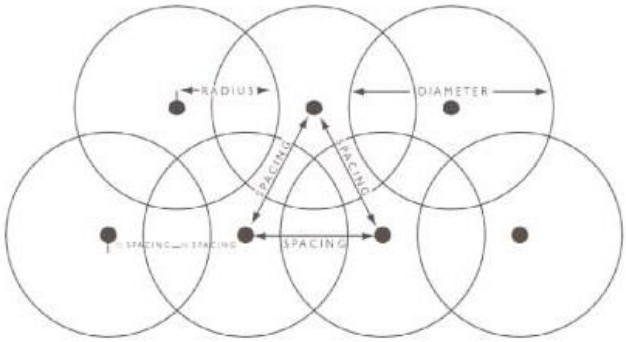
وفيهاالحالة تكون المسافة بين الرشاشات علي الخط تساوي 45% من قطر دائرة الأبتلال، بينما تكون المسافة بين الخطوط الفرعية تساوي 60% تقريبا.

**الرشاشات علي رؤوس مثلثات : Triangulares**

وفيها تكون المسافة بين الرشاشات علي الخط الواحد تساوي 85% تقريبا من قطر دائرة الأبتلال، بينما تكون المسافة بين الخطوط الفرعية تساوي 75% (شكل 6-23).




شكل 6-22 : توزيع الرشاشات علي رؤوس مربعات




شكل 6-23 : توزيع الرشاشات علي رؤوس مثلثات.

## نظم الري بالرش
## Sprinkler irrigation systems

هناك أنواع عديدة لنظم الري بالرش وتقسم هذة النظم على حسب نوع الحركة وسهولة نقلها إلى:

- **الرش الثابت** **Permanent sprinklers**
  - الرش فوق المجموع الخضري Overhead sprinklers
  - الرش تحت الأشجار Under tree sprinklers
- **الري المتحرك**
  - **يدويا :**
    - نظم الري النقالي Portable sprinkler irrigation systems
    - الأنابيب المثقبة Perforated pipes
    - المدفعي Portable Guns
  - **آليا :**
    - جانبي الحركة Side role
    - البرجي Boom
    - المدفعي Traveling Gun
    - المحوري Center pivot
    - الخطي Linear

### 1- النظام الثابت Solid – set or permanent systems:

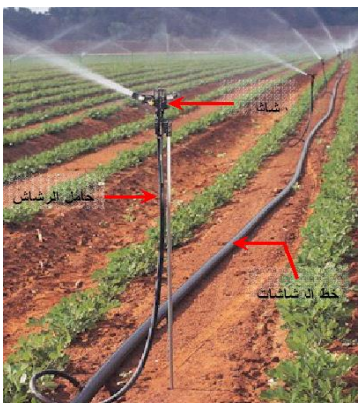
فيها تكون خطوط الرشاشات وخطوط الشبكة ثابتة ومدفونة تحت السطح ولا يظهر منها سوى الرشاشات وحاملها لكي لا تعيق أي عمليات زراعية (شكل 6-24)، تكاليفها أكثر، لكن عمالة التشغيل أقل، وقد يستخدم فيها رشاشات متحركة بالقائم الخاص بها خاصة في المحاصيل الكثيفة والبساتين التي يصعب نقل أو تحريك المواسير بها، وفيها تكون الخطوط في منتصف صفوف أشجار البساتين، تتطلب ضغوط منخفضة إلى متوسطة. ويتم التحكم في عملية الري بواسطة فتح وقفل الصمامات لكل قطعة أو أكثر ومن ثم الانتقال إلي القطع التي تليها وهكذا حتى يتم ري كل المساحة.

في معظم النظم الثابتة يعمل جزء فقط من الشبكة في نفس الوقت، وهذا يتوقف على أقطار الأنابيب وكمية المياه المتوفرة، وقد يصبح من الضروري تشغيل النظام بالكامل في بعض الظروف مثل تلطيف درجة حرارة المحصول أو الحماية من الصقيع. وتلائم هذه النظم التشغيل بالتحكم الآلي.

شكل 6–24 : نظام ري بالرش ثابت.

**2– نظام نصف ثابت أو نصف نقا لي: Semi –permanent systems:**

يكون الخط الرئيسي عادة مدفون تحت سطح الأرض، والخطوط الفرعية متنقلة (شكل 6–25)، تكاليفها أقل من النظام الثابت لكنها تحتاج إلى عمالة أكثر، وبالتالي زيادة تكاليف التشغيل. وتختلف طريقة النقل فهي إما يدوياً بفك الخط بالكامل أو تحمل الخطوط على عجلات وسيأتي ذكرها فيما بعد. ومن أمثلتة أيضا مدفع الرش حيث يكون كل الأجزاء ثابتة ماعدا المدفع نفسه الذي ينقل من منصة الي آخري.




شكل 6–25 : خط الرشاشات وحامل الرشاش.

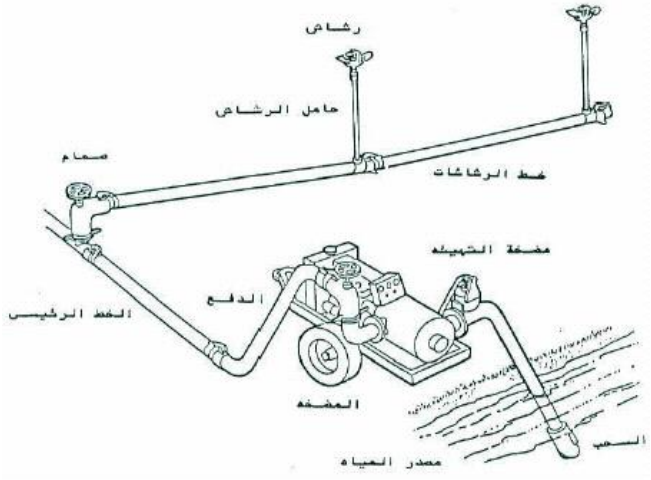
3 - **نظام نقالي Portable system** :

الخطوط الرئيسية والفرعية متنقلة ويمكن استخدامها لأكثر من موقع، تكاليفها الإنشائية منخفضة ولكن تتطلب عمالة أكثر من النظامين السابقين، ويصمم النظام على أساس نقله من مزرعة إلى أخرى، ومصدر المياه إما أن يكون ثابت أو في عدة مواقع بالمزرعة وفى هذه الحالة تكون المضخة متنقلة (شكل 6-26) وهذه النظم محدودة الاستخدام.

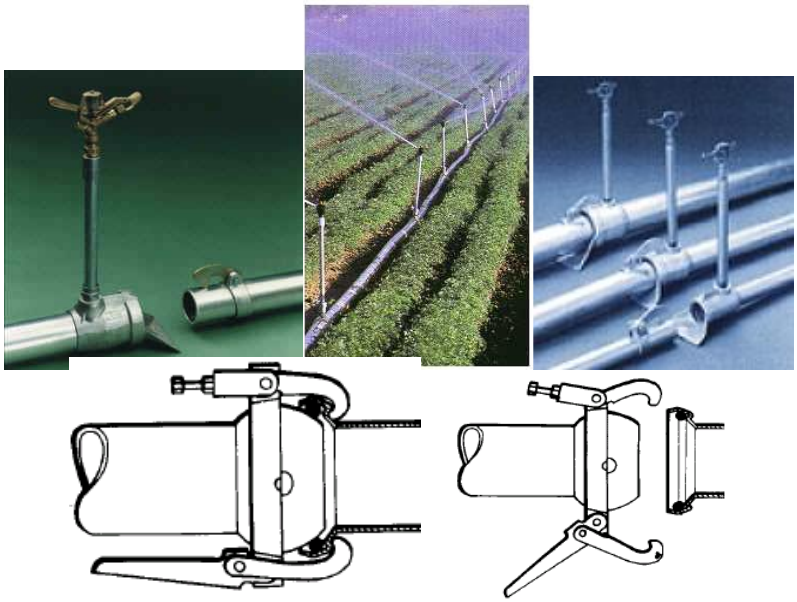
## أنظمه الري بالرش النقالة:

### 1- الأنابيب المنقولة يدويا Hand – move pipes:

تركب خطوط من المواسير الفرعية برشاشاتها على مسافات منتظمة، وهى من الألومنيوم بأطوال (6 ،9 ،12 متر) مع توصيلات خاصة سريعة الفك والربط لكل ماسورة (شكل 6-27) وتوضع الرشاشات على مسافات 9 أو 12 أو 15 أو 18 أو 24متر، ويتراوح عادة قطر خط الرشاشات بين 50مم، 125مم حتى يمكن نقله بسهولة. الرشاش مركب على المواسير بواسطة حامل أعلى من المحصول. واختيار طول الماسورة المستخدم يتوقف على المسافة ما بين الرشاشات، ويكون التشغيل تبعاً للمعدلات المطلوبة، ثم تنقل بعد الري إلى مكان آخر. . ويعاب علي هذا النظام كثرة الأيدي العاملة التي يحتاجها لفك ونقل الخطوط الفرعية. ويستخدم هذا النوع فى مناطق النوبارية والبستان بمصر.



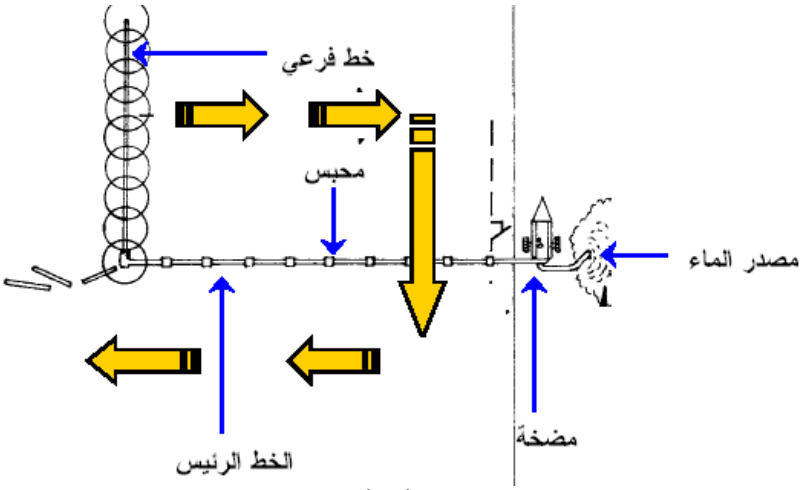
شكل 6-26 : نظام ري بالرش نقالي.



شكل 6-27 : وصلات التجميع السريعة.

**طريقة التشغيل:**

يقوم العمال بتوصيل الأنابيب ببعضها وتركيب الرشاشات عليها، ثم فتح صمام الري لبدء التشغيل، ويعد الزمن المحدد للري يتم إغلاق الصمام وتفريغ خط الأنابيب من المياه وفك الوصلات السريعة وحمل الأنابيب ونقلها إلى مكان آخر على الخط الرئيسي وهكذا، وقد يلزم أحيانا تفكيكً بعض أجزاء الخط الرئيسي (شكل 6-28).




شكل 6–28 :نظام نقالي ويلاحظ أن أجزاء من الخط الرئيسي مفكوكة.

من الصعب تطبيق هذا النظام في المحاصيل المرتفعة والتي تزرع على خطوط، كما لا يستخدم هذا النظام في حالة التربة الخفيفة والتي تروى على فترات متقاربة قد تصل إلى يوم واحد، وذلك لزيادة تكاليف العمالة في هذه الحالة، وينصح بعدم استخدام هذا النظام لفترات ري تقل عن ثلاثة أيام. وعادة ينقل خط الرشاشات من مرة إلى أربع مرات يومياً تبعاً لقيمة زمن الري في الموضع الواحد، وقد يستخدم أكثر من خط في نفس الوقت لري مساحات أكبر.

**الإدارة الحقلية لنظام الرى بالرش النقالى ( يدويا):**

عملية نقل الانابيب والرشاشات في الحقل من اكثر العمليات تكرارا في نظام النقل اليدوى، وقد يتطلب نقل النظام اربع مرات يوميا خلال فترة الذروة في موسم الرى، لذلك يكون من الاهمية اتباع بعض القواعد الاساسية لتنفيذ عملية النقل بسرعة مع تقليل الاضرار المحتملة لكل من المحصول ومكونات النظام الى حد ممكن وهى:

1 – بعد وضع خط الرشاشات في مكانه يفضل عمل غسيل للانبوب قبل وضع السداده الطرفية (طبة نهاية الخط) لازالة اى حبيبات للتربة.

2 – عند بداية الرى تكونه الانابيب غالبا مملؤه بالهواء ويلزم تفريغة اولا، وعادة يتسرب الهواء للخارج خلال الرشاشات أو الوصلات كما يمكنه وضع صمام مخصص لذلك في نهاية الانبوب.

3 – فتح صمام التصرف الى خط الرشاشات ببطء شديد لتجنب تحميل المضخة فوق طاقتها ولتجنب حدوث طرق مائى عند الطرف البعيد للخط.

4 – ضبط ضغط التشغيل بادارة الصمام حتى تظهر القراءة الصحيحة في مقياس الضغط.

5 – عند انتهاء الرى يغلق الصمام عند الخط الرئيسي بطء، ويترك الخط مدة كافيا لتصفية المياه منه.

6 – فك كوع الصمام واجزاء الخط ونقلها الى الموضع التالى واعادة تركيبة واتباع الخطوات السابقة.

7 – يراعى تنظيف مرشح الخط اذا وجد.

8 – يراعى دائما حمل الانابيب وهى في وضع افقى، وليس في وضع رأسي لتجنب اصطدام نهاياتها بالتربة أو تعرضها لخطوط الكهرباء وتؤدى الى صدمة كهربية.

9 – يراعى عند التركيب ان يفتح الصمام في بداية الخط فتحة صغيرة بعد اتمام تركيب اول جزئية منه ليسمح بازالة اى حبيبات للتربة تكون قد دخلت، وتستمر هذه العملية مع تتابع تركيب الاجزاء المتبقية، وعند النهاية توضع السداده الطرفية في مكانها ويبدأ ضغط المياه في الارتفاع تدريجيا، ومع عودة القائم بالرى الى بداية الخط يتحقق من عدم انسداد اى من الرشاشات او وجود تسرب من الوصلات، والتحقق من ان حوامل الرشاشات في وضعها الرأسي، وعند وصوله الى بداية الخط يفتح الصمام الى ضغط التشغيل المطلوب.

**مثال :**

حقل مساحته 16 هكتار مستوى السطح ومربع الشكل ويوجد بئر في منتصف المساحة، نوع التربة طمييية رملية سعتها التخزيين للمياه 100مم/متر عمق، حالة السطح تستوجب إستخدام اقصى معدل رش قدرة 13.3 مم/ساعة، عمق جذور المحصول 60سم، واقصى استهلاك مائى يومى 10مم/يوم تبعا للنمو والمناخ، اذا كانت سرعة الرياح السائده مقدارها 6 كم/ساعة، مسافات الرشاشات المقترحة 12 × 18 متر، ونسبة التداخل هى 45% ، 60% ، واقصى عدد ساعات تشغيل يومى 16 ساعة / يوم، كفاءة إضافة المياه لنظام الرى 75% فالمطلوب:

1 – إختبار الرشاش الملائم ( التصرف ، قطر الابتلال ، عدد الرشاشات).

2 – تحديد عمق مياه الرى الكلى ، زمن وفترة الرى ( الفترة مابين الريات).
3 – تحديد عدد خطوط الرش ، تصرف الخط ، عدد النقلات.
4 – تخطيط شبكة الرى بالحقل.
5 – تحديد سعة المضخة المطلوبة.

**الحل**

لإختبار الرشاش الملائم يجب تحديد التصرف وقطر دائرة الخدمة.

التصرف : $q = I \quad S_l \quad S_m$

$$= \frac{13.3X12X18}{3600} = 0.8L/s.$$

قطر دائرة الخدمة ( دائرة الابتلال):

$$W.D = \frac{12}{0.42} = 26.6m$$

$$W.D = \frac{18}{0.6} = 30m$$

∴ تصرف الرشاش 0.8 ل/ث، وقطر دائرة الابتلال 30 متر عمق ماء الرى الصافى dn :

$$dn = 100_{mm/m} X 0.6_m X \frac{50}{100} = 30_{mm}$$

عمق ماء الرى الكلى dg =

$$dg = \frac{dn}{Ea} = \frac{30}{0.75} = 40_{mm}$$

زمن الرى Ti :

$$Ti = \frac{dg}{I} = \frac{40}{13.3} = 3hr$$

فترة الرى F :

$$F = \frac{dn}{E_{To}} = \frac{30}{10} = 3day$$

طول ضلع الحقل :

المساحة = 16 X 10000 = 160 000 $m^2$

طول الحقل = $\sqrt{160000}$ = 400 m

**طول الخط الفرعى 200**

**عدد الرشاشات على طول الخط = ـــــ=16.6 رشاش = 16 رشاش**

**12 = $S_l$**

∴ التصرف المطلوب لخط الرش = 16 X 0.8 = 12.8 ل/ث

زمن الرى = 3 ساعات للرى + 1 ساعة للفك والنقل = 4 ساعات

**اقصى عدد ساعات تشغيل = 16 ساعة**

**عدد النقلات في اليوم = ـــــ = 4 نقلات**

**زمن الرى =4ساعات**

عدد النقلات اثناء فترة الرى = 12 X 18 = 12 نقلة

كل خط ينقل 12 نقلة اى يغطى طول مقداره = 12 X 18 m 216

عدد النقلات المطلوبة لتغطية طول الحقل ( 400 متر) = $\frac{400}{18}$ = 22.2 نقلة

قد يلزم 4 خطوط رشاشات لتغطية الحقل كله

– سعة المضخة = تصرف الخط الواحد × عدد الخطوط

184.3 $m^3/hr$ = 51.2 L/S = 4 X 12.8

## 2– نظام الرى المدفعى Gun System

يلائم النظام مساحات المراعى الشاسعة حيث تركب الرشاشات على مسافات من 35 الى 50 متر وبتصرف من 30–35 متر مكعب / ساعة وتعمل على ضغوط عالية من 5–7 بار وبمعدل اضافة عالى طبقاً لمواصفات الرشاش نفسه، وطاقة تساقط قطرات هذا النظام عالية مما يسبب انضغاطاً لسطح التربة لكبر حجم قطراته مسبباً انخفاضاً لمعدل تشرب التربة للمياه Intake rate وزيادة فرص فقد المياه بالجريان السطحى ويعتبر هذا النظام من الأنظمة الثابتة الا أنه يتم نقل الرشاش من وضع لآخر (حامل رشاشات لآخر) نظراً لتصرفه العالى وسعره المرتفع.

## نظم الري بالرش المحمولة:

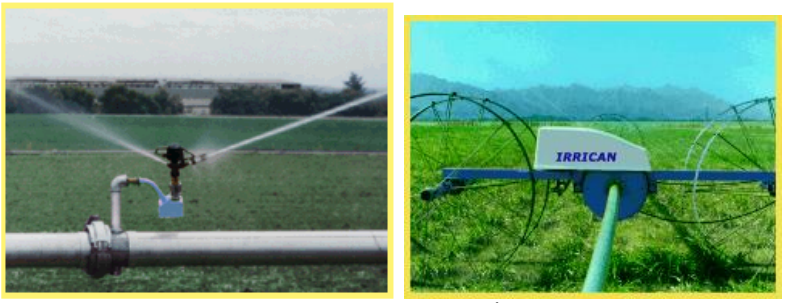
هناك أنواع خاصة من الخطوط الفرعية أكثر توفيرا للعمالة، لكنها أكثر تكلفة من الخطوط المتنقلة الأخرى سريعة التوصيل ومنها :

### 1-النظام المتنقل على عجل ( جانبي الحركة)
### Side – roll lateral:

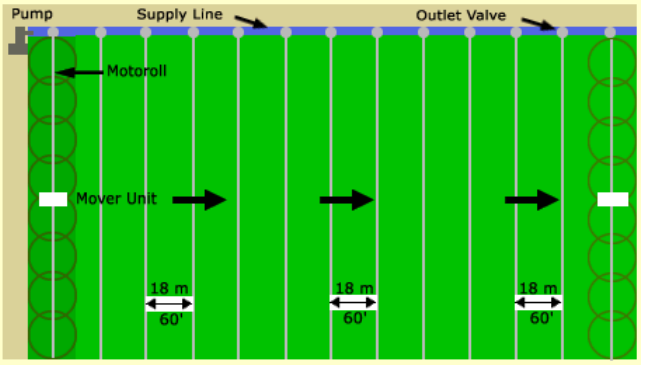
يتركب من خط من الأنابيب المتصلة ببعضها كوحدة واحدة ومحمولة على عجلات (شكل 6–29) علي مسافات تتراوح من 12–24 م، وتعمل الأنابيب كمحور للعجلات ، وتحمل الرشاشات عليها، إحدى النهايات متصل بمصدر المياه بواسطة أنبوب مرن ذو قطر مناسب (شكل6–30) والأخرى مقفلة. ويتحرك النظام بواسطة محرك بنزين أو محرك هيدروستاتيك محمول على شاسيه في منتصف الخط (شكل 6–31). وبعد انتهاء مشوار الري يقفل الصمام وتنقل الوصلة المرنة إلى الصمام التالي لاستمرار الري في مساحة أخرى وهكذا....(شكل 6–32) . ويتحرك خط الرشاشات بسرعة منتظمة تتراوح من 0.15–6 م/دقيقة. ويجب أن يراعى أن يكون نصف قطر العجل أكبر من ارتفاع النباتات، حيث يتراوح ارتفاع الخط من 0.6 – 1 متر والرشاشات مجهزة بوسيلة للحفاظ على وضعها رأسيا أثناء دوران الخط (شكل 6– 31)، ويتحرك الخط بطول الحقل لمسافات نقل تتراوح من 18–24م، ويتراوح طول الخط من120 – 400م و قطرة من 3–5 بوصة.

شكل 6–29: نظام الري بالرش جانبي الحركة.

شكل 6–30: أنبوب مرن لتوصيل المياة الي الجهاز من المصدر.




شكل 6–31 : محرك بنزين أو محرك هيدروستاتيك محمول على شاسيه في منتصف الخط. وبالجانب الأيسرتجهيزة للرشاشات للحفاظ على وضعها رأسيا أثناء دوران الخط.




شكل 6–32 : الوضع النموذجي لتشغيل النظام جانبي الحركة.

**2- النظام المجرور : Pull – type lateral**

هذا النظام يماثل النظام السابق في طريقة حركته في الحقل، إلا أن الفرق بينهما هو ان خط الانابيب في هذا النظام يحمل علي عجلات وشاسية يأخذ شكل حرف A، ويصل ارتفاع خط المواسير الى1.5م فوق سطح الأرض، ويتراوح قطره من 8.5-10.5 سم، وتبلغ المسافة بين العجلات وبعضها 15م. يبلغ طوله 240م (شكل 6-33) ولا يتحرك أثناء التشغيل ولا يتم فكه عند النقل، وإنما يسحب الخط بأكمله عبر الخط الرئيسي المدفون تحت السطح ويخرج منه محابس على مسافات تساوى المسافة ما بين النقلات أو طول الخط.

يتم في هذا النظام سحب الخطوط الفرعية المحمولة بواسطة الجرار. كما يتم توصيل المياه الى النظام من نقط التوزيع المنتشرة في الحقل تحت الضغط المطلوب. وعند نقل الخط يجب صرف المياه بداخله عن طريق محبس تصفيه،

شكل 6-33 : **النظام المجرور.**

وهو من النظم قليلة التكاليف. وهذا النظام يمكن ان يستخدم في معظم انواع الأراضي وفي محاصيل الخضروات، ويلائم المحاصيل الكثيفة والبقولية والمحاصيل المنزرعة على خطوط قصيرة الطول، ومحاصيل الأشجار.

يجب الحرص من إتلاف الخط نتيجة الإهمال في التشغيل كأن يتم سحبه دون صرف المياه من داخله أو الدوران به في دورانات حادة أو سحبه بسرعة عالية. وتزداد تكاليفه عن نظام النقل اليدوي بنسبة 50 %، ولكنه يتميز عنه بتوفير الأيدي العاملة بنسبة 70 %.

**3- النظام البرجى Boom type system:**

عبارة عن خط أنابيب مفصلي يدور ببطيء نتيجة ضغط الماء الخارج، يوجد عليه عدة فوهات أو رشاشات علي مسافات مناسبة علي طول إمتداد الذراع بما يضمن إنتظام توزيع الرذاذ، والخط محمول من منتصفه علي قائم رأسي على برج متحرك بواسطة جرار حيث أن هذا الذراع يدور حول محور القائم الرأسي بالسرعة المطلوبة (شكل 6-34)، ويبلغ طول الذراعين معاً من 50 -100 متر، وأقصى ارتفاع له 6 م ، وتبلغ المساحة المروية في الوضع الواحد من 1.5 - 2 فدان، ويعمل على ضغط من 5-6 ضغط جوى والتدفق من 40 – 75 م$^3$/ ساعة ويتراوح معدل الرش من 7 – 10مم/ ساعة. وبعد الأنتهاء من عملية الري يتم نقل الجهاز من الموقع الى موقع اخر باستخدام جرار زراعي. ولا يستخدم النظام البرجى فى مصر.

شكل 6-34 : النظام البرجي أو أنابيب الرش الدوارة.

## نظم الري ذاتية الحركة Self- propelled lateral

يوجد منها نوعان:

**1- الري المحوري Center Pivot:**

عبارة عن مجموعة من الأبراج ذاتية الحركة تدور حول المركز (شكل 6-35)، كل برج مثبت على عجلتين تعملان بواسطة محرك كهربي ويوجد وصلات مرنة عند كل ركيزة تسمح بأي انحرافات سواء في الاتجاه الأفقي أو الرأسي ولا تسمح بتسرب المياه، يتراوح قطر الخط من 6 – 9 بوصة. وتوجد أجهزة لتأمين

الحركة عند كل ركيزة تحافظ على استقامة الخط، ويتراوح الزمن اللازم للدورة الواحدة من 10–72 ساعة حسب نوع التربة، ومعدل دخول المياه لها، وكمية الرش المطلوب إضافتها للتربة، وسعة النظام.

شكل 6–35 : الري المحوري.

يوفر النظام 90% من العمالة حيث أن عامل واحد مدرب يكفى لتشغيل 10 أجهزة. والمساحة المروية بالجهاز الواحد تتراوح من 50 –250 فدان واستخدام الجهاز لمساحات أقل من 75 فدان يكون غير اقتصادي ويستخدم الجهاز لري معظم المحاصيل الحقلية والأراضي الخالية من العوائق الطبيعية وذات الطبوغرافية المنتظمة.

**مكونات جهاز الرى المحورى**

يتركب جهاز الرى بالرش المحورى من الاجزاء التالية (شكل 6–36):

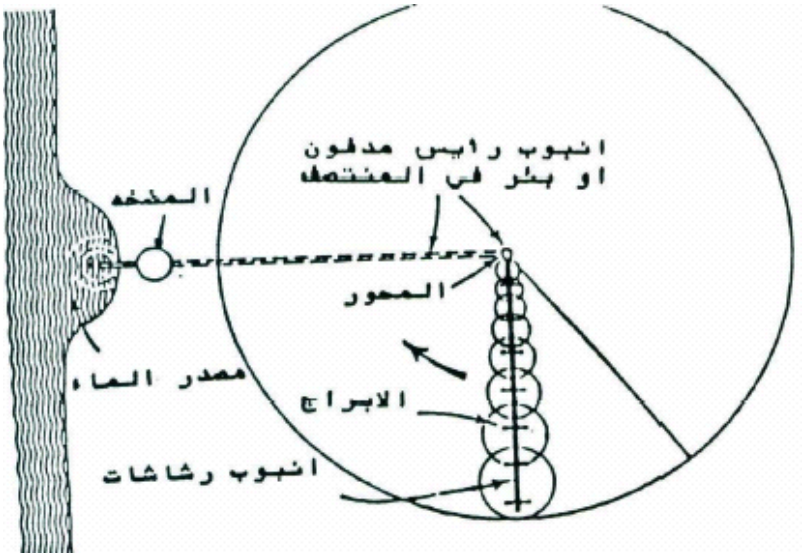
1 – **الخط الرئيسى** : مابين المصدر والمحور (مركز البرج).

2 – **المحور** : يمثل مركز المساحة المروية ومثبت على قاعدة خرسانية ويوجد عنده مايلى:

أ – صندوق التحكم وبه عدة مفاتيح لاختيار النسبة المئوية لسرعة الدوران، مفتاح تشغيل رئيسى ومفتاح لعكس اتجاه الحركة، مقياس لفرق الجهد.

ب –عداد لقياس ضغط المياه.

ج –معدات حقن السماد والكيماويات وتشمل مضخة حقن اسمدة ، تانك تسميد، صمامات تحكم.




شكل 6–36: وصف مكونات النظام المحوري.

3 – **خط الرشاشات** : من خط واحد مثبت على سلسة من الأبراج بارتفاع حوالي 3 متر والمسافة ما بين الأبراج تتراوح من 30– 50 متر، طول الخط كله من 150– 800 متر، طرف الخط عند المركز يدور حول المحور، ويرتكز على عده ركائز محمولة على إطارات. ويسمي الطرف الثابت للخط (Pivot point) وهو متصل بمصدر المياه. اما الطرف الاخر فيتحرك حركة حرة مكونا محيط دائرة الإبتلال. ويحمل خط المواسير علي حوامل بشكل جمالون (أو حرف A).

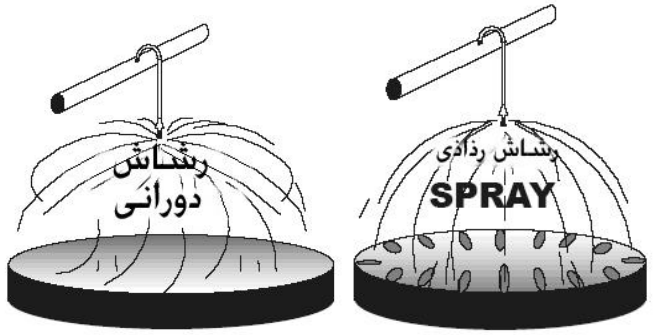
**4 – أجهزة تامين الحركة:** وتوجد عند كل ركيزة وتحافظ على استقامة الخط فعندما تصل الزاوية ما بين الابراج الى حد معين يتم قفل دائرة البرج المتحرك وتتحرك الركيزة التالية حتى تكون علي استقامة واحدة مع الركيزه الطرفية، وعند زيادة الزاوية عن حد معين فإن هذه الاجهزة تؤدى إلى إيقاف الجهاز بالكامل.

5 – **محركات دفع الركائز** : محركات كهربية مابين كل عجلتين.

6 – **الرشاشات :**

قد تكون رشاشات دواره او ثابته (شكل 6–37)، توضع غالبا مدلاه الى اسفل بواسطة انابيب حاملة تمتد من خط الرشاشات وذلك لتقليل أثر الرياح على الرش، وللحصول علي توزيع منتظم للمياه فإن الرشاشات قد تكون موضوعة على مسافات متساوية بحيث يزداد أقطارها مع البعد عن المركز، أو توضع على مسافات متغيرة

بحيث تتقارب كلما ابتعدنا عن المركز أو كلا من الطريقتين مع بعضهما ، ويتراوح ضغط التشغيل لجهاز الرى المحورى من 5- 8 ضغط جوي تبعاً لطول الخط.




شكل 6-37: الرشاشات الدواره و الثابته في الري المحوري.

**نسبة التوقيت:**

يتحكم البرج الأخير في حركة الجهاز، وهو يتحرك بسرعة خطية ثابتة ولكن فترات تحركه في وحدة الزمن (الدقيقة) تختلف على حسب ضبط نسبة التوقيت في صندوق التحكم. ويتم اختيار سرعة دوران البرج الأخيرعن طريق النسبة المئوية لسرعة الدوران بالنسبة للسرعة القصوى. فإذا كان المحور يدور دورة كاملة في 24 ساعة عند السرعة القصوى (نسبة توقيت 100%) فإنه يستغرق 32 ساعة عند ضبط نسبة التوقيت على 75% حيث أن:

$$n_1 t_1 = n_2 t$$

$n_1$ $n_2$ , نسبة التوقيت ، $t_1, t_2$ الزمن.

**2- نظم ري الأركان Corner system:**

مثل الجهاز السابق لكن يضاف إليه وحدة أبراج صغيرة أخرى (شكل 6-38) أو مدفع علي آخر برج (شكل 6-39) تغطى المساحات غير المروية ما بين الدوائر أو لري الحقول المستطيلة أو المربعة الشكل، وبها يروى الجهاز المحوري مساحة إضافية حوالي 17%، ويغطى مساحة حوالي 97% من مساحة الحقل المربع.

شكل 6–38: نظام ري الأركان بالري المحوري باستخدام برج إضافي صغير.

شكل 6–39: مدفع بنهاية خط الأبراج لري الأركان.

**3– نظم الري المحوري منخفضة الطاقة**

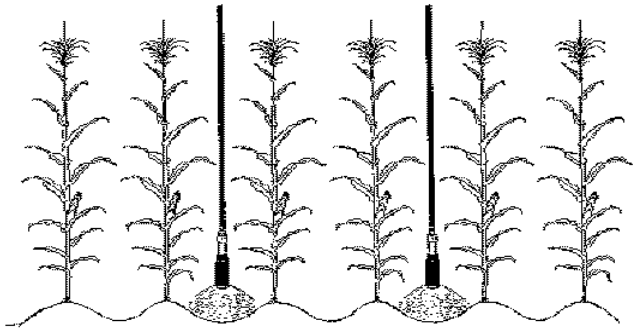
: Low Energy Precision Application (LEPA)

يشبه النظام المحوري السابق لكن الاختلاف في أن الخط الفرعي قد يكون مجهز بأنابيب تنقيط (شكل6–40)، أو فوهات رذاذية تعمل بضغط منخفض Low pressure orifice – (شكل6–41)، ويتم توصيل المياه فوق سطح الأرض مباشرة في خطوط (شكل6–42)، ويتطلب هذا النظام إعداد الحقل في أحواض صغيرة Micro- basin لتحسين التحكم في الجريان السطحي. كفاءة الري عالية

لكن تتطلب تربة ذات معدل رشح عالي لمنع الجريان السطحي وتحسين تجانس التوزيع.

شكل 6–40 : نظام ري محوري منخفض الطاقة (LEPA)

شكل 6–41 : الخط الفرعي مجهز بفوهات رذاذية تعمل بضغط منخفض



شكل 6–42 : توصيل المياه فوق سطح الأرض مباشرة في خطوط.

**4– النظام البرجي الخطى Linear – move:**

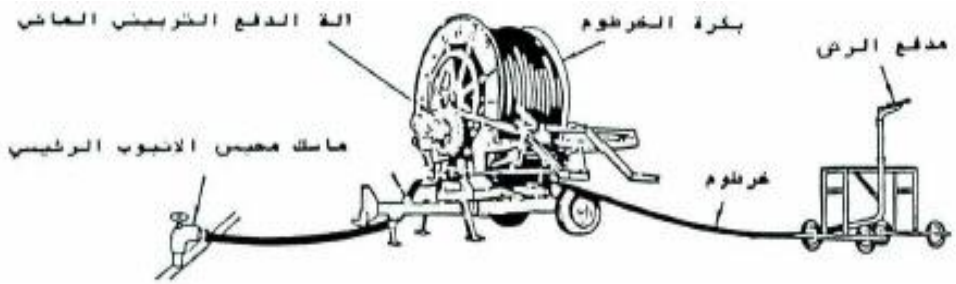
يشبه نظام الري المحوري في تركيبه فيما عدا أن كلا الطرفين غير مثبتين، والجهاز بالكامل يتحرك في اتجاه عمودي على مصدر المياه (شكل 6–43) يتم توصيل المياه من المصدر (قد يكون خط أنابيب مدفون أو قناة ري مكشوفة) بواسطة خرطوم مرن الي الجهاز. النظام يروى الحقول المستطيلة أو المربعة الخالية من العوائق.

يصل طول خط الرشاشات إلى 900 متر، يروي حقل بطول يصل إلى2500 متر أي أن المساحة المروية تصل إلى 500 فدان ، توضع وحدة التحكم الخاصة بالجهاز على عربة تسير بجانب قناة الري ، معدل الإضافة يتراوح من ( 5 – 100 مم/يوم) ويصلح في حالة الانحدارات حتى 15% إنما في اتجاه خط السير يكون أقصى ميل 1% ويغطى الجهاز حوالي 98% من المساحة الكلية للحقل، ويلائم المحاصيل سواء القصيرة أو الطويلة، ويماثل نظام التحكم به نظام الري المحوري، هذا بالإضافة إلى وجود سلك معدني ممتد على طول الأرض كدليل يقود حركة أنبوب الرش في الاتجاه الصحيح، ويبدأ السلك من الجهاز والطرف الأخر عند الجانب المقابل من الحقل، ويتم لف السلك بصورة تدريجية أثناء حركة الجهاز على ذراع ساحب يدار بمحرك مائي.

شكل6-43 : النظام البرجي الخطي.

**5- نظام الري بالرش المدفعي المحمول Traveler gun:**

عبارة عن رشاش عملاق مزود بأنبوب مرن يمده بالمياه، ومحمول على شاسيه بثلاث عجلات (شكل6-44)، ويمكن نقله من حقل إلى أخر، يأخذ المياه من مصدر الإمداد بواسطة خرطوم مرن أو من قناة مكشوفة عمودية على حركة المدفع، وتتم الحركة أثناء التشغيل بواسطة شد الخرطوم المحمول على بكرة عند حافة الحقل تدار بفعل ضغط المياه الواصلة إليها من المصدر عن طريق تربينة مياه (شكل 6-45) فتقوم بلف الأنبوب المرن حولها مما يعمل علي سحب المدفع. ليتحرك المدفع في خط مستقيم أثناء الرش المستمر. الأنبوب المرن من




شكل 6-44 : مكونات جهاز ري مدفعي ذي البكرة.

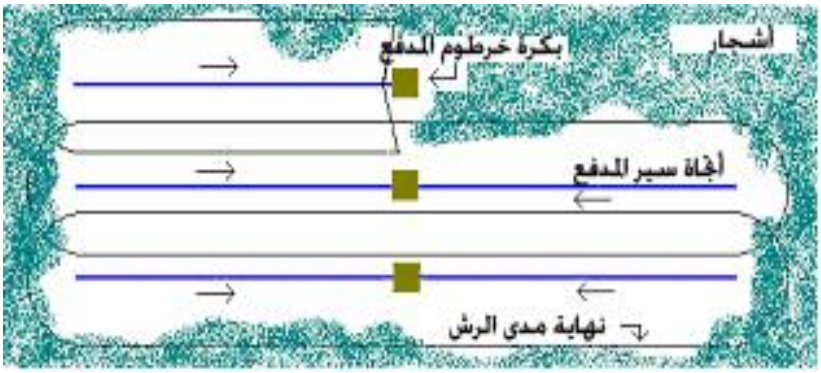
البولي إيثيلين (PE) قطرة الشائع 4 بوصة طوله من200 -300 متر، تدفق الرشاش يتراوح من 15-30 لتر/ ثانية عند ضغط من 6- 10 بار، قطر دائرة الابتلال تتراوح من 40- 120متر (شكل 6-46)، ويعتمد مقدار التداخل بين الشرائح على قطر دائرة الابتلال وعلى سرعة الرياح السائدة.

شكل 6–45: تربين الدفع بالماء. شكل 6–46: مدي الرش للمدفع.

ويستخدم غالباً رشاش يغطى جزء من الدائرة Part circle حيث يغطى حوالي 80 –90 % من مساحة الدائرة حتى يمكن مرور الرشاش على أرض جافة.

يقوم المزارع بتحريك الرشاش إلى نهاية الحقل عن طرق الشد بواسطة الجرار مع ثبات البكرة عند مصدر المياه، ثم يتم تشغيل النظام. وفي هذه العملية يخرج الخرطوم من البكرة ببطء وبالطول المطلوب فقط لري الشريحة الاولي، بعد ذلك يبدأ تشغيل المضخة ثم يفتح صمام الماء الموصل للخرطوم ببطء لتسحب عربة الرشاش ببطء الى نقطة البداية. وعند وصول عربة الرشاش الى موضع البكرة يصطدم بذراع يقوم بوقف البكرة عن الدوران آليا وفي بعض الحالات يقفل المصدر المائي ايضا. بعد ذلك يقوم المزارع بإدارة البكرة في الاتجاه المعاكس وري الشريحة المقابلة، أو نقل البكرة كلية إلى الشريحة التالية كما يتضح من (شكل 6–47).

يلاحظ أن سرعة الرشاش الخطية تكون ثابتة للحصول على توزيع منتظم للمياه، وبالنظر في نظام الحركة نجد أنه إذا دارت البكرة بسرعة دورانية ثابتة فإننا نحصل في النهاية على سرعة خطية للرشاش متزايدة نتيجة تزايد قطر البكرة بلف الأنبوب المرن حولها، ولكن يجب أن نلاحظ أنه كلما زاد لف الأنبوب حول البكرة يزداد الفقد في الضغط نتيجة مرور المياه في منحنيات دورا نية وهذا يقلل من السرعة الد ورانية للبكرة كلماً زاد عدد لفات الأنبوب المرن حولها مما ينشأ عنه توازن ما بين ازدياد السرعة الخطية نتيجة زيادة قطر اللف وتقليل السرعة الدورانية للبكرة نتيجة زيادة الفاقد في الضغط. يتطلب هذا النظام ضغط كبير يشمل ضغط تشغيل المدفع (5 –7 بار) بالإضافة إلى فاقد الضغط بالاحتكاك ويقدر بحوالي 1.4 – 2.7 بار.



شكل 6-47 : الوضع النموذجي لتشغيل النظام المدفعي ذو البكرة.

**ويناسب النظام الحالات الآتية:-**

1-المساحات ذات الاحتياج الموسمي الصغير وذلك لتقليل تكاليف الطاقة.

2-المحاصيل الطويلة مثل الذرة وقصب السكر.

معدل التجانس مرتفع خاصة في منتصف الشريحة باتساع 30 –60 متر، لكن نهايات الحقل يكون معدل الإضافة بها منخفض. تتراوح سرعة المدفع من10-50متر/ساعة وأقصى سرعة هي 80 م/ساعة. وبسبب كبر حجم القطرات، وزيادة معدل الإضافة فيفضل استخدامه في الأراضي الخفيفة ذات معدل الرشح العالي، وللمحاصيل الكثيفة.

**الإدارة الحقلية**

**1- إدارة نظام الرى البرجى:**

عند تشغيل الجهاز البرجى ويتدفق الماء من الفوهات بتولد ضغط عكس او دفعا في الاتجاه المعاكس للتدفق يجعل الذراع يدور وتستغرق الدورة منه 1-2 دقيقة ، ويراعي في التخطيط النمطى للتشغيل ما يلي:

1 – يكون الخط الرئيسي ممتدا على طول حافة الحقل ويبدأ من محطة الضخ وقد يكون ثابت او متنقل.

2 – الخطوط الفرعية المتنقلة والتى توصل الماء الى الجهاز تكون محمولة على حامل للانابيب تحت الذراع.

3 –ينقل الجهاز بواسطة عاملان ( الاول يقود الجرار، والثانى الانابيب ويقوم بتوصيلها بالجهازعنه طريق وصلات تلسكوبية تمكنه من وضع الجهاز في المكان المناسب).

4 – يبدأ الرى بضخ المياه ببطء وعندما يصل الضغط الى حد معين يبدأ الذراع في الدوران آليا حتى يتم الرى.

5 – عند نهاية الرى في الوضع الأول يقفل مصدر الماء وينقل الجهاز الى الوضع التالى.

6 – توضع الانابيب غيرالمستخدمة مرة اخرى على حامل الانابيب في الجهاز.

7 – تكرر الخطوات حتى يعود الجهاز الى الخط الرئيسي ثم ينقل مرة اخرى الى موضع الانبوب التالى.

8 – يفضل زحزحة وضع الجهاز على طول الانبوب واستعمال مسافات مثلثيه لتحسينه انتظامية التوزيع.

9 – ليس منه الضرورى فك الجهاز عند نقلة من موضع الى اخر في الحقل ويراعى:

أ – وضع الذراع في اتجاه الحركة.

ب – مسك طرف الذراع بحبل لعدم حركة الجهاز دائريا أثناء النقل ويمكن إدارة الذراع بالحبل حول اى عوائق بالحقل لتلافي الاصطدام بة.

ج – عند الحركة في ارض مائلة يفضل قيادة الجهاز مع اتجاه الميل وليس عمودى علية.

10 – عند تخزين الجهاز يفضل فك اجزائه للسهولة مع مراعاة:

أ – الانتباه اثناء فك الاذرع وازالة موانع تسرب المياه وتنظيفها وتخزينها بعناية .

ب – تشحيم كل اجزاء المتحركة وعلى الاحص الوصلة المركزية.

11 – يراعى احتياطيات الامان عند التشغيل بالقرب من خطوط الطاقة والسابق ذكرها في الرى المدفعى الإ أن المسافة بين فوهة المدى : خطوط الطاقة يجب الا تقل عن 15 متر والا يمر مسار الحركة تحت خطوط الكهرباء.

**2- نظام الرى المحورى :**

تلائم التربة الرملية نظم الرى المحورى، فهى تستطيع امتصاص الماء بسرعة، كما انها تتحمل العجلات بما تحمله من اوزان ثقيلة، وكذلك التربة غير المنتظمة الانحدار، ويمكن التحكم في الجهاز آليا من صندوق التحكم بالقرب من المركز، وتستعمل ساعات زمنية لتشغيل وايقاف الجهاز مع العديد من وسائل الامان الأخرى، فمثلا إذا انخفض ضغط الماء فجأه أو تعطل احد اجهزة دفع الابراج تتوقف عجلة الرى آليا. وبعدد قليل من العمال يمكن التحكم والصيانة في عدة انظمة محورية بسهولة تروى مساحات شاسعة، لكن يجب أن يكون هؤلاء العمال ذوى خبرة عالية في تشغيل تلك النظم.

**3- الإدارة الحقلية للنظام المدفعى المتحرك:**

1 – هناك انتقادات لهذه الأنظمة، منها انتظام توزيع المياه بها غير جيد، وزيادة حجم القطراتمما يؤدى إلى أضرار بالغة للمحاصيل والتربة، هذا بالإضافة الى حدوث جريان سطحى للماء، وبالتجربة يمكن تقليل مثل هذه الأضرار والحصول على معدل تجانس عالى اذا تم تشغيل المدفع بالضغوط المناسبة وباستعمال المقاسات الصحيحة لفوهات الرشاش، هذا بالإضافة إلى الاختيار الدقيق للمسافات بين المسارات وضبط اتجاهها، كما انه الحركة البطيئة المستمرة للمدفع يساعد على الحصول على انتظامية أفضل مقارنة بالنظم الثابتة.

2 – لتقليل مشاكل الجريان السطحى في التربة الثقيلة يمكن استخدام مدافع ذات فوهات رش اصغر للتقليل من معدل الإضافة أو زيادة سرعة حركة المدفع بدون ان يؤثر على الانتظامية.

3 – تعتمد المسافة ما بين المسارات على مدى الرشاش واتجاه وسرعة الرياح، وللتشغيل الامثل يجب ان تكون المسارات متعامدة على اتجاه الرياح، ويؤثر أيضا على اتجاه الحركة انحدار الأرض. ففى حالة الانحدارات الكبيرة يجب انه يتبع اتجاه الحركة الانحدار الرئيسي لأنه اذا كان مسار العربة عموديا على الميل سينتج عند انحراف الآلة خارج المسار ومع اتجاة الميل وجدول (6-7) يبين المسافة بين المسارات تبعا لسرعة الرياح.

4 – يجب ألا يقل عرض مسارات الحركة عن 3 متر لتكون كافية لحركة مدفع الرش وانحناء الخرطوم خلفها، ويفضل ألا يكون بالمسار أعشاب لأنها تقلل

من قوة السحب واحتكاك الخراطيم وذلك في حالة زراعة محاصيل طويلة مثل ألذره، أما في حالة زراعة محاصيل قصيرة مثل الأعلاف فيمكنه زراعة الحقل بالكامل بالمحصول دون تخصص مسارات معينة لان الجهاز يمكن أن يشكل مساره خلال الرية الأولى.

5 – يجب دائما فحص المسارات قبل بداية الموسم لإزالة اى أشياء يمكن ان تسبب تلفا للخرطوم مثل الأسلاك الشائكة والقطع الحديدية والأخشاب والمسامير ....الخ.

جدول 6–7: المسافة المناسبة بين مسارات الآلة تبعا لسرعة الرياح.

| قطر الابتلال (متر) | سرعة الرياح ( متر/ثانية) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | صفر | صفر– 2.5 | 2.5–5 | اكبر من 5 |
| | المسافة بين مسارات الحركة ( متر) | | | |
| 60 | 48 | 42 | 36 | 30 |
| 80 | 64 | 56 | 48 | 40 |
| 100 | 80 | 70 | 60 | 50 |
| 120 | 96 | 84 | 72 | 60 |

**الاحتياطات التي يجب مراعاتهاعند التشغيل:**

1 – تعتبر جميع الأجزاء المتحركة في الآلة مثل التروس والسيور وغيرها مصدر خطر أثناء التشغيل فيجب حفظ جميع الزوائد وأطراف الملابس بعيدا عنها.

2 – عدم تشغيل الجهاز الا بعد الإلمام التام بجميع خطوات التشغيل.

3 – عدم تسلق بكرة الخراطيم أو عربة مدفع الرش لإجراء اى تعديلات أثناء العمل.

4 – لإيقاف الآلة في حالة الطوارىء:

أ – قفل مصدر الماء بإيقاف المضخة أو غلق صمام الرى.

ب – تشغيل الجهاز الالى والذى يعمل على إيقاف الآلة عند نهاية الشوط.

ج – أتباع وسائل الامان الخاصة بالشركة الصانعة.

5 – أن يكون تيار الماء بعيد عن خطوط الطاقة لآن تلامسه معها قد يؤدى إلى:

أ – تسرب التيار عبر مسار الماء إلى جهاز الرش المدفعى.

ب – تأرجح الأسلاك واصطدامها ببعضها البعض مما ينتج عنه قطع التيار.

ويجب آلا تقل المسافة الحرة مابين فوهة الرشاش وخطوط الطاقة عن 30 مترا لضمان تفتت تيار الماء الى قطرات قبل أن تصل إلى الأسلاك.

6 – نظرا لأهمية تفتت تيار الماء لذا يجب ضبط التشغيل واللسان الدافع بدقة. ويساعد على ذلك أيضا استخدام الفوهات الحلقية بدلا منه المخروطية .

7 – أنه يكونه مسار حركة المدفع دائما في خط موازى لأسلاك الطاقة وليس عموديا عليها.

**القواعد العامة الواجب مراعاتها عند تشغيل شبكة الري بالرش:**

هناك بعض القواعد العامة التي يجب وضعها في الأعتبار عند تشغيل شبكة الري بالرش، وذلك من اجل تشغيل النظام بأقصي كفاءة ممكنة، واهمها:

1- يجب إختيار المضخة المناسبة مع تقدير ضغط التشغيل المطلوب عند مصدر الضخ.

2- عند بدء تشغيل شبكة الري يجب ان يبدأ المحرك الكهربي أو الماكينة في العمل بحيث تكون الصمامات مغلقة، وذلك حتي تحصل المضخة علي الضغط المطلوب، وعند وصول المضخة الى الضغط المنتظم فإن صمام التوصيل يفتح ببطء، وبالمثل يقفل هذا الصمام عند إيقاف وحدة القوي. ويجب مراعاة أن أي خطأ في ذلك سوف يتسبب عنه خلل في خط السحب.

3- يجب التأكد قبل التشغيل من احكام الإتصال السليم بين وصلات انابيب الخطوط الرئيسية، وانابيب الخطوط الفرعية ( خطوط الرشاشات)، وكذلك احكام تثبيت حوامل الرشاشات حتي لا يحدث اي تسرب للمياه.

4- يجب ألا يتعدي الفرق في ضغط التشغيل بالخط الرئيسي عن 15%.

5- يجب ألا يتعدي الفرق في ضغط التشغيل بين اول رشاش واخر رشاش علي الخطوط الفرعية عن 20%.

6- يجب أن توضح الخطوط الفرعية في اتجاه عمودي على اتجاه الرياح.

7- يجب العمل على تقليل مصادر الفقد في المياه مثل البخر ونقلها بالرياح خارج منطقة الري، والبخر من سطح الأوراق. ويصل مقدار هذا الفقد الى حوالى 15% ( فيما عدا ما يحمل خارج المنطقة بالرياح)، ويعتبرالرذاذ الساقط علي اوراق النبات ذو قيمة إذ انه يقلل من فقد مماثل بالنتح.

8- يجب ألا يتعدي تصريف الرشاش قيمة معدل التسرب للتربة حتي لاتتجمع المياه في برك صغيرة مما يؤدي الى زيادة البخر أو جريان سطحي.

9- يجب مراعاة تقدير عمق المياه الواجب إضافتها في كل رية، وكذلك تقدير الفترة بين الريات خلال فترة اقصي احتياج مائي.
10-يجب الأنتهاء من ري المساحة كلها قبل أن تبدأ ظهور اعراض نقص الماء على النباتات التى تم ريها فى بداية دورة التشغيل.
11-يجب الا تزيد فترة التشغيل عن 12ساعة حتي لا يتطلب الأمر نقل وحدات الري اثناء الليل.
12-يجب أن يكون نظام الري ذو تكلفة معقولة وان يستخدم في انتاج محاصيل ذات قيمة اقتصادية تتناسب مع تكاليف الإنشاء والتشغيل.

**تحسين أداء الري بالرش لترشيد استخدام المياه :**

للري بالرش مميزات كثيرة وله أيضاً بعض المشاكل والتي يمكن تجنبها تماماً وفيما يلي بعض الإرشادات اللازمة لرفع كفاءة أنظمة الري بالرش:
1- التصميم الجيد والمناسب لطبيعة التربة والتركيب المحصولي.
2- اختبار الرشاش المناسب من حيث معدلات التساقط والتي يجب أن تتساوى أو تقل عن معدلات الترشيح للتربة Intake Rate حتى لا يسبب تراكم المياه على السطح وفقدانها سواء بالجريان السطحي والذي تبلغ خطورته في الأراضي المنحدرة مسبباً نحرا لها وخاصة الطبقة السطحية تالفا للنباتات الصغيرة وإما بالبخر من سطح المياه المتجمعة.
3- تجنب الري بالرش أثناء ساعات النهار (10 صباحا حتى الرابعة عصرا) فهي أكثر الفترات تأثيرا على الفواقد وخصوصاً صيفاً مع تفضيل الري الليلي.
4- مراعاة إضافة كميات من المياه بما يتناسب مع قدرة التربة على حفظ المياه وعمق منطقة الجذور وعمق الطبقات الأقل نفاذية.
5- خفض ارتفاع حوامل الرشاشات (ارتفاع الرشاش من سطح النبات) تجنباً لحدوث بخر لقطرات المياه وانجراف لها مما يزيد من الفواقد.
6- اجراء اعمال الصيانة الدورية للتاكد من عدم وجود أي تسريب في الخطوط الرئيسية والفرعية والتي تسبب فقداً في المياه وانخفاض في الضغط.
7- اختيار فترات الري وزمن الري المناسبة لكل من التربة والمحصول وطبقا للظروف المناخية.

## ثانياً: الري الموضعي Localized Irrigation

**مقدمة تاريخية:**

يعتبر الري بالتنقيط من اهم طرق الري التي استخدمت وتطورت خلال نهاية القرن الماضي. وقد بدات اولي تجارب هذا النظام في عام 1920م حيث تطورت فكرة استخدام المواسير المثقبة تحت سطح التربة في كل من المانيا وفرنسا والاتحاد السوفيتي. وقد استخدمت نفس الفكرة في انجلترا عام 1948م في زراعة الطماطم. ومنذ اوائل الستينات بدأ نظام الري بالتنقيط ينتشر مع انتشار استخدام المواسير وخراطيم الري المصنعة من اللدائن وخصوصا في الصوبات الزراعية في كل من استراليا واليابان وجنوب افريقيا والولايات المتحده الامريكية واوروبا.وقد أدخل النظام في مصر في السبعينات. وعلي الرغم من ان نظام الري بالتنقيط بدأ ينتشر بمعدل سريع، الا أن المساحة المروية بهذا النظام لاتزال تمثل نسبة صغيرة من المساحة الكلية المروية علي المستوي العالمي. وتحت ظروفنا المحلية يعتبر نظام الري بالتنقيط هو اكثر نظم الري شيوعا واستخداما في ري محاصيل الخضر والفاكهة المنزرعة في الأراضي الصحراوية الجديدة أو تحت ظروف الصوبات الزراعية.

قد يضاف الماء فوق سطح التربة أو تحت السطح أو من خلال الهواء في صورة رذاذ بالقرب من النبات بمعدلات تقترب من الاستهلاك المائي للنبات، حيث تقل الفواقد التي تحدث مع نظم الري الأخرى مثل فواقد التسرب العميق، الجريان السطحي، البخر من سطح التربة. وقد بلغت المساحات المروية بهذا النظام في مصرحتى عام 2004 حوالي 700 ألف فدان (294 ألف هكتار).

يتم في طريقه الري الموضعي ري جزء محدود من التربة في مساحة صغيرة بجوار قاعدة النبات. ويطلق علي الري الموضعي بعض المسميات وهي:

ري بالتنقيط Trickle/Drip irrigation

ري اليومي Daily flow irrigation

ري نقطي Drop irrigation

ري دقيق Micro-irrigation

**مميزات الري الموضعي:**

1 – توفير مياه الري، حيث يصل الوفر في نظام الري بالتنقيط المصمم جيدا الي 50 % مقارنة بالنظم الاخري ( الري بالرش والري السطحي بالغمر). ارتفاع قيمة تجانس توزيع المياه حيث تصل كفاءة الري بالتنقيط من 85– 95 % بينما في الري بالرش تتراوح من 60–80 %، اما في الري السطحي فتتراوح من 50–60%.

2 – قلة استخدام الايدي العاملة حيث يعمل جهاز التنقيط ذاتيا.

3 – تتراوح نسبة الرطوبة في مواقع النباتات بين 80–100% من السعة الحقلية، ولهذا تتوفر الرطوبة للنباتات في فترات نموها المختلفة دون زيادة عن السعة الحقلية أو دون الوصول الى نقطة الذبول.

4 – يمكن الري بمياه تحتوي علي نسبة عالية من الاملاح، حيث يتم الري غالبا يوميا مما يزيد من تركيز الرطوبة الارضية باستمرار ويخفف من تركيزالاملاح بالماء الارضي، بينما في طرق الري السطحي يتم الري مرة كل اسبوعين، وبالتالي فإن الرطوبة الأرضية تتذبذب بين السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم مما يزيد من تركيز الاملاح بالماء الأرضي ويسبب ضرر للمحصول. كذلك فإن الري بمياه مالحة باستخدام الري بالتنقيط يتفادي سقوط المياه علي اوراق النباتات كما في حالة الري بالرش والذي يسبب اضرارا بالغة لأوراق النباتات عند تبخر المياه من علي سطوحها نتيجة لزيادة تركيز الاملاح.

5– يمكن التحكم في كمية وكفاءة المياه والاسمدة المضافة بدرجة كبيرة، حيث تحصل النباتات علي المواد الغذائية بصورة مستمرة ودقيقة وفي الوقت المناسب، ويعرف هذا باسم نظام التسميد والري Fertigation .

6 – نظرا لان سطح التربة يبقي جافا، لذا فإن الحشائش لا تنمو في التربة، وحتي في حالة ظهور بعض الحشائش القليلة في المناطق الرطبة فيمكن التخلص منها بسهولة مما يقلل من تكاليف مقاومة الحشائش.

7 – عدم تعرض الأرض للنحروالذي يحدث عند فتحات قنوات الري في حالة الري السطحي.

8 – يمكن تطبيقة في انواع متباينة من الأراضي وذات التضاريس المختلفة والتي قد تصل نسبة انحدارها من 5–6% دون حدوث انجراف للتربة.

9 – لا يحتاج النظام إلي تسوية التربة اذا ما قورن بالطرق التقليدية.

10– لا يعرقل اجراء العمليات الزراعية الاخري، حيث يمكن اجراء عمليات الرش والحصاد اثناء عملية الري، بعكس الحال في نظم الري الأخري.

11- عدم الحاجة الى انشاء شبكات للصرف.
12- لما كانت سرعة تدفق الماء بطيئة في الخطوط الرئيسية والخطوط الفرعية فانها تكون ذات قطر اقل مقارنة بالري بالرش، وهذا يقلل التكاليف بالاضافة الى استغلال مساحة كبيرة من الحقل.
13- يقلل من انتشار الامراض وتكاليف المكافحة.
14- لا يتأثر بالرياح .
15- الحصول علي انتاجية أعلي تحت ظروف الأراضي الرملية و الملحية وعند ارتفاع مستوي الماء الأرضي.
16- المحافظة علي البيئة من التلوث نتيجة عدم انتقال الاسمدة ومبيدات الحشائش وغيرها من المركبات الكيمائية الى المجاري المائية مع الماء الزائد.
17- يعد الري بالتنقيط من افضل الطرق للتحكم الآلي.
18- التوفير في إستخدام الطاقة نظرا لقلة التصرف والضغط المطلوب للنظام مقارنة بنظام الرش.

**مشاكل الري الموضعي:**

علي الرغم من المزايا العديدة التي يحققها استخدام نظام الري بالتنقيط، الا انه توجد بعض المشاكل والعيوب التي تواجه هذا النظام واهمها:-

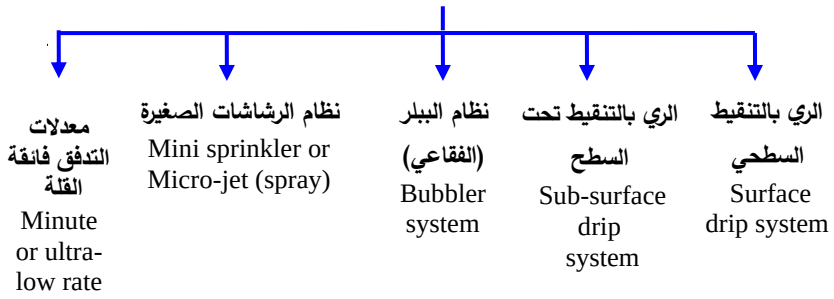
1- تكاليف الانشاء العالية.
2- حساسية شبكة الري للانسداد وهي اكبر المشاكل التي تواجه نظام الري بالتنقيط خصوصا نظرا لصغر قطر مسار المياه داخل النقاطات، ويؤدي هذا الى عدم تجانس توزيع مياه الري علي النباتات.
3- يحدث تراكم للاملاح علي حافة المنطقة المبتله للنقاط، ويزيد من تأثيرها الضار حدوث تساقط للامطار مما يسبب الحركة العكسية للاملاح الذائبة تجاه منطقة الجذور، ويؤدي الى حدوث ضرر شديد للجذور السطحية للمحاصيل. ويمكن تخفيف اثر ذلك عن طريق تشغيل نظام الري أثناء هطول الأمطار.
4- جفاف الأرض وتكوين غبار اثناء العمليات الميكانيكية.
5- ضرورة توافر مهارة عالية للتصميم والإنشاء والتشغيل و الإدارة الجيدة.
6- مجال انتشار الجذور يكون محصورا في نطاق ضيق (المنطقة المبتلة للنقاط). ولهذا يجب الاهتمام بالامداد الكافي للنباتات بالماء والعناصر الغذائية.

7- لا يجوز استعمال الاسمدة الفوسفاتية، عند تواجد الكالسيوم في ماء الري لحدوث ترسيبات تؤدي إلي انسداد النقاطات.
8- إحتمال تعرض الأنابيب الفرعية وأنابيب المنقطات للتلف.

أهم انظمة الري الموضعي :

**شكل 6-48 نظم الري الموضعي**

**Localized (Micro-irrigation) Systems**




**مكونات شبكات الرى الموضعي ومواصفاتها الفنية**

تتكون شبكات الرى الموضعي أساساً والتي تشترك لتبدا مع نفس مكونات شبكة الري بالرش من مركز الضخ ومركز للتحكم وخطوط رئيسية وتحت رئيسية وخطوط فرعية والموزعات كما هو موضح بشكل (6-49) . وفيما يلى أهم هذه المكونات ومواصفاتها الفنية:

**1- المضخة Pump :**

عادة ما تكون المضخة المستعملة من نوع المضخات الطاردة المركزية (Centrifugal pump) وذلك لضخ المياه بالضغط المناسب.

**عند اختيار المضخة يجب مراعاة النقاط الآتية:-**

أ- ان تتناسب امكانيتها مع مصدر الماء المتاح.
ب- ان تكون ذات قدرة تصريف مناسبة للمساحة المراد زراعتها.
ت- ان يكون الضغط الناتج كافيا لتصريف المياه عند الخطوط الفرعية.

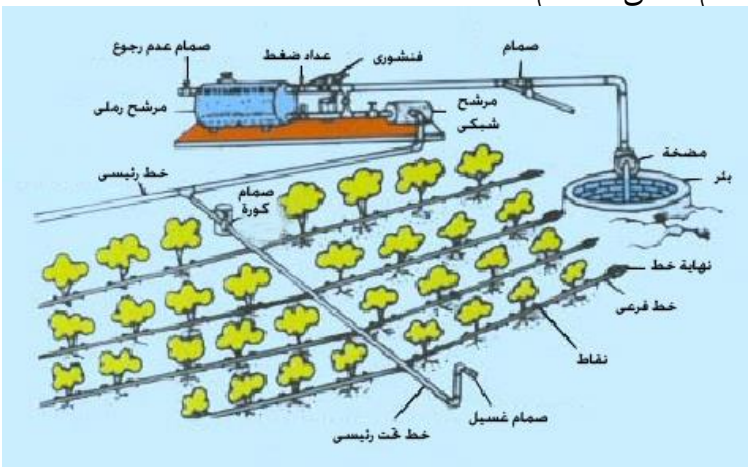
ث- ضرورة توفر قطع الغيار اللازمة والصيانة تحت الظروف المحلية.

**2- مركز التحكم Control head :**

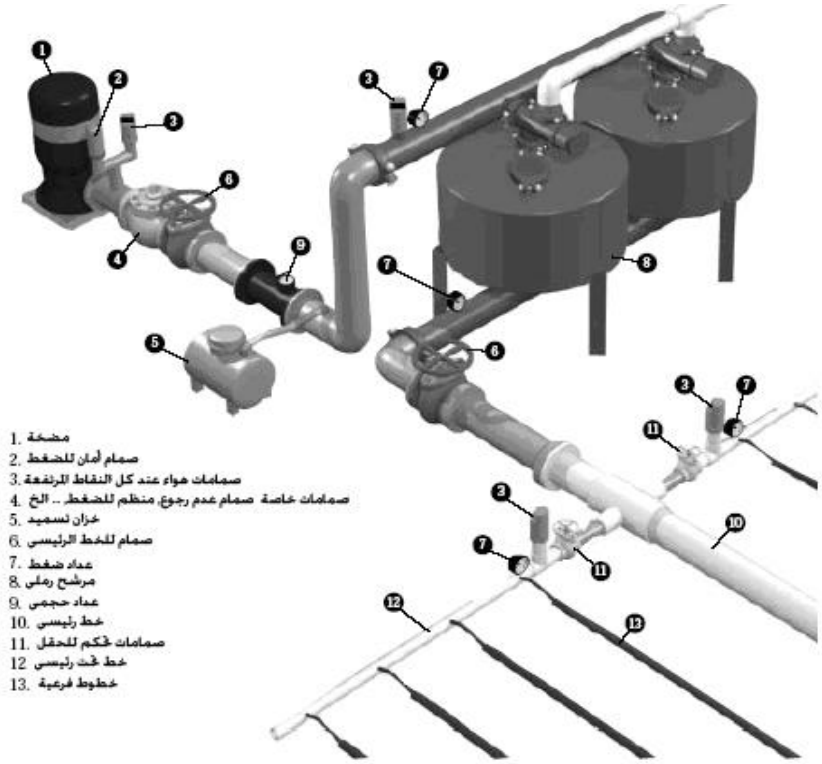
يلي المضخة ويقوم بتنظيم الضغط وكمية المياه المطلوب اضافتها وكذلك ترشيح المياه واضافة الاسمدة من خلالها. (شكل 6-50). ويوضع غالبا في منتصف الحقل أو بالقرب من مصدر المياه، ويعتبر من أهم مكونات نظام الري حيث يتم من خلاله السيطرة والتحكم في عمليات التشغيل المختلفة مثل تثبيت الضغط وتزويد النباتات بالمخصبات الزراعية والكيماوية، وترشيح المياه، أجهزة قياس لمعدلات التدفق والضغوط ويتضمن ما يلي:

**معدات الحقن Injection equipment:**

يعتبر الحاقن هو قلب نظام الرى الكيماوى. هناك العديد من طرق الحقن المتوفرة ولكل منها مزاياها وعيوبها. وفى هذا الجزء يوضح لنا المعلومات المطلوبة لاختيار نظام الحقن الملائم.




شكل 6-49 : المكونات الرئيسية لنظام الري بالتنقيط




شكل 6-50: مركز التحكم لنظام التنقيط والأجزاء الرئيسية في الشبكة.

**اختيار الحاقن:**

أن الاختيار الصحيح للحاقن وخزان محلول السماد يجب أن يتضمن الاعتبارات التالية:-

1 – نوع نظام الرى.
2 – المحصول المنزرع.
3 – معدل التدفق في نظام الرى.
4 – ضغط التشغيل في نظام الرى.
5 – معدل الحقن.
6 – نوع الكيماويات المطلوب حقنها.
7 – الأساس المبنى علية الحقن.(هل نسبة حجم ثابتة من السماد المطلوب إلى المياه أم لا؟).
8 – مصدر الطاقة.
9 – زمن التشغيل.

10 – متطلبات التوسع.
11 – اعتبارات الأمان.

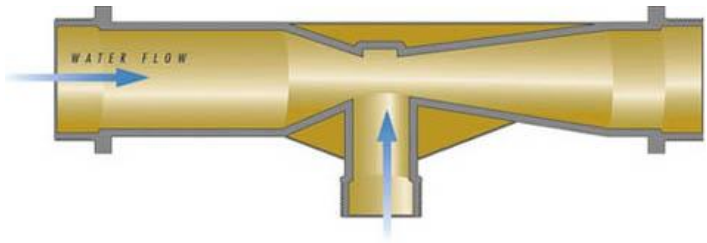
**خزان الأسمدة ومضخة حقن الأسمدة والكيماويات:**
Fertilizer tank: Chemical and fertilizer injector

يتم في داخل السمادة ذوبان الأسمدة في المياه، والتي تصله عن طريق خط فرعي، وتستمر عملية اضافة الأسمدة علي هيئة محاليل ذائبة في مياه الري لفترة زمنية لا تزيد عن 70–80% من إجمالي الفترة الزمنية المطلوبة للرية الواحدة لضمان سريان مياة بدون أسمدة تعمل علي غسيل الشبكة بعد انتهاء التسميد، وتركب مضخة حقن الأسمدة والكيماويات علي الخط الرئيسي، ويوجد نظامين هما:–

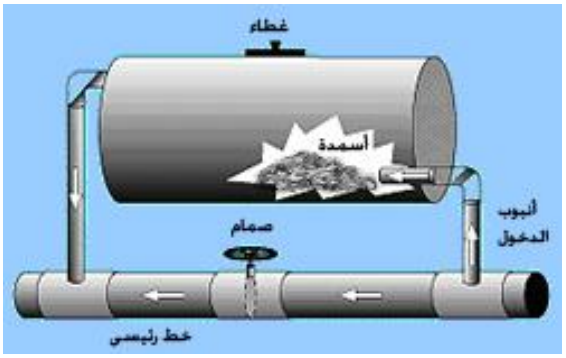
**أ– الحاقنات السلبية :Passive Injectors**

وهذه الأدوات تعتمد على الطاقة المستمدة من نظام الرى لحقن الكيماويات مثل الفنشورى (شكل 6–51) ، أنبوبة بيتوت ، باستعمال أنبوب السحب لمضخة الرى، واستعمال فرق الضغط ما بين نقطتين مع خزانات تتراوح سعتها من 90–120 لتر(شكل 6–52).

ويجب الاشارة الي أن نظام الحقن على جانب السحب لمضخة الرى محفوف بالمخاطر وخطر ، حيث اى مادة كيماوية يمكن أن تتسرب إلى مصدر المياه وذلك عند إيقاف المضخة أو انقطاع مصدر الطاقة هذه الطريقة لا يوصى بها لحقن اى مادة كيماوية. هذا بالاضافة الي أن اى هواء يدخل من الوصلات إلى انبوب السحب يمكن إن يسبب تعطيل أو تلف المضخة. وربما يكون أيضا من المطلوب صيانة إضافية للمضخة نتيجة تعرض أجزاءها الي الكيماويات.




شكل 6–51 : الفنشوري.




شكل 6–52: خزان التسميد مع مياه الري باستعمال فرق الضغط.

**ب– الحاقنات الفعالة: Active Injectors**

تستعمل الحاقنات الفعالة مصدر طاقة خارجى أو حركة ميكانيكية تحدث ضغط زائد عن ضغط خط الرى الرئيسي لحقن الكيماويات. الأنواع الرئيسية للحاقنات النشطة هى المضخات أو أنظمة الضغط. تستعمل مضخات الحقن ترس، دوار ، مكبس أو حجاب جاهز diaphragm لإعطاء ضغط اكبر يتجاوز ضغط نظام الرى لحقن الكيماويات. مضخات الحقن يجب إن تضبط بشكل سهل لمعدلات الحقن المختلفة وتكون من مواد غير قابلة للتآكل.

**4 – المرشحات Filters :**

تمثل المرشحات بأنواعها المختلفة الحماية الأساسية للانسداد المعدني أو العضوي، حيث يقلل الانسداد من تجانس توزيع المياه على طول الخط الفرعي وتأثير ذلك على انتظامية النمو وإنتاج المحصول. ترجع أهميه المرشحات إلى احتواء مياه الري علي كثير من الشوائب آلتي يجب أزالتها قبل أن تصل إلى الخطوط الفرعية والنقاطات وتعوق السريان أو تسد المخارج.

تستخدم المرشحات لتنقية المياه من المواد العالقة بها فقد تكون حبيبات صلبة عضوية أو غير عضوية ،طحالب ،ديدان ، اسماك ، حلزونيات ، بذور ، بقايا نباتية ...الخ. والمياه السطحية من البحيرات أو الأنهار تحتوى على شوائب بدرجة عالية وآلتي تزداد مع الأمطار والرياح .كما يعمل الجو الجاف، الإضاءة ،حركة السريان البطيئة على تشجيع نمو الطحالب بها وهذه المياه تتطلب نظام ترشيح معقد قد يتضمن أحواض ترسيب، مرشح دوامى، مرشح رملي، مرشح شبكي أو قرص، وهذا يعتمد على كمية ونوع الشوائب الموجودة.

أما مياه الآبار الجوفية فهي ذات نوعية جيدة وقد تحتوى على نسبة عالية من الرمال يصلح معها المرشح الدوامى أو الشبكي أو القرص، وقد تحتوى على أملاح غير ثابتة يمكن أن ترسب بالخطوط والنقاطات.

استخدام المرشحات يهدف الي المحافظة علي النقاطات وممرات الفوهات من الإنسداد لصغر قطرها وقلة تصريفها، وحتي لا يؤدي ذلك الى عدم انتظام توزيع المياه على النباتات. وهذه المشكلة تعتبر من أهم التحديات التي واجهت نظام الري بالتنقيط .

**يجب أن يفي المرشح بالاعتبارات التالية:**

* أن يكون قادرا علي ترشيح كميات من المياه تتناسب مع معدلات الري.
* لا يسبب فقدا كبيرا في الضاغط أثناء عملية الترشيح.
* تتطلب صيانة بسيطة غير معقدة وعلي فترات طويلة من العمل.
* أن يكون معتدل التكاليف.

كلما إزدادت كفاءة المرشحات كلما إزدادت كفاءة النقاطات.

وحدة الترشيح من أحد مكونات مركز التحكم، حيث يوضح المرشح الأول بعد المضخة ووحدة حقن المواد الكيماوية لإزالة الحبيبات الصلبة من مياه الري. وأحيانا تستخدم مرشحات ثانوية بعد المرشح الأول لإزالة آي مواد أو عوالق يمكن أن تمر عبر المرشح الأول أثناء عملية التشغيل أو التنظيف. وغالبا ما تكون فتحات المرشح الثانوي اكبر من تلك الموجودة بالمرشحات الأولية، كما أنها لا تحتاج إلى صيانة مستمرة.

قد توضح مرشحات شبكية صغيرة في بداية الخطوط الفرعية أو مجموعة من الخطوط الفرعية لزيادة الأمان حيث تقوم بحجز آي شوائب قد تمر أثناء الغسيل العكسي للمرشحات الرئيسية أو عند أجراء أعمال الصيانة.

## أنواع المرشحات :

من أنواع المرشحات المستخدمة :

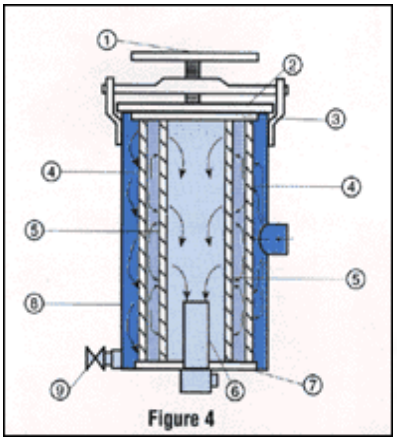
أ– المرشحات التي تعمل بالضغط مثل المرشحات الشبكية ، القرصية ، الرملية ، الدوامية (فاصل الرمال).

ب–مرشحات تعمل بالجاذبية الأرضية مثل أحواض الترسيب وتستخدم عند زيادة الشوائب والرمال بمياه الري.

### 1- المرشح الشبكي Screen filter:

من أبسط أنواع المرشحات ويتم الترشيح عن طريق شبكة من الصلب أو البلاستيك، ويتم طلائه من الداخل بمادة الأيبوكسي، تتراوح فتحات الشبكة من 80- 200 مش (المش يعبرعن عدد الثقوب في البوصة). جدول (6-8) يوضح مقدار اتساع الفتحات بالميكرون عند أرقام المش Mesh المختلفة. ويقوم المرشح بحجز الرمل الناعم جدا، والطحالب إذا وجدت بكميات متوسطة، حيث أنها يمكن آن تسد مصفاة المرشح بسرعة حتى لو كانت مصممه لحجز المواد العضوية، وقد تكون المصفاة من شبكة (SS) صلب لا يصدأ أو التفلون أو البوليستر ،ويمكن تنظيف المرشح عن طريق تدفق المياه بسرعة عالية فوق المصفاة لإزالة المواد المترسبة، أوعكس اتجاه تدفق المياه خلال المرشح لإزالة المواد المتجمعة (الغسيل العكسي).

يتم دخول المياة الي المرشح في المنتصف لتمر عبر شبكات الترشيح الداخلية والخارجية ، وتخرج المياة من الفتحة السفلي للمرشح. ويجب أن يراعى ألا يزيد معدل التدفق عن 135 ل/ث لكل م2 من مسطح المصفاة . المرشح الشبكي فعال عند عدم وجود شوائب عضوية، وهو رخيص الثمن ، وصيانتة سهلة. مكونات المرشح الشبكي موضحة بشكل (6-53) .



**1- فتيل غطاء المرشح 2- غطاء 3- جوان الغطاء**

**4- شبكة المرشح الخارجية شمعة ( ماسورة مثقبة من P.V.C. مغطاة بمصفاة ترشيح واسعة) 5- شبكة المرشح الداخلية شمعة (ماسورة مثقبة من.P.V.C مغطاة بمصفاة ترشيح دقيقة) 6- نبل 7-جوان 8- جسم المرشح من المعدن المطلي بالايبوكسي.**

**9-صمام صرف**

**شكل 6-53 : أجزاء المرشح الشبكي.**

**2- المرشح الشبكي الدوامي Circulating screen filter:**

يشبة المرشح السابق الا أن اتجاة سريان المياة عكسي حيث تدخل المياة الي داخل شبكة المرشح في حركة دائرية أو دوامية في اتجاة جسم المرشح الي الخارج كما هو مبين في شكل (6-54).

**3- المرشح القرصي Disk filter :**

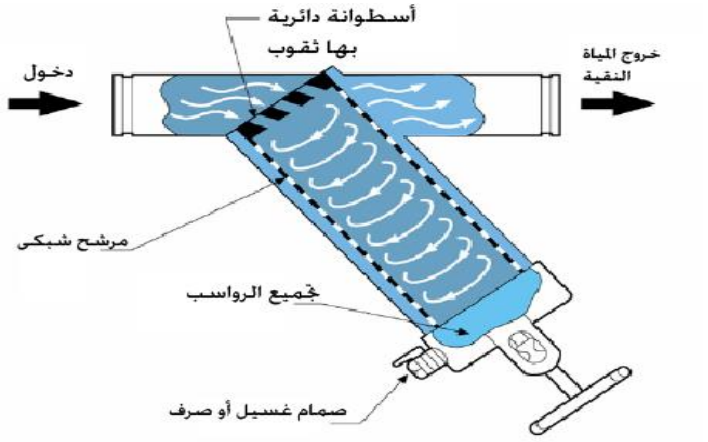
يشبة في تركيبة المرشح الشبكي الا ان الشبكة المعدنية تستبدل بمجموعة من الأقراص أو حلقات ذات تعاريج أو بروزات بمقادير محددة علي حسب درجة الترشيح المطلوبة ولكل درجة ترشيح لون تجاري مميز (جدول 6-8)علي حسب مواصفات الشركة المنتجة. كما هو مبين في شكل (6-55).

**اختيار المرشح الشبكي أو القرصي:**

يتوقف اختيار المرشح علي كل من:

* المساحة الفعالة Effective area: هي مساحة فتحات الشبكة. وهي هامة لعلاقتها بقطر الأنبوب الرئيسي كنسبة والتى يجب أن تزيد عن 2 (مساحة فتحات الشبكة : مساحة قطر الأنبوب $\leq 2$)

* رقم فتحات المرشح ( مش Mesh) يعتمد على أصغر الحبيبات التى يجب إزالتها من مياة الري ويتوقف علي أقل اتساع للمسار داخل النقاط.




شكل 6-54: مكونات المرشح الشبكي الدوامي.

شكل 6-55 : المرشح القرصي.

**سعة المرشح :**

يجب أن تكون سعة المرشح كافية لتسمح بمرور المياه بالمعدل الطبيعي بدون صيانة متكررة. وأقصى فاقد للضغط مسموح به عبر المرشحات يوصى به قبل بدء عملية الغسيل هو 70 كيلوباسكال، وبالنسبة للمرشحات آلتي يتم تنظيفها يدويا يجب ألا تزيد هذه الصيانة عن مرة واحدة في اليوم.

جدول 6-8 : يوضح مقدار اتساع الفتحات بالميكرون عند أرقام المش Mesh المختلفة ولون الأقراص في المرشح القرصي.

| رقم المش | قطر فتحة الرشح، ميكرون* | لون الأقراص التجارية |
|---|---|---|
| 18 | 800 | أبيض |
| 40 | 420 | أزرق |
| 80 | 180 | أصفر |
| 120 | 125 | أحمر |
| 140 | 115 | أسود |
| 200 | 74 | أخضر |
| 600 | 25 | رصاصي |
| * الميكرون = 1/ 1000 ملليمتر | | |

**حجم الحبيبات Particle size :**

يعتمد حجم الحبيبات المراد إزالتها من المياه على نوعية النقاط المستخدم وآلتي يعطى الصانع توصيات بها . وغالبا ما يوصى صانعي النقاطات بإزالة الحبيبات الأكبر من 0.075 مم (200مش). فى جميع الأحوال يجب أن تزال كل الأقطار الأكبر من $\frac{1}{10}$ من قطر فوهة النقاط.

**3- المرشح الرملي Sand filter:**

يعتبر مرشح ابتدائي لحجز الرمال الناعمة والمواد العضوية خلال طبقات الرمل وبمعدلات فصل اكبرمن المرشح الشبكي. وتكون وحدة الترشيح مجهزة بدائرة غسيل عكسية تعمل آليا أو يدويا، ومزودة بمرشح شبكي أو قرصي لحجز آي شوائب بالمياه أثناء عملية الغسيل العكسي. يستخدم عند وجود مواد غير عضوية أو عضوية في مياه الري، وهو عبارة عن خزان به وسط من الحصى أو الرمل (شكل 6-56)، يبلغ تدفقه حوالي 60 م$^3$/ساعة/م $^2$ من المسطح الأفقي للمرشح. وهناك أنواع مختلفة من أوساط الترشيح يتم اختيار أي منها علي حسب درجة الترشيح المطلوبة كما هو موضح بجدول (6-9). ويتأثر أداء وخصائص المرشح الرملي بنوعية مياه الري، حجم وسط الترشيح الرملي، معدل التدفق، فاقد الضغط المسموح به.

شكل 6-56 : محطة ترشيح رملية.

جدول 6-9 : أنواع أوساط الترشيح الشائعة وبعض خصائصها.

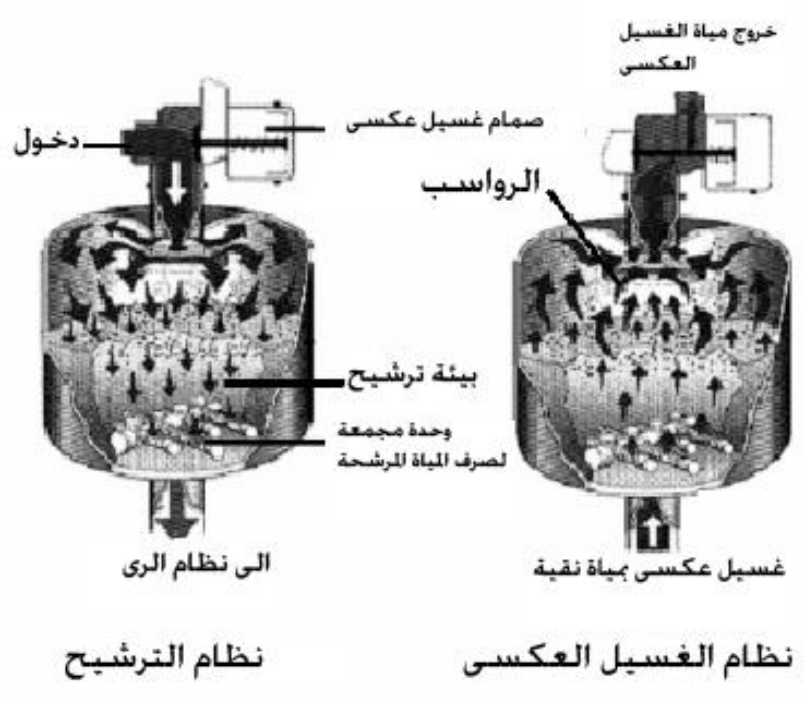
| رقم وسط الترشيح | المادة | متوسط القطر الفعال (مم) | درجة الترشيح (مش) |
|---|---|---|---|
| 8 | كسر جرانيت | 1.50 | 140-100 |
| 11 | كسر جرانيت | 0.78 | 200-140 |
| 16 | سيليكا | 0.66 | 200-140 |
| 20 | سيليكا | 0.46 | 230-200 |
| 30 | سيليكا | 0.34 | 400-230 |

**الغسيل العكسي للمرشحات الشبكية والقرصية :**

يجب أن يكون الغسيل العكسي متتالي بدرجة كافية للمحافظة على فاقد الضاغط في الحدود المسموح بها، وقد يكون الغسيل يدويا أو بنظام آلي عن طريق ساعة توقيت علي أساس فترات زمنية محددة بناءا علي فترات التشغيل ونوعية مياة الري أو مقياس حساس لفرق الضغط ما بين دخول وخروج المياه ليتم الغسيل عند وصول فرق الضغط الي مستوي محدد مسبقا 20-35 كيلو باسكال.

**الغسيل العكسي للمرشحات الرملية :**

في حالة المرشح الرملي، زيادة معدل التدفق أثناء الغسيل العكسي يؤدي الي خروج الوسط بالكامل من المرشح ويجب علي المشغل ضبط معدل التدفق في الحدود الملائمة عند الغسيل العكسي (شكل 6-57). وقد تؤدي الكيماويات والنشاط البكتيري الى تحجر الوسط الرملي بالمرشح وعندها يتم تغيير الوسط بالكامل.

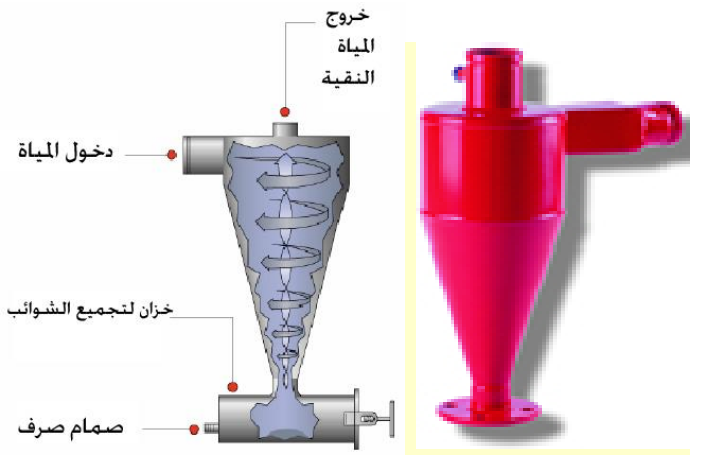



شكل 6–57 : الغسيل العكسي ومكونات المرشح الرملي.

**4– مرشحات الطرد المركزي أو المرشح الدوامي: Centrifugal filters**

يتم الترشيح بواسطة الطرد المركزي أو الدوامات المائية لإزالة 70–95% من المواد الصلبة العالقة بمياه الري وذات الوزن النوعي الأكبر من الماء وحتى قطر أكبر من 75 مبكرون (200 مش)، ويمتاز بفاعليته وبساطة التركيب (شكل 6–58) ،وعدم احتياجه للغسيل العكسي،انما يتطلب تنظيف منتظم يدويا أو آلياعلى حسب سعة خزان تجميع الرواسب، والفقد في الطاقة يكون أقل ولكنة غير فعال في حجز المواد العضوية. و يوضع بعد المضخة ويعمل كمرشح أولي.

وهذا النوع عبارة عن مخروط مقلوب تدخل المياه من احد جوانبة لتخرج من طرفه العلوي، ونتيجة لدفع المياه داخله بشدة يأخذ مسار دائريا يتباعد عن مركز الترشيح إلي الجوانب بقوة الطرد المركزي.




شكل 6-58 : مكونات المرشح الدوامي وحركة المياة داخل المرشح.

**اماكن تركيب المرشحات فى وحدة التحكم:**

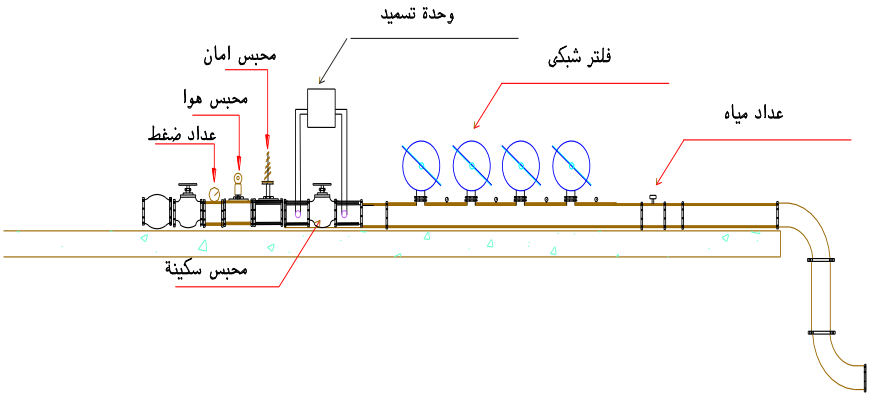
**أ- فى حالة مياه الابار:-**

مضخة – مرشح طرد مركزى (اذا لزم الامر لزيادة درجة الترشيح والتخفيف على المرشحات التالية)- حاقن الكيماويات مرشح شبكى أو قرصي (شكل 6-59).

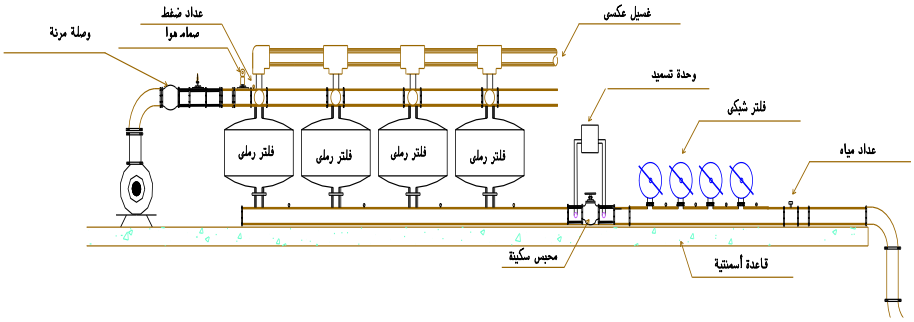
1.**فى حالة المياه المكشوفة** ( انهار – ترع- بحيرات) شكل (6-60).

1- مضخة ←مرشح ميديا ←حاقن الكيماويات ←مرشح شبكى

2- مضخة ←حاقن الكيماويات ←مرشح ميديا ←مرشح شبكى




شكل 6-59 : تركيب المرشحات في وحدة التحكم في حالة مياه أبار.




شكل 6-60 : تركيب المرشحات في وحدة التحكم في حالة المياه المكشوفة (انهار – ترع – بحيرات – خزانات مكشوفة)

### 6- أحواض الترسيب Settling Basin

تستخدم للتهوية وترسيب المواد الصلبة: تستخدم عند احتواء مصدر المياة علي مستوى عالي من المواد الصلبة من الرمل والسلت ، أو لتهوية المياة الجوفية التي تحتوي علي نسبة عالية من الحديد أو المنجنيز. وتصمم بحيث تسمح بمكوث المياه بها 15 دقيقة على الأقل Retention time، ترسب خلالها الشوائب غير عضوية والأكبر من 80ميكرون (حوالي 200مش)

تكون أبعاد الحوض لمعدل تصرف 75 ل/ث كما يلي :العمق 1.5م، الاتساع 3.3م ، الطول 13.7م. ونسبة الطول إلى العرض كبيرة نسبيا حتى تمنع الحركة الدوامية وتأثيرها على زمن المكوث، ويجب أن يكون جوانب الحوض والقاع معزولة أو مبطنة لمنع النمو الخضري والطحالب.

### اجهزة القياس : Gauges

هي عبارة عن عدادت تقوم بقياس كميات المياه، أو قياس الضغوط وتوضع قبل وبعد المرشحات.

### 3- خطوط توزيع المياه: Piping system

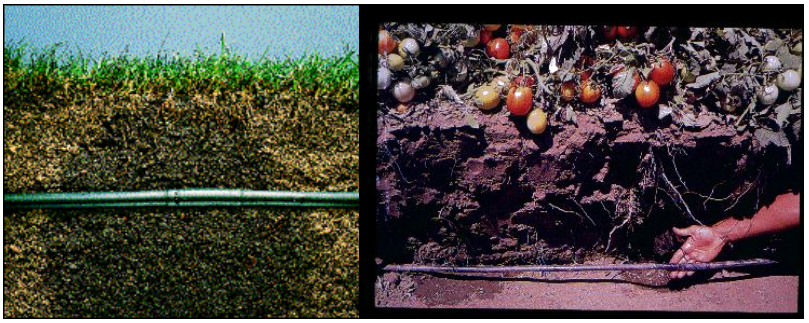
تكون عادة من (PVC) أو (PE) وتتضمن كل من:

أ- **الخطوط الرئيسية** : تقوم بتوصيل المياه من وحدة الضخ إلى الخطوط تحت رئيسية.

ب-**الخطوط تحت رئيسية** : تقوم بتوصيل المياه من الخطوط الرئيسية إلى الخطوط الفرعية. وكذلك تقوم بالتحكم في تصريف المياه حتي يمكن ري أي جزء من الحقل علي حدة في اي وقت يتم اختياره.

**الخطوط الفرعية:** تقوم بتوصيل المياه من الخط تحت رئيسي إلى المنقطات وتصنع من مادة البولي ايثيلين الأسود وتتراوح اقطارها من 10-25 مم، ولكن اكثرها شيوعا هو 16، 18 ، 20 مم. وتمتد الخطوط الفرعية عموما بجوار صفوف النباتات أو بينها شكل (6-61). وقد تكون الخطوط علي سطح التربة أو مدفونة تحت السطح بعمق من 10 – 20 سم علي حسب نوع التربة (شكل 6-62). وقد تركب النقاطات علي الخطوط الفرعية مباشرة، أو خارجها وذلك باستخدام انابيب توصيل بقطر صغير (من 3 – 5 مم) ومركبة علي حوامل بعيدا عن الخطوط. ويوضح جدول رقم (6-10) المواصفات الخاصة بانابيب أو خطوط شبكة الري بالتنقيط.

شكل 6-61 : امتداد الخطوط الفرعية علي سطح التربة بجوار النباتات.



شكل 6-62: الري بالتنقيط تحت سطحي.

جدول 6-10: مواصفات خطوط الري بالتنقيط البولي إيثيلين.

| القطرالخارجي مم | السمك مم | الضغط ض.ج |
|---|---|---|
| 15.5 | 1.20 | 2.50 |
| 18 | 1.20 | 2.50 |
| 20 | 1.50 | 2.50 |
| 25 | 2.10 | 4.00 |
| 32 | 2.60 | 4.00 |
| 40 | 2.70 | 4.00 |
| 50 | 2.70 | 4.00 |
| 63 | 2.70 | 4.00 |
| 75 | 3.20 | 4.00 |
| 90 | 5.10 | 6.00 |
| 110 | 6.30 | 6.00 |

**قطر الخط الفرعي:**

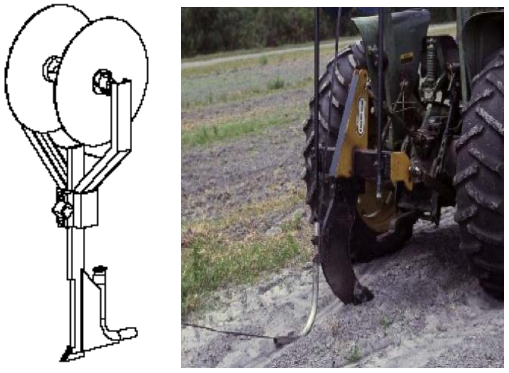
كما في الري بالرش علي اعتبار أن النقاطات بدلا من الرشاشات التي تمثل مخارج التصرف، يعتمد قطر الخط الفرعي علي معدل التدفق، الطول، وفاقد الاحتكاك المسموح بة. حيث يتناسب قطر الخط الفرعي طرديا مع كل من الطول، معدل التدفق. مع الأخذ في الاعتبار أن زيادة القطر يزيد من التكاليف.

**الرى تحت سطحي Subsurface irrigation:**

يتم فية إضافة المياه من خلال فوهات النقاطات اسفل سطح التربة ويختلف هذا النظام عن الرى الباطني Subirrigation الذى يتم عن طريق التحكم فى مستوى الماء الأرضي. وتدفن الخطوط الفرعية في الري تحت سطحي بالعمق المطلوب وتغطيتها في آن واحد ، ويتم ذلك إما يدويا أو بآلات خاصة مثل الموضحة في شكل (6-63).

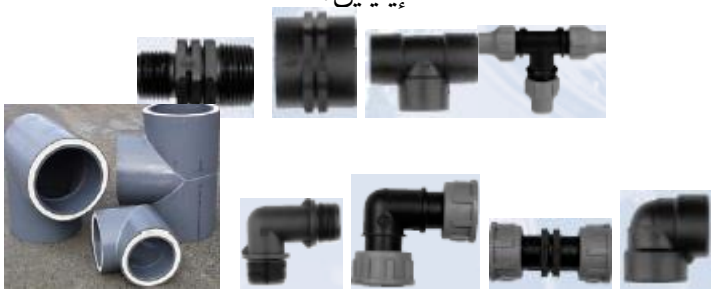
**الوصلات : Fittings**

تحتاج خطوط انابيب شبكة الري بالتنقيط الى العديد من الوصلات المختلفة الاشكال والاحجام لربطها ببعضها، وتصنع كلها من مادة PE أو P.V.C والموضحة بالأشكال (6-64 ، 6-65).



شكل 6-63 : آلة لوضع خطوط التنقيط المدفونة تحت سطح التربة.

شكل 6-64 : بعض الوصلات المستخدمة في الخطوط الفرعية من البولي إيثيلين.



شكل 6-65 : بعض الوصلات المستخدمة في الخطوط الرئيسية وتحت رئيسيةمن PE أو P.V.C.

**المواصفات الفنية لمواسير وخراطيم نظم الرى: (جدول 6-11)**

**Technical Specification of Irrigation Systems Pipes and Tubes**

**أ- معايير بالوحدات الانجليزية( بوصة)**

1-المعيار الإنجليزى **British Standard (BS)**

2-المعيار الأمريكى (جدول 6-12) **American Society Testing and Materials (ASTM)**

3-المعيار الاسترالى **Australian Standard (AS)**

**ب- معايير بالوحدات الدولية - النظام المترى (مم)**

المعيار الالمانى (جدول 6-13) **Deutsche Industrie Normen (DIN) (German Industrial Standards)**

المعيار الدولى **International Standards Organisation (ISO)**

**أنواع المواسير:**

1-مواسير الأسبستوس **Asbestos – Cement pipes**

2-المواسير البلاستيكية **Plastic Pipes**

* البولى فينيل كلوريد **Poly Vinyle chloride (P.V.C)**
* البولى أثيلين Polyethylene وهو أما منخفض الكثافة **LDPE** أو عالى الكثافة **HDPE**
* البوليبرين
* الاكريلوتر – بوتادين – ستيرين Acrylonitrile Budadiene Styrene ABS

**مميزات المواسير البلاستيكية PE, PVC:**

1-قدرة تحملها للضغوط المائية الداخلية.

2-مقاومة عالية للأحماض والكيماويات المستخدمة مع شبكات الرى.

3-إنخفاض معامل الاحتكاك مما يؤدى الى انخفاض فواقد الاحتكاك بداخلها.

4-سهولة التركيب والصيانة فى شبكات الرى والصرف.

جدول 6-11: مواصفات مواسير الضغط ( الرى)

| الرقم | BS 3505 /3506 |
|---|---|
| رتبة الضغط | B (6 بار) ، C (9بار) ، D (12 بار) ، E(15 بار). |
| الأقطار | 4/3 –8 بوصة |
| الأطوال | 5.8 –6 متر |
| اللون | رصاصى داكن |
| طريقة الوصل | مادة لاصقة أو جوان |

جدول 6–12: مواصفات المواسير طبقا للمواصفات الامريكية القياسية (ASTM)

| الرقم | ASTM.D 1785 | ASTM D 2241 |
|---|---|---|
| رتبة الضغط رطل /بوصة$^2$ PSI | SCH 40 , 80 | 100–125 –160– 200 3/5 250 100–126 |
| النسبة القياسية للابعاد SDR – | | 41–23.5– 26– 21– 17 – 13.5 |
| الاقطار (بوصة) | 2/1 –8 | 2/1 –24 |
| الاطوال (متر) | 4- 5.8- 6 | 5.8 – 6 |
| اللون | ابيض ورصاصى | ابيض |
| طريقة الوصل | مادة لاصقة | مادة لاصقة |

جدول 6–13:مواصفات المواسير طبقا للمواصفات الالمانيةU. P.V.C. DIN

| | مواسير رى سطحى وصرف | مواسير رى ضغطى |
|---|---|---|
| الرقم | DIN 19534 | DIN 8061 /62 |
| رتبة الضغط | | 6.4– 10– 16 بار |
| الاطوال | 5.8 – 6 متر | 5.8 – 6 متر |
| الاقطار | 110–400مم | 20–400–600مم |
| اللون | بنى ذهبى | رصاصى – رصاص داكن |
| طريقة الوصل | مادة لاصقة – حلقات كاوتش | مادة لاصقة – حلقات كاوتش |

**ويراعى عند استخدام وتداول مواسير P.V.C ما يلي:**

أ- عدم تركها معرضة لاشعة الشمس قبل الاستعمال مع الاهتمام بتنظيفها فى الحقل.

ب- تدفن تحت سطح الارض بعمق لايقل عن 50سم لحمايتها من حركة الالات الزراعية وغيرهما من المعدات الحقلية.

ج- عدم المغالاة فى استخدام المواد اللاصقة عند لحامها لتأثيرها على متانة المواسير.

د- الأخذ فى الأعتبار قيمة التمدد الذى يحدث لمواسير الـ PVC للتغير فى درجات الحرارة.

**أنابيب ( خراطيم) البولى ايثيلين Polyethylene (PE) Tubes:**

جدول 6-14: المواصفات الفنية لخراطيم البولى ايثيلين PE

| المواصفات | عالى الكثافة HDPE | متوسط الكثافة MDPE | منخفض الكثافة LDPE |
|---|---|---|---|
| المعيار Standard | DIN 8074 DIN - 80 | BS6730 BS -6730 | |
| الكثافة الظاهرية عند 20° م Specific Gravity | 0.955 | 0.95-0.94 | |
| التوصيل الحرارى Thermal Conductivity | 55 كالورى | 2 كيلو جول KJ | |
| معامل التمدد Coefficient Of Linear Expansion | $17 \times 10^{-5}$ م° | 0.25 مم/ °م | |
| مقاومة الشد Tensile Strength | 23 ميجا بسكال | 19 ميجا بسكال | |

مواسير الصلب المجلفن Galvanized Steel Pipes G1

المواسير الالمونيوم.

مواسير الحديد الزهر Cast iron pipes

مواسير الفيبر جلاس Fiberglass Pipes

مساعدات ومشتملات المواسير Fittings

**أجهزة التحكم والقياس والحماية لشبكات الرى**

تشمل الأجهزة المركبة على خطوط طرد المضخات ومراكز التحكم للتشغيل والتحكم والقياس والحماية وكذلك الاجهزة والمعدات اللازمة للتشغيل والحماية لشبكة الأنابيب الرئيسية والفرعية وتشمل.

## أولاً:المحابس ( الصمامات) Valves

وتشمل محابس القفل والفتح ومحابس تخفيف الضغط والتفريغ ومحابس عدم الرجوع( اتجاه واحد).

محابس القفل والفتح ومنها:

- محابس السكينة **Gate valves** وهى اكثر الأنواع استخداماً فى شبكات الرى لعدم احداثها لاى طرق مائى **Water hamer** .
- محابس الكورة **Ball Valves** وهى محابس للقفل والفتح لخطوط الرشاشات وخطوط التغذية ( الوصلات).
- محابس الفراشة **Butterfly valves** وتستخدم مع شبكات الضغط المنخفض والعالى.
- المحابس الاتوماتيكية **Automatic valve** وتستخدم مع شبكات الرى التى تعمل اتوماتيكيا.
- صمام عدم الرجوع **Check Valve** ويركب على جانب طرد المضخة للحفاظ على المياه فى مستوى أعلى من مستوى الطلمبة.
- صمام القدمة **Foot Valve** ويركب فى نهاية خرطوم وانابيب سحب.

## ثانياً أجهزة الحماية Protection Equipment

- صمام ( محبس) تخفيف الضغط **Pressure Relief Valve**

**ومن أهم أجهزة الحماية:**

- صمام ( محبس) تخفيف الضغط **Pressure Relief Valve**

أ–محبس تخفيف الضغط بقوة الياى

**Spring Loaded Pressure Relief Valve (SPPRV)**

ب–محبس تخفيف الضغط الهيدروليكى

**Hydraulically Actuated Diaphragm Pressur Relife Valve.**

- محابس الهواء **Air Vent (AV)**

أ–محبس التفريغ وإخراج الهواء الغير المستمر وذو قطر خروج كبير

ب–محبس إخراج الهواء **المستمر**
**Continuous acting air release Valve (CAV)**
ج– محبس طرد واحلال الهواء المستمر
**Combination Large orifice, and Continuous air release Vacuum relref Valve (Comb)**
د–محبس تفريغ الهواء **Vacuum Relief Valve (VRV)**

- خزانات الهواء **Air Chamber Surge Tanks**

**ثالثا : المنظمات Regulators**

- منظمات الضغط **Pressure Regulators**
- منظمات التصرف **Flow Regulators**

**ثالثاً : اجهزة القياس** Measuring Devices
**رابعاً : مجاميع المحابس Valves units**

**موزعات شبكات الري الموضعي**

**المنقطات Tricklers or Emitters**

وتشمل المنقطات والفورات والرشاشات الدقيقة وخلافه.

من اهم اجزاء شبكة الري حيث تقوم بتصريف المياه بمعدلات صغيرة منتظمة تتراوح غالبا من 2– 16 لتر/ساعة على حسب نوع النقاط ويتم تخفيض الضغط من خلالها باستخدام مسار طويل حلزوني أو متعرج، أو من خلال فوهات ضيقة أو إحداث دوامات، وذلك علي حسب نوع النقاط بهدف تقليل الضغط الموجود بالخطوط الفرعية إلى الضغط الجوي تقريبا. ويعتبر النقاط بمثابة العنصر الأساسي في شبكة الري بالتنقيط و من أهم أجزاءها.

**يجب أن يتصف النقاط بالمواصفات التالية :**

1 – أن يكون رخيص الثمن .
2 – مقاومة للانسداد وأن يكون سهلة التنظيف.
3 – لايتأثر باختلاف الضغط حيث يعطي تدفق ثابت مع تغير الضغط.
4 – مصنوع من مادة مقاومة للتشقق ولأشعة الشمس، وله قوة تحمل.
5 – لها خاصية التنظيف الذاتي لمنع الإنسداد.
6– أداء موثوق به لا يتأثر تصرفة بتغير درجة حرارة التشغيل.

ومن الصعب أن تجتمع كل هذه المواصفات في نقاط واحد .

ويوجد العديد من انواع النقاطات في الاسواق (شكل6-66)، حيث تقوم الشركات المنتجة لها بتطوير وتحسين انتاجها دائما من اجل المنافسة فيما بينها.

شكل 6–66: نماذج لبعض أنواع النقاطات المختلفة.

وسوف نستعرض عدة تقسيمات للنقاطات يمكن توضيحها فيما يلي:

**تقسيم النقاطات حسب وضعها في الخط الفرعي:**

1) نقاطات علي الخط (On Line): اي تركب النقاطات علي خط التوزيع مباشرة.

2) نقاطات في داخل الخط (In Line): وهي عبارة عن خط التوزيع مصنوع به ثقوب ذات اقطار معينة وعلي مسافات معينة (شكل 6-67).

**تقسيم النقاطات حسب معدل التصريف:**

1 – نقاطات ذات تصريف منخفض : 2 لتر/ساعة.

2 – نقاطات ذات تصريف متوسط : 2–8 لتر/ساعة.

3 – نقاطات ذات تصريف عالي : 8–16 لتر/ساعة.

ويختلف هذا التصريف باختلاف التشغيل، وعادة يؤخذ عند ضاغط 10م.

**تقسيم النقاطات حسب مدي حساسيتها للتغير في الضغط :**

1– نقاطات غير حساسة للضغط ( ذاتية التغذية): Self-Compensating

وهذه النقاطات ذات قدرة علي التعويض، لذلك فإن تصريف النقاط يكاد يكون ثابتا ولا يتغير بتغير الضغط.

2– نقاطات حساسة للتغير في الضغط : Non Compensating

وهذه النقاطات ليس لها القدرة علي التعويض في حالة تغير الضغط.

شكل 6–67: نقاط داخل الخط الفرعي.

**تقسيم النقاطات حسب قابليتها للانسداد:**

1– نقاطات حساسة للانسداد عندما يكون قطر مسار الماء اقل من0.7 مم.

2– نقاطات متوسطة الحساسية للانسداد عندما يتراوح القطرمن0.7–1.5مم.

3– نقاطات قليلة الحساسية للانسداد عندما يزداد القطر عن 1.5مم.

**تقسيم النقاطات حسب امكانية تنظيفها:**

1- نقاطات تنظف يدويا : Manual flushing

2- نقاطات ذاتية التنظيف : Self flushing ( شكل 6-68).

كيفية عملها: تحت الظروف الطبيعية ، يكون هناك فرق بسيط في الضغط عبر كل فوهة في غشاء السيليكون داخل النقاط. عند دخول أي حبيبة الي الفوهة، يحدث إعاقة متكررة، تسبب اختلاف في الضغط يزداد تدريجيا عبر الفوهة . يعمل دفع الحبيبة علي تمدد الغشاء واتساع الفوهة. عندها تطرد الحبيبة خلال الفوهة ، وفي الحال تعود بعدها الي اتساعها الطبيعي. وتستمر الحبيبة في مرورها عبر الأغشية الأخري بنفس الطريقة حتي تخرج من النقاط الذى لايقف عن العمل.

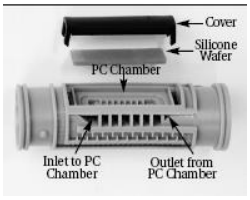
**تقسيم النقاطات حسب ضغط التشغيل:**

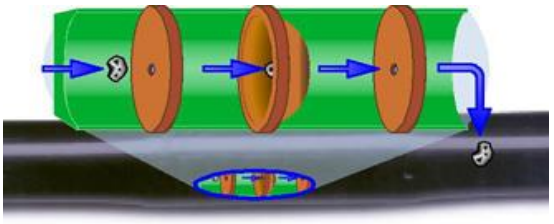
وهو الضغط الذي يتم عنده تشغيل النقاطات لكي تعطي تصريفا معينا منصوصا عليه في الكتيب الخاص بالتشغيل ( الكتالوج).

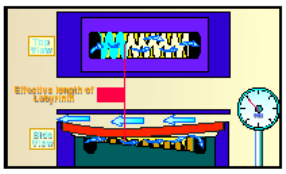
1- نقاطات ذات ضغط تشغيل منخفض يتراوح من 0.2-0.5بار.

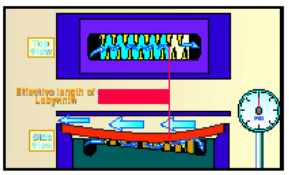
2- نقاطات ذات ضغط تشغيل متوسط يتراوح من 0.5-1 بار.

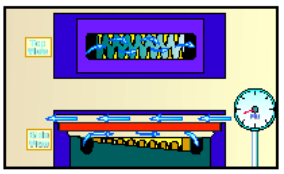
3- نقاطات ذات ضغط تشغيل مرتفع اكبر من 1 بار وهوالشائع.





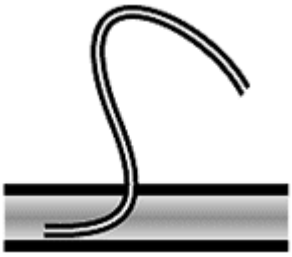




شكل 6-68: نقاطات ذاتية التنظيف و كيفية عملها.

**تقسيم النقاطات حسب نظرية عملها:**

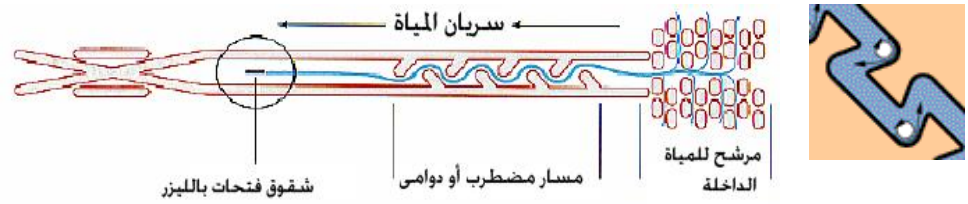
1-المنقاطات ذات الفوهة: عبارة عن فوهة يخرج منها الماء ليصطدم بغطاء يقوم بمهمة تخفيض الضغط ، ويمتاز ببساطة التركيب ورخص ثمنه.

2-المنقطات ذات المسار الطويل: يتم تخفيض الضغط بها نتيجة احتكاك المياه مع جدران المسار الضيق (قطرة من 1 –3مم) ، ومنها الأنابيب الشعرية، والمنقطات ذات المسار اللولبي (مسنن). ويتضمن هذا القسم النوع المعروف تجاريا بإسم الإسباجيتي (Spaghetti). (شكل 6–69).



شكل 6–69: الأنابيب الشعرية كمثال لنقاط ذات مسار طويل.

3–النقاطات الدوامية: ويتم دخول المياه إلى تجويف أسطواني يتحرك فيه الماء بشكل دوراني حيث يتم فقد الضغط خلال تلك الحركة ، ثم تتجه المياه بسرعة كبيرة إلى فوهة ثانية في وسط التجويف ويتم فيه أيضا تخفيض الضغط ، ويخرج الماء من التجويف الثاني إلى التربة ، وهي غالية الثمن.(شكل 6–70).



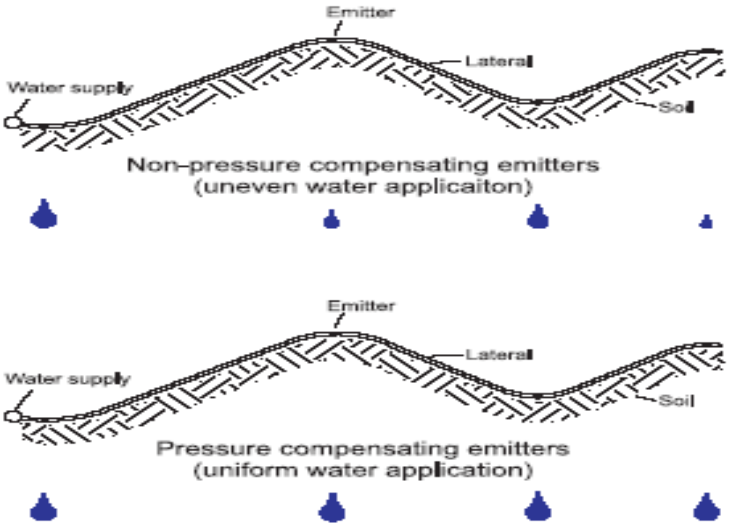

شكل 6–70 : تصميم مسار السريان المضطرب أو الدوامي بالنقاط.

4– -نقاطات ذاتية الغسيل: وهي مصممة للتغلب علي مشاكل الانسداد، فعند التدفق العادي يكون فرق الضغط قبل وبعد الفوهة الداخلية صغير، وعند انسداد الفوهة الداخلية يزداد الفرق في الضغط ويزداد تمدد الغشاء المطاطي حتى يسمح

بمرور الجزء المتسبب في انسداد الفوهة ويعود فرق الضغط إلى حالته الأولي (شكل 6-68).

5- النقاطات المعادلة للضغط: تعطي معدل تدفق متجانس (شكل 6-71) في مدي ضغط من 20 – 50 رطل/بوصة$^2$ (psi ). ويمكن معها استخدام أقطار أقل أو استخدام اطوال أكبر للخطوط، مما يقلل من تكاليف النظام. النقاطات المعادلة للضغط تعطي تجانس اضافة للمياة علي طول الخط بالرغم من اختلاف الضغط داخل الخط الفرعي نتيجة اختلاف مناسيب سطح التربة أو الفقد بالاحتكاك. والشكل (6-72) يوضح ثبات التصرف عند قيم الضغوط المختلفة.

شكل 6-71: بعض أنواع النقاطات المعادلة للضغط.




شكل 6-72 : الصورة العليا توضح عدم تجانس الاضافة مع نقاطات غير معادلة للضغط، وفي الجزء السفلي يبين التجانس مع نقاطات معادلة أو منظمة للضغط بالرغم من إختلاف مناسيب سطح التربة.

6- النقاطات النبضية Pulsator emitters : تجمع مزايا التدفق المعادل للضغط، ومعدل التدفق المنخفض ( 4 ، 8 ، 12 ل/س)، مع قطر ابتلال رذاذي 5 م مما يعطى انتشار أفضل للجذور خاصة بالتربة الرملية. كما يعطي انتظامية عالية، وانخفاض تكاليف الضخ ويقل اجهاد النبات، وتقليل الحرارة في المناخ الحار، ومقاومة الصقيع في المناخ البارد.

هناك أنواع أخرى لمخارج المياه يطلق عليها نقط التصريف Emission points لتعطى تصرف من خلال هذه النقط بالقرب من سطح التربة وعلى مسافات قد تكون :

1- اكبر من 1متر ويطلق عليها Point source .

2- أو على مسافات اقل من 1متر ويطلق علية Line source tubing أو أنبوب خط التصريف وهو أنبوب ذات قطر أقل من 25مم ومن مادة البولي ايثلين P.E ،ويقسم إلى :

أ - أنبوب من جدار واحد Single chamber tube

ب- أنبوب ذات جدار مزدوج Double chamber tube

ج- أنبوب ذات جدار مسامي Porous wall tube

* الأنبوب وحيدة الجدار عبارة عن أنبوب به فتحات التنقيط أو قد يكون اكثر تعقيدا بوضع النقاط داخلة على مسافات 100 سم أو اقل .

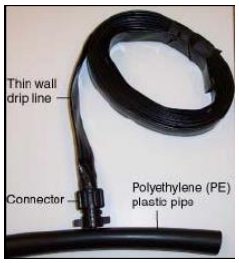
* الأنابيب ذات الجدار المزدوج: يتكون من جدارين، جدار رئيسي وأخر مساعد أوعبارة عن أنبوبين من البلاستيك اللدن ، وتسير المياه في الأنبوب الداخلي ويخرج من خلال فتحات صغيرة بتدفق وضغط مرتفع إلى تجويف ما بين الجدارين لتخرج منة المياه من خلال فتحات أكبر بالجدار الخارجي إلى التربة على مسافات تتراوح من 15-60 سم، ويتراوح تصرف الفوهة من 0.5-2 لتر /ساعة. ويستخدم عادة للمحاصيل ذات الجذور السطحية. وقد يطلق عليها اسم Strip tube (شكل 6-73) ومن خصائصها:

- يتراوح سمكها من 5 -15mil ، المسار بها مضطرب مما يقلل من الانسداد، وتجانس الاضافة، تكاليفها وعمرها الافتراضى أقل لنقص سمكها.

- الخطوط التي سمكها صغير 5 –8 mil ، تستعمل لموسم واحد لمحاصيل مثل الطماطم، الفراولة، ويفضل أن تكون مدفونة تحت سطح التربة لحمايتها من القوارض.
- السمك الأكبر من 13 – 15 mil للزراعات الأكبر عمرا مثل الاسبرجس، وقصب السكر. ويمكن استخدامها فوق سطح النربة.
- تستعمل لمعظم الأراضى والمحاصيل المنزرعة في خطوط.
- السمك الذي يتراوح من 15 – 25 mil يستخدم لعدة سنوات للعنب وأشجار البساتين.

- الأنبوب ذات الجدار المسامي عبارة عن أنبوب ذو مسام متجانسة يترشح منها الماء نتيجة الضغط داخل الأنبوب أو بقوة امتصاص التربة للمياه من نقط على مسافات اقل من 25سم. (شكل 6-73). وتستخدم غالبا في الري تحت سطحي .

أنبوب ذو جدارمسامي



أنبوب مزدوج الجدار لإعطاء تصرفات علي مسافات متقاربة

شكل 6-73 : بعض أنواع الأنابيب ذات الجدار المزدوج أو خطوط التصريف.

**معايير اختيار النقاطات :**

تتأثر جودة وأمان نظام الرى بالتنقيط مباشرة بالعوامل التالية :

1- تصميم ونوعية النقاط .

2- نسبة المساحة المبتلة (33-67%) .

3- مقاومة النقاط للانسداد .
4- اختلاف الضاغط المسموح به.
5- ملائم نظام الترشيح.
6- درجة التحكم الآلي .
7- مدى الثقة في إدارة النظام والعمالة .
8- الطاقة ومصدر المياه .

أهم عاملين هما : نسبة المساحة المبتلة ومقاومة النقاط للانسداد .

أداء أى نقاط وخصائصه يؤثر على ثمن شبكة الانابيب ونظام الترشيح (ربما يتطلب الاختيار عادة اجراء تقييم للنقاط قبل الاختيار النهائي لة). وممكن زيادة عدد النقاطات تبعا لحاجة النبات أو النمو، ومع ذلك يجب أن يراعى عند تصميم الشبكة أقصى احتياجات نهائية للنبات .

عموما :

1 – إذا كان المطلوب توزيع المياه في اكثر من نقطة، يمكن استخدام أنابيب صغيرة القطر لتوزيع المياه من النقاط متعدد المخارج إلى الموقع المطلوب.
2 – النقاطات ذات المخرج الواحد لرى البقع الصغيرة أو يوضع بترتيب حول النبات ليؤدى نفس وظيفة النقاط متعدد المخارج أو الرذاذيه .
3- النقاطات ذات المخارج المزدوجة تستخدم غالبا لبساتين العنب .
4 – النقاطات متعددة المخارج تستخدم لاشجار البساتين لتوزيع الابتلال.
5 – النقاطات متعددة المخارج تكون اكثر ثمنا مقارنة بالمخرج الواحد، لكن زيادة الثمن لا تتناسب مع عدد المخارج، على سبيل المثال النقاط ذات المخرج المزدوج يكون أغلى ثمنا من ذات المخرج الواحد ، ولكن اقل من ثمن نقاطين ذو مخرج واحد، اى أن الثمن لكل مخرج واحد يكون اقل .
6 – المحاصيل المنزرعة على صفوف مثل الخضر يكون الأنابيب ذات المخارج line-source tubing اكثر ملائمة حيث يمد شريحة مبتلة على طول الخط، وتكون التكاليف فى مثل هذه الحالات هامة لتلك المحاصيل لصغر المسافة بين النباتات واحتياجها إلى عدد كبير من الخطوط.
7 – أن تفي النقاطات باحتياجات النبات عند الضاغط المطلوب.
8 – توزيع معدل التدفق يتناسب مع توزيع الضغط على طول الخط الفرعي ، ويمكن أن نحصل على تجانس للتصرف إذ تم تغيير أبعاد النقاط (قطر

الفوهـة، طـول الأنبـوب الشـعرى ...) لكـن عـادة تكـون خصـائص النقـاط المستخدم ثابتة ويقدر التصرف من الضغط فقط.

9 – في التنقيط، الرى تحت سطحي، الرى الرذاذى، معدل تصرف النقاط يجب الا يؤدى إلي جريان سطحي بالقرب من مساحة الابتلال، ربما تتكون البرك الصغيرة اسفل أو أعلي النقاط، لكن يجب أن نتجنب تكوين قنوات أو خطوط تتجه إلي مساحات قريبة من منطقة الإضافة.

10– للرى النافورى، يكون من المطلوب عمل أحواض حول النبات للتحكم فى المياه وأن تكون الإضافات محصورة داخل مساحة الحوض .

11 – يجب أن يكون الماء المضاف بمعدل كافي للرطوبة الملائمة في التربة لانبات البذور، (عمق نظام الرى تحت سطحي المستعمل للمحاصيل الموسمية يجب أن تكون محددة بقدره النظام على إنبات البذور).

12 – يجب أن يوصف ويقدر معدل التصرف الملائم للنقاط ، معدلات الرشح للتربة من خلال اختبارات حقلية تجرى لهذا الغرض .

**المسافة بين النقاطات علي الخط الفرعي:**

تتوقف المسافة بين النقاطات المختلفة المثبته على طول إمتداد الخط (Se) علي نوع المحصول، التربة، المسافة بين النباتات، وتصرف النقاط

تتحدد المسافة بين النقاطات (Se) من جدول رقم (6-15) والمسافة بين الخطوط الفرعية من جدول (6-16) الذي اوصت به بعض الجهات ذات الخبرة العملية في مجال الري بالتنقيط.

جدول 6-15 : المسافة بين النقاطات ( متر) تبعا لنوعية قوام التربة.

| تصريف النقاط الواحد (لتر/ ساعة) | المسافة بين النقاطات (م) تبعا لنوعية قوام التربة | | |
|---|---|---|---|
| | خشنة القوام C | متوسطة القوام M | ناعمة القوام F |
| اقل من 1.5 | 0.2 | 0.5 | 0.9 |
| 2 | 0.3 | 0.7 | 1.0 |
| 4 | 0.6 | 1.0 | 1.3 |
| 8 | 1.0 | 1.3 | 1.7 |
| اكثر من 12 | 1.3 | 1.6 | 2.0 |

تتراوح المسافة مابين النقاطات من 20 – 60 سم غالبا علي حسب نوع التربة والنبات، كما يلي:

- المسافة 20 سم بين النقاطات تستخدم في حالة النباتات القريبة من بعضها، وفي التربة الرملية، أو عند الرغبة في استخدام تدفقات عالية.
- المسافة 30 سم بين النقاطات تستخدم في حالة المسافات المتوسطة بين النباتات وفي الأراضي متوسطة القوام.
- المسافة 40 سم بين النقاطات تستخدم في حالة المسافات المتسعة بين النباتات ولها إرتفاع أو طول أكبر وفي الأراضي متوسطة القوام.
- المسافة 60 سم بين النقاطات تستخدم في حالة النباتات المنزرعة علي مسافات متسعة ولها طول كبير وفي الأراضي ثقيلة القوام.
- وتستخدم الخطوط ذات الجدار المزدوج لانبات البذور والمراحل الأولي للنبات (الشتلات) وتكون المسافة بين الخطوط 40 سم أو أقل في معظم أنواع الأراضي، أما في التربة الرملية تكون المسافة بين الخطوط 30 سم أو أقل.
- وبسبب احتمال أن تختلف ظروف التربة فإن الجدول التالي رقم ( 6-16) للاسترشاد بة لتحديد المسافة بين الخطوط الفرعية تبعا لنوع التربة مع تحديد تصرف النقاط المطلوب لاعطاء نتائج ابتلال مرغوبة.

جدول 6-16: قيم تصرف النقاطات والمسافة بين الخطوط الفرعية لأنواع مختلفة من التربة.

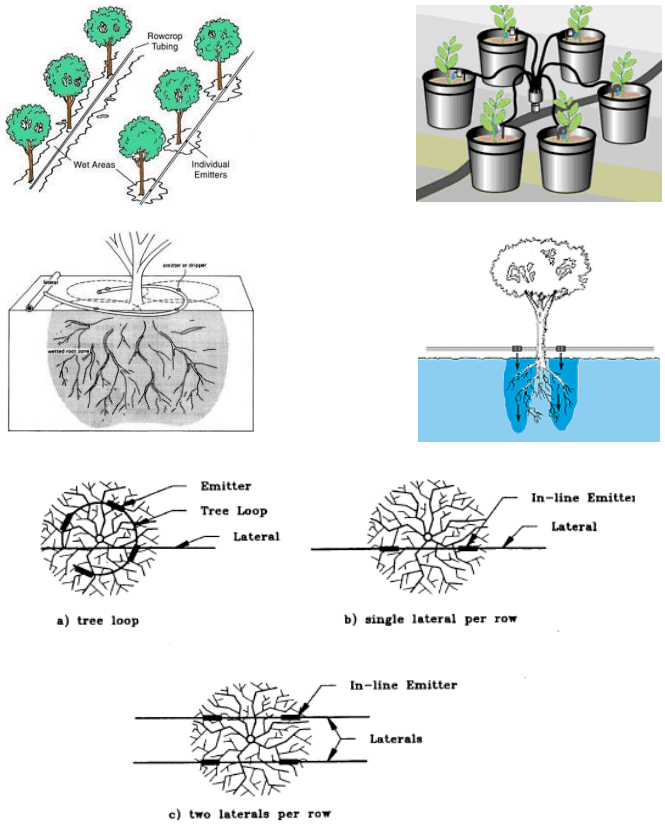
| نوع التربة | تصرف النقاط لتر/ساعة | المسافة بين الخطوط الفرعية، سم |
|---|---|---|
| رملية | ≤4 | 40 |
| طميية | 4 – 2 | 75 – 60 |
| طينية | 2 | 90 – 60 |

تختلف المسافة ما بين الخطوط الفرعية من40 – 80 سم في المحاصيل الحقلية والخضر وتصل إلى 6 متر أو أكثر في أشجار البساتين ، وفي هذه الحالة يوجد أكثر من نقاط لكل شجرة. تختلف طريقة ترتيب النقاطات حول النبات وقد تأخذ إحدى الصور التالية (شكل 6-74):

1- خط فرعى واحد لكل صف من الأشجار.
2- وضع خطان فرعيان لكل صف من الأشجار يوزع النقاطات عليها.
3- استخدام نقاط متعدد المخارج.
4- استخدام أنبوب فرعي يوضع في شكل دائري حول النبات ويوزع علية النقاطات.
5- وضع الخط الفرعي في شكل دائرة حول الشجرة.

**عدد النقاطات للنبات الواحد:**

تختلف الآراء حول عدد النقاطات الصحيح المطلوب للنبات. وتختلف علي حسب الغطاء النباتي. وتتراوح من 3 – 4 نقاط للشجيرات، 4 –8 نقاط للأشجار البالغة. زيادةعدد النقاطات عن ذلك قد تفيد في تقليل فترات الري.




شكل 6-74 :الطرق المختلفة لتوزيع النقاطات حول النبات

# نظم الري الموضعي الأخري

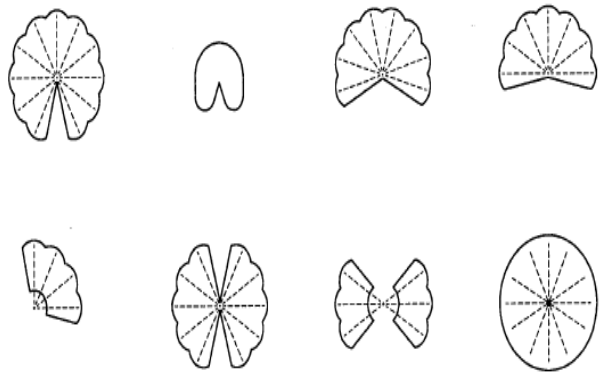
## الري بالرش الدقيق Micosprinkler:

يعتبر الرش الدقيق نظام مهجن ما بين نظامي الري بالرش والري بالتنقيط (تحتاج الي ضغط منخفض أقل من نظام الرش التقليدي ) لكنة أقل في مشاكل الانسداد مقارنة بالنقاطات. وتستخدم لري أشجار البساتين التي لها حجم مجموع خضري صغير نسبيا (شكل6-75).

خصائص بعض نظم الري الدقيق من حيث ضغط التشغيل المطلوب ومعدل التدفق موضحة بجدول (6–18). ويلاحظ أنها :

- معدل تدفق من 20–40 ل/س وقطر ابتلال من 5 – 10م.
- تتطلب مستوي ترشيح أقل من التنقيط (120 مش).
- النظام يتطلب تكاليف, أقطار أنابيب، ضغط، ومعدل تدفق أكبرمن التنقيط ولكن يزيد من الانتاجية بمقدار 20–30 % مقارنة بالتنقيط.
- هناك أنواع معادلة للضغط مما يوفر من معدل التدفق، التكاليف، ويحسن من الانتظامية والانتشار الجذري والانتاجية.
- يفضل في الأراضي الرملية لزيادة مساحة الابتلال، ويستخدم غالبا لري الأشجار.
- يختلف شكل منطقة الابتلال تبعا لتصميم الفوهة كما هو مبين في شكل 6-76.

شكل 6-75: الري بالرش الدقيق للأشجار.



شكل 6-76 : نماذج الابتلال لأنواع مختلفة من فوهات الرش الدقيق.

**الرى الرذاذى Spray irrigation:**

فيها يتم خروج الماء فى صورة رذاذ منتظم من فوهة متسعة فوق سطح التربة وبالقرب من النبات، وبزاوية خروج منخفضة لتعطى مساحة تتراوح من 1- 10 م2 ومنها انواع عديدة مثل:

تخرج المياه فى صورة دخان Aerosol emitter
تخرج المياه فى صورة ضباب Foggers
تخرج المياه فى صورة رذاذ Spitters
تخرج المياه فى صورة ضباب دقيق Misters
تخرج المياه فى صورة رذاذ دقيق Miniature sprinklers
تخرج المياه فى صورة رش صغير Micro – sprayes

يستخدم الرى الرذاذى فى الاراضى الخفيفة المتجانسة للحصول على منطقة ابتلال واسعة بدلا من استخدام عدد كبير من النقاطات .

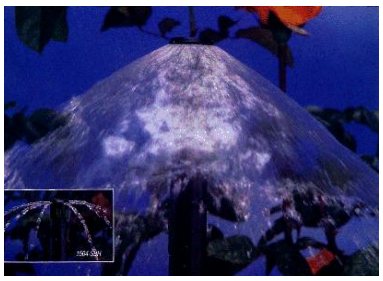
**الري النافوري أوالبابلر Bubbler irrigation:**

من نظم الري الدقيق و هو عبارة عن نظام محسن لنظام ري الأحواض ولنظام الري بالتنقيط حيث أن الفتحات التي يخرج منها الماء في الري بالتنقيط كثيراً ما يحدث لها انسداد بالأملاح أو حبيبات التربة، وفيه يتدفق الماء على شكل هدير ضعيف بمعدل تدفق مرتفع يصل الي 240 ل/س أو أكثر وفي مساحة مروية صغيرة حيث ينتشر الماء بالغمرفي أحواض محاطة ببتون قليلة الارتفاع لكل شجرة واحدة أو عدة أشجار و وقد يكون البابلر مجهز بقلاووظ أو أي أداة أخري لضبط معدل التدفق (شكل 6-77).

من أهم أسباب نجاح نظام الري بالبابلر هي التصميم الصحيح لشبكة الري وحساب قدرات المضخات المخصصة للري .وأنابيب إيصال المياه والتوزيع الجيد للخطوط الفرعية والكشف المستمر على مرشحات البلرات وتنظيفها وإستخدام المياه النقية للنظام.

**مميزات الري النافوري:**

* يوفر في تكاليف التشغيل إذ يمكن ري مجموعة كبيرة من الأشجار مرة واحة ولفترة زمنية قصيرة .
* يمكن استغلال مياه ذات ملوحة متوسطة لري الأشجار بواسطة هذا النظام .
* يعمل النظام على غسيل مستمر للأملاح بعيدا عن منطقة الجذور .
* يساعد على انتشار الجذور على كل مساحة الحوض والى أعماق جيدة.



فوهات

البابلر

شكل 6-77 : الري النافوري.

أنبوبة البابلر الرأسية ( تسمي حامل ) بقطر 1 – 3 سم تقريبا توصل بخط فرعي مدفون تحت السطح لايقل قطرة عن 10 سم. ويثبت البابلر علي أوتاد يمكن ضبط ارتفاعها لأعلي أو الي أسفل بقيم محسوبة مسبقا أو بتكرار المحاولة والخطأ حتي نحصل علي معدل التدفق المطلوب.

ويعتبر هذا النظام من أنظمة الري الحديثة التي أثبتت كفاءتها في ري أشجار النخيل والفاكهة بصورة أساسية كما يستخدم لري أشجار وشجيرات الزينة. ويعتبر النظام منخفض التكاليف وسهل الانشاء والتشغيل ويتطلب ضغط تشغيل أقل من التنقيط وكذلك مشاكل الانسداد أقل. مقارنة الري النافوري مع الري بالتنقيط يمكن تلخيصها في جدول 6-17.

جدول 6-17 : مقارنة بين الري النافوري والري بالتنقيط.

| الري النافوري | الري بالتنقيط |
|---|---|
| يكون البابلر مرئي وتلاحظ المشاكل بسهولة | النقاطات ومشاكلها غير مرئية |
| متطلبات الترشيح أقل | الشوائب وترسيبات الكالسيوم والبكتريا تسبب لها الانسداد |
| لا يحدث لها تدهورمع الجو الحار | يحدث لها تدهور مع الحرارة ويزيد التدفق |
| من السهل حساب جدولة الري | حسابات الجدولة صعبة |
| من السهل ضبط معدل التدفق والمساحة المبتلة | من الصعب ضبط معدل التدفق والمساحة المبتلة |
| البابلرقوي التحمل ومن السهل صيانتة | النقاط ضعيف ويتطلب صيانة أكثر |

**إختيار الأنابيب في الري النافوري :**

1- يجب استخدام انابيب PVC درجة 200 أو بسمك أكبر.

2- معظم النظم الصغيرة للحدائق السكنية تستعمل قطرواحد بوصة. الأنابيب المتجانسة القطر والوصلات تقلل من عدد الأصناف والأجزاء.

3- يجب اختيار القطر الذي يعطي سرعة سريان لا تزيد عن 1.5 م/ث. ففي أنبوب قطرة 1 بوصة ، أقصي معدل تدفق 2.7 م$^3$/س يكون كافي لعدد 6 بابلر عند التدفق الكامل (450 ل/س) يمكن وضعها في كل منطقة. مع ذلك ، إذا تم تخفيض معدل التدفق ، فإنة يمكن استعمال عدد أكبر من البابلر في كل منطقة. إذا كان معدل التدفق في الأنبوب أكبر من 2.7 م3/س فيجب استخدام قطر أكبر. ويمكن تلخيص بعض الخصائص الخاصة بمعدل التدفق وضغط التشغيل لبعض نظم الري الدقيق في جدول 6-18.

جدول 6-18 : خصائص نظم الري الدقيق المختلفة.

| نظام الري | ضغط التشغيل (بار) | معدل التدفق (ل/س) |
|---|---|---|
| تنقيط **Trickle** | 1.0 | 8 – 2 |
| ضبابي **Misters** | 1.0 | 20 – 8 |
| رذاذي **Sprayers** | 1.8 | 80 – 20 |
| رذاذ صغير **Mini-sprayers** | 2.5 – 1.8 | 200 – 40 |

تتراوح كفاءات الاضافة لبعض نظم الري الدقيق من 70 ال 90% تبعا للجدول رقم 6-19.

جدول 6-19: كفاءات الاضافة لبعض نظم الري الدقيق

| النظام | المدي | المتوسط |
|---|---|---|
| تنقيط أو خط تصريف: | | |
| سطحي | 90 – 70 | 85 |
| تحت سطحي | 90 – 70 | 85 |
| رذاذ أو رش دقيق | 85 – 70 | 80 |
| بابلر | 85 – 70 | 80 |

## معدلات التدفق فائقة القلة Minute or ultra-low rate

هي من التطبيقات الحديثة المعقدة لاضافة المياة بمعدلات منخفضة جدا ، أقل من معدلات رشح التربة . هذة العملية يتم انجازها بواسطة استعمال نقاطات نبضية ، معدل التدفق يكون عادة أقل 10 مرات من النقاطات الشائعة (0.2 لتر/ساعة) .

**مميزات هذا النظام تتضمن :**

- لايحدث جريان سطحي بالأراضي الثقيلة.
- لايوجد فقد للمياة خلال منطقة الجذور في الأراضي الرملية.
- يمكن اضافة المياة بكفاءة بالأراضي الضحلة شديدة الانحدار.
- تخفيض حجم الاصيص في الزراعات المحمية .
- فكرة اضافة المياة بمعدلات منخفضة جدا ، وللحصول علي ذلك يتطلب مسار دقيق جدا بالنقاط وبالتالي متطلبات ترشيح عالية. هذا النقاط يكون حساس جدا للانسداد. حتي اليوم لا يوجد نقاط قادر علي اعطاء معدلات تدفق دقيقة . مع ذلك هناك مكونات منفصلة قليلة يمكن ان تستعمل معا لاحداث الري فائق الدقة والذي يتراوح معدلة من 100–400 سم$^3$/ساعة.
- معظم تطبيقات هذا النظام في الزراعات المحمية . وهناك نوعان من هذة النظم . النظام الأول يتصل نابض واحد بحوالي 20 نقاط منفصل. اذا كان النابض لة معدل تدفق 4 ل/س أو 4000 سم$^3$ /س ، وبقسمة هذا الرقم علي عدد المخارج ليعطي معدل تدفق لكل مخرج مقدارة 200 سم$^3$/س/لكل اصيص. النظام الآخر

يستخدم نقاط بداخل الخط (6 مم) علي أي مسافات من 15 – 30 سم متصلة بنفس النابض.

- اذا كان معدل البخر نتح للمحصول يتراوح من 0.2 – 1.0 مم/س ، فان الباحثين يحاولون التوفيق بين الكميات القليلة هذة ومعدلات التدفق. باستخدام اساس مفهوم التدفق النبضي "surge flow" لتطوير نظام الري بالخطوط وتطبيقها علي الري الدقيق.
- الري النبضي للرش الدقيق micro-sprinklers طبق منذ سنوات عديدة في فلوريدا لري أشجار الموالح، ولكل نقاط نابض صغير. ويتكون النابض من غرفة تملأ بالمياة وعند امتلائها تفرغ محتوياتها مرة واحدة في الحال. ويحافظ النابض علي ثبات الضغط في نظام الأنابيب.
- المشاهدات من تجارب البساتين تتضمن عدم حدوث جريان سطحي، توفر 40 % من المياة. وفي الزراعات المحمية التوفير في المياة 47 % مع اعطاء نفس الانتاجية من أزهار القرنفل مقارنة بالري التقليدي. أيضا انخفضت ملوحة التربة في تجارب الزراعات المحمية.

## إدارة نظم الري الموضعي والصيانة

الإدارة المثالية لشبكات الري تتطلب الإلمام بالعناصر والعوامل الأساسية التالية:

- التصميم المناسب والمرن لشبكة الري .
- استخدام المواد والمعدات والوصلات ذات المواصفات الجيدة .
- التنفيذ الدقيق للشبكة حسب المواصفات والتصميم .
- عمليات تشغيل وصيانة شبكات الري .
- تشغيل نظام الري حسب المدة والأوقات المحددة .
- صيانة شبكة الري بشكل دوري .

**القواعد العامة الواجب مراعاتها عند تشغيل شبكة الري الموضعي:**

هناك بعض القواعد العامة الاساسية التي يجب ان تولي اهتمام كبير عند تشغيل شبكة الري بالتنقيط، وهي:

1) يجب إتباع التعليمات الخاصة بتشغيل وصيانة المضخة والموضحة من قبل الشركة المصنعة في الكتيب الخاص بها ( الكتالوج) وكذلك التعليمات الخاصة بالتشغيل والصيانة لكل جزء من اجزاء الشبكة.
2) عند استخدام مياه ابار محفورة حديثا يجب عدم استخدامها في الري بالتنقيط الا بعد مرور فترة كافية من العلاج والاتزان للبئر، وذلك للتخلص من الرمال التي تصاحب عملية التبطين عادة.
3) يجب استخدام المرشحات التى تتناسب مع نوعية مياه الري المستخدمة، مع مراعاة تنظيفها وصيانتها بصفة مستمرة.
4) يجب ان تكون الوصلات التي تربط بين انابيب خطوط الري الرئيسية والفرعية مانعة لحدوث اي تسرب.
5) يجب ان تكون هناك محابس مركبة علي الخطوط الفرعية لاجراء عملية الغسيل علي حسب الحاجة.
6) يجب مراعاة ان يتم حقن الاسمدة والمبيدات قبل مرورها علي المرشحات، مع مراعاة ان يمر الماء الخالي من السماد بعد انتهاء عملية الحقن لمدة 30 دقيقة علي الاقل.
7) يفضل استخدام اسمدة كاملة الذوبان في عملية التسميد.
8) يجب الاحتياط والتحفظ في استعمال الاسمدة الفوسفاتية في الري، وذلك لان الكالسيوم الموجود في مياه الري سوف يتفاعل معها مكونا راسبا يمكن ان يسد فتحات التنقيط.
9) يجب اجراء عملية غسيل دوري لشبكة الري مرة كل شهر علي الاقل، وتجري هذه العملية بصفة اساسية عقب اجراء اي اصلاحات في شبكة الري.
10) استخدام المواد الكيماوية لتنظيف شبكة الري كلما دعت الحاجة لذلك وتبعا للتركيب الكيميائي للماء المستخدم في الري. ويجب مراعاة الا يكون للمواد الكيماوية المستخدمة اي تأثير علي حدوث تأكل في شبكة الري.
11) بقدر الإمكان يجب تغطية المواسير الرئيسية والفرعية بالاتربة.
12) من الافضل لا يزيد طول الانابيب الفرعية عن 50–100 متر (حسب خصائص النقاط المستخدم) ، حتي يقلل من فرق الضغط وبالتالي التدفق بين فتحة واخري.
13) يراعي وضع الانابيب الفرعية في المنطقة المنحدرة بمحاذات الخطوط الكنتورية.

14) يجب الا تكون فترة كل رية طويلة جدا حتي لا تؤدي الى نمو الطحالب والبكتريا في الانابيب مما يؤدي الى إعاقة سريان المياه في الانابيب وانسدادها.
15) يجب المرور علي النقاطات عند كل رية للتاكد من سلامة تشغيلها وعدم حدوث تلف ميكانيكي أو انسدادها.
16) يجب ان تكون جميع الوصلات الكهربائية ( في حالة إذا ما وجدت) معزولة بحيث لا تصل اليها المياه.

وبصفة عامة يمكن القول بأن الألتزام بقواعد التشغيل سيكون من شأنه المحافظة علي شبكة الري وزيادة كفاءة تشغيلها.

## تحسين أداء نظم الري الموضعي لترشيد استخدام المياه

1- التصميم الجيد والمناسب لضمان التوزيع للمياه لكل النباتات.
2- اختبار أنواع المنقطات والموزعات ذات التصرفات التي تناسب طبيعة التربة لتجب كلا من الجريان السطحي أو التسرب العميق أسفل منطقة الجذور. ويتم اختبار التصرفات العالية للأراضي الرملية والمنقطات ذات المتصرفات المنخفضة للأرض الطينية الثقيلة.
3- استخدام نظام الري بالتنقيط تحت السطحي (Sub-surface) لري محاصيل الخضر توفيرا للمياه وتقليلاً لنمو الحشائش.
4- إجراء عمليات الصيانة الدورية من غسيل للمرشحات و للخطوط لتجنب أي انسداد للشبكة يؤدي إلى عدم انتظامية توزيع المياه والأسمدة.
1- اختبار زمن وفترات الري المناسبة لظروف النبات وعمق منطقة الجذور وعمق الطبقات الأقل نفاذية.

# الباب السابع

# إدارة نظم الرى الحقلي

# On – Farm Irrigation systems Management

**مقدمة :**

تؤثر ظروف المناخ الجاف ومحدودية الموارد المائية ونوعية الأراضى على الإنتاج الزراعى حتى أصبح إدخال التقنيات الحديثة للرى أمراً حتيماً لتحسين إنتاجية الأراضى الصحراوية المستصلحة وتستقر الزراعة المتواصلة بإستقرار أساسيات إدارة وصيانة المياه والتحكم فى الملوحة والحد من نحر الأراضى لتحقيق الأهداف الاستراتيجية لاستخدامات المياه فى الزراعة والتوسع الزراعى الأفقى بالوصول الى أعلى عائد من وحدتى الأراضى والمياه.

**وللرى الحقلى عنصرين أساسين متكاملين الأول التصميم الهندسى لشبكة الرى وجودة مكوناتها والثانى إدارة نظام الرى المقترح.**

ويؤدى سوء إدارة المياه والإسراف فى استخدامها فى مزارع المحاصيل البستانية خاصة والمحاصيل الحقلية عامة الى كثير من مشاكل الملوحة والظواهر الفسيولوجية الخاصة بالمحصول مسبباً إنخفاضاً فى الإنتاج كماً وجوده وعلى سبيل المثال يمكن التغلب على تشقق وتشوه الثمار وتساقطها المبكر بتحسين إدارة المزارع للمياه والتى تؤدى بدورها الى الاقتصاد فى إستخدام الأسمدة والمبيدات والحد من التلوث البيئى وخاصة للمياه الجوفية نتيجة لحركة المياه الملوثة بالكيماويات.

ويتطلب تصميم وإدارة أى نظام للرى المعرفة الجيدة لعلوم الأراضى والمحاصيل والهيدروليكا والهيدرولوجيا والتحليل الاقتصادى والإجتماعى حيث تعنى إدارة الرى الحقلى كيفية تشغيل نظام الرى (جدولة الرى) بما يتماشى مع ظروف وخواص التربة والظروف المناخية ونوعية مياه الرى ومدى توافرها كما أن صيانة شبكات الرى وجدولة عمليات التسميد ومقاومة الحشائش من حيث الكمية والتوقيت من أهم عناصر الإدارة السليمة بالإضافة الى إدارة الملوحة والتحكم فيها. وتشتمل إدارة نظم الرى الحقلى والمسطحات الخضراء على:

1. حساب وتقدير الاحتياجات المائية والإروائية للمحاصيل وكيفية جدولة الرى.
2. حساب كفاءة نظم الرى الحقلى للإستخدام الأمثل لهذه النظم.
3. طرق إضافة الكيماويات والأسمدة خلال أنظمة الرى.
4. تقييم شبكات الرى الحقلى.
5. اختبار صيانة شبكات الرى الحقلى.
6. إدارة والأراضى الملوحة.

وتعتبر الإدارة السليمة لنظم الرى من أهم عناصر نجاحها ويحتاج ذلك الى التدريب والإرشاد الجيد. وهناك مؤشرات أخرى تلعب دوراً كبيراً فى نجاح إدارة نظم الرى ومنها الكفاية والإعتمادية والمساواه وكلها تهتم بضمان الحصول على المياه بالكمية والوقت المناسب مع توزيعها توزيعاً عادلاً بين مستخدمى المياه وخاصة على المصدر الواحد دون أى اعتبارات إجتماعية أو موقع الحقل وبعده من خطوط توزيع المياه.

## الاحتياجات المائية والإروائية وجدولة الرى
## Water & Irrigation Requirements and Irrigation Scheduling

### تعريفات عامة: General defination

### 1 – البخر: Evaporation

هو تحول الماء من الصورة السائلة الى الصورة الغازية أى انتقال الماء من سطح مائى حر الى الهواء الجوى.

### 2 – النتح : Transpiration

وهىالعملية التى يتم فيها خروج أو مرور بخار الماء خلال الأنسجة النباتية الحيه عن طريق الثغور الموجودة على الأوراق الى الجو مباشرة.

### 3 – البخر والنتح : Evapo - Transpiration

وهو عبارة عن مجموع كمية المياة المفقودة عن طريق عمليتى البخر والنتح معاً وهو ما يطلق عليه بالإستهلاك المائى. حيث ينتقل الماء فى المناطق المنزرعة

الى الهواء الجوى من سطح التربة عن طريق عملية البخر بينما ينتقل الماء الى الهواء الجوى من خلال الأنسجة النباتية عن طريق عمليات النتح.

وتؤثر العوامل التالية على معدلات البخر وبالتالى على الإستهلاك المائى:

1 – طبيعة أسطح البخر
2 – الضغط البخارى للهواء الجوى
3 – درجة حرارة الجو
4 – سرعة الرياح
5 – الضغط الجوى
6 – الطاقة الميسرة (الاشعاع الشمسى)
7 – نوعية المياه
8 – درجة حرارة مياه الرى
9 – طول فصل (موسم) النمو
10 – كمية الأمطار

**الاستهلاك المائى للمحاصيل (الاحتياجات المائية)**

**Crop water consumptive-use (water Requirement)**

وتنقسم طرق تقدير الاستهلاك المائى الى طرق حقلية عملية تعتمد على قياسات الرطوبة الأرضية وطرق أخرى للتنبؤ بالإستهلاك المائى من بيانات الأرصاد الجوية الزراعية من درجات حرارة وعدد ساعات النهار وشدة أشعة الشمس وغيرها من البيانات المناخية . وقد إنتشرت شبكات محطات الأرصاد الجوية الزراعية الآلية التى تم ربطها عن طريق الاتصالات السلكية بأجهزة الكمبيوتر المركزية.

**أولاً : طرق القياس الحقلية Field measurment methods**

هناك طرق عديدة تستخدم لتقدير الاستهلاك المائى من أهمها:

**أ – أحواض التجارب الحقلية (خزانات وليزمترات):**

**Field Experimental plots Tanks and lysimeters**

**ب – دراسات الرطوبة الأرضية : Soil moisture studies**

**جـ – طريقة الداخل والخارج : inflow - outflow method**

**ثانياً : طرق البيانات المناخية: Climatological Data Methods**

وتعتمد جميع هذه الطرق على حساب معدل البخر – نتح المرجعى (مرجع محصـــول النجيليـــات أو البرســـيم الحجـــازى) Reference evapo-tranpiration (ET) ويجب أن يكون المحصول المرجعى نامياً تحت ظروف رطوبـة ميسـرة ولا يعـانى أى إجهـادات رطوبيـة وترتفـع قـيم معـدل البخـر – نـتح المحسوبة على أساس البرسيم الحجازى كمرجع بحوالى 10% عن المحسوبة على أساس النجيليات وذلك لارتفاع الاستهلاك المائى للبرسيم الحجازى.

**أ – حساب البخر– نتح المرجعى Estimating Reference Evapo-transpiration الطرق الحسابية ومنها:**

1 – بلانى كريدل المعدلة Modified - Blaney - Criddle

2 – جونسون – هيس المعدلة Modified Jensen-Hais

3 – طريقة الاشعاع Radiation Method

4 – بنمان المعدلة Modified penman

5 – ثورن وايت Thornthwite

6 – لورى وجوهنسون Lowry and johnson

7 – وعاء البخر Pan-evaporation

وسنكتفى هنا بأكثر الطرق شيوعاً وهي بنمان المعدلة ووعاء البخر .

**1 – طريقة بنمان المعدلة Modified Panman Method**

تعتمـد هـذه الطريقـة علـى عـاملين مـن العوامـل المناخيـة وهمـا الطاقـة الاشعاعية والديناميكا الهوائية aerodynamic (الرياح والرطوبة النسبية) حيث يتغيران بتغير الظروف الجوية وقد يصعب قياس الاشعاع الشمسى وفترة سطوع الشمس مع مراقبة السحب وقياس الرطوبة النسبية ودرجات الحراره. وتكتب معادلة بنمان كما يلى:–

$$ETo = C\left[W.Rn + (1-W) - F(u).(e_a - e_d)\right] \qquad (7\text{-}1)$$

حيث أن:

Eto = معدل البخر – نتح المرجعي (مم/يوم)

W = معامل درجة الحرارة جدول (14)

Rn = مقدار الإشعاع مقدراً بالبخر المكافئ (مم/يوم)

f(u) = معامل خاص بالرياح ويساوى $fu = 0.27\left(1-\frac{u}{100}\right)$

U = سرعة الرياح (كم/ساعة) السائدة على مدار 24 ساعة. وعلى إرتفاع 2م ويستخدم جدول خاص لتعديل معامل الرياح (fu) إذا ما قيست سرعته على إرتفاعات أخرى.

$e_a$ = ضغط البخار المشبع للهواء عند درجة حرارة الهواء المتوسط (مم بار)

$e_d$ = ضغط البخار الفعلى للهواء عند درجة حرارة الهواء المتوسطة مم بار

C = معامل لتعويض تأثير تغير ظروف المناخ أثناء النهار وأثناء الليل ويتم حسابه من جدول خاص وتحت ظروف من الرطوبة النسبية والاشعاع الشمسى وسرعة الرياح.

وتعبر قيمة الاشعاع الصافى (Rn) Net radiation عن جميع الاشعاعات الداخلة له والخارجة من نقطة ما ويعرف الفرق بين قيمة الموجه الطويلة للإشعاع الخارج والداخل بصافى الموجه الطويلة للإشعاع RnL والتى تمثل الطاقة المفقودة فى حين تعبر قيمة Rns صافى الموجه القصيرة للإشعاع Short wave Solar radiation وبهذا تحسب قيمة صافى الإشعاع Rn من المعادلة التالية:

$$Rn = Rns - RnL \qquad (7\text{-}2)$$

وقد توصل Doorenbos J *et . al* 1977 بعد كثير من المحاولات الى أبسط الطرق لحساب قيمة Rn وتم تصحيح برامج الحاسب الآلى للقيام بحسابها من المعادلات الآتيه:

$$Rns = (1 - \alpha)\, Rs \qquad (7\text{-}3)$$

$$RnL = F(T) - f(ed)\, f(n/N) \qquad (7\text{-}4)$$
$$Rs = (0.25 + 0.5\, n/N)\, Ra \qquad (7\text{-}5)$$

حيث أن $\alpha$ معامل يعبر عن إنعكاسات سطح المحصول المنزرع =0,25

أما قيم

f (n/N), f(T), f(ed) فلها جداول خاصة

**2 – طريقة وعاء البخر Evaporation pan method**

وتعتمد هذه الطريقة على قياس قيمة البخر اليومى من سطح ماء حر مكشوف وتستخدم المعادلة (7–6) فى حساب معدل البخر – نتح المرجعى.

$$ETo = KP \times EP \qquad (7\text{-}6)$$

حيث أن :

ETo = معدل البخر – نتح المرجعى (مم/يوم)

Ep = معدل البخر من الوعاء (مم/يوم)

KP = معامل وعاء البخر ويساوى (,70 – ,08) فى حالة الأحوض المكشوفة وتساوى (,80 – ,90)فى حالة تغطية الحوض بالسلك }

**ب– حساب معدل البخر – نتح**

**Estimating Potential Evapo - Transpiration**

ويعرف بأنه البخر والنتح من أى غطاء خضرى عندما يمد بكميات مياه للحصول على أعلى نمو ويتوقف على العوامل الجوية وعلى نوع الغطاء الخضرى.وتستخدم المعادلات التالية فى حساب الإستهلاك المائى على النحو التالى:

$$ET_p = Kc \,.\, ETo \qquad (7\text{-}7)$$

حيث أن :

$ET_p$ = معدل البخر والنتج (مم /يوم)

ETo = معدل البخر المرجعى مم/يوم . (اما نجيليات أو برسيم حجازى)

Kc = معامل يتوقف على نوع المحصول ومراحل النمو التى تشمل:

- المرحلة الأولى من زراعة البذره – 10% تغطية خضرية.
- مرحلة النمو الخضرى من نهاية المرحلة الأولى – 70 – 80% تغطية خضرية.
- المرحلة المتوسطة من نهاية المرحلة الثانية وحتى الإزهار وبداية الإثمار.
- المرحلة الأخيرة من المرحلة الثالثة وحتى الحصاد.

وتؤخذ القيمة المتوسطة لـ kc للمحاصيل الحقلية فى المرحلة الأولى والثانية – 0,6 .

ويختلف الاستهلاك المائى من منطقة الى أخرى حسب درجات الحرارة والعوامل المناخية الأخرى ويفضل أن يتم حساب الإستهلاك المائى لأى محصول طبقاً لبيانات الأرصاد الجوية القريبة من المساحة المنزرعة ويبين جدول (7–1) أقصى استهلاك مائى للمحاصيل تحت ظروف مناخية مختلفة . كما يوضح شكل (7–2) التغير فى الاستهلاك المائى للمحاصيل خلال مراحل النمو.

**جدول (7–1) أقصى معدلات الاستهلاك المائى للمحاصيل تحت ظروف مناخية مختلفة**

| ظروف المناخ | معدل الاستهلاك المائى مم/يوم |
|---|---|
| بارد رطب | 3 |
| بارد جاف | 4 |
| متوسط رطب | 4 |
| متوسط جاف | 5 |
| حار رطب | 5 |
| حار جاف | 8 |

ويمكن أيضاً حساب البخر والنتح الفعلى - Actual Evapo Transpiration والذى يعرف بأنه البخر والنتح من الغطاء الخضرى تحت

الظروف العادية والطبيعية من الإمداد المائى وتتوقف على عوامل عديدة مثل تلك المؤثرة فى ETp :

$$ETa = F \times ETO \qquad (7\text{-}8)$$

حيث أن :

Eta = هو معدل البخر والنتح الفعلى.

F = معامل يساوى 1,0 فى الأراضى الغير ملحية ويساوى صفر فى الأراضى الجافة . ويقل معدل النتح والبخر مع الزيادة فى النقص الرطوبى (جفاف).

وتستخدم المعادلة (7–9) فى حساب الاستهلاك المائى من المعادلات المناخية مع الأخذ فى الإعتبار خواص الأراضى والرطوبة الميسرة . Howell *et. al* 1986

$$ET = ET_o\ (Kc.\ Ksc) + Kso \qquad (7\text{-}9)$$

حيث أن :

ET = معدل الاستهلاك المائى مم/يوم

ETo = معدل البخر – نتح المرجعى مم/يوم.

Kc = معامل المحصول (بدون وحدات)

Ksc = معامل تربة له علاقة بالمحصول وحساسية الجذور Stomatal لإنخفاض المحتوى الرطوبى وتأثيرها على النتح (بدون وحدات)

Kso = معامل تربة لوصف زيادة البخر– نتح بعد سقوط الأمطار أو الرى (بدون وحدات)

وتستخدم معادلة (7–10) Jensen *et.al* لحساب قيم معامل التربة – المحصول.

$$Ksc = 0.22\ Ln\ (Aw + 1) \qquad (7\text{-}10)$$

حيث أن :

Aw = النسبة المئوية للرطوبة الميسرة فى التربة وتساوى 100% من السعة الحقلية وصفر عند الجفاف التام.

وتختلف قيم Aw بنوع نظام الرى فهى 50% فى الرى السطحى و 70 – 80% فى الرى بالرش والموضعى .(Howell *et.al.* 1986)
أما المعامل Kso فيحسب من المعادلة (7–11)

$$Kso = Af\ (1 - Kc)\ (N)\ t \qquad (7\text{-}11)$$

حيث أن :

Af = معامل لجزئيات سطح التربة المبتل

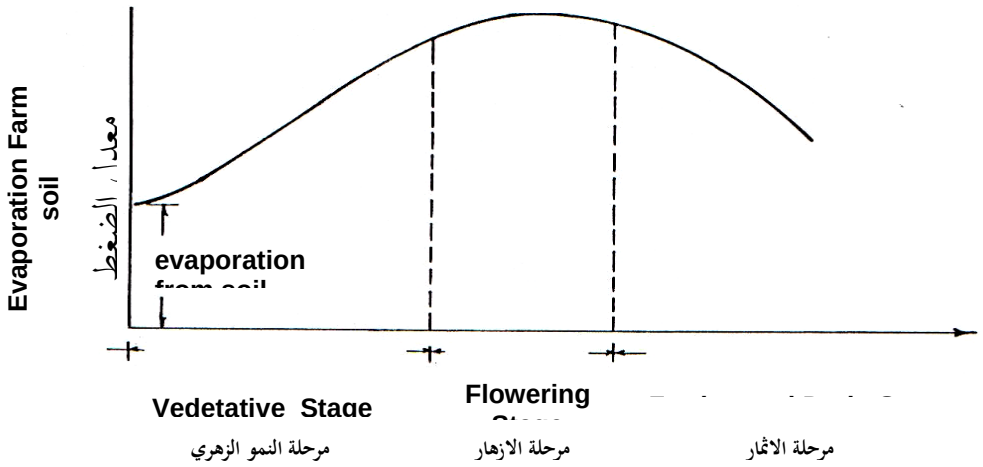
N = معامل قوام التربة مساوياً لـ –1, للأراضى الطينية ، 1,5 للطينية الطميية ، 2– 2,5 للتربة الطميية ، 3–3,5 للأراضى الرملية .

t = الزمن المار بعد الرى أو سقوط الأمطار (يوم)

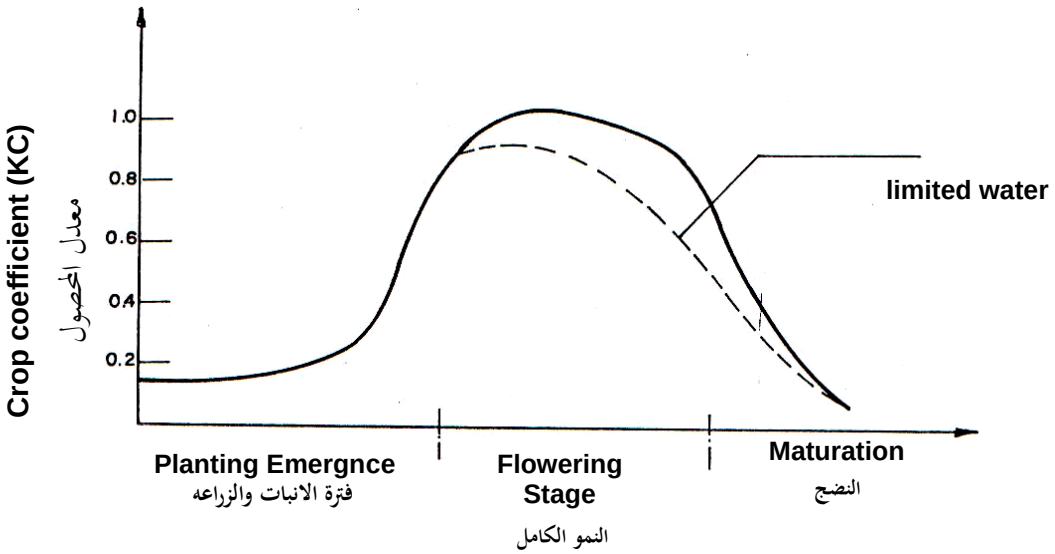
### 4–1–3 الاحتياجات المائية : Water requirements

وهى كمية المياه بصرف النظر عن مصدرها وعن طريقة الرى التى يحتاجها محصول ما طول فترة نموه تحت الظروف الحقلية وهى تساوى استهلاكه المائى والموضحة بالمعادلات السابقة.

ويوفر حساب المقنن المائى للحاصلات البستانية والحقلية طبقاً للعوامل الجوية السائدة للمزارع تكاليف الطاقة الزائدة للرى الزائد عن حاجة النبات علاوة على الحفاظ على منسوب الماء الأرضى بعيداً عن منطقة الجذور النشطة وتحسين جودة ثمار الفاكهة والتغلب على كثير من الأمراض الفسيولوجية للثمار وإنخفاض الإصابة بالأمراض الفطرية نتيجة لإنخفاض الرطوبة الأرضية المحيطة بالنبات بالإضافة الى إعطاء المقنن المائى المناسب فى الأوقات الحرجة للنبات مثال فترة تفتح البراعم والإزهار والعقد وإكتمال نمو الثمار كما أن تقنين إستخدام المياه يساهم أيضاً فى ترشيد إستخدام الأسمدة والمبيدات وتقليل الكميات المستهلكة وتزيد من النسبة المستفادة منها بواسطة النباتات علاوه على خفض التلوث بالأسمدة وخاصة النتروجين فى الماء الأرضى الذى قد يستخدم كمياه للشرب أو حتى إعادة استخدامه للزراعة مره أخرى.




**شكل (7–1) التغير فى قيمة معامل المحصول (Kc) خلال مراحل النمو**




**شكل (7–2) التغير فى الاستهلاك المائى للنباتات خلال مراحل النمو**

## الاحتياجات الإروائية Irrigation reqirements

وهى كمية المياه مطروحاً منها مياه الأمطار اللازمة لإنتاج محصول ما وتشمل جميع صور الفقد والتى يصعب تجنبها فى المناطق الغير منزرعة مضافاً اليها الاحتياجات الغسيلية اذا تطلب ذلك.

$$IR = WR\ (ET_a) + LR + WL = WR/E_a + LR \qquad (7\text{-}12)$$

حيث أن :

LR = الاحتياجات الغسيلية

WL = الفواقد فى مياه الرى

$E_a$ = كفاءة الإستخدام لطريقة الرى المستخدمة كنسبة مئوية

## زمن وفترات الرى Irrigation time and intervals

من أهم الإعتبارات التى تراعى عند تحديد زمن الرى:

1. الاحتياجات المائية للنباتات .
2. كمية المياه المتوفرة للرى من مصدرها.
3. قدرة منطقة الجذور على تخزين الماء.

ويمكن للشخص القائم بالرى (المهندس الزراعى – المزارع) أن يحدد الوقت المناسب للرى أما من قياسات الرطوبة الأرضية فى منطقة الجذور الفعالة أو من مظهر النبات أو التربة والإعتماد على مظهر النبات قد يكون سهلاً فى النباتات الحساسة للماء والعطش وأيضاً الإعتماد على مظهر التربة على الخبرة ومن الأفضل الإعتماد على قياس الرطوبة الأرضية لأنها تنبأ بموعد الرى مسبقاً.

ومن المعروف أن كمية الماء المتاح فى منطقة الجذور هى المحصورة بين السعة الحقلية وبين نقطة الذبول:

$$P_{ac} = P_{f.c} - P_{p.w.p} \qquad (7\text{-}13)$$

حيث أن :

$P_{ac}$ = نسبة الرطوبة الميسرة.

$P_{f.c}$ = نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية

$P_{p.w.p}$ = نسبة الرطوبة عند نقطة الذبول.

ويستطيع النبات الاستفادة بنسبة تتراوح من 25% الى 75% من الماء الميسر وربما أعطت نسبة 50% أعلى إنتاج ويستطيع النبات فى فترة الإثمار إمتصاص ماء حتى 75% من الماء الميسر بدون نقص يذكر فى المحصول (Israelen and Hanse, 1962) ويقدر عمق الياه اللازمة لاحتياجات النبات المائية وكذلك احتياجاته الإروائية وذلك من تقديرات الرطوبة الأرضية من المعادلات التالية:

$$WR = \frac{Pac}{100} \times As \times D \times X \qquad (7\text{-}14)$$

$$IR = WR/Ea \qquad (7\text{-}15)$$

حيث أن :

| | | | |
|---|---|---|---|
| WR | = | الاحتياجات المائية | (مم) |
| IR | = | الاحتياجات الإروائية | (مم) |
| Pac | = | النسبة المئوية للرطوبة الميسرة فى التربة بالوزن | (%) |
| As | = | الكثافة النوعية الظاهرية للتربة. | |
| D | = | عمق منطقة الجذور الفعال | (مم) |
| X | = | مقدار الرطوبة المستنفذه | (%) |
| Ea | = | كفاءة الاستخدام ( كفاءة الإضافة) | (%) |

ويختلف عمق منطقة الجذور الفعالة من نبات لآخر ويستمد النبات أكثر من 70% من احتياجاته من الطبقات السطحية ولهذا يفضل الرى المتكرر وبكميات بسيطة وخاصة للنباتات الغير عميقة الجذور ولو أن ذلك قد يكون صعباً تحت نظم الرى التقليدية (الرى السطحى).

ويتم حساب الزمن اللازم لرى مساحة معينة بحساب عمق الرى وبمعرفة تصرف مصدر الرى من المعادلة التالية:

$$q \,.\, t = 2.78\ A.IR \qquad (7\text{-}16)$$

حيث أن :

| | | | |
|---|---|---|---|
| q | = | تصرف مصدر الرى. | لتر / ثانية |
| t | = | الزمن اللازم للرى | ساعة |
| A | = | المساحة المروية | هكتار |

وتتوقف الفترة بين الريات على عدة عوامل منها معدل الاستهلاك المائى للنباتات ونوع وكمية المياه المضافة عند الرى وليس هناك فاصل زمنى محدد بين الريات غير أنه لاينبغى إجهاد المحصول بزيادة الشد الرطوبى حتى يتحقق أعلى إنتاجية للمحصول بالمحافظة على مستوى رطوبة مناسب فى التربة.

**ويتم حساب الفترة بين الريات بإستخدام المعادلة التالية:**

$$Ii = WR/Etp \qquad (7\text{-}17)$$

حيث أن :

ETP = الاستهلاك المائى (مم/يوم)

Ii = الفترة بين الريات (يوم)

WR = المقنن المائى المطلوب (مم)

ويحدد توقيت الرى (الفترة بين الريات) بإحدى الطرق الآتية :

**1- الرى عند محتوى رطوبى ثابت داخل التربة**

يتم الرى عندما يستنفذ النباتات نسبة ثابتة من الرطوبة (Y) المحسوبة والمحدده مسبقاً وقد تزداد الفترة بين الريات بإنخفاض معدلات النتح والبخر وفى ظل أراضى ثقيلة وتمتاز هذه الطريقة بثبات كمية مياه الرى لكل ريه مما يسهل التشغيل الأتوماتيكى لشبكات الرى بتوصيلها بأجهزة قياس الرطوبة الأرضية وتبلغ قيم (Y) لمحاصيل الخضار والفاكهة الغير عميقة الجذور من 25 – 40% فى حين تصل الى 50% مع المحاصيل الحقلية.

**2 – الرى بفترات ثابتة:**

وفيها يتم الرى كل فترة زمنية ثابتة تتراوح من 12 ساعة حتى بضعة أيام وتتوقف هذه الفترة على معدلات النتح والبخر وكذلك نوعية التربة ففى الأراضى الخفيفة يتطلب الأمر تقليل الفترة بين الريات لتقليل فواقد المياه فى حين تزداد الفترات فى الأراضى ذات القدرة العالية للإحتفاظ بالمياه كما فى التربة الطينية الا أنه يجب الأخذ فى الإعتبار حساسية المحاصيل لإختلاف أعماق الجذور.

**حساب الاحتياجات المائية لنظم الرى الموضعى:**

**Net Water requirement for localized Irrigation Systems**

نظراً لعدم إبتلال كل سطح التربة تحت تلك النظم فإن حساب المقننات المائية يختلف عن بقية الطرق وتستخدم المعادلة التالية لحساب الإحتياجات المائية

$$NWR = 10^4\ A.Y\ (FC - WP)\ .\ Z\ .\ P = 10^4\ .\ A.\ ETL\ .\ Ii \quad (7\text{-}18)$$

حيث أن :-

| | | |
|---|---|---|
| NWR | = الاحتياجات المائية (المقننات) | (لتر) |
| A | = المساحة المروية | (هكتار) |
| Y | = النسبة المئوية للرطوبة المستنفذه | % |
| F.C | = الرطوبة عند السعة الحقلية (بالحجم) | (مم/متر) |
| WP | = الرطوبة عند نقطة الذبول (بالحجم) | (مم/متر) |
| Z | = عمق منطقة الجذور الفعالة (جدول 5-2) | (متر) |
| P | = النسبة المئوية للمساحة المبتلة من المساحة الكلية . | |
| ETL | = معدل الاستهلاك المائى تحت نظام الرى الموضعى | (مم/يوم) |
| Ii | = الفترة بين الريات | (يوم) |

أما قيم P فهى النسبة المئوية لحجم التربة المبتل الى الحجم الكلى والذى يتوقف على :

- النفاذية الأفقية والرأسية لنوع التربة.
- الخاصية الشعرية للتربة.
- وجود الطبقات الصماء.
- كمية المياه المضافة ومعدل إضافتها.
- المحتوى الرطوبى الإبتدائى.

وتكون القوى الشعرية فى الأرض الطينية والطفلية شديدة فى حين تكون الجاذبية الأرضية ضعيفة أو منعدمة ولذلك تكون الحركة الأفقية للرطوبة أكبر من الحركة الرأسية أما فى الأراضى الرملية فتكون القوى الشعرية ضعيفة والجاذبية قوية وتكون الحركة الرأسية أكبر من الحركة الأفقية للرطوبة.

وتمثل عملية تربية ونمو جذور الأشجار عامل مهم فى تثبيت الأشجار وتختلف هذه العملية بنوع التربة لإختلاف النسبة المئوية للحجم المبتل وعموماً فإنه

يجب أن يخصص ما لايقل عن نقاطين لكل شجرة فى الأراضى الطينية وأربعة للأراضى الرملية يتم البدء بمنقطين لكل شتلة وعلى مقربة منه (25–30 سم) ثم يزداد العدد مع نمو الأشجار على أن تكون المسافة بين الشجرة والمنقطات فى حدود 30 سم ويمكن إستبدال المنقطات بالميكروجيت أو Bubber فى الأعمار الناضجة للأشجار والذى ينبغى على المصمم وضع هذا التغير فى الإعتبار.

ويحسب الاستهلاك المائى تحت نظم الرى الموضعى على أساس قراءات التبخر من حوض البخر Class A وباعتبار أن قيمة ETL تقل عن مثيلاتها فى الطرق الأخرى وهو ما عبر عنه بمعامل التخفيض Kr (جدول 7–2) Keller and Karmeli

$$ETL = EP \times Kc \times Kp \quad (\text{minimum of } Kr, 1) \qquad \textbf{(7-19)}$$
$$Kr = PS / 85$$

حيث أن :

ETL = الاستهلاك المائى تحت نظام الرى الموضعى مم/يوم

EP = مقدار البخر من وعاء البخر Class A مم/يوم

Kc = معامل خاص بنوع المحصول وعمره.

Kp = معامل وعاء البخر .

Ps = المساحة المئوية للغطاء الخضرى وتحسب من المعادلة (7–20).

النسبة المئوية للمساحة الخضرية الى المساحة الكلية (مساحة الحقل)

$$Ps = \frac{GA}{S_r \times S_p} \qquad \textbf{(7-20)}$$

حيث ان :

Ps = النسبة المئوية للغطاء الخضرى

GA = المساحة المغطاه بالمجموع الخضرى للنبات الواحد (متر$^2$)

Sr = المسافة بين صفوف النباتات (متر)

Sp = المسافة بين النباتات (متر)

وهناك عديد من المعادلات لحساب الإستهلاك المائى المائى تحت نظم الرى بالتنقيط

**جدول (7–2) قيم معامل النقص Kr عند نسب مختلفة لمعامل الغطاء PS**

| PS% | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kr | 0,12 | 0,24 | 0,35 | 0,47 | 0,59 | 0,70 | 0,82 | 0,94 | 1,0 | 1,0 |

والاحتياجات المائية للمحاصيل (ETL) تحت نظم الرى الموضعى هى الكمية الواجب إضافتها للتربة ليستهلكها المحصول من خلال البخر والنتح. وهى أقل من الإحتياجات المائية للرى فعلا (المضافة فى الرية الواحدة) بمقدار الفواقد التى تحدث أثناء الرى بالتسرب العميق وإحتياجات الغسيل وفواقد التسرب العميق.

## حساب الاحتياجات الاروائية Irrigation reqirements

$$IR = \frac{NWR}{Ea} \qquad (7\text{-}21)$$

حيث أن :

I.R = احتياجات الرى لتر /م2

N W R = الإحتياجات المائية لتر /م2

Ea = كفاءة الرى بالتنقيط % والتى تساوى

$$Ea = TR \times EU = Ks \times EU \qquad (7\text{-}22)$$

حيث أن :-

TR = نسبة كمية مياه النتح الى الكمية المعطاه

EU = درجة انتظامية التوزيع لمجموع النقاطات

Ks = كفاءة التربة فى تخزين المياه (أراضى رملية 0,91 – طمى 0,95)

وعادة فإن كفاءة الرى بالتنقيط لا تقل عن 90% أما بالنسبة لقيمة TR فهى تساوى 1,00 فى المناطق الرطبة ، 0,9 فى المناطق الجافة وتؤخذ كقيمة متوسطة تساوى 95.

ويضـاف الـى إحتياجـات الـرى الاحتياجـات الغسـيلية للأمـلاح (LR) اذا تطلب ذلك وفى هذه الحالة يكون:

احتياجات الرى الكلى =

$$IR = \frac{NWR}{Ea} + \frac{LR.NWR}{Ea} = \frac{NWR}{Ea}(1+LR) \qquad (7\text{-}23)$$

حيث أن: LR النسبة المئوية للإحتياجات الغسيلية

وتستخدم المعادلة (7–24) فى حساب التصرف الكلى اللازم لرى مزرعة ما بأحد أنظمة الرى الموضعى.

$$Q_T = 100\frac{A}{N} - \frac{IR}{It}XIi \qquad (7\text{-}24)$$

حيث أن :

| | | | |
|---|---|---|---|
| $Q_T$ | = | التصرف الكلى المطلوب (م3 / ساعة) | |
| A | = | المساحة الكلية اللازم ريها | (هكتار) |
| N | = | عدد الوحدات الفرعية | |
| IR | = | احتياجات الرى | (مم / يوم) |
| It | = | زمن الرى | (ساعة) |
| Ii | = | الفترة بين الريات | (يوم) |

**أمثلة محلولة**

**المطلوب :** حساب مقدار الزيادة فى مقدار قيمة البخر – نتح Et خلال ثلاثة أيام من سقوط الأمطار أو الرى بالتنقيط لمحصول القطن.

**المعطيات :**

| | | |
|---|---|---|
| معامل المحصول Kc | = | 0,8 |
| الماء الميسر AW | = | %75 |
| معامل قوام التربة N | = | 1,5 |
| البخر – نتح المرجعى ETo | = | 10مم/يوم |
| كمية مياه المطر | = | 30مم |

كمية مياه الرى = 30 مم

نسبة ابتلال السطح = 50%

أولاً : يتم حساب الـ ET فى حالة عدم الرى والأمطار O = Kso باستخدام معادلة (7−7)

$$ET = ETo (Kc. Kcs) + Kso$$

وبإستخدام معادلة (7−10) لحساب قيمة Kcs

$$Kcs = 0.22 \ln (AW + 1) = 0.22 Ln (80 + 1) = 0.967$$

$$ET = 10.0 [(0.8 \times 0.967) + 0] = 7.7 \text{ mm/day}$$

بالنسبة للأمطار يتم Kso من معادلة (4−11)- (Af = 1.0) حساب

$$Kso = Af (1-Kc) (N)^t$$

Kso (اليوم الأول) $= 1.0 (1.0 - 0.8)/(1.5)^1 = 0.13$

Kso (اليوم الثانى) $= 1.0 (1.0 - 0.8)/(1.5)^2 = 0.09$

Kso (اليوم الثالث) $= 1.0 (1.0 - 0.8)/(1.5)^3 = 0.06$

ET (اليوم الأول) $= 10.0 [ (0.8 \times 0.95) + 0.13)] = 8.9$ mm/day

ET (اليوم الثانى) $= 10.0 [ (0.8 \times 0.95) + 0.09)] = 8.9$ mm/day

ET (اليوم الثالث) $= 10.0 [ (0.8 \times 0.95) + 0.06)] = 8.9$ mm/day

∴ الزيادة فى البخر − نتح نتيجة سقوط الأمطار لمدة ثلاثة أيام =

**(7,6 – 8,9) + (7,6 – 8,5) + (7,6 – 8,2) = 2,8 مم**

**بالنسبة للرى بالتنقيط 30 مم**

يتم حساب Kso على مدى الثلاثة أيام من معادلة

**Af = 0.5 (4-11)**

Kso (اليوم الأول) $= 0.5 (1.0 - 0.8)/(1.5)^1 = 0.07$

Kso (اليوم الثانى) $= 0.5 (1.0 - 0.8)/(1.5)^2 = 0.05$

Kso (اليوم الثالث) $= 0.5 (1.0 - 0.8)/(1.5)^3 = 0.03$

ET (اليوم الأول) $= 10.0 [ (0.8 \times 0.95) + 0.07)] = 8.3$ mm/day

ET (اليوم الثانى) $= 10.0 [ (0.8 \times 0.95) + 0.05)] = 8.1$ mm/day

ET (اليوم الثالث) = 10.0 [ (0.8 x 0.95) + 0.03)] = 7.8 mm/day

∴ الزيادة فى ET يتم الرى خلال الثلاثة أيام التالية =

(7,6 − 8,3) + (7,6 − 8,1) + (7,6 − 7,9) = 1,5 مم

**2− المطلوب :** حساب زمن الرى اللازم لتغطية الاحتياجات المائية ET لمحصول اللوز وكذلك القدره الحصانية اللازمة للمضخة المناسبة.

**المعطيات :**

| | | |
|---|---|---|
| معدل النحر − نتح | = | 8مم / يوم |
| المساحة المنزرعة | = | 20 هكتار |
| المسافة بين الأشجار | = | 6 متر |
| المسافة بين الصفوف | = | 7 متر |
| معدل تصرف المنقط المستخدم | = | 24 لتر / ساعة |
| عدد المنقطات لكل شجرة | = | 4 |
| فواقد المياه أثناء الرى | = | %6 |
| إنتظامية التوزيع Du | = | %85 |
| النسبة المئوية للمساحة الخضرية | = | %75 |
| المساحة المبتلة | = | %50 |
| عدد ساعات الرى فى اليوم | = | 18 ساعة |
| عدد أيام الرى | = | 5 يوم / أسبوع |
| الأراضى رملية Ks | = | 0,91 |
| الضاغط المطلوب | = | 40 متر |
| كفاءة المضخة | = | %70 |

**الحــل :**

الاحتياجات الاروئية للشجرة = $\frac{\text{معدل البخر − نتح} \times \text{المساحة}}{\text{كفاءة الري الموضعي}}$

معدل النحر − نتح − تحت نظام التنقيط من معادلة (7−19) ETL = ET X Kr

$\frac{75}{8}$ × 8 (Kr) = 4.05مم / يوم

كفاءة الرى الموضعى معادلة رقم (22–7) Ea = Ks x Eu

Ea = 0,77 = ,85 × 0,91

الاحتياجات الاروائية IR = $\frac{(6\times7) \times 7,5}{0,77}$ = 384 لتر / يوم / شجرة

الاحتياجات الاروائية الاسبوعية = 7 × 384 = 2688 لتر / شجرة / اسبوع

زمن الرى $\frac{\text{الاحتياجات الاروائية للشجرة / يوم}}{\text{التصرفات الموجودة عند الشجرة}}$ = $\frac{384}{24 \times 4}$ = 4 ساعة

ولحساب التصرف الكلى للمضخة المناسبة للمساحة كلها

عـــدد الأشـــجار فى المســـاحة= $\frac{\text{المساحة الكلية (م}^2\text{)}}{\text{المساحة التى تشغلها الشجرة الواحدة}}$ = $\frac{10000 \times 2}{7 \times 6}$ = 4762 شجرة

الاحتياجات الاروائية الاسبوعية = $\frac{2688 \times 4762}{1000}$ = 12,8 × 10م $^3$

زمن الرى المتاح أسبوعياً = 18 × 5 – 90 ساعة

التصـرف المطلـوب = $\frac{10 \times 12,8^3}{90}$ = 142م $^3$ / ساعة

القدرة الحصانية pH = $\frac{\text{التصرف (Q)} \times \text{الضاغط (H)}}{75 \times \text{الكفاءة (η)}}$

= $\frac{40 \times \frac{2}{5}}{75 \times 0,7}$ = 30,5حصان = 22,5 كيلو وات

## 2– كفاءات نظم الرى الحقلى On-Farm Irrigation Systems efficiencies

تعرف كفاءة الرى كنسبة مئوية لكمية المياه التى خزنت فى منطقة الجذور الفعالة لتلك الكمية التى أطلقت للرى الحقلى ويعنى إرتفاع قيمة كفاءة الرى زيادة فى ترشيد مياه الرى (دون المساس بالاستهلاك المائى للنباتات) والتقليل من فواقد

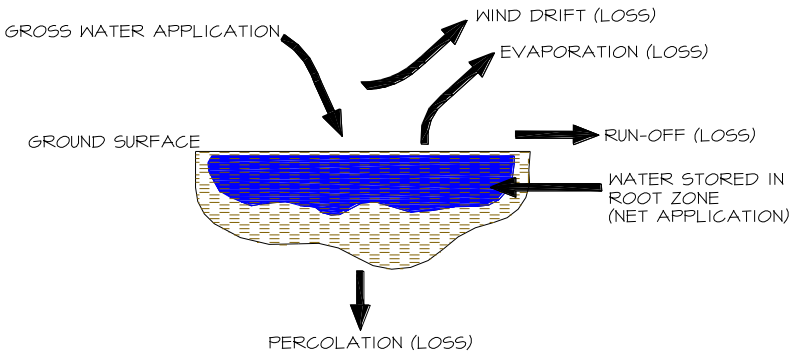
المياه حتى يصبح هذا النظام إقتصاديا . ويلعب تحسين كفاءة الرى دوراً هاماً فى زيادة الإنتاج الزراعى بتوفير المياه اللازمة للاستخدام فى التوسع الأفقى لاستصلاح أراضى جديدة ولهذا فمهمة مهندس الرى عموما والمهندس الزراعى خصوصاً استعمال أحسن الطرق لتوزيع المياه وإمداد النبات باحتياجاته المائية بأقل كمية من الفقد. ويمكن التلخيص بأن :

**1 – المياه المستفادة ومنها** Beneficial Uses

- نتح النباتات.
- غسيل الأملاح.
- استخدامات أخرى مثل تلطيف الجو وتنبيت الحشائش لمقاومتها.

**2 – المياه الغير المستفاد منها** Non-Beneficial Uses

- الفقد فى القنوات.
- الرشح العميق تحت منطقة الجذور.
- البخر من سطح التربة.
- البخر من أسطح النباتات.
- بخر قطرات المياه المتساقطة (الرش بالرش).
- فقد الجريان السطحى.
- نتح الحشائش.




**شكل (7–3) فواقد مياه الري اثناء الري**

**من أهم الكفاءات التى تؤخذ فى الإعتبار:**

1. كفاءة نقل المياه. Water - Conveyance efficiency.

| | |
|---|---|
| 2.كفاءة إضافة المياه | Water - application efficiency. |
| 3.كفاءة إستعمال المياه | Water - use efficiency. |
| 4.كفاءة تخزين المياه | water - Storage efficiency. |
| 5.كفاءة توزيع المياه | Water - distribution efficiency. |
| **6. كفاءة الإستفادة من الماء** | Water - utilization efficiency. |
| 7.كفاءة المشروع | Project efficiency . |
| 8.كفاءة التشغيل | Operation efficiency. |
| 9.كفاءة الرى الاقتصادية | Economic efficiency of irrigation |

**ويؤدى إنخفاض كفاءة الرى الى ما يلى :-**

1. زيادة استهلاك الطاقة وزيادة فى تكلفة المياه.
2. غسيل الأسمدة تحت منطقة الجذور.
3. خفض جودة مياه الرى.
4. إنخفاض فى إنتاجية المحصول.
5. مشاكل صرف.
6. خفض المساحات المروية على نفس مصدر المياه.

**كفاءة الرى الكلية : Overall Irrigation efficiency (Ei)**

هى محصلة لكل من كفاءة نقل المياه Ec وكفاءة استخدام المياه Ea

$$E_i = \frac{Ec}{100} \times \frac{Ea}{100} \qquad (7\text{-}25)$$

حيث أن :

Ei = كفاءة الرى الكلية Ec% = كفاءة نقل المياه %

Ea = كفاءة إستخدام المياه %

**كفاءة نقل المياه : Water - Conveyance efficiency (Ec)**

وهى النسبة بين كمية المياه المنطلقة والواصلة الى الحقل الى تلك المياه المنصرفة من مصدر مياه الرى سواء كان نهراً أو مياه جوفية.

$$Ec = \frac{wd}{wi} x100 \qquad (7\text{-}26)$$

حيث أن :

Wd =هى كمية المياه الواصلة فعلا الى راس الحقل (مقنن الحقل)

Wi = هى كمية المياه المنصرفة من المصدر بغرض الرى

وتفقد المياه أثناء سريانها ونقلها فى الترع والقنوات أما بالبخر السطحى أو عن طريق الرشح العميق من قاع أو جدران قناة الرى (الكفاءة 55 – 80%) ويمكن تحسين كفاءة نقل المياه بتقليل فاقد الرشح بتبطين القنوات بالأسمنت أو البلاستيك (الكفاءة 80 –90 %). أو بتجنب الرشح والبخر معاً بإستخدام المواسير فى نقل مياه الرى من مصدره (الكفاءة 90–100%) الا أنها عالية التكاليف.

**كفاءة إضافة المياه (كفاءة نظام الرى الحقلى)**

## Water application efficiency (Ea)

وهى النسبة بين كميات المياه التى خزنت فى منطقة الجذور الفعالة الى كمية المياه الواصلة الى الحقل .

$$Ea = \frac{Ws}{Wa} \times 100 = \frac{Wd - WL}{Wd} \times 100 \qquad (7\text{-}27)$$

حيث أن :

Ws = هى كمية المياه المخزنة فى منطقة الجذور الفعالة.

WL = هى كمية المياه المفقودة أثناء الإستخدام.

وتتأثر كفاءة الاستخدام بالمناخ ونوع التربة ونوع المحصول ومصدر المياه وطبوغرافية المنطقة وطريقة الرى وكذلك بتصميم وإدارة نظام الرى المستخدم وتفقد المياه أثناء إتمام عملية الرى الحقلى فى ثلاثة صور:

**أ – الجريان السطحى Surface runoff**

يرجع الفقد فى مياه الرى بالجريان السطحى لإنخفاض معدل الرشح Intake rate لبعض الأراضى الطينية والى الإنحدارات الشديدة (طبوغرافية) وكذلك الى زيادة معدلات إستخدام المياه (عمق الرى) Application depth ويمكن تقليل هذا الفقد وخاصة فى الرى السطحى باختيار أبعاد الحقل وإنحداراته بما يلائم عمق ومعدل الإستخدام ويمكن تجنبه نهائياً فى نظام الرى بالرش بالإختيار المناسب لمعدل تساقط المياه بإستخدام الرشاش المناسب بحيث يكون

معدل تساقطه أقل من معدل الرشح وتصل قيمة الفاقد فى الرى الموضعى الى الصفر.

**ب – الرشح العميق تحت منطقة الجذور الفعالة**

**Deep percolation below the effective root zone**

يتوقف هذا الفقد على عمق الرى (مقنن الرى) ونوع التربة وإنحدار سطحها وترتفع كمية الفقد بالرشح فى الرى السطحى وأحياناً فى الرى بالرش فى الأراضى العالية الرشح مثل الأراضى الرملية ولكنه غير معنوى فى حالة الرى الموضعى .ويمكن التقليل من الفقد بالرشح ولا يمكن تجنبه فى الرى السطحى وذلك بالرى بكيمات مياه قليلة وعلى فترات متكررة (تقليل فترات الرى) ويعتبر الرشح العميق مرغوباً فى حالة غسيل منطقة الجذور من الأملاح ولا يعتبر فى هذه الحالة فقداً.

**ج – الفقد بالبخر Evaporation losses**

يصعب تجنب هذا النوع من الفواقد ولكن يمكن التقليل منه وللفقد بالبخر ثلاثة صور الأولى التبخر فى الهواء كما فى الرى بالرش أثناء سقوط قطرات المياه من الرشاش على سطح التربة وتصل قيمته 18 – 47% أثناء الرى نهاراً والى 4,8 –– 30% ليلاً – والصورة الثانية هى التبخر من سطح النباتات ويظهر أيضا فى حالة الرى بالرش. والصورة الثالثة هى التبخر من سطح التربة الحقلية وهى تأخذ مكاناً فى جميع طرق الرى ويتأثر الفقد بالتبخر بدرجة حرارة الهواء وسرعة الرياح والرطوبة النسبية وكذلك الى خواص التربة.

وترتفع قيمة كفاءة الإضافة عندما يقل فقد المياه فى صوره الثلاث السابقة حيث تبلغ كفاءة الإضافة عادة الى 60% فى الرى السطحى والى 75% فى أنظمة الرى بالرش فى حين بلغت 95% تحت نظام الرى الموضعى.

**كفاءة إستعمال المياه Water - use efficiency (Eu)**

$$Eu = \frac{Wu}{wd} \times 100 \qquad (7\text{-}28)$$

حيث أن :

Wu = كمية ماءة الرى المستعملة فعلا بما فى ذلك الاحتياجات الغسيلية للأملاح.

وتتفق هذه الكفاءه مع كفاءة الإضافة فيما عدا أنها تسمح بإعتبار كميات مياه الغسيل Leaching Water على أنها مفيدة وليست فقداً.

**كفاءة تخزين المياه Water storage efficiency (Es)**

ترجع أهميتها فى تحديد ومعرفة كمية المياه التى خزنت فعلاً ونسبتها من الكمية المطلوب تخزينها فى منطقة الجذور الفعالة.

$$ES = \frac{Ws}{wn} \times 100 \qquad (7\text{-}29)$$

حيث أن :

Ws كمية المياه التى خزنت فعلاً فى منطقة الجذور.

Wn كمية المياه المطلوب تخزينها فى منطقة الجذور.

**كفاءة توزيع المياه Water distribution efficiency (Ed)**

تعكس درجة توزيع الرطوبة توزيعاً منتظماً فى منطقة الجذور وتأخذ قيم مختلفة تحت طرق الرى المختلفة.

$$Ed = \left(1 - \frac{y}{d}\right) \times 100 \qquad (7\text{-}30)$$

حيث أن :

y متوسط القيم المطلقة لانحرافات عمق الماء المخزن فعلاً عن متوسط العمق المخزن (d) مم.

وتزداد قيمة كفاءة التوزيع بقلة الإنحرافات عن متوسط عمق الماء ويمثل انتظام التوزيع لمياه الرى على سطح التربة كما فى منطقة الجذور أهمية كبرى. ويعتبر التوزيع الغير منتظم غير مرغوب فيه. وفى الأراضى الغير مستوية السطح مع قلة الخبرة بالرى بإختيار الطريقة المناسبة قد تظل أجزاء من السطح جافة مما يؤدى الى زيادة الملوحة فى هذه الأجزاء.

**كفاءة الإستفادة من الماء Water utlization efficiency (WUE)**

تعبر عن مدى استفادة المحصول من الماء لإنتاج وحدة المحصول (كجم محصول/مم) من مياه الرى ويمكن التعبير عنها بالطرق الآتية:

**(أ) كفاءة إستفادة المحصول من الماء**

**Crop Water Utlization (use) efficincy (EWUE)**

هى النسبة من كمية المحصول المنتج ( Y ) الى الاستهلاك المائى للمحصول (ETp).

$$CWUE = Y/ETp \qquad (7\text{-}31)$$

**(ب) كفاءة الاستفادة الحقلية للمياه**

**Field Water Utlization (Use) efficiency (FWUE)**

هـى النسـبة مـن كميـة المحصـول المنـتج (Y) الـى كميـة الميـاه الكليـة المستعملة فى رى الحقل (IR) أو مقنن الحقل (مقنن الرى).

$$FWUE = Y/IR \qquad (7\text{-}32)$$

ويعبر عن إنتاجية المحصول أما بوزن المادة الجافة المنتجة أو بكمية المحصول الصالح للتسويق وتتأثر هذه الكفاءة بالعوامل التى تؤثر على المحصول كالأراضى ونوعية البذور ونوعية المياه المستعملة .

**4-2-8 : كفاءة المشروع : Project efficiency (EP)**

تعبر عن الاستعمال الفعال لمياه الرى فى إنتاج المحاصيل وهى تمثل النسبة بين كمية المياه التى خزنت فى منطقة الجذور الفعالة والميسرة للإستهلاك المائى وبين كمية المياه المخصصة للمساحة المنزرعة فى المشروع.

$$EP = Ws/ Wp \times 100 \qquad (7\text{-}33)$$

حيث

Ws = كمية المياه المخزنة فى منطقة الجذور الفعالة على مستوى المشروع الزراعى.

Wp = كمية المياه المخصصة للمشروع

وعندما تحسب كمية المياه المخصصة عند رأس المزرعة أطلق عليها كفاءة المزرعة Farm efficiency وعندما تحسب عند رأس الحقل سميت كفاءة الحقل Field efficiency. ولكن عندما تقاس عند المصدر الرئيسى للمياه سميت كفاءة المشروع Project efficiency. .

**كفاءة التشغيل Operational efficiency**

هى النسبة بين الكفاءة الفعلية لمشروع ما وكفاءة نفس المشروع النموذجية تستخدم فيه نفس طريقة الرى والتسهيلات المختلفة ويدل إنخفاض هذه الكفاءة على وجود مشاكل تصميمية وإدارية للمشروع.

$$Eo = \frac{Epa}{Epi} x100 \qquad (7\text{-}34)$$

حيث أن :

Epa = كفاءة المشروع الفعلية

Epi = كفاءة المشروع النموذجية

**كفاءة الرى الإقتصادية Economic efficiency of irrigation**

النسبة بين المحصول الكلى الفعلى والمحصول الكلى النموذجى وهو دليل على العلاقة بين الداخل والخارج لمزرعة معينة وعلى العائد الاقتصادى لوحدة المياه.

$$E_{ec} = \frac{Y_{ac}}{Y_i} \qquad (7\text{-}35)$$

حيث أن :

Yac = المحصول الكلى

Yi = المحصول الكلى النموذجى

**مؤشرات قياسية لتقييم نظم الرى:**

وهى مؤشرات نظرية وليست حقلية ولكنها تتعلق بنقل وتوزيع المياه وتلعب دوراً كبيراً فى نجاح إدارة نظم الرى.

**أ – الكفاية Adequacy**

تعبر عن نسبة كمية المياه التى تطلق الى الحقل والكمية المطلوبة فعلاً ويتطلب لتحقيقها الأخذ فى الاعتبار معامل أمان عند حساب مقننات الترع وخطوط المياه لمواجهة أى تغيرات قد تحدث نتيجة للتغير فى التركيب المحصولى وإهمال أعمال صيانة المجارى المائية.

**ب – الإعتمادية : Dependability**

وهو مؤشر لضمان الحصول على المياه بالكمية والوقت المناسب وتتأثر بالإخلال بالتوزيع نتيجة بعض المشاكل الفنية مثل معوقات الحصول على مصادر الطاقة وخاصة الكهرباء وإنقطاعها فى بعض الأحيان والى تكاسل مهندس الرى فنفتح البوابات والمحابس فى أوقاتها.

**ج – المساواه Equity**

وهو مؤشر التوزيع العادل للمتوفرمن المياه بين مستخدمى المياه على المصدر الواحد بدون إعتبار للوضع الإجتماعى أو موقع الحقل من خطوط وقنوات التوزيع.

**إضافة الكيماويات خلال أنظمة الرى (الرى الكيماوى)**

**Chemicals Application Through Irrigation Systems (Chemigation)**

تعتبر عملية حقن الكيماويات سواء أسمدة أو مواد كيماوية أخرى مثل الأحماض والمبيدات من أهم مميزات نظم الرى الضغطى ويطلق على هذه العملية بالرى الكيماوى أو الرى بالتسميد (Chemigation / Fertigation) وتعتبر مشكلة إنسداد الموزعات من أهم التحديات التى واجهت نظام الرى الموضعى ومازالت تلعب دوراً أساسياً فى تحديد كفاءة الجهاز من حيث التشغيل أو تكلفة الاستبدال المتكرر لبعض الأجزاء.

وهناك عوامل عديدة تعرقل سريان الماء فى أنابيب التوزيع وتسد فتحات المخارج – فقد يكون السبب خارجياً مثل نفاذ بعض الشعيرات الجذرية أو حبيبات الطين من التربة الى بعض المنقطات والمخارج ويحدث هذا غالباً فى أجهزة التنقيط المدفونة تحت سطح التربة أما الأسباب الداخلية فقد تكون نتيجة لعدم إمكانية مرور حبيبات الرمل الكبيرة وبقايا صدأ الأنابيب من فتحات المخارج الضيقة كما أن تجمع الحبيبات الصغيرة جداً والمعلقة فى ماء الرى مثل المواد الغروية وخلايا الأحياء الدقيقة تكون حبيبات كبيرة تسد الفتحات بالإضافة الى ترسيب بعض الأملاح التى قد تتبلور عند فوهات المنقطات مما يؤدى الى وقف أو إعاقة السريان . ومن أهم المركبات التى تميل الى الترسيب هى كربونات الكالسيوم وأملاح الحديد والألومنيوم كما تساعد بعض الأسمدة التى تضاف الى مياه الرى الى ترسيب بعض المركبات حيث يتحد ايون الفوسفات مع ايونات الكالسيوم أو المغنسيوم فى الماء مكونه أملاح غير ذائبة كما أن حقن سائل الآمونيا فى ماء الرى يزيد من درجة الـ pH والذى يساعد فى ترسيب

الأملاح وتساعد عمليات التنظيف المستمر للأنابيب والمنقطات خصوصاً إذا كانت من الأنواع السهلة الفك والتركيب فى الحد من خطوره إعاقة السريان

ويكون فى ذلك كثير من التعبوإضاعة الوقت مما يحبذ إتخاذ كل ما يلزم من الإجراءات التى تحجز الشوائب والمواد المعلقة فى ماء الرى قبل وصولها الى أنابيب التوزيع وتتمثل هذه الإجراءات فى ترسيب للحبيبات المحملة Settling أو تجميع للحبيبات العالقة Flocculation أو الترشيح Filttration . وتعتبر عملية ترسيب الحبيبات الكبيرة المحمولة مع ماء الرى أساسية إذا كان مصدر الماء هو الآبار الجوفية أو مياه الأنهار المحملة بالسلت ويتم ذلك من خلال مرور المياه قبل ضخها الى جهاز الرى على حوض الترسيب Settling tank حيث تقل سرعة المياه وتترسب كل الحبيبات المحمولة – وتبقى المياه المحمله بمواد طينية أو عضوية معلقة حتى لو إنعدمت سرعة المياه ولذلك يلزم معامله هذه المياه كيماوياً لتجميع هذه المواد الغروية المعلقة لزيادة حجم ووزن هذه الحبيبات فتترسب فى حوض الترسيب ومن المواد الكيماوية القادرة على تجميع الحبيبات الغروية المعادن الثقيلة موجبة الشحنة Positively Charged heavy metal أو البلمرات Polymers .

كما يمكن التخلص من خلايا الأحياء الدقيقة مثل الفطريات بإستعمال الكلور أو كبريتات النحاس أو البرمنجنات . ويعتبر الترشيح Filtration عملية أساسية لتصفية الماء من كل الشوائب العالقة – وتقريباً لا نجد نظاماً للرى الموضعى يعمل بكفاءة دون أن يكون المرشح أحد أجزائه المهمة .

ويوضح كلاً من جدولى ( 7–3 ) ، ( 7–4 ) أهم المواد التى تسبب إنسداد شبكة الرى بالتنقيط وكيفية تصنيف المياه الغير مرشحه.

**مميزات الرى الكيماوى:**

- التوزيع المنتظم والجيد للأسمدة والكيماويات فى منطقة الجذور.
- التوفير فى كمية الأسمدة والإستفادة الكاملة من الأسمدة والكيماويات المضافة.
- سهولة توقيت وزمن الإضافة للأسمدة والكيماويات فى مراحل نمو النباتات المختلفة.
- التوفير فى الطاقة والعمالة اللازمة لإضافتها مما يجعله إقتصادياً.
- التقليل من إنضغاط سطح التربة لعدم إستخدام معدات الإضافة العادية.

- التقليل من مخاطر المقاومة بالطرق التقليدية.
- التقليل من التلوث البيئى وخاصة تلوث الهواء.

**جدول ( 4-3 ) أهم المواد التى تسبب إنسداد شبكة الرى بالتنقيط**

**Bucks *et.al.* 1979**

| نوع الإنسداد | | |
|---|---|---|
| **طبيعى (حبيبات عالقة)** | **كيميائى (مواد كيمائية)** | **حيوى (المواد البيولوجية)** |
| مواد غير عضوية (معدنية) | كربونات الكالسيوم | غرويات الألياف وشعيرات |
| رمل | كربونات المغنسيوم | حبوب للقاح |
| سلت | كبريتات الكالسيوم | إفرازات الأسماك |
| طين | هيدروكسيد- كربونات-سليكات | نواتج التحلل الميكروبى |
| مواد عضوية :- | زيوت وشحوم وأسمدة | حديد ، كبريت ، منجنيز |
| نباتات مائية (طحالب) | فوسفات الآمونيا المائية | |
| حيوانات مائية وبكتريا | نحاس - زنك- منجنيز - حديد | |

**مشاكل الرى الكيماوى**

- الارتباط الوثيق والعلاقة المباشرة بكفاءة نظام الرى وإنخفاض كفاءة التوزيع فى حالة عدم إنتظامية توزيع مياه الرى لسوء تصميم الشبكة أو لمشاكل الإنسداد بها.
- التفاعل بين المركبات المضافة مما يؤدى الى تكوين مركبات جديدة تعمل على إنسداد مخارج الرى (منقطات - رشاشات).

### 4-3-3 أسس إضافة الكيماويات خلال نظم الرى:

تبعاً لما أشار اليه كل من Nakayama, Bucks 1980 يجب أن تتوفر الشروط التالية فى الكيماويات المضافة خلال نظم الرى وهى:

- لا تسبب تآكلاً لمكونات شبكة الرى.
- تكون آمنه فى الإستعمال الحقلى.
- تساعد فى زيادة إنتاجية المحصول.
- سهولة الذوبان أو التعلق فى الماء.
- لا تتفاعل مع أى من الأملاح أو الكيماويات الأخرى والذائبة فى مياه الرى حتى لا تؤثر على فعالية أى منها.
- انتظامية التوزيع فى الحقل.

وللوصول الى أفضل إنتظامية لتوزيع الأسمدة لابد من توفر عدة شروط أهمها كفاءة خلط هذه الكيماويات والتوزيع المنتظم لمياه الرى المضافة وتوفر المعلومات الكافية عن سريان المياه والأسمدة والكيماويات خلال خطوط شبكة الرى.

وتعتمد انتظامية توزيع الأسمدة. فى الحقل على خواص سريان مياه الرى خلال شبكة الرى وعلى انتظامية المياه المضافة من الموزعات أو فتحات التوزيع (Orifices). وعلى جودة تصنيع الموزعات (الرشاشات – الفوارات – المنظمات... الخ )وتصمم معظم نظم الرى لتسمح بمعدل سريان كافى للمياه والكيماويات لضمان التوزيع المنتظم للكيماويات خلال أنابيب التوزيع بشبكة الرى. وعموماً يتم حقن المغذيات بعد أن يملأ نظام التوزيع بالماء وإنهاء الحقن قبل نهاية فترة الرى.

وتؤثر خواص الكيماويات المضافة وجودة مياه الرى على عمر مكونات نظام الرى فمثلاً تؤدى الكيماويات ذات الحموضة العالية أو القلوية العالية الى تآكل الأجزاء المعدنية فى نظم الرى مثل النحاس – الحديد والزنك –والألومنيوم والسبائك البرونزية. ولذا تصنع الأجزاء المعرضة للسوائل والكيماويات من الصلب غير قابل للصدأ أو البلاستيك أو من مواد غير قابلة للتآكل وتصنع حالياً معظم مكونات شبكة الرى من البلاستيك والتي لا تتأثر ولا تتآكل بسبب الكيماويات المضافة. وتتأثر الأنابيب البلاستيكية بالمواد الكيماوية التى تحتوى على مذيبات أو مواد تترسب فيها إذا كانت معدلات السريان بطيئة ثم تعمل هذه المواد على تآكل وتدمير الأنابيب كما تخزن ايضا محاليل الأسمدة المركزة فى حاويات من البلاستيك الذى لا يتفاعل معها لإحتمال تآكل الحاويات المعدنية ومن ثم تصبح مصدراً لمواد الصدأ التى تترسب فى نظام الرى وتعمل على إنسداده. وإذا كان هناك شك فى عدم توافق الكيماويات المخلوطة والمضافة خلال نظام الرى فيجب غسيل خطوط التوزيع قبل وبعد إضافة الكيماويات المختلفة خلال نظام الرى.

ومن الأسباب الأخرى لإنسداد نظام الرى غير إضافة الأسمدة من خلاله هو زيادة نموات الطحالب والميكروبات نتيجة توافر العناصر الغذائية فى مياه الرى. وتنتج الطحالب والكائنات الحيه الدقيقة الأخرى مواد لزجة سرعان ما تؤدى الى إنسداد المرشحات وأجزاء النظام الأخرى. وللتحكم فى تكوين هذه المواد اللزجة أمكن استخدام مبيدات بكتيرية مختلفة بدرجات متفاوتة من النجاح لمنع تكوين هذه

المواد اللزجة تبعاً لظروف إستخدامها . ففى حالة الميكروبات التى تنمو فى المرشحات الرملية يجب حقن الأسمدة من أعلى الى أسفل خلال المرشح. وقد يسبب حقن الأسمدة من خلال مياه الرى تلويث مصادر المياه إذا لم يستخدم صمام يمنع رجوع وسريان الأسمدة فى الإتجاه العكسى الى الآبار أو مصادر مياه الرى. ولبعض الكيماويات المضافة الى مياه الرى تأثير على تآكل الأجزاء المعدنية كما يمكن أن تسبب حروق للجلد إذا لم تستخدم معدات وقاية لحماية العمال من التعرض غير المحسوب لهذه الكيماويات مع توفير ملابس خاصة ومعدات حماية للوجه أثناء إجراء عمليات التخفيف أو خلط هذه الكيماويات.

**معدات وطرق حقن الأسمدة:**

يتم حقن الأسمدة خلال نظم الرى بإختيار الوسيلة المناسبة والبسيطة ومنها مضخات الحقن – والفنشورى وخزانات التسميد وغيرها . وعادة ما ستتوعب حاقنات الأسمدة غيرها من الكيماويات الزراعية كمبيدات الحشائش والمبيدات الحشرية والفطرية الى جانب مثبطات الطحالب والكلورين والأحماض. ويتوقف إختيار معدات الحقن على نظام الرى ونوعية الأسمدة. ولمعظم الأسمدة أثر كلى على الأجزاء المعدنية للمضخات – الصمامات – علاوه على المرشحات.

ويزود خط سحب الأسمدة من خزان الأسمدة وخط خروج السماد منه بمرشح داخلى. كما يجب أن توضع فتحات التسميد بحيث تسمح بخلط الأسمدة بمياه الرى جيداً قبل توزيع مياه الرى المحقونة بالسماد خلال الفرعيات فى الإتجاهات المختلفة مع عدم السماح بجفاف طلمبات حقن الأسمدة وذلك عن طريق تزويدها بمحابس أوتوماتيكية تغلق عندما ينخفض الضغط وذلك لحماية الطلمبات.

ويعتمد حجم وطاقة معدات حقن الأسمدة على تركيز الأسمدة – معدلات الإضافة وعدد مرات الإضافة. وعندما تقل كمية محاليل الأسمدة ويزداد عدد مرات الإضافة يتطلب ذلك معدات أقل تكلفة.

وتتباين معدلات إضافة المياه وعدد مرات الإضافة تبعاً لنوع المحصول وأسلوب زراعته والمسافة بين الموزعات . وتتطلب محاصيل الخضر التى تزرع فى الحقول المكشوفة أو تحت الإنفاق البلاستيكية – وكذلك بساتين الفاكهة والمسطحات الخضراء وحدائق العنب فترات رى متوسطة أو طويلة مما يسمح بتأخير حقن الأسمدة حتى يمكن غسيل النظام من المحاليل السابقة. ومن الأمور الهامة هى غسيل شبكة الرى بعد حقن الأسمدة ليس فقط لتقليل التآكل الذى تسببه

الأسمدة ولكن أيضاً لتقليل نمو الميكروبات داخل النظام. وفى تلك الظروف يمكن حقن تركيزات عالية نسبياً من الأسمدة خلال فترة قصيرة تسمح بتوفير وقت كافى لغسيل أنابيب شبكة الرى من بقايا الأسمدة.

### الرى التسميدى Fertigation

ويعنى حقن الأسمدة فى مياه الرى داخل أنابيب التوزيع ليصبح محلولاً متجانساً وفيما يلى ومنه الأنواع المختلفة للأسمدة المستخدمة مع مياه الرى ما يلى:

### 1 – الأسمدة النيتروجينية (Nitrogen)

وهى مواد معظمها قابل للذوبان ولا يخشى من إضافتها وليس لها آثار جانبية فى مياه الرى. وهناك العديد من مصادر التسميد النيتروجينى الا أنه يمكن تقسيمها الى مجموعتين حسب درجة الذوبان وإمكانية إستخدامها للإضافة خلال الرى فالأولى أسمدة سهلة الذوبان فى الماء والثانية صعبة الذوبان.

### 2 – الأسمدة الفوسفاتية (Phosphorous)

وتميل هذه الأسمدة الفوسفورية عادة للترسيب فى المياه خاصة التى تحتوى على آيونات الكالسيوم مما يؤدى الى إنسداد النقاطات مسبباً مشاكل فى إنتظام توزيع مياه الرى للنباتات المختلفة وهناك بعض الأسمدة الفوسفاتية التى يمكن إضافتها مع مياه الرى بإعتبار أن حركة الأسمدة الفوسفاتية محدودة وبطيئة فى التربة فقد تشكل ترسيبات غير قابلة للذوبان تتحد مع آيونات الكالسيوم والمغنسيوم والتى توجد بمياه الرى ولذلك لا يوصى بإستخدام الأسمدة الفوسفاتية التقليدية بوجه عام من نظم الرى الحديثة.

وهناك العديد من الأسمدة الفوسفاتية التى يمكن إستخدامها مضافة لمياه الرى أيضاً تقسيمها الى مجموعتين حسب درجة ذوبانها فى الماء.

### 3 – الأسمدة البوتاسية (Potassium)

تعتبر معظم الأسمدة البوتاسية النقية ذائبة فالمياه ولا تسبب أى مشاكل مع إضافتها مع مياه الرى الا أن سماد سلفات البوتاسيوم وهو أهم الأسمدة المتداولة فى السوق المصرى شحيح الذوبان ويجب إذابته وإستخدام الرائق منها.

بالإضافة الى أن الأسمدة النتيروجينية والفوسفاتية التى تحتوى على البوتاسيوم مثل نترات البوتاسيوم وفوسفات أحادى أو ثنائى البوتاسيوم وهى جميعاً مصادر سهلة الذوبان للبوتاسيوم بالإضافة الى ذلك المصادر التالية للتسميد بالبوتاسيوم وهى غالباً أقل ذوباناً فى الماء.

**4 – أسمدة العناصر الغذائية الصغرى (Tracc Minerals)**

وتضاف بكميات صغيرة مثل عناصر المنجنيز – زنك – نحاس – حديد – بورون – ويجب أن تضاف فى صورة ذائبة فى الماء ومنفصلة وبعيدة عن الأسمدة الفوسفاتية تجنباً للتفاعلات الكيمائية والترسب داخل المنقطات وكذلك فقدانها.

وقد يلاحظ استجابة بعض النباتات لإضافة العناصر الغذائية الصغرى مثل الحديد والزنك والنحاس عند إضافة المواد العضوية قبل الزراعة بكميات كبيرة وكذلك إضافة المنجنيز عند إجراء عمليات تعقيم للتربة ولا تستجيب النباتات لإضافة المولبيدنم – فى الأراضى المصرية مع مراعاة تقدير البورون فى مياه الرى خاصة اذا كان مصدرها مياه الآبار.

**تصنف الأسمدة من حيث إمكانية إضافاتها (حقنها) الى :**

**أ – أسمدة تضاف مع أنظمة الرى**

نترات الآمونيوم (نترات النشادر) – اليوريا.
نترات الكالسيوم النقى. – نترات البوتاسيوم. – سلفات المغنسيوم.
مونو آمونيوم فوسفات (دى آمونيوم فوسفات).
مونو بوتاسيوم فوسفات (دى بوتاسيوم فوسفات).
حديد مخلبى. – زنك مخلبى. – منجنيز مخلبى. – نحاس مخلبى.
البوركس (صوديوم بوران).
الأسمدة المركبة التجارية كريستالون – كاميرا – سنجرال – فورجرين.
حامض الفوسفوريك. – حامض النيتريك.

**ب – أسمدة لا تضاف مع أنظمة الرى بالتنقيط:–**

نترات الجير المصرى. – نترات النشادر الجيرية. – سلفات النشادر.
كبريتات البوتاسيوم – (سلفات – البوتاسيوم). – كبريتات الزنك (سلفات الزنك).
كبريتات الحديد (سلفات الحديد). – كبريتات النحاس (سلفات النحاس).

سوبر فوسفات. – تربل فوسفات. – سوبر فوسفات مركز.

ويتوقف تركيز الكيماويات المحقونة فى ماء الرى على الغرض من إستخدامها ونوع النبات ومرحلة النمو ونوع التربة والعوامل الجوية ونوع المادة المضافة .

### حساب معدل حقن الأسمدة Fertilizers Injection Rate

يتوقف معدل الحقن المطلوب للأسمدة على التركيز الأساسى لها فى المركب المستخدم والتركيز المطلوب للعناصر فى مياه الرى وتستخدم المعادلة الآتية:-

$$FIR = 10^6 \, Fr.A / Nc.T.tr \qquad (7-36)$$

حيث أن :

| | | | |
|---|---|---|---|
| **FIR** | = | معدل حقن الأسمدة | لتر / ساعة |
| **Fr** | = | معدل التسميد المطلوب | كجم / هكتار |
| **A** | = | المساحة | هكتار |
| **Nc** | = | تركيز العناصر فى المركب السمادى | مجم/لتر |
| **T** | = | زمن الرى | |
| **tr** | = | نسبة زمن التسميد الى زمن الرى الكلى | |

وعند إستعمال الحاقنات ينبغى تحديد كمية الأسمدة التى ستخلط بالماء فى الخزان ، إذا عرفت الثوابت التالية:

**Q** = معدل تدفق المياه فى الخط الرئيسى لتر / ساعة

**CF** = درجة التركيز المطلوبة للأسمدة فى مياه الرى (جزء المليون ppm – مجم/لتر)

**C** = نوع المواد المغذية ونسبتها المئوية.

**F** = معدل تصرف الحاقن (معدل الحقن) لتر / ساعة

**V** = حجم الخزان أو سعته لتر

ويمكن حساب تركيز الأسمدة فىمياه الرى بإستخدام المعادلة الآتي

$$CF = 10^3 \, . \, F_t / Q_t \qquad (7-37)$$

حيث أن :

**CF** = تركيز الأسمدة فى مياه الرى

مجم/لتر

$Q_t$ = كمية المياه الماره أثناء فترة التسميد $م^3$

$F_t$ = كمية الأسمدة المطلوب إضافتها أثناء زمن الرىكجم

**كما تستخدم المعادلة التالية لحساب معدل الحقن إذا تم إختيار تركيز الأسمدة المطلوب فى مياه الرى وهو الإسلوب الأمثل فى حساب المقننات السمادية:**

$$FIR = 0.36 \cdot Q.CF. / P/Nc \qquad (7\text{-}38)$$

حيث أن :

**FIR** = معدل حقن الأسمدة لتر / ساعة

**CF** = تركيز الأسمدة فى مياه الرى مجم/لتر

**Q** = التصرف المار خلال الشبكة لتر / ثانية

**P** = كثافة المحلول السمادى كجم/لتر

**Nc** = تركيز العناصر الغذائية فى المركب السمادى %

وتستخدم المعادلة التالية عند إستخدام أسمدة جافة لحساب الكميات المطلوبة.

$$DF = 0.36\ CF. Q/Nc \qquad (7\text{-}39)$$

حيث أن :

**DF** = معدل التسميد المطلوب كجم/ساعة

**CF** = التركيز المطلوب للأسمدة فى المياه مجم/لتر

**Q** = التصرف المار فى الشبكة لتر/ثانية

**Nc** = تركيز العناصر فى المركب السمادى %

**إضافة الكيماويات (الرى الكيماوى) Chemigation**

ويطلق عليه فى بعض الأحيان المعالجة الكيمائية للماء Chemical Water treatment وهى إضافة بعض الأحماض والمبيدات الفطرية والبكتريا التى تجعل الماء صالحاً للرى الموضعى والرى بالرش وخصوصاً لحماية النقاطات من الإنسداد وتعديل رقم PH (درجة الحموضة).

**1 – الأحماض Acids :-**

وتستخدم أقل الأحماض تكلفة بتركيزات كافية لمعادلة كربونات الكالسيوم والحديد والبيكروبنات المترسبة ومن هذه الأحماض حامض النتريك وحامض الكبريتيك وحامض الفوسفوريك وكلها تعمل على خفض رقم الحموضة (PH) ويفضل إضافة حامض النتريك أو الفوسفوريك مره واحده كل أسبوعين أثناء الزراعة فى حين يضاف حامض النتريك أو الكبريتيك قبل الزراعة بحوالى إسبوع على الأقل.

وتؤدى الأسباب الآتيه الى ترسيب كربونات الكالسيوم $C_a\ CO_3$ وكربونات الماغنسيوم $MgCo_3$:-

1. درجة حرارة الماء لإحتواء المياه الباردة ( 5 درجة مئوية) على ثانى أكسيد الكربون بنسبة أكبر مما يؤدى الى زيادة الترسيب.
2. تركيز كلاً من الماغنسيوم والكالسيوم . حيث تؤدى التركيزات العالية (50 جزء فى المليون) الى زيادة الترسيب كما يسبب التركيز المنخفض (20 – 30 جزء فى المليون) ترسيباً إذا كانت درجة الحموضة PH مرتفعة حيث يتم ترسيب كربونات الكالسيوم والماغنسيوم.
3. درجة الحموضة (PH) وإرتفاعها (القلوية) يسبب ترسيب كربونات الكالسيوم والماغنسيوم.

ويؤدى إضافة الأحماض الى خفض PH لمياه الرى وتجنب الترسيب الكيمائى لكل من كربونات الكالسيوم وكربونات الماغنسيوم ويمكن إضافة الأحماض لمعادلة رقم الحموضة لتصبح فى حدود 6–7 كما تلعب درجة الحموضة دوراً كبيراً فى النشاط البكتيرى وتيسر العناصر الغذائية ويوضح جدول (36 – ملحق) تأثير إضافة الأحماض المختلفة على درجة PH لمياه الرى فى بعض المواقع بجمهورية مصر العربية.

**2 – المضادات البكتيرية Bactericides**

تضاف لمنع البكتيريا والطحالب أو لتثبيط تكاثرها وتستعمل أيضاً لمعاملة الماء المرتفع فى رقم PH ويضاف هيبوكلوريت الكالسيوم وهيبوكلوريت الصوديوم وغاز الكلور بتركيزات 5, – 10 جزء فى المليون ولا يوصى بإستعمالها عند استخدام مياه رى تحتوى على حديد ذائب بتركيز أعلى من 4 جزء فى المليون حتى لا يؤدى الى تكوين راسب من كلوريد الحديديك الذى لا يمكن ترشيحه . ويجب

قياس الكيماويات بإنتظام بعد المرشحات لتعديل PH إذا لزم الأمر وتسمى عملية إضافة الكلور للشبكة Chlorination ويساعد وجود الكبريت والحديد فى إيجاد بيئة مائية ملائمة لنمو البكتيريا وإذا زاد تركيز الحديد والكبريت عن 05, جزء فى المليون توضع خطة لإضافة الكلور إسبوعياً أو كل إسبوعين.

**ويجب مراعاة الإجراءات الآتية عند إضافة الكلور:-**

- يعتبر زمن إضافة الكلور أهم من التركيز – فالإضافة الأسبوعية بتركيز 10 جزء فى المليون لمدة 4 ساعات أفضل من الإضافة بتركيز 40 جزء فى المليون لمدة ساعتين.
- أقصى تركيز للكلور هو 40 جزء فى المليون لتجنب زيادة ترسيب المواد الصلبة كما يجب إختبار الترسيبات لكل من الكالسيوم والحديد عند ضرورة زيادة تركيز الكلور.
- يضاف الكلور قبل المرشح الرملى لحجز المواد المترسبة.
- تنظف المنقطات يدوياً ثم يتم حقن الكلور اذا حدث إنسداد لها بعد إستخدام تركيز 40 جزء فى المليون لمدة أربعة ساعات.

ويعتبر هيبوكلوريت الصوديوم أفضل مصدر للكلور من هيبوكلوريد الكالسيوم حيث يتفاعل الكالسيوم مع ثانى أكسيد الكربون $CO_2$ وتترسب كربونات الكالسيوم وخاصة فى المياه الباردة (5 درجة مئوية) كما يجب عدم إستعمال محلول هيبوكلوريت الكالسيوم فى المياه المحتوية على تركيز مرتفع من الكالسيوم (أكبر من 20 جزء فى المليون).ويمكن مقاومة الطحالب والمواد المترسبة بحقن الماء بجزء فى المليون من الكلور المركز بصفة مستمرة أو بحقن 10 الى 20 جزء فى المليون فترات قصيرة. جدول ( 7-7 ).

**جدول ( 7-7) جرعات الكلورين النموذجية المقترحة**

| المشكلة | الجرعة |
|---|---|
| طحالب | من 0,5 الى جزء واحد فى المليون بصفة مستمرة أو 10 الى 20 جزء فى المليون لمدة نصف ساعة |
| كبريتيد الهيدروجين | ما يوازى محتوى الماء من كبريتيد الهيدروجين من 3,6 الى 8,4 مرات. |
| بكتيريا الحديد | جزء فى المليون |

| | |
|---|---|
| مواد مخاطبة | 0,5 جزء فى المليون |

**حساب معدل حقن المواد التجارية كمصدر للكلور فى مياه الرى**

يتوقف المعدل المطلوب حقنه على تركيز الكلور فى المواد المضافة والتركيز النهائى المطلوب للكلور فى مياه الرى وكذلك على معدل التصرف المار خلال الشبكة.

وأهم مصادر الكلور هى غاز الكلور – هيبوكلوريت الصوديوم (السائل NaCl )ذات نسبة الكلور الميسر المختلفة 5–15% وهيبوكلوريت الكالسيوم (CaCl2) ذات نسبة الكلور الميسر 65–70% ولو أنه فى صورة صلبة ويحتاج للتحضير .

تستخدم المعادلة ( 4–40 ) لحساب معدل إضافة المصدر التجارى للكلور.

$$CIR = Q \times Cf/C \qquad (7\text{-}40)$$

حيث أن :

**CIR** = معدل إضافة المركب الكلورى لتر / ساعة

**Q** = التصرف المار خلال الشبكة لتر / ساعة

**Cf** = تركيز الكلور النهائى المطلوب فى مياه الرى جزء فى المليون (PPm)

**C** = النسبة المئوية لتركيز الكلور فى المركب المضاف.

ومن المبيدات التى يمكن إضافتها خلال أنظمة الرى مبيدات الأعشاب ومبيدات النيماتودا ومبيدات الفطريات ومنها سيمنول – بروميد الميثيل – الفورمالين – سيمازين سائل.

## تقييم أنظمة الرى Testing and Evaluating Irrigation System

### المضخات Pumps

### اختبار الاداء Performance Test

يجرى أختبار إداء المضخات للحصول على معلومات وبيانات مأمونة وتجرى تحت ظروف التشغيل الموصى بها بواسطة المصنع وقد يجرى تحت ظروف اخرى وفى حالة توفر ضاغط طرد ثابت يجب ان يتم الاختبار كمعدلات

تصرف تحت ثلاثة ضواغط سحب ( رفع ) مختلفة. اما فى حالة ضاغط الطرد المتغير يجب ان يتم الاختبار بنفس الطريقة وتحت نفس الظروف السابقة لقياس معدلات التصرف تحت ضغوط طرد مختلفة.

## 6- سجل اختبار اداء الطلمبة Record of Pump Performance test

يدون بهذا السجل المعلومات التالية

1- عنوان الاختبار

2- مقدمة تشمل معلومات عن نقطة الاختبار.

3- الغرض من الاختبار.

4- خطة وطريقة اجراء الاختبار.

5- النوع والمواصفات الرئيسية لآلة الاختبار.

6- البايانات الاساسية عن ظروف الاختبار النتائج.

7- المناقشة والاستنتاج والتوصيات.

**استمارة ملئ اختبار أداء الطلمبات**

-تاريخ الاختبار:..... رقم الاختبار .....

-رقم أمر تشغيل المصنع: Maan.o Drder No..... ..... الوحدة Plant: ..... رقم الوحدة : .....

-الظروف المقدرة: Rated Conditions

السعة م3/ ساعة :..... الضاغط الكلى : ..... السرعة ( لفة / دقيقة: .....)

الكفاءة الكلية .Overall Eff(%): .....مدى الضاغط (م):.....

-الادارة: Driver

النوع: ..... القدرة ( كيلو وات): .....

المصنع: ..... رقم المسلسل: .....تيار الاختبار : .....

-معدة الاختبار: Test Equipment

طريقة قياس التصرف: .....معامل التحويل Conversion factor : .....

عـداد التصـريف Discharge: .....التصـحيح Correction : .....عـداد الرفـع G Suction:

.....التصحيح: .....

الفروق بين العدادات G Differences Between: .....القطر الداخلى لماسورة السحب:..... القطر الداخلى لماسورة الطرد: .....

-بيانات أولية Pure Data

نوع الطلمبة : .....الحجم : ..... عدد المراحل S No. Of Stages .....

المصنع: .....رقم المسلسل .S. No: ..... حجم التصرف: .....

| 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | رقم الاختبار .Run No |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | الضغط ، كيلو بسكال |
| | | | | | | | | | | الضاغط ، متر |
| | | | | | | | | | | عداد رفع الماء ، متر |
| | | | | | | | | | | سرعة الضاغط .Velocity H، متر. |
| | | | | | | | | | | الضاغط الكلى |
| | | | | | | | | | | القراءة Reding |
| | | | | | | | | | | التحويل Conversion |
| | | | | | | | | | | السريان Flow ، م3 / ساعة. |
| | | | | | | | | | | تيار الموتور Motor Voltage |
| | | | | | | | | | | شدة التيار Ampers |
| | | | | | | | | | | القدرة كيلو وات |
| | | | | | | | | | | قدرة دخل المحرك، كيلو وات |
| | | | | | | | | | | كفاءة الموتور % |
| | | | | | | | | | | السرعة لفة / الدقيقة |
| | | | | | | | | | | قياس القدرة Dynamometer |
| | | | | | | | | | | القدرة الفرملية كيلو وات |
| | | | | | | | | | | القدرة المائية للطلمبة Kw Water horsepower |
| | | | | | | | | | | كفاءة الطلمبة % |
| | | | | | | | | | | الكفاءة الكلية % |

توقيع القائم بالاختبار: توقيع المراجع: نوع الاختبار: ملاحظات:

### اختبار طلمبات الأعماق ( التربينية) Deep Weel Pump

عند اختبار طلمبات الأعماق يتم إدخال انبوبة بقطر 0.25 بوصة بطول معروف موصلة بعداد ضغط ومنفاخ هواء أو ضاغط هواء أوتوماتيكى ومن المفضل ادخال انبوبة الهواء حتى تصل الى عمق 6–7 أمتار على الأقل تحت مستوى الماء فى البئر وذلك لضمان ان قراءة العداد تصف الحالة بالضبط. عند دفع الهواء داخل الانبوبة بواسطة منفاخ الهواء يزداد الضغط فى العداد نصف الحالة بالضبط. عند دفع الهواء داخل الانبوبة بواسطة منفاخ الهواء يزداد الضغط فى العداد حتى يخرج كل الماء وعند هذه النقطة تصبح قراءة العداد ثابتة، وأقصى قراءة للعداد هذه تكافىء ضاغط عمود الماء بالارتفاع الذى يعادل الطول المغمور لانبوب الهواء وتعرف بتمويل قراءة العداد الى ( متر رفع).

وبمعرفة الطول الكلى للانبوبة وطرح طول الجزء المغمور منها فى الماء يمكن حساب عمق منسوب سطح الماء بالبئر عن سطح الأرض.

### تقييم شبكات الرى الضغطى Evaluating of Pressurized Irrigation Networks

يعتبر اختبار وتقييم أنظمة الرى الحديثة، كالرى بالرش والرى والموضعى، من العوامل الهامة التى تساعد على استمرار اداء شبكات الرى فى حالة جيدة، مع زيادة كفاء توزيع المياه وإنتظامها، ويؤدى ذلك بالتبعية الى إنتظام نمو النباتات التى تؤدى من تلك الشبكة وكفاءة توزيع المياه (انتظاميتها) من أهم العناصر المحددة لصلاحية الشبكة وكفاءة تشغيلها وبالتالى كفاءة الرى حيث أن التفاوت بين تصرفات الموزعات (المنقطات والرشاشات .. الخ) تؤى الى عدم إنتظامية نمو النباتات فى الحقل الواحد وينتج هذا التفاوت فى التصرفات من إختلاف الضغوط ودرجات الحرارة وإختلاف المواد المصنع منها الموزعات أو الرشاشات ولهذا يراعى عند التصميم ألا يزيد الإختلاف فى الضغوط بين النقاطات عن ± 5% والذى يقابل ± 10% إختلاف فى التصرف الأعلى والأدنى الا فى حالة إستخدام نقاطات ومعوضة للضغط فيسمح بتفاوت أى أكبر . كما يسمح فى الرى بالرش بتفاوت فى الضغوط ± 10% عن الضغط المتوسط أى 20% بين أعلى وأدنى ضغط وبصفة عامة يجب ألا تقل درجة إنتظامية التوزيع عن 80%.

## أولاً : شبكات الرى بالرش :- Sprinkler Irrigation Network

يتوقف إختيار نجاح أنظمة الرى بالرش على نوع وخصائص الرشاشات المركبة عليها لذلك فمن الأهمية القصوى التعرف على الطرق العلمية لإختبار وتقييم الرشاشات كأهم جزء فى نظم الرى بالرش.وفى معظم نظم الرى بالرش يوزع الرشاش المياه فى شكل دائرة وترتب الرشاشات فى نظام ينتج عنه تداخل لدوائر الإبتلال على المساحة المروية .. وتختلف الرشاشات حسب النوع وظروف التشغيل ولذلك يجب قياس ما يلى:

### 1 - قياس تصرف الرشاشات عند ضغوط التشغيل : Sprinkler head flow rate

يعتبر قياس التصرف للرشاشات المستخدمة فى الحقل أو الرشاشات التى يتم إختيارها لنظام معين من القياسات البسيطة التى يمكن عن طريقها تفادى مشاكل كثيرة فى التشغيل الحقلى كما يفيد قياس ضغط الرشاش فى التأكد أن التشغيل الحقلى يتم بالشكل السليم.

**وهناك طريقتين لقياس التصرف:**

**الطريقة الأولى:**

ويتم قياس تصرف الرشاش بتسجيل الوقت اللازم لجمع حجم معين من الماء الخارج من الرشاش على النحو التالى:-

1. تركيب خرطوم مرن على فوهة أو فوهتى الرشاش.
2. تشغيل الرشاش وضبط الضغط المراد القياس عنده.
3. تجميع المياه الخارجة من الرشاش فى وعاء معلوم الحجم مع قياس الزمن اللازم لملئه.
4. يكرر العمل أكثر من مرة ويحسب متوسط الزمن اللازم لملئه.
5. يحسب تصرف الرشاش كما يلى:

$$q_s = \frac{v}{t} \qquad (7\text{-}41)$$

حيث أن

| | | |
|---|---|---|
| $q_s$ = | تصرف الرشاش | لتر / ثانية |
| v = | حجم وعاء الاختبار | لتر |
| t = | متوسط زمن الملاء | ثانية |

**الطريقة الثانية:**

وتتم بتركيب عداد قياس التصرف على أحد خطوط الرشاشات كما يلى:-

**1.** يركب عداد قياس التصرف على أحد خطوط الرشاشات المراد قياس تصرفها.

**2.** تشغيل الخط وضبط الضغوط على الضغط المراد القياس عنده.

**3.** قراءة عداد التصرف وكذلك قياس كميات المياه المارة من خلال العداد من زمن معين.

**4.** يكرر العمل أكثر من مرة ويؤخذ متوسط القراءات.

**5.** يحسب تصرف الرشاش كما يلى:

$$q_s = \frac{ql}{Ns} \qquad (7\text{-}42)$$

حيث أن

ql = تصرف الخط لتر / ثانية

Ns = عدد الرشاشات المركبة على الخط

وتعتبر الطريقة الأولى أدق حيث أن الطريقة الثانية تعطى متوسطاً لتصرف الرشاش على الخط ولا تعطى مؤشراً على تفاوت التصرفات بين الرشاشات على الخط الواحد أو مجموعة الخطوط.

**شكل (7–4) اختبار قياس انتظامية توزيع مياه الري تحت الرشاشات حقليا ومعمليا**

## 2 - إنتظامية توزيع المياه لأنظمة الرى بالرش
## Water Distribution Uniformity In Sprinkler Irrigation Systems.

تلعب العلاقة بين معدل تساقط المياه من الرشاشات ومعدل دخول الماء للتربة Intake Water rate دوراً هاماً فى نجاح الرى بالرش وذلك لتقليل الفواقد ولزيادة كفاءة الإضافة وتسقط مياه الرشاشات عملياً الى جزء صغير من المساحة المروية لمدة قصيرة جداً (خلال بضع ثوان) وتنقل الى مساحة أخرى مجاورة وهكذا حتى تكتمل دائرة الرش وتعود الى نفس الشريحة الأول التى بدأ منها دوران الرشاش. ويعرف معدل إضافة المياه بالنسبة لهذا الوقت القصير جداً (بالمعدل اللحظى لإضافة الماء) "Instantaneous " Application rate وهذا المعدل هام جداً بالنسبة لدراسة تأثير الرى بالرش على إنجراف التربة أوهدم بنائها أو دراسة تأثيره على بادرات بعض النبات الضعيفة.

ويفيد كل من مصمم ومشغل نظام الرى بالرش معرفة شكل توزيع المياه تحت الرشاشات المستخدمة عند ضغوط التشغيل المختلفة والمركبة على مسافات بينيه مختلفة والتى تم إختيارها عند تصميم النظام تحت الظروف المناخية السائدة بالحقل حيث أنه من المفضل قياسها بالحقل وعدم الإعتماد على الكتالوجات الخاصة بكل رشاش والتى تساعد فقط فى أعمال التصميم.

**خطوات إجراء التقييم والقياس (شكل 7-5)**

1. يتم أولاً إختيار أحد الخطوط الفرعية (خطوط الرشاشات) على النحو التالى:-
   أ - خط مفرد أو خطين متتالين من خطوط الرشاشات فى أجهزة الرى الثابتة والنقالى وجهاز الرى المجرور والمتدحرج.
   ب - قطاع تحت أجهزة الرى ذو الأجنحة أو المحورى وبطول الجهاز
   ج - مستطيل داخل منطقة رش جهاز الرى بالمدفع المتنقل.
2. تقسيم منطقة تداخل الرشاشات الى مربعات طول إضلاعها 1-3 متر حسب المسافة بين الرشاشات (متوسط 2م) على أن تترك 2/1 مسافة على جانبى الرشاش لوضع أول علبه قياس.
3. يوضع إناء إسطوانى الشكل ذو حجم وعمق مناسب لتجميع المياه عند أركان المربعات .
4. تثبيت الرشاشات المختارة للقياس فى إتجاه خارج منطقة التداخل (القياس) .

5. يتم تشغيل النظام ويترك فترة حتى يتم ثبات التصرف والضغط للرشاشات.
6. يقاس ضغط وتصرف الرشاشات بإستخدام أجهزة القياس المعروفة (يركب أسفل كل رشاس عدادين لقياس كل من التصرف والضغط أو يستخدم العداد ذو الإبره لقياس الضغط عند الفوهه).
7. تطلق الرشاشات للدوران وتشغل ساعة الإيقاف وذلك لمده لا تقل عن نصف ساعة.
8. بعد إنتهاء زمن التشغيل يتم تثبيت الرشاشات مره ثانية خارج منطقة القياس (لا يتم إيقاف الجهاز الا بعد تثبيت الرشاشات).
9. تسجل أثناء القياس سرعة وإتجاه الرياح – الرطوبة النسبية ومقدار البخر من إناء مثل إناء قياس التساقط.
10. يتم قياس حجم المياه فى كل إناء (علبه) بواسطة مخبار مدرج ويحسب عمق الماء الساقط بقسمة الحجم على مساحة مسطح الإناء.
11. يتم حساب معدل التساقط عند كل ركن مربع (العلبه) بقسمة العمق الساقط على زمن القياس في حين يتم حساب معدل التساقط قطريا باستخدام المعادلة التالية.

$$\mathbf{Rs = \frac{q}{Sm \times SL}} \quad \mathbf{mm/h}$$

حيث ان :

| | | |
|---|---|---|
| Rs | معدل الستاقط | مم/ساعة |
| q | تصرف الرشاش | لتر/ ساعة |
| Sm | المسافة بين خطوط الرشاشات | متر |
| SL | المسافة بين الرشاشات على الخط | متر |

12. تكرر الخطوات السابقة تحت ظروف ضغوط تشغيل ومسافات خطوط ورشاشات مختلفة للحصول على قيم إنتظامية التوزيع لإختيار أفضلها لتشغيل النظام.
13. يفضل إجراء القياس فى الصباح الباكر أو بعد العصر وذلك فى ظروف عدم وجود رياح شديدة.

14.تستخدم العديد من المعادلات الآتية فى حساب إنتظامية توزيع المياه واكثرهم شيوعا هي :

معادلة Christianseni's

$$CU - 100\left(1 - \frac{\sum X_1 - X^-}{nX^-}\right) \qquad (7\text{-}43)$$

حيث أن

| | | |
|---|---|---|
| Cu, UH, U | = انتظامية التوزيع | % |
| S | = الإنحراف القياسى المعدلات التساقط | مم/ساعة |
| $X^-$ | = متوسط معدلات التساقط | مم/ساعة |
| $X_1$ | = مقدار التساقط عند كل نقطة قياس | مم/ساعة |
| $S/X^-$ | = معامل الإختلاف (التغير) | |

وبالطبع فإنه كلما إقترب معامل التوزيع من 100% يدل ذلك على كفاءة التصميم ويعتبر التصميم جيد اذا كان معدلاً لتوزيع حوالى 85%.

ولحساب كميات المياه المفقودة بالبخر والإنجراف أثناء التساقط يتم حساب الكمية المتساقطة على الأرض وبمعرفة التصرف الكلى المقاس للرشاش يكون قيمة هذا الفقد مساوياً للفرق بينهما والذى تزداد قيمته بزيادة درجة الحرارة وإنخفاض الرطوبة النسبية وإرتفاع الضاغط المائى وصغر فوهة الرشاش ويتم إجراء هذا الاختبار بصفة دورية لإحتمال تغير حالة الرشاش وسرعة دورانه بعد الإستخدام المستمر له . ولهذا فالتناسب بين ضغوط التشغيل وقطر فوهة الرشاش مطلوب كما يمكن تحليل تأثير سرعة وإتجاه الرياح على دائرة توزيع المياه . ومن واقع البيانات المتحصل عليها فى التجربة السابقة يمكن رسم خطوط كنتورية لمعدلات التساقط المتساوية ويتم حساب النسبة المئوية للمساحة التى لها معدلات تساقط محصور بين $\pm$ 10% أو $\pm$ 20% أو $\pm$ 30% من المتوسط منسوبة الى المساحة الكلية المحصورة بين الأربعة رشاشات المختبره والتى تعطى فكرة عن المساحة المروية الفعلية عند نسب مختلفة من المتوسط وكلما زادت قيم المساحة المروية فى حدود النسب المشار اليها وخاصة الـ 10% دل على ارتفاع إنتظامية توزيع المياه.

وتوضح نتائج اختبارات التقييم أى خلل فى الشبكة مما يجعل القائم عليها الوصول الى الحل لزيادة إنتظامية التوزيع كما يرجع الإختلاف فى تصرفات الرشاشات الى عديد من الأسباب منها.

1. الاختلاف فى الضغط على طول خط الرشاشات (خطأ تصميمى).
2. الاختلاف فى الضغط بين خطوط الرشاشات (خطأ تصميمى).
3. سرعة وإتجاه الرياح وزاوية فوهة الرشاش نتيجة وجود بعض الرمال فى مياه الرى.
4. احتمال اختلاف فى أقطار فوهات الرشاشات المركبة على خط واحد.

**ويتم إجراء هذا الاختبار بصفة دورية لاحتمال تغير حالة الرشاش وسرعة دورانه بعد الاستخدام المستمر له.وعموماً فإن أفضل مسافات بين الرشاشات على خطوطها أو بين الخطوط تساوى 50 - 60% من قطر تأثيرها.**

**مثال : احسب انتظامية توزيع المياه تحت رشاش بالمواصفات الآتية:**

المسافة بين خطوط الرش = 12 متراً

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6.4 | 5.8 | 8.2 | 7.9 | 6.1 | 6.0 | 5.6 | 6.2 |
| 0.2 | 0.8 | 1.6 | 1.3 | 0.5 | 0.6 | 1,0 | 0.4 |
| 6.2 | 6.5 | 7.9 | 7.0 | 6.5 | 6.1 | 5.5 | 5.5 |
| 0.4 | 0.1 | 1.3 | 0.4 | 0.1 | 0.5 | 1.1 | 1.1 |
| 7,7 | 8.0 | 7.8 | 8.6 | 7.4 | 6.6 | 6.0 | 6.1 |
| 1,1 | 1.4 | 1.2 | 2.0 | 0.8 | 0.0 | 0.6 | 0.5 |
| 7.2 | 8.4 | 7.7 | 7.7 | 7.4 | 6.5 | 6.2 | 6.1 |
| 0.6 | 1.8 | 1.1 | 1.1 | 0.8 | 0.1 | 0.4 | 0.5 |
| 6.7 | 7.1 | 6.9 | 6.7 | 6.9 | 5.8 | 5.9 | 5.5 |
| 0.1 | 0.5 | 0.3 | 0.1 | 0.3 | 0.8 | 0.7 | 1.1 |
| 6.7 | 5.5 | 5.5 | 6.2 | 5.8 | 5.7 | 5.2 | 6.6 |
| 0.1 | 1.1 | 1.1 | 0.4 | 0.8 | 0.9 | 1.4 | 0.0 |

**شكل (7–5) انتظامية توزيع المياه**

**المسافة بين الرشاشات على الخط الفرعى = 9 متر**

**المسافة بين الخطوط الفرعية = 12 متر**

**المسافة بين علب القياس = 1.5متر**

**عدد نقط القياس = 48 نقطة**

**المجموع الكلى للمياه المتساقطة فى جميع العلب = 317.5 مم/ ساعة**

**متوسط معدل التساقط = 317.5 / 4.8 = 6.6 مم / ساعة**

**المجموع الكلى للانحرافات المطلقة = 35.1 مم/ ساعة**

**متوسط الانحرافات = 35.1 / 48 = 0.37 مم/ ساعة**

**انتظامية التوزيع**

$$\left(1 - \frac{\text{متوسط الانحرافات}}{\text{المتوسط العام}}\right) \times 100$$

$$\left(1 - \frac{0.73}{6.6}\right) \times 100 = 88.9\ \%$$

**وهى انتظامية جيدة والشبكة سليمة.**

## ثانياً :شبكات الرى الموضعى:- Localized irrigation networks

### 1 - تقييم جودة الموزعات Evaluting Distributers Quality

وتشمل المنقطات Dripers بأنواعها والرشاشات الرزازية Micro-jet/ Mini-Sprinkler والنافورات (الفوارات Bubbler ) ويعنى تقييم نوعية وجودة الموزعات هو قياس إختلاف تصرفات الموزعات المقدرة (التصميمية) عن تصرفات نفس الموزعات المقاسة معملياً ويرجع ذلك إما للعوامل الهيدروليكية التى بنى عليها تصميم مسارات المياه داخل الموزع أو نتيجة لجودة تصنيعه من حيث الطريقة والخامة المستخدمة فى التصنيع وطريقة التشطيب النهائية له Finishing ويتم التقييم بقياس معدلات التصرف لعينة عشوائية ممثلة من الموزعات عند الضغط ودرجة الحرارة النموذجية وإستخدام مياه نقية تماماً ويمكن القول أنه من الناحية النظرية فجميع هذه الموزعات لها نفس التصرف والمساوى للتصرف القياسى طبقاً لمواصفات المصنع (حسب الكتالوج) ولكنه ن الناحية الفعلية فهناك إختلاف فى التصرفات لنفس الموزعات ع المذكورة فى مواصفات المصنع ويسمى هذا الإختلاف بمعامل الإختلاف Coefficient of variation (CV) كما يسمى الإختلاف بين التصرف المتوسط الفعلى والتصرف المقدر بالمعايرة بالإنحراف المتوسط للتصرف Mean Flow rate deviation)qd) . ويعبر كلاً من الإنحراف المتوسط ومعامل الإختلاف عن مدى دقة متغيرات عمليات التصنيع نفسها . وتصنع معظم الموزعات المتوفره فى الأسواق من البلاستيك بطريقة الحقن ولذلك فهناك متغيرات كثيرة مثل درجة الإنصهار ودرجة حرارة الجو المحيط والتى تؤثر على أبعاد المنتج النهائى ومن ثم التصرفات.

ويحسب الإنحراف المتوسط للتصرف (qd) طبقاً للمعادلة (7-44):-

$$q_v = 100\frac{(q_d - q_m)}{q_d} \qquad (7\text{-}44)$$

حيث أن :-

$q_v$ = الإنحراف المتوسط للتصرف

$q_d$ = التصرف التصميمى والمقدر من المصنع

$q_m$ = متوسط التصرفات المقاسة

ويحسب متوسط التصرفات المقاسة بحساب مجموع التصرفات المقاسة وقسمتها على عدد الموزعات.

$$q_m = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \ldots\ldots q_n}{n} \qquad (7\text{-}45)$$

وتستخدم المعادلة (4−44) لحساب الإنحراف القياسى للتصرفات

$$SD = \sqrt{\frac{q_1^2 + q_2^2 + q_3^2 + q_n^2 - n(q_m)^2}{n-1}} \qquad (7\text{-}46)$$

حيث أن :

$SD$ = الإنحراف القياسى للتصرفات

$q_m$ = متوسط تصرفات العينة

$q_1$ , $q_2$ = تصرفات المنقطات

$q_n$ = تصرف آخر منقط

$n$ = عدد المنقطات

ويجب أن يكون قيمة التصرف المتوسط المقاس قريبة من التصرف المقدر من المصنع عند نفس درجات الحرارة والضغط وتظهر المشكلة عند وجود إختلاف كبير بين التصرف المقاس والتصرف الأسمى لاعتماد التصميم الهندسى للشبكة على أساس التصرف الأسمى مما يتطلب وضع حلول لضبط التصميم.

ويمكن حساب الإختلاف فى التصرف طبقاً لنوع الموزع وخواصه الهيدروليكية بإستخدام المعادلات الآتية :

$$q_{var} = 100\left(1 - \frac{q_n}{q_x}\right) \qquad (7\text{-}47)$$

وهناك علاقة بين الإختلاف فى التصرف والإختلاف فى الضاغط عند الموزعات.

$$q_{var} = \left(1 - (H_{var})^x\right) \qquad (7\text{-}48)$$

$$H_{var} = 100\left(\frac{H_x - H_n}{H_x}\right) \qquad (7\text{-}49)$$

حيث أن :−

$q_{var}$ = للإختلاف فى التصرف (%)

$H_{var}$ = الإختلاف فى الضاغط (%)

$q_n$ = أقل تصرف للموزع (لتر / ساعة)
$q_x$ = أعلى تصرف للموزع (لتر / ساعة)
$H_n$ = أقل ضاغط على الخط (متر)
$H_x$ = أعلى ضاغط على الخط (متر)
X = اس معادلة تصرف الموزع

## 2 – معامل الإختلاف Coefficient of Variation

ويتم حسابه بإستخدام المعادلة (7–50):

$$CV = \frac{SD}{qm} \qquad (7\text{-}50)$$

حيث أن :

CV = معامل الإختلاف
SD = الإنحراف القياسى للتصرفات

ولتوضح ذلك إذا فرض أن هناك عينة موزعات ذات تصرف مقدر من المصنع يساوى 4 لتر / ساعة وأجرى لها اختبار لقياس التصرفات فكان تصرف كل نقاط من العينة يساوى 4,4 لتر / ساعة أى أنها متساوية فى التصرف فيكون معامل الإختلاف مساوياً للصفر بالرغم من إختلافها عن التصرف الأسمى بحوالى 10%.

$$Cv = \frac{SD}{pm} = \frac{o}{4.4} = o$$

ومن ناحية أخرى إذا كان التصرف المقاس مساوياً –,4 لتر /ساعة فسوف تكون قيمة الإنحراف المتوسط للتصرف qd مساوياً للصفر.وفى هذه الحالة تكون قيمة CV مساوياً للصفر . وإذا كانت قيمة CV مساوياً 15% فسوف يكون هناك إختلافات فى التصرفات بين النقاطات وبعضها . ويوضح جدول (7–8) قيم كلاً ن CV, qd وتصنيفها طبقاً للجودة والذى تسمى معامل الإختلاف التصنيعى Coefficient of Manufacturing Variability .

**جدول (7–8) قيم كلاً من Cv, qd**

**قيم cv طبقاً لمعيار ASAE EP 405-1**

| التصنيف | نقط بث (نقاطات مفرده Point Source | | خطوط بث (خرطوم نزار) Line Source | |
|---|---|---|---|---|
| | Cv% | qd% | Cv% | qd% |
| جيد Good | أقل من 5 | أقل من4 | أقل من 10 | أقل من 5 |
| متوسط Average | 7–5 | 8–4 | 15–10 | 10–5 |
| حرج Marginal | 10–7 | 12–8 | 20–15 | 15–10 |
| غير مقبول Poor Unacceptable | أكبر من 15 | أكبر من 12 | أكبر من 20 | أكبر من 15 |

ويفضل عند المفاضلة إختيار القيم الصغيرة (Cv) طبقاً لمعيار الجمعية الأمريكية للهندسة الأمريكية ASAE وبرقم EP 405.1 كما يفضل أيضاً إختيار قيم (X) أس الضاغط المنخفضة ولكنه يصعب الجمع بين ذلك حيث أن المنقط ذو لقيم x المنخفضة يحتوى على مادة قابلة للتمدد elastomeric لتغير حجم مجارى التصرف لتعويض الإختلاف فالضغط وهى مادة صعبة التصنيع ومعظم المنقطات المعوضة للضغط SC لها قيم Cv عاليه.

ونتيجة لعملية إنسداد المنقطات الكلى أو الجزئى وتأثيرها على إختلاف التصرف بين المنقطات تستخدم المعادلة (4–51) فى حساب معامل الاختلاف فى التصرف الناتج من الإنسداد.

$$CVc = \left[ \frac{n(nc + Cp(1-p)^2}{(nc + Cp(1-p)^2} (cv^2 + 1) \right]^{0.5} \qquad (7\text{-}51)$$

حيث أن :

CVc = معامل الإختلاف فى التصرف نتيجة الإنسداد %

n = عدد المنقطات.

nc = عدد المنقطات السليمة

np = عدد المنقطات التى حدث لها إنسداد جزئى

p = درجة الإنسداد الجزئى.

CV = معامل الإختلاف التصنيفى الهيدروليكى.

### 3 – انتظامية البث Emmision uniforinty

تعبر عن مدى إنتظامية توزيع المياه للنباتات كمؤشر لإنتظامية تصرف الموزعات فى الشبكة والتى تتأثر تأثراً كبيراً بالإختلاف فالضغوط والمناسيب على طول الخط الفرعى وكذلك بمعامل الإختلاف التصنيعى نتيجة لعمليات التصنيع (Cv) وعلى إنسداد بعض الموزعات ولإنتظامية البث أهمية فى عمليات التصميم الهندسى للشبكة.

وتحسب قيمة EU النظرية التصميمية

$$D.EU = 100\ (1.0 - 1.27\ Cv/n^{0.5})\ q_n/q_m \qquad (7\text{-}52)$$

$$D.EUa = 50\ (1.0 - 1.27\ Cv/n^{0.5})\ (q_n/q_m + q_m/q_x) \qquad (7\text{-}53)$$

حيث أن:

D.E.U = إنتظامية البث التصميمية %

$D.EU_a$ = إنتظامية البث التصميمية المطلقة %

$q_m$ = التصرف المتوسط والمقابل للضاغط المتوسط (لتر/ساعة) ويقع عند 40% من طول الخط من البداية.

$q_x$ = أقصى تصرف ويحسب عند أعلى ضاغط على الخط (لتر/ساعة)

$q_n$ = أدنى تصرف ويحسب عند أقل ضاغط على الخط (لتر/ساعة)

أما قيمة إنتظامية البث (التوزيع المقاس عملياً فى الحقل) والتى على أساسها يمكن تقييم شبكة الرى الموضعى فهى تساوى

$$F.EU = 100\ (q_n/q_m) \qquad (7\text{-}54)$$

$$F.FUa = 50\ (q_n/q_m + q_m / q_x) \qquad (7\text{-}55)$$

حيث أن :

F.EU = إنتظامية البث الحقلية %

F.Eua = إنتظامية البث المطلقة الحقلية %

$q_n$ = متوسط أقل التصرفات لعدد 4/1 العدد الكلى من الموزعات المختبره (لتر/ساعة).

$q_m$ = المتوسط العام لتصرفات الموزعات (لتر/ساعة) .

$q_x$ = متوسط أعلى التصرفات لعدد 8/1 العدد الكلى من الموزعات المختبرة (لتر/ساعة)

ويوضح جدول ( 7–9 ) تقديرات قيم إنتظامية البث F.EU , F.EUa طبقاً للتوصيات القياسية:

**جدول ( 7–9 ) قيم إنتظامية البث الحقلية F.EUa , FEu**

| التقدير | قيم F.EUa , F.EU |
|---|---|
| ممتازة | أكبر من 90% |
| جيدة | 90 – 80% |
| مقبولة (حرجة) | 80 – 70% |
| غير مقبوله | أقل من 70% |

**خطوات إجراء تقييم شبكة الرى الموضعى لحساب إنتظامية البث:**

1. اختيارأربعة خطوط موزعات على طول خط التغذية عند أول الخط وعلى بعد 3/1 من البداية و 3/2 من البداية وآخر خط .
2. إختبار أربعة موزعات على كل خط موزعات أول موزع على الخط ثم الموزع على بعد 3/1 من بداية الخط و 3/2 من البداية ثم وآخر موزع. وإذا كان هناك أكثر من موزع عند الشجرة تؤخذ كلها وتعتبر نقطة واحد وفى حالة الخراطيم النزازه فيؤخذ طول متر واحد عند كل موقع.
3. توضع علبة ذات حجم مناسب بجوار الموزعات.
4. يتم تشغيل الشبكة أولاً وينتظر حتى يثبت الضغط وخروج الهواء من الشبكة.
5. توضع العلب تحت الموزع على أن يكون سطح العلبة بمستوى سطح الأرض وفى نفس الوقت أو بالتتابع بسرعة ثابتة.
6. يجرى الإختبار لمدة لا تقل عن 2/1 ساعة.
7. يتم إبعاد العلب من تحت الموزعات بعد مرور الزمن المحدد وبنفس السرعة السابقة .
8. يتم قياس حجم المياه المتجمعة بواسطة مخبار ويحسب التصرف – لتر / ساعة .
9. يتم ترتيب جميع التصرفات تنازلياً وعددها 16.
10. يحسب متوسط التصرفات بقسمة مجموعة التصرفات الكلية على عددها (16).

11.يحسب متوسط التصرفات الأقل لعدد 4/1 العدد الكلى (4 موزعات) بقسمة مجموع تصرفاتها على عددها (4).

12.يحسب متوسط التصرفات الأعلى لعدد 8/1 العدد الكلى (2 موزع) بقسمة مجموع تصرفاتها على عددها (2).

ويجرى هذا الاختبار عند ضغوط تشغيل مختلفة ويمكن إجراء الإختبار على عدد أكبر من الموزعات وعلى سبيل المثال 32 ، 64 موزع.

13.تستخدم المعادلات السابقة فى حساب إنتظامية البث الحقلية ويجرى هذا الاختبار بصفة دورية حتى يمكن تلاقى إنخفاض قيمة الإنتظامية وخاصة فى حالة حدوث إنسداد للموزعات فهى خير دليل على ذلك.

**مثال :**

**المطلوب :** حساب انتظامية البث الحقلية والحقلية المطلقة FEU, FEUa

**المعطيات :** القياسات الحقلية الموضحة بالجدول

| ترتيب المنقط على خط التنقيط | التصرفات المقاسة حقلياً لتر / ساعة | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ترتيب خطوط المنقطات على خط التغذية | | | |
| | الخط الأول | 3/1 | 3/2 | الأخير |
| أول منقط | 4,5 | 4,4 | 3,5 | 4,3 |
| 3/1 الأول | 4,1 | 3,8 | 4,1 | 4,0 |
| 3/2 الثانى | 3,5 | **3,2** | صفر | 4,2 |
| الأخير | 4,2 | 3,2 | 4,0 | 3,7 |

الخطوات : ترتيب المنقطات تنازلياً

4,5 – 4,4 – 4,3 ( 4.2– 4.2 – 4.1 – 4.1)– 4,0 – 4,0 – 3,8 – 3,7 – 3,5 – 3,5 – 3,2 – 3,2 – صفر.

1 – حساب المتوسط العام = مجموع التـ $\frac{58.7}{16}$ / 16 = 3,67 = لتر ساعة

2 – متوسط $\frac{1}{4}$ تصرف لـ $\frac{9.9}{4}$ العدد = مجموع التصرفات /4 =

2,48 = لتر/ساعة

3 – متوسط أعلى تصرف 8/1 العدد = مجموع $\frac{8.9}{2}$ التصرفات /2 = 4,45 لتر / ساعة

الانتظامية الحقلية $\mathbf{FEU = 100 \times \frac{q_n}{q_m}}$

$$= 100 \times \frac{2.48}{3.67} = 67.6\%$$

قيمة غير مقبولة

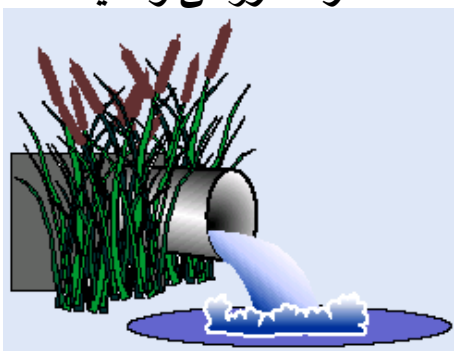
**الانتظامية الحقلية المطلقة** $\mathbf{EUa = 50 \times \left( \frac{q_{min}}{q_m} + \frac{q_m}{q_x} \right)}$

غير مقبولة

ويرجع إنخفاض الإنتظامية الى وجود إنسداد كلى وجزئى فى بعض المنقطات.

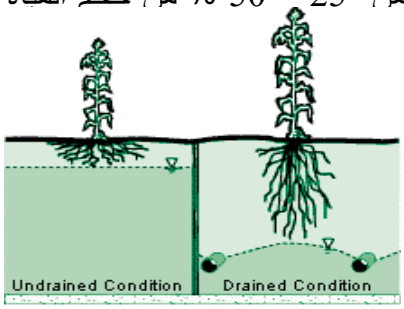
# الباب الثامن

## الصرف الزراعى وأهميته



### مقدمة

إن حالة التربة ومحتواها من المياه لها تأثير كبير علي النمو والانتاج، والمحاولات المبذولة لتحسين هذة الظروف باضافة المياه الي التربة (الري) أو تخليص التربة من المياه الزائدة (الصرف). فمعظم النباتات الاقتصادية تتطلب ظروف بيئية مثلي في مسام التربة من حيث احتوائها علي المياه، والهواء، والعناصر الغذائية، وترجع أهمية الهواء الي تنفس الجذور، وأهميته للنشاط الحيوي حيث تستهلك الأكسجين، وتطرد ثاني أكسيد الكربون، وعند نقص نسبة الهواء نتيجة لغمر التربة بالمياه لفترة طويلة Water logging فإن النمو والمحصول سوف يتأثر أو ينهار بالكامل (شكل8 -1)، ولذلك لأبد من الصرف للتخلص من المياه الزائدة، والتخلص من 25– 50 % من حجم المياه بالتربة المشبعة.




أ– حقل بة صرف جيد ب – حقل بدون صرف.

شكل 8-1 :الانتشار الجذري ونمو النبات ومستوي الماء الأرضي وتأثرة بالصرف.

هذا بالاضافة الي أنة تحت الظروف الجافة فأن التربة تحتوي علي نسبة من الأملاح أعلي من المعدل، لذا فإنها تحتاج الي الري والصرف معا"، فالري لامداد النبات باحتياجاته المائية، والصرف للتخلص من الأملاح الزائدة.

أذن مفهوم الصرف الزراعي هو تخليص التربة من الأملاح الزائدة بالوسائل المختلفة لتوفير ظروف مناسبة للنمو للحصول علي أقصي حد ممكن من الانتاج الزراعي. ومن أهم الأسباب الرئيسية التي تؤدي الي نقص انتاجية المحاصيل في الأراضي التي تفتقر الي الصرف هو أن نمو الجذور يصبح محدودا"، وامتصاصه للعناصر الغذائية يكون غير كافي.

تعتبر مشروعات الصرف من أهم مشروعات التوسع الزراعي الرأسي نظراً لما لها من عائد سريع للإنتاج الزراعي يصل إلى حوالي 25%. وقد أثبتت كافة الأبحاث والدراسات العديدة على الأراضي الزراعية مدى الفوائد التي تعود على البلاد بعد إدخال نظام الصرف سواء العام أو المغطى خاصةً بعد إنشاء السد العالي واستخدام نظام الري الدائم .

**تعريف الصرف:**

إن التعريف العام للصرف الزراعي هو سحب المياه الزائدة عن حاجة النبات من التربة. بالرغم ان هذا التعريف يضع الصرف كنقيض للري إلا أنه في الحقيقة عملية مكملة للري ويعتبر مكون أساسي لضمان حصول النبات على حاجته للمياه دون نقص مؤثر أو زيادة مخلة

فعملية التخلص من المياه الزائدة فوق سطح الأرض تسمى بعملية الصرف السطحي (**Surface drainage**) وذلك في حالة ما تكون المياه الزائدة فوق السطح وتتحرك إلى المناطق المنخفضة سطحيا.

أما التخلص من المياه التي تشبع مسام التربة في منطقة الانتشار الجذري للنبات بسبب ارتفاع منسوب مستوى الماء الأرضي للحفاظ علي الظروف البيئية المناسبة للتربة، وضمان تهويتها، والاسراع في إعدادها للزراعة أو الحصاد تسمى بعملية الصرف الجوفي أو الباطني **Internal drainage.**

**مضار ارتفاع منسوب مستوى الماء الأرضي:**

يمكن إجمال مضار ارتفاع منسوب مستوى الماء الأرضي بالآتي:

1- ضعف النباتات والمحاصيل المزروعة حيث أنها تحتاج أثناء نموها إلى الماء والهواء اللازمين في منطقة الجذور.

2- في المناطق الحارة وخلال الصيف، قد يؤدي عدم تصريف المياه بعد الري الي أضرار بالمزروعات، بما يسمي سمط المزروعات Scalding .

3- يؤثر أرتفاع مستوي الماء الأرضى علي حرارة التربة مما يؤثر علي الانبات أو تعفن الجذور نتيجة عدم أرتفاع درجة الحرارة، حيث أن الأراضى جيدة الصرف تكون عادة أكثر دفئا" من الأراضي المحرومة من الصرف.

4- تهيئة الظروف الملائمة لتحويل العناصر الغذائية في الأرض إلى صورة غير قابلة للامتصاص.

5- زيادة التبخر من سطح التربة وهذا يؤدي إلى فقد حرارة الأرض.

6- ظهور تجمع أو تزهر للأملاح فوق سطح التربة وحينئذٍ من الضروري إزالة هذه الأملاح بالغسيل بعد حل مشكلة الصرف إذا أمكن.

7- تجمع المياه في برك أو مستنقعات نتيجة لعدم استواء السطح قد يؤدي الي نمو وتكاثر البعوض المسبب للملاريا. والطفيليات مثل الانكلستوما والبلهارسيا.

8- احتراق أوراق النباتات بعد ريها ولاسيما في الصيف.

9- اندماج سطح التربة وسوء الصرف نتيجة استعمال المعدات الثقيلة وغيرها.

10- صعوبة القيام بالعمليات الزراعية لخدمة الأرض مثل الحرث وغيرها.

11- ضعف نمو جذور النباتات نتيجة ارتفاع منسوب المياه الجوفية بها.

12- أرتفاع مستوي الماء الأرضي قد يؤدي الي أنتشار الأمراض النباتية، وانتشار الحشرات والأمراض الفطرية والبكتيرية والفيروسية لاسيما تلك الناجمة عن رطوبة التربة المرتفعة.

13- ظهور بعض النباتات المحبة للماء مثل الحلفا **Seolges** والحميض **Dock** وحشيشة الماء **Water grass**.

**أسباب الصرف وأغراضه :**

تكون الفراغات في التربة الطبيعية حوالي **50%** من حجمها، كما تكون المواد الصلبة المعدنية والعضوية باقي الحجم، والمفروض أن يشغل الهواء **20%** من الحجم، وأن يشغل الماء **30%** منه ولكن كثيراً ما تطغى المياه على حيز الهواء

وهنا لابد للتربة من وسيلة لصرفها، ويعتبر صرف الأراضي الزراعية عامل رئيسي وأساسي من أجل تحقيق الفوائد التالية:

1- زيادة إنتاج المحاصيل الزراعية، وقد دلت التجارب أن إنتاج المحاصيل الزراعية الأساسية القطن، القمح، الذرة، تزيد بمقدار يتراوح مابين **22-35%** عند تنفيذ مشروعات الصرف.

2- تحسين نوع الإنتاج ونوع المحاصيل وزيادة كفاءة عمليات الخدمة الزراعية.

3- الاستفادة من مياه الصرف الزراعي باعادة استخدامها.

4- تحسين خواص التربة حتى يمكن زراعة محاصيل ذات قيمة اقتصادية أعلى من حيث:

أ- إزالة وتخفيف الأملاح الضارة بالتربة.

ب- تحسين تكوين التربة مما يؤدي إلى زيادة نشاط بكتريا التأزت وزيادة سرعة تحلل المواد العضوية إلى مواد صالحة لتغذية النباتات.

ج- زيادة المجال الذي تنشر فيه الجذور بخفض مستوى الماء الأرضي.

د- ارتفاع درجة حرارة التربة لانخفاض المحتوى المائي فيها.

هـ- زيادة سهولة خدمة الأرض ولاسيما الأرض الطينية.

**العوامل التي يتوقف عليها مستوى الماء الأرضي:**

إن منسوب الماء الأرضي وسلوكه يتوقفان على عدة عوامل منها:

1- الإسراف في مياه الري والفترات بين الريات.

2- كمية المياه المتسربة إلى الأعماق البعيدة عن السطح .

3- الصفات الطبيعية التربة وحجم الفراغات بها، ومساميتها.

4- طبوغرافية المنطقة وموقع وحجم وعمق الفتحات الطبيعية.

5- عدم الاهتمام بمشاريع الص3رف إلى جانب مشاريع الري.

6- عدم الحد من تذبذب مناسب الأنهار أثناء الفيضانات.

**التحكم في مصادر المياة الزائدة:**

1- تبطين قنوات الري لمنع رشح المياه إلي داخل التربة، وبالرغم من تكاليف هذه العملية إلا أنها لاتمنع الرشح نهائيا" ولكن تقلله الي حوالي5%، وأحيانا" قد يكون التبطين طبيعيا" بسبب الترسيبات التي تسد مسام جدران القناة إلا أنها تعود مرة أخري بعد أول عملية تطهير لقنوات الري.

2- عمل مصرف قاطع موازي لقناة الري لمنع رشح المياه من قنوات الري إلي الحقل.

3- عمل مصرف حيوي عن طريق زراعة الأشجار علي ضفاف قنوات الري للتخلص من مياه الرشح الزائدة.

4- رفع كفاءة ادارة الري بتوزيع المياة حسب الطلب أو الاحتياج مما يقلل من فقدان المياه وعبئها علي متطلبات الصرف. وهذا يتطلب المعرفة الجيدة بأوقات، وأحتياج المحاصيل للمياه، وأن تكون شبكة الري مجهزة بوسائل للتحكم تسهل عملية السيطرة الكاملة علي توزيع المياه.

5- تطبيق الوسائل الحديثة في الري مثل الري بالرش والتنقيط لتقليل فواقد مياه الري مقارنة بطرق الري بالغمر.

6- عند تعذر إنشاء شبكات الصرف، فأنه يفضل زراعتها بالمحاصيل التي تتكيف في الأراضي الغدقة.

**العوامل التي تؤثر علي كمية المياه التي تصل الي الماء الأرضي:**

1- المحتوي الرطوبي للتربة عند الري عامل هام في تحديد كمية المياه، وزمن وصولها الي الماء الأرضي.

2- كثافة الزراعات تؤثر علي كمية المياه الواصلة الي التربة من مياه الأمطار حيث تحتجز علي سطوحها كمية من هذه المياه.

3- التسرب العميق للمياه أسفل مستوي المصارف يجب أن يطرح من كمية المياه المضافة، وذلك عند تحديد كمية المياه المؤثرة فعلاً علي الماء الأرضي والمصارف.

4- الرشح الارتوازي من الطبقات العميقة الحاملة للمياه الي أعلي يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند حساب كمية المياه التي يجب صرفها.

5- الاستهلاك المائي للنبات عن طريق البخر نتح يقلل من كمية المياه الواجب صرفها.

**العوامل التى تتحكم في إنشاء شبكة المصارف:**

1 – طبوغرافية سطح التربة وتفيد في تحديد موقع المصارف، ومخرج مياه الصرف.

2 – خواص الأرض الطبيعية مثل قوة حفظ الماء، وحركة الماء الأرضى، وتتابع طبقات التربة، والنفاذية لكل طبقة.

تتوقف سرعة حركة الماء داخل التربة الى أسفل على القوة الدافعة، والتى تشمل الجاذبية الأرضية، والضاغط أو التدرج الهيدرولى، وعلى نفاذية التربة، وتتحدد هذه العلاقة من قانون دارسي Darcy :

$$q = k \,.\, i \,.\, A \qquad \textbf{(8-1)}$$

حيث أن:

q = التصرف لوحده الطول من المصرف ( م3/ث).

k = معامل النفاذية ( م/ث).

i = التدرج الهيدرولى وهو يساوى (H/L)

A = مساحة مقطع التربة الرأسي (م2).

L= طول عمود التربة المار به الماء (م).

H=القوة الدافعة في الأرض المشبعة ( الضاغط الهيدرولى + الجاذبية الأرضية) ،(م)

ويتحدد إتجاه الحركة من اتجاه التدرج الهيدرولى ( لاسفل أو لاعلى).

وتتوقف أبعاد المصارف وأعماقها على كمية المياه المراد صرفها، وعلى نفاذية التربة.

**معامل الصرف: Drainage Coefficient (DC)**

هو كمية المياه التي يمكن أن نتخلص منها في اليوم من المساحة المنصرفة.

**العوامل التى يتوقف عليها مقنن الصرف هى:**

1– درجة الصرف حيث يقل معامل الصرف التحت سطحى مع زيادة المساحة التى يخدمها المصرف، فالمصارف التى تخدم مساحات كبيرة، فإنه لا يتم عادة رى كل مساحة زمام المصرف مرة واحدة بل على عدة مرات.

2- نسبة مساحة الأراضى التى تحت الإستصلاح حيث أن معامل الصرف يزداد في مناطق إستصلاح الأراضى الذى قد يصل أحيانا (2-3) مرات المقنن العادى.

3- كمية المياه التى تستعمل في الرى وعلاقتها بالإحتياجات الفعلية، فالإسراف في مياه الرى يؤدى بالضرورة إلى زيادة معامل الصرف. وفي بعض الدول يؤخذ مقنن الصرف كنسبة مئوية من مقنن الرى ويشكل مقنن الصرف نسبة في حدود (25-45%) من مقنن الرى.

4- هناك عوامل أخرى كثيرة تؤثر على معامل الصرف مثل العوامل المناخية كالأمطار والتبخر ونوع التربة والمحاصيل المنزرعة بالمنطقة وبعد المياه الجوفية عن سطح الأرض وعمق المصارف الحقلية وتباعدها عن بعضها.

وتؤثر العوامل السابقة كلها على قيمة مقنن الصرف، فنجد أن هناك تفاوتا كبيرا" من مكان إلى أخر لقيمة هذا المعامل، والدراسات الحديثة أوضحت أنه قد يختلف في المناطق الجافة من 8-250 متر مكعب/الساعة/ كيلو متر من طول المصرف. بسبب هذا التفاوت الكبير في معامل الصرف تظهر أهمية الدراسات للوصول الي رقم يكون مناسبا" لظروف كل منطقة.

بالنسبة للمشروعات الجديدة للصرف والتى يتم تنفيذها في مناطق لا تتوفرعنها معلومات أو دراسات كافية فيمكن بصفة أولية تقديرمعامل الصرف من المعادلة التالية وذلك بالنسبة للمناطق الجافة:

$$D_f = \frac{(P+S)I}{2400F} \qquad (8\text{-}2)$$

**حيث أن:**

Df = معامل الصرف (مم / ساعة) .

P = النسبة المئوية للمياه التى تفقد بالترشح العميق بعيدا عن منطقة الجذور كنسبة مئوية من المياه المستعملة في الرى.

S = النسبة المئوية للمياه التى تتسرب من المجارى المائية إلى باطن الأرض وتعطى كنسبة مئوية من المياه المستعملة في الرى.

I = كمية المياه التى تستعمل في الرى (مم).

F = الفترة بين الريات (يوم).

والجدول رقم (8-1) يوضح قيم معامل الصرف للمصارف المكشوفة.

جدول **(8-1)** : معامل الصرف للمصارف المكشوفة

| نوع الصرف | معامل الصرف |
|---|---|
| مصارف حقلية | 20–30 م3 / فدان / يوم |
| مصارف فرعية | 25 م3 / فدان / يوم |
| مصارف رئيسية | 15 م3 / فدان / يوم |
| محطات الصرف | 22 م3 / فدان / يوم |

**تقسيم شبكات الصرف المزرعى:**

**1- شبكات الصرف العام:**

خاصة بالحكومة وتشمل المصارف الفرعية وتصب في المصارف الرئيسية، ثم تصب في مصارف المناطق، ثم إلي البحر أو البحيرات.

وتشق المصارف في الكنتور المنخفض، ويبدأ الترقيم الكيلومترى من عند المصب بعكس أتجاه الميل بعكس ترقيم قنوات الرى والترع حيث يبدأ مع أتجاه الميل. وتصمم القطاعات باستخدام معادلة ما نتج :

$$Q = \frac{A}{n} \; R^{2/3} \; S^{1/2} \qquad \textbf{(8-3)}$$

حيث أن :

$Q$ = التصرف ( م3/ثانية)

$A$ = مساحة مقطع القناة ( م2)

$n$ = معامل خشونة الجدران

$R$ = نصف القطر الهيدرولي (م) = A/P

$P$ : المحيط المبتل (م)

$S$ : ميل أو أنحدار قاع المصرف.

- **شبكات الصرف الحقلى:**

وهى خاصة بالاهالى، وتتصل بالمصارف ألعامة، وتنقسم إلى :

1- المصارف المكشوفة **Open Drains**

2- المصارف المغطاة **Covered Drains** .

3- المصارف الرأسية الآبار **Wells Drains**.

**أولاً: الصرف الزراعي السطحي المكشوف Open Drains:**

هذا النوع من الصرف الزراعي يعني أساساً بتجميع المياه الزائدة من الحقل سطحيا، وعليه فإن مسار المصارف في هذه الحالة تكون دائماً على زاوية عمودية على مسار القنوات المفتوحة وتكون على خطوط مسار الانحدارات الطبيعية للأرض.

المصارف المكشوفة عبارة عن مجارى مائية طبيعية كالأنهار والبحار أو صناعية ولها قاع وميول جانبية وتشغل مساحة من الأراضى الزراعية حوالى 12% من مساحة الحقل، وهى كثيرة التكاليف خصوصا" فيما يتعلق بثمن الأرض التى تشغلها، كما أن هذه المصارف تحتاج إلى تطهير مستمر للمحافظة على العمق اللازم والأنحدار اللازم المطلوب، يضاف إلى ذلك أنه يجب تنظيفها بإستمرار من الحشائش التى تنمو فيها (شكل 8-2). وهي تناسب الأراضي البطيئة المسامية. وتظهر أهميتها إذا أريد إزالة المياه من فوق سطح الأرض قبل تسربها إلى أعماق التربة لإزالة الأملاح بالطبقة العليا الملحية التي توجد في بدء عمليات استصلاح الأرض وتظهر أهمية الصرف السطحي في المناطق الرطبة.

شكل 8-2 : قناة صرف مكشوفة.

**الصرف السطحي باستخدام القنوات المكشوفة**

تنقسم المصارف المكشوفة بالنسبة لأحجامها إلى عدة أنواع أو درجات:

**1- المصارف الحقلية:**

وهى التى تقوم بعملية إستقبال وتجميع مياه الصرف مباشرة سواء السطحية منها أو التحت سطحية ثم تلقى بها في المصارف العامة وعادة ما تكون مصارف الحقل على ثلاث درجات (شكل 8-3)وهى :

**أ- مصارف الدرجة الثالثة( الزواريق) .**

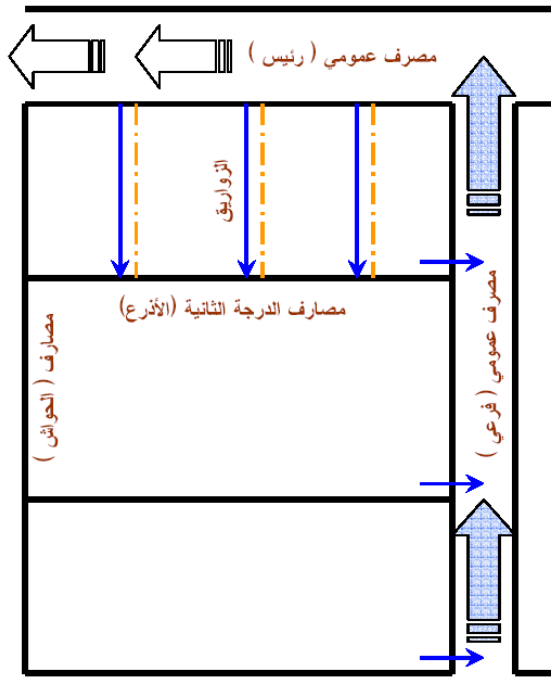
تصب في مصارف الدرجة الثانية، والمسافة فيما بينها: 20– 40 متر حسب نوع التربة. مساحة الزمام حوالى 0.8 – 1 هكتار، عرض القاع 30 سم، العمق يبدأ من 100سم وينتهى بـ120سم. طول المصرف من 65– 100 متر.

**ب- مصارف الدرجة الثانية (الأذرع):**

هذه المصارف تصب في مصارف الدرجة الأولى، والمسافة فيما بينها 70 – 200 متر، مساحة الزمام لا تزيد عن 12 هكتار، عرض القاع 50 سم. العمق يبدأ من 120 إلى 140 سم، طول المصرف من 200 – 400 متر.

**جـ- مصارف الدرجة الأولى (الحوش):**

تصب في المصارف الفرعية، والمسافة فيما بينها 100– 400 متر، مساحة الزمام لا تزيد عن 80 هكتار، عرض القاع 75 سم. العمق يبدأ من 160 سم، وعمقها أكثر من مصارف الدرجة الثانية بما لا يقل عن 20 سم، طول المصرف من600– 1200 متر.




شكل 8-3 : رسم تخطيطي لشبكة المصارف الحقلية المكشوفة

## العوامل المحددة لأعماق المصارف الحقلية

**يختلف أعماق المصارف الحقلية تبعاً لعدة عوامل هى:**

**أ- نوع النبات:**

يتميز كل نوع من أنواع النباتات بمجموع جذرى يختلف في حجمه من حيث الإنتشار والعمق، فالخضروات تتميز بمجموع جذرى غيرعميق، ويمكنها أن تمتد في طبقة غير مشبعة تتراوح بين 30-70سم حسب أنواعها، في حين أن محصولا زراعيا مثل القطن نجد أنه يحتاج لصرف عميق من 150-200سم وذلك لطبيعة جذره الوتدى العميق - كذلك فإن أشجار الفاكهة تحتاج لطبقة غير مشبعة تتراوح بين 125-250سم حسب نوع الأشجار.

وجدير بالذكر أن الجزء العلوى من الجذور أى الأقرب إلى سطح التربة هو الأكثر أهمية من ناحية تغذية النبات ولذلك يمكن القول بصفة عامة أن معظم النباتات تخترق جذورها عمقا فعالا من التربة بمتوسط حوالى 150سم وهذه هى المنطقة التى يجب العناية بصرفها جيدا.

**ب- نوع التربة:**

يلعب قوام التربة دورا أساسيا في تحديد أعماق الصرف وذلك لإختلاف معامل التوصيل الهيدروليكى لها - ولذلك يكون عمق المصرف في الأراضى الطينية أكبر منها في الأراضى الرملية - وفي الأراضى الرملية إذا زاد عمق المصرف عن الحد المناسب فقد يؤثر تأثيرا ضارا على النباتات، حيث يكون حفظ التربة لماء الرى قليلا لتسربه بسرعة، مما ينتج عنه عدم وجود الرطوبة الكافية للنباتات.

**2- المصارف العمومية:**

وهى إما مصارف فرعية أو مصارف رئيسية أو مصارف مناطق. والغرض الرئيسى من المصارف العمومية هو تجميع مياه الصرف من مصارف الحقل وإستقبال المياه الفائضة من نهايات الترع لتلقيها في إحدى البحيرات أو في البحر بالراحة إذا كان منسوب المياه بمصب المصرف أعلا من منسوب مياه البحر أو البحيرة أو بالرفع إذا كان عكس ذلك. وتكون المصارف الفرعية على عمق لا يقل عن 150 سم وعلى مسافات 2- 4 كيلو متر كما تصمم المصارف الرئيسية على أن يكون منسوب المياه بها أقل من مياه المصارف الفرعية التي تصب فيها بحوالي

1.5 متر من سطح الأرض وتنشأ على مسافات من 10–30 كم، يختلف عمق المصرف الحقلي باختلاف ظروف الزراعة .

**ولهذا النوع من المصارف مزاياه وعيوبه:**

**مزايا المصارف المكشوفة:**

1- انخفاض نفقات الإنشاء الأولية.
2- نقلها لكميات كبيرة من المياه.
3- تفحص الانحدار بالنسبة للمصارف المغطاة.
4- سهولة التعرف على العوائق بالمصارف وسهولة تطهيرها.
5- أفضليتها في إصلاح الأراضي الملحية أو القلوية والغدقة كما تفضل في صرف الأراضي الطينية الثقيلة.
6- يفضل استخدامها في حالة زيادة مياه الصرف المجمعة من مساحات واسعة حيث لاتنفع المصارف المغطاة.

**عيوب المصارف المكشوفة:**

1- تشجع زيادة الإسراف في مياه الري.
2- نقص مساحة الزراعة بمقدار 15–20% من المساحة الكلية.
3- تعيق سيرالآلات واستخدام الميكنة بشكل صحيح وبكفاءة عالية.
4- تساعد على انتشار الحشائش والبعوض والحيوانات في مياهها.
5- ارتفاع تكاليف الصيانة لضرورة تطهيرها سنوياً.
7- تعمل على تفتيت الملكيات.

**تصميم المصارف المكشوفة:**

هناك العديد من النظريات لتصميم هذه المصارف ولكن نسبة لصعوبة التكهن في كثير من الحالات بكميات التدفق فان هناك معادلات متعارف عليها (empirical) لتصميم هذه القنوات بصورة تسمح لها بالاستجابة لكل التوقعات الحقلية والتخلص بالسرعة المطلوبة من المياه الزائدة.

ترتكز قواعد حساب شبكات الصرف الزراعي على ثلاث اعتبارات:

أساسية:

**أولاً : اعتبارات التربة :**

تحدد دراسة التربة مختلف الطبقات من السطح إلى القاعدة غير النفاذة وكذلك المناطق المبرزة لآثار التغدق ومن ثم تحديد الخصائص الفيزيائية والهيدروديناميكية.

**ثانياً : الاعتبارات الزراعية :**

لعل أهم عنصر يؤخذ في الاعتبار هو التحديد بدقة للإرتفاع الأمثل للماء الأرضي. ويوجد لكل محصول مستوى معين مرتبط أساساً بنوعية التربة وبالموسم أيضاً. إن الغمر الدائم للتربة يؤدي على المدى البعيد إلى تكوين ماء أرضي يقلل من تهوية التربة وعمليات الأكسدة.

**ثالثاً : الاعتبارات الهيدرولوجية :**

طرق حساب الخصائص التقنية لشبكة الصرف الزراعي تختلف حسب الاعتبارات الهيدرولوجية التالية :

- في منطقة ما حيث يكون فيها الأمطارطويلة ومتكررة ولا تترك بين السلسات المطرية الإ فترات قصيرة لا تسمح بإزالة المياه الجاذبية، فإن الحسابات تبني على أساس ما يعرف بالنظام الدائم لتصريف المياه وإبقاء الطبقة المائية تحت مستوى أقصى لا يمكن تجاوزه.
- بينما في المناطق ذات الأمطار الشديدة والقصيرة والتي تسمح بفترات طويلة (في حدود أسبوع) تتم محاولة تصميم الشبكة على أساس نظام متغير ، الذي يمكنّ من تخفيض كافي في وقت معين بعد انتهاء المطر .

تعتبر عموماً المصارف السطحية أحد وسائل التخلص من نتائج تدني كفاءة الري السطحي وكلما زادت كفاءة الري السطحي كلما قلت الحاجة للمصارف إلا في الحالات الطارئة أو المبرمجة (للأرز مثلاً) .

تبدأ شبكة الصرف الزراعي السطحي المكشوف بالمصارف الحقلية التي تقوم بتجميع المياه الزائدة من الحقل مباشرة وتنقلها الي مصارف فرعية ثم إلى مصارف تجميع (Collector) ثم إلي مصارف رئيسية Main drain.

**الصرف شبه السطحي :**

ينقسم هذا النوع من الصرف الزراعي الى قسمين اساسيين هما :

- صرف مكشوف.
- صرف مغطى.

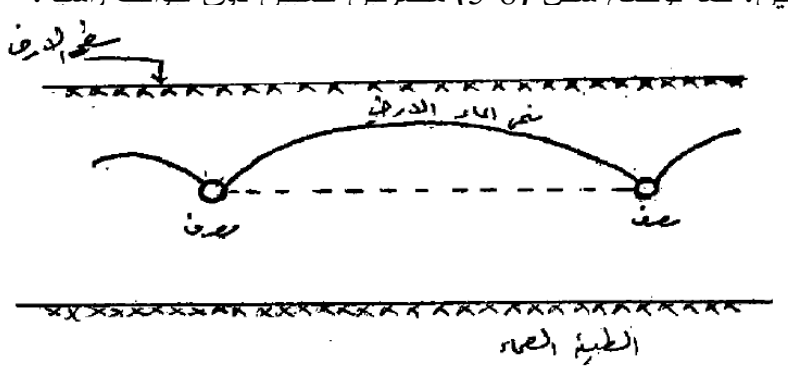
هذا النوع من الصرف يكون داخل الحقل للتحكم في منسوب المياه الجوفية اعتمادا علي قانون دارسي لسنة 1856.

تتكون شبكة الصرف الحقلي من مصارف حقلية تحمل المياه الى مصارف فرعية ثم الى مصارف رئيسية.

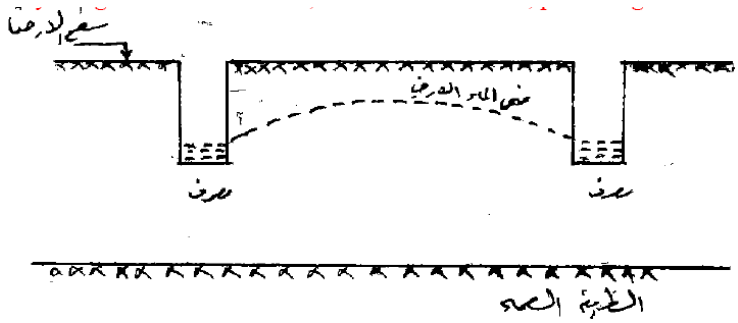
تتكون شبكة المصارف الحقلية المكشوفة من مجاري مائية عميقة مكشوفة تصب فيها المياه شبه السطحية الزائدة بطريقة طبيعية حسب انحدارها، اما المصارف الحقلية المغطاة فهى عبارة عن مواسير بها فتحات توضع تحت سطح الارض في عمق معين تحدده عوامل عديدة. تصب هذه المصارف الحقلية في مصارف فرعية ثم عمومية. وفي كثير من الاحوال تحتاج هذه الشبكات الى مضخات لسحب هذه المياه.

- **تحديد المسافة بين المصارف الحقلية المكشوفة:**

عندما يتم شق مجموعة من المصارف الحقلية المتوازية بقصد تثبيت منسوب سطح الماء الجوفي فإن السطح العلوي للمياه الجوفية بين كل مصرفين متجاورين يتخذ شكلا يقترب من شكل القطع الناقص كما هو موضح بالشكل (8-4) حيث يصل أعلى منسوب لسطح الماء الجوفي في منتصف المسافة بين المصرفين. كما يوضح شكل (8-5) مصرفين حقليين ذوى جوانب رأسية.



شكل 8-4: مخطط بين مصرفين حقليين



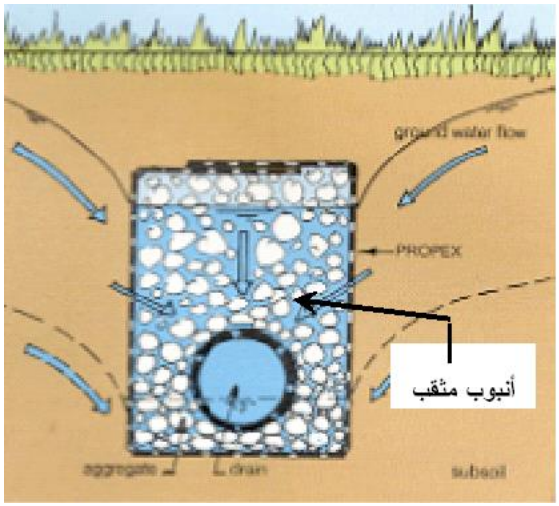
شكل 8-5: مخطط بين مصرفين حقليين مكشوفين.

### ثانيا: المصارف المغطاة Covered Drains:

المصارف المغطاة عبارة عن خطوط من الأنابيب مصنوعة من الاسمنت أو الفخار المسامى أو البلاستيك المثقب. تركب هذه القطع من الأنابيب مع بعضها لتشكل أنبوباً متواصلاً في قاع أخدود وتدفن على أعماق محددة من سطح الأرض وبانحدارات مناسبة، يفرش فوق هذه الأنابيب أو تغلف بمواد مسامية (شكل 8-6) يرشح ماء الصرف خلالها وتقلل من مرور المواد العالقة كالطين والسلت، حيث تتجمع بداخلها المياه التحت سطحية الزائدة عن الحاجة عن طريق الوصلات الكائنة بين قطع الأنابيب أو عبر فتحات في جسم الأنبوب، وتصب في مصرف مجمع (Collector) أو في مصرف مكشوف (شكل 8-7). ويتلقى المجمع الرئيسى المياه من المصارف المجمعة لإلقائها في شبكة الصرف العامة حيث تقوم الأخيرة بالقاء مياهها في البحر أو في منخفض طبيعى مناسب.

وهذه المصارف تعمل على خفض منسوب المياه الأرضية وضبط مقاييسها من أجل التوازن المائي والملحي.

ونظراً للتقدم الكبير في الآلات الخاصة بصناعة الأنابيب وتنفيذ المصارف بالحقل حيث تقوم الآلة بأعمال الحفر ووضع الأنابيب وتغليفها بالمرشحات ثم الردم عليها وهذا أدى إلى خفض تكاليف الإنشاء كثيراً وسهولة التنفيذ ودقته.



شكل 8-6: الصرف المغطي.

شكل 8-7: مصرف مغطي يصب في مصرف مجمع.

**مزايا المصارف المغطاة:**

1- توفر المصارف المغطاه حوالى (10 – 20%) من المساحة المزروعة التى كانت تشغلها شبكة الصرف الحقلى المكشوف

2- لا تعتبر المصارف المغطاه مصدرا للأمراض الضارة ولاتساعد على انتشار الحشائش والبعوض كما هو الحال في المصارف المكشوفة.

3-زيادة فاعلية المصارف المغطاة ، وكنتيجة نهائية يؤدى ذلك إلى زيادة الإنتاج الزراعى مقارنة بالمصارف المكشوفة.

4- انخفاض تكاليف الصيانة لعدم حاجتها إلى الصيانة السنوية كما في حالة المصارف المكشوفة.

5- نظام الصرف المغطى يعطى أحساسا لدى المزارعين بضرورة حسن إستخدام مياه الرى الأمر الذى يؤدى إلى إنخفاض قيمة معامل الصرف أيضا.

6-نقص الاحتياجات المائية للمناطق التي بها شبكات صرف مغطاة بنحو 17% لعدم ضياع المياه.

7-توفر العمق الكافي من الأرض الذي يتهيأ فيه الأسباب لحركة الهواء المتصلة خلال الأرض.

8-تخلص الأرض من كميات كبيرة من الأملاح.

9-تعمر المصارف المغطاة مالايقل عن 50 سنة إذا أتقن صناعتها وتنفيذها.

10- إجراء العمليات الزراعية بسهولة تامة مثل الحرث والتخلص من الحشائش وجمع المحصول.

**عيوب المصارف المغطاة:**

1- أرتفاع النفقات الأولية للمشروع من أعمال الحفر وثمن الأنابيب وتركيبها ووضع المرشحات حولها والردم فوقها ونفقات الصيانة وذلك لإحتمال كسر أو إنسداد أو هبوط الحقليات.

2- عدم إمكان التخلص من مياه الصرف السطحي أو المياه الزائدة على سطح التربة.

3- الإنحدارات الكبيرة المطلوبة عند تنفيذ شبكة الصرف المغطى يترتب عليها زيادة تعميق شبكة المصارف العامة لعمق قد يصل إلى حوالى 3 متر أو أكثر مما قد يؤدي إلى ضرورة رفع مياه الصرف بالآلة في الأرض المنبسطة.

4- يحتاج تنفيذ شبكة الصرف المغطى إلى كثير من الخبرات والوقت من أجل التنفيذ والصيانة على نطاق واسع لاسيما في الأقطار النامية.

5- صعوبة تعزيل وتنظيف الأنابيب.

6- عدم ملاءمة الأنابيب الإسمنتية للأرض الملحية التي تبلغ فيها نسبة كبريتات الصوديوم والمغنزيوم 3 % بينما لاتتأثر الأنابيب الفخارية.

8- قد تسد الأنابيب نتيجة لدخول جذور بعض الاشجار كالحور والصفصاف وكذلك الحشائش وجذور المحاصيل مثل جذور الفصة والبرسيم. أو دخول حيوانات صغيرة فيها وركود بعض الرواسب بداخلها وهذا يؤدي إلى منع نقل المياه بداخلها.

9- هذا النوع من المصارف يلائم الأراضى مرتفعة الثمن والمزدحمة بالسكان ولا يلائم الأراضى زائدة الملوحة أو القلوية بسبب تأثيرها على نفس مادة الأنابيب وكبر مقننات الصرف الناجمة عن عمليات الغسيل.

10- في المشروعات الجديدة يتم عمل منافذ للمياه السطحية في غرف التفتيش لتقوم شبكة الصرف المغطى أيضا بعملية التخلص من المياه السطحية الزائدة.

وتقسم المصارف المغطاة حسب أحجامها (أقطارها وأطوالها) إلى الحقليات ، والمجمعات الفرعية ، والمجمعات الرئيسية.

**أ- الحقليات:**

الحقليات تشبة الزواريق، وتصب في المجمعات الثانوية ، وهى تتكون من وصلات من الفخار يوجد بين الوصلات خلوص حوالى 3 مم ، طول كل منها 50سم، قطر 10سم أو من أنبوب معرج به ثقوب موزعة على المحيط الخارجى، توضع على عمق 1.25 متر في التربة الثقلية وعلى عمق 1 متر في التربة الرملية. وتحاط بطبقة من الزلط متدرج القطر كمرشح. المسافة ما بين الحقليات من 15-40متر، طولها أقل من 200 متر، والميل 15سم لكل 100متر.

**ب- المجمعات الثانوية:**

هذه المجمعات تصب في المجمعات الرئيسية، طولها 1000 متر، والمسافة بينها 400 متر، وأنحدارها 10سم/100 متر.

**جـ- المجمعات الرئيسية:**

هذه المجمعات عادة ما تكون عبارة عن مصرف مكشوف.

**أنابيب الصرف المغطى:**

إستخدمت مواد كثيرة في صناعة أنابيب شبكة الصرف المغطى ، فمنذ عام 1900 تطورت صناعة الأنابيب الفخار التي إستخدمت في شبكات الصرف المغطى ، تلتها بعد ذلك الأنابيب الأسمنتية ومنذ عام 1960 إستخدمت الأنابيب المصنعة من اللدائن.

تقسم الأنابيب إلى عدة أقسم حسب المادة المصنوعة منها وهي:

1- **الأنابيب الفخارية Clay Tile pipes** : وهي عبارة عن أنابيب تصنع من الطين ثم تحرق ويبلغ طولها عادة 30 سم وبقطر 10 سم وبسمك 1.5 سم وهذا يتوقف على البلد الصانع، وقد تصنع بشكل أنثى وذكر (أي بشفة أو بدون شفة) ويستلزم الأمر فحص إستقامتها وقوة تحملها وسلامتها من أية شروخ .

والمواسير (الأنابيب) الجيدة تغطى بشيء خاص يمكن معرفته بالخبرة وقد تطلى من الداخل أو الخارج وتعتبر مقاومة لكبريتات الصوديوم أو المغنزيوم.

2- **الأنابيب الاسمنتية Concrete Pipes**: وتستعمل أيضاً بكثرة في جميع أنحاء العالم في هولندا والاتحاد السوفييتي وأمريكا ومعظم البلدان النامية لقوة تحملها وإمكان إخضاع تصنيعها إلى مواصفات دقيقة وتصنع بطول 30 سم وبقطر يتراوح بين 5-10 سم وبسمك 1.5-2 سم غير أنه من أهم عيوبها هو عدم صلاحية إستعمالها في الأراضي التي تحوي كبريتات الصوديوم أو المغنيسيوم أو الكالسيوم أو في الأراضي العالية الحموضة وذلك ما لم تعامل معاملة خاصة لمقاومة تأثير مثل هذه الأملاح.

**3- الأنابيب البلاستيكية : Plastic Pipes**:

بالرغم من حداثة العهد في إستعمال هذه الأنابيب، إلا أن الإقبال عليها في إستخدامات الصرف المغطى يتزايد بسبب خفة وزنها وإمكان تصنيعها بأطوال كبيرة دون أن يتسبب ذلك في تعويق التنفيذ وقوة تحملها فضلاً عن إنخفاض تكاليف.وحالياً يتم إنتاج الأنابيب المصنعة من اللدائن بنوعين رئيسين:-

**أ . أنابيب ذات سطح أملس:**

وتصنع عادةً بأطوال 5 متر وبأقطار تتراوح من 40 . 125 سم ويتم تصنيع هذه الأنابيب بسمك يعادل حوالي 2% من القطر. ويتم تثقيب هذه الأنابيب لإستخدامها كحقليات في الصرف المغطى بمعدل حوالي 40 ثقب/المتر الطولي حيث يبلغ طول الثقب 25 مم وبعرض 0.6 . 0.8 مم.

**ب . أنابيب ذات سطح متعرج:**

تصنع بأطول تصل الى 100 أو 200 متر على هيئة لفة واحدة وبأقطار تتراوح من 60 . 125 مم (شكل 8-8 ) ويبلغ إرتفاع التعريج حوالي 5 . 6 % القطر ويتم تثقيب الأنابيب لإستخدامها كحقليات في الصرف المغطى بمعدل 400 ثقب / المتر الطولي موزعة على ستة صفوف وتتراوح أبعاد هذه الثقوب من 1×1 مم إلى 1×4 مم وأهم مايعيب هذا النوع من الأنابيب هو إرتفاع المقاومة الهيدروليكية.

شكل 8-8 : أنابيب ذات سطح متعرج

تختلف المواصفات التي يتم بموجبها تصنيع أنابيب الصرف المغطى من بلد لآخر وذلك على أساس الظروف التي تستخدم فيها مثل هذه الأنابيب كعمق الحقليات عن سطح الأرض والعوامل المناخية وإحتمال وجود بعض الأحجار من عدمه عند منسوب حفر الخندق وعوامل أخرى قد تستوجب مواصفات خاصة.

**أهم مميزات الأنابيب البلاستيكية:**

1- سهولة توفرها.
2- رخص ثمنها.
3- قلة كلفة النقل
4- أكثر ملاءمة لرصها في الأرض من قبل الآلة.
5- تحتاج إلى عدد قليل من العمال عند وضعها في التربة.

- **الشروط الواجب توافرها في مواسير الصرف:**

1. مقاومتها للعوامل الجوية والتآكل.
2. أن تكون قوية بحيث يتحمل الأحمال المنقولة إليها.
3. أن تكون جدرانها قليلة المسامية.
4. أن تكون خالية من عيوب الصناعة ومطابقة للمواصفات.

**أنواع المرشحات (المصافي) أو الفلتر (filters):**

كثيراً مايحدث بعض الضغوط نتيجة رشح المياه ودخولها إلى المصارف عند الوصلات ، مما يؤدي إلى تحريك حبيبات التربة وخلخلتها مما يسبب هبوط أو تآكل حول الوصلات أو تحت الفرشة وهذا يؤدي إلى انسدادها.

ولمنع هجرة هذه الحبيبات يتم تغطية أو تغليف الوصلات بمواد خشنة أكبر حجماً تسمى مرشحات Filters بسمك يتراوح بين 5–10 سم حتى لاتعوق حركة المياه ولتطيل من عمر شبكة الصرف وتقلل الحاجة إلى صيانتها وتزيد من قدرة المصارف على استيعاب المياه بحركة أكثر، وهذا يؤدي إلى زيادة المسافة بين المصارف.

وقد توضع الفرشة بطول الأنابيب وخاصة في الأراضي الصودية التي يخشى من عدم استقامتها أو تغير ميولها، أو قد توضع المرشحات حول الأنابيب أو على الوصلات وتكون من طبقة واحدة أو أكثر من طبقة.

وعادة تستعمل المرشحات لتحقيق الأهداف الآتية:

1- أن تكون أكثر نفاذية للمياه منها لحبيبات التربة أي يكون قطر حبيبات المرشح أكثر من قطر حبيبات التربة المحيطة.

2- منع حركة التربة إلى المصرف أو إلى المرشح ذاته.

3- أن يكون سمك المرشح كافي لحسن توزيع أحجام مواده ولخلق عزل كاف عن التربة.

4- أن تمنع حركة مواد الفلتر إلى داخل الأنابيب وتنطبق الفتحات أو الفواصل بينها بالقدر الكافي.

**أهم أنواع المرشحات هي :**

**1- الحصى Cravel**: يتراوح قطرها بين 0.5–1 سم يمكن أن يوضع الحصى كفرشة تحت المصارف أو على الوصلات أو على طول الأنبوب. وهو رخيص الثمن بمقارنته بالمواد الأخرى.

2- الدوبال Peat : هذا النوع يستخدم بكثرة في هولندا والاتحاد السوفييتي ويصنع بأبعاد 10–70 سم ومن مميزاته رخص ثمنه وكفاءته العالية.

3- الألياف الزجاجية fiber glass : يستخدم في حالة استخدام الأنابيب البلاستيكية ويغلف الأنبوب كاملاً هو عبارة عن صفائح سمكها 0.2–0.5 سم ومن مميزاته سهولة استخدامه ولكن ذات سعر مرتفع.

4- الصوف الزجاجي Glass wool: وهو يشبه الصوف تغلف فيه الأنابيب بشكل طبقة رقيقة بسمك 0.5-1 سم أو تغلف فيه مكان الوصلات فقط.

والأنواع الثلاثة الأخيرة لها تأثير فعال جداً في حجز حبيبات الرمل والسلت ولكن لها بعض العيوب منها أن مساميتها تقل كثيراً إذا احتوت مياه الصرف على مركبات الحديد.

**تخطيط المصارف المغطاة:**

يراعى عند تخطيط المصارف المغطاة النقاط التالية:

1- توضع الحقليات بحيث تعمل زوايا مابين 10-30 درجة مع خطوط الكنتور مما يسمح بانحدار أو بميل مناسب للمصارف وهي أكثر فعالية لقطع سريان المياه تحت السطحية والسطحية.

2- يفضل ألا تزيد أطوال الحقليات عن 100 م في الأراضي ذات الانحدار البسيط كما يجب ألا يتعدى طولها عن 150 م حتى لاتعمق المجمعات وهذا يؤدي إلى كلفة باهظة.

3- يجب ألا يزيد طول أي مجمع رئيسي عن 1000 م كما يجب ألا يزيد قطرة عن 25 سم حتى لاتزيد التكاليف.

4- يحدد معامل الصرف Drainage fector بحيث يتم صرف المياه الزائدة بمعدلات مابين 1-2 مم / باليوم تبعاً لنوع الزراعة وتبعاً للظواهر الجوية.

5- يجب أن يبعد المجمع الرئيسي عن المباني وصفوف الأشجار بمسافة من 10-20م.

6- في حالة وجود أراضي مرتفعة مجاورة لأراضي منخفضة يجب الفصل بينهما بمصرف قاطع Interceptor drain مغطى أو مفتوح.

7- عند اتصال الحقليات بالمجمع ينبغي أن يعمل زوايا حادة من 15-45 درجة لتسهيل مرور المياه داخل الحقلي وإلى المجمع وبعيداً عن اتصالهما.

8- يجب أن يكون التخطيط مستقيماً مع غرف اتصال أو غرف تفتيش.

9- تقسيم الأرض إلى وحدات في حالة اختلاف نفاذية التربة أو اختلاف التسرب من المجاري المائية المجاورة.

10- وضع مخارج المصارف في أنسب المواقع وأكثرها انخفاضاً بحيث يكون منسوب المصرف الحقلي عند مصبه في المجمع أعلى بمقدار 10 سم على الأقل من محور المجمع.

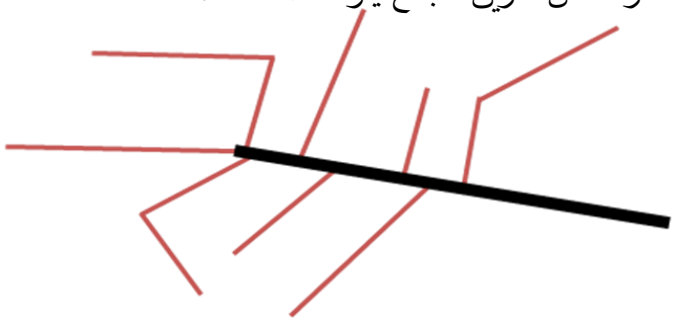
11- يبدأ في تنفيذ المصارف المغطاة وقت انخفاض منسوب المياه الأرضية ويتم التخطيط بأن يدق أوتاد على طول المصرف وتعمل الميزانية ثم تحدد المناسيب اللازمة للحفر.

12- توضع المصارف في طبقات التربة الأكثر نفاذية كلما أمكن ذلك.

يتم تخطيط شبكة الصرف المغطى حسب طبوغرافية وطبيعة المنطقة وذلك على النحو التالى:

**1- الطريقة الطبيعية أو العشوائية:**

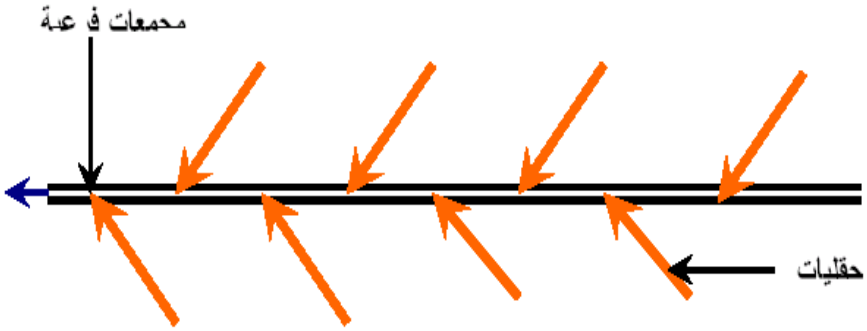
تستعمل هذه الطريقة في حالة وجود بعض المساحات الصغيرة المعزولة والمنخفضة التى يستلزم الأمر تجفيفها (شكل 8-9) وفي هذه الحالة لا يتم التقيد بتباعد الحقليات. بل توضع الحقليات في الأماكن المنخفضة والرطبة حيث يتم سحب مياه الصرف عن طريق مجمع يتوسط المنطقة.



شكل 8-9 : الطريقة العشوائية

**2- طريقة هيكل أو عظام السمكة :**

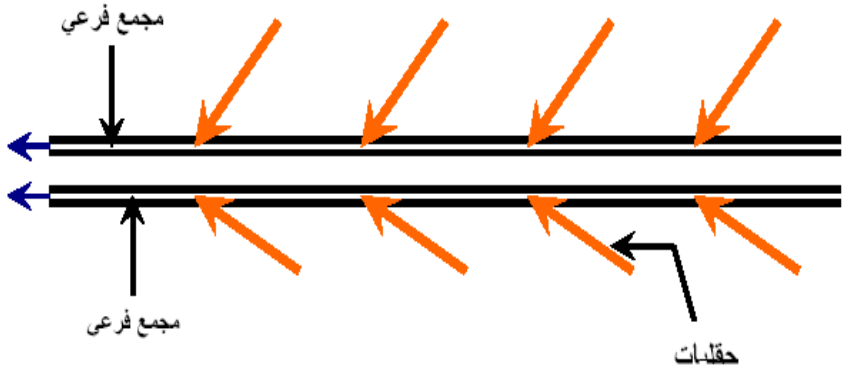
يتكون من خطوط حقليات متوازنة تصب في مجمع من جهة واحدة أو من جهتين وتستخدم هذه الطريقة في المناطق منتظمة الإنحدار حيث يوضع المجمع في المنخفض الرئيسى، ويتم تخطيط الحقليات بميل يناسب الإنحدار المطلوب. وعادة تتراوح زاوية الميل في حدود (60 – 70 درجة) كما هو موضح بالشكل(8-10).




شكل 8-10 : طريقة هيكل أو عظام السمكة.

**3- طريقة المجمعين :**

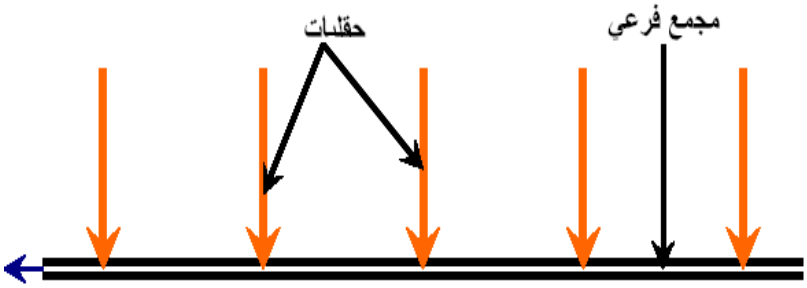
وهذه الطريقة لا تختلف كثيرا عن الطريقة السابقة، فقد يكون من المفضل عمل مجمعين بدلا من المجمع الواحد لكبر قطر أنبوب المجمع الواحد، وإذا زاد عرض المنخفض فقد يستلزم الأمر عمل شبكة من الحقليات بين المجمعين (شكل8-11).




شكل 8-11: طريقة المجمعين.

**4- طريقة الشبكة :**

وتستعمل هذه الطريقة في الأراضي المنبسطة حيث توضع الحقليات عمودية على خطوط الكنتور ومتعامدة على الخط المجمع (شكل 8-12)، وقد تأخذ خطوط الحقليات ميلا" خفيفا" على خطوط الكنتور إذا زاد إنحدار الأرض عن ثلاثة في الألف.




شكل 8-12: طريقة الشبكة.

**5- المصارف القاطعة :**

تقطع المياه التى تتسرب من الأراضى المرتفعة التى تظهر على سطح الأراضى المنخفضة المجاورة لهذا السبب يعمل مصرف مغطى على إمتداد الحد الفاصل بين الأراضى المرتفعة والمنخفضة وتعرف هذه المصارف بالمصارف القاطعة.

## عمق وتباعد المصارف Depth and spacing of Drains

**تتوقف المسافة بين كل مصرفين على عدة عوامل من أهمها:**

1- طبيعة التربة ومساميتها

2- نوع النباتات وعمق جذورها

3- العمق المراد تخفيض منسوب المياه الأرضي إليه.

4- معدل الري أو المطر.

**كما يعتمد عمق المصارف على مايلي:**

1- طبوغرافية سطح الأرض

2- مدى انخفاض منسوب الماء الأرضي الذي يحقق التهوية اللازمة ويحقق كمية المياه التي يحتاج إليها النبات.

3- المسافة بين المصرفين.

4- نوع التربة إذ يزيد معدل حركة المياه الأرضية كلما زاد عمق المصارف في الأراضي الخفيفة والعكس بالعكس في الأراضي الثقيلة القوام.

5- طريقة الري ومعامل الصرف.

6- نوع النباتات المزروعة وعمق جذورها وكمية الماء اللازمة لها.

7 - الزمن المطلوب للتخلص من مياه الصرف.

لذلك يحدد عمق المصرف بحيث يغطي أقصى عمق للجذور وسط المسافة بين كل مصرفين متتاليين بحيث لايقل عمق الحقليات عن 90 سم في بداية المصرف وعن 120 في نهايته إذا كان طولها 100م.

كما وجد أن معدل البخر من الماء الأرضي يقل كلما زاد بعد سطح الماء الأرضي عن سطح الأرض، وإن هذا المعدل يرتفع جداً إذا بلغ عمق الماء الأرضي مابين 10–20 سم، لذلك فإن من الخطأ جداً في حالة وجود أملاح بالماء الأرضي أن يقل عمق الماء الأرض عن واحد متر، إذ يؤدي ذلك إلى ترسيب الأملاح على سطح الأرض وزيادتها في المنطقة المحصورة بين سطح الأرض ومنسوب الماء الأرضي وهي منطقة جذور النباتات مما يزيد في تركيز الأملاح بهذه المنطقة لدرجة تؤذي النباتات وتؤدي إلى قلة المحصول بل قد تؤدي إلى موته في كثير من الأحيان. لذلك يفضل في الأراضي الملحية أن يزيد عمق منسوب سطح الماء الأرضي عن متر من سطح الأرض.

ولقد وجد كل من جاردنر فايرمان Gardner and Fireman أنه إذا زاد عمق المياه الأرضية عن 200 سم فإن معدل البخر يقل جداً، وبالتالي فإن حركة الأملاح من السطح تكاد تكون معدومة التأثير، لذلك ينصح في المناطق الجافة التي تعتمد على الري الصناعي بأن يخفض مستوى الماء الأرضي إذا احتوى على كمية كبيرة من الأملاح إلى عمق لايسمح بحركة الماء إلى أعلى أي إلى سطح الأرض بالخاصة الشعيرية بدرجة قد تؤدي إلى تراكم الأملاح وتزهير الأرض والعمق المقترح يتراوح من 180–200 سم من سطح الأرض.

لذلك فإن المسافة بين المصارف وعمقها تعتمد على الاحتياجات المصرفية للمحاصيل الزراعية والتي تتأثر بعاملين:

1– مدى سرعة التخلص من المياه بمنطقة جذور النبات. وعمق الجذور حتى لاتطول فترة تشبع التربة بهذه المياه حول الجذور مما يؤثر علي نمو النبات.

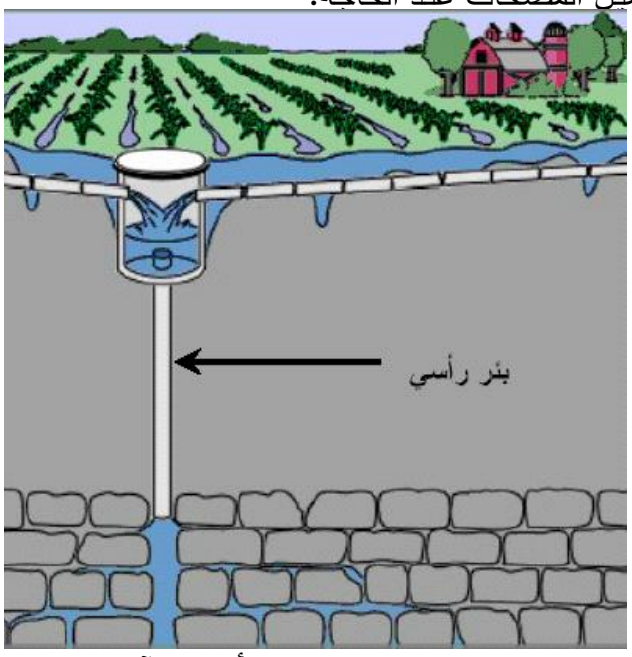
2– هو الاحتياجات الغسيلية.

**ثالثاً: المصارف الرأسية (الآبار) :**

في هذا النوع من المصارف تدق أنابيب رأسية بالتربة (شكل 8-13) حيث يعتبر هذا الأسلوب صرف رأسي باعتبار أن الأساليب الأخرى من الصرف كلها أفقية. ثم يركب عليها مضخات لضخ المياه شبه الجوفية من أسفل منطقة الجذور محدثة هبوطاً في منسوب الماء الأرضي العالي ثم تصرف هذه المياه إلى المصارف العمومية أو تستخدم في الري.

وتعتبر تكاليف المصارف الرأسية عالية حيث يتطلب شبكة من الآبار الجوفية يتم حسابها بمعادلات دقيقة، كما أن هذه الآبار تتطلب أنواعاً من المضخات الغاطسة وهذا بالضرورة يعني توفر طاقة كهربائية، ولذلك لاينصح باستعمالها إلا إذا كانت تكاليف المصرف المغطى غالية جداً أو إذا كانت المناطق المراد صرفها يصعب صرفها بالطرق الأخرى ويفضل أن تكون طبقات التربة السفلى التي تدق إليها الأنابيب الرأسية مكونة من طبقات رملية أو حصوية أو كلاهما معاً.

لرفع كفاءة هذا النوع من الصرف يفضل ان يكون مرتبطاً بأجهزة تحكم أتوماتيكية لتشغيل المضخات عند الحاجة.




شكل 8-13: المصارف الرأسية (الآبار).

**مزايا الصرف الرأسي :**

* التحكم في تخفيض المياه الجوفية دون منطقة الجذور مع تصفية التربة من الأملاح.
* يمكن إستخدام مياه الصرف الرأسي في الري وغسيل التربة رأسياً.
* نتيجة للصرف الرأسي تتكون طبقة مهواة تسمح بغسيل التربة بسهولة.
* إن المحافظة على العمق المثالي للمياه الجوفية خلال مرحلة نمو النبات يمنع إعادة التملح ويشكل ظروفاً مواتية للحصول على إنتاجية جيدة.

**سلبيات الصرف الرأسي تتمثل في الآتي :**

* ارتفاع الكلفة الانشائية الاستثمارية.
* عدم تجفيف التربة بشكل متوازن حيث أن المناطق بالقرب من الآبار تجف أكثر من المناطق البعيدة من الآبار.
* لدى العمل الطويل والمتواصل للصرف الرأسي وخصوصاً في المشاريع الكبيرة والمجموعات الكثيرة للآبار فقد يؤدي ذلك إلى تملح الآبار والخزانات بسبب انجذاب المياه المالحة لها من خزانات مجاورة .
* إن تخفيض منسوب المياه قد يؤدي إلى غسل بعض المواد العضوية الذائبة في هذه المياه مما قد يخفض من خصوبة التربة .

يجب تصميم شبكة الصرف الرأسي بدقة وعلى الأسس العلمية الدقيقة لتفادي هذه السلبيات وتأمين تحقيق منسوب المياه للحد المطلوب دون زيادة أو نقصان، وهذا بالطبع يتطلب تحريات كثيرة ومعقدة للمنطقة للوصول إلى التوازن المائي والملحي المطلوب .

**أنواع المصارف الرأسية:**

تنقسم المصارف الرأسية الي نوعان هما:

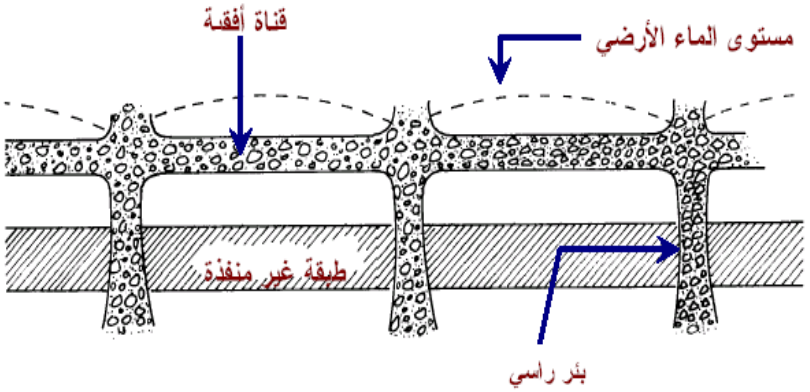
**1- آبار الصرف السطحية:**

هي ثقوب تنشأ علي عمق يتراوح من 20 -100 متر وبأقطار تتراوح من 50- 100 سم وتخترق الطبقة السطحية العليا لتصل الي الطبقة الرملية. وتملأ هذة الثقوب بالحصي لتقوم بتجميع مياة الصرف وتوصيلها الي المياة الجوفية الموجودة في باطن الأرض. وتستخدم هذة الطريقة في الأراضي الطينية أو الرملية التي توجد أسفلها طبقة صماء تمنع من التسرب الي باطن الأرض.

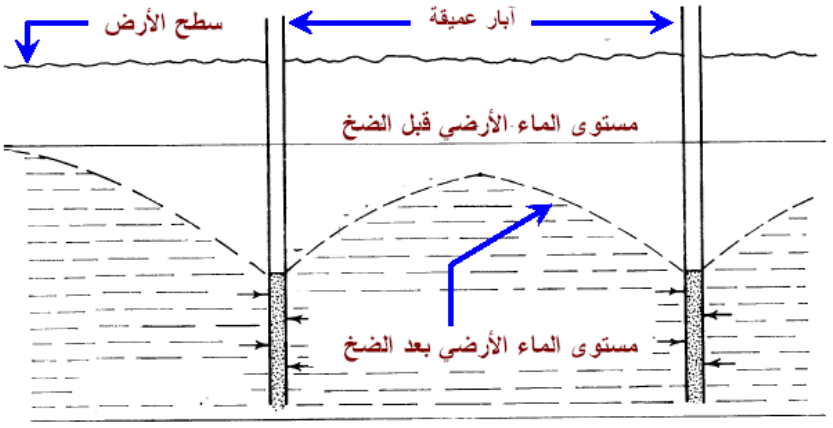
وإذا كانت الطبقة السطحية طبقة ثقيلة فإنة يمكن عمل عدد من المصارف الأفقية تصل بين الآبار الراسية ويتم ردم قاع هذة المصارف بالحصي ويتم بعد ذلك ردمها بالتربة الزراعية (شكل 8-14) .

**2- آبار الصرف العميقة:**

تستخدم هذة الطريقة عندما يكون مستوي الماء الجوفي قريبا من جذور النباتات (شكل 8-15)، حيث يتم دق عدد من الآبار بأعماق كبيرة تصل الي 400 متر وتبعد عن بعضها مسافة تتراوح من 1 –1.5 كم. ويتم سحب المياة من هذة الآبار لاستخدامها في عملية الري اذا كانت ذات ملوحة مناسبة أو يتم تجميعها وصرفها باستخدام قنوات صرف مكشوفة.




شكل 8-14: آبار الصرف السطحية.




شكل 8-15 : آبار الصرف العميقة

**الأغراض التي يحققها الصرف الرأسي:**

1- أغراض علاجية مؤداها خفض مستوى الماء الأرضي إذا كان مرتفعاً.

2- أغراض وقائية تنحصر في المحافظة على مستوى الماء الأرضي عند حد معين في الأراضي ذات مستوى الماء الأرضي المنخفض.

3- التخلص من مياه الري الزائدة في فترة قصيرة قبل حدوث أي ضرر للنباتات.

**الشروط الواجب توفرها لاستخدام الصرف الرأسي:**

1- يجب أن يكون عمق الطبقات الحاملة للمياه عميقة بدرجة كافية ومكونة من طبقات متجانسة بقدر الإمكان وأن لايقل هذا العمق عن 10م.

2- يجب أن تكون المسامية خلال الطبقات المراد صرفها كبيرة بدرجة تسمح بسرعة سحب المياه بواسطة المضخات.

3- يفضل أن يكون منسوب المياه الأرضية في الطبقات العميقة حراً .

4- يجب أن لاتسبب التربة أو المياه تآكل المواد المصنوعة منها أجزاء البئر وملحقاته.

5- يجب دراسة مدى إمكانية استعمال المياه للأغراض المدنية والصناعية الأخرى بجانب الصرف ويجب أيضاً دراسة مدى تداخل المياه المالحة وأثرها.

6- قدرة البئر على الاحتفاظ بعمق مناسب لمستوى الماء الأرضي وهذا يتوقف على العمق والقطر وطول المصافي ووضع الفلتر وتنظيم مجموعة الآبار.

7- كمية المياه المرفوعة بالمضخات ومدى تأثيرها على تسرب المياه من القنوات ومجاري المياه المجاورة وتكاليف الإنشاء والصيانة.

**العوامل التي تؤثر على اقتصاديات الصرف الرأسي:**

1- اختبار المضخات التي تفي باحتياجات خفض منسوب الماء الأرضي المطلوبة مع مراعاة العلاقة بين حجم وعدد المضخات.

2- تكاليف إنشاء الآبار.

3- تحديد قوة إدارة المضخات وتكاليف إدارتها.

4- احتمال استخدام المياه المرفوعة في الري مباشرة أو بعد خلطها بمياه ري سطحية أو مياه المصارف مع حساب العائد من استعمال هذه المياه.

**المسافة بين الآبار (المصارف):**

تتوقف المسافة بين المصارف الرأسية على :

1- عمق البئر كلما زاد عمق البئر داخل خزان المياه الأرضية كلما زاد قطر دائرة التأثير وزادت المسافة بين الآبار (المصارف).

2- قطر البئر كلما زاد قطر البئر كلما زادت دائرة التأثير وزادت المسافة بين الآبار (المصارف).

3- مسامية التربة كلما زادت مسامية ونفاذية التربة كلما زادت المسافة بين الآبار (المصارف) وكبرت دائرة التأثير.

**أهمية تطوير الصرف الزراعي:**

ان الفقد الكبير في مياة الري يعد أهم العوامل التي تدعو إلى تطوير أساليب الصرف الزراعي من أجل التوازن الرطوبي بالتربة ومن أجل الاستفادة من بعض هذا الفقد باعادة استخدام مياه الصرف الزراعي الصالح للري حيث يعتبر هذا الاستخدام كأحد الموارد المائية غير التقليدية الهامة.

**المعوقات والمشاكل التي تواجه تطوير الصرف الزراعي:**

تشمل المعوقات والمشاكل التي تواجه تطوير الصرف الزراعي ما يلي:

* اتساع رقعة المساحة المروية وما يصاحبها من شبكات للصرف تجعل التطوير مرتفع الكلفة، ورغم القناعة التامة بأهمية التطوير إلا أنه يصبح في الواقع غير ممكن إلا في حدود ضعيفة للغاية.

* عدم وجود الوسائل والآليات اللازمة لتطوير الصرف الزراعي بأغلب الدول العربية.

* عدم وجود البيانات الدقيقة عن الفواقد ومستوى مناسيب المياه شبه السطحية في الأراضي الزراعية المروية لتقييم الحاجة للصرف الزراعي.

* ارتفاع تكاليف عملية الصرف الزراعي بالنسبة للمزارع البسيط وخاصة في المزارع الصغيرة المنتشرة على جميع أرجاء الدول العربية.

* تفتت جزء مقدر من الأراضي الزراعية المروية بالدول العربية لحيازات صغيرة مما يجعل عملية الصرف صعبة نسبياً.

**صيانة المصارف Maintenance of drains**

تعد صيانة المصارف بتطهيرها بإستمرار مسألة أساسية لإطالة عمرها وزيادة كفاءة تشغيلها. وتتشابه صيانة المصارف المكشوفة مع صيانة قنوات الرى في طرق تطهيرها من الترسيبات ونموات الحشائش، وما قد يحدث لها من نحر في الجوانب أو إنهيارات تنتج من حركة الآلات والحيوانات. ومن المشاكل الشائعة بالنسبة للمصارف المغطاه إمتداد جذور الأشجار العميقة إلى المصرف مما يجعلها تتخلل وصلات الأنابيب وقد تمتد بداخلها حيث تعترض حركة المياه إليها. مما يؤدى إلى:

أ- قلة تصرفها وإنخفاض سرعة التدفق بها.
ب- إنخفاض معدل التدفق إليها عبر المرشحات.
جـ- زيادة ترسيب الطمى والمواد العالقة بها.

من وسائل علاج هذه المشكلة إضافة مواد كيماوية خاصة من وقت لآخر لتحول دون نمو الجذور داخل الوصلات. ومن المشاكل الأخرى كذلك دخول حبيبات التربة الدقيقة إلى المواسير والوصلات عبر المرشحات الزلطية، وتزداد عملية الترسيب عندما يكون التدفق بطيئا في المواسير.

تؤدى بعض ممارسات الرى الخاطئة، لاسيما الإفراط في إضافة مياه الرى، إلى تكون ما يعرف بأنفاق الغسيل wash-ins وذلك بتراكم كميات كبيرة من المياه في الخندق الذى تمت إعادة ردمه فتجرف بذلك كميات كبيرة من التربة إلى المصرف المغطى خلال الوصلات وهذه المشكلة شائعة الحدوث في الفترة التالية مباشرة لإنشاء المصارف حيث تكون التربة مخلخلة البناء وسهلة الحركة. ويظهر تأثير الماء الزائد أيضا في تكوين تآكلات (كهوف) في الأرض تحت الوصلات مما قد يؤدى إلى زحزحة بعض المواسير بدرجة كبيرة (قد يصل الإنحراف الي $90^{o}$ في بعض الأحوال)، ويسهل إنحراف المواسير إذا كان وضعها بالأرض مخلخلا أصلا". وبالطبع فإنه نتيجة لإنحراف المواسير تنقطع خطوط الصرف، وقد تتكون دوامات في المنطقة الخالية تحت الوصلة مما يزيد من تأكل التربة حتى تدخل إلى الوصلة وتوقف تدفق الماء مما يوجب إعادة تنظيفها، لذلك فإن مواصفات الأنابيب الجيدة بالإضافة إلى طريقة وضعها السليمة هى عناصر هامة لضمان نظام صرف جيد وذى كفاءة عالية.

## الجوانب الاجتماعية والاقتصادية والبيئية لنظم الري والصرف

إن ما تمثله نظم الري والصرف من أهمية محورية للزراعة يدعو إلى الاهتمام المناسب بكافة القضايا والجوانب التي من شأنها أن تساهم في تنمية وصيانة الموارد المائية، وتحقيق أقصى مستويات ممكنة من الترشيد وكفاءة الاستخدام.

إن من أعظم التحديات التي تواجه المنطقة العربية هو وقوعها في أكثر مناطق العالم جفافاً، مما أدى إلى تدني مصادرها المائية ، فبكل المقاييس العالمية تعتبر المنطقة العربية الأقل نصيباً من المياه. من جهة أخرى فإن هذا المناخ قد فرض واقعاً حتمياً يتمثل في تدني نسبة الأراضي التي يمكن استزراعها بالأمطار، مما يعني حتمية الري لضمان زراعة مستقرة مع رفع كفاءة استخدام المياه بإدخال الأساليب الحديثة والمتطورة في نقل وتوزيع المياه والرصد والمتابعة والتحكم في عمليات الري الحقلي.

من الواضح والمؤكد أن الموارد المائية المشتركة تتيح فرصاً وميزات عديدة للتنمية الزراعية على المستوى القطري والقومي، إضافة إلى أن مصادر المياه الجوفية تمثل مصدراً مائياً ثابتاً ومرناً يزداد الاعتماد عليه في العديد من البلدان العربية حيث يؤدي التوسع المستمر في تنميته واستثماره إلى زيادة الإنتاج الزراعي نظراً لسهولة توفره وتيسر الوصول إليه من المستعملين. ولقد مكنت توفر تقنيات حفر الآبار وميكنة الضخ من تحقيق ذلك حسب طلب المستهلك وفي الوقت الذي يرغبه. ولكن هذا الوضع جعل جميع الأنظمة الاجتماعية والاقتصادية والبيئية تعتمد اعتماداً كلياً على هذه المياه، وهي بذلك قد أصبحت رهينة معدلات السحب الجائر والتلوث التي تهددها باستحالة الاستدامة والتوقف، علماً بأن هذه الظواهر حديثة العهد وآخذه في الانتشار بسرعة فائقة مدفوعة بالنمو السكاني المتزايد والتحولات الاقتصادية السريعة وتحرير التجارة العالمية. ولذلك فان أنماط استعمالات المياه الجوفية قد تغيرت عما كانت عليه ورفعت من معدلات السحب والاستهلاك إلى الدرجة التي بدأت تخلق بيئة تنافسية بين البلدان المشاركة في الأحواض الجوفية المشتركة تؤدي إلى الضغط المتزايد على هذه الخزانات وما يرافق ذلك من مخاطر السحب غير المخطط مثل الإنضاب والتدهور البيئي بطريقة غير قابلة للاستدامة.

وفي العديد من الحالات غالباً ما تكون هذه الأنماط التنافسية لاستعمال الأحواض المائية المشتركة مدفوعة بالسياسات والاستعمالات التنموية المحلية على المستوى القطري التي لا تراعي الحدود الفيزيائية والبيئية لهذه الأحواض خصوصاً عندما تكون السياسات الزراعية واستعمالات الأراضي تسعى لتحقيق أهداف اقتصادية قصيرة المدىتؤدي إلى الاستنزاف السريع لمصادر المياه. وعندما يفرض الواقع السياسي والاجتماعي ضرورة المحافظة على العمالة الريفية والإنتاج الزراعي للتصدير ودعم الواردات يتعذر حينها إدخال أي إصلاحات فعالة لإدارة مصادر المياه على أسس سليمة.

## التحليل الفني والاقتصادي والاجتماعي والتشريعي

يعتبر الأسلوب التشاركي مع الوحدات المحلية في القري بهدف إشراك المزارعين في الإستفادة من المصادر المائية و أنظمة الري بشكل مستدام من خلال زيادة الشعور بملكيتهم لها. إن استدامة المكونات المختلفة لتطوير أنظمة الري تعتمد بدرجة كبيرة على ضرورة تحديث البنية الأساسية للري وزيادة وتفعيل الشعور بملكية المزارعين للمشروع من خلال مشاركتهم بتغطية جزء من تكاليف نظام الري الحديث ومساهمتهم في الأعمال المتعلقة بالتشغيل والصيانة. إن شعور المزارع بالمنافع التي تقدمها مثل هذه الممارسات من المتوقع أن تؤدي إلى إدارك المزارع بأهمية الإدارة المستدامة لمصادر المياه المستنزفة .

مازالت المشاكل ذات الطبيعة الاجتماعية تؤثر في أساليب الري وكفاءة استخدام الماء في بعض البلدان العربية، من حيث تعوّد المزارعين على نمط ري معين لأنواع معينة من المحاصيل وصعوبة تركه، مثل استعمال الري بالغمر غير المقيد أو بالخطوط الترابية غير المنتظمة ، مما ينتج عنه فقد كميات كبيرة من مياه الري .

## المراجع


* العمود، أحمد إبراهيم ؛ والفتياني، فاروق عبد الله ،1991. الري بالرش– الأجهزة والتطبيق . . مترجم عن ملفن كي. دار المعارف–مصر

* الجندي، عبد الغني محمد

* الجندي : ع.م 1978 مقدمة في هندسة الري . مذكرات كلية الزراعة . جامعة عين شمس .

* الجندي : ع.م وآخرون 2000 . تصميم شبكات الري والصرف .

* الشربيني : ر.ح. اوسين أ.م. 1997 . هندسة الري والصرف . دار المعارف بمصر.

* بكر، حلمي محمد، هندسة الصرف الزراعي ، دار المطبوعات الجديدة، الاسكندرية.

* بكمان ، هارب ؛ ونبيل برادي، 1965. طبيعة الأرض وخواصها، مكتبة الأنجلو المصرية.

* حجازي، محمود محمد، 1996أ. مذكرات هندسة الري. جامعه الملك سعود–فرع القصيم

* حجازي، محمود محمد، 1996ب. مذكرات أجهزه الري. جامعه الملك سعود– فرع القصيم

* حجازي، محمود محمد، 1996جـ. مذكرات تخطيط وتصميم نظم الري. جامعه الملك سعود–فرع القصيم

* عامر، محمد حسن، 1988. الدورة التدريبية حول تصميم وتقييم نظم الري. العين 5–14 نوفمبر 1988– جامعه الدول العربية.

* عبد العزيز، محمود حسن، 1980 . أساسيات هندسة الري والصرف. جامعه الرياض، المملكة العربية السعودية.

* فوزي سعيد ؛ والعمود، أحمد إبراهيم،1992. نظم وعمليات الري السطحي. مترجم عن ملفن كي. جامعه الملك سعود – الرياض.

* سكاف ، أدهم؛ أحمد زين العابدين، مصطفى مرسي. 1979. ري وصرف (جزء أول) ، مديرية الكتب الجامعية ، حلب.
* ميس، أحمد ؛ وحسن الشربتي، 1974. هندسة الري والصرف ،. دار المعارف بمصر، طبعة ثانية.

- Beami, A. and A. Oten (1993) Irrigation Engineering" Michol, Ltd., Techion City, Haifa, Isreal 32000.
- Burt, C.M. (1995) The surface Irrigation Manual "1" Ed. Waterman hid. Inc.
- Burt, C.M.and S.W. "Styles Drip and Micro-irrigation for Trees, Vines and Row Crops "Irrigation Training and Research Center ITRC – California Polytechnic state Univ., Calpoly San Luis, CA. USA.
- Doorenbos, J., and W.Q. Pruitt (1977) Crop Water Requirements FAO Irrigation and Drainage paper (24) FAO, Rome.
- El-Gindy, A.M. (1977) Comparisons of surface, sprinkler, and drip irrigation methods ph.D. thesis, Szarvas, Hungary.
- FAO "Plant Production paper (73) (1986) Early agrometeorological Crop Yield assessment.
- Herman J. Finkel (1983) CRC Hand book of Irrigation Technology "Vol. 1 and II. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, USA.
- Hoffman, G.J, T. A.. Howell, and K.H. Solomon (1992) Management of Farm Irrigation Systems " ASAE.
- Israelsen, OW, and V, E. Hansen (1962) "Irrigation Principles and Practices" John Wiley Son Inc.
- Jensen, ME., (1983) "Design and Operation of Irrigation Systems" ASAE.
- Jorgensen, G.S., and K.N. Norum (1993) " Subsurface Drip Irrigation" California State University, Fresno. Center for Irrigation Technology, (CIT) CATI publication No 92 1 00 1.
- Keller, J and D. Karmeli (1975) "Trickle Design" Rain Bird Sp. Man. Glendora, CA,USA.

- Pair, C.H., Hinz, W.W., Reid, C., and Frost., K.R (1975) "Sprinkler Irrigation" Sprinkler Irrigation Association. Lib. Of Congres Catalog Car No. 75-24934.
- Phocaides, A. (2001) FAO "Hand book on Pressurized Irrigation Techniques" Rome 2001.
- Turner, J.H., and Anderson, C.L. (1980). "Planning for an Irrigation Systems" AAVIM.