ب) تقدير التبخر من المحصول

ويمكن استخدام المعادلة

$$E_c = (Td - Tw)/(L^2/L_o) \qquad (4.15)$$

او

$$E_c = E_o/L$$

وان :

E_c : التبخر بالملم / يوم للشهر

واستنادا الى تجارب مؤلف الكتاب فان الطريقة (أ) صالحة للاستعمال في المناطق المفتوحة ذات السماء الصافية ، اما قيم L و L_o فيمكن اخذها من الجدول 4.15.

اما طريقة (ب) فقد اثبتت انها غير موثوق بها

الجدول 4.14 مثال لطريقة اوليفر (1953)

Month	$Td - Tw$ °C	L/L_o *for* 35 °N	E_o *mm/day*	E_o *in./day*	E *measured in/day*
JAN	1·90	1·28	1·49	0·058	0·049
FEB	2·20	1·12	1·96	0·077	0·076
MARCH	3·13	0·94	3·33	0·131	0·128
APRIL	4·23	0·85	4·98	0·196	0·205
MAY	5·63	0·80	7·03	0·277	0·275
JUNE	6·91	0·80	8·64	0·341	0·338
JULY	5·55	0·80	6·94	0·274	0·228
AUG	5·17	0·86	6·02	0·237	0·260
SEPT	4·95	0·89	5·55	0·218	0·218
OCT	4·00	1·03	3·88	0·153	0·155
NOV	2·84	1·25	2·27	0·089	0·085
DEC	2·00	1·39	1·44	0·057	0·045
			Means	0·176	0·177

الجدول 4.15 قيم L و L_o (طريقة اوليفر)

	0°N		5°N		10°N		15°N	
	L	L/L_o	L	L/L_o	L	L/L_o	L	L/L_o
JAN	1·52	1·02	1·56	1·05	1·64	1·09	1·72	1·11
FEB	1·47	0·99	1·50	1·01	1·54	1·02	1·61	1·04
MARCH	1·42	0·95	1·43	0·96	1·46	0·97	1·49	0·96
APRIL	1·44	0·97	1·42	0·95	1·43	0·95	1·44	0·93
MAY	1·52	1·02	1·47	0·99	1·44	0·95	1·45	0·94
JUNE	1·56	1·05	1·51	1·01	1·47	0·97	1·45	0·94
JULY	1·55	1·04	1·49	1·00	1·47	0·97	1·45	0·94
AUG	1·47	0·99	1·45	0·97	1·45	0·96	1·47	0·95
SEPT	1·43	0·96	1·43	0·96	1·43	0·95	1·46	0·94
OCT	1·44	0·97	1·47	0·99	1·51	1·00	1·56	1·01
NOV	1·50	1·01	1·56	1·05	1·61	1·07	1·70	1·10
DEC	1·56	1·05	1·61	1·08	1·69	1·12	1·82	1·17
L_o	1·49		1·49		1·51		1·55	

	20°N		25°N		30°N		35°N	
	L	L/L_o	L	L/L_o	L	L/L_o	L	L/L_o
JAN	1·84	1·15	2·00	1·20	2·17	1·23	2·43	1·28
FEB	1·69	1·06	1·82	1·09	1·96	1·11	2·12	1·12
MARCH	1·54	0·96	1·61	0·96	1·69	0·95	1·78	0·94
APRIL	1·46	0·91	1·49	0·89	1·54	0·87	1·61	0·85
MAY	1·44	0·90	1·45	0·87	1·49	0·84	1·51	0·79
JUNE	1·45	0·91	1·45	0·87	1·46	0·82	1·51	0·79
JULY	1·45	0·91	1·45	0·87	1·47	0·83	1·51	0·79
AUG	1·48	0·93	1·52	0·91	1·56	0·88	1·64	0·86
SEPT	1·49	0·93	1·54	0·92	1·61	0·91	1·69	0·89
OCT	1·61	1·01	1·67	1·00	1·81	1·02	1·96	1·03
NOV	1·79	1·12	1·93	1·16	2·12	1·20	2·38	1·25
DEC	1·93	1·21	2·13	1·28	2·34	1·32	2·64	1·39
L_o	1·60		1·67		1·77		1·90	

	40°N		45°N		50°N		55°N	
	L	L/L_o	L	L/L_o	L	L/L_o	L	L/L_o
JAN	2·80	1·35	3·22	1·44	4·06	1·52	5·36	1·66
FEB	2·37	1·44	2·70	1·17	3·14	1·18	3·18	1·18
MARCH	1·93	0·93	2·12	0·92	2·34	0·88	2·64	1·18
APRIL	1·68	0·18	1·78	0·77	1·92	0·72	2·10	0·65
MAY	1·58	0·76	1·66	0·72	1·75	0·61	1·88	0·58
JUNE	1·55	0·75	1·61	0·70	1·71	0·64	1·83	0·57
JULY	1·56	0·75	1·64	0·71	1·73	0·65	1·84	0·57
AUG	1·71	0·83	1·81	0·78	1·95	0·73	2·14	0·66
SEPT	1·77	0·86	1·92	0·83	2·10	0·79	2·31	0·72
OCT	2·13	1·03	2·38	1·03	2·68	1·00	3·13	0·97
NOV	2·66	1·29	3·12	1·35	3·78	1·42	4·85	1·50
DEC	3·11	1·50	2·70	1·60	4·90	1·84	6·85	2·12
	2·07		2·31		2·67		3·23	

For Southern latitudes, read 6 months ahead in the tables, ie for January read July.

الجدول 4.16 معامل الاستهلاك المائي الاعتيادي لاهم المحاصيل المرواة في الغرب

Item	*Length of growing season or period*	*Consumptive-use coefficients seasonal (K)*	*Maximum monthly* (k)*
Alfalfa	frost-free	0·85	0·95 1·25
Beans	3 months	0·65	0·75 0·85
Corn	4 months	0·75	0·80 1·20
Cotton	7 months	0·70	0·75 1·10
Citrus orchard	7 months	0·60	0·65 0·75
Pasture grass hay annuals	frost-free	0·75	0·85 1·15
Potatoes	3 months	0·70	0·85 1·00
Rice	3 to 4 months	1·00	1·10 1·30
Small grains	3 months	0·75	0·85 1·00
Sorghum	5 months	0·70	0·85 1·10
Sugar beets	5½ months	0·70	0·85 1·00

* Dependent upon monthly temperature and stage of growth of crop.

4.4.3 طريقة بليني كريدل Blaney-Criddle Method

وتكتب الصيغة كالتالي

$$U = K\Sigma pt = KF \qquad 4.16$$

حيث ان :

U : الاستهلاك المائي (الاستنفاذ) للمحصول بالانج خلال مدة النمو

F : مجموع عوامل الاستهلاك المائي للمدة ويساوي $\sum pt$ *

t : معدل درجات الحرارة الشهرية بالفهرنهايت

P : نسبة ساعات النهار للسنة والتي تظهر خلال كل شهر من مدة النمو.

K : معامل وضعي (سنوي ، فصلي ، شهري)

الجدول 4.17 مثال على بليني كريدل – قطن مزروع عند خط 35N° في غرب الولايات المتحدة الساعات اليومية كنسبة مئوية تم حسابها من الجدول 4.2 اي (الساعات المحتملة لشهر لمعين/ مجمل الساعات المحتملة لسنة كاملة) 100 وان قيم المعاملات الفصلية الاعتيادية لمحاصيل عديدة يمكن الحصول عليها من الجدول 4.16 . ان هذه الطريقة مناسبة جداً للمناطق الجافة حيث انها طورت في غرب الولايات المتحدة الامريكية .

Month	*Mean monthly temperature* (°F)	*Day-time hours* (%) (*table* 4.2)	*Consumptive use factor* (f) ($t \times p/100$)	K	*Consumptive use* (*in.*)
APRIL	57·9	8·85	5·12	0·60	3·07
MAY	62·5	9·82	6·14	0·70	4·30
JUNE	65·7	9·84	6·46	0·80	5·17
JULY	68·4	10·00	6·84	0·85	5·81
AUG	67·8	9·41	6·38	0·85	5·42
SEPT	66·6	8·36	5·57	0·85	4·73
OCT	62·2	7·84	4·88	0·70	3·42

4.5 التقويم التجريبي للتبخر من المحاصيل باستعمال مقياس التسرب Lysimetry

هنالك طريقة لتقويم الاستهلاك المائي للنبات بعزل جزء من المحصول عن ظروفه المحيطة ثم قياس كمية الماء الداخل والخارج من هذا النموذج. ومقياس التسرب (اللايزوميتر) من الاجهزة المستعملة لاحتواء المحصول المعني تحت الدراسة وتعمل بثلاثة اشكال : —

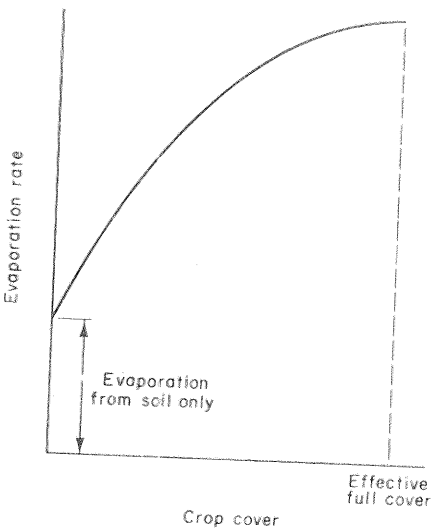
أ) مقاييس التسرب اللاوزنية ، حيث يفرض بقاء سعة الخزن الرطوبي ثابتة والاستهلاك المائي للمحصول هو الفرق بين الماء المجهز وماء الصرف.

ب) مقاييس التسرب الوزنية حيث يوجد الاستهلاك المائي للمحصول بواسطة حساب الفاقد الوزني بين كميات الماء المجهز.

جـ) مقياس التسرب بمستوى ماء أرضي ثابت ويقاس الاستهلاك المائي للمحصول بواسطة معرفة كمية الماء المطلوب للحفاظ على سطح الماء الجوفي عند ارتفاع ثابت تحت سطح التربة.

وللحصول على نتائج دقيقة من مقياس التسرب يجب ان تكون النباتات المزروعة فيه متطابقة بكل الاعتبارات وفضلاً عن ذلك يجب ان تخضع لنفس الظروف الوظائفية ويجب ان تكون ظروف التربة والرطوبة للمحصول الرئيسي وللنموذج متشابهة ، ولهذا السبب يجب ان تكون كمية الماء المضاف وتوقيت اضافته متطابقة . اما باقي الامور الاخرى كزمن الغرس وتساوي كمية الاسمدة المضافة وغسل الاملاح المتراكمة فيجب ان تجرى على كل النماذج بصورة متشابهة . وهنالك نقطة عملية يجب التاكيد عليها وهي ان الماء المسلط في مقياس التسرب ينتقل خلال التربة وليس بين جوانب المقياس والتربة وفضلاً

عن ذلك يجب وضع المحصول داخل المقياس تحت الظروف الجوية الموجودة في الحقل قدر المستطاع .



الشكل 4.4 تاثير الغطاء النباتي على معدل التبخر

ومقياس التسرب الدائري يكون مناسبا للحشائش والمحاصيل ذات المجموعة الجذرية المغلقة والمقياس الرباعي ضروري للمحاصيل الصفية واذا كانت المسافة الفاصلة بين الصفوف واسعة فان حجم المقياس قد يكون اكثر مما تتحمله ميزانية بعض البحوث وبصورة عامة يجب ان يكون حجم المقياس كبيراً قدر الامكان وذلك للتقليل من تأثير الحافات ، ولكن الكلفة وبعض التعقيدات الاخرى تبرز بسرعة بازدياد حجم المقياس في اي مكان يستعمل فيه مقياس التسرب لحساب التبخر، ومع أخذ قوى الشد الرطوبي كعامل مهم تظهر تعقيدات اخرى نتيجة الحاجة لتطابق قطاعات رطوبة التربة في منطقة المجموعة الجذرية ، وبسبب تاثير قوام التربة وبنائها على سحب الماء فيجب ان تكون هذه الصفات متطابقة في المقياس والحقل . وعملية املاء المقياس بالتربة تعني ضمناً تشوه بناء التربة والترب غير الحبيبية يجب ان يتم احتضانها مثالياً في الموقع بواسطة حاوية معينة . وملأ مقياس التسرب بالتربة ممكن في حالة الترب الحبيبية ويجب بذل عناية خاصة للاحتفاظ بنفس مقد التربة soil profile الاصلي وذلك لمحاكاة كثافة الجذور اسفل مقد

التربة قدر المستطاع واذا لم يكن هنالك سطح ماء جوفي او طبقة غير نفاذة او خشنة في الحقل فان الرطوبة في الاعماق البعيدة من مقد التربة سوف تكون معرضة للشد ، ويجب

محاكاة هذه الخاصية في مقياس التسرب بواسطة تسليط ضغط سالب على التربة بالضخ او بعمل المقياس عميقاً ولكن العملية مكلفة وصعبة التنفيذ.

4.5.1 قياس التبخر الكامن

وهذه العملية بطبيعتها بسيطة جداً اذا ماقورنت بقياس التبخر الحقيقي عندما تكون قوى الشد الرطوبي داخلة في المسألة. بالنسبة للقياسات الاسبوعية يمكن استخدام مقاييس التسرب اللاوزنية والترب المستعملة يجب ان تكون نفاذة نسبيا وليس من المهم ان تكون مماثلة للظروف الحقلية طالما لم يكن هنالك تاثير على نمو النباتات من مقياس التسرب مقارنة بالمحصول الرئيسي. ويجب اضافة الماء يومياً لاعطاء ظروف غير محددة لعملية التبخر الكامن كذلك اخذ قراءات يومية لماء الصرف ثم حساب التبخر بالصيغة الاتية :

$$E = D_A - D_D \qquad 4.17$$

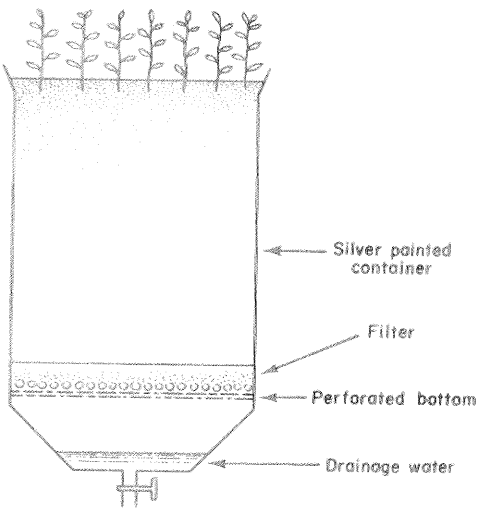
حيث ان :

E : التبخر الكامن (بالملم)

D_A : كمية الماء المجهز (بالملم)

D_D : كمية ماء الصرف (بالملم)

والمعادلة الآنفة تفرض ثبوت سعة الخزن الرطوبي للتربة خلال فترة النمو وهذا الامر ليس حقيقياً بالنسبة لبعض الترب ولكن استعمال الترب الرملية يقلل من الاخطاء المحتملة ويجب ان يحاط مقياس التسرب بمساحة كبيرة من المحصول نفسه وهو نام لنفس الارتفاع وبوجود كمية من الماء متوفرة للنتح بمعدل لايتأثر برطوبة التربة الكامنة أما بالنسبة للقياسات ذات المدى القصير (بالساعات) فانه يجب استخدام مقياس تسرب من النوع الوزني. القسم 4.5.2b.



الشكل 4.5 رسم توضيحي يمثل مقياس التسرب المستعمل لقياس التبخر الكامن

4.5.2 قياس التبخر غير الكامن

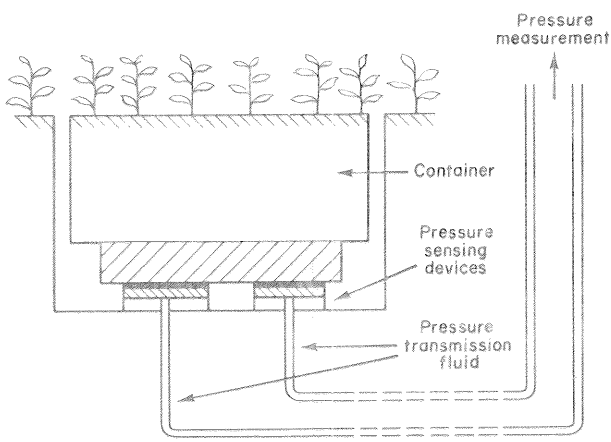
أ) قياسات المدى الطويل (الاسبوعية ولفترات اطول)

في الظروف التي تبقى فيها سعة الخزن الرطوبي في التربة ثابتة داخل الحاويات فانه يمكن استعمال مقاييس التسرب اللاوزنية كما في 4.5.1 ولكنه ومن المهم جداً ان يتم وضع اجهزة القياس في الحاويات وفي منطقة المجموعة الجذرية في الحقل للتأكد من تماثل نضوب الرطوبة اسفل التربة لكلتا الحالتين.

ب) قياسات الاجل القصير (بالساعات او اطول)

عند اجراء هذه القياسات لايجاد كمية النتح– تبخر او مايسمى evapo-transpiration فانه من الضروري استعمال مقاييس تسرب وزنية والتي عادة تستخدم لاغراض البحوث وتكون كلفتها عالية وتشغيلها معقد، وهنالك عدة انواع من مقاييس التسرب الوزنية ولبعضها عدد من المساوئ، والمشكلة الرئيسية تكمن في بناء نظام وزني متين وسهل الصيانة نسبياً وله القابلية لتحسس التغيرات الوزنية الضئيلة عند قياس الاوزان الكبيرة. والانظمة الميكانيكية المتكونة من نوابض وعتلات تعد غير كفوءة بصورة عامة بسبب مشكلات الاحتكاك، واخر المبتكرات اما هيدروليكية او تعمل بالهواء المضغوط فضلاً عن استعمال مقاييس الانفعال strain gauges في بعض التصاميم. وهذه

الانظمة تحتاج الى مصدر للطاقة واجهزة متطورة لضمان قياسات دقيقة والغاء تأثير درجات الحرارة . وفي تطور حديث تم تقديم تصميم جديد من قبل بيرويك وسومنير BERWICK and SUMNER التابعين لمؤسسة CSIRO الاسترالية ، وهو عبارة عن جهاز هيدروليكي هوائي بسيط نسبياً ولكنه مكلف ودقيق جداً ، حيث تم استعمال الياف زجاجية لصنع الاناء الحاوي بقطر 1.7 متر وبارتفاع 1.22 م ، واما قياس الوزن فيكون بواسطة ثلاث وحدات ضغط موضوعة على قاعدة المقياس عند رؤوس مثلث متساوي الاضلاع لالغاء الاخطاء المحتملة نتيجة عدم تساوي الفاقد بالوزن فوق مساحة الاناء ويتم ملأ هذه الوحدات بسائل السيلكون ، وعليه فالاختلافات في الضغط ستجعل السائل ينتقل الى غرفة «انتقال» حيث تقوم بتحويل ضغط السائل الى ضغط يستعمل الغاز وذلك لانحدار السائل غير المتوازن في الاعمدة الشاقولية لموازنة ثقل مقياس التسرب جزئياً. ويمكن قراءة ضغط الهواء باستعمال ميكروسكوب من جهاز الضغط الزئبقي .



الشكل 4.6 مقياس التسرب الوزني (بيريك وسومنر)

4.6 جدولة الري

في الفصول السابقة شرحنا دورة الري بصورة عامة وقد توصلنا الى العوامل المطلوبة في تصميم التخطيط الحقلي لشبكة مياه الري.

والحصول على اعلى انتاج فانه من المهم جداً معاملة كل حقل او وحدة ري بصورة منتظمة ليكون الري حسب احتياجاتها. وانظمة الري المصممة على مناوبة الماء المجهز لاتسمح بالمعالجات المنفردة للحقول، ولهذا قد يهبط الانتاج الى مستويات واطئة جداً وعندما تعوق انظمة التوزيع توقيت تجهيز الماء عند الطلب فان الجدولة الصحيحة للري تكمن في الحاجة للتشغيل الامثل للنظام. وهنالك عدة طرق يمكن استعمالها واكثرها شيوعاً المذكورة ادناه.

4.6.1 طرق مسك الدفاتر Book-Keeping Methods

تجرى فحوصات التربة في الحقل لايجاد مقدار النضوب المسموح به في الموازنة قبل اعادة الري (الملاحظات المدونة على كمية المحصول تحت انظمة ري مختلفة تعزز هذه القيمة) ولو فرضنا وصول المنطقة الجذرية للسعة الحقلية فان حالة رطوبة التربة يتم حسابها عند اوقات مختلفة من التبخر المخمن باحدى الطرق الموصوفة في هذا الفصل، ولنفرض مثالاً ان محصولاً له 180ملم من الماء المتاح في المنطقة الجذرية عند السعة الحقلية وقد تم اجراء الري عند نضوب مقداره 90 ملم، عندها يمكن عمل الجدول 4.18 وتستمر العملية حتى يصل النضوب الى 90 ملم، عندها تعطي الاشارة للمشغل الحقلي لتهيئة الحقل لاعادة الري ولهذه الطريقة فوائد اهمها عدم حاجتها لمعدات خاصة وسهولة تشغيلها، وتكتنفها عدة صعوبات اهمها ان متغيرات التربة والجو تجعل اختيار حد النضوب المائي صعباً

وتجهزنا الخبرة بالمعرفة اللازمة لطريقة التنظيم اوالمعايرة وعلى كل حال فالعائق الرئيسي يكمن في عدم التاكد من ان الري قد اوصل الحقل باكمله للسعة الحقلية وخاصة عند زراعة المحاصيل الطويلة بكثافة، حيث ان حركة الماء بصورة متعامدة لمسار الري قد يمنع دخول الماء للتربة بصورة منتظمة ولهذه الطريقة مكانتها في ادارة مشاريع الري خصوصاً عند استخدام الري بالرش حيث تحدد كمية الماء المضاف بدقة والمعلومات الادق يتم الحصول عليها من قياس رطوبة التربة

الجدول 4.18

Date	*Age of crop (weeks)*	*Estimated evaporation (mm)*	*Accumulated deficit (mm)*
4.1.67	14	Irrigated	—
5	14	4·1	4·1
6	14	4·6	8·7
7	14	3·8	12·5
8	14	3·9	16·4
9	14	4·5	20·9
10	14	5·1	26·0
11	15	5·0	31·0
12	15	5·2	36·2
13	15	4·7	40·9
14	15	5·3	46·2
15	15	5·4	51·6
16	15	5·7	57·3
17	15	6·1	63·4
18	15	6·4	69·8

4.6.ـ طرق قياس رطوبة التربة

تتبع عادة طرق لمراقبة المحتوى الرطوبي للتربة والحقل قبل الوصول للنضوب المقرر سلفاً بطرق منها :

أ) مظهر وملمس التربة :

على الرغم من ان هذه الطريقة تقريبية فهي سريعة ولاتحتاج الى اجهزة ومفيدة جداً لتدقيق نتائج الطرق الاخرى والتفاصيل مبينة في الجدول 4.19

ب) الطريقة الوزنية او المثقالية

ويوجد المحتوى الرطوبي للتربة بوزن نموذج ماخوذ من الحقل ثم يجفف في فرن تبلغ درجة حرارته 105° (اي درجة حرارة اعلى ستعمل على حرق المواد العضوية) ويوزن مرة اخرى ، والنماذج التي قيد التحري يجب اخذها من اعماق مختلفة لمنطقة المجموعة الجذرية .

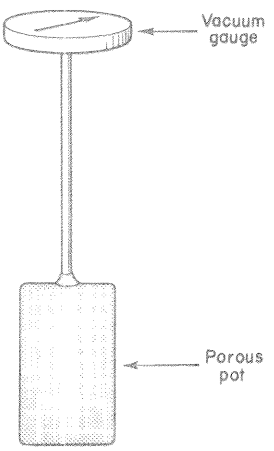
وتجرى هذه العملية عدة مرات بعد الري حتى تكون التربة المعنية جاهزة للري وعلى الرغم من انها طريقة تعتمد على الكم اكثر من سابقتها فهي معرضة لاخطاء كثيرة خصوصا عند اخذ نماذج لاتمثل واقع الحال بشكل جيد .

Soil moisture deficiency	*Feel or appearance of soil and moisture deficiency in mm of water per m of soil*			
	Coarse texture	*Moderately coarse texture*	*Medium texture*	*Fine and very fine texture*
% of available water used				
0 % (*Field capacity*)	Upon squeezing, no free water appears on soil but wet outline of ball is left on hand. 0	Upon squeezing, no free water appears on soil but wet outline of ball is left on hand. 0	Upon squeezing, no free water appears on soil but wet outline of ball is left on hand. 0	Upon squeezing, no free water appears on soil but wet outline of ball is left on hand. 0
0–25%	Tends to slick together slightly, sometimes forms a very weak ball under pressure. 0 to 20	Forms weak ball breaks easily, will not slick. 0 to 40	Forms a ball, is very pliable, slicks readily if relatively high in clay. 0 to 50	Easily ribbons out between fingers has slick feeling. 0 to 60
25–50%	Appears to be dry will not form a ball with pressure. 20 to 50	Tends to ball under pressure but seldom holds together. 40 to 80	Forms a ball somewhat plastic will sometimes slick slightly with pressure. 50 to 100	Forms a ball, ribbons out between thumb and forefinger. 60 to 120
50–75%	Appears to be dry will not form a ball with pressure. 50 to 80	Appears to be dry will not form a ball. 80 to 120	Somewhat drumbly but holds together from pressure. 100 to 150	Somewhat pliable, will ball under pressure. 120 to 190
75–100%	Dry, loose, single-grained, flows through fingers. 80 to 100	Dry, loose, flows through fingers. 120 to 150	Powder, dry, sometimes slightly crusted but easily broken down into powdery condition. 150 to 200	Hard, baked cracked, sometimes has loose crumbs on surface. 190 to 250

الجدول 4.15 دليل لتقدير مقدار الرطوبة المتاحة التي ازيلت من التربة

جـ) طريقة مقياس الشد Tensiometer Method

ومقياس الشد عبارة عن الة تقيس قوة الشد الرطوبي بصورة مباشرة. ويتكون من وعاء مسامي مملوء بالماء وموصول بمقياس تفريغ. يعمل ثقب داخل التربة بقطر اصغر بقليل من قطر الوعاء وبعمق مناسب ثم يدفع الوعاء باحكام داخل الحفرة مع مراعاة تلامس الوعاء مع التربة المحيطة باحكام.



الشكل 4.7 مقياس الشد (مشداد)

وعندما تمتص النباتات الماء من التربة فان قوى الشد داخل التربة تجعل الماء يتحرك من الوعاء المسامي الى حد الوصول لحالة التوازن بين قوة الشد الرطوبي للتربة ومقياس التفرغ، عندها يدل هذا المقياس على مقدار الشد الرطوبي للتربة وتستعمل هذه المقاييس بصورة مزدوجة حيث يركب الاول عند عمق قليل والاخر اسفل المنطقة الجذرية وبذلك يساعد على قياس فعالية الري.

ومدى هذه الاجهزة بدلالة الشد قليل لايتجاوز 0.80 بار ولهذا السبب ينحصر استعمالها في احوال الرطوبة العالية في معظم الترب.

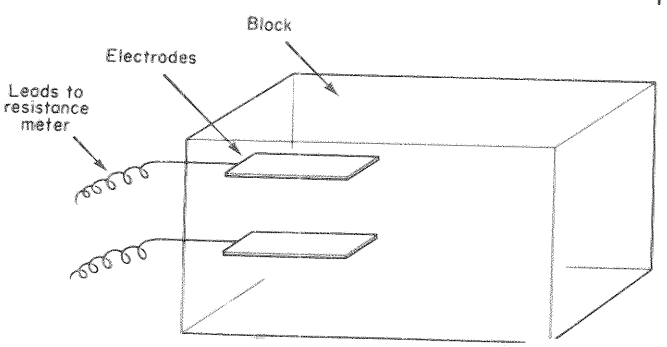
وقد تظهر بعض الصعوبات عند استعمال هذه الاجهزة في الترب الطينية المتفخة فقد تنكسر توصيلات الاناء بالتربة عندما تتقلص التربة نتيجة الجفاف واذا تضمنت دورة الري قوة شد رطوبي اعلى من 0.80 بار فان الهواء سيدخل للنظام من خلال مسام الوعاء ،

ولهذا يجب اعادة ملء الوعاء واعادة ري التربة المحيطة اذا اريد للجهاز ان يعمل بصورة مرضية مرة ثانية.

والماء المستعمل يجب ان يكون نقياً ونظيفاً وليس ثمة هواء داخل الجهاز ويجب تجنب لمس الوعاء حتى لاتنغلق المسامات الخارجية قدر المستطاع.

د) القوالب المسامية المقاومة : Porous Resistance Blocks

توضع قوالب من الجبس gypsum block (كبريتات الكالسيوم المائية) او الالياف الزجاجية او النايلون حول قطبين مربوطين بموصلات كهربائية ثم توضع بعناية في الارض بوجه واحد على الاقل بتلامس مع التربة الاصلية وبالتدريج تبدأ قوة الشد الرطوبي في القوالب بالتوازن مع رطوبة التربة المحيطة وبتغيير المحتوى الرطوبي في القوالب تتغير المقاومة الكهربائية بين القطبين ثم تقاس بمقياس المقاومة.



الشكل 4.8 القوالب المسامية

وباستخدام معايرة المقاومة / رطوبة التربة (مشتقة من اختبارات موقعية) فان قيمة معدل المقاومة اليومية تدل على معدل نضوب الرطوبة من التربة.

والمدى الحقيقي لهذه القوالب هو من واحد الى 15 بار ولهذا السبب فهي اكثر فائدة من مقاييس الشد في بعض الاحوال. وعلى اية حال فان مساوئها تكمن في مقاومة القالب المعتمدة جزئياً على المواد المذابة في محلول التربة.

هـ) طريقة الاستطارة النيوترونية Neutron-Scattering Method

تقوم هذه الطريقة على تصادم النيترونات الصادرة من مصدر نيتروني سريع مع نويات nuclei باوزان ذرية واطئة – الهيدروجين في رطوبة التربة والنيوترونات السريعة تفقد من طاقتها وتتحول الى نيوترونات بطيئة وتتعرض بعدها للاستطارة والانعكاس ، ثم يستعمل كشاف خاص لحساب كمية النيوترونات المتباطئة ويعد متوسط حساب هذه النيوترونات دليلاً للمحتوى الرطوبي في التربة وبصورة عامة فان المعايرة calibration ضرورية وذلك بسبب وجود الاملاح داخل رطوبة التربة وهذا الجهاز مكلف ولايعتمد عليه في كثير من الاحوال وله مخاطر صحية مالم يستعمل بصورة صحيحة .

وعلى كل حال تكمن فائدة الجهاز بالسماح باخذ عدد من القياسات بسرعة عند اعماق مختلفة من مقد التربة .

4.6.3 دلائل النبات Plant Indicators

عندما يصل جهد الماء في النبات الى نقطة يقل بعدها النمو او الانتاج بشكل كبير فان ذلك يعني وجوب الري وطرق جدولة الري التي تم شرحها سابقاً كلها غير مباشرة ، حيث اخذت بنظر الاعتبار نضوب الرطوبة ولهذا تبقى الحاجة الدائمية الى نظام معايرة حقلي دقيق . ولو وجدت بعض المؤشرات لسلوكية النبات كدالة على جهد الماء بداخله بصورة مباشرة فانها تنفي الحاجة الى ايجاد علاقة بين قوة الشد الرطوبي للتربة وجهد الماء داخل النبات . ان استعمال بعض خواص النبات كدلائل لجهد الماء يمكن النظر اليها في ضوء هذه النقاط :

أ) قياسات النمو

ولهذه القياسات فوائد عند تطبيقها على قسم من النبات الذي يراد حصاده ومثال ذلك طول ساق نبات قصب السكر وحجم ثمرة التفاح او البرتقال او الاجاص والاول يمكن قياسه بيسر وسرعة باستعمال شريط ومن نقطة قياسية من النبات المعين الى الارض اما حجم الثمرة فيمكن قياسه باستعمال فرجال مقوس ذو فكين calipers .

والخطر المصاحب لهذه الطريقة يكون باعتماد ظروف النمو على عوامل اخرى غير ماء التربة ، والعامل الاخر الذي لايقل اهمية عن ماء التربة هو الطقس ففي الاجواء القياسية قد تعطي درجات الحرارة العالية والرطوبة نمواً احسن من ذلك المستحصل عند درجات حرارة عالية برطوبة اقل لان الظروف الاخيرة قد ينتج عنها نضوب عال في ماء النبات لنفس ظروف رطوبة التربة .

ب) لون النبات

عند نقصان كمية الماء الواصلة للنبات فان اوراقه تميل لتبديل الوانها ، فاوراق نباتات الفاصوليا والقطن والفستق السوداني تميل للزرقة وللأسود المخضر بازدياد الاجهاد المبذول لاستخلاص الماء ، وفي بعض الانواع تكون هذه الظاهرة اسرع من بعضها الاخر ويكون التبدل اللوني اشد وضوحاً . اما باقي العوامل كمرض النبات فقد يغير من لون الاوراق ومرة اخرى يكون من المفيد مقارنة النتائج مع محصول معتمد سليم حيث تبقى مجموعته الجذرية رطبة بصورة دائمة .

ج) حركة الورقة والنمو

عند تغيير ضغط الانتفاخ turgor pressure في بعض الاوراق يحدث تغير في الشكل ومثال ذلك انتصاب اوراق نبات قصب السكر وقد يتبدل حجم الاوراق مع ضغط الانتفاخ حيث طورت بعض الاجهزة في السنين الاخيرة لقياس سمك الاوراق . وهذه الخاصية ذات فائدة لبعض المحاصيل مثل الاناناس وتدل استطالة الاوراق كذلك على ظروف الرطوبة المناسبة ويجب معاودة عملية الري عندما يقل استطالة الاوراق وهذه الطريقة محتملة لجدولة اعمال ري النخيل .

1 PENMAN, H L 'Natural evaporation from open water, bare soil and grass', *Proceedings of the Royal Society*, Series A, 193, 1948

2 THORNTHWAITE, C W 'An approach toward a rational classification of climate', *Geographical Review*, volume 38, No. 1, 1948

3 PENMAN, H L *Vegetation and Hydrology*, Commonwealth Agricultural Bureaux, England 1963

4 TANNER, C B and PELTON, W L 'Potential evapotranspiration estimates by the approximate energy balance method of Penman', *J. Geophys. Res.*, volume 65, 1960

5 VAN BAVEL, C H M 'Potential evaporation: the Combination concept and its environmental verification', *Water Resources Res.*, volume 2, No. 3, 1966

6 SELLERS, W D *Physical Climatology*, University of Chicago Press 1965

7 EAGLESTON, P S *Dynamic Hydrology*, McGraw-Hill 1970

8 HARGREAVES, G H 'Consumptive use derived from evaporation pan data', *Journal ASCE*, Irrigation and Drainage Division, volume 94, IR1, March 1968

9 OLIVIER, H *Irrigation and Climate*, Arnold 1961

10 BLANEY, H F and CRIDDLE, W D *A method of estimating water requirements in irrigated areas from climatological data*, US Department of Agriculture Soil Conservation Service (Mimeo), December 1947

11 MERIAM, J L 'Field method of approximating soil moisture for irrigation', *Trans American Society of Agricultural Engineering*, volume 3, No. 1, Special Soil and Water Edition 1960

12 VAN BAVEL, C H M *Measurement of soil moisture content by the neutron method*, US Department of Agriculture Agricultural Research Service, ARS 41-24, August 1958

13 SLATYER, R O *Plant-Water Relationships*, Academic Press 1967

الفصل الخامس

الترب الملحية والقلوية

غالبا مانكون الترب الحاوية على تركيزات عالية من الاملاح غير المرغوبة فيها كالصوديوم غير صالحة للزراعة وتحتاج الى معالجات خاصة لارجاعها الى الحالة الطبيعية. وتوجد الاملاح في التربة بشكل محلول او هي مرتبطة بجزيئات الطين. وهناك تبادل داخلي وخارجي للاملاح بين هذين المحيطين للوصول الى حالة التوازن. والاملاح الموجودة في محلول التربة تسمى بالاملاح المذابة ويمكن التخلص منها بالصرف واما المرتبطة بحبيبات الطين فتسمى بالاملاح التبادلية exchangeable salts والتي تتغير كميتها بالتبادل مع تلك الموجودة في المحلول، وهنالك حد اقصى لعدد ايونات الاملاح التبادلية والتي تستطيع اي تربة احتواءها ويسمى هذا الحد بسعة التبادل الكاتيوني cation exchange capacity ووحداته بالملي مكافئ/غم من التربة والتركيزات العالية للاملاح المذابة (الموجودة في التربة الملحية) قد تكون سامة، وبازديادها قد يقل الماء المتاح او المتيسر للنبات من التربة. وبعض الاملاح المذابة كالبورايت وكاربونات الصوديوم تكون خطرة حتى وان وجدت بتركيزات واطئة. والبورون سام جدا وكاربونات الصوديوم ترفع من درجة قلوية التربة (تزيد قيمة الـ pH) وتبعا لذلك تصبح المغذيات كالفوسفات والمنغنيز والزنك غير متاحة للنبات، وينتج عن التركيزات العالية للصوديوم المتبادل (في الترب القلوية) هدم بناء التربة مما يقلل من نفاذية التربة ويعوق التهوية ويعرقل الارتشاح ويقلل من صلاحيتها للزراعة. ويمكن تجنب هذه الصفات او الالتقاء بها تبعا لطرق الري المستعملة ان كانت جيدة او رديئة خصوصا في المناطق المعرضة لخطر التملح.

وقد توجد التركيزات العالية للاملاح المذابة في الطبقات العليا من التربة نتيجة صعود الماء بوساطة الخاصية الشعرية للاعلى من سطح الماء الجوفي او نتيجة التراكمات السطحية من ماء الري المالح او خلال الفيضان او نتيجة الاملاح المنتقلة بوساطة الرياح. وهذه الظروف غالبا ماتوجد في المناطق الجافة arid وشبه الجافة semi-arid حيث كمية التبخر

عالية جدا وعمليات الري غير الكفوة تعمل على رفع الماء الجوفي خصوصا عند غياب انظمة البزل الفعالة ، ومن الناحية الاخرى فان الاستخدام الامثل لماء الري يؤدي الى استهلاكه بصورة جيدة من قبل النبات ولايحدث اي تراكم للاملاح على السطح .

ان كميات كبيرة من الصوديوم المتبادل يمكن ان تتجمع عندما يشكل الصوديوم جزءا كبيرا من الاملاح الموجودة اما في التربة واما في ماء الري ولهذا السبب ولغرض تفادي مشكلات التملح يجب ان يخطط لكل مشاريع الري بدون اهمال اهمية البزل .

5.1 تصنيف المياه والترب وتحمل المحاصيل

5.1.1 الترب

يتم تصنيف الترب الملحية والقلوية saline and alkai soils وبصورة رئيسية استنادا لتركيزات الاملاح المذابة ومقدار الصوديوم المتبادل والكيتان السابقتان تعتمدان بصورة مبدئية على المحتوى الرطوبي للتربة ، ولهذا فانه من المهم جدا عند اجراء اي تحليل كمي للاملاح معرفة المحتوى الرطوبي للتربة المفحوصة واكثر قيمة مناسبة للمحتوى الرطوبي عند المحتوى الرطوبي المشبع saturation moisture والمحسوب على نموذج مشوه للتربة في المختبر. ويتم ايصال التربة لحالة التشبع بالتحريك والرج باستعمال الماء المقطر حتى تصل الى نقطة نهائية خاصة تبدأ عندها التربة باللمعان وتحدث بها خاصية الجريان بدون وجود اي ماء طليق على السطح . والمحلول المستخلص من التربة بوساطة المص Suction تحت هذه الظروف يسمى بمستخلص التشبع او المحلول المشبع Saturation extract . والعوامل التقنية والتصنيف المستخدم في هذا الكتاب هي تلك التي اقترحتها مختبرات USDA* وللحصول على مزيد من التفاصيل عن التجارب والطرق المستخدمة يجب الرجوع للكتاب اليدوي Handbook للمؤسسة المذكورة انفا . ومن ابسط هذه الطرق واكثرها فائدة والتي تستعمل لتقدير تراكيز الاملاح المذابة تتم بقياس التوصيل الكهربائي لمستخلص التشبع (وحداته بالملي موز/سم عند 25° م) ، وتختلف استجابة المحاصيل وتأثرها بتراكيز الاملاح باختلاف انواعها ويمكن تقسيم هذا التأثير بدلالة التوصيل الكهربائي electrical conductivity وحسب الجدول الآتي (5.1) :

*United State Department of Agriculture.

الجدول 5.1

التأثير على الغلة	التوصيل الكهربائي * مليموز/سم (عند25° م)
لاتأثير للملوحة على الغلة	0-2
يتأثر ناتج المحاصيل الحساسة فقط	2-4
تقل غلة كثير من المحاصيل	4-8
المحاصيل المقاومة تعطي غلة فقط	8-16
المحاصيل المقاومة جدا تعطي بعض الغلة	> 16

والطريقة المناسبة لتقدير الصوديوم المتبادل تتم بحساب مايسمى نسبة الصوديوم المتبادل ESP :

$$ESP = \frac{\text{محتوى الصوديوم المتبادل}}{\text{سعة التبادل الكايتوني}} \times 100$$

والتقنية المباشرة لحساب ESP تستغرق وقتا طويلا ويمكن الاعتماد على نسبة امتساك الصوديوم SAR او مايسمى Sodium Adsorption Ratio لتقدير قيمة ESP

$$SAR = \frac{\text{تركيز الصوديوم المتبادل}}{\sqrt{\frac{\text{تركيز المغنيسيوم المذاب + تركيز الكالسيوم المذاب}}{2}}}$$

* مليموز/سم : وحدة قياس التوصيل الكهربائي في الحاليل

وعادة مايقدر الصوديوم المذاب باستعمال مقياس الشدة الضوئية للهب Flame photometer ، واما الكالسيوم والمغنيسيوم المذابان فيقدر كل منها بالتسحيح المحكم . وبالمقارنة بمحلول عياري (انظر المصدر 1). وتراكيز الاملاح المذابة هي تلك الموجودة في مستخلص التشبع (الوحدات ملي مكافئ / لتر) وهناك علاقة تجريبية بين نسبة امتساك الصوديوم والصوديوم المتبادل تسمح بتقدير الاخيرة وهي :

$$ESP = \frac{100\,(-0{\cdot}0126 + 0{\cdot}01475\,SAR)}{1 + (-0{\cdot}0126 + 0{\cdot}01475\,SAR)}$$

ويتدهور بناء معظم الترب عندما تزيد نسبة الصوديوم المتبادل عن 15 . وباستخدام المتغيرات المذكورة انفا فانه يمكن تصنيف الترب بالطريقة الاتية (الجدول 5.2) .

الجدول 5.2

التربة	التوصيل الكهربائي لمستخلص التشبع (مليموز/سم عند 25° م)	نسبة الصوديوم المتبادل
ملحية	> 4	< 15
قلوية	< 4	> 15
ملحية قلوية	> 4	> 15

وبصورة عامة يكون الاس الهيدروجيني pH او درجة تركيز ايونات الهيدروجين في محلول الترب الملحية اقل من 8.5 في حين يكون في الترب القلوية اكثر من 8.5 ، وتكمن المشكلة الرئيسية في الترب الملحية بالتركيزات العالية للاملاح والتي تقلل من الماء المتاح او المتيسر للنبات والتي تعمل على تسمم النبات وموته ، واما مشكلات الترب القلوية فتكمن بالبناء المتدهور الاصم والذي يقلل من ارتشاح الماء بداخلها والترب الملحية – القلوية لها مشكلات مشتركة بين الاثنين ولكن بناءها بصورة عامة يكون افضل من بناء الترب القلوية . ولما كان التصنيف الوارد انفا لايأخذ بعين الاعتبار غير عدد قليل من العوامل المؤثرة في خصائص هذه الترب فانه من الاجدر عدم التمسك الحرفي بهذا التصنيف وترك

مايستجد من امور في هذا المجال والقيمة الحقيقة لهذه العوامل كونها تعتمد على متغيرات سهلة التقييم لذلك فهي تشكل دليلا عمليا وسريعا للمهندسين عند التعامل مع هذه المشكلة .

وخصائص التربة لها تأثير مباشر على الصوديوم المتبادل هي القوام ونوعية معدن الطين وكمية البوتاسيوم ومقدار المادة العضوية وعموما فان قيمة ESP العالية لها تأثير تدميري على الترب الناعمة اكثر من تأثيرها المشابه على الترب ذات القوام الخشن .

5.1.2 الماء :

غالبا مايتم تقييم ماء الري في ضوء مايحتويه من املاح مذابة وصوديوم وبورون وكذلك مقدار البيكاربونات ، وكلما زاد مقدار الاملاح المذابة في الماء زاد خطر نشوء وتكون الترب الملحية وقل الماء المتاح للنباتات وقد تم تقسيم الماء الى اربعة اصناف اعتمادا على كمية الاملاح المذابة واستنادا لقيمة التوصيل الكهربائي وكما موضح ادناه :

الجدول 5.3

التوصيل الكهربائي مايكروموز/سم عند 25° م	تقيم الملوحة
< 250	ملوحة واطئة
250-750	ملوحة متوسطة
750-2250	ملوحة عالية
> 2250	ملوحة عالية

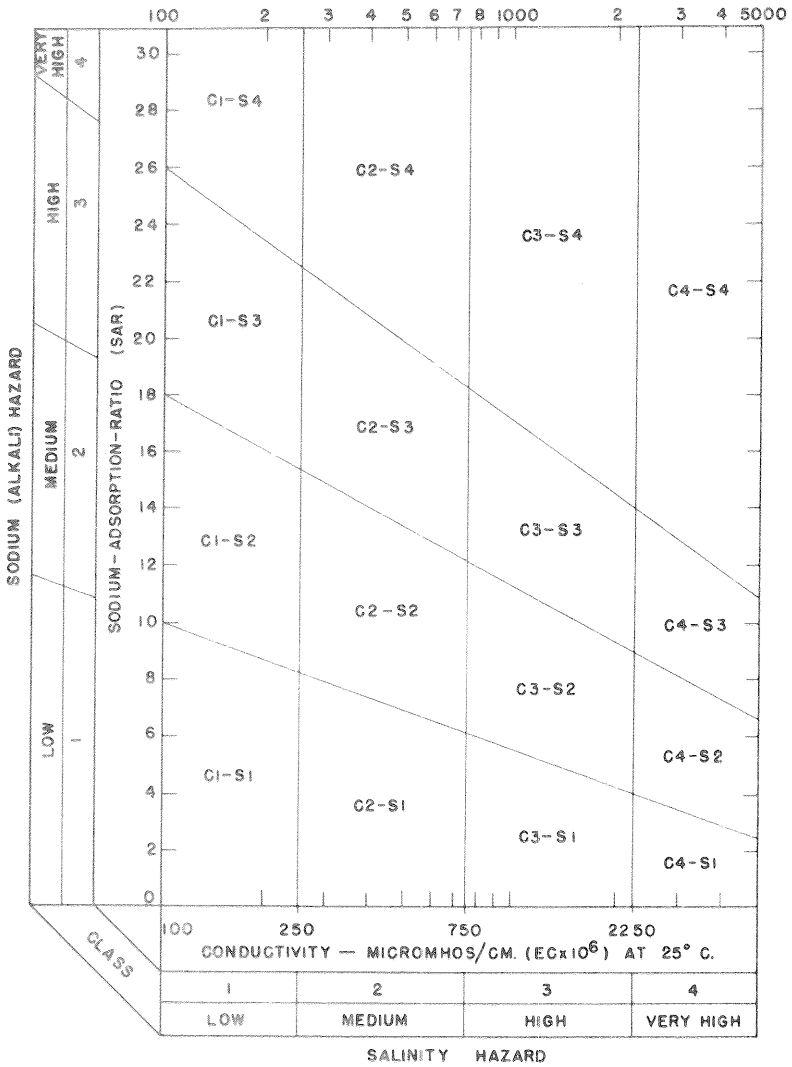
والماء ذو الملوحة الواطئة يمكن استعماله لري كثير من المحاصيل في كثير من الترب ، وبازدياد درجة الملوحة تقل صلاحية الماء للري خصوصا اذا كانت المحاصيل حساسة وتربة الحقل ذات نفاذية واطئة . والماء المالح لايمكن استعماله الا لري المحاصيل المقاومة للاملاح وبادارة جيدة عند الزراعة وفي اراض جيدة الصرف ذات نفاذية عالية .

وكلما زادت كمية الصوديوم زادت الخطورة على بناء التربة وظهرت مشكلات ازدياد القلوية، ويمكن تقسيم كمية الصوديوم على اساس نسبة الامتساك adsorption ولكن التأثير الكامن لقيمة محددة من SA R تعتمد كذلك على التركيز الكلي للملح المذاب بالماء فضلاً عما يحتويه محلول التربة من الملح المذاب إن خطر ظهور المشكلات يزداد بازدياد الاملاح عند اية قيمة SAR ومن المحتمل ان تتفاقم هذه المشكلات بسرعة . والشكل 5.1 يبين حدود نسبة امتساك الصوديوم مع تغيير الملوحة لكمية معينة من الصوديوم ، والماء الحاوي على الصوديوم بكميات واطئة يمكن استعماله تحت معظم الظروف وبازدياد كمية الصوديوم تزداد المشكلات خصوصا في الترب الناعمة ذات الصرف السيئ واما الحاوي على كميات متوسطة من الصوديوم فيكون مناسبا للترب ذات القوام الخشن والنفاذية العالية .

ويمكن تقدير البورون بصورة مباشرة(بوحدات اجزاء /مليون) والبيكربونات بدلالة كاربونات الصوديوم المتبقية اي Residual sodium carbonate وعندما يكون محتوى البيكاربونات في المياه عالياً فان هناك ميلا الى ترسب الكالسيوم والمغنيسيوم على شكل كاربونات وبذلك يقل الكالسيوم المذاب او المغنيسيوم المذاب وتزداد نسبة امتساك الصوديوم واستنادا الى ذلك يمكن تعريف كاربونات الصوديوم المتبقية على انها :
(كاربونات + بيكاربونات) – (كالسيوم + مغنيسيوم) .

واذاإزدادت قيمتها في الماء عن 2.5 ملي مكافئ/ لتر فان الماء يعد غير امين لاغراض الري ولا يجبد استعماله واذا كانت بين 2.5-1.25 فيعد قريبا من الحد الادنى واقل من 1.25 أميناً ولاخوف من استعماله .

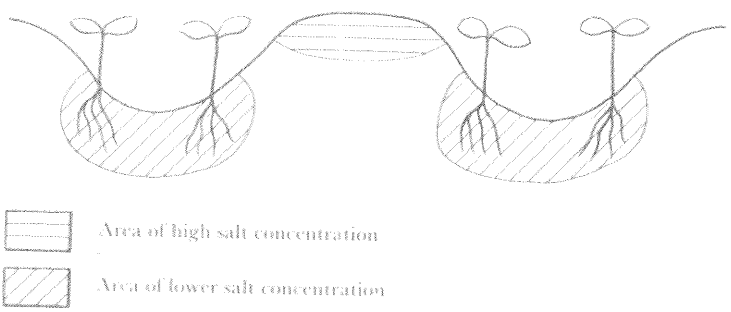
وتصنيفات الماء هذه مثل تصنيفات التربة يجب اخذها دليلا وليس كقيمة مطلقة .
ومن المهم جدا عند تقييم نوعية المياه ان نتذكر ان نوعية الماء القادم من نفس المصدر تتغير مع الوقت ولهذا يجب فحص النماذج بفترات زمنية متساوية في السنة او على الاقل خلال فترة السقي والاستعمال .



الشكل 5.1 رسم تخطيطي يمثل تصنيف ماء الري

5.1.3 المحاصيل Crops

يمكن زراعة انواع عديدة من المحاصيل في حالة بقاء ملوحة التربة واطئة وغالبا ماتكون هذه الحالة غير ممكنة وعند امكانية الزراعة فيجب انتقاء المحاصيل بعناية وتلك التي تستطيع البقاء والنمو تحت ظروف الملوحة .، وتختلف درجات تحمل المحاصيل للملوحة فهنالك التي تكون حساسيتها للملوحة ضعيفة خلال فترات نموها المتأخرة ولكنها حساسة جدا في فترات الانبات ولذلك يتوجب غسل الاملاح من السطح قبل الزراعة واضافة كميات زائدة من ماء الري اثناء الانبات لغسل الاملاح المتبقية ، وكذلك يمكن زراعة العديد من المحاصيل الحساسة للملوحة بالغرس في المواقع التي يكون تراكم الاملاح فيها اقل مايمكن (الشكل 5.2).



الشكل 5.2 مستويات الملوحة .

وفي الجدول 5.4 تم ترتيب المحاصيل بشكل تنازلي لدرجة تحملها للاملاح وقيم التوصيل المعطاة هي لمستخلص التشبع . والقيمة في اعلى الجدول تدل على قيمة التوصيل الكهربائي لنسبة 50% نقصان بالغلة للمحصول العلوي مقارنة بالغلة الناتجة عند انعدام الملوحة ، وبنفس طريقة المقارنة فان القيمة بالاسفل عائدة لدرجة ملوحة عند نقصان بالغلة مقداره 50% مقارنة بالمحصول السفلي.

5.2 ادارة الترب الملحية والقلوية في المناطق الاروائية

ان اي مشروع للري لايعد ناجحا على المدى الطويل مالم تتم السيطرة على مشكلات الملوحة والقلوية الناشئة، واذا كانت مستويات الاملاح الذائبة والصوديوم المتبادل مناسبة في البداية فيجب تركيز ادارة المشروع نحو ابقاء هذه المستويات على حالتها من سنة

لاخرى ، وعلى كل حال اذا كانت الظروف افضل مما هو مطلوب فانه يمكن تسويغ بعض التدهور من وجهة نظر اقتصادية على شرط السيطرة على الوضع عند الوصول للمستويات الحرجة وكمثال على ذلك فانه يمكن السماح لسطح الماء الارضي العميق جدا بالارتفاع حتى يصل الى منسوب مناسب لاضرر منه .

Vegetable crops

High salt tolerance	Medium salt tolerance	Low salt tolerance
$EC_e \times 10^3 = 12$	$EC_e \times 10^3 = 10$	$EC_e \times 10^3 = 4$
Garden beets	Tomato	Radish
Kale	Broccoli	Celery
Asparagus	Cabbage	Green beans
Spinach	Bell pepper	
	Cauliflower	
	Lettuce	
	Sweet corn	
	Potatoes (White Rose)	
	Carrot	
	Onion	
	Peas	
	Squash	
	Cucumber	
$EC_e \times 10^3 = 10$	$EC_e \times 10^3 = 4$	$EC_e \times 10^3 = 3$

Forage crops

$EC_e \times 10^3 = 18$	$EC_e \times 10^3 = 12$	$EC_e \times 10^3 = 4$
Alkali sacaton	White sweetclover	White Dutch clover
Saltgrass	Yellow sweetclover	Meadow foxtail
Nuttall alkaligrass	Perennial ryegrass	Alsike clover
Bermuda grass	Mountain brome	Red clover
Rhodes grass	Strawberry clover	Ladino clover
Rescue grass	Dallis grass	Burnet
Canada wildrye	Sudan grass	
Western wheatgrass	Hubam clover	
Barley (hay)	Alfalfa (California common)	
Bridsfoot trefoil	Tall fescue	
	Rye (hay)	
	Wheat (hay)	
	Oats (hay)	
	Orchardgrass	
	Blue grama	
	Meadow fescue	
	Reed canary	
	Big trefoil	
	Smooth brome	
	Tall meadow oatgrass	
	Cicer milkvetch	
	Sourclover	
	Sickle milkvetch	
$EC_e \times 10^3 = 12$	$EC_e \times 10^3 = 4$	$EC_e \times 10^3 = 2$

Fruit crops

Date palm	Pomegranate Fig Olive Grape Cantaloup	Pear Apple Orange Grapefruit Prune

Fruit crops—continued

High salt tolerance	Medium salt tolerance	Low salt tolerance
		Plum Almond Apricot Peach Strawberry Lemon Avocado
Field crops		
$EC_e \times 10^3 = 16$ Barley (grain) Sugar beet Rape Cotton	$EC_e \times 10^3 = 10$ Rye (grain) Wheat (grain) Oats (grain) Rice Sorghum (grain) Corn (field) Flax Sunflower Castorbeans	$EC_e \times 10^3 = 4$ Field beans
$EC_e \times 10^3 = 10$	$EC_e \times 10^3 = 6$	

[1] The numbers following $EC_e \times 10^3$ are the electrical conductivity values of the saturation extract in millimhos per centimetre at 25 °C associated with 50% decrease in yield.

الجدول 5.4 المقاومة النسبية لبعض المحاصيل لدرجات الملوحة

5.2.1 معادلات التوازن الملحي والمائي واحتياجات الغسل
Salt and Water Balance Equations and Leaching Requirement

في المناطق المهددة بالتملح تتغير مستويات الرطوبة والاملاح باستمرار، ولذلك يتجه هدف نظام الري الدائم نحو الابقاء على حالة من التوازن بين كمية المياه والاملاح الداخلة والخارجة من سنة لاخرى او من دورة زراعية لاخرى مع مراعاة تجنب الاخطار الكبيرة خلال هذه الفترات والشكل 5.3 يبين كميات المياه والاملاح الداخلة والخارجة بصورة نسبية

الماء الداخل :

عمق ماء الري (Di) + المطر المؤثر (Dr) (المطر – الجريان السطحي) + ارتفاع الماء الشعري (Dg)

الماء الخارج :

التخلل Dp + التبخر-نتح (Et) + التغير في خزان الرطوبة (Dm)

الملح الداخل :

ملح ماء الري $Di\,Ci$ + ملح الماء الارضي من خلال ارتفاع الماء الشعري $Dg\,Cg$

الملح الخارج :

الملح المترسب في التربة S + الملح في المحصول P + الملح في ماء التخلل $Dp\,Cp$

حيث ان Ci و Cg و Cp تمثل قيم التوصيل الكهربائي لماء الري والماء الارضي وماء التخلل بالتعاقب.

ولغرض اجراء التوازن من سنة لاخرى فانه يجب فرض تساوي الخارج بالداخل اي :

$$Di + Dr + Dg = Dp + Et + Dm \qquad (1)$$

و

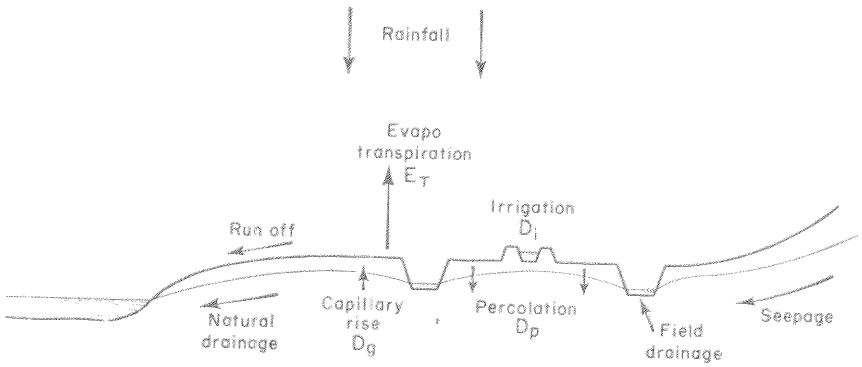
$$Di\,Ci + Dg\,Cg = S + P + Dp\,Cp \qquad (2)$$

وس ملاحظة المعادلة (2) فان المناطق ذات الداخل الملحي العالي يكون فيها الفاقد الملحي من قبل المحاصيل او من ماء السقيط ضئيلاً بالمقارنة بفاقد التخلل،وعندما تكون كمية الاملاح الداخلة ضئيلة فان مسألة ازالتها بوساطة المحاصيل تكون ذات اهمية بالغة خصوصاً عند تعرقل عملية التخلل نتيجة للنفاذية الواطئة للترب ، وفي هذه الظروف تكون الوسيلة الوحيدة لابقاء مستويات التملح واطئة باستعمال طريقة الدورات الزراعية حيث يتم استخلاص كميات لابأس بها من الاملاح الموجودة. وقد اثبتت الدراسة في منطقة الجزيرة بالسودان ان استعمال احد انواع الشجيرات المسمى Atriplex Muelleri مرة كل اثني عشر عاما كاف لازالة كل الصوديوم المضاف في اثناء الري خلال هذه الاعوام وازالته بصورة كاملة من الحقل. اما في المناطق التي يرتفع فيها الماء بالخاصية الشعرية بصورة قليلة والفاقد بوساطة النبات قليل جداً وكذلك السقيط فان معادلة التوازن الملحي تصبح كالاتي :

$$Di\,Ci = Dp\,Cp$$

اي

$$Dp = \frac{Di\,Ci}{Cp} \qquad (3)$$



الشكل 5.3 كميات المياه والاملاح الداخلة والخارجة

حيث ان Dp تمثل كمية الماء المتخلل او ماء الغسيل بتركيز Cp الواجب مروره خلال المنطقة الجذرية لازالة الاملاح الناتجة عن ماء الري ولذلك ستكون نوعية الماء المتخلل مشابهة لنوعية ماء التربة في قعر المنطقة الجذرية. ان نوعية ماء التربة ثابتة وتعتمد على نوعية المحصول المراد زراعته (انظر الجدول 5.4) ، ولو تم التعويض بهذه القيمة الحرجة لمقدار Cp في المعادلة (3) فان Dp ستمثل عمق ماء الري المطلوب مروره خلال المنطقة الجذرية للابقاء على حالة التوازن الملحي Salt balance ومدى كون من الضروري استعمال ماء الري لاغراض غسل بعض الاملاح او كلها خلال فترة محددة من السنة سيعتمد على باقي الظروف. يمكن اعادة ترتيب المعادلة (3) على النحو الاتي:

$$\frac{Dp}{Di} = \frac{Ci}{Cp}$$

وتعرف هذه النسب على انها متطلبات الغسل Leaching requirement وهي ذلك الجزء من ماء الري الكلي الواجب اعطاءه لاستيفاء حاجات غسل التربة ، ولهذا فبالنسبة لمحصول وماء معينين فان Ci و Cp تكونان معلومتين وعندها يمكن حساب متطلبات الغسل وهذه الكمية زائدا الاستهلاك المائي تمثل كمية ماء الري الكلي المطلوب ، واذا اريد اجراء الغسل بالكامل فان معادلة الري الكلي تكون

$$Di = (Et - Dr) + Dp$$

ومن المعادلة (3) فان

$$Di = \frac{(Et - Dr)}{1 - \frac{Ci}{Cp}} \qquad (4)$$

وهذا التقدير يهمل مشاركة ماء السقيط (ماء المطر) في الغسل اضافة الى فواقد عدم كفاءة الري ، كذلك لاياخذ بعين الاعتبار كميات الماء المتخللة خلال الشقوق والواجب ذهابها الى مقد التربة للمشاركة بعملية الغسل في الترب الثقيلة (المتشقق سطحها) . واذا كان تاثير هذه العوامل قليلاً او مهملاً فان المعادلتين (4,3) تزودان المهندس باداة فعالة لتخمين كميات ماء الغسل المطلوب سنويا ، وعندما تكون كمية الاملاح المتراكمة بادية للعيان ومقدار المزال منها بوساطة المحصول ملحوظاً ، فان كمية الغسل يمكن حسابها من المعادلة (2) ، وعند تغير ماء الري خلال موسم واحد فان قيمة Ci المستخدمة يجب ان تحسب كالاتي :

$$Ci \text{ average} = \frac{\Sigma Ci\ (Et - Dr)}{\Sigma\ (Et - Dr)} \qquad (5)$$

حيث ان $\Sigma\ Ci\ (Et - Dr)$ هو المجموع الشهري الكلي لقيمة $Ci\ (Et - Dr)$

اما كمية ماء البزل السنوي اللازم للغسل فيمكن التعبير عنها بما ياتي :

عمق ماء البزل الحقلي = عمق ماء الغسل + صافي التسرب ـ الصرف الطبيعي
المتخلل (التسرب الداخل ـ الماء الشعري)

$$Dd = Dp + Ds - Dn \qquad (6)$$

وهناك يجب ملاحظة ان هذا التخمين يهمل احتياجات الصرف للتخلص من الماء الناجم من عدم كفاءة الري مع افتراض ان كل ماء المطر يستهلكه النبات وهذا الاخير (اي ماء المطر) يمكن اخذه بنظر الاعتبار باستخدام المعادلة (١) .

5.2.2 التربة الملحية Saline Soils

ان المحاولات المذكورة انفاً مقنعة وجيدة على اساس الحسابات السنوية ولكنها لاتعطي صورة واضحة للمتغيرات على المدى القصير ، ولايمكن التوصل لحالات من التوازن على اساس المعدل الشهري في معظم مشاريع الري حيث ان هناك تغيرات محسوسة في مستويات الاملاح من شهر لاخر وفي هذه الحالة تصبح معادلة التوازن الملحي كما ياتي :

$$Di\ Ci + Dg\ Cg = Dp\ Cp + \Delta Z \qquad (7)$$

وج Δ هو التغير بالمحتوى الملحي لتلك المدة، وهذا التغير هو دالة لماء الري ولهذا السبب فهو تحت سيطرة مهندس الري وبتغير كمية ماء الري المضاف لاي فترة معينة فانه من الممكن ضبط كمية الماء المتخلل ومستوى ملوحة التربة خلال تلك الفترة وهذه الامور يمكن شرحها بالاستناد الى الجدول 5.5 والذي يبين كمية ماء الري والمتخللة منه ومستويات الملوحة خلال اربعة اشهر (فصل النمو) لمحصول مروى وتحت انظمة ادارية مختلفة من الري.

الجدول 5.5 معلومات اساسية

		$Ci = 2$ mmhos/cm		$Cp = 8$ mmhos/cm		
		Total	*March*	*April*	*May*	*June*
1	$E\,T$ mm	480	100	120	160	100
	Constant salinity throughout season					
2	Dp	160	33	40	53	33
3	Di	640	133	160	213	133
	Constant irrigation quantity throughout season					
4	Dp	160	60	40	0	60
5	Di	640	160	160	160	160
6	Salinity level		Low	Average	Very high	Average
	Constant percolation quantity throughout season					
7	Dp	160	40	40	40	40
8	Di	640	140	160	200	140
9	Salinity level		Low	Average	High	Average

والخط الاول يبين الاستهلاك المائي الكلي الشهري للمحصول والخط الثاني يبين عمق الماء المتخلل المطلوب للابقاء على حالة التوازن الملحي لكل شهر محسوبا من المعادلة (3) والخط الثالث هو مجموع الخطين السابقين ويمثل كمية ماء الري المطلوب كل شهر للحفاظ على مستوى ثابت للملوحة اما الخطوط الرابع والخامس والسادس فتشرح الحالة عند استعمال كمية من ماء الري كل شهر، وباستعمال هذه الطريقة يمكن ان نلاحظ ان كميـة ماء الري المضافة في شهر اذا زاد تزيد عن الكمية المطلوبة للحفاظ على مستوى ثابت من الملوحة وهذه العملية تكثف غسل التربة وتعمل على ايجاد مستويات واطئة من الملوحة (الخط السادس)، اما كمية ماء الري المضاف في شهر ايار فانها بالكاد تكفي احتياجات لاستهلاك المائي للمحصول وعندها ينعدم مقدار الماء المتخلل للاسفل وبذلك يرتفع مستوى التملح. اما الخط السابع فيمثل ترتيبات الحفاظ على كمية ثابتة من الماء المتخلل لكل شهر وكذلك تم ضبط كميات ماء الري (الخط الثامن) للابقاء بمتطلبات التخلل

والاستهلاك المائي ، ولما كانت كميات الماء المتخلل تزيد عن الحد الادنى المطلوب (الخط الثاني) لملوحة ثابتة لشهري اذار وحزيران فان مستويات المرحلة ستكون متوسطة او واطئة ولذلك ستكون احتياجات الغسل لشهر ايار غير كافية وهذا سيرفع من مستوى الملوحة في الارض، وبمقارنة ممارسات الري الثلاث المحتملة يتبين ان الحفاظ على مستوى ثابت من الملوحة خلال موسم واحد يتطلب كميات كبيرة من ماء الري 213 ملم وكميات صرف لاباس بها 53 ملم ، وعندما تكون كمية ماء الري ثابتة 160 ملم ، اي نظام ري رخيص فان كمية ماء الصرف تكون اكبر مايمكن اي60 ملم وترفع مستويات الملوحة للحدود القصوى وقد تكون غير مقبولة بالنسبة لذلك المحصول ، وبالاعتماد على كمية صرف ثابتة 40 ملم اي نظام بزل رخيص فان كمية ماء الري تكون اكبر مايمكن200 ملم وبذلك ترتفع مستويات الملوحة .

وهذا المثال يوضح كيفية تعديل ومفاضلة اوجه الري والبزل لمشروع ما والوصول بها الى الحالة الامثل بغية الحصول على مستويات من الملوحة مقبولة وكذلك ملاحظة تخمين كميات الماء المتخلل شهرياً لغرض تصميم مشروع البزل فضلاًعن ذلك فان هذا المثال يعرض امكان تجنب المستويات العالية من الملوحة عند الاطوار الحساسة للرطوبة من مراحل نمو المحصول .

ان التحليل الانف ذكره يقوم على فرضية استغلال ماء الري بكفاءة مقدارها 100% والتي لاوجود لها على الاطلاق من الناحية العملية ، وعادة ماينتج عن الكفاءات المتدنيةماءاً زائداً يتخلل لخارج المنطقة الجذرية والذي قد تكون له فائدة غسل الاملاح ، ويعد عندئذ من ماء الغسل المطلوب ، واذا كانت الحالة كذلك ام لا فان ذلك يعتمد على كمية الماء الزائد وانتظام توزيعه فوق المساحة المروية وعندما يكون الفاقد المائي اكبر بكثير من احتياجات الغسل وتوزيعه غير سئ فانه من الممكن افتراض ان هذا الماء سوف يمثل معظم احتياجات الغسل الضرورية

وعندما يكون الفاقد غير منتظم بدرجة كبيرة فانه من الضروري تحقيق احتياجات الغسل وتوفيرها ولكن خارج موسم الري .

الصورة 5.1 ارض ملحية قرب الحسينية في جنوب العراق بعد ايام قليلة من المطر

5.2.3 التربة القلوية ALKal i Soils

يكمن الخطر في التربة القلوية بزيادة الصوديوم المتبادل والذي يؤدي الى تخريب بناء التربة بصورة كبيرة وكلما ارتفعت نسبة امتساك الصوديوم في الماء وزادت كمية الماء المسلط فان خطر التربة القلوية يزداد ، ولهذا السبب يجب اعطاء اقل كمية ممكنة من ماء الري اللازم للنمو مع تامين احتياجات الغسل المطلوبة ، وهذا من بعد يعني رياً جيداً وكفؤاً ومن الممكن تغيير نسبة امتساك الصوديوم بواسطة بعض المواد الكيمياوية في الماء او التربة ولكن هذه الممارسة تعتبر مكلفة . ومن المواد المستعملة في هذا المجال كبريتات الكالسيوم (الجبس) والكبريت وحامض الكبريتيك والكبريت الجيري وكلوريد الكالسيوم وكبريتات الالمنيوم . ويمكن استخدام الحجر الجيري الطبيعي في بعض الحالات واختيار المادة المناسبة يعتمد على توافرها وقابلية ذوبانها وثمنها في السوق المحلية ، وتعمل هذه المواد الكيمياوية إما على زيادة الكالسيوم بصورة مباشرة او غير مباشرة بالارتباط مع الاشكال الاخرى للكالسيوم المتاح بصورة ضئيلة والموجودة سلفاً في التربة وهذه الزيادة في

الكالسيوم تقلل نسبةإمتساك الصوديوم،وقد تم تطوير عدة طرق تجريبية لاذابة الجبس في ماء الري حيث ان قابلية ذوبانه واطئة اذ تعد سبباً لتحديد استعماله ، وعلمياً يكون احتمال ظهور الخصائص القلوية في الترب الطينية اكثر من باقي الترب وخاصة عندما تكون نوعية الماء المجهز رديئة اي ان نسبةامتساك الصوديوم فيه عالية وعادة ماتكون عملية اضافة هذه المواد غير اقتصادية وبالنتيجة تصبح عملية الري غير ممكنة .

5.3 استصلاح التربة الملحية والقلوية والملحية – قلوية

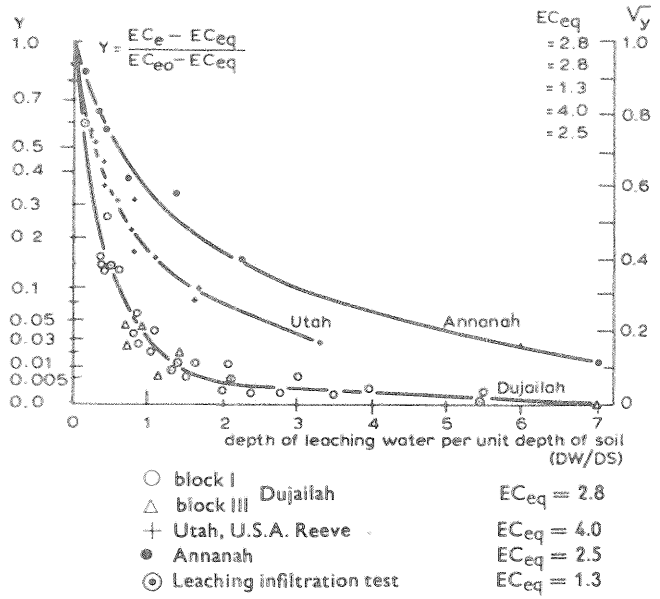
ان التاكيد على الممارسات الصائبة والادارة الصحيحة لعمليات الري لمنع تكون هذه الترب لايمنع الالتفات نحو الترب التي تعاني من هذه المشكلات قبل زراعتها لكي يكون مردودها الاقتصادي جيداً . ومعظم مشاريع الاستصلاح reclamtion مكلفة وقبل البدء بها يجب تخمين الكلفة الكلية ومقارنتها بالمردودات الاقتصادية واكثر المناطق المرشحة للاستصلاح هي تلك الواقعة ضمن مشاريع الري المنفذة حيث تم صرف مبالغ طائلة عليها ثم تدهورت اما نتيجة للادارة السيئة او لضعف كفاءة انظمة البزل اوعدم وجودها .

5.3.1 الترب الملحية

لاستصلاح الترب الملحية يكون من الضروري الاقلال من تركيز الاملاح المذابة الى حدود مقبولة بعملية الغسل على شرط وجود بزل كاف سواءً كان طبيعياً ام اصطناعياً وتقوم معظم برامج الاستصلاح على الخبرة المكتسبة من مناطق اخرى،وقد تم تطوير تقنية معينة في العراق (2) بالاستناد الى منحني الغسل والذي يستعمل لتقدير كمية الماء المطلوبة لعملية الغسل والوقت اللازم لذلك ومعدل ارتشاح الماء ، والذي يمكن استعماله في المناطق التي لاتتوافر فيها خبرة كافية ، ويمكن الحصول على منحني الغسل باستعمال اختبارات اسطوانة الارتشاح المزدوج لتلك المساحة على شرط استخدام نوعية مياه مشابهة لتلك المستخدمة في عملية الاستصلاح او اجراء تعديلات على المنحني في حالة عدم تطابق نوعية مياه الري .

يتم تنفيذ اختبار الارتشاح بالطريقة الاعتيادية فضلاً عن الفحوصات الاخرى والتي تشمل حساب المحتوى الملحي لعدة نماذج . ويمكن ايجاد عمق ماء الغسل بالطرح من العمق المضاف الى الاسطوانة الداخلية لجهاز الارتشاح المزدوج والعمق اللازم لرفع المحتوى

الرطوبي للتربة للدرجة السعة الحقلية (يمكن ايجادها من قياسات المحتوى الرطوبي قبل وبعد اجراء اختبار الارتشاح) وتميل التربة نحو محتوى ملحي متوازن في حالة ثبات نوعية ماء الغسل المستخدم ويمكن الوصول لهذه الحالة عند اختبار السطح العلوي للتربة والذي يتراوح من 5 الى 10 سم مع وجوب تحديد قيمة التوازن هذه بعدها ترسم النتائج بالشكل المبين ادناه في الشكل (الشكل 5.4).



الشكل 5.4منحنيات الغسل (من المصدر 2)

حيث ان :

ECeo : التوصيل الكهربائي قبل الاختبار.

ECeq : التوصيل الكهربائي النهائي المتزن.

ECe : التوصل الكهربائي للتربة بعد عبور عمق معين من ماء الغسل خلالها لوحدة عمق من التربة.

وهنا يجب ان نلاحظ ان هذه المنحنيات صالحة فقط لترب المناطق المعنية بالظروف الملحية الابتدائية المعطاة وللماء الخاص المتوافر في تلك المنطقة . ويمكن اجراء برامج الغسل بطرق عديدة واذا امكن استغلال زراعة الارض خلال الاستصلاح مع انعدام الحاجة الى وسائل البزل ومتطلباته فان هنالك فرصة كبيرة لتبرير المشروع اقتصادياً، ويمكن شرح هذا الامر بالاستناد الى المعلومات المتوافرة عن تربة مشروع الدجيلة في العراق على النحو الآتي :

$ECeo$ = 50 مليموز/ سم بالنسبة للعمق المتراوح من صفر الى 30 سم .

$ECeo$ = 40 مليموز/ سم بالنسبة للعمق المتراوح من صفر الى 60 سم .

$ECeq$ = 2.8 مليموز/سم .

معدل الارتشاح يبلغ ٢ سم/يوم تحت ظروف الغمر.

مقدار التبخر من التربة المغمورة يبلغ ٢ سم/يوم .

كمية الماء المطلوبة لرفع 30 سم من التربة للسعة الحقلية تبلغ 15 سم .

المتطلبات : —

تنحصر الاهمية مبدئياً بتقليل التوصيل الكهربائي للطبقة العلوية (من صفر الى 30 سم) الى 10 مليموز حتى تتمكن المحاصيل المقاومة للاملاح من النمو ولمدة سنتين في الاقل وخلال هذه المدة يمكن تقليل التوصيل الكهربائي للتربة ولحد 60 سم من سطح الارض الى 4 مليموز فقط .

بالنسبة للعمق الاول اي 30 سم من سطح الارض فان

$$\frac{ECe - ECeq}{ECeo - ECeq} = \frac{10 - 2.8}{50 - 2.8} = 0.1525$$

من منحني الغسل :

$$\frac{DW}{DS} = 0.5$$

ولهذا فانه ينبغي اضافة 15 سم من الماء لغسل التربة العلوية وبعمق 30 سم فقط ، وتبعاً لذلك يقل التوصيل الكهربائي الى 10 فقط وبمعدل ارتشاح مقداره 2 سم/يوم ان هذه العملية تستغرق من 7 الى 8 يوم .

الماء الكلي المستخدم=كمية الغسيل+التبخر+احتياجات التربة

$$15+15+15=45\ \text{cm}$$

وبعد سنتين فان قيمة ECe للتربة العلوية وبحد60 سم يجب أن تكون 4

$$\frac{ECe-ECeq}{ECeo-ECeq}=\frac{4-2.8}{40-2.8}=0.0322$$

من منحني الغسل

$$\frac{DW}{DS}=0.95$$

ولهذا السبب فان عمق الماء المطلوب يكون :

$$0.95\times 60=57\ \text{cm}$$

وبما انه تم اعطاء 15 سم خلال الفترة الابتدائية للغمر فان المتبقي يبلغ 42 سم والذي يكون مطلوبا للغسل خلال السنتين التاليتين.

واذا تم غسل التربة بصورة كاملة قبل زراعة المحصول فان مقدار الماء اللازم سيبلغ 57 سم وزمن الغسل اللازم يبلغ 29 يوماً فقط .

الاستهلاك المائي الكلي=الغسل + التبخر + احتياجات التربة(30 سم)

$$57+57+30=144\ \text{cm}$$

ومن الجدير بالذكر ان بعض المغذيات الرئيسية تختفي من الارض خلال تنفيذ الغسل بالاضافة الى الاملاح غير المرغوب فيها،ولذلك يجب تعويض هذه المغذيات باضافة الاسمدة لضمان نمو النبات . واذا كان من الممكن ازالة او قشط الاملاح السطحية قبل البدء ببرنامج الغسل فإن ذلك سيزيد من كفاءة البرنامج ويمنع نزول الاملاح بكميات كبيرة لاسفل مقد التربة ، واكثر الطرق شيوعاً في غسل الاملاح تكون بحصر الماء فوق سطح التربة وبشكل احواض او برك معزولة ، وتعتمد هذه الطريقة على ظروف المنطقة وتعد هذه الطريقة ناجحة عندما تكون الظروف مهيأة للبزل الطبيعي ، اما اذا ازيل ماء الغسل بواسطة سلسلة من المبازل المتوازية فانه يتوقع ظهور غسل غير منتظم يظهر بسبب جريان الماء على جوانب سطح التربة وبصورة مباشرة للاسفل نحو المبازل من خلال شريحة ضيقة على طول المبزل ، واذا اريد تحسين الغسل وتطويره باستعمال المبازل المتوازية فانه يفضل وضع اكتاف قصيرة موازية للمبازل لاجبار الماء للحركة نحو الاسفل ثم تطبيق فترات متعاقبة من الابتلال والجفاف وهذه العملية مفيدة جداً وبخاصة للترب التي تقل نفاذيتها باستمرار عملية الغسل

5.3.2 الترب الملحية – القلوية

ان عملية استصلاح الترب الملحية – القلوية Saline – Alkali Soils تعني استبدال الصوديوم المتبادل بالكالسيوم او ايون اخر ثم غسل الصوديوم المستبدل وباقي الاملاح ، ومن المهم جداً اتباع هذا الترتيب بالاستصلاح لانه اذا حدث العكس وتمت ازالة الاملاح المذابة اولاً فان بناء التربة سيتعرض للتلف والخراب وعندها يكون الاستصلاح صعباً للغاية ومن الممكن في بعض الحالات استصلاح هذه الترب بعملية الغسل مباشرة بدون تعريض بناء التربة للتلف وامكان ذلك من عدمه يعتمد على تقييم اختيارات الغسل المذكورة انفا،واذا كان متوسط معدل ارتشاح التربة لمدة 7 الى 14 يوماً مطابقاً للحد الادنى لمعدل الارتشاح خلال الساعات القليلة الاولى فهذا دليل جيد على امكان حدوث تلف قليل نتيجة عملية الغسل فقط واذا ظهر التلف على بناء التربة فان من الضروري اضافة المواد الكيميائية المصلحة او المحسنة لاستبدال الصوديوم المتبادل كخطوة اولية(تم شرح ذلك انفاً)لان بالمستطاع الحصول من خلال اختبار الغسل على دليل عن النسبة المئوية لمعدل الصوديوم المتبادل .

5.3.3 التربة القلوية Alkali Soils

يكون الهدف من استصلاح الترب القلوية تقليل النسبة المئوية للصوديوم المتبادل وازالة املاح الصوديوم الطليقة Released sodium salts . وتكمن الصعوبة في التعامل مع الترب القلوية بنفاذيتها الواطئة جداً بحيث يصعب على الماء والاملاح اختراقها والنزول للأسفل والتي تعني صعوبة غسلها ويتم استبدال الصوديوم باستعمال المواد الكيمياوية مثل الجبس والكبريت لزيادة تركيز الكالسيوم المذاب حتى يستطيع ان يحل مكان الصوديوم المتبادل .ويتم خلط المحسنات الكيمياوية ميكانيكياً اوبطريقة الاذابة اذا امكن تحسين معدل التخلل او نفاذية التربة . ويمكن تحسين نفاذية التربة وقتياًبوساطة الحراثة ودائمياً بتحويل التربة من قلوية الى ملحية قلوية ويمكن اجراء هذا الامر بالري وباستعمال الماء المالح(3)لان زيادةالاملاح المذابة تعمل على تحسين بناء التربة وزيادة نفاذيتها ومتى تحسنت نفاذية التربة فانه يمكن اضافة محسنات التربة لاستبدال الصوديوم ، ويجب ازالة الصوديوم من مقد التربة بعد عملية استبداله وهذا الامر ممكن بالغسل المبرمج والبزل الصحيح ، ولانخفاض نفاذية هذه الترب والرغبة بالمحافظة على مستوى ماء ارضي بعيد عن السطح فان معدلات الغسل ستكون بطيئة مالم تكن المسافات بين المبازل متقاربة جداً

وهي عملية مكلفة جداً ، ولغرض الحصول على ظروف غسل افضل فانه من المفيد انشاء مبازل وقتية ضحلة تساعد في عملية الاستصلاح بسرعة حتى يمكن المباشرة بزراعة محصول باقرب وقت ممكن ، وهنالك انواع كثيرة من محسنات التربة يمكن استعمالها ويعتمد اختيار النوع المناسب على خصائص التربة وتوافر المادة وكلفتها في السوق المحلية ، والمواد المستعملة إما املاح الكالسيوم نفسها او اى مركب له القابلية على تحويل الكالسيوم الموجود في التربة الى شكل مناسب من الايونات المتبادلة .

وتعتمد كمية المادة المحسنة على كمية الصوديوم المراد استبداله وسعة التبادل الكاتيوني للتربة والجزء المحتمل من المادة المضافة المتوقع دخوله للتفاعل .

مثال /

النسبة المئوية للصوديوم المتبادل ESP 20

سعة التبادل الكاتيوني 50 ملي مكافئ /100 غم تربة

كمية الصوديوم المتبادل 10 ملي مكافئ /100 غم تربة

فاذا كانت قيمةESP المطلوبة هي 10 فانه يستوجب استبدال صوديوم بمقدار 5 ملي مكافئ /100 غم تربة .

من الجدول 5.6 فان كمية الجبس المطلوبة لكل ايكر قدم من التربة تبلغ 8.6 طن . ولما كان معظم الجبس لايشارك في التفاعل فان هناك عاملاً يسمى بمعامل الحقل field factor ويقدر بحوالي 1.5للجبس عند النسب المئوية المذكورة اعلاه للصوديوم المتبادل ولهذا السبب فان كمية الجبس المطلوبة تبلغ 12 الى 13 طن / ايكر قدم .

ان التربة القلوية صعبة الاستصلاح ومكلفة في الوقت نفسه وفي كثير من الاحيان لايمكن تبرير هذه التكاليف العالية ولهذا فمن المهم جداً عند استصلاح الترب الملحية والملحية – قلوية التأكد من عدم تحولها للترب القلوية ، واختبار الغسل يعطي بعض المؤشرات اذا كان هذا الشئ محتمل الوقوع ام لا .

الجدول5.6 كميات الجبس والكبريت المطلوبة للاحلال محل الكميات المعينة من الصوديوم المتبادل(من المصدر 1)

Exchangeable sodium (*Meq per* 100 *gm of soil*)	*Gypsum* ($CaSO_4 . 2H_2O$) *Tonnes/ha m*	*Tons/acre ft*	*Sulphur* (S) *Tonnes/ha m*	*Tons/acre ft*
1	13·9	1·7	2·59	0·32
2	27·8	3·4	5·18	0·64
3	41·8	5·2	7·77	0·96
4	55·7	6·9	10·35	1·28
5	69·6	8·6	12·9	1·60
6	83·5	10·3	15·5	1·92
7	97·4	12·0	18·1	2·24
8	111·3	13·7	20·7	2·56
9	125·1	15·5	23·3	2·88
10	139·2	17·2	25·9	3·20

NOTE 1 m^3 of soil weighs approximately 1·5 tonnes
1 acre ft of soil weighs approximately 4×10^6 lb

Amendment	*Tonnes equivalent to 1 tonne of sulphur*
Sulphur	1·00
Lime–sulphur solution, 24% sulphur	4·17
Sulphuric acid	3·06
Gypsum ($CaSO_4 . 2H_2O$)	5·38
Iron sulphate ($FeSO_4 . 7H_2O$)	8·69
Aluminium sulphate ($Al_2(SO_4)_3 . 18H_2O$)	6·94
Limestone ($CaCO_3$)	3·13

المصـــادر

1 US Department of Agriculture 'Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils', *Agricultural Handbook*, No. 60

2 International Institute for Land Reclamation and Improvement 'Reclamation of Salt Affected Soils in Iraq', Publication 11, IILRI, Wageningen, The Netherlands

3 Reeve, R C and Bower C A 'Use of high-salt waters as a flocculent and source of divalent cations for reclaiming sodic soils', *Soil Science*, volume 90, 1960, pp. 139–44

4 FAO/UNESCO *Irrigation Drainage and Salinity: An Irrigation Source Book*, Hutchinson 1973

الفصل السادس

تصميم نظم الري الحقلي

اختيار طريقة الري

يعتمد اختيار طريقة الري على الجدوى الفنية والاقتصادية وبشكل عام فان طريقة الري السطحي هي الارخص من ناحية التنفيذ ، وفي حالة ملاءمة الظروف لهذه الطريقة فانه ليس هناك مسوغ قوي من دراسة امكان اعتماد طرق اخرى ولكن عندما يكون المردود الاقتصادي للمحاصيل عالياعندها يمكن تبرير اعتبار طرق اخرى في الري من الناحية الاقتصادية وبخاصة اذا كانت الظروف غير مثالية (او تتطلب تعديلات واضافات مكلفة) للري السطحي.

أ) تهيئة الأرض **Land preparation** : يتطلب الري السطحي ميولاً منتظمة ولكن غير شديدة الانحدار. ان الميول الشديدة قد تمنع استخدام الري السطحي واعتماد طرق الري بالرش Sprinkler irrigation او التنقيط مالم يتم عمل مصاطب وتلك عملية مكلفة اذ ان انتظام سطح الارض ضروري للري السطحي ولغرض تحقيق ري كفوء بطرق الري السطحي يجب ان تكون الميول منتظمة بدون بقع عالية او واطئة وللحصول على ذلك يتطلب تدريج الارض وهذه العملية يعتمد مداها وحجمها على الطوبوغرافية الطبيعية للارض.

وقد تكون عملية تدريج الارض Land grading عملية مخربة ينجم عنها نقصان في اعماق التربة او انكشاف الترب التحتية وهذا لا يساعد على انتاجية المحصول. وعليه لا ينصح باجراء تدريج الارض مالم تكن التربة السطحية عميقة وتموجات سطح الارض غير شديدة وعلى هذا الاساس فان انشاء مضامير الري irrigation runs بموازاة خطوط الكفاف تقلل الضرر بالتربة واذا كانت الظروف غير مناسبة لتدريج الارض ينصح باستخدام طرق الري بالرش او التنقيط ومن الجدير بالملاحظة ان تدريج الارض قد تكون عملية مكلفة عندها يكون من الارخص اعتماد الري بالرش.

ب) تغيير انواع الترب :

توثر انواع الترب في الاراضي المراد ريها على اختيار طريقة الري المناسبة فالترب ذات ماء متيسر واطئ تحتاج الى ري خفيف متكرر Light frequent irrigation يصعب تحقيقه في طرق الري السطحي ، والترب ذات معدلات ارتشاح (غيض) عالية تميل الى تبديد المياه بسبب التخلل اسفل مدى منطقة الجذور root zone مالم يكن طول مضامير الري السطحي قصيراً جداً. ان مضامير الري القصيرة تزيد من كلفة العمالة وتضييع الارض بسبب زيادة اعداد القنوات الحقلية المطلوبة فضلاً عن عرقلة المكننة الزراعية.
يسبب تغيير التربة صعوبات للمهندسين في جدولة وبرمجة الري وبخاصة اذا كان هناك اكثر من نوع واحد من التربة في حقل واحد، ان الري السطحي بالمناوبة rotation في مثل هذه الحقول قد يعطي نتائج رديئة واذا كان لابد من استخدام الري السطحي فيجب مراعاة تامين ري اكثر تكراراً للحقول ذات الترب الرملية. ان تصاميم الري بالرش والتنقيط يمكن تعديلها بسهولة لتلائم الحقول التي تضم تربا مختلفة النوع.

جـ) كمية ونوعية المياه Water Quantity and Quality

من العوامل التي لها علاقة باختيار طريقة الري هي كمية المياه ونوعيتها وكلفة تامين المصدر المائي فاذا كان التصريف المائي في المصدر قليلاً فان الري السطحي غالباً ما يكون غير اقتصادي وربما غير ممكن على الرغم من امكان زيادة التصريف بوساطة الخزن الحقلي للمياه on-farm water storage اثناء فترات توقف الري (في الليل مثلاً).
واذا كانت كمية المياه الكلية المتوافرة قليلة عندها يستوجب استخدامها باعلى كفاءة ممكنة ، بشكل عام يتعذر الحصول على كفاءات عالية باستخدام طرق الري السطحي مالم يكن التصميم والتشغيل والادارة على مستوى عال وان تكون قنوات التوزيع مبطنة .
يمتاز الري بالرش والتنقيط بكفاءة عالية مقارنة بالري السطحي.ان وجود الرسابات والمواد العالقة في الماء يمنع من استعمال طرق الري بالرش والتنقيط مالم يتم استخدام معدات ترشيح معقدة وغالباً ما تكون هذه المعدات مكلفة ومتعبة . ونادراً ما تسبب هذه الرسابات متاعب في منظومة الري السطحي الا ان وجودها في الماء بكميات كبيرة يسبب مشكلة الترسبات في القنوات وارتفاع مناسيب الارض اذا ترسبت في الحقل. في مثل هذه الحالات يمكن اتخاذ التدابير اللازمة لازالة هذه الرسابات والعوالق قبل دخولها الى منظومة الري.

ان الري بالرش يرذ الماء على النبات فاذا كان الماء يحوي على مادة غير مقبولة ، كأن تكون فضلات قذرة ، يستوجب عدم ملامسة الماء لثمر النبات ، واذا كانت هناك مشكلة ملوحة في الماء او التربة او كليهما يفضل بشكل عام استخدام طريقة الري السطحي حيث تتم عملية الغسل بكلفة قليلة (انظر الفصل الخامس) .

د) المناخ :

اذا زادت سرعة الرياح عن 15 كم/ساعة فان الري بالرش يصبح بعامة غير مناسب بسبب انجراف القطرات المائية الصغيرة بعيداً مع تيارات الهواء مما يشوه distort نمط توزيع المياه water distribution pattern مسبباً كفاءة ري واطئة . تقلل درجات الحرارة العالية والرطوبة الواطئة من كفاءة الري بالرش الا ان رذاذ الماء يلطف جو الحقل مما يخفف من الجهد المائي water stress في النبات ويزيد من النمو بشكل كبير .عند سقوط الامطار في موسم الري (كما في المملكة المتحدة) يكون الري تكميلياً supplementary irrigation ويستخدم الري بالرش في هذه الحالة عادة اذ قد يفيض الحقل بسبب زخة storm شديدة تعقب الري السطحي .

هـ) المحصول

ان تاثير نوع المحصول المروي في مسألة اختيار طريقة الري السطحي او الرش قليل من الناحية الفنية الا ان التعامل مع المحاصيل الطويلة tall crops صعب وقد يكون نقل الانابيب والري بالرش متعباً في هذه الحالة .بالنسبة الى انتاجية المحاصيل تحت طرق ري مختلفة ، نجد ان صانعي معدات الري بالرش يشيرون غالباً الى حالات حققت بها معداتهم انتاجية تزيد بشكل كبير عن الانتاجية تحت طرق الري الاخرى.ومن غير حاجة الى جدال ومناقشة اي ارقام يجب التنويه الى ان الاختيار الخاطئ لطريقة الري سوف يحقق دعاية مفيدة للذين يفضلون الطريقة الاخرى في الري . وعلى هذا السياق يكون من الاولى ان نتحرى سبب ضعف نمو النبات ، فاذا كانت متطلبات التبخر الجوي والشد الرطوبي في التربة عاليين فان النبات سيعاني من الجهد المائي الداخلي internal water stress ويضعف نموه ويكون تاثير ذلك على الانتاج النهائي للنبات حسب مرحلة النمو التي يحصل خلالها النقص المائي . فالري السطحي بطبيعته يتسم بدورات ري طويلة نسبياً وهذا ما يسبب في بعض الحالات الى خسارة في نمو النبات اكثر مما لوكان النبات تحت

دورات ري قصيرة بطرق الرش او التنقيط . واذا كان الانتاج النهائي للنبات حساس جداً للشد الرطوبي فان طريقة الري السطحي لا تكون هي الاختيار الامثل . وعامة قد يكون من المفضل استخدام الري السطحي لمعظم موسم النمو والاستعانة بريات خفيفة ومتكررة بوساطة وحدات رش متنقلة في الفترات الحساسة للرطوبة .

و) التشغيل Operation

تمتاز طرق الري بالرش والتنقيط بانها اسهل من الطرق السطحية من ناحية التشغيل، جدولة الري irrigation scheduling وكذلك بالنسبة لعملية توزيع المياه، وبعامة تواجه العديد من منظومات الري المشكلات والصعوبات خلال السنة الاولى من تشغيل المشروع مما يؤدي الى تدني في انتاج المحاصيل وتكون هذه المشكلات والصعوبات التشغيلية اقل عند استخدام طرق الري بالرش والتنقيط . وعندما تحول الكلفة او اسباب اخرى دون استخدام الري بالرش والتنقيط فان المشكلة تبقى في كيفية اختيار افضل طريقة ملائمة من طرق الري السطحي ويعطي الجدول (6.1) مؤشرات لاختيار الطرق المناسبة مع المتغيرات والعوامل الرئيسية الواجب مراعاتها في كل طريقة .

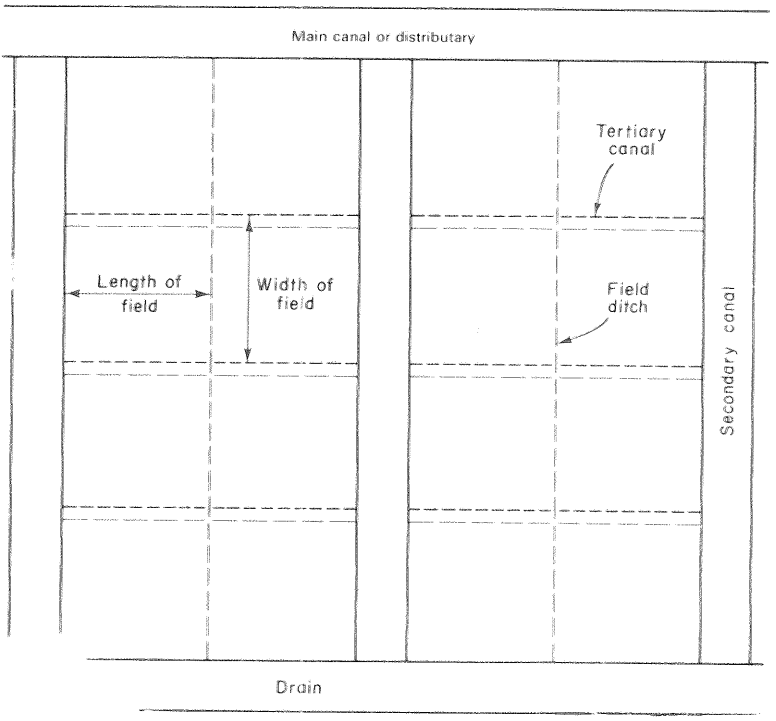
6.2 مقدمة الى تصميم المخطط لشبكة الري السطحي .

تقسم الاراضي المراد ريها الى مساحات مستطيلة او مربعة (بلوكات) بوساطة خطوط قنوات التجهيز الثانوية وقنوات البزل التي يتم تحديد مواقعها حسب طوبوغرافية الارض (انظر الفصل الثاني) . يتم تحديد مواقع قنوات التجهيز للمزرعة وسواقي الحقل بعد معرفة ابعاد كل حقل علماً بان كفاءة الري تتاثر بدرجة كبيرة بالشكل الهندسي للحقل ، لذا بات من الضروري جداً تصميم ذلك لتحقيق اقل فواقد مائية water losses في الحقل او تلك التي تذهب فواقد جريان سيح سطحي . من معرفة الرطوبة اللازمة لتموين replenish المنطقة الجذرية ومساحة الحقل ، يمكن ايجاد تصريف الجريان اللازم لتحقيق ذلك لاي فترة زمنية وهذا من بعد يحدد سعة السواقي الحقلية وبمعرفة عدد الحقول يمكن ايجاد جريان سقي المزرعة . (انظر الفصل الثالث) . ان تنظيم المخطط الحقلي field Layout لمنظومة الري السطحي هي مسألة نوعاً ما غير دقيقة ، وهذا ليس بسبب عدم توافر الطريقة العلمية لذلك وانما بسبب التغير الشديد في الظروف الطبيعية وغالباً ما يستوجب ان يتلاءم المخطط مع مساحات ذات اشكال غير منتظمة اضافة الى تغير انواع التربة في الحقل الواحد وتبدل خصائص كل نوع تربة مع الزمن وعليه سيكون اي تصميم معرض الى حد معين من عدم الدقة .

Method of applying irrigation water (1)	*Effective growing season rainfall* (2)	*Intake rate and capacity for available water in soils* (3)	*Topographic relief and soils* (4)	*Crops for which best suited* (5)	*Cost of applying water* (6)
Furrow	Hazard of erosion down steep slope	Adaptable to most all soil textures	Uniform slopes of from 0·25% to preferably not greater than 2·5%	Row crops (sugar, beets, corn, cotton, vegetables, sugar cane, etc)	Most economical when slopes are not over 2·5%
Corrugations	Can be used on comparatively steep slopes and heavy rainfall	Fine-textured soils with low intake	Irregular fields, short runs, and slope up to 8·0%	Close-growing crops (grains, hay and some vegetables)	Most economical in first cost. Requires moderate layout
Border strip	Can distribute water rapidly. Not damaged by heavy rains	Not desirable on fine-textured soils with low intake rate	Smooth uniform slopes preferably not over 3·0%	Small grains, hay and pasture	Economical where heavy land grading not required. Moderate labour required
Basins	Will accommodate heavy rainfall with required drainage	Adaptable to all soil textures	Level land	Most crops. Only method for rice	Where heavy land levelling not required costs are moderate. Labour costs are minimum
Flooding	Heavy rainfall permissible	Coarse to medium textured soils with high intake rate	Irregular fields and topography with slopes up to 8·0%	Pasture or native hay	First cost very low. Annual labour cost high for 100% coverage

From P H Berg, *Methods of applying irrigation water*, Trans ASCE, paper 3293, volume 125, pt III, 1962.

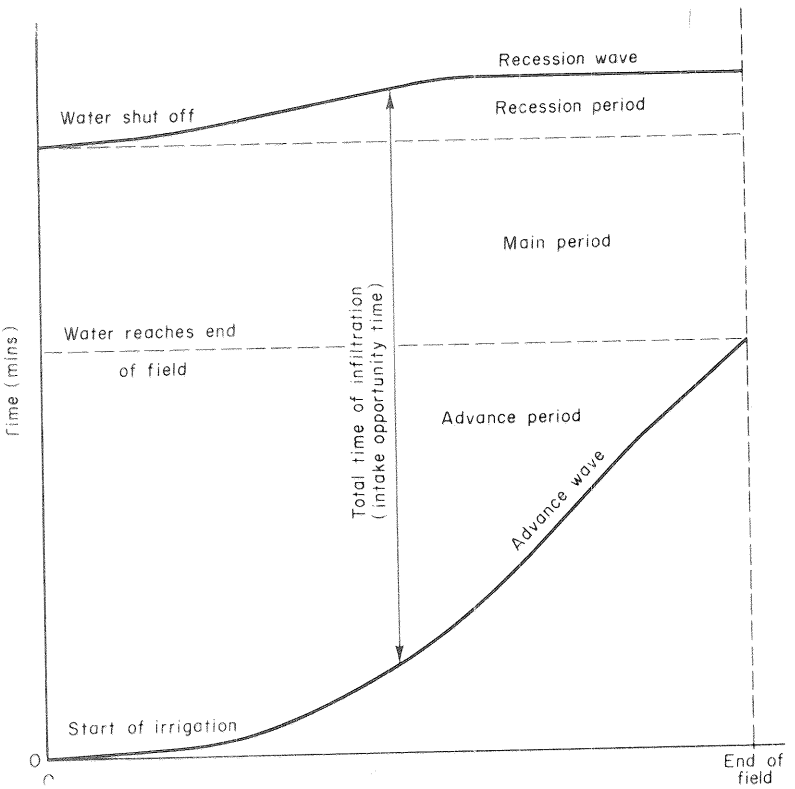
الجدول 6.1 اختيار طريقة الري السطحي



الشكل 6.1 مخطط نموذجي لنظام قنوات ري سطحي

تتم عملية ري التربة بالطريقة السطحية بواحدة او اكثر من المراحل الاتية : بتيار التقدم الابتدائي initial advance stream الجاري بتأثير الميل ، فترة التبلل والتي خلالها يكون عموم مضمار الري في حالة ارتشاح او تشرب للماء ، وجريان الانحسار recession flow بعد قطع الماء . ان الكمية الكلية للماء المترشح او الممتص تعتمد على معدل ارتشاح التربة والزمن الذي حدث فيه الارتشاح . يفترض ان نظام الري يزود التربة من الناحية النظرية بعمق ماء متساوي على طول الجريان (مضمار الري) ولكن تحقيق ذلك مستحيل من الناحية العملية ماعدا في بعض الترب الثقيلة ذات معدلات الارتشاح الواطئة . وبشكل عام يحضى بداية مضمار الري بماء اكثر ولكن احياناً يحصل العكس عندما تتجمع المياه في نهاية المضمار، عليه تتم عملية الري بالطريقة السطحية باعطاء تصريف مائي كبير بغرض وصول الماء الى نهاية الحقل باسرع مايمكن وذلك لتقليل الزيادة في عمق ماء الارتشاح الذي يحصل في بداية الحقل او مضمار الري. يقلل

Cutback التصريف المائي عند او قبيل وصول الماء الى نهاية الحقل او المضمار منعاً للجويان السطحي الفائض من الحقل والذي تتزايد كمياته تباعاً مع نقصان معدل الارتشاح مع الزمن ويتم المحافظة على هذا الجريان المنقص cutback flow لحين تبلل نهاية الحقل الى العمق المطلوب. بعدها يتم قطع التجهيز المائي او التصريف مكوناً جريان الانحصار الذي يأمل ان يكمل عملية الري.



الشكل 6.2 مراحل التبلل في الري السطحي

يفترض ان يهدف تصميم الري وتشغيله الى مساواة زمن الارتشاح والتشرب عند كل النقاط على امتداد طول الجريان (مضمار الري) ، فاذا اعطيت المنحنيات في الشكل 6.2 لحقل معين فان معدل عمق الارتشاح لمضمار الري يمكن ايجاده باستعمال منحني ارتشاح التربة وبموجب ذلك يمكن ايجاد كفاءة الري مما يساعد المهندس على اجراء اية تعديلات ضرورية على تخطيط شبكة الري الحقلي.

6.3 تصميم مخطط الري بالمروز

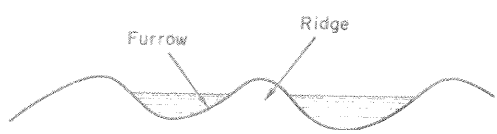
ادناه العناصر التي يتم تحديدها في تصميم المخطط

١ . شكل المروز والفواصل بينها furrow spacing
٢ . جريان التقدم للمروز
٣ . تيار او تيارات الجريان التناقصي cutback stream
٤ . ميول الحقل
٥ . طول المرز
٦ . عرض الحقل

وكل ماورد انفاً يتطلب اختبارات حقلية تجري على مختلف انواع الترب الموجودة في الاراضي تحت الدراسة والتصميم.

6.3.1 شكل المروز والفواصل بينها

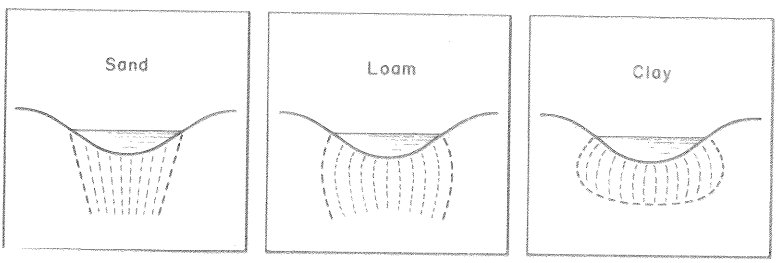
يحدد المقطع العرضي وانحدار الارض السعة الهايدرولكية (تصريف) للمرز. فاذا كان متن المروز واطئاً جداً فان الماء سوف يعبر ويسيح overtop الى المروز المجاورة ثم يتحول الري بالمروز الى الري بالغمر وفي الوقت نفسه فان المتون العالية جداً تحتاج الى كميات كبيرة من الماء لري اعلى المنطقة الجذرية بشكل كافي ، وهذه نقطة مهمة حيثما تكون المحاصيل ذات جذور ضحلة بسبب الرص compaction اسفل قعر المرز.



الشكل 6.3 بناء المروز

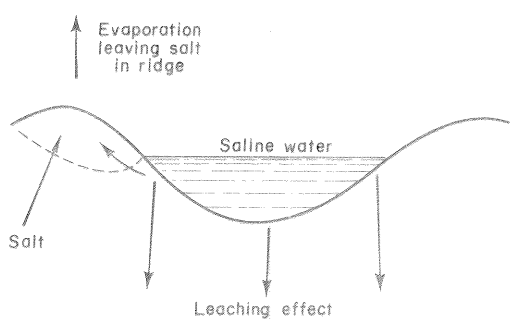
وفائدة المتون العالية هي امتلاك النبات الى حجم اكبر من التربة الجاهزة البزل مما يقي النبات مخاطر التغذق في المناطق الغزيرة الامطار خلال موسم النمو وبعامة يتغير ارتفاع المتون من 0.15 الى 0.40 م والاخير يعتمد على صافي ارتفاع معدات المكننة فوق الارض. ويجب تحديد المسافة بين المروز بالاعتماد على فواصل المحصول المثلى معدلة عند الضرورة

للحصول على تبلل عرضي lateral wetting كافي وبما يلائم مستلزمات معدات المكننة تكون فواصل المروز في الترب الرملية اقصر منها في الترب الطينية لانها تمتلك نمط تبلل شاقولي ولكن عندما يتعارض ذلك مع المكننة يتوجب زراعة المحصول على جانب المرز او قرب قعره. يتراوح مدى فواصل المروز عادة من 0.3 الى 1.80 م وبمعدل حوالي 1.0 م.

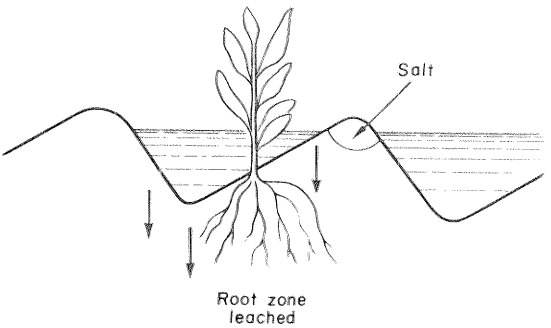


الشكل 6.4 نماذج التبلل في المروز لترب مختلفة

يعتمد شكل المروز بدرجة كبيرة على انحدار الارض واستقرارالتربة soil stability : كلما زاد انحدار الارض توجب استخدام مروز اكثر عرضاً لغرض زيادة مساحةالتربة المبللة. وبازدياد انحدار الارض تزداد السرعة ويقل عمق الجريان لاي تصريف وشكل مروز معينين. تكون مروز القعر العريض الاكثر ملاءمة لميول 0.50 % او اكثر، وبالعكس كلما قل انحدار الارض قلت سعة المرز والحاجة الى ميول جانبية شديدة ويجب على المهندس ان يمارس فطنته في تحديد شكل المرز الاكثر ملائمة. فمثلاً عند وجود مشاكل تملح يكون الري بالمروز مناسباً بسبب التراكم التدريجي للاملاح على المتون وبتعديل في شكل المروز يمكن الحصول على ظروف اكثر ملائمة لنمو المحصول.



الشكل 6.5 تراكم الاملاح في المروز.



الشكل 6.6 شكل المروز المطلوبة لتقليل الاملاح

6.3.2 اختيار جريان التقدم للمروز

لغرض وصول الماء الى نهاية المرز باسرع مايمكن وابتداء عملية التبلل يتوجب في حالة الترب الرملية استخدام اقصى جريان غير جارف وضمن الاستيعاب الهايدروليكي لمقطع المرز. بالنسبة لمعدل استيعاب المروز الاعتيادية اقترح كريدل (مصدر رقم 2) العلاقة الاتية لتخمين اقصى جريان او تصريف غير جارف :

$$Q_{max} = 45/S \quad \text{لتر دقيقة}$$

حيث ان :

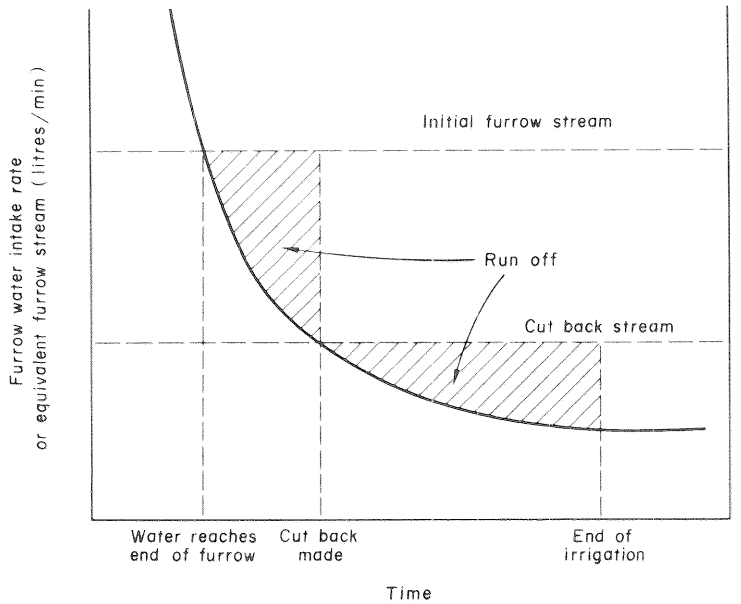
Q_{max} : اقصى جريان غير جارف للمرز (لتر /دقيقة)

S : ميل المرز (نسبة مئوية)

ويجب ان تجري اختبارات على المروز بتصاريف مختلفة تكون قيمة كريدل هي الوسيط لمداها بعدها يتم اختيار افضلها والذي يكون عادة اكبر تصريف لايسبب انجراف شديد في تربة المرز.

6.3.3 اختيار التصاريف الرئيسية للري

يجب نظريا تقليل الجريان الابتدائي لعدد كبير من المرات لكي يصل جريان الماء الى نهاية الماء ويستمر تواجد الماء على طول المروز دون ان يحصل سيح سطحي من النهاية ، اما عملياً فيتم تقليل جريان المرز مرة او مرتين فقط.



الشكل 6.7 التصريف المجهز بجريان متناقص

ويمكن ايجاد الزمن الامثل لتقليل التصريف الذي يحقق اقل جريان سطحي فائض من نهاية المرز خلال كامل زمن الري بعد معرفة تغيير معدل التشرب مع الزمن (الجزء 6.3.2) ويتم تقليل الجريان في الحقل بتنظيم فتحة انبوب التجهيز اوبرفع سحارة او سحارتين عند بداية المرز.

6.3.4 ميل الحقل

تفاديا لتدريج الارض المكلف وما قد يتبعه من تحديدات لاعماق المنطقة الجذرية يجب ان تكون الميول الطولية والعرضية للحقل ملائمة للطوبوغرافية الطبيعية. يكون مدى الاختيار والدقة المسموح بها للميول العرضية واسعا الا انه يجب بهذا الصدد مراعاة تفادي النقص الذي قد يحصل في استعياب المرز وكذلك تسلط Command منسوب سطح الماء في قنوات التجهيز.

وقد تحصل مشكلات تعرية التربة خلال فترات المطر لذا يستوجب ان يكون الميل الطولي للمرز(الذي يعمل كمجرى لمياه السيح السطحية)ضمن حدود كما هو مبين في الجدول 6.2 الا انه لغرض تفادي فواقد التخلل العميق deep percolation losses اثناء الري يجب ان تكون الميول في الترب الرملية اكبر منها في الترب الطينية ، عليه يتطلب الامر بعض التوفيق compromise

الجدول 6.2

نوع التربة	اعظم انحدار(٪)
رملية	0.25
رملية مزيجة	0.40
رملية ناعمة مزيجية	0.30
طينية	2.50
مزيجية	6.25

ويجب ملاحظة انه ليس بالضرورة ان يكون المرز بالاتجاه الرئيسي للارض وانما يمكن ان يسير بموازاة خطوط الكفاف. وقد يكون مسار المرز متعرجا خصوصا في الترب الثقيلة وذلك لابطاء عملية تقدم الماء الا ان ذلك قد يتعارض مع المكننة.

6.3.5 طول المرز

يتأثر طول المرز المستخدم في نوعية معينة من التربة بضائعات التخلل العميق والتي هي دالة معدل تقدم جريان الري وميل الارض وعمق الارواء. وتسبب هذه الضائعات غسل مغذيات النبات من منطقة الجذور في بعض الترب الطينية وقد تزيد من حدة مشكلات البزل الداخلي ولعل اسوأ ضرر من زيادة ضائعات التخلل العميق هو ارتفاع منسوب الماء الارضي مما يسبب التغدق وربما يخلق مشاكل التملح في المنطقة الجذرية. ويجب تخمين طول المروز من اختبارات حقلية الا انه يمكن اعتماد الجدول التالي (الجدول 6.3) دليلا اوليا.

الجدول 6.3 اطوال مروز نموذجية لانواع مختلفة من الترب والانحدارات

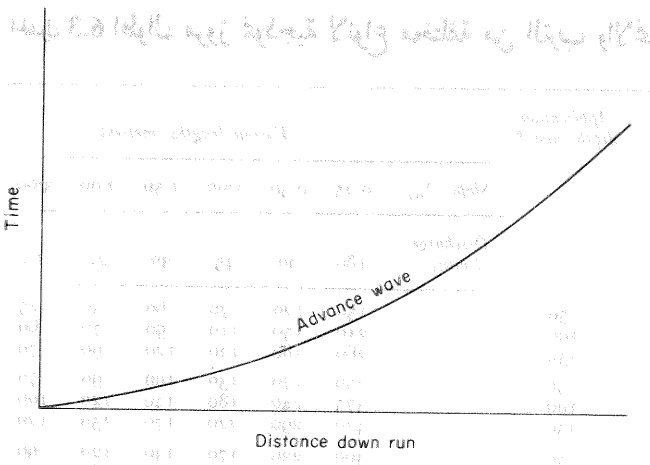
Soil type	*Application depth (mm)**	*Furrow lengths (metres)*					
		Slope (%)	0·25	0·50	1·00	1·50	2·00	3·00
		Discharge (l/min)	180	90	45	30	22	15
Coarse	50		150	120	70	60	50	25
	100		210	150	110	90	70	60
	150		260	180	120	120	90	70
Medium	50		250	170	130	100	90	70
	100		375	240	180	140	120	100
	150		420	290	220	170	150	120
Fine	50		300	220	170	130	120	90
	100		450	310	250	190	160	130
	150		530	380	280	250	200	160

* Including leaching water.

اختبارات حقلية لايجاد طول المرز

يجب تحديد الزمن المسموح به لتقدم الجريان الابتدائي منعا للتخلل العميق الزائد عند بداية مضمار الري (اي المرز). كريدل (المصدر 2) اقترح ان يصل الماء الى نهاية المرز خلال زمن قدره $T/4$, حيث T هو الزمن اللازم لارتشاح عمق الري D.

ولغرض الاختبار يعمل في الحقل مرز طويل وعلى كل جانب منه مرز مماثل ثم يجهز كل من المروز الثلاثة في ان واحد بالتصريف المختار. يرصد ثم يرسم معدل تقدم الماء على طول المرز الوسطي (الشكل 6.8).



الشكل 6.8 معدل تقدم جريان مرز

يجب ان يكون مرز الاختبار من النوع المختار لتصميم المنظومة وان تكون تربته بمحتوى رطوبي water content مطابق لذلك في الحقل قبيل الري. يمكن ايجاد قيمة زمن الارتشاح المطلوب T كالاتي.

اختبار حقلي لايجاد معدل التشرب للمرز:

يمكن التعبير عن معدل إرتشاح الماء الى داخل التربة كما يلي

$$I = kT^n + a \qquad (6.1)$$

حيث ان

I : معدل التشرب الآني (ملم ماء/ساعة)

T : زمن التبلل (دقيقة)

K, n : ثوابت التربة

a : معدل التشرب النهائي

ويمكن تقريب الدالة انفا وللعديد من انواع الترب بالعلاقة الاتية :-

$$I = kT^n \qquad (6.2)$$

والتي بموجبها تكون قيمة k هي معدل التشرب عند الزمن T يساوي دقيقة واحدة والتي يمكن ايجادها من تقاطع منحني التشرب مع الزمن مرسوما على ورق لوغارتمي في حين يكون n ميل الخط .

يمكن بسهولة التعبير (مصدر 2) عن الزمن اللازم T لارتشاح D ملم ماء في التربة كالاتي

$$T = \left(\frac{60D\ (n+1)}{k}\right)^{\frac{1}{n+1}} \qquad (6.3)$$

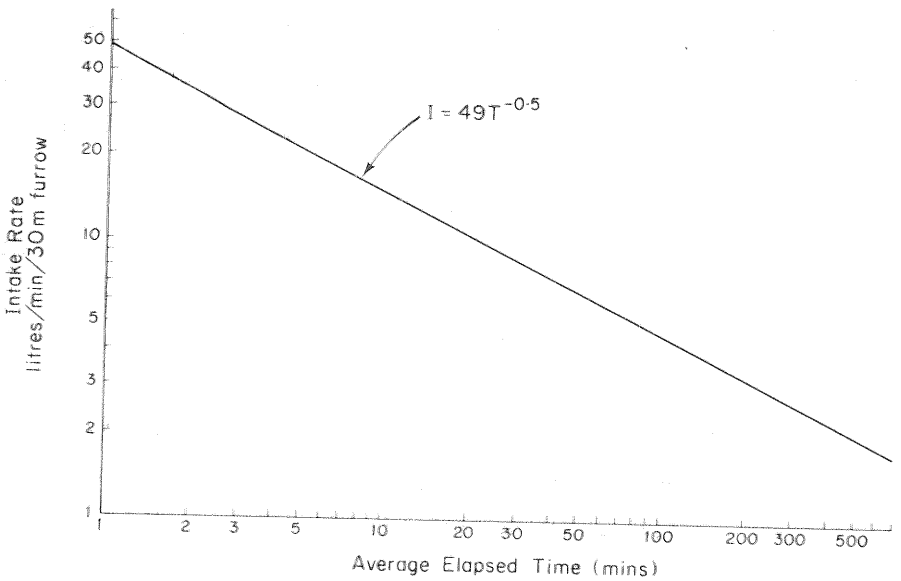
وتوجد قيم k,n من اختبارات حقلية على مروز متوازية بطول 30 م تجهز بتصريف ثابت يساوي التصريف الرئيسي المختار لتصميم المنظومة ويجب ان يكون المحتوى الرطوبي الابتدائي لتربة المروز مناسبا وان القياسات تجري على المرز الوسطي .

الجدول 6.4 نتائج فحص التشرب

Clock time	*Elapsed time (min)*			*Inflow at head of furrow (litres/min)*	*Outflow at 30 m (litres/min)*	*Intake in 30 m of furrows (litres/min)*
	0	30	Av.			
8.02	Start		—	15·2	—	—
8.24	22	0	—	15·2	—	—
8.27	25	3	14	15·2	2·3	12·9
8·50	48	26	37	15·2	7·2	8·0
9.20	78	56	67	15·2	9·3	5·9
10.00	118	96	107	15·2	10·6	4·6
11.12	190	168	179	15·2	11·4	3·8
12.30	268	246	257	15·2	11·9	3·3
14.00	358	336	347	15·2	12·5	2·7
16·00	478	456	467	15·2	12·9	2·3

يقاس الجريان الداخل للمرز والجريان الخارج منه (بطول30 م) عند اوقات مختلفة باستخدام مقياس بارشال Parshall Flume ، ويعد جدول بذلك كما مبين في 6.4 بعدها يعمل رسم بياني على ورق لوغارتمي لمعدل التشرب (لتر/دقيقة) مع معدل فرصة زمن التشرب intake opportunity time على امتداد المرز ومن الرسم توجد قيم k و n . في هذه الحالة (الجدول 6.4 والشكل 6.9) k = 49 و n = 0.50 وعليه يمكن التعبير عن معدل تشرب المرز كالاتي

$$I' = \frac{49}{60} T^{-0.5} \qquad \text{لتر/دقيقة} \quad (6.4)$$



الشكل 6.9 علاقة معدل التشرب مع الزمن

ويمكن بشكل تقريبي ايجاد التحويل الى معدل بالملم/ساعة على عرض المرز (W بالامتار) وعلى امتداد 30 م طول بضرب المعادلة الاخيرة (6.4) بـ $2/W$. وعليه يمكن ايجاد الزمن T اللازم لارتشاح D ملم لعرض W = 1 م كالآتي :

$$T = \left(\frac{60D(0.5)}{98}\right)^2 \text{ min} \qquad \text{دقيقة}$$

وباستخدام منحني «معدل التقدم» الذي سبق ايجاده فان الطول المختار للمروز يكون تلك المسافة التي يقطعها جريان التقدم بزمن $T/4$ من الدقائق ويمكن تبيان (المصدر 2) بأن ضائعات التخلل العميق باعتماد «قاعدة $T/4$» هي اقل من 5% ويمكن تحسين الطريقة بادخال تأثير جريان الانحسار، الا ان هذا التأثير يكون طفيفا «نسبيا» ويهمل عادة وذلك لان معدلات التشرب عند نهاية الري تكون واطئة نسبيا.

6.3.6 عرض الحقل

هناك بشكل عام مرونة في عرض الحقل الا انه يجب تفادي الجمع بين انواع مختلفة من التربة في الحقل الواحد. وقد يكون مقدار تدرج الارض المسموح به محددا اخر لعرض الحقل.

6.4 تصميم الري الشريطي

ان العناصر المطلوبة هي الاتي :

١. عرض الحقل
٢. ميل الشريط
٣. شكل سداد الحدود
٤. تصريف جريان التقدم
٥. طول الشريط

6.4.1 عرض الشريط

فضلا عن المحدد الاعتيادي بخصوص عدم الجمع بين التربة المختلفة فان العامل الرئيسي الذي يجب مراعاته هو الالغاء التام للميل العرضي للشريط. وحيث انه ليس هناك مروز لتحديد الحركة العرضيه للماء فان اي ميل جانبي سوف يسبب الى تراكم الماء وجريانه في جانب واحد من الشريط الى سوء تناسق الري uniformity of irrigation وربما حت التربة وقد تحدد كمية المياه المتوافرة العرض حيث يجب ان يكون الجريان كافيا ليسمح بالانتشار الجانبي وتغطية عموم الشريط بالماء. وعليه فان عرض الشريط المناسب لتجهيز مائي معلوم هو دالة الطول.

في حالة استخدام المكننة الزراعية يكون من المناسب عمل عرض الشريط مضاعفات لعرض الماكنة.

يتضمن الجدول 6.6. قيما نموذجية لعرض الشريط مع طوله حسب الجريان المتوافر.

الجدول 6.5 اعظم وحدة تصريف في الري الشريطي

Slope (%)	*Maximum flow (litres/min per metre width)*
0·3	675
0·4	540
0·5	450
0·7	400
0·9	300
1·0	250
1·5	180
2·0	150
3·0	120
4·0	90
5·0	75

6.4.2 ميل الشريط

تكون الميول الطولية مبنية على نفس الاسس المذكورة في الري بالمروز الا ان افضل النتائج تكون مع الترب الاكثر ثقلا heav ysoilاذا كان الميل اقل من 0.5% . اذ يجب الغاء الميل الطولي للشريط عند النهاية العليا ولمسافة مناسبة لتعزيز الانتشار السريع للماء.

6.4.3 انشاء سداد الحدود

يجب ان تكون سداد الحدود متينة بشكل كافي لتتحمل الحت وذات ارتفاع كاف لاحتواء جريان الري. وغالبا ماتزرع سداد الحدود ولذلك اصبح ضروريا السماح بتغلغل كامل للماء فيها.

6.4.4 اختيار جريان لتقدم

يجب ان يكون اقصى جريان تقدم مستخدم غير جارف وهذا يعتمد على مايقدمه الغطاء النباتي من حماية بهذا الخصوص. وبالرغم ان مقاومة الترب الطينية للحت اكبر من الترب الرملية فانها معرضة الى الغسل السطحي surface panning عندما تكون سرعة الماء عالية جدا.

الجدول 6.6متغيرات نمذجية للري الشريطي

Soil type	*Slope* (%)	*Depth applied* (*mm*)	*Strip width* (*m*)	*Strip length* (*m*)	*Flow* (*litres/sec*)
Coarse	0·25	50	15	150	240
		100	15	250	210
		150	15	400	180
	1·00	50	12	100	80
		100	12	150	70
		150	12	250	70
	2·00	50	10	60	35
		100	10	100	30
		150	10	200	30
Medium	0·25	50	15	250	210
		100	15	400	180
		150	15	400	100
	1·00	50	12	150	70
		100	12	300	70
		150	12	400	70
	2·00	50	10	100	30
		100	10	200	30
		150	10	300	30
Fine	0·25	50	15	400	120
		100	15	400	70
		150	15	400	40
	1·00	50	12	400	70
		100	12	400	35
		150	12	400	20
	2·00	50	10	320	30
		100	10	400	30
		150	10	400	20

(US Dept Agr *Yearbook*, 1955, 'Water').

والجدول 6.5 يتضمن توصيات بشأن اقصى جريان ولانواع الترب المكشوفة bare soils وتعتمد هذه الجريانات (والتي يجب ان تدقق موقعيا) للمحاصيل غير المرجية non-sod crops اما في حالة المحاصيل المرجية sod crop كالعشب pasture والجت alfalfa فانه يمكن اعتماد ضعف القيم في الجدول 6.5.

6.4.5 طول الشريط

يتضمن الجدول 6.6 اطوالا وعروضا نموذجية ولجريانات متغيرة وتجري الاختبارات الحقلية للتأكد من صحة هذه القيم كالاتي :

اختبارات حقلية لايجاد طول المضمار:-

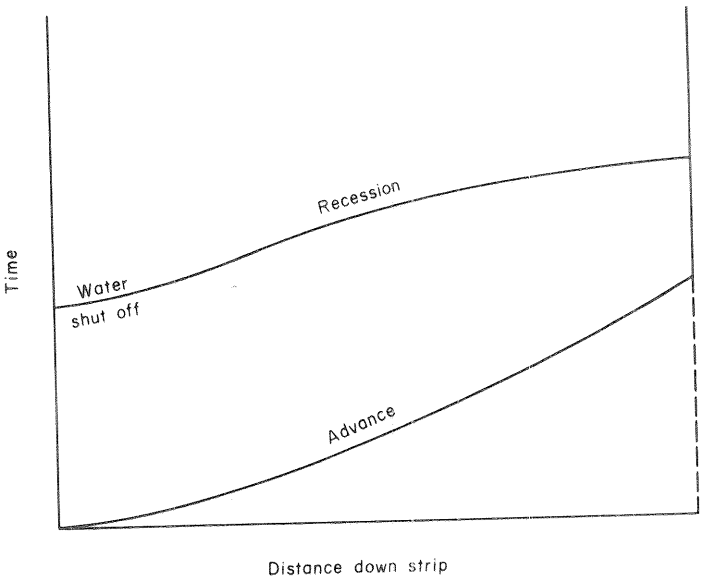
يجهز الشريط بالجريان المختار ويرصد معدل تقدمه وغالبا ماتكون موجة التقدم غير منتظمة لذا يجب اخذ معدل التقدم. ويجب التأكد من ان الجريان كاف لكي ينتشر بانتظام
على عرض الشريط وبعكسه يجب اما زيادة الجريان او تقليل عرض الشريط او زيادة نقاط تجهيز الشريط على امتداد العرض.

عندما تصل طليعة الماء $\frac{2}{3}$ او $\frac{3}{4}$ من طول الشريط يتوقف التجهيز ويلاحظ اي سيح سطحي يحدث لاحقا. فاذا حدث سيح سطحي فيجب تقليل زمن التجهيز او زيادة طول الشريط ويطبق العكس اذا لم يصل الماء الى نهاية الشريط. (من الضروري ملاحظة ان الظروف التي تؤثر على نتائج الاختبار في الشريط تعتمد وبدرجة كبيرة على المحصول المزروع حيث تؤثر على مدى اعاقة جريان الماء وعلى خزن الماء خلف طليعة التقدم. وعليه تعد هذه الاختبارات صحيحة ومعتمدة فقط للحالة الحاضرة بالنسبة لظروف المحصول والتربة) . بعد ايقاف تجهيز الماء ، يرصد معدل الانحسار ويرسم بشكل بياني لكلي منحني معدل التقدم ومعدل الانحسار.

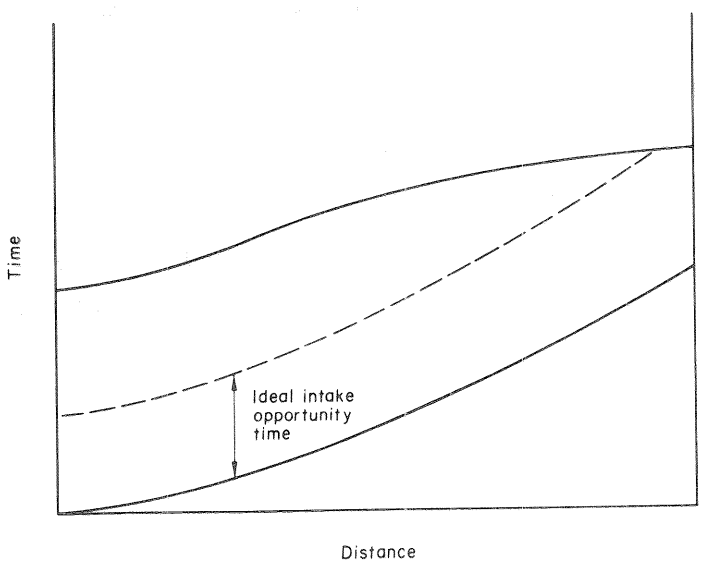
ومن الرسم البياني يمكن ايجاد زمن فرصة التشرب لكل النقاط على امتداد المضمار ثم توجد اعماق الري عند هذه النقاط باستخدام منحني التشرب الموصوف بالفصل الثالث. من المفيد تأشير او تعيين الزمن المثالي لفرصة التشرب (اي الزمن المطلوب للتشرب) على نفس الرسم البياني لمنحني التقدم والانحسار ويتضح من المنحنيات المبينة في الاشكال 6.10 و 6.11 ان ماء أكثيرا جدا قد تشرب في بداية الشريط والعلاج اما بزيادة الجريان (وقد يكون ذلك غير ممكنا) او تقليل طول الحقل وهذا وبالتالي يعني قطع الجريان ابكر.

وتدل المنحنيات في الشكل 6.12 على ان الري تم بدون فترة ري رئيسية ، اي ان حجم ماء الانحسار كاف لاكمال الري. وفي بعض الحالات كما في الترب الطينية بميول شديدة فان الصورة تختلف حيث ان الاختبارات الاولية قد تعطي منحنيات كالمبينة في

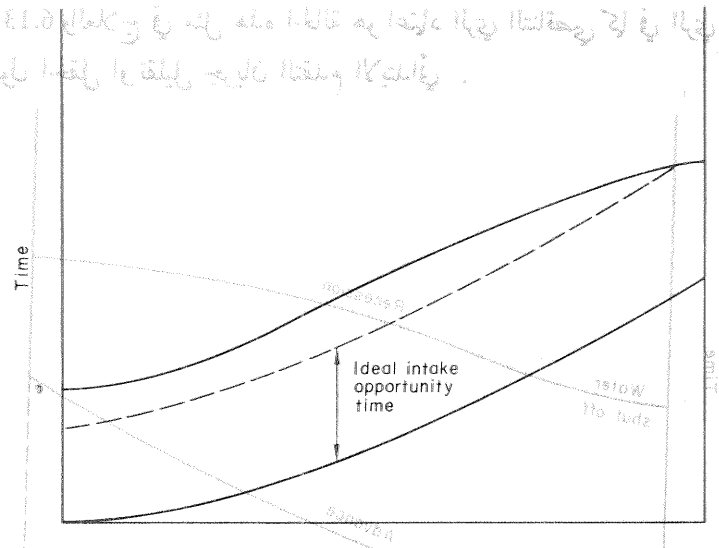
الشكل 6.13 والعلاج في مثل هذه الحالة هو اعتماد الري التناقصي كما في الري بالمروز او زيادة طول الحقل او تقليل جريان التقدم الابتدائي .



الشكل 6.10 موجتا التقدم والانحسار في الري الشريطي



الشكل 6.11 اختيار زمن التشرب المثالي من موجتي التقدم والانحسار

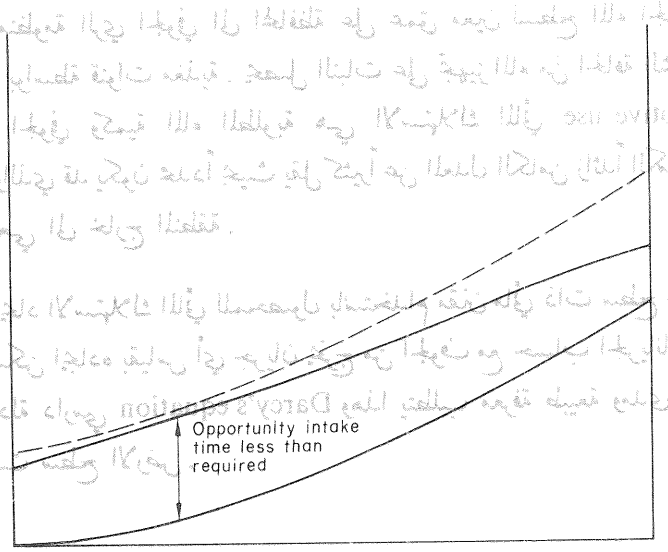


الشكل 6.12 تأثير تقصير طول المسار على كمية الماء الكلي المجهز

6.5 ملاحظات متنوعة على تصميم الري

6.5.1 ري الترب الطينية الثقيلة بوساطة المروز

اذا انخفض معدل الارتشاح الى الصفر عند زيادة زمن التبلل فان التخلل العميق لايعد مشكلة . عندها يمكن ان يكون مضمار الري طويلا جدا شريطة توافر بزل داخلي كاف وتدريج ارض دقيق . وزيادة طول المروز تزيد من كفاءة ممارسات المكننة الزراعية . ويجب تفادي الميول الكبيرة ولكن عند الضرورة يمكن استخدام الحواجز العرضية في المروز لأعاقة التقدم والانحسار.



الشكل 6.13 منحنيات الاختبار على تربة طينية شديدة الانحدار

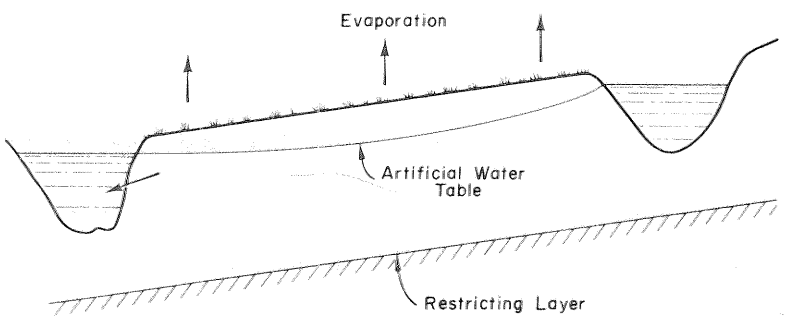
6.5.2 تصميم الري الحوضي Basin Irrigation

يستخدم هذا النوع من الري بشكل عام في الترب غير النفاذة نسبياً وعليه فان التخلل العميق لايعد مشكلة وتحدد عوامل المحصول مساحة الحوض (مثل شجرة واحدة لكل حوض) بالاضافة الى قدر التدريج الممكن للحصول على ميول مساوية للصفر في كل الاتجاهات. ويجب ان لايكون جريان الماء كبيراً بشكل يسبب غسل السطح مع ضمان بقاء جريان الماء لزمن يكفي لتجهيز عمق الماء المطلوب على المساحة المحددة داخل الحوض وينصح ان يكون الزمن المستغرق لتغطية عموم مساحة الحوض بالماء لايزيد على ربع الزمن المطلوب للتشرب.

6.5.3 تصميم الري الجوفي Subsurface Irrigation

تهدف منظومة الري الجوفي الى المحافظة على عمق معين لسطح الماء الجوفي اسفل سطح التربة بواسطة قنوات مغذية . يحصل النبات على تجهيز الماء من الحافة الشعرية فوق سطح الماء الجوفي وكمية الماء المطلوبة هي الاستهلاك المائي consumptive use للمحصول والذي قد يكون محدداً بحيث يقل كثيراً عن المعدل الكامن زائداً الكمية الضائعة بالتزيز الطبيعي الى خارج المنطقة .

ويجب ايجاد الاستهلاك المائي للمحصول باستخدام مقنن مائي ذات سطح ماء جوفي . اما التزيز فيمكن ايجاده بقياس أي جريان يخرج من الجوف مع حساب الجريانات الجوفية بواسطة معادلة دارسي Darcy's equation وهذا يتطلب معرفة طبيعة ومدى جيولوجية الطبقات تحت سطح الارض .



الشكل 6.14 الري الجوفي

قد يكون من المرغوب فيه في بداية موسم النمو رفع سطح الماء الجوفي بسرعة وعليه يجب ان تصمم القنوات المغذية لاستيعاب جريان اكبر بكثير من حالة الاستقرار الاعتيادية ومن المفضل عمل التدابير الاحتياطية التي تمكن من غمر عموم المساحة السطحية .

ان التصاميم الجوفية معقدة وتتضمن اعمال تحريات اكثر مما تطلبه طرق الري الاخرى الا ان الري الجوفي يمتاز بعدة فوائد.واذا كانت الظروف ملائمة فان هذه التحريات تستحق مايبذل من اجلها،الا أن طرق التصميم معقدة جداً وقد تشكل الملوحة خطراً رئيسياً حيث ان النبات يحصل على الماء بالفعل الشعري Capillary action .

6.6 تصميم انظمة الري بالرش

يتضمن تصميم الري بالرش اختيار شبكة من الانابيب لنقل الماء الى المرشات sprinklers بضغط مناسب. ان الفقرات المطلوبة في التصميم هي : –

١ . مخطط الشبكة
٢ . اختيار المرش والمبثق
٣ . تصميم خطوط الرش الجانبية sprinkler lateral lines والعدد المطلوب
٤ . تصميم شبكة الانابيب الرئيسية Mainline
٥ . اختيار المضخة

6.6.1 تخطيط النظام

يجب ان يكون النظام المختار هو الاكثر اقتصادياً وفقاً لمتطلبات التصميم . ويجب على المهندس تحديد المواصفات الاكثر ملاءمة للتصميم وذلك بعد اكمال اعمال المسح الارضي والطوبوغرافية وانواع التربة ومن العوامل التي يجب مراعاتها الآتي :

ا) يجب ان يستحق نوع المحصول المروى تكاليف الري بالرش ويجب ضمان توفر الكادر الماهر لتشغيل وصيانة المعدات .
ب) كمية ومعدل الارواء مع مراعاة امكانية الدورة الزراعية Crop rotation
جـ) توافر وكلفة الايدي العاملة اللازمة للنوع المختار من انظمة الري بالرش (مثل المتنقلة ، الموسمية ،والممكننة) .
د) الطريقة الملائمة لتدوير المضخات فاذا كانت الكهرباء متوافرة في الموقع يمكن الاختيار بين طاقة الكهرباء أو الديزل .

اذا اعطت التحريات والدراسات قرارات مرضية ووافية بالنسبة للعوامل السابقة الذكر يتم اختيار المخطط المناسب للشبكة وقد يكون هناك لمساحة من الارض العديد من التشكيلات والتخطيطات الممكنة لشبكة الانابيب ولكن بعضاً منها يستبعد للاسباب الآتية :

ا) قد تكون بعض المخططات مربكة في التشغيل (يستخدم النظام المثالي انابيب جانبية متساوية الطول تتقدم بانتظام على امتداد انبوب التجهيز). ان اختلاف اطوال الانبوب الجانبي (انبوب الرش) يعقد العمل ويربك العمال مما قد يؤدي الى ترك بعض قطع الانابيب على الارض وتعرضها الى مرور المكائن عليها.

ب) يجب ان يكيف المخطط (ان امكن) مع نمط دوام أو اشتغال العمال. قد يكون من المناسب جداً اشتغال العمال ليوم كامل في الموقع أو تصميم شبكة بحيث تُحرّك الانابيب مرة في بداية النهار ومرة في نهاية النهار على ان تزود الشبكة بمضخة تلقائية automatic pump تعمل على اساس زمني وحسب الحاجة.

جـ) احد الامور المهمة التي يجب مراعاتها هو اطوال الانابيب. فالانابيب الصغيرة القطر (75 ملم الى 100 ملم) أي (3 انج الى 4 انج) أكثر سهولة في النقل (واقل تعرضاً للضرر) من الانابيب الكبيرة ولما كان قطر الانبوب الجانبي يعتمد على طوله فان ذلك يعد محدداً اضافياً في تصميم مخطط الشبكة.

د) يعد انجراف خطوط المحصول بمياه الامطار مشكلة اذا كانت خطوط المحصول شديدة الميل ولما كانت خطوط الانابيب المتنقلة تتبع خطوط المحصول لغرض سهولة السير والعمل فان الطوبوغرافية سوف تحدد امكانية بعض المخططات.

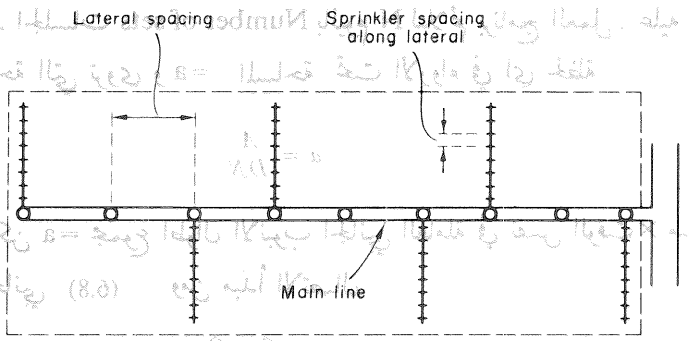
هـ) يجب عدم وضع خطوط الرش الجانبية باتجاه اعلى التل أوأسفلهمالم تكن رؤوس المرشات مجهزة بمنظمات ضغط لان التصريف سوف يتأثربتغيرالضغط Pressure.

و) تكون منظومة الرش اكثر اقتصادية اذا كان مصدر الماء في مركز شبكة الانابيب حتى يساعد ذلك في استعمال انابيب صغيرة القطر. كذلك كلما كان منسوب مصدر الماء اعلى من الارض قلت متطلبات الطاقة power اللازمة لتشغيل المنظومة.

ز) يجب ان تؤمن المخططات في المناطق الممكنة عدم تقاطع الانابيب المتنقلةمع ممرات المكائن وذلك ليس فقط بسبب الاضرار التي قد تتعرض لها الانابيب وانما تفادياً لضياع الوقت المستغرق في غلق الماء وفصل قطع الانابيب للسماح للمركبات

بالعبور. والانابيب الدائمية تحت الارض مفيدة في الحالات التي لايمكن فيها تفادي تقاطع الانابيب مع الطرق.

ح) يؤثر اختيار مواقع الانابيب الرئيسية على امكان التوسع الاقتصادي للمشروع والاعتبارات اعلاه ربما تلغي معظم المخططات الممكنة للمنظومة ولكن في معظم الاحيان يتوجب اجراء بعض التوفيق الا أن الاختيار النهائي يبنى عادة على اسس اقتصادية.



الشكل 6.15 فواصل المرشات والافرع الجانبية

6.6.2 اختيار المرش والفواصل والمحصول

بشكل عام يمكن اختيار المرش المراد استخدامه على ضوء ظروف المحصول والتربة والمناخ (انظر الفصل 2) والمشكلة هي في اختيار تشكيلة محددة للمبثق أو المباثق والضغط التشغيلي والفواصل على امتداد الانابيب الجانبية ومسافة نقل الانابيب الجانبية. Lateral Pipes.

يحسب صافي عمق net depth ماء الارواء d_n ملم والفترة بين الريات D (بالايام) من عمق الماء المتيسر بسهولة الذي يمكن خزنه في منطقة الجذور ومعدل الاستهلاك المائي للنبات (انظر الفصلين 3 و 4).

ويعبر عن اجمالي عمق Gross Depth الارواء d_g كالاتي:

$$d_g = \frac{d_n}{l_a} \qquad (6.5)$$

حيث ان L_a = كفاءة الارواء وتعرف بانها نسبة الماء المفيد والمخزون في منطقة الجذر الى الماء الخارج من المرش ، والفواقد يسببها تاثير الرياح الذي يشوه نمط التوزيع والتبخر من الرذاذ وكذلك النقص في انتظام او تناسق التبلل مسبباً بعض التخلل العميق. تحت ظروف ادارة جيدة يمكن تحقيق كفاءات 0.7 في المناخات الحارة والجافة و 0.90 في المناخات الباردة الرطبة . يحدد اعلى معدل سقيط precipitation rate للرش P (ملم/ساعة) سعة ارتشاح التربة وعليه فان ادنى زمن T لعمق ارواء d_n هو : د $\frac{d_n}{I_a P}$ (6.6)

ومن ادنى زمن T لاشتغال الانبوب الجانبي في كل موقع أو جلسة setting يمكن حساب واختيار عدد الجلسات Number of sets باليوم N لتلائم برنامج العمل . عليه اذا A = عموم المساحة التي تروى و a = المساحة تحت الارواء في اي لحظة

$$a = \frac{A}{DN} \qquad (6.7)$$

ولكن a = مجموع اطوال الانبوب الجانبي العاملة في نفس الوقت × مسافة نقل الانبوب الجانبي (6.8) ومن مبدأ الاتصال

$$P = \frac{3600\ Q}{S_1 \times S_2} \qquad (6.9)$$

حيث ان :

Q : جريان المرش (لتر/ ثا)

S_1 : الفواصل بين المرشات على امتداد الخط الجانبي (م)

S_2 : مسافة نقلة الانبوب الجانبي (م)

وتقدم جداول وبيانات صانعي المرشات مجموعة من الحلول للمعادلة (6.9) يمكن الاختيار منها . وهناك العديد من المجموعات لقطر المبثق والضغط التشغيلي والفواصل التي تعطي معدلات سقيط اوطأ من اعلى معدل سقيط تمليه التربة وتستخدم عدة قيم لـ S_2 في المعادلة (6.9) للتحقق من ان الطول الكلي الناتج لانبوب الرش الجانبي يمكن تقسيمه الى عدد ملائم من الانابيب الجانبية وبطول يناسب الشكل الهندسي لمختلف الحقول . وبقسمة اطوال الانبوب الجانبي على S_1 المرادفة يمكن ايجاد العدد اللازم للمرشات مع التأكد والتدقيق بالنسبة الى فرط او نقص الارواء over or under irrigation عند نهاية الخط .

يتم الاختيار النهائي لمبثق او مبائق المرش والضغط التشغيلي والفواصل في ضوء الكلف وتناسق الارواء وتاثيرات الضغط التشغيلي وحجم القطرات كما نوقش في الفصل الثاني .

لوحظ انه يمكن استخدام معدلات سقيط اوطأ من القصوى اذا كانت ازمنة الجلسات الاطول تلائم يوم العمل بشكل اكثر سهولة وتمتاز هذه الممارسة بفائدة في تحسين ظروف الارواء بالنسبة لبناء التربة والتهوية .

6.6.3 تصميم انبوب الرش الجانبي

يحدد طول الانبوب الجانبي عدد المرشات عليه وكذلك تصريف الانبوب ويجب العناية لضمان كون فواقد الضغط pressure losses على امتداد الخط لاتؤثر بدرجة كبيرة على اشتغال المرش الاخير distal sprinkler . وقد اعطيت فواقد الضغط في انابيب الالمنيوم ذات القوارن من قبل CH PAIR W W HINZ, C REID, K R FROST (مؤلفون ومعدون) كتاب Sprinkler Irrigation الطبعة الثالثة 1969 المنشور من قبل Sprinkler Irrigation Association(USA) والجدول 6.7 يعطي قيماً نموذجية للفواقد لمختلف الجريانات والاقطار.

الجدول 7.6 أرقام نموذجية لفواقد شحنة انبوب ري بالرش بالمتر/١٠٠ م طول من الخط

Flow (*litres*/*sec*)	*Nominal pipe diameter* (*mm*)			
	75	100	125	150
4	1·60			
5	2·44			
6	3·45			
7	4·59	1·06		
8	5·88	1·38		
9	7·34	1·73		
10	8·91	2·12		
15	19·45	4·61	1·53	
20	33·70	7·98	2·61	1·08
25		12·10	3·95	1·65
30		17·01	5·51	2·31
35		22·80	7·31	3·10
40		29·10	9·50	4·00
45		36·10	12·2	5·00
50		44·05	14·9	6·05
55		52·50	17·7	7·25
60			20·8	8·54
65			24·1	9·95

ان حساب فواقد الاحتكاك في الانابيب الجانبية باعتماد الاسس الهايدروليكية البسيطة يكون متعباً وذلك بسبب تغير الجريان والسرعة عند كل مرش على امتداد الخط وقد استنبط CHRISTIANSEN طريقة بسيطة مذكورة في كتابه Irrigation by Sprinkling, University of Califorina, 1942 والتي عدلت بعد ذلك من قبل JENSEN and FRATINE Adjusted F' factor for sprinkler Lateral Design ونحوى الطريقة هو حساب الاحتكاك في الانبوب الجانبي على اساس ان كل الماء يجري خلال كامل طول الأنبوب ثم يعدل الفقد بالضرب بمعامل C معطى في الجدول 6.8 تفترض قيم C بأن اول مرش على بعد نصف فاصلة من بداية الخط).

الجدول 6.8 عوامل الانقاص بفعل الاحتكاك للمخارج المتعددة

No. of sprinklers on line	*C*
1	1
2	0·512
3	0·434
4	0·405
5	0·390
6	0·381
7	0·375
8	0·370
9	0·367
10	0·365
15	0·357
20	0·354
25	0·352
30	0·350

* Source: *Sprinkler Irrigation Handbook*, G O WOODWARD, Editor's Press Inc.

ولغرض تقليص مدى الضغوط التشغيلية بين اول واخر مرش يتم اختيار قطر الانبوب الجانبي بحيث لاتزيد مجموع فواقد الاحتكاك مع اي اختلاف في المناسيب بين نهايتي الانبوب عن ٪ 20 من الضغط التشغيلي للمرش وقد يكون هناك عدة بدائل لذلك ، الا انه يجب اختيار اصغر قطر مناسب وذلك لتسهيل عمل ناقلي الانابيب .
ويمكن حساب الضغط التشغيلي عند بداية الانبوب الجانبي بجمع الآتي : —

أ) شحنة تشغيل المرش + ارتفاع قصبة المرش
ب) تغيرات الارتفاعات على امتداد الانبوب الجانبي
جـ) ٪ 75 من ضائعات شحنة الاحتكاك في الانبوب

ان استخدام ٪ 75 بدلاً من ٪ 100 من ضائعات احتكاك الانبوب يضمن نظرياً ان كل المرشات تشتغل ضمن التصريف الاسمي nominal discharge المطلوب ٪10±

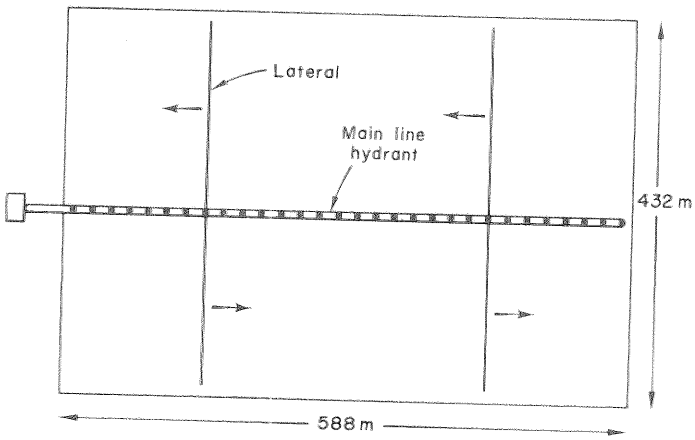
6.6.4 تصميم الانبوب الرئيسي :

ان القاعدة في الفقد المسموح بالضغط في الخط الرئيسي هو توفر الضغط الكافي لاشتغال المرشات بصورة صحيحة وذلك لاي موقع للانابيب حوالي الانبوب الرئيسي. وعادة تكون الفواصل متساوية بين الانابيب الجانبية حوالي الانبوب . يتضمن حساب فقد الضغط ايجاد الاتي :

أ) فقد الاحتكاك من المضخة pump الى منفذ اول انبوب جانبي
ب) فقد الاحتكاك في الخط الرئيسي بين المنافذ المتتالية .
جـ) ارتفاع المنافذ نسبة الى المضخة

ويجب ملاحظة ان فقد الاحتكاك في الخط الرئيسي يتغير مع تبدل مواقع الانابيب الجانبية . وكمثال بسيط (الشكل 6.16)يتضمن أربعة انابيب جانبية على خط رئيسي ثابت القطر.

وبالرجوع الى معادلةSCOBEY يتبين بان اسوأ فقد احتكاك يحصل للوضعية الموضحة في الشكل 6.16 لذلك فان تصميم خط الانبوب الرئيسي يجب ان يعتمد على مواضع الانابيب الجانبية التي تعطي اعلى فقد احتكاك. وبعامة يجب ان لايزيد اقصى فقد احتكاك في الخط الرئيسي عن ٪ 30 من الشحنة الكلية للمضخة ولكن مالم يطلب اقل كلفة راس مال capital فان الاحتكاك التصميمي يجب ان يوخذ على اساس التحليل الاقتصادي الذي يعطي اقل كلفة (اي راس مال والتشغيل لكل سنة) . بالرغم من ان معظم الخطوط الرئيسية هي من النوع المبين في الشكل 6.16 الا ان هناك حالات اكثر تعقيداً،عندها تصبح طريقة التصميم معقدة ومتعبة خصوصاً حين ايجاد مخطط الانابيب الرئيسية الاكثر اقتصادية .



الشكل 6.16 شكل استعراضي لاسوأ مواقع الاحتكاك في الافرع الجانبية .

6.6.5 اختيار المضخة

يجب ان تجهز المضخة كل المرشات بالجريان المائي اللازم وبالضغط المناسب وعليه فان اقصى تصريف للمضخة يساوي تصريف المرش مضروبا باقصى عدد من المرشات التي تشتغل في ان واحد خلال دورة الري وفضلاً عن ذلك يجب ان تزود المضخة الماء بالضغط الكافي او الشحنة الكافية للتغلب على الفواقد في الانابيب والملحقات fittings ثم تصريف الماء بالضغط الصحيح عند المبثق . ان الشحنة الكلية اللازمة هي مجموع الاتي : —

أ] الشحنة التشغيلية للمرش + ارتفاع قصبة المرش .

ب) 75% من ضائعات شحنة الاحتكاك في الانبوب + الفرق في الارتفاعات .

جـ) ضائعات الاحتكاك في الانابيب الرئيسية + اي تغيير في المناسيب .

د) شحنة مص المضخة suction head

هـ) احتياط الضائعات الشحنة في الحنيات والصمامات bends &Valves وغيرها من ملحقات الانبوب وعادة تستخدم النسب والارقام التالية :

10٪ الى 15٪ من مجموع (أ + ب + جـ)

ومن الاطلاع على ودراسة بيانات صانعي المضخات يمكن اختيار المضخة المناسبة .

المصادر

1 US Department of Agriculture Soil Conservation Service 'Planning Farm Irrigation Systems', Chapter 3, Section 15, *National Engineering Handbook* 1959

2 US Department of Agriculture Soil Conservation Service 'Methods for evaluating Irrigation Systems', *Agricultural Handbook*, No. 82, 1956

3 WILLARDSON, L S and BISHOP, A A 'Analysis of surface irrigation application efficiency', *Journal ASCE*, Irrigation and Drainage Division, volume 93, IR2, June 1967

4 CHRISTIANSEN, J E 'Irrigation by sprinkling', *Bulletin* 670, Agricultural Experimental Station, University of California 1942

5 Wright Rain Limited *Planned Irrigation* 1956

6 PAIR, C H, HINZ, W H, REID, C, and FROST, K R (editors and compilers) *Sprinkler Irrigation*, third edition, Sprinkler Irrigation Association, Washington DC 1969

7 MERIAM, J L *Irrigation System Evaluation and Improvement*, Blake Printing, San Luis Obispo 1968

الفصل السابع

بزل الاراضي المروية

تعد عملية البزل اساسية ومهمة لنجاح معظم مشاريع الري. وفي هذا الفصل سنشرح الاسباب الموجبة للبزل ثم وصفاً لطرق البزل السطحي والجوفي (تحت الارض) بالاضافة لخطوات ومراحل تصميم انظمة البزل الحقلي.

7.1 الاسباب الموجبة للبزل

تحتاج جذور النباتات الى الهواء كما تحتاج الى الماء واذا اشتركت ظروف الطقس والطوبوغرافية والتربة وعمليات الري على تغدق المنطقة الجذرية لمدة طويلة فان خسارة بالحاصل او موت المحصول تعد من الامور الواردة جداً، وبوجود الماء الارضي المالح يزداد الامر سوءاً ولذلك تكون الغاية من البزل التخلص من الماء غير المرغوب فيه للحفاظ على بناء التربة وتهويتها ويؤمن الوصول الى الحقل للقيام بعمليات الحراثة والحصاد.

وقد يظهر البزل طبيعياً عندما تكون التربة ذات بناء جيد ومتصلة بطبقات ذات نفاذية عالية الى متوسطة وبصورة عامة يندر وجود ظروف طبيعية بدون عيوب مما يستدعي النظر والتفكير باساليب صناعية للتعجيل بعملية التخلص من الماء الزائد ومشكلاته. اذا ان معرفة اصل الماء الزائد تعد الخطوة الاولى لحل مشكلة البزل.

7.1.1 المياه الزائدة وعمليات الغسل

ليست هنالك اية طريقة للري ينتج عنها نمط ابتلال يطابق تماماً شكل المنطقة الجذرية، وان لم يكن هنالك اي جزء من الحقل لا يتسلم ما يكفيه من الماء فان اجزاءاً تعاني من الفيض المائي حيث يتخلل الماء اماكن بعيدة لا يستطيع النبات الاستفادة

منها لبعدها،وهذا الماء يجب بزله خارج الحقل لتفادي تراكمه وما ينجم عن هذا التراكم من مشكلات ، وتبلغ كمية هذا الماء من 15 % من الماء المعطى بالطرق الصحيحة للري السطحي او الري بالرش الى حوالي 85 % من الماء المسلط بطريقة الغمر. اما طريقة الري بالتنقيط فانها تمثل حالة خاصة حيث يمكن موازنة الكميات المعطاة مع المستهلكة وبذلك تنتفي الحاجة للبزل بصورة كاملة.

والتحريات الاضافية واجبة وبخاصة عندما تحتوي مياه الري على كمية من الاملاح لا يستهان بها. هنالك الكثير من مصادر المياه الحاوية على الاملاح والتي ليست هي بالضرورة سامة ولكنها مضرة للنبات عند استعمالها لفترات طويلة في عمليات الري وذلك لارتفاع تراكيزها داخل التربة (الفصل الخامس). ولا يلحق بالنبات اي اذى عندما تكون تراكيز الاملاح داخل المنطقة الجذرية تحت مستوى مقبول وبانعدام البزل كلياً ونتيجة لاستمرار عمليتي النتح والتبخر يزداد تراكم الاملاح على السطح وبالداخل بصورة مطردة مما يؤدي الى تدني انتاجية المحصول ويمكن منع حدوث هذه العملية بوساطة ماء المطر الساقط او بوساطة ماء الري الفائض عن استهلاك النبات على شرط وجود نظام بزل كفوء لازالة الماء الزائد. ان عملية ازالة الاملاح هذه تسمى بعملية الغسل Leaching واحتياجات الغسل تمثل النسبة بين الماء الفائض المبزول وكمية ماء الري المضافة والتي تحافظ على المحتوى الملحي عند رطوبة معينة داخل التربة تحت المستوى الذي يؤثر بشكل كبير على ذلك المحصول.

ولهذا السبب فانه يجب ازالة الماء الفائض المعطى خلال عملية الري بالمبازل التحتية (المغطاة) وكما ذكرنا فان هذا الماء عائد جزئياً لعدم انتظام الماء المسلط بعض الاحيان او تعمداً لاستيفاء متطلبات الغسل.

واما الماء الزائد نتيجة الري السطحي (شريطي او مروز) او الناتج عن المطر والذي لايدخل التربة فانه يفضل جمعه واعادة استعماله اذا تبين ان ذلك اقتصادي.

7.1.2 ماء المطر

ان ماء المطر الفائض عن احتياجات المحصول يجري على سطح الارض او يرشح للداخل مسبباً تغدق المنطقة الجذرية وبخاصة عندما يكون نظام البزل غير كفوء ، ولهذا فان

البزل السطحي امراً لا مفر منه في المناطق المعرضة للعواصف المطرية الشديدة في المناطق الاستوائية ذات الكثافة المطرية العالية . واما البزل الجوفي بالانابيب او بالحراثة العميقة فانه مطلوب في المناطق الحارة غير المعرضة للامطار الغزيرة .

7.1.3 التسرب من القنوات Canal Seepage

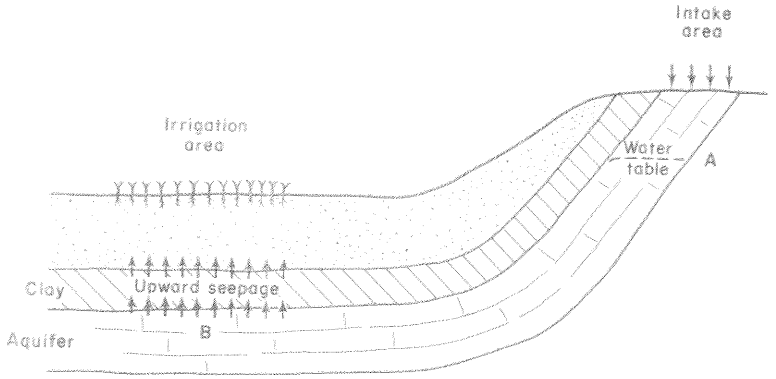
عادة ما تنشأ القنوات من ترب المناطق المجاورة لها واذا كانت نفاذية هذه الترب واطئة جداً والتربة مرصوصة رصاً جيداً فان الحاجة للتبطين تنعدم تقريباً ولكن مشكلة التسرب لا تختفي ، وعندما يكون ماء الري محملاً بالرسوبيات فان التسرب من القعر يقل بصورة ملحوظة نتيجة ترسب هذه المواد الا ان عملية التسرب تبقى مستمرة مما يشكل ثقلاً مضافاً على نظام البزل .

7.1.4 التسرب تحت المنشأت

تعد مشكلة التسرب متأصلة وملازمة لبعض المنشأت كالسدود ومحطات الضخ نتيجة الفارق بين مستوى الماء امام وخلف المنشأ وتشكل المنشأت المذكورة انفا حاجزا للماء مما يتسبب بالتسرب تحت وحول هذه المنشأت . ان ظروف التحميل للجدران الساندة واستقرار المنحدرات الارضية والاسس يمكن تحسينها بتهيئة انظمة البزل المناسبة وبنائها وهذا الموضوع خارج عن اطر هذا الكتاب .

7.1.5 الظروف الارتوازية

تتوافر الظروف الارتوازية تحت الكثير من مناطق الري وعادة ما يكون هنالك اسفل التربة السطحية طبقة من الطين يليها حشرج aquifer وعندما يكون الجزء البارز من هذه الطبقة على مرتفع وتستطيع استقبال ماء الري الفائض والمطر (انظر الشكل 7.1) فان ذلك يؤدي الى ارتفاع الماء للحد A وبذلك يزداد الضغط الارتوازي في الطبقة عند B ويحدث التسرب للاعلى خلال الطين ومن ثم للتربة العلوية من المنطقة المروية .



الشكل 7.1 الظروف الارتوازية

7.1.6 الفيضانات

تقع بعض الاراضي المرواة في مساحات منخفضة معرضة للفيضانات النهرية أو البحرية حيث ان اعمال البزل لهذه الاراضي هي اعمال وقائية بالدرجة الاولى لدرء هذا الخطر على شرط توافر ظروف الصرف السريع عند فشل الاجراءات الوقائية .

7.2 البزل السطحي

ان البزل السطحي مطلوب للأمرين الآتيين :

ا) ازالة ماء المطر الزائد وعندما لايمكن تنفيذ البزل الجوفي لاسباب اقتصادية .

ب) لجمع وازالة ماء الري السطحي الزائد

ومن المعتاد ان تظهر الحالة الاولى (أ) في الاراضي ذات الترب الثقيلة وبخاصة في المناطق الاستوائية حيث ان الامطار الساقطة بكثافة فوق ترب ذات معدلات ارتشاح واطئة تسبب سيولاً سطحية تحتاج الى البزل لازالة الماء الزائد بسرعة ، ومن الضروري تقدير كمية السيول السطحية لغرض تصميم نظام فعال للبزل السطحي يأخذ الماء بعيداً بدون السماح لخطر الحت بالظهور وتصميم مبازل ذات سعة مقبولة .

7.2.1 البزل السطحي في الحقل

ان هذا الموضوع قد اخذ حظه الوافي من البحث على مدار السنوات والعقود الماضية ولكن هنالك الكثير من المشكلات الموقعية التي لاتجد حلولاً شافية الا بالمعالجات المحدودة وذلك لخصوصية كل منطقة .

ان انظمة الري بالغمر تكون عرضة للتغدق تحت تأثير هطول الامطار الثقيلة لذلك يستحسن فتحها الى قنوات البزل خلال موسم المطر ان امكن ذلك واذا تعسر يفضل عندها رفع مستوى تراكم الماء المتوقع . ان نظامي الري بالمروز والشريطي يعرضان تربة الموقع لخطر الحت تحت تأثير سقوط المطر ومحددات طول المجرى وانحداره في حالة البزل تختلف عنها في حالة الري وقد اعطيت بعض القيم ضمن معلومات تصميم المروز في الفصل السادس علماً ان هذه القيم لاتأخذ بنظر الاعتبار شدة سقوط المطر وهو امر ينظر اليه من خلال الخبرة الموقعية ، ولهذا فقد قدمت الجمعية الامريكية للمهندسين الزراعيين بعض التوصيات R302 حول تصميم وانشاء انظمة البزل السطحي في المزارع للمناطق الرطبة تضمنت المحددات العامة المعمول بها حول مستوى الانحدار وطول المجرى . وهذه التصاميم عامة وكما اسلفنا لاتشير لشدة سقوط المطر أو نوعية التربة وهي قائمة على الخبرة في المناطق الشرقية من الولايات المتحدة الامريكية .

7.2.2 قنوات البزل السطحي (المبازل المفتوحة)

ان تقدير كمية الماء الجاري (السيل) الكلي واعظم قيمة لمعدله الناتج عن زخة مطرية أمر مهم جداً لتصميم المبازل المفتوحة ، وهذه التقديرات اما مباشرة بواسطة قراءة المقاييس الموضوعة في مجرى المياه أو بطريقة غير مباشرة بواسطة معرفة كمية الامطار ومعلومات اخرى تتعلق بالطريقة التي يتم بها الحساب .

ان المطر الساقط يتوزع بحيث يرتشح قسم منه داخل التربة والقسم الآخر يتم امتساكه على سطح الارض قبل ان تبدأ عملية الجريان السطحي . ولمدة زمنية معينة ولنوعية خاصة من الغطاء الخضري يمكن تقدير كمية ماء المطر المتبقي على السطح بوصفها عمقاً ثابتاً من الماء ولكن عملية الارتشاح تستمر بمعدل تنازلي مع الزمن وبطريقة تعتمد على نوعية التربة وصرفها الداخلي .

ان كمية ماء المطر التي تصبح سيلاً تعتمد على شدة واستدامة duration السقيط Precipitation وكذلك على المحتوى الرطوبي الابتدائي للتربة .

ويجرى تحليل المعلومات المتعلقة بتكرار وكثافة واستدامة كل زخة بصورة احصائية معتمدة ودقيقة ، ويقصد بالتكرار عدد المرات التي تظهر بها تلك الزخة بعدد معين من السنوات والفاصل الزمني لعملية تكرار الزخة هو معدل عدد السنوات بين كل ظهورين متتاليين والزخة التي تجرى عليها تصميم اعمال البزل هي الاكثر تردداً ولفاصل زمني مقبول لتكرارها .

وعلى سبيل المثال لو تم اختيار فاصل زمني مقداره عشر سنوات فانه يجب توقع اشتغال المبزل بسعته القصوى ولو لمرة واحدة خلال هذه الفترة .

وفي حالة عدم توافر تحليلات عن التردد يمكن رسم منحنى بين التردد وشدة المطر intensity على شرط توافر معلومات مطرية لمدة لاتقل عن عشرين عاماً وفترة استمرار المطر الحرجة يقصد بها زمن التركيز time of concentration لحوض الصرف والتي سنشرحها ادناه :

يتم رسم منحني التكرار لشدة سقوط الفترة المعنية للزخة ثم تفحص الارقام المدونة بدقة فتسجل اعظم القيم السنوية لتلك الفترة وترتب بشكل تنازلي حيث تعطى اعلى قيمة التسلسل الاولي وبعدها يتم حساب النسبة المئوية من عدد السنوات الكلية المسجلة التي يكون المطر لذلك الترتيب مساوياًاو اكثر بالمعادلة الاتية :

$$\text{Percentage (النسبة المئوية)} = \left(\frac{n}{N+1}\right) \times 100$$

حيث ان

n : الرتبة

N : العدد الكلي للسنوات المسجلة

ويمكن قراءة شدة السقوط لامد معاودة التصميم من منحني التردد فعلى سبيل المثال اذا كان الفاصل الزمني للمعاودة هو عشر سنوات فان التردد يكون سنة واحدة في عشر سنوات او10% ومن منحني التردد ناخذ القيمة العائدة لشدة السقوط والتي تتساوى او تزيد مع قيمة التردد المذكور انفاً .ان سعة المبازل المفتوحة تقوم اما على(أ)على تصريف آني

قادم من حوض الصرف او على(ب)معدل الجريان السطحي لعدد معين من الساعات وفي هذه الحالة يكون اعظم سيل قد تجمع مسبباً فيضاناً موقتاً عند انطلاقه.

تصريف الذروة للزخة Peak storm discharge

هنالك طرق عديدة لتقدير تصاريف الذروة من المعلومات المطرية واكثر الطرق شيوعاً لاحواض الصرف الصغيرة المسماة بالطريقة العقلانيةRational Method ويعطي التصريفQ لزخة التصميم بالمعادلة :

$$Q = C\,i\,A$$

حيث ان :

C : معامل السيح لفترة عودة معينة وباستدامة تساوي زمن تركيز الجابية

i : شدة سقوط المطر بفاصل زمني متكرر وبامد متساو لجمع الماء من مساحة الصرف

A : مساحة الجابية

والوحدات المستعملة غالباً ما تكون(قدم^3/ثا) بالنسبة للتصريف.(انج /ساعة) بالنسبة لشدة السقوط و(ايكر) بالنسبة للمساحة ويمكن استخدام معاملات التحويل في الملحق اذا اريد تغيير هذه الوحدات.

وزمن التركيز time of concentration للجابية هو الزمن المحسوب منذ بداية سقوط المطر على كل اجزاء الجابية بعد ان تكون كل نقاط الجابية قد شاركت بالجريان (السيل) عند نقطة القياس. وهو مساو لزمن الجريان من ابعد نقطة للجابية الى نقطة القياس ، واذا كانت مدة الزخة اقل من زمن التركيز فانه لن يكون بامكان جميع اجزاء الجابية المشاركة في الجريان ، وقد وجد ان متوسط شدة السقوط لكل زخة يقل مع استدامتها ولهذا يفترض ان الزخة تعطي اعظم جريان لجابية عندما تكون مدتها مساوية لزمن التركيزT_c ويمكن الحصول على قيمةT_c من صيغة كيريج KIRPIGH

$$T_c = 0{\cdot}0078L^{0{\cdot}77}S^{-0{\cdot}385}$$

حيث ان :

T_c : زمن التركيز بالدقائق

L : اعظم طول للجريان بالقدم

S : معدل الانحدار بالاقدام/ قدم من ابعد نقطة على الجابية الى نقطة القياس

ان معامل C هو دالة لشدة سقوط المطر والطوبوغرافية والاحتفاظ السطحي Surface retention وخصائص الارتشاح والغطاء الخضري ويمكن استخدام الجدولين 7.1 و 7.2 لتخمين قيمة هذا المعامل.

ويتم افتراض الارقام المناسبة لكل من الخصائص الخمسة للجابية ثم تقسم على 100 لغرض الحصول على قيمة C وهذه الجداول مشتقة من الظروف الاسترالية والحذر امر واجب عند استعمالها في مناطق اخرى ويفضل اعتماد معاملات مستنبطة من دراسات جابية محلية اذا كان ذلك ممكناً ثم استعمالها لاغراض تقدير الجريان.

متوسط سيح الزخة:

في بعض المناطق يتطلب الامر انشاء مبازل مفتوحة كبيرة جداً او برابخ ضخمة جداً لتصريف السيح القادم من المناطق المنبسطة وذات الامطار الشديدة واذا افترضنا ان النباتات تستطيع البقاء والعيش لفترة قصيرة تحت ظروف الغمر فانه بالمستطاع تصميم هذه المبازل على اساس متوسط سيح (سيل) الزخة لتلك الفترة، ولنفترض مثالاً ان نباتات المنطقة تستطيع تحمل ظروف الغمر لمدة48 ساعة وان كمية المطر لمدة 48 ساعة لفاصل زمني متكرر مقداره عشرة سنوات هو 150 ملم فانه يفترض من خلال فترة الابتلال ان الارض مشبعة وان السيح السطحي قريب جداً من 100٪ لذلك ستكون كمية الماء المستخلص كسيح سطحي 150 ملم مضروباً بمساحة الجابية وعلى ذلك يصمم نظام المبازل المفتوحة لتصريف هذه الكمية في 48 ساعة ومن الواضح جداً ان المبازل ستعمل بطاقتها القصوى عند ذروة الزخة وان الارض القريبة منها ستغمر.

انظمة المبازل المفتوحة:

تحسب السعة المطلوبة للمبزل المفتوح من مجموع الجريانات القادمة التي تصب فيه بينما يصمم النظام الحقلي لاستيعاب الماء الفائض المبزول من الارض المزروعة حيث يصمم المبزل الرئيسي والمبازل الفرعية على اساس متوسط كمية الماء المبزول الفائض مع الاخذ بنظر الاعتبار جزء الارض المشاركة غير المزروع. يتم تصميم هذه المبازل بوساطة معادلة مانيج MANNING equation او بمعادلة لاسي LACEY equation او اى معادلة اخرى مكافئة اذا كانت هناك كمية محسوسة من الرسوبيات (انظر 8.2).

Catchment characteristics	*Run-off-producing characteristics*			
	Extreme – 100	*High* – 75	*Normal* – 50	*Low* – 25
Rainfall intensity	(30) *3 in.–4 in. per hour*	(25) *2 in.–3 in. per hour*	(15) *1 in.–2 in. per hour*	(5) *1 in. per hour*
Relief	(10) Steep rugged country with average slope above 20%	(5) Hilly with average slopes of 10%–20%	(0) Rolling with average slopes of 5%–10%	(0) Relatively flat land with average slope 0%–5%
Surface retention stream and surface storage	(10) Negligible; few surface depressions; water-courses steep with thin film of overland flow	(5+) Well-defined system of small water-courses	(5) Considerable surface depressions; overland flow is significant; some farm ponds and swamps; some contour banks and furrows	(0) Poorly defined and meandering stream courses; large surface storage; water and soil conservation plan on 90% of the catchment
Infiltration	(25) No effective soil cover; either solid rock or thin mantle of negligible infiltration capacity	(20) Slow water infiltration; eg solodic soils when surface sealed or saturated	(10) Loam soils or well-structured clay soils; eg krasnozems	(5) Deep sands or well-aggregated soil, eg chernozems
Cover	(25) No effective plant cover	(20) Sheet eroded native pasture; less than 10% of area under good native or improved pasture; clean cultivated crops	(10) About 50% of area with improved cover; not more than 50% cultivation; open woodlands	(5) About 90% of area with improved pasture; dry scherophyll type forest

NOTE: (i) Reduce figure by 10% to allow for interception in thick forest.
(ii) Reduce figure by 5 units to allow for increased infiltration in hot climates.
(iii) Use in conjunction with table 7.2 when area is about 1 square mile.
(iv) From TURNER, A K, 'Rainfall Losses in Relation to Runoff', *Jour. Inst. Engrs. Australia*, 32. 1–2 (1960).

الجدول 7.1تقدير معامل السيح Cلاستعماله في الصيغة العقلانية لجابيات بمساحة اقل من ميل مربع واحد

.ect Research Foundat

Catchment characteristics	*Run-off-producing characteristics*			
	Extreme – 100	*High* – 75	*Normal* – 50	*Low* – 25
Rainfall intensity	(15) 1 *in.–2 in. per hour*	(10) ½ *in.–1 in. per hour*	(5) ½ *in. per hour*	(0) *below* ½ *in. per hour*
Relief	(10) Steep rugged country with average slopes above 20%	(5) Hilly, with average slopes of 10%–20%	(0) Rolling, with average slope of 5%–10%	(0) Relatively flat with average slope of 0%–5%
Surface retention, stream and surface storage	(25) Negligible; few surface depressions; watercourses steep with thin film of overland flow	(15) Well-defined system of small watercourses	(10) Considerable surface depressions; overland flow is significant; some farm ponds and swamps; some contour banks and furrows	(5) Poorly defined and meandering stream course; large surface storage; water and soil conservation plan on 90% of catchment
Infiltration	(25) No effective soil cover; either solid rock or thin mantle of negligible infiltration capacity	(20) Slow water infiltration, eg solodic soils when surface sealed or saturated	(15) Loam soils or well-structured clay soils, eg krasnozems	(10) Deep sands or well-aggregated soils, eg chernozems
Cover	(30) No effective plant cover	(20) Sheet eroded native pasture; less than 10% of area under good native or improved pasture; clean cultivated crops	(15) About 50% of area with improved cover; not more than 50% cultivation; open woodlands	(5) About 90% of area with improved pastures; dry scherophyll-type forest

NOTE: (i) Reduce figure by 10% to allow for interception in thick forests.
(ii) Reduce figure by 5 units to allow for increased infiltration in hot climates.
(iii) Use in conjunction with table 7.1 for areas about 1 square mile.
(iv) From TURNER, A R, 'Rainfall Losses in Relation to Runoff', *Jour. Inst. Engrs. Australia*, 32, 1–2 (1960).

الجدول 7.2تقدير معامل السيح C لاستعماله في الصيغة العقلانية لجابيات بمساحة اكبر من ميل مربع واحد

ان قعر المبزل المفتوح الجامع لماء المبازل الحقلية الانبوبية يجب ان يعمل بارتفاع مناسب عن مخارج المبازل الحقلية تحت ظروف اعظم جريان مع وجود سماح للترسبات ونمو الاعشاب وارتفاع بمقدار300 ملم يعد امراً مقبولاً لمعظم الحالات ، ومع ذلك يكون من الافضل تدقيقه بارتفاعات الجريان المحسوبة . اما اختيار ميل جوانب المبزل المفتوح فيكون بالاعتماد على نوع تربة الموقع وعمق المبزل والجدول 7.3 دليل جيد في هذا المجال .

الجدول 7.3 دليل عام عن الحد الاعلى لميل جوانب القنوات

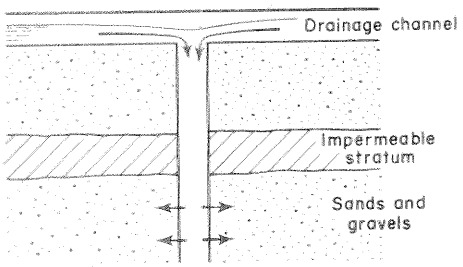
Sand, soft clay	3 : 1 (Horizontal : vertical)
Sandy clay, silt loam	2 : 1
Fine clay, clay loam	1½ : 1
Pitching on clay loam	½–1 : 1
Rock	Slope depends on bedding and fissuring. Can be up to 90°

واذا كان خطر سقوط الماشية في المبزل امرا واردا فمن الافضل تسييجها او عمل احد الجانبين ضحلا بالكفاية لتمكين الحيوانات من تسلقه بسهولة .

7.2.3 التخلص من ماء البزل

ان التخلص من ماء البزل الجوفي وخاصة في المناطق الجافة امر مهم جداً وذلك لاحتمال احتوائه على نسبة عالية من الاملاح ، وقد يؤدي صب كميات كبيرة من هذا الماء في الانهر الى رفع نسبة الملوحة وتقليل فرص استخدامها لاعمال الري . وفي بعض المناطق الاروائية هناك طبقة ترسبات بركانية ذات نفاذية عالية مع وجود منطقة مناسبة للتصريف حيث تستعمل للتخلص من ماء البزل كونها وسطاً رخيصاً ومناسباً لذلك . وهنالك طريقة اخرى للتخلص من ماء البزل في حالة العثور على قعر نهر مطمور قديم على شكل طبقة رقيقة من الحصى او الرمل الخشن ذى النفاذية العالية المحاطة بطبقة عازلة من الطين (مانعة للتسرب) من الاعلى ، وفي حالة امكانية التوغل داخل هذه الطبقات فان قعر النهر يمثل مبزلاً طبيعياً لانظير له وبالاعتماد على اتساع وعمق هذا المكمن المائي (الحشرج) فانه يمكن الوصول لهذه الطبقة النفاذة بواسطة ابار صغيرة كل يعمل على بزل المنطقة المجاورة له (الشكل 7.2) .

ان التخلص من ماء البزل الجوفي بعيداً عن مصادر مياه الري امر لاخيار فيه في حين يكون الامر على العكس في حالة البزل السطحي حيث يمكن اعادة استعمال ماء المطر الزائد وماء الري الفائض للحقل مرة اخرى لغرض الاستعمال وهذا الامر شائع جداً عندما يمكن تبرير ذلك اقتصادياً



الشكل7.2 ابار الطرح السفلي Down well

7.2.4 الملوحة ومنشأت البزل

هناك حاجة لمنشأت عديدة في انظمة البزل المختلفة وهذه المنشأت هي البرابخ تحت الطرق والقنوات ومساقط المياه لتقليل شحنة الماء الجاري وتقليل انحدار قعر المبازل حيث كان ضرورياً والتبطين الوقائي للمنحنيات ونقاط الالتقاء.

ان ماء البزل وخصوصاً في المناطق الجافة شديدة الملوحة لذلك يجب حماية منشأت البزل من خطر التآكل corrosion ولان الكونكريت هو من اكثر المواد استعمالاً فهو معرض بصورة مباشرة للتآكل من قبل الكبريت الموجود في ماء. ولهذا يجب قياس تركيز ايون الكبريت الموجود في ماء البزل ومن ثم تتخذ الاجراءات الوقائية لحماية الكونكريت (انظر الجدول 7.4).

ويكون انجح الحلول باستخدام نوعية جيدة من الكونكريت الكثيف وسمنت خاص مقاوم للاملاح وخصوصاً الكبريت ويمكن زيادة الحماية باستعمال العوازل القيرية bituminous coating والتي تشكل رابطة قوية مع سطح الكونكريت اما الفولاذ

المستعمل في البرابخ الانبوبية فيمكن حمايته باستعمال الانواع المغلونة (المقاومة للصدأ) او بالطلاء المستمر باصباغ خاصة تمنع الصدأ ، واذا كانت اسعار هذه الانابيب منخفضة جدا مقارنة بما يقابلها من الكونكريت فانه يكون من المعقول استعمالها لفترات قصيرة ومن ثم استبدالها ، ولما كانت منشأت البزل تحتاج الى التغيير المستمر فانه من الواجب عدم الاسراف في بنائها والعمل على تنفيذها باقل كلفة .

7.3 عمليات البزل الجوفي

يستخدم البزل الجوفي للاغراض التالية :

أ) السيطرة على مستويات الماء الارضي والتي قد ترتفع الى او قريباً من مستوى سطح الارض لفترات طويلة .

ب) تحسين البزل الخارجي للتربة ذات النفاذية الواطئة وبذلك يكون قد تم السماح للحركة الطليقة للماء والهواء .

يتم جمع الماء الجوفي اما بواسطة خنادق ضيقة عميقة او انابيب مدفونة تسمح للماء باختراقها او ابار جامعة ، وهذه كلها تصب ماءها في مبازل مفتوحة كبيرة او انابيب واسعة .

وعملياً يمكن استغلال الظروف الجيولوجية الموجودة للتخفيف من شدة ارتفاع الماء الارضي او للتخلص من تاثير ماء البزل الجاري بتكاليف اقل بكثير مما لو تم جمع الماء بنظام معقد كامل . واذا كانت مشكلة ارتفاع مستوى الماء الارضي ناتجة عن التسرب من مصدر خارجي معلوم فانه يمكن ايقاف هذا الجريان بمبازل اعتراضية وبتكاليف اقل بكثير من البدائل الاخرى التي تستعمل للسيطرة على هذا الارتفاع غير المرغوب فيه .

This table applies to concrete placed in near-neutral groundwaters of pH 6–9, containing naturally occurring sulphates but not contaminants such as ammonium salts. Concrete prepared from ordinary Portland cement would not be recommended in acidic conditions (pH < 6). Sulphate-resisting Portland cement is slightly more acid-resistant but no experience of large-scale use in these conditions is currently available. High alumina cement can be used down to pH 4 and supersulphated cement has given an acceptable life provided that the concrete is dense and prepared with a free water/cement ratio of 0·40 or less, in mineral acids down to pH 3·5.

Class	Concentration of sulphates expressed as SO_3			Types of cement and limiting mix proportions for dense, fully compacted concrete and special protective measures when necessary (see Note 2). The cement contents shown apply to 20 mm maximum size aggregate which should comply with BS 882 or [8]1047
	In soil		In groundwater	
	Total SO_3	SO_3 in 1:1 water extract		
1	Less than 0·2%		Less than 30 parts/100,000	Ordinary Portland cement or Portland blastfurnace cement. For structural reinforced concrete work: minimum cement content 280 kg/m³; maximum free water/cement ratio 0·55 by weight. For plain concrete, these recommendations may be relaxed
2	0·2%–0·5%		30–120 parts/100,000	(See Note 1) (a) Ordinary Portland cement or Portland blastfurnace cement. Minimum cement content 330 kg/m³; maximum free water/cement ratio 0·50 by weight (b) Sulphate-resisting Portland cement. Minimum cement content 280 kg/m³; maximum free water/cement ratio 0·55 by weight (c) Supersulphated cement. Minimum cement content 310 kg/m³; maximum free water/cement ratio 0·50 by weight
3	0·5%–1·0%	2·5–5·0 g/litre	120–250 parts/100,000	Sulphate-resisting Portland cement, supersulphated cement or high alumina cement. Minimum cement content 330 kg/m³; maximum free water/cement ratio 0·50 by weight
4	1·0%–2·0%	5·0–10·0 g/litre	250–500 parts/100,000	(a) Sulphate-resisting Portland cement or supersulphated cement. Minimum cement content 370 kg/m³; maximum free water/cement ratio 0·45 by weight (b) High alumina cement. Minimum cement content 340 kg/m³; maximum free water/cement ratio 0·45 by weight
5	Over 2%	Over 10 g/litre	Over 500 parts/100,000	Either cements described in 4(a) plus adequate protective coatings of inert material such as asphalt or bituminous emulsions reinforced with fibreglass membranes or high alumina cement with a minimum cement content of 370 kg/m³; maximum free water/cement ratio 0·40 by weight.

Notes

1 The cement contents given in Class 2 are the minima recommended by the manufacturers. For SO_3 contents near the upper limit of Class 2, cement contents above these minima are advised.

2 For severe conditions, eg thin sections, sections under hydrostatic pressure on one side only and sections partly immersed, consideration should be given to a further reduction of water/cement ratio and, if necessary, an increase in cement content to ensure the degree of workability needed for full compaction and thus minimum permeability.

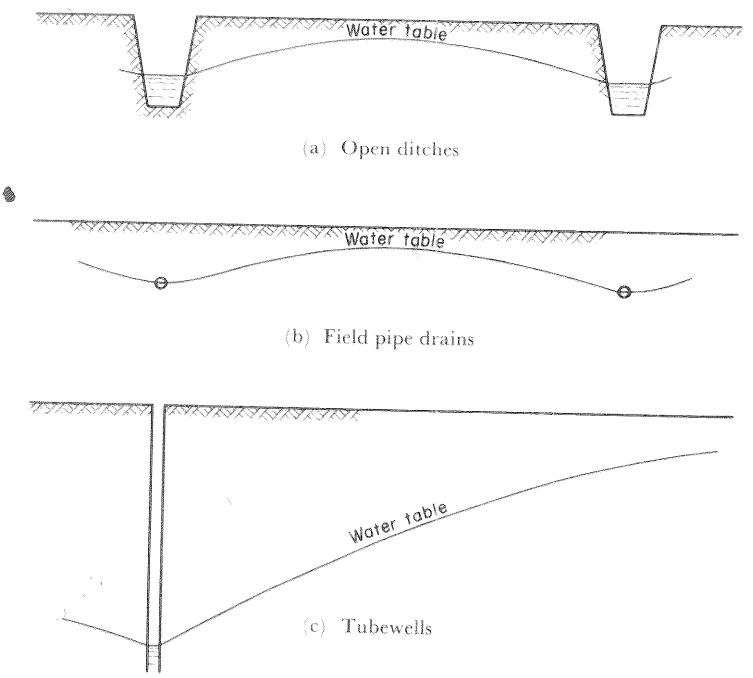
Reproduced from Building Research Station Digest 90 by permission of the Controller of Her Majesty's Stationery Office.

الجدول 7.4 تصنيف الترب الكبريتية المؤثرة على الكونكريت

7.3.1 السيطرة على منسوب الماء الجوفي Water Table Control

المبازل المغطاة (الانبوبية) والخنادق العميقة

يمكن التخلص من الماء الارضي بمجموعة من الخنادق تفصلها مسافات منتظمة او بنظام خاص من الانابيب التي تسمح للماء بالمرور بداخلها تسمى بالمبازل المغطاة او الانبوبية pipe drains .



الشكل 7.3 بزل الماء الجوفي

يجري الماء داخل التربة الى المبزل تحت تاثير انحدار مستوى الماء الجوفي بين نقطتين مختلفتين، وكلما زادت نفاذية التربة قل الانحدار لمعدل ثابت من الجريان وفي الاراضي المستوية يصل مستوى الماء لاقصى ارتفاع عند النقطة التي تتوسط المسافة بين مبزلين. ان عمق المبازل والمسافة الفاصلة spacing بينها تعتمد على نفاذية التربة ومعدل التجهيز من المصدر، واقل معدل مقبول لهبوط الماء بعد اى زيادة مفاجئة بكمية الماء الداخل للمنطقة. ولعدم الاعتماد على الماء المرتفع من سطح الماء الجوفي بالخاصية الشعرية في السقي بالمناطق

المرورية بشكل جيد فان وجود سطح ماء جوفي عميق امر مرغوب فيه.

ان عمق المبازل والمسافات الفاصلة بينها تتبدل تبعاً لدرجة الوقاية المطلوبة وبصورة عامة تكبر المسافة بين كل مبزلين بازدياد عمق المبزل. ويتحدد عمق المبزل بالكلفة وكفاءة مكائن البزل وطريقة التخلص من الماء المبزول(لمزيد من المعلومات انظر جزء 7.4).

وبالنسبة لمعظم الترب وبخاصة غير النفاذة منها يتم تقسيم الحقل الى وحدات صغيرة بواسطة مبازل مفتوحة لجعل نظام البزل اكثر كفاءة.

الابار الانبوبية Tubewlls

عندما تكون التربة ذات نفاذية عالية وتليها طبقة من الرمل او الحصى على اعماق ضحلة فانه يمكن السيطرة على سطح الماء الجوفي بعمل ابار انبوبية بنسق رباعي(واحد لكل 4 كم^2)، وهذه الابار دائمية ومجهزة بمرشحات حصوية تحيط بانابيب مثقبة من الفولاذ المغلون ووحدة ضخ مستقلة مجهزة بحماية جيدة لوقاية المضخة وراس البئر وبهذه الطريقة يمكن تجنب تكاليف عمل الخنادق الحقلية ومشاكل تقسيم الحقل ويستعاض عن ذلك بأنابيب على مسافات متباعدة لجمع مياه البزل والتخلص منها وقد اعطي LUTHIN(المصدر 4) طريقة لتصميم ذلك.

7.3.2 الترب ذات النفاذية الواطئة

في الاجواء الحارة والرطبة حيث تكون عملية البزل ضرورية جداً اوخلال الخريف والشتاء حيث تكثر الامطار والتربة ثقيلة(ذات نفاذية واطئة) فان من المفيد جداً عمل المسارب moles وهي انفاق دائرية صغيرة يتم عملها بالات خاصة على اعماق ضحلة فضلاً عن اجراء الحراثة العميقة بين فترات تحددها طبيعة التربة. وهذه المسارب قد تدوم لخمس سنوات او اكثر وهي مدة طويلة كافية لتكون اقتصادية، وهذه المسارب تكون اقتصادية اكثر اذا تم استعمال نظام الري بالرش في الربيع والصيف لانعدام تاثيره على هذا النظام عكس الري السطحي والذي يسبب انهياره.

بزل المسارب Mole Drainage

غالبا مايكون سطح الماء الجوفي في الترب الطينية غير منتظم لوجود الماء داخل التشققات ، ولهذا فقد يكون أي ماء جوفي مكتشف هو ماء موقعي خاص بتلك المنطقة الضيقة ، ويمكن تحسين البزل الداخلي للترب الطينية (نسبة الطين اكثر من 20%) بعمل مسارب منتظمة غير مبطنة وفي الوقت نفسه يتم تفكيك التربة العلوية ، والعملية ككل تسمى ببزل المسارب . اما عملية التفكيك فتجرى بمحراث خاص كالمبين في الشكل 7.4 . تعمل الرأس المدبب (على شكل طوربيد) على فتح النفق الصغير ثم يتبعه السداد plug حيث يقوم بتوسيع النفق وتعديل حافته ويتم حمل «الحفار» بواسطة شفرة حديدية بسمك 12 ملم الى 25 ملم حيث يتم ربطها بهيكل خاص frame لتكون المحراث الكلي والذي يربط للجرار ويمكن رفعه وخفضه حسب الطلب ويتم نقله من مكان لاخر حسب الحاجة .

ان النهاية الخلفية للرافدة الطويلة للمحراث تتحرك عمودياً بصورة حرة في حين يتقدم الرأس المدبب خلال التربة بخط مستقيم والذي تعتمد حركته داخل التربة على شكله وشكل الشفرة والرافدة الحاملة وقوى التربة المختلفة التي تؤثر على الجزء المدفون من المحراث . وبهذا تستجيب الآلة ببطىء للحركة العمودية لنقاط التعليق بالجرار وتعمل قناة مغلقة دائرية ذات انحدار اكثر انتظاماً من انحدار سطح الارض .

ان محاريث المسارب المصممة بصورة جيدة تؤدي عملها بوساطة القوى الرافعة العمودية وليس بضغط التربة حيث ينتفخ سطح الارض من خلال مرور المحراث فيه مع تكوين التشققات فوق الرأس المدبب ولمسافة من 300 ملم الى 600 ملم على كل جانب،ان المسارب لاتعمل الا عندما تكون التربة رطبة بالكفاية لتأخذ الشكل المقرر لها بدون تصدعها ، وهذه الرطوبة يجب ان لاتتعدى الحد الذي يقل عنده انتفاخ التربة . والمسارب يطول عمرها اذا تعرضت للجفاف قبل تعرضها للغمر. يتأثر عمق المسارب بمستويات وعدد الطبقات ويتراوح مداها من 400 ملم الى 600 ملم من سطح الارض ، وبصورة عامة تكون المسارب العميقة اطول عمراً من الضحلة واكثر كفاءة واما المسافات فتعتمد على التوصيات المحلية والناتجة عن الخبرة الموقعية فمثلاً في نيوزيلندا حيث يستخدم بزل المسارب بصورة واسعة تتراوح المسافات الفاصلة من 1.8 الى 5.0 م مع تفضيل للحد

الادنى ، اما ميل المسارب فيتراوح من 1:30 الى 1:40 ومع ذلك فقد تم استعمال ميل قليل يصل لحد 1:200 وميل كبير يصل لحد 1:10 وفي حالة استعمال الميل القليل فانه من الضروري تعديل الارض قبل عمل المسارب والا ظهر احتمال مايسمى بالميل المعاكس وتعطيل عملية البزل بالكامل ويتجمع الماء في المبازل مما يؤدي لانهيارها .

وعلى كل حال فالانحدار يجب ان يكون منتظماً أو بازدياد نحو النهاية السفلى وتتضارب الاراء والافكار حول اتجاه سحب المحراث وهنالك دلائل ضئيلة لاعتبار المسألة ذات اهمية .

اما تصريف مياه المسارب فيتم عادة بوساطة مبازل مجمعة مغطاة متوازية وبمسافات فاصلة من 40 م الى 60 م وعمودية تقريباً على اتجاه المسارب وحوالي 300 ملم اوطأ منها وتتصل بها عبر مرشح من الحصى الناعم.

وتتراوح اعمار المسارب الجيدة من خمس الى خمس عشرة سنة ولكنها تقل بصورة ملحوظة تحت تأثير المكائن الثقيلة .

7.3.3 الماء الجوفي الخارجي

اذا امكن تعقب مصدر الماء الجوفي الجانبي المتسرب الى منطقة البزل فانه من الاسهل والارخص اعتراض الجريان بدل التعامل معه كمشكلة ماء ارضي مرتفع. يمكن التنبؤ بمسار الماء السطحي بسهولة من معرفة طوبوغرافية المنطقة ولكن معرفة مسار الماء الجوفي امر صعب جدا ويمكن الاستدلال عليه من طبيعة المستنقعات المنتشرة وكثافة الاعشاب والاحراش وانتشار المناطق الملحية ، وفي حالة توقع وجود ماء جوفي في منطقة ما فانه يتم تدقيق الخرائط الطوبوغرافية للمصادر التي من المتوقع تسرب الماء منها وتدقيق خرائط التربة لتعيين النفاذة من غيرها ومراجعة الصور الجوية التي فيها اشارات عن الاعشاب والاحراش والملوحة فضلاً عن التحريات الحقلية . وبهذه الطريقة يمكن رسم صورة نوعية عن الماء الجوفي أو المصدر وبعد ذلك يتم فحص منطقة الجريان المتوقعة بوساطة الثقوب البريمية auger holes واستناداً الى هذه العمليات يمكن تحديد موضع الخنادق المعترضة أو وضع المبازل المغطاة عند انسب المواقع واكثرها اقتصادية لمنع الجريان من المصدر الى المنطقة المعنية .

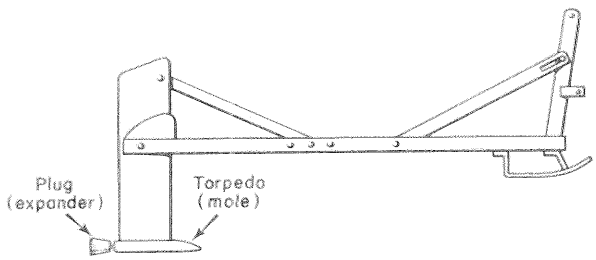
ان القنوات الكبيرة غير المبطنة تعد من المصادر الهامة للماء المتسرب ، وحفر خندق معترض قريب من القناة لجمع الماء المتسرب عملية مكلفة ولهذا فان التبطين هو الحل الامثل وبخاصة عند تعاظم كميات الماء المتسرب وقد تم استعمال ابار التنفيس الارتوازية artesian relief-wells في بعض مناطق العالم عندما يكون ثمة ضغط ارتوازي للتخلص من الماء الجوفي المتسرب للاعلى بواسطة هذه الابار، واذا كانت كمية الماء المستخلص بهذه الطريقة لاتعمل على خفض شحنة الماء في المكمن الارضي فأنه يفضل استعمال المضخات للتعجيل بعملية ازالة الماء المتسرب.

والماء الارتوازي عادة مايكون من مناطق بعيدة وليس من المنطقة المعنية بالبزل وتبعاً لدرجة ملوحته فأنه بالامكان استعماله مباشرة لاغراض الري اذا كان قليل الملوحة أو خلطه بماء اقل ملوحة أو التخلص منه.

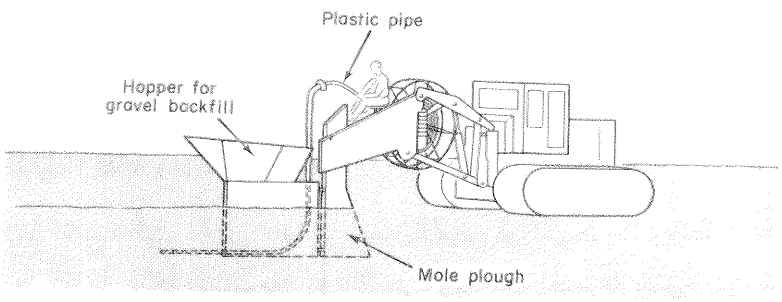
7.3.4 المبازل الحقلية (الانبوبية)

تصنع انابيب البزل الحقلي عادة من الطين المفخور أو الكونكريت وباقطار ابتداءاً من 75 ملم ولاكثر من ذلك وبطول مقداره 300 ملم. والانابيب المصنوعة بصورة رديئة تتعرض للتلف تحت الظروف الحقلية بسرعة ولذلك يجب اتباع المواصفات العالمية في التصنيع (كالفحوصات القياسية البريطانية BS1196 و ASTM c4-62 للانابيب الفخارية) أو (ASTM c412-60 و BS1194 بالنسبة للانابيب الكونكريتية).

وفي العقدين الاخيرين تم صناعة انابيب بلاستيكية مثقبة وحلزونية لاغراض البزل حيث يتم وضعها في خنادق عميقة ثم تردم بصورة مشابهة للمبازل الانبوبية (الطينية والكونكريتية)، أو يتم وضعها باستخدام محراث مسارب خاص مركب على ماكنة كبيرة تقوم بدفن الانبوب بسرعة وسهولة وبتكاليف قليلة، وهذه الانابيب يجب ان تكون قوية بالكفاية لمقاومة ضغط الطبقات العليا والمكائن الحقلية ويجب ان تكون قابلة للثني flexible بالكفاية حتى يسهل تمريرها ووضعها بوساطة المحراث المذكور انفاً داخل الارض. اما حجم الثقوب فيجب ان يكون ذا سعة حتى لاتنغلق بسرعة ولاتعيق حركة الماء الداخل للانبوب ولاتسمح للرسوبيات (طين أو غرين) بالدخول وهنالك مواصفات عديدة يمكن استعمالها لتقدير مثل هذه الامور وتختلف باختلاف المناطق التي تستعمل فيها.



الشكل 7.4 محراث المسارب (رافدة طويلة)



الشكل 7.5 الماكنة المستخدمة في وضع المبازل الانبوبية

وبما ان الانابيب البلاستيكية قابلة للثني وبطول مستمر غير متقطع فانها اقل عرضة للانهيار من باقي انواع المبازل المغطاة ولاتفقد استقامتها في التربة غير المستقرة وهناك انواع من هذه الانابيب تكون صقيلة وهي تحتاج الى خنادق عكس المحلزنة corrugated التي لاتحتاج الى خنادق trenches . وقد وجد في بعض المناطق ان ثقوب هذه الانابيب تتعرض للانسداد نتيجة نمو بكتيري اذا كان ماء المنطقة يحتوي على اثار من ايونات الحديد .

دخول الماء للمبازل الانبوبية

يدخل معظم الماء للمبازل الانبوبية من خلال الفجوات gaps بين قطعها المختلفة وليس من خلال جدرانها المسامية كما يعتقد الكثيرون (97.5% في الحالات النموذجية) . وقد قام باحثون عديدون باجراء دراسات عن تأثير سعة الفجوات الفاصلة على دخول الماء للمبزل وتم الاتفاق على ان فجوات بعرض 1 ملم الى 3 ملم تعد الاكثر قبولاً بالنسبة للمبازل

الموضوعة في الترب الطينية أو المزيجية . اما في حالة الترب الرملية فان سعة الفجوات يجب ان تكون 1 ملم ان امكن ذلك وبالنسبة للترب العضوية يجب ان تكون 3 ملم لتقليل احتمال انسدادها

اما الانابيب البلاستيكية فهي كما ذكرنا مشقبة slotted وتهبط مقاومتها لدخول الماء مع الطول الكلي للشقب لوحدة طول من الانبوب وقد بينت التجارب في هولندا ان شقوباً بعرض 0.6 ملم تكون مناسبة للاستعمال في معظم الحالات .

ان الركام المحيط بالمبازل الانبوبية يجب ان يكون تصرفه مثالياً أي يعمل وسطاً مرشحاً filter ذو نفاذية عالية تزيد من القطر الفعال للانبوب effective pipe diameter وتعمل على زيادة حركة الماء باتجاه فتحات الانبوب ، وقد تم استعمال الكثير من المواد كالحصى الناعم وبقايا الخشب والفحم المحترق والليف الزجاجي والقش المضغوط والتراب المخلوط ببقايا الاعشاب والجذور كمرشحات نموذجية ولكن التجربة اثبتت ان انجح هذه المواد هو الردم بالحصى وبسمك يتراوح من 70 الى 150 ملم والالياف الزجاجية والاسلوب القديم القاضي بارجاع بقايا التربة والنباتات والجذور مباشرة .

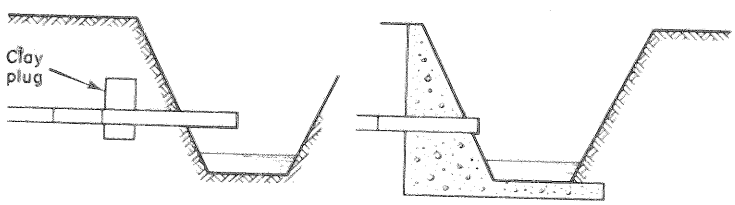
والحصى بتدرج 25 ملم وأقل مع نسبة قليلة من المواد الناعمة يعد مثالياً لتقليل مقاومة الجريان اكثر منه لمنع حبيبات التربة الناعمة من دخول المبزل . واذا استقر الرأي على استعمال الحصى مرشحاً فان المواد الناعمة التي فيه تعوق بشكل كبير فعاليته وسطاً عالي النفاذية .

وكان يعتقد في السابق ان استعمال التربة العلوية المفككة ركاماً مرشحاً فوق المبازل الانبوبية يغني عن استعمال الحصى ولكن نتائج الفحوصات العديدة التي اجريت في هولندا اثبتت خطأ هذا الاعتقاد وكلفة الحصى المستعملة مرشحاً يبررها طول عمر نظام البزل وقلة صيانته .

مخارج انابيب المبازل الحقلية المغطاة

تنتهي خطوط المبازل الحقلية المغطاة عند خنادق التصريف وتكون معرضة للتآكل عند مناطق الالتقاء ، وابسط انواع المخارج عبارة عن انبوب من السمنت الاسبستي أو حديد الاهين بطول مقداره 1.5 م أوأكبرعند نهاية الخط ويعزل عن الخندق بوساطة

سداد طيني clay plug بحيث تبقى نهايته معلقة فوق سطح ماء الخندق كما في الشكل 7.6 حتى لايسيح الماء على ضفة الخندق ويعمل على تآكلها. وهناك ترتيبات لهذه المخارج ولكنها اكثر كلفة، الشكل 7.6 ايضاً وبالنسبة للانابيب البلاستيكية يمكن اجراء نفس الشيء معها ولكنها معرضة للتلف في اثناء تنظيف الخنادق (المبازل المفتوحة) خصوصاً عند استعمال طريقة الحرق أو المواد الكيمياوية، ومن الافضل ان ينتهي الخط بانبوب مقداره 1.25 م من السمنت الاسبستي. ويفضل استعمال غطاء مشبك لتغطية المخارج لمنع دخول القوارض داخل الانابيب والمبازل الحقلية المغطاة.



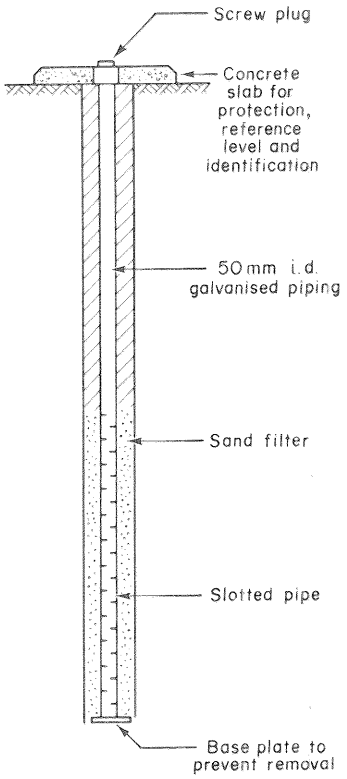
الشكل 7.6 مخارج المبازل

7.3.5 تحريات سطح الماء الجوفي

يمكن الحصول على معلومات مفيدة من ابار الاختبار والتي يتم حفرها داخل الارض بآلة حفر خاصة لهذا الغرض، وابسط طريقة تكون باستعمال بريمة يدوية لعمل ثقب داخل الارض ثم تقيم الطبقات المشمولة بالحفر باختبار اللمس feel-testing وتسجل المعلومات والملاحظات عن كل طبقة.والثقب المحفور اما ان يستمر تحت مستوى الماء الجوفي أو الى عمق قياسي قد يصل الى حد 5 م.

يحدد موقع مستوى سطح الماء الجوفي الثابت مع ملاحظة استقرار ارتفاع الماء داخل الحفرة مع الزمن، بعد ذلك يتم اخذ نماذج عديدة من كل طبقة للمختبر لتحديد قوام التربة وملوحتها وباقي الخواص.

ان وجود ابار مراقبة دائمية لملاحظة ومراقبة التغيرات في سطح الماء الجوفي شيء مهم وضروري حيث يستعمل تركيب كالمبين في الشكل 7.7.



الشكل 7.7 ابار ملاحظة المياه الجوفية .

وعادة ما ينصح بوقاية راس البئر المحفور لحمايته من انهيار الترب العلوية نتيجة مرور الماشية او المكائن الحقلية . يجب ان تحفر هذه الابار بمناطق منتخبة بعناية استنادا الى معلومات سابقة عن سطح الماء الجوفي تؤخذ شهرياً او بمعدلات زمنية اقل اعتماداً على معدل تذبذب مناسيب الماء ويتم رسمها على خرائط كفاف ، ويتم اخذ القراءات اما بمسبار كهربائي او بواسطة جرس بسيط يتدلى من خيط فيحدث صوتاً خاصاً عند ارتطامه بسطح الماء .

ان تبدلات سطح الماء الجوفي تؤخذ مؤشراً مهما ودقيقاً لملاءمة نظام البزل نسبة الى نوع عمليات الري المستخدمة وكمية المطر الساقط ، ويمكن استعمال خرائط الكفاف المرسومة زائداً خرائط انواع التربة ومقدار نفاذيتها لرسم صورة واضحة عن نوعية وحركة المياه الجوفية فضلاً عن تقدير كمية الماء الجاري ولو بصورة تقريبية .

7.4 تصميم انظمة البزل الجوفي الحقلية

ان اصعب مسالة تصميم يمكن ان تواجه المهندس هي كيفية ايجاد المسافات الفاصلة بين المبازل المغطاة وعمقها عن سطح الارض وربط ذلك بظروف التربة والمتغيرات الهيدروليكية للمنطقة ، وتتغير خصائص التربة في الحقل بصورة عمودية وافقية والتغيرات الكبيرة على مسافات قصيرة امر وارد جداً .

والظروف العامة المتمثلة بمعدلات ماء المطر والري المتغيرة والتربة غير المتجانسة وغير المتماثلة تعد لغرض وضعها في قالب رياضي مناسب . وتبعاً لذلك فان اي صيغة لايجاد المسافات الفاصلة بين المبازل يجب ان لاتطبق الا في المناطق التي تحمل صفات قريبة من الحالة المبسطة التي اشتقت عنها الصيغة وذلك لتعقد الظروف الحقلية ، وان مسالة تجميع صفات اي منطقة لملاءمة الحالة النظرية المبسطة ليس بالامر الهين ، وعلى اية حال فان الارقام المحسوبة والمتعلقة بعمق المبازل والمسافات الفاصلة بينها يجب اخذها دليلاً خاضعاً للتدقيق بتجارب حقلية على نطاق ضيق تعمم بعد النجاح .

وتعد النفاذية واحدة من اهم المشكلات العملية التي يصعب قياسها في الحقل وهي عامل مهم للغاية في اي معادلة بزل ، حيث ان الفحوصات القياسية من السهل ايجادها

ولكن النتائج تتغير بصورة واسعة في منطقة صغيرة محددة مع كون تربتها من نوعية واحدة وهذا يؤدي للحصول على مجموعات عديدة من علاقات العمق والمسافات الفاصلة مما يعني ان مصداقية اي نظرية بزل تبقى موضع تساؤل حتى تنجح في الحقل .

اما اقل قطر للمبزل الانبوبي عند اي نقطة من النظام فيقرره مقدار الماء الجاري المتوقع عند تلك النقطة مع ترك سماح كبير للرسوبيات ولهذا فان الاعتبارات العملية تقضي باستخدام انابيب ذات اقطار اكبر من الحد الادنى .

7.4.1 الظروف الحقلية وفرضيات التبسيط

من الامور العملية في حل مشكلة البزل فرض التربة على شكل طبقات متجانسة بنفاذية مختلفة وهو تقريب مناسب للظروف الحقلية ، والفرضية الاوسع تعد التربة متجانسة homogeneous ومتشابهة الخصائص isotropic تجعل المشكلة اكثر بساطة

للتحليل ، وهذا امر نادراً جداً من الناحية العملية ولكنه ضروري للتقريب . ويمكن تعريف سطح الماء الجوفي بانه المستوى الذي يرتفع اليه الماء داخل الارض من خلال بئر مفتوح او انبوب مضغاط السوائل piezometer tube ويرتفع الماء داخل التربة اكثر من هذا المستوى بالخاصية الشعرية ويسمى الارتفاع الاخير بالحافة الشعرية capillary fringe وقد وجد عملياً ان المحتوى الرطوبي للتربة فوق مستوى سطح الماء الجوفي يتناقص باستمرار على غرار منحني مستمر وبدون اي تغيير مفاجئ او حاد ونقطة ما على هذا المنحني يجب ان تعرف على انها حداً ونهاية الحافة الشعرية ، وهنا تبرز مسألة حل هذه المشكلة ومدى تاثيرها على نظام البزل حيث ان جريان الماء الشعري يهمل .

وفي الحقل يتخلل ماء الري وماء المطر عميقاً داخل التربة مما يؤدي الى رفع سطح الماء الجوفي ، وعليه يؤدي الجريان نحو وخلال المبازل الحقلية الانبوبية الى خفض سطح الماء الجوفي ولحين فترة التجهيز القادمة . ومن الامور الاخرى التي تساعد على تبسيط المشكلة فرض الجريان المائي المتجه للمبازل ثابتاً ومنتظماً ومتوازناً وهي امور غير واردة بتاتاً ، وفي المناطق المرواة ضمن المناخات الجافة وعندما يجهز ماء الري على فترات منتظمة لاسبوع او اسبوعين وتتباعد فترة ارتفاع مستوى الماء الجوفي لاكثر نتيجة التاخر الحاصل عن تخلل الماء داخل التربة فان هذه الفرضيات تبدو مقبولة ، وفي المناطق التي لايمكن تطبيق فرضية الحالة الثابتة steady state فيها يفضل ربط جريان البزل بمقدار الهبوط بمستوى الماء الجوفي لان حجم الماء المبزول نتيجة هبوط جزئي بمستوى الماء الجوفي يساوي حجم حيز المسام التي فرغت من الماء وهذا يسمى ببزل المسام drainable porosity وليس لها علاقة بالمسامية porosity المعروفة في علوم التربة .

7.4.2 حل هوكَوت لمشكلة البزل في حالة الجريان الثابت

ان احدى النظريات شيوعاً لمشكلة البزل في حالة الجريان الثابت هي التي قدمها هوكوت Hooghoudt وجماعته في هولندا وهي قائمة على الفرضيات الاتية : —

أ) جميع خطوط الجريان افقية اذا كانت المسافة الفاصلة بين المبازل L اكبر بكثير من h_m (الشكل 7.8) .

ب) تتناسب السرعة في خطوط الجريان streamlines طردياً مع انحدار سطح الماء الطليق.

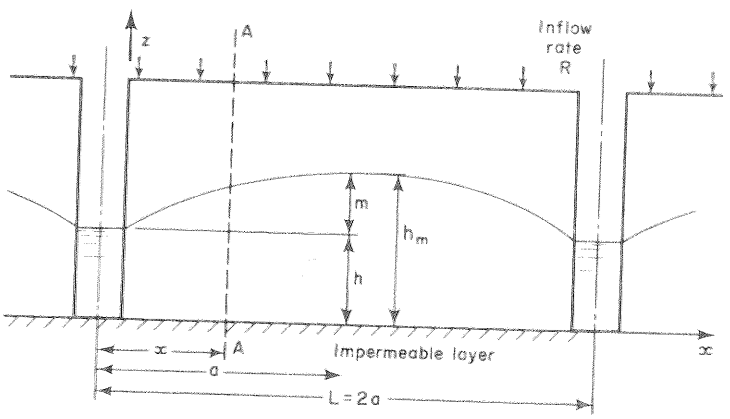
جـ) مستوى الماء في الخنادق ثابت لا يتغير.

د) تسري ظروف الجريان الثابت دائماً وان شدة المطر الفعال او ماء الري الفائض والتي مقدارها R تساوي معدل كمية الماء المبزول.

هـ) وجود طبقة صماء افقية تحت النظام كلاً.

و) التربة متجانسة ومتشابهة الخصائص.

ويمكن في البداية اعتبار المبازل ضيقة وذات جوانب عمودية ومفتوحة من الاعلى بعد ذلك يتم تحوير المعادلة المستحصلة على المبازل الانبوبية.



الشكل 7.8 بزل سطح الماء الجوفي في الحالة الثابتة

وبمساواة الجريان عبر مقطع عمودي بالجريان السطحي الداخل خلف (او قبل) ذلك المقطع وباجراء التكامل من منتصف المسافة الفاصلة الى جانب المبزل نحصل على

$$R = \frac{4K(h_m^2 - h^2)}{L^2} \qquad (7.1)$$

حيث ان K هي الايصالية المائية hydraulic conductivity او نفاذية الطبقات المعنية بالبزل وباقي الرموز مبينة في الشكل 7.8.

وبملاحظة ان $h_m^2 - h^2$ بدل $(h_m + h)(h_m - h)$، وبوضع بالرجوع للمعادلة (7.1)

$$(h_m + h)(h_m - h) = (2h + m)m,$$

$$R = \frac{8Khm + 4Km^2}{L^2} \qquad (7.2)$$

وعندما $h = 0$

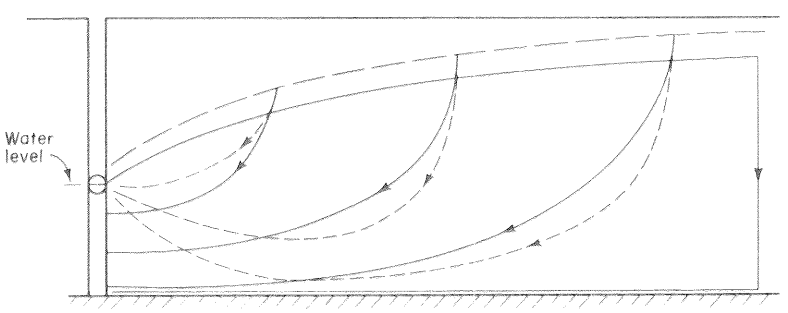
$$R = \frac{4Km^2}{L^2}$$

اي ان $\frac{4Km^2}{L^2}$ هي مشاركة التربة التي فوق مستوى الماء في المبزل بمقدار الجريان في المبزل ، ويتبع ذلك ان $\frac{8Khm}{L^2}$ هي مشاركة التربة الواقعة بين مستوى الماء في المبزل والطبقة الصماء بماء البزل ، ولو كان التوصيل المائي فوق مستوى ماء المبزل K_1 واسفله K_2 فان الحل لمثل هذه الحالة يكون بالمعادلة

$$R = \frac{8K_2hm + 4K_1m^2}{L^2} \qquad (7.3)$$

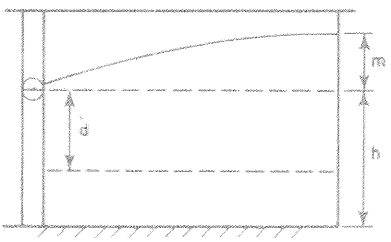
تطبيق الحل على المبازل الانبوبية :

والان لنضع محل الخنادق ذات الجوانب العمودية مبازل انبوبية يكون مستوى الماء فيها نفسه في الخنادق . والشكل 7.9 يعطي مقارنة خطوط الجريان الداخلة لخندق (بزل مفتوح) ولمبزل انبوبي (بزل مغطى) حيث يبدو واضحاً ان الجريان نحو المبزل الانبوبي يكون شعاعياً في حين يكون نحو الخندق افقياً وتتقارب خطوط الجريان قرب المبزل الانبوبي واستناداً الى معادلة الاتصال Continuity equation فان سرعة الجريان ستزيد ولهذا السبب سيزداد الفاقد بالشحنة heal loss حسب قانون دراسي . ولغرض اخذ فواقد



الشكل 7.9 مقارنة لخطوط الجريان الداخلة في مبزل انبوبي وخندق عميق بجدران عمودية . الخطوط المنقطة تمثل خطوط جريان نحو الانبوب والخطوط الكاملة تمثل خطوط جريان نحو الخندق .

التقارب convergency losses للمبزل الانبوبي بنظر الاعتبار فقد طور هوكوت معادلة ثانية شبيهة بالمعادلة (7.3) واعتبر (d) العمق المكافئ بدل h فقد اصغر من h وهو في الوقت نفسه دالة لكل من h و L ونصف قطر المبزل r_o. تسمح هذه المعالجة باستعمال الحل للخنادق العميقة ذات الجدران العمودية كحالة عامة ، واذا اريد استعماله للمبازل المغطاة فيعوض عن d بالعمق الحقيقي الى الطبقة الصماء h انظر الشكل 7.10 .



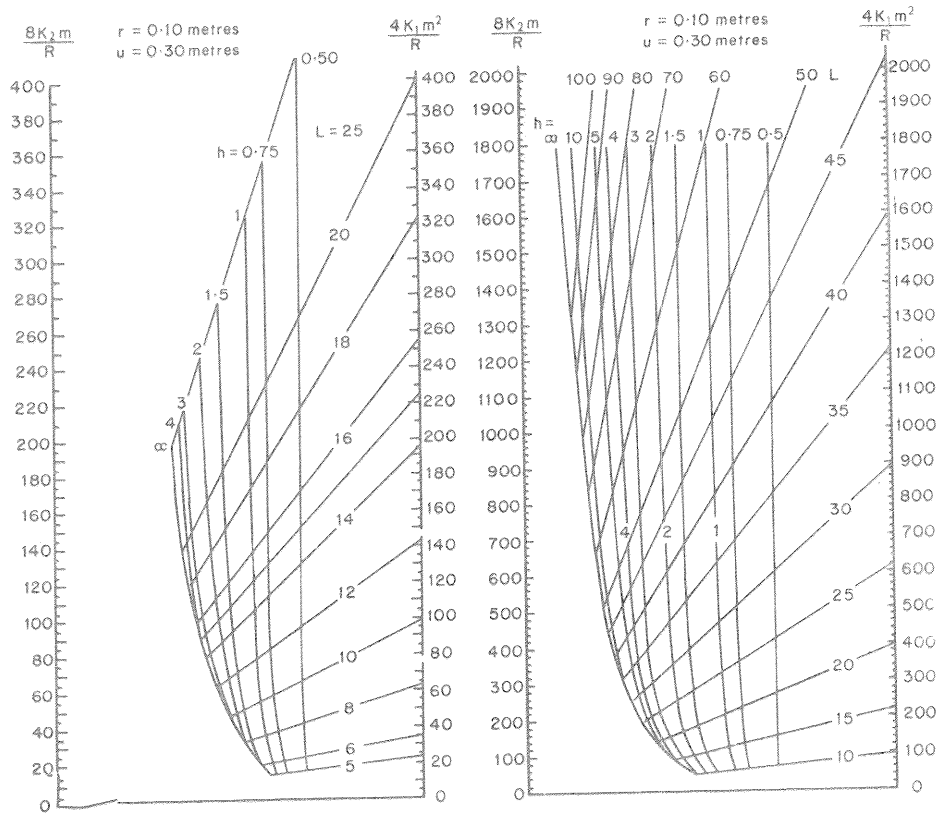
الشكل 7.10 عمق الماء h في خندق ضيق مفتوح والعمق المكافئ d لمبزل انبوبي .

من ذلك

$$L^2 = \frac{8K_2dm + 4K_1m^2}{L^2} \qquad (7.4)$$

وقد اعد فان بيرس Van Beers نوموكرافاً (رسماً بيانياً ثلاثي المحاور) . الشكل (7.11) يتضمن سماحا للعمق المكافىء equivalent depth عندما يكون r_o = 100mm او لخندق مفتوح لايصل قعره للطبقة الصماء له محيط مبتل wetted perimeter = u مقداره 300 .

ان تاثير قطر المبزل على المسافات الفاصلة ليس ذا اهمية بالغة ولذلك نستطيع استعمال الرسم الوارد انفاً على مبازل بانصاف اقطار اخرى بدون حصول اخطاء كبيرة من الناحية العملية عندما يكون تراب الردم backfill فوق المبازل اكثر نفاذية من التربة المحيطة فان الجريان يكون افضل من المحسوب بالطريقة الانفة الذكر.



الشكل 7.11 نوموكراف للمسافات الفاصلة بين المبازل

$8m/R$ (first number) $4m^2/R$ (second number) for various m and R-values

R in mm per day

m (metres)	1	2	3	4	5	6
0·1	800– 40	400– 20	265– 15	200– 10	160– 8	135– 10
0·2	1600– 160	800– 80	530– 55	400– 40	320– 32	265– 30
0·3	2400– 360	1200– 180	800– 120	600– 90	480– 70	400– 60
0·4	3200– 640	1600– 320	1070– 215	800– 160	640– 130	530–110
0·5	4000–1000	2000– 500	1340– 335	1000– 250	800– 200	665–165
0·6	4800–1440	2400– 720	1600– 480	1200– 360	960– 290	800–240
0·7	5600–1960	2800– 980	1860– 650	1400– 490	1020– 390	930–325
0·8	6400–2560	3200–1280	2140– 850	1600– 640	1280– 510	1070–425
0·9	7200–3240	3600–1620	2400–1080	1800– 810	1440– 630	1200–540
1·0	8000–4000	4000–2000	2700–1330	2000–1000	1600– 800	1330–665
1·1	8800–4840	4400–2420	2940–1600	2200–1210	1760– 970	1460–805
1·2	9600–5760	4800–2880	3200–1920	2400–1440	1920–1150	1600–960

7	8	9	10
115– 5	100– 5	90– 5	80– 5
230– 25	200– 20	180– 20	160– 15
345– 50	300– 45	270– 40	240– 35
455– 90	400– 80	360– 70	320– 65
570–145	500–125	445–110	400–100
685–205	600–180	535–160	480–145
800–280	700–245	620–215	560–195
915–365	800–320	710–285	640–255
1030–460	900–405	800–370	720–325
1140–570	1000–500	890–445	800–400
1260–690	1100–605	980–535	880–485
1370–820	1200–720	1060–640	960–575

Example: $m = 0{\cdot}5$ m. $R = 7$ mm per day; $8m/R = 570$; $4m^2/R = 145$. مثال عندما :

7.4.3 طريقة USBR لمستوى الماء الجوفي المتراوح

ان فرضية الحالة الثابتة للبزل لايمكن قبولها عندما يكون الجريان الداخل على فترات زمنية قصيرة ومتباعدة ، وكذلك فان كثيراً من المهندسيين يرفضون مبدأ الحالة الثابتة في الاراضي المروية التي يرتفع بها مستوى الماء الجوفي خلال موسم الري وينخفض لباقي ايام السنة ، وقد اشتق كلوفير GLOVER معادلة بزل عندما يكون مستوى الماء الجوفي متراوحاً والفرضيات الاساسية كالاتي :

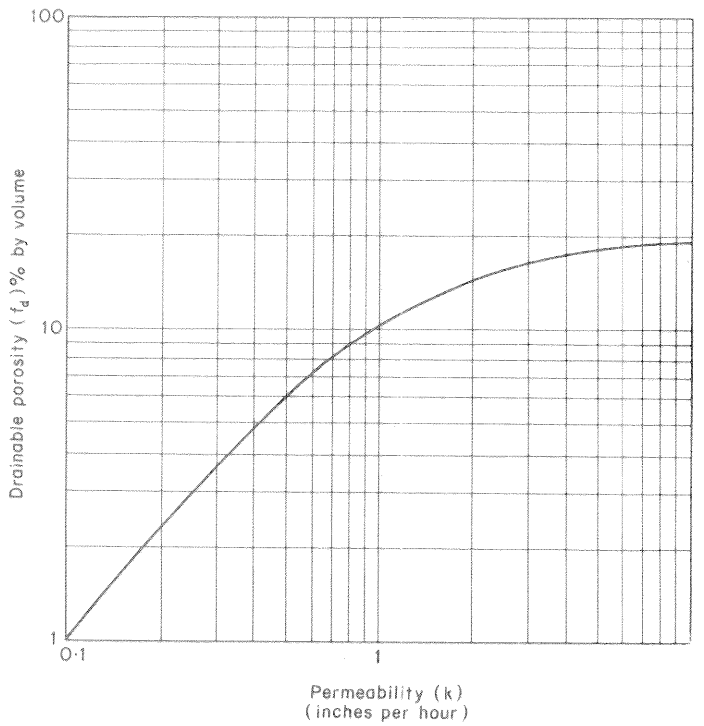
أ) التربة متجانسة ومتشابهة الخصائص.

ب) المسألة ذات بعدين two-dimensional.

جـ) خطوط الجريان افقية والتصحيح ضروري لتاثير تقارب خطوط الجريان عند المبزل الانبوبي.

د) تتناسب سرعة الجريان على طول الخط طردياً مع انحدار سطح الماء الطليق.

هـ) وجود طبقة غير نفاذة (صماء) تحت المبازل.



الشكل 7.12 (a) بزل المسام والنفاذية (مأخوذ عن Drainage Enyineering JN LUTHIN, John Wiley)

وباستعمال فرضيات دوبوت فورجير DUPUIT-FORCHEIMER فان معادلة الاتصال تصبح بالشكل الاتي :

$$\frac{dy}{dt} = \frac{KD}{f_d}\frac{d^2y}{dx^2}$$

حيث ان :

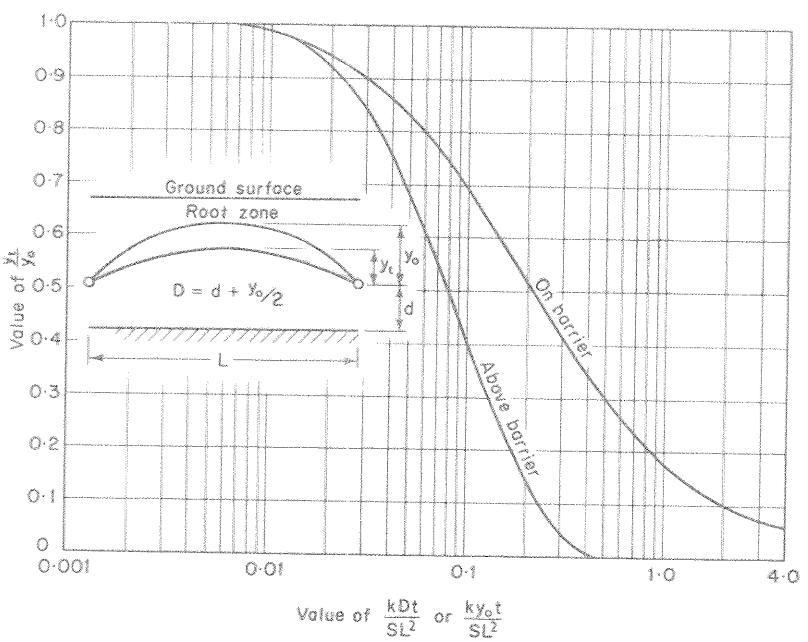
f_d : بزل المسام كنسبة مئوية من الحجم ($f_d \equiv$ S of Dumm).

D : معدل سمك المكمن المائي (الحشرج) بالامتار من الطبقة الصماء الى مستوى الماء الجوفي.

K : الايصالية المائية بالمتر/ يوم.

وهذه المعادلة شبيهة بمعادلة جريان الحرارة *heat flow* ولغرض الوصول لحل فانه يجب فرض شكل ابتدائي لسطح الماء الجوفي، وقد افترض كلوفر معادلة قطع مكافئ parabola من الدرجة الرابعة.

$$y = \frac{8m_o}{L^4}\left(L^3x - 3L^2x^2 + 4Lx^3 - 2x^4\right)$$



الشكل 7.12 (b) العلاقة بين $\frac{y_1}{y_0}$ و $\frac{kDt}{SL^2}$ و $\frac{ky_0t}{SL^2}$ في نقطة الوسط بين المبازل، مأخوذة عن المصدر 4

حيث ان :

m_o : الارتفاع الابتدائي لسطح الماء الجوفي بالامتار فوق مستوى المبازل .

L : المسافة الفاصلة بين المبازل بالامتار.

y : ارتفاع مستوى الماء الجوفي عند مسافة x من المبزل .

وابسط شكل للمعادلة المشتقة لايجاد المسافة الفاصلة L هي :

$$L^2 = \frac{\pi^2 KDt}{f_d \log_e \left(1.16 \frac{y_o}{y_t}\right)}$$

حيث ان :

y_t : ارتفاع الماء الجوفي بعد فاصل زمني t .

y_o : الارتفاع الابتدائي لمستوى الماء الجوفي .

ويمكن عمل سماح لتقارب الجريان بتعويض قيمة العمق المكافئ الى الطبقة الصماء بدل العمق الحقيقي كما في طريقة هوكوت لحالة الجريان الثابت .

7.4.4 الطرق الحقلية لقياس الايصالية المائية

أ) طريقة هوكوت ذات ثقب البرمة الاحادي Single auger hole عند وجود ماء ارضي :

تعد هذه الطريقة من الطرق البسيطة لقياس الايصالية المائية المتجانسة في الحقل بسرعة وبدون الحاجة الى الات معقدة .

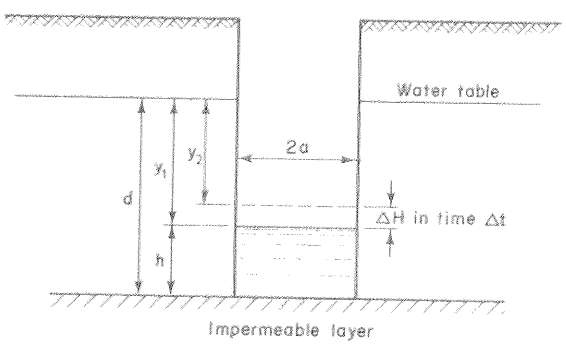
يتم عمل ثقب برمة بوساطة برمة الحفر الى حد مستوى الماء الجوفي ثم يكمل الحفر الى متر او متر ونصف اسفل هذا المستوى او لحد الطبقة الصماء ، بعدها يجري خفض مستوى الماء داخل الحفرة بوساطة الضخ او النزح ، وفي الوقت نفسه يجري توقيت معدل ارتفاع الماء الجوفي ، وعند اشتقاق المعادلة يفترض بقاء مستوى الماء الجوفي حول الحفرة على وضعه بدون تغيير ، ولذلك يكون من المهم جداً عند اجراء الاختبار قياس معدل ارتفاع الماء بعد الضخ مباشرة واذا اريد اعادة الاختبار فانه يجب ترك وقت كاف لكي يستعيد الماء الارضي مستواه الاصلي . وكما يشير المصدر(9)فان رسم بيانات عن الايصالية المائية K يبدو امراً مناسباً جداً وعملياً او استخدام احدى المعادلات المعقدة كالمعادلة التي اعطاها

ارنست ERNST رقم (أ– ١) عند وجود طبقة صماء على بعد كبير او المعادلة (أ– ٢) لحفرة بريمة تصل لحد الطبقة الصماء.

$$K = \frac{4000\,a^2}{(d+20a)\,(2-y/d)y}\,\frac{\Delta H}{\Delta t} \qquad (أ-١)$$

$$K = \frac{3600\,a^2}{(d+10a)\,(2-y/d)y}\,\frac{\Delta H}{\Delta t} \qquad (أ-٢)$$

والابعاد مبينة في الشكل 7.13 وكذلك $y = 1/2\,(y_1 + y_2)$



الشكل 7.13 اختبار هوكوت ذو الحفرة البريمية لايجاد الايصالية المائية في الحقل.

ب) طريقة جايلدز ذات البئرين : Childs Two Well Method

لقد اقترح هذه الطريقة العالم جايلدز في حالة وجود مستوى ماء جوفي معلوم. يتم عمل حفرتين بقطرين متساويين الى حد الطبقة الصماء في حالة وجودها اولاسفل مستوى الماء الارضي بعمق مساولاعلاه في حالة عدم وجودها. ثم يضخ الماء من احدى الحفرتين للاخرى بمعدل منتظم في الوقت نفسه يتم ملاحظة مستوى الماء في الحفرتين حتى يتم الحصول على الحالة الثابتة steady state من ذلك نحصل على :

$$K = \frac{Q}{\pi L \Delta H}\cosh^{-1}\left(\frac{b}{2a}\right)$$

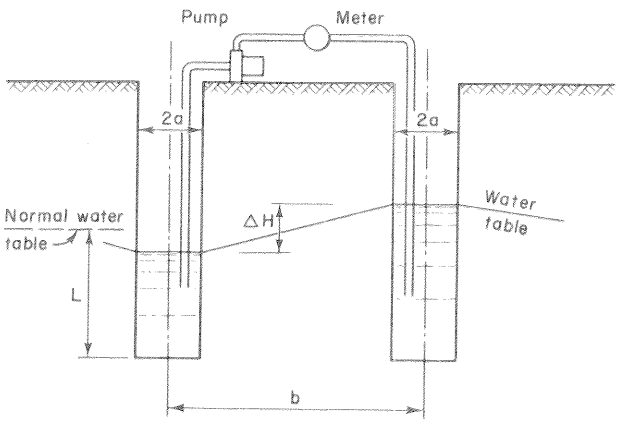
حيث ان :Q : معدل الضخ .

ΔH : الفرق بالشحنة (ارتفاع الماء) بين الحفرتين.

L : عمق كل من الحفرتين ولتحت مستوى الماء الارضي.

a : نصف قطر الحفرتين.

b : المسافة الفاصلة بين مركزي الحفرتين.



الشكل 7.14 طريقة جايلد ذات الحفرتين

في حالة عدم وصول الحفرتين للطبقة الصماء فانه يفضل تصحيح الصيغة اعلاه بابدال العمق L بالعمق المكافئ والذي يساوي L + 0.20 m مع التاكيد على ان هذا التصحيح يتغير مع قطر الحفرة. وهنالك تصحيح اخر يجب عمله للجريان ضمن الحافة الشعرية ، وبما انه يمكن تقدير عمق الحافة الشعرية في الحقل فانه يمكن اضافة $\frac{1}{2}$ هذا العمق للقيمة Lالمقاسة والمعدل العام لهذا التصحيح يقدر بحوالي 50 ملم.

جـ) طريقة USBR ذات البئر الضحلة Shallow well عند عدم وجود سطح ماء جوفي او عند وجوده على عمق سحيق :

تشبه هذه الطريقة المستعملة في (أ) ولكن باضافة الماء بدل ازالته،والجهاز المستخدم عبارة عن صمام طواف Float Valve لخزان علوي مدرج.بعد حفر بئر عمودية دائرية في المنطقة المعينة يجري ملؤها بالماء لارتفاع منتخب ثم يحافظ على هذا الارتفاع بواسطة الجهاز المذكور انفاً.

عند الوصول الى مرحلة من التراوحات غير المحسوسة يتم تسجيل مستوى الماء في الخزان ويبدأ التوقيت ويقرأ مقياس الخزان في الايام التالية وعلى فترات زمنية متساوية ويملأ الخزان اذا كان ذلك ضرورياً ويستمر الاختبار حتى يتم الوصول الى معدل جريان ثابت لمدة اربع وعشرون ساعة ،ويمكن الحصول على التفاصيل الكاملة للطريقة مع الجداول والمنحنيات من كتاب USBR Earth Manual .

7.4.5 حساب العمق والمسافة الفاصلة .

يتم تقسيم الارض لاغراض البزل تبعاً للتغيرات الكبيرة في نوع التربة ونوع المحصول ، وهذان العاملان من اهم العوامل التي تفرض نفسها في تصميم نظام البزل الحقلي فضلاً عن تدقيق نظام القنوات المفتوح القائم على اساس طوبوغرافية الارض اذا كان ذلك ضرورياً . ولغرض ايجاد الترابط بين عمق المبزل الانبوبي والمسافة الفاصلة بين مبازل النظام فأنه يجب اختيار المعادلة الملائمة والتي تتضمن اكبر عدد من المتغيرات للمنطقة المعينة . ان اقل مستوى للماء الجوفي يتراوح من 1.0 م الى 1.5 م للمسافات المروية ، والتأثير السلبي الشديد لمستوى الماء الجوفي القريب (من صفر الى متر واحد من سطح الارض) امر معروف وشائع خصوصاً عندما يكون هذا الماء مالحاً ويقل هذا التأثير للاعماق التي تزيد عن متر واحد . ان مسألة تأثير مستوى الماء الجوفي على المحصول يجب ان لاتأخذ من اهتمامنا بحيث تنسينا دراسة باقي العوامل المهة كخصوبة التربة ونوعية الماء المتوافر للسقي والعمل على تثبيتها . ومن المحتمل ان يعزى تذبذب المحصول النباتي الى جاهزية المغذيات والماء بنفس القدر الى محدودية المنطقة الجذرية بسبب ارتفاع سطح الماء الجوفي وعليه فمن المعقول عملياً اعتماد قيمة قياسية امينة لأقل عمق لسطح الماء الجوفي مع افتراض تأمين جاهزية الماء والمغذيات من خلال ممارسة حقلية جيدة للري والتسميد . ولكن في معظم مناطق الري تزرع انواع عديدة من المحاصيل ، عليه فمسألة اختيار اعماق محدودة تناسب محاصيل معينة في نفس المشروع يكون غير عملياً .

يأتي ماء البزل الفائض في المناطق الجافة من عدم كفاية عمليات الري والتخلل العميق لماء الغسل والماء الآتي من التسرب الجانبي للانهر والقنوات (انظر الفصل الخامس) .اما في الاجواء الحارة فأن ماء المطر الساقط شتاءاً يعد هو ماء البزل الفائض او

اهم اقسامه ، والقيمة المحسوبة لماء البزل تقوم على اساس دراسة العلاقة بين التكرر وشدة واستدامة الزخة لايجاد معامل البزل (عمق الماء الواجب ازالته خلال اربع وعشرين ساعة) بطريقة المحاولة والخطأ اعتماداً على الخبرة الموقعية.

اما في الاجواء الاستوائية فيصمم نظام البزل على اساس ازالة الماء الزائد لظروف الموسم الجاف وبصورة عامة يفضل ازالة ماء المطر في هذه المناطق بوساطة البزل السطحي بصورة رئيسية.

ان العامل الاقتصادي امر مهم جداً بين عمق المبازل والمسافة الفاصلة بينها حيث يمكن زيادة عمق المبزل الانبوبي بزيادة المسافة الفاصلة والعكس صحيح ايضاً.

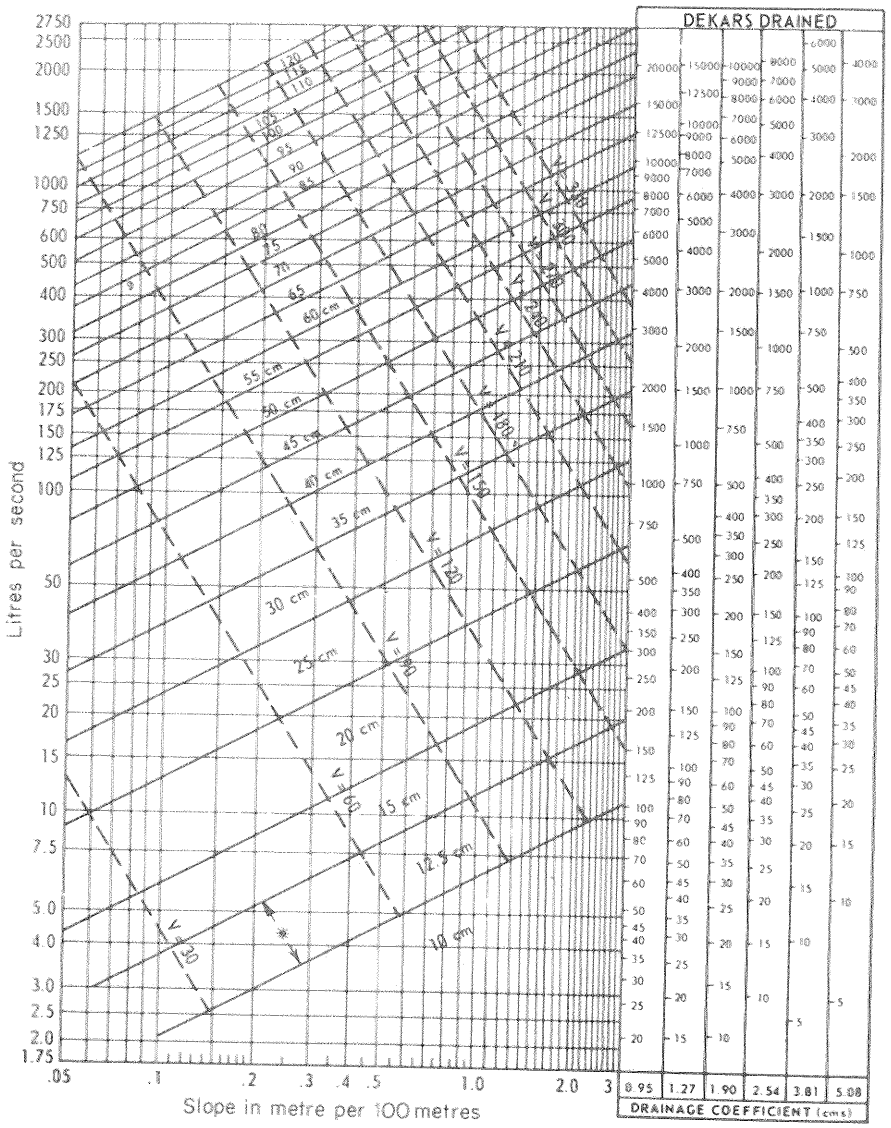
وبهذا يمكن تقليل مجموع اطوال المبازل المستخدمة بزيادة عمقها ولكن كلفة انشاء المبازل تزداد بزيادة العمق وعليه فالعملية كما واضح تتحكم فيها الظروف الحقلية والخبرة الموقعية بصورة كبيرة ، ويفضل جدولة المسافات الفاصلة للاعماق المختلفة بفواصل مقدارها نصف متر مربع مع كلفة العمل لكل هكتار وذلك للوصول لارخص نظام قابل للتنفيذ وقد وجد في المناطق الجافة المرواة ان اعماق المبازل الانبوبية تتراوح من 2.0 م الى 2.5 م وبمسافات فاصلة تتراوح من 50 الى 200 م واذا كانت المسافة الفاصلة المحسوبة اكبر من 200 م فأنه يفضل استخدام الخنادق او ابار الضخ لانها اكثر كفاء في مثل هذه الاحوال.

7.4.6 قطر المبزل الانبوبي وانحداره

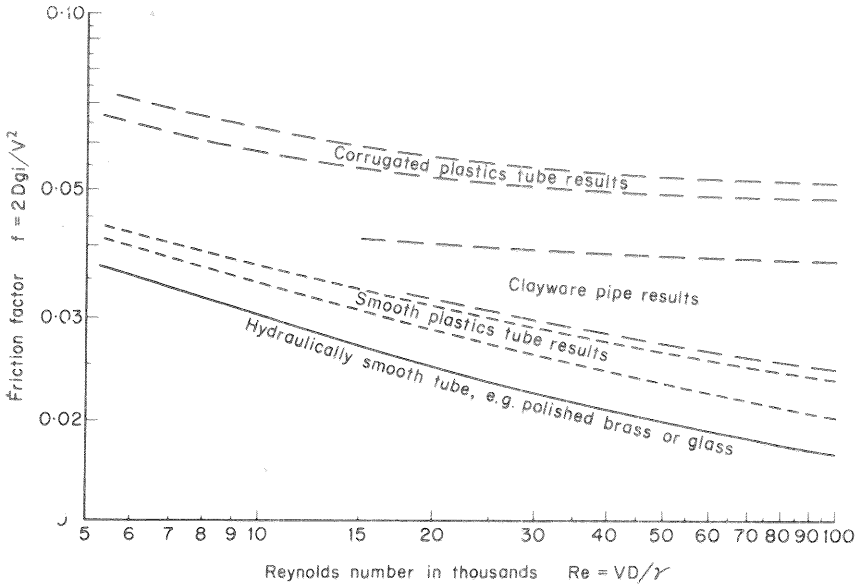
وجد بالتجربة ان خصائص التشرب intake للمبازل الانبوبية تتحسن قليلاً مع زيادة اقطارها وبخاصة اذا استعمل الحصى للردم واذا كانت الفتحات gaps بين قطع الانابيب ملائمة فان قطر الانبوب يتحدد بمتطلبات التصريف.

والشكل 7.15 عبارة عن مخطط تصميمي يمكن منه ايجاد اقل قطر للمبزل عند اي نقطة من نقاط النظام اذا علم الانحدار والمساحة المبزولة ومعامل البزل (قام بتحويل هذا المخطط للنظام المتري لوثن وتكنيل LUTHIN and TEKINEL)،والشكل 7.16 يعطي عوامل احتكاك الجريان داخل المبازل الانبوبية الفخارية والانابيب البلاستيكية الملساء والمغضنة corrugated ويبدو بصورة واضحة من الاعتبارات الهيدروليكية انه يمكن تقليل قطر الانبوب من اعظم مقدار عند المصب لاقل مقدار عند البداية.

اما اهم عامل يتحكم باختيار اقل انحدار للمبزل الانبوبي فهو بلا شك الحاجة لتجنب الترسبات فيه .



الشكل 117.15 المخطط الانسيابي للمبزل الانبوبي مأخوذ عن المصدر 4



الشكل 7.16 عامل الاحتكاك f لانواع عديدة من المبازل الانبوبية حيث ان

$$f=\frac{2Dgi}{V^2}$$

وان :

D : قطر الانبوب

g : ثابت التعجيل الارضي

i : انحدار الانبوب

V : سرعة الجريان

ν : اللزوجة

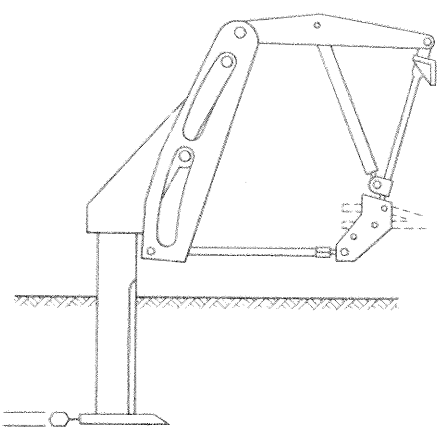
ويكمن الخطر في الانحدار القليل بانعكاس الميل للجانب الاخر نتيجة سوء العمل والذي قد يؤدي الى تعطل الانبوب بصورة كاملة . والانحدار القليل ضروري لبدء الجريان والانحدارات الصغرى معطاة في الجدول 7.5 ، واذا اريد استخدام انحدار اقل من المطلوب فيجب بذل عناية خاصة في وضع الانابيب خصوصاً فيما يتعلق بالسيطرة بعملية وضعها اما اعظم انحدار فانه يتحدد بخطر انهيار الانبوب تحت تأثير الجريان الخارجي .

الجدول 7.5 انحدارات المنازل الانبوبية

Pipe diameter	*Gradients* (%)				
			Maximum		
	Desirable minimum	*Minimum*	*Sandy loam*	*Silt loam*	*Stiff clay*
70 mm	0·4	—	4·0	5·0	8·3
100 mm	0·3	0·1	1·7	3·3	6·7
150 mm	0·2	0·05	1·0	2·0	4·0

Adapted from Bulletin 18, *The Draining of Farm Lands*, Massey College, New Zealand.

ويمكن عمل انحدار سلس بواسطة محراث مسارب خاص ذو عتلة طويلة وتجنب الطول الزائد بوساطة مربط دوراني مزنجر (الشكل 7.17).



الشكل 7.17 الة تحكم الانحدار الشبيهة بالة عمل المسارب

1 VAN BEERS, W F J and OTHERS 'Some nomographs for the calculation of drain spacings', *Bulletin* No. 8, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands 1965
2 BURTON, J R 'Water Storage on the Farm', *Bulletin* No. 9, Water Research Foundation of Australia 1965
3 HUDSON, A W and OTHERS 'The Draining of Farm Lands', *Bulletin* No. 18, Massey College, New Zealand 1962
4 LUTHIN, J N *Drainage Engineering*, John Wiley, New York 1966
5 LUTHIN, J N (editor) *Drainage of Agricultural Lands*, The American Society of Agronomy 1957
6 THORN, R B *The Design of Land Drainage Works*, Butterworth, London 1959
7 TODD, D K *Ground Water Hydrology*, John Wiley, New York 1959
8 US Department of Agriculture Soil Conservation Service *National Engineering Handbook*, Section 4 'Hydrology', Section 16 'Drainage'
9 van BEERS, W F J 'The Auger-Hole Method', *Bulletin* No. 1, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 1970

الفصل الثامن

نظام القنوات

ان الغرض الرئيسي لاي نظام للقنوات هو تجهيز الماء بكميات مناسبة وتوجيهه الوجهة الصحيحة ضمن المنطقة المرغوب في زراعتها ، ويجب ان يكون النظام مناسباً وسهل الادارة وموالفاً لنمط الزراعة المستخدمة اي بدون تشويهات غير ضرورية لنمط الزراعة السائد .

ويمكن تصنيف مسائل تصميم القنوات كالاتي :

أ) التخطيط

ب) السعة

ج) السيطرة على الجريان وقياسه

وهنالك الكثير من الاختلاف بين الظروف السائدة من منطقة مروية لاخرى ولذلك يجب ان لايكون مابين دفات الكتب عائقاً امام الابداع والتجديد لتقديم احسن الخدمات وافضل التصاميم الموقعية .

8.1 تخطيط القنوات

تعد طوبوغرافية المنطقة العامل الرئيسي الذي يتاثر به تخطيط نظام القنوات فضلاً عن نوعية الزراعة السائدة او الخصائص الهندسية والاقتصادية في المنطقة .

8.1.1 التخطيط التمهيدي للقنوات

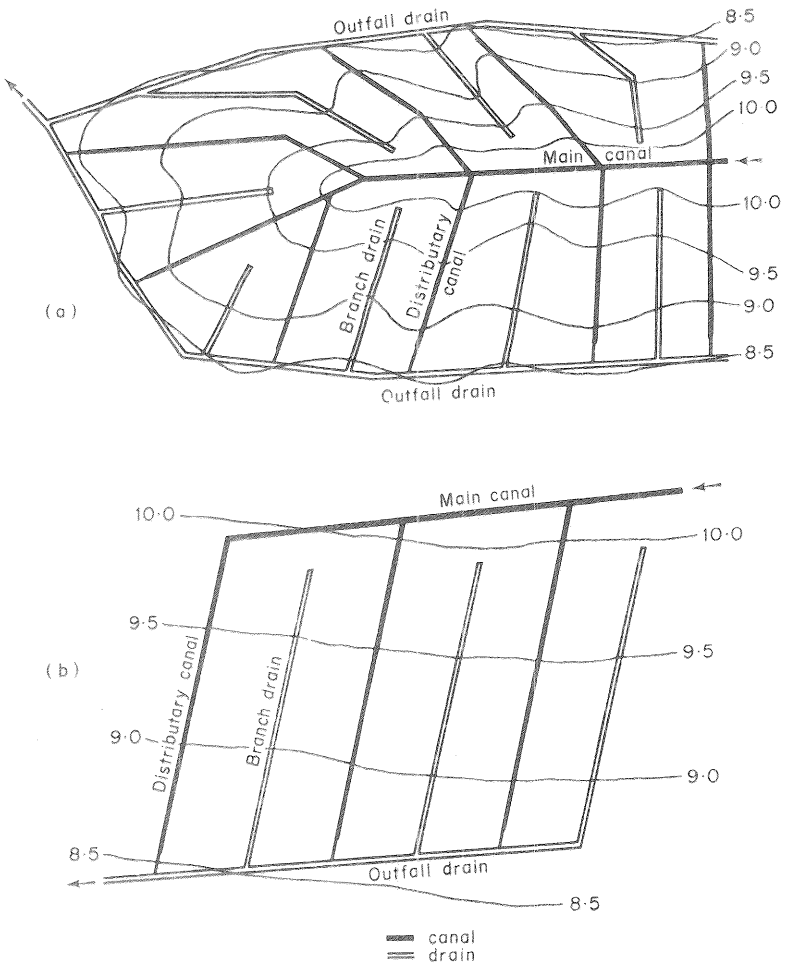
يعتمد التخطيط التمهيدي للقنوات على طبيعة خريطة كفاف الحقل . وبصورة عامة يتم وضع القناة الرئيسية main canal على المتن الرئيسي major ridge (المنطقة الاكثر ارتفاعا في الحقل) ثم القنوات الفرعية distributary تتبع المتون الاقل ارتفاعاً ، اما

المبزل الرئيسي فيوضع في المنخفض الرئيسي للحقل والمبازل الفرعية في المنخفضات الاكثر ارتفاعاً (الشكل 8.1a) . واذا كانت الارض عبارة عن مستوى منحدر باتجاه واحد فيجب وضع القناة الرئيسية والمبزل الرئيسي كما هو مبين في الشكل 8.1b ، والقنوات الموزعة تغذي المساقي watercourses والاخيرة تغذي جداول التوزيع الحقلية farm supply channels وهذه هي مجموعة المصطلحات المتعلقة بالري السطحي ويناظرها الشيء نفسه بالنسبة للمبازل ، حيث تكافيء المبازل الحقلية farm drains الجداول الحقلية والمبازل المجمعة collector drains للمساقي والمبازل الفرعية branch drians للقنوات الموزعة وكلما زاد طول المسقى زاد طول الحقل المخدوم ويبدو واضحاً ان هذا الامر يعتمد على حجم المزرعة ونظام التوزيع ومقدار التعاون بين فلاحي المنطقة .

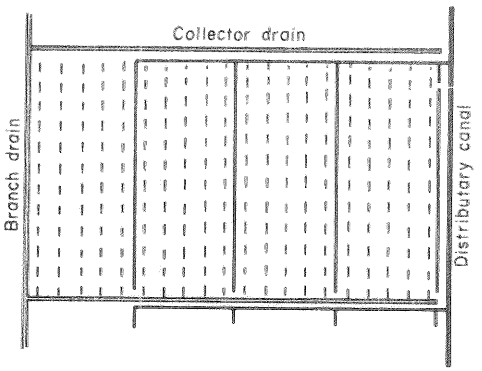
وقد اقترح ليليافسكي LELIAVSKY من خلال خبرته العملية في مصر (المصدر 4) ان طولاً من 1 كلم الى 1.5 كلم يبدو كافياً لطول مسقى نموذجي واي طول اكثر من ذلك يعني اقحام عدد كبير من الفلاحين في عملية المناوبة الداخلية للتجهيز المائي ، ويسري نفس التحديد على المبزل المجمع حيث يتحدد طوله بازدياد عمقة لان السيطرة على سطح الماء الجوفي يحتاج للمبازل المغطاة وباعماق من 1.5 م الى 2.5 م ولهذا قد يصل اقل عمق للمبزل المجمع 2.8م.

وقد يصل انحدار المبزل المجمع لحد 0.5 م لكل 1 كلم ليكون ضروريا للوصول لحالة الجريان المطلوبة ، ويمكن التعويض عن هذا جزئياً بمد الخط بانحدار اكثر عند النهاية اكثر مما عند البداية . وطولا يتراوح من 1 كم الى 1.5 كلم يعد الاكثر رواجاً وذلك اذا اريد تجنب الاعماق الزائدة من ذلك نستنتج ان المسافات الفاصلة بين قنوات التوزيع والمبازل الفرعية تتراوح من 2 كلم الى 3 كلم .

وتجرى القنوات الموزعة والمبازل الحقلية في الارض المنحدرة باتجاه متعامد لاتجاه الميل وعند اعلى نقاط الحقل واكثرها انخفاضاً على التوالي ، وتجري المساقي والمبازل المجمعة باتجاه الميل وتحت هذه الظروف يكون المبزل مجاوراً للمسقى عند الجانب العلوي من المنحدر، انظر الشكل 8.2 .

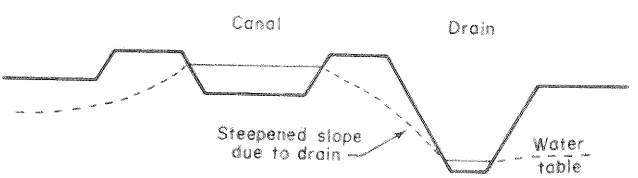


الشكل 8.1 تخطيط القنوات والمبازل



الشكل 8.2 تفاصيل تخطيط القنوات والمبازل الثانوية

ولهذا الامر فائدة اعتراض التسرب في ذلك الاتجاه (اتجاه المبزل) ولكن الضرر هو ازدياد التسرب بسبب زيادة شدة ميل الانحدار الهايدروليكي hydraulic gradient ، انظر الشكل 8.3 . ان اتجاه نظام القنوات الثانوية الموصوف اعلاه يمكن تحديده بالنسبة لاتجاه الميل الاكبر وذلك لغرض توزيع الانحدار بصورة اقتصادية بين المبازل الحقلية والمجمعة والثانوية .



الشكل 8.3 ترتيب القنوات والمبازل

8.1.2 المعالم الموجودة

قد يحتاج المخطط الاساس للقنوات الرئيسية والمغذية لبعض التعديل لكي يلائم بعض المعالم الموجودة والتي يصعب تغييرها لسبب او لاخر. فعلى سبيل المثال قد يكون هنالك مزارع وبساتين تسقى بنظام خاص private صغير او بنظام من القنوات تم صرف مبالغ طائلة عليه لذلك فانه من غير المنطقي والمعقول ازالة هذه القنوات ، كذلك يتوجب مراعاة الحقوق القديمة لمرور المياه وتوزيعها ويجب بذل عناية خاصة لموقع القنوات بالنسبة للقرى والمدن والطرق وسكك الحديد مع وضع اعتبار للافاق المستقبلية لتوسع القصبات المعنية وكذلك خطوط المواصلات المعترضة للمشروع .

واذا اريد استخدام الطاقة الكهربائية لتغذية محطات ضخ المشروع فانه يجب مراعاة موقعها بالنسبة لخطوط القوة الكهربائية ومعرفة قدرتها لغرض التفكير بالبدائل المقترحة في حالة انعدام الطاقة الكهربائية .

وهكذا نرى ان تخطيط اي مشروع يحتاج الى دراسة نتائج كل الفعاليات البشرية التي تؤثر على المشروع من النواحي الفنية والقانونية والاقتصادية .

8.1.3 التسلط Command

ويقصد به علو ماء القناة فوق مستوى الارض المجاورة ، والتي تشكل احدى عاملين رئيسيين مهمين من الواجب اخذهما بعين الاعتبار عند تصميم القنوات والترع . والعامل الاخر كمية التصريف الواجب توفيره عند اي نقطة من النظام لخدمة مساحة الارض اسفل تلك النقطة .

في نظام ري سطحي نموذجي يغادر الماء قناة التوزيع من خلال منفذ او منشأ خروج outlet structure خاص ليجري في مسقى ثم خلال نظام القنوات الحقلي وبالتالي على الارض المطلوب خدمتها . عليه فشحنة التسلط عند مخرج التوزيع معززة بانحدار الارض المناسب ستعطيان الطاقة المطلوبة لنقل الماء بعيداً عن مصدر التوزيع ان التسلط القليل جداً يعني صعوبة في تصميم مخارج التوزيع وان تكون الفواقد بالطاقة في القنوات الصغيرة واطئة للغاية ، حيث ان التسلط المائي الزائد يحتاج الى تبديد للطاقة لمنع حدوث الحت في القنوات وفي الحقول .

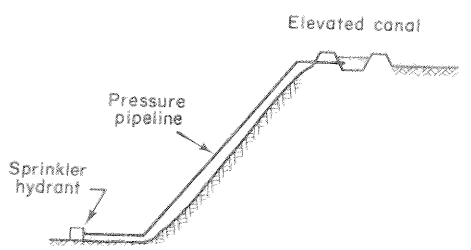
وبصورة عامة فان اي ارتفاع في الشحنة المتحكمة (التسلط) يجب ان يصاحب بزيادة في :

أ) ارتفاع ضفاف القنوات مما يؤدي الى زيادة حجم الاعمال الترابية

ب) ارتفاع مناسيب المياه نسبة لمستوى الماء الجوفي مما يؤدي الى زيادة التسرب

جـ) زيادة حوادث انكسار جوانب وضفاف القنوات. وتكون النقطة الحرجة للتسلط المائي عند قناة التجهيز الحقلية، حيث ان ارتفاعا بمقدار 150 ملم يعد معقولا لمعظم الحالات وبترك سماح للخسارة بالشحنة في نظام التوزيع وعند المخارج فان مقدارا للشحنة المتحكمة يتراوح من 250 ملم الى 300 ملم في قناة التوزيع يعد امرا مقبولا، واذا كانت التربة المعمول منها ضفاف القنوات ذات نفاذية عالية وكميةالتسرب كبيرة جدا فان خفض مستوى التسلط الى السالب يعد امرا ضروريا مما يجبر المزارع على رفع الماء للحقل بطرقه الخاصة.

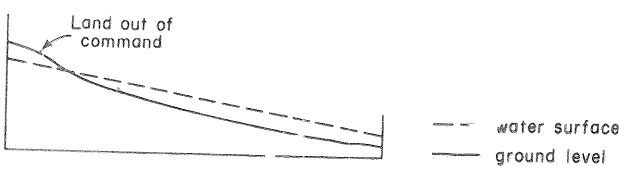
يمثل الري بالرش حالة مختلفة تماما لمفهوم التسلط وعندما يكون تجهيز الحقول الزراعية بواسطة وحدات ضخ خاصة تأخذ الماء من القناة فان نقصانا او زيادة بارتفاع سطح الماء من القناة بحدود متر واحد ليس له تأثير يذكر على كلفة الضخ. ويوضع نظام القنوات عند ارتفاع مناسب (اقتصادي) قدر المستطاع وهو الامر الذي يتأثر بصورة رئيسية بكلفة اعمال الحفر والردم. فمثلا اذا اريد تشغيل نظام الرش تحت تأثير الضغط الناتج عن الجاذبية فقط فانه يجب وضع نظام القنوات على ارتفاع لايقل عن 30 مترا فوق مستوى ارض الحقل.



الشكل 8.4 قناة علوية للري بالرش

طريقة التصميم :

يتم عمل مقاطع طولية لسطح الارض الذي تمر به القنوات ثم ترسم خطوط موازية لسطح الارض عند اعلى تسلط وأوطئ ـ تجرى محاولة لرسم خط بانحدار ثابت ضمن هذه الحدود ، واذا كان الامر هذا غير ممكن فانه يفضل رسم خط باقل عدد من التغيرات بالانحدار، واذا كان الماء محملا بالغرين او قعر القناة غير مبطن فانه يجب عدم السماح للانحدار بالتناقص تجاه الجزء السفلي من القناة مما قد يعرض القعر لخطر التآكل في القسم العلوي من القناة وترسب الغرين في القسم السفلي ، على العكس من ذلك فانه من المعقول والمرغوب زيادة الانحدار في الجزء السفلي حيث يعمل على موازنة تأثير النقص في نصف القطر الهيدروليكي hyadraulic radius مما يحافظ على سرعة الجريان المناسبة . ويحدث في بعض الاحيان استحالة وضع المساحة القريبة من صدر القناة تحت التسلط المائي بدون حصول تسلط زائد عند المركز كنتيجة لمبدأ الانحدار اعلاه . عندها اما ان تترك هذه المساحة او تغذى بقناة صغيرة تجرى بموازاة القناة الرئيسية وتعتمد سعتها على حجم الارض وقيمتها .



الشكل 8.5 شحنة التسلط على طول قناة التوزيع

من هذا نرى ان التسلط المائي يستعمل لتقرير مستويات الماء في قنوات التوزيع ، ولذلك يجب اضافة احتياطي للتعويض عن الخسارة بالشحنة خلال النواظم regulators وعند بدايات قنوات التوزيع بغية الحصول على المستوى النهائي في القناة الرئيسية . واعلى شحنة عند مجموعة نواظم هي التي تقرر ارتفاع الماء في القناة الرئيسية (انظر الشكل 8.6) .

8.1.4 اعتبارات مزرعية .

يجب تعيين حدود اي مزرعة عند احلال نظام قنوات جديد بدل النظام القديم ، او عند تجهيز مزرعة ما بالماء سبق اعتمادها على الزراعة الديمية . وعلى كل حال فمن الشائع ان تكون الانظمة الجديدة للري في اراضي مملوكة لهيئة واحدة او للدولة لاعادة توزيعها على المزارعين الجدد او المنقولين من مكان اخر ، ومن المحتمل ان تكون هذه الاراضي مفتوحة (مراعي شبه صحراوية) ، تحت هذه الظروف يكون تعيين حدود المزرعة امراً سهلاً ويمكن ادراج باقي العوامل الاخرى المؤثرة على تخطيط الحقل كنوعية التربة والطوبوغرافية والعمليات الحقلية بوصفها عوامل ثانوية ، ويبدو من غير الممكن التمعن بتفاصيل التصميم من مزرعة لاخرى ولكن يمكن الانتباه الى العناصر الرئيسية المؤثرة في تحديد حدود المزرعة وذلك لتلافي عدم التجانس الكبير الذي قد يحصل مستقبلاً عند اعداد التصاميم النهائية التفصيلية.

لذلك يجب اولاًان تكون مساحة المزرعة كبيرة بالكفاية لاستغلالها اقتصادياً ويجب الالتفات الى الاعتبارات الاجتماعية كعدد الناس المحتمل استقرارهم في المنطقة بعد انتهاء المشروع ومستوى المعيشة الذي يمكنهم الوصول اليه من خلال نوعية الزراعة التي سيمارسونها . وباستعمال خريطة كفاف موضح عليها التخطيط الاولي للقنوات يجري تقسيم الارض الى مساحات (وحدات) حسبما هو مقرر سلفاً . ثم توضع المساقي على ابعد مايكون حسب خطوط الكفاف الموجودة مع ترك سماح لانحدار سطح الماء القياسي . ويجب التحقق من كون كل مزرعة تشمل المساحة المناسبة ضمن التسلط المائي عند نقطة تجهيزها ، ومن الممكن جداً ان تكون هناك بعض المساحات الصغيرة ضمن بعض المزارع لايمكن ادخالها ضمن حدود ري المشروع الا بالضخ الحقلي . بعد ذلك يتم فحص وحدات المزارع في ضوء خرائط التربة ، حيث ان التغيرات الكبيرة في خواص التربة ضمن مساحة الحقل الواحد تسبب صعوبات كبيرة للزراعة وطريقة السقي . ولهذا يكون من المهم جداً تقسيم الوحدة الزراعية الى حقول تحتوي كل منها على نوعية واحدة من التربة قدر المستطاع وبمساحة لاتعوق الحركة الكفوءة للمكائن الحقلية وبخاصة عند الاعتماد على المكائن في العمليات المختلفة بدل الايدي العاملة . ويجب ان تكون الحقول ملائمة لعمليات التسوية المناسبة لطرق الري المتبعة بدون اللجوء لاعمال ترابية زائدة ، ويمكن لمسألة حدود المزرعة ان تحل نفسها بنفسها وبأشكال هندسية بسيطة اذا ما انتظمت طوبوغرافية المنطقة ونوعية تربتها .

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 :