8.1.5 تصريف القناة والمقننات المائية

ان المقنن المائيwater duty هو مقدار الاحتياج المائي لعملية الري ، ويمكن التعبير عنه باشكال مختلفة كسعة جريان القناة Flow capacity لوحدة المساحة المخدومة او المساحة المخدومة لوحدة الجريان او عمق الماء اللازم لري محصول معين. وهنالك طريقتان لتقويمه ، الاولى تسمى الطريقة الاستنتاجية deductive method والتي تستخدم المعلومات المستحصلة من نظام يعمل بنجاح للحصول على جريان التصميم لوحدة المساحة لانظمة جديدة ومثال على ذلك يمكن باستعمال الملاحظة الدقيقة والقياس لتقدير تصريف المبزل ،ومقدار الماء المعطى للري في النظام الجديد استناداً لما تم الحصول عليه من النظام القديم الناجح ومعايرة النتائج لكي تلائم الجديد. والطريقة الثانية هي الطريقة الاستقرائية inductive method والتي ادخلت ضمنياً في الفصل الرابع وتستخدم المعلومات الجوية وخصائص الاستهلاك المائي لتقييم الاستنفاذ الشهري (ملم عمق من الماء) للمحاصيل المختلفة على مدار فترة نموها ثم تعاير هذه الكمية مع احتياجات الغسل والتخلل العميق للماء (الضائعات المائية الذاهبة لما بعد المنطقة الجذرية).

ويمكن اخذ ماء المطر الساقط بنظر الاعتبار مع التركيز لفترة عودة الزخة return Period وتوزيعها على مدار الشهر، فلو قدر مايستهلكه محصول ما من الماء بمقدار 90 ملم لشهر معين وكان مقدار المطر الساقط في ذلك الشهر 80 ملم لتسع سنوات من كل عشر والفاصل الزمني لعملية الري هو عشرة ايام ، فان المطر الساقط سوف يقلل من سعة نظام القنوات اذا كان توزيعه بصورة منتظمة فقط .واما اذا كانت كمية المطر الساقط تبلغ 80 ملم في الاول من ذلك الشهر وبزخة واحدة فقط فان اكثر من نصفه سيذهب كتخلل عميق او ماء سيح سطحي Surface run- off ولذلك يجب تجهيز المحصول باحتياجه الكلي من الماء خلال العشرين اليوم الاخيرة من الشهر. فضلاً عن ان سقوط المطر على عموم مساحة الارض يسبب مشكلة اخرى بسبب ايقاف وارباك نمط التشغيل ومناوبات الري.

ويمكن حساب المقننات المائية بدلالة الماء الجاري في القناة لوحدة المساحة من المحصول المزروع بفرض استمرار الجريان لتجهيز العمق المطلوب وبالمعادلة :

$$q_n = \frac{d}{259} \text{ l/s}$$ لتر/ ثانية

حيث ان :

q_n : متوسط الجريان / هكتار من المحصول n

d : العمق الاجمالي لماء الري الشهري (ملم) اي (صافي العمق + الفواقد – المطر الفعال effective rainfall) .

ان الماء الجاري في القناة عند اي نقطة في النظام هو حاصل جمع كل جريان مطلوب للمحاصيل المختلفة في المنطقة المزروعة على مدار الموسم مقسوماً على كفاءة النقل في المزرعة ويعبر عنه بالمعادلة الآتية :

$$q_{ave} = \frac{\Sigma q_n A_n}{\eta_f \Sigma A_n}$$

حيث ان :

q_n : الجريان لوحدة المساحة للمحصول n ،(الارض غير المزروعة تعد مغروسة بمحصول ذي احتياج مائي مقداره صفر) .

q_{ave} : متوسط الجريان الخارج لوحدة المساحة .

A_n : مقدار المساحة المزروعة بالمحصول .

η_f : كفاءة النقل الحقلي .

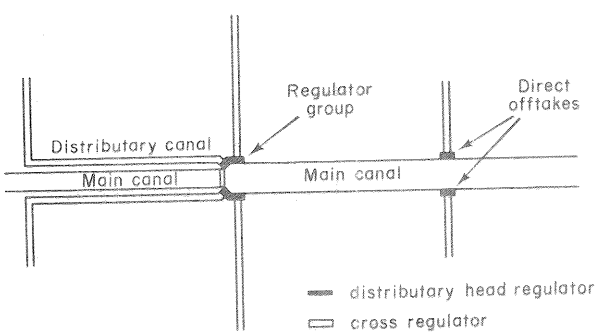
ولحد هذه المرحلة لم يترك اي سماح للفواقد المائية في قنوات التوزيع او للاحتياج الوقتي للمتطلبات المائية في الحقل ، وفي الحالة البسيطة الشائعة حيث يمكن اعتبار نمط الزراعة او التوزيع المحصولي المتبع ثابتاً وكمية الفواقد المائية ثابتة ايضاً فأنه يمكن جدولة قيم q_{ave} لكل اشهر السنة ثم تؤخذ اعلى قيمة لاغراض التصميم ، وبالطريقة نفسها يمكن جدولة قيم q_{ave} لانماط Patterns متعددة من الزراعة او التوزيع المحصولي وسيلة لمقارنة كميات محصلة الاحتياج الشهري خلال السنة .

المناوبة المائية Water rotation يقوم تصميم نظام القنوات على القواعد الآتية :

أ) المناوبة الصارمة Strict rotation ب) عند الطلب . جـ) المناوبة مع بعض السماح للطلب عند الحاجة .

ومن الامور المرغوب فيها ان يكون الجريان مستمراً في القناة الرئيسية ويتبدل ببطء بتبدل المواسم ودورات نمو المحصول . وتكون الحاجة الى الماء في الحقل على فترات ، حيث تعتمد كمية الماء المضاف للرية الواحدة والفاصل الزمني بين رية وأخرى irrigation interval على معدل التبخر والنتح وعمق المجموعة الجذرية ومقدار الرطوبة المتاحة في التربة ، وكلما كبرت المزرعة او مجموعة المزارع المتجاورة التي تأخذ الماء من مخرج واحد في القناة امكن تحديد وقت الجريان بعملية التناوب الداخلي من حقل لآخر او من مزرعة لأخرى،ولكن يبدو من غير المحتمل للجريان المستمر او الذي يتبدل تدريجياً ان يكون فعالاً بدون خزن للماء في المزرعة .

ويمكن تنظيم التجهيز الوقتي للحقول بتقسيم قنوات التوزيع الى مجموعتين او ثلاث مجاميع لمناوبة الماء،ويجب ان تكون هذه المجاميع متساوية عددياً وتمثل مساحات متساوية قدر المستطاع ، ١



الشكل 8.6 مجموعة نواظم .

في الشكل 8.6 مجموعة من اربعة نواظم متجاورة مع مأخذين للماء off- takes قريبين يمكن استعمالها للمناوبة لمجموعتين او ثلاث . ويمكن اختيار فترة التجهيز ومناوبتها على كل مجموعة لتلبية الاحتياجات الحقلية ماعدا اوقات شحة المياه التي عندها تصبح المناوبة نظاماً عادلاً في توزيع ما توافر من مياه . اما في المناطق التي تدار فيها العمليات الزراعية بنجاح وتكون قيمة الحاصل عالية فأن الفوائد الناجمة عن التجهيز المستمر للارض بالماء

تكون ذات دلالة وبذلك يزداد الربح الكلي. وبربط هذه العوامل مع نظام المناوبة فأن ذلك يعني قنوات ذات سعة اكبر ويزداد تعقيد تشغيل النظام اذا اريد توفير الاحتياجات المائية المتراوحة بكفاءة. وبأخذ باقي العوامل بنظر الاعتبار كانواع التربة وانماط الزراعة المتبعة والمقننات المائية فان بالامكان ربط الطريقتين بدون كلفة زائدة تفوق تلك المستخدمة بطريقة المناوبة الصارمة.

التصريف

عادة ماتخدم مخارج التوزيع اراضي بمساحات متساوية وبخاصة اذا كانت شحنة التسلط خلفها ثابتة. ويجب ملاحظة كل التغييرات التي تطرأ بسبب انماط اختلاف مخارج التوزيع. ان قيمة q_{ave} العظمى او القيم العديدة اذا كانت هنالك انماط مختلفة من الزراعة او التركيب المحصولي داخل المشروع يجب ضربها بالنسبة (مدة السقي/ مدة المناوبة) للحصول على المقنن المائي التصميمي q_d باللتر/ هكتار ويقصد بمدة السقي فترة المناوبة الكاملة.

تصريف مخرج التوزيع = $q_d \times A$

حيث ان A هي المساحة تحت الخدمة.

وبالانطلاق من نهاية قناة التوزيع فانه يجب ملاحظة صافي التصريف المتراكم عند كل مخرج ويجب ان لاننسى ضرب الكمية الاخيرة بعامل مناسب للقناة (انظر 8.2.6) وذلك للسماح لفواقد النقل Conveyance losses ويجري تأشير اجمالي تصاريف التوزيع لشحنات القناة ويحسب تصريف/لكل طورين او ثلاثة اطوار من دورة المناوبة.

ان الطريقة الاستنتاجية لتخمين المقنن المائي تجهزنا بقيم مباشرة لتصريف القناة الرئيسية وقنوات التوزيع فضلاً عن الفواقد، اما الطريقة الاستقرائية ففيها عيب ضرورة تخمين الفواقد وعيب حساب كفاءة الري– حيث ان وجود مشروع قريب قيد التشغيل يعني بالامكان اشتقاق هذه التخمينات من القياسات الحقلية ولكن لهذه الطريقة القابلية للتعامل مع المواقع الجديدة وتمكن المصمم من تدقيق تأثيرات الزراعة المختلفة على الجريان في القناة.

8.2 تصميم القنوات :

هنالك الكثير من العوامل المختلفة الواجب اخذها بعين الاعتبار في تصميم قنوات الري ومنها :

أ) مجموعة الاحتياجات الحقلية الاساسية ومستوى الجريان بالقنوات .

ب) قوة تحمل التربة التي يتحدد بموجبها الانحدار الجانبي للقناة .

جـ) كمية المواد العالقة واستقرار قعر القناة تفرض تأثيراتها على سرعة الجريان وشكل مقطع القناة .

د) العوامل الاقتصادية وطرق الانشاء وتأثيرها على التصميم النهائي للانشاء .

8.2.1 الانحدار الجانبي Side Slope

يمكن الحصول على معلومات نموذجية من الجدول 8.1 والذي يعد دليلا لقيم الانحدار الجانبي لانواع مختلفة من الترب . وعادة مايتم انشاء القنوات من الترب المتوافرة موقعيا او من منطقةمجاورةحيث تختلف خصائصها من موقع لاخر، ولهذا فمن النادر جدا ضمان توافر تحليلات كاملة عن استقرار الانحدارات ، وبصورة عامة يجب ان يكون الانحدار الجانبي قليلا للقنوات العميقة وذات المستوى المائي المتراوح . ويمكن اختيار قيم للانحدار اقل من القيمة العظمى على ضوء بعض الاعتبارات التطبيقية كخطر سقوط الماشية في القناة .

واستنادا الى توصيات مكتب الاستصلاح الامريكي USBR فان انحدارا بقيمة (1.5:1) يعد مقبولا لمعظم القنوات المبطنة ولمعظم انواع التبطين.

ان اكثر مقاطع القنوات اقتصاديا هو المحسوب على اساس اصغر مساحة مقطع جريان لكمية محددة من التصريف والميل ومعامل الخشونة coefficient of roughness ، والذي يكون على شكل نصف دائرة ولما كان من الصعب عمليا جعل المقطع بهذا الشكل فان اصغر مقطع عملي يمكن رسمه داخل النصف دائرة هو الشبه النحرف والذي يكون على هيئة نصف شكل سداسي بانحدار جانبي مقداره $1:\sqrt{3}$ وهذا الانحدار يعد شديد وصعب التطبيق من الناحية العملية ولهذا يلجأ الى انحدارات اقل .

الجدول 8.1 اعظم ميل للانحدار الجانبي

نوع التربة	انحدار جانب القناة
رملية طينية رخوة	3:1 (افقي : عمودي)
رملية طينية / غرينية مزيجية	2:1
طينية ناعمة ، طينية مزيجية	1.5:1
الاكساء بالحجر فوق الترب الطينية المزيجية	1:1
طين صلد مع التبطين بالكونكريت	1/2 -- 1:1
صخر	الانحدار يعتمد على مواد القعر والتشققات الموجودة وقد يصل لحد 90°

8.2.2 فضلة العمق وتصريف الهروب Escaping Capacity

تعرف فضلةالعمق Freeboard بانها مقدار ارتفاع جانب القناة فوق المستوى التصميمي لسطح ماء القناة وهي ضرورية لحماية جوانب القناة من خطر الانهيار بواسطة الامواج الشديدة والتراوحات المفاجئة بمستويات ماء القناة بين الحين والاخر (ومثال هذا الخطر انزلاق سيارة لاندروفر داخل قناة صغيرة) .

ولغرض التخمينات الاولية ، يمكن استخدام الصيغة الاتية والتي قدمها USBR وهي

$$F = Cy \qquad (8.1)$$

حيث ان :

F : فضلة العمق بالامتار

y : عمق الجريان بالامتار

C : معامل يتبدل من 0.46 لقناة ذات سعة 00.56 م٣/ثانية الى 0.76 لقناة ذات 85 م٣/ثانية.

ويجب معايرة التخمين الاولي على اساس الاخطار المتوقعة كمقدار السيح الناتج عن زخة قوية اوكتأثير الرياح العاتية . ومن الاخطار الملفتة للنظر النقصان المفاجئ بعملية اخذ الماء من القنوات حيث يعمد بعض المزارعين عند سقوط زخة قوية الى قطع الماء عن مزارعهم مما يؤدي الى ارتفاعه في قناة التوزيع والقناة الرئيسية وقد يظهر هذا التأثير بصورة سريعة ومفاجئة حيث يتطلب الامر السيطرة السريعة على النواظم الصدرية وقد يحدث الشيء نفسه عند غلق قناة التوزيع الرئيسية بسبب كسر breach في احد جوانبها فيقع العبء على القناة الرئيسية اسفل مأخذ قناة التوزيع لتمرير تصريف اعلى من تصريف التصميم،ولذلك يجب حماية القنوات ضد هذه الاحتمالات بتصميم مقطعها لتمرير تصاريف اعلى من تصريف الحاجة الفعلية تسمى بتصاريف الهروب escaping capacity والتي قد تصل كميتها الى اكثر من التصريف التصميمي للقناة،وتقدر هذه الكمية بالاعتماد على الخبرة السابقة اوعلى اساس الاخطار المتوقعة خلال التشغيل ، وهذا يعني من الضروري ان تكون سعة قناة التوزيع عند نهايتها تساوي 60% من التصريف الداخل عند ناظم الصدر وهناك مهرب tail escape عند نهاية القناة لتمرير هذا الجريان للمبزل ، واذا كانت القناة طويلة نسبيا فان هنالك موقعا على القناة يكون من الاقتصادي عنده عمل مهرب وسطي intermediate escape مع قناة توصيل لاقرب مبزل . وبهذا يكون من الممكن عمل مقطع القناة اسفل المهرب بمساحة اقل من الذي اعلى المهرب حيث لايدخل التصريف الفائض في عملية التصميم الاولي.

8.2.3 خشونة سطح القناة

تعد معادلة مانيج Manning equation احدى اهم الصيغ المستعملة في تصاميم مقاطع القنوات وهي صيغة بسيطة وتعطي نتائج مقبولة وهي :

(بالوحدات المترية)

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

حيث ان :

V : معدل سرعة الجريان (بالمتر/ثانية)

R : نصف القطر الهيدروليكي (بالامتار) =مساحة المقطع / المحيط المبلل

S : انحدار القعر (متر / متر)

n : معامل مانيج للخشونة

واما كمية التصريف فتعطى بالمعادلة التالية :

$$Q = AV = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n} \qquad (8.2)$$

حيث ان :

A : مساحة مقطع القناة

ان قيمة n تتأثر بالعوامل التالية

أ) خشونة سطح القناة

ب) درجة انتظام المقطع

جـ) عوائق الجريان

د) الشكل الهندسي للقناة

هـ) ارتفاع الغطاء النباتي وكثافته

و) مقدار انحناء الغطاء النباتي عند الجريان العالي

ز) كمية المواد العالقة

والى حد الان ليس ثمة طريقة مقنعة لايجاد قيمة n من كل هذه العوامل مجتمعة . ومن الممكن عند اجراء التصميم اختيار قيمة n من الجدول (8.2) كخطوة بدائية او بمقارنة سطح القناة باسطح قنوات فيها قيم n معروفة ثم اختيار الانسب ومن الواجب ان نؤكد هنا ان جميع هذه الطرق تقريبية ويجب تدقيقها بواسطة القياسات الحقلية .

وحتى بالنسبة لقناة معينة فان قيمة n تتبدل مع عمر القناة من قيمة صغرى بعد اجراء عمليات الصيانة او الانشاء مباشرة الى قيمة عظمى محتملة عند حلول موعد الصيانة . ومن الممكن اجراء القياسات الحقلية على قنوات بسعات مختلفة ولظروف متنوعة .

وفي حالة عدم وجود مثل هذه القنوات فانه يفضل استعمال عدة قيم تمثل n في التصميم ثم تفحص بالحقل باقرب فرصة مناسبة .

الجدول 8.2 معامل مانتج للخشونة عن HWKING , Handbook of Hydraulics

Type of surface	*Range of roughness coefficient*
Neat cement	0·010–0·013
Cement mortar	0·011–0·015
Planed planks	0·010–0·014
Concrete	0·012–0·018
Dry rubble	0·025–0·035
Cement rubble	0·017–0·030
Earth. Straight and uniform	0·017–0·025
Rock cuts. Smooth and uniform	0·025–0·035
Rock cuts. Jagged and irregular	0·035–0·045 +
Dredged earth channels	0·025–0·033
Canals with rough stony beds, weeds on earth banks	0·025–0·040
Canals with earth bottom, rubble sides	0·028–0·035

القياس الحقلي :

يتم اختيار قناة بطول مناسب ومقطع منتظم قدر الامكان ثم يقاس التصريف وانحدار سطح الماء في القناة لذلك الطول ، بعد ذلك يوجد معدل مساحة المقطع بعد اختيار عدة مواقع نموذجية ويحسب كذلك معدل نصف القطر الهيدروليكي لهذه المقاطع . من ذلك يمكن ايجاد قيم n لتصاريف مختلفة بالتعويض عن Q و S و A و R في المعادلة (8.2).

8.2.4 القنوات المستقرة (غير المنجرفة)

عندما تكون القناةالناقلة للماء مبطنة Lined canal او ان التربة المستعملة في انشائها لاتحت non-erodible عند السرع الاعتيادية للجريان فانه يمكن تصميمها ببساطة باستعمال صيغة مانتج ، وهذا يتيح بعض الحرية في اختيار المقطع النهائي الواجب تقريره على ضوء الاعتبارات العملية والاقتصادية ومن المناسب وضع المعادلة (8.2) بالشكل الاتي :

$$\frac{Qn}{S^{1/2}} = AR^{2/3} \qquad (8.3)$$

ويسمى الجزء الايمن من المعادلة الانفة الذكر بمعامل المقطع Section Factor ان قيمتي Q و S هما المتطلبان الاساسيان في تصميم القناة واللذان يحسبان بالاستناد للاحتياجات المائية وخصائص التسلط المائي (انظر 8.1.5 و 8.1.3) . وكما ذكرنا فان معامل الخشونة n يوجد بالقياس او التخمين عندئذ يمكن حساب عامل المقطع بالنسبة للمقطع الشبه المنحرف ويعتمد كلا من A و R على عرض القعر وعمق الماء وانحدار الجوانب اي

$$A = (b + yz)y \tag{8.4}$$

$$R = \frac{(b + yz)y}{b + 2y\,(1 + z^2)^{1/2}} \tag{8.5}$$

ولهذا السبب فان

$$\begin{aligned} A/b^2 &= f_1(y/b, z) \\ R/b &= f_2(y/b, z) \\ \frac{AR^{2/3}}{b^{8/3}} &= f_3(y/b, z) \end{aligned} \tag{8.6}$$

و

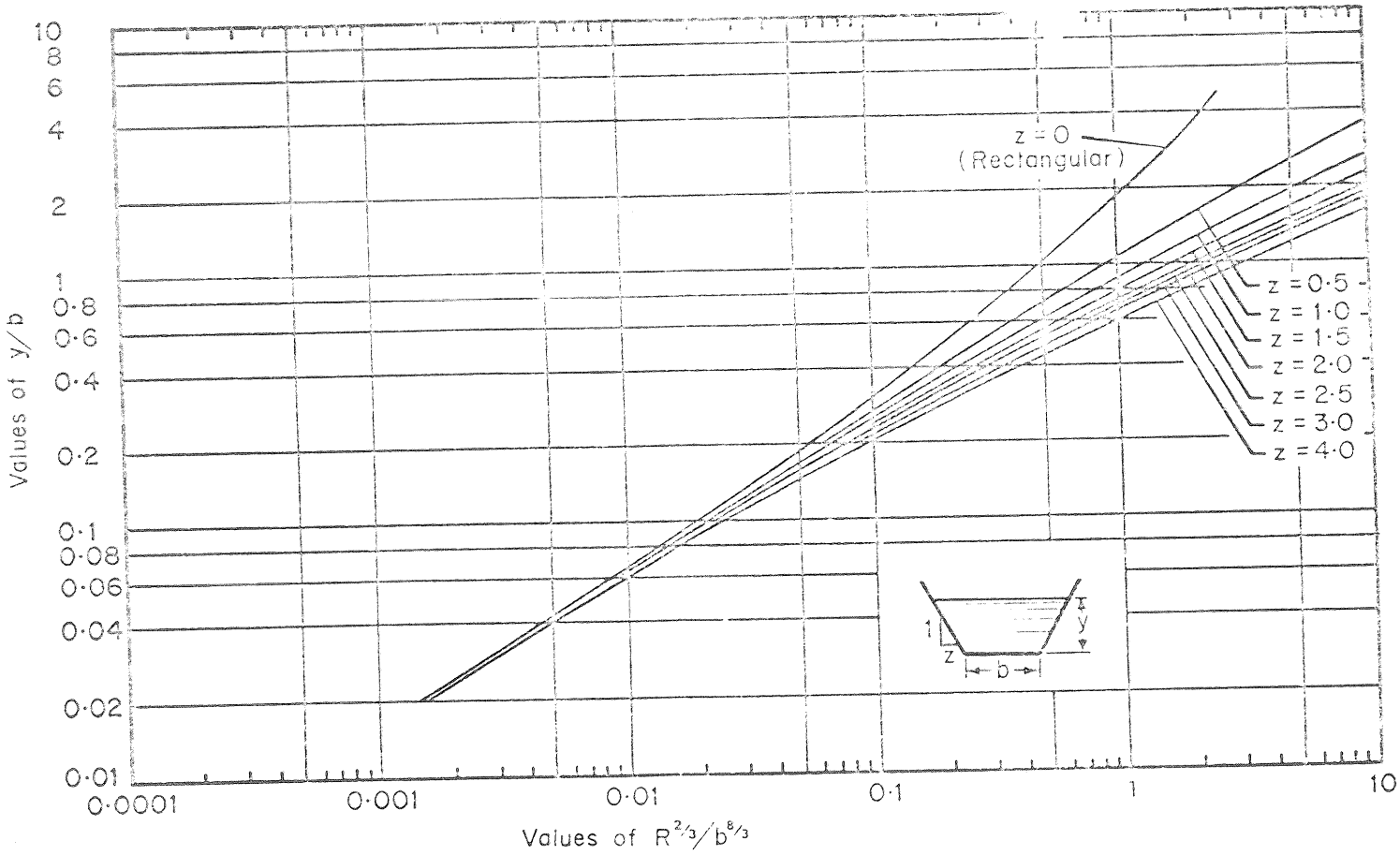
بالنسبة للرموز المستعملة انظر الشكل(8.7) .

والشكل 8.7 عبارة عن مخطط يربط بين قيم $\frac{AR^{2/3}}{b^{8/3}}$ بما يقابلها من قيم y/b لقيم Z من 3 الى الصفر . اما قيمة Z فقد حددت (8.2.1) .

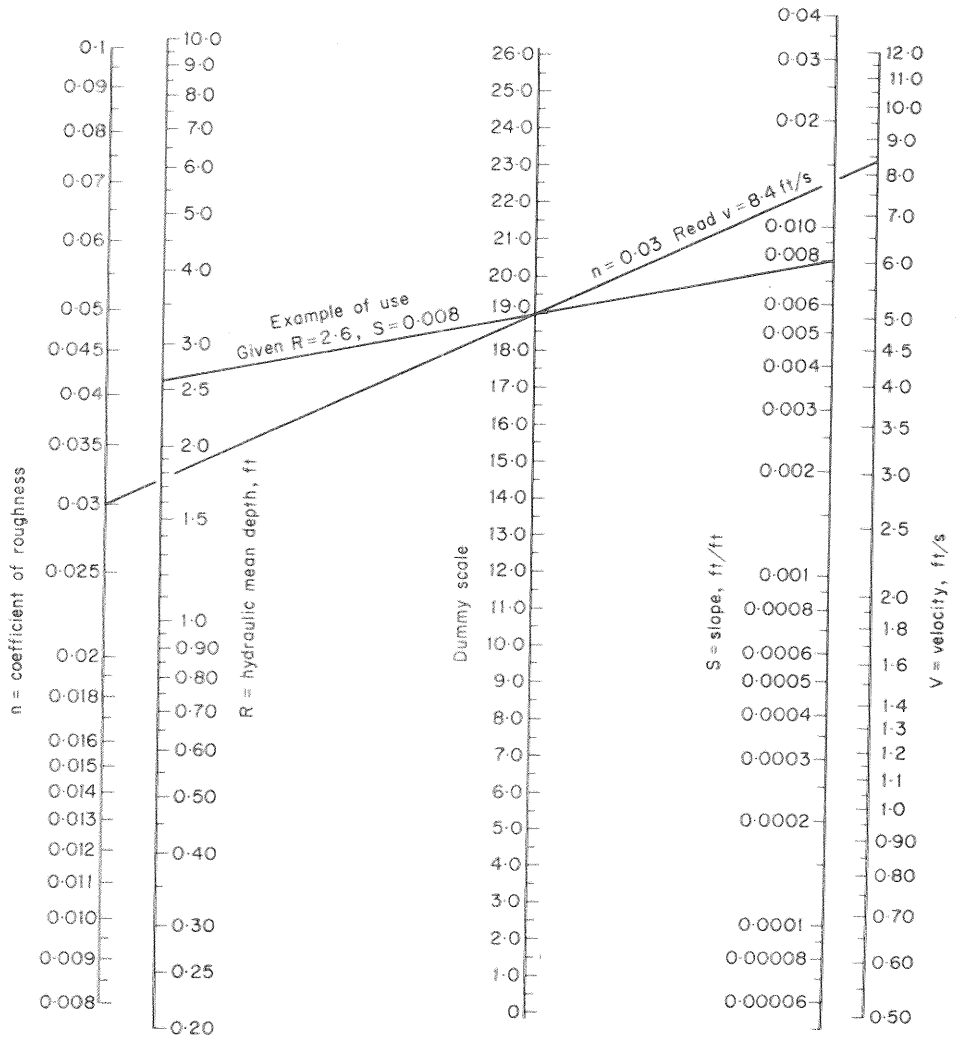
يستعمل الشكل 8.7 لايجاد قيمة y/b استنادا الى قيمة عامل المقطع المحسوبة ، ويتم اختيار b مع اخذ طريقة انشاء القناة بنظر الاعتبار ومنها يتم الحصول على قيمة y اي عمق الماء في القناة .

هنالك توصيات مختلفة من جهات متباينة عن الاختيار النهائي لابعاد القناة حيث يوصي المكتب الامريكي للاستصلاح بان تكون $y=0{\cdot}5\sqrt{A}$ لقنوات الري حيث ان A بالامتار المربعة و Y بالامتار . تضاف فضلة عمق لقيمة y للحصول على ارتفاع جانب القناة النهائي . يتم حساب سرعة الجريان (Q/A) حيث تكون من المفضل اعلى من 0.8 م / ثانية في القنوات الترابية (غير المبطنة) لمنع نمو الحشائش ولكن هذه السرعة غير عملية للقنوات الصغيرة .

واما الرسم البياني المتعدد المحاور، الشكل 8.8 فيمكن استخدامه لاجراء التخمينات الاولية لقيم (V و R و S و n) وعند معرفة العوامل الثلاثة يمكن اجراء الحسابات الدقيقة بصورة نهائية مقبولة .



الشكل 8.7 منحنيات حساب العمق الاعتيادي



الشكل 8.8 نومركراف لحل معادلة مانتج

8.2.5 القنوات المنجرفة Erodible Channels

يمكن تصنيف القنوات المعرضة لتبدل مقطعها دون الوصول الى حال الاستقرار الى صنفين :

أ) القنوات ذات القعر المنجرف والتي تنقل الماء الصافي

ب) القنوات ذات القعر المنجرف والناقلة للرسوبيات sediments وبعض المواد العالقة

المجموعة أ : تكمن المشكلة في هذه القنوات بايجاد السرعة التي يبدأ عندها الكسح scour ثم ابقاء السرعة داخل القناة دون هذا المستوى ، وهنالك عوامل عديدة يجب اخذها بنظر الاعتبار كالطبيعة الاضطرابية turbulent nature للجريان والخصائص الفيزيائية والكيميائية لمادة القعر . ولهذه الاسباب ليس هناك نظرية كاملة ومحددة يمكن الركون اليها للحصول على نتائج دقيقة ومحددة لسرعة الجريان ، وهنالك امثلة عديدة عن قنوات متماثلة ظاهريا بالابعاد ومادة القعر وسرعة الجريان ومع ذلك فقد تعرض قسم منها للكسح ولم يتعرض اخر ، وقد وجد ان المواد الشبه غروية colloidal كالطين ولو بكميات قليلة يكون له تأثير ايجابي على استقرارية قعر القناة وجوانبها .

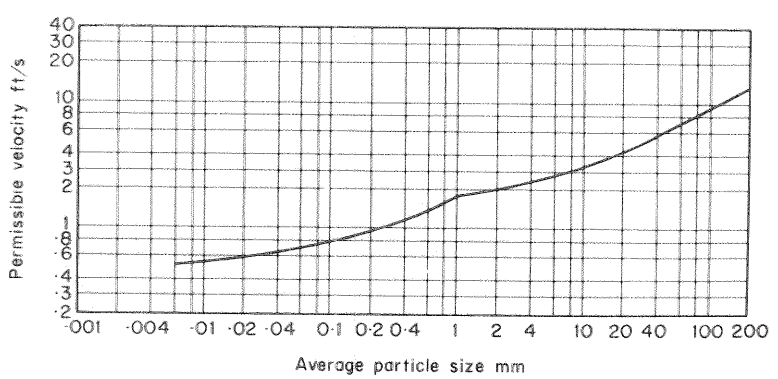
السرعة العظمى المسموحة : نشر فورتير وسكوبي FORTIER amd SCOBEY عام 1926 جدولا للسرعة العظمى المسموح بها في القنوات يغطي انواعا عديدة من المواد . ان اس ال هذه القيم محدد للقنوات المعمولة بانحدار جانبي قليل وباعماق اقل من متر واحد .

وفي عام 1936 تم نشر بحث في الاتحاد السوفيتي يتضمن منحنا عن السرع العظمى المسموح بها في القنوات المعمولة من ترب متماسكة cohesive وترب غير متماسكة non-cohesive الشكلين (8.9 و 8.10) مع عوامل معايرة adjusting factors للعمق (الشكل 8.11) حيث وجد في ذلك البحث ان مقاومة القنوات للسرع العالية تزداد بازدياد عمق الجريان .

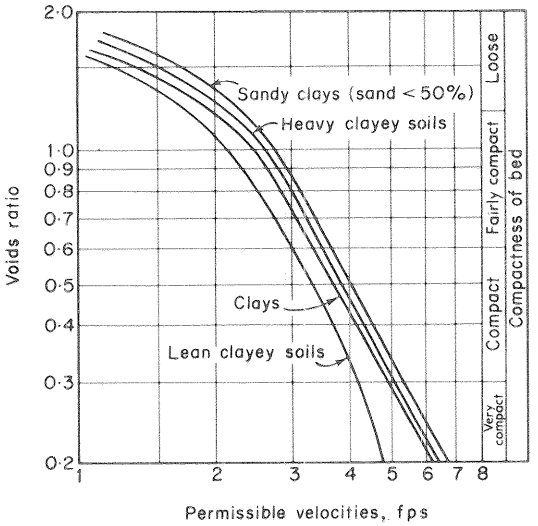
وقد اثبتت التجربة ان بالامكان استخدام هذه المنحنيات والجداول مع محدداتها لغرض عمل تصميم امين للقنوات المستقرة .

الجدول 8.3 السرع العظمى المسموح بها والتي اوصى بها فورتير وسكوني وما يناظرها من قيم وحدة قوة السحب المعطاة من قبل مكتب الاستصلاح الامريكي

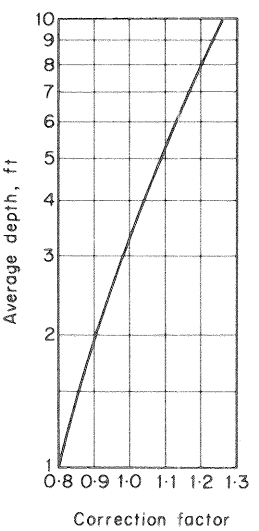
Material	*n*	*Clear water*		*Water transporting colloidal silts*	
		V (*fps*)	T_o (lb/ft^2)	*V* (*fps*)	T_o (lb/ft^2)
Fine sand, colloidal	0·020	1·50	0·027	2·50	0·075
Sandy loam, non-colloidal	0·020	1·75	0·037	2·50	0·075
Silt loam, non-colloidal	0·020	2·00	0·048	3·00	0·11
Alluvial silts, non-colloidal	0·020	2·00	0·048	3·50	0·15
Ordinary firm loam	0·020	2·50	0·075	3·50	0·15
Volcanic ash	0·020	2·50	0·075	3·50	0·15
Stiff clay, very colloidal	0·025	3·75	0·26	5·00	0·46
Alluvial silts, colloidal	0·025	3·75	0·26	5·00	0·46
Shales and hardpans	0·025	6·00	0·67	6·00	0·67
Fine gravel	0·020	2·50	0·075	5·00	0·32
Graded loam to cobbles when non-colloidal	0·030	3·75	0·38	5·00	0·66
Graded silts to cobbles when colloidal	0·030	4·00	0·43	5·50	0·80
Coarse gravel, non-colloidal	0·025	4·00	0·30	6·00	0·67
Cobbles and shingles	0·035	5·00	0·91	5·50	1·10



الشكل 8.9 المعلومات الامريكية والسوفيتية عن السرع المسموح بها بالنسبة للترب الغير متماسكة.



الشكل 8.10 منحنيات تمثل المعلومات السوفيتية حول السرع المسموح بها في الترب المتماسكة



الشكل 8.11 منحني يبين عوامل تصحيح السرع المسموح بها حسب المعلومات السوفيتية بالنسبة للترب المتماسكة وغير المتماسكة.

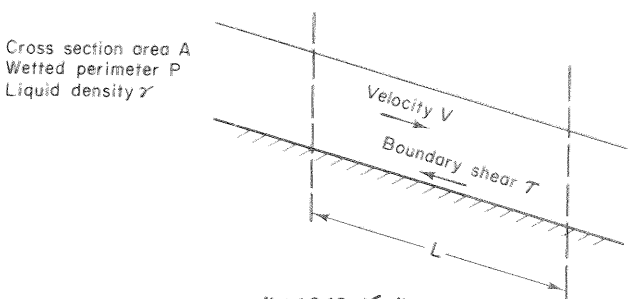
قوة السحب Tractive Force

اذا تمعنا قليلا في ميكانيكية الكسح المائي فان ذلك سيقودنا الى الالتفات للقوة الساحبة للماء الجاري المتلامس مع قعر القناة وجوانبها (الشكل 8.12) . لنأخذ طولا معينا من القناة ونعتبر ان الجريان فيه منتظما (الشكل 8.13) وان قوى الجاذبية المؤثرة على اي جزيئة سوف تتزن بمقاومة الاحتكاك للقعر اي :

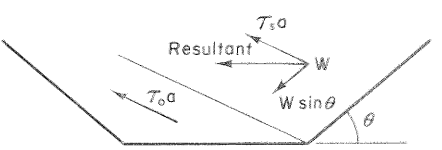
$$\gamma ALS = \tau_o PL$$

حيث ان τ_o هي وحدة قوة السحب ،من ذلك

$$\tau_o = \gamma RS$$



الشكل 8.12 قوة السحب



الشكل 8.13 قوة السحب على قعر القناةوجوانبها

وفي حالة افتراض عدم انتقال اجهادات القص shear من شريحة طولية لاخرى ، عندها تكون قوة وحدة السحب Unit-Tractive Force لاي نقطة على قعر القناة وبعمق h هي :

$$\tau_o = \gamma hS.$$

وهذه القوة ليست موزعة بصورة منتظمة فوق القعر او على جوانب القناة ، وقد بينت الدراسات التي قدمها مكتب الاستصلاح الامريكي سلوكية التوزيع ولعدة انواع شائعة من مقاطع القنوات وبصورة عامة فان اعظم قوة سحب على قعر القناة ذات مقطع شبه المنحرف يمكن الحصول عليها بصورة تقريبية من الصيغة γyS وعلى الجوانب من الصيغة $0.75\gamma yS$ حيث ان y هو اعظم عمق لجريان الماء بالقناة .

ان تربة سطح جوانب القناة تكون معرضة لقوى الجاذبية باتجاه الاسفل فضلا عن قوى السحب باتجاه الجريان ومن ذلك نستطيع ان نثبت ان :

$$\frac{\tau_s}{\tau_o} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2\theta}{\sin^2\phi}}$$

حيث ان :

τ_s : قوة السحب الحرجة على جوانب القعر

τ_o : قوةالسحب الحرجة على قعر القناة

θ : زاوية ميل جانب القناة مع الافق

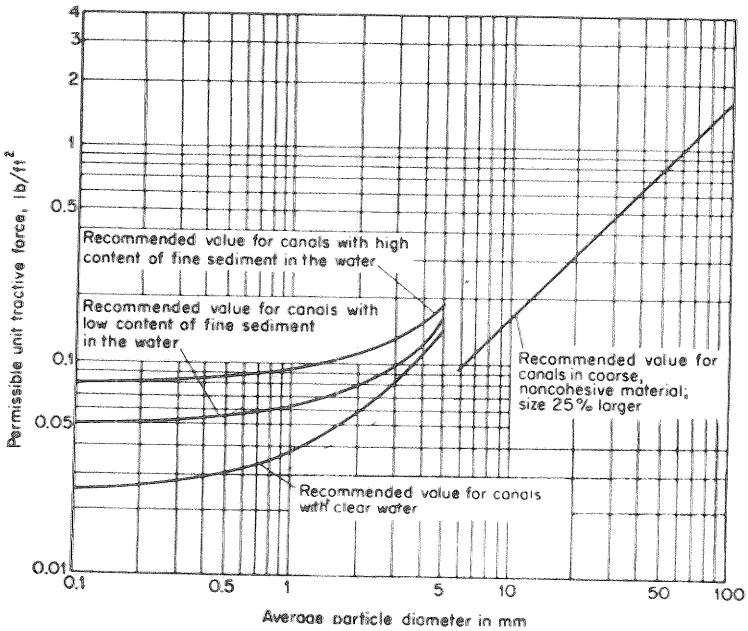
ϕ : زاوية الاستقرار لحبيبات التربة

والصيغة الانفة الذكر تسمى بنسبة قوة السحب Tractiv Force Ratio وهي ذات دلالة بالغة في الترب الخشنة غيرالمتماسكة ، وقوة السحب الحرجة لاي تربة هي التي تبدأ عندها الحركة وتوجد عادة في المختبر باجراء اختبار على قناة اصطناعية ، وقد وجد ان القيم الحقلية تكون اكبر ولذلك فان قيم السحب المستحصلة من تجارب على قناة اصطناعية يمكن اخذها كاعظم قيمة مسموح بها في الحقل. يعطي الشكل 8.14 قيم اعظم قوى سحب مسموح بها للترب غير المتماسكة ، والشكل 8.15 يمكن استخدامه لتقدير قيم الزاوية ϕ .

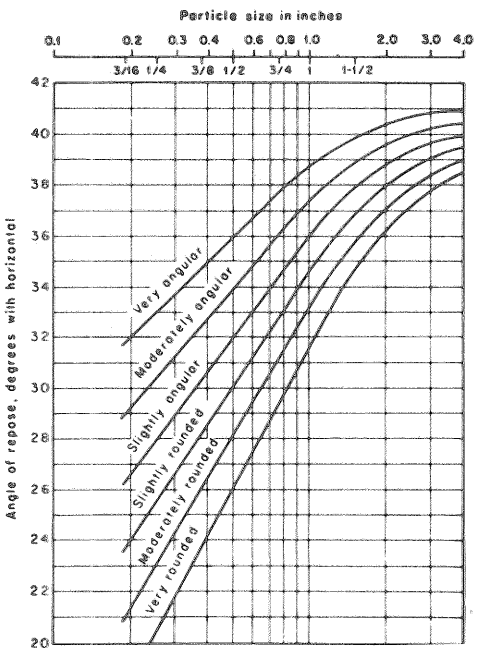
مقطع القناة المستقر:

بافتراض النقاط الخمس الاتية

أ) الانحدار العرضي لقعر القناة من المركز وباتجاه الحافة يساوي صفراً وعليه فحبيبات التربة سوف تتحرك بتأثير قوة السحب فقط



الشكل 8.14 وحدة قوة السحب المسموحة والموصاة بالنسبة للقنوات المعمولة من ترب غير متماسكة (مكتب الاستصلاح الامريكي)



الشكل 8.15 زوايا الاستقرار

ب) ان حبيبات التربة الواقعة على سفح القناة سوف تتحرك تحت تأثير محصلة قوة السحب وقوة الجاذبية الارضية وباتجاه جريان الماء.

ج) ان حبيبات التربة مقيدة الحركة بتأثير وزنها المغمور المؤثر عمودياً على جانب القناة.

د) تساوي انحدار الجانب عند خط الجريان water Line وفوقه لزاوية الاستقرار لحبيبات التربة.

هـ) ان قوة السحب على مساحة جزئية من قعر القناة تعود بالكامل الى ارتفاع عمود الماء الذي فوقها والى انحدار سطح الماء.

من ذلك نستطيع ان نرى ان مقطع القناة الذي تصل نقاطه للحركة المعنية في الوقت نفسه يكون على شكل منحني الجيب، وبالنسبة لمواد القعر ذات الاستقرارية الضعيفة فان هذه العوامل تشكل مجتمعة المقطع المائي المستقر والذي يحتاج الى اقل حجم من الحفريات لتصريف معين، وطبيعي فان انشاء مثل هذا المقطع امر غير عملي وغير ضروري البتة.

ان عمل القناة بمقطع شبه منحرف مناسب سوف يؤدي للوصول للمقطع المائي المستقر خلال الاستعمال.

خطوات التصميم

أ) نستحصل قيمة زاوية الاستقرار ϕ angle of repose المناسبة لمادة القعر من الشكل 8.15

ب) يتم اختيار انحدار جوانب القناة المناسبة (اقل من ϕ)

ج) يتم احتساب نسبة قوة السحب.

تضرب قوة السحب المسموح بها والمطبقة على مادة القعر بنسبة قوة السحب ثم تساوي بالمقدار γ_{ys} 0.75 لغرض الحصول على اعظم قيمة للعمق y وذلك لاستقرار المنحدرات الجانبية للقناة.

هـ) تساوي قوة السحب المسموح بها بالمقدار γ_{ys} للحصول على اعظم قيمة للعمق y وذلك لاستقرارية القعر.

تعتمد القيمة الصغرى لـ y من الخطوتين السابقتين القيمة التصميمية للجريان ، ثم تستعمل صيغة ماننج لايجاد اقل قيمة لعرض القناةb والتي تستوعب التصريف المطلوب عند عمق التصميم المذكور اعلاه (انظر 8.2.4) ، من البديهي الان ان نظرية قوة السحب لاتستطيع اعطاء شرح كامل لاساسيات ميكانيكية حركة التربة المعرضة لقوى الماء الجاري ولكنها تعطي نظرة لابأس بها مقارنة لما تعكسه النظرية البسيطة للسرعة العظمى المسموحة والدراسات التجريبية التي قام بها . أ .

شيلدزوسي . ام وايت CM WHITE و A SHIELDS وغيرهم من الباحثين قد خاضت بالمبادئ الاساسية المتحكمة بحركة حبيبات التربة بصورة اعمق وقدمت نظرية افضل ولكنها ابعد مما تحتمله نظرة هذا الكتاب الى مثل هذه الأمور ويمكن مراجعة تفاصيلها (المصدر الثاني) .

المجموعة (ب)

مازال المهندسون ومنذ القرن التاسع عشر في بعض البلاد كالهند ومصر يواجهون مشكلة تصميم القنوات من مواد غير مستقرة لنقل الماء المحمل بالرسوبيات وفي حالات عديدة تعقدت المشكلة اكثر بالتغير الحاصل بكمية الرسوبيات خلال فصول السنة .

وعلى ضوء ذلك تم اقتراح مايسمى بسرعة الغرين المتوازنة ، اوجد كندي KENNEDY 1895 صيغة على بعض القياسات في الهند ووضعها بالشكل الاتي :

$$V_o = ky^n$$

حيث ان V_o هي سرعة الغرين المتوازنة و K و n هما ثابتان لمنطقة جغرافية مبنية على تجانس انواع التربة وكميات الرسوبيات الفصلية المختلفة ومن الناحية العملية فان ترسب الرسوبيات يحصل خلال فصل الفيضان فقط . يرجع الكسح خلال بقية السنة القناة الى مقطعها الاصلي ولهذه الاسباب فان العلاقة بين عمق القناة وعرضها تقع ضمن الواقع التصميمي لعامل الزمن .

وهكذا يبدو واضحاً ان السرعة الحرجة critical velocity ليست ببساطة دالة لعمق الجريان ، حيث يتم تطوير قوانين تربط عمق القناة بعرضها ، والغاية من كل ذلك هي عمل قناة في نظام معين تبقى متوازنة ، اي قناة لها القابلية على استرجاع شكل مقطعها

بعد كل دورة سنوية من الكسح والترسب deposition وليست قناة يتوازن فيها الترسب والكسح مع بقاء كمية المواد العالقة في الماء ثابتة. في نظرية توازن القنوات نشر ليسي LACEY 1933 بحثاً مشهوراً حيث اعاد ترتيب معلومات قديمة من قنوات في الهند لتكون قاعدة لمجموعة متكاملة من معادلات التصميم، وقد كان تطبيق هذه المعادلات ناجحاً في الهند وربما تصلح للتطبيق في مناطق اخرى اذا اجريت لها معايرة، والتطورات الاخيرة من قبل ليسي وانجلز INGLIS واخرين والتي اخذت تركيز اوكثافة الرسوبيات بنظر الاعتبار قد وضعت الطريقة على المسار الصحيح اكثر من السابق.

لاحظ كل من سايمون والبرتسون SIMON and ALBERTSON 1960 اهمية الرسوبيات لقعر وجوانب القناة وتاثير نوعية مواد الرسوبيات على القنوات ووضعا تصنيفاً خاصاً بهما يمكن ملاحظة خلاصته في الجدول 8.4.

الجدول 8.4 انواع القنوات، انواع ضفاف وقعر القنوات

1 قعر وجوانب رملية
2 قعر رملي وجوانب متماسكة
3 قعر وجوانب متماسكة
4 مواد خشنة غير متماسكة
5 مثل 2 مع حمل رسوبيات ثقيل

وهنالك مجموعة من المعادلات بالوحدات البريطانية تجمع بين متغيرات الجريان وشكل القناة عند حالة الرسوبيات المتوازنة وهذه المعادلات قائمة اساساً على معلومات مستقاة من تجارب اجريت في الهند وفي امريكا الشمالية.

$$P = K_1 Q^{1/2}$$
$$b' = 0.9P$$
$$b' = 0.92B - 2.0$$
$$R = K_2 Q^{0.36}$$
$$y = 1.21R \text{ for } R \leqslant 7 \text{ ft}$$

$$y = 2 + 0.93R \text{ for } R \geqslant 7 \text{ ft}$$
$$v = K_3 (R^2 S)^m$$
$$\frac{C^2}{g} = \frac{v^2}{gyS} = K_4 \left(\frac{vb'}{\nu}\right)^{0.37}$$

ويقصد بالرمز C معامل جيزي

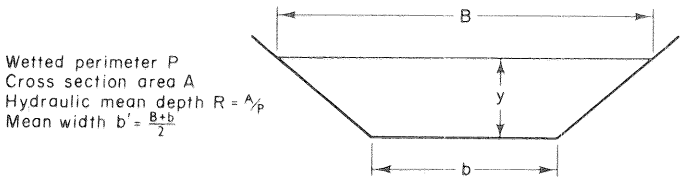
المعاملات k_1 و k_2 والاس m متغيرات بالنسبة لنوعية القناة (انظر الجدول 8.5) الجدولان 8.4 و 8.5 والمعادلات المرافقة من اف. ام هندرسون (المصدر الثاني) وهي مطورة عن بحث نشره سايمون والبيرتسون ، وقد جرى في السنوات اللاحقة الكثير من الابحاث التحليلية والتجريبية والتي استهدفت اشتقاق طريقة تصميمية عامة قائمة على اسس نظرية سليمة. ولو جرى تصميم القناة بصورة مرضية لنقل ماتحمله من الرسوبيات تبقى مشكلة تراكم هذه الرسوبيات على ارض الحقل. لذلك ينصح بعض الاحيان ادخال ماء الري لاحواض ترسيب قبل نقله الى الحقل ويمكن النظر للامر بجدية اذا كانت كلفة احواض الترسيب على المدى الطويل اقل من تطهير القنوات canal clearing او معايرة النظام للمستويات المرتفعة للحقل.

8.2.6 التسرب Seepage

يمكن تقدير متوسط كميات الماء المتسرب في المناطق المروية وذلك بقياس كميات الماء الداخل والخارج على مقطع نموذجي من القناة ، وبعد طرح الخارج من الداخل يمكن تخمين الفاقد المتسرب داخل التربة بعد اخذ الفاقد نتيجة التبخر بالحسبان. ويعبر عن هذا الفاقد بكمية الماء لوحدة طول من القناة وبعد ذلك يجري تعميمها على القنوات ذات الظروف المتشابهة.

الجدول 8.5

Coefficient	*Canal type*				
	1	2	3	4	5
k_1	3·5	2·6	2·2	1·75	1·7
k_2	0·52	0·44	0·37	0·23	0·34
k_3	13·9	16·0	—	17·9	16·0
k_4	0·33	0·54	0·87		
m	0·33	0·33		0·29	0·29



الشكل 8.16 مقطع قناة

واذا ماتم التعبير عن الفاقد لوحدة المساحة السطحية المبتلة فانه من المحتمل الحصول على نتائج غير حقيقية لقنوات ذات مقاطع مختلفة .

وللطبيعة المتغيرة لظروف الماء الارضي وقعر القناة ونوعية مادة جوانب القناة فان مسألة تخمين كمية الماء المتسرب في غياب اية معلومات حقلية من قنوات نموذجية تعد مرفوضة ، حيث ان التحليلات النظرية لايمكنها تخمين كمية الماء المتسرب ماعدا في بعض الحالات البسيطة وهنا لابأس من ان نقتبس مايقوله المكتب الامريكي لاستصلاح الاراضي :

«ان التقدير الدقيق لفاقد التسرب امر في غاية الصعوبة ولايمكن الركون بصورة مطلقة حتى لافضل النتائج » وقد لوحظ عملياً ان معظم التسرب يظهر في المناطق الرخوة او التي لم يجري رصها بشكل جيد وحسب المواصفات . والجدول 8.6 يعتبر كدليل لتقدير كميات الماء المتسرب ولكن بعد تدقيق هذه القيم بالقياسات الحقلية كما شرحنا انفاً . وهنا يجب عدم استخدام فحوصات الارتشاح لقعر القناة الا لاغراض المقارنة فقط .

الجدول 8.6 فواقد التسرب من القنوات

Type of soil	*Seepage loss* ($m^3/m^2/day$)
Impervious clay loam	0·07–0·10
Medium clay loam, impervious layer below channel bottom not exceeding 900 mm in depth	0·10–0·15
Clay loam, silty soil	0·15–0·23
Clay loam with gravel, sandy clay loam, gravel cemented with clay particles	0·23–0·30
Sandy loam	0·30–0·45
Sandy soil	0·45–0·55
Sandy soil with gravel	0·55–0·75
Pervious gravelly soil	0·75–0·90
Gravel with some earth	0·90–1·80

8.2.7 تبطين القنوات Canals Lining

ان التبطين امر لا مناص منه عند انشاء القنوات من مواد ذات نفاذية عالية ، وعندما تحتوي التربة على نسبة عالية من المواد الناعمة (غرين وطين) ولاتتجاوز نفاذيتها 0.8 م/ يوم فان فوائد التبطين تكون قليلة ويفضل عندها عمل دراسة لتقويم العملية اقتصادياً. وعادة ما توازن كلفة التبطين بالنقصان في حجم الاعمال الترابية المزمعة وقلة كلفة الصيانة ونقصان الحاجة للبزل (كمية الماء المتسرب قليلة جداً او لا تذكر) واخيراً قلة كميات الماء المهدور.

الاكساء بالخرسانة : — يجرى الرصف بالكونكريت موقعياً وبالواح panels لا تزيد ابعادها عن 5 م × 5 م وبسمك يتراوح من 75 ملم الى 100 ملم وذلك للحد من التشققات الناجمة عن التقلص والتمدد. وفي القنوات الكبيرة يفضل ملء الفواصل Joints الكبيرة بين الالواح بمركبات من القير والمطاط ولا يحتاج الامر عادة الى استخدام مقاطع التسرب Waterstop.

التبطين الانزلاقي بالخرسانة : — تعد هذه الطريقة من ارخص الطرق المتبعة بالتبطين حيث تفرش الخرسانة بصورة مباشرة على المساحة المعينة بمكائن خاصة تاخذ شكل القناة المطلوب تبطينها ، ويقلل مقدار التقلص shrinkage باستعمال ماء وسمنت اقل في الخلطة الاصلية للخرسانة.

غونايت Gunite : — وهو عبارة عن مزيج من الرمل والسمنت يجري كبسه تحت تاثير الهواء المضغوط الى مبثق nozzle حيث يتم مزجها هناك وبعد ذلك يتم رش الخليط على شكل نفاث على ارضية القناة بعد وضع شبكة من الحديد الخفيف لزيادة التحمل. وعمل الفواصل امر ضروري كالطريقة الاولى اما سمك التبطين فهو من 30 ملم الى 50 ملم.

المطاط البيوتيلي Bytyl rubber : — اثبتت مادة المطاط البيوتيلي نجاحاً ومتانة باعمال التبطين وبسمك يتراوح من 0.50 ملم الى 1.0 ملم. ويجب تنظيف السطوح المزمع تبطينها قبل البدء بالعملية ورص الحوافي الواقعة على القمم العلوية من الجوانب المنحدرة بصورة جيدة لزيادة استقراريتها. ولهذه المادة القابلية على مقاومة اثقال الماشية المتحركة واشعة الشمس الشديدة وكل الاستعمالات الخشنة ، وفي بعض الاحيان يستحسن تغطية طبقة المطاط البيوتيلي بطبقة من التربة يبلغ سمكها 150 ملم لزيادة المقاومة واطالة عمر التبطين.

الاغشية البلاستيكية او اللدائينية Plastic membranes

عادة ما تتعرض الاغشية البولينية ونوعية PVC للتمزق في حالة عدم دفنها تحت التربة او ترتفع للسطح وتهتز تحت تاثير الرياح الشديدة عندما تجف القناة،وهذه المواد تتعرض للتلف عند تعرضها لضوء الشمس الشديد ، وهذه الاغشية فعالة وناجحة اذا تمت حمايتها من الاعلى والاسفل بطبقتين من الرمل الناعم ثم تكسى بطبقة رقيقة من الكونكريت بسمك لايتجاوز 80 ملم،اما سمك الاغشية المرنة فيتراوح من 0.2 ملم الى 0.5 ملم .

الاغشية القيرية Bituminous Membranes

يرش القير على السطوح المراد تبطينها بعد تنظيفها من الاحجار والاعشاب لتكوين غشاء يبلغ سمكه حوالي 6 ملم ، وهذه الطريقة من ارخص الطرق المتبعة وقد تكون فعالة واقتصادية اكثر اذا ماتمت تغطية هذه الطبقة من التراب الخالي من الاحجار وبسمك 150 ملم ، وهذه الطريقة غير ناجحة في الترب الطينية والتي تعاني من التشقق عند الجفاف .

الحصى القيري Bitumen Macadam

يعد التبطين بمزيج الحصى والقير من الطرق الناجحة والعملية جداً حيث تسهل صيانة هذا المزيج اكثر من الطرق الاخرى وبوقت قصير فضلاً عن سهولة وضع المزيج على الاسطح المراد تبطينها بمكائن خاصة ، وهذه الطريقة مفضلة على باقي الطرق عندما يكون خطر الهبوط Settlement والذي يظهر عند عبور القناة لمنخفض حيث يجري تعليتها بوساطة الاملائيات الترابية .

المواد المانعة للتسرب في المياه

لوحظ عملياً ان القنوات المحملة بالغرين يقل فيها التسرب عن تلك التي تحمل ماءً صافياً وقد جرت محاولات لحث هذه الظاهرة باضافة بعض المواد للماء مثل البتونايت وبصورة عامة لم تلق هذه الطريقة النجاح المتوقع .

8.2.8 الابعاد القياسية

المنحنيات Curves : يعد المنحني ضروري لتغيير اتجاه الجريان باقل خسارة في الشحنة مع منع كسح الجوانب الخارجية للقناة في حالة كونها غير مبطنة فضلاً عن تقليل الترسبات لاقل حد ممكن . وقد اوصى ليفيافسكي (المصدر 4) LEVIAVSKY بجعل نصف قطر القوس عند خط المركز (المنتصف) من 10 الى 15 مرة عرض القعر، اما المكتب الامريكي لاستصلاح الاراضي (المصدر 7) فيوصي بعمل نصف قطر خط مركز المنحني من ثلاثة الى سبعة امثال عرض سطح الماء في القناة مع اخذ حجم وسعة القناة وخصائص التربة والجريان بنظر الاعتبار، وهذه العوامل كلها قد تؤدي الى زيادة لابأس بها بنصف القطر. اما بالنسبة للقنوات المبطنة فان نصف قطر المنحني يكون اصغر نسبة لعرض القعر بالرغم من ان هذا قد لا يكون نافعاً على وجه الخصوص بالنسبة للكلفة او استخدامات الاراضي .

عرض اعلى الضفة : ان تحريات وفحوص شبكة الجريان هي التي تتحكم باقل عرض للضفة المطلوب انشاءها لتجنب ظهور التسرب عند الجوانب الخارجية لها ومع ذلك فان العوامل الرئيسية التي تتحكم بمعظم الحالات هي الجوانب العملية لطريقة الانشاء والاستعمال . وبصورة عامة يتبدل العرض من 5 م للقنوات الرئيسية الى 2 م للقنوات الموزعة الصغيرة ، ويمكن عمل ضفاف اعرض اذا اريد استخدامها كطرق للمواصلات مع مراعاة كونها مرصوصة بصورة مقبولة .

الانحدارات الجانبية الخارجية Outer Slopes

ان الانحدارات القياسية الشائعة الاستعمال هي (1:1, 1:1.5, 1:2) ، عموماً يقل الانحدار بازدياد سعة القناة وقلة تماسك التربة ومن النادر جداً استخدام انحدار اقل من 1:2 .

8.3منشأت القنوات

هنالك عدة منشأت على كل قناة ري وهي على الاقل تقدير ناظم عند البداية للسيطرة على كمية الجريان ، ومنفذاً عند المؤخرة لتصريف الماء الزائد الى المبازل . وقد يكون هنالك نواظم اضافية عبر القناة للسيطرة على منسوب المياه فيها . وفي المناطق

الشديدة الانحدار توضع مساقط للمياه (شلالات) على طول القناة لتشتت الطاقة او الانحدار وتقليل سرعة الماء. اما قنوات التوزيع فعليها عدة منافذ للمياه لتوزيعه على المساقي. ويمكن استخدام النواظم الرئيسية جسوراً لتسهيل حركة المواصلات من والى الحقل فضلاً عن العبارات والمنشأت الضرورية الاخرى.

8.3.1 ناظم صدر القناة Head Regulator

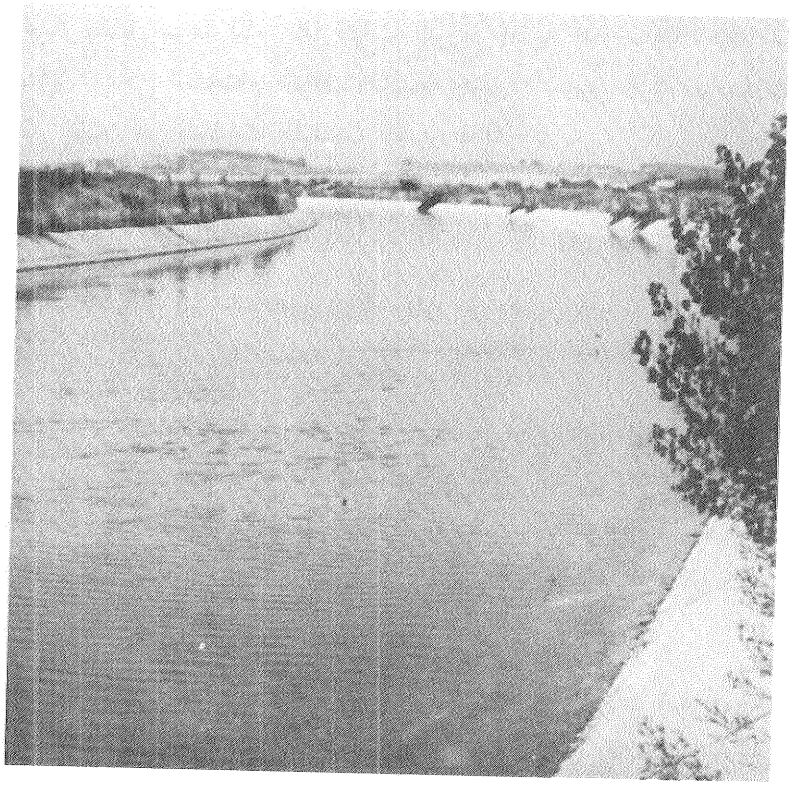
ان ناظم الصدر منشأ ضروري للسيطرة على الجريان وقياسه باقل خسارة بالشحنة، وهذا الامر يمكن تنفيذه بوساطة الهدارات Weirs او بوابات التحكم sluice gates.

الهدارات : تعد الهدارات من المنشأت التي تقيس الجريان بدقة، ولكنها تحتاج الى فارق بالشحنة اكبر مما تحتاجه بوابات التحكم. والسقوط الطليق free fall للماء امر ضروري جداً اذا اريد ابقاء الجريان غير معتمد على منسوب المؤخر، والتصريف فوق الهدارات المستوية يتبدل مع الشحنة التي فوق حافتها crest للاس $3/2$ ولذلك فهو حساس جداً للتراوحات في منسوب جريان المقدم.

والهدارات بابسط اشكالها عبارة عن عارضة تدخل بشقوق عريضة في جدران الناظم والتي تحتاج لمعايرة خاصة لقياس الجريان وهذه النوعية لا يعتمد عليها في القياسات الدقيقة حيث يتطلب الامر هدارات بحافات عريضة broad crested او مستدقة عند النهاية sharp crested ولها قابلية الحركة وهي معمولة من الحديد المغلون ومجهزة بآله رفع يدوية او كهربائية.

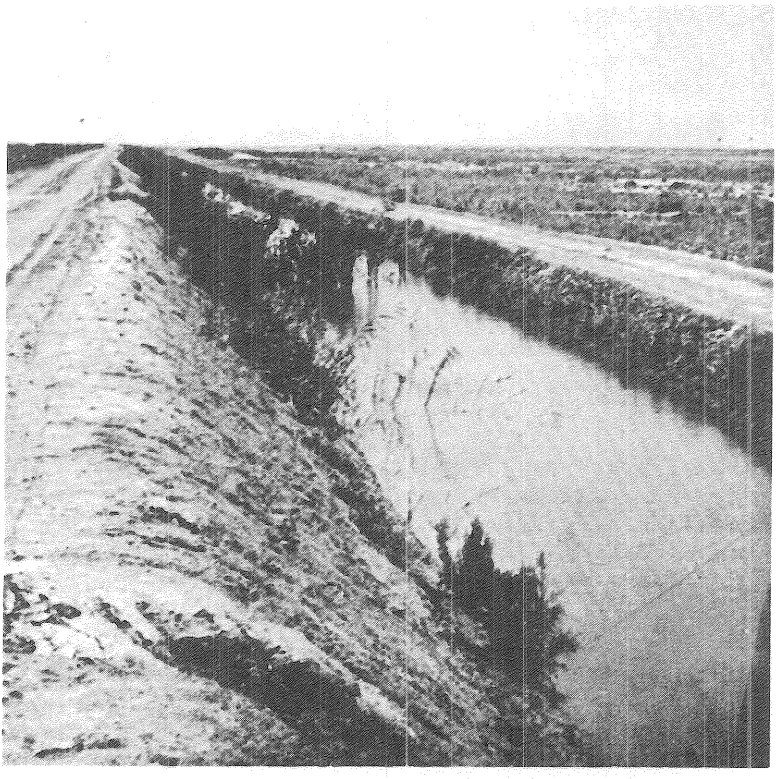
البوابات Gates

ان الجريان من الفتحات تحت بوابات التحكم يتبدل مع الفارق بالمنسوب بين المقدم والمؤخر للاس $\frac{1}{2}$ ولهذا فهو غير حساس للتراوحات الصغيرة لمنسوب ماء المقدم ولكنه في الوقت نفسه يعتمد على منسوب المؤخر، ولغرض القياس يجب قياس المنسوبين والمعايرة ضرورية كما في الهدارات.



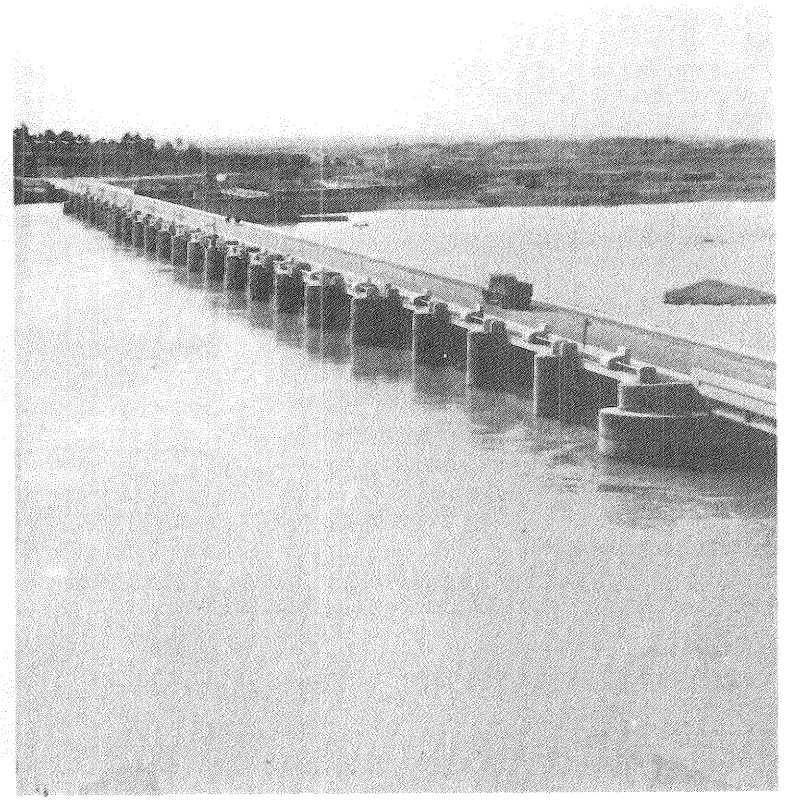
الصورة 8.1 قناة رئيسية مبطنة

ان الابعاد الصغرى للبوابة تعد دالة لاشتغالها عند ما تكون مسحوبة لاعلى ارتفاع (اعظم فتحة)، وبازدياد عرض الفتحة تزداد كلفة المنشأ وتقل الخسارة بالشحنة عبر وخاصة في المناطق ذات الانحدار القليل حيث بالامكان تقليل الخسارة بالشحنة الى الحدود الدنيا ، والتوفير بالشحنة عند البوابة يوفر شحنة اكبر لانحدار القناة وبذلك يمكن تقليل مساحة مقطع القناة . وبالتعبير الاقتصادي فان هنالك توزيعاً مثالياً للشحنة المتوفر بين الناظم regulator والقناة وفي حالة كون القناة غير مبطنة فان الامر يتطلب توفير وقاية للقعر وللجوانب في المناطق التي تزداد فيها السرعة وكذلك توفير الحماية للمنشأت من الجريان الاضطرابي .

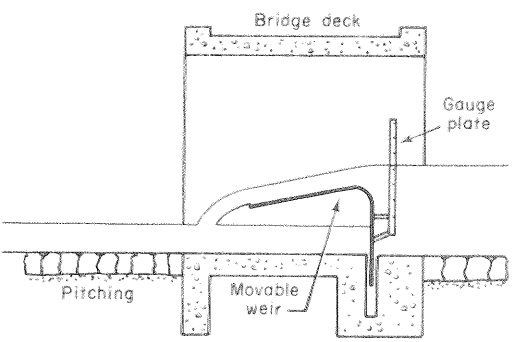


الصورة 8.2 قناة موزعة غير مبطنة تحتاج للصيانة

ومن الامور الضرورية الواجب تجهيز منشأت الري بها هي جدران الدعم الخارجية wing walls بالاضافة لرصف قعر القناة وجوانبها بالحجارة او الكونكريت ولمسافة تتراوح من 2 الى 4 مرات من عمق الجريان الاعظم عند مقدم القناة. ان كفاءة هذه العملية ومقدار نجاحها يعتمد كثيراً على مهارة تنفيذها ودرجة رص التربة التي ستوضع عليها هذه المواد (بالنسبة للتفاصيل الكاملة انظر المصدر السابع).



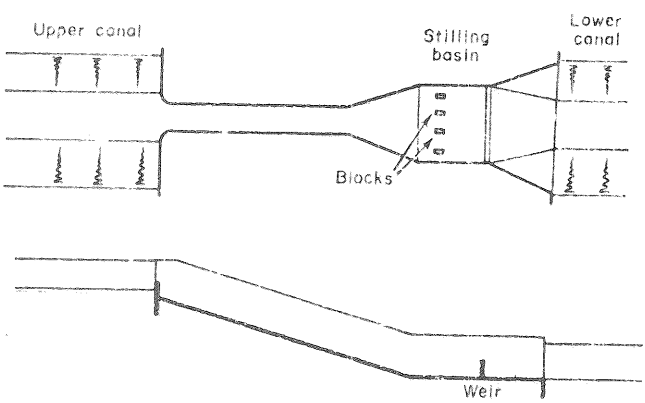
الصورة 8.3 هدارة ديالى. العراق ترفع الماء لقناة الخالص



الشكل 8.18 هدارة برأس مستعرض لقياس الجريان والسيطرة عليه.

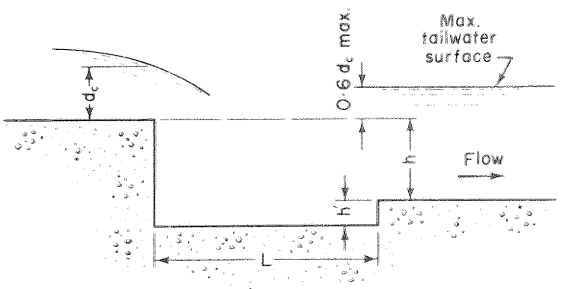
8.3.2 الساقيط ومصبات النهاية Drop Structures and Tail Escapes

تعتبر المسايل chutes والمساقيط المائلة من المنشأت الضرورية للقنوات التي تتبدل مناسيبها من نقطة لاخرى بصورة حادة أو فجائية ، وهذه المنشأت متشابهة وهنالك مجال لتغير بعض الاقسام فيها اعتماداً على مقدار الشحنة المطلوب تثبيتها فيما اذا كانت اقل أو اكثر من 4.6 م والمنشأت الصغيرة تسمى بالمساقيط المائلة inclined drops والكبيرة بالمسايل chutes . الشكل 8.19 يبين تصميماً نموذجياً مبسطاً لهذه المنشأت التي تحتاج لاحواض تسكين stilling basin لتشتيت الطاقة قبل وصول الجريان للقناة السفلية حيث يمكن زيادة كفاءة التشتيت بوضع مجموعة من الكتل الكونكريتية المكعبة الشكل في قعر المسيل وباضافة كتل اخرى في ارضية الحوض تزداد استقرارية القفزة الهيدروليكية hydraulic jump المتكونة هناك (بالنسبة لخطوات التصميم ، انظر المصدر السابع) .



الشكل 8.19 مسيل

وتستعمل المساقيط الشاقولية لتشتيت الشحنات الى حد 1.0 م بالنسبة للقنوات الغير مبطنة ولحد 2.0 م بالنسبة للقنوات المبطنة بالخرسانة وعادة ما يتم وضع هدارة عند حافة المساقيط لمنع انخفاض الماء عندما تكون السرع عالية . اما ابعاد الحوض عند قاعدة المسقاط فيجب ان تطابق لما معطى في الشكل 8.20 وذلك لتجنب حدوث امواج عالية عند مؤخر المنشأ .



$$L = \left[2{\cdot}5 + 1{\cdot}1\frac{d_c}{h} + 0{\cdot}7\left(\frac{d_c}{h}\right)^3\right]\sqrt{hd_c} \qquad h' = \frac{d_c}{2}$$

الشكل 8.20 ابعاد حوض تسكين يؤدي الى منشأ سقوط

وبالنسبة لمنفذ المؤخر فانه يتكون من هدارة بسقوط طليق أو مائل inclined fall نحو احواض التسكين عند مستوى قعر المبزل ، والهدارة عبارة عن حائط خرساني بحافة مستوية عند المستوى الاعتيادي لماء مؤخرة القناة،ويجب تصميم المنشأ بحيث يسمح للتصريف الزائد بعبوره دون احداث طفح على الجوانب أو حدوث تآكل لقعر المبزل .

8.3.3 النواظم القاطعة Cross Regulators

وهي المنشأت التي يتم بناؤها على القنوات الرئيسية عند مجموعة النواظم للسيطرة على مستوى ماء القناة وقياس منسوبه ، واما الناظم القاطع في قناة التوزيع فيستخدم للسيطرة على منسوب الماء . ومن المحتمل ان يكون أي حاجز صناعي stop log كاف لاداء هذه الاغراض اذا كانت عملية المعايرة غير ضرورية وهذه المنشأت تستخدم عندما : —

أ) يتطلب الامر تغييراً في الانحدار الهيدروليكي

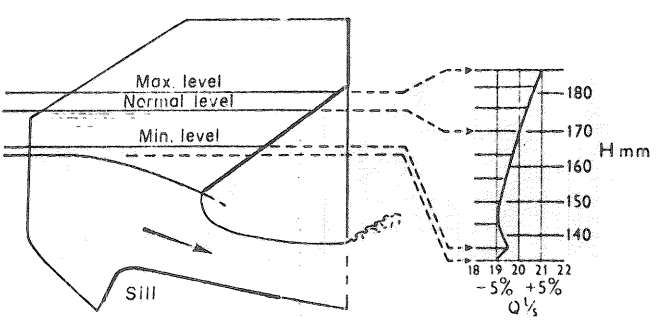
ب) تكون القنوات طويلة وشديدة الانحدار أو غير منفذة بشكل جيد ، عندها يتطلب الامر مزيداً من السيطرة على الجريان . وتوضع النواظم القاطعة على قنوات التوزيع بمسافات تتراوح من 3 الى 5 كلم عندما يكون مجرى القناة في ارض مستوية ، وتزداد المسافة اقتراباً بازدياد انحدار الارض . في حالة القنوات المبطنة فانه من الابسط والارخص وضع اخدود حديدي steel groove عند مؤخرة كل منفذ outlet . وعندما يتطلب الامر امرار التصريف خلال المنفذ فانه يجرى اسقاط عارضة حديدية داخل الاخدود .

8.3.4 منافذ المياه والمنافذ الجانبية Turn-outs

تتعلق خصائص منافذ المياه واشكالها باختصاص مهندس الري أو المهندس الزراعي الذي يكون مسؤولاً عن تصميم الاعمال الحقلية وتشغيلها . وقد تم تطوير اشكال عديدة لمنافذ المياه في بلدان العالم كافة جمعها وصنفها سي . دبليو. ثوماس CW THOMAS في مجلة الجمعية الامريكية للهندسة المدنية 1960 و IR2 و Volume 86 و Journal ASCE وتحت عنوان World practices in water measurements at turnouts

ان مواصفات التصميم تعتمد على طريقة توزيع المياه وطريقة دفع ثمن المياه واخيراً السيطرة على عملية التوزيع ، وقد يكون التوزيع للحقل بصورة مستمرة أو بالمناوبة أو حسب الحاجة أو بالربط بين هذه الانظمة الثلاثة ، اما ثمن المياه المستهلكة فقد يحسب بالاستناد لمساحة الحقل أو المساحة الجزئية لكل محصول أو معدل الاستهلاك المائي الاعظم أو بالاستناد للحجم الكلي. وقد تعاني الهيئة المشغلة للمشروع من نقص في العمالة الماهرة، عندها يتطلب الامر انجاز ابسط انواع المنافذ باقل حاجة للصيانة . والتصميم الناجح لأي منفذ يكون بتطبيق النظريات الهيدروليكية الاساسية مع اخذ ظروف الموقع بنظر الاعتبار ثم عمل نموذج تجريبي model قبل تنفيذ الاصل prototype ويعطي ثوماس ستة انواع عامة لمنافذ المياه .

أ) المستقل القياسي Modules : وفي هذا النوع يكون التصريف ثابتاً وغير معتمد على منسوب الماء في المؤخر والمقدم .



الشكل 8.21 التصميم الفرنسي للمستقل القياسي. التصريف يتبدل بصورة ضئيلة لمدى واسع من منسوب المقدم وغير معتمد على ماء المؤخر على شرط ان القفزة غير مغرقة .

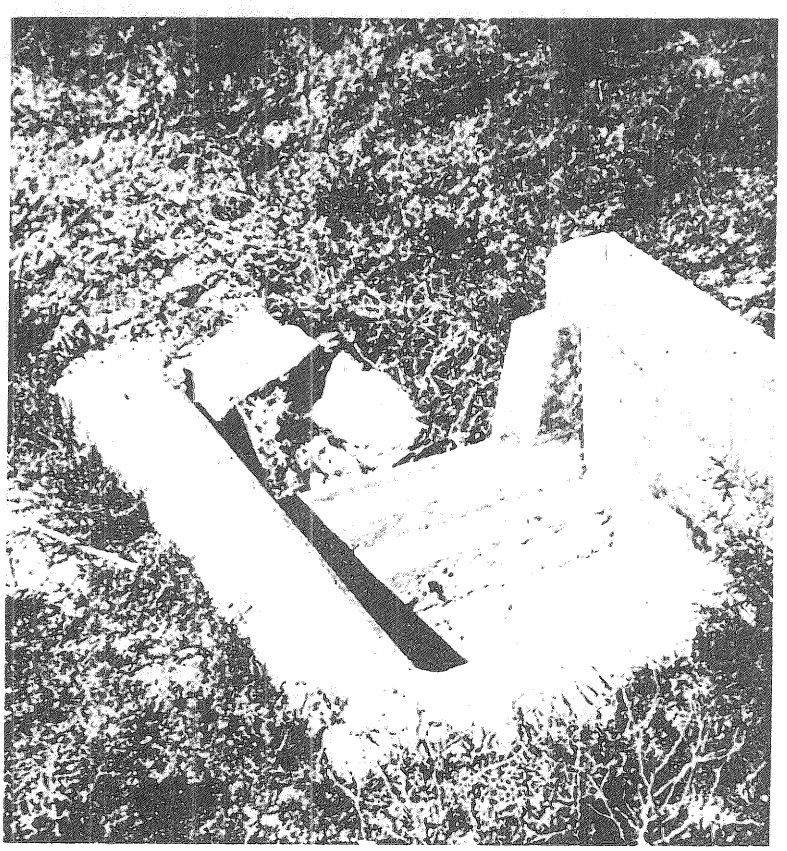
ب) الشبه مستقل قياسي Semi-modules : والتصريف يكاد يكون ثابتاً وغير معتمد على منسوب الماء في المؤخر.

جـ) ادوات التوزيع المتكافىء للجريان (انظر الشكل 8.22)

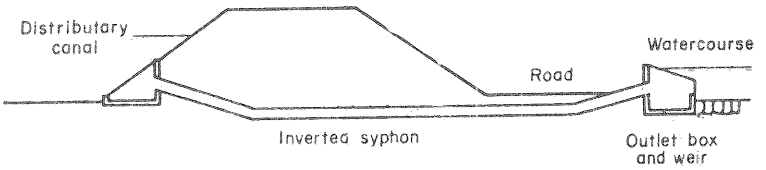
د) مثل الفرع (ب) مع ربطها بادوات للسيطرة على ماء المقدم.

هـ) ادوات تستخدم لاستخراج تصريف مقيس مع سيطرة يدوية.

و) ادوات القياس التراكمي : بدون سيطرة (كمثال انظر الشكلين 9.22 و 9.23).



الصورة 8.4 مخرج توزيع لقناة،الصورة تبين الحاجة لحماية القعر اسفل الهدار

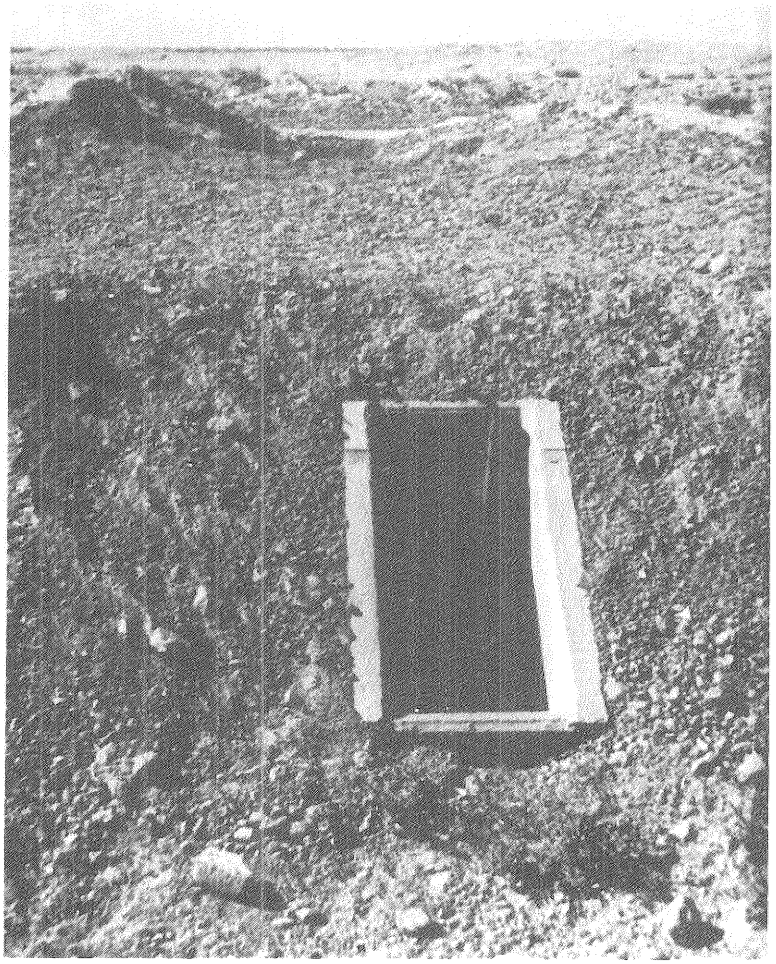


الشكل 8.22 مخرج توزيع حيث يتناسب التصريف مع معدل الجريان بالقناة على شرط الابعاد مضبوطة ومعامل الخشونة ثابت

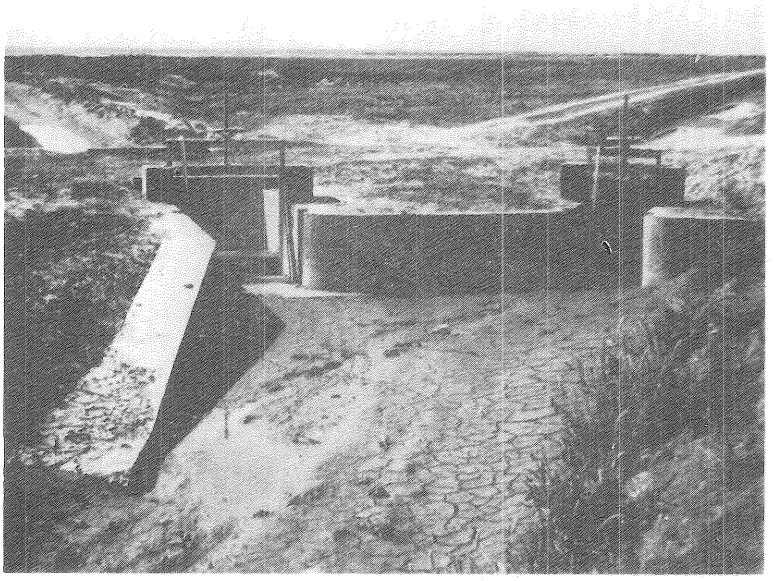
8.4 الصيانة Maintenance

يرتفع معامل مانينج للخشونة n للقنوات غير مبطنة من 0.02 بعد الانشاء لمقدار 0.08 بعد نمو الحشائش والادغال بكثافة. بينما تتبدل هذه القيمة للقنوات المبطنة من 0.015 للمبطنة بالخرسانة المصقولة الى 0.03 أو اكثر للخرسانة الخشنة المتفطرة، وعلى ضوء هذه الارقام تبدو اهمية الصيانة امراً حيوياً لامناص منه.

وقد يؤدي التسرب الناتج عن الكسح أو البناء السيء أو عمل القوارض burrowing vermin حدوث انهيارات في جوانب القناة ذات عواقب وخيمة ولهذا فان فحص القناة بين فترة واخرى امر ضروري وحيوي.



الصورة 8.5 منشأ توزيع لقناة والصندوق الداخلي يوضح ان التربة غير مرصوصة جيداً



الصورة 8.6 انقسام القناة الموزعة لفرعين كل واحد مجهز بهدار

المصـــادر

1 CHOW, V T *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, New York 1959
2 HENDERSON, F M *Open Channel Flow*, Macmillan, New York 1966
3 KINORI, B Z *Manual of Surface Drainage Engineering*, volume 1, Elsevier, Amsterdam 1970
4 LELIAVSKY, S *Design Textbook in Engineering* (Civil) *Irrigation Engineering: Canals and Barrages*, Chapman and Hall, London 1965
5 LELIAVSKY, S *An Introduction to Fluvial Hydraulics*, Dover, New York 1966
6 US Department of Agriculture: Soil Conservation Service *National Engineering Handbook*, Section 5, 'Hydraulics'
7 US Department of the Interior: Bureau of Reclamation *Design Standards*, No. 3, Canals and Related Structures
8 US Department of the Interior: Bureau of Reclamation *Linings for Irrigation Canals* 1963

الفصل التاسع

قياس الجريان

يتم قياس جريان الماء والسيطرة عليه اوكليها معاً في عدة نقاط من نظام الري ، من ناظم الصدر وحتى قنوات التوزيع وانتهاءاً بالمروز المختلفة داخل الحقل. وفي هذا الفصل وباستخدام معادلات الجريان الاساسية سيتم شرح طرق قياس الجريان والسيطرة عليه بالاضافة لطرق استخدام جداول المعايرة calibration tables الضرورية لبعض الاجهزة القياسية.

9.1 المعادلات الاساسية

ان المعادلات الرئيسية الثلاث المستخدمة في حل مشكلات الجريان تقوم على مبدأ حفظ الكتلة والطاقة والزخم.

أ) باعتبار الماء سائل غير قابل للانضغاط ، فان مبدأ حفظ الكتلة يقود لمعادلة الاتصال continuity equation

$$Q = V A = \text{ثابت} \qquad (9.1)$$

حيث ان Q = التصريف

V = السرعة (وقد فرضت ثابتة عبر مقطع القناة)

A= مساحة المقطع

ب) معادلة برنولي BERNOULLI'S equation

وهي تعبير عن مبدأ حفظ الطاقة المطبق على طول خط الجريان وتعطى بالصيغة التالية :

$$\frac{p}{\gamma}+\frac{V^2}{2g}+Z=\text{ثابت} \qquad (9.2)$$

حيث ان :

p= الضغط

V= السرعة

Z= الارتفاع فوق مستوى المستند

γ = كثافة السائل

وكل جزء من الاجزاء الثلاثة في المعادلة اعلاه يمثل جزء من الشحنة الكلية للسائل ووحداته وحدات طول .

شحنة الضغط $= \frac{p}{\gamma}$

شحنة السرعة $= \frac{V^2}{2g}$

شحنة الجاذبية الارضية $= Z$

ومجموع الشحنات الثلاث يسمى بالشحنة الكلية ومن الممكن عرض المعنى الفيزياوى لكل جزء في الشكل 9.1

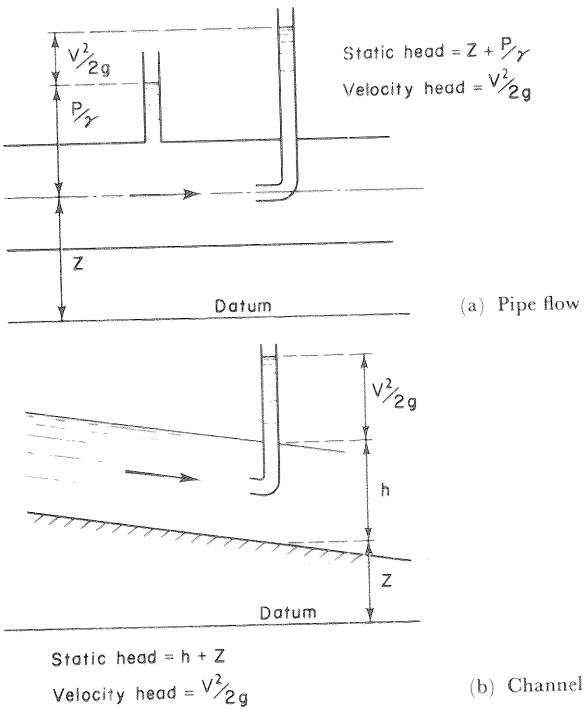
ومعادلة برنولي كما هي مكتوبة انفاً لايمكن تطبيقها الا على الموائع غير الدبقة inviscid liquid اما في السوائل الحقيقية real fluid المعتادة التي يكون بها خسارة نتيجة الاحتكاك على طول مسار المجرى المائي فان المعادلة المذكورة انفاً يجب ان تتضمن مايعبر عن هذه الخسارة بالطاقة ، وبتطبيق معادلة برنولي على مقطعين متعاقبين من مجرى السائل يمكن كتابة المعادلة على النحو الاتي :

$$\frac{p_1}{\gamma}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1=\frac{p_2}{\gamma}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2+h_f \qquad (9.3)$$

حيث ان الرقمين 1 و 2 في المعادلات السالفة يدلان على المقطعين الاول والثاني و h_f هي الخسارة بالشحنة نتيجة الاحتكاك .

ج) معادلة الدفع / الزخم impulse/momentum : وهي مشتقة من تطبيق قانون نيوتن الثاني في الحركة ويمكن التعبير عنها لاتجاه معين (الاتجاه السيني مثلا) بالمعادلة :

$$F_x=\frac{\gamma Q}{g}\left[(V_2)_x-(V_1)_x\right] \qquad (9.4)$$



الشكل 9.1 شحنتا السرعة والسكون في الجريان الانبوبي والمفتوح

حيث ان F_x تمثل القوة المسلطة بالاتجاه السيني و $(V_1)_x$ و $(V_2)_x$ هما السرعتان بالاتجاه السيني قبل التغيير وبعده بالزخم ، وقد تم افتراض المسافة بين المقطعين حيث قيس V_1 و V_2 صغيرة جداً وعليه فالخسارة بالشحنة نتيجة الاحتكاك تعد قليلة جداً . واذا لم تكن الحالة كما ذكرنا انفاً فان F_x يجب ان تتضمن القوة المسلطة على الجريان من الاحتكاك عند التخومboundary . عند التعامل مع المعادلات الاساسية المذكورة سابقاً نفترض سرعة الجريان ثابتة كمبدأ عام على عرض المقطع وللوصول لنتائج ادق انظر V T CHOW,Open Channel Hydraulics

9.1.1 الطاقة النوعية Specific Energy

يستعمل مبدأ الطاقة النوعية عند تحليل الجريان الحرج . وعند اي موضع من القناة يمكن تعريف الطاقة بالنسبة لقعر القناة بما يسمى بالطاقةالنوعية اذا كان الانحدار قليلاً .

$$E = h + \frac{V^2}{2g} \quad \text{الطاقة النوعية} = \qquad (9.5)$$

حيث ان :

h= عمق الجريان

V= سرعة الجريان

وبفرض توزيع منتظم للسرعة فان الطاقة النوعية تكون ثابتة على طول المقطع وبوضع $Q/A = V$ تصبح المعادلة

$$E = h + Q^2/2gA^2$$

حيث ان :

Q= التصريف

A= مساحة مقطع القناة

ان مساحة المقطع تتبدل فقط عند اختلاف عمق الجريان اذا كان شكل القناة ثابتاً ولذلك فلمقدار معين من التصريف تكون الطاقة النوعية دالة للعمق فقط . وبالنسبة لقناة مستطيلة الشكل فأن

$$A = b\,h$$

حيث ان b تمثل عرض القناة

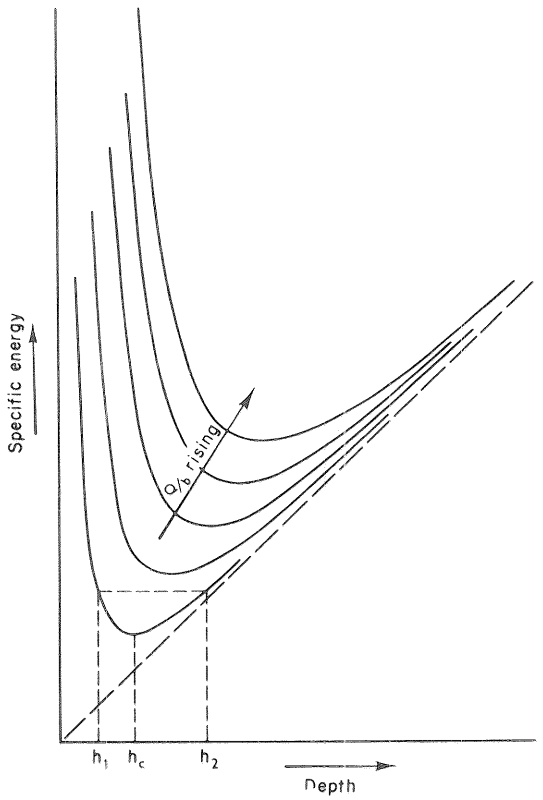
من ذلك فان

$$E = h + Q^2/2gb^2h^2.$$

وبرسم E بما يقابلها من h لقيم مختلفة من Q/b فانه ينتج مجموعة من المنحنيات المبينة في الشكل 9.2 . ولاي قيمة من قيم Q/b هنالك قيمة صغرى لـ E يكون الجريان تحتها غير ممكن فيزياوياً ، وعند هذه القيمة يسمى الجريان حرجاً critical ويحصل عندما تكون السرعة حرجة والعمق حرج ، وعند اي قيمة اعلى للطاقة النوعية (اعلى من الطاقة الحرجة) يظهر احتمالان لعمق الجريان يعرفان بالعمقين المتبادلين (كمثال على ذلك h_1 و h_2) . عند العمق الكبير تكون السرعة واطئة والجريان دون الحرج Sub- critical وعند العمق الاقل تكون السرعة عالية والجريان فوق الحرج Super- critical ويفحص معادلة الطاقة النوعية يمكن ان نثبت ان :

باقتراب h من ∞ فان E تقترب من h

وباقتراب h من الصفر فان E تقترب من ∞



الشكل 9.2 تغير الطاقة النوعية مع العمق.

بالنسبة للجريان الحرج فان E تكون اقل مايمكن ولهذا السبب فان

$$\frac{dE}{dh} = 0.$$

وباجراء عملية التفاضل فان

$$\frac{dE}{dh} = 1 - \frac{Q^2}{gA^3} \cdot \frac{dA}{dh} = 1 - \frac{V^2}{gA} \cdot \frac{dA}{dh}$$

ولكن

$$\frac{dA}{dh} = b$$

عليه فان

$$\frac{dE}{dh} = 1 - \frac{v_c^2}{gh_c} = 0$$

$$\therefore \quad \frac{v_c^2}{gh_c} = 1$$

عندما

السرعة الحرجة = V_c

العمق الحرج = h_c

ولهذا السبب فان رقم فرودFROUDE Numberيساوي واحد عند الجريان الحرج اي :

$$N_F = \frac{V_c}{(gh_c)^{1/2}} = 1$$

وبالنسبة للجريان الفوق الحرج $N_F > 1$

وللجريان دون الحرج $N_F < 1$

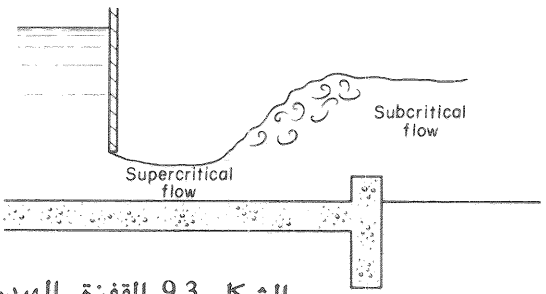
وبالنسبة للجريان الحرج فان (9.6) $E = h_c + \frac{v_c^2}{2g} = \frac{3}{2} h_c$

ولو تم وضع منشأ في جريان دون الحرج مسبباً انتقاله للحالة الفوق الحرجة مروراً بالحالة الحرجة فان المنسوب اعلى المجرى عند المنشأ لايعتمد على المنسوب اسفله والتصريف عبارة عن دالة احادية للمنسوب اعلى المجرى،واستناداً الى الشكل 9.2 يمكن ان نلاحظ انه يمكن الوصول لهذه الحالة اما بتضيق القناة حيث تزداد قيمة Q/b بدون تبديل قيمة E او برفع مستوى قعر القناة وبذلك تقل الطاقة النوعية بدون تغيير التصريف لوحدة العرض ، وتستخدم احدى الطريقتين او كلتيهما في الاجهزة المستخدمة للسيطرة ولقياس الجريان .

9.1.2 القفزة المائية The Hyraulic Jump

عندما يحدث جريان فوق الحرج في قناة عمق الجريان الطبيعي فيها normal flow depth هو دون الحرج وعليه فان الجريان يتبدل للحالة دون الحرجة بوساطة قفزة مائية ويرتفع مستوى الماء فوق مسافة قصيرة بحركة اضطرابية واضحة ، ومثال على ذلك تحدث هذه الحالة تحت بوابات التحكم sluice gate المنزلقة او قناة فنجوري(انظر القسمين 9.2.4 و 9.3) وفي مثل هذه الحالات يكون من غير المرغوب فيه للجريان الفوق الحرج بالحدوث في القنوات غير المبطنة بسبب خطر الكسح ، لهذا السبب تعمل قفزة

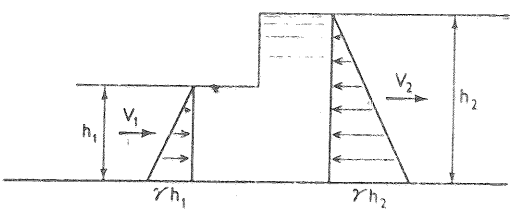
اصطناعية فوق ارضيةfloor واقية بوساطة بوابة تحكم اوكتل كونكريتية اصطناعية مكعبة الشكل او عتبةsill توضع على شكل صفوف ، الشكل9.3



الشكل 9.3 القفزة الهيدروكيلية

ويمكن ايجاد العلاقة بين العمقين اعلى upstream واسفل downstream منطقة القفزة ، وبتطبيق نظرية الزخم لموقع مبسط كالمبين في الشكل 9.4 وباهمال الاحتكاك الجانبي على طول مسار القفزة فانه يمكن اثبات (بالنسبة لقناة مستطيلة) بأن :

$$h_2 = -\frac{h_1}{2} \pm \frac{1}{2}\left(h_1^2 + \frac{8V_1^2 h_1}{g}\right)^{1/2} \qquad (9.7)$$



الشكل 9.4 شكل القفزة الهيدروكيلية المفروض نظرياً.

وان h_1 و h_2 هما ليسا بالعمقين المتناوبين ، ويجري تبديد الطاقة بالحركة الاضطرابية للماء وبذلك تقل الطاقة النوعية خلال القفزة. اما h_1 و h_2 فيعرفان بالعمقين المقترنين Conjugate depths ، هذا ومن الممكن اشتقاق معادلات مشابهة تربط بين h_1 و h_2 لاشكال اخرى من القنوات.

9.2 الهدارات والفوهات والسحارات

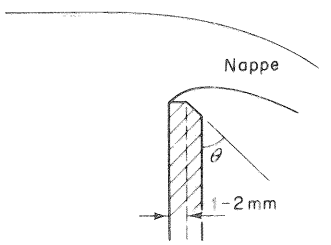
ان مقطع السيطرة في القناة هو المسؤول عن اعطاء علاقة محددة بين المنسوب والتصريف ، ويعد الهدار منشأ طفح overflow structure . وتعمل الهدارات weirs بابعاد قياسية وتستخدم معها منحنيات معايرة خاصة قائمة على فحوصات تم اجراؤها على نموذج مشابه او نموذج مصغر. واما الهدارات ذات الابعاد غير القياسية والمطلوبة لاغراض خاصة فانه يجب معايرتها باستخدام مقياس التيار current meter في الحقل او على نموذج مصغر في المختبر. وبالمقارنة بالاجهزة الاخرى تعد الهدارات بسيطة الانشاء وسهلة المراقبة فضلاً عن خاصية المتانة ، وعلى كل حال فهي تحتاج الى السقوط الطليق free fall للتصريف ليبقى دالة احادية للمنسوب في الجهة العلوية منها. وكلما ازداد منسوب الماء اسفل الهدار فوق مستوى قمته crest اعتبر مغرقاً جزئياً او مغموراً ويتطلب الامر معرفة المنسوبين العلوي والسفلي لمعرفة كمية التصريف. عندما تكون المياه محملة بكميات كبيرة من الرسوبيات فان كمية المواد المترسبة على وجه الجدار الشاقولي لاعلى المجرى تزداد ثم تعمل على تغيير خصائص التصريف ، ويمكن التغلب على هذه المعضلة باستخدام هدار كرمب crump weir والذي يكون مقطعه ثلاثي الشكل باتجاه الجريان.

ويمكن استخدام الفوهات داخل الجدران المستوية لقياس الجريان ايضاً عندما يكون هنالك سقوط حر من الفوهة ، عندها يكون التصريف دالة لمنسوب الجانب العلوي فقط من الفوهة. وعندما تكون الفوهة مغمورة بالكامل عند الجانب السفلي فان التصريف يعد دالة لمقدار الانخفاض بمستوى الماء عبر الجدار،اما بوابات التحكم المنزلقة فتستخدم بصورة واسعة للسيطرة على الجريان الداخل او الخارج من القنوات اكثر من الفوهات حيث يمكن معايرتها بدقة متناهية.

والجريان خلال السحارات siphons هو دالة للفرق بين مستوى الماء عند نهايتيه والسحارة مفيدة جداً باعمال الري وهي بسيطة وفعالة لتصريف الماء بمعدل معروف من قناة المزرعة الى الحقل.

9.2.1 الهدارات الصفيحية (ذوات الحافات الحادة) Sharp Crested Weir

للهدار الصفيحي thin plate weir حافة حادة عند نهايته العلوية وذلك للسماح بتكوين بثق مسطح nappe بالجريان عند وجه الجهة العلويه منه ، الشكل 9.5 . والهدار المستطيل (الصفيحي) هو المعمول من صفيحة رقيقة يكون مقطعها مستطيل في المستوى العمودي على اتجاه الجريان وتكون الحافة افقية وتعمل الجوانب على قذف البثق المسطح بطريقة مشابهة لما تعمله الحافة الحادة .



$\theta \leq 45°$ for rectangular and Cipolletti weirs

$\theta \leq 30°$ for V-notch

الشكل 9.5 مقطع في الهدار الصفيحي

والهدارات المستطيلة ذات العرض الكامل هي تلك التي يمتد عرضها بعرض مقطع القناة ويتم احتواء البثق المسطح من قبل جدران القناة وبالطول الضروري اللازم .

والهدار المثلث الشكل V-notch عبارة عن صفيحة رقيقة بحافتين مائلتين بنفس المقدار عن العمود لتشكلان ثلمة (مفتوحة مثلثة الشكل) في المستوى العمودي على اتجاه الجريان .

واما الهدار الشبه المنحرف فهو عبارة عن صفيحة رقيقة بشكل شبه منحرف ذات قاعدة افقية . وهدار سيبوليتي CIPOLLETTI Weir هو حالة خاصة من الهدارات شبه المنحرفة حيث تميل الجوانب بزاوية مقدارها 7° عن العمود لتكون العلاقة بين المنسوب والتصريف كما في الهدار المستطيل ذا العرض الكامل .يقصد بمنسوب stage القناة المفتوحة ارتفاع مستوى ماؤها بالاستناد لنقطة معينة ثابتة . ويتم اشتقاق معادلات التصريف للهدارات بتطبيق معادلتي برنولي والاتصال ، وعند كل حالة يتم استخدام معامل

تصريف لمعايرة التصريف النظري بالاستناد لنموذج جريان مفترض يناظر التصريف الحقيقي المقاس. وتتوافر جداول معايرة للهدارات الصفيحية ذات الابعاد القياسية واشهر مواصفات قياس الجريان قيد الاستعمال هي المواصفات القياسية البريطانية BS3680 واصدارية المكتب الامريكي للاستصلاح USBR Water Measurement Manual . والمعلومات المدرجة ادناه ملخصة عن هذين المصدرين.

الشروط العامة للانشاء

أ) يجب ان يكون المنشأ صلبا ولايسمح للماء بتخلله وقادرا على مقاومة حالات الفيضان بدون اي تشوه او كسر.

ب) يجب ان يكون جدار الهدار عموديا على محور القناة ووجه الجانب العلوي املس شاقوليا ووجه الجانب السفلي لايتداخل مع البثق المسطح.

جـ) صفيحة الهدار ملساء وصلبة.

د) سمك السطح الافقي للحافة باتجاه الجريان يتراوح من 1 ملم الى 2 ملم واذا كان سمك الصفيحة اكبر فيجب زيادة ميل حافة الجهة السفلية منها (انظر الشكل 9.5)، واما زاوية الجهة العلوية فيجب ان تكون شاقولية صحيحة خالية من اي نوع من التشوهات.

هـ) مقدار التغيير المسموح به بالابعاد الافقية يبلغ واحدا في كل 400 جزء او احسن ومقدار التغيير المسموح به على المستوى للحافات الافقية يبلغ واحدا من الالف ككل و 3 ± ملم عند اية نقطة.

و) تقاس الشحنة عند مسافة مساوية لاربعة امثال اكبر شحنة عند الجهة العلوية للحافة وباداة مناسبة كصفيحة القياس gauge plate او مقياس النقطة point gauge او الكَّلاب hook gauge .

ويتم استخدام المقاييس الطوافة لتسجيل المناسيب المستمرة على اوراق بيانية في الموقع او من خلال انظمة القياس عن بعد، ويتم تصفير المقياس الى مستوى حافة الهدار باستعمال جهاز التسوية optical level اما اذا تم حصر الماء خلف الهدار للحصول على موقع الصفر للمقياس فان الخطأ الناتج عن الشد السطحي يكون كبيرا.

١) الهدار المستطيل بعرض كامل suppressed : في هذه الحالة يجب تأمين التهوية بالجانب الاسفل من البثق المسطح وذلك لمنع ظهور منطقة خفوت الضغط وميل للبثق المسطح للالتصاق والتشبث بالحافة.

أ) BS 3680: Part 4A: 1965.

صيغة التصريف

$$Q = \tfrac{2}{3}\sqrt{2g}\,.\,C_D\,.\,b\,.\,h_e^{3/2} \qquad (9.8)$$

حيث ان

$$C_D = 0{\cdot}602 + 0{\cdot}083\,h/P \text{ (REHBOCK formula)}$$

h : الشحنة المقاسة

b : عرض الحافة

p : ارتفاع الهدار

و

$$h_e = h + 0{\cdot}004 \text{ ft } (0{\cdot}0012 \text{ m}).$$

حدود التطبيق

$$h/P \leqslant 1{\cdot}0$$
$$2{\cdot}5 \text{ ft } (0{\cdot}75 \text{ m}) \geqslant h \geqslant 0{\cdot}1 \text{ ft } (0{\cdot}03 \text{ m})$$
$$b \geqslant 1{\cdot}0 \text{ ft } (0{\cdot}30 \text{ m})$$
$$P \geqslant 0{\cdot}3 \text{ ft } (0{\cdot}10 \text{ m})$$

ب) USBR Water measurement manual

صيغة التصريف (النظام المتري)

(9.9) (بعد اهمال سرعة الاقتراب) $Q = 1{\cdot}838\,bh^{3/2}$

و (9.10) (من ضمنها سرعة الاقتراب) $Q = 1{\cdot}838\,b\,[(h+h_a)^{3/2} - h_a^{3/2}]$

حيث ان h_a هي سرعة شحنة الجريان المقترب

والجدول 9.1 يعطي التصريف لهدارات بعرض 0.30 م الى 1.50 م استنادا للمعادلة (9.9) ويمكن معايرة هذه القيم بالمعامل Q^1/Q (انظر الجدول 9.6) لاخذ سرعة الاقتراب بنظر الاعتبار

الجدول 9.1 التصريف (م^3/ثا) لهدار ذا عرض كامل قياسي
تم حسابها بالصيغة $Q = 1.838\ bh^{3/2}$

Head h (*m*)	*Length of crest b* (*m*)						
	0·30	0·40	0·50	0·75	1·00	1·25	1·50
·0025	·0001	·0001	·0001	·0002	·0002	·0003	·0003
·015	·0010	·0014	·0017	·0025	·0034	·0042	·0051
·030	·0029	·0038	·0048	·0072	·0096	·0119	·0143
·045	·0053	·0070	·0088	·0132	·0175	·0219	·0263
·060	·0081	·0108	·0135	·0203	·0270	·0338	·0405
·075	·0113	·0151	·0189	·0283	·0378	·0472	·0566
·090	·0149	·0199	·0248	·0372	·0496	·0620	·0745
·105	·0188	·0250	·0313	·0469	·0626	·0782	·0938
·120	·0229	·0306	·0382	·0573	·0764	·0955	·1146
·15	·0320	·0427	·0534	·0801	·1068	·1335	·1602
·18		·0562	·0702	·1053	·1404	·1755	·2106
·21			·0885	·1327	·1769	·2212	·2654
·24			·1081	·1621	·2162	·2702	·3242
·27				·1934	·2579	·3224	·3869
·30				·2266	·3021	·3776	·4531
·36				·2978	·3971	·4964	·5957
·42					·5004	·6255	·7506
·48					·6114	·7642	·9171
·54						·9119	1·0943
·60						1·0680	1·2817

حدود التطبيق

$h/P \leqslant 0{\cdot}5$
$h \geqslant 0{\cdot}2$ ft (0·06 m)
$P \geqslant 1{\cdot}0$ ft (0·3 m).

ان مساحة مقطع القناة يجب ان لاتقل عن ثمانية امثال مساحة الجريان عند الحافة ولمسافة(من الجهة العلوية) تتراوح من خمسة عشرة الى عشرين مرة من عمق الجريان فوق الحافة .

٢) الهدار المستطيل المضيق كليا (الشكل 9.6) Fully contracted Weir تكون جوانب القناة وقعرها اعلى مجرى الهدار بعيدة عن حافة وجوانب الهدار بشكل كافي يسمح لاهمال التأثير على تضيق البثق المسطح .

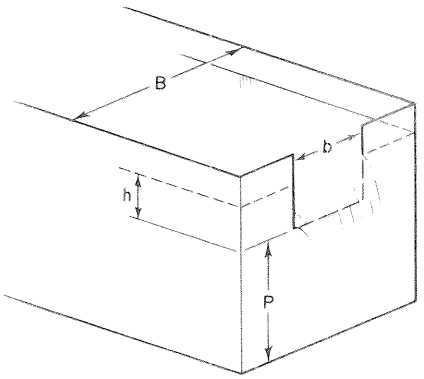
BS – 3680: Part 4A : 1965أ

صيغة التصريف

$$Q = \tfrac{2}{3}\sqrt{2g}\,.\,C_D\,.\,bh^{3/2} \qquad (9.11)$$

حيث ان

$C_D = 0.616\,(1 - 0.1\ h/b)$ (HAMILTON-SMITH Formula)



الشكل 9.6 هدار ومقترباته (BS 3680: Part 4A: 1965)

حدود التطبيق

$$\frac{B-b}{2} \geqslant 2h$$
$$P \geqslant 2h$$
$$h/b < 0{\cdot}5$$
$$2 \text{ ft } (0{\cdot}60 \text{ m}) \geqslant h \geqslant 0{\cdot}25 \text{ ft } (0{\cdot}075 \text{ m})$$
$$b \geqslant 1{\cdot}0 \text{ ft } (0{\cdot}30 \text{ m})$$
$$P \geqslant 1{\cdot}0 \text{ ft } (0{\cdot}30 \text{ m}).$$

وعندما تكون $B(h+p)$ اقل من $10\,bh$ فانه يتوجب عمل معايرة لسرعة الاقتراب وتبديل h بالقيمة h_1 وهي

$$h_1 = h + 1{\cdot}4\,\frac{Va^2}{2g}$$

حيث ان V_a هي معدل السرعة في قناة الاقتراب approach Channel

ب) USBR Water measurement manual

صيغة التصريف (النظام المتري)

$$Q = 1{\cdot}838\,h^{3/2}\,(b - 0{\cdot}2h) \quad \text{(FRANCIS formula} \quad (V_a \text{ مهملة}) \quad (9.12)$$

$$Q' = 1{\cdot}838\,[(h + h_a)^{3/2} - h_a{}^{3/2}]\,(b - 0{\cdot}2h)$$

(V_a من ضمنها) (9.13)

والجدول 9.2 يعطي تصريف هدارات بعرض يتراوح من 1 قدم الى 5 اقدام وبالاستناد الى المعادلة (9.12) وتجري معايرة سرعة الاقتراب بالمعامل Q^1/Q فيمكن عندها استعمال القيم المعطاة في الجدول 9.6 .

الجدول 9.2 التصريف (م^3/ثا) لهدار مستطيل مضيق كليا

محسوبة بالصيغة $Q = 1.838\,(b - 0.2h)\,h^{3/2}$

Head h (*m*)	*Length of crest b* (*m*)						
	0·30	0·40	0·50	0·75	1·00	1·25	1·50
·0025	·0001	·0001	·0001	·0002	·0002	·0003	·0003
·015	·0010	·0013	·0017	·0025	·0034	·0042	·0051
·030	·0028	·0038	·0047	·0071	·0095	·0119	·0143
·045	·0051	·0069	·0086	·0130	·0174	·0218	·0262
·060	·0078	·0105	·0132	·0199	·0267	·0335	·0402
·075	·0108	·0145	·0183	·0278	·0372	·0466	·0561
·090	·0140	·0190	·0239	·0363	·0487	·0612	·0736
·105	·0175	·0237	·0300	·0456	·0612	·0769	·0925
·120	·0211	·0287	·0364	·0555	·0746	·0937	·1128
·15	·0288	·0395	·0502	·0769	·1036	·1303	·1570
·18		·0511	·0651	·1002	·1353	·1704	·2055
·21			·0810	·1253	·1695	·2137	·2580
·24			·0977	·1517	·2058	·2598	·3139
·27				·1795	·2440	·3085	·3730
·30				·2084	·2840	·3595	·4350
·36				·2692	·3685	·4678	·5671
·42					·4584	·5835	·7086
·48					·5527	·7055	·8584
·54						·8331	1·0155
·60						·9655	1·1791

حدود التطبيق

كما للهدار الكامل العرض بالاضافة الى

$$\frac{B-b}{2} \geqslant 2h$$

$$\frac{B-b}{2} \geqslant 1 \text{ ft } (0{\cdot}30 \text{ m}).$$

٣) هدار سيبوليتي Cipolletti Weir

أ) BS 3680 : part 4A : 1965

(غير متضمنة)

ب) صيغة التصريف (النظام المتري) USBR Water measurement manual

$Q = 1.859\ bh^{3/2}$ (مهملة V_a) (9.14)

$Q^1 = 1.859\ b\ (h + 1.5\ h_a)^{3/2}$ (متضمنة V_a) (9.15)

والقيم في الجدول 9.14 محسوبة على اساس المعادلة (9.14) ولغرض التصحيح لسرعة الاقتراب فان التصريف المحسوب على اساس الشحنة المقاسة h يقرأ من الجدول 9.3 . اما سرعة الاقتراب V_a فتحسب من الصيغة Q/A للقناة المعنية ثم تحسب قيمة h_a من المعادلة :

$$h_a\ (= V_a^2/2g)$$

وتعوض في المعادلة (9.15) لاعطاء Q^1

الجدول 9.3 التصريف (م^3/ثا) لهدار سيبوليتي القياسي

محسوب بالصيغة $Q = 1.859\ bh^{3/2}$ مأخوذ عن USBR Water measurement manual

Head h (*m*)	*Length of crest b* (*m*)						
	0·30	0·40	0·50	0·75	1·00	1·25	1·50
·0025	·0001	·0001	·0001	·0002	·0002	·0003	·0003
·015	·0010	·0014	·0017	·0026	·0034	·0043	·0051
·030	·0029	·0039	·0048	·0072	·0097	·0121	·0145
·045	·0053	·0071	·0089	·0133	·0177	·0222	·0266
·060	·0082	·0109	·0137	·0205	·0273	·0341	·0410
·075	·0115	·0153	·0191	·0286	·0382	·0477	·0573
·090	·0151	·0201	·0251	·0376	·0502	·0627	·0753
·105	·0190	·0253	·0316	·0474	·0632	·0791	·0949
·120	·0232	·0309	·0386	·0580	·0773	·0966	·1159
·15	·0324	·0432	·0540	·0810	·1080	·1350	·1620
·18		·0568	·0710	·1065	·1420	·1774	·2129
·21			·0894	·1342	·1789	·2236	·2683
·24			·1093	·1639	·2186	·2732	·3278
·27				·1956	·2608	·3260	·3912
·30				·2291	·3054	·3818	·4582
·36				·3011	·4015	·5019	·6023
·42					·5060	·6325	·7590
·48					·6182	·7727	·9273
·54						·9220	1·1065
·60						1·0799	1·2959

٤) الهدارالمثلثي V-notch weir

ان الخط المركزي center lineللهدار المثلثي يجب ان يطابق خط مركز القناة

أ) BS 3680 :Part 4A : 1965

صيغة التصريف

$$Q = 8/15\sqrt{2g}.C_D \tan\frac{\theta}{2} h^{5/2} \qquad (9.16)$$

حيث ان :

C_D : معامل التصريف

θ : زاوية الميل بين جانبي الهدار

h : شحنة الجانب العلوي من الهدار استنادا لمستوى راس المثلث

والجدولين 9.4 (النظام البريطاني) و 9.5 (النظام المتري) يعطيان قيمتي التصريف و C_D لهدار مثلثي 90°-V-notch بالاستناد للمعادلة 9.16

حدود التطبيق

$$15 \text{ in. } (0{\cdot}38 \text{ m}) \geqslant h \geqslant 2 \text{ in. } (0.05 \text{ m})$$
$$P > 1{\cdot}5 \text{ ft } (0{\cdot}45 \text{ m})$$

(p محسوبة لراس المثلث)

الجدول 9.4 تصريف الماء فوق هدار مثلثي الشكل 90° V-notch بالنظام البريطاني (قدم^3 /ثا) مأخوذ عن BS 3680;Part 4A:1965

Head (in.)	2·0	2·2	2·4	2·6	2·8	3·0	3·5	4·0	4·5	5·0
Discharge (ft^3/s)	0·029	0·037	0·046	0·056	0·067	0·080	0·117	0·162	0·217	0·282

Head (in.)	5·5	6·0	6·5	7·0	7·5	8·0	8·5	9·0	9·5	10·0
Discharge (ft^3/s)	0·357	0·443	0·541	0·651	0·773	0·908	1·057	1·219	1·395	1·586

الجدول 9.5 تصريف الماء فوق هدار مثلثي الشكل بالنظام المتري (لتر/ثا) (نفس المصدر السابق)

Head (*m*)	0·050	0·055	0·060	0·065	0·070	0·075	0·080	0·090	0·100	0·110
Discharge (*l/s*)	0·80	1·02	1·26	1·53	1·84	2·18	2·55	3·41	4·42	5·59

Head (*m*)	0·120	0·130	0·140	0·150	0·160	0·170	0·180	0·200	0·220	0·240
Discharge (*l/s*)	6·94	8·46	10·17	12·07	14·17	16·48	19·00	24·72	31·36	38·97

$h/P \leqslant 0{\cdot}4$
$B > 3{\cdot}0$ ft $(0{\cdot}90$ m$)$
$h/B \leqslant 0{\cdot}20.$

ب) صيغة التصريف : (النظام البريطاني) USBR Water Measurement Manual

$$Q = 2{\cdot}49h^{2{\cdot}48} \qquad (9.17)$$

ان كـلا المصدريـن المذكورين في الاجزاء السابقة تعطي صيغ تصريف بديلة بالاضافة لشروحاتها وتطبيقاتها ومدى دقتها .

الغمر Submergence : ان نسبة الغمر هي d/h حيث ان d هي الشحنة في الجانب السفلي (المؤخر) فوق مستوى قمة الهدار و h مقدار الشحنة في الجانب العلوي (المقدم) . وكلما ارتفعت قيمة نسبة الغمر قل التصريف الحقيقي عن ذلك الذي ينتج عن السقوط الطليق لنفس مقدار الشحنة في الجانب العلوي والجدول 9.7 يعطي قيم Q_1/Q لنسب غمر تتراوح من الصفر الى 0.9 وتمثل Q_1 التصريف الحقيقي و Q تصريف السقوط الطليق وقد تم حساب عوامل التصحيح بالاستناد الى صيغة هيرشيل HERSHEL Formula وهي مقربة وان دقتها ليست افضل من $\pm 5\%$ وعليه فان المعايرة ضرورية لمنشأت القياس تحت ظروف الغمر اذا ما اريد قياسات دقيقة .

v, m/s	*Head over weir h (m)*											
	·05	·10	·15	·20	·30	·40	·60	·80	1·00	1·20	1·40	1·60
·02	1·001	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000
·06	1·005	1·003	1·002	1·001	1·001	1·001	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000	1·000
·10	1·014	1·007	1·005	1·004	1·002	1·002	1·001	1·001	1·001	1·001	1·001	1·000
·14	1·027	1·014	1·009	1·007	1·005	1·004	1·002	1·002	1·001	1·001	1·001	1·001
·18	1·044	1·023	1·015	1·012	1·008	1·006	1·004	1·003	1·002	1·002	1·002	1·002
·22	1·064	1·033	1·023	1·017	1·012	1·009	1·006	1·004	1·004	1·003	1·003	1·002
·26	1·087	1·046	1·031	1·024	1·016	1·012	1·008	1·006	1·005	1·004	1·004	1·003
·30	1·113	1·060	1·041	1·031	1·021	1·016	1·011	1·008	1·007	1·006	1·005	1·004
·34	1·142	1·075	1·052	1·039	1·027	1·020	1·014	1·010	1·008	1·007	1·006	1·005
·38	1·172	1·093	1·064	1·049	1·033	1·025	1·017	1·013	1·010	1·009	1·008	1·007
·42	1·205	1·111	1·077	1·059	1·040	1·031	1·021	1·016	1·013	1·011	1·009	1·008
·46	1·240	1·131	1·091	1·069	1·048	1·036	1·025	1·019	1·015	1·013	1·011	1·010
·50	1·277	1·152	1·105	1·081	1·056	1·043	1·029	1·022	1·018	1·015	1·013	1·011
·54	1·316	1·174	1·121	1·093	1·064	1·049	1·034	1·025	1·021	1·017	1·015	1·013
·58	1·356	1·197	1·138	1·106	1·073	1·056	1·038	1·029	1·024	1·020	1·017	1·015
·62	1·397	1·221	1·155	1·120	1·083	1·064	1·044	1·033	1·027	1·023	1·019	1·017
·66	1·440	1·246	1·173	1·134	1·093	1·071	1·049	1·037	1·030	1·025	1·022	1·019
·70	1·483	1·272	1·192	1·149	1·103	1·080	1·055	1·042	1·034	1·028	1·025	1·022
·74	1·528	1·299	1·212	1·164	1·114	1·088	1·061	1·046	1·038	1·032	1·027	1·024
·78	1·574	1·327	1·232	1·180	1·126	1·097	1·067	1·051	1·041	1·035	1·030	1·027
·82	1·621	1·355	1·253	1·197	1·138	1·106	1·073	1·056	1·046	1·038	1·033	1·029
·86	1·669	1·385	1·274	1·214	1·150	1·116	1·080	1·061	1·050	1·042	1·036	1·032
·90	1·717	1·414	1·296	1·231	1·162	1·126	1·087	1·067	1·054	1·046	1·040	1·035
·94	1·766	1·445	1·318	1·249	1·175	1·136	1·094	1·072	1·059	1·050	1·043	1·038
·98	1·816	1·476	1·341	1·268	1·189	1·146	1·102	1·078	1·064	1·054	1·046	1·041
1·00	1·841	1·491	1·353	1·277	1·195	1·152	1·105	1·081	1·066	1·056	1·048	1·043

الجدول 9.6 معامل تصحيح التصريف C لتقدير تاثير سرعة الاقتراب في الهدارات من الصيغة $C = Q_1/Q$

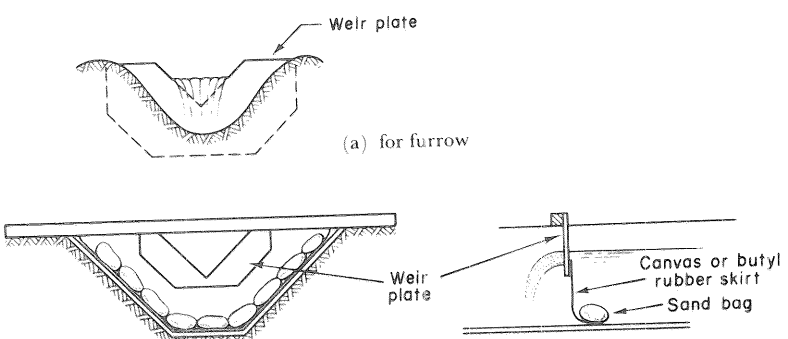
الجدول 9.7 معامل تصحيح التصريف للغمر من USBR W.M manual

Submergence	0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
$C' = Q_1/Q$	1·00	1·01	0·98	0·94	0·90	0·84	0·78	0·70	0·59	0·44

الانشاء والصيانة

يعد الهدار المثلثي اكثر الهدارات دقة ، ولايعتمد على الهدارات ذات الحافة الافقية عندما تكون قيمة الشحنة اقل من0.20 قدم0.06م وذلك لالتصاق البثق المسطح بالقمة بدلاً من سقوطه بعيداً عنها ، ولهذا يوصى باستخدام الهدار المثلثي V – notch عندما تكون كمية الجريان قليلة(لحد300 لتر/ثانية) .

والهدار V – notch مفيد وبسيط الاستعمال لقياس الجريان في قنوات الري الصغيرة ، وعلى سبيل المثال يمكن تركيبه من حاجز خشبي مسطح بعد وضع صفيحة الهدار فوقه ، وبالنسبة للقنوات الصغرى يمكن عملها من صفيحة فولاذية مغلونة يتم ضغطها في قعر القناة(الشكل 9.7a)ومن الممكن عمل الاخاديد grooves في قعر وجوانب القنوات لوضع صفيحة الهدار. وعندما لاتوجد اخاديد فانه يمكن استخدام ترتيبات كالموضحة في الشكل9.7b .

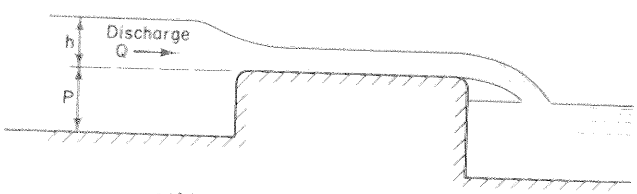


الشكل 9.7 تراكيب الهدار المثلثي V-notch

والتراكيب الدائمية تحتاج لمنشأت من الطابوق او الخشب او الخرسانة بابعاد تطابق الظروف المذكورة اعلاه ، وحماية قعر القناة اسفل الهدار امر ضروري اما بوساطة التبليط بالخرسانة او الاكساء بالحجر stone pitching وبناء جدران حاجبةCut – off walls عند نهايتي المنشأ امر واجب لتقليل التسرب ومنع حدوث اي خطأ بالقياسات وتجنب انهيار المنشأ ، وما لم يتم تنظيف الجانب العلوي من الهدار بانتظام من الرسوبيات فان دقة القياسات ستتغير من موسم لاخر، وكذلك يجب الحفاظ على حافة الهدار نظيفة من الاوساخ والشوائب ، واما مستوى ادنى الحافة (رأس المثلث) ونقطة الصفر فيجب فحصها من فترة لاخرى وضمان عدم حدوث التسرب من المنشأ باستمرار.

9.2.2 هدارات الحافة العريضة Broad – Crested Weirs

وهذه الهدارات عبارة عن جدار بعرض قعر القناة مما يقلل من الطاقة النوعية متضمناً الجريان الحرج ، الشكل 9.8.



الشكل 9.8 الهدار العريض الحافة

ويعطى التصريف بشكل عام بالمعادلة الاتية

$$Q = K \cdot C_V \cdot C_D \cdot b \cdot h^{3/2} \qquad (9.18)$$

حيث ان K ثابت وأن :

C_V : معامل السرعة(يعتمد علىV_a)

C_D : معامل التصريف(يعتمد على الفواقد نتيجة الاحتكاك والجريان الاضطرابي)

b : عرض القناة

وفي اشتقاق صيغة التصريف افترض ان سمك الصفيحة المائية على القمة تعدل نفسها حتى يكون التصريف اكبر مايمكن ، وقد تم دعم هذه الفرضية بالتجارب العلمية . ولاتعمل هذه الهدارات بابعاد قياسية كالانواع المنشأة من صفائح رقيقة ، وعليه فالاخيرة

مفضلة من الناحية العملية ما لم يظهر خطر انهيار صفيحة القمة بواسطة الضغط او تراكم الشوائب. وعندما يتم استخدام هدارات الحافة العريضة فانه من الطبيعي معايرتها في الحقل بواسطة مقياس التيار او في المختبر بوساطة اختبارات على نموذج مصغر يجري تدقيقها بعدد صغير من المقاييس يتم وضعها في الحقل ، ويمكن اعتبار هذه الهدارات حالة خاصة من القنوات المستطيلة مع حدبةhump فجائية في القعر بابعاد قياسية ومعادلات التصريف معطاة في BS 3680 : part 4A : 1965 . إن قليلاً من قنوات الري معرضة للاوساخ والانقاض الطافية ولكن مشكلة الرسابات شائعة اكثر وتسبب انثلام صفيحة الهدار الحادة وتحطم قابليتها لرمي البثق المسطح بعيداً ثم تبدل خصائص التصريف ، والانواع التجارية من هذه الهدارات متوفرة لقياس الجريان والسيطرة عليه والشكل 8.18 يمثل الشكل العام لهدار متحرك صنعه نيوتن جاميرز NEWTON chambers وقد اكدت المعايرات الحقلية مطابقة هذه الهدارات لجداول المعايرة القياسية .

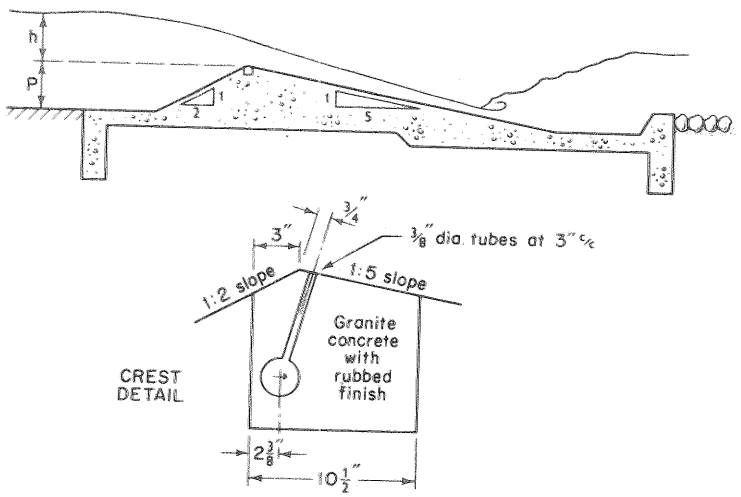
9.2.3 هدار كرمب The Crump Weir

وهو اداة بسيطة وفعالة لقياس الجريان بدقة ، وتعمل على امرار الرسوبيات بطلاقة ولاتنكسر بسهولة نتيجة الانقاض المحمولة اثناء الفيضان وبالنسبة للتراكيب الصغيرة والمتوسطة فهو رخيص الثمن مقارنة بالمسايل والهدارات ذات الحافة العريضة (المصدر6). وهذا الهدار ثنائي الابعاد two – dimensional ويمقطع ثلاثي باتجاه الجريان والشحنات المقاسة في مقدم قمة المنشأ وعند نقطة المرجع للقمة تعطي قياساً دقيقاً للتصريف بمدى عياري واسع وعندما يكون الهدار غير مغمور (معايرا)modular فانه يمكن تحديد التصريف بشحنة مقدم الهدار فقط ، وعندما يكون مغمور(غير معايرا)non – modular فان النسبة h/h' تكون مطلوبة ويكون h' مقدار الشحنة عند نقطة المرجع للقيمة .

وقد صمم هذا الهدار من قبل C S CRUMP وتم تطويره في محطة الابحاث الهيدروليكية في والتكفورد وتفاصيل التصميم موجودة في (المصدر 6) .

صيغة التصريف

$$Q = C_V \cdot C_D \sqrt{g} \cdot b \cdot h_1^{3/2} \qquad (9.19)$$



الشكل 9.9 هدار كرمب

حيث ان

h_1 : الشحنة المقيسة(الشكل 9.9)

b : عرض المجر المائي

C_V: معامل السرعة

C_D : معامل التصريف

او(النظام البريطاني) : $Q = C_V \cdot 3{\cdot}55 b h^{3/2}$ (9.19a)

حيثh وh بالاقدام وQ بالقدم^3/ثا

او (بالنظام المتري) $Q = C_V \cdot 1{\cdot}96 b h^{3/2}$ (9·19b)

وان b وh_1 بالامتار وQ بالمتر^3/ثا

وبالنسبة لهدار قمة وعرض كامل لقناة الاقتراب فانC$_V$ معطى بالجدول9.8

الجدول9.8 معامل السرعة العائد لقيمة $h/(h+P)$ لهدار كرمب

$h/(h+P)$	0	0·05	0·10	0·15	0·20	0·25	0·30	0·35
C_v	1·000	1·001	1·003	1·007	1·012	1·019	1·028	1·039
$h/(h+P)$	0·40	0·45	0·50	0·55	0·60	0·65	0·70	0·75
C_v	1·053	1·069	1·088	1·112	1·141	1·177	1·224	1·286

من تصميم هدار كرمب ، مجلس الموارد المائية

حدود التطبيق

(قمة معدنية)

(قمة كونكريتية ملساء)

$h_1 \geqslant 0{\cdot}1$ ft (0·03 m)
$h_1 \geqslant 0{\cdot}2$ ft (0·06 m)
$b \geqslant 1$ ft (0·30 m)
$b/h_1 \geqslant 2$
$h_1/P < 3$.

والجدران الجانبية يجب ان تكون مستقيمة ومتوازية ومستمرة لمسافة تساوي h_1 من مقدم القمة عند الجريان الاعظم او للغاية المعايرة اذا إزدادت مما تقدم اعلاه.

الجدول9.9 (الوحدات البريطانية)

هدار كرمب: التصريف(قدم^3/ثا) لكل قدم من القيمة بعد استثناء تأثير سرعة الاقتراب

Head, h (ft)	0·10	0·15	0·20	0·25	0·30	0·35	0·40	0·45	0·50	0·55
Discharge, Q (ft^3/s)	0·11	0·21	0·32	0·44	0·58	0·73	0·90	1·08	1·25	1·45
Head, h (ft)	0·60	0·65	0·70	0·75	0·80	0·85	0·90	0·95	1·00	1·10
Discharge, Q (ft^3/s)	1·65	1·86	2·08	2·30	2·54	2·78	3·03	3·29	3·55	4·09
Head, h (ft)	1·20	1·30	1·40	1·50	1·60	1·70	1·80	1·90	2·00	
Discharge, Q (ft^3/s)	4·67	5·26	5·88	6·52	7·18	7·87	8·57	9·30	10·04	

والجدولان 9.9 و 9.10 يعطيان التصريف لوحدة العرض بالنظامين البريطاني والمتري على التوالي.

ملاحظة: ان المعايرة عند الجريان الواطئ تفقد اغلبيتها بنمو الطحالب ولهذا يوصي (المصدر6) باضافة اوكسيد النحاس للسمنت المستخدم في الحافة بمعدل 0.5% او استعمال طريقة اخرى للوقاية.

الجدول 9.10 (النظام المتري)

هدار كرمب : التصريف(لتر/ثا) لكل متر من القمة بعد استثناء تاثير سرعة الاقتراب

Head, h (m)	0·02	0·04	0·06	0·08	0·10	0·12	0·14	0·16	0·18	0·20
Discharge, Q (l/s)	5·5	15·7	28·8	44·4	62·0	81·5	102·7	125·4	149·7	175·3
Head, h (m)	0·22	0·24	0·26	0·28	0·30	0·32	0·34	0·36	0·38	0·40
Discharge, Q (l/s)	202	230	260	290	322	355	389	423	459	496
Head, h (m)	0·42	0·44	0·46	0·48	0·50	0·52	0·54	0·56	0·58	0·60
Discharge, Q (l/s)	533	572	611	652	693	735	778	821	866	911

9.2.4 البوابات المنزلقة Sluice Gates

تستخدم البوابات المنزلقة على نطاق واسع للسيطرة على التصريف في منظومات القنوات وفي الاستخدامات الاعتيادية وعليه فان كلاً من منسوب الماء في المؤخر والمقدم يكون فوق مستوى اعلى الفتحة ويشكل الجريان تحت البوابة نفاثاً مغموراً يضيق بعد الفتحة بنفس الطريقة التي يضيق فيها البثق المسطح فوق الهدار، ويتحطم الشكل المنتظم للنفاث بسرعة بواسطة عملية الانتشار الدوامي التي تعمل على نشره الى الاعلى حتى تغطي كامل عرض القناة وقد تم اشتقاق صيغة للتصريف بالاعتماد على معادلة برنولي وهي :—

$$Q = C_D \cdot b \cdot d \cdot \sqrt{2gH} \quad (9.20)$$

حيث ان :

C_D : معامل التصريف

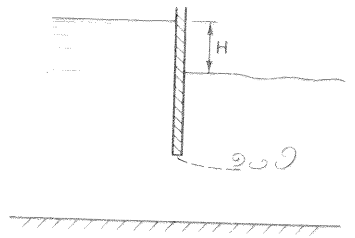
d : عمق الفتحة

b : عرض الفتحة

H : النقصان بالشحنة عبر البوابة $= h_1 - h_2$

ولايمكن تطبيق هذه الصيغة لقيم واطئة من h_1/d و h_2/d

واذا كان الهبوط بالشحنة عبر البوابة كبيراً فان التصريف سيبقى بالتاكيد ثابتاً مع بعض التراوحات القليلة لمنسوب المقدم$(Q \propto H^{1/2})$، وبالمقارنة مع الهدارات ذات المعادلة $(Q \propto H^{3/2})$فانه يمكن ملاحظة الفرق بالشحنات المقيسة وتتأكد صلاحية استخدام



الشكل 9.10 بوابة متزلقة

البوابات المتزلقة كاداة للسيطرة على الجريان داخل القنوات بمعدلات ثابتة . والهدارات التي يكون فيها التصريف حساساً جداً للتراوحات في منسوب المقدم فانها تكون مفضلة لقياس الجريان ، واذا اقتضت الضرورة فانه يمكن استخدام البوابة المتزلقة منشأ قياسياً وتجري المعايرة عادة بالحقل بواسطة مقاييس التيار.

9.2.5 الفوهة The Orifice

يمكن استخدام الفوهات او الثقوب المغمورة لقياس الجريان عندما تكون الخسارة بالشحنة عبر الهدارات كبيرة ويكون عمل مثل هذه التراكيب مسألة قليلة التكاليف ، ويمكن عمل الثقب على شكل مستطيل في صفيحة رقيقة يجري وضعها عمودياً على مسار الجريان في القناة . وهنالك جداول تصريف قياسية تم وضعها من قبل USBR لثقوب وفوهات قياسية عديدة واما قوانين الوضع والتراكيب والشكل فهي مطابقة للهدارات الصفائحية المستطيلة ويمكن حساب التصريف بالمعادلة :

$$Q = 0.61\, A\sqrt{2gH} \quad (9.21)$$ (بالوحدات البريطانية)

حيث ان :

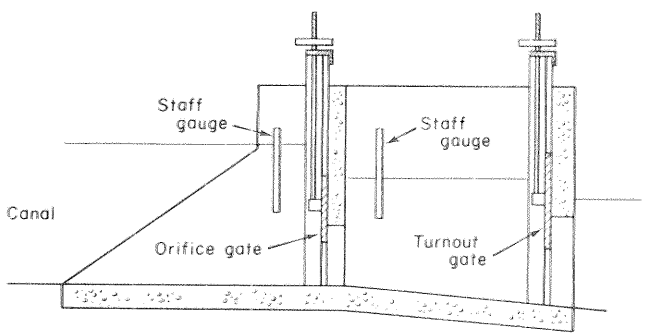
H : الشحنة عبر الثقب (بالقدم)

A : مساحة الثقب (بالقدم^2)

Q : التصريف (بالقدم^3/ثا)

وهنالك نوع لمنشأ مخرج قناة turnout يستخدم بصورة واسعة من قبل USBR ويمكن استخدامه لوضع الفوهات واستخدامها اداة للسيطرة على الجريان وقياسه (الشكل 9.11) ، وهذا المخرج الفوهي يحتوي على بوابتين متزلقتين مع حوض تسكين stilling basin بينها ، وتعاير البوابة الاولى لاعطاء التصريف المطلوب مع شحنة قياسية عبرها (عادة 0.20 قدم) .

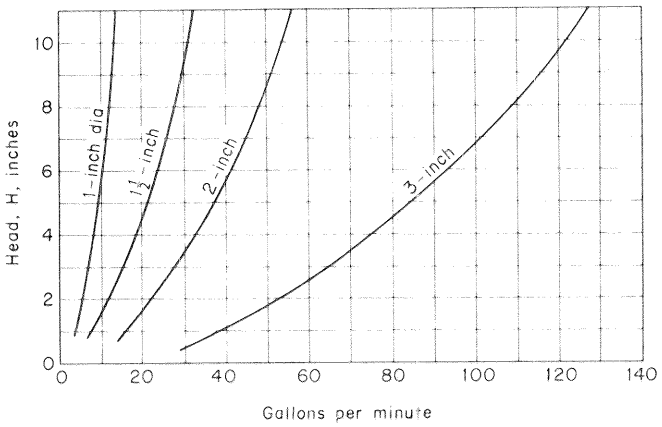
والجداول المعطاة في المصدر الخامس تربط بين التصريف ووضع بوابة المقدم .



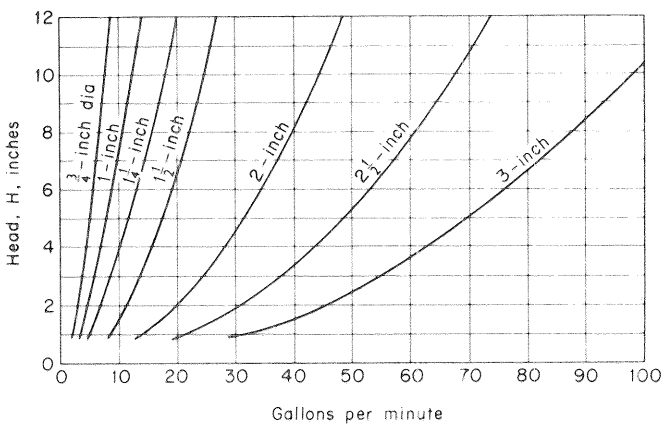
الشكل 9.11 مخرج فوهي يعمل بشحنة ثابتة

9.2.6 السحارة The Siphon

تستخدم السحارات والاسكوبات (انابيب صغيرة مطمورة : Spiles) والمصنوعة من الالمنيوم او البلاستيك في الحقل لاغراض الري وتوصيل المياه من القنوات والمساقي الحقلية الى المروز او الشرائط بمعدلات معلومة . والشحنة المؤثرة هي عبارة عن الفرق بين مستوى الماء في المسقى الحقلي وفي بداية المرز او الشريط في حالة كون السحارة مغمورة او بين المسقى الحقلي وفتحة مؤخر السحارة في حالة عدم انغمارها ، وتعطى التصاريف بصورة تقريبية باستخدام المنحنيات المرسومة في الشكل 9.12a للاسكوبات والشكل 9.12b للسحارات ومن المرغوب فيه لنموذج خاص من هذه الانابيب او السحارات اجراء معايرتها لمعرفة التصريف الحقلي بدقة اكبر.



(a) Rate of flow through small pipes



(b) Rate of flow through small siphons

الشكل 9.12

مأخوذ من USBR Water measurement manual

9.3 قنوات القياس (الصناعية) Measuring Flumes

ان مقطع القناة الذي يسبب تبديل الجريان من الحالة دون الحرجة مروراً بالحرجة الى الفوق الحرجة يشكل اداة للسيطرة يكون فيها التصريف دالة احادية لمنسوب الماء في المقدم. وبالاستناد الى الشكل 9.2 يمكن ملاحظة حدوث جريان حرج بواسطة رفع قعر القناة وبذلك تقل الطاقة النوعية او بواسطة تقليل عرض القناة اي بزيادة التصريف لكل وحدة عرض او بواسطة الجمع بين هاتين الطريقتين. الاسلوب الاول يتم بوضع هدار

والثاني والثالث يكونان بالجريان الحرج او بواسطة مقياس فنشوري. والمعالم الرئيسية لمقياس فنشوري هو جزء تحويل Convergent section يعمل على تسريع الجريان والغاء التغييرات الطفيفة في السرعة ، ثم عنق throat يظهر عنده الجريان الحرج ثم جزء تفريق divergent Section . ويمكن عمل جزء التحويل قصيراً ولكنه يجب ان يكون خالياً من الحافات الحادة واما جزء التفريق فيجب ان يكون مدرجاً لمنع انتشار او تطشر الجريان من الجدران وحدوث النفاث. ويصمم مقياس فنشوري عادة للعمل في القنوات ذات الجريان دون الحرج،والجريان فوق الحرج المار من العنق الضيق يرجع الى الحالة دون الحرجة في مؤخر المقياس ، وهذه تظهر على شكل قفزة هيدروليكية تحدث في مقطع التفريق بعد اصطدام الماء الجاري بعتبة Sill او اي مانع اخر،وبارتفاع منسوب الماء في المؤخر مع زيادة التصريف فان موقع القفزة يتحرك نحو المقدم داخل العنق ويغمر الجريان الحرج. ثم يتم الوصول لنقطة يبدأ عندها منسوب المؤخر بتبديل منسوب المقدم بصورة واضحة وفيا وراء هذه النقطة فان المقياس يبدأ بالعمل في الحالة المغمورة ويمكن تعريف الغمر Submergence على انه نسبة منسوب المؤخر الى منسوب المقدم عندما يتم قياسها من منسوب قمة المقياس (الجزء الافقي لقعر المقياس) ويمكن التعبير عن الغمر على شكل نسبة مئوية .

وعندما تكون هنالك شحنة كافية فانه بالامكان الاستغناء عن مقطع التفريق وعندها يخرج التصريف من العنق على شكل سقوط حر في حوض التسكين.

بصورة عامة تكون قنوات القياس الصناعية على شكل مقطع شبه منحرف او مستطيل وتستخدم بعض قنوات القياس الصناعية الخاصة والتي تكون على شكل حرف U اللاتيني لاغراض محددة وهي ليست واسعة الانتشار وقنوات القياس المستطيلة هي ابسط الانواع عند الانشاء وتشغيلها سهل ودرجة دقتها لاباس بها ، ولكن عندما يتم وضعها في قناة بمقطع على شكل شبه المنحرف يظهر احتمال عدم امكان التنبوء بشكل الجريان المتوقع الناتج عن تغيير شكل المقطع خاصة عندما يكون التغيير في المقطع فجائياً. تكون المسايل والمقاييس ذات المقطع الشبه منحرف دقيقة الاداء لمديات واسعة من التصاريف المتغيرة وتتماشى مع شكل القنوات المفتوحة وطريقة التصميم مبينة في المصدر الاول .

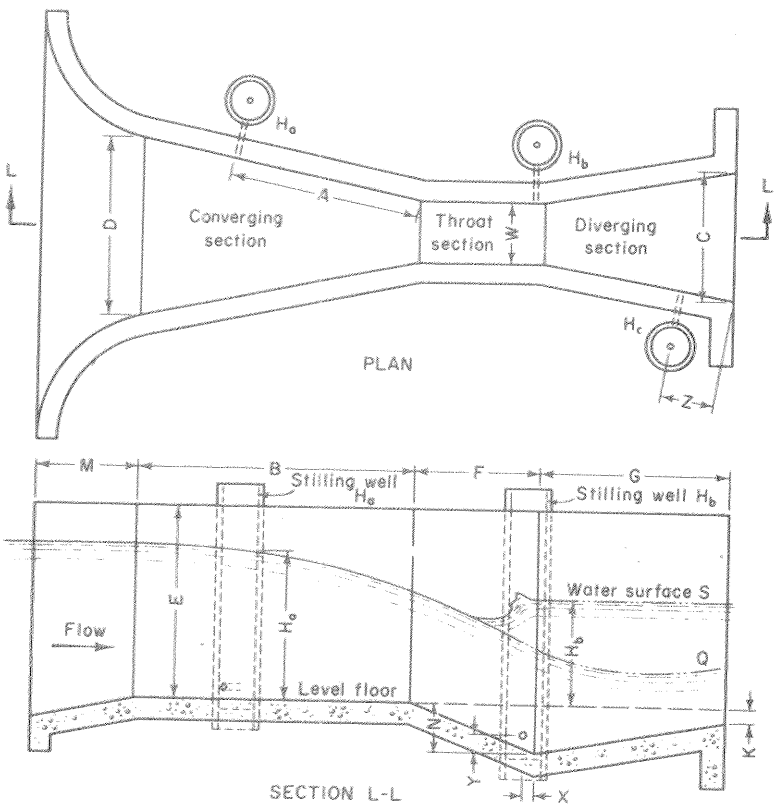
وجداول المعايرة والابعاد لثلاث قنوات قياس (مقاييس) نموذجية مناسبة لاستخدامات قياسات الري سيتم شرحها في الفقرات الاتية.

9.3.1 مقياس بارشال The Parshall Flume

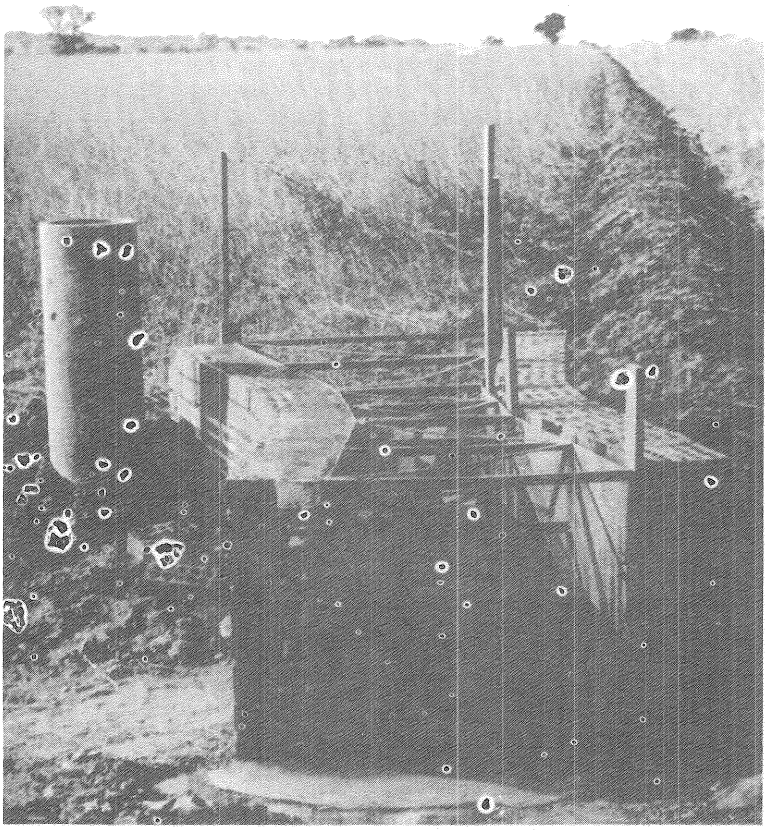
ان مقياس فنشوري المستعمل بصورة واسعة في الولايات المتحدة قام بتطويره بارشال R I PARSHALL ثم سمي باسمه من بعده والمخطط العام لهذا المقياس موضح في الشكل 9.13 ، ولهذا المقياس خصائص احداث خسارة قليلة بالشحنة وامرار الرسوبيات بصورة طليقة واعطاء قياسات يمكن الركون اليها حتى في الحالة المغمورة ، وهو غير حساس لسرعة الاقتراب خصوصاً عند وضعه بالقناة على امتداد خط الجريان ، وهذا المقياس غير مناسب لاستعماله منفذاً للماء يوضع في جدار او جانب القناة المغذية مما يجعله على اتجاه الجريان . والجريان المقترب يجب ان يكون خالياً من اللجة Surge والموجات الدوامات البادية للعيان ويجب ان يكون الجريان بالضرورة موازيا لخط وسط (الخط المركزي) المقياس . وفي هذه الحالات يكون جزء التحويل فعالاً في تسوية التغيرات في السرعة عبر الجريان المقترب .

واحجام المقاييس تعرف بعرض اعناقها بالقدم والانج والمدى القياسي لها يمتد من 1 انج (25.4) ملم الى 50 قدم (15.24 م) لاعطاء مدى واسعا من التصاريف من الصفر الى 3300 قدم^3 / ثا (0-93 م^3/ ثا) والابعاد القياسية للحجوم الصغرى والوسطى (8 قدم الى 1 انج) مبينة في الجدول 9.11 وهذه الحجوم مناسبة لقنوات التوزيع ومآخذ الحقول وللقياسات داخل الحقل . وابعاد الحجوم الاكبر يمكن ايجادها في المصدرين 4 و 5 .

وفي حالة الجريان الطليق فان التصريف يعرف بشحنة المقدم فقط ، وهذه يتم قياسها عند النقطة H_a (الشكل 9.13) ويمكن تطبيق الجريان الطليق بدقة مقبولة حتى تصل حالة الغمر لنقطة ضمن المدى 50-80 % . والقيمة المعنية تعتمد على حجم المقياس (انظر الجدول 9.12) وبعد هذه النقطة من الغمر فان منسوب المؤخر يعمل على تقليل التصريف وعندها تبرز الحاجة لضرورة قياس الغمر فضلاً عن الشحنة عند H_a ، ويمكن الوصول لهذه الحالة بقراءة شحنة ثانية عند النقطة H_b ، وبهذه الوسيلة فان المقياس يقيس بدقة تصل الى حد 95 % من حالة الغمر.



الشكل 9.13 مسيل بارشال للقياس



الصورة 9.1 مسيل بارشال حقلي لقياس السيح في مساحة حقلية تجريبية

الجدول 9.11 ابعاد وطاقات مقياس بارشال لعدة قياسات من عرض العنق
(الحروف المستعملة تعني الابعاد انظر الشكل 9.13)

Width	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
Small	ft in.	ft in.	ft in.	ft in.	ft in.	ft in.
1-in.	0 $9\frac{17}{32}$	1 2	0 $3\frac{21}{32}$	0 $6\frac{19}{32}$	0 9	0 3
2-in.	0 $10\frac{7}{8}$	1 4	0 $5\frac{5}{16}$	0 $8\frac{13}{32}$	0 10	0 $4\frac{1}{2}$
3-in.	1 $0\frac{1}{4}$	1 6	0 7	0 $10\frac{3}{16}$	1 6	0 6
Intermediate						
6-in.	1 $4\frac{5}{16}$	2 0	1 $3\frac{1}{2}$	1 $3\frac{5}{8}$	2 0	1 0
9-in.	1 $11\frac{1}{8}$	2 10	1 3	1 $10\frac{5}{8}$	2 6	1 0
1-ft	3 0	4 $4\frac{7}{8}$	2 0	2 $9\frac{1}{4}$	3 0	2 0
$1\frac{1}{2}$-ft	3 2	4 $7\frac{7}{8}$	2 6	3 $4\frac{3}{8}$	3 0	2 0
2-ft	3 4	4 $10\frac{7}{8}$	3 0	3 $11\frac{1}{2}$	3 0	2 0
3-ft	3 8	5 $4\frac{3}{4}$	4 0	5 $1\frac{7}{8}$	3 0	2 0
4-ft	4 0	5 $10\frac{5}{8}$	5 0	6 $4\frac{1}{4}$	3 0	2 0
5-ft	4 4	6 $4\frac{1}{2}$	6 0	7 $6\frac{5}{8}$	3 0	2 0
6-ft	4 8	6 $10\frac{3}{8}$	7 0	8 9	3 0	2 0
7-ft	5 0	7 $4\frac{1}{4}$	8 0	9 $11\frac{3}{8}$	3 0	2 0
8-ft	5 4	7 $10\frac{1}{8}$	9 0	11 $1\frac{3}{4}$	3 0	2 0

Width	*G*	*K*	*N*	*X*	*Y*	*Z*	*Free-flow capacity* *Minimum*	*Free-flow capacity* *Maximum*
Small	ft in.	in.	ft in.	in.	in.	in.	ft^3/s	ft^3/s
1-in.	0 8	$\frac{3}{4}$	0 $1\frac{1}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{8}$	0·01	0·20
2-in.	0 10	$\frac{7}{8}$	0 $1\frac{17}{16}$	$\frac{5}{8}$	1	$\frac{1}{4}$	0·02	0·50
3-in.	1 0	1	0 $2\frac{1}{4}$	1	$1\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0·03	1·00
Intermediate								
6-in.	2 0	3	0 $4\frac{1}{2}$	2	3		0·05	3·9
9-in.	1 6	3	0 $4\frac{1}{2}$	2	3		0·09	8·9
1-ft	3 0	3	0 9	2	3		0·11	16·1
$1\frac{1}{2}$-ft	3 0	3	0 9	2	3		0·15	24·6
2-ft	3 0	3	0 9	2	3		0·42	33·1
3-ft	3 0	3	0 9	2	3		0·61	50·4
4-ft	3 0	3	0 9	2	3		1·3	67·9
5-ft	3 0	3	0 9	2	3		1·6	85·6
6-ft	3 0	3	0 9	2	3		2·6	103·5
7-ft	3 0	3	0 9	2	3		3·0	121·4
8-ft	3 0	3	0 9	2	3		3·5	139·5

الجدول 9.12 مقياس بارشال : حدود الغمر للتصريف الحر

Flume size	1″, 2″, 3″	6″, 9″	1′–8′	8′–50′
Submergence limit	50%	60%	70%	80%

وبالنسبة للمقاييس ذات الحجوم من 6 انج (150 ملم) واكبر فان الشحنتين H_a و H_b تقاسان بما يقابلها من ابار تسكين stilling wells مع فتحات متفرعة في جدار المقياس ،وتبلغ فتحة البئر H_b 2 انج (51 ملم) في مقدم المقطع السفلي للارضية و 3 انج (76 ملم) فوق القعر، وتقرأ المسايل الصغيرة جداً عند الموضعين H_a و H_c بوساطة مقاييس صفائحية يتم صبغها على الجدار لان الموضع H_b لايمكن استخدامه لوجود الحركة الاضطرابية بجانبه ، وتتم قراءة الشحنات H_a و H_b و H_c كمستويات فوق القمة . اما مواد الانشاء فهي الخرسانة او الخشب او الحديد المغلون او اي مواد اخرى متوافرة محلياً . ويجب ضبط الابعاد والمستويات بدقة متناهية قدر المستطاع وبخاصة في المسايل الصغيرة جداً والحدود المقبولة للدقة في الابعاد في المقاييس بحجم 1 و2 و3 انج هي 0.4 ± ملم في عرض العنق و 0.8 ± ملم للابعاد الاخرى . وخطأ بمقدار 3 ملم في قراءة المقياس واخر بمقدار 3 ملم في قمة العنق لمقياس بحجم 1 انج قد ينتج عنهما خطأ في تقدير التصريف بمقدار 12 % .

الجدول 9.13 مقاييس بارشال : تصريف الجريان الحر (قدم^3 / ثا) لمقاييس من 1 انج الى 3 انج عرض عنق من USBR

Head H_a (ft)		0·05	0·10	0·15	0·20	0·25	0·30	0·35	0·40	0·45	0·50
Throat Width (inches)	1	0·003	0·010	0·018	0·028	0·039	0·052	0·066	0·082	0·098	0·115
	2	0·007	0·019	0·036	0·055	0·079	0·105	0·132	0·163	0·196	0·230
	3	—	0·028	0·053	0·082	0·117	0·154	0·196	0·241	0·289	0·339

Head H_a (ft)		0·55	0·60	0·65	0·70	0·75	0·80	0·85	0·90	0·95	1·00
Throat Width (inches)	1	0·134	0·153	0·173							
	2	0·268	0·306	0·347	0·389	0·433					
	3	0·393	0·450	0·509	0·571	0·636	0·702	0·771	0·843	0·916	0·992

Discharge is computed from the formula $Q = CH_a^{1.55}$ where $C = 0.338$ for 1-in. flume, $C = 0.676$ for 2-in. flume, and $C = 0.992$ for 3-in. flume.

الاختيار:

يعد اختيار اصغر حجم للمقاييس على اسس اقتصادية هو الاختيار الامثل بالنسبة لحالة معينة وبصورة عامة فان عرض المقياس بالاستناد الى هذه النقطة يتراوح من 1/3 الى 1/2 عرض القناة ، واذا لم يكن هنالك حد لمستوى الماء في المقدم فان الحد العملي لحجم المقياس يكون عندما يتساوى التوفير الناتج من تصغير الحجم مع الزيادة في كلفة جدران الاجنحة الساندة.

الجدول 9.14 مقاييس بارشال : تصريف الجريان الحر (قدم^3 /ثا) لمقاييس بعرض عنق 6 انج الى 8 قدم من USBR manual

Head, H_a (ft)	*Throat size*									
	6 in.	9 in.	1 ft	2 ft	3 ft	4 ft	5 ft	6 ft	7 ft	8 ft
0·10	0·05	0·09								
0·15	0·10	0·17								
0·20	0·16	0·26	0·35	0·66	0·97	1·26				
0·25	0·23	0·37	0·49	0·93	1·37	1·80	2·22	2·63		
0·30	0·31	0·49	0·64	1·24	1·82	2·39	2·96	3·52	4·08	4·62
0·35	0·39	0·62	0·80	1·57	2·32	3·06	3·78	4·50	5·22	5·93
0·40	0·48	0·76	0·99	1·93	2·86	3·77	4·68	5·57	6·46	7·34
0·45	0·58	0·90	1·19	2·32	3·44	4·54	5·63	6·72	7·80	8·87
0·50	0·69	1·06	1·39	2·73	4·05	5·36	6·66	7·94	9·23	10·51
0·55	0·80	1·23	1·62	3·17	4·70	6·23	7·74	9·25	10·76	12·24
0·60	0·92	1·40	1·84	3·62	5·39	7·15	8·89	10·63	12·36	14·08
0·65	1·04	1·59	2·08	4·11	6·12	8·11	10·10	12·08	14·05	16·01
0·70	1·17	1·78	2·33	4·60	6·86	9·11	11·36	13·59	15·82	18·04
0·80	1·45	2·18	2·85	5·66	8·46	11·25	14·04	16·81	19·59	22·36
0·90	1·74	2·61	3·41	6·80	10·17	13·55	16·92	20·29	23·66	27·02
1·00	2·06	3·07	4·00	8·00	12·00	16·00	20·00	24·00	28·00	32·00
1·20	2·75	4·06	5·28	10·61	15·96	21·33	26·71	32·10	37·50	42·89
1·40		5·14	6·68	13·48	20·32	27·21	34·11	41·05	47·99	54·95
1·60			8·18	16·58	25·05	33·59	42·17	50·79	59·42	68·10
1·80			9·79	19·90	30·13	40·45	50·83	61·29	71·75	82·29
2·00			11·49	23·43	35·53	47·77	60·08	72·50	84·94	97·48

Computed from flow formulae:

6 in. $Q = 2{\cdot}06\ H_a^{1{\cdot}58}$

9 in. $Q = 3{\cdot}07\ H_a^{1{\cdot}53}$

1–8 ft $Q = 4\ bH_a^{1{\cdot}522W^{0{\cdot}026}}$

وعلى كل حال فان الخسارة بالشحنة عبر المقياس تعد العامل المحدد لهذه العملية ، وخطوات الاختيار هي كالاتي :

أ) جمع المعلومات الموقعية : اقصى وادنى تصريف في القناة فضلاً عن اعماق وابعاد القناة

ب) عمل قوائم بالمقاييس القادرة على استيعاب الجريان المفروض (انظر الجدولين 9.13 و 9.14)

جـ) عمل قائمة بقيم H_a لاقصى تصريف يمر خلال المقاييس المذكورة في (ب)

د) طبق حد الغمر المناسب للمقياس (انظر الجدول 9.12) لايجاد قيم H_b المناظرة لقيم H_a المذكورة في جـ

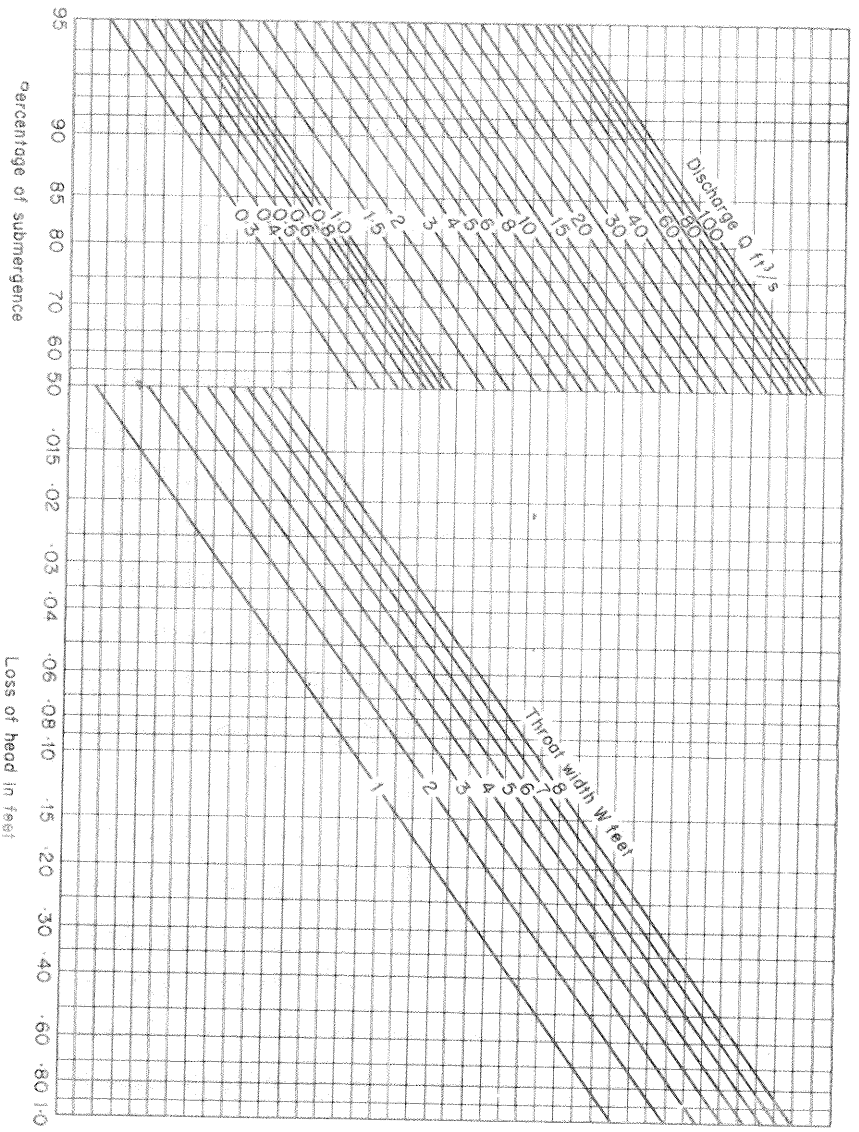
مثال : لمقياس 6 انج (150 ملم) : $H_b = 60\ \%\ H_a$.

هـ) اطرح H_b من عمق الجريان الطبيعي عند اقصى تصريف لاعطاء Δ وهي المسافة العمودية من قعر القناة الى مستوى قمة المقياس ، وتفرض هذه العملية ان منسوب المؤخر عند الغمر الاعظم يكون مطابقاً عند H_b وان الجريان مؤخر المقياس لا يتاثر بذلك .

و) اوجد الخسارة بالشحنة عبر المقياس عند التصريف الاعظم (انظر الشكل 9.14) ثم اضف هذه القيمة الى منسوب المؤخر للحصول على منسوب مقدم المقياس .

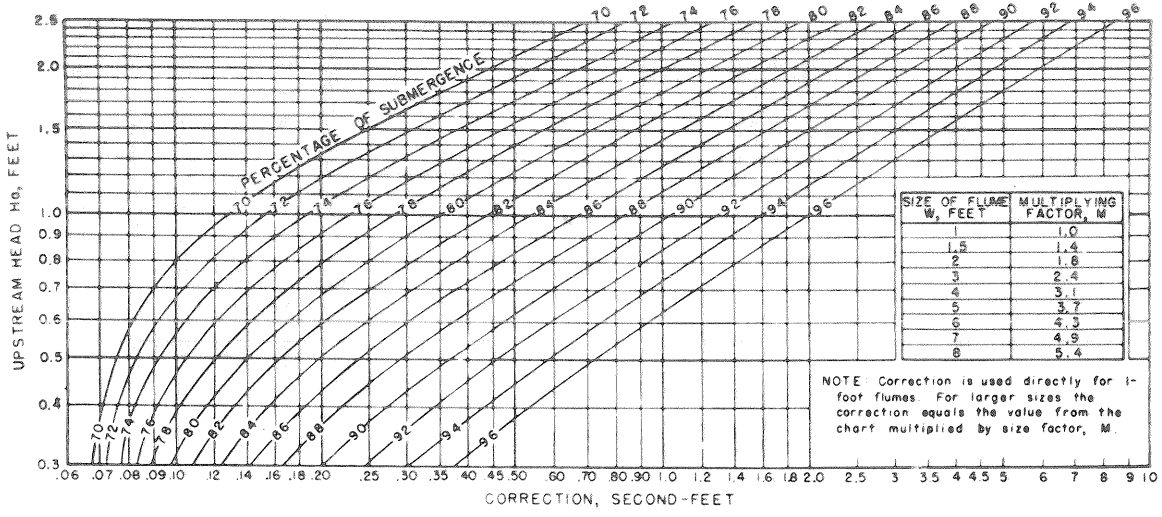
ز) اختر اصغر حجم للمقياس ليكون منسوب المقدم مقبولاً واذا لم يزداد مطلقاً حد الغمر عن حد الجريان الطليق فانه يمكن حذف جزء المقياس مؤخر العنق وتكون النتيجة الحصول على ما يسمى بمقياس مونتانا Montana flume ، واذا كان منسوب المقدم محدداً كما هي الحال غالباً عند ممارسة عملية الري فانه من الضروري تشغيل المقياس باقل خسارة بالشحنة عبرة وثم تشغيله في حالة الغمر. وعليه ففي حالة جريان الغمر وعند التصريف الاعظم اتبع الخطوات من (أ) الى (جـ) كما هو مذكور انفاً ثم د– قدر حد الغمر (ليس اكثر من 95 %) ثم طبقه على H_a للحصول على H_b ثم على جدول احجام المقاييس المحتملة .

هـ) و (و) كما في حالة الجريان الطليق . ويجب عدم وضع منسوب القمة اسفل القيمة المحسوبة ويجوز وضعه اعلى من ذلك ، واي تدهور لقعر القناة وجوانبها يسببان زيادة في المنسوب لتصريف معين ثم زيادة في حد الغمر وارتفاعاً عالياً للقمة قد يوجب وضع عتبة في نهاية مؤخر المقياس ، واذا ظهرت هذه الحالة فانه يجب وضع جدار حاجب مناسب فضلاً عما يمنع الكسح كالاكساء بالحجر.



الشكل 9.14 الخسارة بالشحنة خلال مقاييس بارشال 1 قدم الى 8

اقدام من USDA, SCS NE Handbook, Section 15, chap. 9



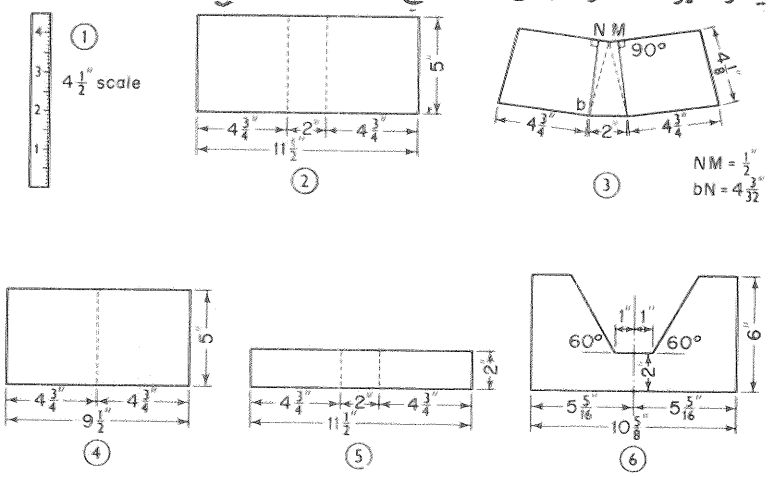
الشكل 9.15 تصحيحات جريان الفمر الواجب طرحها من تصريف الجريان خلال

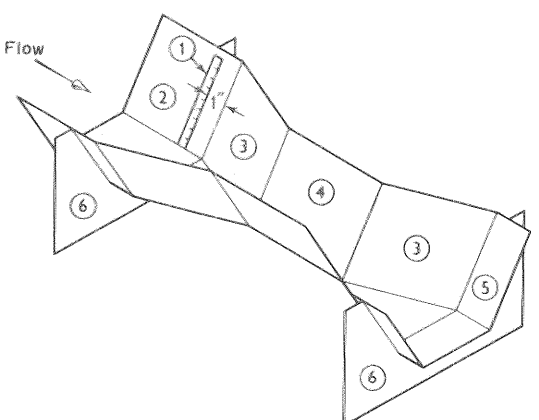
مقاييس بارشال ذات الحجوم من 1 قدم الى 8 اقدام من USBR

9.3.2 مقياس WSC

وهذا المقياس بشكل شبه منحرف تم تطويره من قبل كلية ولاية واشنطن الرسمية Washington State College لاستعمالات الري، وهنالك ثلاثة حجوم لمديات تصاريف من 0.06 الى 76 لتر/ ثا . ولهذا المقياس مزايا تفاضلية بالنسبة للمقياس المستطيل الشكل حيث يستطيع استيعاب مدى واسع من التصريف لمديات معينة من عمق الجريان فضلاً عن تطابقها بشكل اكبر مع مقطع القناة ولتمرير الرسوبيات بشكل طليق وهذا المقياس سهل البناء داخل القنوات الشبه منحرفة المقطع .

وكما في مقياس بارشال فان الدقة بالبناءوضبط المستويات امر ضروري جداً والابعاد القياسية والمعايرة لاصغر مقياس هذا النوع معطاة في الشكل 9.16 والجدول 9.15 .





الشكل 9.16 مقياس WSC الصغير من USDa, SCS

الجدول 9.15 مقياس WSC : تصريف لمقياس WSC صغير بالغالون لكل دقيقة
USDA, SCS, NE, Hand book

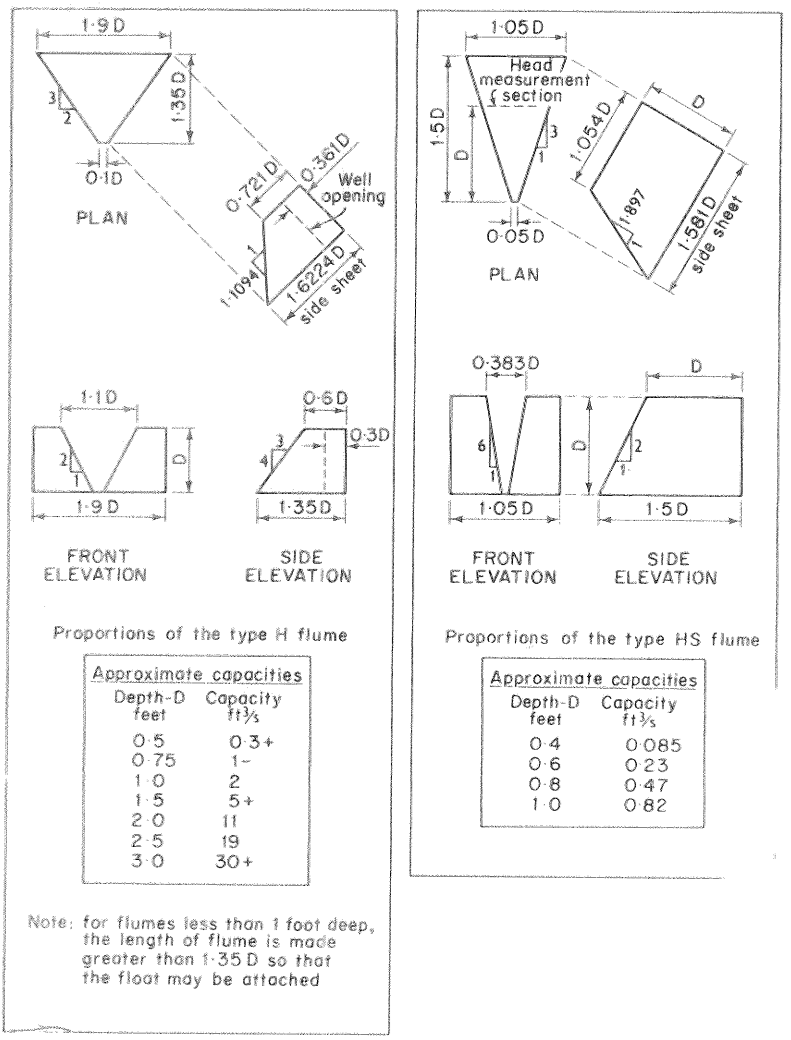
Head, *h* (inches)	0	0·1	0·2	0·3	0·4	0·5	0·6	0·7	0·8	0·9
1			1·5	1·8	2·2	2·6	3·0	3·5	4·1	4·7
2	5·3	6·1	6·9	7·7	8·6	9·5	10·4	11·5	12·7	13·8
3	15·0	16·4	17·8	19·3	20·8	22·4	24·0	25·8		

9.3 مقاييس H

وهذا النوع من المقاييس رخيص الثمن وسهل الانشاء ومصمم للاستخدامات الزراعية، وهو مصمم للعمل في حالة الجريان الطليق، الا انها تؤخذ للتطبيق لحد 30% من حالة الغمر عندها يقل التصريف بنسبة 1% من قيمة الجريان الطليق. عند نسبة غمر 50% فان التصريف يقل بنسبة 3% . وهنالك ثلاثة اصناف من هذه المقاييس ، الصنف HS الذي يبلغ تصريفه لغاية 23 لتر / ثا والصنف H لتصريف يتراوح من 8.5 لتر / ثا الى 850 لتر/ثا ثم الصنف Hl الذي يصل تصريفه لحد 3.3 م^3 /ثا . والابعاد القياسية معطاة في الشكل 9.17 والمعايرة في الجدولين 9.16 و 9.17 .

الجدول 9.16 المقاييس صنف HS : التصريف (قدم٣/ثانية)
لمقاييس بعمق 0.4 قدم إلى 1.0 قدم.

	Depth of flume (ft)			
Head, *h* (*ft*)	0·4	0·6	0·8	1·0
0·05	0·0010	0·0014	0·0017	0·0021
0·10	0·0042	0·0052	0·0063	0·0074
0·15	0·0097	0·0115	0·0135	0·0157
0·20	0·0179	0·0207	0·0237	0·0270
0·25	0·0293	0·0330	0·0273	0·0418
0·30	0·0441	0·0489	0·0543	0·0603
0·35	0·0626	0·0683	0·0752	0·0827
0·40		0·0918	0·100	0·109
0·45		0·120	0·129	0·140
0·50		0·152	0·163	0·176
0·55		0·188	0·202	0·216
0·60			0·245	0·261
0·65			0·293	0·312
0·70			0·347	0·367
0·75			0·406	0·428
0·80				0·495
0·85				0·568
0·90				0·646



Proportions of the type H flume

Approximate capacities	
Depth-D feet	Capacity ft³/s
0·5	0·3+
0·75	1–
1·0	2
1·5	5+
2·0	11
2·5	19
3·0	30+

Note: for flumes less than 1 foot deep, the length of flume is made greater than 1·35 D so that the float may be attached

Proportions of the type HS flume

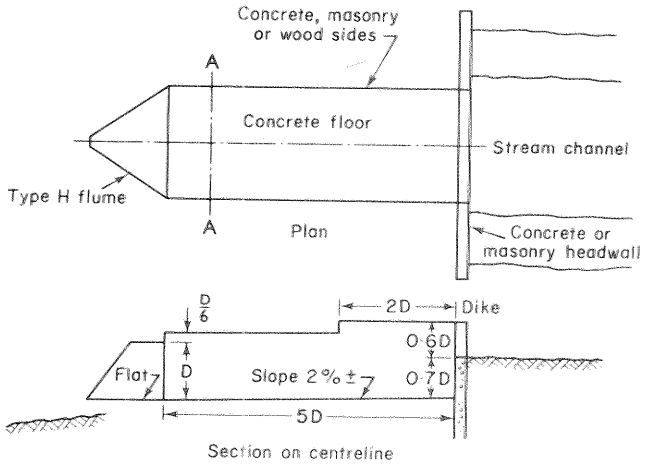
Approximate capacities	
Depth-D feet	Capacity ft³/s
0·4	0·085
0·6	0·23
0·8	0·47
1·0	0·82

الشكل 9.17 ابعاد المقياس من نوع H و HS من المصدر (3)

الجدول 9.17 صنف المقاييس H . التصريف (قدم^3 / ثا) لمقاييس عمق يتراوح من 0.5 الى 3.0 قدم، عن المصدر (3)

Head, h (ft)	Depth of flume (ft)						
	0·5	0·75	1·0	1·5	2·0	2·5	3·0
0·05	0·0024	0·0032	0·0040	0·0057	0·0073	0·0089	0·0105
0·10	0·0101	0·0126	0·0150	0·0200	0·0248	0·0298	0·0347
0·15	0·0233	0·0278	0·0324	0·0414	0·0505	0·0595	0·0686
0·20	0·0431	0·0501	0·0571	0·0711	0·0850	0·0990	0·113
0·25	0·0704	0·0802	0·0900	0·1095	0·1290	0·1486	0·168
0·30	0·1057	0·119	0·132	0·157	0·183	0·209	0·234
0·35	0·1505	0·167	0·183	0·215	0·248	0·280	0·312
0·40	0·205	0·224	0·244	0·283	0·323	0·363	0·402
0·45	0·271	0·291	0·315	0·363	0·410	0·457	0·504
0·50		0·370	0·398	0·454	0·509	0·564	0·620
0·55		0·462	0·492	0·557	0·620	0·684	0·748
0·60		0·566	0·598	0·672	0·745	0·818	0·890
0·70		0·813	0·851	0·942	1·03	1·13	1·22
0·80			1·16	1·27	1·38	1·49	1·60
0·90			1·53	1·65	1·78	1·92	2·05
1·00				2·09	2·25	2·41	2·57
1·20				3·20	3·38	3·59	3·80
1·40				4·60	4·82	5·06	5·33
1·60					6·58	6·84	7·16
1·80					8·67	8·98	9·33
2·00						11·5	11·9

وهنا لابد من التأكيد على وجوب ان تكون عملية الانشاء دقيقة لاقصى حد ممكن خصوصا للمقاييس الصغيرة ، ويجب ان تكون الصفائح المستعملة مغلونة وخالية من التجاعيد والتشوهات وان تكون البراغي ومسامير البراشيم المستخدمة ملساء وليست ثمة فراغات تسمح بحدوث تخلخلات جوية داخل الجريان. واكثر حد مسموح به للتغيير بالابعاد للصنف HS يبلغ ∓3 ملم وبالنسبة للصنفين الاخريين ∓6 ملم . ويجب ان تكون قاعدة المقاييس افقية تماما ومستوى الفتحة بميل مطابق تماما للميل المطلوب . ويركب المقياس عند نهاية صندوق اقتراب خرساني كما مبين في الشكل 9.18 ، ثم يُعْمَلُ على سد المفصل باحكام بحشوة مطاطية rubber gasket . ويمكن ايجاد المزيد من التفاصيل حول هذه المقاييس في المصدر 3 .



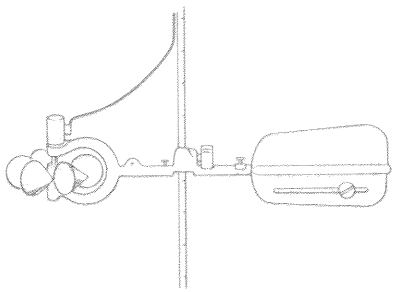
الشكل 9.18 صندوق الاقتراب لقاييس صنف H عن نفس المصدر.

9.4 مقاييس التيار Current Meters

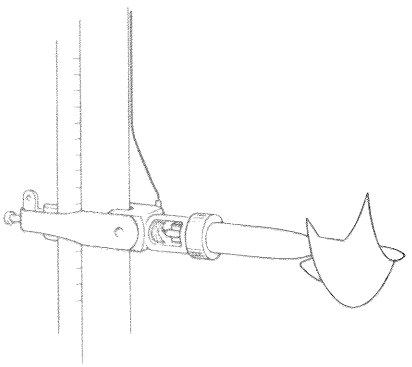
9.4.1 الاجهزة

ان السيطرة على القنوات تجهز المهندس المختص بعلاقة متوازنة بين المنسوب والتصريف وغالبا ماتوجد هذه العلاقة بواسطة مقاييس السرعة لكامل مدى الجريان ثم ترسم علاقة بين التصريف والمنسوب كمنحني معايرة لمحطة القياس.

هنالك نوعان من اجهزة قياس السرعة قيد الاستعمال في القنوات المفتوحة اولها النوع القدحي cup type الشكل 9.19a والذي يحتوي على عدد من الاقداح القمعية موضوعة حول محور دوار بمسافات بينية ثابتة . وهنالك ريشة توجيه vane على جسم المقياس تعمل على ابقائه ثابتا باتجاه الجريان عندما تكون الاقداح في حالة دوران ، وثانيها النوع الرفاص propeller type الشكل 9.19b والذي يحتوي على مروحة مركبة فوق جسم طويل مدبب فضلا عن وجود زعانف fins من نوع خاص تعمل على ابقاء المقياس باتجاه الجريان . ويعد النوع الاول اقل حساسية لمركبات السرعة غيرالموازية لمحور الجهاز



(a) Cup type (Price)



(b) Propeller type (Neyrpic)

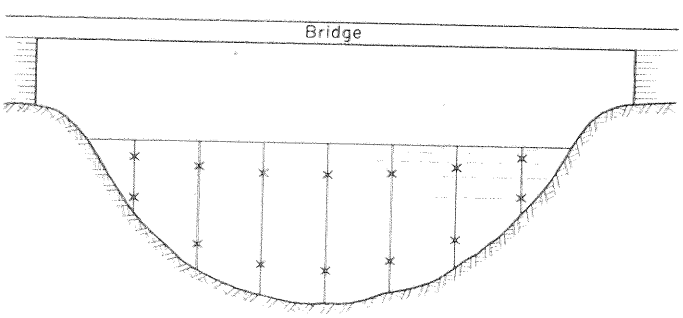
الشكل 9.19 مقاييس مركبة على اعمدة متدرجة

وعند استعمال هذه المقاييس في الجداول الضحلة فانهاتربط بقضيب معدني خفيف معاير بالاقدام والامتار من القاعدة يتم وضعه على قاعدة الجدول بوساطة المشغل operator . وعند استعمالها في الجداول العميقة فان المقياس يعلق بسلك معاير ويمسك بصورة عمودية قدر المستطاع بالاستعانة باثقال موازنة خاصة واذا امكن اجراء القياس من فوق جسر فان السلك يمسك باليد بوساطة رافعة متحركة خاصة لهذا الغرض،وعندما لايوجد جسر فان المقياس يعلق بعربة متحركة على طريق سلكي يقطع المجرى وفي داخل جسم المقياس هناك تماس كهربائي ينغلق عند كل خمس او عشر دورات ويربط سلكيا بعداد في يد المشغل ، وفي الاستعمال اليومي يتم حساب الدورات وعددها بوساطة ساعة توقيت وباستعمال جدول معايرة خاص يجهز مع المقياس يمكن تحويل عدد الدورات لكل دقيقة لسرعة جريان،وكل المقاييس يجب فحصها دوريا في المختبر باستخدام قناة معايرة .

9.4.2 قياس التصريف :

يجب ان يكون مقطع القياس المستخدم لمعايرة مقطع سيطرة للقناة (لهدار عريض الحافة)مستقيماً ومنتظما قدر المستطاع وقريب بالكفاية من سيطرة القناة بحيث لاتوجد ضائعات مائية او جريان داخل المسافة بينها . ويجب ان تكون مقاطع القياس المستخدمة لتقدير قيمة ماننج او التسرب من القنوات على امتداد طويل ومنتظم من القناة خال من الحنيات bends والعراقيل .

ويتم عند الموقع المختار ربط شريط قياس معدني من ضفة لاخرى وبخط عمودي على اتجاه الجريان، وبالنسبة للقياسات في المواقع العميقة يجب وضع الشريط قريبا من سطح الماء واذا كان هنالك جسر فانه يفضل وضع الشريط على سطح الجسر واذا كان القياس بوساطة طريق سلكي فانه يجب معايرة السلك المسيطر على حركة العربة .



الشكل 9.20 مواضع مقاييس التيار عند 20%من العمق و 80% من العمق بمسافات منتظمة عبر المقطع .

وتعمل قياسات السرعة بخطوط عمودية وبمسافات فاصلة منتظمة باتجاه متقاطع مع الجريان (الشكل 9.20) . وقد وجد بشكل عام انه في حالة اخذ قراءة واحدة عند كل خط عمودي فان السرعة عند ستة اعشار العمق تمثل متوسط السرعة لذلك العمق ، وقد وجدت نتائج ادق باخذ متوسط السرعة لعشري العمق وثمانية اعشار العمق واحسن الطرق وادقها تكون باخذ قراءات السرعة عند مسافات فاصلة قصيرة من القعر الى السطح . ان اختيار الطريقة يعتمد على الوقت المتاح وعلى معدل ارتفاع وانخفاض المنسوب وليس ثمة ضرورة للاستعجال باجراء القياسات عندما يكون الجريان ثابتا ومنتظماً ولكن عندما يكون الجريان على اقصاه فان تصاريف النهر تكون عرضة للتغيير وبسرعة

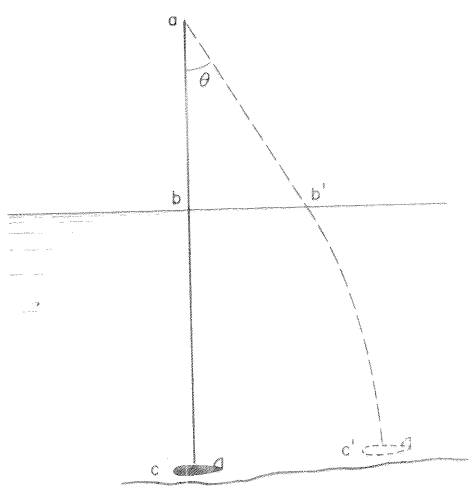
ويحتمل ظهور اخطاء جسيمة بالقياس نتيجة تبدل المنسوب في اثناء فترة القياس وهذا التبدل يؤثر على اختيار المسافات الافقية الفاصلة لنقاط القياس ، وعندما تهيأ الامور وتكون جاهزة للقياس فانه يتوجب تسجيل المنسوب الابتدائي ، وفي حالة اجراء معايرة لمنشأ السيطرة فان المنسوب يقرأ بصورة مباشرة من صفيحة القياس المثبتة لذلك الغرض. وتبدأ قياسات السرعة بالقرب من الضفة وتستمر على عرض الجدول وعند اتمام القراءة النهائية يسجل المنسوب ايضا ثم تعاد العملية في الاتجاه المعاكس.

يتم حساب التصريف بجمع تصاريف الشرائح العمودية حيث يضرب متوسط السرعة لارتفاعين متجاورين بمتوسط العمق وبالمسافة الفاصلة للحصول الى تصريف الشريحة واما بالنسبة لشريحتي الحافة فان العملية تتم بضرب نصف الارتفاع القريب من الحافة بثلثي متوسط السرعة لذلك الارتفاع والمحسوب من نقطة الحافة.

وعندما تتم القياسات بواسطة مقياس معلق فان خطأ قد يحدث في السبر Sounding نتيجة انسحاب المقياس (الشكل 9.21)ويمكن اجراء تصحيح تقريبي كالمبين في الشكل

$ab = ab' \cos\theta$
$b'c' - bc = k \times b'c'$

θ^0	k
4	·0006
6	·0016
10	·0050
14	·0098
18	·0164



الشكل 9.21 الخطأ في السبر نتيجة السحب من Cowisler and E.F BRATER, Hydrology , John Wiley.

9.5 طرق اخرى لقياس التصريف في القنوات المفتوحة

على الرغم من كون مقياس التيارآله دقيقة الدقيقة ومناسبة لقياس التصريف فان هنالك اجهزة وطرق اخرى يمكن استخدامها في ظروف محددة.

9.5.1 قياسات الطفو

تعد عملية توقيت حركة الاجسام الطافية لغرض قياس التصريف عملية بسيطة وتقريبية لقياس التصريف، ويستخدم لهذا الغرض اجسام طافية على السطح أو شبه مغمورة. الاجسام الطافية علس السطح والغاطسة لاقل من ربع عمق المجرى تكون معرضة للحيود بالريح أو نتيجة التيارات السطحية ولايمكن استخدامها الا في الاجواء الهادئة ويجب معايرة السرع المسجلة (الجدول 9.18) للحصول على معدل السرعة بالنسبة للعمق. وبالنسبة للطوافة الانبوبية فأنه من المعقول اذا امتدت لاكثر من تسعة اعشار العمق ان نفرض ان السرعة التي تمشي بها مقاربة للسرعة المتوسطة لذلك العمق ولاتستخدم هذه الطريقة الا في وسط القناة لكي يكون اسفل الطوافة الانبوبية بعيداً قدر المستطاع عن العوائق والتعرجات في القعر.

Average depth in reach (ft)	1	2	3	4	5	6	9	12	15	20+
Coefficient	0·66	0·68	0·70	0·72	0·74	0·76	0·77	0·78	0·79	0·80

الجدول 9.18 معاملات الطفو السطحي. متوسط سرعة العمق = المعامل × سرعة الطفو السطحية

ويتم عادة اختيار ثلاثة مقاطع بمسافات فاصلة متساوية على جزء مستقيم من القناة وتطلق الطوافات من مقدم اول مقطع وذلك لكي تصل للسرعة المطلوبة للجدول عند ذلك المقطع. وترصد حركة هذه الاجسام بساعة توقيت، واما عرض الجدول أو القناة فأنه يقسم على اقسام متساوية مع اعطاء متوسط عمق كل قسم، واما السرعة عند كل قسم فيعاد حسابها مرات عديدة قدر المستطاع وبذلك يكون تصريف كل قسم هو حاصل ضرب معدل المساحة في السرعة ماعدا القسم المجاور للحافة حيث يحسب التصريف بضرب ثلثي سرعة القسم المجاور في معدل المساحة.

9.5.2 سرعة الملح Salt Velocity

يزداد التوصيل الكهربائي للماء بازدياد المحتوى الملحي فيه،وبعد وضع ازواج من الاقطاب عند نهاية كل مسافة من الجزء المطلوب قياس التصريف عنده يتم ضخ شحنة من محلول ملح الطعام NaCl في الجدول أو القناة وفي مقدم زوج الاقطاب الاول ثم يسجل باستمرار التوصيل الكهربائي للماء عند كل قطبين مع الزمن على جدول ، ومرور شحنة الملح المذاب عند كل نقطة قياس فان التوصيل الكهربائي يرتفع ثم يرجع مرة اخرى لمستواه الطبيعي .

والفاصل الزمني بين مراكز اثقال حدبات التوصيل عند المحطتين يؤخذ كمعدل زمني لانتقال الماء وعليه :

$$Q = \frac{AT}{L}$$

حيث ان :

A = مساحة المقطع العرضي

L = المسافة بين محطتين

T = الفاصل الزمني

والمساحة A توجد بواسطة المسبار

9.5.3 سرعة الصبغة Dye Velocity

في حالة عدم ثبات طريقة سرعة الملح فانه بالامكان استبدالها بصبغة كالفلورسن أو بيرمنكات البوتاسيوم ويتم وضع شحنة الصبغة بسرعة عند المحطة الاولى ويرصد زمن الانتقال عند بداية ونهاية مرور اللون في المحطة الثانية ويستخدم متوسط الزمنين في حساب سرعة الجريان .

9.5.4 التركيز الملحي Salt Concentration

لو امكن تجهيز تيار ثابت من محلول الملح q وبتركيز مقداره C_1 في قناة ذات تصريف Q وبتركيز ملحي C_0 واذا اعتبرنا ان التركيز الملحي عند نقطة في المؤخر عند اكتمال عملية الخلط قد وصل للحد C_2 وباستعمال معادلة الاتصال لكتلة الملح الموجود فان :

$$q\,C_1 + QC_o = (Q+q)C_2$$

$$Q = \frac{q(C_2 - C_1)}{(C_o - C_2)}$$

ومن الواضح ان هذه الطريقة يمكن استخدامها في الجداول الصغيرة فقط واما بالنسبة للجداول الاكبر فان معدل حقن الملح اللازم لتغيير التركيز الملحي$(C_o - C_2)$يكون كبيراً جداً اذا ما اريد الحصول على نتائج دقيقة ولذلك تعد هذه الطريقة غير عملية .

9.5.5 طرق النظائر المشعة Radioisotope Methods

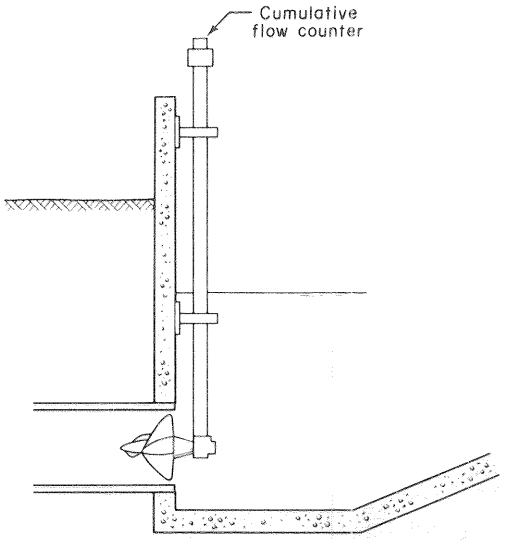
تستخدم المقتفيات المشعة Radioactive tracers لقياس التصريف بطرق مشابهة لطرق سرعة الملح والتركيز الملحي ، وهذه الطرق مفصلة في BS3680 الجزء 2C لسنة 1967 والصعوبات العملية في استخدام النظائر تحدد من استخداماتها لاغراض الري بصورة عامة .

9.5..6 المقاييس الرفاصة

يستخدم هذا النوع من القاييس بصورة واسعة في الولايات المتحدة الامريكية لقياس مجموع التصريف الكلي من خلال منافذ القنوات للنظام الحقلي . يدخل الماء في انبوب من تحت ضفة القناة الى حوض يؤدي بدوره لقناة التجهيز الحقلية (الشكل 9.22) ويوضع رفاص (مروحة) في مخرج الانبوب ويعشق لعداد يقوم بدوره بعد وحدات الجريان وتجميعها بشكل حجمي . ودقة العداد حساسة لتوزيع السرعة داخل الانبوب ولنسبة قطر الرفاص لقطر الانبوب وللدوامات التي تحدث داخل الانبوب وللتغيرات في مقاومة الاحتكاك داخل ميكانيكية المقياس . واستخدام أي نوع خاص من هذه المقاييس يجب ان يخضع لمواصفات قياسية والصيانة يجب ان تكون دورية .

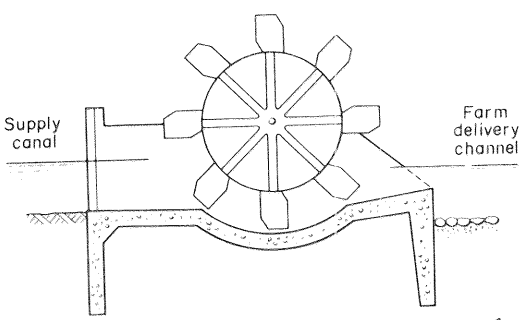
9.5.7 مقياس ديثريج The Dethridge Meter

يستخدم هذا الجهاز بصورة واسعة في استراليا لقياس تصاريف مياه الري ويتكون بصورة رئيسية من دولاب دوار داخل مسيل قياسي خاص والدولاب بدوره معشق لعداد يقوم بتسجيل الحجم التراكمي للماء المار خلاله ، وتبلغ دقة الجهاز $\pm$ 3.5% لمدى واسع



الشكل 9.22 مقياس رفاص يستخدم لاغراض الري

من منسوب المقدم. وعندما يتم تركيب الجهاز ومعايرته وتشغيله بصورة صحيحة ضمن مدى التصميم فأنه يعطي نتائج جيدة وهذه المديات هي 1.5 قدم ٣/ ثا الى 5 قدم ٣/ ثا بالنسبة للنماذج الكبيرة و0.5 قدم ٣/ ثا الى 2.5 قدم ٣/ ثا بالنسبة للنماذج الاصغر. اما المسافة المسموح بها بين الدولاب وقعر المسيل فتبلغ 6 ملم (1/4 انج) والمسافة الجانبية 9 ملم (3/8 انج) ويجب معايرة كل جهاز موقعياً.



الشكل 9.23 مقياس ديثريج

الصورة 9.2 مقياس ديثريج (سعة ٢ قدم ٣/ ثا) لاغراض الري في منطقة ثيودور كويترلاند.

المصادر

1 Ackers, P and Harrison, A J M 'Critical Depth Flumes for Flow Measurement in Open Channels', *Hydraulics Research Paper* no. 5, HMSO 1963

2 British Standards Institution BS 3680, 'Measurement of Liquid Flow in Open Channels'; Part 2 'Dilution Methods'; Part 3 'Velocity Area Methods'; Part 4 'Weirs and Flumes'

3 US Department of Agriculture 'Field Manual for Research in Agricultural Hydrology', *Agriculture Handbook* 224 1962

4 US Department of Agriculture: Soil Conservation Service *National Engineering Handbook*, Section 15 'Irrigation', Chapter 9 'Measurement of Irrigation Water'

5 US Department of the Interior: Bureau of Reclamation *Water Measurement Manual*, second edition 1967, metric supplement 1971

6 Water Resources Board *Crump Weir Design*, TN8 1970

الفصل العاشر

المكننة وتهيئة الارض لعمليات الري

10.01 مبادىء المكننة

يتضمن انتاج المحاصيل عدة عمليات تبدأ بتهيئة الارض وتنتهي بتسويق الحاصل للمستهلك ، والطريقة التي تؤدى بها كل عملية وتأثيرها على باقي العمليات قد تقرر نجاح أو فشل المشروع بصورة أو باخرى .

ان امكان مكننة كل العمليات الزراعية امر وارد والغرض من المكننة قد يكون احد هذه الاسباب أو بعضها :

أ) عدم توافر العمالة اليدوية
ب) الاسراع بتقدم عمليات الانتاج
جـ) تقليل الكلفة
د) الاستغناء عن بعض الاعمال المنفرة للعمالة والمجهدة بشكل خاص .

يمثل الانتاج الهائل للمحاصيل جزءمن الحل لمشكلات المجاعة في العالم وهذا الحل لايمكن تحقيقه بفترة زمنية قصيرة الا بادخال المكننة وتوفير الخبرات والمهارات اللازمة لتشغيلها وصيانتها .

10.1.1 درجات المكننة The Stages of Mechanisation

يمكن تصنيف كل عملية من عمليات انتاج المحصول حسب درجة مكننتها الى واحدة من الدرجات الاتية :

١ . درجة انعدام المكننة Zero mechanisation وتشمل العمليات الزراعية اليدوية بدون الاستعانة بأي آلة أو جهاز.

٢. الدرجة الاولى للمكننة وتشمل العمليات المنجزة بالات تشتغل بالجهد العضلي كالحفر بالمعول.

٣. الدرجة الثانية للمكننة وتشمل العمليات المنجزة بالات أو مكائن بسيطة تسحبها الحيوانات كالحراثة بالمحراث الخشبي الذي تسحبه حيوانات.

٤. الدرجة الثالثة للمكننة وتشمل الاعمال المنجزة بالات أو مكائن تدار بمصدر ميكانيكي ولكنها تستعمل القدرة البشرية أو الحيوانية مصدراً مساعداً للقدرة. ومثال على ذلك جزازات العشب الميكانيكية التي توجه يدوياً.

٥. الدرجة الرابعة للمكننة وتشمل الاعمال المنجزة بمكائن تديرها محركات ميكانيكية أو كهربائية ومثال ذلك الاعمال المنجزة حقلياً بوساطة الساحبات tractors.

٦. الدرجة الخامسة للمكننة وتشمل الاعمال المنجزة بصورة كاملة بواسطة محركات مع الات سيطرة اوتوماتيكية وهذه الاعمال من النوع الذي لايحتاج الى مراقبة مستمرة من الانسان ومثال ذلك الحراثة الاوتوماتيكية والري المبرمج.

ان التقدم الحاصل من درجة مكننة لاخرى يعتمد على الظروف السائدة ويجب ان يكون القرار مستنداً على اسس اجتماعية واقتصادية.

ويفضل اقتصادياً مكننة أي مشروع لاعلى درجات المكننة كلما زاد المردود وقلت الكلفة ومع ذلك فقد تكون زيادة المكننة عن حدود معينة في بعض المناطق ذات تأثيرات سيئة كزيادة البطالة.

10.2 عمليات المكننة الحقلية

يمكن تقسيم عمليات المكننة الحقلية الى اربعة انواع كالاتي:

أ) تحسين الاراضي واستصلاحها ويشمل تنظيف الارض من الاعشاب الضارة والصخور وتعديل الارض وانشاء القنوات والمبازل.

ب) تهيئة الارض ويشمل الحراثة والتنعيم والتثريب subsoiling وعمل المروز والالواح ... الخ

ج) زراعة المحصول وتشمل عمليات البذار sowing والغرس planting وفصل الشتلات thinning والتسميد وحماية النباتات من القوارض والامراض برش المبيدات.

د) الحصاد harvesting وهي عمليات قص المحصول ورفعه من الحقل ثم جمعه ونقله خارج الحقل الى مراكز التصنيع وسنشرح في هذا الفصل بعض الاجهزة والالات المتوافرة لادارة العمليات المذكورة انفاً حيث تديرها قدرة خارجية كمحركات الساحبات والحاصدات وغيرها.

10.3 مكائن والات زراعية للاستعمالات العامة

10.3.1 الساحبات Tractors

توفر الساحبات القدرة اللازمة لتشغيل الالات الضرورية وسحبها لتأدية العمليات الميكانيكية ويمكن تصنيف الساحبات كالاتي :

أ) الساحبات المزنجرة Track-laying vehicles

وتستخدم هذه الساحبات للاعمال الثقيلة كالحراثة العميقة والتثريب وعمل المسارب وقلع الادغال الكثيفة وتسوية الارض وتعد هذه الساحبات بدائل للساحبات الاعتيادية ذات الدفع الثنائي فقط 2 wheel- drive في الاراضي المنحدرة والمناطق الموحلة أو عندما يؤدي استعمال العجلات الى تهشيم بناء التربة مقارنة بالضغط القليل الذي تسلطه المزنجرات ، ان هذه الساحبات غالية الثمن وصيانتها مكلفة ويمكن التعويض عن الساحبات المزنجرة في بعض الاحيان بوضع زنجير خاص فوق العجلات الخلفية للساحبات الاعتيادية. ان المساوىء الرئيسية لهذه الساحبات تكمن في عدم امكان تسييرها فوق الطرق المبلطة الاعتيادية لقلة سرعتها ولما تسببه من اضرار للطريق.

ب) ساحبات الدفع الرباعي 4 wheel-drive tractors

ولهذه الساحبات قابلية العمل في ظروف اشد قوة من تلك التي تعمل فيها ساحبات الدفع الثنائي ، وتستطيع العمل في ظروف مشابهة للتي تعمل بها الساحبات المزنجرة وتتميز عنها مقدرتها على السير فوق الطرق المعبدة وهي غالية الثمن ويمكن التعويض عن كلفتها العالية بما تستطيع انجازه من اعمال ثقيلة.

جـ) ساحبات الدفع الثنائي 2 wheel-drive tractors

وهي اكثر الساحبات شيوعاً ويمكنها ان تؤدي معظم الاعمال الحقلية كالحراثة والبذار والحصاد فضلاً عن استخدامها في نقل المحصول وهي ، مفضلة على غيرها في الاستعمال وخاصة في الحقول الصغيرة لرخص ثمنها مقارنة بالانواع الاخرى ولقلة كلفة صيانتها . وعند حاجة الحقول الصغيرة الى اعمال ثقيلة أو خاصة يفضل اقتصادياً تأجير المكائن الثقيلة من المقاولين .

10.3.2 مكائن استصلاح الاراضي وتطويرها

يتطلب استصلاح الاراضي مسحها للتأكد من نوعية وكثافة الغطاء النباتي عليها حيث تقلع الاشجار والادغال الكثيفة المعمرة بربط سلسلة ثقيلة anchor chain الى ساحبتين مزنجرتين تسيران بخطين متوازيين ومرور السلسلة بقوة فوق الاشجار والشجيرات يؤدي الامر الى قلعها وقد تحتاج الاشجار القوية المعمرة الى ساحبة ثالثة . وقد تفشل هذه الطريقة في مناطق الاشجار الكثيفة المعمرة عندها يفضل استخدام سكين البلدوزر أو المناشير الميكانيكية لاداء العملية أو استعمال المتفجرات للتخلص من الجذور المعمرة القريبة من سطح الارض . اما في المناطق الحاوية على شجيرات كثيفة فقط فيمكن نصب سكين خاصة خفيفة على ساحبة اعتيادية لقلعها وهذه الطريقة تسبب اذى لايستهان به لبناء التربة ويمكن استخدام قاطعة دورانية rotary slasher تتكون من سكاكين ثابتة لها قابلية الدوران بسرعة عالية تحت غطاء واق كطريقة بديلة عن الطريقة الاولى .

10.3.3 المحاريث والحراثة الاولية

تعد الحراثة الاولية من العمليات الرئيسية الضرورية للزراعة حيث تهيأ الحراثة الظروف الملائمة لنمو المحصول فضلاً عن العوامل الاتية :

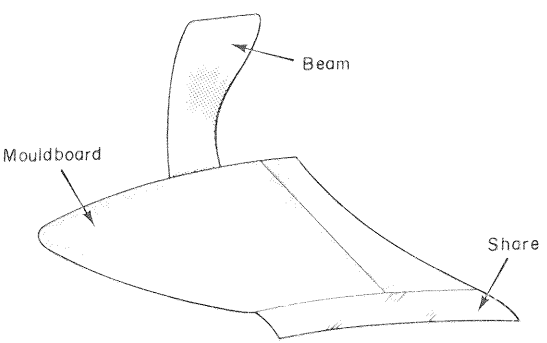
أ) تحسين بناء التربة والعمل على زيادة ارتشاح الماء نحو الداخل وزيادة التهوية aeration
ب) ازالة الاعشاب والادغال وقلبها داخل التربة .
جـ) خلط الاسمدة وادخالها في عمق التربة
د) القضاء والسيطرة على القوارض .

ان الهدف الرئيسي من الحراثة هو فصل طبقة التربة العلوية عن التربة السفلية وقلبها لتحقيق المنافع المذكورة انفاً وبذلك يتم تعريض التربة لعوامل التجويه كالرياح والامطار والانجماد حيث تؤدي هذه العوامل الى تكسير كتل التربة الكبيرة الى كتل اصغر وبذلك يتحسن البناء وتتحسن بعض الخواص الطبيعية .

اما اهم انواع المحاريث المستعملة فهي:

أ) المحراث القلاب المطرحي The mouldboard plough

ويتكون هذا المحراث من الذراع beam المربوطة بسكين القص share والتي تعمل القطع الافقي في كتلة التربة وبذلك ترتفع الشريحة المقطوعة اعلى اللوح القلاب mouldboard ذي الشكل المقعر ثم تنقلب ذاتيا وتنسحق تحت تأثير ثقل المحراث نفسه ، الشكل 10.1 .



الشكل 10.1 محراث قلاب مطرحي احادي

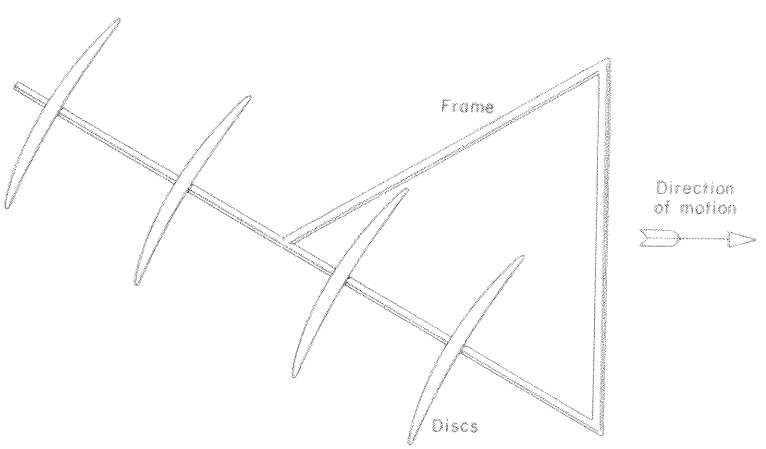
ب) المحاريث القرصية Disc ploughs

يتم تنظيم مجموعة من الاقراص (بقطر نموذجي يبلغ 0.6) متراً على هيكل خاص وبزاوية مقدارها 45° مع خط السحب وبزاوية من 15° الى 25° مع الخط العمودي المار خلف الساحبة ، الشكل 10.2 .

وتتم حراثة التربة بشقها وتكسيرها تحت ثقل الاقراص وهذه المحاريث مناسبة للترب القوية الصلبة ولكنها غير جيدة في الاراضي الحاوية على غطاء نباتي كثيف حيث يفضل استخدام المحاريث القلابة.

جـ) محاريث الترب التحتية Subsoil ploughs

تستخدم هذه المحاريث لتكسير طبقات التربة المرصوصة التي تلي السطح وهي تعوق نمو الجذور نحو الاسفل كما تعوق حركة ماء الري، وتختلف انواع هذه المحاريث بنوعية الساحبة المستخدمة حيث يبلغ عمق المحراث من 40 سم للساحبة الاعتيادية الى 60 سم وبخطي حراثة عند استخدام السأحبات المزنجرة وفي هذه الحالة تسمى بالكسارات rippers اذ يفضل استخدامها قبل اشتغال المكائن الترابية لضمان اعلى معدل للانتاج وقد تكون عملية التكسير هذه ضرورية بعد تسوية الارض لتحسين خاصية الارتشاح وزيادة العمق الذي تنفذ اليه الجذور.

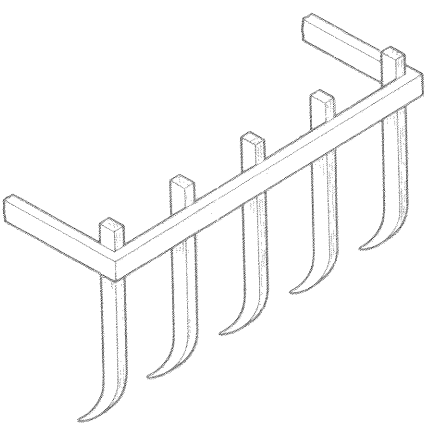


الشكل 10.2 هيكل محراث قرصي

10.3.4 الات الحراثة الثانوية

لاتعد الارض صالحة للزراعة والبذار بعد الحراثة مباشرة حيث يجب تكسير كتل التربة الكبيرة لكتل اصغر (تنعيم التربة) بالات خاصة ذات اشكال متنوعة وتسمى بالمحاريث الثانوية أو العازقات أو المنعمات harrows المتكونة من صفين أو ثلاثة من الاشواك المعدنية المستعرضة tines وبمسافات فاصلة مناسبة بحيث تتخالف اشواك كل صف عن الذي يليه . ويمكن استخدام الانواع الثقيلة من العازقات كمحاريث تحتية خفيفة .

ومن المحاريث الثانوية ماتسمى بالمحاريث المشطية وتصنع باشكال متعددة استناداً الى الغرض المستخدم من اجله واشهر انواعها هي الامشاط الشوكية tined harrow (انظر الشكل 10.3) حيث تستخدم لتهيئة مرقد البذرة النهائي ولتغطية البذور بعد وضعها ، وللامشاط مساوىء تنحصر بقابليتها على سحب الاوساخ المطمورة خارج التربة وفي هذه الحالة يفضل استعمال الامشاط القرصية disc harrows والتي تتكون من صفين أو اكثر من الاقراص المستوية وباقطار من 25 سم الى 50 سم .



الشكل 10.3 محراث مشطي

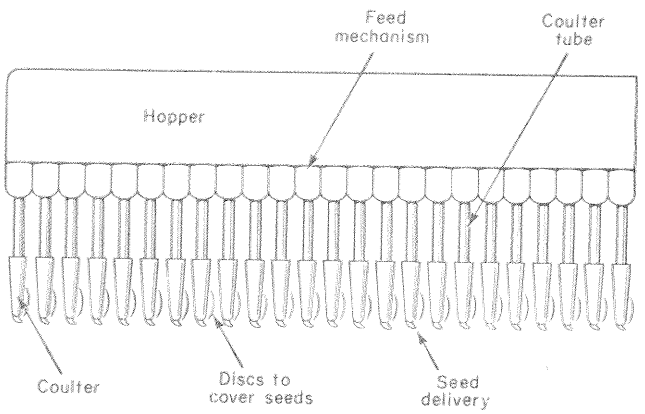
وفي العقدين الاخيرين شاع استعمال المحاريث الدورانية rotavators التي تتراوح قوتها الحصانية من 1 حصان الى 100 حصان وهي تتكون من سكاكين على شكل حرف L مرتبطة بشفرة وسطية مركبة بدورها فوق محور دوران وبعدد السكاكين لكل شفرة تتحدد درجة النعومة المطلوبة والتي تتأثر بسرعة الساحبة وظروف التربة .

10.3.5 مكائن خدمة المحصول

أ) البذار والغرس

١ . البذارات Drills

تتكون البذارات من صندوق قمعي الشكل hopper لوضع البذور وفي اسفله الية خاصة للتحكم بكمية البذور الساقطة الذاهبة للانابيب العمودية حيث تعمل هذه الانابيب على نقل البذور الى الاقراص القاصة coutters والتي تعمل بدورها على قطع التربة بالعمق والعرض المطلوبين ، اي عمل حفرة صغيرة تسقط فيها البذور وتغطي بعد ذلك التراب ، الشكل 10.4



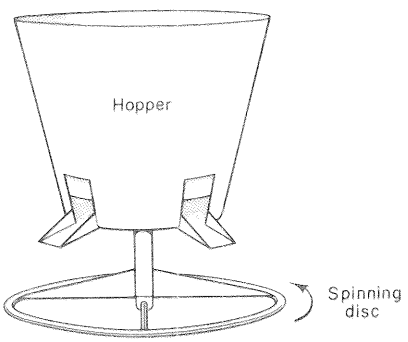
الشكل 10.4 بذارة حبوب.

٢ . الات النثر Broadcasting implements (بذور الحشائش بصورة خاصة) وهي :

(٢ – أ) ذوات العرض الكامل : وتتكون من صندوق للبذور يغطي خط السير بالكامل ويحتوي في اسفله على مجاميع من الثقوب القابلة للمعايرة والتي تخرج منها البذور لتسقط على سطح الارض .

(٢ – ب) الأقراص الرحوية spinning discs

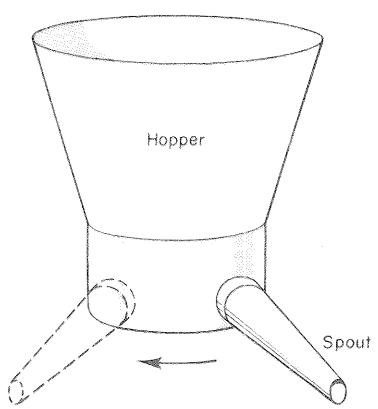
ويتكون من صندوق قمعي على شكل مخروط ناقص يتصل بمحراك agitator مركب فوق قرص رحوي يتشغل بدوره بوساطة محور القدرة الخلفي للساحبة PTO او على عجلات الساحبة نفسها . تسقط البذور من الصندوق القمعي ثم ترمى جانبياً بوساطة القرص الدوار (المروحي) ، اما كمية البذور الساقطة فيتم التحكم بها بواسطة عدد الثقوب الموجودة اسفل الصندوق ومسافة النثر يسيطر عليها بالسيطرة على سرعة القرص ، الشكل 10.5 .



الشكل 10.5 قرص رحوي نثار

(٢ – جـ) الموزع التدفقي – الرقاص Pendulum spout distributor

يركب الصندوق فوق مبثق دائري يترجح بالسرعة المناسبة ويدور من جهة لاخرى حسب جهة النثر، الشكل 10.6 .



الشكل 10.6 موزع تدفقي رقاص.

٣. مكائن الغرس

وهي بصورة عامة مناسبة للمحاصيل التي تزرع بصورة احادية كالبطاطا وهي على عدة انواع اهمها :

(٣- أ) شبه الاوتوماتيكي semi – automatic

حيث يقوم المزارع بملء غرفة التوزيع والتي تنقل الدرنات الى انبوب عمودي مثبت بها ثم الى الخندق المهيأ سلفاً ، بعد ذلك يغلق الخندق الذي وضعت فيه الدرنات بوساطة محراث مطرحي او قرصي خاص لهذا الغرض.

(٣- ب) الاوتوماتيكي automatic

ويتم فيه نقل الدرنات من الصندوق بوساطة مصعد الى الانابيب وبعد ذلك الى داخل الخندق ومالم يتم تدريج البذور بالغربلة وبدقة فان العملية تتطلب مراقبة مستمرة لتصليح اي عطب فجائي في آلية النقل.

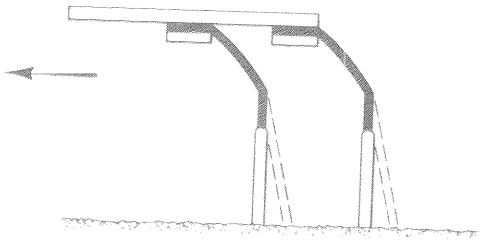
10.3.5 (ب) ازالة الاعشاب Weeding

وهي عملية ازالة الاعشاب والادغال الضارة ويمكن تقسيمها حسب نوعية المحصول كالاتي :

١. المحاصيل الكثيفة :

ويجب ان يكون توقيت العملية مضبوطاً اي عندما يكون المحصول قد نما بصورة جيدة وهنالك قابلية لازالة الاعشاب بقشطها ، وآلة كالمبينة في الشكل 10.7 قد تكون ذات فائدة.

ان عملية اهتزاز السكاكين العمودية سوف يجرف الاعشاب في مراحل نموها الاولى بدون أن تسبب اذى للمحصول. ان وضع الزاوية الصحيحة من الاهمية بمكان لانه قد يؤدي في حالة عدم ضبطها بالشكل الصحيح الى قشط التربة بصورة مضرة.



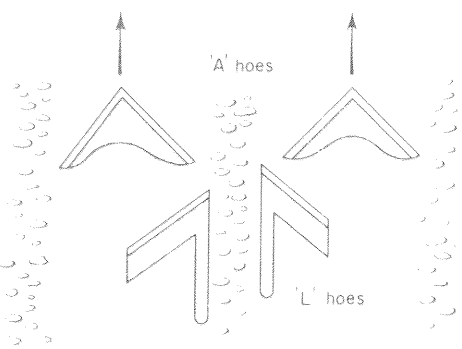
الشكل 10.7 الة مشطية نابضة لازالة الاعشاب

٢ . المحاصيل المزروعة بخطوط تبادلية

ان زراعة المحصول بمسافات فاصلة كبيرة يشجع نمو الاعشاب الضارة في المسافات الفاصلة بين الخطوط وانواع الالات المستعملة لازالة الاعشاب هي :

(٢ – أ) القضبان الفأسية hoeing tool bars

وتركب هذه القضبان خلف الساحبة واماهما وتستعمل عند مستوى البذور والقضبان الفأسية hoes عبارة عن الة حادة تنتهي برؤوس مثل الفأس الاعتيادية ، الشكل 10.8 .

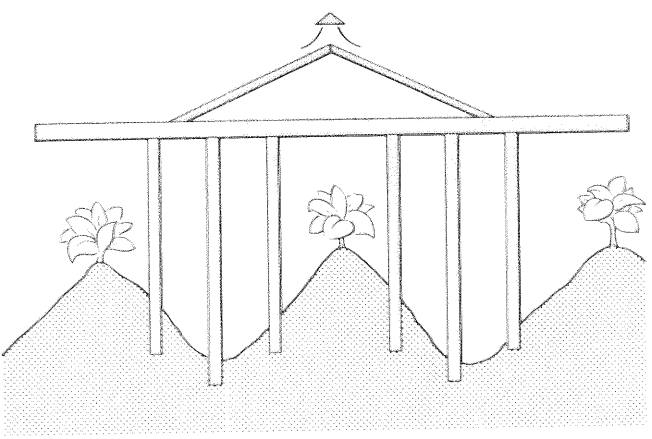


الشكل 10.8 امثلة للقضبان الفأسية

وهذه الرؤوس تنتقل وسط الخطوط كما في النوع A او على الجوانب كما في النوع L ويجب وضع هذه الرؤوس بالعمق المناسب الذي يضمن قطع الاعشاب من جذورها ولتفتيت طبقة التربة العلوية لان وضعها على عمق اكبر يؤدي الى عدم ملامسة الاعشاب ثم عدم قطعها او دفن المحصول مما يستدعي استعمال نوع من التركيب القرصي بجانب الرؤوس الفأسية لمنع دفن المحصول.

٢- ب عازقات المروز

ويستخدم هذا النوع في الاراضي ذات الاخاديد ويفضل استخدام نظام من سكاكين غير عميقة تعمل على قشط التربة كما في المحاصيل الكثيفة (الشكل 10.9).



الشكل 10.9 يمثل نموذج بسيط لعازقة مروز

(٣- ب) العازقات الدوارة rotary cultivators

وتتكون من قضيب يدار بمخلص القدرة الخلفي للساحبة PTO ويحمل مجموعة من السكاكين تقوم بثرم وبعثرة التربة وتحطيم الاعشاب وهي انواع عديدة تعتمد على نوع الاعشاب المراد التخلص منها.

10.3.5 (جـ) التسميد

تجرى عملية التسميد عادة بنثر السماد الصلب فوق سطح التربة اما قبل البذار حيث يبدأ فعل التسميد مع الانبات او يضاف السماد في اثناء نمو المحصول ومن خلال عملية السقي او في اثناء سقوط المطر لضمان وصوله للمنطقة الجذرية ، وقد يضاف السماد احياناً في اثناء عملية البذار الميكانيكي وبنفس الالة المستخدمة لعملية البذار. والالات المستخدمة لنثر الاسمدة الصلبة شبيهة بالالات المستخدمة في نثر البذور.

اما الاسمدة السائلة فتعطي بوساطة عدد من المباثق موجودة فوق ذراع طويلة محمولة على الساحبة ويتراوح طولها من عشرة امتار الى عشرين متراً وبمسافات بينية للمباثق تبلغ 30 سم .

ان الاسمدة الغازية (الامونيا اللامائية) تحقن داخل التربة من خزان عالي يحتوي على غاز مسيل ولهذه الطريقة فائدة كبيرة خاصة في المناطق الجافة حيث يصعب توصيل الاسمدة الصلبة الى المنطقة الجذرية .

10.3.5 (د) وقاية المحاصيل

تضاف المواد الكيمياوية للاغراض التالية :

١. للسيطرة على الاعشاب عندما يصعب القضاء عليها ميكانيكياً لانها قد تؤذي المحصول او التربة اوكليهما معاً (مبيدات الاعشاب) .
٢. للسيطرة والقضاء على الامراض (مبيدات الفطريات)
٣. للقضاء على القوارض والحيوانات (مبيدات حيوانية) ، والمبيدات مواد خطرة ويجب استعمالها بحذر. وتصنف الات رشها الى ثلاثة انواع هي العالية والمتوسطة والواطئة حسب الكميات التي ترشها لوحدة المساحة وهي كالاتي :

120 الى 200 لتر/ هكتار	عالية
40 الى 120 لتر/ هكتار	متوسطة
10 الى 40 لتر/ هكتار	واطئة

وتتكون الات رش المبيدات من خزان ومضخة ومباثق منتظمة فوق ذراع طويلة ، اما بالنسبة للمحاصيل المزروعة بشكل صفوف فانه يفضل استخدام المرشات اليدوية

والتي تسلط المادة الكيمياوية على المساحة القريبة من المحصول بينما تبقى المساحات البينية خالية من الاعشاب باستعمال العازقات الميكانيكية المذكورة انفاً.

10.3.6 عمل الاكتاف للمحاصيل الخطية وذي المروز

تعمل خطوط الاكتاف والاخاديد لري المحاصيل التي تزرع في خطوط بعدد من الطرق هي :

أ) تركيبة خاصة من المحاريث القرصية تحمل خلف الساحبة ولعمل المروز الصغيرة يستخدم محراث قرصي واحد يميل بزاوية خاصة عن اتجاه الحركة وللمروز الاكبر يمكن استخدام قرصين لهذه العملية واحد لدفع التربة لليسار والآخر لتحريكها نحو اليمين.

ب) قلاب مطرحي طويل Long mouldboard
وهذا يعمل على دفع التربة للجوانب ويتم سحبه باتجاه ميل الارض او عمودياً عليها وهو مناسب للمروز الصغيرة ويمكن استخدام زوج من هذه التركيبية لعمل المروز الاكبر.

جـ) المحاريث الحفارة.
والتي تتكون بشكل حرف V اللاتيني وهي تعمل مروزاً ذات قاعدة عريضة وتناسب الترب الهشة.

د) المحاريث الدوارة : التي ترفع التربة وترميها على الجانبين مكونة الاخاديد والمروز.

10.3.7 عمل اكتاف حدود الري الشريطي.

وهذه العملية تتم كالاتي :

أ) من الممكن استخدام شكل معدل للحرف V غير الكامل كما في عمل المروز، ولهذه الطريقة فائدة السرعة فانها تبعد التربة من جوانب الشريط وينتج عنها انحدار عرضي Cross Slope.

ب) او من الممكن استخدام سكينة قشط dozer blade لوضع التربة على مسار كتف الشريط وهي طريقة بطيئة ومكلفة اكثر من سابقتها.

ج) سحب محراث مشابه للذي يستعمل في عمل القنوات الصغيرة على طول المسافة الفاصلة بين شريطين وبذلك تعمل التربة المحصورة على تكوين الاكتاف المحددة لجوانب الشريط.

10.4 العوامل المؤثرة على كفاءة المكننة.

ان الوقت الكلي لانجاز اي مهمة هو حاصل جمع الوقت الفعلي لانجاز العمل زائداً مجموع الاوقات الضائعة لاي سبب كان. والوقت الفعلي هو دالة لقدرة الماكنة وظروفها ومهارة العامل المشتغل ولهذه الاسباب فليس من السهل تقييم اي عملية وذلك لتباين الظروف من عملية لأخرى.

وعلى كل حال فأن الوقت الضائع يعود الى جملة من الاسباب كثيرة، ولذلك فان جدولة العملية وتنظيمها ككل في الحقل يؤثر على كفاءة الماكنة الى حد كبير، ولنأخذ الحصاد مثالاً، فلو فرضنا ان الامر يتطلب تصنيع المحصول ومعاملته في معمل قريب والذي يشتغل بمعدل ثابت ومنتظم فان قدرة المصنع سترداد بازدياد قربه من الحقل الذي يستطيع تزويده بكميات اكبر بكلفة اقل، اي ان عدد الساحبات او الحاصدات المستعملة سوف يقل وفي الوقت نفسه قد يؤدي استخدام مكائن كثيرة الى تراكم الحاصل في المعمل واحتمال خسارته نتيجة الخزن السيء.

وعلى العكس من ذلك عندما تكون الحقول بعيدة عن المصنع فانه يجب تطبيق العكس اي زيادة عدد الساحبات المستخدمة او ان يخفض المعمل من سرعة انتاجه ليواكب ما يصله من الحقول من المواد الخام. واما الحل الامثل لمثل هذه المشكلات فهو تقسيم الحصاد الى قسمين احدهما في الحقول القريبة والاخر في البعيدة حتى يتلاءم وقت ايصال الحاصل مع معدلات الانتاج.

ويستحسن دراسة كفاءة كل ماكنة في الحقل ليصبح ملاحظة توقيت كل عملية بدقة والعمل على تقويم القوت الضائع بصورة علمية، ولو اعتبرنا النتائج المستحصلة في الجدول ادناه قد جمعت في اثناء غرس محصول ما

الجدول / ٥٠ / بيانات دراسة عمل

العملية	الوقت الكلي اللازم في الحقل٪
اضافة البذور	5.7
اضافة الاسمدة	18.9
إضافة الماء والمواد الكيمياوية	21.6
معايرة المكائن زائداً الوقت الضائع	3.9
اوقات الاستدارة	4.0
وقت الغرس	45.9

فانه يمكن ملاحظة ان ضياع الوقت الرئيسي يكون بسبب عمليات الاستدارة. وقد بينت دراسات اخرى ان نسبة كبيرة من الوقت الضائع يعود الى شكل الحقل السيء. وهنا تبرز مسالة ملحة الا وهي التعاون بين مهندس الري ومهندس المكننة عند تخطيط الحقل، لانه بازدياد مسافة السحب الطولي المستمر تقل النسبة المئوية للوقت الضائع في الاستدارة وبجمع عدة حقول في حقل واحد تزداد كفاءة العمليات الزراعية ويقل الوقت المهدور بالانتقال من حقل لآخر فضلاً عن اوقات الاستدارة.

ان عملية الاستدارة بحد ذاتها عملية لامناص منها على الرغم مما تسببه من خسارة ويجب تخصيص مساحة كافية لتمكين الماكنة لعمل استدارة سهلة قدر المستطاع. وللحصول على اعظم كفاءة يجب ان يكون شكل الحقل بالخواص الاتية :

أ) مضامير طويلة ومنتظمة.

ب) الحقل كبير.

جـ) مساحة كافية للاستدارة.

10.5التوافق بين المكننة والري.

لاحظنا سابقاً ان كبر مساحة الحقل وزيادة طول المضامير امران ضروريان لزيادة كفاءة المكننة ولاحتياج الري السطحي لاراضي بانحدار منتظم فان تدرجاً وتعديلاً معقولين للارض امران لامناص منها. وكما اشرنا في الفصل الثالث فان عملية تعديل الارض قد

تكون مؤذية نتيجة قشط كميات كبيرة من التربة العلوية وهذا يؤدي الى نقصان بالحاصل بدون شك ، وعليه فلا معنى لوجود مكننة بمستوى رفيع مالم يكن هنالك غلة للحصاد .

في الترب الطينية الثقيلة ذات معدلات الارتشاح الواطئة يقلل تأثير طول الجريان او مضمار الري على كفاءة الارواء ولكن في الترب الرملية الخفيفة يبدو هذا التأثير واضحاً نتيجة زيادة الضائعات المائية عن الحد المعقول بازدياد طول المسافة مما يؤدي الى ظهور مشكلات البزل والخسارة بالغلة بسبب فقد المغذيات بوساطة الماء المرتشح اسفل المجموعة الجذرية وهناك خصائص اخرى لمخطط الحقل ضرورية للمكننة كإنتظام اشكال الحقول وتوازي جوانبها الا انه ينجم عنها صعوبات مماثلة في الري .

اشير سابقاً الى اهمية كفاية ساحات الاستدارة في التشغيل الكفوء للمكائن . وللحصول على اعظم انتاج من مشروع معين ، يجب ان تكون المساحات الضائعة اقل ما يمكن ، والمجال الذي يستطيع فيه مهندس الري معاونه المسؤول عن المكننة هو الجزء المخصص للاستدارة وكذلك عند تصميم المساقي والمبازل الصغيرة حيث يمكن تصميمها لتمكين الساحبات من عبورها بدون عبارات ، واما اذا كان استعمال المكائن لاوقات قصيرة ومعينة فأنه يمكن ردم اجزاءاً من القناة او باستعمال معابر متحركة . واذا استحال تطبيق احد هذه الحلول اوكلها في ذات الوقت الذي يؤدي وجود القنوات المكشوفة لعرقلة وتقليل كفاءة المكائن بصورة كبيرة فان الحل الامثل لهذه الحالة يكون باستبدال نظام القنوات بنظام من الانابيب سطحي متنقل او باطني ثابت ، وهذه العملية تغني عن القيام باعمال ترابية ضخمة لان طوبوغرافية الارضي لاتعد عاملا متحكما بمسار الانابيب الناقلة للماء وعليه فالانابيب هي الحل الوحيد والامثل في حالة تفاقم مشكلة المكننة والري بشكل معقد .

يجب ان تواكب وتلائم عمليات المكننة بشكل عام متطلبات المحصول لان الناتج الامثل لمحصول ماتحت ظروف معينة يعتمد جزئياً على المسافات الفاصلة بين الشتلات ، وبخلاف ذلك ففي حالة المروز يجب التأكد من اعادة تبلل المنطقة الجذرية . ففي حالة الترب الرملية يجب ان تكون المسافات الفاصلة بين المروز اقل من التي عليها في حالة الترب الطينية لأن التبلل في الحالة الاخيرة يكون اكثر كفاءة في الاتجاهات الجانبية . وعلى كل حال فان متطلبات المكننة تقتضي بجعل المسافات بين المروز ثابتة ومتساوية للمسافة لفاصلة بين عجلات او زناجير الساحبة وان تكون كافية لاستقرار الماكنة الزراعية . ان

مشكلات المكننة والري يجب حلها بالتوفيق العلمي بين المجالين باستخدام احدى طرق الري ، عندها يجب التفكير باستخدام طرق الري الأخرى ولهذا فان الكلفة العالية للري بالرش او بالتنقيط قد تجد مايبررها عند انعدام التوفيق بين متطلبات المكننة الحديثة ومتطلبات الري السطحي .

ان للمكائن الزراعية اثراً سيئاً على التربة خاصة عندما تكون مبللة ولهذا يجب اخذ هذا الامر بعين الاعتبار عند جدولة عمليات الري وخاصة عندما تكون عملية الحصاد ممكنة .

10.6مسح الاراضي واعدادها للري :

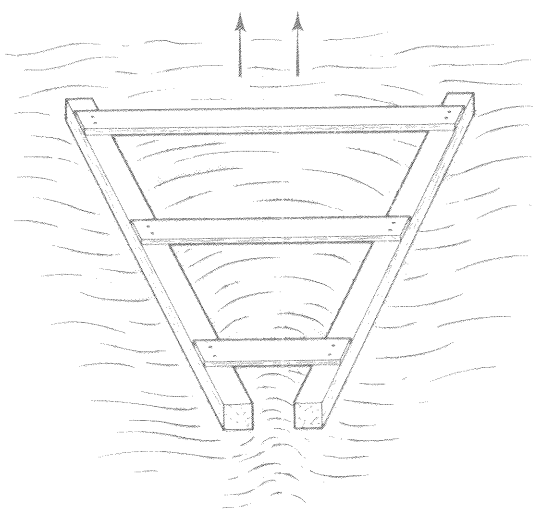
لاتزال التقنية الاساسية للتسوية والتثليث triangulation من صميم عمل المهندس الحقلي وفي الوقت الحاضر فان توافر الصور الجوية يعد خير مساعد للمهندس في اعداد خرائطه وتصميم القنوات والمبازل بدقة ، بالاضافة لذلك تشكل الصور الجوية اداة مساعدة جيدة لخبير التربة في عمله ولرسم خرائط انواع التربة ومصادر الطاقة الكامنة فيها وتمييز منطقة عن أخرى . ومن المستحسن لكل الاعمال فضلاً عن الاعمال الحقلية اجراء مسح شامل بعد الانتهاء من الاعمال الانشائية وذلك لتلافي اي خطأ في مقاطع القنوات او مناسيب الارض ثم تصحيحها باقل صعوبة وكلفة وقبل مغادرة المقاول او الشركة المنفذة لموقع العمل وسحب الآلات والمكائن المستخدمة .

10.6.1 مسح الكفاف وتخطيط الحقل :

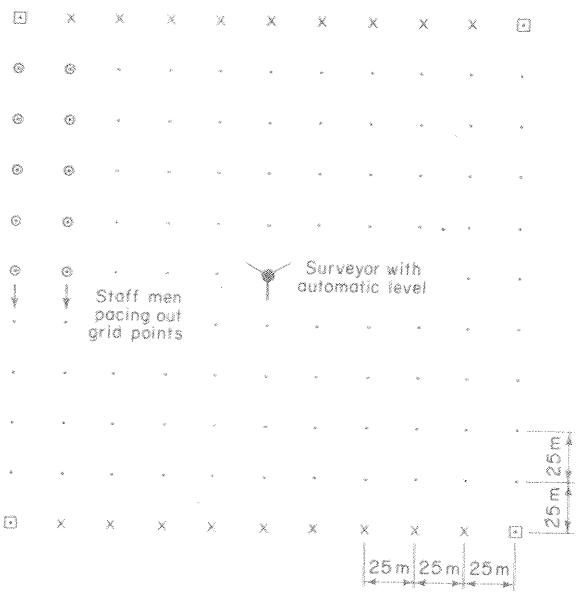
ان تشبيكاً grid بفواصل مقدارها 250 متراً او بكثافة مكافئة لنقاط الارتفاع تعد مناسبة لتصميم نظام القنوات والمبازل ولكنها تكشف التغيرات الدقيقة بالانحدار والتفاصيل الطوبوغرافية والتي تعد اموراً اساسية عند تصميم نظم الري السطحي الحقلية وكذلك للمبازل المغطاة . وعندما يكون سطح الارض غير معقد فمن الممكن تبسيط مسح الكفاف Contour Surveying بالاختيار الحكيم لما هو مطلوب قياسه ، ومثال على ذلك يمكن تعيين حدود الارض المنحدرة باتجاه واحد بوساطة خطين من خطوط الارتفاع المتعامدة ، وهذه الحالة غير شائعة حيث ليس هناك سطوح منتظمة بهذا الشكل الا بالنادر ، والاعم الاغلب هو الشكل غير المنتظم او وجود انحدارات لايمكن ملاحظتها الا بالمشاهدة الالية الدقيقة وهذا يتطلب تشبيكاً بفواصل صغيرة . اما في الاراضي ذات

الانحدار القليل (0.2% او اقل) فان هيدروليكية جريان ماء الري في حالة الشرائط والمروز تتحكم بها بضعة سنتمترات من الانحدار ولمسافات طويلة قد تصل الى مئات الامتار وبعرض قد يصل الى حد 30 متراً ، وفي هذه الحالة فان ارتفاعاً بمقدار 150 ملم لنصف قطر 30 متراً يعد امراً ذا دلالة يمكن فقده بتشبيك مقداره 250 متراً ولهذا يتطلب عمل فواصل كفاف contour interval بمقدار 100 ملم . وتشبيك بفواصل مقدارها 25 متراً لقراءات الارتفاع المقربة بمقدار 10 ملم تعطي ما مطلوب من الحالة المذكورة انفاً ، وتشبيك بفواصل مقدارها 50 متراً يقلل عدد القراءات الى الربع والوقت المستهلك الى النصف ولكنه يؤدي الى فقد بعض التفاصيل المهمة وهذا يؤدي الى عمل وجهد زائدين في اثناء عمليات تحضير الارض .

ان تشبيكاً بفواصل مقدارها 25 متراً يمكن اجراؤه بمعدل 40 الى 50 هكتار باليوم بمساح واحد وثلاثة مساعدين وباستخدام النظام الموضح في الشكل 10.11 . وتشبيك بفواصل مقدارها 250 متراً يمكن تنفيذه بجهاز الثيودولايت زائداً شريط حديدي . ان عملية نجاح المسح مرهونة ببقاء نقاط التشبيك لفترة العمل والتدقيق وبوضع الجهاز في وسط مربع التشبيك .



الشكل 10.10 مدماك على شكل حرف V



الشكل 10.11 يبين خطوات عملية تشبيك وتعديل منطقة.

يتم تعيين الجانبين المتقابلين للمربع بواسطة شواخص range rods وبمسافات فاصلة مقدارها 25 متراً ثم يغطي مساعدا المساح المسافة بين الشاخصين بسرعة ثابتة خمس او ستة مرات لايجاد عدد الخطوات المطلوبة لاكمال ما مقداره (25 متراً)،في حين يقوم المساح في هذه الاثناء بترتيب نظام من الاشارات لكل رجل مساعد Staff man ، وللتأكد من ان القراءات هي للشخص المعني. يقف الاثنان عند اول نقطتين لخط مستقيم واحد ومواجهتين لشاخصين متناظرين عند الجهة الاخرى من الحقل. بعد قراءة كل شاخص تسوية يخطو الرجلان 25 متراً بخط مستقيم اسفل الحقل ويضعان شاخصي التسوية على نقطة مطابقة لارتفاع المنطقة المجاورة حيث يقوم شخص في هذه الاثناء بتسجيل الارتفاعات المقيسة على ورقة مشبكة ثم تضبط الارتفاعات بالنسبة لاقرب راقم تسوية bench mark. وبافتراض ان التشبيك الرئيسي قد اجرى بعناية فائقة وعلى فواصل مقدارها 25 متراً فان اشخاصاً مساعدين جيدين يستطيعون تغطية نقاط التشبيك ذات الفواصل الاقل ولحد متر واحد من المواقع الصحيحة حيث ان هذه الدقة في تعيين المواقع تعد مقبولة جداً.

10.6.2 استعمالات التصوير الجوي :

يعد التصوير الجوي عملية مهمة وسريعة عند اجراء المسوحات الطوبوغرافية لأنه يوفر جزءاً كبيراً من الوقت في اجراء عملية المسح وتفاصيلها .

قبل البدء بعملية التصوير تنشأ شبكة من محطات السيطرة control stations وهي مشابهة لمحطات التثليث الاعتيادية ومجهزة باشارات ضوئية كبيرة بالكفاية وواضحة لغرض التصوير الجوي . بعد اكمال عملية اخذ الصور يتم مسح محطات السيطرة على الارض بواسطة التثليث الدقيق وباستعمال مقياس الارتفاع tellurometer الارضي او بالقياسات الاعتيادية او المسح الأرضي،يعين بدقة المواقع الافقية لنقاط السيطرة وعند حصول خطأ ما في اثناء تطبيق الصورة الجوية فوق نظام السيطرة نتيجة ميل الطائرة او الاختلافات الطفيفة بارتفاع الطيران فان الامر يتطلب اجراء التصحيحات الضرورية للصور المأخوذة . ان استخدام التصوير الجوي الكامل السيطرة كما تم شرحه انفاً يعد عملية مكلفة جداً وغير محبذة الاستعمال لامال الري والتربة ، ولهذا فان اخذ نقاط مبعثرة هنا وهنالك واستخدامها دليلاً لربط الصور الجوية المتداخلة يعد عملاً مجزياً ولكنها لاتصلح لاجراء التصحيحات الناتجة عن اخطاء الطيران بدقة ، ولذلك يتم ربط الصور مع الالتفات قليلاً للتفاصيل الطوبوغرافية لتشكيل الصورة النهائية الجامعة والتي يمكن اعتمادها خارطة سطحية لتعيين مواقع اعمال الري وبمساعدة خرائط التضاريس ومواقع الابنية والقنوات القديمة ... الخ .

10.7 اعداد الارض ووضع العلامات عليها .

بوجود خارطة الكفاف وباقي المعلومات المشروحة في (8.1) يمكن تخطيط الشكل النهائي للحقل ، والمهندس هو الشخص الذي يقرر مدى ملاءمة عمليات الري لشكل الارض او الى اي حد يستطيع تعديل الارض لكي تناسب طريقة الري المقترحة ، والاختيار النهائي يعتمد على الكلفة وكمية الاعمال الترابية . ويمكن الاستدلال على اراضي الري التي تحتاج الى التعديل بخطوط من الاوتاد على طول مسارها وبمسافات فاصلة بمرة او اكثر من عرض الماكنة .

تثبت الاوتاد بحيث يكون اعلى الوتد بارتفاع معين فوق المنسوب النهائي للتسوية ثم تجرى عملية تسوية الارض بين الاوتاد مع ترك المناطق المحتاجة للقص على شكل تلال معزولة حيث تزال لاحقاً وتعدل .

وبعد ذلك ينعم او يعدل سطح الارض بشكل نهائي بوساطة مسطحة الارض وذلك لعمل ثلاث او اربع جولات ومن اتجاهات مختلفة ومتعامدة على الاغلب والعملية تكون ناجحة اذا تم تكسير كتل التربة الكبيرة الى قطع بحجم قبضة اليد او اصغر ثم ترطيبها لتسهيل تهشيمها .

ومسطحة الارض عبارة عن ماكنة خفيفة مشابهة لممهدات الارض Land grader ذات سكين افقية طويلة مركبة في وسط هيكل حديدي مستطيل الشكل ذي اربع عجلات ويكون الاتجاه الطولي باتجاه السحب ، وهذه الالات مناسبة لتسوية الاراضي ذات الاختلافات القليلة في الارتفاع .

10.7.1 تخمين حجم الاعمال الترابية :

أ) طريقة المستوي او مركز الشكل The Plane method

ان هدف هذه الطريقة يمكن في تعديل سطح الحقل الى مستو مائل منتظم ، وباستخدام مخطط تشبيك الارتفاعات السالف الذكر تعد كل نقطة من الشبكة مركزاً لمربع طول ضلعه يساوي المسافة الفاصلة للتشبيك . اما المربعات عند الحوافي فتعد مربعات كاملة او تهمل استنادا على مقدار مايقع منها داخل حدود الحقل . والنظرية تستند على ان اي مستو يمر باحداثيات مركز شكل الحقل وبارتفاع مساو لمعدل ارتفاعات الحقل هو المستوى الذي تتوازن فيه عمليات القطع والردم ، وان قيمة الميل واتجاهه لاقل مقدار من اعمال الحفر والردم يمكن حسابه ويميل مناسب لنظام الري . ان ارتفاعات الارض الجديدة عند نقاط التشبيك يمكن حسابها من المعادلة للمستوى وهي :

$$E = S_x . x + S_y . y + E_o$$

حيث ان :

S_x : الميل او الانحدار بالاتجاه (x)

S_y : الميل او الانحدار بالاتجاه (y)

E_o: الارتفاع عند نقطة الاصل

E : الارتفاع عند النقطة (x, y)

يتم اختيار S_x و S_y اما قيمة E_o فتحسب بالتعويض عن قيم x و y و E عند مركز الشكل اما حجم الاعمال الترابية فيمكن حسابه من الصيغ المبينة ادناه ولمربع محدد بنقاط التشبيك

$$V_c = \frac{L^2 (C)^2}{4 (C + F)}$$

$$V_f = \frac{L^2 (F)^2}{4 (C + F)}$$

والرموز المستعملة تعرف كالتالي

V_c = حجم الحفر

V_f = حجم الردم

L = طول مسافة التشبيك

C = مجموع اعماق الحفر عند نقاط التشبيك

F = مجموع اعماق الردم عند نقاط التشبيك

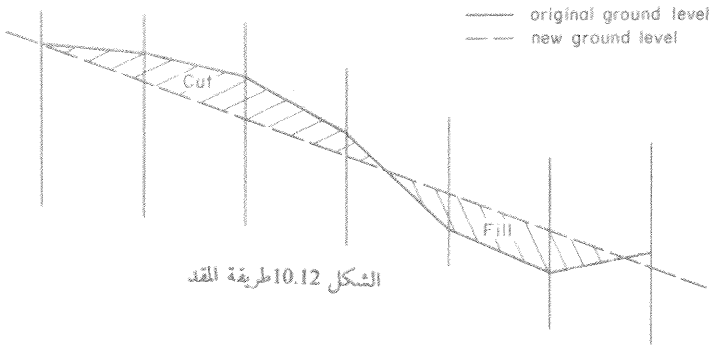
وهذه الطريقة تعطي نتيجة ادق من تلك التي تستعمل حاصل ضرب عمق الحفر او الردم عند نقطة التشبيك في مساحة المربع المحيط بالنقطة.

وقد وجد عملياً ان نسبة الحفر/ ردم بمقدار 1.2 او اكثر ضرورية جداً، وهذا الامر يعزى الى مايحتاجه الردم من رص (انضغاط) والذي يقلع كتربة مفككة بمكائن الحفر.

ان نسبة الحفر/ ردم الحقيقة المطلوبة تتبدل حسب نوعية التربة ومقدار رصها الاولي والتي لايمكن ايجادها الا من خلال التجارب الحقلية.

ب) طريقة المقد The Profile method

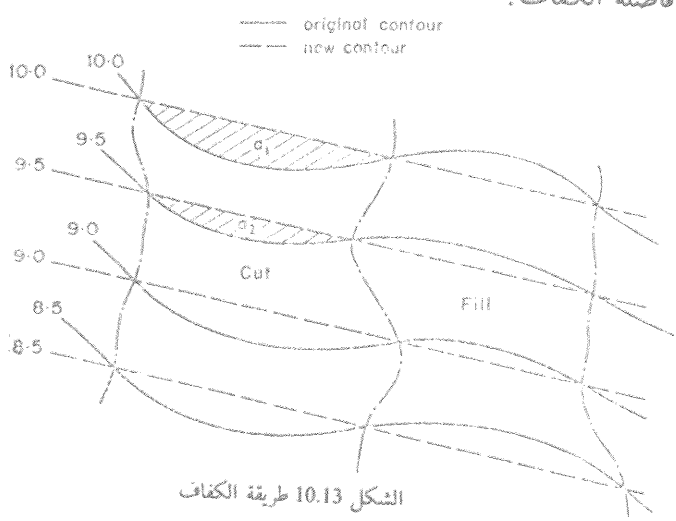
وفي هذه الطريقة (الشكل 10.12) يتم اختيار شريط من الارض بعرض منتظم ويمثل بخط مناسيب اسفل خط المركز ثم يرسم كما هو مبين بالشكل 10.12. بعد ذلك يتم اقتراح مقد جديد وبانحدار مناسب لعمليات الري وباستخدام طريقة المحاولة والخطأ لكي تكون مساحات الحفر والردم بنسب ملائمة بعضها لبعض وهذه الطريقة مناسبة للري الشريطي والري بالمروز اما مقد الميل العرضي فيرسم لتدقيق التصميم النهائي.



الشكل 10.12طريقة المقد

جـ) طريقة الكفاف The Contour method

يتم رسم خارطة الكفاف للمنطقة المعينة باحدى الطرق المعروفة ، ثم نفترض مجموعة جديدة من الاكفة للحقل المراد تسويته على اساس الموازنة بين مساحات الحفر والردم (الشكل 10.13) ، وهذه المساحات هي المحصورة بين الاكفة القديمة والجديدة لنفس المنسوب فاذا كان الكفاف القديم اسفل الجديد فالمسافة المحصورة بينها حفر واذا علاه فان المساحة المحصورة تكون ردماً،ويتم قياس هذه المساحات بواسطة جهاز قياس المساحة Plani meter وبعد ذلك تتحدد مناطق الحفر والردم وتحسب حجومها بين الاكفة المتعاقبة تقريبياً بضرب معدل المساحتين العلوية والسفلية بمقدار فاصلة الكفاف . فاذا تغيرت المساحة a_1 عند احد خطوط الاكفة الى الصفر عند الذي يليه فان حجم التراب يعد $a_1/3$ مضروباً بمقدار فاصلة الكفاف .



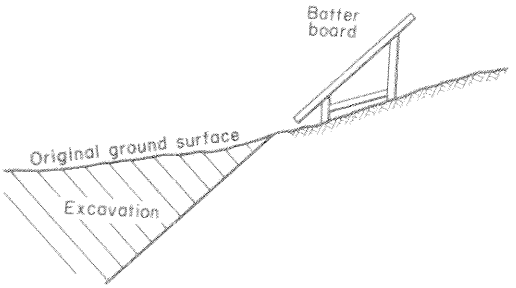
الشكل 10.13 طريقة الكفاف

يتم بعد ذلك جمع حجوم الحفر والردم وتحسب نسبة الحفر/ ردم فاذا لم تكن صحيحة يتم اقتراح خارطة كفاف جديدة وتعاد نفس العملية .

10.7.2 تعيين مواقع القنوات المفتوحة

ان مقدار الجهد المبذول لتعيين علامات اي مشروع للاعمال الترابية يعتمد على مهارة وخبرة مشغلي المكائن المكلفين بانجاز العمل . وفي حالة غياب الايدي الفنية الماهرة يضطر المهندس الى تنفيذ العمل بنظام اكثر تفصيلاً تزداد فيه عدد الاوتاد وباقي العلامات عما هو مطلوب في الحالات الاعتيادية ، وبصورة عامة يجب ان تكون علامات التاشير اكثر من الحد الادنى المطلوب لاي عمل ، فالخط المستقيم يعين بثلاث نقاط او اكثر بدل اثنتين والزاوية بخمس بدلاً من ثلاث وذلك لان مكائن التسوية تقتلع بعض الاوتاد والعلامات في اثناء القيام بالتسوية وعليه فان عملاً اضافياً قليلاً في اثناء التاشير الاولي سيوفر وقتاً وجهداً كبيرين فيما لو اعيدت عملية المسح نتيجة قلع الاوتاد والعلامات ، ويمكن التخفيف من حدة هذه المشكلة بوضع رواقم التسوية وباقي العلامات المرجعية بعيداً قدر الامكان عن مسار الاليات والمعدات المتحركة او ان تكون مطمورة داخل الارض او بارزة ومثبتة فوق منشأ وقتي متين . اما من الناحية النظرية فيجب ان يتضمن المسح الاولي مقاطع طولية وعرضية لسطح الارض المزمع انشاء القنوات والمبازل عليها . واما مقاطع التصاميم العرضية للقنوات المرسومة على هذه الاسطح فيجب ان توضع على مساقطها الافقية نقاط تقاطع جوانب القناة مع سطح الارض الاصلي لكي يمكن تعيينها بوساطة الاوتاد او محراث المروز .

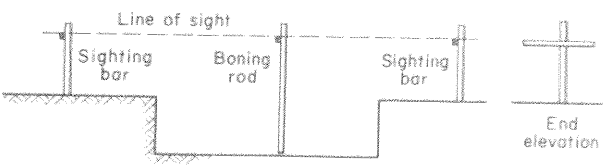
ان استقامة القنوات تحدد على الارض بوساطة اوتاد تكون باتجاه خط حيود offset line بدلاً من استخدام خط المركز center line والذي ينعدم اثره نتيجة القيام بالاعمال الاخرى . ومن المفيد للقنوات المنشأة بطريقة الحفر وخصوصاً عند بدايتها استخدام اللوحة المنحرفة كما في الشكل 10.14 حيث يتم قطع الجوانب بدقة وبالزاوية المطلوبة .



الشكل 10.14 استخدام اللوحة المنحرفة

اما بالنسبة للقنوات التي تقع كلياً او جزئياً في مناطق الردم فيكون من الضروري عند تخمين مواقع نهايات الجوانب الخارجية والداخلية ان يترك سماح لعملية ازالة التربةالعلوية او اي مادة اخرى غير مستقرة قبل البدء بعمل القناة.

واما انحدار القعر وقمة جوانب القنوات فيمكن ضبطها باستخدام شواخص ثابتة تسمى boning rods الشكل 10.15 ثم توضع شواخص تسديد sighting rods على طول خط المركز وتعير هذه الشواخص على انحدار القعر وقمة القناة.



الشكل 10.15 طريقة الشواخص الثابتة

المصادر

1 CULPIN, C *Farm Machinery*, 8th edition, Crosby Lockwood, London 1963

2 CULPIN, C *Profitable Farm Mechanisation*, Crosby Lockwood, London 1968

3 KITCHING, H W 'Cultural Practices and Environmental Conditions Affecting Machine Selection in Less-Developed Areas', Joint meeting, Saskatchewan, ASAE and CSAE, 27 to 30 June 1967

4 *Labour and Machinery* in the series 'The Farm as a Business', No. 6, *Aids to Management*, UK Ministry of Agriculture, Fisheries, and Food, HM Stationery Office, 1969

المصطلحات العلمية

(انكليزي . عربي)

A

absorption	امتصاص
accumulated infiltration	غيض تراكمي ، ارتشاح تراكمي
acre	اكر : فدان انكليزي يساوي ٤٠٤٦,٩ متراً مربعاً
adhesion	تلاصق
adhesive	متلاصق
adjusting factors	عوامل معايرة
adsorption	امتساك
advance	تقدم
advancing front	طليعة التقدم
aeration	تهوية
aggregate	مجاميع
agriculture	زراعة
alfalfa	جت (محاصيل)
alkali soil	تربة قلوية
alluvium	طمي
alternative depths	عمقان متبادلان
anchor chain	سلسلة ثقيلة
angle of repose	زاوية الاستقرار (علم ميكانيك التربة)
annual	سنوي
apparent density	كثافة ظاهرية
application (irrigation)	ارواء
application uniformity	تناسق الارواء
approach channel	قناة الاقتراب
apron	ارضية واقية

aquifer	مكمن مائي (حشرج)
arable area	ارض مستزرعة ، مساحة مستزرعة
arid region	منطقة جافة (قاحلة)
artesian relief well	بئر تنفيس ارتوازي
artificial sub- irrigation	ري جوفي صناعي
auger hole	ثقب البريمة (تربة)
automation	الاتمتة ، التلقائية
automatic pump	مضخة تلقائية
available water	الماء المتاح (المتيسر)
axial	محوري

B

backfill	تراب ردم
backflow	رجع الجريان
baffled apron	ارضية كابحة
balance	موازنة ، ميزان
bare soil	تربة مكشوفة
barrage	سد
base line	خط الاساس (علم المساحة)
basic infiltration rate	معدل الارتشاح (الغيض) الاساسي
basic intake rate	معدل التشرب الاساسي
basin	حوض
basin irrigation	ري حوضي
beam	ذراع
bed channel	قعر القناة
bed width	عرض القناة

bench mark	راقم تسوية
bend	حنية
bituminous	قيري
bituminous membrane	غشاء قيري
bitumen macadam	حصى قيري
blade	ريشة
boning rod	شاخص ثابت (علم المساحة)
book- Keeping method	طريقة مسك الدفاتر
boom	ذراع
boom sprinkler	مرشة ذراعية
border	شريط
border irrigation	ري شريطي
border strip	شريط الحدود
border supply	تجهيز شريطي
boreholes	ثقوب اصطناعية
boundary	تخوم (حدود)
box culvert	بربخ صندوقي
branch	فرع
branch canal	جدول فرعي ، قناة فرعية
branch drain	بزل فرعي
breach	كسر (جوانب قنوات)
broadcasting implement	الة نثر
broad- crested weir	هدار عريض الحافة
bulk density	كثافة اجمالية
bund	سدة
burrowing vermin	قوارض (حيوانات)

C

calibration	معايرة
calipers	فرجال مقوس
canal	قناة
canal cleaning	تطهير القنوات
canal, lateral	قناة فرعية ، جدول فرعي
canal lining	تبطين القنوات
canal, Main	قناة رئيسية ، جدول رئيسي
capillary action	الفعل شعري
capillary fringe	حافة شعرية
capillary pores	مسامات شعرية
capillary tension	شد شعري
capillary water	ماء شعري
capital	راس مال
cation exchange capacity	سعة التبادل الكاتيوني
catchment area	حوض التغذية
center line	خط المركز
center pivot sprinkler	مرشة محورية
centrifugal pump	مضخة نابذة
centroid	مركز الشكل
channel	جدول ، قناة
check	ناظم
check gate	بوابة مُنَظمة
chute	مسيل
clay	طين
climate	مناخ ، طقس
clutch	فاصل حركة

clogging	انسداد
coefficient of roughess	معامل الخشونة
coefficient of uniformity	معامل التناسق
coefficient of variability	معامل التغاير
cohesive soil	تربة متماسكة
collector drain	مبزل مجمع
colloidal	غروي
command	تسلط (في الري)
compaction	رص (تربة)
compound	مركب
compromise	توفيق
confined aquifer	مكمن مائي محصور
conjugate depths	عمقان مقترنان
constriction	تحصر (تضيق)
consumptive use	استهلاك مائي
continuity	اتصال
continuity principal	مبدأ الاتصال
continuity equation	معادلة الاتصال
contour	كفاف ، ج : اكفة
contour interval	فاصلة الكفاف
contour checks	احواض الكفاف
control section	مقطع سيطرة
conveyance	نقل (الماء)
conveyance losses	فواقد النقل (المائية)
conveyance structures	منشأت النقل
convergent section	جزء تقريب
covergency losses	فواقد التقارب
corrosion	تآكل

corrugated pipe	انبوب مغضن ، انبوب محلزن
corrugation irrigation	ري السطور
coulter	قرص قص
crest	حافة ، قمة
critical	حرج
critical flow	جريان حرج
critical velocity	سرعة حرجة
crops	محاصيل
crop coefficient	معامل المحصول ، معامل النبات
crop cover	غطاء نباتي ، غطاء خضري
crop rotation	دورة زراعية
crop roughness	خشونة المحصول
crop water use	الاستهلاك المائي
cross regulator	ناظم قاطع
cross slope	انحدار عرضي ، ميل عرضي
cultivator	عازقة
culvert	بربخ
cumulative intake	تشرب متراكم
cup type	نوع قدحي
current meter	مقياس التيار
curve	منحني
cutting back	يقلل ، يخفض، ينقص
cutback irrigation	الري التناقصي
cut- off wall	جدار حاجب
cycle	دورة
cylinder infiltrometer	مقياس الغيض الاسطواني

D

dam	سد
Darcy law	قانون (معادلة) دارسي
datum	مستوى المستند (منسوب)
day length	طول النهار
dead storage	خزن ميت
declination	انحدار (هبوط) ، ميل زاوية للشمس
deductive method	طريقة استنتاجية
deep ditch	خندق عميق
deep percolation losses	فواقد التخلل العميق
deficit	نقص ، عجز
depletion	استنزاف ، نضوب
deposition	ترسيب
depth	عمق
diaphragm	حاجز
diffusion	انتشار
discharge	تصريف
disc harrow	منشط قرصي
disc plough	محراث قرصي
distal	قصي ، بعيد
distort	يشوه
distributary canal	جدول موزع
dissipate	يشتت ، يبدد
ditch	خندق ، ساقية
divergent section	جزء ، تفريق
diversion channel	تحويلة
doubled walled pipe	انبوب بجدارين
downstream side	جانب المؤخر

down wells	ابار الطرح السفلي
dozer blade	سكينة قشط
drainable porosity	بزل المسام
drain	مبزل
draw down	هبوط
drills	بذارات
drip irrigation	الري بالشن (التنقيط)
drop	مسقاط (منشأت الري)
duration	استدامة (امد)
duct	مجرى

E

earth	تربة
earthowork	اعمال ترابية
effective pipe diameter	القطر الفعال للانبوب
effective precipitation	السقيط الفعال
effective rainfall	المطر الفعال
efficient	كفوء
efficiency	كفاءة
elbow	مرفق (عكْس)
electrical conductivity	التوصيل الكهربائي
elevated flume	قناة مرفوعة
embankment	سدة . ج : سداد
emission	انبعاث (تدفق)
empirical	وضعي
end plug	سداد النهاية
equipotential lines	كفاف الوسع
equivalent depth	العمق المكافيء
erodible channels	قنوات منجرفة

erosion	حت ، نحات
escape capacity	تصريف الهروب (قنوات)
evaporation	تبخر
evapo-transpiration	تبخر– نتح
exchangeable salts	املاح تبادلية
Exchangeable Sodium Percentage E.S.R.	نسبة الصوديوم المتبادل
extraction pattern	نمط الاستخلاص

F

factor	عامل
fall	شلال ، مسقاط
fallow	ارض متروكة (بور)
farm ditch	ساقية مزرعة
farm drain	بزل حقلي
farm supply channel	جدول تجهيز حقلي
farm water course	ساقية
feasibility studies	دراسات الجدوى الاقتصادية
fertilising	تسميد
field	حقل
field layout	مخطط حقلي
field capacity	السعة الحقلية
field drain	بزل حقلي
field factor	معامل الحقل
field laterals	سواقي
fill	ردم
filter	مرشح
fins	زعانف
fittings	معدات ملحقة