تخطيط وتصميم شبكات الري والصرف

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

منشورات جامعة دمشق

كلية الزراعة الثانية– السويداء

تخطيط وتصميم شبكات الري والصرف

(الجزء العملي)

الدكتور المهندس عدنان علي أبو سمرة

أستاذ في قسم الهندسة الريفية

جامعة دمشق

1445–1446هـ

2023–2024م

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفهرس

الموضوع	رقم الصفحة
المقدمة	٧
الفصل الأول: الري والصرف في المناطق الجافة (مشروع فصلي)	٩
١-١- مُتطلبات تصميم المشروع	٩
١-٢- الظروف الطبيعية للمنطقة	١١
١-٣- المُخطط التقني لأرض الري	١٥
١-٤- نظام جدولة ري المحاصيل الزراعية	١٦
١-٥- طريقة (تقنية) أسلوب الري السطحي بالانسياب	٣١
١-٦- توضع شبكة أقنية (قنوات) توزيع مياه الري في المُخطط الأفقي	٣٥
١-٧- شبكات الري الحقلية	٣٦
١-٨- التصاريف الحسابية لشبكة الري	٤٠
١-٩- الحساب الهيدروليكي لشبكة الري	٥٣
١-١٠- حساب الدريناج (الصرف)	٦٣
١-١١- الحساب الهيدروليكي: التصميم والمقاطع العرضية لشبكة الصرف	٧٩
١-١٢- حساب الغسل الاستثماري والصرف المؤقت، تنظيم الغسل وحجم العمل	٨٢
الفصل الثاني: تصميم شبكات الري بالرذاذ في مناطق الرطوبة المُنخفضة (مشروع فصلي)	٨٩
٢-١- المقدمة	٨٩
٢-٢- نص المشروع	٨٩
٢-٣- المُواصفات المُختصرة أو المُعينة للشروط الطبيعية، تأسيس أسلوب الري	٩٠
٢-٤- مُخططات عمل مُنشآت الري المُستخدمة	٩٢
٢-٥- اختيار موقع قطاع (منطقة الري) الري	٩٦
٢-٦- حساب عناصر تقنية السقاية بالرش (بالرذاذ)	٩٦
٢-٧- اختيار آلات الرش (التذرير)	١٠١
٢-٨- المُخطط التقني لقطاع الري. اختيار نوع شبكة الري وتأسيسها وتصميمها	١٠٢
٢-٩- تنظيم مساحة قطاع الري وتصميم شبكة الري في المُخطط الأفقي	١٠٣
٢-١٠- نظام الري بالرش وتطابقه مع تقنية السقاية المُستخدمة	١٠٧
٢-١١- التدفقات الحسابية لشبكة الري	١١٠
٢-١٢- الحساب الهيدروليكي لشبكة الري المُغلقة	١١٣
٢-١٣- الضغط الحسابي واستطاعة محطة الضخ المطلوبة	١١٥
٢-١٤- المقطع الطولي الجانبي والمقاطع العرضية وفق تدرج الميل للأنابيب	١١٦

الفصل الثالث: التطبيقات العملية لتخطيط شبكات الري بالتنقيط وتصميمها	١١٩
٣-١- تخطيط شبكات الري بالتنقيط فوق سطح التربة وتصميمها (مشروع فصلي)	**١١٩**
٣-٢- تخطيط شبكات الري بالتنقيط تحت سطح التربة وتصميمها (مشروع فصلي)	**١٣٣**
دليل المصطلحات العلمية	**١٤٣**
المراجع العلمية	**١٤٥**
الفهرس	**٥**

المقدمة:

تتعلق طريقة الري في جميع المناطق الزراعية بالشروط الطبيعية، وصفات الأرض ومُتطلبات الزراعة فيها. ويهدف الري إلى زيادة خصوبة التربة بطريقة تنظيم نظام عملها المائي كأحد أهم العوامل للمحاصيل الزراعية. تُجرى تقنيات الري بالتطابق مع الإجراءات الزراعية والتقنية الزراعية. وتشمل الإجراءات التقنية الزراعية إعداد الأرض المروية لتصريف المياه أو للتجفيف (عزل قطع النباتات والأشجار، وعزل الحجارة، وتخطيط سطح التربة). تدرس الإجراءات التقنية الزراعية مُسبقاً استصلاح الأراضي الزراعية (مُعاملة التربة، وتسميد الأسمدة، بما فيها الدورات الزراعية مُرتفعة الإنتاجية للمحاصيل الزراعية).

من الضروري رفع فاعلية استخدام الأرض المروية في الاتجاهات الأساسية الاقتصادية، والحصول من هذه الأراضي على الإنتاجية التصميمية المطلوبة، وتحسين جودة الإنشاءات المائية الزراعية. ويُزيد المستوى الرفيع للهندسة التقنية لأنظمة الري، ومسألة تحقيق مُخططات تطوير الاستصلاح بالري من المتطلبات لإعداد الكوادر والمهندسين المختصين.

تعتمد تقنية استصلاح الأراضي الزراعية على مجموعة من العلوم العامة والخاصة. يُنجز الطلاب مشاريع فصلية وتمارين في المُنشآت المائية، ومحطات الضخ، والاستثمار، والمكننة وتكنولوجيا استصلاح الأراضي وتنظيم أعماله خلال فترة دراستهم.

يدرس كتاب تخطيط شبكات الري والصرف وتصميمها التطبيقات العملية لاستصلاح الأراضي والطرائق المُختلفة لإنجاز المشاريع الفصلية والتمارين لتصميم أنظمة الري والصرف، والمُنشآت المائية عليها، ومحطات الضخ. والاستثمار والمكننة، وأيضاً لتكنولوجيا وتنظيم أعمال استصلاح الأراضي.

أرجو أن أكون قد وفقت في إعداد هذا الكتاب ليكون كتاباً سهلاً ومُبسطاً، وأن يجد الطلاب والمهندسون فيه الفائدة المرجوة في تفهم التطبيقات العملية لاستصلاح الأراضي بالري وبالصرف. وأن يكون عوناً لهم بعد تخرجهم لتخطيط وتصميم واستثمار أنواع عديدة من هذه الشبكات.

المؤلف

وقل رب زدني علما
جامعة دمشق
Damascus University

الفصل الأول
ري الأرض في المناطق الجافة (مشروع فصلي)

جرت دراسة تصميم أنظمة الري والصرف في ظروف المناطق الجافة على منطقة مُحددة في المشروع الفصلي، تتصف بتربة عالية الملوحة وبصرف طبيعي ضعيف. يتضمن المشروع الفصلي ما يأتي:

١- متطلبات تصميم المشروع، ٢- الظروف الطبيعية للأرض المروية، ٣- مواد التخطيط المطلوبة للمشروع، والقطاعات الجيولوجية والجيومورفولجية، ومُعطيات عن الشروط الاستصلاحية والهيدروتقنية للتربة وبعض المعلومات الثانوية المساعدة.

بالاعتماد على هذه المعلومات يضع الطلاب ذاتياً نظام إجراءات استصلاح الأراضي بالري والصرف على الأرض، والذي يشمل: المُخطط التقني للري، نظام الري وتقنية السقاية للمحاصيل الزراعية، التدفقات، تصميم شبكة الري، شبكة صرف المياه والمُنشآت المائية على الشبكة، والغسل الخاص والصرف المُؤقت (غسل التربة) ، والطرق الزراعية، وخطوط الأشجار. الكشف التقديري لكل هذه الأعمال.

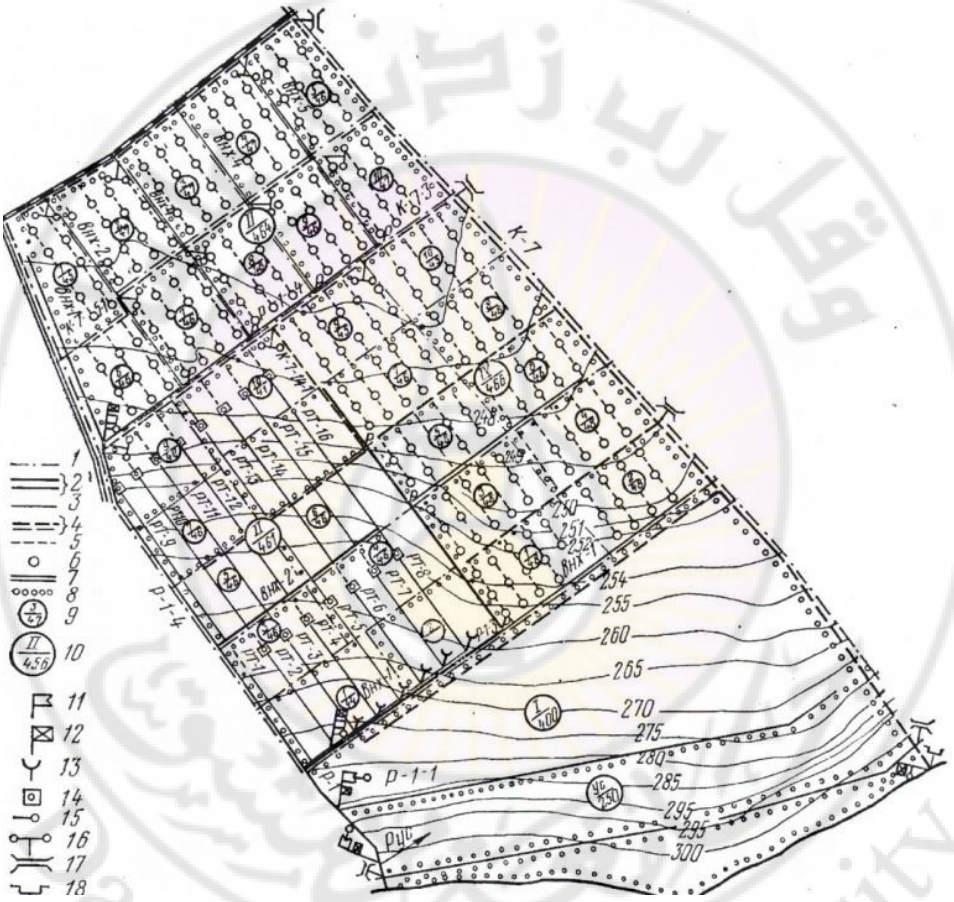
١-١- مُتطلبات تصميم المشروع

تتوضع الأرض المروية بمساحة: 18.5 ألف هكتار في الجزء المُحدد بين البحيرة والقناة الكبيرة. قُسمت الأرض إلى ست مزارع كما في الشكل (1-1). المُخطط الأساس من أجل تصميم المشروع هو المحافظة على المياه والاستفادة منها.

الاتجاه الأساسي للمزارع هو زراعة القطن. تُستخدم في الأراضي المروية المذكورة أعلاه عشرة قطاعات للدورة الزراعية القطن والفصة ذات التكوين التالي للمحاصيل الزراعية: سبعة قطاعات قطن، قطاعان من الأرض فصة، وقطاع واحد من الأرض للذرة. يُخصص: 70 – 80% من مساحة المزارع من أجل هذه الدورة الزراعية، وتُزرع المساحة المُتبقية بأشجار الفاكهة 20 – 30%، والكرمة ومحاصيل الخضار والقرعيات، ومزارع أخرى. تتوضع أشجار الفاكهة والكرمة في الجزء العلوي من الأرض على طول قناة الري.

إنتاجية المحاصيل الزراعية المُقدرة: [ton/ha] لعام كامل للأرض المروية: للقطن: 3.5، وللفصة: 13، وللذرة: 4، وللخضار: 30، وللأشجار وللكرمة: 10. تُستخدم الإنتاجية الحسابية وفق العلاقة بخصوبة التربة مع الأخذ بالحسبان تطوير المزارع بصورة كافية. يتحقق

الحصول على الإنتاجية المُخطط لها بجودة السقاية، والأسمدة، وبالمستوى الرفيع للهندسة التقنية الزراعية والمكننة. من أهداف الدراسة استخدام مساحات غير كبيرة للري في المزارع. عادةً تتراوح مساحة المزارع من: [ha]6000…2000 في الشروط الطبيعية الفعلية عند استصلاح الأرض بالري لكامل مساحة الأرض.



الشكل (1-1): مُخطط نظام الري والصرف

1- حدود الأرض، 2,3- قنوات شبكة الري المكشوفة، 4- شبكة جمع وصرف المياه المكشوفة، 5- مجرى مُغلق لجمع المياه، 6- بئر ارتوازي، 7- طرق زراعية بينية، 8- خطوط أشجار، 9,10- رقم ومساحة الأرض والدورة الزراعية، 11,13- مخارج المياه، 12- مُنشآت حجز (سدود) المياه، 14- سكر وبئر الصرف، 15- مقياس منسوب المياه، 16- معبر أنبوبي (ماسورة)، 17- جسر، 18- عبارة، 19- سكة حديد.

دُرست مسبقاً مزرعة واحدة من المزارع المشتركة في المشروع الفصلي، مساحة المزرعة: [ha]2200. يُروى منها فقط: [ha]1800 أو 82% من مساحتها بملاحظة استخدام الدورة الزراعية ، والمساحة المتبقية: 18% لزراعة الأشجار والكرمة.

تشمل المزرعة المُصممة أربعة أجزاء مُنفصلة (I.II.III.IV). في كلٍ منها أُنشئ مركز زراعي إنتاجي. يُزرع ما مساحته: [ha]1375. من الدورة الزراعية للقطن والفصة: تبلغ مساحة الجزء المُنفصل الأول: I مقدارها: [ha]450، ومساحة الجزء الثاني: II – [ha]460، ومساحة الجزء الثالث: III – [ha]465. تبلغ مساحة الأرض المزروعة بالمحاصيل الحقلية، والخضار: [ha]250، والقسم المزروع بالكرمة والأشجار المثمرة فتبلغ مساحة: [ha]400.

تتوزع المحاصيل الزراعية لعشرة حقول من الدورة الزراعية للقطن والفصة على النحو الآتي: القطن حوالي 70% ، الفصة بحدود 20% ، الذرة 10%.

أما الخضار العلفية فتُزرع في الدورة الزراعية في سبعة حقول: حقلان للفصة، وحقلان من المحاصيل الدرنية العلفية، وحقل واحد لكل من الذرة والبطاطا والقرعيات (كالبطيخ، اليقطين، ... الخ).

يُعادل مُعامل (ثابت) استخدام الأرض K_{ZE} للدورة الزراعية الحقلية، هذا يعني نسبة المساحة الصافية المروية إلى المساحة الكلية المروية: 0.9 ، ويُساوي ثابت استخدام الأرض عند زراعة الأشجار في القطاعات: 0.7 .

١-٢- الظروف الطبيعية للمنطقة

الظروف المناخية: تدخل الأرض المروية في المنطقة الجافة ذات المناخ القاري، إذ تتجاوز قيم التبخر من سطح التربة قيم الهطولات المطرية بدرجة كبيرة.

تمتد الفترة التي تكون فيها درجة الحرارة الوسطية اليومية أكبر من: 10^o درجات من: [*day*]220...200 يوم في العام، وهذا يُحقق النضوج الكامل للمحاصيل المُحبة للحرارة كالقطن. الذي تبلغ فترة نموه [*day*]172يوم (نيسان حتى أيلول).

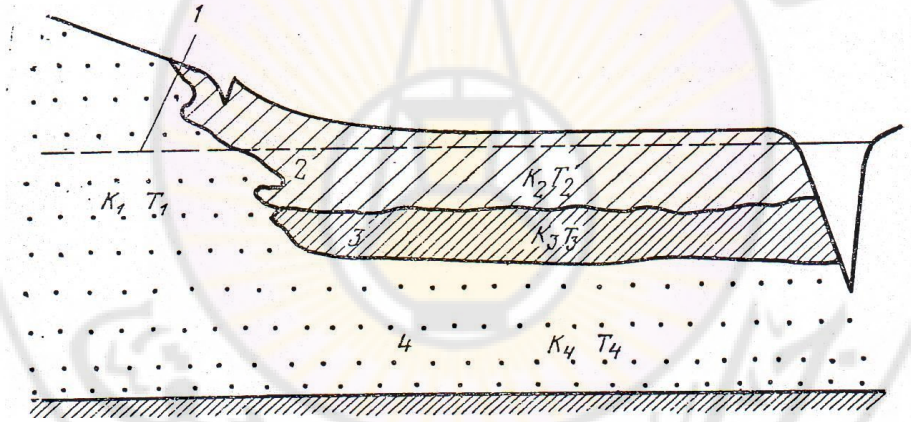
يبلغ مُعدل الهطول المطري السنوي وسطياً بين [*mm*]200 – 120 ويتساقط منها في فترة الربيع حوالي (45% – 40)، وفي فترة الصيف (5% – 4)، والهطول المطري منها في فترة الخريف والشتاء (60% – 50). المُعدل السنوي للرطوبة النسبية للهواء (54%)، وتُشكل الرطوبة النسبية في فترة الصيف (أيار – آب) حوالي (40% – 25) وفي فترة الشتاء بحدود (80% – 70).

يبين الجدول (1-1) الخصائص المناخية للمنطقة المدروسة من أجل عام جاف: 90%. يُلاحظ نقص الرطوبة الطبيعية في العام الجاف وهذا يشترط ضرورة الري.

الجدول (1-1): الخصائص المناخية للمنطقة المدروة من أجل عام جاف.

العناصر المناخية	الأشهر												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	خلال عام
تبخر المياه: $[mm]$	15	21	46	82	142	205	221	207	139	83	41	32	1234
كمية الأمطار: $[mm]$	14	6	13	29	0	0	0	0	0	23	32	8	125
الرطوبة النسبية للهواء: %	74	77	71	68	52	32	30	32	37	52	70	77	56
الحرارة الوسطية: $[C^o]$	1.2	4.5	8.4	14.7	21.4	27.5	29.1	26.8	20.4	12.8	5.8	0.3	14.4

الشروط الجيومورفولوجية والهيدروجيولوجية: تتوضع الأرض المروية على كتف النهر الذي يُمكن أن يفيض. يزداد ميل سطح الأرض من: 0.001 حتى: 0.004 ومن: $0.06-0,03$ عند المجرى المائي للقناة الرئيسية. يبلغ عرض الأراضي المروية: $l = 7500[m]$. إن تربة المنطقة عبارة عن ترسبات نهرية وترسبات من الطمي كما يُوضح الشكل (1-2).



الشكل (2-1): القطاع الجيولوجي للأرض المروية، ١- منسوب المياه الجوفية، ٢- تربة طينية ضعيفة النفاذية ذات سماكة: $T_2 = 63[m]$ ومُعامل نفاذية: $K_2 = 0.3[m/day]$ مع طبقة طينية ناعمة وطبقة رقيقة من الحبيبات الرملية، ٣- تربة طينية ثقيلة: $T_3 = 37[m]$، ومعامل نفاذيتها $K_3 = 0.93[m/day]$، ٤- تربة حصوية متوضعة في الجزء العلوي للهضبة سماكتها: $T_1 = 200[m]$، $K_1 = 20[m/day]$، الجزء الوسطي والسفلي للأرض المروية سماكته: $T_4 = 100[m]$، ومعامل نفاذيتها $K_4 = 13[m/day]$.

يحدث تفريغ لتيارات المياه الجوفية: Q_0 في سماكة أرض الري والتي تتشكل في المناطق الجبلية، وتُقسم المياه الجوفية إلى أُفقين هما أفق دون ضغط (ساكن) وأفق بضغط (الأفق اللاضاغط أي الأفق الحر والأفق الضاغط أي الأفق المضغوط). يتميز الأفق العلوي اللاضاغط بتربة صفراء ضعيفة النفاذية متوسطة وثقيلة التكوين الميكانيكي. عمق المياه الجوفية اللاضاغطة في الشروط الطبيعية إلى ما قبل الري في الجزء العلوي للأرض أكثر من: $10[m]$،

في الجزء الوسطي والسفلي: $2.6-2.5[m]$. يتشكل أفق المياه الجوفية اللاضاغطة بفعل انسياب المياه الجوفية تحت سطح الأرض من الأفق السفلي الضاغط (الطبقة T_3) الجارية من جهة الجبال: Q_0، ومن تسرب الهطولات المطرية في الأوقات الباردة من العام والتبخر من سطح المياه الجوفية. يتجه ميل سطح المياه الجوفية اللاضاغطة عن الأرض المروية إلى جهة الحوض المائي ويُشكل القيمة: 0.00095 .

الحسابات التقريبية التي تصف النظام المائي الملحي المُتغير إلى ما قبل الري: يُحدد التبخر من سطح المياه الجوفية من المعادلة الآتية:

$$E = E_0(1-h/h_r) \qquad (1\text{-}1)$$

حيث إن: E_0 – التبخر من سطح المياه الجوفية عند حالتها الطبيعية عند سطح الأرض، ويُمكن عدّه مُساوياً إلى مقدار التبخر من السطوح المائية، انظر الجدول (1-1)، ويقدر: $[m]$ أو: $[mm]$ عمود الماء الذي يتبخر في واحدة الزمن (يوم، شهر، عام).

$h,[m]$ – العمق من سطح الأرض حتى منسوب المياه الجوفية.

$h_r,[m]$ – عمق المياه الجوفية الذي يتوقف عنده التبخر، وهو في مثالنا: $h_r = 3[m]$ عندما: $E_o = 1234[mm]$ في العام والعمق الوسطي العادي للمياه الجوفية في المنطقة المدروسة $2.55[m]$ فإن التبخر يُساوي:

$$E = 1234(1-2.55/3) = 185[mm/yer]$$

طبقة المياه السنوية التي تنساب من الطبقة الضاغطة إلى الطبقة العلوية غير الضاغطة في الشروط العادية:

$$P = Q_0 - Q_p = Q_0\left[1-\left(\frac{K_2T_2^* + K_3T_3 + K_4T_4}{K_1T_1}\right)^2\right] \qquad (1\text{-}2)$$

حيث: $-Q_0; [m^3.day]$ تدفق المياه من الجبال. $-Q_p; [m^3.day]$ تدفق المياه من القناة. $-K_1 = 20[\frac{m}{day}]$ ثابت تسرب التربة الطينية في الجزء العلوي لأرض الري. $-K_2$ ثابت تسرب المياه في التربة الوسطية، $K_2 = 0.3[\frac{m}{day}]$. $-K_3$ ثابت تسرب المياه في التربة الثقيلة، $K_3 = 0.03[\frac{m}{day}]$. $-K_4$ ثابت التسرب في التربة الطينية الحصوية في الجزء المركزي لأرض الري، $K_4 = 1.3[\frac{m}{day}]$. $-T_1$ قدرة (سماكة) التربة الطينية المُشبعة، $T_1 = 200[m]$. $-T_2^*$ السماكة المُشبعة للجوانب الترابية ضعيفة النفاذية، $T_2^* = T_2 - h_b = 63 - 2.55 = 60.45[m]$. $-T_2$ قدرة التربة الوسطية ضعيفة النفاذية، $T_2 = 63[m]$. $-T_3$ قدرة التربة الثقيلة،

$T_4 \cdot T_3 = 37[m]$ – قدرة التربة الحصوية، $T_4 = 100[mm]$ – h_b المستوى العادي للمياه الجوفية، $h_b = 2.55[m]$.

$$Q = iK_1T_1; [m^3/day]; \rightarrow 1[m]$$

حيث: i – ميل سطح المياه الجوفية غير الضاغطة في أرض الري، $i = 0.00095$.

بتعويض القيم المعلومة في المعادلة (1-2) نجد:

$$P = Q_0 - Q_p = Q_0\left[1 - \left(\frac{0.3 \cdot 60.45 + 0.03 \cdot 37 + 13 \cdot 100}{20 \cdot 200}\right)^2\right] = 0.98Q_0$$

$$Q = 0.89 \cdot 0.00095 \cdot 20 \cdot 200 = 3.38[m/Dy]$$

عندما: $l = 7500[m]$ طبقة المياه الجارية من الطبقة الضاغطة فإن:

$$P = 3.38/7500 = 0.00045[m/Dy] = 0.45[mm/Dy]$$

أو:

$$P = 0.45 \cdot 365 = 164[mm/yer]$$

تحدث التغذية بالمياه الجوفية بسبب تسرب الأمطار $\alpha_1 O_c$ بصورة رئيسية في فترة الخريف والشتاء ويُشكل القيمة: $20[mm]$ في العام وفق مُعطيات الأبحاث والتنقيبات الهيدرولوجيولوجية.

نُشكل التوازن السنوي للمياه الجوفية في الشروط الطبيعية من أجل التحقق من الأبحاث المُبينة:

$$\alpha_1 O_c - E + P = \Delta W_r \qquad (1\text{-}3)$$

حيث: ΔW_r – تغير احتياطي المياه الجوفية خلال عام. يُمكن استخدام ΔW_r مُساوياً للصفر عند تطابق عمق المياه الجوفية في بداية العام ونهايته لسنوات عدة.

بالتعويض في المعادلة (1-3) القيم المعلومة نحصل على:

$$20 - 185 + 164 = -1[mm/yer]$$

تُؤكد نتائج البحث الهيدرولوجي بهذا الشكل حساب التوازن المائي التقريبي.

تشترط المياه الجوفية المعدنية في الأفق الضاغط بين: 0.5-1[g/L]، والمياه الكبريتية والكلور والكبريتية الجارية من الأفق السفلي الضاغط إلى الأفق العلوي غير الضاغط والمتبخرة، وأفق غير ضاغط حاوٍ للمياه المعدنية المرتفعة: 20[g/L] عند محتوى للكلور: 2[g/L].

تُفسر الشروط الهيدروجيولوجية للجزء الوسطي والسفلي من أرض الري (الحالة المُرتفعة للمياه الجوفية المعدنية، والحالة الضاغطة المُغذية وحالة الصرف الطبيعي الضعيف) ويُمكن إنشاء الري هنا فقط عند شرط إنشاء الصرف (الدريناج) النظامي.

شروط الاستصلاح الترابية: الغطاء الترابي المصمم أسفل أرض الري هو عبارة عن تربة مروج خضراء. كثافتها: $1.35[gr/cm^3]$، كثافة الجزيئات الصلبة: $2.7[gr/cm^3]$ النفاذية أو المسامية: 50% من الحجم. مجال السعة الرطوبية الحقلية للتربة من أجل: $1[m]$ يساوي: 69% من المسامية أو: 34.5% من حجم التربة. الارتفاع الأعظمي للارتفاع الشعري: $h_K = 2.6[m]$. ثابت التسرب لطبقة التربة: $0.3[m/Dy]$. سرعة امتصاص المياه في التربة حتى نهاية الساعة الأولى من أجل تربة المروج: من أجل تربة المروج الأرضية: $K_1 = 0.03[m/h]$، أما ثابت الأس: α في معادلة كوستياكوف:

$$W_t = K_1 / t^{\alpha}; \alpha = 0.5 \qquad (1\text{-}4)$$

يحدث تشكيل النظام المائي الملحي لتربة المروج ولتربة المروج الشتوية في شروط مختلفة. ينعدم التبخر من سطح تربة المروج عند التوضع العميق للمياه الجوفية، ويتحدد النظام المائي الملحي بتسرب الأمطار الجوية: $\alpha_1 O_c$ في فترة الخريف والشتاء $20[mm]$ في العام. بالربط مع تربة المروج الشتوية هذه فهي غير مالحة.

تُنسب تربة المروج الشتوية للجزء الوسطي والسفلي لأرض الري إلى المجموعة الهيدرومورفولوجية. وقد تطورت في شروط التوضع القريب للمياه الجوفية المعدنية، مما أدى لدرجة كبيرة نسبياً إلى تملحها بسبب المياه الجوفية المُتبخرة. عند التبخر من سطح المياه الجوفية $E = 185[mm]$ وتسرب الأمطار الجوية $\alpha_1 O_c = 20[mm]$ فإن التبادل الرطوبي بين المياه الجوفية والطبقة الترابية يُشكل: $E - \alpha_1 O_c = 185 - 20 = 165[mm]$، مما يعني عملياً يساوي طبقة المياه المُنسابة من الطبقة الضاغطة إلى الطبقة العلوية غير الضاغطة.

الجدول (2-1): مُعطيات الاستصلاح الترابية لأرض الري:

الأفق: $[cm]$	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	100-150	150-200	200-250	250-300
بقايا كثيفة%	3.80	2.80	2.10	1.30	0.95	0.70	0.60	0.55	0.60	0.55	0.35	0.25	0.20	0.20
كلور %	0.52	0.43	0.30	0.22	0.15	0.10	0.07	0.07	0.07	0.06	0.05	0.03	0.02	0.02

تُشكل نسبة الأملاح في طبقة التربة المُغذية لجذور المحاصيل القيمة: $0.2 - 0.3\%$ من كتلة التربة الجافة، وبما في ذلك الكلور النسبة: 0.01%. تُظهر المُعطيات المُبينة أنه لا يُمكن الاستخدام الزراعي لأرض الري دون إجراء الاستصلاح الجذري لها.

١-٣- المُخطط التقني لأرض الري:

يُظهر تحليل الشروط الهيدروجيولوجية والاستصلاحية للتربة، وأيضاً النظام المائي والملحي لأرض الري قيد البحث ضرورة استخدام تقنية مُتطورة للري، وهذا يتطلب أولاً إنقاصاً أعظمياً لضياعات التسرب من قنوات الري، هذا يعني زيادة ثوابت التأثير المفيد (المردود المفيد) لشبكة الري بطريقة إنشاء شبكات قنوات ري زراعية وقنوات ري داخلية زراعية من أحواض من البيتون المسلح والمواسير، وتُجرى السقايات بواساطة خراطيم مرنة.

تشترط التربة الملحية والمياه الجوفية، والتيارات الصاعدة للمياه المعدنية الضاغطة في الجزء الوسطي والسفلي لأرض الري إنشاء الصرف الأفقي النظامي، الذي بارامتراته يجب أن تُحقق انخفاض منسوب المياه الجوفية حتى: $2.5-3[m]$ عند تأثير التغذية بالمياه الضاغطة وبالتسرب بالوقت ذاته. يُمكن إنشاء الصرف الشاقولي الخطي بهدف التقاط تيارات المياه الجارية من الجبال تحت السطح وإنقاص التغذية الضاغطة في منطقة التفريغ في الجزء العلوي للأرض.

لا بُد من إجراء الغسل من أجل استصلاح الأراضي الملحية في المزرعة، أما في نظام الغسل التالي للري فلا بُدّ منه مع إنشاء الصرف. يُنصح بإجراء نظام الغسل بالري بواساطة السقايات الوقائية في كل عام في الخريف والشتاء.

تجري المياه إلى أرض الري من القناة الكبيرة بالانسياب الذاتي بواساطة القناة المرفوعة. يُشكل تدفقها حوالي: $2[m^3/\sec]$.

تُصمم الموزعات الزراعية بحسب الإمكانية وفق حدود المزارع، وتُصمم الشبكة الزراعية الداخلية وفق الحدود المُنفصلة، ووفق قطاعات الدورات الزراعية للأرض.

١-٤- نظام جدولة الري للمحاصيل الزراعية

يتضمن نظام الجدولة للري تحديد مُعدلات الري والسقاية، وعدد مرات سقاية المحاصيل الزراعية والفترات الفاصلة بين السقايات. يُحدد نظام الجدولة لكل محصول على حدة، ولمجموعة المحاصيل الداخلة في الدورة الزراعية والتي تشغل مساحة القطاع الزراعي. يتم تحديدها من أجل الشروط السنوية المحسوبة لتحقيق النقص في التوازن المائي لطبقة نمو الجذور.

بالتطابق مع المعدلات الفعلية المُؤثرة في المناطق ذات الرطوبة الطبيعية المُنخفضة عند معامل تغيير الهطولات المطرية: $C_V = 0.7$ يُستخدم عام جاف لتحقيق: 90% في الحساب من أجل الدورات الزراعية للقطن.

يُحدد مجموع الاستهلاك المائي ومعدل الري للقطن بطريقتين: ١- بحسب ثابت مجموع

الاستهلاك المائي. ٢- بحسب الأنظمة الحسابية المُعينة لري المحاصيل الزراعية الموضوعة في الوسط البيئي للقطن من أجل شروط أرض الري المُصممة بالاعتماد على معالجة المواد الحقيقية.

١- مجموع الاستهلاك المائي للقطن خلال فترة النمو، والمقدر: $E; [\frac{m^3}{ha}]$:

$$E = \zeta_Y Y \qquad (1\text{-}5)$$

حيث: ζ_Y - ثابت الاستهلاك المائي أو الاستهلاك المائي النوعي في واحدة الإنتاج: m^3/ton ويُؤخذ في حالة الشروط الطبيعية للأرض المروية مساوياً: $\zeta_Y = 2140[m^3/ton]$.

Y - الإنتاجية الحسابية وهي للقطن: $[\frac{ton}{ha}]$; 3.5 .

مجموع الاستهلاك المائي للقطن من أجل شرط العام الجاف:

$E = 3.5 \cdot 2140 = 7490[\frac{m^3}{ha}]$. نستخدم القيمة: $E = 7500[\frac{m^3}{ha}]$.

يُحدد معدل الري للقطن خلال فترة النمو: $M; [\frac{m^3}{ha}]$ من معادلة الموازنة المائية لطبقة التربة، التي تتوزع فيها الكتلة الأساسية من جذور المحاصيل وهو يُمثل الاحتياج المائي الصافي:

$$W_O - W_B = \alpha_1 O_C + M - E \pm g \qquad (1\text{-}6)$$

من هنا نجد:

$$M = E - \alpha_1 O_C - (W_B - W_O) \mp g \qquad (1\text{-}7)$$

حيث: $O_C; [\frac{m^3}{ha}]$ - الهطولات المطرية خلال فترة النمو من أجل شرط العام الجاف.

α_1 - ثابت استخدام الهطولات المطرية خلال فترة النمو.

$W_O; W_B; [\frac{m^3}{ha}]$: - احتياطي المياه الربيعية والخريفية في طبقة نمو الجذور.

$\pm g; [\frac{m^3}{ha}]$ - التبادل المائي بين التربة والمياه الجوفية (الإشارة الموجبة عند التيارات الصاعدة للرطوبة).

تظهر خطورة تملح التربة ثانيةً وهذا يستدعي إنشاء نظام غسل لها، وبقدر الأملاح ما تكون المياه الجوفية معدنية. ويتم ذلك من خلال زيادة معدلات الري بمقدار يساوي معدل الغسل وهو يعادل: $10-20\%$ من E وذلك حسب عمق منسوب المياه الجوفية المعدنية من أجل التغلب على الملوحة الثانية للتربة.

تُعدّ فترة نمو القطن من ١١ نيسان (البذر) حتى ٣٠ أيلول (الجني)، والتي تستمر 173 يوماً. يتغير فيها العمق الحسابي لطبقة نمو الجذور بحسب طور نمو محصول القطن، الجدول (1-3).

الجدول (3-1): العمق الحسابي الفعال لطبقة نمو جذور القطن في التربة [m]:

الشهر	نيسان			أيار			حزيران		
الأيام العشرة	1	2	3	1	2	3	1	2	3
العمق الحسابي حتى نهاية العشرة أيام	-	0.4	0.4	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7

تابع الجدول (3-1):

الشهر	تموز			أب			أيلول		
الأيام العشرة	1	2	3	1	2	3	1	2	3
العمق الحسابي حتى نهاية العشرة أيام	0.8	0.9	0.95	1	1	1	1	1	1

إن قيمة السعة الحقلية الحدية لطبقات مُختلفة من التربة والرطوبة البدائية تساوي: 0.75 من السعة الحقلية الحدية الأعظمية المُبينة في الجدول (1-4). تتحقق الرطوبة البدائية إما عن طريق الهطولات المطرية أو بإجراء السقايات. من أجل سماكة التربة: $1[m]$ فإن: $W_B = 0.75 \cdot 3450 = 2588[\frac{m^3}{ha}]$.

أما احتياطي المياه الأصغري المسموح به فهو: $W_{\min} = 65\%$ من الرطوبة الطبيعية. تزداد الرطوبة في نهاية فترة النمو بالمُقارنة مع $W_{\min}$ بمقدار: $200 - 100[\frac{m^3}{ha}]$. ثابت استخدام الأمطار: $\alpha_1 = 1$.

عندما: $O_C = 190[\frac{m^3}{ha}]$ خلال فترة النمو، و $\alpha_1 = 1$، فإن: $W_B = 2588[\frac{m^3}{ha}]$، و $W_o = 2200[\frac{m^3}{ha}]$، و $W_{BE} = 6922[\frac{m^3}{ha}]$، خلال فترة النمو. نستخدم القيمة: $W_{BE} = 7000[\frac{m^3}{ha}]$، خلال فترة النمو من أجل معدل الري الحسابي.

الجدول (4-1): قيم السعة الرطوبية الحقلية من أجل طبقات التربة المختلفة:

احتياطي المياه: $[\frac{m^3}{ha}]$	عمق الطبقة الترابية: $[m]$									
	0.4	0.45	0.5	0.55	0.6	0.7	0.8	0.9	0.95	1
الأعظمي: $W_{\max} = \text{ПП В}$	1380	1550	1720	1900	2070	2420	2760	3100	3280	3450
البدائي: $W_{uc} = 0.9\text{ПП В}$	1040	1160	1290	1430	1550	1820	2070	2330	2460	2590
الأصغري: $W_{\min}$	900	1010	1120	1240	1350	1580	1790	2015	2130	2240

مُعدل الرطوبة المُضافة بالسقاية:

$$m_{Bl} = W_{\max} - \alpha_3 O_{C3} - W_{yb} \qquad (1\text{-}8)$$

حيث: $W_{\max}$ – حجم المياه في الطبقة الترابية الحسابية المُطابقة لرطوبة السعة الحقلية مقدراً: $[\frac{m^3}{ha}]$ ويُساوي في مثالنا القيمة: $5330[\frac{m^3}{ha}]$.

O_{C3} – الهطولات المطرية خارج فترة النمو: $O_{C3} = 1060[m^3/hr]$.

α_3 – ثابت استخدام هذه الهطولات وعادةً يُؤخذ: $\alpha_3 = 0.2 - 0.5$.

W_{yb} – احتياطي المياه في الطبقة الترابية الحسابية قبل السقاية، من أجل الطبقة الترابية التي تساوي: $1.5[m]$ فإن: $W_{yb} = 1.5$ و: $W_O = 1.5 \cdot 2200 = 3300[\frac{m^3}{ha}]$.

تتشّبع طبقة التربة على عمق: $1.5[m]$ عند الرطوبة المُضافة بالسقاية.

$$m_{Bl} = 5330 - 0.35 \cdot 1060 - 3300 = 1659[\frac{m^3}{ha}]$$

بالأخذ بالحسبان الأملاح فإن: $m_{Bl} = 1700[m^3/hr]$. عندها: $M_{Xl}^{cym} = 7000 + 1700 = 8700[\frac{m^3}{ha}]$.

٢ – معدل الري: $M; [\frac{m^3}{ha}]$، للقطن:

$$M = 10(E_0 - O_C) \cdot 0.8K_1K_2 \qquad (1\text{-}9)$$

حيث: $E_0; [mm]$ – التبخر من السطح المائي.

$O_C; [mm]$ – الهطولات المطرية.

K_1 – ثابت يأخذ بالحسبان القدرة البيولوجية للقطن. $K_1 = 0.7 \dots 1.1$ بحسب المنطقة جافة أو رطبة.

K_2 – ثابت يأخذ بالحسبان الشروط الاستصلاحية للتربة والهيدرولوجية والزراعية لأرض الري. $K_2 = 0.8$ – ثابت التصحيح لمولتشانوف من أجل تحويل: E_0 في مجموع الاستهلاك المائي.

قُسمت المساحة المُبينة في الشكل (1-1) بالاعتماد على استصلاح التربة إلى مناطق عريضة ومرتفعة، ومناطق هيدروجيولوجية واستصلاحية للتربة، وذلك بتقسيمها إلى تسع مناطق حسب الهيدرومودول وفق العلاقة بظروف التربة والهيدروجيولوجيا.

لا بُد في أثناء حساب نظام الري من الأخذ بالحسبان التغير المناخي للأرض المروية، من حيث ارتفاع الرطوبة النسبية وانخفاض حرارة الهواء، والذي بدوره يُخفض الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية.

القيم الحسابية لمعدلات الري المُقترحة لري القطن، يُعطي توزيع مُعدلات الري وفق

الأشهر لفترة النمو (M%) والقيم الحسابية لإحداثيات المُخطط البياني للهيدرومودول: $q_{\max}$، وأيضا معدلات السقاية خارج فترة النمو، الجدول (5-1).

قبل استخدام القيم الحسابية لمُعدلات الري وفق الطريقة المدروسة، لا بُد من الأخذ بالحسبان الفروقات كافة في خصائص المناطق المدروسة ومواصفاتها للأرض المروية وخاصةً من حيث المساحة. تدخل مساحة المزرعة المُصممة في منطقة عريضة: C-II-A، وهذا يعني في الجزء الجنوبي: II المنطقة العريضة المركزية: C والمنطقة الترابية الجافة: A.

بالتطابق مع الخصائص الهيدروجيولوجية والشروط الاستصلاحية الترابية للجزء العلوي من أرض الري على طول BFK يُنسب إلى المجال a – صرف تيارات المياه الجوفية في شروط المنسوب العميق لها، عندما لا تُؤثر هذه التيارات على عمليات تشكيل التربة. ويُنسب الجزء الوسطي والسفلي لأرض الري إلى المجال b – التيارات الخارجية الشديدة وتيارات المياه الجوفية صعبة الصرف، والمتوضعة قريباً من السطح، التي تُحدد الشروط الأساسية لتشكيل التربة. تُستخدم مُعدلات الري من أجل الانتقال إلى مرحلة الاستصلاح بصورة مُعتدلة وتُشجر بصورة ضعيفة. يُنسب الجزء العلوي لأرض الري إلى المجال a-II للمنطقة الهيدرومودلية $h > 3[m]$، ويُنسب الجزء الوسطي والسفلي إلى b-IV للمنطقة الهيدرومودلية $h = 2-3[m]$.

الجدول (5-1): مُعدلات ري القطن ومحاصيل الأشجار الناتجة: $[\frac{m^3}{ha}]$.

مجموع معدل الري	قبل السقاية	سقاية المضافة	معدل الري في فترة النمو	مجال منطقة الهيدرومودول	محاصيل زراعية
9400	-	1700	7700	a-II	أشجار وكرمة
9800	700	1800	7300	b-IV	القطن

يُفسر الفرق في قيم مُعدّلات الري وفق كوستياكوف بأنّ حجم المياه في نظام الغسل في أثناء عمليات الري يجب أن يُضاف إلى معدل الري.

يُجرى حساب معدل السقاية وفق معادلة كوستياكوف:

$$m = AH(\beta_{\max} - \beta_0) \qquad (1\text{-}10)$$

حيث: $m; [m^3/ha]$ – معدل السقاية.

$A = 50\%$ – مسامية التربة، % من الحجم.

$H; [m]$ – طبقة التربة الحسابية الفعالة.

$\beta_0; \beta_{\max}$ – رطوبة التربة بعد وقبل السقاية % من مسامية التربة.

تُحدد مُعدلات السقاية من أجل المحاصيل الزراعية من الشرط أنه بعد السقاية ستُطابق الرطوبة في الطبقة الفعالة للتربة: السعة الحقلية الحدية، وهذا يعني: $\beta_{\max} = 69\%$، وتُساوي

قبل السقاية: 0.65 من السعة الحقلية الحدية، هذا يعني: $\beta_{\min} = 0.65 \cdot 0.69 = 0.45$ أو: 45%

مُعدل السقاية من أجل الطبقة الحسابية الصغرى: $H = 0.4[m]$:

$$m_{min} = 50 \cdot 0.4 \cdot (69 - 45) = 500[\frac{m^3}{ha}]$$

مُعدل السقاية من أجل الطبقة الحسابية العظمى: $H = 1[m]$:

$$m_{min} = 50 \cdot 1 \cdot (69 - 45) = 1000[\frac{m^3}{ha}]$$

يُنشأ المُنحني الحسابي لتدفقات المياه الوسطية اليومية اعتماداً على التبخر من أوراق المحاصيل الزراعية وعلى التبخر من سطح التربة من أجل تحديد المُعدلات وفترات السقاية وعدد مراتها، ويُنشأ منحني مجموع الاستهلاك المائي للقطن من أجل شرط العام الحسابي (عند الإنتاجية النظرية ومستوى التقنية الزراعية). يُبين الجدول (6-1) الاستهلاك المائي للقطن على التبخر – نتح في فترة النمو من أجل شروط العام الجاف وإنتاجية القطن القريبة من الحسابية، وقد بلغ مجموع الاستهلاك المائي خلال موسم النمو: $E = 7500[\frac{m^3}{ha}]$.

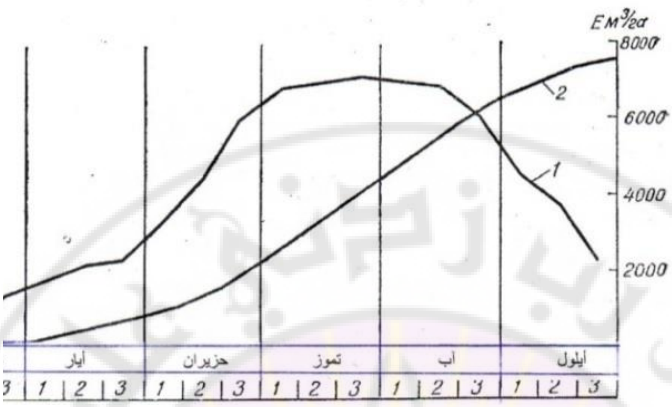
الجدول (6-1): استهلاك القطن من المياه على التبخر من الأوراق التبخر من سطح التربة: $[\frac{m^3}{ha}]$.

استهلاك المياه	نيسان			أيار			حزيران		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
مجموع الاستهلاك المائي خلال عشرة أيام %	-	1.0	2.0	2.5	3.0	3.5	4.5	6.0	8.0
مجموع الاستهلاك المائي خلال عشرة أيام %	-	75	150	187	225	263	338	450	600
الاستهلاك اليومي الوسطي خلال عشرة أيام	-	7.5	15.0	18.7	22.5	24.0	33.8	45.0	60.0
مجموع الاستهلاك المائي % من بداية النمو		1.0	3.0	5.5	8.5	12.0	16.5	22.5	35.0
مجموع الاستهلاك المائي % من بداية النمو		75	225	412	637	900	1238	1688	2888

تابع الجدول (6-1)

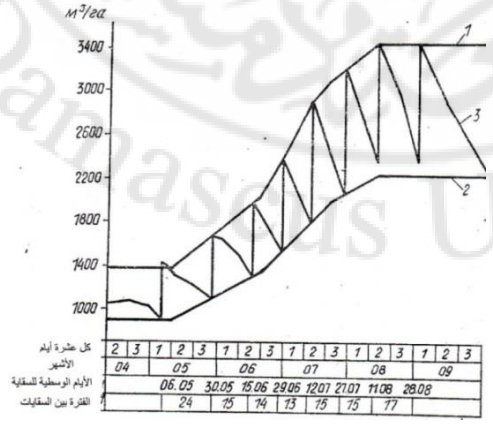
استهلاك المياه	تموز			آب			أيلول		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
مجموع الاستهلاك المائي خلال عشرة أيام%	9.0	9.2	10.3	9.2	9.0	8.8	6.0	5.0	3.0
مجموع الاستهلاك المائي خلال عشرة أيام%	675	690	773	690	675	659	450	375	225
الاستهلاك اليومي الوسطي خلال عشرة أيام	67.5	69.0	70.0	69.0	67.5	60.0	45.0	37.5	22.5
مجموع الاستهلاك المائي % من بداية النمو	39.5	48.7	59.0	68.2	77.2	86.0	92.0	97.0	100
مجموع الاستهلاك المائي % من بداية النمو	2963	3653	4426	5116	5791	6450	6900	7275	7500

ووفق المُعطيات المُبينة في السطرين الثالث والخامس من الجدول (6-1) نُنشئ مُنحنيات الاستهلاك اليومي الوسطي للمياه لكل عشرة أيام (المنحني 1) ومُنحني مجموع الاستهلاك المائي للقطن المنحني ٢ كما يُبين الشكل (3-1).



الشكل (3-1): مُنحنيات الاستهلاك المائي للقطن: ١- الاستهلاك المائي الوسطي كل عشرة أيام، ٢- مجموع الاستهلاك المائي.

وتكون مُعدلات السقاية في بداية فترة النمو: : $500[\frac{m^3}{ha}]$. وتبلغ قيمتها العظمى: $1000[\frac{m^3}{ha}]$. في فترة الاستهلاك الأعظمي ويكون العمق الحسابي الأعظمي لطبقة الجذور: $H=1[m]$. تتناقص المعدلات أو تبقى نفسها حتى فترة نهاية النمو عندما يتناقص استهلاك القطن للمياه. نفترض مبدئياً عدد السقايات ومعدلات السقاية للقطن خلال فترة النمو على النحو الآتي: في السقاية الأولى يكون معدل السقاية: $500[\frac{m^3}{ha}]$، في السقاية الثانية: $600[\frac{m^3}{ha}]$، السقاية الثالثة: $700[\frac{m^3}{ha}]$، السقاية الرابعة: $800[\frac{m^3}{ha}]$ ، يكون معدل السقاية من السقاية الخامسة حتى الثامنة: $1100[\frac{m^3}{ha}]$. تُحدد فترات السقايات وعددها خلال النمو، ومُعدلات السقاية المُستخدمة للقطن وفق الطريقة البيانية لحسابات التوازن لكوستياكوف. من أجل ذلك يُشكل الجدول (4-1) والذي على أساسه تم رسم المُخطط البياني الشكل (4-1)، الذي نجد وفقه المُعطيات المُستخدمة لنظام ري القطن بصورة نهائية.



الشكل (4-1): احتياطي المياه في طبقة التربة الحسابية للقطن. ١- الاحتياطي الأعظمي للرطوبة، ٢- الاحتياطي الأصغري للرطوبة، ٣- الاحتياطي بعد إجراء السقاية.

يُملأ العمود الثاني والثالث والرابع والخامس في الجدول (7-1) وفق المُعطيات الموجودة في الجدول (2-1)، ويُملأ العمود وفق المُعطيات الموجودة في الجدول (4-1)، أما العمود السابع وفق الجدول (6-1)، ويُملأ العمود الثامن وفق الجدول (1-1).

تُستهلك الرطوبة الاحتياطية البدائية المُحتواة في التربة وفق مراحل نمو جذور القطن، وبالتالي حسب زيادة الطبقة الفعالة للتربة. من أجل تبسيط الحسابات يُفترض شرطياً أنه لا يحدث تحرك للرطوبة الاحتياطية في فترة النمو، وبالتالي يُعاد توزيعها وفق عمق التربة. تُستخدم الرطوبة في طبقة التربة الفعالة مساويةً: 0.9 من السعة الحقلية الحدية، ويبقى ثابتاً خلال كامل فترة النمو ويُستخدم من قبل القطن وفق مراحل نمو نظامه الجذري على كامل عمق الطبقة الترابية الفعالة.

يُملأ العمود العاشر في الجدول (7-1) من أجل تلك الأيام العشرة عندما يحدث زيادة لسماكة طبقة التربة الفعالة. تُحدد زيادة احتياطي الرطوبة في هذه الحالة كفرق بين احتياطي الرطوبة بدائي المُحتوى في الطبقة الترابية الفعالة المُتزايدة وبين الاحتياطي في الطبقة السابقة.

مثال: في الفترة الحسابية المُمتدة بين: $(30.06 - - - 21.06)$ تتغير طبقة التربة من: $0.6...0.7[m]$ بالربط مع نمو النظام الجذري. ويتراوح احتياطي المياه البدائي وفقاً لذلك بين: $1820 - 1550 = 270[\frac{m^3}{ha}]$ انظر الجدول (4-1). وهذا الحجم مُسجل في السطر العاشر.

يُجرى الحساب في الجدول (7-1) بطريقة الموازنة المائية ومراحل استهلاك الماء كل عشرة أيام على واحد هيكتار لزراعة القطن. يجب أن تقع القيم في السطر الحادي عشر في مجال قيم السطر الثالث والرابع. تُعطى السقايات وفق السطر العاشر عند عدم كفاية احتياطي الرطوبة. بعد إملاء الجدول يتم التحقق من النتائج الحاصلة. وتُشكل معادلة الموازنة وفق المعادلة (6-1).

$$E = 7500 = 190 + 7000 + (2590 - 2280) \dots . [\frac{m^3}{ha}]$$

حيث: $W_B = 1040 + 1550 = 2590[\frac{m^3}{ha}]$، $W_O = 2280[\frac{m^3}{ha}]$، يُعدّ إنجاز الحساب صحيحاً بقدر ما تكون الموازنة مُحققة.

تُصحح مُعدلات السقاية وفتراتها وفق خط تغير احتياطي الرطوبة في طبقة التربة الفعالة للقطن. يُؤخذ عند ذلك بالحسبان أن الرطوبة في التربة لا تنخفض إلى أقل من: 60% من السعة الحقلية الحدية، وأما فترات السقاية ومُعدلاتها فستتطابق مع منحني الاستهلاك المائي اليومي الوسطي للقطن. يجب أيضاً بالطريقة نفسها تحديد النظام الحسابي لري محاصيل زراعية

أخرى في الدورة الزراعية (الفصة، الذرة).

تُستخدم في الحالة المدروسة وفق مُعطيات الباحثين العلمية من أجل شروط أرض الري المُصممة: فمن أجل الفصة: $M_{CYM}^{L} = 9800 + 1800 = 11600[\frac{m^3}{ha}]$، و: $m_{BL}^{L} = 1800[\frac{m^3}{ha}]$، و: $M_L = 9800[\frac{m^3}{ha}]$. ومن أجل الذرة: $M_{CYM}^{L} = 6900 + 1500 = 8400[\frac{m^3}{ha}]$، و: $m_{BL}^{K} = 1500[\frac{m^3}{ha}]$، و: $M_K = 6900[\frac{m^3}{ha}]$.

وتُعطى المياه بتدفق مستمر من أجل باقي القطاعات المزروعة، ويكون معدل الري الوسطي: $6300[\frac{m^3}{ha}]$.

مُخطط الهيدرومودول: نظام الري للمحاصيل الزراعية الداخلة في الدورة الزراعية، يُجمع مع حسبان نسبة كل محصول في الدورة الزراعية.

تُحدد قيمة الهيدرومودول البياني $\left[\frac{l}{s/ha}\right]$ لكل محصول من المحاصيل المزروعة ضمن الدورة الزراعية ولكل السقايات اللازمة خلال موسم النمو بالعلاقة الآتية:

$$q = am/(86.4t) \qquad (1\text{-}11)$$

حيث إن: t;[day]− مدة السقاية مقدرة بالأيام. و: q;[[l/s/ha]− قيمة الهيدرومودول (المُقنن المائي). a− النسبة المئوية للمساحة المزروعة بالمحصول الزراعي. m;[m^3/ha]− مُعدل السقاية.

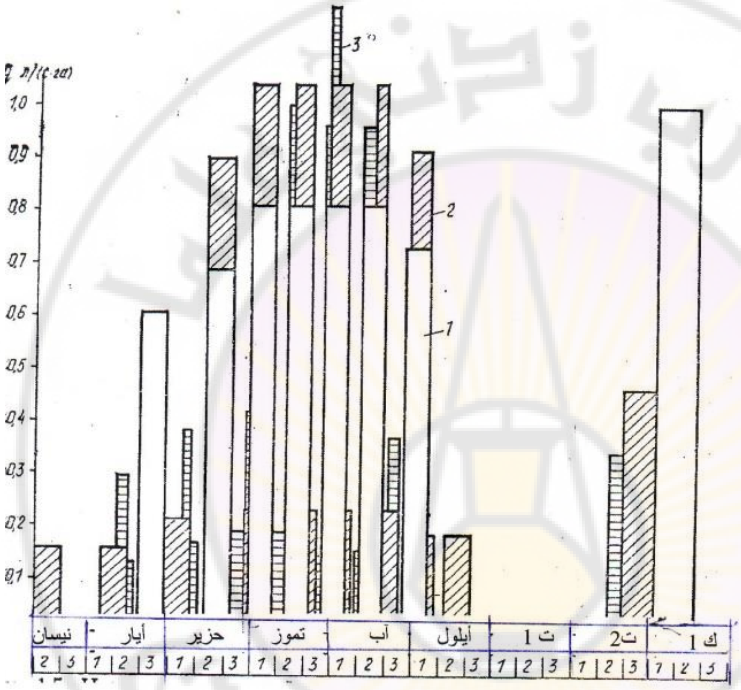
تُستخدم عادةً فترة السقاية من أجل القطن والفصة ١٠ أيام من أجل الهيدرومودول غير التكاملي. وتُستخدم فترة السقاية من أجل الذرة من:٥−٦ أيام. ويُشكل جدول الهيدرومودل غير المُعدل (اللاتكاملي)، بافتراض أن النتائج في العمود 13 أنظر الجدول (1-7) تُعدّ أيام سقاية القطن وسطية الجدول (1-8). وتُساوي الفترة بين السقايات الفرق بالزمن بين الأيام الوسطية للسقايات المُتجاورة. يُنشأ الهيدرومودول اللاتكاملي وفق مُعطيات الجدول (1-8)، كما يُبين الشكل (1-5).

من أجل إلغاء فترات الانقطاع وتسوية الذروة في المُخطط البياني، ومن أجل تسوية الإحداثيات وبالتالي تحقيق عمل مُنتظم لشبكة الري فإنه يُعدل (يُستكمل) المخطط البياني للهيدرومودول ليصبح تكاملياً. عند ذلك يُؤخذ بالحسبان التالي: يُمكن تغيير فترة السقاية للقطن من ٧ حتى ١٥ يوماً، والذرة من ٦ وحتى ١٢ يوماً، والفصة من ٤ وحتى ١٦ يوماً. ويُمكن ازاحة اليوم الوسطي للسقاية بمقدار ٣ إلى ٤ أيام، والذرة والفصة بمقدار ٤ إلى ٥ أيام، ولا يُسمح عند ذلك بانخفاض الرطوبة قبل السقاية إلى أقل من الاحتياطي الأصغري للرطوبة في التربة.

الجدول (7-1): مثال عن المُوازنة المائية لمحصول القطن عندما: $E = 7500[\frac{m^3}{ha}]$.

الفترة الحسابية	سماكة الطبقة الفعالة: $H,[m]$	المجال الاحتياطي للمياه في الطبقة الفعالة للتربة حتى نهاية الفترة: $[\frac{m^3}{ha}]$		احتياطي الرطوبة في الطبقة الفعالة للتربة: $[\frac{m^3}{ha}]$	التبخر–نتح خلال فترة النمو: $[\frac{m^3}{ha}]$	كمية المياه خلال فترة النمو: $[\frac{m^3}{ha}]$			احتياطي الرطوبة في طبقة التربة الفعالة في نهاية فترة النمو: $[m^3/hr]$	المعطيات الوسطية المستخدمة للسقاية، المدققة حسب المخطط البياني	الفترة البينية للسقاية باليوم
		الأعظمي	الأصغري	البدائية عند رطوبة $0.9W_{max}$:	في بداية الفترة	الأمطار	من احتياطي المياه في التربة بالربط مع زيادة الطبقة الحسابية	السقاية			
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
11.04--20.04	0.40	1380	900	1040	1040	100	-	-	1065		
21.04--30.04	0.40	1380	900	1040	1065	90	-	-	1005		
01.05--10.05	0.40	1380	900	1040	1005	-	-	500	(818) 1318	06.05	
11.05--20.05	0.45	1550	1010	1160	1318	-	120	-	1213	30.05	24
21.05--31.05	0/50	1720	1120	1290	1213	-	130	600	(1080) 1680		
01.06--10.06	0.55	1900	1240	1430	1680	-	140	-	1483		
11.06--20.06	0.60	2070	1350	1550	1480	-	120	700	(1153) 1853	15.06	15
21.06--30.06	0.70	2420	1580	1820	1853	-	270	800	(1523) 2323	29.06	14
01.07--10.07	0.80	2760	1790	2070	2323	-	250	1100	(1898) 2998	12.07	13
11.07--20.07	0.90	3100	2015	2330	2998	-	260	-	2578		15
21.07--31.07	0.95	3280	2130	2460	2568	-	130	1100	(1925) 3025	27.07	
01.08--10.08	1.00	3450	2240	2590	3025	-	130	1100	(2465) 3565	11.08	16
11.08--20.08	1.00	3450	2240	2590	3565	-	-	-	2890		17
21.08--31.08	1.00	3450	2240	2590	2890	-	-	1100	(2930) 3330	28.08	
01.09--10.09	1.00	3450	2240	2590	3330	-	-	-	2880		
11.09--20.09	1.00	3450	2240	2590	2880	-	-	-	2505		
21.09--30.09	1.00	3450	2240	2590	2506	-	-	-	2280		
						∑190	∑1550				

ويُمكن أن تتغير فترة السقاية بمقدار ٥ إلى ٧ أيام. جداء الإحداثيات بزمن السقاية: q_1t_1 في المخطط اللاتكاملي (غير المعدل) للسقاية يساوي: q_2t_2 من أجل ذلك أيضاً السقاية في المخطط التكاملي، وهذا يعني أنه يجب ألا يتغير حجم المياه المُعطى في كل سقاية عند المخطط التكاملي (المُعدل).



الشكل (5-1): مُخطط الهيدرومودل غير المعدل لدورة زراعة: ١-القطن، ٢- الفصة، ٣- الذرة.

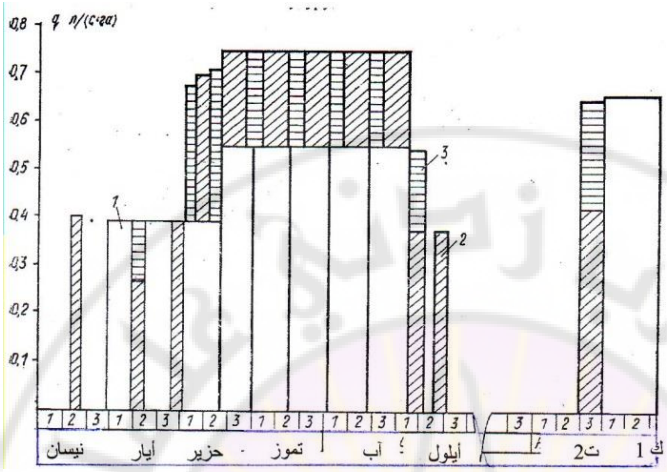
يُستكمل مُخطط الهيدرومودول البياني انطلاقاً من الشروط المُبينة الشكل (6-1)، ويُشكل الجدول (9-1) تبعاً له. وتُحدد الإحداثيات الحسابية الأعظمية والأصغرية للمُخطط البياني. ويجب تحقيق الشرط: $q_{min} \geq 0.4q_{max}$.

يتضح من الشكل (6-1) أن قيمة الهيدرومودول الأعظمية: $q_{max} = 0.75 \left[\frac{l}{s.ha}\right]$ ، وتبلغ قيمة الهيدرومودول الأصغرية: $q_{min} = 0.34 \left[\frac{l}{s.ha}\right]$.

يجب أن يتطابق شكل المُخطط المُعدل مع مصدر الري، هذا يعني يجب تمثيل المُخطط البياني لسحب المياه في المُخطط البياني الحسابي لتدفقات مصدر الري عند سحب المياه من النهر دون مُعايرة جريانها.

الجدول (8-1): المُخطط البياني للهيدرومودول اللاتكاملي (غير المعدل):

محاصيل	نسبة المحصول %	رقم السقاية	معدل السقاية: $[\frac{m^3}{ha}]$	معدل الري: $[\frac{m^3}{ha}]$	فترات السقاية		اليوم الوسطي للسقاية	فترة السقاية باليوم	الفترة بين السقايات باليوم	إحداثيات الهيدرومودول البياني: $[\frac{l}{s/ha}]$
					من	حتى				
قطن	٧٠	0	1800	7000+1800	01.12	15.12	-	15	-	1.03
		1	500		02.05	11.05	06.05	10	-	0.41
		2	600		26.05	04.06	30.05	10	24	0.49
		3	700		11.06	20.06	15.06	10	15	0.57
		4	800		25.06	04.07	29.06	10	14	0.65
		5	1100		08.07	17.07	12.07	10	13	0.89
		6	1100		23.07	01.08	27.07	10	15	0.89
		7	1100		07.08	16.08	11.08	10	15	0.89
		8	1100		24.08	02.09	28.08	10	17	0.89
فصة	٢٠	0	1800	9800+1800	21.11	30.11	-	10	-	0.42
		1	700		11.04	20.04	15.04	10	-	0.16
		2	700		06.05	15.05	10.05	10	25	0.16
		3	900		30.05	08.06	03.06	10	24	0.21
		4	900		14.06	23.06	18.06	10	15	0.21
		5	1000		27.06	06.07	01.07	10	13	0.23
		6	1000		10.07	19.07	14.07	10	13	0.23
		7	1000		23.07	01.08	27.07	10	13	0.23
		8	1000		05.08	14.08	09.08	10	13	0.23
		9	1000		18.08	27.08	22.08	10	13	0.23
		10	800		31.08	09.02	04.09	10	13	0.18
		11	800		13.09	22.09	17.09	10	13	0.18
ذرة	١٠	0	1500	6900+1500	15.11	20.11	-	6	-	0.34
		1	700		12.05	17.05	14.05	6	20	0.13
		2	900		06.06	11.06	08.06	6	14	0.17
		3	1000		20.06	25.06	22.06	6	12	0.19
		4	1000		02.07	07.07	04.07	6	18	0.19
		5	1000		20.07	25.08	22.07	6	18	0.19
		6	800		07.08	12.08	09.08	6	18	0.15
		7	800		22.08	27.08	24.08	6	15	0.15
		8	700		08.09	13.08	10.09	6	17	0.13



الشكل (6-1): مُخطط الهيدرومودول المُعدل لدورة زراعة : ١-القطن، ٢- الفصة، ٣- الذرة.

تُستخدم القيم الحسابية للإحداثيات من أجل تحديد التدفقات الحسابية لقنوات الري. ويجب وضع مُخطط معدل للهيدرومودول الخاص من أجل القطاعات المزروعة، والبساتين، والكرمة وغيرها من المزروعات. في هذه الحالة المُبينة من أجل القطاعات المزروعة، البساتين، والكرمة والخضار يتم استخدام قيمة الهيدرومودول وفق الأبحاث كنتيجة ثابتة: $q = 0.5\left[\frac{l}{s/ha}\right]$.

نظام الغسل بالري: تُحسب مُعدلات الري لفترة نمو المحاصيل الزراعية وفق النقص بالموازنة المائية في الطبقة المغذية للجذور وفق الشروط المدروسة (أنظر المعادلة ١-٧) من أجل حالتين: حالة التوضع العميق لمنسوب المياه الجوفية: $h\rangle 3;[m]$ (الجزء العلوي من الأرض)، وحالة التوضع القريب للمياه الجوفية المعدنية: $h \approx 2.5;[m]$ (الجزء الوسطي والسفلي للأرض).

توصلت بعض الأبحاث إلى أنه عند توضع منسوب المياه الجوفية على عمق أكبر من الارتفاع الشعري: $h\rangle h_K$، فإن التبادل المائي بين الطبقة المُغذية للجذور والطبقة المتوضعة أسفل الأفق: g يُعادل النسبة: $10-15\%$ من مجموع التغذية المائية، وهذا ما يُحقق حالة من التوازن الملحي المطلوب للأراضي المروية.

يُمكن عدّ التبادل المائي بين الطبقة الترابية والمياه الجوفية وسطياً خلال فترة النمو: $g \approx 0$ في الأجزاء الوسطية والسفلية للأرض عندما يكون عمق المياه الجوفية: $h\rangle = h_K = 2.5[m]$. بهذا الشكل ستتجمع الأملاح الجارية مع مياه الري وبطريقة الانتشار من

المياه الجوفية المعدنية في الطبقة المُغذية للجذور حتى نهاية فترة النمو.

الجدول (9-1): إحداثيات مُخطط الهيدرومودول المُعدل للقطن في الدورة الزراعية:

محاصيل	نسبة المحصول %	رقم السقاية	معدل السقاية: $[\frac{m^3}{ha}]$	معدل الري: $[\frac{m^3}{ha}]$	فترات السقاية		اليوم الوسطي للسقاية	فترة السقاية باليوم	الفترة بين السقايات باليوم	إحداثيات الهيدرومودول البياني: لهيكتار واحد $[\frac{\frac{l}{s}}{ha}]$
					من	حتى				
قطن	70	0	1800	7000+1800	01.12	23.12	-	23	-	0.65
		1	500		07.05	13.05	08.05	10	17	0.4
		2	600		20.05	31.06	25.05	12	19	0.4
		3	700		06.06	20.06	13.06	15	13	0.4
		4	800		21.06	02.07	26.06	12	14	0.55
		5	1100		03.07	16.07	10.07	16	16	0.55
		6	1100		19.07	03.08	26.07	16	16	0.55
		7	1100		04.08	19.08	10.08	16	16	0.55
		8	1100		20.08	04.09	27.08	16	-	0.55
فصة	20	0	1800	9800+1800	21.11	30.11	-	10	27	0.42
		1	700		18.04	21.04	19.04	4	19	0.4
		2	700		14.05	19.05	16.05	6	10	0.27
		3	900		01.06	05.06	03.06	5	13	0.40
		4	900		11.06	16.06	13.06	6	16	0.35
		5	1000		21.06	31.06	26.06	11	17	0.20
		6	1000		07.07	17.07	12.07	11	16	0.20
		7	1000		24.07	03.08	29.07	11	16	0.20
		8	1000		09.08	19.08	14.08	11	8	0.20
		9	1000		25.08	04.09	30.08	11	11	0.20
		10	800		05.04	09.09	07.04	5	-	0.37
		11	800		16.09	20.09	18.09	5	-	0.37
ذرة	10	0	1500	6900+1500	21.11	30.11	-	10	-	0.20
		1	700		14.05	19.05	16.05	6	13	0.13
		2	900		07.05	10.06	08.06	4	10	0.26
		3	1000		17.06	20.06	18.06	4	15	0.29
		4	1000		01.07	06.07	03.07	6	17	0.20
		5	1000		18.07	23.07	20.07	6	17	0.20
		6	800		04.08	08.08	06.08	5	16	0.20
		7	800		20.08	24.08	22.08	5	16	0.20
		8	700		05.09	09.09	07.09	5	-	0.16

عندما يكون مّعدل الري الوزني الوسطي لفترة النمو من أجل القطن والفصة في الدورة الزراعية:
$M_{cpv} = 0.7 \cdot 7000 + 0.2 \cdot 9800 + 0.1 \cdot 6900 = 7550 \left[\frac{m^3}{ha}\right]$ ومياه الري مالحة وفق شوارد الكلور: $C_n = 0.05[gr/l]$ فإن كمية الأملاح في مياه الري تُشكل القيمة:

$$\Delta C = 7550 \cdot 0.045 = 339 \left[\frac{kg}{ha}\right] = 0.339 \left[\frac{ton}{ha}\right]$$

أو:

$$\Delta C = \frac{0.339}{10000 \cdot 1.5} 100 = 0.002\% \quad \text{(كتلة التربة في طبقة واحد متر)}$$

يُمكن إهمال جريان الأملاح إلى الطبقة الترابية بطريقة الانتشار من المياه الجوفية المعدنية خلال فترة الجفاف من العام: $T = 234[day]$، لأن تأثيرها قليل. وبالحقيقة يُحسب زمن الاستقرار لعملية انتقال الأملاح على حساب الانتشار الشعري باليوم من المُعادلة الآتية:

$$\tau = W_{cp} h^2 / D_M \qquad (1\text{-}12)$$

حيث: W_{cp} – رطوبة التربة الوسطية خلال الفترة المدروسة وعمق منسوب المياه الجوفية عن السطح: $h = 2.5[m]$، $W_{cp} = W_{\min} + \frac{1}{3}(W_{\max} - W_{\min})$ نسبة الحجم.

$W_{min} = o.65$ من السعة الحقلية، $W_{max} = o.9$ من الرطوبة الأولية.

$-D_M = (10^{-4} \dots\dots 10^{-5})[\frac{m^2}{day}]$ ثابت الانتشار الشعري لشوارد الكلور في التربة.

بتعويض القيم المعلومة في المعادلة (1-12) نحصل على:

$$\tau = 0.25 \cdot \frac{2.5^2}{10^{-5}} = 156250[day] = 428[yer]$$

بالتالي خلال الفترة: $T = 234[day]$ التي تُشكل القيمة: $\frac{234}{156250} = 0.001\tau$

لتجمع الأملاح في طبقة التربة سيُهمل لصغره.

يُشكل تراكم الأملاح في الطبقة الترابية خلال الفترة الجافة من العام القيمة: $\Delta C = 0.002\%$، وأما محتواها الكلي في الطبقة المُغذية للجذور عند القيمة البدائية: $C_0 = 0.01\%$ فيُشكل القيمة: $C = 0.01 + 0.002 = 0.012\%$.

يُحدد حجم ماء الغسل الوقائي: $\left[\frac{m^3}{ha}\right]$ (نظام الغسل) المطلوب من أجل عزل الأملاح المُتراكمة باستخدام مُعادلة آفرياناف الآتية:

$$N = m\left(h + 2a\sqrt{\lambda m h}\right)\cdot 10000 \qquad (1\text{-}13)$$

حيث: $m = 0.5$ – المسامية كنسبة للحجم. $\lambda = 0.5$ – ثابت الانتشار الهيدروليكي من أجل التربة الحالية. h– العمق الحسابي ويُعادل $h = 1[m]$ في الحالة المدروسة.

a – ثابت يتعلق بالنسبة: $\overline{C} = \dfrac{C_0}{(C_0 + \Delta C)}$ ويُؤخذ من الجدول (1-10).

الجدول (10-1): قيم الثابت: a – المتعلق بالنسبة: $\overline{C} = \dfrac{C_0}{(C_0 + \Delta C)}$:

$\overline{C}$	**0.001**	**0.005**	**0.01**	**0.02**	**0.04**	**0.06**	**0.08**	**0.10**	**0.12**	**0.14**
a	**2.19**	**1.82**	**1.65**	**2.45**	**1.24**	**1.10**	**0.99**	**0.91**	**0.83**	**0.76**

$\overline{C}$	**0.16**	**0.18**	**0.20**	**0.25**	**0.30**	**0.35**	**0.40**	**0.45**	**0.50**	**0.60**
a	**0.70**	**0.65**	**0.60**	**0.48**	**0.37**	**0.27**	**0.18**	**0.09**	**-0.09**	**-0.18**

$\overline{C}$	**0.65**	**0.70**	**0.75**	**0.80**	**0.85**	**0.90**				
a	**-0.27**	**-0.37**	**-0.48**	**-0.60**	**-0.73**	**-0.91**				

في الحالة المدروسة: $\overline{C} = 0.01/0.012 = 0.83$ وبتعويض القيم المعلومة في المعادلة (1-13) نحصل على:

$$N = 0.5\left(1 - 2\cdot 0.7\sqrt{0.5\cdot 0.5\cdot 1.0}\right)\cdot 10000 = 1500\left[\frac{m^3}{ha}\right]$$

لنجد حجم مياه الغسل الوقائي المطلوب لعزل الأملاح المتراكمة، الأصغر من الحجوم المُستخدمة للسقايات الإضافية. بهذا الشكل تُحقق الحجوم المُستخدمة للسقايات الإضافية الحفاظ على النظام الملحي المطلوب للأراضي المروية. من أجل تربة أرض الري: $K_1 = 0.03[m/h]; \alpha = 0.5$.

تُحدد السرعة الوسطية: $[m/h]$ لامتصاص المياه في التربة من بداية السقاية:

$$W_{cp} = K_0 / t^{\alpha} \qquad (1\text{-}14)$$

حيث: K_0 – السرعة الوسطية لامتصاص المياه في التربة في واحدة الزمن.

$$K_0 = K_1/(1-\alpha) \qquad (1\text{-}15)$$

وبالتالي تكون سماكة طبقة المياه خلال الزمن: t مساويةً:

$$h_t = W_{cp}t = K_0 t^{1-\alpha} \qquad (1\text{-}16)$$

وبمعرفة القيم: $K_1;\alpha$ وبإعطاء قيم مُختلفة: t يُمكن تحديد: $W_{cp};h_t$ كما يُبين الجدول (1-11).

الجدول (11-1): السرعة: W_{cp} وعمق: h_t لامتصاص المياه في التربة:

$t;[h]$	$W_t;[m/h]$	t^{α}	$W_{cp};[m/h]$	$h_t;[m]$	ملاحظات
0.2	**0.067**	**0.448**	**1.340**	**0.026**	$K_1=0.03[m/h]$
0.4	**0.047**	**0.633**	**0.094**	**0.038**	$K_0=0.06[m/h]$
1.0	**0.030**	**1.000**	**0.060**	**0.060**	$\alpha=0.5$
2.0	**0.021**	**1.420**	**0.042**	**0.084**	
3.0	**0.017**	**1.730**	**0.034**	**0.102**	
4.0	**0.015**	**2.000**	**0.030**	**0.120**	
6.0	**0.012**	**2.450**	**0.024**	**0.144**	
10.0	**0.0095**	**3.160**	**0.019**	**0.190**	
16.0	**0.075**	**4.000**	**0.015**	**0.240**	

١-٥- طريقة (تقنية) الري السطحي بالانسياب:

تُروى المحاصيل الحقلية (كالقطن والذرة وغيرها) بالأثلام، وتُروى في خطوط ضيقة (الفصة وغيرها). وتُحدد سرعة تسرب (امتصاص) المياه $[m/h]$ في التربة في اللحظة الزمنية t وفق معادلة كوستياكوف الآتية:

$$W_t = K_1 / t^{\alpha} \qquad (1\text{-}17)$$

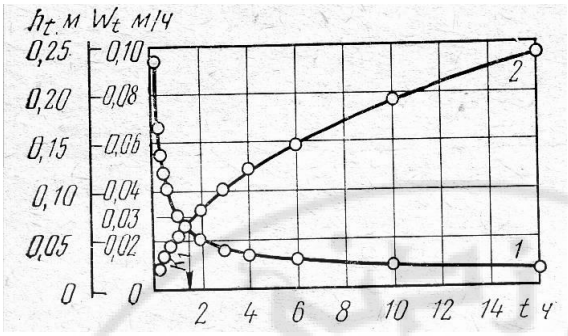
حيث: $K_1;[m/h]$ – سرعة تسرب المياه في التربة في واحدة الزمن الأولى.

α – مُعامل (الثابت الأسي) يتغير عادةً من: $0.2-0.8$ وفق العلاقة بخواص التربة وبرطوبتها البدائية.

تُحدد قيمة: $K_1;\alpha$ وفق معطيات حقلية مُعينة. بالإضافة إلى مُعطيات سرعة تسرب المياه في التربة الجدول (7-1)، يُنشأ المنحني: $W_t = f(t)$ الشكل (7-1). تُعطى سرعة الامتصاص في نهاية الساعة الأولى القيمة: K_1. بمعرفة K_1 وبأخذ اللوغاريتم للعلاقة (17-1) نحصل على المُعادلة الخطية:

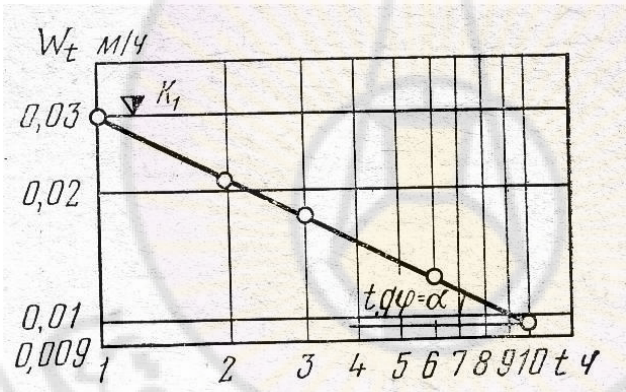
$$\lg W_t = \lg K_1 - \alpha \lg t \qquad (1\text{-}18)$$

حيث: α – ظل زاوية ميل المستقيم المُعين على محور السينات: $\alpha = tg\varphi$.



الشكل (1-7): المُنحنيات المُميزة لتسرب المياه في التربة: ١- سرعة التسرب: W_t، ٢- منحني التسرب التجميعي للمياه في التربة: h_t.

تُمثل القيم: $W_t;t$ في المُخطط اللوغاريتمي ونجد: $\alpha = tg\varphi$ الشكل (1-8). من أجل المحاصيل الداخلة في الدورة الزراعية كالقطن، تُساوي المسافة بين الأثلام (العرض بين الخطوط): $a = 0.6[m]$. مُعدل السقاية الحسابي: $m = 1000[m^3/hr] = 0.1[m]$ عمود أو طبقة مياه. تربة الأرض مروج، التضاريس مستوية وبميل: $i \approx 0.01$.



الشكل (1-8): تحديد قيمة البارامتر: α في المعادلة:
$W_t = K_1 / t^{\alpha}$

في الظروف المُبينة يُمكن سقاية القطن وفق ترطيب الأثلام دون صرف (عند وصول التدفق حتى نهاية الثلم). يُمكن عدّ مقاسات الثلم كالتالي: $h_\sigma = 0.15[m]$، وعرض القعر: $b = 0.05[m]$، وميل جوانب الثلم: $m = 1$.

يُجرى الحساب بإعطاء عمق المياه في الثلم: $h = 3[cm] = 0.03[m]$. تُحدد سرعة جريان المياه v المقدرة: $[m/s]$ في بداية الثلم بالعلاقة:

$$v = C\sqrt{RI} \qquad (1\text{-}19)$$

حيث: v;[m/s]- سرعة الجريان. $R;[m]$ - نصف القطر الهيدروليكي للمقطع العرضي للثلم ويُحدد بالعلاقة: $R = \omega / x;[m]$. I - ميل الثلم.C - معامل شيزي مُقدراً $[m^{0.5}/sec]$ وفق بافلوفسكي:

$$C = R^y / n \qquad (1\text{-}20)$$

حيث: $n = 0.04$ – مُعامل الخشونة لتربة الأثلام.

y – الثابت الأسي، عندما: $R \le 1$ فإن: $y = 1.5\sqrt{n} = 0.3$. $R = \omega / x;[m]$.

$\omega;[m^2]$ – مساحة المقطع المُرطب (المبلول) للثلم: $\omega = (b + mh)h;[m^2]$.

$x;[m]$ – المُحيط المرطب: $x = b + 2h\sqrt{1 + m^2};[m]$.

من أجل المقاسات المعتمدة للثلم نجد أن:

$$\omega = (0.05 + 1 \cdot 0.03)0.03 = 0.0024[m^2]$$

$$x = 0.05 + 2 \cdot 0.03\sqrt{1+1} = 0.135[m]$$

$$R = 0.0024 / 0.135 = 0.0178 \approx 0.18[m]$$

$$C = 1 \cdot 0.018^{0.3} / 0.04 = 7.5$$

$$v = 7.5\sqrt{0.018 \cdot 0.01} \approx 0.1[m/s]$$

بما أن السرعة المسموح بها لعدم حدوث انجراف في التربة: $v = 0.1 - 0.2[m/s]$ فلا خوف من التعرية المائية. ويُحسب تدفق المياه في الثلم من المعادلة الآتية:

$$q_\sigma = v \cdot \omega \qquad (1\text{-}21)$$

هذا يعني: $q_\sigma = 0.0024 \cdot 0.1 = 0.00024[m^3/s] = 0.24[l/s]$. ويكون حجم المياه المقدم: $[m^3]$ المروي في الثلم خلال الزمن: t من المعادلة الآتية:

$$W = q_\sigma t \cdot 3.6 \qquad (1\text{-}22)$$

حيث: $q_\sigma;[l/s]$ – التدفق المنقول إلى الثلم.

$t;[h]$ – زمن التغذية.

3.6 – ثابت تحويل الزمن من ثانية إلى ساعة.

ويُحدد حجم المياه وفق العلاقة الشرطية مع معدل السقاية من المعادلة الآتية:

$$W = m_0 l_\sigma a \qquad (1\text{-}23)$$

حيث أن: $W;[\mathrm{m}^3]$ – حجم المياه. $l_\sigma;[m]$ – طول الثلم. $\mathrm{a};[\mathrm{m}]$ – المسافة بين الأثلام. $m_0;[\frac{m^3}{ha}]$ – معدل السقاية.

عند السقاية دون صرف يجب أن يكون حجم مياه الري المقدمة مساوياً حجم المياه الممتصة من قبل المحاصيل، والذي من أجل المقطع الوسطي (شرطياً دون النظر إلى زمن الوصول) يُساوي:

$$W = x_1 l_\sigma h_t = x_1 l_\sigma K_0 t^{1-\alpha} \qquad (1\text{-}24)$$

حيث: $x_1 = b + 2vh\sqrt{1+m^2};[m]$ – المُحيط المُرطب للثلم مع الامتصاص الشعري:

حيث: v– مُعامل يأخذ بالحسبان كمية المياه المُتسربة عبر جوانب التلم ويفرض: v=2.

نجد عناصر تقنية السقاية بمطابقة الحجوم المُحددة وفقاً للمُعادلات (1-22) و (1-23) و (1-24). بمُساواة المعادلتين (1-22) و (1-23) نحصل على:

$$t = \left[m_0 a/(x_1 K_0)\right]^{1/(1-\alpha)} \qquad (1\text{-}25)$$

بمعرفة: t من مطابقة المعادلتين (1-19) و (1-21) نجد:

$$l_\sigma = 3.6 \cdot q_\sigma t/(m_0 a) \qquad (1\text{-}26)$$

من أجل الحالة المدروسة نجد أن:

$$K_0 = 0.06[m/h]\text{، } a = 0.6[m]\text{، } m_0 = 0.1[m]$$

$$\text{، } x_1 = 0.05 + 2 \cdot 2 \cdot 0.03\sqrt{1+1} = 0.22[m]$$

$$t = 21[h]\text{، } q_0 = 0.24[l/s]\text{، } l_\sigma = 3.6 \cdot 0.24 \cdot 21/0.1 \cdot 0.6 = 300[m]\text{.}$$

$$t = \left[0.1 \cdot 0.6/(0.22 \cdot 0.06)\right]^{1/(1-0.5)} \approx 21[h]$$

حساب عناصر تقنية السقاية بالانسياب وفق الخطوط (الأخاديد) دون صرف:

تُروى بذور المحاصيل في خطوط ضيقة (كالأعشاب، والحبوب وغيرها). يُساوي مُعدل السقاية الحسابي من أجل الفصة القيمة: $m = 1000[m^3/hr]$ أو: m=0.1[m] طبقة مياه. ويجب أن يكون عرض الخط: b_n ضعف العرض العامل لآلة البذر، هذا يعني: $[m];7.2;3.6;1.8$.

بتحديد معدل السقاية: m_0 وفق المنحني: $h_t = f(t)$ انظر الشكل (1-7) نجد أن زمن التغذية بالمياه في الخط: $t_n = 2.8[h]$. يُستخدم طول الخط: l_n مساوياً طول التلم، وهذا يعني: $l_n = l_\sigma = 300[m]$.

يُحدد التدفق النوعي: $[m^3/s]$ عند بداية الخط من مساواة حجوم المياه المُعطاة والممتصة في واحدة العرض من الخط:

$$q_u t_u \cdot 3600 = m_0 l_n \qquad (1\text{-}27)$$

ومنه نجد أن:

$$q_u = \frac{m_0 l_n}{t_u \cdot 3600} \qquad (1\text{-}28)$$

$$q_u = 0.1 \cdot \frac{300}{2.8 \cdot 3600} \approx 0.003\left[\frac{m^3}{s}\right] = 3[\frac{l}{s}]$$

عندما يكون عرض الخط مُساوياً: $b_n = 3.6[m]$ فإن التدفق الكلي في بدايته يُساوي:

$$Q_n = q_n b_n \qquad (1\text{-}29)$$
$$Q_n = 0.0022 \cdot 3.6 \approx 0.008[m^3/s] = 8[l/s]$$

١-٦- توضع شبكة أقنية (قنوات) توزيع مياه الري في المُخطط الأفقي:

يُنسب إلى أقنية توزيع مياه الري وقناة التوزيع لمزارع عدة – أقنية المزارع – أقنية التوزيع ضمن المزارع– الأقنية القطاعية وسواقي التوزيع أنظر الشكل (9-1) والشكل (10-1). تُنقل المياه من القناة الرئيسية بحسب كمية المياه اللازمة للري. يجب أن يُحقق مكان توضع الأقنية متطلبات التنظيم الزراعي للمساحات، وتحقيق التحكم بتغذية المياه بالانسياب وبالسقايات السطحية عندما يتجاوز منسوب المياه فوق المساحة المروية، ومُطابقة المتطلبات الأعظمية لمكننة الأعمال الحقلية. نرمز للقنوات للاختصار بالتالي: القناة الرئيسية: MK. ونرمز لقنوات التوزيع البينية الزراعية: MP-1;MP-2;...، (ترمز الأرقام لتسلسل توضع قنوات التوزيع من بداية القناة الرئيسية: MK). ونرمز لقنوات التوزيع الزراعية: P-1;P-2;.... ونرمز للقنوات التوزيعية في الدورات الزراعية: P-1-1; (يرمز الرقم الأخير لرقم القطاع في الدورة الزراعية). ونرمز للقنوات التوزيعية الفرعية: Y-1;Y-2;... ونرمز للقنوات التوزيعية الداخلية الزراعية: BHX-1;BHX-2;... (ترمز الأرقام لرقم قناة التوزيع الفرعية أو لرقم قناة التوزيع الزراعية الداخلية في المزرعة المُعينة).

نرمز للقنوات المرفوعة بالرمز: PL-1;PL-1-1;... ونرمز للأنابيب بالرمز: PT-1;PT-1-1;... إذا أُنجزت القنوات في شكل قنوات مرفوعة أو أنابيب.

شبكة الري المُغلقة في المزرعة:

تُصمم شبكة القنوات التوزيعية الدائمة (قنوات التوزيع الزراعية، وقنوات التوزيع للدورة الزراعية، وقنوات التوزيع الداخلية الزراعية) بالتطابق مع المُعدلات المُبينة. يجب على جميع قنوات شبكة التوزيع تحقيق تغذية المياه بالانسياب وتوزيعها وفق المساحات بثابت مرتفع لاستخدام المياه المُفيد. تُؤخذ المياه إلى المزرعة من قناة التوزيع الزراعية: P-1 التي تأخذ المياه من القناة الرئيسية الكبيرة.

بفرض أن المزرعة مُقسمة إلى ثلاثة مزارع متوازية: 10% حقول للدورة الزراعية بمساحة: $[hr]$465 – 450 . المساحة الوسطية للحقل: $[hr]$46 – 45 .

تُحل مسألة تنظيم المساحة في البداية وتُوزع المزارع، وتُحدد قطاعات الدورات الزراعية، والمزروعات وأرض المزروعات، والبساتين والكرمة. ثم يُلحظ مُخطط أقنية التوزيع وتصميمها

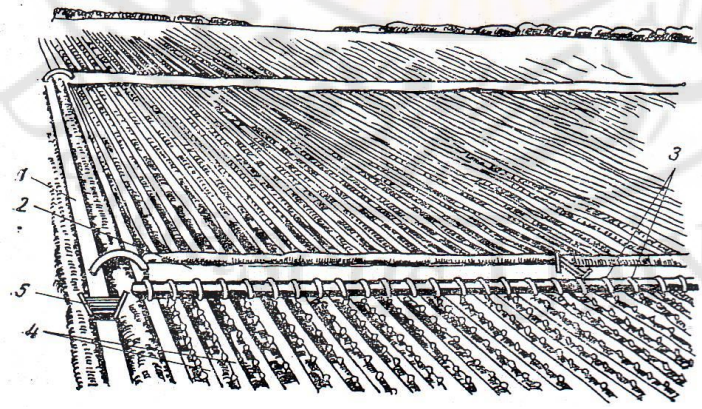
كالمجاري الأرضية، والقنوات المرفوعة أو الأنابيب. وبالأخذ بالحسبان التضاريس الموضعية يُلحظ توزع الحقول، واتجاه السقاية، وتوزع قنوات الدورة الزراعية وغيرها. يجب أن تكون الحقول كبيرة ومنتظمة: لا يتجاوز الانحراف عن المساحة الوسطية: 10%. يُفضل عند السقاية من الأنابيب أو الخراطيم أن يكون عرض جميع الحقول متساوياً. ويُلحظ في المُخطط توزع قنوات التوزيع الفرعية بالتطابق مع الحقول تقريبياً. يُدقق بعد ذلك توضع قنوات التوزيع للدورات الزراعية والفرعية.

إذا امتلكت قناة التوزيع للدورة الزراعية مأخذاً مستقلاً لسحب المياه من قناة التوزيع البينية الزراعية أو من القناة الرئيسية، فإنها تتطابق مع القناة الزراعية وفق وظيفتها.

يجب أن لا يقل عرض الحقل عن: $500[m]$ عند تصميم قنوات الري الزراعية الداخلية الدائمة، أما الطول باتجاه السقاية والمسافة بين القنوات من أجل المُخطط الطولي لتوضع قنوات الري فيُساوي: $1000-500[m]$، ويُساوي من أجل المخطط العرضي: $500[m]$، ومن أجل الشبكة المُغلقة فالمسافة بين القنوات تُساوي: $2000-500[m]$ مع اعتبار طول الأنابيب التوزيعية: $2500-1000[m]$. يُمكن من أنبوب توزيع واحد إرواء حقلٍ واحدٍ أو اثنين أو ثلاثة منها.

١-٧- شبكة الري الحقلية:

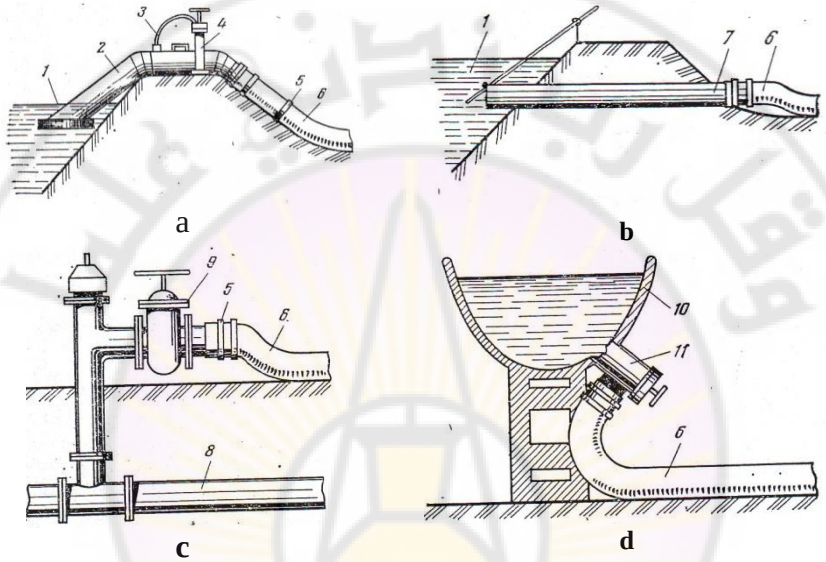
تتوضع شبكة الري الحقلية بأشكال مختلفة حسب الشروط الطبيعية والمُتطلبات الزراعية والتقنية الاقتصادية المُناسبة. شبكة الري ذات القنوات الترابية هي الأكثر بساطة وأقل كلفة. تدخل قنوات الري المؤقتة وأثلام الصرف في تكوين مثل هذه الشبكة. الشكل (9-1).



الشكل (9-1): شبكة الري ذات القنوات الترابية: ١- قناة ري مؤقتة، ٢- أثلام الصرف، ٣- السيفونات، ٤- أثلام السقاية، ٥- حواجز فاصلة للمياه.

تكون شبكات الري الحديثة من الأنابيب التي تُصنع من الأسبستوس الإسمنتي أو من أنابيب البوليمر حيث يتم استبدال قنوات الري المؤقتة بأنابيب التوزيع.

تنتقل المياه من أنابيب التوزيع عبر الصنابير إلى أنابيب السقاية. تُصنع أنابيب السقاية من مواسير ذات مُكونات خفيفة ليسهل نقلها، ومن خراطيم بوليميرية في شكل أنابيب تحت سطح التربة. تنتقل المياه من أنابيب السقاية إلى أثلام السقاية عبر الثقوب التي تُحسب مقاساتها وفقاً للتدفق والضغط. يُبين الشكل (10-1) أساليب التغذية بالمياه في الأنابيب المرنة.



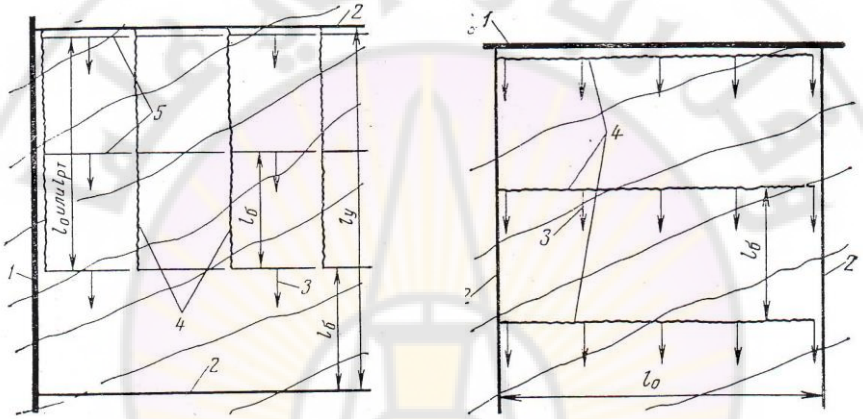
الشكل (10-1): أساليب التغذية بالمياه في الأنابيب المرنة: a- بواساطة السيفونات المتنقلة، b- عبر ماسورة لتمرير المياه، c- من أنبوب مغلق، d- من قناة مرفوعة، ١- قناة، ٢ و٧ و١١ مواسير السيفونات المتنقلة ومن القناة المرفوعة، ٣- خرطوم الوصل، ٤- مضخة تفريغ يدوية، ٥- ماسك تثبيت حلقي، ٦ و٨- أنابيب مرنة ومغلقة، ٩- صنبور، ١٠- قناة مرفوعة.

يُنظم تدفق المياه من الثقوب بتغيير الضغط في بداية أنبوب السقاية، لأنه في هذه الحالة يتحقق توزيع المياه إلى شبكة السقاية بصورة نصف مؤتمتة. تُخفض مُعايرة التدفقات عند كل ثقب بواساطة تجهيزات مُختلفة لدرجة كبيرة نسبياً كفاءة شبكة الري المغلقة في قطاع السقاية، وتزيد من صعوبة توزيع المياه إلى أثلام السقاية، وأيضاً تُخفض إنتاجية العمل لمعدات السقاية.

يُمكن استخدام شبكة ري مركبة في قطاع السقاية، ويُمكن حدوث انجراف للتربة نتيجةً لجريان المياه في قنوات الري ذات الميول الكبيرة من: $0.005-0.008$: ويُفضل في هذه الحالة استبدالها بأنابيب توزيع مغلقة تحت سطح التربة، تنتقل المياه منها عبر الصنابير إلى أثلام الصرف. ويتم أحياناً تغذية المياه من قنوات الري إلى أنابيب السقاية مباشرةً.

تُوزع أنابيب الري المؤقتة والتوزيعية في الحقل وفق التوضع الطولاني أو العرضاني.

تتجه أنابيب الري المؤقتة أو التوزيعية على طول أثلام السقاية أو على طول الخطوط عند التوضع الطولاني، أما أثلام الصرف أو أنابيب السقاية فتتجه بالاتجاه العرضي لها. الشكل (1-11,a). الميل المسموح به على طول أنبوب الري: $0.006-0.0005$ بحسب نوع التربة وقدرتها على مقاومة الانجراف. والميل على طول أثلام الصرف: $0.003-0.001$. ويُفضل التحكم من جهتين بأنبوب الري إذا سمحت التضاريس الموضعية بذلك. تُستخدم المسافة بين أنابيب الري: $[m]200-70$، وطول أنبوب الري: $[m]800-500$.



a **b**

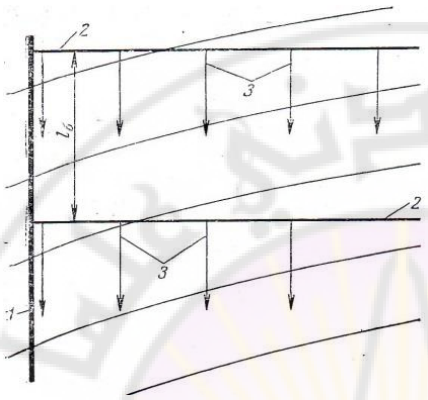
الشكل (1-11): مُخطط توزع أنابيب الري المُؤقتة والتوزيعية: a- توضع طولاني، b- توضع عرضاني، ١ و٢- أنابيب توزيع زراعية وفرعية، ٣- أثلام أو خطوط السقاية، ٤- أنابيب الري المؤقتة، ٥- أثلام الصرف.

تتجه أنابيب الري المؤقتة بالاتجاه العرضي لأثلام أو لخطوط السقاية عند التوضع العرضاني. الشكل (1-11,b). لا توجد أثلام صرف في هذا الشكل، وتجري المياه إلى أثلام أو خطوط السقاية مباشرة من أنابيب الري عبر السيفونات والمواسير وغيرها من التجهيزات. تُشكل أثلام مساعدة على طول أنبوب الري إذا كان ميله كبيراً من أجل تسهيل توزيع المياه، ويُستخدم طول أنبوب الري: $[m]500-300$ وبميل: $0.003-0.001$ وتُساوي المسافة بين أنابيب الري إلى طول أثلام السقاية.

تملك شبكة الري المؤقتة سيئات عدة في المجاري الأرضية، لذلك تُستبدل غالباً قنوات الري وأثلام الصرف بالأنابيب.

يُمكن إجراء السقاية دون شبكة ري مؤقتة في التربة ذات النفاذية الضعيفة والمُنخفضة، وعند التضاريس شبه المستوية وبميل على طول أثلام السقاية: $0.01-0.003$ في حقول مُخططة جيداً، حيث طول أثلام السقاية أكبر من: $[m]300$. الشكل (1-12). تنتقل المياه من

الموزع الفرعي إلى أثلام السقاية عبر السيفونات، والخراطيم القصيرة حتى: $40-50[m]$ وغيرها من التجهيزات. تتحسن عند ذلك شروط مكننة الأعمال الحقلية، وتتناقص ضياعات المياه، ويزداد ثابت استخدام الأرض، لكن تزداد استمرارية فترة شبكة الري القطاعية.



الشكل (12-1): السقاية مباشرة من الموزعات الفرعية: ١ و٢- الموزعات الزراعية والفرعية، ٣- أثلام أو خطوط السقاية.

مثال: تُصمم الشبكة الزراعية الداخلية في قطاع الدورة الزراعية: II، حيث الميل الموضعي كبيرُ، وتُشكل شبكة ري بتصميم مُحسّن: شبكة التوزيع في شكل قنوات مرفوعة، وتجري المياه منها إلى أنابيب التوزيع المتوضعة تحت سطح التربة والمُصنعة من مواسير الأسبستوس الإسمنتي مع الصنابير. تُوصل خراطيم السقاية المُتنقلة ذات الثقوب إلى الصنابير من أجل تغذية المياه إلى أثلام السقاية. يُصمم في قطاع الري قناتا توزيع مرفوعتان تخدمان الحقل الرابع في الجزء العلوي، وستة حقول في الجزء السفلي للدورة الزراعية. يُساوي طول القناة المرفوعة الأولى: $1600[m]$. وتُحدد المسافة بين قناتي التوزيع بطول أنبوب التوزيع PT. ويخرج أنبوب التوزيع PT من القناة المرفوعة السفلية الثانية بطول يُطابق أطوال ثلاثة حقول. تُساوي المسافة بين أنابيب التوزيع PT طول خراطيم السقاية: $200[m]$. وتُوزع الصنابير على مسافة تساوي طول أثلام السقاية: $275[m]$. ويُحدد طول أنبوب التوزيع PT من المعادلة الآتية:

$$l_{PT} = \sum l_n - l_\sigma \qquad (1\text{-}30)$$

حيث: $\sum l_n ; [m]$ - مجموع أطوال الحقول التي يخدمها أنبوب التوزيع PT.

$l_\sigma ; [m]$ - طول ثلم السقاية.

بهذا الشكل يكون طول أنبوب التوزيع PT الذي يخدم أربعة حقول علوية مساوياً: $825[m]$، أما طول أنبوب التوزيع الخارج من القناة المرفوعة السفلية الثانية فيُساوي: $1375[m]$. يخدم كل حقل أربعة أنابيب توزيعية. تملك جميع أنابيب التوزيع جهة واحدة للتحكم. وعدد الصنابير في الحقل:٢. من هنا يُصبح طول أثلام السقاية: $l_\sigma = 275[m]$.

تنقل القنوات الزراعية الداخلية المياه من قناة الدورة الزراعية إلى حقلين. تُشكل أطوالها وسطياً حوالي: $1600[m]$. طول الحقل: $600[m]$ وعرضه: $800[m]$. تُحفر قنوات الري المؤقتة بطول: $450[m]$، $(l_n - l_\sigma)$ عند طول أثلام السقاية: $150[m]$. وتُساوي المسافة بين القنوات: $200[m]$، وهذا يُطابق طول أثلام الصرف.

١-٨- التصاريف (التدفقات) الحسابية لشبكة الري:

التصاريف الحسابية الصافية للأقنية العاملة باستمرار في شبكة الري: يتم حساب التصاريف استناداً إلى مخطط الاستهلاك المائي للمنطقة التي ترويها القناة ولنظام ري المحاصيل الزراعية والمساحة الصافية المروية. (قطاع خاضع للدورة الزراعية، مزرعة أو منطقة حدائق كالبساتين وغيرها).

المُخطط الحسابي لاستهلاك المياه: تُنقل المياه إلى القناة الرئيسية، وإلى قنوات التوزيع الزراعية وللدورة الزراعية باستمرار، وتُنقل المياه دورياً إلى قنوات التوزيع الزراعية الداخلية. وتجري المياه عند القطاعات غير المُستصلحة باستمرار، وهي غير مُتعلقة بالدورة الزراعية الحقلية.

تُحدد التصاريف الحسابية الصافية بدءاً من أصغر قناة تعمل بشكل مستمر وهي قناة قطاع الدورة الزراعية المتفرعة عن قناة المزرعة. والتي تخدم المساحات وفق الشروط التي تُشكل مُخطط الهيدروموديول البياني من المعادلات الآتية:

$$Q_{HT}^{\max} = q_{\max} F_{HT} \qquad (1\text{-}31)$$

$$Q_{HT}^{\min} = q_{\min} F_{HT} \qquad (1\text{-}32)$$

حيث: $q_{min}; q_{max}\left[\frac{l}{s/ha}\right]$ – القيم الأعظمية والأصغرية للهيدروموديول ويُؤخذ من المخطط البياني المعدل.

$F_{HT}; [ha]$ – المساحة الحسابية الصافية للدورة الزراعية، للمزرعة أو لجميع القطاعات.

$$F_{HT} = kzu \cdot F_{bp} \qquad (1\text{-}33)$$

حيث: $F_{bp}; [ha]$– المساحة المشغولة بالأثلام (مساحة الحقل). $kzu = 0.85 - 0.9$ – مُعامل استخدام الأرض الذي يأخذ بالحسبان المساحة المشغولة بالقنوات والطرق الزراعية وخطوط الأشجار، بحسب توزع شبكة الري ونوعها.

يُستخدم مُخطط للهيدروموديول المعدل من أجل (10) دورات زراعية للقطن في أثناء

عمليات التصميم من أجل جميع الدورات الزراعية للقطن وللمزارع المتوضعة في قطاع الري، لأن ظروفها الطبيعية والزراعية متماثلة.

تُحسب تدفقات المياه الصافية وفق التسلسل الآتي:

١- من أجل قناة الدورة الزراعية:

$$Q_{HT}^{co} = qF_{HT}{}^{co} \qquad (1\text{-}34)$$

حيث: $q; \left[\frac{l}{s/ha}\right]$- قيم الهيدرومودول وتُؤخذ من مُخطط الهيدرومودول للدورة الزراعية.

$F_{HT}^{co}[ha]$ - المساحة الصافية لقطاع الدورة الزراعية.

٢- في القطاع المزروع:

$$Q_{HT}^{y} = q^{y} F^{y}{}_{HT} \qquad (1\text{-}35)$$

حيث: $q^{y}; \left[\frac{l}{s.ha}\right]$- قيم الهيدرومودول من أجل القطاع المزروع.

$F_{HT}^{y}[ha]$ - المساحة الصافية للقطاع الزراعي.

٣- من أجل قنوات التوزيع الزراعية:

$$Q_{HT}{}^{XP} = \sum Q_{HT}{}^{co} + Q^{y}{}_{HT} \qquad (1\text{-}36)$$

٤- من أجل الموزعات البينية الزراعية:

$$Q_{HT}{}^{MX.P} = \sum Q_{HT}{}^{XP} \qquad (1\text{-}37)$$

٥- من أجل القناة الرئيسية:

$$Q_{HT}{}^{MK} = \sum Q_{HT}{}^{MX.P} + \sum Q_{HT}{}^{X.P} \qquad (1\text{-}38)$$

أي أن:

$$\sum Q_{HT}^{MK} = \sum Q_{HT}^{MX.P} + \sum Q_{HT}^{CO} + \sum Q_{HT}^{y} \qquad (1\text{-}39)$$

حيث إنّ: $\sum Q_{HT}^{MK}; [l/s]$ - تصريف القناة الرئيسية.

$\sum Q_{HT}^{MX.P}; [l/s]$- مجموع تصاريف أقنية التوزيع لمزارع عدة التي تأخذ مياهها من القناة الرئيسية.

$\sum Q_{HT}^{CO}; [l/s]$- مجموع تصاريف أقنية المزارع التي تأخذ مياهها مباشرةً من القناة الرئيسية.

$\sum Q_{HT}^{y}; [l/s]$- مجموع تصاريف بقية الأقنية التي تتغذى مباشرةً من القناة الرئيسية.

يُمكن أيضاً تحديد التدفقات الصافية للموزعات الزراعية وللموزعات البينية الزراعية وللقناة الرئيسية بافتراض القيم الوسطية للهيدرومودول:

$$q_{cp} = \frac{\alpha_1}{100} q_1 + \frac{\alpha_2}{100} q_2 + ... + \frac{\alpha_n}{100} q_n \qquad (1\text{-}40)$$

حيث: $q_{cp}; [\frac{l}{s/ha}]$ – القيمة الوسطية للهيدرومودول.

$q_1; q_2; q_3; [\frac{l}{s/ha}]$ – قيم الهيدرومودول لمختلف المحاصيل الزراعية مأخوذة من مخطط الهيدرومودول المعدل.

$\alpha_1; \alpha_2; ... \alpha_n$ – المساحات الصافية المزروعة بالمحاصيل المُعينة % من المساحة الكلية.

التصاريف الحسابية الصافية للأقنية العاملة دورياً في شبكة الري: تتضمن تصاريف الأقنية العاملة بشكل دوري: تصريف القناة القطاعية، تصريف ساقية التوزيع، وتصريف أثلام التوزيع. يُفضل أن يكون عدد الموزعات في قطاع الدورة الزراعية مُحدداً بعدد الموزعات العاملة بالوقت ذاته عند التدفق النظامي، الجدول (12-1).

الجدول (12-1): التصاريف الحسابية الصافية للقنوات في المزارع، وفي الدورات الزراعية، وفي القطاع الذي تنتقل إليه المياه والمشغول بالأشجار وأشجار الكرمة والقنوات:

القطاع	المساحة: [ha]		القناة	$Q_{HT}; [l/s]$
	F_{bp}	F_{HT}		
المزارع			P_{-1}	1270
I	400	300	P_{-1-1}	245
II	466	420	P_{-1-2}	315
III	460	415	P_{-1-3}	310
IV	450	400	P_{-1-4}	300
المزروع	250	180	P_{yc}	100

تصريف القناة القطاعية ويُحدد بالعلاقة الآتية::

$$Q_{HT}^{\ BH} = Q_{HT}^{co} / n_{BH} \qquad (1\text{-}41)$$

حيث: $Q_{HT}^{BH}; [l/s]$ – التصريف الصافي لقناة التوزيع في الدورة الزراعية.

n_{BH} – عدد الأقنية القطاعية العاملة بالوقت ذاته.

$Q_{HT}^{BH}; [l/s]$ – تصريف القناة القطاعية ويتراوح بين: $Q_{HT}^{\ BH} = 100 - 250; [l/s]$. ويُمكن أن يصل إلى (300[l/s]) في شبكات الري المُغلقة. يجب أن تُطابق المساحة المُعاملة باستخدام الجرار خلال يوم واحد مساحة السقاية اليومية. يُستخدم الحد الأعلى من شرط توزيع المياه (ذو التدفقات الأكبر من: $250; [l/s]$ لذلك وبصعوبة بالغة تُعدل معدات السقاية). يُمكن زيادة الحد

الأعلى في الشبكات المُغلقة.

استمرارية سقاية القطاع باليوم: يُمكن حساب مدة سقاية القطاع بالعلاقة الآتية:

$$t_{BH} = mF^{n}{}_{HT} / (86.4 \cdot Q_{HT}{}^{BH}) \qquad (1\text{-}42)$$

حيث: $[\frac{m^3}{ha}]$;m – مُعدل السقاية (يأخذ عادةً القيمة الأعظمية).

$F_{HT}^{n}[ha]$ – المساحة الصافية للقطاع.

t_{BH}– مدة سقاية القطاع ويجب أن تكون $t_{BH} \le 2[day]$ وفي حال كانت $t_{BH} \rangle 2[day]$ يتم تقسيم القطاع إلى حقلين أو أكثر بحيث لا تزيد مدة السقاية للحقل عن يومين.

يُمكن حساب المساحة المروية في اليوم بالعلاقة الآتية:

$$F^{n}{}_{HT} = 86.4 \cdot Q_{HT}{}^{BH} / m \qquad (1\text{-}43)$$

حيث: $F_{HT}^{n}[ha]$– المساحة الصافية المروية باليوم.

تصريف ساقية التوزيع (أو مُعامل السقاية) لقناة الري المؤقتة يُعطى بالعلاقة الآتية:

$$Q^{o}{}_{HT} = Q_{HT}{}^{BH} / n_0 \qquad (1\text{-}44)$$

حيث: n_0 – عدد سواقي التوزيع العاملة بالوقت ذاته في قطاع السقاية.

$Q_{HT}^{BH}; [\frac{l}{s}]$- $Q_{HT}^{O}; [\frac{l}{s}]$– التصريف الصافي للقناة القطاعية. و تصريف ساقية التوزيع ويتراوح بين: $30-60[l/s]$ من أجل المحاصيل الحقلية وحتى: $100[l/s]$ من أجل المحاصيل المروية في الخطوط الضيقة. وتُحسب التصاريف الصغيرة على الميل الأكبر لقنوات الري. يحدث تعرية للتربة في الحقول ذات الميل الأكبر من: $0.005-0.008$ لذلك يُفضل تبديل القنوات بالأنابيب.

تصريف أثلام التوزيع العاملة بالوقت ذاته على قناة الري ويُعطى بالعلاقة:

$$Q_{HT}{}^{Bb} = Q^{o}{}_{HT} / n_{Bb} \qquad (1\text{-}45)$$

حيث: n_{Bb} – عدد أثلام التوزيع العاملة بآن واحد. $Q_{HT}^{O}; [\frac{l}{s}]$ – تصريف ساقية التوزيع. $Q_{HT}^{Bb}; [\frac{l}{s}]$– تصريف ثلم التوزيع ويتراوح عادةً: $20-30[l/s]$، ويُستخدم عددها: n_{Bb} عند ذلك.

تُحسب مدة السقاية في المساحة: $F^{o}{}_{HT}$ التي تخدمها قناة ري مؤقتة واحدة بالعلاقة الآتية:

$$t_o = mF^{o}{}_{HT} \Big/ \left(86.4 \cdot Q^{o}{}_{HT}\right) \qquad (1\text{-}46)$$

يجب أن تكون أقل من يومين.

مثال: يجب تحديد التدفق الصافي من أجل القطاع المشغول بالحقول رقم 5,6,IV للدورة الزراعية للقطن. مقاسات الحقل: العرض: $800[m]$، والطول: $600[m]$، $F_{HT}^{n} = 43[ha]$، $F_{bp}^{n} = 48[ha]$. التدفق في بداية الثلم: $q_b = 0.24[l/s]$، وطول الثلم: $l_b = 300[m]$، والمسافة بين الأثلام: $a = 0.6[m]$، ومعدل السقاية: $m = 1000[m^3/hr]$. التدفق الحسابي الصافي IV لقطاع الدورة الزراعية للقطن: $Q^{CO}{}_{HT} = 300[l/s]$ أنظر الجدول (8-1).

بفرض أنّ عدد الأثلام العاملة بالوقت ذاته اثنان يكون: $Q_{HT}{}^{BE} = 300/2 = 150;[l/s]$ وتُحسب مدة السقاية لحقل واحد كما يلي: $t_n = 1000 \cdot 43/(86.4 \cdot 150) = 3.2;[day]$.

بما أن مدة السقاية أكثر من يومين يتم تقسيم الحقل إلى قطاعين مساحة كل منهما: $21.5[ha]$ ومدة سقايته: $1.6[day]$.

تُحدد التصاريف الحسابية عند عمل قناتي ري مؤقتتين الوقت ذاته كما يلي:

$$Q^{O}{}_{HT} = 150/2 = 75[l/s]$$

المساحة المُخدمة من قناة ري مؤقتة واحدة:

$$Q^{C}{}_{HT} = F^{n}{}_{HT}/n \qquad (1\text{-}47)$$

زمن السقاية لهذه المساحة:

$$t_0 = 1000 \cdot 10.7/(86.4 \cdot 75) \cong 1.6 \approx 2[day]$$

تصريف ثلم التوزيع عند عمل ثلمين بالوقت ذاته:

$$Q_{Bb} = 75/2 = 37.5[l/s]$$

تصريف أنابيب التوزيع وأنابيب السقاية: يتم إيجاد المسافة بين الأثلام بالطرق الحسابية أو التجريبية، وطول أثلام السقاية وقيم التصاريف فيها. من أجل السقاية من الأنابيب يُفضل أن لا يتجاوز التدفق في بداية الثلم القيمة: $0.3[l/s]$ لأنه عند التدفقات الكبيرة يزداد بشدة قطر أنبوب السقاية ويُصبح غير مُناسبٍ من أجل نقله.

يجب في التصميم مُطابقة التدفقات في أنابيب السقاية وفي أنابيب التوزيع مع التدفق في أنبوب التوزيع الفرعي.

يُحدد التدفق الصافي لأنبوب التوزيع القطاعي وفق المعادلة (1-34). إذا كان أنبوب التوزيع الفرعي يخدم أكثر من: 40% من مساحة قطاع الدورة الزراعية، فإن تدفقه مُناسبُ افتراضه مُساوٍ لتدفق قناة الدورة الزراعية، حيث يُحقق سقاية متطورة للحقول المُتعلقة به، هذا يعني أن: $Q^{BEX}{}_{HT} = Q_{HT}{}^{BEX.l}$.

يُحدد تصريف أنبوب التوزيع بالعلاقة الآتية:

$$Q_{HT}{}^{PT} = \frac{Q_{HT}{}^{BEX.l}}{n_{PT}} \qquad (1\text{-}48)$$

حيث: $[\frac{l}{s}]$;Q_{HT}^{Bb} – التصريف الصافي لأنبوب التوزيع ويتراوح بين: $60-150[l/s]$.

n_{PT} – عدد أنابيب التوزيع العاملة بالوقت ذاته. $[\frac{l}{s}]$;Q_{HT}^{PT} – التصريف الصافي للقناة القطاعية.

يُعطى تصريف أنبوب (خرطوم) السقاية بالعلاقة الآتية:

$$Q_{HT} = \frac{q_\sigma l_{nT}}{a} \qquad (1\text{-}49)$$

حيث: $[\frac{l}{s}]$;Q_{HT} – تصريف أنبوب السقاية. $[l/s]$;q_σ – تصريف المياه في بداية ثلم السقاية.

$[m]$;l_{nT} – طول أنبوب السقاية. $[m]$;a – المسافة بين أثلام السقاية.

يُحدد عدد أنابيب السقاية العاملة بالوقت ذاته بالعلاقة:

$$n_{nT} = \frac{Q_{HT}{}^{PT}}{Q_{HT}} \qquad (1\text{-}50)$$

إذا كانت قيمة: n_{PT} كسرية فيتم تدويرها إلى أقرب عدد صحيح، وثم يُحدد تصريف أنبوب السقاية بالعلاقة:

$$Q'_{HT} = \frac{Q_{HT}{}^{PT}}{n_{nT}} \qquad (1\text{-}51)$$

ويُصحح التصريف في بداية ثلم السقاية بالعلاقة:

$$q'_\sigma = \frac{Q_{nT} \cdot a}{l_{nT}} \qquad (1\text{-}52)$$

مثال: تتم السقاية من الشبكة المُركبة المُصممة في قطاع الدورة الزراعية II. حيث إن أنابيب التوزيع الخارجة من القنوات المرفوعة الزراعية الداخلية مُتوضعة وفق المُخطط الطولي. بينت الحسابات وفق تقنية السقاية أن: $m=1000[m^3/hr]; a=0.6[m]; l_\sigma=275[m]; q_\sigma=0.24[l/s]$. والتدفق الحسابي الصافي للقناة: P-1-2 التي تنقل المياه إلى القطاع الزراعي II: $Q^{CO}{}_{HT}=315[l/s]$. تخدم كل قناة توزيع مرفوعة: (BHXl-1;BHXk-2) لا يقل عن: $40\%F^{CO}$ من مساحة القطاع. في هذه الحالة: $Q^{BEX}{}_{HT}=Q^{CO}{}_{HT}=315[l/s]$.

وبفرض أن أربعة أنابيب توزيع تعمل في آن معاً فإن:

$Q^{PT}{}_{HT} = 315/4 = 78[l/s]$. تصريف خرطوم السقاية بطول: $200[m]$ يُساوي: $Q_{nw} = 0.24 \cdot 200/0.6 = 80[l/s]$.

يُلاحظ أن تصريف أنبوب التوزيع: PT وتصريف الخرطوم تقريباً متساويان، وبالتالي سيعمل بالوقت ذاته على كل أنبوب توزيع PT خرطوم واحد بتدفق: $78[l/s]$.

يبلغ تصريف ثلم السقاية: q'_σ عند طول: $l_{nw} = 200[m]$ القيمة: $78 \cdot 0.6/200 = 0.24[l/s]$، هذا يعني أن قيمة: q_σ بقيت ذاتها أو قريبة جداً منها.

التصاريف الكلية، ومُعامل كفاءة الأقنية والشبكات: تُقسم الأراضي المروية الكبيرة إلى مناطق استصلاحية مُنفصلة ذات الظروف الطبيعية والزراعية المُتطابقة. يتم اختيار مزارع نوعية من أجل كل منطقة استصلاحية. وتُحدد بالتفصيل التصاريف الكلية ومُعامل الكفاءة: KPD لشبكة التوزيع الزراعية في المزارع. فإذا تبينَ أن مُعامل الكفاءة أصغر من: 80%، عندها يجب التقليل من التسرب بإجراءات حماية لمنع التسرب من الشبكة الزراعية الداخلية أو استبدال القنوات الترابية بأقنية مرفوعة وبالأنابيب. يُفضل استخدام الأخيرة لأنها مناسبة أكثر عند الانحدارات الكبيرة، حيث تتطلب القنوات الترابية الدراسة مُسبقاً لإجراءات منع انجراف التربة.

في المزارع حيث الظروف الطبيعية والزراعية مُماثلة للمزارع النوعية، تُحدد التصاريف الكلية للموزعات الزراعية من خلال معامل الكفاءة لشبكة التوزيع الزراعية للمزرعة النوعية وعليها تُنشر جميع الإجراءات المدروسة من أجل قنوات المزارع النوعية.

تُحدد ضياعات المياه بالتسرب والتصاريف الكلية للقناة الرئيسية ولقنوات التوزيع البينية الزراعية بطول القطاع بين منشآت سحب المياه. لا تُوخذ عادةً بالحسبان ضياعات المياه بالتبخر لأن قيمتها صغيرة بالمُقارنة مع ضياعات المياه بالتسرب. إذا تبينَ أن ثابت التأثير المفيد لشبكة القناة الرئيسية ولقنوات التوزيع الزراعية البينية أصغر من: 80%، فإنه من أجلها تُختار أيضاً إجراءات حماية ضد التسرب.

تُحدد التصاريف الكلية بالتسلسل من القنوات الصغيرة حتى الكبيرة. يُجرى الحساب في المزارع النوعية من أجل الحالة الخاسرة، هذا يعني من أجل القنوات المعزولة والأكثر بعداً. يتم إيجاد التصاريف الكلية وفق المُخطط الحسابي المباشر من أجل المزارع النوعية ومن أجل القناة الرئيسية وأقنية التوزيع. تُبين القنوات العاملة بالوقت ذاته فقط (القنوات المرفوعة، والأنابيب) في المُخطط الحسابي للمزارع النوعية.

من أجل الشبكات العاملة دورياً والأقنية المرفوعة والأنابيب:

$$Q_{bp}^{K} = \frac{Q_K}{\eta_K} \qquad (1\text{-}53)$$

$$Q_{bp}^{C} = \frac{Q_{HT}}{\eta_C} \qquad (1\text{-}54)$$

من أجل المُوزعات العاملة دوماً:

$$Q_{bp} = Q_K + Q_n \qquad (1\text{-}55)$$

حيث: $Q_{bp}; Q_K; [l/s]; [m^3/s]$ – التصاريف الكلية في بداية ونهاية القناة أو في قطاعها.

$\eta_K; \eta_C$ – معامل الكفاءة للقناة ولشبكة القنوات.

$Q_{HT}; [l/s]; [m^3/s]$ – التصريف الصافي المنقول إلى الحقل.

$Q_n; [l/s]; [m^3/s]$ – الضياعات بالتسرب.

يُمكن تحديد ضياعات التسرب: $Q_n; [m^3/s ... 1km]$ في القنوات العاملة دائماً بالعلاقات الآتية:

١- وفق معادلة بافالوفسكي عند التوضع العميق لمنسوب المياه الجوفية:

$$Q_n = 0.0116 K_\Phi (B + 2h) \qquad (1\text{-}56)$$

حيث: $Q_n; [\frac{m^3}{s.km}]$ – ضياعات التسرب بالكيلومتر الطولي من القناة.

$K_\Phi; [m/day]$ – معامل نفاذية تربة مجرى القناة (ثابت تسرب التربة).

$B; [m]$ – عرض القناة وفق الخط العلوي للقناة.

$h; [m]$ – عمق المياه في القناة.

٢- وفق معادلة كوستياكوف:

$$Q_n = 0.0116 K_\Phi (b + 2vh\sqrt{1+m^2}) \qquad (1\text{-}57)$$

حيث: $K_\Phi; [m/day]$ – معامل نفاذية تربة مجرى القناة.

$b; [m]$ – عرض قاع القناة.

$h; [m]$ – عمق المياه في القناة.

$v = 1.1 - 1.4$ – معامل يأخذ بالحسبان التسرب الجانبي عبر جدران القناة.

m – ميل جوانب القناة.

٣- وفق معادلة أفريانف للتسرب في حال التوضع القريب للمياه الجوفية من سطح الأرض:

$$Q_n = 0.0116 a K_B \left(1 + 0.5\frac{H_K}{B}\right)(B + 2h) \qquad (1\text{-}58)$$

حيث: $H_K;[m]$ – الارتفاع الأعظمي للماء شعرياً.

$B;[m]$ – عرض القناة وفق الخط العلوي.

$h;[m]$ – عمق المياه في القناة.

K_B – معامل الناقلية المائية.

$$K_B = K_\Phi \left(\frac{W_1 - W_0}{m - W_0} \right)^{3.5} \qquad (1\text{-}59)$$

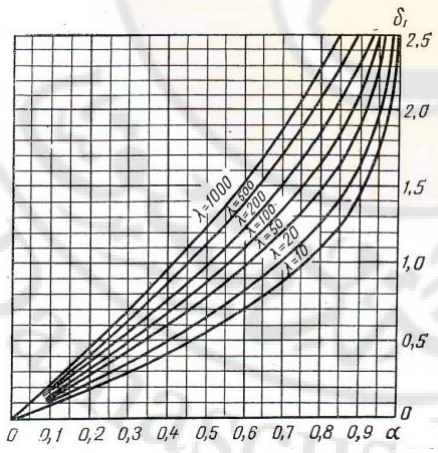
حيث: $K_\Phi;[m/day]$ – معامل النفاذية (ثابت التسرب).

W_1 – الرطوبة في التربة المُساوية للمسامات.

W_0 – السعة الرطوبية الشعرية الصغرى نسبةً لحجم التربة.

m – مسامة التربة %.

α – ثابت يأخذ بالحسبان عملية التسرب من القنوات بالعلاقة مع التركيب الحبي للتربة ومع خصائصها الفيزيائية، ويتعلق: $\lambda = \frac{L}{B}; \delta_1 = \frac{\Delta}{B}$ حيث: $\Delta;[m]$ – عمق منسوب المياه الجوفية في منصف المسافة بين الأقنية. و: $L;[m]$ – المسافة بين الأقنية. ويُحدد الثابت: α وفق المُخطط البياني المُبين في الشكل (1-13).



الشكل (1-13): تأثير منسوب المياه الجوفية على التسرب من القناة عند وجود التبخر من سطح المياه الجوفية.

٤ – **الضياعات:** يُمكن تحديد الضياعات المائية بالتسرب من أجل الأقنية العاملة بشكل مستمر بالعلاقة الآتية:

$$Q_n = \frac{Q_K \sigma l}{100} \qquad (1\text{-}60)$$

حيث: $[\frac{m^3}{s}]; Q_n$ – الضياعات المائية بالتسرب.

$\left[\frac{m^3}{sec/km}\right]; \sigma$– الضياعات بالتسرب للكيلو متر الطولي ويُقدر كنسبة مئوية من قيمة التصريف ويُحدد بالعلاقة الآتية:

$$\sigma = A / Q_K{}^m \qquad (1\text{-}61)$$

حيث: $A; m$ – ثوابت تتعلق بنفاذية التربة، وتُحدد حسب الجدول (1-13).

$[m^3/\sec]; Q_K$ – التصريف الصافي الأعظمي المار في القناة. المياه في القناة.

$[k.m]; l$ – قناة الري أو طول قطاعها.

الجدول (1-13): قيم الثوابت: $A; m$ وفق درجة النفاذية:

القيمة	درجة النفاذية		
	ضعيفة	متوسطة	شديدة
A	**0.7**	**1.9**	**3.4**
m	**0.3**	**0.4**	**0.5**

يُمكن أيضاً إيجاد الضياعات لكل واحد كيلو متر من طول القناة وفق الجدول المُنشأ وفق المُعادلة (1-60). نحصل على الضياعات الكلية: Q_n بضرب القيمة المأخوذة من الجدول بطول القناة الذي من أجله تُحدد الضياعات.

يجب تحديد النسبة المئوية لضياعات التسرب في القناة من أجل تحديد إجراءات الحماية وتخفيض قيم التسرب:

$$\alpha_1 = \frac{(\eta_1 - \eta)\cdot 100}{(1-\eta)} \qquad (1\text{-}62)$$

حيث: $\eta_1; \eta$ – مُعامل كفاءة القناة قبل استخدام الإجراءات، مُعامل كفاءة القناة بعد اتخاذ الإجراءات اللازمة لتقليل الضياعات.

يُمكن عدّ انخفاض ضياعات التسرب كنسبة مئوية من الضياعات الكلية من القنوات دون وجود إجراءات حماية. وعند الحسابات الأولية للأقنية وفق نفاذية التربة الوسطية ووفق إجراءات الحماية، يُشكل انخفاض ضياعات المياه من مجرى القناة المتراص النسبة: $70-80\%$ عند العمق الأكبر من: $0.5[m]$، ويُشكل انخفاض ضياعات المياه عند تشكيل ستائر متماسكة أسفل الجوانب الترابية وفي قعر القناة النسبة: $40-60\%$. ويُشكل انخفاض ضياعات المياه عند التغطية البيتونية الإسمنتية النسبة: $85-95\%$. ويُشكل انخفاض ضياعات المياه عند التغطية الطينية النسبة: $60-80\%$ وغيرها.

مثال: يجب تحديد التصريف الكلي ومعامل كفاءة القنوات والشبكة في قطاع الدورة الزراعية للقطن IV. وُضع المُخطط الحسابي المُباشر من أجل هذه الدورة الزراعية كما في الشكل (1-14).

يُؤخذ التصريف الصافي لأنبوب التوزيع للدورة الزراعية P-1-4 مساوياً: $300[l/\sec]$ (انظر الجدول: 8-1)، وتصريف أنبوب التوزيع القطاعي: $Q_{HT}^{y} = 300/2 = 150[l/\sec]$، وتصريف قناة الري المؤقتة: $Q_{HT}^{o} = 150/2 = 75[l/\sec]$.

تعمل قنوات الري المؤقتة وأنابيب التوزيع الفرعية دورياً، لذلك تُحدد تصاريفها الكلية وفق العلاقات (1-53;1-54).

التصريف الكلي لقناة الري المؤقتة:

$$Q_{bp}^{o} = Q_{HT}^{o} / \eta_0 \qquad (1\text{-}63)$$

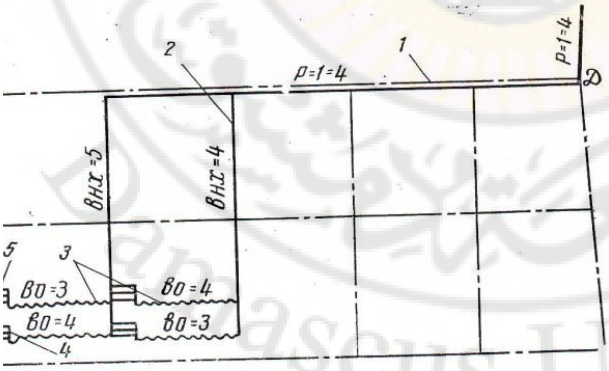
مع الأخذ بالحسبان بعض إجراءات بسيطة للحماية من التسرب: $\eta_0 = 0.95$. عندها يكون: $Q_{bp}^{o} = 75/0.95 = 78[l/\sec]$.

التصريف الكلي ومعامل الكفاءة (ثابت التأثير المفيد) لأنبوب التوزيع الفرعي:

$$Q_{bp}^{y} = Q_{HT}^{y} / \eta_c^{y}; \eta_c^{y} = \eta_0 \eta_k^{y} \qquad (1\text{-}64)$$

حيث: η^{y} – معامل الكفاءة للموزع الفرعي.

فإذا كان: $\eta_k^{y} = 0.9$ فإن: $\eta_c^{y} = 0.95 \cdot 0.9 = 0.86; Q_{bp}^{y} = 150/0.86 = 174[l/\sec]$.

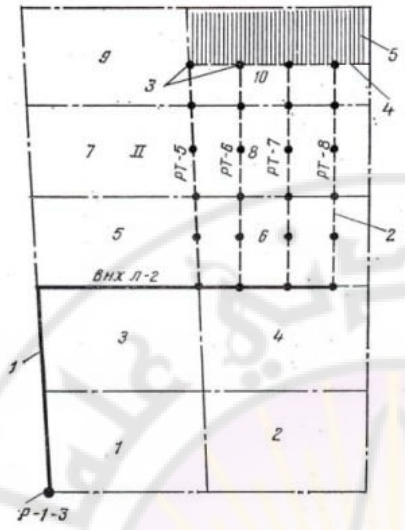


الشكل (1-14): مُخطط شبكة ري قطاع الدورة الزراعية IV: ١و٢– قناة الدورة الزراعية والقناة الداخلية الزراعية (قطاعية)، ٣– قناة توزيع، ٤و٥– أثلام الصرف والسقاية.

يُحدد التصريف الكلي لأنبوب التوزيع للدورة الزراعية: P-1-4 وفق العلاقة (1-55).

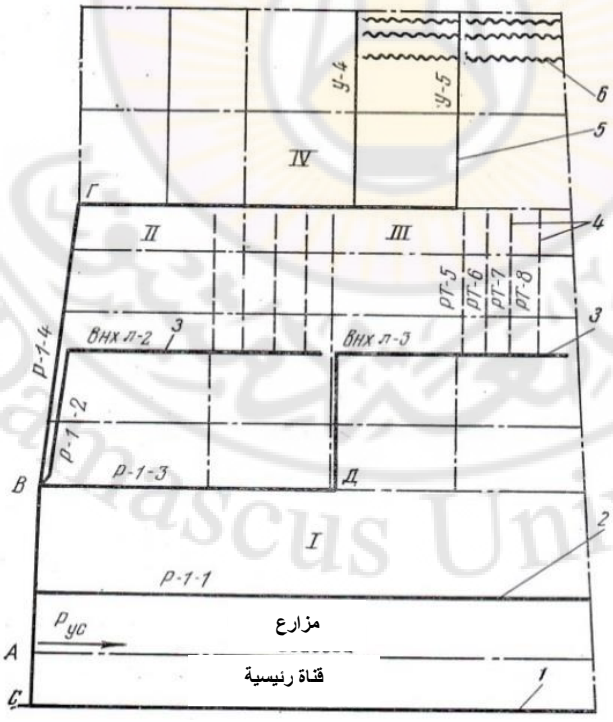
القنوات في المجرى الأرضي – دون حرف:l.

يبين الشكل (1-15) أنابيب التوزيع الفرعية وقنوات الري المؤقتة العاملة بالوقت ذاته.



الشكل (1-15): مُخطط شبكة الري في قطاع الدورة الزراعية: II.
١–قناة زراعية داخلية مرفوعة، ٢– أنابيب توزيعية، ٣– صنابير، ٤و٥– خراطيم وأثلام سقاية.

نبدأ بتحديد التصريف الكلي من نهاية قطاع أنبوب التوزيع أي الفرعي: 2-1. وتُحسب ضياعات التسرب من القنوات بالتطابق مع مُخطط الشبكة، ويُحدد التدفق: Q_{bp} لجميع القنوات الشكل (1-16).



الشكل (1-16): مُخطط شبكة الري: ١– الأقنية الرئيسية، ٢– الأقنية المرفوعة للدورات الزراعية، ٣– الأقنية الزراعية الداخلية المرفوعة، ٤– أنابيب التوزيع، ٥– أقنية التوزيع القطاعية، ٦– أقنية الري المؤقتة.

يُحدد في القطاع IV تدفق القناة: Q_{bp} للدورة الزراعية. وسيكون التصريف في نهاية أنبوب التوزيع P-1-4 مُساوياً مجموع تصاريف القطاعات:5-4.

$$Q_k^{P-1-4} = 174 \cdot 2 = 384[l/\sec]; Q_n^{P-1-4} = 8.8 \cdot 2 = 17.6[l/\sec]$$

$$Q_{bp}^{P-1-4} = Q_k^{P-1-4} + Q_n^{P-1-4} = 384 + 17.6 \cong 366[l/\sec]$$

يُحدد معامل الكفاءة للشبكة في قطاعات الدورات الزراعية:

$$\eta_c^{co} = Q_{HT}^{co} / Q_{bp}^{co}; \eta_c^{P-1-4} = 300/366 = 0.82 \qquad (1\text{-}65)$$

القيمة الناتجة لمُعامل كفاءة القناة أصغر من المسموح بها، هذا يعني يجب اتخاذ بعض الإجراءات لمنع التسرب في الأقنية أو تصميم شبكة ري أكثر تطوراً. من الصعب تحقيق التصميم الأخير بسبب الميول القليل. لذلك تم اتخاذ بعض الإجراءات لمنع التسرب في الشبكة IV لقطاع الدورة الزراعية. ويُجرى رص التربة في قنوات الري المؤقتة، وتكسيتها بشرائح من الإسمنت المسلح أو من القطع البيتونية المتينة في الموزعات الزراعية الداخلية، وهذا ما رفع معامل الكفاءة للشبكة في قطاع الدورة الزراعية حتى: 0.9 . تُستخدم أنابيب مُغلقة من الأسبستوس الإسمنتي في قطاعات الدورة الزراعية II,III بدلاً من قنوات الري المؤقتة وتُعطى المياه إلى أثلام السقاية من الأنابيب المرنة. بالإضافة إلى منع تسرب المياه من القنوات، لا بُد من الحذر من تعريتها. تُصمم كامل شبكة التوزيع من القنوات المرفوعة، ولا تتعرض معظم الموزعات القطاعية للتعرية، لكن من أجل السقاية من الشبكة المُغلقة يجب أن يتجاوز منسوب المياه فيها سطح الأرض بمقدار: $0.8-1[m]$ مما يسمح بتحقيقه فقط باستخدام القنوات المرفوعة.

$$Q_n^l = 0.01 Q_k^l l^l \qquad (1\text{-}66)$$

$$Q_{bp}^l = Q_k^l + Q_n^l \qquad (1\text{-}67)$$

حيث: $Q_k^l; [m^3/s]$ – التصريف في نهاية القناة المرفوعة.

$l^l; [k.m]$ – طول القناة.

بهذا الشكل: $Q_{bp}^{P-T} = 78/0.98 \cong 80[l/s]$.

$$Q_{bp}^{BHX.l} = (80 \cdot 4) + 0.01 \cdot (80 \cdot 4) \cdot 2.1 = 320 + 6.7 \cong 327[l/s]$$

$$\eta_C^{BHX.l} = 310/327 = 0.95$$

ثم نُحدد التصريف الكلي لجميع قنوات الشبكة في أرض الري ومعامل الكفاءة الكلي للشبكة. بمُطابقة المُخطط الحسابي للشبكة أانظر الشكل(1-16)، نحصل على قيم التصاريف

الصافية للقنوات، الجدول (14-1).

الجدول (14-1): قيم التصاريف الكلية للأقنية:

القطاع	القناة	تدفق القنوات: $[l/s]$			
		الصافي	في نهاية القناة	الكلي	
IV	P-1-4(G)	300	322	321	384
	P-1-4	300	-	336	405
III	P-1-3(D)	310	-	326	390
	P-1-3	315	333	347	408
II	P-1-2	310	-	326	390
I	P-1-1	245	-	250	300
الزراعة	Pyc	100	-	110	130
المزرعة	P-1(b-A)	925	1008	1050	1260
	b-A	1170	1300	1345	1740
	A-C	1270	1455	1500	1800
	MK	-	14000	14400	15600

عند تحديد التصاريف الكلية للقناة P-1-4 تم الأخذ بالحسبان بعض إجراءات منع التسرب وعُدّ مُعامل كفاءة الشبكة مُساوياً: 0.9. كما أُعتبر مُعامل كفاءة القطاعات I,III مُساوياً: 0.95. ومعامل كفاءة القطاعات المزروعة: 0.93، ونتيجة ذلك كان التصريف المستمر لقطاع القناة الرئيسية مُساوياً: $12.5;[m^3/s]$.

يُحدد مُعامل الكفاءة الري اعتماداً على معلومات الجدول (9-1): ويُعطى بالعلاقة $\eta_C^{P-1}=1270/1500=0.85$، مما يعني أنه أكبر من الحد الأصغري المسموح به: 0.8.

معامل كفاءة القناة الرئيسية: $\eta_K^{T.K}=14.0/14.4$ عند طول: $4.4[k.m]$، وهذا يعني أنه يقع في الحدود المسموح بها. وإجراءات منع التسرب في القناة الرئيسية غير ملائمة.

تُحدد قيمة التسرب من المُعادلة الآتية:

$$Q_\Phi = K_\Phi Q_H \qquad (1\text{-}68)$$

حيث: K_Φ – معامل النفاذية.

$Q_H;[m^3/s]$ – التصريف الأعظمي الكلي.

يُستخدم مُعامل النفاذية وفق العلاقة بالتدفق. **كمثال:** يُساوي من أجل القناة الرئيسية والموزعات البينية الزراعية القيمة: $K_\Phi=1.1$، ويُساوي من أجل الموزعات الزراعية والدورة الزراعية القيمة: $K_\Phi=1.2$. ولا يُحسب تصريف المياه في الموزعات الزراعية الداخلية. بشكلٍ

مماثل تُحسب التصاريف الأصغرية الكلية من التصاريف الأعظمية الكلية من القناة الرئيسية.

تُحدد العناصر الهيدروليكية للقناة كارتفاع منسوب المياه فيها فوق منسوب المياه في القناة الصغيرة عند التدفق: Q_{Φ} وفقاً للتصريف الأعظمي الكلي. وكذلك ارتفاع الجوانب الترابية والضفاف فوق منسوب المياه في القناة بحسب كمية المياه المُتسربة ووفق السرعة المسموح بها التي لا تُحدث انجراف للتربة.

١-٩- الحساب الهيدروليكي لشبكة الري:

حُسبت في المشروع بعض عناصر شبكة الري: خراطيم السقاية المرنة، وأنبوب توزيع المياه تحت سطح التربة، وقنوات التوزيع المرفوعة الزراعية والزراعية الداخلية، وقطاع القناة الرئيسية في المجرى الترابي.

خراطيم السقاية المتنقلة: تُعطى المياه إلى أثلام السقاية من أنابيب – خراطيم السقاية المرنة المتنقلة، حيث يُعطى قطر الخرطوم:

$$d = 1.13\sqrt{\frac{Q_{nT}}{v_{Don}}} \qquad (1\text{-}69)$$

حيث: $Q_{nT};[m^3/s]$ – تصريف أنبوب السقاية.

$v_{Don};[m/s]$ – سرعة الجريان المسموح بها في أنبوب السقاية.

تُقرّب النتائج الحاصلة إلى أقرب قيمة معيارية (استندر) $(100;150;200;250;300;[mm])$.

يُقدر قطر ثقوب خراطيم السقاية: $[m]$ ويُحدد من العلاقة الآتية:

$$d_o = \sqrt{\frac{q_\sigma}{(3.48\mu\sqrt{h})}} \qquad (1\text{-}70)$$

حيث: $q_\sigma;[m^3/s]$ – تصريف مياه السقاية إلى الثلم.

$h;[m]$ – الضغط البيزومتري المؤثر.

μ – معامل تدفق الثقب، من أجل الخراطيم المرنة ذات الثقوب الصغيرة يُؤخذ: $\mu = 0.6$.

من أجل حساب خرطوم السقاية في الحقول: 10...5 يوجد: خرطوم من البولي إيتلين بطول: $200[m]$، والتدفق في بدايته: $Q_{nT} = 78;[l/s]$، وتصريف الثلم: $q_\sigma = 0.24;[l/s]$. وسرعة الجريان المسموح بها في الخرطوم: $1.3;[m/s]$، وعندها يُحسب قطر خرطوم السقاية كما يلي:

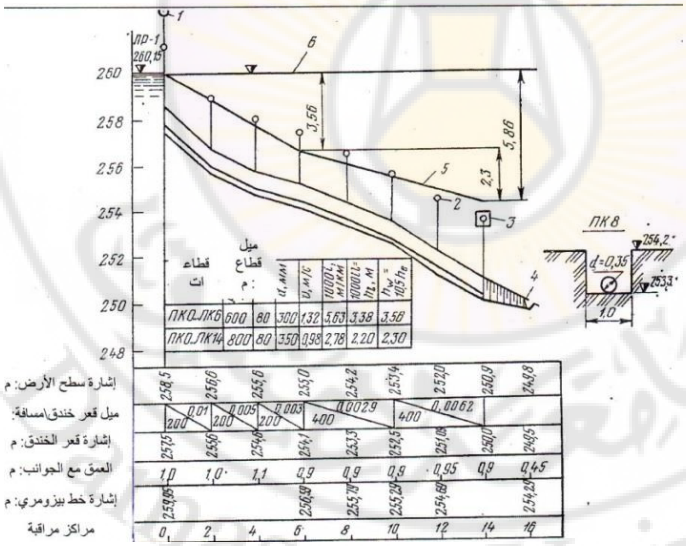
$$d = 1.13\sqrt{\frac{0.078}{1.3}} = 0.277[m] \approx 277[mm]$$

نختار قطر نظامي متوفر لخرطوم السقاية وهو: $300[mm]$.

أم قيمة الضغط البيزومتري فوق مراكز الثقوب اللازم من أجل تغذية الأثلام بالمياه فهي: $d_{nT} = 2.7 \cdot 300 = 81[mm] = 0.81[m]$ (2.5....3)، وبذلك يكون قطر ثقوب السقاية مُساوياً:

$$d_o = \sqrt{\frac{0.00024}{3.84 \cdot 0.6 \cdot \sqrt{0.8}}} = 0.01130[m] \approx 0.12[mm]$$

أنبوب التوزيع: تُستخدم أنابيب من الأسبستوس الإسمنتي تحت سطح التربة بطول: $1000....2500[m]$ والصنابير في جودة أنابيب التوزيع، المُثبتة على مسافة تُطابق طول أثلام السقاية. تُوصل خراطيم السقاية المتنقلة إلى الصنابير. ويجب ألايقل عمق توضع أنبوب التوزيع عن: $0.6[m]$. يبين الشكل (17-1) الشكل الجانبي الطولي لأنبوب التوزيع PT-13.



الشكل (17-1): المقطع الطولي الجانبي لأنبوب التوزيع PT-13: ١- مخرج المياه إلى أنبوب التوزيع، ٢- صنبور، ٣- بئر صرف مع صنبور، ٤- نفق، ٥- خط الضغط البيزومتري، ٦- خط الضغط الستاتيكي.

وفق قيمة $Q_{bp}^{P-T} = 78/0.98 \cong 80[l/s]$ ووفق الجدول أو الخطوط البيانية من أجل الحساب الهيدروليكي للأنابيب يُختار قطر أنبوب التوزيع وتُحدد ضياعات الضغط لطول: $1[k.m]; (1000i)$ والسرعة الوسطية لجريان المياه. عند ذلك يجب أن يكون الضغط البيزومتري المُؤثر في كل صنبور: H_r أكبر من الضغوط المطلوبة من أجل العمل الطبيعي لأنابيب السقاية، مُضافاً إليها ضياعات الضغط في صنابير – خروج المياه: h_W^r:

$$H_r \geq h_n + h_W^r \qquad (1\text{-}71)$$

حيث: h_n – الضغط المطلوب في بداية أنبوب السقاية: $h_n = 2...3$ من قطر أنبوب السقاية.

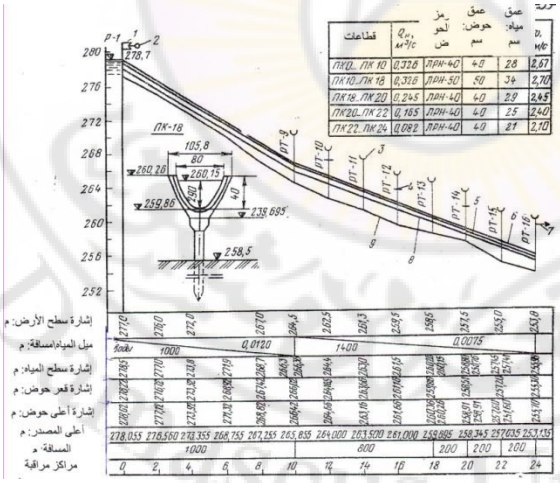
h_W^r – ضياعات الضغط في الصنبور: $h_W^r = 0.15 - 0.2[m]$.

بمعرفة طول الأنبوب: $l_{P.T}; [k.m]$ نجد ضياعات الضغط على كامل طول الأنبوب: $h_l = 1000 i l_{P.T}$.

أما الضياعات الموضعية في الأنابيب فتتراوح قيمتها بحدود: $h_M = 5....10\%$ من قيمة ضياعات الضغط الطولية. عندها يكون مجموع الضياعات مُساوياً: $h_W = h_l + h_M$.

مثال: يُطلب تحقيق الحساب الهيدروليكي لأنبوب التوزيع PT-13 انظر الشكل (1-17)، والذي يبلغ تصريفه: $Q_n^{P-T} = 80[l/s]$ وطوله: $l_{P.T} = 1.4[k.m]$.

بفرض أن قيمة الضغط الأصغري في بداية أنبوب التوزيع: $H^{\min} = 0.65[m]$ لأنبوب سقاية قطره: $d_{nT} = 300[mm]$، والضغط الأعظمي: $H^{\max} = 1.1[m]$. ويجب أن تكون أيضاً مثل هذه الضغوط مُحققة في أيٍ من الصنابير وفق طول أنبوب التوزيع PT، وكذلك يجب أن يكون منسوب المياه في قناة التوزيع المرفوعة BHXl-2 في PK13 وفي PK15 الشكل (1-18) في موضع خروج المياه إلى أنبوب التوزيع PT-13 أعلى من سطح الأرض:



الشكل (1-18): المقطع الطولي الجانبي لقناة التوزيع المرفوعة BHXl-2 في قطاع الدورة الزراعية II: ١- مخرج المياه إلى قناة التوزيع المرفوعة، ٢- عداد مياه، ٣- مخرج المياه إلى أنبوب التوزيع، ٤- مُنشآة حجز المياه، ٥- منسوب المياه، ٦- الجزء العلوي للقناة المرفوعة، ٧- الصرف النهائي، ٨- قعر القناة، ٩- منسوب الأرض.

$$\nabla H = H^{\max} + h_W^{PT} = 1.1 + 0.2 = 1.3[m]$$

حيث: $h_W^{PT}; [m]$ – ضياعات الضغط عند مخرج المياه من القناة إلى أنبوب التوزيع PT-13.

يتغير قطر أنبوب التوزيع وفق طوله من أجل تحقيق الضغوط المطلوبة على الصنابير في حال تغير التدفق وفق طول أنبوب التوزيع PT.

تجري المياه من أنبوب التوزيع PT-13 إلى خرطوم سقاية واحد في المثال المدروس. وبالتالي لا يتغير تدفق أنبوب التوزيع PT على كامل طوله: $Q_n^{P-T} = 80[l/s]$.

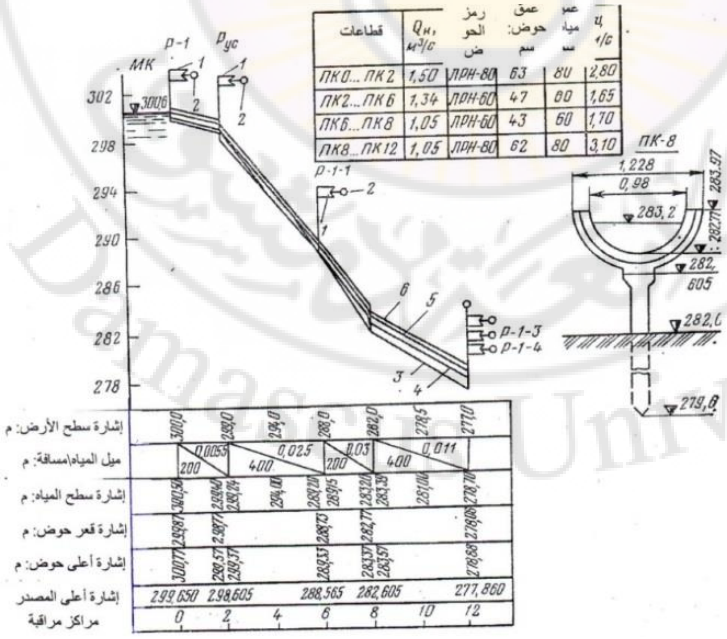
يتخامد الضغط الزائد بواساطة السقاطات المُنزلقة في الصنابير. تُستخدم مواسير الأسبستوس الإسمنتي المُرتبطة ببعضها بعضاً بواساطة القارنات من أجل أنابيب التوزيع.

المقطع الطولي الجانبي، والمقاطع العرضية والحساب الهيدروليكي لشبكة الري المكشوفة:

تُحدد مراكز مراقبة وفق خط ميل تدرج القناة من أجل رسم المقطع الطولي الجانبي لها كل: $100;[m]$. ومن أجل اختصار العمل الحسابي تُحدد الإشارات على الأرض كل: $200;[m]$ من أجل قنوات التوزيع الزراعية الداخلية، وكل: $500;[m]$ من أجل القناة الرئيسية. تُختار الإشارات الموضعية في المراكز والنقاط الموجبة من المخطط الأفقي وتُمثل على المقطع الطولي الجانبي. ولا يجب إنشاء الشكل الجانبي وفقاً لإشارات خط القناة المتقاطع مع الأفق، لأننا نحصل على مسافة غير نظامية بين المراكز، وهذا يزيد من صعوبة الحسابات لحجوم الأعمال الأرضية.

تُرسم المقاطع الطولية الجانبية بالمقاييس: الأفقي بمقياس: $\frac{1}{10000};\frac{1}{20000}$

والشاقولي بمقياس: $\frac{1}{100};\frac{1}{200}$ الشكل (19-1).



الشكل (19-1): المقطع الطولي الجانبي لقناة التوزيع المرفوعة: P-1: ١- خروج المياه إلى القناة المرفوعة، ٢- عدّاد مياه، ٣- منسوب الأرض، ٤- قعر القناة المرفوعة، ٥- منسوب المياه في القناة، ٦- الجزء العلوي للقناة المرفوعة.

تُجرى الحسابات الهيدروليكية من أجل التصريف الأعظمي الكلي: Q_H الذي وفقه تُحدد أبعاد القناة المرفوعة وارتفاع منسوب المياه فيها فوق القنوات الصغيرة عند قيمة التسرب: Q_Φ. يتم التحقق من القناة وفق قيم التسرب التي تُسبب انجراف، والقيم الأصغرية التي لا تُحدث ترسب. تُوضع الإشارات المطلوبة للتحكم بمنسوب المياه في القنوات عند التدفقات النظامية على المقاطع الطولية الجانبية في مواقع خروج المياه. ونحصل على ميل المياه: i_B من مناسيب المياه الملحوظة عند مواقع خروج المياه.

يجب قبل الحساب الهيدروليكي من أجل إنشاء القنوات في المجرى الترابي التحقق من نوع التربة ومتانتها وتجانسها وتماسكها النوعي الحسابي من أجل التربة الطينية أو القطر الوسطي لجزيئات التربة غير المتماسكة، وزاوية الانحراف الطبيعية عند إشباعها الكامل بالمياه. يُحدد ثابت الخشونة: n بحسب قدرة القناة على تمرير المياه وبمواصفات عمل القناة (استمراراً أو دورياً). تُستخدم ثوابت الميل الجانبي للقنوات في التربة الجافة: m_1 وفي التربة الرطبة: m تبعاً لتصريف المياه، وبزاوية الانحراف الطبيعية للتربة، وبأسلوب إجراء العمل وبمواصفات القناة. يُستخدم عرض الجوانب الترابية من الأعلى: a وفق العلاقة بتدفق المياه في القناة مع الأخذ بالحسبان متطلبات أعمال المكننة وشروط استثمار القناة وصيانتها. يُحدد ارتفاع الجوانب والضفاف الترابية فوق منسوب تدفق التسرب: δ وفق العلاقة بالتصريف وبالمعايير المُستخدمة لمنع التسرب.

تتحقق الحسابات الهيدروليكية للقنوات عند الحركة المنتظمة للمياه وفق العلاقة الآتية:

$$Q_H = \omega_1 v = \omega C\sqrt{Ri_B} \qquad (1\text{-}72)$$

حيث: $Q_H;[m^3/s]$ – التصريف الحسابي في القناة.

$\omega;[m^2]$ – مساحة المقطع الفعال المُرطب (المبلول) للقناة.

$R;[m]$ – نصف القطر الهيدروليكي.

i_B – ميل مسار القناة (سطح المياه في القناة).

$v;[m/s]$ – سرعة الجريان الوسطية لحركة المياه في القناة.

C – ثابت السرعة الذي يُحدد بأسلوب الباحث بافالوفسكي أو أكروسكين.

نجد سرعة عدم الانجراف المسموح بها مع الأخذ بالحسبان تجانس التربة ومحتوى المياه من الجزيئات الطينية.

السرعة الحرجة التي تُؤدي إلى ترسب المواد المحمولة مع المياه:

$$v_{KP}^{z} = AQ^{0.2} \qquad (1\text{-}73)$$

حيث: $A = 0.33$ – ضخامة الرواسب الهيدروليكية عندما تكون سرعة: $W \langle 1.5[mm/s]$، و: $A = 0.44$ عندما تكون: $W = 1.5...3.5[mm/s]$ و: $A = 0.55$ عندما تكون: $W \rangle 3.5[mm/s]$.

القدرة الانتقالية للقناة الرئيسية: $[kg/m^3]$:

$$\rho_K = \frac{700v}{W_0}\sqrt{\frac{Riv}{W}} \qquad (1\text{-}74)$$

حيث: $W_0 = W$ – سرعة انتقال الرواسب، عندما: $W \rangle 2[mm/s]$. و: $W_0 = 2$ عندما: $W \le 2[mm/s]$.

$v;[m/s]$ – سرعة الجريان الوسطية لحركة المياه في القناة.

$R;[m]$ – نصف القطر الهيدروليكي.

i_B – ميل سطح المياه في القناة.

إذا كانت قدرة انتقال المواد المحمولة في القناة الرئيسية أكبر من تلوث المياه في النهر، فإن الانسداد لن يحدث، وإذا كانت أصغر يجب وضع حوض أو مُجمع ترسيب أو وضع أجهزة لالتقاط الرواسب في منشآة السحب الرئيسية.

يجب إجراء الحساب الهيدروليكي بدءاً من القنوات الصغيرة ثم الكبيرة. عند ذلك يجب إيجاد: $v;h_H;b$ من أجل التصريف الحسابي: Q_H والميل الملحوظ: i_B الذي يستخدم القيم: m و: n. يجب اختيار عرض القناة نظامياً. ثم يُحدد عمق المياه وسرعتها عند: $Q_\Phi;Q_{\min}$.

إذا كانت تصاريف القنوات مُتغيرة أي إنّ الجريان غير مُنتظم وفق الطول فإنه غالباً وفق شروط التحكم بمنسوب المياه يُستخدم عمق الامتلاء ثابتاً أو يُزاد بمقدار: $5...10[cm]$ عن الجزء العلوي نسبةً للجزء السفلي. وسيُصبح عندها عرض القناة مُتغيراً أو غير مُنتظم.

يجب مقارنة السرعة: v_Φ مع السرعة المسموح بها التي لا تُسبب انجرافاً: v_D^P، والسرعة عند التصريف الأصغري: $Q_{\min}$ مع السرعة الحرجة: v_{KP}^{z} التي لا تُحدث ترسّباً للمواد المحمولة. يجب أن تُحقق السرع الناتجة المتراجحة التالية:

$$v_\Phi \langle v_D^P; v_{\min} \rangle v_{KP}^{z}$$

إذا حُققت هذه الشروط فإنه يُمثل على المقطع الطولي الجانبي خط القعر، وأعلى الجوانب الترابية وإشاراتها على قطاع القناة المحسوب أو المُعتبر:

$$\nabla_D = \nabla_B - h_H; \nabla_{DAM} = \nabla_D + h_\Phi + \delta \qquad (1\text{-}75)$$

حيث: $\nabla_D;[m]$ – منسوب قعر القناة.

$\nabla_B;[m]$ – منسوب المياه.

$\nabla_{DAM};[m]$ – منسوب أعلى الجوانب الترابية.

$h_H;[m]$ – عمق امتلاء القناة عند التصاريف النظامية.

$h_\Phi;[m]$ – عمق امتلاء القناة عند قيم التسرب.

$\delta;[m]$ – الاحتياطي العلوي للجوانب الترابية أو للضفاف فوق منسوب التسرب.

يجب تغيير الميل الطولي للقناة في الحدود المسموح بها دون إنشاء انخفاضات أو جريانات سريعة على القناة إذا كانت سرعة المياه في القناة عند التدفق: Q_Φ أكبر من المسموح بها على الانجراف، أو إذا كان ذلك غير كافٍ فإنه يُنقص الميل الطولي بوساطة الانخفاضات أو الجريانات السريعة. وتُزاد السرعة المسموح بها على الانجراف بإنشاء تكسية متينة للقناة. يُستخدم الحل بالاعتماد على المقارنة التقنية الاقتصادية للحلول المُقترحة. يجب تحقيق شرط التحكم بمنسوب المياه في القناة عند جميع السرع المُتغيرة. إذا أظهرت الحسابات ضرورة تخفيض ميول القناة بإنشاء الانخفاضات أو بالجريانات السريعة، فإنه يُستخدم بينها مثل هذه الميول التي من أجلها تكون السرعة الوسطية قريبة من المسموح بها على الانجراف. إذا كانت الأعماق الناتجة للمياه عند التدفق: $Q_{\min}$ لا تُحقق التحكم بالمنسوب، فإنه يجب رفع إشارة القاع ورفع منسوب التدفق النظامي والأصغري حتى المطلوب أو تُثبت مُنشآت مائية استنادية في مواقع سحب المياه التي تُحقق التحكم بمنسوب المياه عند التدفقات الأصغرية.

يُظهر المقطع الطولي الجانبي ما يلي:

١- مراكز المراقبة والمسافة بينها، نقاط انعطاف أو تحول ميل القاع المُصمم ومخارج المياه ... الخ.

٢- منسوب سطح الأرض، وقاع القناة، ومنسوب المياه عند مرور التدفق النظامي، وارتفاع الجوانب الترابية والضفاف.

٣- تكون مناسيب القاع ومنسوب المياه في الانخفاضات عند وجودها، كما في الحوض السفلي أيضاً في الحوض العلوي.

٤- يكون منسوب المياه في القناة في بداية المقطع الطولي الجانبي للقناة الكبيرة كالتالي:

$$\nabla_{CT} = \nabla_{ML} + Z \qquad (1\text{-}76)$$

حيث: ∇_{ML} – منسوب المياه في القناة الكبيرة. $Z = 5...10[cm]$.

٥- كل من الميول الطولية التصميمية لمنسوب المياه ولقاع القناة والمسافة التي عليها تتملك هذه الميول أهمية بالغة.

٦- تُعطى جميع البارامترات الحسابية للقناة: التدفقات، عمق المياه، عرض القاع، الميل الجانبي، عرض الجوانب الترابية، سرع المياه (في جداول).

٧- إن المقاطع العرضية للقناة الأكثر شيوعاً هي عند مراكز مراقبة معينة ومنسوب المياه عند التدفقات: $Q_{\min}; Q_{\Phi}; Q_H$ وأبعاد القناة.

٨- تُظهر الشروط الجيولوجية من أجل القنوات الكبيرة ومُخطط ميلها.

٩- تُستخدم المقاطع العرضية لقنوات الري المؤقتة ولأثلام التوزيع. ولا يتم التحقق من سرعة المياه على الانجراف في قناة الري المؤقتة عند التدفقات حتى: $60[l/s]$ والميول الطولية حتى: 0.005، لأنه بهذه الحالة لن يحصل انجراف للتربة في قناة الري المؤقتة. يجب الحساب عند الميول الأكبر التي تتجاوز القيمة: 0.005.

قنوات التوزيع المرفوعة: تُحسب الموزعات القطاعية المرفوعة وموزعات الدورة الزراعية المرفوعة نفرض أن الجريان فيها منتظم وبفرض أن معامل الخشونة: $0.015....0.013$.

يُعطى التصريف المار في الموزعات المرفوعة بالعلاقة الآتية: $[m^3/s]$:

$$Q_H = \omega C\sqrt{Ri_B} \qquad (1\text{-}77)$$

تُحدد أبعاد المقطع العرضي للقناة بشكل قطع مُكافئ بالعلاقة الآتية:

$$\omega = (2/3)Bh_H; R = \omega/x \qquad (1\text{-}78)$$

حيث: $h_H - [m]$؛ ارتفاع الماء في القناة الحوضية المرفوعة.

$B - [m]$؛ عرض سطح الماء في المقطع العرضي: h_H.

$x - [m]$؛ مُحيط الترطيب (المبلول): $x = Ah_H$.

$$A = \frac{\alpha^2}{8}\left[\frac{4}{\alpha}\sqrt{1+\frac{16}{\alpha^2}} + \ln\left(\frac{4}{\alpha}+\sqrt{1+\frac{16}{\alpha^2}}\right)\right]; \alpha = \frac{B}{h_H} \qquad (1\text{-}79)$$

تُحدد الميول وفق منسوب المياه الذي يُحقق التحكم المطلوب في مثل هذه الحسابات، بحيث يكون منسوب المياه في القناة الصغيرة أسفل من منسوب المياه في القناة الكبيرة بمقدار: $5....10;[cm]$ من قيمة الضياعات في المُنظم المُعاير. ويتعلق منسوب المياه في قناة التوزيع المرفوعة بالضغط البيزومتري المطلوب في بداية أنبوب نقل المياه المُغلق عند تغذية المياه من القناة المرفوعة إلى الأنبوب المُغلق. ويتم إيجاد المواصفات الهيدروليكية وفق المُخططات البيانية

المُطابقة.

مثال: المطلوب تصميم قناة التوزيع المرفوعة: P-1. والتي تصريفها الحسابي النظامي: $1500;[l/s]$. ومنسوب المياه في بدايتها P-1 هو: $10;[cm]$ أسفل منسوب المياه في القناة الرئيسية: $300.6-0.1=300.5;[m]$. ويُحدد عمق الامتلاء: h_H في القناة المرفوعة وفق التدفق والميل أنظر الشكل (1-19) ووفق قطاع القناة باستخدام الاحتياطي من أعلى القناة حتى المنسوب الحسابي: $0.1...0.2;[m]$ ولأنّ ارتفاع القناة يجب أن يكون نظامياً: $0.5,0.6,...1.2;[m]$.

بهذا الشكل تُصمم القناة المرفوعة الزراعية الداخلية BHXl-2، التي تسحب المياه من قناة التوزيع المرفوعة P-1 في قطاع الدورة الزراعية II. والتي تصريفها يُساوي: $326;[l/s]$. ويُؤخذ منسوب المياه في بداية القناة BHXl-2 بمقدار: $20;[cm]$ أسفل من منسوب المياه في الموزع P-1.

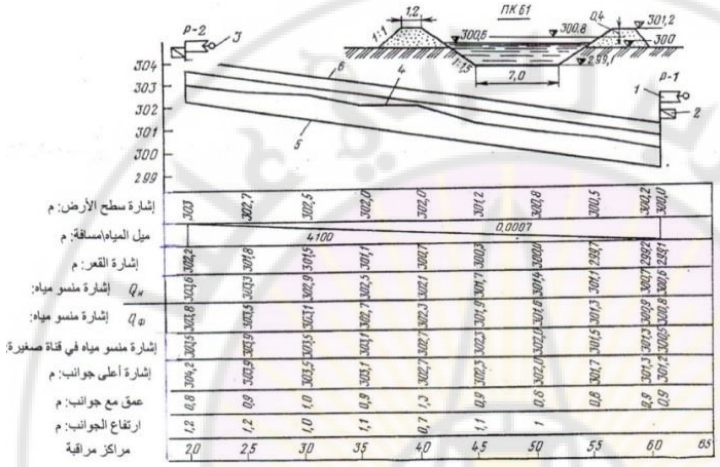
يجب أن يكون ميل سطح المياه بحيث أنه على كل مخرج للمياه في قناة التوزيع PT يتحقق ما يلي: $h^r=0.15...0.2;[m]$، ولا يتجاوز الارتفاع الكلي للقناة المرفوعة فوق سطح الأرض: $2;[m]$ (انطلاقاً من الاستثمار الملائم للشبكة). يجب عند التصميم أن يتحقق العدد الأصغري لقطاعات القناة وبميول مختلفة. ولحساب القناة الرئيسية لا بُد من الأخذ بالحسبان شروط عدم الترسيب وكذلك عدم الانجراف، وأن ميل القناة الرئيسية عند التصميم يُساوي: $i_B^{MK}=0.0007$. وأن ثابت الخشونة يُساوي: $n=0.0225$، وأن ميل الجوانب: يُساوي الميل الداخلي: $m=1.5$ والميل الخارجي: $m_1=1$، وأن عرض الجوانب الترابية من الأعلى يُساوي: $a=1$، وأن ارتفاع ضفاف الجوانب الترابية فوق منسوب المياه المتسربة يُساوي: $\delta=0.4[m]$. تُبين نتائج الحساب في الجدول (1-15):

الجدول (1-15): النتائج الحسابية لقنوات التوزيع المرفوعة:

القطاع	Q_H	Q_Φ	i_B	n	m	$b,[m]$	
	$[m^3/s]$						
NK20…NK31	**14.4**	**15.6**	**0.0007**	**0.0225**	**1.5**	**7.0**	
القطاع	β_H	h_H	h_Φ	v_H	v_Φ	v_{KP}^2	v_D^P
				$[m/s]$			
NK20…NK31	**5.0**	**1.4**	**1.6**	**0.9**	**1.0**	**0.75**	**1.29**

تُحدد السرعة المسموح بها التي لا تُسبب انجرافاً وبفرض محتوى جزيئات الطين في

الماء الجاري أكبر من: $0.1[kg/m^3]$، معامل التماسك النوعي للتربة الثقيلة للقناة الرئيسية: $C = 0.125$ ، وثابت التصحيح من أجل القناة الرئيسية هو: $\sqrt{m} = \sqrt{1.3} \cong 1.14$. وتُحدد السرعة: v_D^P وفق هذه المُعطيات عند العمق: $h_H = 1.4[m]$ التي تُساوي: $v_D^P = 1.3 \cdot 1.14 = 1.29[m/s]$.



الشكل (1-20): المقطع الطولي الجانبي والمقطع العرضي للقناة القطاعية الرئيسية. ١- مخرج المياه من القناة الرئيسية، ٢- منشآة استنادية، ٣- عداد مياه، ٤- منسوب الأرض، ٥- قعر القناة، ٦- أعلى الجوانب الترابية.

سرعة عدم الانسداد عند: $A = 0.44$ (لأن: $W = 3[mm/s]$):

$$v_{KP}^Z = 0.44 \cdot Q^{0.2} \qquad (1\text{-}80)$$

$$v_{KP}^Z = 0.44 \cdot 14.4^{0.2} = 0.75$$

لا يحصل انجراف كما لا يحدث ترسيب في القناة عند النظام الحسابي لأن: $v_{KP}^Z \langle v \langle v_D^P$.

يُستخدم الارتفاع: $0.6[m]$ للتحكم بالقناة الرئيسية فوق المساحة المروية. يُبين الشكل (1-20) الشكل الطولي الجانبي والمقطع العرضي لقطاع القناة الرئيسية.

١-١٠- حساب الدريناج (الصرف):

يتطلب استصلاح الأراضي المالحة إجراء عمليات غسل استثماري بهدف إزالة محاليل الأملاح الزائدة من التربة بوساطة تشكيل نظام الغسل بالري وبإنشاء الصرف النظامي. تُضاف كمية المياه اللازمة للغسيل إلى مياه الري (بالمُقارنة مع المتطلبات البيولوجية) عند نظام الغسل بالري. ومن أجل منع التملح في التربة وفق المُعطيات التجريبية يجب زيادة معّدل الري بنسبة: 10...20%، علماً أن الكمية المُضافة لمياه الري يُفضل إعطاؤها إلى الحقل في خارج فترة النمو. الأخيرة أقل فاعليةً من وجهة نظر تشكيل تيارات غسل دائمة، لكنها الأكثر اقتصادية، لأنها لا تتطلب زيادة الإحداثيات العُظمى للهيدرومودول، وبالتالي زيادة حجم العمل وفق إنشاء

القنوات والمُنشآت المائية.

في ظروف الأرض المدروسة مجموع استهلاك المياه لحقل القطن: يُشكل الاستهلاك المائي (على النتح والتبخر من سطح التربة) خلال فترة النمو (نيسان – تشرين الأول) حوالي: $\left[\frac{m^3}{ha}\right]$ 7500، ولحقل الفصة: $\left[\frac{m^3}{ha}\right]$ 10838 ، ولحقل الذرة: $\left[\frac{m^3}{ha}\right]$ 7478 . بالأخذ بالحسبان نسبة المساحة لهذه المحاصيل في الدورة الزراعية، سيُساوي مجموع الاستهلاك المائي من أجل هيكتار وسطي القيمة:

$$E = 7500 \cdot 0.7 + 10838 \cdot 0.2 + 7478 \cdot 0.1 = 8166 \left[\frac{m^3}{ha}\right]$$

يجب أن تكون قيمة معدّل الري من أجل فترة النمو مُساوية القيمة: $\left[\frac{m^3}{ha}\right]$ 7550 إذا أخذنا بالحسبان الهطولات المطرية وجزء من المياه الاحتياطية، أما معّدل الري مع الغسل الكامل فيُساوي:$\left[\frac{m^3}{ha}\right]$ 9320 . والكمية المضافة إلى معدّل الري تُساوي:$\left[\frac{m^3}{ha}\right]$ 1770 المدروسة مُسبقاً في خارج فترة النمو (تشرين الثاني – كانون الأول). يُبين الجدول (16-1) توزيع قيم التبخر والأمطار ومياه الري خلال العام.

الجدول (16-1): توزيع مجموع التبخر والأمطار ومياه الري خلال العام المّدرة: $\left[\frac{m^3}{ha}\right]$.

الثوابت	الأشهر												خلال عام
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	
مجموع الاستهلاك المائي													
للقطن	100	150	200	225	675	1388	2183	2024	1015	300	150	100	8465
للفصة	100	150	350	850	1300	1700	2420	2388	1550	300	150	100	11383
للذرة	100	100	300	450	820	1320	1710	2008	1170	300	150	100	8528
الأمطار	140	60	130	290	٠	٠	٠	٠	٠	230	320	80	1250
تغذية مياه الري	-	-	-	140	980	1560	2010	2010	850	-	536	1234	9320

باستخدام قيم الهيدرومودول العظمى: (تموز – آب). يتم المُحافظة على كمية أملاح في مياه الري مُساويةً: $0.5[g/l]$ ، وعلى شوارد الكلور: $0.045[g/l]$ في القناة الرئيسية.

التنبؤ بنظام المياه الجوفية وإجراءات الاستصلاح المطلوبة:

من أجل النمو النظامي للمحاصيل الزراعية، وتغذية مياه الري بالكمية المطلوبة وفي فترة مُحددة يجب تحقيق التالي:

١– في التملح الأولي للتربة يجب أن لا يتجاوز المحتوى الملحي في منطقة نمو الجذور: 1[m]

القيمة: 0.2...0.3% بما في ذلك شوارد الكلور، ولا تتجاوز: 0.01% من كتلة التربة الجافة.

٢- الحفاظ على نظام كافٍ لإزالة الملوحة بتشكيل تيارات غير صاعدة لمياه السقاية المُعطاة من التيارات الصاعدة من المياه المعدنية. من أجل ذلك يُجرى نظام الغسل بالري ومنسوب المياه الجوفية على عمق أكبر من العمق الحرج (المعياري).

٣- تنظيم الري للتربة المالحة التي تقع فيها المياه الجوفية شديدة الملوحة على عمق: 2.5...2.6[m]. لأن الري يزيد التغذية الارتشاحية للمياه الجوفية بسبب ضياعات التسرب من شبكة الري ومن الجزء المُرطب بمياه الري في التربة. بسبب ضعف نفاذية الطبقات العلوية في الأرض ونمو الري في الأراضي المُحيطة لا توجد شروط من أجل صرف تيارات المياه الجوفية. لذلك عامل الاستهلاك الطبيعي الوحيد في توازن المياه الجوفية قد يكون التبخر. يُمكن في بعض الحالات صرف جزء من المياه الجوفية من الطبقة اللاضاغطة إلى أسفل توضع الطبقة الضاغطة.

٤- من أجل التقييم التقريبي إلى أي عمق يرتفع منسوب المياه الجوفية في الأرض في شروط الري دون صرف، يُشكل التوازن لواحد هكتار: 1[ha] من المساحة الكلية المروية ومن أجل الفترة، وعندما تستقر المياه الجوفية يُمكن عدم اعتبار تغير احتياطها في فترات سنوية عديدة.

يُفترض تقريباً أن جميع مياه الري والمياه المُتسربة وأيضاً الأمطار تجري إلى المياه الجوفية وتتبخر من على سطحها، وذلك عندما يكون منسوب المياه الجوفية قريباً من سطح الأرض وبالتالي:

$$a_2 O_C + Op + \Phi_K - E + P = 0 \qquad (1\text{-}81)$$

حيث: $a_2 O_C$ - كمية الهطولات المطرية الممتصة في التربة.

يُفترض تقريباً أن الجريان السطحي للأمطار يُشكل: 10% من مجموعها السنوي، أو: $a_2 = 1 - 0.1 = 0.9$. عندها: $a_2 O_C = 0.9 \cdot 125 = 112.5[mm] = 1125[m^3/hr]$ في العام.

تُساوي كمية مياه الري الجارية لواحد هكتار: 1[ha] من المساحة الكلية المروية عند: $KZU = 0.9$ معامل استخدام الأرض. انظر الجدول (1-10).

$$Op = KZU \cdot M_{CP.BZB.CYM} = 0.9 \cdot 9320 = 8388[m^3/hr]/yer$$

عندما يكون معامل كفاءة الشبكة مُساوياً: $\eta = 0.88$ فإن ضياعات التسرب من شبكة الري تُساوي:

$$\Phi_K = Op\left(\frac{1}{\eta}-1\right) = 8388\cdot\left(\frac{1}{0.88}-1\right) = 1144[m^3/hr]/yer \qquad (1\text{-}82)$$

كمية التبخر من المياه الجوفية:

$$E = E_0\cdot\left(1-\frac{h_n}{h_r}\right) = 12340\cdot\left(1-\frac{h_n}{3.6}\right);[m^3/hr]/yer$$

حيث: E_0 – التبخر الأعظمي المُفترض ويُساوي: $1234\left[\frac{m^3}{ha}\right]/yer$ انظر الجدول (1-1).

$h_n;[m]$ – العمق المُفترض لمنسوب المياه الجوفية في شروط الري.

حجم المياه الجوفية المُنسابة من الأفق الضاغط في الطبقة اللاضاغطة أو بالعكس:

$$P = Q_0 - Q_P = Q_0\left[1-\left(\frac{K_2T_2+K_3T_3+K_4T_4}{K_1T_1}\right)^2\right] \qquad (1\text{-}83)$$

حيث: $Q_0;[\frac{m^3}{day}]$ – تدفق المياه من الجبال. $Q_p;[\frac{m^3}{day}]$ – تدفق المياه من القناة.

$K_1 = 20[\frac{m}{day}]$ – مُعامل نفاذية التربة الطينية في الجزء العلوي لأرض الري. K_2 – مُعامل نفاذية المياه في التربة الوسطية، $K_2 = 0.3[\frac{m}{day}]$. K_3 – مُعامل نفاذية المياه في التربة الثقيلة، $K_3 = 0.03[\frac{m}{day}]$. K_4 – مُعامل نفاذية في التربة الطينية الحصوية في الجزء المركزي لأرض الري، $K_4 = 1.3[\frac{m}{day}]$. T_1 – سماكة التربة الطينية المُشبعة، $T_1 = 200[m]$. T_2^* السماكة المُشبعة للجوانب الترابية ضعيفة النفاذية، $T_2^* = T_2 - h_b = 63 - 2.55 = 60.45[m]$. T_2 – سماكة التربة الوسطية ضعيفة النفاذية، $T_2 = 63[m]$. T_3 – سماكة التربة الثقيلة $T_3 = 37[m]$. T_4 – سماكة التربة الحصوية، $T_4 = 100[mm]$. h_b – المستوى العادي للمياه الجوفية، $h_b = 2.55[m]$.

بما أن تنظيم أعمال الري لا يُؤثر في الجريانات من المناطق المُجاورة فتُؤخذ قيمة P مُساوية: $P = 0.89Q_0$.

مع اعتبار المعادلة المُبينة فإن توازن المياه الجوفية يأخذ الشكل التالي:

$$1125+8388+1144-1234(1-h_n/3)+1640=0$$

من هنا العمق المُفترض للمياه الجوفية في الأجزاء الوسطية والسفلية للأرض في شروط الري: $h_n = 0.3[m]$، هذا يعني ارتفاع منسوب المياه الجوفية يُشكل: $2.25.[m]$. من الواضح جداً أنه عند مثل هذا العمق لا يُمكن للمياه الجوفية المعدنية أن تُشكل ظروفاً مناسبة من أجل نمو المحاصيل الزراعية، لذلك لا بُد من إجراء تدابير استصلاحية خاصة وفق نسبة الأملاح في

التربة. يُمكن خفض منسوب المياه الجوفية في الأرض بإنشاء شبكة صرف تُحافظ على منسوب متوازن للمياه الجوفية في التربة بالغسل.

تُظهر التطبيقات العملية أن هذه الإجراءات مناسبة في فترتين: عند استصلاح الأرض بالري (يُنشأ في هذا الوقت الصرف ويُحقق الغسل الاستثماري)، وعند استثمار الأرض (يُحافظ الصرف في هذا الوقت عند نظام الغسل بالري على المياه الجوفية على عمق معين ويُحافظ على التربة من التملح الثانوي). بما أن حمولة المصارف (كمية المياه، التي يجب صرفها في واحدة الزمن) ستكون أكبر في فترة الاستصلاح، فيجب أن يكون تصميمه على مرحلتين: تُحسب بارامترات الصرف الدائم لفترة استثمار الحمولة، وثم تُحدد بارامترات الصرف المؤقت الإضافي لفترة الاستصلاح، إذا لم يستطع الصرف الدائم تعديله بمثل هذه الحمولة.

حساب الصرف الدائم وتصميمه:

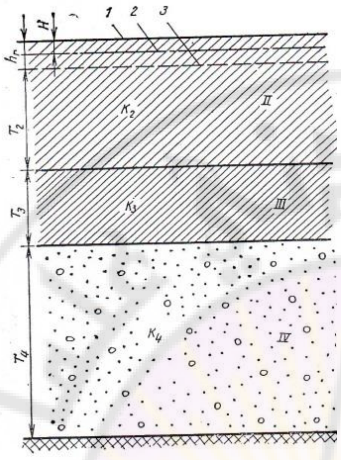
يُمكن أن يكون الصرف في الأراضي المروية أفقياً – مُغلقاً في شكل مواسير ذات ثقوب تعمل على جمع المياه الجوفية، ومكشوفة في شكل قنوات، وشاقولية في شكل آبار مُجهزة بمحطات ضخ من أجل ضخ مياه الصرف. يتعلق اختيار نوع الصرف أساساً بالشروط الهيدرولوجية. يُناسب استخدام الصرف الشاقولي عند التوضع غير العميق نسبياً للطبقة الفعالة ذات النفاذية والصرف الجيد التي قد تظهر جلياً على صرف المياه الفائضة من الطبقة العلوية للتربة. يُستخدم الصرف الأفقي عادةً في حالات أخرى، ولحل مشكلة اختيار نوع الصرف يجب أن تُحقق شبكة الصرف الجدوى الاقتصادية.

تقع الطبقة النفوذة جداً على عمق: $100;[m]$ وتملك قدرة: $100;[m]$ في الأجزاء الوسطية والسفلية للأرض المدروسة. وارتباطها مع الطبقة العلوية للتربة صعبُ لوجود طبقة ضعيفة النفاذية بقدرة كبيرة تُساوي: $T_2 + T_3 = 100;[m]$. بهذا الشكل تُعدّ الظروف غير مناسبة من أجل إنشاء وعمل الصرف الشاقولي في الجزء السفلي من الأرض، لذلك يُصمم هنا الصرف الأفقي.

تتطلب الشروط الهيدروجيولوجية الثقيلة (ثابت تسرب قليل للطبقة العلوية، والتغذية ضاغطة) الشكل (21-1) شبكة صرف كثيفة، وهذا يجعل إنشاء الصرف المُغلق ضرورياً، لأن المصارف الجزئية في شكل قنوات مكشوفة يُؤدي إلى ضياعاتٍ كبيرةٍ من مساحةِ الحقولِ وتُؤثر في نسب زراعة المحاصيل الزراعية.

تتوضع طبقة نفوذة جيداً على عمق غير كبير في الحدود العلوية للأرض في المنطقة

المدروسة. يُناسب هنا إنشاء صرف خطي من آبار الصرف الشاقولي بهدف جمع التيارات تحت السطحية الجارية من جهة الجبال إلى أرض الري.



الشكل (21-1): المقطع الهيدروجيولوجي: ١- سطح الأرض، ٢- خط الضغط البيزومتري (الضغط في الطبقة IV)، ٣- منسوب المياه الجوفية اللاضاغطة.

سيعمل الصرف الأفقي في الأرض المدروسة عند التغذية بالتسرب لمياه الري والتغذية بالضغط على حساب جريان جزء من المياه الجوفية من الطبقة الضاغطة. يجب عند ذلك التنبؤ بالشروط التصميمية للمشروع لزيادة شدة التغذية الضاغطة بالربط مع انخفاض منسوب المياه الجوفية (بالمقارنة مع توضعها الموجود) وازدياد ميلها الشاقولي.

تتغير تغذية مياه الري والتبخر خلال العام. لذلك سيتغير أيضاً عمق المياه الجوفية مع الزمن. من أجل تبسيط الحسابات يُمكن في البداية تحديد المسافة بين المصارف التي تُحقق العمق الوسطي السنوي للمياه الجوفية، الذي نجده في الحدود المسموح بها، ثم يُحسب التذبذب الداخلي السنوي لعمق المياه الجوفية. يُستخدم العمق الوسطي السنوي للمياه الجوفية: $h = 2.5[m]$.

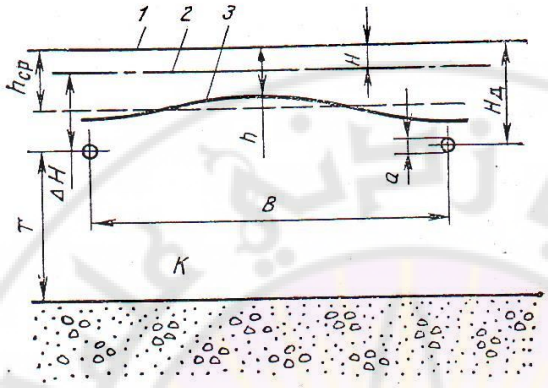
يُستخدم عمق توضع المصارف الأكبر من عمق المياه الجوفية: $H_D = 3.5[m]$. ستقع المياه الجوفية على عمق أكبر من: $h = 2.5[m]$ بفرض أن منسوب الماء بين المصارف يأخذ شكل قطع مُكافئ الشكل (1-22)، فإن العمق الوسطي للمياه الجوفية على خط المصارف سيُساوي:

$$h_{cp} = H_D - \frac{2}{3}(H_D - h) = 3.50 - \frac{2}{3}(3.50 - 2.50) = 2.83[m] \qquad (1\text{-}84)$$

تُعطى قيمة التسرب الوسطية السنوية بالعلاقة الآتية:

$$q_0 = a_2 Oc + Op + \Phi_K - U \qquad (1\text{-}85)$$

حيث: U – مجموع استهلاك مياه الري ومياه الأمطار على النتح والتبخر من سطح الحقل خلال عام.



الشكل (22-1): المخطط الحسابي لتأثير الصرف بالمصارف: ١- سطح الأرض، ٢- خط الضغط البيزومتري، ٣- المنسوب الستاتيكي للماء الجوفي.

وبالنظر إلى نسبة المساحة للمحاصيل الزراعية في الدورة الزراعية ومُعطيات الجدول (16-1). فإن:

$$U = 0.9E = 0.9(0.7 \cdot 8500 + 0.2 \cdot 11338 + 0.1 \cdot 8528) = 8614[m^3 / hr]$$

وتكون قيمة التسرب:

$$q_0 = 1125 + 8388 + 1444 - 8164 = 2493[m^3 / hr] / yer$$

أو:

$$q_0 = \frac{2493}{365 \cdot 10000} = 0.00068[m / dy] = 0.08[l / s.hr]$$

تُحدد المسافة بين المصارف وفق معادلة أفريانف، التي تأخذ بالحسبان التغذية التسربية من المياه المضغوطة، وتوضع الطبقة الكتيمة على عمق كبير:

$$0.435T^* + (\Delta H - 1) = (\Delta\overline{H} - 1)\lg\left(\frac{2T_0}{d^*}\right) + 0.301 \qquad (1\text{-}86)$$

$$T^* = \pi\frac{T_0}{B} \qquad (1\text{-}87)$$

حيث: $T_0;[m]$ – سماكة الطبقة ضعيفة النفاذية.

$$T_0 = T_2 + \frac{K_2 T_3}{K_3} = 63 + \frac{0.3 \cdot 37}{0.03} = 433[m]$$

حيث: K_2 – مُعامل نفاذية الطبقة العلوية [m/day]، K_3 – مُعامل نفاذية الطبقة السفلية، [m/day]، T_2 – سماكة الطبقة العلوية [m]، T_3 – سماكة الطبقة السفلية [m].

المسافة بين المصارف: $B;[m]$.

$$\Delta\overline{H} = \frac{\left(\Delta H + \overline{q}T_0\right)}{\Delta h} \qquad (1\text{-}88)$$

حيث: ΔH – ارتفاع سطح الضغوط البيزومترية للطبقة IV أنظر الشكل (1-21) فوق مستوى سطح الماء في المصرف المُحدد بالشكل التالي:

$$1640 = \frac{0.30}{433}\left(2.50 - H\right)\cdot 365\cdot 10000\big) \qquad (1\text{-}89)$$

$$H = 1.85[m]; \Delta H = H_D - H = 3.5 - 1.85 = 1.65[m]$$

حيث: $\overline{q} = q_0 / K_1 = 0.00068/0.3 = 0.0023$ – قيمة التسرب.

$K_1 = 0.2[m/dy]$ – مُعامل نفاذية التربة.

$\Delta h = H_D - h = 3.5 - 2.5 = 1[m]$ – ارتفاع منسوب المياه الجوفية في مُنتصف المسافة بين المصارف فوق محور المصرف.

وفق المُعادلة (1-88):

$$\Delta H = (1.65 + 0.0023\cdot 433)/1 = 2.64[m]$$

ثم نجد:

$$d^* = \sqrt{2d(\Delta h + d)} = \sqrt{2\cdot 0.4(1+0.4)} = 1.06[m]$$

حيث: $d = 0.4[m]$ – قطر المصرف مع الردميات المحيطة به (الفلتر).

بتعويض القيم المعلومة في المعادلة (1-86) نحصل على:

$$0.435T^* + (2.64-1)\lg T^* = (2.64-1)\lg(2.4\cdot 433/1.06) + 0.301 \Rightarrow \lg T^* = 3.1 - 0.265T$$

بالتجريب نجد: $T^* = 8.2$ ووفق المعادلة (1-87) تكون المسافة بين المصارف مُساوية : $B = 3.14\cdot 433/8.2 = 166[m]$.

تدفق المصرف:

$$Q = \frac{\pi K_1 \Delta h(\Delta\overline{H} - 1)}{T - 0.693} \qquad (1\text{-}90)$$

$$Q = \frac{3.14\cdot 0.3\cdot 1(2.64-1)}{8.2 - 0.693} = 0.206[m^3/dy]$$

وعندها يكون التدفق في واحدة المسافة (مودول الصرف) أو مُقنن الصرف:

$$D = Q/B = 0.206/170 = 0.0012[m/dy]$$

يتكون مودول الصرف أو مُقنن الصرف من قيم التسرب القادمة من الأعلى ومن التغذية الجوفية: $q_0 = 0.00068[m/dy]$ والتغذية الضاغطة من الأسفل:

$$q_H = D - q_0 = 0.0012 - 0.00068 = 0.00053[m/dy].$$

بالتالي فإن المياه المصروفة ليست من التسرب فقط وإنما أيضاً من الحجم الكبير من المياه المضغوطة التي تُشكل نسبة: $0.00052 \cdot 100 / 0.0012 = 0.43\%$ من جريانات الصرف، مما يُظهر ضرورة النظر إلى التغذية الجوفية المضغوطة عند حساب الصرف. ثم تُستخدم المسافة بين المصارف: $170[m]$.

يُمكن إنقاص حجم إنشاء الصرف الأفقي النظامي في الأجزاء الوسطية والسفلية للأرض إذا أُنشئ الصف الخطي للآبار الشاقولية بهدف جمع أو التقاط جزء من الجريانات تحت السطحية الجارية من الجبال: Q_0. عند شرط جمع جريانات المياه التحت سطحية: 50%:

$$P = (0.89Q_0)0.5 = 1640 \cdot 0.5 = 820[m^3/hr]/yer$$

نجد قيمة: H من المعادلة الآتية:

$$820 = \frac{0.30}{433}(2.50 - H)365 \cdot 10000 \Rightarrow H = 2.18[m]$$

عندها:

$$\Delta H = 3.5 - 2.18 = 1.32[m]; ...; \Delta\overline{H} = \frac{1.32 + 0.00068 \cdot 433/0.3}{1} = 2.32$$

باستخدام المعادلة (1-79) نحصل على: $\lg T^* = 3.14 - 0.33T^*$

بالتجريب نجد: $T^* = 6.9$ ووفق المعادلة (1-80) المسافة بين المصارف:

$$B = 3.14 \cdot 433/6.9 = 166[m].$$

إن إنشاء صف من للآبار الشاقولية التي تصرف: 50% من المياه تحت السطحية الجارية من جهة الجبال، يُسمح بزيادة المسافة بين المصارف بنسبة: $200 \cdot 100/170 = 18\%$ وبالتالي خفض حجم إنشاء الصرف الأفقي النظامي في الأجزاء الوسطية والسفلية للأرض.

حساب التذبذب الداخلي لمنسوب المياه الجوفية وتغير توازنها:

تُحدد المسافة بين المصارف انطلاقاً من افتراض أن تُوزع الحمولة على الصرف ستكون منتظمة خلال عام. لكن الواقع فإن قيمة التسرب: q_0 تتغير خلال العام بالتطابق مع المنحني البياني للتغذية المائية والشروط المناخية، التي تُحدد التبخر مما يؤدي إلى تذبذب منسوب المياه الجوفية وتدفقات المصارف.

تُستخدم طريقة تقريبية من أجل حساب هذه التذبذبات التي تعتمد على حل مُعادلة

مُوازنة المياه الجوفية بطريقة الفروق المُنتهية مع الزمن. يُستخدم عند ذلك تكامل الزمن: $t = 30[day]$. من أجل كل تكامل للزمن تُلاحظ المُساواة التالية:

$$\frac{\mu}{t}(h_H - h_K) = q_0' + P - D \qquad (1\text{-}91)$$

حيث: μ – معامل يُعبر عن حجم المسامات التي تُسهم في عملية الصرف (من أجل التربة المدروسة: $\mu = 0.15$). إدخال المتحول المُتعلق بعمق المياه الجوفية قيمة: μ تُعطى في جدول وفي شكل معادلة بسيطة، لكن هنا من أجل تبسيط الدراسة وتسهيلها لا يُدّرس.

h_H – العمق الوسطي للمياه الجوفية بين المصارف في بداية الفترة الحسابية؛ $[m]$.

h_K – العمق الوسطي للمياه الجوفية بين المصارف في نهاية الفترة الحسابية؛ $[m]$.

q_0' – التغذية الوسطية للمياه المُتسربة خلال الفترة الحسابية؛ $[m/day]$.

P – التغذية الجوفية الوسطية خلال الفترة الحسابية، المُحددة وفق المعادلة (1-86) أو كما يلي: $P = \frac{K(h^* - H)}{T}$.

D – مودول (مُقنن) الصرف للمصارف الأفقية خلال الفترة الحسابية.

هذا يعني تغير احتياطي المياه الجوفية (الجزء الأيسر من المعادلة) يُساوي مجموع حدود التوازن. تُحدد حدود التوازن خلال الزمن: t للعمق الوسطي للمياه الجوفية.

$$h^* = (h_H + h_K)/2$$

يُمكن استخدام معادلة كوستياكوف من أجل الحسابات التقريبية:

$$D = \frac{\pi K_2 (H_D - h)}{B[\ln(B/d) - 1]} \qquad (1\text{-}92)$$

التي نتجت من أجل حساب المصارف المتوضعة في الطبقة ذات التوضع العميق للطبقة الكتيمة (للمسند المائي). في الحقيقة في الأرض المدروسة يُصرف بالمصارف ليس فقط المياه المتسربة وإنما أيضاً المياه القادمة من المياه الجوفية المضغوطة (الضاغطة). تُحسب المياه الضاغطة في معادلة التوازن المائي بالحد: P، لذلك يُمكن استخدام المعادلة (1-13) من أجل الحسابات. بما أنه في الحساب الحالي مطلوب العمق الوسطي خلال شهر وعمق المياه الجوفية في الوسط بين المصارف، فإن عمق المياه الجوفية بين المصارف في المعادلة (1-84) يُستبدل بالعمق الوسطي وفق كامل الخط بين المصارف: h^*:

$$(H_D - h) = 1.5(H_D - h^*) \qquad (1\text{-}93)$$

بتعويض الجزء الثاني من المعادلة (1-84) في المعادلة (1-83) نحصل على:

$$D=\frac{1.5\pi K_2\left(H_D-h^*\right)}{B\left[\ln\left(\frac{B}{d}\right)-1\right]}=\frac{2.05K_2\left(H_D-h^*\right)}{B\left[\lg\left(\frac{B}{d}\right)-0.435\right]} \qquad (1\text{-}94)$$

وفي النتيجة معادلة التوازن تأخذ الشكل التالي:

$$\frac{\mu}{t}\left(h_H-h_K\right)=q_0'+\frac{K_3}{T_3}\left(h^*-H\right)-\frac{2.05K_2\left(H-h^*\right)}{B\left[\lg\left(\frac{B}{d}\right)-0.435\right]} \qquad (1\text{-}95)$$

بإدخال الرموز الآتية:

$$L=\frac{t}{\mu}\left[\frac{2.05K_2H_D}{B\left[\lg\left(\frac{B}{d}\right)-0.435\right]}+\frac{K_2}{T_0}H-q_0'\right] \qquad (1\text{-}96)$$

$$S=\frac{t}{2\mu}\left[\frac{2.05K_2}{B\left[\lg\left(\frac{B}{d}\right)-0.435\right]}+\frac{K_2}{T_0}\right] \qquad (1\text{-}97)$$

حيث: K_2- $[\frac{m}{day}]$;مُعامل النفاذية. H_D- $[\frac{m}{day}]$;عُمق توضع المصارف. B;[m]- المسافة بين المصارف. μ- ثابت تغذية المياه للتربة وهو يُساوي: $\mu = o.5$ من أجل التربة المدروسة. T_0- $[m]$;العُمق المُحول للطبقة ضعيفة النفاذية. H;[m]- عمق المياه الجوفية. q_0- $[\frac{m}{day}]$;التغذية الوسطية المُترسبة خلال الفترة الحسابية. d;[m]- قطر المصرف مع النظر إلى أبعاد ردميات التصفية. D;[m/day]- المودول الوسطي لجريان مياه الصرف خلال الفترة الحسابية.

وبالأخذ بالحسبان المُعادلات (1.87) و(1.86) و (1.85) نُشكّل المُعادلة الآتية:

$$h_H-h_K=2Sh^*-L \qquad (1\text{-}98)$$

بالتعويض في المعادلة (1-87) قيمة: h^* نحصل على:

$$h_H-h_K=S\left(h_H+h_K\right)-L \qquad (1\text{-}99)$$

من هنا يُمكن إيجاد عمق المياه الجوفية في نهاية الشهر، h_K من خلال معرفة عمق المياه الجوفية في بداية الشهر: h_H:

$$h_K=\frac{1-S}{1+S}h_H+\frac{L}{1+S} \qquad (1\text{-}00)$$

يُمكن إيجاد عمق المياه الجوفية في نهاية الشهر التالي أيضاً وفق المعادلة (1-91)، لكون أن عمق المياه الجوفية في بداية الشهر هو نفسه العمق في نهاية الشهر السابق. بالتالي من أجل حساب تذبذب منسوب المياه الجوفية يجب أن تُحسب من أجل كل شهر قيمة: $L;S$ وفق المُعادلات (1-88) و (1-89). بتعويض القيم المعلومة في هذه المعادلات نحصل على:

$$L=\frac{30}{0.15}\left[\frac{2.05\cdot 0.3\cdot 3.5}{170\left[\lg\left(\frac{170}{0.4}\right)-0.435\right]}\right]1.65-q_0'=1.38-200q_0'$$

$$S=\frac{30}{2\cdot 0.15}\left[\frac{2.05\cdot 0.3}{170\left[\lg\left(\frac{170}{0.4}\right)-0.435\right]}+\frac{0.3}{433}\right]=0.23$$

يجب حساب قيمة: $q_0';[m/day]$ كل شهر من العلاقة:

$$q_0'=a_2Oc+Op+\Phi_K-U \qquad (1\text{-}100)$$

يُبين في الجدول (1-17) حساب كل من: $q_0';L;S$. بافتراض عمق مياه الجوفية اختيارياً في ١ ك٢ ($h_H=2[m]$)، يُحدد عمق المياه الجوفية في كل شهر (حتى: ٣١ ك١).

الجدول (1-17): حساب عناصر المُوازنة المائية:

الأشهر	a_2Oc	Op	Φ_K	U	q_0'		L	$L(1+S)$	$h_H;[m]$	$h_K;[m]$
	$[\frac{m^3}{ha}]$				$[\frac{m^3}{ha}]$	$10...3[m/day]$				
01	126	0	0	90	36	0.12	1.36	1.11	2.00	2.36
02	54	0	0	130	-76	-0.27	1.43	1.16	2.36	2.64
03	117	0	0	216	-99	-0.32	1.44	1.17	2.64	2.82
04	261	126	17	335	69	0.23	1.33	1.08	2.82	2.85
05	0	882	120	733	269	0.87	1.21	0.98	2.85	2.76
06	0	1404	192	1300	296	0.99	1.18	0.96	2.76	2.69
07	0	1809	247	1933	123	0.40	1.30	1.06	2.69	2.74
08	0	1809	247	1886	170	0.55	1.27	1.03	2.74	2.75
09	0	765	104	1046	-177	-0.59	1.50	1.22	2.75	2.94
10	207	0	0	270	-63	-0.20	1.42	1.15	2.94	2.99
11	288	482	66	135	701	2.34	0.91	0.74	2.99	2.61
12	72	1111	151	90	1244	4.01	0.58	0.47	2.61	2.10
المجموع	1125	8388	1144	8164	2493	-	-	-	-	-
ملاحظة	$S=0.23; L=1.38-200q_0'; h_K=0.626; h_H=0.813L$									

من أجل تصميم نظام ريٍّ ثابت خلال العام، وبفرض أن تكون الثوابت المناخية وسطية

لعدد كبير من السنوات. وهذا يجعل عمق المياه الجوفية في بداية العام ونهايته ثابتاً أو يختلف بسنتيمترات، فإذا حصل ذلك في نتيجة الحساب فهذا يعني أنّ العمق في بداية ١ ك٢ قد اختير صحيحاً. إذا كان الانحراف أيضاً كبيراً فإن الحساب وفق المعادلة (1-88) يجب استمراره باستخدام بداية عمق المياه الجوفية في نهاية العام السابق. يُجرى عادةً حساب كافٍ لتذبذب المياه الجوفية خلال عام ونصف، ونادراً خلال عامين، حيث يتكرر عمق المياه الجوفية في الأشهر المُتطابقة بدقة حتى: 5%.

بعد حساب عمق المياه الجوفية: h_H و h_K يُحدد العمق الوسطي للمياه الجوفية لكل شهر: h^*، ووفق المعادلة (1-82) لحدود التوازن المتعلقة بالعمق: h^*. من أجل تبسيط الحسابات يُعبر عن هذه المُعادلات بالشكل الآتي:

$$P = \frac{0.3}{433}\left(h^* - 1.85\right)30 \cdot 10000 = 208\left(h^* - 1.85\right);[m^3/hr]$$ خلال شهر

$$D = \frac{2.05 \cdot 0.3 \cdot \left(3.5 - h^*\right)}{170\left[\lg\left(\frac{170}{0.4}\right) - 0.435\right]}30 \cdot 10000 = 495\left(3.5 - h^*\right);[m^3/hr]$$ خلال شهر

تغير احتياطي المياه الجوفية: $[m^3/hr]$:

$$\Delta W = \mu(h_H - h_K)10000 = 1500\left(h_H - h_K\right) \qquad (1\text{-}101)$$

عند إيجاد حدود التوازن لعمق المياه الجوفية في المعادلة (1-82) من أجل كل شهر يجب تحقيق مساواة الجزء الأيمن والأيسر مما يخدم النظام الحسابي. يُبين الجدول (1-18) هذا الحساب.

لا يتجاوز التغير في الموازنة السنوية للمياه الجوفية: 7.1% من مجموع مراحل التوازن القيمة: $\frac{(311 \cdot 100)}{(2443 + 1854)} = 7.1$.

يُلاحظ أن التغير الشهري غير كبير وتُدور إشارتها مما يُثبت صحة الحسابات. يُبين في العمود الأخير من الجدول (1-18) المياه المُقدمة إلى الحقل والاستهلاك على التبخر. يظهر من خلال القيمة السنوية أن التسرب يتجاوز تبخر المياه المعدنية الجوفية، هذا يعني أن التربة ستُغسل. وتتجمع الأملاح نسبياً في الأفق العلوي في نهاية فترة النمو بشدة تيارات المياه الجوفية غير الصاعدة في الفترة الباردة من العام.

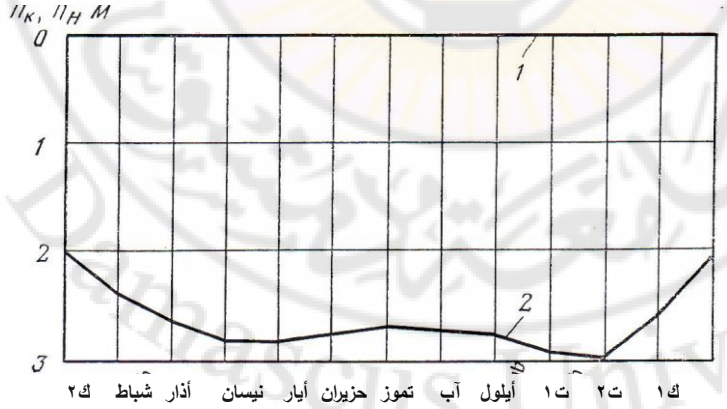
يُنشأ منحني تذبذب عمق المياه الجوفية وفق مُعطيات الجدول (1-18) الشكل (1-23). ونجد العمق الوسطي للمياه الجوفية بين المصارف في الحدود: $[m]$2.9....2.6 وهذا يعني

تجاوز العمق الحرج. يُلاحظ الارتفاع الأعظمي للمياه الجوفية في نهاية الغسل، مُساوياً: $1.99[m]$.

الجدول (18-1): تحديد الانحراف في معادلة التوازن:

الشهر	h_H	h_K	h^*	q_0'	P	D	$d_0'+P-D$	ΔW	الانحراف	$(a_2Oc+Op-U)$
	$[m]$			$[\frac{m^3}{ha}]$						
01	2.00	2.36	2.18	36	69	653	-548	-540	-8	36
02	2.36	2.64	2.50	-76	135	495	-436	-420	-16	-76
03	2.64	2.82	2.73	-99	183	381	-297	-270	-27	-99
04	2.82	2.85	2.84	69	20	327	-238	-45	-193	52
05	2.85	2.76	2.80	269	198	346	121	135	-14	149
06	2.76	2.69	2.72	296	181	386	91	105	-14	104
07	2.69	2.74	2.72	123	181	386	-82	-75	-7	-124
08	2.74	2.75	2.74	170	185	376	-21	-15	-6	-77
09	2.75	2.94	2.84	-177	206	327	-298	-28	-13	-281
10	2.94	2.99	2.97	-63	233	262	-92	-75	-17	-63
11	2.99	2.61	2.80	701	198	246	553	570	-17	635
12	2.61	2.10	2.36	1244	106	564	786	765	+21	1093
				$\sum 2493$	$\sum 1895$	$\sum 4849$	$\sum -461$	$\Delta W_\Phi = -150$	$\sum -311$	$\sum 1349$

يسمح الانخفاض السريع التالي للمنسوب بالوقت ذاته بالبدء في الأعمال الزراعية في الربيع. يتغير مودول (مُقنن) الصرف وفق الزمن: يُلاحظ التدفق الأعظمي: $564[m^3/s]$ في كانون١، والأصغري: $262[m^3/s]$ في أيار وتشرين١. هذه القيم مطلوبة من أجل الحساب الهيدروليكي للمصارف.



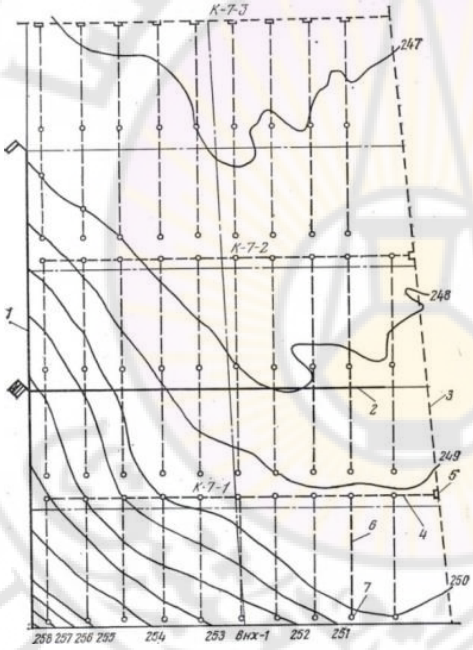
الشكل (23-1): المنحني البياني لتذبذب مناسيب المياه الجوفية السنوي: ١ – سطح الأرض، ٢ – منسوب المياه الجوفية.

توضع قنوات الري الدائمة وشبكة مجاري الصرف في المُخطط الأفقي:

يدخل في تكوين قنوات الري الدائمة قنوات التوزيع الزراعية وقنوات التوزيع الزراعية الداخلية. عند الربط تُؤخذ بالحسبان التضاريس الموضعية والشروط الهيدروجيولوجية (وجود واتجاه تيارات المياه الجوفية)، والاستخدام الزراعي للمساحات (توزيع المساحات المنفصلة،

وقطاعات السقاية) وتقنية السقاية.

يجب على شبكة الصرف ألا تُعيق الأعمال الميكانيكية للحقول، ولذلك يجب أن لا تقل المسافة بين المجاري المكشوفة عن: $800[m]$، ويجب أن يكون المصارف المُتقاطعة مع قنوات الري أصغرياً. ولا يُفضل توضع قنوات الري بالقرب من المصارف أو المجاري بصورة متوازية. ويجب توزيع المجاري والمصارف وفق التضاريس وخاصةً في المُنخفضات وفي الوسط بين قنوات الري. ويُفضل توضع المصارف عمودياً على اتجاه حركة المياه الجوفية. وعند انعدامها أو انعدام جزء غير كبير نسبياً من شبكة مجاري الصرف يجب توزيعها وفق اتجاه الميل الموضعي الأعظمي. تُصمم شبكة مجاري الصرف بالشكل التالي: الشكل (24-1).



الشكل (24-1): توزع شبكة الري الداخلية الزراعية وشبكة الصرف (من قطاع الدورة الزراعية IV)، ١- موزع زراعي داخلي من الدرجة الثانية، ٢- موزع قطاعي، ٣- مجرى بيني زراعي، ٤- مجرى مغلق زراعي داخلي، ٥- منشآة المصب ذات مركز لقياس كثافة المياه، ٦- مصرف مغلق، ٧- بئر مراقبة.

تُوزع المصارف وفق الميل الأعظمي. ويتراوح طولها بين: $500...1000[m]$، لأن تيارات المياه الجوفية في الأفق العلوي غير كبيرة نسبياً، وستعمل المصارف أساساً عند التغذية الشاقولية (من الأعلى إلى الأسفل). وتُنشأ المصارف بصورة موازية للقنوات الزراعية الداخلية على مسافة لا تقل عن: $20...40[m]$.

تصب المصارف المُغلقة في مجارٍ مكشوفة أو مُغلقة بطول: $1600...3000[m]$. يُلحظ ميل المجاري بزاوية حادة على الأفق، وتُساوي المسافة من المجرى حتى أقرب موزع قطاعي: $50[m]$.

تُوزع المجاري الزراعية الداخلية والقنوات المكشوفة على طول الموزعات الزراعية الداخلية أساساً وفق الحدود بين الدورات الزراعية، وتُساوي المسافة بينهم: $800[m]$، ويُساوي طولها: $2400...3200[m]$. يُصمم المجرى المكشوف البيني الزراعي K-7 وفق الحد للمزرعة.

تصميم شبكة الصرف في المُخطط الشاقولي:

من أجل تحقيق عمل نظامي للمصارف ولصرف المياه الزائدة لا بُد مما يلي:

١- يجب أن لا يقل عمق توضع المصارف على كامل امتدادها عن العمق الحسابي الناتج عن التجفيف. ولا يقل ميل المجاري والمصارف الأنبوبية المغلقة عن: 0.002 إذا كان قطرها: $50...100[mm]$. ولا يقل الميل عن: 0.0015 عند قطر: $125...200[mm]$، ولا يقل عن: 0.001 عند قطر أكبر من: $200[mm]$ ، ولا يقل ميل المجاري المكشوفة عن: 0.003 .

٢- يجب أن يكون أسفل المصارف أعلى من المجرى بمقدار قطر المجرى عند اتصال المصارف المُغلقة مع المجاري المغلقة بوساطة آبار المراقبة. ويجب أن يكون قعر المصارف المُغلقة أو المجاري عند الاتصال مع المكشوفة أعلى من منسوب المياه النظامي في المجرى بمقدار: $0.4...0.5[m]$ ، ولا يجب أن يعلو منسوب المياه الأعظمي في المجرى ماسورة الصرف في المصب. تُقرن المجاري المكشوفة بحيث تكون المناسيب الحسابية التي تصب في المجرى أعلى من المناسيب الحسابية المطابقة بمقدار: $0.1...0.2[m]$.

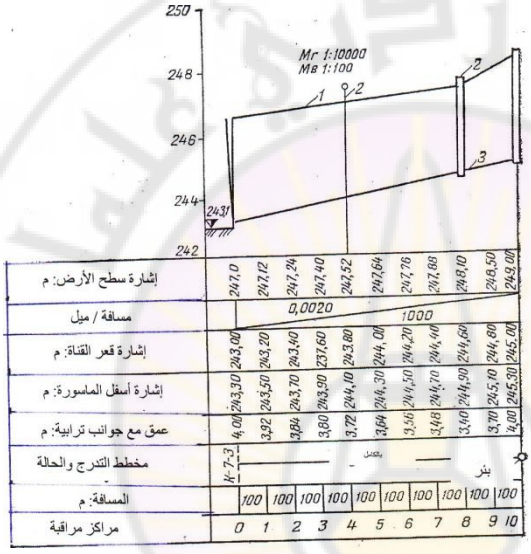
عند الميل الموضعي الأعظمي: 0.003 يُمكن وضع المصارف وفق كامل الطول بعمق ثابت: $3.5[m]$ وهذا مما يُحقق لميلها: $i = 0.003$ الذي يتجاوز الميل الأصغري المسموح به.

يُشكل ميل سطح الأرض للقطاع: 0.0015 ، أي إنه أصغر من الميل الأصغري المسموح به. يُزاد عمق مصبات المصارف من أجل تشكيل ميل لها: 0.002 ، وتُرفع مصادرها بمقدار: $25[cm]$. يُشكل عند ذلك عمق المصرف في المنبع القيمة: $3.5 - 0.25 = 3.25[m]$ ، ويُشكل عمق المصرف في المصب القيمة: $3.5 + 0.25 = 3.75[m]$.

تُوضع المجاري المُغلقة بزاوية حادة على الأفق. ويُساوي ميل سطح الأرض في هذا الاتجاه في الجزء الشمالي للقطاع القيمة: 0.001 ، وهذا يعني أقل من الأصغري المسموح به. بالربط مع ذلك يُزاد عمق مصب المجرى المُغلق K-7-3 بمقدار: $0.8[m]$ بالمقارنة مع بدايته. وعندما يكون طول المجرى: $1700[m]$ فإن ميله يُساوي: $i = \frac{(1.7 + 0.8)}{1700} = 0.0015$.

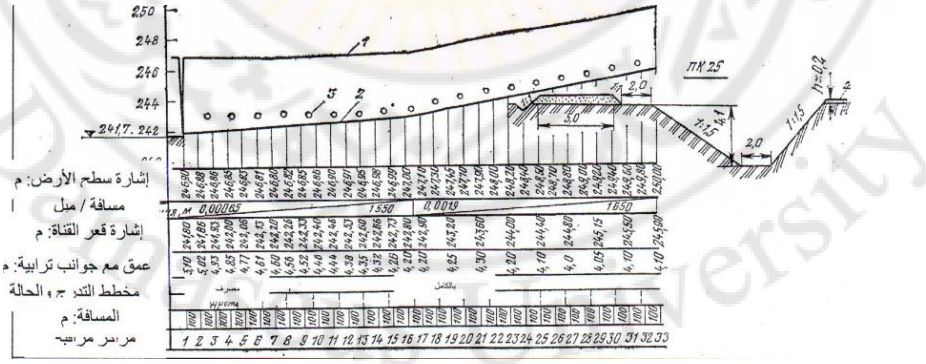
عندما يكون عمق المصرف في المصب: $3.5[m]$ وبقطر مجرى مُغلق: $0.2[m]$

فإن عمقه في المصدر يُشكل: $3.7[m]$، ويُشكل عمقه في المصب: $4.5[m] = 0.8 + 3.7$. عمق المجاري المكشوفة الزراعية الداخلية (K-7-3;K-7-4) عند عمق مياه نظامي فيها: $0.2...0.3[m]$ يجب أن يكون: $4.6[m] = 4 + 0.35 + 0.25$. في هذه الحالة ميل سطح الأرض وفق ميل المجرى المكشوف K-7-4 يُساوي: 0.001، وهذا يعني أنه أكبر من الميل الأصغري المسموح به، لذلك يُستخدم عمق هذه المجاري وفق الطول ثابتاً: $4.6[m]$.



الشكل (25-1): المقطع الطولي الجانبي للمصرف المُغلق، ١- سطح الأرض، ٢- بئر مراقبة بصرية، ٣- مصرف من مواسير الخزف (الفخار) بقطر: $d = 125[mm]$

يُنشأ المقطع الطولي الجانبي للمصرف المُغلق وللمجرى المكشوف K-7-3 انطلاقاً من المقاسات المُستخدمة، الشكلان (25-1) و (26-1).



الشكل (١-٢٦): المقطع الطولي الجانبي للمجرى المكشوف K-7-3، 1- سطح الأرض، ٢- قاع المجرى، ٣- مصب المصارف المُغلقة، ٤- طبقة التربة المفككة.

يُثبت المجرى البيني الزراعي المكشوف K-7 حتى موقع مصب المجرى المُغلق K-7-1 وفق خط ميل سطح الأرض: $0.00062 = 5.0/8000$، مما يُحقق ميلاً مسموحاً به للقاع

عند عمق ثابت للمجاري. يُحدد عمق المجرى K-7: $5[m]$ من الاتصال الطبيعي مع المجاري الصغيرة. يعبر المجرى K-7 من موقع صب المجرى المُغلق K-7-1 إلى مجرى الجريان المُخصص لصرف المياه القادمة من جهة الجبال.

١-١١- الحساب الهيدروليكي، التصميم والمقاطع العرضية لشبكة الصرف (مجاري الدريناج):

يُنجز الحساب الهيدروليكي لشبكة المجاري الدريناج وفق معادلات الحركة المنتظمة للمياه. يجب عند ذلك تحديد مقاسات المقطع العرضي للمصارف والمجاري التي تُحقق المرور الأعظمي لتدفق الصرف.

حساب المصارف المُغلقة: تُصمم المصارف المُغلقة بطول: $l=1000[m]$ وبميل: $i=0.002$ والمسافة بينهما: $B=170[m]$. عند مُودول (مُقنن) الصرف الأعظمي: $D_{\max}=0.218[l/(s.hr)]$ وبالتالي فإن التدفق في مصب المصرف يُساوي:

$$Q_{\max}=0.218\cdot 1000\cdot 170\cdot 0.0001=3.71[l/s]$$

تُستخدم المصارف المُصنعة من أنابيب الفخار بطول: $33[cm]$. مُعامل الخشونة لهها: $n=0.015$، ويُحدد تدفق المصرف عند امتلاء المقطع الكامل من المعادلة الآتية:

$$Q=0.393Cd^{\frac{5}{2}}i^{\frac{1}{2}} \qquad (1\text{-}102)$$

حيث: C – ثابت شيزي المُحدد وفق الجدول (1-19).

من أجل تبسيط الحسابات تأخذ المُعادلة (1-89) الشكل الآتي:

$$Q=\alpha\cdot i^{\frac{1}{2}} \qquad (1\text{-}103)$$

حيث: $\alpha=0.393Cd^{\frac{5}{2}}$ – انظر الجدول (1-19).

$d;[m]$ – القطر الداخلي للمصرف.

عند تدفق معين معلوم: $Q=3.71[l/s]=0.00371[m^3/s]$ وميل: $i=0.002$ نجد أن: $\alpha=Q/\sqrt{i}=0.00371/\sqrt{0.002}=0.082$. ويُحدد القطر: $d=125[mm]$ وفق الجدول (1-19).

السرعة في المصرف عند مرور التدفق الأعظمي:

$$v=0.5Cd^{\frac{1}{2}}i^{\frac{1}{2}} \qquad (1\text{-}104)$$

حيث: $\beta=0.5Cd^{\frac{1}{2}}$ ونجد: $d;n$ وفق الجدول (1-13).

عندما: $d=0.125[m];n=0.015;\beta=6.6$ فإن:

$v = 6.60\sqrt{0.0020} = 0.3[m/s]$. تقع هذه السرعة في الحدود المسموح بها: $0.15...1[m/s]$ ومن أجل المصارف الأنبوبية. المودول الأصغري (مُقنن الصرف) يُساوي: $0.100[l/(s.hr)]$ والتدفق الأصغري الناتج عنه في المصرف عند المصب: $Q_{\min} = 0.100 \cdot 1000 \cdot 170/10000 = 1.70[l/s]$.

الجدول (19-1): تحديد قيم: $C;\alpha;\beta$ وفق العلاقة بالقطر: d وبثابت الخشونة: n:

$d;[mm]$	$n=0.012$			$n=0.013$			$n=0.015$		
	C	α	β	C	α	β	C	α	β
100	**45.1**	**0.0559**	**7.12**	**41.6**	**0.0517**	**6.58**	**36.1**	**0.048**	**5.70**
123	**46.6**	**0.097**	**8.17**	**43.0**	**0.0895**	**7.55**	**37.3**	**0.0776**	**6.54**
125	**46.7**	**0.101**	**8.26**	**43.1**	**0.0935**	**7.62**	**37.3**	**0.0809**	**6.60**
141	**47.7**	**0.140**	**8.97**	**44.0**	**0.129**	**8.27**	**38.2**	**0.113**	**7.18**
147	**48.0**	**0.155**	**9.19**	**44.3**	**0.143**	**8.48**	**38.4**	**0.124**	**7.35**
150	**48.2**	**0.165**	**9.30**	**44.5**	**0.152**	**8.61**	**39.2**	**0.134**	**7.58**
180	**49.7**	**0.269**	**10.60**	**45.9**	**0.248**	**9.74**	**39.7**	**0.214**	**8.41**
195	**50.4**	**0.332**	**11.10**	**45.5**	**0.307**	**10.30**	**40.3**	**0.266**	**8.90**
200	**50.6**	**0.357**	**11.30**	**46.7**	**0.328**	**10.40**	**40.5**	**0.285**	**9.06**
243	**52.2**	**0.596**	**12.90**	**48.2**	**0.551**	**11.90**	**41.8**	**0.478**	**10.30**
250	**52.5**	**0.644**	**13.10**	**48.5**	**0.594**	**12.10**	**42.0**	**0.515**	**10.50**
300	**54.2**	**1.050**	**14.90**	**50.0**	**0.969**	**13.70**	**43.3**	**0.840**	**11.90**
338	**55.2**	**1.440**	**16.00**	**51.0**	**1.330**	**14.80**	**44.2**	**1.160**	**12.80**
350	**55.5**	**1.580**	**16.40**	**51.2**	**1.460**	**15.20**	**44.2**	**1.270**	**13.10**
400	**56.8**	**2.260**	**17.90**	**52.4**	**2.080**	**16.50**	**45.4**	**1.800**	**14.30**
482	**58.6**	**3.720**	**20.30**	**54.1**	**3.430**	**19.10**	**46.9**	**2.960**	**16.30**

من أجل تحديد امتلاء المصرف بقطر: $d = 0.125[m]$ يُسمح لهذا التدفق وبأي سرعة، ونجد النسبة: $A = Q_{\min}; Q = 1.7/3.71 = 0.46$. وتُحدد الثوابت: $a;b$ اعتماداً قيمة: A من الجدول (20-1). في هذه الحالة: $a = 0.48; b = 0.98$. يُساوي امتلاء المصرف عند ذلك: $h_{\min} = ad = 0.48 \cdot 0.125 = 0.06[m]$، نجد أن: السرعة: $v_{\min} = vb = 0.98 \cdot 0.3 = 0.29[m/s]$ وهي أيضاً تقع ضمن الحدود المسموح بها.

الجدول (20-1): تحديد الثوابت: $a;b$ وفق العلاقة بالقيمة: A:

A	**1.000**	**1.070**	**1.068**	**1.048**	**0.994**	**0.927**	**0.830**	**0.750**	**0.678**	**0.583**
a	**1.00**	**0.95**	**0.90**	**0.85**	**0.80**	**0.75**	**0.70**	**0.65**	**0.60**	**0.55**
b	**1.000**	**1.100**	**1.150**	**1.157**	**1.157**	**1.152**	**1.137**	**1.115**	**1.079**	**1.045**
A	**0.500**	**0.415**	**0.332**	**0.256**	**0.188**	**0.129**	**0.080**	**0.045**	**0.020**	**0.004**
a	**0.50**	**0.45**	**0.40**	**0.35**	**0.30**	**0.25**	**0.20**	**0.15**	**0.10**	**0.05**
b	**1.000**	**0.940**	**0.890**	**0.810**	**0.740**	**0.635**	**0.550**	**0.435**	**0.333**	**0.180**

تصميم المجرى المُغلق: يُنجز المجرى المُغلق K-7-2 من أنابيب الأسبستوس الإسمنتي: $n = 0.012$ على قارنات دون ثقوب وردميات ارتشاحية تعمل كفلتر. وهو يجمع ويصرف المياه من: 10 مصارف. وبما أن كلفة إنشاء المجرى تتعلق بقطر الأنابيب التي يجب أن تكون نظامية (بحسب النورمات) يُستخدم مقطع المجرى متغيراً بالتطابق مع التدفق المار عبره. يُبين الجدول (21-1) نتائج عملية الحساب. تزداد السرعة إلى المصب وهذا يعني أنها مناسبة ولا تتجاوز الحدود المسموح بها.

الجدول (21-1): حساب المجرى المغلق K-7-2:

رقم المصرف	المراكز	الميل	التدفق الأعظمي				
			$Q[m^3/s]$	α	$d[mm]$	β	$v[m/s]$
1	NK0…NK1+70	0.001	0.0371	1.16	338	16.0	0.51
2	NK!+70NK3+40	0.001	0.0334	1.04	300	14.9	0.47
3	NK3+40…NK5+10	0.001	0.0297	0.93	300	14.9	0.47
4	NK5+10…NK6+80	0.001	0.0260	0.81	300	14.9	0.47
5	NK6+80…NK8+50	0.001	0.0223	0.70	300	14.9	0.47
6	NK8+50…NK10+20	0.001	0.0186	0.58	243	12.9	0.41
7	NK10+20…NK11+90	0.001	0.0148	0.46	243	12.9	0.41
8	NK11+90…NK13+60	0.003	0.0111	0.20	180	10.6	0.58
9	NK13+60…NK15+30	0.003	0.0074	0.13	141	8.97	0.49
10	NK15+30…NK-17	0.003	0.00371	0.067	100	7.12	0.39

تابع الجدول (21-1):

رقم المصرف	التدفق الأعظمي					
	$Q[m^3/s]$	A	a	$h[m]$	b	$v[m/s]$
1	0.0170	0.458	0.48	0.16	0.98	0.50
2	0.0153	0.458	0.48	0.14	0.98	0.46
3	0.0136	0.458	0.48	0.14	0.98	0.46
4	0.0119	0.458	0.48	0.14	0.98	0.46
5	0.0102	0.458	0.48	0.14	0.98	0.46
6	0.0085	0.458	0.48	0.12	0.98	0.40
7	0.0068	0.458	0.48	0.12	0.98	0.40
8	0.0051	0.458	0.48	0.09	0.98	0.57
9	0.0034	0.458	0.48	0.07	0.98	0.48
10	0.0017	0.458	0.48	0.05	0.98	0.38

١-١٢- حساب الغسل الاستثماري والصرف المؤقت، تنظيم الغسل وحجم العمل:

لا يُمكن استصلاح الأرض دون إزالة الملوحة الأولية منها. بالربط مع ذلك يُدرس في المشروع الغسل الاستثماري للأرض المالحة، وتُحدد معدلات الغسل التي تُزيل الأملاح إلى خارج حدود المنطقة المدروسة والتي تُحقق الملوحة المطلوبة في الطبقة الحسابية للتربة. تُؤخذ

بالحسبان الشروط الطبيعية للأرض وإمكانية تنظيم المزارع عند الحسابات. تُدرس عملية غسل الأملاح من الأرض (المحاليل وإزالة الأملاح) كمجموع تدفقات (تيارات) هيدروديناميكية وانتشارية في التربة عند إشباعها الكامل بالمياه.

يُحدد مُعدّل الغسل الصافي المطلوب من أجل إزالة الملوحة في طبقة مُحددة للتربة حتى الحدود المسموح بها:

$$N_{HT} = \left(2a\sqrt{D^* t} + h\right)m \qquad (1\text{-}105)$$

حيث: $N_{HT}; [\frac{m^3}{day}]$ – معدّل الغسل الصافي. $D^*; [m^2 / day]$ – مُعامل الانتشار بالحمل. $t; [day]$ – مدة الغسل. m – مسامية التربة، نسبة من الحجم. $h; [m]$ – العمق الحسابي للطبقة المغسولة.

تُحدد قيمة الثابت: a وفق العلاقة: $\overline{C} = C_{DON} / C_{UCX}$ حيث: C_{DON} محتوى الأملاح المسموح به:% من كتلة التربة الجافة. C_{UCX} – المحتوى البدائي للأملاح:% من كتلة التربة الجافة قبل إجراء عملية الغسل: الجدول (22-1).

الجدول (22-1): قيمة الثابت: a وفق العلاقة: $\overline{C} = C_{DON} / C_{UCX}$:

$\overline{C}$	0.001	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14
a	2.19	1.65	1.45	1.24	1.10	0.99	0.91	0.83	0.76
$\overline{C}$	0.16	0.18	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
a	0.70	0.65	0.60	0.48	0.37	0.27	0.18	0.09	0

نجد قيمة الثابت: a وفق العلاقة: $\overline{C} = (C_{DON} - C_N)/(C_{UCX} - C_N)$ حيث: C_N;% محتوى الأملاح من مياه الصرف عند الغسل.

يُستخدم العمق الحسابي المطلوب لإزالة الملوحة المستقرة في التربة مساوياً: $h = 1[m]$. يُمكن افتراض محتوى الكلور: $C_{DON} = 0.01\% Cl^-$ عند أملاح كلوريد السولفات وهو الحد المسموح به لمحتوى الأملاح من أجل زراعة القطن بعد الغسل الاستثماري.

يُفرض مُعامل الانتشار هنا بمقدار هو يساوي: $D^* = 0.015[m^2 / day]$، ومسامية: $m = 0.48$.

إن الوقت المُناسب لإجراء الغسل هو الخريف والشتاء (تشرين أول–شباط). محتوى الكلور الوسطي في الطبقة: $0...1[m]$ يساوي: 0.199%. مع الأخذ بالحسبان أنه لا توجد على الأرض حقول مروية، وأن مياه المصارف تُستخدم من أجل الغسل بمياه النهر. في هذه الحالة: $\overline{C} = C_{DON} / C_{UCX} = 0.01 / 0.199 = 0.05$ قيمة: $\overline{C} = 0.05$ تُطابق: a=1.17.

بإعطاء مُدد مختلفة للغسل: $t;[day]$ نجد وفق المعادلة (105-1) معدل الغسل الصافي: N_{HT} والسرعة المطلوبة لصرف مياه الغسل: الجدول (23-1).

الجدول (23-1): معدل الغسل الصافي: N_{HT} والسرعة المطلوبة لصرف مياه الغسل:

الثابت	$t;[day]$					
	30	**60**	**90**	**120**	**150**	**180**
$N_{HT};[m^3/hr]$	**12100**	**15000**	**17300**	**19300**	**21000**	**22440**
$v;[m/day]$	**0.042**	**0.025**	**0.019**	**0.016**	**0.014**	**0.012**

وبهذا الشكل تتعلق قيمة معدّل الغسل والسرعة المطلوبة لصرف مياه الغسل بمدة الغسل. تُحدد سرعة صرف مياه الغسل المتشكلة في المصارف الدائمة وفق العلاقات المبينة أعلاه عند شروط ارتفاع المياه الجوفية حتى سطح الأرض. يجب الافتراض أن الحساب الهيدروليكي للمصارف مبين في مودول (مقنن) الصرف: $D = 0.08[l/(s.hr)]$ وزيادته تؤدي إلى الضغط على عمل المصارف. بفرض الضاغط في المصرف عند الغسل: $0.5[m]$، نحصل على الضغط المؤثر: $\Delta h = H_D - 0.5 = 3.5 - 0.5 = 3[m]$. عندها من المعادلة (86-1) نحصل على:

$$0.435T^* + (\Delta\overline{H} - 1)\lg T^* = (\Delta H - 1)tg\frac{2T}{d^*} + 0.301$$

نجد القيمة:

$$\Delta\overline{H} = 1 + \frac{0.435T^* - 0.301}{\lg\left[\frac{2T_0}{(T^*d^*)}\right]} = 1 + \frac{0.435\cdot 8 - 0.301}{\lg\left[\frac{2\cdot 433}{(8\cdot 165)}\right]} = 1.73$$

حيث:

$$T^* = \pi T / B = 3.14\cdot 433/170 = 0.8.$$

$$d^* = \sqrt{2d(\Delta h + d)} = \sqrt{2\cdot 0.4(3 + 0.4)} = 1.65[m]$$

ثم من المعادلة: $\Delta\overline{H} = \dfrac{(\Delta H - \overline{q}T)}{\Delta h}$ عند قيم معلومة: $\Delta H; T; \Delta h$ نُحدد:

$$\overline{q} = \frac{\Delta\overline{H}\Delta h - \Delta H}{T} = \frac{1.73\cdot 3 - 1.65}{433} = 0.0082[m/day]$$

وتكون قيمة المودول (المُقنن) الناتج عن التسرب عبر شبكة المصارف الدائمة في شروط الغسل، $q_0 = K_1 q = 0.3\cdot 0.008 = 0.0025[m/day]$. القيمة الناتجة أصغر من السرعة المطلوبة: v لصرف مياه الصرف عند أي فترة زمنية: t. بهذا الشكل لا يُمكن للصرف الدائم تحقيق صرف مياه الغسل في الفترة المحددة، لذلك يجب تصميم الصرف المؤقت في فترة

الغسل، المُنشأ عادةً في شكل قنوات مكشوفة غير عميقة: $0.8...1.2[m]$.

بمقارنة السرع المطلوبة لصرف مياه الغسل: v والسرع المشكلة بالصرف الدائم: q_0 نُحدد الفرق: $v-q_0$ ووفقه نُحدد المسافة بين المصارف المؤقتة: B_1. عمق المصرف: $h=1[m]$ وقطر: $b_0=0.5[m]$ حيث: $d_1=0.5b_0+h=0.5\cdot0.5+0.1=0.35[m]$ – عرض المصارف المؤقتة عند القاع، و $h_0=0.1[m]$ – عمق المياه في المصارف المؤقتة.

يتحقق حساب الصرف المؤقت وفقاً لمعادلة كوستياكوف:

$$v-q_0=\frac{\pi K_1 h}{B_1\left[\ln\left(\frac{B_1}{d_1}\right)-1\right]}=\frac{1.36K_1h}{B_1\left[\left(\frac{B_1}{d_1}\right)-0.435\right]} \qquad (1\text{-}106)$$

وبفرض أن نفاذية الردميات المغطاة (الفلتر) مُنخفضة: $0.3[m/day]$، فإنه في فترة الغسل تُدرس التربة حتى العمق: $1[m]$، وهذا يسمح وفق البحث الحالي بزيادة معامل التسرب حتى: $0.5[m/day]$.

عند القيم المعلومة: $K_1=0.5[m/day]$ و $h=1[m]$ و $d_1=0.35[m]$ وبالاختيار نجد المسافة بين المصارف المؤقتة: B_1، التي تُحقق صرف المياه الجوفية بالسرعة: $v-q_0$ عند مدد غسيل مختلفة: t. نُبين نتائج الحسابات في الجدول (24-1).

الجدول (24-1): نتائج الحسابات لسرعة مياه الصرف وللمسافة بين المصارف المؤقتة:

الثوابت	مدة الغسل: $t;[day]$				
	30	60	90	120	150
سرعة صرف المياه الجوفية بالمصارف المؤقتة: $v-q_0;[m/day]$	0.0395	0.0225	0.0165	0.0135	0.0115
المسافة بين المصارف المؤقتة: $B_1;[m]$	14	22	30	34	37

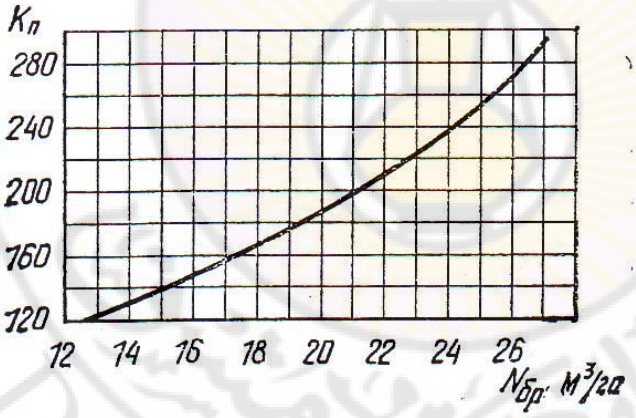
بهذا الشكل فإن تغير مدد الغسيل يتبعه زيادة في تغير حجم العمل وفق إنشاء الصرف المؤقت، لذلك من أجل اختيار استمرارية الغسل يجب إنجاز الحسابات التقنية والاقتصادية لبارامترات شبكة الري وشبكة الصرف، والضياعات على الإنشاء وإجراء الغسل وتحديد مدة الغسل بصورة نهائية، التي تُحقق الضياعات الأصغرية على إجرائها.

تتكون الضياعات المرتبطة بإنشاء شبكة الصرف الإضافية وبإجراء الغسل من الضياعات الآتية:

١- أجور عمل على حفر المصارف المؤقتة $\left(\frac{0.1lera}{1[m]};10000/B_1\right)$.

٢- أجور عمل على إنشاء المجاري المؤقتة المكشوفة، والجوانب الترابية (الأمشاط)، وعلى حفر قنوات الري المؤقتة، وعلى تخطيط سطح الحقل قبل الغسل، وعلى حراثة التربة (١٠٠ ليرة لكل واحد هيكتار).

٣- أجور الأعمال (أجور الساقي وغيرها). تزداد هذه الضياعات بزيادة استمرارية معدلات الغسل، لأن عند المعدلات الكبيرة للغسل يُجرى وفق أشواط دورية. يُعطى خلال شوط واحد إلى الحقل: $3000...4000[m^3/hr]$ مياه. وتُجرى أعمال الصيانة للجوانب الترابية (للأمشاط) ولقنوات الري والصرف المؤقتة بعد امتصاص مياه السقاية في التربة. ويُبين الشكل (27-1) علاقة الضياعات مع معدّلات الغسل. معدل الغسل هو معدل المياه المطلوب للغسل مضافاً إليه الضياعات على التبخر من سطح التربة (يُساوي إلى التبخر انظر الجدول (1-1)). لا تؤخذ بالحسبان الضياعات من شبكة الري المؤقتة عند حساب معدلات الغسل، بافتراض أنها تدخل في معدل الغسل الصافي. يُجرى الغسل في فترة الخريف بدءاً من تشرين الأول.



الشكل (27-1): علاقة الضياعات (أجور العمل) على الغسل بمعدلات الغسل.

يُبين الجدول (25-1) حساب مُعدلات الغسل مع حساب التبخر وكلفة إنشاء شبكة الصرف، والتخطيط والأجور وغيرها من الإجراءات المبينة أعلاه.

بالإضافة إلى ذلك يجب التحقق من قدرة شبكة الري الدائمة على إعطاء الكمية المطلوبة من مياه الغسل في فترات معينة.

قدرة التمرير: $[m^3/hr]$ لقنوات الري الدائمة:

$$Q = qt86400K_{ФОР}/1000 \qquad (1\text{-}107)$$

حيث: $q = 0.75[l/(s.hr)]$ – قيمة الهيدرومودول (مُقنن الري). $t;[day]$ – مدة الغسل.

$K_{\Phi OP} = 1.3$ – ثابت تسرب القنوات. نتائج الحساب في الجدول (26-1):

الجدول (25-1): حساب معدلات الغسل:

مجموع الضياعات على الغسل: ليرة لواحد هيكتار	أجور آلات السقاية: ليرة	كلفة التخطيط وحراثة التربة وحفر الأمشاط: ليرة لواحد هيكتار	كلفة إنشاء المصارف المؤقتة: ليرة لكل هيكتار	الامتداد النوعي للمصارف المؤقتة: $[m/hr]$	المسافة بين الدريناج المؤقت: $B_1;[m]$	الضياعات على التبخر: $[m^3/hr]$	معدل الغسل مع اعتبار التبخر: $[m^3/hr]$	زمن إجراء الغسل	معدل الغسل الصافي: $[m^3/hr]$	مدة الغسل باليوم: $t;[day]$
296	125	100	71	714	14	830	12930	ت١	12100	30
296	150	100	46	455	22	1240	16240	ت١. ت٢	15000	60
308	175	100	33	333	30	1560	18860	ت١...ك١	17300	90
329	200	100	29	294	34	1710	21010	ت١...ك٢	19300	120
347	220	100	27	270	37	1920	22920	ت١...ش	21000	150

الجدول (26-1): نتائج الحساب للزمن وللتدفق:

$t;[day]$	30	60	90	120	150
$Q;[m^3/hr]$	1944	3880	5832	7776	9720

بالمناقشة وفق قيم: $N_{bp};Q$ لشبكة الري المحسوبة في مشروع الري، لا يُسمح بإجراء الغسل في الفترات المبينة. في هذه الحالة يجب تمديد الغسل الاستثماري مدة عامين بالتزامن مع خفض معدل الغسل السنوي، أو إنشاء شبكة ري إضافية في فترة الغسل. يُناسب النموذج الأول عندما تكون التربة شديدة الملوحة، بالتالي عند معدلات غسل أكبر من: $25000[m^3/hr]\rangle$. وأما عند معدلات الغسل الأقل من: $20000...25000[m^3/hr]$ يُناسب إنهاء الغسل الاستثماري خلال عام واحد، لذلك في المشروع المدروس يُستخدم النموذج الثاني.

إنشاء شبكة ري إضافية يتبعه زيادة بالكلفة الإضافية. الامتداد لشبكة الري الدائمة الزراعية والزراعية الداخلية المدروسة في المشروع: $23[m/hr]$. ونجد الامتداد الكلي لشبكة الري بما فيها الإضافية بزيادة امتداد الشبكة الدائمة طرداً مع الزيادة المطلوبة لقدرة القنوات على التمرير.

الفصل الثاني

تصميم شبكات الري بالرش (بالرذاذ) في مناطق الرطوبة المُنخفضة (مشروع فصلي)

الهدف من المشروع: تعريف الطالب بطريقة تصميم أنظمة (شبكات) الري وتقنيتها عند السقاية باستخدام تقنيات رش مُختلفة في شروط المناطق الجافة وشبه الجافة. يُنجزه في شكل مذكرة تفسيرية، مُتضمنة الحسابات والشرح لجميع الأجزاء وملحق المواد البيانية، أشكال المقاطع الطولية والعرضية، وتصميم شبكة المُنشآت الهيدروتقنية ومُخطط قطاع الري والتصميم عليه، تنظيم المساحة، وشبكة الري والصرف، والمُنشآت الهيدروتقنية، والطرق، ومزروعات الأشجار.

٢-١- المقدمة:

عرض باختصار لمجموعة وأحكام منطقة الري، حيث يقع مشروع الري ومسائل معينة التي يجب حلها نتيجةً لإجراءات التصميم.

٢-٢- نص المشروع للتصميم:

يتضمن تصميم شبكات الري بالرش في مناطق الرطوبة المُنخفضة ما يلي.

١- الأرض حيث تُصمم شبكة الري الواقعة في منطقة ... .

٢- التوجه العام لإدخال المزارع إلى أرض الري ومزارع تربية المواشي.

أوجدت الحسابات ضرورة ري القطاعات التالية:

أ- زراعة حبوب علفية في ثمانية حقول من الدورة الزراعية في مساحة كلية: [ha] وبمعدل ري وزني وسطي صافي: [m^3/ha].

ب- زراعة خضار علفية في ثمانية حقول من الدورة الزراعية في مساحة كلية: [ha] وبمعدل ري وزني وسطي صافي: [m^3/ha].

ت- تتميز نفاذية التربة للمياه بسرعة تسرب (امتصاص) في نهاية واحدة الزمن الأولية: $K_1;[m/h]$.

ث- مصدر الري.

منسوب المياه الحسابي في موقع سحب المياه.

تحدد مساحة القطاعات المُصممة للري: [ha]700-500 .

يُمكن استخدام نسبة مساحات الري بالتطابق مع الجدول (2-1).

الجدول (1-2): نسبة المساحات المروية، % من الدورة الزراعية.

نوع الدورة الزراعية	المحاصيل					
	قمح ربيعي	بطاطا	خضار	ذرة	فصة	جذور درنية
٨ حقول خضار علفية	12.5	25.0	25.0	12.5	25.0	-
٨ حقول حبوب مغذية	37.5	12.5	-	-	25.0	25
الإنتاجية: $[T/hr]$	4	25	25	60	10	45

يُمكن أن يكون مصدر الري إما قناة رئيسية أو نهراً أو حوضاً مائياً. لا تُدقق في المشروع الحالي خاصية التصميم لمصدر الري، على افتراض مساحات الري المُبينة ستتأمن بالمياه من حوض مائي يُخصص للمشروع وبيان إشارة منسوب المياه الحسابي في موقع سحب المياه باستخدام آلات الضخ ومحطاته.

٢-٣- المواصفات المُختصرة أو المُعينة للشروط الطبيعية، تأسيس أسلوب الري:

من الوثائق المناخية الزراعية من أجل المنطقة التي تتوضع فيها القطاعات المُصممة للري، يجب على الطالب جمع المعلومات التالية:

١- **الشروط المناخية:** الهطولات المطرية، التبخر، حرارة الهواء، سرعة الرياح، استمرارية فترة النمو، فترات الصقيع في الربيع المتأخر والخريف المبكر، عدد أيام ذات درجة الحرارة الأكبر من: $5[C^o]$، ومجموع درجات الحرارة الإيجابية: $[C^o]$، والرطوبة النسبية للهواء، عمق التربة المُعرضة للصقيع، المراحل الأساسية لنمو المحاصيل في الدورة الزراعية.

٢- **الشروط الترابية:** المواصفات الأساسية لاختلاف التربة في قطاعات الري (التركيب الميكانيكي للتربة، الخواص الفيزيامائية، البنية، سرعة تسرب المياه في التربة في نهاية الساعة الأولى، المحتوى الملحي وغيره).

٣- **الشروط الجيومورفولوجية:** التضاريس، الانحدارات (الميل)، الرسوم الأفقية، تُبين مواصفات هذه الثوابت في مُخطط، ويُعطى سوية مع نص المشروع للتصميم.

٤- **الشروط الجيولوجية والهيدروجيولوجية:** البنية الجيولوجية لقطاع الري، الوضع الهيدروجيولوجي (عمق توضع منسوب المياه الجوفية ونسبة ملوحتها، قدرة الطبقة الحاوية للمياه وشرط صرف جريانات أو تيارات المياه الجوفية وغيرها).

بالاعتماد على تحليل الظروف المناخية يُعطى تقييم لتأثيرها في الإنتاج الزراعي. في المناطق ذات الرطوبة غير المستقرة فإننا نتخذ للحساب السنة متوسطة الجفاف التي تتكرر بحسب نقص التوازن المائي: 75%.

تتميز المنطقة بمناخ قاري حاد، صيف حار وجاف وشتاء بارد مع قليل من الثلوج. نُبين في الجدول (2-2) درجات الحرارة وفق محطة الأرصاد الجوية.

الجدول (2-2): درجات الحرارة الوسطية الشهرية للهواء: $[C^o]$:

الوسطية خلال عام	الأشهر											
	12	11	10	09	08	07	06	05	04	0.3	02	01
3.5	-11.3	-3.8	4.2	12.3	19.0	21.1	18.6	13.8	3.4	-7.5	-13.8	-14.2

عدد الأيام ذات درجات الحرارة الأكبر من: $0;[C^o]$ يُساوي: $208[Day]$ (07.04-31.10). وعدد الأيام ذات درجات الحرارة الأكبر من: $5;[C^o]$ يُساوي: $174[Day]$ (21.04-11.10). هذه الفترة كافية من أجل زراعة محاصيل الخضار والعلفية.

تُستخدم كمية الأمطار السنوية الوسطية وكمية الأمطار للعام الجاف وسطياً، في الحسابات: $[mm]$. يُبين الجدول (2-3) كمية الأمطار الوسطية لعام جاف.

الجدول (2-3): كمية الأمطار الوسطية لعام جاف:

خلال عام	الأشهر												
	12	11	10	09	08	07	06	05	04	0.3	02	01	الأمطار
274.8	11.2	16.3	20.4	33.9	37.5	48.5	29.3	29.7	18.3	9.2	3.9	6.6	السنوية الوسطية
182.0	3.0	8.0	11.0	45.0	4.0	39.0	5.0	4.0	40.0	11.0	7.0	5.0	الوسطية لعام جاف

تتساقط أكبر كمية من الأمطار في الصيف، وليس في الشتاء، لكنها غير كافية للحصول على إنتاج زراعي مضمون. والأمطار غزيرة غالباً، الغطاء الثلجي غير كبير نسبياً وغير مُنتظم تبعاً لانتقال الثلوج بسبب الرياح من الأماكن العالية للتضاريس إلى الأماكن المُنخفضة. استمرارية الغطاء الثلجي خمسة أشهر (من العشرية الثانية في كانون الأول حتى العشرية الثانية في نيسان)، ويُبين الجدول (2-4) سرعة الرياح.

الجدول (2-4): السرع الوسطية الشهرية للرياح: $[m/s]$.

الوسطية خلال عام	الأشهر											
	12	11	10	09	08	07	06	05	04	0.3	02	01
5.0	5.0	5.4	5.2	4.8	3.8	3.7	4.0	4.7	5.1	6.2	5.9	5.8

تتراوح السرع الوسطية الشهرية للرياح في فترة النمو: $[m/s]5.1-3.7$، وتتجاوز في أيام أخرى: $10;[m/s]$. الاتجاه الذي تتميز به الرياح في فترة النمو: في النصف الأول: الجنوب الشرقي، وفي النصف الثاني: الشمال الغربي. ويُبين الجدول (2-5) الرطوبة النسبية

الوسطية للهواء %.

الجدول (2-5): الرطوبة النسبية الوسطية الشهرية للهواء: %.

الوسطية	الأشهر											
خلال عام	12	11	10	09	08	07	06	05	04	0.3	02	01
64	84	82	66	49	45	41	46	44	61	79	82	85

الجدول (2-6): التبخر الوسطي الشهري من السطح المائي: $[mm]$ عند السرع الوسطية الشهرية للرياح.

المجموع	الأشهر											
خلال عام	12	11	10	09	08	07	06	05	04	0.3	02	01
747	2	6	30	86	155	189	116	119	38	4	2	0

تُعدّ التربة غير مالحة، $K_1 = 0.57[m/h]$. يتوضع عمق منسوب المياه الجوفية غير المعدنية على عمق أكبر من: $10;[m]$ وتتمتع بجريانات طبيعية جيدة.

يُظهر تحليل الشروط المناخية الطبيعية والزراعية أن المنطقة المُبينة تُنسب إلى مناطق الرطوبة المُنخفضة المُتميزة بعدم استقرار تساقط الأمطار، وتتكرر غالباً الرياح الجافة وشبه الجافة. وهكذا في المنطقة المُبينة يُعتبر الري إضافياً إلى الأمطار الطبيعية، والأسلوب المناسب أكثر هو الري بالرذاذ. فهو يسمح بإجراء السقاية بتوازن أكبر وبضياعات أصغرية للعمل اليدوي عند المكننة والأتمتة الأعظمية لعملية السقاية.

٢-٤- مُخططات عمل مُنشآت الري المُستخدمة:

دُرس السؤال عن استخدام آلات الري بالرذاذ من شبكة مُغلقة وسقاية زوايا المُربعات التي لا تُحققها آلة الري بالرذاذ العاملة دائرياً خلال الحركة

يُمكن استخدام آلات الري بالرذاذ بعيدة المدى لري المحاصيل الزراعية عند وجود أنابيب السقاية المُتنقلة في الحقل التي يُمكن من صنابيرها سحب المياه. تُوضع أنابيب السقاية المتنقلة عمودياً على الأنابيب الثابتة بأبعاد لا تقل عن: $300-400[m]$ الواحد عن الآخر.

يبين الشكل (2-1) المُخطط المبدئي لتوضع شبكة الري في الحقل.

يُحدد طول المطلوب للأنابيب المُتنقلة: $[m]$ لمجموعة واحدة عند الشرط، بحيث يقع أول تمركز المُنشآة على مسافة: $a/2$ من الأنبوب الثابت من المعادلة الآتية:

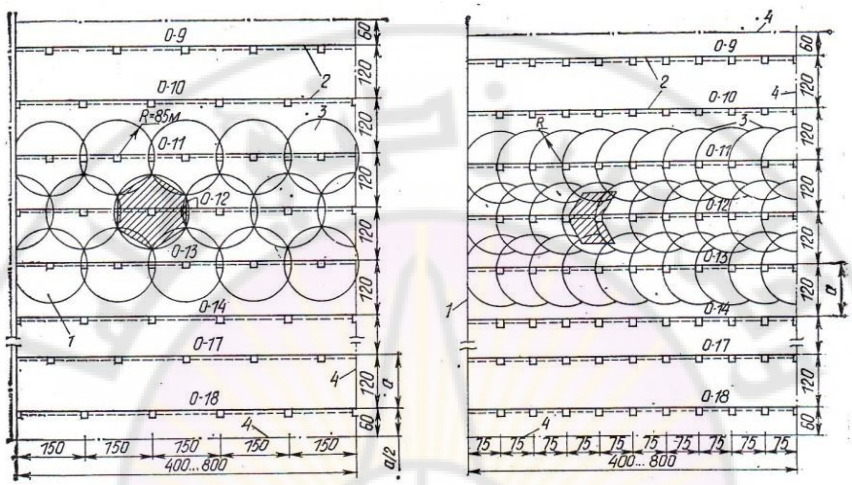
$$l_{nT} = na \qquad (2\text{-}1)$$

حيث: n- عدد المراكز المُثبتة على الأنبوب المُتنقل، عادةً: $n = 2-4$.

$a;[m]$- المسافة بين المركز والذي يليه.

تُحدد المسافة: $[m]$ بين الأنابيب الثابتة عندما تتوضع الأنابيب المنقولة على جانبي أنبوب التوزيع الثابت ويتم الري بشكل دائري من المعادلة الآتية:

$$B = 2\left(l_{nT} + a/2\right) \qquad (2\text{-}2)$$



a **b**

الشكل (2-1): مخُطط توزع شبكة الري الخاصة باستخدام أجهزة الري بالرش بعيدة المدى، a- عند توزع الآلات على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع والسقاية دائرياً، b- عند توزع الآلات على رؤوس مستطيل والسقاية قطاعياً، ١- أنبوب توزيع، ٢- أنبوب ري مُتنقل، ٣- المساحة المرطبة بالرذاذ من مركز واحد، ٤- حدود الحقل، ٥- طريق على طول أنبوب الري المُتنقل.

يُمكن أن يكون تصميم الأنابيب المُتنقلة صلباً سريع الفك والتركيب من الأنابيب المعدنية أو البلاستيكية رقيقة الجدران أو مرنة في شكل أنابيب من مواد اصطناعية أو غيرها.

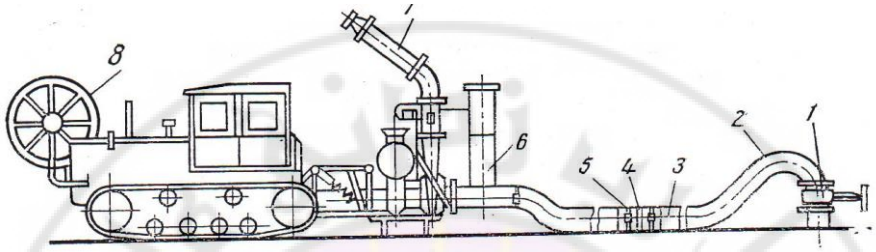
تُصنع الأنابيب الصلبة من مواسير مُنفصلة. المُنتجة صناعياً هي مواسير مُنفصلة سريعة الفك والتركيب وتملك في نهايتها تجهيزة خاصة من أجل تحقيق وصلها وفكها السريع. وتُنتج الأنابيب القابلة للفك أيضاً بوصلات كروية، والأكثر شيوعا الأنابيب المرنة وفق شروط المكننة لعملية الجمع والفك والتركيب للأنبوب المتنقل.

تتحرك آلة الري بالرذاذ العاملة بالحركة الدائرية حول مسند ثابت. يُوصل أنبوب نقل المياه إلى المرفق الدوار للمسند الذي يدور بحرية نسبةً للمحور الشاقولي. تجري المياه إلى المسند الثابت من الصنبور إلى أنبوب الضغط تحت سطح التربة أو أنبوب الضغط على سطح التربة المُجهز بالمعدات المطلوبة على سطح الأرض وللأنبوب.

يجب الأخذ بالحسبان ثوابت ضياعات الكلفة والصيانة، وشروط الاستثمار، والنقل،

وفترة خدمة الآلة وغيرها عند حل مسألة عدد المواضع المُناسبة لعمل آلة الري بالرذاذ العاملة بالحركة الدائرية، بالإضافة إلى الشروط الزراعية المُناسبة والمُمكنة.

يُبين الشكل (2-2) جهاز الشد للخرطوم المرن المُثبت على الجزء الأمامي لهيكل الجرار.



الشكل (2-2): مُخطط التغذية المائية دون قناة (من الأنبوب) لآلة الري بالرش بعيدة المدى: ١- صنبور على أنبوب الري الثابت، ٢- مرفق الوصل، ٣- خرطوم مرن من الكابرون بطول: $[m]100-80$، ٤- قارنة وصل، ٥- حلقة إحكام ضاغطة، ٦- مُنظم الضغط – لوصلة ثلاثية الفروع ذات مؤشر للمنسوب، ٧- جهاز التذرير، ٨- الملفاف الأسطواني من أجل مد الخرطوم وجمعها.

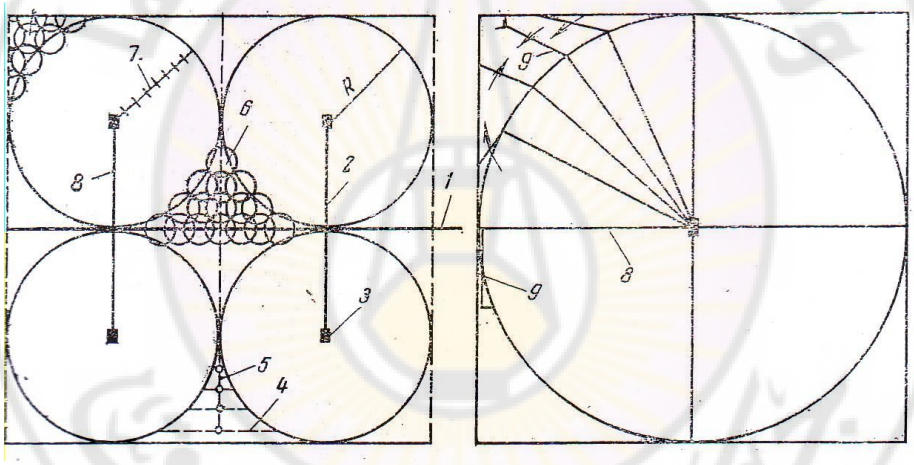
الشرط المُفضل من وجهة نظر مكننة العمليات الزراعية عند السقاية باستخدام آلة الري بالرذاذ العاملة دائرياً هو أن تُوضع مساندها الثابتة وفق رؤوس مربع. يجب أن لا تقل مساحة الحقل عن مساحة السقاية من موضع واحد. يتميز مثل هذا المُخطط لتنظيم مساحة قطاع الري عند طول أعظمي للآلة: [m]435.5 بالثوابت التالية: طول الأنبوب: [m]11.2 لكل: [ha]1. معامل استخدام المساحة المروية: 0.85% (مع اعتبار المساحة المروية باستخدام جهاز الري بالرذاذ النهائي بعيد المدى).

يزداد معامل استخدام المساحة المروية إذا توزعت المساند الثابتة وفق رؤوس مثلث مُتساوي الأضلاع وتحقق تلامس لمُحيط الترطيب لجميع المواضع المُتجاورة. يتناقص عند ذلك طول أنبوب الري لآلة الري بالرذاذ العاملة دائرياً، ويزداد طول شبكة الري لكل: [ha]1.

السيئة الأساسية لتوزع المساند الثابتة وفق رؤوس مثلث متساوي الأضلاع هي الحدود المُنحدرة لحقول الدورات الزراعية، التي تُعدّ مساحات سداسية الشكل. يُنصح بمثل هذه السقاية من أجل المراعي والمزروعات التي لا تتطلب بعد زراعتها مُعاملة بين خطوطها المزروعة (كالحبوب والأعشاب).

يُمكن زيادة معامل استخدام المساحة للسقاية باستخدام آلة الري بالرش العاملة دائرياً عند توضع المساند الثابتة لها وفق رؤوس مربع باستخدام آلات وأجهزة تذرير إضافية من أجل سقاية القطاعات الزاوية في المربع. على سبيل **المثال:** آلة الري بعيدة المدى. فهي تعمل من

أنابيب مُتنقلة موصولة إلى الصنبور المُثبت على الأنابيب الثابتة في زوايا المربعات المتجاورة، والمُجهزة في مواضعها بأنابيب عمودية بوساطة معدات خاصة من أجل وصلها مع آلات الري بعيدة المدى. يُمكن سقاية الزوايا غير المروية أيضاً باستخدام محطات الري بالرش المُتنقلة المُتميزة بفوهات الرش المُثبتة على مساند متحركة للأنابيب المتنقلة، والأنابيب المتحركة بوساطة تجهيزات خاصة، العاملة في نظام مؤتمت، الشكل (3-2)، وبوساطة خراطيم الرش في مجموعة مع شبكة ري مُغلقة نصف ثابتة أو بالكامل شبكة ري مُغلقة إضافية متحركة. يُمكن أن تُجهز العناصر المُتنقلة لشبكة الري المغلقة بخراطيم ذيلية متحركة في مجموعة يجب أن يكون معها محطة ضخ متنقلة، التي تُعوّض عن القنوات غير المُطابقة بخراطيم الرش وبآلة الري بالرش العاملة دائرياً.



a **b**

الشكل (3-2): مُخطط سقاية الزوايا غير المروية باستخدام آلة الري بالرش العاملة دائرياً (فريكات): a- أجهزة الرش الإضافية بعيدة أو متوسطة المدى المثبتة على شبكة الأنابيب المتنقلة أو الثابتة، b- الري بوساطة تجهيزة خاصة للآلة (السقاية في نظام مؤتمت)، ١- أنبوب توزيع، ٢- أنبوب حقلي (زراعي)، ٣- موضع تثبيت آلة الري بالرش العاملة دائرياً، ٤- مواضع أو مسلك خطوط الأنابيب الإضافية، ٥- أنبوب إضافي، ٦- محيط دائرة الترطيب، ٧- آلة الري بالرذاذ العاملة دائرياً (فريكات)، ٨- أنبوب التوزيع الرئيسي، ٩- تجهيزة خاصة متغيرة الزوايا آلياً بالعلاقة مع الأنبوب الرئيسي من: 90^o حتى: 180^o.

يُمكن تحديد عدد أجهزة الري بالرش الإضافية المطلوبة لتحقيق سقاية الزوايا بالعلاقة الآتية:

$$N_{DY} = F_{HT}^{OP}(1-KU)/\omega_{ce} \qquad (2\text{-}3)$$

حيث: $F_{HT}^{OP}; [ha]$- المساحة الصافية لقطاع السقاية.

Ku- معامل استخدام مساحة السقاية باستخدام آلة الري بالرش العاملة دائرياً.

$[ha]$;ω_{ce}– الإنتاجية الموسمية لجهاز الري الإضافي.

تُدور القيمة الناتجة: N_{DY} إلى الرقم الكامل أي دون فواصل.

٣–٥– اختيار موقع قطاع (منطقة الري) الري:

يتم اختيار موقع قطاع الري انطلاقاً من الشروط التالية: ١– القرب من المصدر المائي، ٢– مُلاءمة الشروط الترابية والطبوغرافية (الانحدرات المسموح بها، والأشكال المُنتظمة للأرض)، ٣– الشروط الجيولوجية والهيدرولوجية، ٤– المساحة المطلوبة.

تُوزع قطاعات الري كقاعدة عند سحب المياه ميكانيكياً من النهر أعلى من المدارج المغمورة بالمياه، وتُحاط بحواجز ترابية في الجزء السفلي لانحدار النهر أو الجزء المغمور كي يُمنع غمرها بمياه الفيضانات.

يجب أن يقع قطاع الري على مسافة من ضفاف النهر لا تقل عن: $100[m]$ بهدف تشكيل منطقة حماية مائية.

٣–٦– حساب عناصر تقنية السقاية بالرش:

تحديد غزارة الرش:

تُستخدم عادةً الغزارة الوسطية للرذاذ في التطبيقات العملية عند تصميم أنظمة الري بالرذاذ واستثمارها. بشكل عام تُحدد الغزارة الوسطية للرذاذ: $[mm/\min]$ من المعادلة الآتية:

$$P_{CP} = 60\frac{Q_{DY}}{\omega_{no}} \qquad (2\text{-}4)$$

حيث: $[l/s]$;Q_{DY}– تدفق جهاز الرش.

$[m^2]$;ω_{no}– مساحة الترطيب من موضع واحد مع عدّ التغطية بالرذاذ من المواضع المُجاورة.

يُروى الموضع باستمرار عند استخدام فوهات الرش الموجهة قصيرة المدى، وتكون السقاية مُتقطعة عند استخدام الفوهات التدفقية الدائرة بسرعة أقل من دورة واحدة في الدقيقة وعند استخدام الفوهات الموجهة في آلات الري بالرذاذ المتحركة خلال عملية السقاية.

تُحدد الغزارة الوسطية للرذاذ من أجل أجهزة الرش ذات التوضع الثابت لفوهات الرش (المجموعة الأولى) التي تروي مساحة الترطيب من أحد المواضع باستمرار خلال كامل فترة السقاية، وأيضاً من أجل أجنحة السقاية بالرذاذ المُثبتة في أحد المواضع ذات الفوهات التدفقية الدائرة حول المحور الشاقولي بعدد دورات: $[r.p.m]$;1 وأكثر. على سبيل **المثال:** أنبوب الري

بالرذاذ ذو العجلات الاستنادية، وآلة الري بالرذاذ الكهربائية مُتعددة المساند وآلة الري بالرذاذ المُتنقلة الموضعية: $[mm/\min]$ من المعادلة التالية:

$$P_{CP} = 60Q_{DY} / \omega_{noz} = 60Q_{DY} /(l_{zax} b_{zax}) \qquad (2\text{-}5)$$

حيث: $[m]$;l_{zax} – طول خط الترطيب من موضع واحد.

$[m]$;b_{zax} – عرض خط الترطيب من موضع واحد.

تُستخدم القيم: $[m]$;l_{zax} و $[m]$;b_{zax} مع الأخذ بالحسبان التغطية للمواضع المُتجاورة.

تُحدد الغزارة الفعلية والوسطية من أجل أجهزة الرش ذات الفوهات التدفقية (المجموعة الثانية) الدائرة بالنسبة للمحور الشاقولي.

تتصف الغزارة الفعلية للفوهة التدفقية بطبقة الرذاذ المُتساقطة من الفوهة غير الدائرة على مساحة الترطيب في شكل قطع ناقص مُتطاول بطول يساوي نصف قطر تأثير الفوهة: R وبعرض وسطي لمقطع الترطيب: d.

$$P_D = 60Q_{DY} /(Rd) \qquad (2\text{-}6)$$

تبلغ الغزارة الفعلية للفوهات التدفقية: $[mm/\min]$;$2-3$، وهذا لا يُسمح به للتربة وللمحاصيل. تُجعل الفوهات التدفقية دوارة حول المحور الشاقولي من أجل إنقاصها، علماً أنه عند ذلك يتناقص نصف قطر تأثير الفوهات بنسبة: $5-15\%$ وفق العلاقة بسرعة الدوران.

تُحدد الغزارة الوسطية للرذاذ: $[mm/\min]$ للفوهات التدفقية الدوارة من المعادلة التالية:

$$P_{CP} = 60Q_{DY} \cdot \mu /(\pi R^2 n) \qquad (2\text{-}7)$$

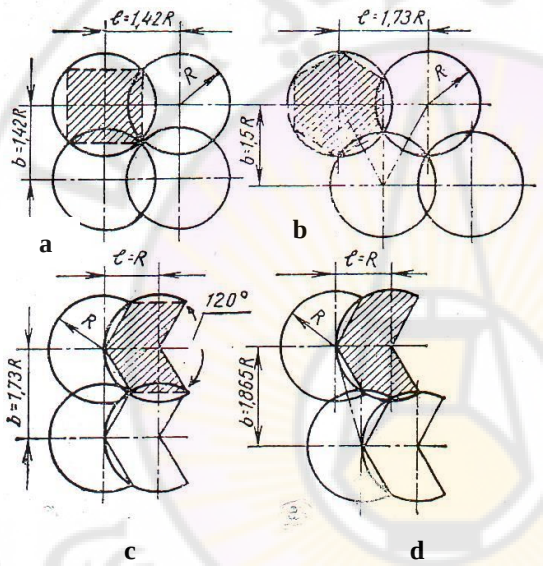
حيث: R;[m]– نصف قطر تأثير الفوهات.

n;[r.p.m]– سرعة دوران الفوهات.

μ – مُعامل يأخذ بالحسبان مساحة التغطية بالرذاذ للمواضع المُتجاورة، وهو يتعلق بمُخطط توزيع أجهزة الرش عند السقاية في المواضع المُتجاورة، ويتعلق بمواصفات السقاية (دائرياً أو قطاعياً)، ويتعلق بالمسافة بين القوائم المتجاورة: a وبطول القائم: b وهو يُعادل: 1.57 عندما تتوضع مُشكلةً أشكالاً مُربعة، و: 1.20 عندما تتوضع مُشكلةً أشكالاً مُثلثية الشكل (2-4).

يُنصح بالسقاية وفق القطاع باتجاه الرياح عندما تكون سرعة الرياح أكبر من: $2.5[m/s]$. تُوزع القوائم المُتجاورة وفق رؤوس مربع أو وفق رؤوس مثلث متساوي الأضلاع عند السقاية دائرياً، وتُوزع القوائم المُتجاورة وفق رؤوس مستطيل أو وفق رؤوس مثلث متساوي

الساقين عند السقاية قطاعياً. من أجل إنقاص الغزارة الوسطية للرذاذ عند شروط بسيطة متماثلة، يتم إنقاص قيمة معامل التغطية μ، وبالتالي تزداد الحدود المسموح بها لقيم كل من: a و b. تُساوي القيم العظمى لكل من: a و b: القيمة $1.42R$ من أجل مُخطط توزع القوائم على رؤوس مربع وفق شروط عدم تحقيق الري للقطاعات بين مُحيطات الترطيب، وتُساوي القيمة $b=1.5R;a=1.73R$ من أجل مُخطط توزع القوائم على رؤوس مثلث مُتساوي الأضلاع. تُشكل ثوابت التغطية من أجل هذه المُخططات القيم: 1.2;1.57.



الشكل (2-4): مخطط السقاية باستخدام أجهزة الرش بعيدة المدى: a- وفقاً للقطاع عند توزيع المواضع على رؤوس مربع، b- السقاية أيضاً وفقاً للقطاع عند التوزيع على رؤوس مثلث متساوي الأضلاع، d,c- وفقاً للقطاع عند توزيع المواضع على رؤوس مستطيل وعلى رؤوس المثلث.

غالباً قيم a و b من أجل الترطيب الأمثل للقطاعات في مساحات السقاية المُتجاورة مع المواضع تُستخدم القيم الأصغر بمرات عدة من القيم العُظمى المسموح بها. لكن ذلك يُؤدي إلى تناقص المسافة بين قنوات الري وبين أنابيب السقاية، ويُنقص معامل الاستخدام المفيد للزمن على السقاية بالربط مع عدد الأشواط الكثيرة بين المواضع المُتجاورة.

تُحدد الثوابت التالية من أجل آلات الري بالرذاذ التي تُجري السقاية خلال الحركة (المجموعة الثالثة)، على سبيل **المثال**: آلة الري بالرذاذ ذات الجناحين المُعلقين (الكانصولية) وآلة الري بالرذاذ العاملة بالحركة الجبهية (المحورية):

الغزارة الوسطية للرذاذ: $[mm/\min]$:

$$P_{CP}=\frac{60Q_{DY}}{[l_{zax}(b_{zax}+S)]} \qquad (2\text{-}8)$$

حيث: $[m];l_{zax}$ و $[m];b_{zax}$ – طول وعرض خطوط الترطيب بالرذاذ في الوضعية الثابتة

للآلة.

$S;[m]$ – المسافة التي تقطعها الآلة خلال دقيقة.

طبقة الرذاذ الناتجة خلال شوط (مرور) واحد للآلة:

$$h_D = \frac{60Q_{DY}}{(l_{zax}S)} \qquad (2\text{-}9)$$

عند التعبير عن سرعة حركة الآلة: $V;[m/\min]$ نُعوض في المعادلة (2-9) بدلاً من: S نضع: V تُصبح العلاقة كما يلي:

$$h_D = \frac{60Q_{DY}}{(l_{zax}V)} \qquad (2\text{-}10)$$

يُمكن تحديد الغزارة الوسطية وطبقة الرذاذ خلال شوط واحد من أجل آلات الري بالرذاذ العاملة بالحركة الدائرية (المجموعة الرابعة) من المعادلتين (2-7) و (2-8). إلا أن هذه الآلة تُعطي خلال العمل معدل كمية السقاية خلال دورة واحدة، أي خلال مدة تتراوح من: $250;[h] - 50$، وسرعة حركتها الدورانية خلال دقيقة واحدة صغيرة جداً. وهكذا عند الآلة العاملة بالحركة الدائرية 453.5[m] تكون السرعة العظمى (دورة كاملة خلال خمسين ساعة) وتُشكل مسافة النقاط النهائية وفق المُحيط خلال دقيقة واحدة: $1;[m]$. أيضاً يُشكل عرض خطوط الترطيب عند السقاية وسطياً: $40;[m]$. لذلك من أجل الحسابات العملية وفق العلاقة (2-7) يُمكن إهمال القيمة: $S;[m]$، وتأخذ هذه العلاقة شكلاً أكثر بساطة.

تحديد المدة اللازمة لرش معدل السقاية من موضع واحد:

تُعطى مدة معدل السقاية من أجل مُنشآت مائية بالرش من المجموعة الأولى بالعلاقة الآتية: [min]:

$$t_{noz} = \frac{m}{10P_{CP}} = \frac{m_0}{P_{CP}} \qquad (2\text{-}11)$$

حيث: $m;[m^3/hr]$ – معدل السقاية.

$m_0;[mm]$ – معدل السقاية كطبقة مائية: $m_0 = m/10$.

$P_{CP};[mm/\min]$ – الغزارة الوسطية للرش.

يُحدد زمن العمل لآلات الري بالرذاذ المجموعة الثانية: [min] من المعادلة التالية:

$$t_{noz} = \frac{m_0}{P_{CP} \cdot n} \qquad (2\text{-}12)$$

حيث: n – عدد دورات القاذف: $n \le 1$.

يُحدد بدايةً عدد الأشواط للآلة على طول قناة الري أو على طول قطاعها من أجل إعطاء مُعدل السقاية المطلوب من أجل آلات الري بالرش للمجموعة الثالثة من المعادلة الآتية:

$$n_{npo} = \frac{m_0}{h_D} \qquad (2\text{-}13)$$

تُدور القيمة الناتجة: n_{npo} إلى عدد صحيح: n'_{npo}، ثم يُحسب معدل السقاية الجديد:

$$m'_0 = h_D n'_{npo} \qquad (2\text{-}14)$$

يجب أن يكون عدد أشواط الآلة على الجزء المروي فردياً حيث تقع الآلة عند لحظة انتهاء السقاية من على أحد الأحواض، عند حدود الحوض التالي ويجب آلا تحصل أشواط فارغة.

يُحدد زمن عمل الآلة على جزء واحد من المعادلة الآتية:

$$t_\sigma = \frac{n'_{npo} t_{npo}}{\beta_\sigma} \qquad (2\text{-}15)$$

حيث: t_{npo} – المدة اللازمة لاجتياز الشوط على طول الجزء:

$$t_{npo} = \frac{l_\sigma}{V} \qquad (2\text{-}16)$$

حيث: β_σ – معامل استخدام الزمن المفيد لأجل الري خلال مدة العمل على الجزء، لا بد من محاولة أن يكون: $\beta_\sigma = 1$.

$V;[m/s]$ – سرعة حركة الآلة على طول الجزء المروي خلال زمن السقاية.

$l_\sigma;[m]$ – طول الجزء المروي.

$$l_\sigma = (h_c - h_{\min} - h_{zan})/i \qquad (2\text{-}17)$$

حيث: hc;[m] – العمق الكلي لقناة الري، يتراوح عادةً من: (0.9…1.1).

hmin;[m] – العمق الأصغري المسموح به للماء في القناة.

hzan;[m] – الزيادة الصغرى المسموح بها لأمشاط القناة فوق منسوب الماء فيها وتُؤخذ من 0.1 إلى 0.15.

i – الميل الطولي لقاع القناة.

$$t_{ob} = \frac{m t_{\min}}{M_{\min}} \qquad (2\text{-}18)$$

$$t_{noz} = \frac{\omega_{noz} m}{(10^4 \cdot 60 Q_{DY})} \qquad (2\text{-}19)$$

حيث: $[m^2]$;ω_{noz} – المساحة المُروية من موضع واحد، مع حساب التغطية للمساحات المُتجاورة.

[m^3/ha];m– معدل السقاية.

$[l/s]$;Q_{DY} – تدفق جهاز الرش.

يُدخل معامل استخدام الزمن المفيد: β_σ في المقام عند تحديد مدة العمل في الجزء لآلة الري بالرذاذ ذات الجناحين المعلقين وفق المعادلة (2-15). ويُدخل معامل استخدام الزمن المفيد للسقاية خلال فترة العمل في الموضع عند تحديد مدة العمل لآلة الري بالرذاذ العاملة بالحركة الدائرية في موضع واحد وفق المعادلة (2-18). يُدخل معامل الزمن الفعلي المفيد لسقاية القطاع عند تحديد مدة عمل آلة الري بالرذاذ العاملة بالحركة الجبهية لسقاية القطاع المُرتبط بقناة الري وبالمساحة: $\omega^{y}{}_{noz}$ وفق المعادلة (2-19).

٢-٧- اختيار آلات الرش:

تُختار آلات الري بالرش الأكثر مناسبةً لسقاية قطاع مُعين بالاعتماد على التحليل الآتي: ١- تطابق الغزارة الوسطية للرذاذ مع قدرة الامتصاص للتربة في القطاع المروي، ومع مقاسات وشكل القطاع المروي للثوابت والبارامترات الأساسية لآلات الري بالرذاذ، والشروط المناخية والطبوغرافية للمنطقة (الميل الموضعي وصعوبة تضاريس القطاع).

٢- الشروط الزراعية الممكنة. وزراعة المحاصيل الزراعية، والثوابت التقنية الاقتصادية والاستثمارية لآلات الري بالرذاذ. وأيضاً بتحليل تدفق المياه والإنتاجية الموسمية لآلات الري بالرذاذ الجارية على شخص واحد من المُستخدمين العاملين.

٣- درجة مكننة عملية السقاية وشروط مكننة الأعمال الزراعية. امتداد الشبكة على: [ha]1 من المساحة المروية. معامل التأثير المفيد لشبكة الري (المردود). تأثير الرياح على التوزيع المنتظم للرذاذ وفق المساحة. ضياعات الطاقة على تشكيل طبقة الرذاذ في: $[mm]$1. كلفة: [m^3]1 من المياه المنقولة للسقاية. كمية المعدن (عدد آلات الري بالرذاذ): [ha]1 للإنتاجية الموسمية. ونتيجة للتحليل تُختار آلات الري بالرذاذ المُتميزة بثوابت إيجابية أكبر في شروط إيجابية وزراعية مُعينة.

٢-٨- المُخطط التقني لقطاع الري، اختيار نوع شبكة الري وتأسيسها وتصميمها:

يشتمل المُخطط التقني على: مصدر الري (أحواض مائية كالبحيرات، والأنهار، والقنوات) وإظهار منسوب المياه الحسابي فيها، ومواضع موقعها وأسلوب التغذية بالمياه إلى القطاعات المروية (بالانسياب، وبالمضخات الميكانيكية). ثم وفق العلاقة بالشروط الطبيعية الزراعية المُعينة وبنوع آلات الري بالرذاذ يُختار نوع شبكة الري وتصميمها: ثابتة (مُغلقة أو مكشوفة)، ومركبة، ومتحركة. تُصمم شبكة الري المركبة عند استخدام آلات الري بالرذاذ بعيدة المدى وآلة الري بالرذاذ ذات الجناحين المُعلقين وآلة الري بالرذاذ العاملة بالحركة الجبهية. وتُصمم شبكة الري المتحركة عند ري القطاعات الصغيرة التي مساحتها من: [ha]70-50. وتُصمم شبكة الري الثابتة من الآلات والأجهزة الأخرى المُتبقية وعند المساحات الأكبر من: [ha]70.

من أجل أنظمة الري المُغلقة وفق العلاقة بشروط العمل ووفق التقنية الاقتصادية يُمكن استخدام الأنابيب التالية: d_Y فولاذية، وحديد الصب، ومن فوهات ذات كتلة نوعية بسيطة، ومن الأسبستوس الإسمنتي، ومن الإسمنت المسلح، ومن البيتون، ومن البلاستيك، ومن الخزف. تُصنع الأنابيب الرئيسية النظامية (وفق نورمات) وبحسب التصريف المار بقطر: d_y الذي يُطابق القطر الداخلي لمواسير حديد الصب.

يُسمح باستخدام الأنابيب المعدنية في أنظمة الري المُغلقة عند ضغط داخلي أكبر من: [MPa.]1 في البحوث الزراعية. لكن بالربط مع استخدام تقنية ريّ بالرذاذ جديدة ذات عرض عامل كبير ومُرتفعة الضغط تُستخدم الأنابيب الفولاذية حتى عند الضغوط الصغيرة. هكذا من أجل عمل أنبوب الري بالرذاذ ذي العجلات الاستنادية يجب توزيع الصنابير كل: [m]18، وإنشاؤها على أنابيب السقاية الرئيسية لأنها أبسط وأرخص ثمناً. من أجل عمل آلة الري بالرذاذ العاملة بالحركة الدائرية يجب أن يكون الضغط الفعلي على الصنبور حتى: [MPa.]0.65، لذلك الضغط الكامل عادةً يتجاوز: [m]100. بالإضافة إلى ذلك في أنظمة الري بالرذاذ العاملة بالحركة الدائرية يرتفع خطر تحطم الأنابيب بسبب الصدمة الهيدروليكية التي تظهر عند العمل المؤتمت لوسائل الحماية من الأعطال الطارئة.

الأنابيب المصنوعة من الإسمنت المسلح والبيتونية بالمُقارنة مع المعدنية أكثر عمراً، وتُحافظ على سطح داخلي أملس، وتتطلب استهلاك معدن أقل. وبالمُقارنة مع الأنابيب من الإسبستوس الإسمنتي هي أقل تأثراً بالصدمة الهيدروليكية المُؤثرة. العيب الأساسي للأنابيب من

الإسمنت المسلح والبيتونية أن كتلتها كبيرة.

تُستخدم الأنابيب البيتونية من أجل شبكات الري المُغلقة مُنخفضة الضغط أو دون ضغط، وتُستخدم الأنابيب من الإسمنت المسلح كقاعدة من أجل شبكات الري المُغلقة مُرتفعة الضغط. عند تطابق الأساس التقني الاقتصادي لها يُمكن ألا تُستخدم في شبكات الري دون ضغط.

٢-٩- تنظيم مساحة قطاع الري وتصميم شبكة الري في المُخطط الأفقي:

تُحدد حدود قطاع الري بالتطابق مع مساحة مُعينة، وتُحدد مساحة وحدود كل حقل في الدورة الزراعية. تُطابق مقاسات الحقول بارامترات الإنشاء المُستخدمة من أجل سقاية قطاع مُعين. يجب أن لا يكون طول الحقل باتجاه المُعاملة الطولية أقل من: $500[m]$. ونسبة الجهات لا تتجاوز: $1/3$. مقاس الحقل باتجاه توزع أجنحة الري بالرذاذ أو أجهزة الري بالرذاذ المُعلقة (الكانصولية) ضعف طول خط الرش: l_n، أما من أجل الآلات العاملة دائرياً فيُساوي طول نصف القطر مع اعتبار التغطية باتجاه الأنابيب الحقلية أو باتجاه قنوات الري المؤقتة يُساوي ضعف المسافة بين الصنابير أو يساوي طول قناة الري المؤقتة: $500....1000[m]$. من أجل التنسيق الكامل لتنظيم مساحة قطاع الري مع بارامترات آلات الري بالرذاذ لمساحة ري مُعينة يُمكن التغير بجهة كبيرة أو صغيرة بنسبة: 5.....10%.

مثال: مساحة قطاع الدورة الزراعية الثامن بالكامل: $F_{bp}^{CO} = 714[ha]$ وعدد الحقول: $N_n = 8$ فمساحة الحقل الواحد تكون: $F_{bp}^{CO} = \frac{714}{8} = 89.1[ha]$. من أجل هذه المساحة للحقل تم اختيار آلة الري بالرذاذ العاملة دائرياً بعدد عجلات استنادية: $N_T = 18$ والمساحة المروية من موضع واحد: $F_{bp}^{n} = 92.5[ha]$. جهات الحقل ستُساوي: $d_n b_n = 2l_K = 2 \cdot 518 = 1036[m]$. تصحيح مساحة الدورة الزراعية: $E_{bp}^{n} = 92.5 \cdot 8. = 740[ha]$ من هنا: $F_{HT}^{CO} = F_{bp} \cdot KZU = 740 \cdot 0.98 = 725[ha]$. حيث: Kzu=0.98- معامل استخدام الأرض في حدود المحيط المروي. انحراف مساحة السقاية المُستخدمة عن الحقل حوالي: 5%.

عند السقاية باستخدام آلة الري بالرذاذ العاملة دائرياً نسبة الجهات كقانون: $1/1$ وهذا يعني أنّ طول الحقل وعرضه يساوي: $2l_K$. في تلك الحالات عندما يُروى الحقل من موضعين تُستخدم نسبة الجهات: $1/2$ هذا يعني أنّ إحدى جهات الحقل تُساوي: $2l_K$ والأخرى: $4l_K$.

يُمكن أن يتغير طول أجنحة أنبوب الري بالرذاذ ذي العجلات الاستنادية وآلة الري

بالرذاذ الكهربائية متعددة المساند وفق العلاقة بمقاسات الحقل. ويتعلق اختيار مُخطط توزع شبكة الري في المسقط الأفقي بموقع توضع مصدر الري، وتضاريس القطاع، وبإرامترات وشروط عمل آلات الري بالرذاذ.

في شبكات الري المُغلقة يُمكن تقسيم الحلقات التالية: الأنبوب الرئيسي (MT;GT)، أنابيب التوزيع بأنظمة مُختلفة (PT-1;PT-2;PT-1-1;TP-1-2;...)، أنابيب حقلية (NT). ينقل الأنبوب الرئيسي المياه من موضع سحب المياه حتى قطاع الري ويُوزعها بين أنابيب التوزيع من النظام الأول (الأنابيب بين المزارع أو الأنابيب الزراعية). وتجري المياه من أنابيب التوزيع من النظام الأول إلى أنابيب التوزيع من النظام الثاني (أنابيب التوزيع الزراعية أو الزراعية الداخلية). تجري المياه من أنابيب التوزيع للنظام الأخير (وأحياناً تُسمى القطاعية YT) في الأنابيب الحقلية ذات الصنابير ثم إلى أجهزة الرش أو السقاية.

عندما تروي شبكة الري المُغلقة مساحة كبيرة بما فيها مزارع عدة، فمن أجل راحة العمل من المُناسب تقسيم الأنابيب إلى أنابيب توزيع بينية زراعية (MXT) وأنابيب توزيع زراعية (XT)، التي بدورها أيضاً يُمكن أن تكون بأنظمة مُختلفة.

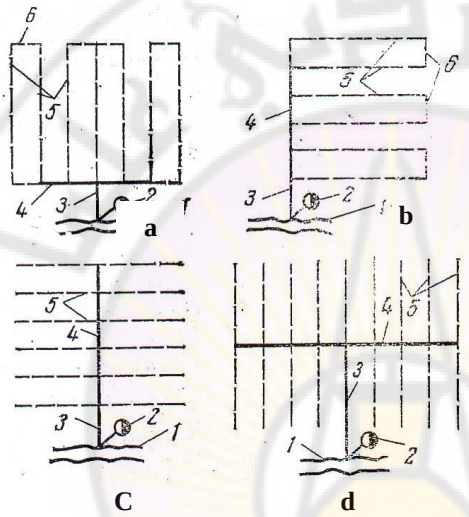
من شرط الربط مع تنظيم مساحة الري في المُخطط الأفقي الشكل الأمثل للحدود هو المستطيل. تقنية الري بالرذاذ التي تتميز أجهزة الرش بها بخطوط معينة وبإرامترات مساحية، يجب أن تُفترض حلقة شبكة الري المُغلقة كقاعدة تحت زاوية مستقيمة نسبةً لبعضها بعضاً. يتعلق عدد الحلقات الداخلة في تكوين شبكة الري المُغلقة ليس دائماً بشروط معينة لأرض الري وإنما بنوع أجهزة الرش.

تُصمم أنظمة الري ذات شبكات الري المُغلقة كقانون مستقلة في حدود مزرعة، أو قطاع دورة زراعية، أو قطاع مُنفصل مع مواصفات الشروط ومتطلبات المحاصيل.

مثال: ري المحاصيل المُعمرة كالمحاصيل العلفية في المروج والبساتين والأشجار المثمرة وغيرها. تُوزع عادةً الشبكة المُغلقة وفق مُخططين أساسيين: وفق توضع الأنابيب الحقلية من جهة واحدة ومن جهتين الشكل (7-2).

يتعلق اختيار هذا أو ذاك المُخطط للشبكة بشكل القطاعات المروية وبمقاساتها، وبالتضاريس السطحية وباتجاه حركة أجهزة الرش في أثناء السقاية. كقانون تتحرك أجنحة أجهزة الرش عند السقاية بزاوية مستقيمة على الأنبوب الحقلي. في الشروط التضاريسية غير المُناسبة على سبيل **المثال:** عند ارتفاع الميل يُفضل توزيع أجنحة الري بالرذاذ على طول الاتجاه العام

للأفق. بهذا الشكل في القطاعات المُمتدة على طول مصدر الري فإنه من المُناسب توزيع الأنابيب الحقلية بالاتجاه العرضي العام للموضع الأفقي، أما الأنابيب التوزيعية فباتجاه الموضع الأفقي، وهذا يعني وفق المُخطط من جهة واحدة. في القطاعات المُمتدة عرضياً على مصدر الري، وأيضاً تقريباً مساوياً للجهات لكن مع رفع أو خفض الإشارات على طولها الوسطي، غالباً يُستخدم المخطط من جهتين.



الشكل (7-2): مخطط شبكة الري المغلقة من جهة واحدة (a,b) ومن جهتين (c,d) لتوضع الأنابيب: ١- مصدر الري، ٢- محطة ضخ، ٣- الأنبوب الرئيسي، ٤- أنبوب التوزيع، ٥- الأنبوب الحقلي، ٦- جزء مغلق لفروع منفصلة من الأنابيب الحقلية.

الحل الأكثر دقةً عند اختيار مُخطط شبكة الري المُغلقة يُمكن قبوله بمقارنة نتائج الحسابات التقنية الاقتصادية لنماذجها. يُحدد غالباً اختيار مُخطط توضع شبكة الري المُغلقة للأنابيب الحقلية بنسبة تبلغ حتى: $70-80\%$ لكامل امتداد الشبكة. يُعطي توضع الأنابيب الحقلية وفق الميل الأعظمي إمكانية الاقتصاد في ضياعات الاستثمار بفضل تناقص أقطارها وخفض كتلة الأنابيب والمعدات، وبساطة تركيب الأنابيب، ويُسمح لدرجة كبيرة باستخدام الضغط الطبيعي في الأنابيب، ويُشكل ظرفاً أفضل لعمل أجهزة الرش على السقاية. يُمكن إنقاص قطر الأنابيب الحقلية عند تدفقات معينة بزيادة سرعة حركة المياه فيها أو في الفروع المتسلسلة للأنابيب الحقلية، التي تستطيع في عملية السقاية العمل بالتطابق مع نظام الري المُستخدم دورياً. يُفترض عادةً الحد العلوي للسرع في أنابيب الأسبستوس الإسمنتي والأكثر استخداماً في أنظمة الري المغلقة: $[m/s]$3....2.5. ويجب أن لا تقل السرع الصغرى في الأنابيب الحقلية عن: $[m/s]$1....0.8 كي يتم التغلب على انسدادها. تُستخدم عادةً السرع في الأنابيب الحقلية الطولية: $[m/s]$1.5....1 مما يُناسب الأساس التقني الاقتصادي.

الشبكة الحلقية المُتصلة تُنقص قطر الأنابيب، وتُحقق تغذية مستمرة بانتظام للمياه عند

الأعطال في قطاعات مُنفصلة للأنابيب. لكن الطول الكلي للأنابيب يزداد وتزداد كمية المعدات عليها، وتزداد صعوبة الحسابات الهيدروليكية، لذلك في الشبكة الحلقية يجب تأسيس المُقارنة الاقتصادية المبدئية لنماذج مختلفة لتوضع الشبكة المُغلقة. يتحقق انخفاض ضياعات الاستثمار وفق الشبكة بزوج من الأنابيب الحلقية المُتسلسلة. عند عدم وضوح عدد الفروع في أحد القطاعات الحلقية للشبكة فستكون ثلاثة فروع. أظهرت الدراسات والبحوث أن زوج الأنابيب الحلقية بتدفق: $400[l/s]$ يُعطي جدوى اقتصادية في تلك الحالات، وعندما يكون طول الأنابيب الحلقية ضعفين وأكثر يتجاوز المسافة فيما بينهما.

يُحدد طول الأنابيب الحقلية المسافة بين أنابيب التوزيع، وهذا يُؤثر في الامتداد المُنفصل لأنابيب التوزيع، لذلك يجب المحاولة لزيادة طول الأنابيب، لكن دون ضرر بشروط استثمارها ومع الأخذ بالحسبان الضغوط العاملة المسموح بها فيها.

أظهرت التطبيقات العملية أن طول الأنابيب الحقلية يُمكن أن يُشكل: $500....3000[m]$ عند شرط خدمة الأنبوب لحقل واحد، ولا يتجاوز حقلين أو ثلاثة من الدورة الزراعية.

تتعلق المسافة بين الأنابيب الحقلية ببارامترات أجهزة الرش في أنظمة الري ذات الشبكات المُغلقة. يُنصح بتصميم الأنابيب الحقلية من شرط التحكم بالتغذية من جهتين. في هذه الحالة المسافة بينهما تُساوي ضعف طول خطوط الترطيب لأجهزة الرش من موضع واحد.

تُستخدم أنابيب مُتنقلة قابلة للفك والتركيب في أنظمة الري المُغلقة المتحركة والنصف ثابتة. تُستخدم عادةً أنظمة الري المُغلقة المتحركة في المساحات الصغيرة، لأنها تتطلب ضياعات استثمار كبيرة وضياعات كبيرة على الجهد اليدوي للتركيب والفك وعلى التجهيز لنقل الأنابيب القابلة للفك والتركيب، علماً أنه وفق ضياعات الاستثمار للأنظمة المُبينة الأرخص هي الأنظمة الثابتة والنصف ثابتة.

تُستبدل الأنابيب القابلة للفك والتركيب المُتنقلة في أنظمة الري نصف الثابتة بالأنابيب الحقلية الثابتة.

لا يُناسب استخدام شبكة الري المُتنقلة قطاعات الري في الأراضي المغمورة. يُمكن استخدام أنابيب فولاذية رقيقة الجدران أو ألومينية أو بلاستيكية ذات وصلات سريعة التركيب من أجل الأنابيب سريعة الفك والتركيب. من الشائع ستخدام الأنابيب الفولاذية رقيقة الجدران القابلة للفك والتركيب ذات الوصلات على شكل قمع (جرسية) التي تُثبت بوساطة خطاف ذي حلقات

فولاذية مُحكمة. من أجل الأنابيب صغيرة الأقطار من المُناسب استخدام الوصلات الكروية. والأنبوب باتجاه محوره أكثر راحةً لتحركيه دائرياً بوساطة الجرار المقطور.

٢-١٠- نظام الري بالرش وتطابقه مع تقنية السقاية المستخدمة:

اتخاذ الأزمنة، والمعدلات وعدد السقايات من أجل ظروف السنة المتوسطة (من: 75.....80% يُحقق التوازن المائي).

خصائص نظام الري عند السقاية بالرش تكون معدلات السقاية: m أقل بكثير إذا ما قُورنت مع الري السطحي. ويجب أن تكون مدة السقاية لحقل واحد (فترة سقاية المحاصيل) أصغر أو تُساوي الحد المسموح به زراعياً: t_{arp}، ولكن ترتبط مع تدفق آلة الري بالرش المستخدمة: $Q_{D.Y}$، وبمعدلات السقاية m وبعدد آلات الرش: $n^n_{D.Y}$ العاملة في حقل واحد.

مدة السقاية:

$$t_n = \frac{F^n_{HT} m K_H}{86.4 Q_{DY} \beta_{cy} C n^n_{DY}} \le t_{arp} \qquad (2\text{-}20)$$

حيث: $F^n_{HT}; [hr]$ – مساحة الحقل الصافية.

$m; [m^3/hr]$ – معدل السقاية.

$K_H = 1.05....1.1$ – معامل يأخذ بالحسبان ضياعات المياه على التبخر، ويتعلق بالمنطقة وبنوع فوهات الرش.

$Q_{D.Y}; [l/s]$ – تدفق آلة الري بالرش.

β_{cy} – معامل مدة الزمن اليومي ويرتبط بنوع آلات الري بالرش.

$t_{cy}; [day]$ – مدة عمل آلة الرش في اليوم: $C = t_{cy}/24$.

$n^n_{D.Y}$ – عدد آلات الرش العاملة بالوقت ذاته في الحقل.

$t_{arp}; [day]$ – الفترة المحددة المسموح بها زراعياً من أجل محصول معين لفترة السقاية فمن أجل الخضار: $t_{arp} = 6[day]$ ومن أجل المحاصيل الباقية: $t_{arp} = 10[day]$.

تُحدد فترة السقاية في البداية عند سقاية الحقل باستخدام آلة رش واحدة، هذا يعني عندما: $n^n_{D.Y} = 1$. إذا كان: $t_n \rangle t_{arp}$ يجب إعادة حساب فترة السقاية على العدد المطابق: $n^n_{D.Y}$ لآلات الرش من الحساب كي تكون: $t_n \le t_{arp}$. كقاعدة عامة من أجل آلات الرش دنبير، وفريكات وكوبان: $n^n_{D.Y} = 1$.

تُحدد إحداثيات الهيدرومودول: $[l/(s.hr)]$ المطابق لتدفق آلة رش واحدة:

$Q_{D.Y};[l/s]$ من المعادلة التالية:

$$q_{DY} = Q_{D.Y} / F_{HT}^{CO} \qquad (2\text{-}21)$$

حيث: $F_{HT}^{CO};[hr]$ – المساحة الصافية لقطاع الدورة الزراعية.

بمعرفة اليوم الوسطي للسقاية، ومدة سقاية المحصول: t_n وتدفق المياه لسقاية محصول معين: Q_K وعدد آلات التذرير في الحقل: $n_{D.Y}^n$ يُمكن إنشاء مخطط الهيدرومودول البياني وأيضاً المخطط البياني لتغذية المياه.

$$Q_K = n_{DY}^n Q_{DY} n_K^n \qquad (2\text{-}22)$$

حيث: n_K^n – عدد الحقول المشغولة بمحصول معين.

ويُبين الحساب كما في الجدول (2-7) والشكل (2-8).

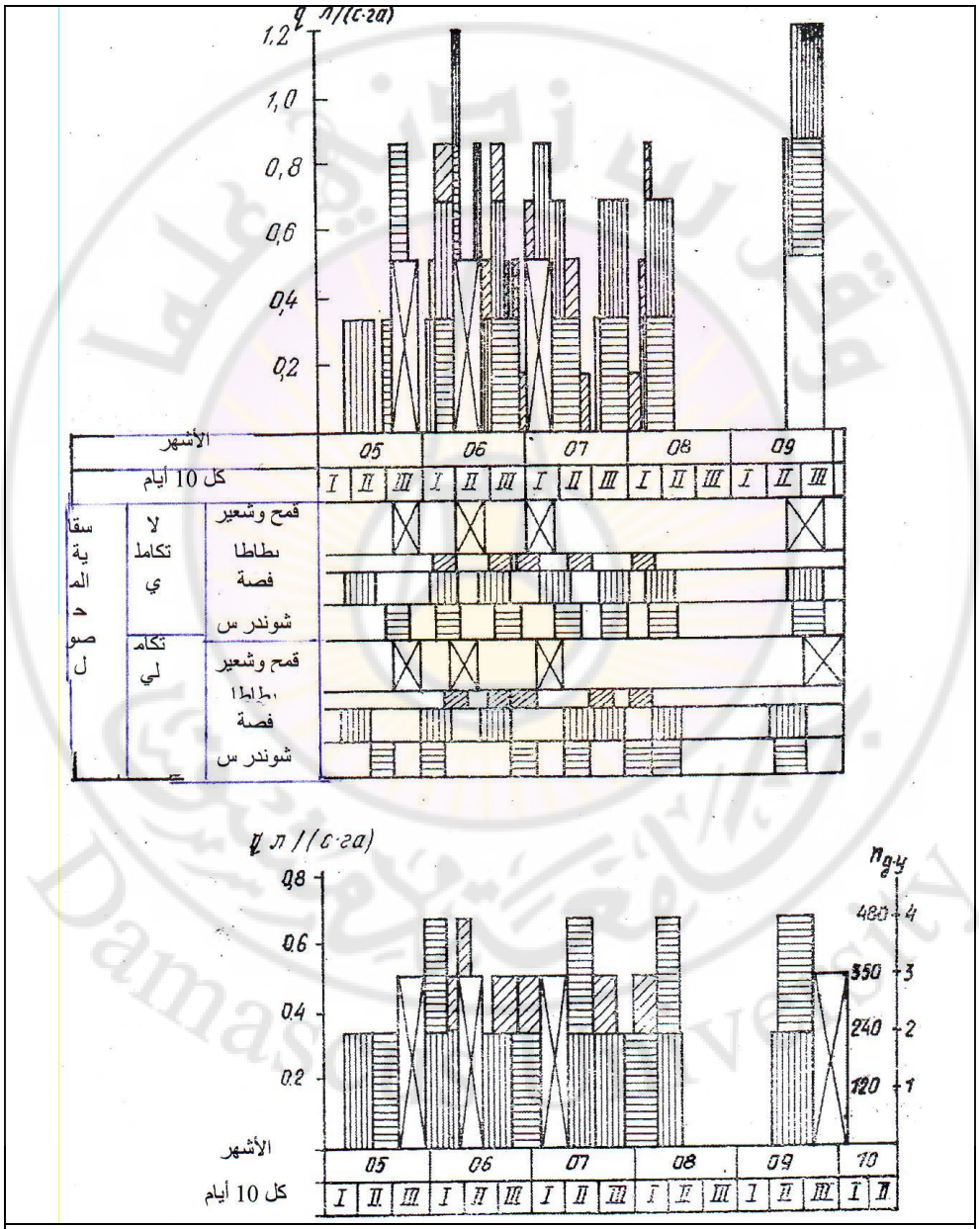
الجدول (2-7): حساب التدفق: Q_K وإحداثيات الهيدرومودول: q.

إحداثيات الهيدرومودول البياني: $q;[l/(s.hr)]$	التدفق: $Q_K;[l/s]$	المخطط البياني التكاملي			المخطط البياني اللاتكاملي			فترة السقاية: $t_n;[day]$	معدل الري: $M;[m^3/hr]$	معدل السقاية: $m;[m^3/hr]$	رقم السقاية	نسبة المحاصيل في الدورة الزراعية: $\alpha;\%$	المحصول
		اليوم الوسطي للسقاية	فترات السقاية		اليوم الوسطي للسقاية	فترات السقاية							
			no	c		no	c						
14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

تُملأ الأعمدة البيانية: 1,2,3,4,5,7 بالتطابق مع المُعطيات، ويُحدد الخط البياني t_n العمود (6) وفق المعادلة (2-19). وتُملأ الخطوط البيانية: 8,9 بالعد من اليوم الوسطي للسقاية في يسار c وفي يمين no المحددة لعدد الأيام: عند العدد الفردي لأيام فترة السقاية t_n في يسار وفي يمين اليوم الوسطي يُحسب عدد الأيام المساوي: $(t_n - 1)/2$. عند العدد الزوجي t_n في اليسار يُحسب كقانون العدد: $t_n/2$، وفي اليمين: $t_n/2 - 1$. ويُحدد تدفق المياه Q_K لسقاية محصول معين وفق المعادلة (2-22).

وكذلك الهيدرومودول. تُمثل على المحور الأفقي الأشهر وكل عشرة أيام بالتطابق مع استمرارية فترة النمو باستعمال مقياس: $1[day] = 1[mm]$. وتُمثل على المحور الشاقولي تدفقات المياه: $Q_K;[l/s]$ و $q;[l/(s.hr)]$، مُتخذين المقياس الشاقولي: $1[cm] = Q_{D.Y} = q_{DY}$

حيث: $Q_{D,Y}$ تدفق آلة رش واحدة. بهذا الشكل من أجل كل محصول ولكل سقاية تُوضع وفق المحور الأفقي فترات السقاية، وتُوضع وفق المحور الشاقولي قيم كل من: $Q_K;[l/s]$ و: $q;[l/(s.hr)]$.



الشكل (8-2): الخطوط البيانية للهيدرومودول غير المعدل (a) والمعدل (b) ولتغذية المياه.

بحسب مُحتويات الأعمدة 6,7,8,9,13,14 نرسم المخطط غير المعدل للماء المُعطى

يتميز الخط البياني المُنشأ الشكل (2-8,a) بإحداثيات حدية غير منتظمة، لذلك يجب تعديله، لأن تغذية المياه والفترة الكاملة مرتبطة بتدفق آلة التذرير وبمساحة الحقل، ويُمكن التعديل فقط على حساب إزاحة اليوم الوسطي لسقاية محصول معين في الحدود المسموح بها زراعياً. يُمكن لأهداف الدراسة السماح بإزاحة اليوم الوسطي كقانون، وكما إلى اليمين أيضاً إلى اليسار بمقدار: $5[day]$. بعد تعديل المنحني البياني الشكل (2-8,b) تُملأ الأعمدة 10,11,12 ويُصحح عدد آلات الرش العاملة بالوقت ذاته لسقاية القطاع:

$$N_{DY} = Q_{\max} / Q_{DY} \qquad (2\text{-}23)$$

حيث: $Q_{\max}; [l/s]$ مجموع التدفق الأعظمي من المخطط البياني لتغذية المياه.

٢-١١- التدفقات الحسابية لشبكة الري:

تتعلق التدفقات الحسابية لشبكة الري عند السقاية بالرش وفق قطاعاتها بتوزع آلات الرش في الحقول المروية بآن واحد. يتحدد دورياً تسلسل ري الحقول في الظروف الطبيعية، لذلك تُشكل المخططات التكنولوجية للسقاية لأعوام دورية مختلفة، ويُختار النموذج الأكثر صعوبة ووفقه تُوزع الآلات في الحقول. بما أن هذا العمل صعب جداً، في المشروع الفصلي يُمكن شرطياً قبول النموذج الأكثر سوءاً وهو مخطط توزع الآلات على المآخذ الأخيرة للحقول الأكثر بعداً. ويُبين مخطط توزع الآلات ويُرفق مع مُذكرة المشروع.

تُحدد التدفقات الحسابية وفق عناصر أو أجزاء الشبكة بالعلاقة مع مُخطط عمل الآلات في الحقول مع الأخذ بالحسبان التالي:

١- التدفق الحسابي في بداية الأنبوب الحقلي:

$$Q_{nT} = \frac{\sum Q_{DY}}{\eta_{nT}}; \eta_{nT} = 0.98 \qquad (2\text{-}23)$$

تُحدد التدفقات الحسابية للأنبوب الحقلي وفق العلاقة بتوزع آلات الرش عليه بحسب الأجزاء. تدفق كل قطاع أو جزء:

$$Q_{nT}^{yt} = \frac{\sum Q_{DY}^{yt}}{\eta_{nT}} \qquad (2\text{-}24)$$

حيث: $\sum Q_{DY}^{yt}; [l/s]$ – مجموع تدفقات آلات الرش العاملة على قطاع واحد.

٢- تُحدد التدفقات الحسابية لأنابيب التوزيع وفق القطاع بين الأنابيب الحقلية العاملة بالوقت ذاته. التدفق الحسابي في بداية أنبوب التوزيع:

$$Q_{P.T} = \sum Q_{nT} / \eta_{P.T}; \eta_{P.T} = 0.99 \qquad (2\text{-}25)$$

حيث: $\sum Q_{nT}; [l/s]$ – مجموع تدفقات الأنابيب الحقلية العاملة بالوقت ذاته على القطاع المُحدد لأنبوب التوزيع.

٣– التدفق الحسابي للأنبوب الرئيسي:

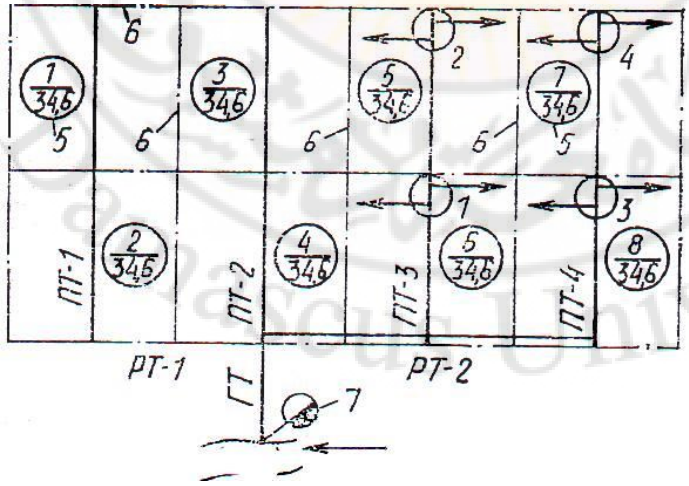
$$Q_{rT} = N_{DY} Q_{DY} / \eta_{cuc}^{rT}; \eta_{cuc}^{rT} = \eta_{rT} \eta_{P.T} \eta_{nT} \geq 0.96 \qquad (2\text{-}26)$$

حيث: N_{DY} – عدد آلات الرش المطلوبة لسقاية مساحة معينة.

$Q_{D.Y}; [l/s]$ – تدفق آلة الرش.

مثال: في الحقل الثامن من الدورة الزراعية المروي باستخدام آلة الرش (فالجنكا) عدد آلات الرش: $N_{DY} = 4$. انطلاقاً من المخطط الأكثر صعوبة لتوزع الآلات العاملة بذات الوقت، المُبينة في مخططات الحقول الأكثر بعداً 5,6,7,8 الشكل (9-2)، وفق آلة واحدة في كل حقل (عدد الآلات اللازمة للحقل: $n_{D.Y}^{n}$، المستخدمة عند تحديد فترة السقاية: t_n). تُثبت أجنحة الرش وفق كلتا الجهتين لأنبوب السقاية، لكن على مآخذ مختلفة. يُمكن أن تعمل آلتان على كل أنبوب حقلي. طول الجناح الواحد: (400[m]) وتدفقه (31.3[l/s]) انطلاقاً من هذا التوضع تُحدد التدفقات الحسابية.

تُعدّ القيمة الناتجة: $Q_{rT} = 262[l/s]$ التدفق الحسابي من أجل تحديد استطاعة محطة الضخ أي إن التدفق في الأنبوب الرئيسي هو نفسه التدفق الذي يجب أن تعطيه المضخة: $Q_{rT} = Q_{H.C}$.



الشكل (9-2): مخطط تحديد التدفقات الحسابية عند السقاية باستخدام آلة الرش فالجنكا. ١و٢و٣و٤– موضع وقوف الآلة وفق زمن السقاية، ٥– في البسط رقم الحقل، وفي المقام مساحة الحقل، ٦– حدود الحقل، ٧– محطة الضخ.

التدفق الحسابي في بداية الأنبوب الحقلي:

$Q_{nT} = 2Q_{DY} / \eta_{nT} = 2 \cdot 62.6 / 0.98 = 129[l/s]$. تدفقات الأنابيب الحقلية في القطاعات العلوية التي تخدم الحقول: 1,3,5,7: $Q_{nT} / 2 = 64.5[l/s]$. التدفقات الحسابية للقطاعات السفلية (الحقول: 2,4,6,8: $Q_{nT} = 129[l/s]$).

التدفق الحسابي في بداية أنبوب التوزيع: $Q_{P.T} = \sum Q_{nT} / \eta_{P.T}$. التدفق في بداية الأنبوب التوزيعي PT-1:

$$Q_{P.T-1} = \frac{Q_{nT-1} + Q_{nT-2}}{\eta_{P.T}} = \frac{129 + 129}{0.99} = 261[l/s]$$

تدفق أنبوب التوزيع PT-2 في القطاع بين nT-3;nT-4 سيساوي: $131[l/s]$ أما بين nT-3;nT-2 فيساوي: $261[l/s]$.

التدفق الحسابي للأنبوب الرئيسي:

$$Q_{rT} = N_{DY} Q_{DY} / \eta_{cuc}^{rT}; \eta_{cuc}^{rT} = \frac{4 \cdot 62.6}{0.96} = 262[l/s]$$

$$\eta_{cuc}^{rT} = 0.98 \cdot 0.99 \cdot 0.99 = 0.96$$

يُجرى الحساب الهيدروليكي للشبكة وفق التدفق الناتج، وهذا يعني تحديد أقطار الأنابيب المطابقة لضياعات الضغط لها وفق قطاع الشبكة والسرعة. إذا وُجدت شبكة مركبة أو مكشوفة في المجاري الترابية ومُكساة لمنع التسرب أو من دون تكسية، فإنه نجد بالتطابق التدفقات المختلفة لعناصر (لأجزاء) الشبكة وفق العلاقة بتصميم العنصر المعين وبعدد آلات الرش العاملة في العنصر المعين.

مثال: يتم إرواء القطاع باستخدام آلة الرش ذات الجناحين المعلقين. تُسحب المياه من مصدر المياه بوساطة المضخة وينقلها الأنبوب المغلق إلى قنوات الري المؤقتة. يُمكن أن تعمل آلة واحدة على قناة الري المؤقتة، وبالتالي تدفقها الحسابي الكلي:

$$Q_{B.O} = Q_{D.Y} / \eta_{B.O} \qquad (2\text{-}27)$$

حيث: $Q_{D.Y}; [l/s]$ – تدفق آلة الرش، فمن أجل آلة الرش ذات الجناحين المعلقين: $Q_{D.Y} = 130[l/s]$.

$\eta_{B.O} = 0.95$ – معامل الكفاءة (المردود) لقناة الري المؤقتة.

التدفق الحسابي لأي قطاعٍ من الأنبوب:

$$Q_{TP} = \frac{\sum Q_{B.O}}{\eta_{TP}} \qquad (2\text{-}28)$$

حيث: $Q_{B.O};[l/s]$ – مجموع تدفقات المياه العاملة بالوقت ذاته في قطاع معين من أنبوب قنوات الري المؤقتة.

η_{TP} – معامل الكفاءة (المردود) للأنبوب.

٢-١٢- الحساب الهيدروليكي لشبكة الري المُغلقة:

تُحدد أقطار وضياعات الضغط الطولية والموضعية للأنابيب بالاعتماد على التدفقات الحسابية وعلى مادة أنابيب الري المُختارة والسرع المثالية لحركة المياه فيها.

يُحدد القطر التقريبي للأنبوب: [mm] من المعادلة الآتية:

$$d = 1000\sqrt{4Q/(\pi V)} = 1130\sqrt{Q/V} \qquad (2\text{-}29)$$

حيث: $Q;[m^3/s]$ – التدفق الحسابي للأنبوب المُعين أو لجزء منه.

$V;[m/s]$ – السرعة المثالية لحركة المياه في الأنبوب.

الجدول (2-8): أقطار الأنابيب الفولاذية وحديد الصب (الفونت المرن): $[mm]$.

شرط المرور: D_Y	مواسير فولاذية ملحومة كهربائياً			مواسير ضغط من حديد الصب			
	القطر الخارجي	سماكة الجدار	القطر الحسابي الداخلي	الصنف: LA		الصنف: A	
				القطر الداخلي: D	القطر الحسابي الداخلي: d	القطر الداخلي: D	القطر الحسابي الداخلي: d
50	70	2.5	64	52.6	51.6	-	-
60	76	2.5	70	-	-	-	-
75	89	2.5	83	-	-	-	-
80	102	3.0	95	83.6	82.6	-	-
100	121	3.0	114	103.0	102.0	-	-
125	140	3.0	133	128.2	127.2	-	-
150	168	4.5	158	153.4	152.4	-	-
175	180	4.5	170	-	-	-	-
200	219	4.5	209	203.6	202.6	-	-
250	273	6.0	260	254.0	253.0	-	-
300	325	7.0	311	304.4	304.4	-	-
350	377	7.0	363	-	-	352.4	352.4
400	426	6.0	414	-	-	401.4	401.4
450	480	7.0	466	-	-	450.6	450.6
500	530	7.0	516	-	-	500.8	500.8
600	630	7.0	616	-	-	600.2	600.2
700	720	7.0	706	-	-	699.4	699.4
800	820	8.0	804	-	-	799.0	799.8
900	920	8.0	904	-	-	899.2	899.2
1000	1020	8.0	1004	-	-	998.4	998.4
1400	1420	10.0	1400	-	-	-	-
1500	1520	10.0	1500	-	-	-	-
1600	1620	10.0	1600	-	-	-	-

تُستخدم عادةً السرع في أنابيب الأسبستوس الإسمنتي مُساوية: [m/s]2…1 ، أما في أنابيب البيتون المسلح والفولاذية وحديد الصب (الفونت المرن): [m/s]3…1 . القيم الدنيا أو

الأصغرية المسموح بها لهذه السرع مُشترطة بعدم انسداد الأنابيب بالرواسب. تسمح زيادة السرع بإنقاص أقطار المواسير، وهذا يعني انخفاض كلفتها، لكن يزداد الضغط، وبالتالي استطاعة محطة الضخ، وأيضاً إمكانية ظهور الصدمة الهيدروليكية. يُختار القطر النهائي بالاعتماد على الحسابات التقنية الاقتصادية.

ويُمكن حساب الأنابيب من الأسبستوس الإسمنتي والفولاذية ومن حديد الصب ومن البيتون المسلح وفق الجداول: (10-2;9-2;8-2) أو وفق خطوط بيانية تُرفق من الشركات الصانعة.

الجدول (9-2): أقطار الأنابيب البيتونية ذات النهايات القمعية الشكل (الجرسية) وذات قلوب فولاذية:

ماركة الأنبوب	القطر الشرطي للمرور: $[mm]$	سماكة جدران المواسير: $[mm]$	الضغط الحسابي: $[MPa.]$	الطول: $[m]$	كتلة الأنبوب: $[kg]$
PTHC	250;300;400;500;600;800	35	1…1.5	10.1	390…2456
PTHG	500;700;900;1000	55…75	1…1.5	5.1	1250…3280

الجدول (10-2): أقطار أنابيب الأسبستوس الإسمنتي والقارنات: $[mm]$.

شرط المرور: D_Y	الأنابيب						القارنات					
	BT-6;BT-9	BT-12	BT-6	BT-9	BT-12	الطول				القطر الخارجي		الطول: L_1
	القطر الداخلي		القطر الخارجي				BT-6	BT-9	BT-12	BT-6	BT-9	
50	50	-	68	68	-	2950	11	11	-	108	108	150
75	75	-	93	93	-	2950	16	18	-	133	133	150
100	100	-	118	122	-	2950	21	25	-	160	169	150
125	119	-	139	143	-	2950	26	31	-	183	191	150
150	141	135	163	169	169	2950	35	43	50	211	217	150
150	141	135	163	169	169	3950	-	-	-	-	-	-
200	189	181	217	221	224	3950	80	95	128	269	269	150
250	235	228	265	273	274	3950	106	134	152	313	327	150
300	279	270	314	325	325	3950	146	188	224	365	387	-
350	322	312	361	376	376	3950	184	238	280	419	449	180
400	368	356	414	428	428	3950	245	315	405	479	511	180
500	456	441	511	532	532	3950	364	466	560	586	631	200

يُمكن تحديد ضياعات الضغط: $1000i;[m]$ وسرعة حركة المياه: $V;[m/s]$ في أنابيب البيتون المُسلح بقطر: $d = 300...700[mm]$ وفق الجدول (11-2).

الجدول (11-2): السرعة: $V;[m/s]$ وضياعات الضغط: $1000i;[m]$ لكل: $1000[m]$ من طول الأنابيب البيتونية:

$Q;[l/s]$	قطر الأنبوب: $d_Y;[mm]$													
	300		350		400		450		500		600		700	
	V	$1000i$	V	$1000i$	V	$1000i$	V	$1000i$	V	$1000i$	V	$1000i$	V	$1000i$
400	-	-	**4.43**	**69.98**	**3.18**	**34.43**	**2.52**	**18.43**	**2.04**	**10.53**	**1.41**	**3.28**	**1.04**	**1.45**
408	-	-	**4.52**	**72.81**	**3.25**	**35.82**	**2.57**	**19.18**	**2.08**	**10.95**	**1.44**	**3.41**	**1.06**	**1.51**
412	-	-	**4.57**	**74.25**	**3.28**	**36.53**	**2.59**	**19.55**	**2.10**	**11.17**	**1.46**	**3.48**	**1.07**	**1.54**
460	-	-	-	-	**3.66**	**45.54**	**2.89**	**24.38**	**2.34**	**13.92**	**1.63**	**4.80**	**1.20**	**1.92**
488	-	-	-	-	**3.88**	**51.25**	**3.07**	**27.43**	**2.48**	**15.67**	**1.73**	**5.41**	**1.27**	**2.16**
510	-	-	-	-	**4.06**	**55.97**	**3.21**	**29.96**	**2.60**	**17.11**	**1.80**	**5.90**	**1.33**	**2.36**
530	-	-	-	-	**4.22**	**60.45**	**3.83**	**32.86**	**2.70**	**18.48**	**1.87**	**6.30**	**1.38**	**2.55**
610	-	-	-	-	**4.85**	**80.08**	**3.84**	**42.87**	**3.11**	**24.48**	**2.16**	**9.30**	**1.58**	**3.71**
650	-	-	-	-	-	-	**4.09**	**48.67**	**3.31**	**27.80**	**2.30**	**10.56**	**1.69**	**4.21**

٢-١٣- الضغط الحسابي واستطاعة محطة الضخ المطلوبة:

يُحدد الضغط الحسابي المطلوب $[m]$ لمحطة الضخ من المعادلة الآتية:

$$H_P = h_r + \sum h_l + \sum h_M + h_C \qquad (2\text{-}30)$$

حيث: $h_r;[m]$ - الارتفاع الجيوديزي للرفع (فرق المنسوب).

$\sum h_l[m]$- مجموع ضياعات الضغط وفق الطول الحسابي لميل تدرج الأنبوب.

$\sum h_M = (0.05 - 0.1)\sum h_l$- الضياعات الموضعية.

$h_C;[m]$- الضغط الحر على الصنبور (المأخذ) المُتعلق بنوع آلة أو جهاز الرش.

يُحدد فرق المنسوب: $h_r;[m]$ بين منسوب المأخذ الحسابي المُثبت على سطح الأرض، وبين منسوب المياه في المصدر المائي. وتُحدد: $h_l;[m]$ من أجل كل قطاع ذي تدفق ثابت أو: $d;[m]$. وتُحدد: $\sum h_l[m]$ و: $\sum h_M;[m]$- مجموع ضياعات الضغط وفق طول جميع القطاعات لميل التدرج الحسابي.

يُحدد الضغط الحسابي المطلوب وفق تدرج ميل الأنبوب الأكثر صعوبة الذي ينقل المياه إلى المأخذ الأبعد أي الأكثر بُعداً أو إلى المأخذ المُثبت في أعلى منسوب. تُستخدم من أجل الحساب القيم الناتجة الأكبر.

وتُحدد استطاعة (قدرة) محطة الضخ المطلوبة: $N;[KW]$ من المُعادلة الآتية:

$$N = \frac{\gamma Q_{H.C} H_P}{102\eta_H \eta_D} \qquad (2\text{-}31)$$

حيث: $\gamma = 1[\frac{ton}{m^3}]$ - كثافة المياه.

$Q_{HC};[\frac{l}{s}]$- التدفق الحسابي لمحطة الضخ.

$H_P; [m]$– الضغط الحسابي المطلوب لمحطة الضخ.

$\eta_H; \eta_D$– معامل الكفاءة (المردود) لمحطة الضخ وللمحرك: $\eta_H; \eta_D = 0.75$.

يتم اختيار المضخة وفق البارامترات الحسابية: $Q_{HC}; [\frac{l}{s}]$ و: $H_P; [m]$ و: N;[KW].

٢-١٤- المقطع الطولي الجانبي والمقاطع العرضية وفق تدرج الميل للأنابيب:

يُبين على المقطع الطولي الجانبي:

خط سطح الأرض بدءاً من المصدر المائي. وتوضع المناسيب كل: $200[m]$ وتُظهر بكل تأكيد النقاط المُعينة لكامل الأفق.

جميع المنشآت المائية الضرورية: محطة الضخ، وأبار التوزيع، والمأخذ، وأبار الصرف، وصمامات تنفيس الهواء.

الخط العلوي للأنبوب (يجب أن يكون عمق توضع الأنبوب في التربة بما لا يقل عن القيمة الأصغرية المسموح بها).

العمق الأصغري لتوضع الأنبوب حتى أعلى الأنابيب: $0.7...0.8[m]$ شرط حمايته من التخريب نتيجةً للحمولات الميكانيكية المُؤثرة.

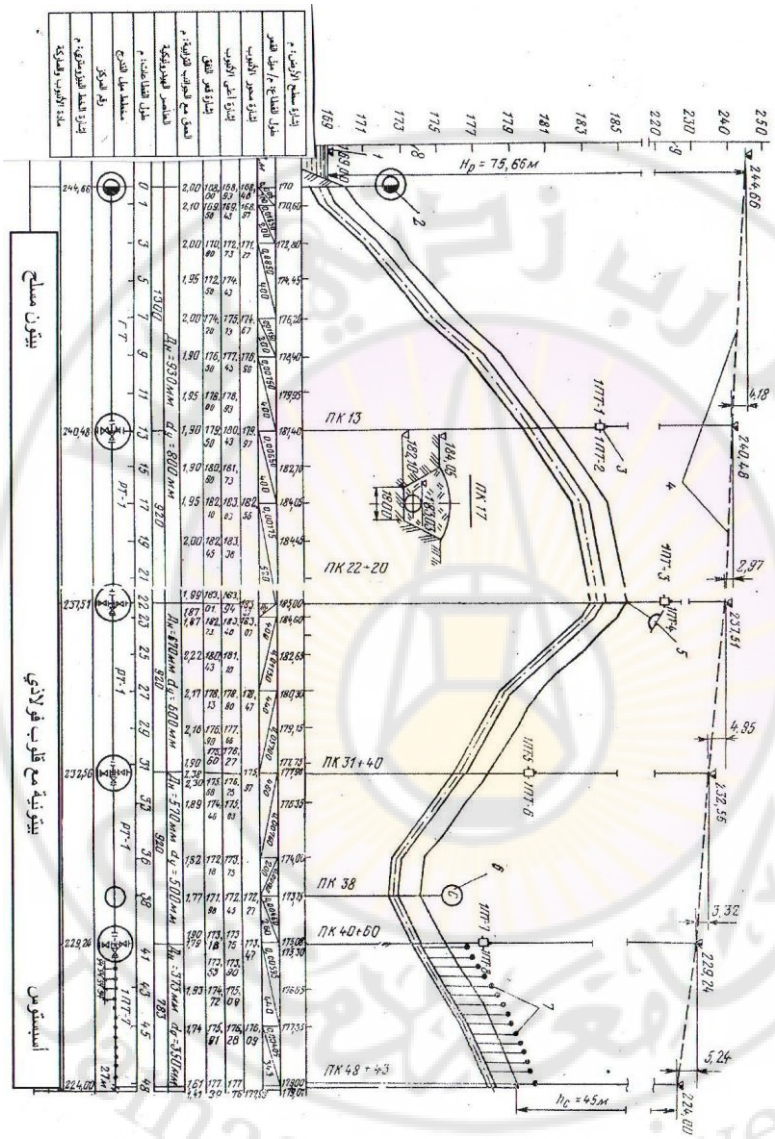
الخط السفلي للأنبوب (قعر الخندق أو النفق). تُحدد المنسوب السفلي للأنبوب في مواضع تغير أقطار الأنابيب في القطاعات المجاورة، تُظهر إشارة مضاعفة في هذه المواضع.

إشارة الضغط البيزومتري وبالتطابق معها الخط البيزومتري. وتُظهر الإشارات على الشكل الجانبي الطولي للأنبوب كل: $200[m]$، وأيضاً في مواضع تثبيت المُنشآت الهيدروتقنية وعند تغير أقطار الأنابيب. تُقترح المقاييس التالية من أجل الشكل الجانبي الطولي للأنبوب: الأفقي: 1/10000 والشاقولي: 1/100.

تُعطى ميزة واحدة للمقطع العرضي في كل مقطع طولي. يُستخدم المقياس ذاته للمقطع أفقياً وشاقولياً. يُبين الشكل (10-2) نموذج المقطع الطولي للأنبوب.

يتعلق عمق توضع الأنابيب الثابتة تحت سطح التربة أساساً بعمق الصقيع في التربة. يجب عند ذلك توفير حماية للأنابيب من الأضرار الميكانيكية. إذا استُخدمت أنابيب الري في فترات الصقيع، **مثال:** من أجل إجراء السقايات الاحتياطية، يجب أن يقع أعلى الأنابيب على عمق: $20[cm]$ أسفل من العمق الذي يُؤثر فيه الصقيع، وهذا يزيد من حجم الأعمال، ويزيد من صعوبة التركيب ويؤدي إلى زيادة التكاليف. لذلك لا ضرورة خاصة لوضع أنابيب الري تحت السطح، انطلاقاً من أنّ شرط عدم تجمد المياه فيها غير مناسب. يُنصح بتفريغ الأنابيب من

المياه بالكامل وفق شرط التحذير من الانسداد.



الشكل (10-2): المقطع الطولي الجانبي لأنابيب التغذية: ١- منسوب المياه في المصدر المائي، ٢- محطة الضخ، ٣- بئر توزيع، ٤- الخط البيزمتري، ٥- صمام تنفيس الهواء، ٦- بئر الصرف، ٧- مأخذ سحب المياه، ٨- تدريجة إشارة سطح الأرض، ٩- تدريجة الخط البيزومتري.

لحماية الأنابيب من الأضرار الميكانيكية يجب ألا يقل ارتفاع طبقة الردم فوق الأنابيب عن: $0.7...0.8[m]$. في ميل تدرج الأنابيب في المستوي الشاقولي يُمنع القطاعات المنحنية أو المنكسرة ذات الميل العكسي، وأيضاً في الأجزاء السفلية التي يُمكن أن تبقى المياه فيها وتتجمد عند درجات الحرارة السالبة. إذا لم نستطع عند التصميم التخلص بالكامل من مثل هذه القطاعات، فإنه يجب تثبيت أجهزة خاصة من أجل تفريغ الأنبوب من المياه في النقاط السفلية

للانحناء، ويجب تثبيت أجهزة خاصة لخروج الهواء كصمامات تنفيس الهواء في النقاط العلوية لانحناء أنابيب الضغط وللتخلص من تشكل فقاعات الهواء. لا يُنصح بالميل الصفري لتدرج الأنبوب.

الميل الأصغري المطلوب للأنبوب حتى موضع تفريغه يُساوي: $i = 0.001$. عندما يكون طول القطاع لا يتجاوز: $100[m]$ يُمكن استخدام الميل الأصغري مساوياً: $i = 0.0005$

يُمكن أن تملك الأنفاق مقاطع على شكل: مستطيل ذات جدران شاقولية، وشبه منحرفة ومركبة من أجل وضع أنابيب الري. يُمكن أن تكون المقاطع المستطيلة ذات عرض وفق العمق متماثل أو مختلف (على شكل كتف). في المقاطع المركبة يُنجز عادةً الجزء السفلي للنفق بمقطع مستطيل، ويُنجز الجزء العلوي مع جوانب ترابية مائلة. يُختار نوع المقطع العرضي للنفق بالاعتماد على الحساب التقني الاقتصادي وحساب البارامترات وعمق توضع الأنبوب، وعلى خواص التربة الميكانيكية، وعلى الشروط الهيدروجيولوجية، وعلى أساليب إنتاج الأعمال وعلى التقنية الآمنة وغيرها. يُحدد عرض النفق من الأسفل وفق القعر من شرط إمكانية إنتاج العمل وفق الأجزاء التناكبية للمواسير وحساب بارامترات آلات استصلاح الأراضي.

يُستخدم عرض النفق مساوياً: $d_H + 0.5;[m]$ من أجل أنابيب الأسبستوس الإسمنتي بقطر حتى: $300[mm]$، وبقطر أكبر من: $300[mm]$ يُستخدم عرض النفق مساوياً: $d_H + 0.7;[m]$ حيث: d_H القطر الخارجي للقارنة.

عند تركيب الأنبوب من أنابيب منفصلة فإنه من الضروري في أماكن الوصل مباشرةً في النفق إعداد حفرة عرضها يُساوي عرض النفق في الأسفل وبعمق وطول يُؤمنان القيام بالعمل في أثناء التركيب.

مثال: من أجل تركيب أنابيب الأسبستوس الإسمنتي تُحفر حفرة بالمقاسات التالية: من أجل أنابيب بقطر حتى: $300[mm]$ يكون طولها: $0.7[m]$ وعمقها: $0.2[m]$. ومن أجل الأنابيب بقطر أكبر من: $300[mm]$ يكون طولها: $0.9[m]$ وعمقها: $0.3[m]$.

للتخلص من الهبوط غير المنتظم للأنبوب وتحطم الأنابيب عند الوصلات التناكبية الخزفية (القرميدية) يجب وضعها على القاعدة الطبيعية (تربة غير مُحطمة) بما لا يقل عن: 3/4 من طولها.

تُركب أجزاء التشكيل الجانبي والمعدات بالإضافة إلى صمامات تنفيس الهواء والصنابير بالوقت ذاته مع الوصلات.

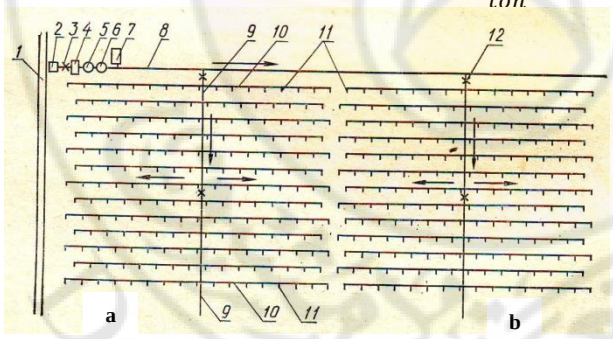
الفصل الثالث

التطبيقات العملية لتخطيط شبكات الري بالتنقيط وتصميمها

٣-١- تخطيط شبكات الري بالتنقيط فوق سطح التربة وتصميمها (مشروع فصلي):

٣-١-١- نص المشروع:

المطلوب تخطيط وتصميم شبكة ري بالتنقيط وفق الشكل (1-3) المُبين أدناه في منطقة جافة في أرض مساحتها: $200 \times 100[m]$ وتتوضع المياه الجوفية على عمق أكبر من: 10[m] أي لا يحصل تبادل شاقولي للرطوبة فيها، وميل الأرض لا يتجاوز: 0.05 ويُراد زراعة الذرة في أحد القطاعات (القطاع: **a**) علماً أن الإنتاجية النظرية أي التصميمية للذرة: $Y = 4[\frac{ton}{ha}]$ وأن ثابت مجموع الاستهلاك المائي عند الري بالتنقيط: $\zeta_Y = 2300[m^3/ton]$، وفي القطاع الآخر زراعة أشجار مُثمرة (زيتون، أو أشجار الفاكهة، ...) (القطاع: **b**) علماً أن الإنتاجية النظرية للأشجار المُثمرة: $Y = 10[\frac{ton}{ha}]$، وأن ثابت مجموع الاستهلاك المائي عند الري بالتنقيط: $\zeta_Y = 600[\frac{m^3}{ton}]$.



الشكل (1-3): مُخطط نظام الري بالتنقيط: ١- قناة مكشوفة، ٢- مضخة، ٣- سكر، ٤- مصفاة، ٥- حوض ترسيب، ٦- مانومتر، ٧- جهاز مزج الأسمدة مع مياه الري، ٨- الأنبوب الرئيسي، ٩- الأنبوب التوزيعي، ١٠- أنبوب السقاية، ١١- نقاطات المياه، ١٢- صنبور تنظيم الضغط والتدفق.

٣-٢-١- تخطيط شبكات الري بالتنقيط وتصميمها لري المحاصيل الحقلية وللأشجار المُثمرة.

أولاً- القطاع (الحقل) **a**- مُخصص لزراعة الذرة. في المشروع الإنتاجية التصميمية للذرة: $Y = 4[\frac{ton}{ha}]$ المُطابق لها في الشروط الطبيعية لأرض الري ثابت الاستهلاك المائي:$\zeta_Y = 2300[m^3/ton]$. وبناءً على ذلك نحسب مجموع الاستهلاك المائي وفق كوستياكوف من المعادلة التالية:

$$ET_{cpop} = Y \cdot \zeta_Y$$

$$ET_{crop1} = 4 \cdot 2300 = 9200 \left[\frac{m^3}{ha}\right]$$

ثانياً- في القطاع الأخر زراعة أشجار مُثمرة (القطاع: **b**) علماً أن الإنتاجية النظرية للأشجار المُثمرة: $Y = 10[\frac{ton}{ha}]$، وأن ثابت مجموع الاستهلاك المائي عند الري بالتنقيط: $\zeta_Y = 600[m^3/ton]$.

$$ET_{crop2} = 10 \cdot 600 = 6000 \left[\frac{m^3}{ha}\right]$$

٣-٣-١- جدولة الري:

معدل السقاية: هو كمية المياه المنقولة للأرض خلال السقاية مرة واحدة ويقدر: $[m^3/hr]$ أو $[mm]$ لطبقة المياه.

في الحالة العامة تتعلق قيمة معدل السقاية بالخواص الفيزيا-مائية للتربة وبدرجة جفافها حتى لحظة السقاية، وبالعمق المطلوب للترطيب وبأسلوب وتكنولوجيا السقاية.

يُحسب مُعدل السقاية من معادلة كوستياكوف التالية:

$$m = W_{FC} - W_{cr} = 10\gamma h_z(\beta_{FC} - \beta_{cr}) \qquad (3\text{-}1)$$

حيث: $m;[mm]$ – مُعدل السقاية الحسابي. $W_{FC};[mm]$ – المُحتوى الرطوبي (رطوبة السعة الحقلية) بالمياه في طبقة التربة المحسوبة. $W_{cr};[mm]$ – الاحتياطي المسموح به أو الفعلي للرطوبة في نفس تلك الطبقة الترابية. $h_z;[mm]$ – العمق الحسابي لترطيب التربة. $\gamma;[ton/m^3];[gr/cm^3]$ – الوزن الحجمي الجاف للتربة. $\beta_{FC};\beta_{cr}$ – رطوبة السعة الحقلية في التربة والحد الأدنى المسموح به للجفاف، % من الكتلة.

لدينا: $\beta_{FC} = 22\%$، $\beta_{cr} = 0.8\beta_{FC}$، $h_Z = 600[mm]$، $\gamma = 1.3\left[\frac{gr}{cm^3}\right]$.

$$m = W_{FC} - W_{cr} = 10\gamma \cdot h_Z(\beta_{FC} - \beta_{cr})$$

نُعوض في المعادلة (1-4) نجد مُعدل السقاية m_1 للذرة:

$$m_1 = 10 \cdot 1.3 \cdot 600(0.22 - 0.22 \cdot 0.8) = 343.2 \left[m^3/_{ha}\right]$$

ونُعوض في المعادلة (1-4) نجد مُعدل السقاية m_2 للأشجار المُثمرة:

$$m_2 = 10 \cdot 1.3 \cdot 900(0.22 - 0.22 \cdot 0.8) = 514.8 \left[m^3/_{ha}\right]$$

معدل الريّ: هو كمية المياه التي تنقل لري مساحة هيكتار واحد خلال فترة نمو المحاصيل

المقدر: $[m^3/hr]$ أو بطبقة المياه (عمود ماء). يُحدد المُعدّل كفرق بين مجموع الاستهلاك المائي (التبخر) للمحاصيل وتأمينها الطبيعي. يُستخدم عادة مُعدّل الري مساوياً للنقص بمجموع الاستهلاك المائي للمحاصيل خلال فترة نموها.

$$M = \sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop} \qquad (3\text{-}2)$$

حيث: M – معدل الري الصافي. $\sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop}$ – مجموع النقص في الاستهلاك المائي خلال فترة النمو للمحاصيل الزراعية.

يحدد النقص في الاستهلاك المائي من أجل أية فترة للنمو وفق معادلة الموازنة المائية التي تأخذ الشكل المبسط التالي:

$$\Delta ET_{crop} = ET_{crop} - W_{ai} - P_i\alpha - V_{gr} + V_i \qquad (3\text{-}3)$$

حيث: $ET_{crop}; [mm]$ – مجموع الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية خلال الفترة الحسابية.

$W_{ai}; [mm]$ – الاحتياطي الفعال لرطوبة التربة عند بداية الفترة الحسابية.

$P_i; [mm]$ – كمية الأمطار الجوية خلال الفترة الحسابية. α – معامل استخدام الأمطار الجوية الطبيعية. $V_{gr}; [mm]$ – الصعود (التسرب) الشعري للمياه الجوفية في الطبقة الحسابية.

$V_i; [mm]$ – جريان الرطوبة خارج مجال الطبقة الحسابية.

يُحسب الاحتياطي الفعال لرطوبة التربة: $W_{ai}; [mm]$ في هذه المعادلة كفرق بين الاحتياطي الأولي للرطوبة في الطبقة الحسابية: W_{in} واحتياطي المياه المسموح به: W_{cr} (قبل السقاية) في تلك الطبقة نفسها.

يُحدد مُعامل استخدام الأمطار الطبيعية: α بالشكل التالي:

إذا كان: $P_i \le ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})$ فإن: $\alpha = 1$، أما إذا كان: $P_i > ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})$ فإن: $\alpha = \left| ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in}) \right| / P_i$. حيث: $W_{FC}; [mm]$ – المُحتوى الرطوبي الأصغرى (قدرة الاحتفاظ بالمياه) في الطبقة الترابية الحسابية العظمى من أجل محاصيل معينة، $W_{in}; [mm]$ – احتياطي الرطوبة في تلك الطبقة الترابية نفسها لبداية الفترة الحسابية.

تتعلق قيم الصعود الشعري للمياه الجوفية بعمق هذه المياه، وبقدرة النظام الجذري للمحاصيل على امتصاص المياه، وبالبنية الترابية الحجرية في مجالات التهوية، وأيضاً بعدد

مرات ترطيب سطح التربة بالأمطار الطبيعية وبالسقايات. عندما تكون قيم الصعود الشعري للمياه الجوفية معروفة يتم حسابها من العلاقة الآتية:

$$V_{gr} = ET_{crop} k_g \qquad (3\text{-}4)$$

حيث: $V_{gr}; [mm]$ – الصعود الشعري للمياه الجوفية المستخدمة.

$ET_{crop}; [mm]$ – مجموع الاستهلاك المائي خلال الفترة الحسابية.

k_g – معامل استخدام المياه الجوفية من مجموع الاستهلاك المائي.

تُحدد كمية مياه الري المطلوبة لتأمين شبكة الري من المُعادلات (3-3 و 3-2)، وهذا يعني الحفاظ على رطوبة مثالية للتربة.

تُحسب كمية المياه من أجل ري الأراضي المالحة والمائلة للتملح بالاعتماد على التنبؤات بالنظام الملحي والهوائي للتربة.

يتراوح متوسط كمية الأمطار السنوية في المناطق الجافة بين: [mm]200---100. لذلك نختار: [mm]150. ونجد الاحتياطي الفعال لرطوبة التربة عند بداية الفترة الحسابية من المُعادلة الآتية:

$$W_{ai} = \beta_{FC} - 0.8\beta_{FC} = 0.22 - 0.8 \cdot 0.22 = 0.044$$

ونفرض أن معامل استخدام الأمطار يُساوي: $\alpha = 0.3$ حيث يقع في المجال: 0.2--- 0.5 للمناطق الجافة. وبإهمال كلٌ من القيم: $V_{gr}; [mm]$– الصعود الشعري للمياه الجوفية في الطبقة الحسابية. $V_i; [mm]$ – جريان الرطوبة خارج مجال الطبقة الحسابية.

إذن نجد مُعدل الري للذرة من المُعادلات (3-2;3-3):

$$\Delta ET_{crop1} = 9200 - 0.044 - (0.3 \cdot 150) \approx 9155 [\frac{m^3}{ha}]$$

$$M_1 = \sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop} = 9155 \left[\frac{m^3}{ha}\right]$$

ونجد مُعدل الري للأشجار المُثمرة من المُعادلات (3-2;3-3):

$$\Delta ET_{crop2} = 6000 - 0.044 - (0.3 \cdot 150) \approx 5955 [\frac{m^3}{ha}]$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop} = 5955 \left[\frac{m^3}{ha}\right]$$

٣-٤-١- تحديد فترات السقاية وعددها:

يُعبر عن العلاقة بين مُعدل السقاية واستمرارية الفترة بين السقايات في الشكل العام،

هذا يعني الزمن بين سقايتين متتاليتين بالمُعادلة الآتية:

$$\Delta t = (m + P\alpha + W_a) / ET_{crop} \qquad (3\text{-}5)$$

حيث: Δt – الفترة بين السقايات باليوم، $[mm]$;m – معدل السقاية الفعلي الصافي، $[mm]$;P كمية الأمطار الطبيعية خلال الفترة، α – معامل استخدام الأمطار الطبيعية، $[mm]$;W_a – احتياطي الرطوبة في الطبقة الحسابية في لحظة السقاية، $[mm]$;ET_{crop} – التبخر اليومي الوسطي لرطوبة التربة من الحقل (الفعلي أو المُتوقع) خلال الفترة Δt.

تُحددالفترة بين السقايات للذرة من المُعادلة (4-5):

$$\Delta t_1 = \frac{(343 + 0.3 \cdot 150 + 0.44)}{170} = \frac{388.044}{170} = 2.28 \approx 2.3[day]$$

وتُحدد الفترة بين السقايات للأشجار المُثمرة من المُعادلة (3-5):

$$\Delta t_2 = \frac{(514.8 + 0.3 \cdot 150 + 0.44)}{170} = \frac{559.844}{170} = 3.29 \approx 3.3[day]$$

وبما أن المياه الجوفية على عمق أكبر من 10 متر لذلك لا تُؤخذ بالحسبان في الحسابات. يتعلق عدد مرات السقاية للمحاصيل خلال فترة النمو N بمعدل الري والسقاية:

$$N = M / m_{mit} \qquad (3\text{-}6)$$

حيث: $M;[mm]$ – مُعدل الري. $[mm]$;m_{mit} – مُعدل السقاية الوسطي.

يُحسب عدد مرات السقاية لمحصول الذرة من المُعادلة (3-6):

$$N_1 = \frac{M}{m} = \frac{9155}{343} = 26.69 \approx 27$$

ويُحسب عدد مرات السقاية للأشجار المُثمرة من المُعادلة (3-6):

$$N_2 = \frac{M}{m} = \frac{5955}{514.8} = 11.57 \approx 12$$

٣-٥-١- مُخطط الحقل للقطاع a المُخصص لزراعة الذرة:

لدينا طول الحقل يُساوي عرضه: l=b=100[m]. والمسافة: 1[m] بين كل نقاطة وأخرى.

$$n_1 = \frac{l-2}{B} = \frac{100-2}{1} = 98$$

حيث: n_1– عدد أنابيب السقاية. L;[m]– طول الحقل. B=1[m]– المسافة بين كل نقاطتين على طول أنبوب السقاية.

عدد النقطات يُساوي: $l - 2 = 100 - 2 - 98$.

نختار نقاطة من نوع هيكلية من الجدول (1-4): تدفقها: $q_1 = 4\left[\frac{l}{h}\right] = 0.0000011[\frac{m^3}{s}]$.

تُعدّ النقّاطات المُثبتة على أنابيب السقاية والتي تؤمّن غزارة المياه مُباشرةً إلى جذور المحاصيل العنصرَ الأكثرَ أهميةً في شبكة الريّ بالتنقيط. لذلك نُبيّن في الجدول (1-3) المُواصفات التقنية لبعض أنواع النقّاطات المُختلفة المُستخدمة في شبكات الريّ بالتنقيط. ويُمكن استخدام أنابيب الترطيب المساميّة البسيطة ذات الثقوب الدقيقة بقطر: $[mk]100 - 5$بدلاً من أنابيب الريّ المجهّزة بالنقّاطات.

الجدول (1-3): المُواصفات التقنية للنقّاطات ذات فوهات الخروج المكروية.

البارامترات	مالدافيا	كورنايا	هيكلية ١	هيكلية ٣	تافاريا
النوع	ذاتية التنظيم (معيارية)			ذات فوهات – معايرة متغيرة	
الحل التقني لإخماد الضغط وتثبيته	الصمام الخانق ذو قناة حلزونية ومنظم غشائي مرن	منظم مرن ذو قناة قطرية	صمام معايرة رقي مرن	منظم مرن موجه حر	صمام خانق ذو منظم أبري عائم
نظام العمل	مستمر				
التدفق : $[l/h]$					
الفعلي	4 ± 1	2 ± 0.65	4 ± 1	5.5 ± 1	6;8;10
عند الغسل	$---20$	$---40$	$---40$	$---40$	
الضغط: $[MPa]$					
الفعلي في الشبكة	$0.08 - 0.25$	$0.03 - 0.6$	$0.05 - 0.6$	$0.2 - 0.6$	$0.04 - 0.08$
عند الغسل	$0.01 - 0.04$	$0 - -0.03$	0.03	-	-
نظام الغسل	مؤتمت				
المحتوى المسموح به من المواد العالقة في مياه الري $[m \cdot gr/l]$	50	100	80	100	-
التوضع على شبكة الري					على سطح التربة
مواد العناصر التصميمية	بوليمير بلاستيكي حراري، مطاط	بولي إيتلين متين، مطاط	بوليمير بلاستيكي حراري، مطاط	بوليمير بلاستيكي حراري، مطاط	إنارة ثابتة PE بلاستيك رغوي
الكتلة: $[Kg]$	0.01	0.01	0.025	0.01	0.04
شروط الاستثمار	-	ارتفاع السقوط حتى : $60[m]$			-

٣-٦-١- حساب أنابيب السقاية في الشبكة للقطاع a المُخصص لزراعة الذرة:

تدفق أنبوب السقاية يُساوي جداء تدفق النقاطة الواحدة في عددها على أنبوب السقاية الواحد:

$$q_2 = q_1 \cdot n_1 = 4 \cdot 98 = 392\left[\frac{l}{h}\right] \approx 0.00011[\frac{m^3}{s}]$$

يُمكن تحديد قطر أنبوب السقاية وضياعات الضغط النوعية في أنابيب السقاية وفي الأنابيب الفرعية من الجدول (2-3).

الجدول (2-3): ضياعات الضغط النوعية h_{sp} في أنابيب السقاية لشبكة الريّ بالتنقيط.

سرعة التدفق عند المدخل: $V_O[m/\sec]$	تدفق المياه $q_O[m^3/\sec]$	المسافة بين النقطات: $a;[m]$					
		0.25	0.5	1	2	4	8
القطر الخارجي $d_O = 0.016[m]$ ، والقطر الداخلي $d_{in} = 0.012[m]$							
0.3	0.000034	0.0096	0.0081	0.0073	0.007	0.007	0.007
0.5	0.000056	0.0248	0.0205	0.0184	0.017	0.017	0.016
0.7	0.000079	0.0462	0.038	0.0338	0.032	0.031	0.030
0.9	0.000101	0.0786	0.06	0.0531	0.050	0.048	0.046
1.1	0.000124	0.107	0.0865	0.0763	0.071	0.069	0.066
1.3	0.000147	0.146	0.0121	0.103	0.096	0.092	0.089
1.5	0.00017	0.191	0.153	0.134	0.125	0.12	0.115
2	0.000226	0.327	0.258	0.225	0.208	0.2	0.191
2.5	0.000283	0.487	0.384	0.332	0.306	0.292	0.28
القطر الخارجي $d_O = 0.02[m]$ ، والقطر الداخلي $d_{in} = 0.016[m]$							
0.3	0.000060	0.006	0.0052	0.0050	0.005	0.005	0.005
0.5	0.000100	0.015	0.0132	0.0124	0.012	0.012	0.012
0.7	0.000141	0.027	0.0235	0.022	0.021	0.021	0.020
0.9	0.000181	0.043	0.0376	0.0351	0.034	0.033	0.033
1.1	0.000221	0.062	0.0541	0.0502	0.048	0.047	0.046
1.3	0.000261	0.084	0.0731	0.0678	0.065	0.064	0.062
1.5	0.000301	0.109	0.0948	0.0876	0.084	0.082	0.081
2	0.000402	0.185	0.159	0.147	0.14	0.137	0.134
2.5	0.000503	0.279	0.239	0.219	0.209	0.204	0.199
سرعة التدفق عند المدخل $V_O[m/\sec]$	تدفق المياه $q_O[m^3/\sec]$	المسافة بين النقطات: $a;[m]$					
		0.28	0.5	1	2	4	8
القطر الخارجي $d_O = 0.025[m]$ ، والقطر الداخلي $d_{in} = 0.021[m]$							
0.3	0.0001	0.0038	0.0035	0.0034	0.003	0.003	0.003
0.5	0.00017	0.0094	0.0088	0.0085	0.008	0.008	0.008
0.7	0.00024	0.0173	0.0161	0.0155	0.015	0.015	0.015
0.9	0.00031	0.0274	0.0254	0.0243	0.024	0.023	0.023
1.1	0.00038	0.0394	0.0364	0.0348	0.033	0.034	0.033
1.3	0.00045	0.0533	0.049	0.0468	0.046	0.045	0.044
1.5	0.00052	0.0688	0.0631	0.0603	0.059	0.058	0.058
2	0.00069	0.116	0.106	0.101	0.098	0.097	0.096
2.5	0.00086	0.174	0.159	0.151	0.147	0.145	0.143

عند التدفق: $q_2 = 0.00011\left[\frac{m^3}{s}\right]$ والمسافة بين النقاطات: $B = 1[m]$ نجد من الجدول (2-3) أن: $h_{sp} = 0.058[m]$ ضياعات الضغط النوعية في أنابيب السقاية، وأن: $v_o = 0.980\left[\frac{m}{s}\right]$ وأن: $d_{in} = 0.016[m; \ldots; d_o = 0.012[m]$.

٣-٧-١- حساب الأنابيب الفرعية في الشبكة للقطاع a المُخصص لزراعة الذرة:

طول الأنبوب الفرعي يُساوي عرض الحقل وهو: 100[m] ويكون عدد أنابيب السقاية المُتعلقة به يُساوي: 98 أنبوباً والمسافة بينهما تُساوي: 1[m]. ويُبين الجدول (3-3) ضياعات الضغط النوعية (الميل البيزومتري) i_{pz} في الأنابيب الفرعية بأقطار مُختلفة.

الجدول (3-3): ضياعات الضغط النوعية (الميل البيزومتري) i_{pz} في الأنابيب الفرعية بأقطار مُختلفة.

$d_O = 0.09[m]$ $d_{in} = 0.083[m]$		$d_O = 0.075[m]$ $d_{in} = 0.089[m]$		$d_O = 0.063[m]$ $d_{in} = 0.058[m]$		$d_O = 0.05[m]$ $d_{in} = 0.046[m]$		V_O; [m/sec]
i_{PZ}	q_O; $[m^3/\text{sec}]$	i_{PZ}	q_O; $[m^3/\text{sec}]$	i_{PZ}	q_O; $[m^3/\text{sec}]$	i_{PZ}	q_O; $[m^3/\text{sec}]$	
0.00062	**0.00162**	**0.00077**	**0.00112**	**0.00096**	**0.0008**	**0.00127**	**0.0005**	**0.3**
0.00152	**0.00271**	**0.00191**	**0.00187**	**0.00236**	**0.00132**	**0.00314**	**0.00083**	**0.5**
0.00277	**0.00379**	**0.00347**	**0.00262**	**0.00429**	**0.00185**	**0.00571**	**0.00116**	**0.7**
0.00432	**0.00487**	**0.00542**	**0.00336**	**0.00671**	**0.00238**	**0.00891**	**0.00149**	**0.9**
0.00617	**0.00595**	**0.00774**	**0.00411**	**0.00957**	**0.00291**	**0.00127**	**0.00183**	**1.1**
0.00839	**0.00703**	**0.0104**	**0.00486**	**0.0129**	**0.00343**	**0.0171**	**0.00216**	**1.3**
0.0107	**0.00812**	**0.0134**	**0.00561**	**0.0165**	**0.00396**	**0.0221**	**0.0025**	**1.5**
0.0178	**0.0108**	**0.0224**	**0.00748**	**0.0275**	**0.00588**	**0.0367**	**0.00332**	**2**
0.0265	**0.0135**	**0.0332**	**0.00935**	**0.0411**	**0.0066**	**0.0546**	**0.00415**	**2.5**
0.0366	**0.0162**	**0.0459**	**0.0112**	**0.0568**	**0.00793**	**0.0754**	**0.005**	**3**
$d_O = 0.16[m]$ $d_{in} = 0.148[m]$		$d_O = 0.14[m]$ $d_{in} = 0.129[m]$		$d_O = 0.125[m]$ $d_{in} = 0.115[m]$		$d_O = 0.11[m]$ $d_{in} = 0.102[m]$		V_O; [m/sec]
i_{PZ}	q_O; $[m^3/\text{sec}]$	i_{PZ}	q_O; $[m^3/\text{sec}]$	i_{PZ}	q_O; $[m^3/\text{sec}]$	i_{PZ}	q_O; $[m^3/\text{sec}]$	
0.0003	**0.00516**	**0.00036**	**0.00392**	**0.00041**	**0.00312**	**0.00048**	**0.00245**	**0.3**
0.00075	**0.0036**	**0.00089**	**0.00653**	**0.00102**	**0.00519**	**0.00118**	**0.00409**	**0.5**
0.00136	**0.012**	**0.00161**	**0.00915**	**0.00186**	**0.00727**	**0.00215**	**0.00572**	**0.7**
0.00213	**0.0155**	**0.00252**	**0.0118**	**0.00290**	**0.00935**	**0.00336**	**0.00735**	**0.9**
0.00304	**0.0189**	**0.00359**	**0.0144**	**0.00414**	**0.0114**	**0.00479**	**0.00899**	**1.1**
0.00408	**0.0224**	**0.00483**	**0.017**	**0.00556**	**0.0135**	**0.00644**	**0.0106**	**1.3**
0.00526	**0.0258**	**0.00623**	**0.0196**	**0.00717**	**0.0156**	**0.00831**	**0.0123**	**1.5**
0.0087	**0.0344**	**0.0104**	**0.0261**	**0.012**	**0.0208**	**0.0138**	**0.0163**	**2**
0.0136	**0.043**	**0.0154**	**0.0327**	**0.0178**	**0.026**	**0.0206**	**0.0204**	**2.5**
0.018	**0.0516**	**0.0213**	**0.0392**	**0.0245**	**0.0312**	**0.0284**	**0.0245**	**3**

تدفق الأنبوب الفرعي يُساوي جداء تدفق أنبوب السقاية في عددها المُتعلقة به، وهذا يعني:

$$q_2 = 0.00011 \cdot 98 = 0.011[\frac{m^3}{s}]$$

يُحدد قطر الأنبوب الفرعي عند التدفق: $q_3 = 0.011[\frac{m^3}{s}]$ والمسافة بين أنابيب السقاية: $B_1 = 1[m]$ من الجدول (3-3)، نجد أن: $i_{PZ} = 0.006683$ – ميل الأنبوب القطاعي، وأن: $v_o = 1.35[\frac{m}{s}]$، وأن: $d_o = 0.11[m]; \dots; d_{in} = 0.102[m]$.

تُحسب ضياعات الضغط النوعية في الأنابيب الفرعية من المُعادلة:

$$h_p = \gamma \cdot g \cdot l_2 \cdot i_{PZ}\left[1 - \left(\frac{v_E}{v_o}\right)^3\right] \qquad (3-7)$$

حيث: γ; $[\frac{gr}{CM^3}]$ – كثافة المياه.

g; $[\frac{m}{sec^2}]$– تسارع السقوط الحر.

l_2; $[m]$– طول الأنبوب.

i_{pz}; $[m]$– الضياعات النوعية (الميل البيزومتري).

v_0, v_E; $[m/sec]$– سرعة الجريان عند بداية المقاطع ونهايتها.

$$v_{E1} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.011}{3.14 \cdot (0.102)^2} = 1.33[\frac{m}{s}]$$

إذن:

$$h_{p1} = 1.29 \cdot 9.81 \cdot 100 \cdot 0.006683\left[1 - \left(\frac{1.33}{1.35}\right)^3\right] = 0.373[m]$$

٣-٨-١- حساب أنابيب السقاية في الشبكة للقطاع b المُخصص لزراعة الأشجار المُثمرة:

طول أنبوب السقاية يُساوي: 100[m] مُثبت عليه نقاطة واحدة كل ستة أمتار على امتداد: 96[m] فيكون لدينا: 16 نقاطة المسافة فيما بينها: 6[m].

نختار نقاطة من نوع تفاريا من الجدول (4-1): تدفقها: $q_1 = 8\left[\frac{l}{h}\right] = 0.0000022[\frac{m^3}{s}]$.

نحسب تدفق أنبوب السقاية: $q_2 = 16 \cdot 0.0000022 = 0.0000352[\frac{m^3}{s}]$.

وبالاعتماد على قيمة تدفق أنبوب السقاية نجد قطر الأنبوب وضياعات الضغط والسرعة من الجدول (4-2):

$$q_2 = 0.0000352\left[\frac{m^3}{s}\right]; \dots; h_{sp} = 0.0073[m]; \dots; v_o = 3[m/s]; \dots; d_{in} = 0.012[m]; \dots; d_o = 0.016[m]$$

٣-٩-١- حساب الأنابيب الفرعية في الشبكة للقطاع b المُخصص لزراعة الأشجار المُثمرة:

يكون طول الأنبوب الفرعي [m]100 مُساوياً لعرض الحقل ويكون عدد أنابيب السقاية 16 والمسافة بين كل خط وخط: [m]6 عندئذٍ تدفق الأنبوب الفرعي يُساوي جداء تدفق أنابيب السقاية بعددها المُتعلقة بأنبوب فرعي واحد. أي إنّ:

$$q_3 = q_2 \cdot n_1 = 0.0000352 \cdot 16 = 0.00056[\frac{m^3}{h}]$$

نجد من الجدول (3-3) عند التدفق: $q_3 = 0.00056\left[\frac{m^3}{s}\right]$ قطر الأنبوب الفرعي وميله البيزومتري:

$$q_3 = 0.00056; \dots; i_{PZ} = 0.00127; \dots; v_o = 3\left[\frac{m}{s}\right]; \dots; d_{in} = 0.046[m]; \dots; d_o = 0.05[m]$$

تُحدد ضياعات الضغط النوعية في الأنبوب الفرعي للأشجار المُثمرة:

$$h_p = \gamma \cdot g \cdot l_2 \cdot i_{PZ}\left[1 - \left(\frac{v_E}{v_o}\right)^3\right]$$

$$v_{E2} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0.00056}{3.14 \cdot (0.046)^2} = 0.34[\frac{m}{s}]$$

إذن:

$$h_{p2} = 1.29 \cdot 9.81 \cdot 100 \cdot 0.00127\left[1 - \left(\frac{0.34}{3}\right)^3\right] = 1.6[m]$$

٣-١٠-١- حساب الأنبوب الرئيسي للشبكة للقطاعين a,b:

طول الأنبوب الرئيسي: [m]200 ويتعلق به أنبوبان قطاعيان. وتدفق الأنبوب الرئيسي يُساوي مجموع التدفقات في الأنابيب القطاعية المُتعلقة به. أي إنّ:

$$q_4 = q_2 + q_3 = 0.011 + 0.00056 \approx 0.012[\frac{m^3}{s}]$$

ومن الجدول (3-3) نجد عند التدفق $q_3 = 0.012[\frac{m^3}{s}]$ الميل البيزومتري والسرعة والقطر الداخلي والخارجي للأنبوب الرئيسي:

$$q_3 = 0.012[\frac{m^3}{s}];\ i_{PZ} = 0.00831; \dots; v_o = 1.5[\frac{m}{s}]; \dots; d_{in} = 0.102[m]; \dots; d_o = 0.11[m]$$

٣-١١-١- حساب الضياعات الطولية في الشبكة:

حساب الضياعات الخطية في أنبوب السقاية في الحقل الأول **a** للذرة:

تُحسب الضياعات الخطية في أنبوب السقاية في الحقل الأول مع الأخذ بالحسبان عامل التخفيض F الذي نجد قيمته بحسب عدد النقاطات من الجدول (4−3):

$$H_{f1} = F \cdot h_{sp1} \cdot l_1 = 0.356 \cdot 0.058 \cdot 100 \approx 2.1[m$$

حيث: l_1; $[m]$ − طول أنبوب السقاية في الحقل الأول.

h_{sp}; $[m]$ − الضياعات النوعية لأنبوب السقاية في الحقل الأول.

$F = 0.356$ − عامل تخفيض الضغط عند عدد نقاطات: 100 من الجدول (4−3).

تُحسب الضياعات الخطية في أنابيب السقاية في الحقل الأول وعددها: 98 وهي تساوي جداء عدد الأنابيب في الضياعات الخطية لأنبوب واحد:

$$H_{f11} = H_{f1} \cdot n_1 = 2.1 \cdot 98 = 205.8[m]$$

حيث: n_1 − عدد أنابيب السقاية في الحقل الأول.

الضياعات الخطية لأنبوب السقاية في الحقل الثاني للأشجار المُثمرة:

$$H_{f2} = F \cdot h_{sp2} \cdot l_2 = 0.383 \cdot 0.0073 \cdot 100 = 0.279 \approx 0.28[m]$$

حيث: l_2; $[m]$ − طول أنبوب السقاية في الحقل الثاني.

h_{sp2}; $[m]$ − ضياعات الضغط في أنبوب السقاية في الحقل الثاني.

$F = 0.383$ − عامل تخفيض الضغط عند عدد نقاطات: 16 نجده من الجدول (4−3).

وتُحسب الضياعات الخطية في أنابيب السقاية كافة في الحقل الثاني وعددها: 16 وهي تُساوي جداء عدد الأنابيب في الضياعات الخطية لأنبوب واحد:

$$H_{f22} = H_{f2} \cdot n_2 = 0.28 \cdot 16 = 4.48[m]$$

حيث: n_2 − عدد أنابيب السقاية في الحقل الثاني.

الجدول (4−3) قيم مُعامل التخفيض (F):

N	F	N	F	N	F	N	F	N	F
1	1.000	7	0.425	13	0.390	19	0.387	30	0.368
2	0.639	8	0.416	14	0.387	20	0.376	35	0.365
3	0.534	9	0.408	15	0.385	22	0.374	40	0.363
4	0.485	10	0.402	16	0.383	24	0.372	50	0.361
5	0.457	11	0.398	17	0.381	26	0.370	100	0.356
6	0.438	12	0.394	18	0.379	28	0.369	150	0.354

يُساوي مجموع الضياعات الخطية لأنابيب السقاية كافة في الحقلين:

$$\sum H_F = H_{f11} + H_{f22} = 205.8 + 4.48 = 210.28[m]$$

الضياعات الخطية في الأنابيب الفرعية في الحقلين:

تم سابقاً حساب ضياعات الضغط الخطية في الأنابيب الفرعية والتي تُساوي في الحقل الأول وفي الحقل الثاني:

$$h_{p1} = 0.373[m]; \dots; h_{p2} = 1.6[m]$$

يُساوي مجموع الضياعات الخطية في الأنابيب الفرعية في الحقلين:

$$\sum h_p = h_{p1} + h_{p2} = 0.373 + 1.6 = 1.973[m]$$

الضياعات الخطية في الأنبوب الرئيسي:

$$H_{f3} = i_{pz3} \cdot l_3 = 0.00831 \cdot 200 = 1.662[m]$$

حيث: $l_{3;}[m]$ – طول الأنبوب الرئيسي.

i_{pz3} – ميل الأنبوب الرئيسي.

يُساوي مجموع الضياعات الطولية في أنابيب الشبكة كافة:

$$\sum H_f = \sum H_F + \sum h_p + H_{f3} = 210.28 + 1.973 + 1.662$$
$$= 213.915 \approx 214[m]$$

٣-١٢-١- حساب الضياعات الموضعية في أنابيب الشبكة:

يُفضل حساب الضياعات الموضعية من العلاقة الآتية:

$$\sum h_M = (0.05 \dots 0.1) \sum h_f; [m] \qquad (3\text{-}8)$$

حيث: $\sum h_f; [m]$ – مجموع ضياعات الضغط الطولية وفق الطول الحسابي للأنابيب في الحقلين الأول والثاني.

الضياعات الموضعية في أنابيب السقاية في الحقلين الأول والثاني:

$$\sum h_{M1} = 0.1 \cdot \sum H_F = 0.1 \cdot 209.96 = 20.996[m]$$

حيث: $\sum H_F; [m]$ – ضياعات الضغط الطولية في أنابيب السقاية للحقلين الأول والثاني.

الضياعات الموضعية في الأنابيب الفرعية للحقلين الأول والثاني:

$$\sum h_{M2} = 0.1 \cdot \sum h_p = 0.1 \cdot 1.973 = 0.1973[m]$$

الضياعات الموضعية في الأنبوب الرئيسي التي تأخذ بالحسبان الضياعات الموضعية

للمجموعة الرأسية (أي الضياعات الموضعية في أجهزة التسميد وفي المصافي وفي مُنظمات التدفق وغيرها) وللأنابيب الفرعية المُتعلقة بالأنبوب الرئيسي:

$$\sum h_{M3} = 0.1 \cdot \sum H_{f3} = 0.1 \cdot 1.662 = 0.1662[m]$$

الضياعات الموضعية الكلية في الشبكة:

$$\sum h_M = \sum h_{M1} + \sum h_{M2} + \sum h_{M3} = 20.996 + 0.1973 + 0.1662 = 21.3585 \approx 21.4[m]$$

إذن يُساوي مجموع الضياعات الكلية (الطولية والموضعية) للشبكة:

$$\sum H_F = \sum H_f + \sum h_M = 214 + 21.4 = 235.4[m]$$

التدفق للأنبوب الرئيسي هو ذاته المطلوب تحقيقه من وحدة الضخ وعليه يكون:

$$\sum Q_H = q_4 = q_2 + q_3 = 0.011 + 0.00056 \approx 0.012[\frac{m^3}{s}]$$

ويُحدد الضغط الحسابي المطلوب: [m] لمحطة الضخ من المُعادلة:

$$H_p = h_r + \sum h_f + \sum h_M + h_c \qquad (3-9)$$

حيث: $[m]; h_r$ – الارتفاع الجغرافي للرفع. وهو يُمثل ارتفاع السحب (الامتصاص) من القناة المكشوفة والتي عمقها متر واحد، ويُحافظ على منسوب المياه فيها ثابتاً في أثناء عملية الري.

$[m]; \sum h_f$ – مجموع الضياعات الطولية لميل تدرج الأنبوب الرئيسي.

$[m]; \sum h_M$ – مجموع الضياعات الموضعية الكلي للشبكة.

$\sum h_M = (0.05 \dots 0.1) \sum h_f$.

$[m]; h_c$ – الضغط الحر على النقاطة. لا تُؤخذ بالحسبان لأنها في مستوي الميل للأرض.

$H_p = h_r + \sum h_f + \sum h_M + h_c$=1+235.4+0=236.4[m]

٣-١٣-١- تحديد استطاعة (قدرة) محطة الضخ:

يتم تحديد قدرة محطة الضخ من المُعادلة:

$$N = \frac{\gamma \cdot Q_H \cdot H_p}{102 \cdot \xi_H \cdot \xi_D} \qquad (3-10)$$

حيث لدينا: $Q_H = 0.012 \left[\frac{m^3}{s}\right]; \dots; \sum H_P = 620[m]$.

وحيث: $\gamma = 1[\frac{ton}{m^3}]$ – كثافة المياه.

$[\frac{l}{s}]; Q_H$ – التدفق الحسابي لمحطة الضخ.

$[m]\ ;H_P$− الضغط الحسابي المطلوب لمحطة الضخ.

ξ_H− مردود محطة الضخ وهو يتراوح في المجال: [0.85…0.65].

ξ_D− مردود المحرك الكهربائي وهو يتراوح في المجال: [0.99…0.98].

وبالتعويض في المُعادلة (3−26) نحصل على استطاعة محطة الضخ:

$$N = \frac{1 \cdot 12 \cdot 236.4}{102 \cdot 0.75 \cdot 0.98} = 37.839 \approx 38[KW]$$

ويتم اختيار المضخات وفق البارامترات الحسابية الآتية:

$[\frac{l}{s}]\ ...\ ;H_P;[m]\ ...\ ;N;[KW]\ ;Q_H$. إذن نختار مضختين لوحدة الضخ استطاعة كلٍ منها تُساوي: 20[KW] أي باحتياطي أمان 2[KW]، وتُربط على التسلسل لتحقيق التدفق والضغط المطلوبين معاً.

ويُحدّد زمن السقاية عند انعدام ضياعات التسرب في الأفق السفلي وفقَ العلاقة بالعمق الحسابي للرطوبة وبحسب سرعة امتصاصِ المياه في التربة. وبناءً على ذلك:

لدينا مُعدل السقاية للذرة: m_1=343[mm]=0.0343[m] وسرعة الامتصاص في واحدة الزمن الأولية: v_1=0.02[m/h] . $\propto$= 0.5.

$$\ddot{v} = \frac{v_1}{(1-\alpha)} \cdot \frac{1}{t^{\alpha}} \qquad (3\text{-}11)$$

$[m/h]\ ;\ddot{v}$− السرعة الوسطية لامتصاص المياه.

[h];t− زمن الامتصاص.

$[m/h]\ ;v_1$− سرعة الامتصاص في واحدة الزمن الأولية.

ولدينا: $h = \ddot{v} \cdot t$.

$$h = \frac{v_1}{1-\alpha} \cdot t^{\alpha} \qquad (3\text{-}12)$$

$$t = \left(\frac{h}{\frac{v_1}{(1-\propto)}}\right)^{\frac{1}{1-\propto}} \qquad (3\text{-}14)$$

وبالتعويض في المُعادلة (3-14) يكون زمن السقاية للذرة:

$$t_1 = \left(\frac{h}{\frac{v_1}{(1-\propto)}}\right)^{\frac{1}{1-\propto}} = \left(\frac{0.0343}{\frac{0.02}{1-0.5}}\right)^{\frac{1}{1-0.5}} = \left(\frac{0.0343}{0.04}\right)^{2} = 0.734[h]$$

ولدينا مُعدل السقاية للأشجار المُثمرة: m_2=514.8[mm]=0.05148[m] وسرعة الامتصاص في واحدة الزمن الأولية: v_1=0.02[m/h] . $\propto$= 0.5.

وبالتعويض في المُعادلة (3-14) يكون زمن السقاية للأشجار المُثمرة:

$$t_2 = \left(\frac{h}{\frac{v_1}{(1-\propto)}}\right)^{\frac{1}{1-\propto}} = \left(\frac{0.05148}{\frac{0.02}{1-0.5}}\right)^{\frac{1}{1-0.5}} = \left(\frac{0.05148}{0.04}\right)^2 = 1.66[h]$$

وبُمكن حساب زمن السقاية أيضاً من المعادلة التالية:

$$t = \frac{a \cdot m}{q}; \qquad a = l_d \cdot l_p \qquad (3\text{-}15)$$

حيث: $-a; [m^2]$ المساحة المروية بالنقاطة الواحدة.

$-l_d; [m]$ المسافة بين النقاطات.

$-l_p; [m]$ المسافة بين أنابيب النقاطات.

$-m; [mm]$ معدل السقاية بالري بالتنقيط.

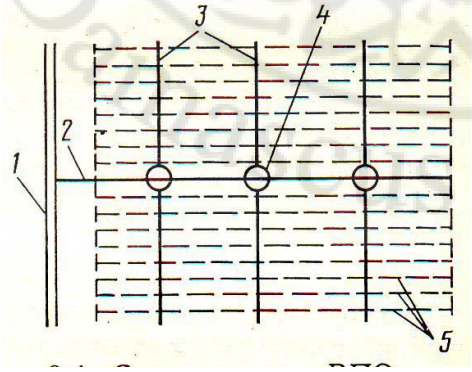
$-q; [\frac{l}{h}]$ تدفق النقاطة الواحدة.

$-t; [h]$ زمن السقاية.

٣-٢- تخطيط شبكات الري بالتنقيط تحت سطح التربة وتصميمها (مشروع فصلي):

٣-٢-١- نص المشروع:

المطلوب تخطيط وتصميم شبكة ري تحت سطح التربة وفق الشكل (2-3) المُبين أدناه في منطقة جافة في أرض مساحتها: $300 \times 100[m]$ ومنسوب المياه الجوفية عميق أكثر من: 10[m]، أي لا يحصل تبادل شاقولي للرطوبة فيها، وميل الأرض لا يتجاوز: 0.005 ومزروعة بأشجار مُثمرة (زيتون، أو أشجار الفاكهة، ... الخ.) علماً أن الإنتاجية النظرية للأشجار المُثمرة: $Y = 10[\frac{ton}{ha}]$، وأن معامل مجموع الاستهلاك المائي عند الري تحت سطح التربة: $\zeta_Y = 500[\frac{m^3}{ton}]$.



الشكل (2-3): مُخطط قطاع الري تحت سطح التربة وفق الشبكة المُغلقة: 1- أنبوب قطاعي، 2- أنبوب توزيع، 3- أنبوب الري، 4- حفرة رأسية، 5- أنابيب الترطيب (المُرطبات).

٣-٢-٢- مُخطط الحقل:

يُقسم الحقل إلى ثلاث قطاعات طول كل قطاع: [m]100 وبعرض: [m]100. فتكون مساحة كل قطاع [ha]1. ونختار المسافة بين الأشجار على طول الخط بين: [m]0.7....0.9 نأخذ الوسطي بينها: [m]0.8. والمسافة بين الخطوط: [m]0.8 أيضاً. وبناءً عليه يكون عدد الأشجار في القطاع الواحد: 144 شجرة.

يُحدد مجموع الاستهلاك المائي عند زراعة أشجار مُثمرة من المُعادلة الآتية فإذا كانت الإنتاجية النظرية للأشجار المُثمرة: $Y = 10[\frac{ton}{ha}]$، وأن ثابت مجموع الاستهلاك المائي عند الري تحت سطح التربة: $\zeta_Y = 500[\frac{m^3}{ton}]$. عندئذٍ يُحدد الاستهلاك المائي (الاحتياج المائي) بالعلاقة الآتية:

$$ET_{cpop} = Y \cdot \zeta_Y$$

$$ET_{crop2} = 10 \cdot 500 = 5000 \left[\frac{m^3}{ha}\right]$$

٣-٢-٣- الحساب الهيدروليكي لأنابيب نظام الري تحت سطح التربة:

٣-٢-٣-١- حساب أنابيب الترطيب (المُرطبات):

يحدّد التدفّق (الاستهلاك): [l/s] لأنبوب الترطيب وفق المعادلة الآتية:

$$Q_{ht} = q_h \cdot l_h \qquad (3\text{-}16)$$

حيث: [m]؛l- طول أنبوب الترطيب. وهو: [m]100 .

نختار من الجدول (3-5) التدفق وفق الخواص الفيزيا-مائية للتربة: $q_h = 0.0018[\frac{l}{s}]$ للتربة الثقيلة.

q_h؛ $[\frac{l}{s}]$- تدفّق المياه الجارية في التربة لكلّ متر واحد من الأنبوب الترطيب: [l/s/m]، يُحدّد وفق البحث المُعين. ويُمكن استخدام الجدول (3-5) تقريبياً من أجل أنواع التربة كافة.

عدد أنابيب الترطيب في كامل الحقل: 36 أنبوباً، فيكون في كل قطاع: 12 أنبوباً. ونختار أنابيب بولي إيتيلين مشقوقة بقطر داخلي: $d_{in} = 20[mm]$ وقطر خارجي: $d_o = 25[mm]$ عند التدفق: [l/s]0.0018 للتربة الثقيلة. وبالاعتماد على ذلك يُحسب التدفق في أنبوب الترطيب من المُعادلة (3-16):

$$Q_{ht} = q_h \cdot l_h = 0.0018 \cdot 100 = 0.18[\frac{l}{s}]$$

الجدول (3-5): الخواص الفيزيا–مائية للتربة وقيمة عناصر شبكة الريّ تحت سطح التربة:

البارامترات	التكوين الميكانيكي للتربة			
	تربة خفيفة	تربة وسطية	تربة ثقيلة	تربة طينية
الامتصاص النوعي الوسطي:				
$[m^3/h]$	0.0112	0.0009	0.0065	0.0047
$[l/\sec]$: على المرطب	0.0032	0.0025	0.0018	0.0013
ثابت يمتاز بنقل الرطوبة في مجالات منحني الرطوبة عندما الرطوبة: $W_{FC} \geq W_i(0.8-0.7)$	0.074	0.065	0.053	0.044
السعة الرطوبية الفعالة: $[m^3/m^3]$	0.06	0.062	0.06	0.058
الحركة الأفقية للرطوبة: $[m]$	0.4	0.45	0.49	0.52
عرض المنطقة العرضية المشبعة كاملة $[m]$ عند قطر أنبوب (خندق) الترطيب: $32-40[mm]$	0.36	0.3	0.26	0.24

الجدول (3-6): الحسابات المقترحة لبارامترات ترطيب التربة عند شبكة الريّ تحت سطح التربة.

التكوين الميكانيكي للتربة	معدات الترطيب المثقبة البولي إيتلينية			معدات الترطيب الخندقية		
	عرض محيط الترطيب: $B;[m]$	عمق محيط الترطيب: $H;[m]$	المسافة بين معدات الترطيب: $a_h;[m]$	عرض محيط الترطيب: $B;[m]$	عمق محيط الترطيب: $H;[m]$	المسافة بين معدات الترطيب: $a_h;[m]$
محاصيل حقلية						
تربة جافة:						
خفيفة	0.8	1.5	1	0.8	1.5	0.8
وسطية	1	1.4	1.2	0.9	1.4	0.9
ثقيلة	1.1	1.3	1.3	1	1.3	1.1
تربة طينية	1.3	1.2	1.5	1.1	1.3	1.2
أشجار النخيل والجوز ... والكرمة						
تتعلق البارامترات بالتكوين المكيانيكي للتربة المشابهة للمحاصيل الحقلية						

يُبيِّن الجدول: (3-7) الأطوال المقترحة لأنواع مُختلفة من أنابيب الترطيب وفق العلاقة بالميل الموضعي.

الجدول (3-7): أطوال أنابيب الترطيب من البولي إيتيلين وفق العلاقة بالميل الموضعي:

الميل	طول أنبوب الترطيب: $[m]$	الفرق بالعلامات الجيوديزيا (المستويات) عند بداية ونهاية أنبوب الترطيب: $[cm]$	التدفق عند بداية أنبوب الترطيب: $[l/\sec]$
0.001	**200-250**	**20-25**	**0.2-0.25**
0.002	**200-250**	**40-50**	**0.2-0.25**
0.004	**200-250**	**80-100**	**0.2**
0.006	**120-160**	**72-96**	**0.1-0.15**
0.008	**80-160**	**64-96**	**0.06-0.1**
0.010	**60-90**	**60-90**	**0.05-0.07**

٣-٢-٣-٢- حساب أنابيب الري:

إذا كان طول أنبوب الري: [100[m، عندئذٍ يُحسب تدفقه: $Q_L; [\frac{l}{s}]$ من المعادلة التالية:

$$Q_L = Q_{ht} \cdot n = 0.18 \cdot 12 = 2.16[\frac{l}{s}]$$

حيث: $Q_L; [\frac{l}{s}]$ – تدفق أنبوب الري، و: $Q_{ht} = 0.18 \left[\frac{l}{s}\right]$ و: n– عدد أنابيب الترطيب الموصولة إلى أنبوب الري.

وتُحدد قيمة القطر الخارجي والداخلي لأنبوب الري والميل من الجدول(3-3):

$$d_o = 0.05[m]; \dots d_{in} = 0.046[m]; \dots i_{pz} = 0.02$$

وعند توضعه تحت سطح التربة: [0.6[m.

٣-٢-٣-٣- حساب أنبوب التوزيع الرئيسي:

يُثبت أنبوب التوزيع الرئيسي على عمق: [0.8[m تحت سطح التربة وتتصل به أنابيب الري بشكل عمودي عليه وقطرها يُساوي قطره. ويُساوي طول أنبوب التوزيع الرئيسي الذي يتوسط الحقل [300[m ويُحدد من الجدول (3-3) بدلالة التدفق.

يُحدد تدفق أنبوب التوزيع الرئيسي: $Q_P; [\frac{l}{s}]$ من المُعادلة التالية:

$$Q_P = Q_L \cdot n_1 = 2.16 \cdot 3 = 6.48[\frac{l}{s}]$$

حيث: $Q_L; [\frac{l}{s}]$ – تدفق أنبوب الري.

$n_1; [\frac{l}{s}]$– عدد أنابيب الري المُتصلة بالأنبوب الرئيسي.

ونجد من الجدول (3-3) القطر الخارجي والداخلي والميل للأنبوب بدلالة التدفق:

$$d_o = 0.14[m]; \dots d_{in} = 0.13[m]; \dots i_{pz} = 0.001$$

٣-٢-٣-٤- حساب الضياعات في الأنابيب:

تحدّد ضياعات الضغط البيزومتري: [m] في أنبوب الترطيب من المُعادلة الآتية:

$$h_{PZ} = \frac{Q_{ht}^3 - 3K^2 i_h Q_{ht}}{3K^2 q_h} \qquad (3\text{-}17)$$

حيث: $h_{pz}; [m]$- الضياعات مقدرة بالمتر. $Q_{ht}; [\frac{l}{s}]$- التدفق الحسابي أو المعين لأنبوب الترطيب.

K;[l/s]- معدل (مودول) التدفق: $K = SC\sqrt{R}$، ($S; [m^2]$- مساحة المقطع الفعال لأنبوب الترطيب، $C = 0.5; [m/\sec]$- ثابت شيزي. R;[m] - نصف القطر الهيدروليكي لأنبوب الترطيب. i_h- ميل أنبوب الترطيب. لدينا:

$$Q_h = 0.18\left[\frac{l}{s}\right]; \dots K = 0.00002[\frac{l}{s}]; \dots S = 3.14\left(\frac{0.02}{2}\right)^2 = 0.000314[m]$$

$$R = 0.01[m]; \dots q_h = 0.0018[\frac{l}{s}]$$

بالتعويض في المُعادلة (3-17) نجد أن: $h_{pz} = 0.0022[m]$.

وتُحسب ضياعات الضغط في أنابيب الترطيب من المُعادلة التالية:

$$h_l = L \cdot h_{pz} \cdot n = 100 \cdot 0.0022 \cdot 36 = 7.92[m]$$

حيث: L=100[m]- طول أنبوب الترطيب. n- عدد أنابيب الترطيب الكلي الموصولة إلى أنابيب الري. $h_{pz}; [m]$- ضياعات الضغط البيزومتري.

التدفق في بداية أنبوب الريّ يُساوي مجموع التدفقات لأنابيب الترطيب المُتفرعة عنه. ضياعات الضغط البيزومتري في أنابيب الريّ يجب أن لا تتجاوز: 30% من الضغط عند بدايته. يُمكن بشكل عام حساب ضياعات الضغط: [m] في أنبوب الري من المُعادلة التالية:

$$h_f = \frac{(Q_L^3 - 3Q_L i_L K^2)a_h}{3K^2 Q_L} \qquad (3\text{-}18)$$

حيث: $Q_L; [\frac{l}{s}]$ - تدفق أنبوب الريّ. i_L- ميل أنبوب الريّ. K - مودول التدفق.

$a_h; [m]$- المسافة بين أنابيب الترطيب.

بالتعويض في المُعادلة (3-18) نجد أن: $h_f = 0.50[m]$. وتُحسب ضياعات الضغط في أنبوبَ التوزيع الرئيسي: $h_p = 2.3[m]$. وتُحسب الضياعات الموضعية في المجموعة الرأسية من المُعادلة التالية:

$$h_M = (0.05 \dots 0.1) \sum h_L \qquad (3\text{-}19)$$

$$\sum h_L = h_L + h_f + h_p = 7.92 + 0.5 + 2.3 = 10.72[m]$$

بالتعويض في المُعادلة (3-19) نجد أن:

$$h_M = 0.1 \sum h_L = 0.1 \cdot 10.72 = 1.072 \approx 1.1[m]$$

ويُضاف 5[m] ضياعات المجموعة الرأسية فيُصبح مجموع الضياعات الكلي:

$\sum H = 300 + 5.1 = 305.1[m]$ حيث: طول أنبوب التوزيع الرئيسي يُساوي: 300[m].

٣-٢-٣-٥- حساب استطاعة وحدة الضخ:

تُحسب استطاعة المضخة من المُعادلة التالية:

$$N = \frac{\gamma Q \sum H}{102 \cdot \eta_m \eta_d} = \frac{1 \cdot 6.48 \cdot 305.1}{102 \cdot 0.75 \cdot 0.98} = 26.37[kw]$$

حيث: $\eta_m = 0.75$- مردود المضخة، و: $\eta_d = 0.98$- مردود المحرك الكهربائي. ولزيادة الأمان في عمل المضخة نختار مضخة باستطاعة: 30[kw].

٣-٢-٣-٦- العناصر التكنولوجية لنظام الري تحت سطح التربة:

يُنسب إلى عناصر شبكة الريّ تحت سطح التربة: معدّل السقاية الواحدي (النوعي) (حجم المياه في الحساب على واحدة الطول لأنبوب الترطيب، اللازم من أجل تشكيل الرطوبة في التربة ببارامترات معينة)، ومعدّل السقاية، واستمرارية السقاية.

يُحسب معدّل السقاية الواحدي: $[\frac{m^3}{m}]$ من المُعادلة التالية:

$$m_{sh} = 0.65 d_w B(FC_1 - V_{01}) \qquad (3\text{-}20)$$

يُحسب معدّل السقاية الحسابي لكلّ هيكتار واحد من المساحة المروية: $[\frac{m^3}{ha}]$ من المُعادلة التالية:

حيث: $d_w;[m]$- العمق الحسابي لرطوبة التربة.

$B;[m]$- العرض الوسطي لخط الترطيب.

$FC_1;[m^3/m^3]$- سعة الرطوبة الأصغرية في متر مكعب واحد من طبقة التربة الحسابية.

$V_{01};[m^3/m^3]$- حجم الرطوبة في متر مكعب واحد من طبقة التربة الحسابية قبل السقاية.

لدينا:

$$F_{C1} = 0.8 \cdot 0.5 = 0.4; \dots V_{o1} = 0.8 \cdot 0.4 = 0.32; \dots d_w = 1[m]; \dots B = 1.3[m]$$

بالتعويض في المُعادلة (3-20) نجد أن: $m_{sh} = 0.0676[m^3/m]$.

يُحسب مُعدل السقاية الحسابي لكل هكتار واحد من المساحة المروية: $[m^3/ha]$ من المُعادلة التالية:

$$m = 0.65 d_w B(FC_1 - V_{01}) l_h n_h \qquad (3-21)$$

حيث: $l_h;[m]$ – طول أنبوب الترطيب.

n_h – عدد أنابيب الترطيب لهكتار واحد.

$$m = 0.0676 \times 100 \times 12 = 81.12[m^3/ha]$$

مُعدل السقاية: هو كمية المياه المنقولة للأرض في أثناء السقاية مرة واحدة ويقدر: $[m^3/hr]$ أو $[mm]$ لطبقة المياه.

في الحالة العامة تتعلق قيمة معدل السقاية بالخواص الفيزيا–مائية للتربة وبدرجة جفافها حتى لحظة السقاية، وبالعمق المطلوب للترطيب وبأسلوب وتكنولوجيا السقاية.

يُحسب مُعدل السقاية من معادلة كوستياكوف التالية:

$$m = W_{FC} - W_{cr} = 10\gamma h_z(\beta_{FC} - \beta_{cr}) \qquad (3-1)$$

حيث: $m;[mm]$ – مُعدل السقاية الحسابي. $W_{FC};[mm]$ – المُحتوى الرطوبي الأصغري أو قدرة الاحتفاظ بالمياه في طبقة التربة المحسوبة. $W_{cr};[mm]$ – الاحتياطي المسموح به أو الفعلي للرطوبة في تلك الطبقة الترابية نفسها. $h_z;[mm]$ – العمق الحسابي لترطيب التربة. $\gamma;[ton/m^3];[gr/cm^3]$ – الكتلة الحجمية لطبقة التربة المحسوبة. $\beta_{FC};\beta_{cr}$ – رطوبة التربة المُطابقة للمُحتوى الرطوبي الأصغري والحد الأدنى المسموح به للجفاف، % من الكتلة.

لدينا: $\beta_{FC} = 22\%$، $\beta_{cr} = 0.8\beta_{FC}$، $h_Z = 600[mm]$، $\gamma = 1.3\left[\frac{gr}{cm^3}\right]$.

$$m = W_{FC} - W_{cr} = 10\gamma \cdot h_Z(\beta_{FC} - \beta_{cr})$$

نُعوض في المعادلة (1–4) نجد مُعدل السقاية للأشجار المُثمرة:

$$m = 10 \cdot 1.3 \cdot 1000(0.22 - 0.22 \cdot 0.8) = 572\left[m^3/_{ha}\right]$$

مُعدل الريّ: هو كمية المياه التي تنقل لري مساحة هكتار واحد في أثناء فترة نمو المحاصيل المقدر: $[m^3/hr]$ أو بطبقة المياه (عمود ماء). يُحدد المُعدّل كفرق بين مجموع الاستهلاك المائي (التبخر) للمحاصيل وتأمينها الطبيعي. يُستخدم عادة مُعدّل الري مساوياً للنقص بمجموع الاستهلاك المائي للمحاصيل في أثناء فترة نموها.

$$M = \sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop} \qquad (3\text{-}2)$$

حيث: M – معدل الري الصافي.

$\sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop}$ – مجموع النقص في الاستهلاك المائي في أثناء فترة النمو للمحاصيل الزراعية.

يحدد النقص في الاستهلاك المائي من أجل أية فترة للنمو وفق معادلة التوازن المائي التي تأخذ الشكل المبسط التالي:

$$\Delta ET_{crop} = ET_{crop} - W_{ai} - P_i\alpha - V_{gr} + V_i \qquad (3\text{-}3)$$

حيث: $ET_{crop};[mm]$ – مجموع الاستهلاك المائي للمحاصيل الزراعية في أثناء الفترة الحسابية.

$W_{ai};[mm]$ – الاحتياطي الفعال لرطوبة التربة عند بداية الفترة الحسابية.

$P_i;[mm]$ – كمية الأمطار الجوية في أثناء الفترة الحسابية.

α – ثابت استخدام الأمطار الجوية الطبيعية.

$-V_{gr};[mm]$ – التسرب الشعري للمياه الجوفية في الطبقة الحسابية.

$V_i;[mm]$ – جريان الرطوبة خارج مجال الطبقة الحسابية.

يُحسب الاحتياطي الفعال لرطوبة التربة: $W_{ai};[mm]$ في هذه المعادلة كفرق بين الاحتياطي الأولي للرطوبة في الطبقة الحسابية: W_{in} واحتياطي المياه المسموح به: W_{cr} (قبل السقاية) في تلك الطبقة نفسها.

يُحدد ثابت استخدام الأمطار الطبيعية: α بالشكل التالي:

إذا كان: $P_i \le ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})$ فإن: $\alpha = 1$، أما إذا كان: $P_i \rangle ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})$ فإن: $\alpha = \left\lfloor ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in}) \right\rfloor / P_i$. حيث: $W_{FC};[mm]$ – المُحتوى الرطوبي الأصغرى (قدرة الاحتفاظ بالمياه) في الطبقة الترابية الحسابية العظمى من أجل محاصيل معينة، $W_{in};[mm]$ – احتياطي الرطوبة في تلك الطبقة الترابية نفسها لبداية الفترة الحسابية.

تتعلق قيم التسرب الشعري للمياه الجوفية المطلوب منها تأمين المحاصيل بالرطوبة بعمقها، وبقدرة النظام الجذري للمحاصيل، وبالبنية الترابية الحجرية في مجالات التهوية، وأيضاً بعدد مرات ترطيب سطح التربة بالأمطار الطبيعية وبالسقايات. عند انعدام المعطيات التجريبية

للاستخدام الشعري للمياه الجوفية تحسب قيمة التسرب الشعري من العلاقة التالية:

$$V_{gr} = ET_{crop} k_g \qquad (3\text{-}4)$$

حيث: $V_{gr};[mm]$ – التسرب الشعري للمياه الجوفية المستخدمة.

$ET_{crop};[mm]$ – مجموع الاستهلاك المائي خلال الفترة الحسابية.

k_g – ثابت استخدام المياه الجوفية في مجالات مجموع الاستهلاك المائي.

تُحدد كمية مياه الري المطلوبة لتأمين شبكة الري من المُعادلات (3-3 و 3-2)، هذا يعني الحفاظ على رطوبة مثالية للتربة.

يترواح متوسط كمية الأمطار السنوية في المناطق الجافة بين: [mm]200---100. لذلك نختار: [mm]150. ونجد الاحتياطي الفعال لرطوبة التربة عند بداية الفترة الحسابية من المُعادلة الآتية:

$$W_{ai} = \beta_{FC} - 0.8\beta_{FC} = 0.22 - 0.8 \cdot 0.22 = 0.044$$

ونفرض أن ثابت استخدام الأمطار يُساوي: $\alpha = 0.3$ حيث يقع ضمن المجال: 0.2…0.5 للمناطق الجافة. وبإهمال كلٍ من القيم: $V_{gr};[mm]$– التسرب الشعري للمياه الجوفية في الطبقة الحسابية. $V_i;[mm]$ – جريان الرطوبة خارج مجال الطبقة الحسابية.

نجد مُعدل الري للأشجار المُثمرة من المُعادلات (3-2;3-3):

$$\Delta ET_{crop2} = 5000 - 0.044 - (0.3 \cdot 150) \approx 4955[\frac{m^3}{ha}]$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop} = 4955 \left[\frac{m^3}{ha}\right]$$

٣-٤-١- تحديد فترات السقاية وعددها:

يُعبر عن العلاقة بين مُعدل السقاية واستمرارية الفترة بين السقايات في الشكل العام، هذا يعني الزمن بين سقايتين متتاليتين بالمُعادلة التالية:

$$\Delta t = (m + P\alpha + W_a) / ET_{crop} \qquad (3\text{-}5)$$

حيث: Δt – الفترة بين السقايات باليوم، $m;[mm]$ – معدل السقاية الفعلي الصافي، $P;[mm]$ كمية الأمطار الطبيعية في أثناء الفترة، α – ثابت استخدام الأمطار الطبيعية، $W_a;[mm]$ – احتياطي الرطوبة في الطبقة الحسابية للترابية فوق الحرجة في لحظة السقاية، $ET_{crop};[mm]$ – التبخر اليومي الوسطي لرطوبة الأرض خلال الفترة Δt.

تُحدد الفترة بين السقايات للأشجار المُثمرة من المُعادلة (3-5):

$$\Delta t_2 = \frac{(572 + 0.3 \cdot 150 + 0.44)}{170} = \frac{817.44}{170} = 3.6 \approx 4[day]$$

وبما أن المياه الجوفية على عمق أكبر من 10 أمتار لذلك لا تُؤخذ بالحسبان في الحسابات. يتعلق عدد مرات السقاية للمحاصيل في أثناء فترة النمو N بمعدل الري والسقاية:

$$N=M/m=4955/572=8.66=9 \qquad (3\text{-}6)$$

حيث: $M;[mm]$ – مُعدل الري. [mm];m– مُعدل السقاية الوسطي. N– عدد مرات السقاية.

لدينا: $\beta_{FC} = 22\%$ ،$\beta_{cr} = 0.8\beta_{FC}$ ،$h_Z = 1000[mm]$ ،$\gamma = 1.3\left[\frac{gr}{cm^3}\right]$.

$$m = W_{FC} - W_{cr} = 10\gamma \cdot h_Z(\beta_{FC} - \beta_{cr})$$

ونُعوض في المعادلة (1–4) نجد مُعدل السقاية للأشجار المُثمرة:

$$\mathrm{m} = 10 \cdot 1.3 \cdot 1000(0.22 - 0.22 \cdot 0.8) = 572\left[\mathrm{m^3/ha}\right]$$

ولدينا مُعدل السقاية للأشجار المُثمرة: $572[\mathrm{m^3/ha}]$ وسرعة الامتصاص في واحدة الزمن الأولية: $v_1=0.02[\mathrm{m/h}]$. $\propto= 0.5$.

يُحدد زمن امتصاص المياه في التربة من المعادلة التالية:

$$t = \left(\frac{h}{\frac{v_1}{(1-\propto)}}\right)^{\frac{1}{1-\propto}} \qquad (3\text{-}14)$$

بالتعويض في المُعادلة (3-14) نجد أن زمن الامتصاص:

$$t = \left(\frac{h}{\frac{v_1}{1-\alpha}}\right)^{\frac{1}{1-\alpha}} = \left(\frac{0.0572}{\frac{0.02}{1-0.5}}\right)^{\frac{1}{1-0.5}} = 2.0449[h]$$

ويُحسب زمن استمرارية السقاية: [h] من المعادلة التالية:

$$\tau = \frac{d_w 1m^2(1.1--1.15)}{\sum_1^i v_i} \qquad (4\text{-}16)$$

بالتعويض في المعادلة (4-16) نجد أن زمن السقاية:

$$\tau = \frac{1 \cdot 1.15}{2.0449} = 0.489[h]$$

حيث: $d_w;[m]$ – العمق الحسابي لرطوبة التربة.

$\sum_1^i v_i\,;m/h]$– السرعة الوسطية لامتصاص المياه في التربة في أثناء الفترة الزمنية (حتّى ١٢ ساعة). عند ضغط حتّى متر واحد يحدّد زمن الاستمرارية وفق منحنى الامتصاص.

المصطلحات العلمية

A	
Actual evapotranspiration	**النتح التبخري الفعلي**
Agricultural	**زراعي**
Alkaly soil	**تربة قلوية**
B	
Basin irrigation	**الري بالغمر**
Border irrigation	**الري بالانسياب**
C	
Capillary potential	**الجهد الشعري**
Consumptive use	**الماء المستهلك**
D	
Drip irrigation	**الري بالتنقيط**
Discharge	**تدفق**
Dispersibility	**التبعثر**
Drain	**مصرف**
Drainage water	**ماء الصرف**
E	
Electrical conductivity	**ناقلية كهربائية**
Evaporation	**التبخر**
Equivalent weiqht	**الوزن المكافئ**
F	
Field capacity	**السعة الحقلية**
Furrow irrigation	**الري بالانسياب**
Freeboard	**ارتفاع حر**
G	
Gravitation potential	**الجاذبية الأرضية**
Grond water	**المياه الجوفية**
H	
Hydraulic conductivity	**معامل التوصيل المائي**
Hydraulic radios	**نصف القطر الهيدروليكي**
I	
Infiltration	**ارتشاح**
Irrigation	**ري**
L	

Lysimeter	لايزومتر
Leachinq	احتياج الغسيل
Lininq	تكسية
P	
Permeability	نفاذية
Percolation	تسرب
Precipitation	هطول
R	
Reclamation	استصلاح
Reservoir	خزان
Ruqosity	خشونة
S	
Saline soil	تربة مالحة
Saturation soil	تربة مشبعة
Sodic soil	تربة صودية
Soil extract	مستخلص التربة
Soil solution	محلول التربة
Stilling basin	حوض ترسيب
Soil moisture	رطوبة التربة
Soil structure	بنية التربة
Specific volume	الحجم النوعي
Specifc weight	الوزن النوعي
Sprinkler irrigation	الري الرذاذ
T	
Tensiometer	مقياس إجهاد الشد
U	
Unsaturated soil	تربة غير مشبعة
V	
Viscosity	لزوجة
W	
Water table	سطح الماء الأرضي
Wetted area	مقطع مرطب
Wetted perimeter	محيط مرطب

المراجع العلمية

١ – مخططات استثمار الأراضي المروية في المناطق الجافة . أخمدجاناف. م . أ .موسكو. كولاس ٢٠٠٥ .

٢ – المرجع في المنشآت المائية الزراعية . لاغينوف . ف . ب . وشوسير. ل.م. موسكو. كولاس ٢٠٠٦ .

٣ – تنظيم توزيع المياه السطحية ونظام التغذية في الأراضي المروية . أيداراف . ي.ب . موسكو ، مجلة أعمال معهد الري واستصلاح الأراضي . ٢٠٠٧ .

٤ – مكننة أعمال السقاية . ساندیغروسكي . د.م. وبيزرودني. ي. أ . موسكو كولاس ٢٠٠٨ .

٥ – المرجع في إجراءات الأعمال الزراعية .إليتسوف. ي.ي. موسكو ٢٠٠٩ .

٦ – أنابيب أنظمة الري . زيوليك . غ. م . مجلة أعمال معهد الري واستصلاح الأراضي موسكو ٢٠١٠ .

٧ – المرجع في مكننة الري . ب.غ . شتيب . موسكو – كولاس ٢٠١٠ .

٨ – مجموعة الوسائل الكيميائية المستخدمة مع مياه السقاية . موسكو غوسابرغرام ٢٠١١ .

٩ – نظام الآلات من أجل مكننة الإنتاج الزراعي . موسكو – الري الجزء الثالث . غوسابرغرام ٢٠١١ .

1 - The organization of the water distribution and a system of the alimentation the irrigation is in the territories . Aedavaf . E. P. Moscow , the blister of an institute acts is the irrigation and the reclamation of the territories . 2005 .

2 - The drawing of a territory investment is the irrigation in the tracts rude horde rude . Ahmedjan . M . A . Moscow .Kolas 2002 .

3 - The resort is in the performances of the agriculture acts . Eletcof . E.E. Moscow 2001 .

4 - The pipes of the irrigation polities . Zulek . G . M . The blister of an institute acts is the irrigation and the reclamation of the territories is Moscow 2002 .

5 - The group of the means with the waters of the irrigation are the alchemy of the servant with the waters of the irrigation . Moscow is Gosaprgram . 2011 .

6 - The resort the waters are in the constructs and the agriculture . . Lagenov .L.M . And than . Shuser . P.M . Moscow . Kolas 2004 .

7 - The mechanisation of the irrigation acts . Sandegroske . A . E . And Bezerodne . D . M . Moscow is Kolas 2009 .

8 - The system of the machines a mechanisation of the production is for the agriculture . Moscow - the irrigation is the third part . Gosaprgram . 2011 .

9 - The resort is in the mechanisation of the irrigation . Shtep . B . G . Moscow . Kolas 2002 .

Damascus University

اللجنة العلمية:

أ. د. عز الدين حسن	جامعة تشرين
أ. د. الياس ليوس	جامعة البعث
أ. د. ياسر حمدان	جامعة البعث

المدقق اللغوي:

د. سامر محمود زيود

-حقوق الطبع والترجمة والنشر محفوظة لمديرية الكتب والمطبوعات-