الفصل السابع

توصيل وتوزيع وقياس مياه الرى بالمزرعة

قد يساء إستخدام كثير من المصادر المائية المتاحة للزراعة إذا لم يكن هناك نظاما سليما لحلها وكذا توزيعها داخل المزرعة فكثير من الأعمال الهندسية ومنشئات الرى تصمم بكفاءة عالية وصول مياه الرى للمزرعة حيث يبدأ دور المزارعين فى إستغلالها ، وفى أغلب الأحيان حيث تتوفر هذه المياه يقل الوعى بقيمتها ولا يحسب لاستهلاكها حسابا ويهمل تنظيم توزيعها ، اللهم إلا فيما يختص باتباع نظام المناوبات حيث يضطر المزارع لانتظار الدور لرى محصوله أو الانتهاء من عملية الرى فى فترة محددة . غير أن عنصر الاسراف فى إستهلاك مياه الرى مع أهميته الحيوية لتوفير المصادر المائية والحد من الأعباء الملقاة على شبكات الصرف ولتحسين خواص الأرض لا يستدعى فقط تقنين ذلك القدر من الماء الكاف للرى واحتياجات الغسيل بل لابد من الحد من مصادر الفقد أثناء توصيل وتداول هذه المياه وكذلك عدالة توزيعها حسب إحتياجات المحاصيل الفعلية . ولهذا فإن من واجب المختصين بالرى والزراعة الالمام بالطرق المختلفة لتوصيل وتوزيع وقياس مياه الرى بالمزرعة لنختاروا منها ما هو أكثر ملائمة لظروفهم وإمكانياتهم .

طرق توصيل مياه الرى بالمزرعة :

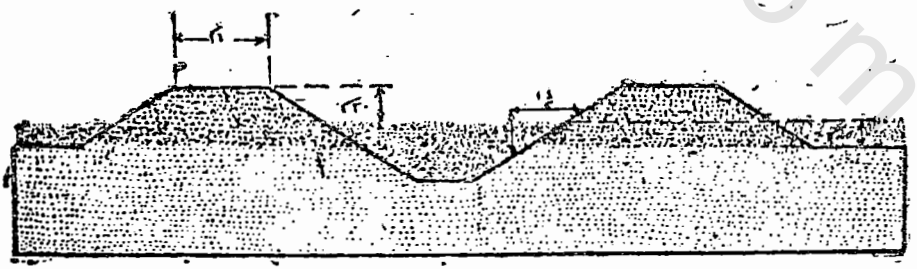
Methods for conveying Irrigation water

هناك ثلاث طرق رئيسية لتوصيل مياه الرى بالمزرعة ، وهى وإن كانت تختلف

فيما بينها حسب الامكانيات المتوفرة لانشائها والظروف المشجعة لاستخدامها ، إلا أنها تشترك في ضرورة ضمانها توصيل المياه إلى كل حقل بالمزرعة بعد تحديد طريقة ريه .

١ - نظام قنوات الري المفتوحة : Open ditch system

يعتبر هذا النظام من أكثر نظم توصيل مياه الري شيوعا . وقد تكون قناة الري مستديمة Permanent أو مؤقتة Temporary وقد يجمع بينهما في نظام واحد حيث تستخدم القناة المستديمة لحمل المياه من مأخذ الري للمزرعة Farm turnout وتوصيلها إلى الحقول Fields ومن ثم توزع بتوصيلها في القنوات المؤقتة . ويجب إنشاء كل منها بميول مناسبة وجسور قوية تسمح بحمل القدر المطلوب من مياه الري بأمان ، إذ غالبا ما تؤدى شدة انحدار الجسور إلى انهيارها وزيادة تكلفة صيانتها . كذلك يجب تعريض جسور قنوات الري الرئيسية والمنشأة بمستوى أعلا من الأرض المحيطة لتلافي إتلافها بالرشح أو المرور عليها إذ يسهل ذلك عندما يقل عرضها عن ٦٠ سم . ويبين الشكل رقم (٥١) قطاعا لمرود مستديم مبين عليه المواصفات الخاصة به . أما المروى المؤقت فقد يزداد انحدار ميوله الجانبية ، تضيق جسوره ويقل ارتفاعها عن أقصى منسوب مسموح للماء Freeboard عما في المروى المستديم

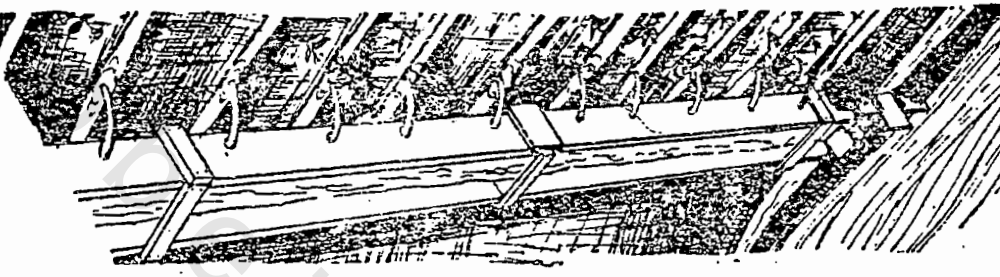


شكل ٥١ - قطاع لمروى مستديم

وغالبا ما تزال المراوى المؤقتة عقب الزراعة أو أثناء الخدمة ثم تنشأ قبل الرى لذا فانها لاتحتاج لمثل العناية التى يحتاج إليها المروى المستديم . وضمان توزيع وإنتشار الماء على سطح الحقل فان ارتفاع مستوى الماء بالمروى يجب إلا يقل عن ١٥سم عن نقطة دخوله ، وقد يتسمح بزيادته عن ذلك فى حاله الرى بالشرائح Borders أو غمر الأرض بارتفاع عائل . كما يجب أن تصمم وتنفذ قنوات الرى دون حدوث انجراف ، ولهذا فانه غالبا ما يكون انحدارها معدوما أو قليلا (١ ، ٠ ٪) أما إذا زاد عن ٠.٢٥ ٪ فان سرعة سريان الماء بها تجعلها عرضة للنحر والتعويل . وهنا تستخدم بعض الأعمال الإنشائيه لتلافى ذلك مثل المساقط Drops، أما إن كان الانحدار شديداً وبدرجة تستدعى إنشاء هذه المساقط على مسافات متقاربة فقد يكون من الأوفر تبطين هذه القنوات أو إستخدام المواسير المدفونة Buried Pipe Lines أو غيرها من الإنشاءات التى لاتؤثر عليها المرعات الماليه .

ونظراً لما يؤدى إليه إنشاء قنوات الرى فى الأراضى المستوية من فقد لكميات كبيرة من المياه يترشح لذا فان تبطين مثل هذه القنوات يقلل لحد كبير من هذا الفقد . وتستخدم الخرسانة concrete بسمك لايقل عن ٥ سم كما يستخدم الأسفلت أو البلاستيك مع العلم بأنها أكثر عرضة للتلف من الخرسانة . وحيث يتعذر التبطين بمثل هذه المواد فقد يقلل من الرشح تبطين قاع المروى وجوانبها بطبقه من الطين بسمك ١٠ ـ ١٥ سم تملوها طبقة من الرمل أو الحصى ومع أن مصاريف الإنشاء الأولية لهذه المراوى تقل عن غيرها كثيراً إلا أن تطهيرها مثل هذه القنوات ونمو الحشائش بها يشابه هذا النوع من التبطين كذلك يستخدم لحمل الماء بالأراضى الشديدة الانحدار أنواع من القنوات المصنوعه من الخشب

Wooden flumes والمزودة بفتحات ببوابات لتوزيع الماء على الخطوط كما فى الشكل رقم (٥٢) .



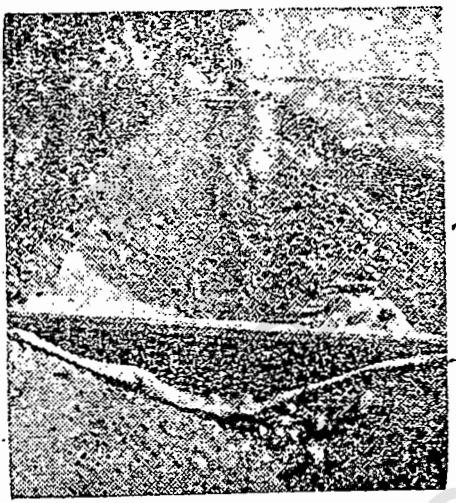
شكل ٥٢ – Wooden flume مزودة بفتحات لتوزيع الماء لخطوط الرى

ويجب إنشاء قناة الرى الرئيسية بالورعة لتتسع لحمل جميع مياه الرى اللازمة لتوفير السعة المائية المتيسرة Available water capacity للمزرعة فى فترة أقصى احتياج مائى . ويراعى أن تقل سعة قناة الرى مع زيادة المآخذ الفرعية منها بحيث تتوقف السعة المتبقية على المساحة التى تروى بعد كل فرع ويبين الجدول رقم (٢١) سعة قناة الرى الرئيسية تبعاً للمساحة المروية مع مراعاة إمكانية إتباع نفس العلاقة بالنسبة للفروع .

جدول ٢١ – سعة قناة الرى الرئيسية تبعاً للمساحة المروية

المساحة بالفدان	السعة (م٣/ ثانية)	المساحة بالفدان	السعة (م٣/ ثانيه)
٢٠ فأقل	٠,٠٢٨	٩٠ – ١٣٠	٠,١٤٠
٢٠ – ٤٠	٠,٠٥٦	١٢٠ – ١٦٠	٠,١٦٨
٤٠ – ٦٠	٠,٠٨٤	١٦٠ – ٢٠٠	٠,١٩٦
٦٠ – ٩٠	٠,١١٢	٢٠٠ – ٢٤٠	٠,٢٢٤

وعادة ما تقام على القنوات الرئيسيه بعض الأعمال الهندسية لتقسيم المياه بين الحقول وضمان كفاءة توزيعها ومن أمثلتها Division box لتقسيم الماء بين فرعين أو أكثر ، Turnnout لتنظيم توزيع الماء إلى الجانبيات أو المراوى الحاقية ، Ditch check للتحكم فى منسوب الماء بالمروى والذى يمكن عمله من الألواح المعدنية أو الخرسانة أو الخشب أو البلاستيك أو قماش الخيام كما هو مبين بالشكل رقم(٥٣). والقياس كميات المياه المضافة للارض تزود هذه المراوى



شكل ٥٣ - ١

Ditch check من قماش الخيام Canvas

بأجهزة لقياس التصرف مثل Perehall flumes ، Weirs بأنواعها المختلفة.

أما توزيع المياه عند الرى بالخطوط أو الشرائح والأحواض فقد يتم باستخدام السيفونات Siphons ، المواسير المزودة ببوابات Slide gates وغيرها مما سيرد ذكره.

شكل ٥٣ ب - Ditch check من الخشب

ج ٢ - نظام خطوط المواسير ذات منخفض الضغط

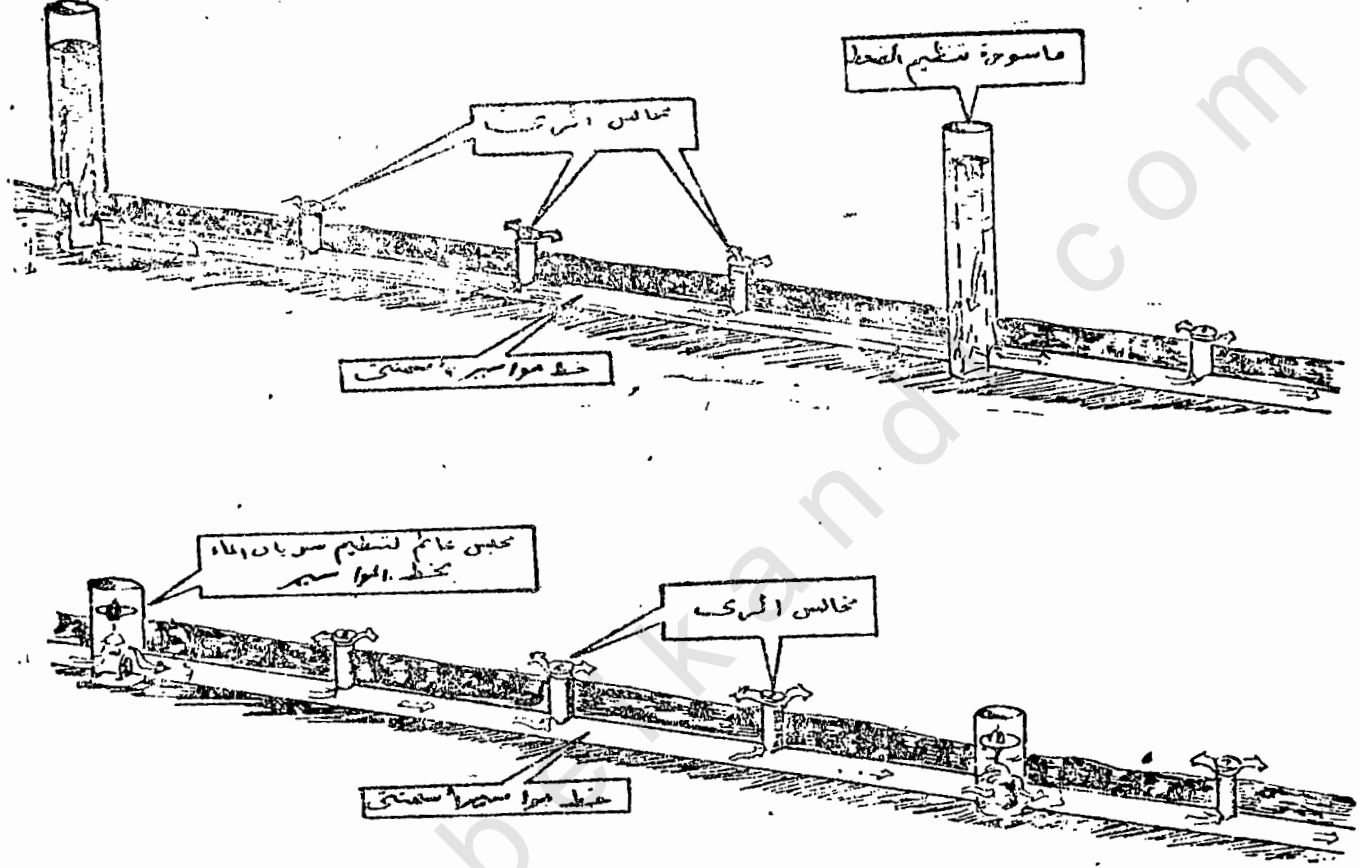
low pressure pipe line system

تمتاز هذه الطريقة بأنها من الطرق ذات الكفاءة العالية لتوصيل وتوزيع مياه الري حيث ينعدم الفقد بالرشح والبخر وتقل تكاليف الصيانة وتزداد السيطرة على مياه الري وتستبعد منها كل الحشائش الضارة بالجذور وبالرغم من إرتفاع تكاليف الإنشاء الأولية إلا أن التكاليف الكلية السنوية عادة ماتكون أقل ، هذا علاوة على توفير في الأرض تبلغ نسبته ٣٪ إلى ٥٪ وقد يشتمل هذا النظام على خطوط مواسير معدنية أو نصف متنقلة semi - portadle أو متنقلة ويتكون النظام المستديم من مواسير خرسانية مدفونة تستغل لإمداد المزرعة بالماء وكذا توزيعه supply and diatribution كما تصنع هذه المواسير من مواد أخرى معدنية أو من البلاستيك أو النسيج الزجاجي أما النظام النصف متنقل فيتكون من خطوط مواسير مدفونة لإمداد الماء إلى الحقول ثم مجموعة من الخطوط المعدنية الخفيفة الحمل أو الخراطيم المتنقلة على السطح لتوزيع المياه . أما في النظام المتنقل فنجد

المواسير المعدنية الخفيفة أو الخراطيم سواء الخاصة بالإمداد أو تلك الخاصة بالتوزيع فوق سطح الأرض .

وكما يستدل من اسم النظام فان تشغيله يتم بضغوط داخلية منخفضة Low internal pressure حوالى ٨,٥ رطل على البوصة المربعة فلا يزيد ارتفاع ضاغط الماء Head عن ٦,٥ متراً . وعند استخدام مثل هذا النظام بالأراضى المتحدرة حيث تنشأ ضغوط اضافية نتيجة لإختلاف المناسيب يجب تزويد هذه المواسير الأفقية بأخرى مفتوحة رأسية open stand pipes أو محابس عائمة Float valves لتنظيم الضغط كما فى الشكل رقم (٥٤) وتنظم المواسير المفتوحة الضغط عندما يرتفع سطح الماء بها الى حد معين يطفو فوقه ويسقط من الجانب الآخر إلى خط المواسير حيث يعاد توزيعه بالمواقع المنخفضة من الحقل . أما المجالس العائمة فإنها تغلق تلقائيا عندما يرتفع الضغط بخط المواسير عن حد معين فتمنع بذلك دخول الماء. وفى أغلب الأحوال يحسن تشغيل خطوط المواسير عند ضغط يقل عن ٢,٥ متراً .

وحيث أن السعة القصوى لخط المواسير تعتبر محددة Fixed، لذا كان من الضرورى تصميم نظام توصيل وتوزيع المياة بهذه الطريقة ليغطى إحتياجات المزرعة فى فترة أقصى إحتياج مائى — رغم كونها فترة قصيرة — أى لتحمل أقصى طاقة مسموح بها وهى تقل قليلا عن تلك المبينة بالجدول السابق . وفى أكثر أنواع التصميمات شيوعا تنشأ تنة رى رئيسية بالمزرعة بحيث يكون مسارها أفقيا كنتور ومن ثم يؤخذ منها مواسير متنقلة معدنية خفيفة الحمل وذات بوابات لتوزيع المياه بالحقل . هذا ويمكن قياس تصرفات الماء بخطوط المواسير بتزويدها فى مبدئها عند دخول الماء إليها بأجهزة قياس التصرف أو باستخدام اجهزة خاصة تناسب هذا النوع من النظام Flow meters. أما توزيع المياة على سطح الحقل بهذا النظام فقد يتم بعدة طرق . فالمواسير المدفونة يرتفع منها Risers مركب عليها



شكل ٥٤ ـ خط مواسير ذو ضغط منخفض . العلوى مزود بـ Risers and alfalfa valves ' over flow stands والسفلى مزود بـ Risers and alfalfa valves ، Automatic float valves

محابس تعرف باسم Alfalfa valves أما المواسير المتنقلة فيمكن تزويدها ببوبات تحكم فى التصرف .

٣ - نظام خطوط المواسير ذات الضغط المرتفع

High pressure pipe system

يستخدم هذا النظام لتوصيل المياه بكفاءة عالية فى حالة الرى بالرش . ومع أن تكاليف الانشاء والتشغيل والصيانة تعتبر مرتفعة بالنسبة لباقى النظم السابقة إلا أن إتباع طريقة الرى بالرش يصبح أمرا ضروريا لا مناص منه لبعض أنواع الأراضى . وقد يشتمل هذا النظام على مجموعة من خطوط المواسير المستديمة أو المتنقله أو يجمع كليهما . وعادة ما تكون المواسير المستديمه المدفونة بالأرض معدنية أو مصنوعة من الاسبستس والأسمنت . أما فى المساحات الصغيرة فقد تكون المواسير الرئيسية متنقلة ومصنوعة من المعدن وتمتاز فى هذه الحالة بقلة التكاليف الأولية نسبيا مع زيادة فى تكاليف العمالة . وفى أحيان كثيرة تركب طلمبات متنقلة على قنوات الرى الرئيسية تضخ المياه فى المواسير ، ومن ثم توزع بالرشاشات .

أما من حيث ضغط التشغيل فهناك بعض الرشاشات التى يمكن تشغيلها على ضغط أقل من ٢٠ رطل على البوصة المربعة ، أما معظم الرشاشات المستخدمة لرى المحاصيل الزراعية فيلزمها ضغط قدره ٤٠ رطلا على البوصة المربعه أو أكثر وعلى هذا فيجب تصميم نظام توصيل وتوزيع هذه المياه بما يضمن تحملها الضغط التشغيل حسب نوع الرشاشات المستخدمة . وعادة ما تزود خطوط المواسير الرئيسية عند إتصالها بالفرعيات Laterals بأجهزة لقياس الضغط وصمامات للتحكم فى الضغط الداخل فى حدود التصميم إذ يتغير الضغط نتيجة للاحتكاك

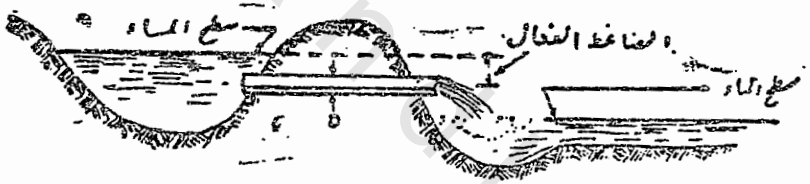
واختلاف المنسوب . ولما كانت كفاءة تشغيل نظام الرى بالرش تفوق غيرها من الطرق الأخرى فان مدة نظام توصيل مياه الرى تكون عادة نصف تلك المبينة بالجدول السابق مع ضرورة ضمان توصيل أنسب الاحتياجات المائية للمحاصيل المنزرعة .

طرق توزيع مياه الرى بالزرعة

Methods for distributing irrigation water

١ - السيفونات Siphon tubes

السيفون عبارة عن ماسورة مصنوعة من البلاستيك ، الكاوتشوك ، الحديد المجلفن ، الالومنيوم بطول وانحناء مناسب يسمح بنقل الماء من مروى الحقل إلى خطوط الرى أو الشرائح كما هو مبين بالشكل رقم (٥٥) . ويمكن مع التمرين



شكل ٥٥ - توزيع ماء الرى من المروى إلى الأرض بالسيفون

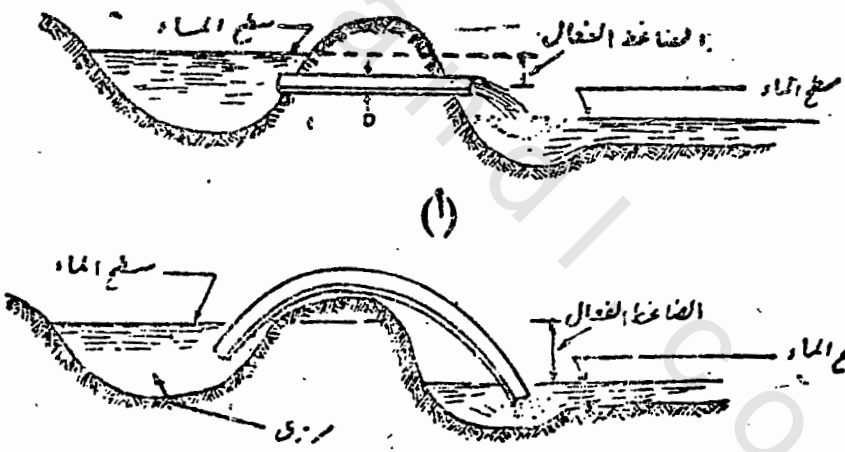
البسيط أن يلم المزارع بطريقة تشغيله ، إذ يوضع السيفون فى المروى ليمتلىء بالماء ثم يقفل طرفه براحة اليد وينقل هذا الطرف بسرعة إلى الجانب الاخر من المروى من فوق الجسر أو البتن ، وعندما يصير مستوى هذا الطرف أقل من مستوى سطح الماء بالمروى نبعد راحة اليد ليندفع الماء من السيفون تحت تأثير فرق الضاغط Difference in pressure head ويستمر الماء فى تدفقه بهذه الطريقة طالما كان سطح الماء فى المروى أعلى من سطح الماء بالخطوط أو الشرائح ، أما

إذا حدث تذبذب لمنسوب الماء بالمروى أو إرتفع طرف السيفون المغمور بالماء ليدخل منه الهواء فان ذلك سيؤدى إلى هذه تجمع الفقاقيع الهوائية بالجزء العلوى من السيفون وإعاقتها وقفها لوصيل الماء . ولهذا يجب على عامل الرى ملاحظة تدفق الماء من طرف السيفون وإعادة تشغيله عندما يتتبع خروج الماء منه مع المحافظة على منسوب الماء بالمروى مرتفعا وأستمرار بقاء طرف السيفون الآخذ للماء مغموراً . وتسهل السيفونات المصنوعة من البلاستيك الشفاف رؤيه هذه الفقاقيع الهوائية مما يساعد على أكتشاف السيفونات التى لاتعمل بكفاءة .

ويؤدى إستخدام السيفونات علاوة على محافظة على جسر المروى من التهدم إلى عدالة توزيع مياه الرى بالخطوط أو الشرائح إذ تعمل السيفونات كأجهزة لقياس معدل تصرف الماء والذى يتحدد تبعا لقطرها وإرتفاع الضاغط الفعال وقد نلجأ لزيادة التصرف خصوصا عند بدء الرى إلى إستخدام عدد كبير نسبيا من السيفونات ثم يقل بعد ذلك . ففى حالة الرى بالخطوط قد يوضع لكل خط ثلاث سيفونات حتى يساعد ذلك على سرعة تقدم الماء إلى نهاية الخط فى حدود أقصى تصرف مسموح به وبعد ذلك يترك سيفون واحد لكل خط حتى نهاية الرى وبحيث يسمح قطره وظروف تشغيله بإعطاء تصرف يكفى لوصول الماء إلى نهاية الخط بالقدر المطلوب ، مع العلم بأنه يمكن التحكم فى مقدار التصرف برفع أو خفض طرف السيفون بالخط ليؤثر بذلك على قيمة الضاغط الفعال . وهناك بعض أنواع من السيفونات مزودة فى أطرافها ببوابات للتحكم فى التصرف .

الانابيب Spiles

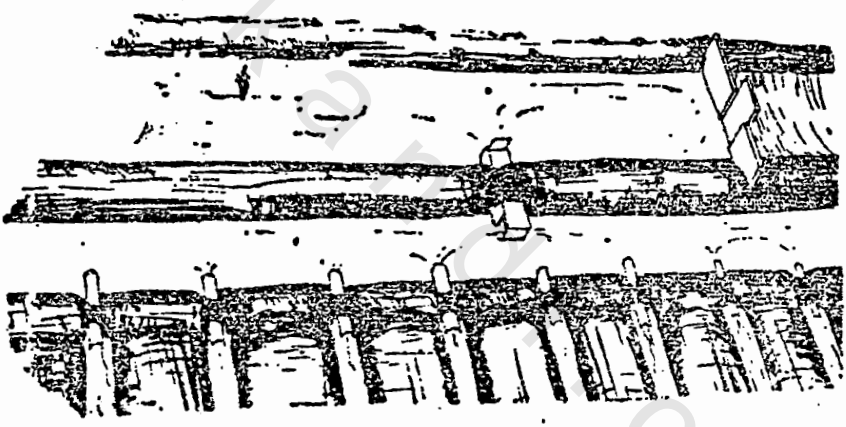
يستخدم هذا النوع لتوزيع المياه بتوصيلها من قناه الرى إلى الخطوط أو الشرائح فتوضع بحسر المروى بحيث يبقى أحد طرفيها بالمروى والآخر على سطح الارض المروية . ولذا يتراوح طول هذه الانابيب عادة من ٦٠ إلى ٩٠سم وقد يقل عن ذلك إلى ٣٠سم أو يزيد حتى ١٢٠ سم تبعا للغرض من إستعمالها فى حين يتراوح القطر من ٦ إلى ١٠ سم . أما التصرف فيتوقف كما فى حالة السيفونات على قطر الانابيب والضاغط الفعال كما هو مبين بالشكل رقم (٥٦) . وتمتاز هذه الانابيب عن السيفونات بضمان تصرف مستمر لا ينقطع نتيجة لتذبذب مستوى الماء فوق



شكل ٥٦ ـ منظر للانابيب spiles المستخدمة لتوزيع ماء الرى من المروى إلى الأرض . لاحظ الضاغط الفعال Effective head بكل من أ ، ب

فتحاتها بالمروى وإن تأثر معدل هذا التصرف . غير أنه يخشى من إرتداد الماء من الخطوط أو الشرائح إلى المروى إذا ما أنخفض منسوب المـــاء به عن أرض

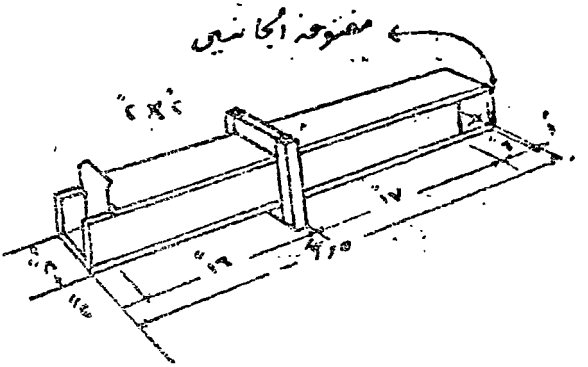
الزراعة ذات الإنحدار المستوى ولكن يمكن تجنب ذلك باستخدام أنابيب ذات بوابات تغلق بعد الرى أو توضع الأنابيب بحيث يكون طرفها بأرض الزراعة أعلا من سطح الماء المنتظر الوصول إليه كما هو واضح من الشكل رقم (٥٦-أ) . كذلك يمكن إستخدام هذه الأنابيب لتوزيع الماء إلى الخطوط ليس بنقلها مباشرة من المروى الحقلى ولكن من حوض جانبى stilling basin كما هو موضح بالشكل رقم (٥٧) حيث تثبت الأنابيب بالخطوط عند أول رية وتترك كذلك إلى نهاية الموسم وبهذا تتلافى كثرة العمالة التى تؤخذ على هذه الطريقة .



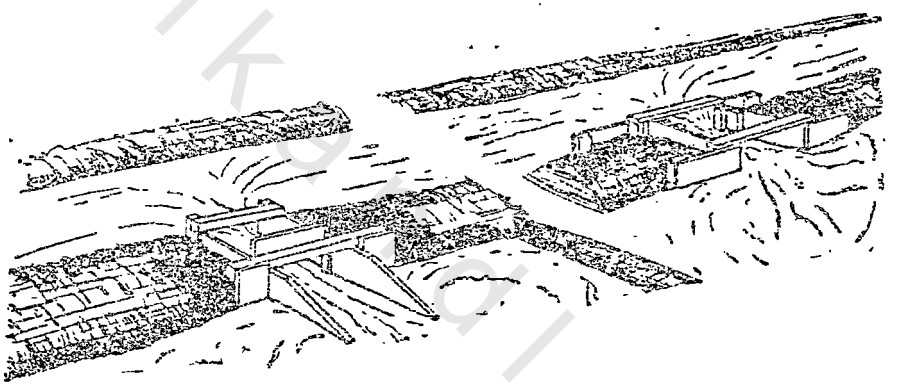
شكل ٥٧- توزيع ماء الرى بواسطة الأنابيب spiles المستديمة من الحوض المجاور للمروى stilling basin - لاحظ البوابة المركبة بالجسر

٣ - البوابات Cates

من أنواع البوابات مايركب بجسور المروى ليوصل بذلك الماء منه إلى سطح الأرض المروية ، ومنها مايركب بمواسير حمل الماء كما فى نظام خطوط المواسير ذات الضغط المنخفض . وتبين الأشكال رقم (٥٨ ، ٥٩) نماذج لهذه

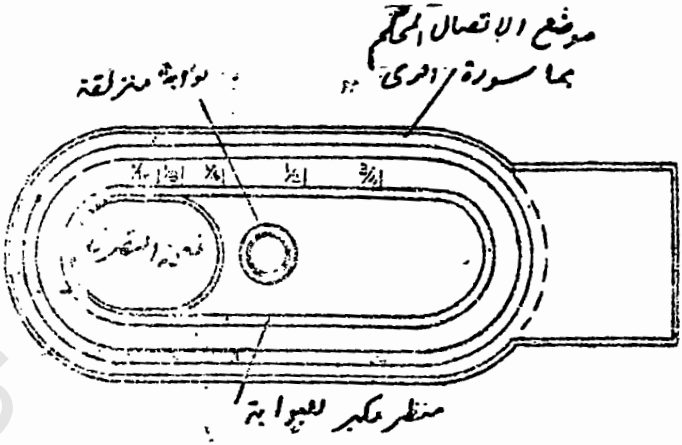


شكل ٥٨ - تفاصيل البوابة المركبة بمحبر المروى بالشكل رقم(٥٧)



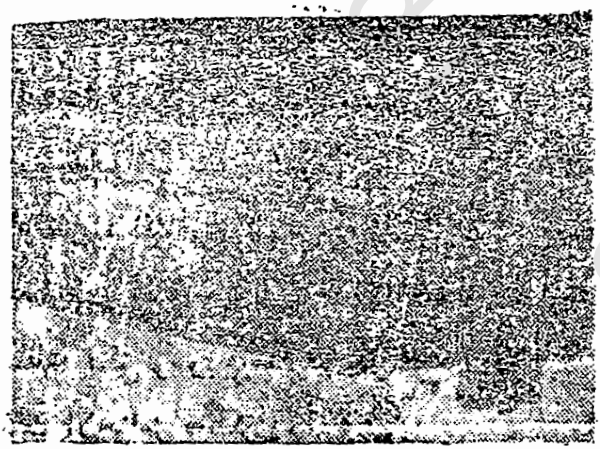
شكل ٥٩ - نموذجين للبوابات المركبة بمحبر المروى

البوابات المركبة هى الجسور والتى تعمل من الخشب أو المعدن . ويمكن بالتحكم فى فتحة البوابة تحديد التصرف المطلوب إعطائه للمجرى وتمتاز البوابات المركبة بوامير حمل الماء بسهولة التحكم فى التصرف بتحريك غطاء البوابة المنزلق لبعطى التصرف ، المطلوب شكل رقم(٦٠) هذا ويتحدد التصرف تبعا لضغط الماء عند البوابة ، سرعة الماء بالمجرى ، ومساحة فتحة البوابة . وعادة ماتناسب المسافة بين البوابات مسافات التخطيط بحيث تقابل فتحة البوابة خط مسار الماء . وعند بدء



ا

ب



جـ

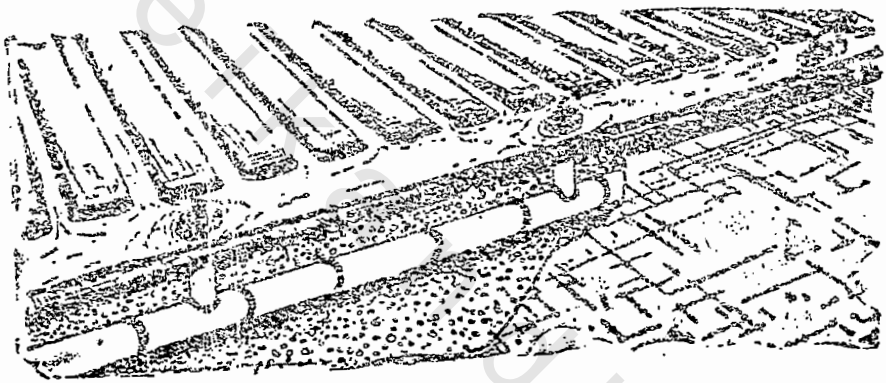
شكل ٦٠ ـ تفاصيل البوابة المركبة بماسورة الضغط المنخفض وصورتها عند توزيع ماء الري لخطوط الذرة

obeikandl.com

الرى تفتح البوابة للحصول على أقصى تصرف مسموح به ثم يقلل التصرف بتضييق الفتحة بما يضمن وصول الماء لنهاية الخط وليناسب التصرف مع معدل التسويه.

٤ - المحابس Valves

تركب هذه المحابس أو الصمامات بمواضع الضغط المنخفض لتنظيم توزيع الماء منها ويبين الشكل رقم (٦١) نموذجا لهذه المحابس المستخدمة للرى



شكل ٦١ - إستخدام المحابس على مواضع الضغط المنخفض للرى بالخطوط

بالخطوط حيث توجد صمامات مختارة ليناسب منها الماء بعد تنظيم معدله بتعريك غطاء المحبس بالقدر المناسب أو يركب موضع المحبس مواسير بوابات تقوم بتوزيع الماء للخطوط . أما فى حالة الرى بالشرائح ذات الانحدار فتوجد هذه المحابس على مسافات تكفى لوجود واحدة منها بكل شريحة. أما الشرائح المستوية الانحدار وكذلك الأحواض فيمكن وضع المحابس فى منتصف المستطيلات أو المربعات التى تكونها أربع منها ليمكن بذلك رى كل منها على حدة من محبس واحد . وتستخدم هذه الطريقة كذلك لتنظيم توزيع المياه لرى أشجار الفاكهة المنزرعة على خطوط الكنتور، فتوضع هذه المحابس فى أماكن يتلاقى عندها

أكثر من خط من خطوط الرى الكنتورى على أن يوزع الماء لكل خط كنتورى على حده .

٥ ـ الرشاشات Sprinklers

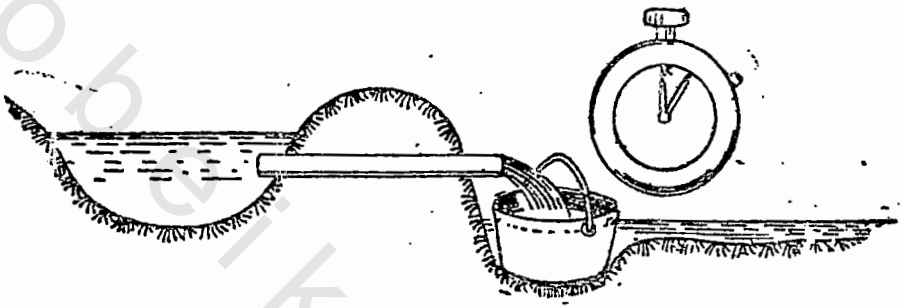
تقوم الرشاشات بتوزيع مياه الرى المنقولة بمواسير الضغط المرتفع . وهناك العديد من أنواع الرشاشات ذات الفوهات Nozzles المختلفة فى أقطار فتحاتها . لتعطى بذلك تصرفات مختلفة تتحكم فى توزيع مياه الرى على ما سيرد ذكره عند الحديث عن الرى بالرش .

د ـ قياس مياه الرى Measuring irrigation water

تدعو الحاجة إلى توفير مياه الرى خصوصا فى المناطق التى تعانى من نقص فى المصادر المائية إلى إتباع الوسائل الكفيلة بالحد من الاسراف فى إستخدامها . وأول هذه الوسائل هو قياس كميات المياه المعطاة حسب الاحتياجات الفعلية لها لنضمن بذلك ليس فقط عدالة التوزيع حسب الاحتياج ولكن لنساعد على بلوغ أقصى إنتاج محصولى ممكن ونحمى المحصول من ضعف النمو نتيجة لنقص محتوى الأرض الرطوبى وكذلك تخفيف العبء على محطات الصرف عند الاسراف فى إستهلاك مياه الرى . ويمكن تقسيم طرق قياس مياه الرى إلى ثلاث رئيسية : ١ ـ طرق مباشرة ، ٢ ـ طرق تعتمد على قياس السرعة والمساحة ، ٣ ـ طرق تستخدم عوائق ذات فتحات لتعرض مجرى المياه بالفوهات أو المواسير، وتتناول مراجع علم الهيدروليكا بالتفصيل الرياضى والتصميمى هذه الوسائل ، وسوف نستعرض هنا بعضا من هذه الطرق ذات الصلة المباشرة بالرى الحقلى .

١ - الطرق المباشرة Direct metods

(أ) من أبسط طرق قياس التصرف إستخدام وعاء ذات سعة معروفة لتقدير الزمن اللازم لملئه ومن ثم يمكن تقدير معدل التصرف . ويبين الشكل رقم (٦٢)



شكل ٦٢ - رسم توضيحي لبيان كيفية قياس التصرف بمعرفة الزمن اللازم لملء وعاء لحجم معين بالماء

ترشيحا لهذه الطريقة المستخدمة لتقدير التصرفات البسيطة إلى خطوط الري وقد يستفاد من هذا التقدير لايجاد معدل التسرب الخطي .

(ب) أما إذا كان هناك خزان مائي Reservoir فيمكن تقدير معدل التصرف بقياس التغير في مستوى سطح الماء بهذا الخزان في زمن معين على فرض معرفتنا لأبعاد هذا الخزان المائي وعدم حدوث فقد للماء بالزوف أو الرشح من الخزان وإلا فيجب أخذ هذا العامل في الاعتبار .

٢ - الطرق المعتمدة على قياس السرعة والمساحة

Velocity - a.ea methods

يقدر معدل التصرف عند نقطة معينة في خط مسار الماء سواء في القنوات المفتوحة أو المواسير وذلك بقياس متوسط السرعة وضربها في مساحة المقطع

للاتجاه العمودى لسريان الماء . وترجع صعوبة هذه الطريقة إلى إختلاف السرعة بمعظم القنوات من نقطة إلى أخرى بنفس المقطع . أما مساحة المقطع فيسهل تقديرها إذا ما لوحظ عظم الانتظام فى قاع وجوانب المجرى . وهناك العديد من الطرق التى تعتمد على هذه الفكرة أبسطها ما يلى :

(ا) لتقدير التصرف بطريقة تقريبية يختار جزء مستقيم متجانس المقطع من المجرى بطول يتراوح من ٥٠ إلى ١٠٠ مترا . تؤخذ عدة قياسات لعمق الماء وعرض المجرى مع العمق لتقدير متوسط مساحة المقطع . توضع علامة مميزة عند بدء ونهاية المسافة التى سيجرى عندها تقدير سرعة سريان الماء بطريقة العوامة Float method إذ تطفو فوق سطح الماء قطعة من الخشب أو زجاجة مغلقة بها بعض الماء أو حتى برتقالة أو ليمونة فيدفعها تيار الماء لتقطع المسافة المحددة فى زمن يختلف تبعا لسرعة سريان الماء . تكرر قياسات الزمن لإيجاد متوسط الزمن الذى إذا قسمت عليه المسافة تحصل على السرعة . وحيث أن هذه السرعة تمثل فقط السرعة العظمى عند سطح الماء والتى تختلف عن السرعة المتوسطة لتيار الماء لذا فإن القيمة المتحصل عليها تصحح لإيجاد السرعة المتوسطة بضربها فى معامل قدره ٠,٨٥ ، وبصورة تقريبية فإن معدل التصرف يساوى متوسط مساحة المقطع مقدرة فى متوسط السرعة مع مراعاة وحدات القياس .

(ب) هناك طريقة مشابهة للطريقة السابقة وتعتمد على قياس السرعة بالدلائل Tracers بدلا من العوامات وتستخدم صبغة الفلورسين Fluorescein ومنجنات البوتاسيوم والأملاح لهذا الغرض . وتمتاز الصبغات عن الأملاح بعدم إحتياجها لأجهزة خاصة لتقديرها والتقدير السرعة المتوسطة لتيار الماء تضاف الصبغة عند بدء مسافة الاختبار فيؤدى تحرك الماء إلى خلطها وتحركها فى إتجاه سريانه ويعين

الزمن اللازم لبدء ظهور الصبغة واختفائها عند نهاية مسافة الاختبار ويؤخذ متوسط هذا الزمن لحساب متوسط سرعة سريان الماء دون الحاجة إلى استخدام معامل خاص كما فى الطريقة السابقة وبحسب معدل التصرف بمعرفة متوسط مساحة المقطع والسرعه المتوسطة .

(ج) يمكن قياس معدل التصرف (Q) من نهاية ماسورة أفقية بتقدير السرعة بمعلومية البعد الرأسى (Y) والبعد الأفقى (X) الذى يأخذه مسار الماء Trajectory عند خروجه من نهايتها مع معرفتنا لمساحة مقطعها (A) وذلك من العلاقة التالية :

$$X = V t \quad ; \quad Y = \tfrac{1}{2} g t^2 \quad , \quad Q = A V$$

$$\therefore Q = C' \sqrt{\frac{g}{2}} \frac{A X}{\sqrt{Y}}$$

فاذا قيست الأبعاد بالسنتيمتر فان معدل التصرف بالمتر فى الثانية يعبر عنه بالصورة التالية

$$Q = 0.220\ C\ A \frac{X}{\sqrt{Y}}$$

حيث C عبارة عن معامل يوقف على نسبة أبعاد كل من X ، Y ، قطر الماسورة D ، وعما إذا كانت ممتلئة تماما أو جزئيا بالماء عند نهايتها (عمق الماء يساوى d) والجدول رقم (٢٢) يبين بعض قيم هذا المعامل

جدول ٢٢ - قيم المعامل « C » المستخدمه لايجاد معدل التصرف من الفواصل الأفقية

ا - الماسورة مغمورة جزئيا بالماء عند طرفها

$\frac{d}{D}$	$\frac{X}{D}$ ١	١٫٥	٢	٢٫٥	٣	٤	٥	٨
٠٫٢	١٫٠٣	١٫٠١	١٫٠٠	١٫٠٢	١٫٠١	١	٠	
٠٫٤	١٫١٧	١٫١١	١٫٠٦	١٫٠٣	١٫٠٢	١٫٠١	١٫٠٠	
٠٫٦	١٫٢٩	١٫١٥	١٫٠٩	١٫٠٥	١٫٠٣	١٫٠٢	١٫٠١	١
٠٫٨	١٫٣٣	١٫١٨	١٫١١	١٫٠٧	١٫٠٤	١٫٠٢	١٫٠١	١

ب - الماسورة مغمورة تماما بالماء عند طرفها

$\frac{Y}{D}$	$\frac{X}{D}$ ١	١٫٥	٢	٢٫٥	٣	٤	٥	٨
٠٫٥	١٫٤٤	١٫٢٨	١٫١٨	١٫١٣	١٫١٠	١٫٠٦	١٫٠٣	١٫٠٠
١٫٠	١٫٣٧	١٫٢٤	١٫١٧	١٫١٢	١٫٠٩	١٫٠٦	١٫٠٣	١٫٠٣
٢٫٠		١٫١١	١٫٠٩	١٫٠٨	١٫٠٧	١٫٠٥	١٫٠٣	١٫٠٠
٣٫٠			١٫٠٤	١٫٠٤	١٫٠٤	١٫٠٤	١٫٠٣	١٫٠٠
٤٫٠			١٫٠١	١٫٠١	١٫٠٢	١٫٠٣	١٫٠٢	١٫٠٠
٥٫٠			٠٫٩٧	٠٫٩٩	١٫٠٠	١٫٠١	١٫٠١	١٫٠٠

obeikandl.com

ونادراً ما يقل الخطأ فى التقدير بهذه الطريقة عن ٥ ٪ ويعتبر الخطأ بمقدار ١٠ ٪ أمراً متوقعاً .

(د) يعتمد قياس التصرف من السيفونات الأنابيب، وغيرهما من الفتحات Orifices سواء أكانت مغمورة بالماء من أحد أطرافها Submerged أو غير مغمورة على قياس مساحة المقطع وسرعة الماء خلال هذه الأجهزة . وتستخدم المعادلة التالية لهذا الغرض :

$$Q = C A \sqrt{2gh}$$

حيث Q = معدل التصرف

A = مساحة المقطع

g = عجلة الجاذبية

h = الضابط الفعال

C = معامل يتوقف على طول السيفون وحالة الماء عند الدخول والخروج ويمكن إعتبار قيمته حوالى ٠,٩٦ فى حالة السيفون ويتراوح بين ٠,٩٦ إلى ٠,٨ للفتحات الغير مغمورة .

وفى الجدول رقم (٢٣) بيان بالرقم اللازم للحصول على تصرف قدره متر مكعب من الماء فى سيفونات ذات أقطار مختلفة وتحت ضاغط h الى يتراوح من ٥ إلى ٢٢,٥ سم . وقد حسبت هذه التصرفات من المعادلة السابقة ثم حولت بالصورة المعروضة عليها لسهولة إستخدامها .

جدول ٢٣ ـ الزمن بالدقيقة اللازم الحصول على تصرف قدره متر مكعب من السيفون حسب قطره والضاغط الفعال

قطر السيفون بالبوصة	الضاغط الفعال ـ مم					
	٥	٧٥	١٠	١٢٫٥	١٥	١٢٫٥
٢ ١/٢	٢٠٤	١٦٦٫٥	١٤٧٫٣	١٣٢٫٥	١٢٦٫٢	٩٠٫٢
٣	٨٨٫٣	٦٦٫٣	٥٣٫٠	٤٨٫٢	٤٤٫١	٣٢٫٩
٤	٦٦٫٣	٥٣٫٠	٣٧٫٩	٣٣٫١	٢٩٫٥	٢٦٫١
٥ ١/٤	٤٤٫١	٢٧٫٩	٢٣٫١	٢٦٫٥	٢٤٫١	٢٠٫٤
٦ ١/٣	٢٣٫١	٢٩٫٥	٢٢٫١	٢٠٫٤	٧٫٧	١٤٫٧
٨ ١/٢	٢٦٫٥	٢٠٫٤	١٧٫٧	١٥٫٦	١٤٫٠	١٠٫٥
١٠ ٣/٨	١٧٫٧	١٤٫٧	١٢٫٠	١٠٫٦	٩٫٥	٨٫٠
١٢ ٣/٤	١٥٫٦	١٢٫٦	١٠٫٦	٩٫٥	٨٫٣	٧٫٠
١٥ ٧/٨	١٤٫٠	١١٫٠	٩٫١	٨٫٠	٧٫٤	٦٫٠
٢٠	١٢٫٦	٩٫٠	٨٫٣	٧٫٤	٦٫٦	

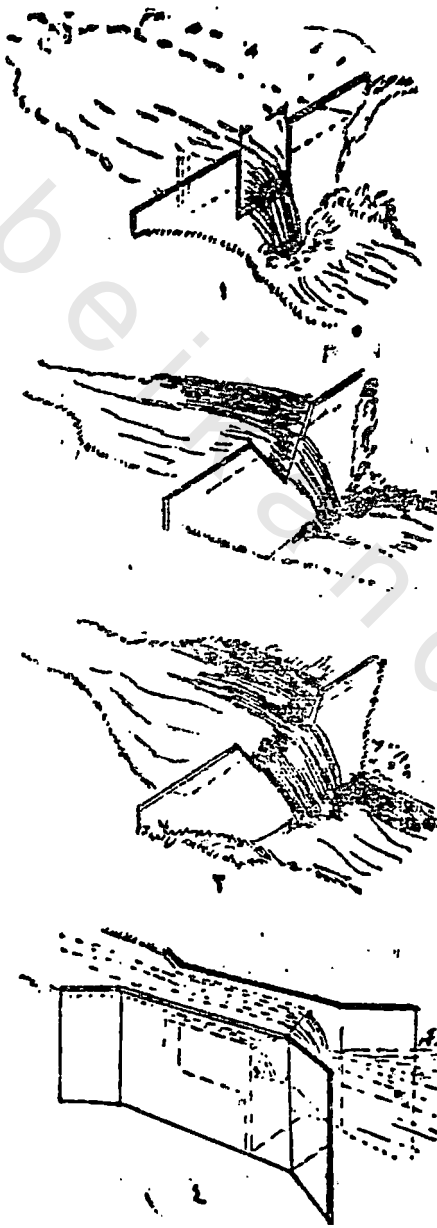
٢ ـ طرق المستخدمة لمواقف بمجرى الماء

Methods employng a formed constriction

أ ـ الهدارات Weirs

يعرف الهدار المستخدم لقياس الماء بأنه فتحة منتظمة الشكل A notch of regular from بحاجز يعترض الاتجاه العمودي لمجرى الماء وتقسم الهدارات،

تبعاً لأشكالها ونوع حافتها Type of crest وعما إذا كانت حافتها أقل عرضاً من المجرى المائى فتسمى contracted أو مساوية للجزء من المجرى المائى قبلها Upstream تسمى Suppressed . ومن انواع الحدارات تلك المبينة بالشكل رقم (٦٣) وكلها من النوع الحاد Sharp crested حيث يلتقى الماء مع



1 — Rectangular contracted weir

2 — V-notch weir

3 — Cipolletti we

4 — Reciangular suppressed weir

شكل ٦٣ - أنواع من الحدارات المستخدمة لقياس التصرف

حافة الهدار عند مروره فوقه فى خط رفيع بخلاف النوع المعروف بالعريض الحافة Broad crested حيث يلتقى الماء مع حافة الهـدار فى سطح إتصال . وتمتاز الهدارات بدقة نتائجها وبساطتها وسهولة تركيبها وعدم اعتراضها المواد الطافية على سطح الماء بحيث تعطل من وظيفتها هذا علاوة على تحملها لظروف العمل لفترة طويلة . غير أنها تحتاج لسقوط فى منسوب سطح الماء مما يقلل من فاعليتها بالأراضى المستوية كما أن ترسب الحصى والرمل والسلت قبل الهدار يحد من دقة القياسات .

ولضمان دقة القياس والفاعلية فهناك بعض القواعد الخاصة بتركيب وتشغيل هذه الهدارات تمكننا من الحصول على درجة عالية من الدقة (٢٪ - ٣٪) فى ظروف مثالية . أما تحت الظروف الحقلية فاننا نتوقع دقة فى حدود ٥٪ إلى ١٥٪ ، وعلى هذا فانه ينصح باتباع ما يلى .

١ - يوضع الهدار بمجرى مائى مستقيم لمسافة لا تقل عن ١٠ أمثال طول حافة الهدار وذلك فى الاتجاه المتقدم منه تيار الماء ، على أن يسمح عرض هذه المسافة ببطء حركة الماء المتقدم بها لا يزيد عن ١٥ سم/الساعة .

٢ - أن يكون الهدار فى اتجاه عمودى على مجرى تيار الماء وفى وضع مستقيم

٣ - يجب أن تكون حافة الهدار منتظمة ومستقيمة .

٤ - عدم وجود عوائق قبل الهدار فى الاتجاه القادم منه الماء Upstream .

٥ - أن يسمح ارتفاع حافة الهدار ووضعه فى المجرى المائى بسقوط المطر المار فوقه سقوطا حرا Free fall ، أى لا تغمر حافة الهدار بالماء من كلا الاتجاهين مما يعيق استخدام الطرق السهلة لتقدير التصرف والاضطرار لاستخدام تصحيحات وقياسات اضافية غير مضمونة النتائج .

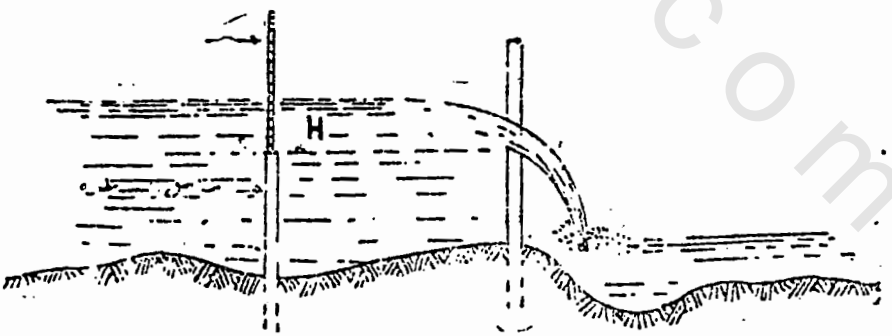
٧ - لا يجاز سمك حافة الهدار والجوانب المحيطة عن $\frac{1}{8}$ بوصة (حوالى ٣مم)

٧ - يعد حافة الهـــدار عن القاعدة حوالى ثلاث أمثال سمك الماء المـــار فوق الحافة .

٨ - يقل عرض كل من جانب الهدار عن ضعف إرتفاع الماء المار فوق الحافة

٩ - لدقة القياس فانه يجب ألا يتعدى إرتفاع الماء فوق الحافة $\frac{1}{4}$ طولها وألا يقل عن ٥ سم .

١٠ - يجرى قياس ارتفاع الماء عن حافة الهدار فى الاتجاه القادم منه المـــاء وعلى مسافة لا يقل بعدها عن ٦ أمثال أقصى ارتفاع منتظر تسجيله حتى لا يتأثر القياس بانحناء سطح المـــاء عنـــد تقدمه للمرور فوق حافة الهـــدار . ويجب أن يكون صفر تدريج مسطرة قياس الارتفاع على نفس منسوب الحافة كما فى الشكل رقم (٦٤) . هذا وتختلف صور المعادلات المستخدمة للتعبير عن معدل التصرف من الهدارات وإن اتفقت فى صورتها العامة .



شكل ٦٤ - طريقة قياس إرتفاع سطح الماء عن حافة الهدار
والسهم يشير إلى المسطرة المدرجة المستخدمة لايجاد الارتفاع

$$Q = CA\sqrt{2gH} \times 10^{-3}$$

حيث :

Q = معدل التصرف بالالتر فى الثانية

C = معامل يختلف تبعا لنوع الهدار وتأثيره على تزاحم تيار الماء للمرور من فتحته .

A = مساحة مقطع الماء فوق حافة الهدار (سم٢)

g = عجلة الجاذبية (٩٨١ سم/ث٢)

= ارتفاع عمود الماء (سم) فوق حافة الهدار (مقاسا من مسافة لا تقل عن ٦ أمثال أقصى إرتفاع منتظر).

وفيما يلى صور هذه المعادلات حسب أنواع الهدارات :

١ - Rectangular contracted weir . وهو المبين بالشكل رقم (٦٤ - ١) ومن أكثر الهدارات شيوعا .

$$Q = 0.0184\,(L - 0.2H)\,H^{3/2}$$

حيث L = طول حافة الهدار

٢ - V - notch weir . وهو المبين بالشكل رقم (٦٤-٢) ويمتاز بدقته عند قياس التصرفات البسيطة ونتيجة للفقد فى الضغط عند مرور الماء فوق هذا النوع من الهدارات فانه لا ينصح باستخدامه إذا ما زاد التصرف عن ١١٢ فى الثانية (٤ قدم مكعب فى الثانية)

والمعادلة المستخدمة هى:

$$Q = 0\ 0138\ H^{5/2}$$

٣ - Cipolletti weir . وهو المبين بالشكل رقم (٦٤ - ٣) ويلاحظ أن كل من جانبي فتحة الهدار يميل بمعدل ١ : ٤ (أفقي : رأسي) كما أن التصرف من الأجزاء المثلثه الموجودة بطرفي فتحة الهدار يتساوى مع الانخفاض في التصرف نتيجة لتأثير End contractions

$$Q = 0.0184\ LH^{3/2}$$

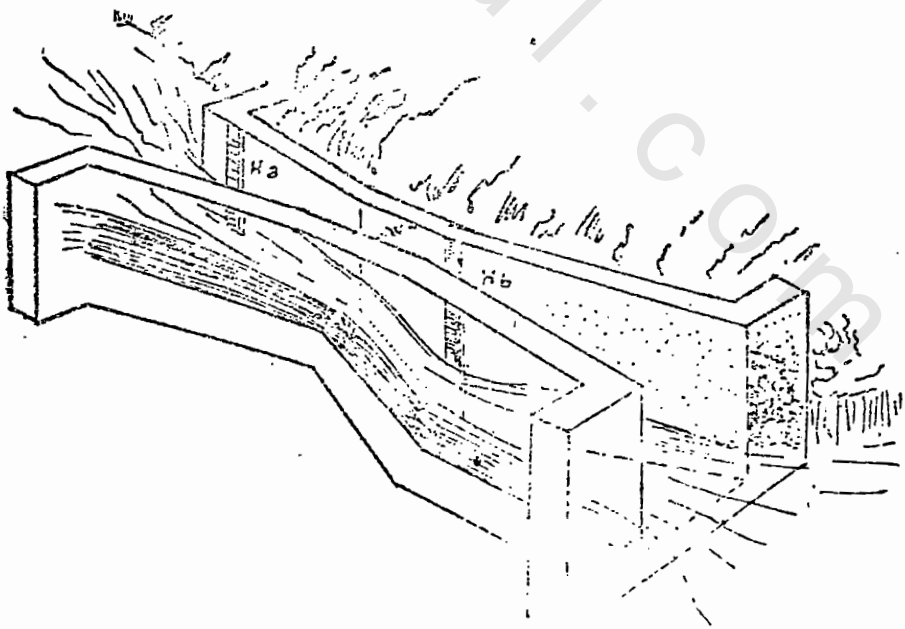
٤ - Rectangular suppressep weir وهو المبين بالشكل رقم(٦٤-٤) وهذا النوع من الهدارات يشبه الـ Flume التجاني المقطع المزود بحاجز عودي قرب نهايته يعمل كهدار . ويجب أن يكون طول الـ Flume على الأقل ١٠ أمثال طول حافة الهدار لتقال بذلك من تأثير حركة الماء المندفع نحـــو العائق نتيجة لتضييق المجرى المائي . كما أن إرتفاع حافة الهدار عن قاعدته يجب أن لا يقل عن أقصى ارتفاع لمنسوب الماء فوق حافته . ولحصول على نتائج مرضية يجب أن لا يتعدى الارتفاع المقاس عن ٦٠ سم ولا يقل عن ٦ سم . هذا ويجب توفر تهوية مناسبة تحت الماء الساقط من حافة الهدار ، وقد يكون ذلك بتثقيب جوانب الـ Flume في هذا الموضع .

أما المعادلة المستخدمة لقياس التصرف من هذا الجهاز فهي .

$$Q = 0.0184\ LH^{3/2}$$

(ب) Parshall flume

لقد توصل Parshall إلى عمل جهاز لقياس تصرف الماء بالقنوات المفتوحة يتلافى أخطاء وعيوب الهدارات السابقة . فحركة الماء السريعة خلاله لا تسمح بترسيبات من السلت أو الرمل كما يلزمه قدر بسيط من السقوط Drop أو فقد فى الضغط Head هذا فضلا عن إعطائه قياسات دقيقة وبدرجة معقولة حتى عندما يكون مغمورا جزئيا بالماء وكما هو مبين بالشكل رقم (٦٥) يمكن تقسيم الجهاز إلى ثلاثة أجزاء . الجزء الداخلى منه المسمى Upstream section وأرضيته مستوية السطح وتميل جدرانه من الخارج إلى الداخل فى اتجاه الجزء الأوسط ويسمى بالعنق Throat section حيث تتوازى الجدران وتنحدر الأرضية من أعلى لأسفل فى إتجاه الجزء الثالث Down stream section الذى تتسع



شكل ٦٥ - Parshalf flume لقياس تصرف ماء الرى

أرضيته من أسفل لأعلى وتتفرج جدرانه الخارج حيث يخرج الماء . وتتحدد سعة الجهاز بمدى عرض العنق « W » والذى يمكن أن يتراوح من بوصة إلى ١٠ أقدام ليعطى تصرفا يختلف من ٥ إلى ٢٠٠ جالون فى الدقيقة أو أكثر . وتناسب الأجهزة الصغيرة الحجم قياس الماء بالمزرعة وخطوط الرى وذلك بدقة فى حدود ٥٪ . وهناك أبعاد خاصة بأجزاء الجهاز وكذلك جداول تبين علاقة التصرف بالضاغط وعنق الجهاز ويمكن الرجوع إليها بكتيبة مراجع الهيدروليكا

ويقدر التصرف بقياس كل من H_a ، H_b المبينة بالرسم حيث تمثل H_a إرتفاع الماء عند دخوله الجهاز ، H_b إرتفاع الماء بالقرب من نهاية العنق ويعرف التصرف بأنه إنسياب حر Free flow إذا ماكان إرتفاع الماء عند H_b ليس بالقدر الذى يؤدى إلى إعاقة حركته نتيجة للماء المرتد للخلف Back water . ويكتفى فى حالة الانسياب الحر بأخذ قراءة H_a لتقدير التصرف أما إن زادت $\left(\frac{Hb}{Ha}\right)$ عن ٧٠ فنحصل على انسياب مغمور Submerged flow وهنا يلزم تصحيح قراءة H_a للحصول على التصرف الصحيح . ويبين الجدول رقم (٢٤) التصرف بالمتر فى الثانية الذى يمكن الحصول عليه من قياس الضغط عند دخول الماء H_a ، فى حالة الانسياب الحر بأجهزة تختلف فى عرض عنقها .

جدول ٢٤ — التصرف بالمتر فى الثانية باستخدام Parshall flume

الضغط عند الدخول H_a بالمتر	عرض العنق بالسنتيمترات									
	٧٫٥	١٥	٢٣	٣٠	٦١	٩١	١٢٢	١٥٢	١٨٣	٢٤٤
٣	٠٫٧٨	١٫٤	٢٫٥							
٤	١٫٢	٢٫٣	٤٫٠							
٥	١٫٦	٣٫١	٥٫٤							
٦	٢٫٣	٤٫٥	٧٫٣	٩٫٨	١٨	٢٧	٣٥			
٧	٢٫٩	٥٫٧	٩٫٠	١٢	٢٣	٣٤	٤٥			
٨	٣٫٥	٧٫١	١١	١٥	٠٨	٤١	٥٤	٦٧	٧٩	
٩	٤٫٣	٨٫٦	١٣	١٨	٢٥	٥١	٦٧	٨٣	٩٩	١٣٠
١٠	٥٫٠	١٠	١٥	٢١	٤١	٦٠	٧٩	٩٧	١١٠	١٥٢
١٢	٦٫٥	١٣	٢١	٢٧	٥٢	٧٨	١٠٣	١٢٧	١٥٢	٢٠٠
١٤	٨٫٥	١٧	٢٨	٣٥	٦٨	١٠١	١٣٣	١٦٥	١٩	٢٦٠
١٦	١٠٫٣	٢١	٣٢	٤٢	٨٢	١٢٢	١٦٢	٢٠١	٢٤٠	٣١٦
١٨	١٢	٢٥	٣٨	٥١	١٠٠	١٤٩	١٩٧	٢٤٦	٢٩٥	٣٨٨
٢٠	١٤	٢٩	٣٠	٥٩	١١٧	١٧٣	٢٣٠	٢٨٦	٣٤٢	٤٥٤
٢٥	٢١	٤٣	٦٤	٨٤	١٦٦	٢٤٨	٣٣٢	٤١٤	٤٩٥	٦٦٠
٣٠	٢٧	٥٧	٨٤	١١٠	٢٢٠	٣٣٠	٤٤٠	٥٥٠	٦٦٠	٨٨٠
٤٠			١٣١	١٧٠	٣٥٠	٥٢٠	٦٩٠	٨٨٠	١٠٥٠	١٤٠٠
٥٠				٢٤٠	٤٩٠	٧٤٠	٩٩٠	١٢٤٠	١٤٩٠	٢٠٠٠