

دورة متقدمة في إدارة مياه المزارع وأنظمة الري

دورة تدريبية مهنية شاملة لمديري المزارع والمهندسين
الزراعيين

جودة المياه وإدارتها أولاً، ثم التدفق، ثم تشغيل RO

الوحدة 1 : تقييم التربة والماء

الوحدة 2 : معالجة الماء وتهنيئته

الوحدة 3 : رطوبة التربة واحتياجات المحصول

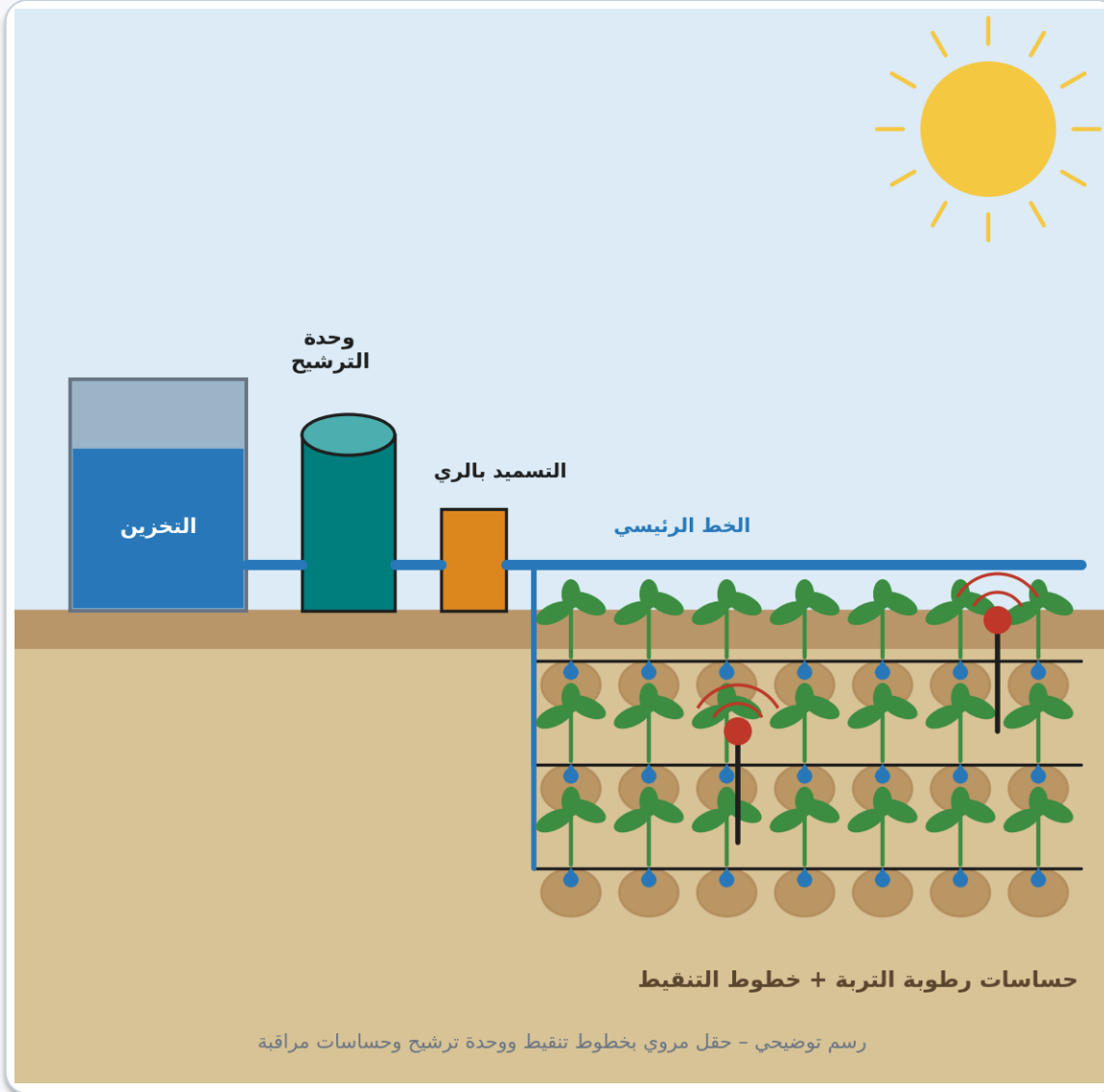
الوحدة 4 : هيدروليكا الشبكة وتشغيلها

باسم الخوالة



الوحدة 1: مقدمة

1. عنوان الدورة وأهدافها



- إتقان أساسيات ري المزرعة وفهم التربة وتحليل جودة الماء.

- فهم العوامل التي تحكم التبخر - النتح للمحصول وتراكم الأملاح.

- تطبيق إجراءات التشغيل القياسية (SOP) للترشيح والمعالجة الكيميائية وصيانة الشبكة.

- تطبيق التشخيص الحقلّي لزيادة الإنتاج مع حماية معدات نظام الري والتسميد.

2. القاعدة الذهبية لإدارة المزرعة (جودة المياه تؤثر في المزرعة كلها)

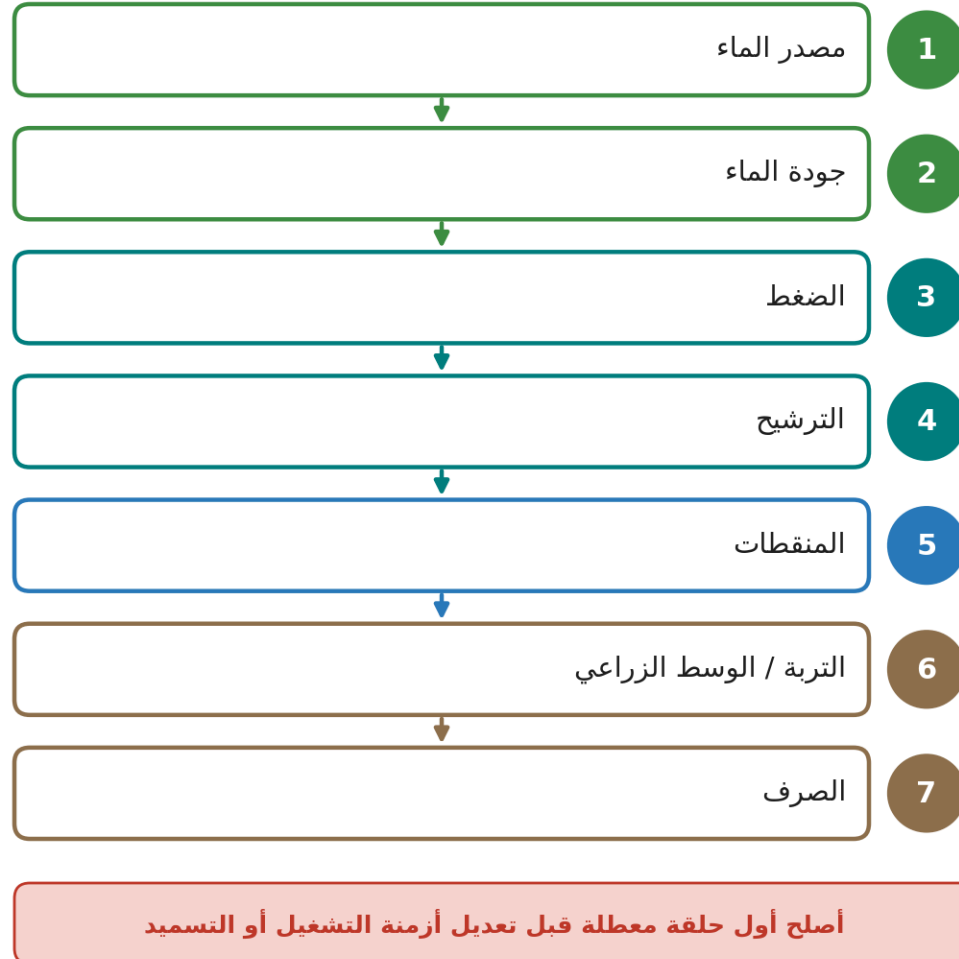
- لا تعدل أزمدة التشغيل أو تضيف الأسمدة أو تزد الماء قبل تشخيص السبب الجذري.

• سلسلة التشخيص المنهجية:

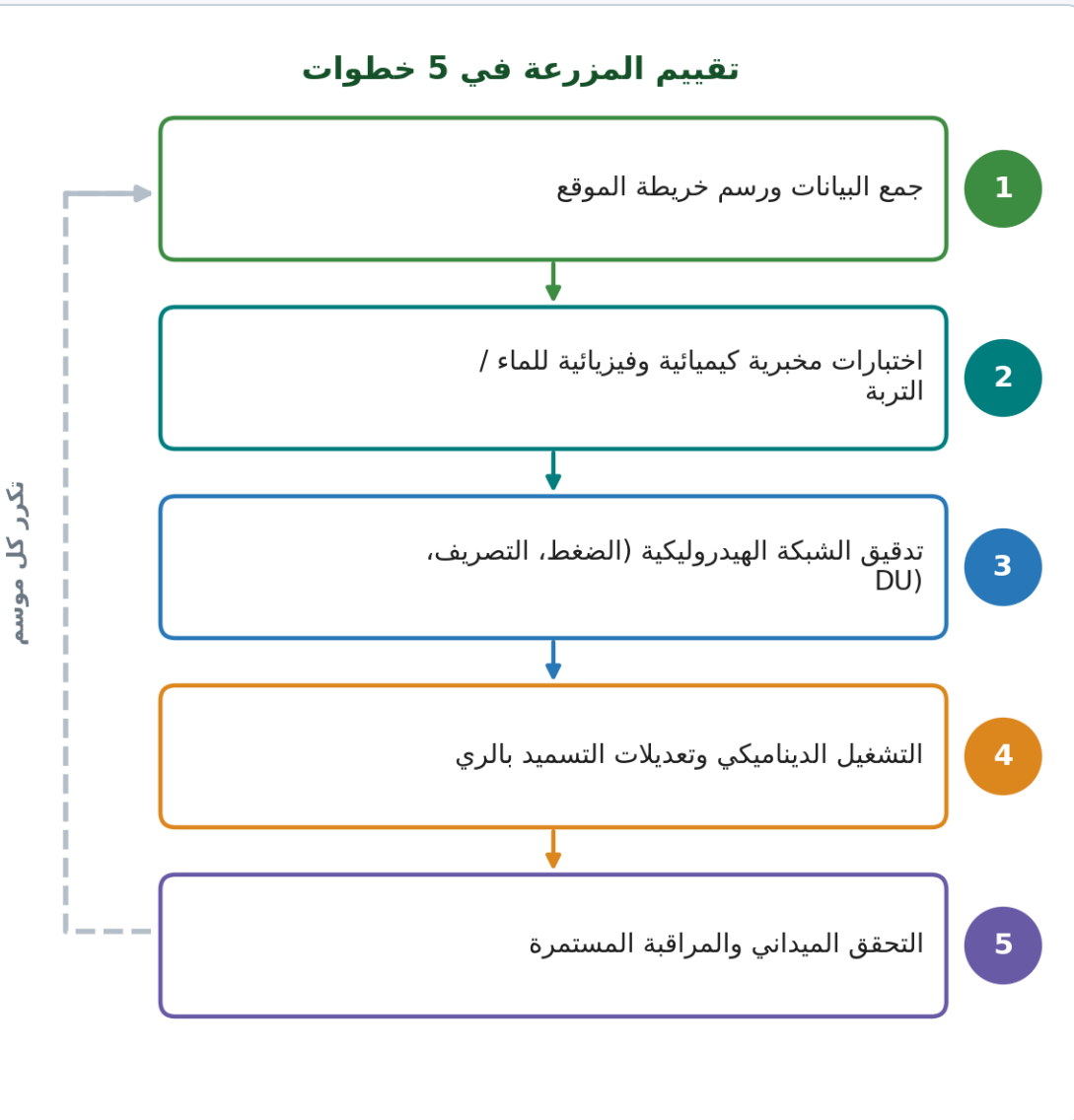
1. مصدر الماء ← 2. جودة الماء ← 3. الضغط
4. الفلترة (الترشيح) ← 5. النقاطات (المنقطات) ← 6. التربة / الوسط الزراعي ← 7. الصرف

- معالجة الأعراض دون فهم ديناميكية النظام تؤدي إلى فشل المحصول وارتفاع التكاليف.

سلسلة التشخيص - تدرج بالترتيب



3. مخطط تقييم المزرعة المنهجي في 5 خطوات



- الخطوة 1: جمع البيانات كاملة ورسم خريطة الموقع
- الخطوة 2: اختبارات مخبرية كيميائية وفيزيائية للماء والتربة
- الخطوة 3: تدقيق الشبكة الري (الضغط، التصريف، DU)
- الخطوة 4: التشغيل الديناميكي وتعديلات التسميد بالري
- الخطوة 5: التحقق الميداني والمراقبة المستمرة

فيزيائية	عوالق وحرارة - تقلل الرواسب المعدنية والمواد العالقة من كفاءة الري.
كيميائية	EC و pH والأيونات - قد تحد الملوحة من امتصاص الماء رغم رطوبة منطقة الجذور. - قد تضر أيونات محددة واختلال الصوديوم بالمحصول أو بنية التربة.
حيوية	طحالب وغشاء حيوي تقلل الرواسب والأغشية الحيوية من كفاءة الري.

4. شجرة القرار السريعة للتشخيص

• الأعراض مقابل الأسباب الجذرية:

- ذبول الأوراق: تربة جافة (نقص الري) مقابل تربة رطبة (نقص الأكسجين / تعفن الجذور).
- انسداد المنقطات: غشاء حيوي / طبقة بكتيرية لزجة مقابل ترسبات كربونات الكالسيوم.
- قشرة ملحية على السطح: ارتفاع EC الماء مقابل عدم كفاية الري التكميلي (كسر الغسيل).

• التشخيص الصحيح يمنع قرارات إدارية تأتي بنتائج عكسية.

العرض ← السبب المحتمل

ذبول الأوراق

تربة جافة

نقص الري

تربة رطبة

نقص الأكسجين / تعفن الجذور

انسداد المنقطات

الغشاء الحيوي

الطبقة اللزجة البكتيرية

كربونات الكالسيوم

ترسبات كلسية

قشرة ملحية على السطح

ارتفاع EC الماء

أملاح مضافة مع الماء

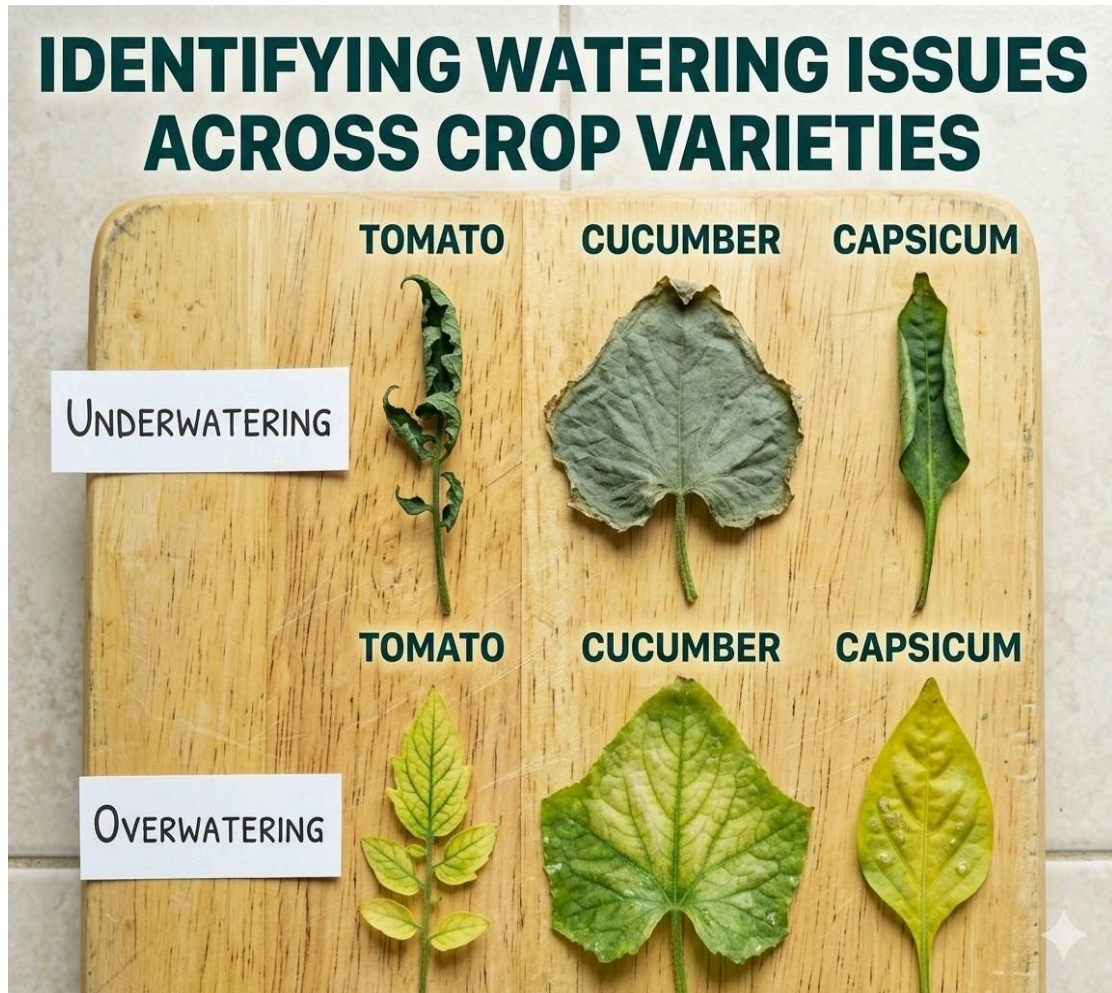
كسر غسيل منخفض

أملاح غير مغسولة



4. شجرة القرار السريعة للتشخيص

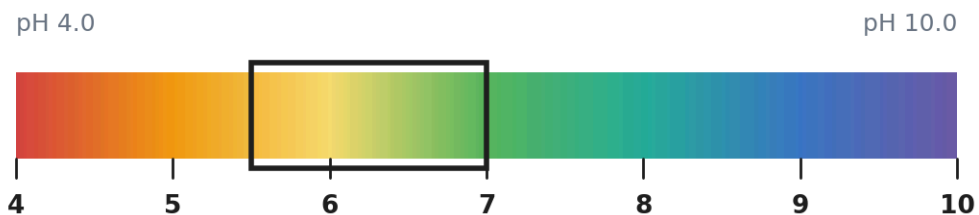
- ذبول الأوراق: تربة جافة (نقص الري) مقابل تربة رطبة (نقص الأكسجين / تعفن الجذور).



العرض / العلامة	نقص الري (Under-watering)	زيادة الري (Over-watering)
لمس الأوراق	جافة، مقرمشة، وملتفة للداخل	رطبة، طرية/رخوة، ومتدلية
لون الأوراق	باهت، حواف بنية جافة	(لون أصفر عميق) يبدأ من الأوراق السفلى
التربة	جافة جداً وتتآكل/تنفصل عن حواف الوعاء	رطبة باستمرار، تفوح منها رائحة عفن
نمو الجذور	بيضاء وقوية لكنها تنمو للأسفل بحثاً عن الماء	(بنية، داكنة، ورخوة) علامة تعفن الجذور
تساقط الأزهار/الثمار	تساقط سريع لتوفير الطاقة	(تعفن الطرف الزهري للثمار) مثل الطماطم

pH 5.5 التربة وكيمياء إتاحة العناصر الغذائية

pH التربة يتحكم بكمياء العناصر الغذائية



التربة الحمضية (pH < 5.5)

سمية الألمنيوم / المنغنيز؛ تثبيت الفوسفور

المثالي (pH 5.5 - 7.0)

أفضل امتصاص عام للعناصر الغذائية

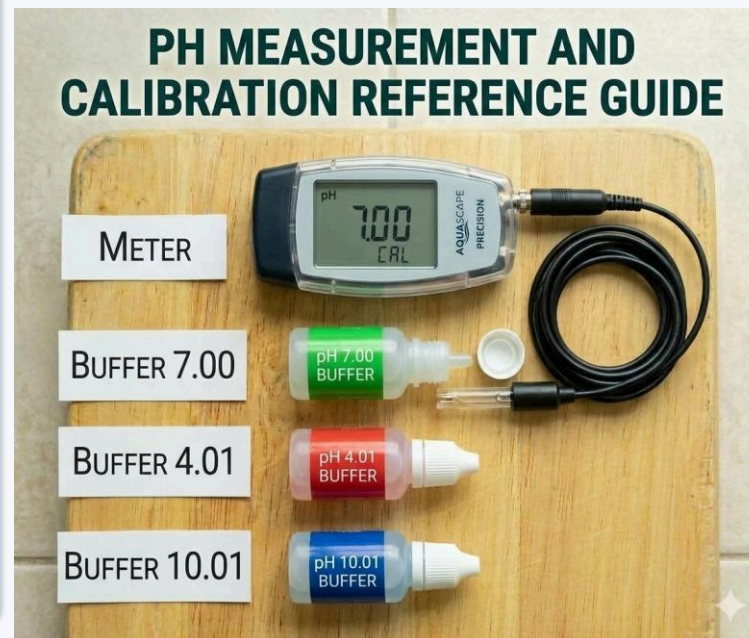
التربة القلوية (pH > 7.5)

نقص Fe و Mn و Zn و B؛ ترسب فوسفات الكالسيوم

pH لوغاريتمي - وحدة واحدة = تغير 10 أضعاف في تركيز H^+

pH التربة يعبر عن تركيز أيونات الهيدروجين على مقياس لوغاريتمي (0-14).

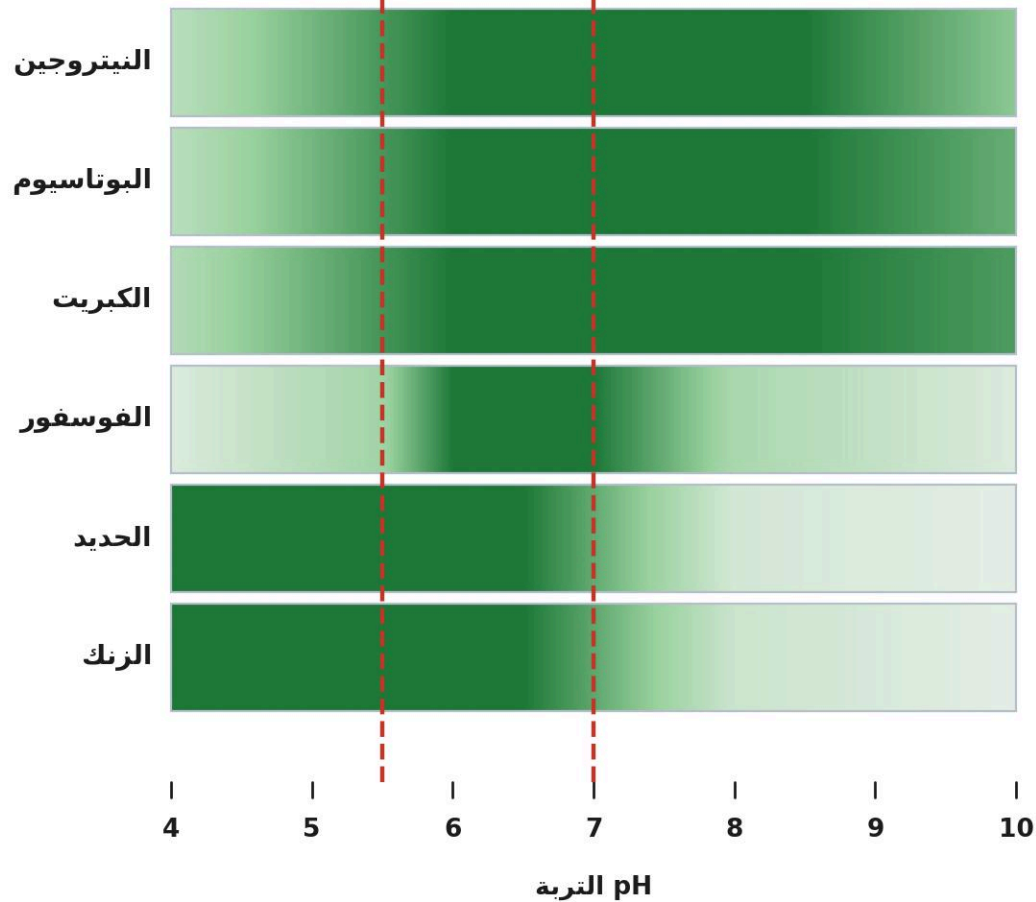
- يتحكم في ذوبان العناصر الغذائية وحالات الأكسدة الكيميائية.
- التربة الحمضية (pH > 5.5): سمية الألمنيوم / المنغنيز وتثبيت الفوسفور.
- التربة القلوية (pH < 7.5): نقص العناصر الدقيقة (Fe, Mn, Zn, B) وترسب فوسفات الكالسيوم.



قبل الاستخدام	فحص ومعايرة
أثناء القياس	انتظار الثبات
بعد الاستخدام	شطف وتخزين مناسب، يُحفظ القطب في محلول التخزين الموصى به، وليس جافاً أو في ماء نقي.

6. مخطط إتاحة العناصر الغذائية مقابل pH التربة

إتاحة العناصر الغذائية النسبية مقابل pH التربة
المستهدف 5.5 - 7.0



الأخضر الأعمق = إتاحة أكبر. رسم تخطيطي مبني على مخططات الإتاحة القياسية.

- يعبر pH عن درجة الحموضة أو القاعدية وقت القياس.
- تعبر القلوية عن قدرة الماء على معادلة الحمض وترتبط غالباً بالبكربونات.
- تعتمد الحاجة للحمض على القلوية؛ وقد تختلف المعالجة لمياه لها pH متساوي.
- نطاق pH التربة المستهدف: من 5.5 إلى 7.0 لأفضل امتصاص عام للعناصر الغذائية.
- النيتروجين والبوتاسيوم والكبريت: متاحة عبر نطاق واسع (6.0–8.5).
- الفوسفور: ذروة الإتاحة محصورة بدقة بين pH 6.0 و 7.0.
- الحديد والزنك: تنخفض بسرعة عندما يرتفع pH فوق 6.5.

pH	الحموضة أو القاعدية الحالية	pH الماء	تقييم المصدر والمعالجة
القلوية	مقاومة تغير pH	pH المحلول	فحص بعد خلط الأسمدة
جرعة الحمض	تحليل ومعايرة مخبرية	pH الجنور	تأكيد ظروف المحصول

جهاز قياس pH التربة

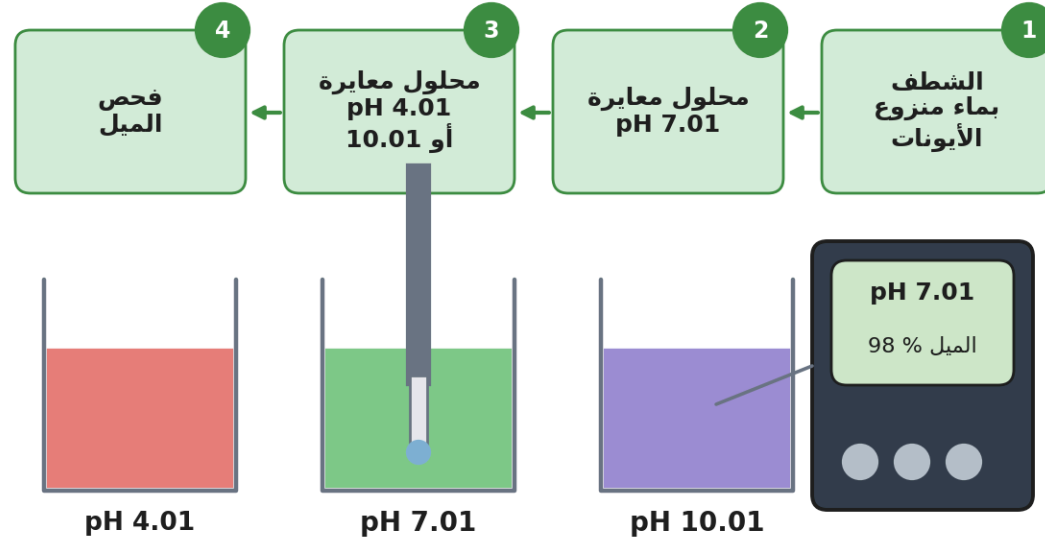


7. بروتوكول معايرة أجهزة pH المحمولة

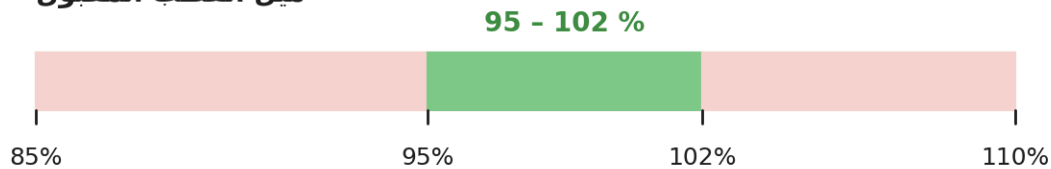
• إجراءات المعايرة اليومية بنقطتين:

1. اشطف القطب جيدًا بماء منزوع الأيونات / مقطر.
2. اغمره في محلول معايرة pH 7.01 واضبط خط الأساس.
3. اشطفه ثم اغمره في محلول pH 4.01 (للتربة الحمضية) أو pH 10.01 (للقلوية).
4. تحقق من نسبة الميل (يجب أن تكون بين 95% و 102%).

معايرة مقياس pH يوميا بنقطتين



ميل القطب المقبول

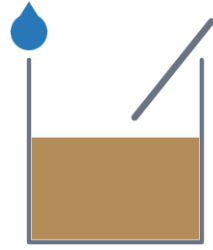


8. القياس الحقلّي لـ pH التربة (العجينة المشبعة)

• بروتوكول مستخلص العجينة المشبعة:

1. اجمع عينة تربة ممثلة من منطقة الجذور النشطة (0-30 سم).
2. اخلط 100 غ من التربة المجففة هوائياً بماء مقطر مع التحريك حتى يلمع سطح العجينة.
3. اترك الخليط ليتزن 30 دقيقة.
4. أدخل قطب pH معياراً مباشرة في مستخلص العجينة.

مستخلص العجينة المشبعة - الخطوات الحقلية



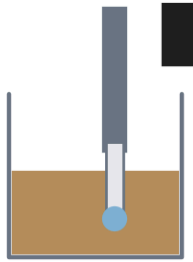
2

100 غ تربة مجففة هوائياً
+ ماء مقطر مع التحريك



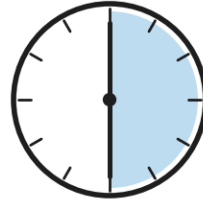
1

أخذ عينة من منطقة الجذور
0 - 30 سم



4

إدخال قطب pH معيار

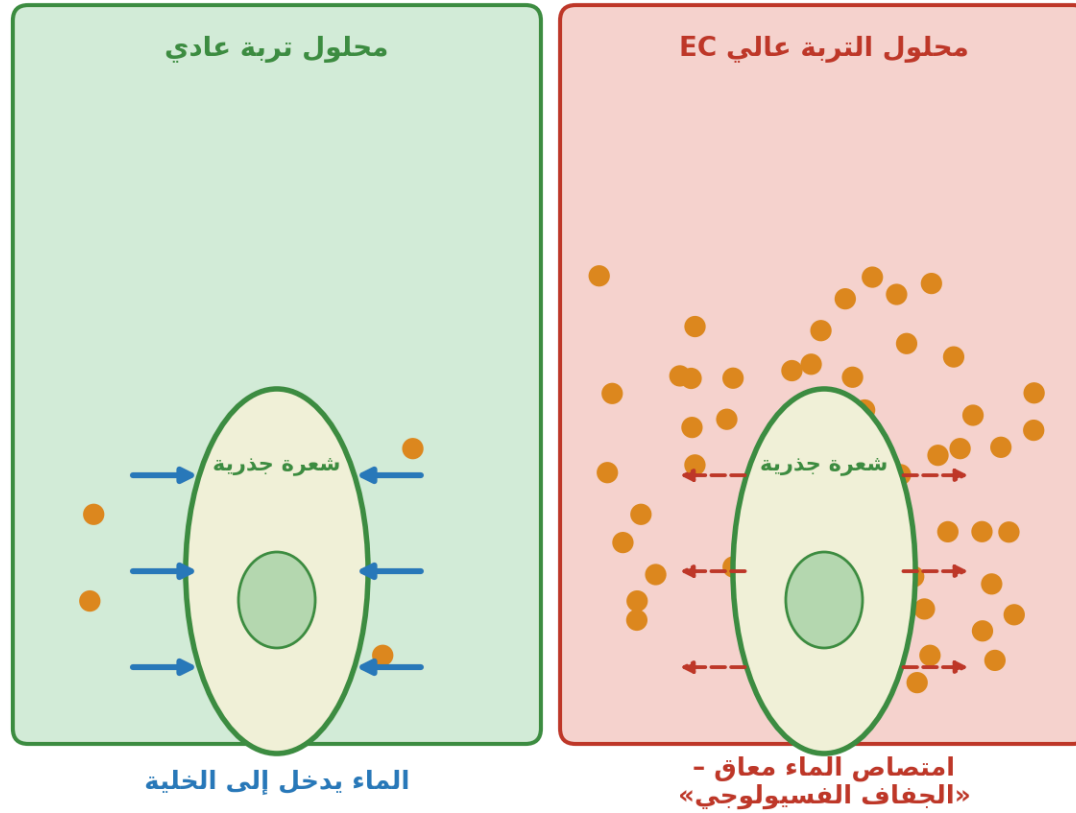


3

الانتزان
30 دقيقة

9. ملوحة التربة: ديناميكية EC و TDS

الأسموزية عند الشعرة الجذرية



- التوصيل الكهربائي (EC): مقياس للأملاح الذائبة في الماء / محلول التربة.
- المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS): الوزن الكلي للأيونات غير العضوية الذائبة.
- ارتفاع EC يزيد الضغط الأسموزي فيصعب على الجذور استخلاص الماء.
- ينتج «جفاف فسيولوجي» حتى في التربة المشبعة تمامًا.

10. المعادلات الرياضية لتحويلات الملوحة

• تكافؤ الوحدات القياسي:

$$1 \text{ ds/m} = 1 \text{ mS/cm} = 1,000 \text{ uS/cm}$$

• التحويل إلى المواد الصلبة الذائبة الكلية (TDS):

$$\text{TDS (mg/L)} = k * \text{EC (uS/cm)}$$

$$0.64 = k \quad (\text{EC} < 5 \text{ dS/m}) \text{ لمياه الري القياسية}$$

$$0.70 = k \quad (\text{EC} > 5 \text{ dS/m}) \text{ للمياه عالية الملوحة}$$

مرجع تحويلات الملوحة

تكافؤ الوحدات

$$1 \text{ dS/m} = 1 \text{ mS/cm} = 1,000 \text{ uS/cm}$$

EC → TDS

$$\text{TDS (mg/L)} = k \times \text{EC (uS/cm)}$$

$$\begin{aligned} k &= 0.64 \quad \text{مياه الري (EC} < 5 \text{ dS/m)} \\ k &= 0.70 \quad \text{المياه عالية الملوحة (EC} > 5 \text{ dS/m)} \end{aligned}$$

أمثلة محلولة

$$\begin{aligned} \text{EC } 2.0 \text{ dS/m} &= 2,000 \text{ uS/cm} \\ \text{TDS} &= 0.64 \times 2,000 = 1,280 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{EC } 6.0 \text{ dS/m} &= 6,000 \text{ uS/cm} \\ \text{TDS} &= 0.70 \times 6,000 = 4,200 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

11. أضرار الملوحة على النبات: الأعراض الظاهرية

• تأثير الملوحة على بنية الجذور:

- قصر استطالة الجذور وموت أطرافها وتراجع التفرعات الجانبية.

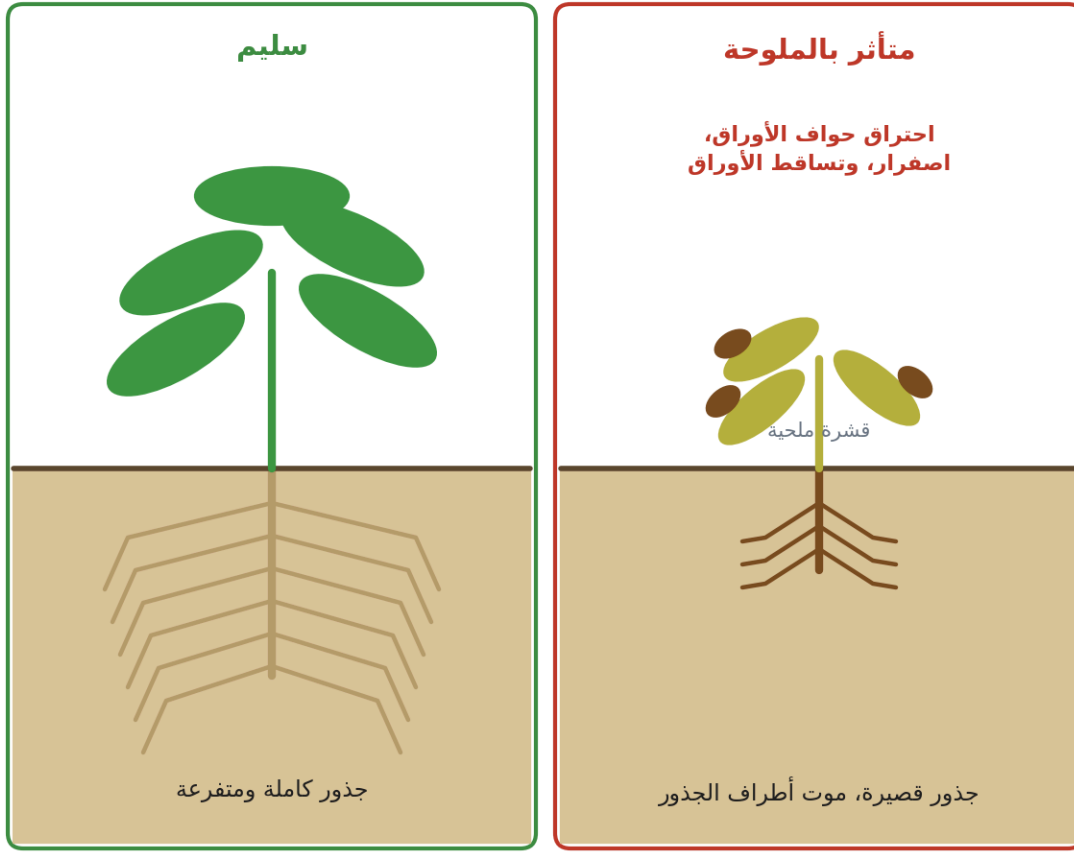
• أعراض المجموع الخضري والتاج:

- احتراق حواف الأوراق واصفرارها وموت أنسجتها وتساقطها المبكر.

- أوراق متقزمة خضراء داكنة / مائلة للزرقة بطبقة شمعية سميكة.



نبات سليم مقابل نبات متأثر بالملوحة

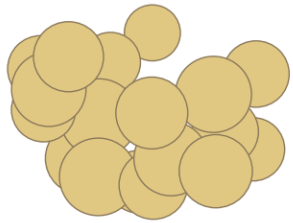


رسم تخطيطي

12. قوام التربة مقابل بنيتها - Soil Texture vs. Soil Structure

القوام (دائم) مقابل البنية (قابلة للإدارة)

القوام - فئات حجم الحبيبات



الرمل (0.05 - 2.0 مم)

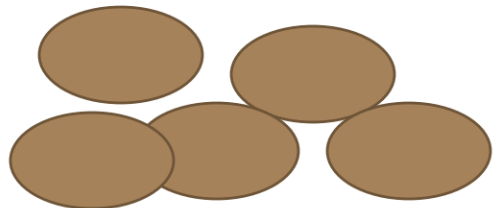


الغرين (0.002 - 0.05 مم)



الطين (< 0.002 مم)

البنية - كيف تتجمع الحبيبات



حبيبات تربة متجمعة + مسام كبيرة:
تهوية واختراق الجذور



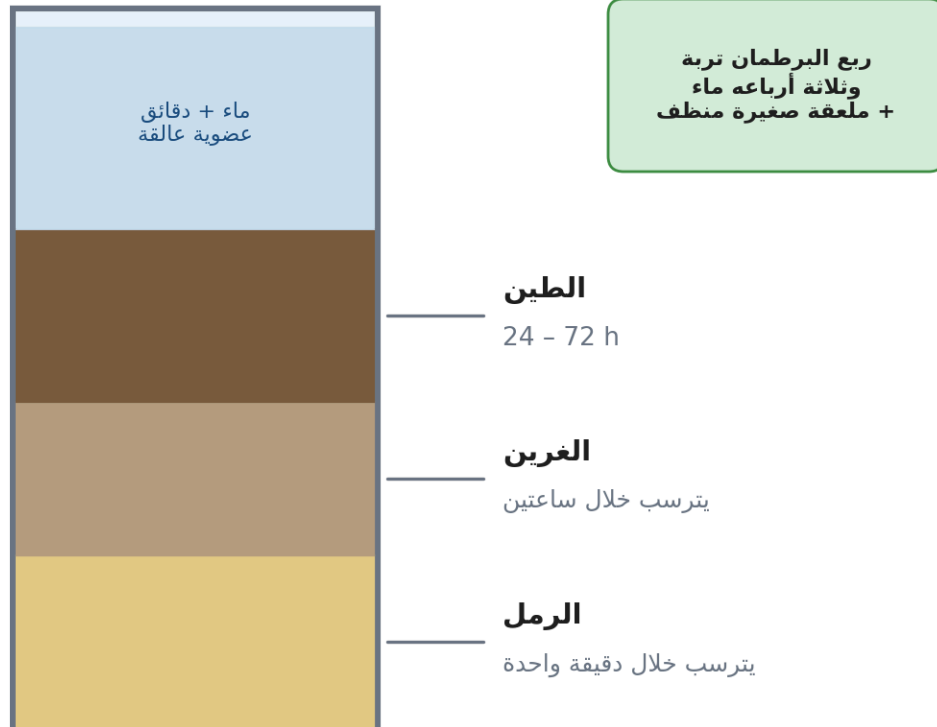
كتلي / منضغط

- قوام التربة: النسب النسبية لحبيبات الرمل والغرين والطين (دائم).
- بنية التربة: تجمع حبيبات التربة في كتل أو تجمعات (قابلة للإدارة).
- يحدد القوام التوصيل الهيدروليكي الأصلي والسعة التبادلية الكاتيونية (CEC).
- تحدد البنية تهوية المسام الكبيرة ومقاومة اختراق الجذور.



13. طريقة اختبار البرطمان للتربة (إجراء حقلّي) The Soil Jar Test Method (Field SOP)

اختبار البرطمان - طبقات الترسيب



نسبة الرمل % = ارتفاع طبقة الرمل ÷ إجمالي ارتفاع الرواسب × 100
(وكذلك للغرين والطين)

• إجراء تقدير القوام الحقلّي:

1. املأ برطمانًا زجاجيًا مستقيم الجوانب بالتربة حتى الربع، ثم أضف الماء حتى ثلاثة أرباعه.
2. أضف ملعقة صغيرة من مسحوق المنظف؛ ورج بقوة لمدة 3 دقائق.
3. أزمدة الترسيب:
 - يترسب الرمل خلال دقيقة واحدة.
 - يترسب الغرين خلال ساعتين.
 - يبقى الطين معلقًا من 24 إلى 72 ساعة.
4. قس ارتفاع الطبقات لحساب النسب المئوية النسبية.



USDA Soil Texture Triangle Application (USDA)

14. تطبيق مثلث قوام التربة

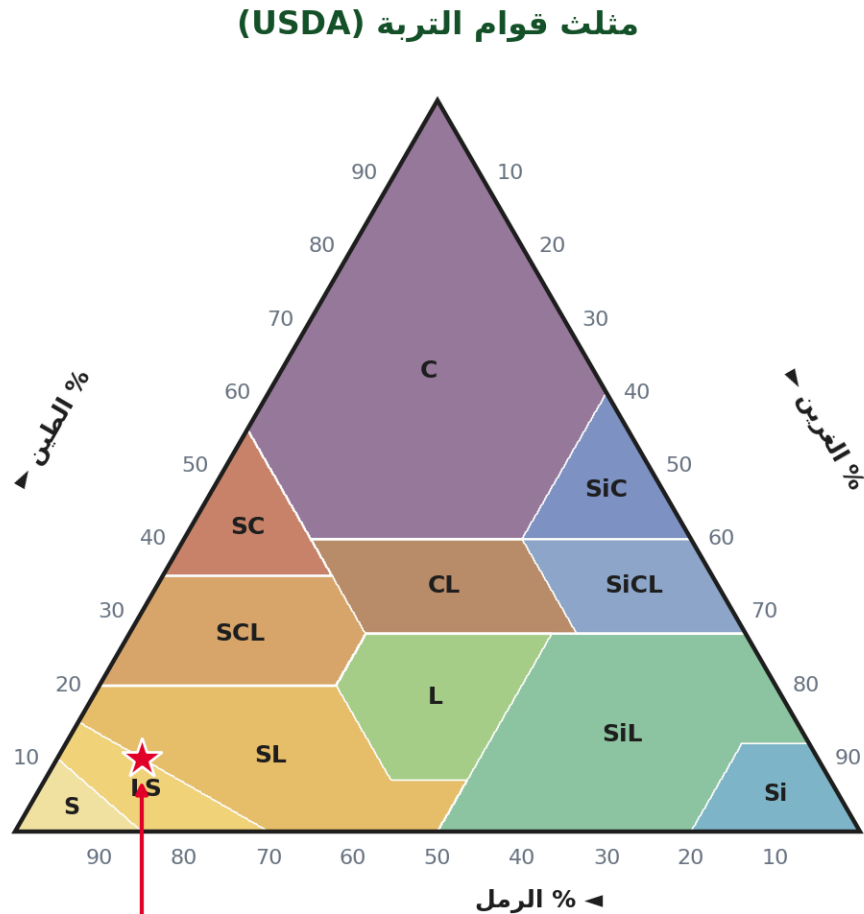
• قراءة مثلث قوام التربة:

- حدد نسبة الرمل على القاعدة، والغرين على الضلع الأيمن، والطين على الضلع الأيسر.

- تقاطع الخطوط يحدد التصنيف الرسمي للتربة.

• مثال: 80% رمل، 10% غرين، 10% طين = تربة رملية (خشنة القوام).

• يحدد تكرار دورات الري وحدود زمن التشغيل.



80 % رمل، 10 % غرين، 10 % طين
← رملية مزيجية (تربة خشنة، مجموعة «الرملية»)

15. Soil Texture Hydraulic Profiles (Wetting Pattern Diagrams)

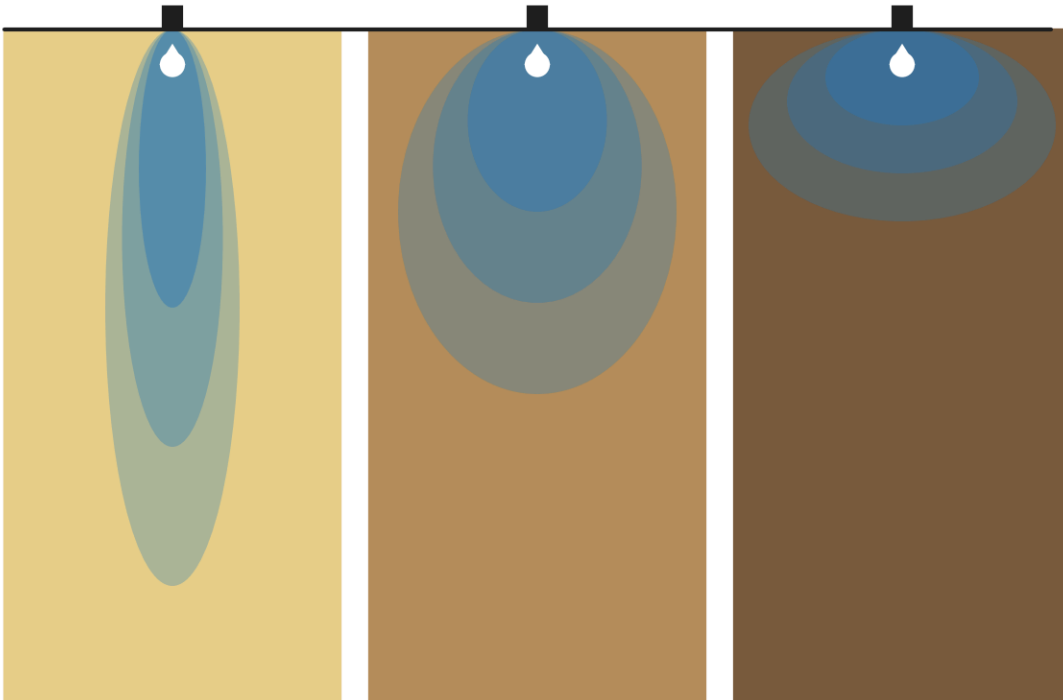
15. المقاطع الهيدروليكية لقوام التربة (أنماط الترطيب)

نمط ترطيب المنقط حسب نوع التربة

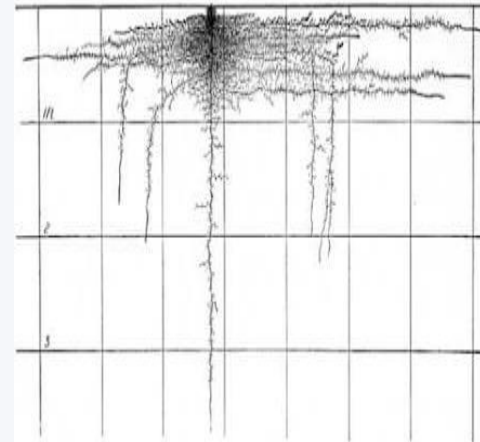
الرمل

المزيجية

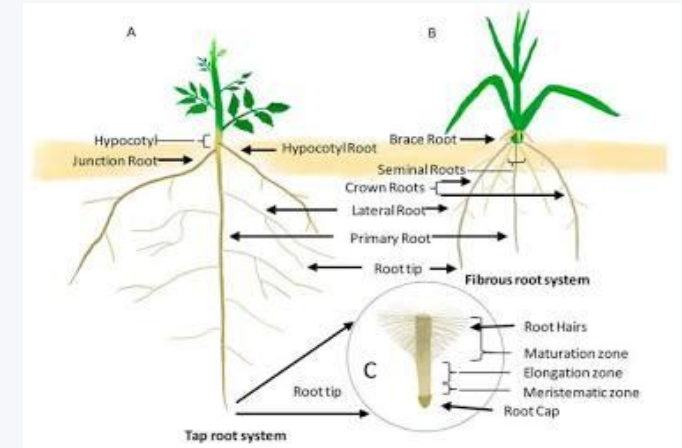
الطين

ضيقة وعميقة
الخطر: الريش
العميقبصلة رطوبة متوازنة
توزيع مثاليعريضة وضحلة
الخطر: الجريان
السطحي

- التربة الرملية: معدل تسرب مرتفع وسعة احتفاظ منخفضة بالماء.
- نمط الترطيب ضيق وعميق (شكل قلم). خطر فقد الماء بالرشح العميق.
- التربة الطينية: معدل تسرب منخفض وسعة احتفاظ مرتفعة بالماء.
- نمط الترطيب عريض وضحل (شكل طبق). خطر الجريان السطحي.
- التربة المزيجية: توزيع متوازن مثالي لبصلة الترطيب.



جذور خيار



جذور طماطم

Topography & Terrain Slope Hydraulics

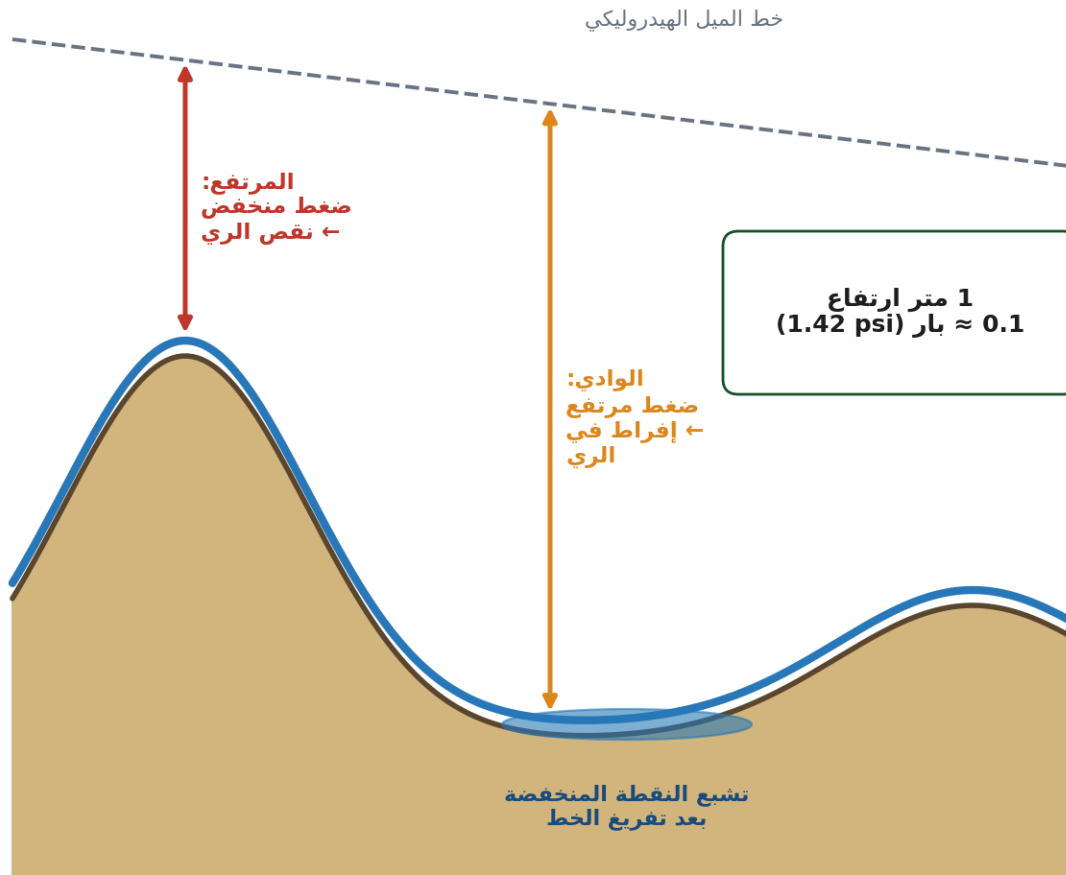
16. الطبوغرافيا وهيدروليكا ميل الأرض

• الآثار الهيدروليكية للميل:

- تغير الارتفاع بمقدار 1 متر = تغير ضغط بمقدار 0.1 بار (PSI 1.42).
- الخطوط الصاعدة تسبب هبوط الضغط ونقص الري.
- الخطوط الهابطة تسبب تراكم الضغط والإفراط في الري.
- مخاطر الصرف: تشبع ديناميكي للمناطق المنخفضة عند تفريغ الخطوط بعد الري.



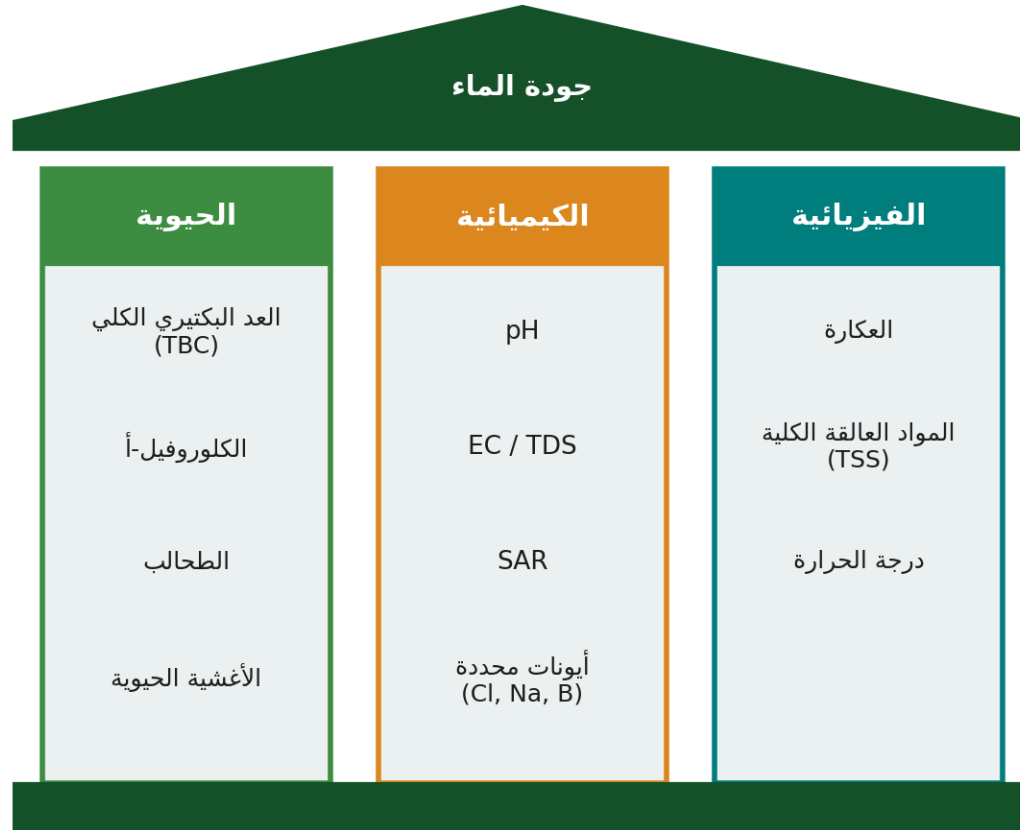
الميل وضغط الخط



17. مؤشرات جودة الماء الفيزيائية والكيميائية والحيوية

Physical, Chemical & Biological Water Indicators

ركائز مراقبة جودة الماء الثلاث



التشخيص الموثوق يتطلب الركائز الثلاث

• فيزيائية:

العكارة، المواد العالقة الكلية (Total Suspended Solids TSS)، درجة الحرارة.

• كيميائية:

pH، EC / TDS، نسبة امتصاص الصوديوم (SAR)، أيونات محددة (Cl, Na, B).

• حيوية:

العد البكتيري الكلي (TBC)، الكلوروفيل-أ، الطحالب، الأغشية الحيوية.

• يتطلب التحليل الشامل مراقبة ديناميكية للمحاور الثلاثة جميعها.



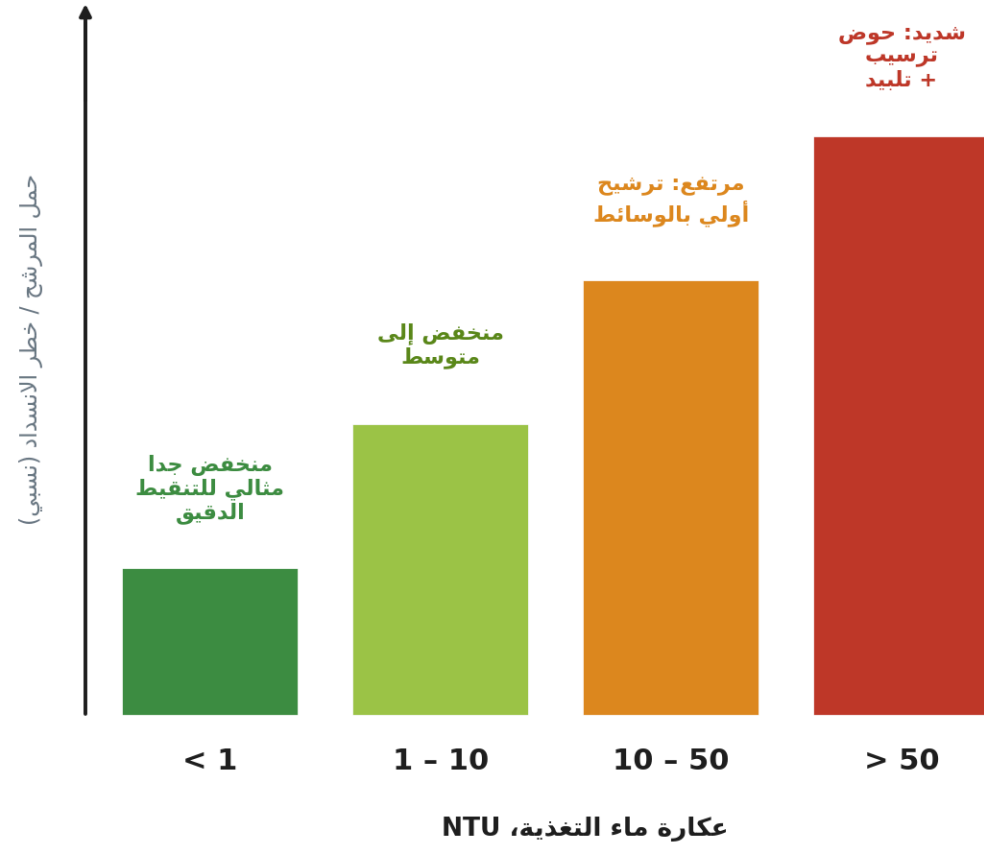
Water Salinity & pH Classifications

Parameter Category	Low Risk	Moderate Risk	High Risk / Severe
EC (dS/m)	< 0.75 dS/m	0.75 – 2.25 dS/m	> 2.25 dS/m
TDS (mg/L)	< 480 mg/L	480 – 1440 mg/L	> 1440 mg/L
Water pH	6.5 – 7.5	7.5 – 8.4	< 5.5 or > 8.4
Sodium (SAR)	< 3.0	3.0 – 9.0	> 9.0
Chloride (mg/L)	< 140 mg/L	140 – 350 mg/L	> 350 mg/L

Turbidity & Suspended Solids Dynamics

19. ديناميكية العكارة والمواد العالقة

العكارة (NTU) والحاجة إلى الترشيح



فئات الخطر وفق حدود الدورة: ارتفاعات الأعمدة نوعية

• تقاس العكارة بوحدات العكارة النفيلومترية (NTU).

Turbidity measured in Nephelometric Turbidity Units (NTU).

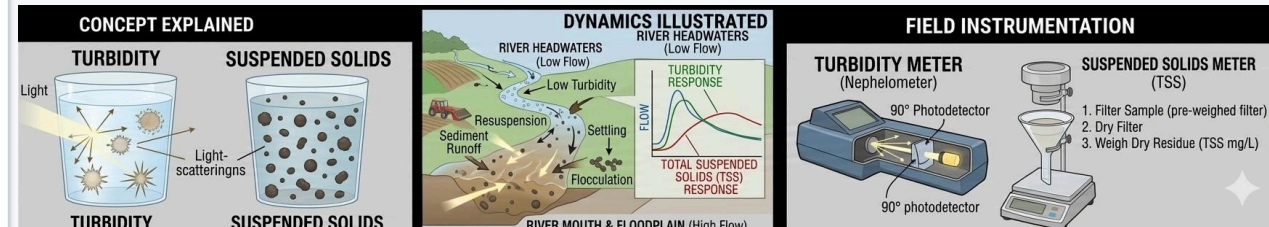
• درجات التصنيف:

• $1 > NUT$: خطر منخفض جداً (مثالي للتنقيط الدقيق).

• $10 - 1NUT$: خطر منخفض إلى متوسط.

• $50 - 10NUT$: خطر مرتفع (يتطلب ترشيحاً أولياً بالوسائط).

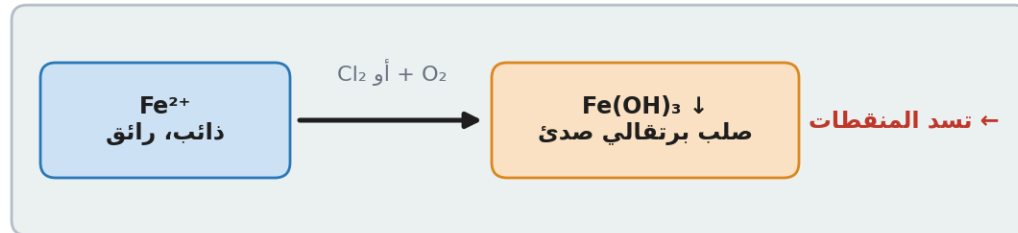
• $50 < NUT$: خطر شديد (يتطلب أحواض ترسيب وتليد).



Iron & Manganese Fouling Chemistry

20. كيمياء انسدادات الحديد والمنغنيز

انسدادات الحديد والمنغنيز



راسب يضيق ممر المنقط



حدود الخطر

$\text{Fe}^{2+} > 0.3 \text{ mg/L}$

خطر انسداد متوسط

$\text{Fe}^{2+} > 1.5 \text{ mg/L}$

شديد - أكسدة وترشيح

$\text{Mn}^{2+} > 0.1 \text{ mg/L}$

راسب لزج أسود

• كيمياء أكسدة الحديد الذائب (Fe^{2+}).

Dissolved Soluble Iron (Fe^{2+} , Ferrous) oxidation chemistry.

• يحول التماس مع الأكسجين أو الكلور، Fe^{2+} إلى Fe^{3+} غير الذائب (راسب هيدروكسيد الحديد).

• حدود الخطر:

$\text{Fe}^{2+} < 0.3 \text{ mg/L}$: خطر انسداد متوسط للتنقيط.

$\text{Fe}^{2+} < 1.5 \text{ mg/L}$: خطر انسداد شديد؛ تلزم الأكسدة الكيميائية.

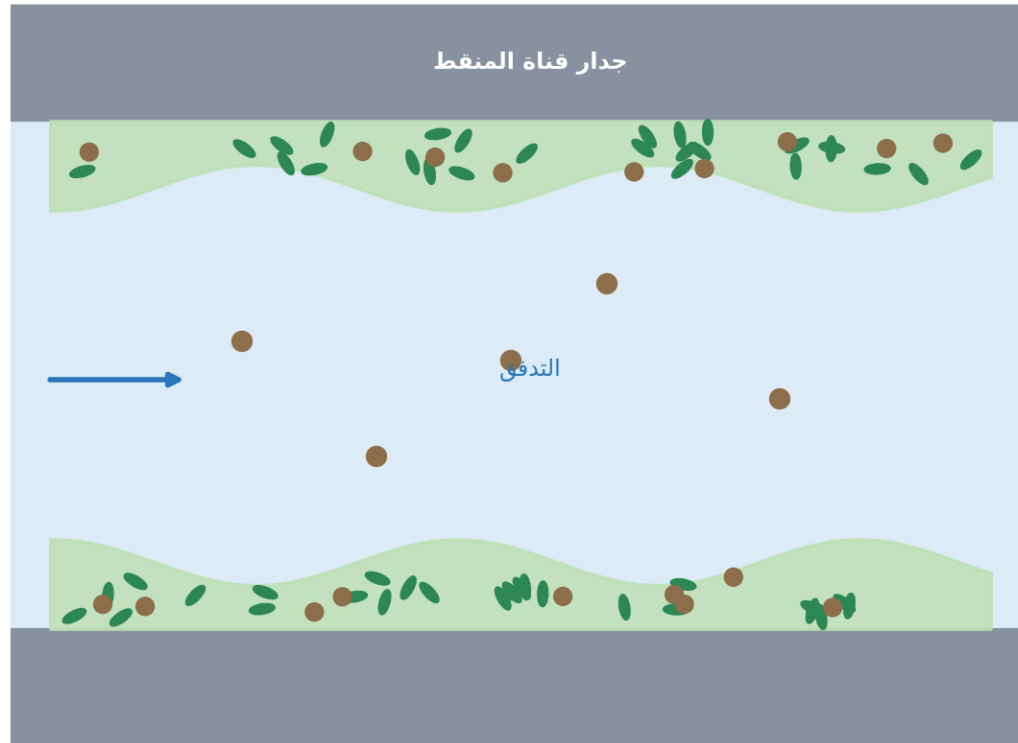
- المنغنيز ($+2\text{Mn}$): $0.1 < \text{L/gm}$: يسبب راسبًا لزجًا أسود.



Biological Hazards & Biofilm Generation

21. المخاطر الحيوية وتكون الأغشية الحيوية

تكون الغشاء الحيوي داخل المنقط



البكتيريا غرين / كالسيوم محتجز مصفوفة EPS اللزجة

خطر مرتفع عند $TBC > 10,000 \text{ CFU/mL}$ ← كلورة مستمرة

• يقاس العد البكتيري الكلي (TBC) بوحدة CFU/mL.

• تنتج البكتيريا مواد بوليمرية خارج خلوية (EPS) تكون أغشية حيوية لزجة.

• تحتجز الأغشية الحيوية الغرين الناعم وجسيمات الكالسيوم فتكون سدادات لا تزول في المنقطات.

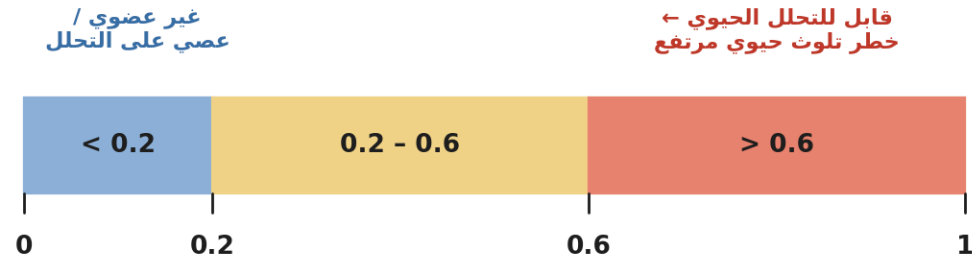
• العتبة: $10,000 \text{ CFU/mL} < TBC$ تعني خطرًا مرتفعًا يتطلب كلورة مستمرة.



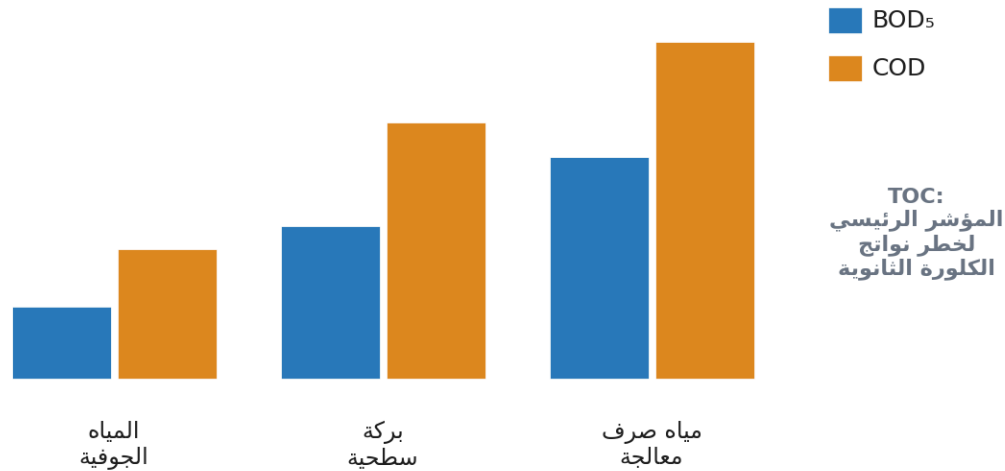
Organic Load Assessment: BOD₅, COD & TOC

22. تقييم الحمل العضوي: BOD's و COD و TOC

نسبة BOD₅ / COD - القابلية للتحلل الحيوي



الحمل العضوي حسب المصدر (نسبي، توضيحي)



• الطلب الحيوي للأكسجين (BOD) والطلب الكيميائي للأكسجين (COD).

Biochemical Oxygen Demand (BOD₅) & Chemical Oxygen Demand (COD).

• تفسير النسبة BOD/COD:

- النسبة < 0.6: نفايات عضوية عالية القابلية للتحلل (خطر مرتفع للتلوث الحيوي).

- النسبة > 0.2: المواد غير العضوية أو العضوية العسوية على التحلل.

• الكربون العضوي الكلي (TOC): المؤشر الرئيسي لخطر نواتج الكلورة الثانوية.

تكوّن الغشاء الحيوي في شبكة الري

• قد تكوّن الكائنات الدقيقة طبقة لزجة في الخزانات والأنابيب والفلاتر والنقاطات



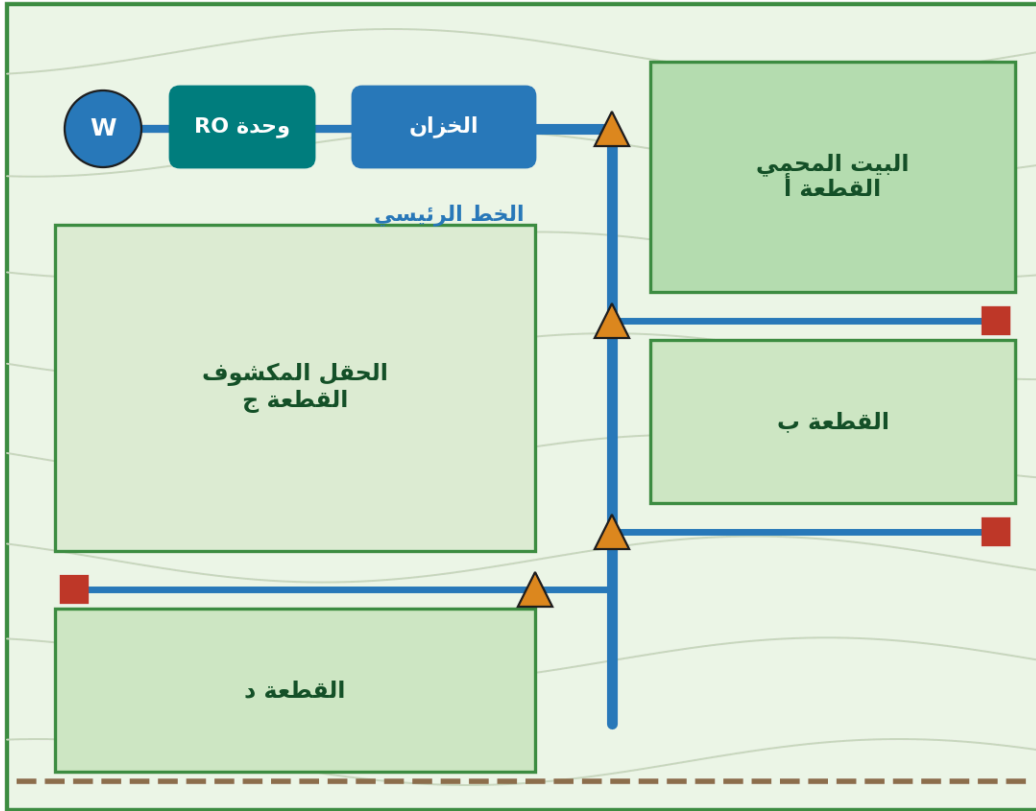
الخزان	تغطية ومنع التلوث
الأنابيب	تقليل مناطق الركود
النقاطات	فحص وتحقق من التصريف

BOD	الطلب الحيوي على الأكسجين
COD	الطلب الكيميائي على الأكسجين
TOC	الكربون العضوي الكلي

Farm Mapping & Infrastructure Layouts

23. رسم خرائط المزرعة وتصميمات البنية التحتية

خريطة المزرعة الهيدروليكية - البيانات المطلوب رصدها



- بئر / تخزين / خطوط رئيسية
- صمام الخط شبه الرئيسي
- مخرج شطف النهاية
- خط الصرف

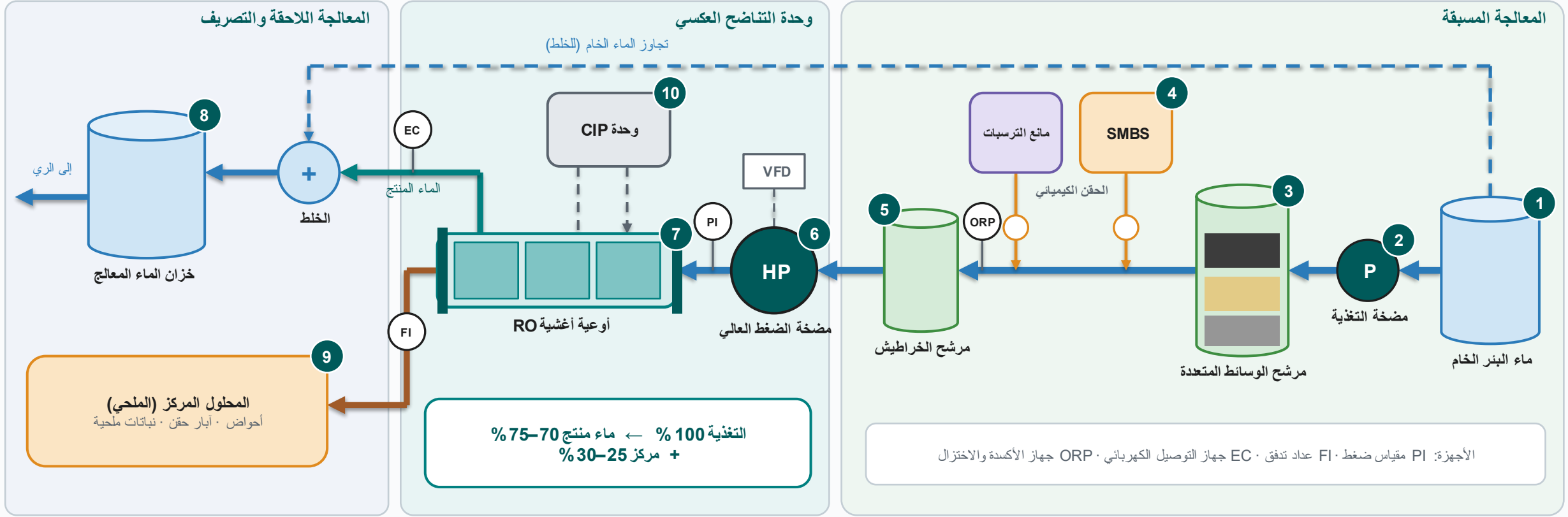
• أهم البيانات المكانية للخرائط الهيدروليكية:

- إحداثيات GPS للآبار ووحدات RO وخزانات التخزين الرئيسية.
- مسار الخط الرئيسي مع تحولات الأقطار بدقة.
- خطوط الكنتور بفواصل 1 متر عبر جميع القطع.
- مواقع صمامات الخطوط شبه الرئيسية وخطوط الصرف ومخارج الشطف عند النهايات.



نظام التناضح العكسي (RO) – المكونات وسير العملية

يفصل النظام ماء البئر المالح إلى ماء منتج قليل الملوحة ومحلول مركز (ملحي)



5 مرشح الخراطيش
حاجز أخير ضد الجسيمات الدقيقة (SDI < 3)

4 الحقن الكيميائي
SMBS يزيل الكلور الحر، وممانع الترسبات يمنع التقشر

3 مرشح الوسائط المتعددة
يزيل المواد العالقة والعكارة

2 مضخة التغذية
توصل الماء إلى خط المعالجة المسبقة

1 ماء البئر الخام
تغذية مالحة (EC ≈ 3.0 m/Sd)

10 وحدة CIP
تنظيف دوري للأغشية المتسخة (Clean-in-place)

9 تصريف المركز
30-25% محلول ملحي: أحواض تبخير، آبار حقن، نباتات ملحية

8 الخلط والتخزين
ماء منتج + ماء خام للوصول إلى EC المستهدف (1.0-1.5 m/Sd)

7 أوعية أغشية RO
تفصل التغذية إلى ماء منتج ومركز

6 مضخة الضغط العالي
تدفع التغذية عبر الأغشية (< 15 بار)

Visual Case Study: Farm Water Infrastructure Layout

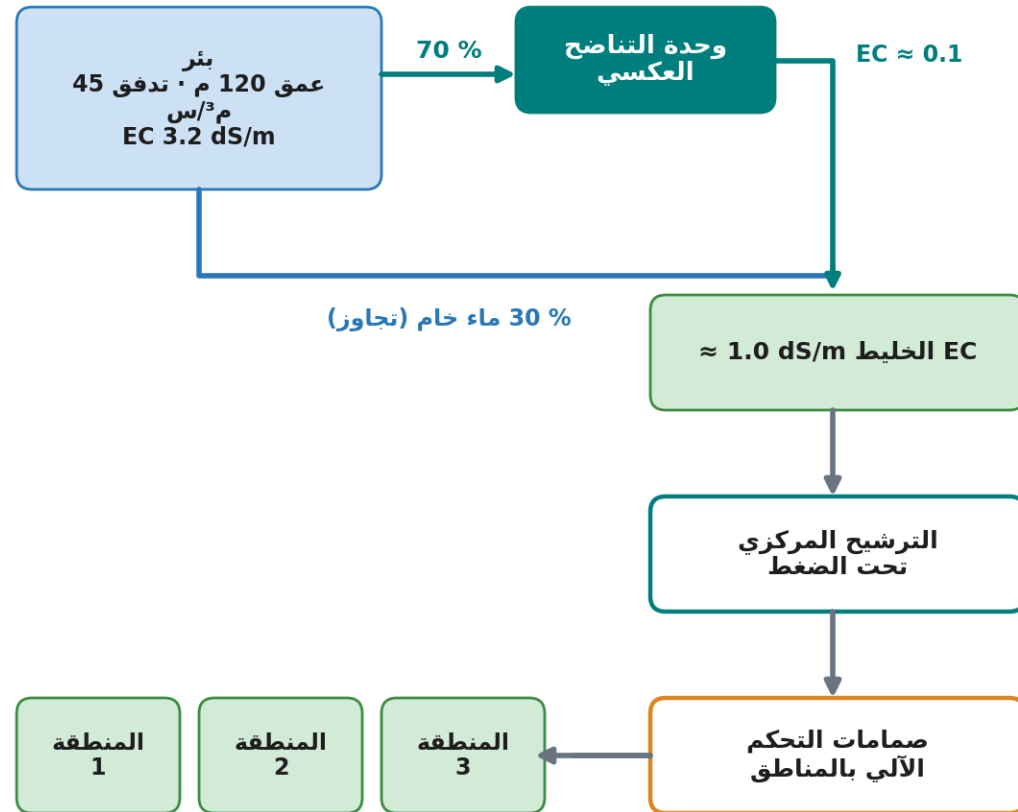
24. دراسة حالة مصورة: مخطط البنية التحتية المائية للمزرعة

• دراسة حالة تقييم ميداني:

- الماء الأساسي EC: 3.2 dS/m (ملوحة عالية).
- عمق البئر: 120 م؛ معدل التدفق: 45 م³/س.
- التصميم التصحيحي: وحدة RO متكاملة مع خط بالتجاوز 70/30، وترشيح مركزي تحت الضغط، وتحكم آلي بالمناطق.



دراسة حالة - التصميم التصحيحي



نسبة الخليط: 70 % ماء منتج من التناضح العكسي + 30 % ماء خام

Module 1 Summary & Diagnostic Checklist

25. خلاصة الوحدة 1 وقائمة التشخيص

• أهم الخلاصات:

- أجر قياس pH / EC لعجينة التربة المشبعة والمياه دائماً قبل تعديل العناصر الغذائية.
- يحدد توزيع الرمل والغرين أنماط الترطيب وتكرار الري.
- تحدد عكارة الماء والحديد الذائب ومتطلبات الترشيح.
- قائمة التشغيل: إجراء الاختبارات المخبرية للماء والتربة كل ستة أشهر.



الوحدة 1 - قائمة التشخيص

أهم الخلاصات

- ✓ قم بقياس pH / EC لعجينة التربة المشبعة قبل تعديل العناصر الغذائية
- ✓ توزيع الرمل / الغرين يحدد نمط الترطيب وتكرار الري
- ✓ العكارة والحديد الذائب تحددان متطلبات الترشيح

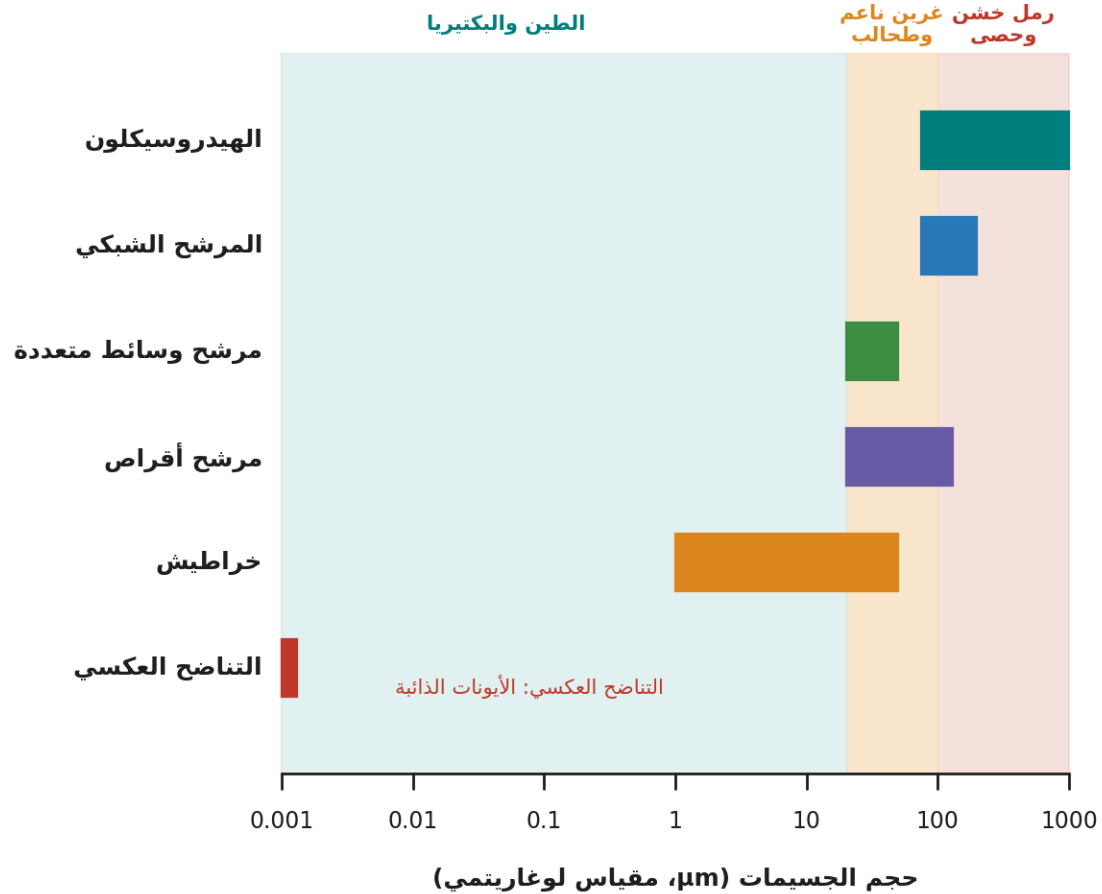
التشغيل

- ✓ إجراء اختبارات الماء والتربة المخبرية كل ستة أشهر

The Filtration Defence Barrier Overview

26. نظرة عامة على حاجز الفلترة (الترشيح الدفاعي)

طيف الترشيح (حجم الجسيمات، μm)



• الهدف الأساسي: حماية منقطة التجميع من الانسداد الميكانيكي والفيزيائي.

• تصنيف أحجام الجسيمات:

- الرمل الخشن والحصى: < 100 ميكرون.

- الغرين الناعم والطحالب: $20 - 100$ ميكرون.

- الطين والبكتيريا: > 20 ميكرون.

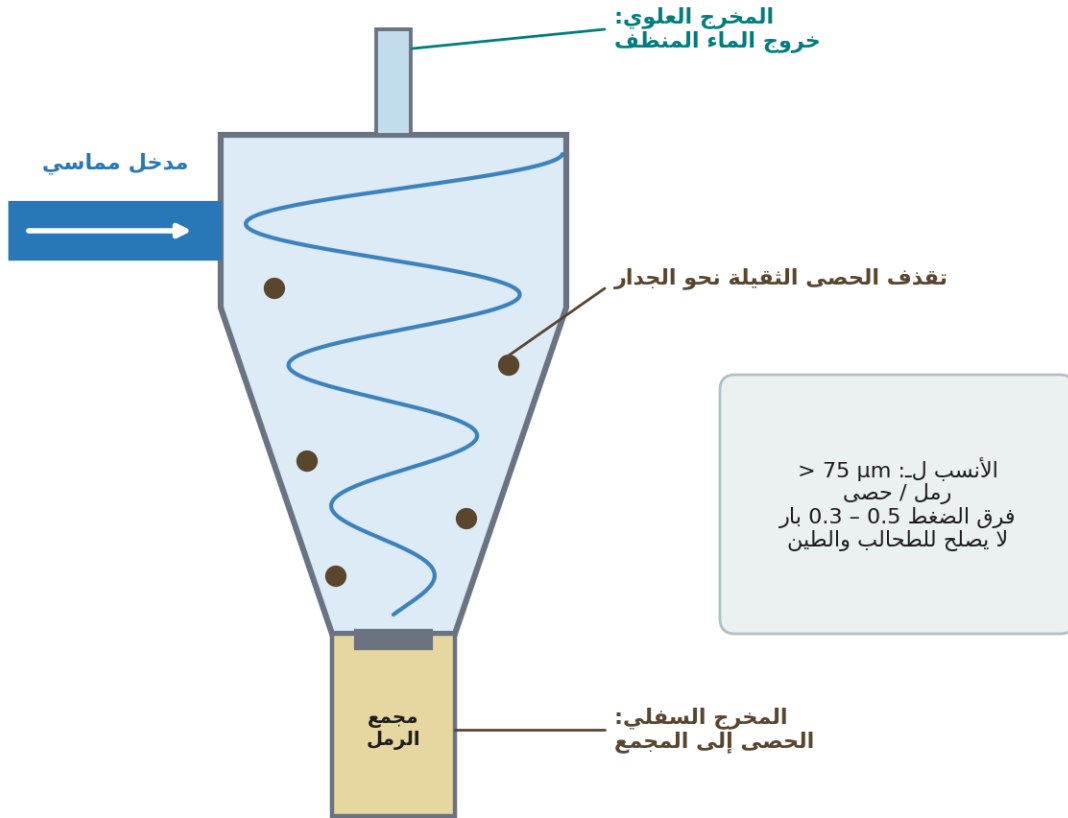
• يعتمد الاختيار على الماء الخام TSS وتوزيع أحجام الجسيمات ومعدل التدفق.



Hydrocyclone (Cyclone) Separators

27. الفواصل الإعصارية (الهيدروسيكلون)

الفصل الإعصاري (الهيدروسيكلون)



- مبدأ التشغيل: تدفع القوة الطاردة المركزية المواد الصلبة الثقيلة العالقة نحو الجدار الخارجي.
- الاستخدام الأمثل: إزالة الرمل الخشن والحصى غير العضوي (< 75 ميكرون).
- مقاييس الأداء: يتطلب فرق ضغط ثابتاً (0.3–0.5 بار) للحفاظ على الدوامة.
- القيد: غير فعال مع المواد العضوية والطحالب والطين الناعم.



28. المرشحات الشبكية الهيدروليكية الأوتوماتيكية

Automatic Hydraulic Screen Filters

مرشح شبكي أوتوماتيكي مع ماسح شفط

شبكة 80 - 200
ميشحساس ΔP : الشفط عند 0.5
بار

دخول الماء المتسخ

خروج الماء المرشح

ماسح الشفط
(فوهات دوارة)

صمام الشفط ← الصرف

يعمل الشفط دون إيقاف التدفق الرئيسي

- مبدأ التشغيل: ترشيح سطحي يحتجز الجسيمات على شبكة صلبة.

- آلية الشفط الأوتوماتيكي:

- يفعل حساس فرق الضغط (Δp) دورة الشفط عند فقد 0.5 بار.

- يكنس ماسح شفط هيدروليكي داخلي سطح الشبكة دون إيقاف التدفق الرئيسي.

- التصنيف: من 80 إلى 200 ميش (130 إلى 200 ميكرون).



Multi-Media Filtration (MMF) Architecture

29. هيكل الترشيح متعدد الوسائط (MMF)

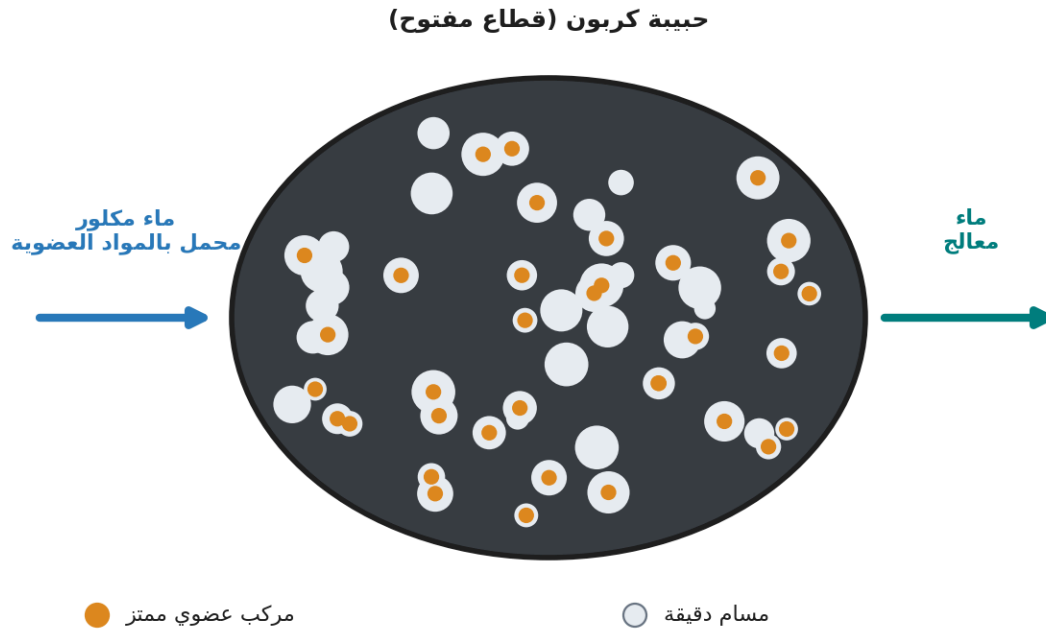


وظيفة الطبقة	الكثافة الظاهرية (g/cm ³)	حجم الحبيبات (مم)	مادة الطبقة
الطبقة العليا؛ تحتجز الجسيمات العضوية الخشنة	1.4 kg/m ³	0.7 - 1.7 mm	فحم الأنثراسايت
الطبقة الوسطى؛ تحتجز الغرين غير العضوي الناعم	2,6 kg/m ³	0.35 - 0.55 mm	رمل السيليكا
طبقة الصقل السفلية؛ فصل عالي الكثافة	3.8 kg/m ³	0.30 - 0.40 mm	العقيق (الغارنت)
طبقة دعم تحمي فوهات التصريف السفلي	2.6 kg/m ³	2.0 - 8.0 mm	طبقة الحصى

Granular Activated Carbon (GAC) Filters

30. مرشحات الكربون المنشط الحبيبي (GAC)

الكربون المنشط الحبيبي - الامتزاز



⚠ يزيل كل الكلور الحر ← بيئة مثالية للنمو الحيوي لاحقاً.
يتطلب غسلاً عكسياً حرارياً أو كيميائياً دورياً.

• مبدأ التشغيل: امتزاز الملوثات العضوية والاختزال الحفزي.

• التطبيق الرئيسي: إزالة الكلور وإزالة المبيدات العضوية والطعوم.

• تحذير ومخاطر:

- يزيل طبقة الكربون الكلور الحر كلياً فتتكون بيئة مثالية للتلوث الحيوي في المراحل اللاحقة.

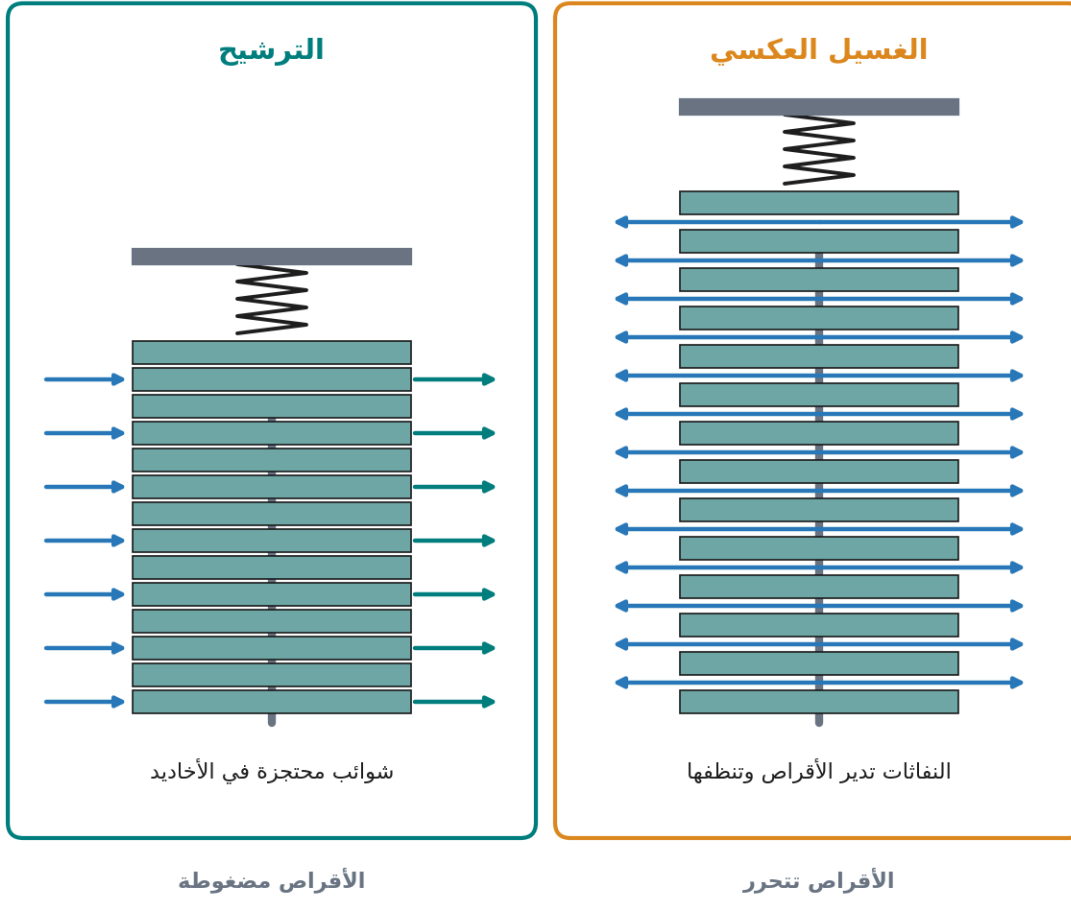
- يتطلب غسلاً عكسياً حرارياً أو كيميائياً دورياً.



Cartridge & Disc Filtration Systems

31. أنظمة ترشيح الخراطيش والأقراص

مرشح الأقراص - الترشيح مقابل الغسيل



• مرشحات الخراطيش: عناصر عمق يمكن التخلص منها (1-50 ميكرون). تستخدم قبل المعالجة بالتناضح العكسي.

• مرشحات الأقراص:

- حزمة أقراص بلاستيكية محززة مضغوطة بنابض.

- تكون مصفوفة ترشيح عمقي ثلاثية الأبعاد.

- يفك الغسيل العكسي ضغط الأقراص ويديرها لتنظيفها بنفائات ماء عالية الضغط.



Operational Comparison of Filtration Media

مقارنة المرشحات (استرشادية)

	استهلاك ماء الغسيل العكسي	صغر المساحة	المواد العضوية / الطحالب	الرمل الخشن
الهيدروسيكلون				
المرشح الشبكي				
مرشح وسائط متعددة				
مرشح أقراص				

ملاحظات من الدورة:

الهيدروسيكلون - رمل خشن فقط، بلا فقد ماء غسيل · الشبكي - تدفق مرتفع، تسده الطحالب
الوسائط المتعددة - سعة عضوية عالية، غسيل عكسي كبير · الأقراص - ممتاز للطحالب

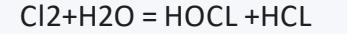
- الهيدروسيكلون: للرمل الخشن فقط؛ بدون فقد في ماء الغسيل العكسي.
- المرشح الشبكي: تدفق مرتفع ومساحة صغيرة؛ تسده الطحالب العضوية.
- مرشح الوسائط المتعددة: سعة عضوية عالية وإزالة عميقة ثلاثية الأبعاد؛ يتطلب تدفق غسيل عكسي مرتفعاً.
- مرشح الأقراص: ترشيح عمقي مدمج، ممتاز للطحالب؛ استهلاك متوسط لماء الغسيل العكسي.



Chlorination Strategy & Oxidation Chemistry

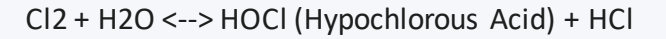
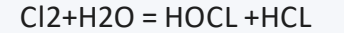
33. استراتيجيات الكلورة وكيمياء الأكسدة

- الأهداف الرئيسية: القضاء على الطبقات اللزجة / الأغشية الحيوية وأكسدة الحديد والمنغنيز الذائبين.
- كيمياء التطهير:



معادلة تفاعل الكلور مع الماء وكفاءة التطهير

تفاعل الكلور مع الماء:
عند إضافة غاز الكلور Cl_2 إلى الماء، يحدث تفاعل اتزان كيميائي ينتج عنه حمض الهيبوكلوروس HOCl وحمض الهيدروكلوريك وفقاً للمعادلة التالية:



قوة وميكانيكية التطهير:

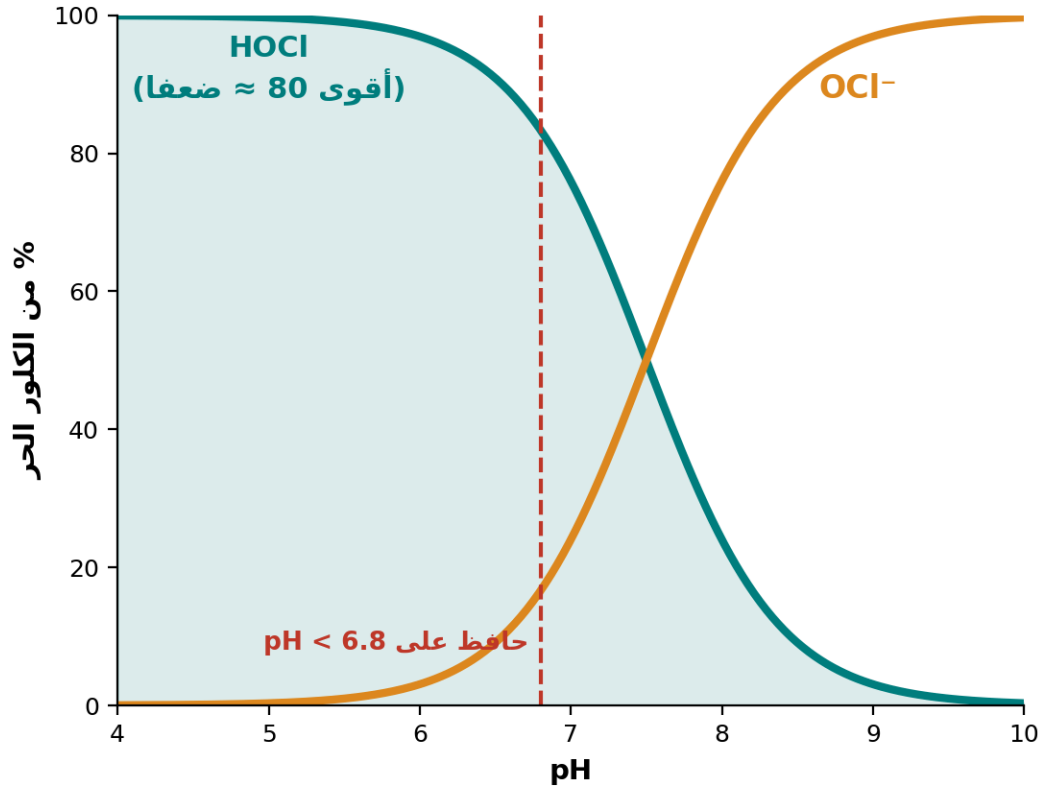
يعتبر حمض الهيبوكلوروس HOCl هو العامل المطهر الأساسي والأقوى في الماء، حيث تفوق قدرته التطهيرية أيون الهيبوكلوريت OCl^- بنحو 80 مرة.

تأثير الرقم الهيدروجيني pH:

تتأثر نسبة وجود المطهر القوي HOCl مقابل المطهر الضعيف OCl^- بشكل مباشر بدرجة حموضة الماء pH عند $\text{pH} < 6.5$ يسود حمض الهيبوكلوروس HOCl في الوسط، مما يجعل عملية التطهير في أعلى كفاءة لها.

عند $\text{pH} > 7.5$ يتفكك الحمض ويسود أيون الهيبوكلوريت OCl^- ، مما يؤدي إلى انخفاض ملحوظ في فعالية عملية التعقيم.

أشكال الكلور الحر مقابل pH

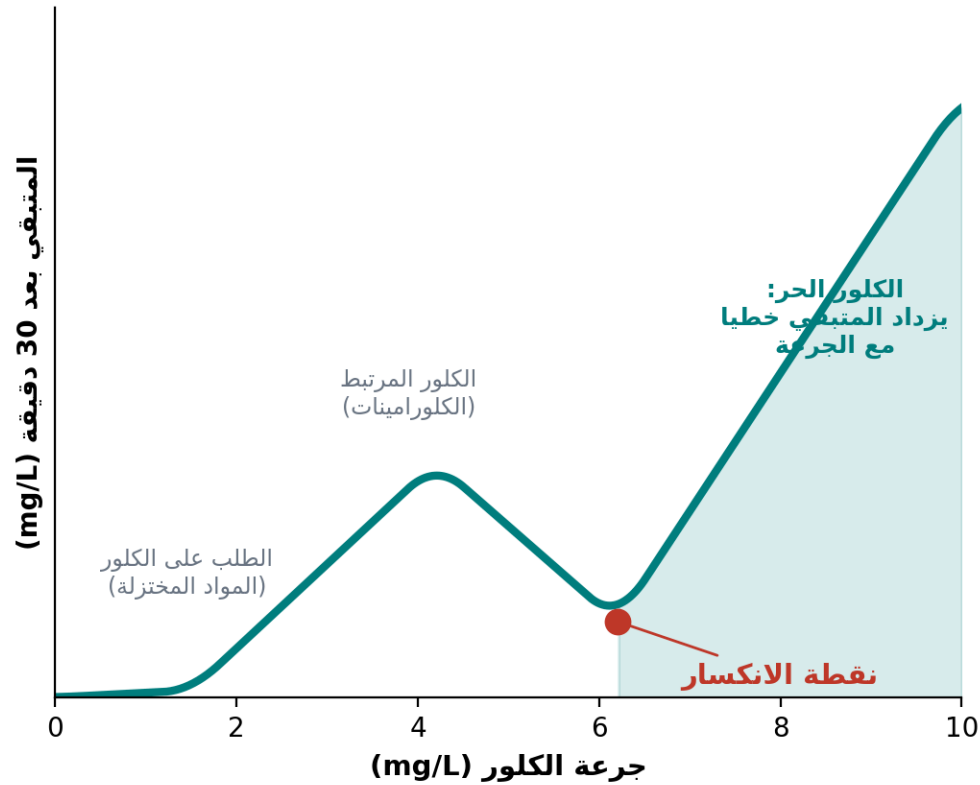


منحنى التفكك عند 25°C ($\text{pKa} \approx 7.5$)

Jar Test for Chlorine Breakpoint Determination

34. اختبار الجرة لتحديد نقطة انكسار الكلور

منحنى نقطة انكسار الكلور



جرعات اختبار الجرة 10 - 1 mg/L، زمن تماس 30 دقيقة

منحنى تخطيطي

اختبار الجرة (Jar Test) لتحديد نقطة انكسار الكلور (Breakpoint Chlorination) هو إجراء معلمي يُستخدم لتحديد الجرعة المثلى من الكلور اللازمة لمعالجة المياه، بحيث تغطي "الطلب على الكلور" (Chlorine Demand) وتصل بالماء إلى المرحلة التي يبدأ فيها تشكل الكلور الحر المتبقي (Free Residual Chlorine) الفعّال في التطهير الكامل

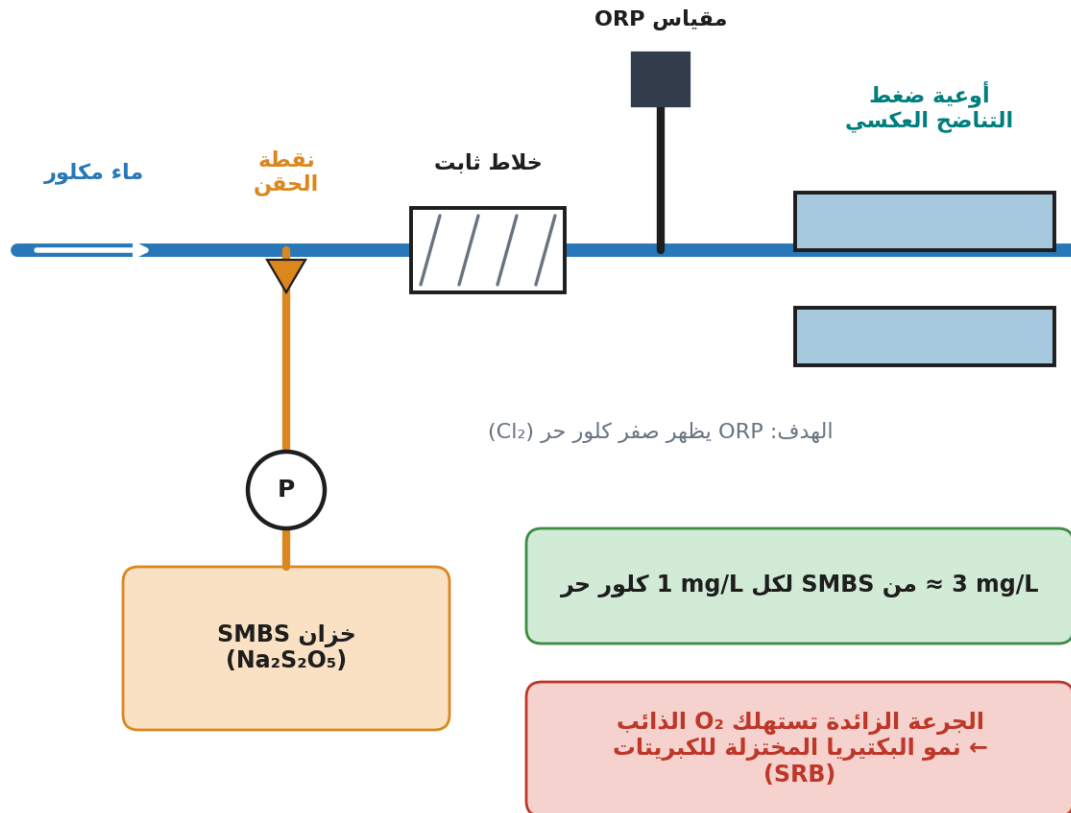
• بروتوكول نقطة انكسار الكلور:

1. أضف على عينات الماء الخام بتركيز متزايدة من الكلور (من 1 إلى 10 mg/L
2. قس الكلور الحر المتبقي بعد زمن تماس 30 دقيقة.
3. ارسم الجرعة مقابل الكلور الحر المتبقي.
4. تبلغ نقطة الانكسار عندما يزداد الكلور الحر خطياً مع الجرعة المضافة.

المرحلة	سلوك الكلور في الماء	النتيجة على المنحنى
المرحلة 1	استهلاك الكلور بواسطة المركبات المختزلة (الحديد، المنجنيز، المواد العضوية).	الكلور المتبقي يقارب الصفر.
المرحلة 2	يتفاعل الكلور مع الأمونيا لتكوين الكلورامينات (الكلور المرتبط).	يبدأ المنحنى بالارتفاع (يظهر كلور متبقي مرتبط).
المرحلة 3	جرعة الكلور الزائدة تبدأ بأكسدة وتدمير الكلورامينات وتحويلها لغاز نيتروجين.	ينخفض المنحنى بشكل حاد حتى يصل لثاني أدنى نقطة.
المرحلة 4 (نقطة الانكسار)	يتم تدمير كل الكلورامينات والمواد العضوية تماماً	قاع المنحنى هو نقطة الانكسار، وبعدها يرتفع الكلور الحر خطياً بمعدل 1:1 مع زيادة الجرعة.
الجرعة المثالية للتشغيل هي الجرعة التي تقع بعد نقطة الانكسار مباشرة، بحيث تضمن الحصول على كلور حر متبقي آمن وصالح للتطهير (عادة ما بين 0.2 إلى 0.5 ملغم/لتر) لحماية المياه من أي تلوث مستقبلي في شبكة التوزيع		

35. Dechlorination & Chemical Neutralization

إزالة الكلور بـ SMBS قبل التناضح العكسي



• الغرض: معادلة الكلور المتبقي لحماية أغشية RO الحساسة والترتبة العضوية.

• المادة المحقونة: ميتابيسلفيت الصوديوم (SMBS - Na₂S₂O₅).

Chemical Injectant: Sodium Metabisulfite (SMBS - Na₂S₂O₅).

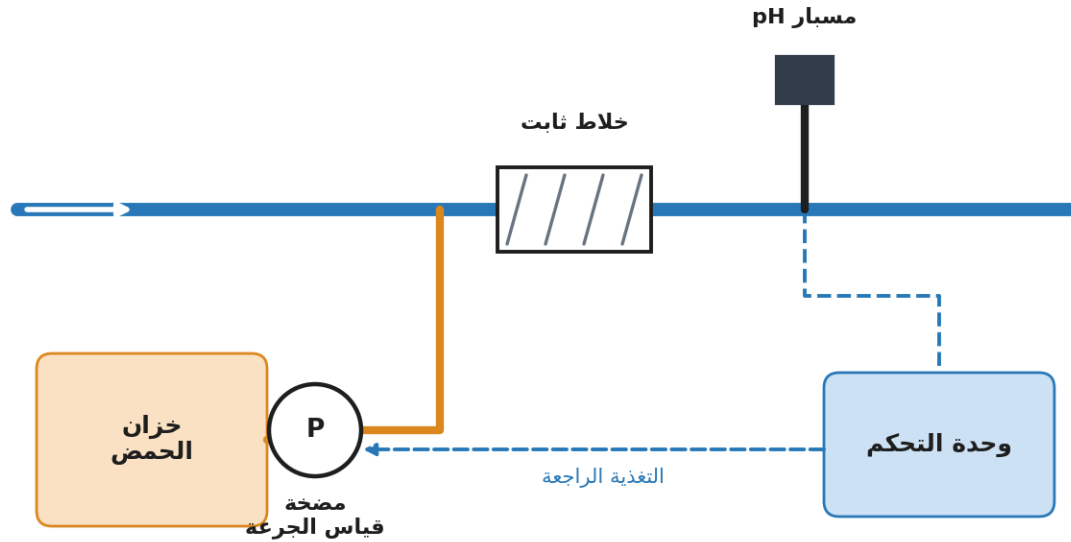
• نسبة التفاعل: نحو 3.0 mg/L من SMBS لكل 1.0 mg/L من الكلور الحر.

• المخاطر: الجرعة الزائدة من SMBS تستهلك الأكسجين الدائب وتعزز البكتيريا المختزلة للكبريتات (SRB).

العمليات الكيميائية Chemical Process	إزالة الكلور (SMBS) Dechlorination (SMBS)	مضاد التكلس Anti-Scaling (Antiscalant)
المادة المستخدمة Chemical Used	ميتابيسلفيت الصوديوم Sodium Metabisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)	بوليمرات متخصصة (مثل الفوسفونات) Specialty polymers (e.g., phosphonates)
الهدف الأساسي Primary Purpose	تحييد الكلور الحر لحماية الأغشية من التلف الناتج عن الأكسدة. Neutralizes free chlorine to prevent membrane oxidation.	منع ترسب المعادن (مثل كربونات الكالسيوم) على سطح الغشاء. Inhibits mineral precipitation on the membrane surface.
ماذا يحدث عند الغياب؟ What happens if missing?	يتآكل الغشاء كيميائياً ويتلف بفعل الكلور. Chlorine will chemically burn and destroy RO membranes.	تتبلور المعادن وتتسد مسام الغشاء (التكلس). Minerals will crystallize, clogging membrane pores (Scaling).

Acid Injection for Scale Mitigation

حقن الحمض للتحكم في الترسبات



H₂SO₄

منخفض التكلفة وقوي؛
يضيف كبريتات

HCl

لا ترسب كبريتات؛
أبخرة مسببة للتآكل

H₃PO₄

آمن في التداول، يوفر الفوسفور؛
مرتفع التكلفة

• Scale Prevention Mechanism: Lowering pH converts soluble Calcium Bicarbonate to CO₂ and H₂O.

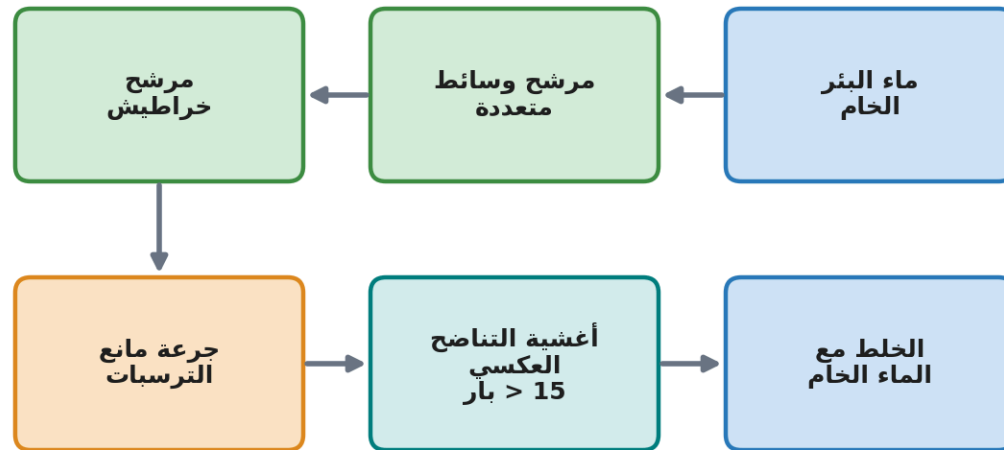


• Common Acids Compared:

- Sulfuric Acid (H₂SO₄): Low cost, high strength; adds sulfate.
- Hydrochloric Acid (HCl): No sulfate scaling risk; highly corrosive fumes.
- Phosphoric Acid (H₃PO₄): Safe handling, provides P nutrient; expensive.

Reverse Osmosis (RO) Integration Guidelines

خط المعالجة المسبقة للتناضح العكسي



متطلبات المعالجة المسبقة

- ✓ العكارة (SDI < 3.0) < 0.2 NTU
- ✓ انعدام الكلور الحر لأغشية البولي أميد TFC
- ✓ مانع ترسبات لمنع ترسب CaSO_4 والسيليكا

• مبدأ التشغيل: غشاء شبه منفذ تحت ضغط مرتفع (< 15 بار) يرفض الأملاح الأيونية.

• متطلبات المعالجة المسبقة:

- العكارة $\text{TUN} > 0.2$ (مؤشر كثافة الغرين $\text{SDI} < 3.0$).

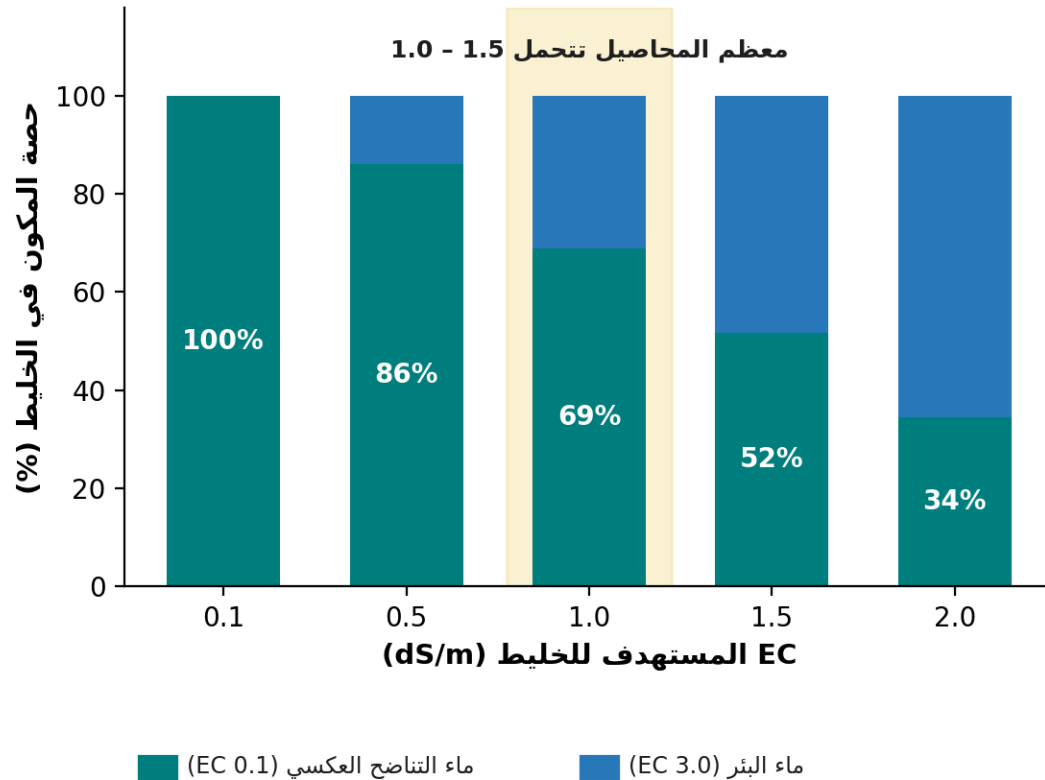
- يجب انعدام الكلور الحر (لأغشية البولي أميد TFC).

- حقن مانع الترسيبات لمنع ترسب CaSO_4 والسيليكا.

Chemistry & Economics of Water Blending

38. كيمياء وجدوى خلط المياه

لماذا نخلط ماء التناضح العكسي بماء البئر؟



كلما قل ماء التناضح العكسي في الخليط انخفضت كلفة المعالجة، ويحتفظ الخليط بالكالسيوم والمغنيسيوم (ماء التناضح 100 % مسبب للتآكل)

• لماذا نخلط ماء RO المنتج بماء البئر الخام؟

- ماء RO 100% مسبب للتآكل ويفتقر إلى الكالسيوم والمغنيسيوم ومرتفع التكلفة.
- تتحمل معظم المحاصيل EC معتدلاً (1.0–1.5 dS/m).
- خلط ماء RO water (EC 0.1) بماء البئر (EC 3.0) يخفض تكلفة التشغيل بنسبة 50–70%.



Target Blending Calculation Formulas

- Mass Balance Equation:

- $EC_{blend} = (X \cdot EC_{well}) + ((1 - X) \cdot EC_{RO})$

- Where X = Fraction of Raw Well Water.

- Worked Example:

- Well Water = 2,500 mg/L TDS; RO Water = 50 mg/L TDS;
Target = 650 mg/L TDS.

- $650 = (X \cdot 2500) + ((1 - X) \cdot 50) \rightarrow X = 24.5\% \text{ Well Water} + 75.5\% \text{ RO Water}.$

Blend calculation - worked example

$$EC_{blend} = X \cdot EC_{well} + (1 - X) \cdot EC_{RO}$$

Well 2,500 mg/L TDS · RO 50 mg/L TDS
Target blend 650 mg/L TDS

$$\begin{aligned} 650 &= 2500 \cdot X + 50 \cdot (1 - X) \\ 600 &= 2450 \cdot X \\ X &= 0.245 \end{aligned}$$

Check: $0.245 \times 2500 + 0.755 \times 50 \approx 650 \text{ mg/L}$ ✓

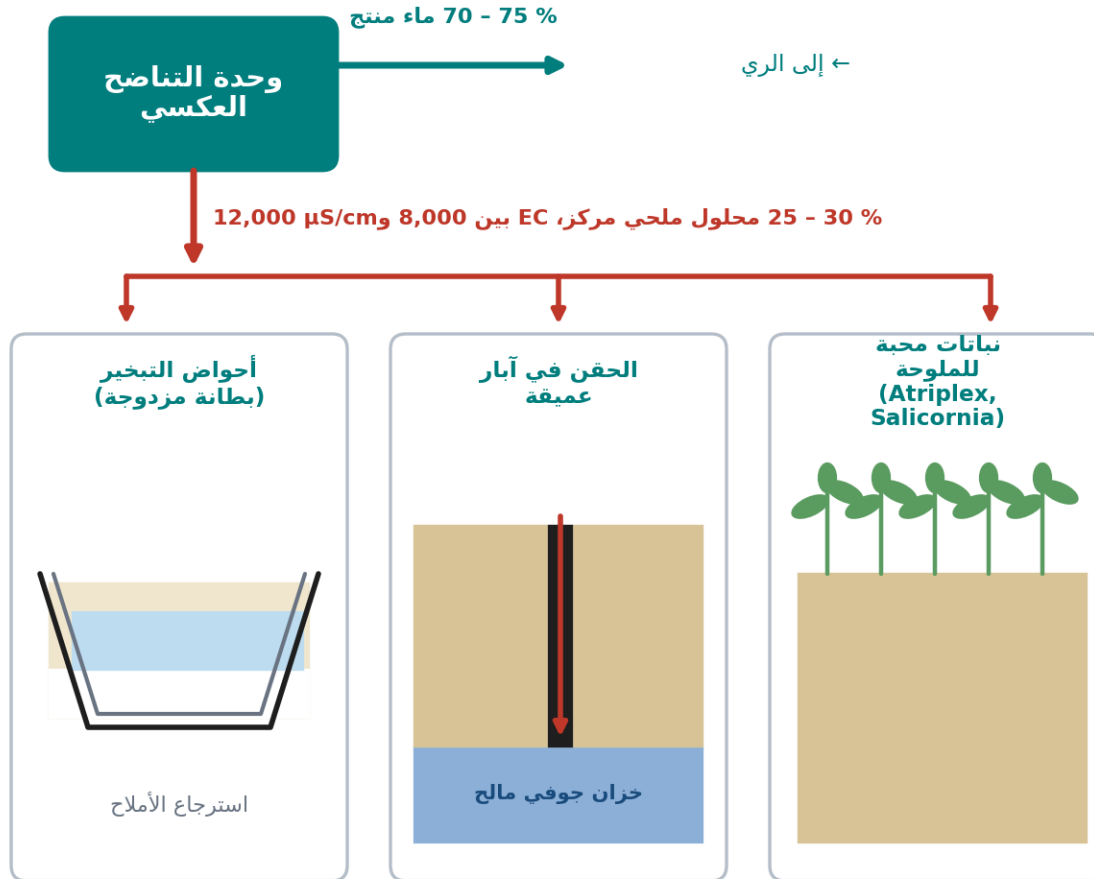
24.5 %

75.5 % RO water

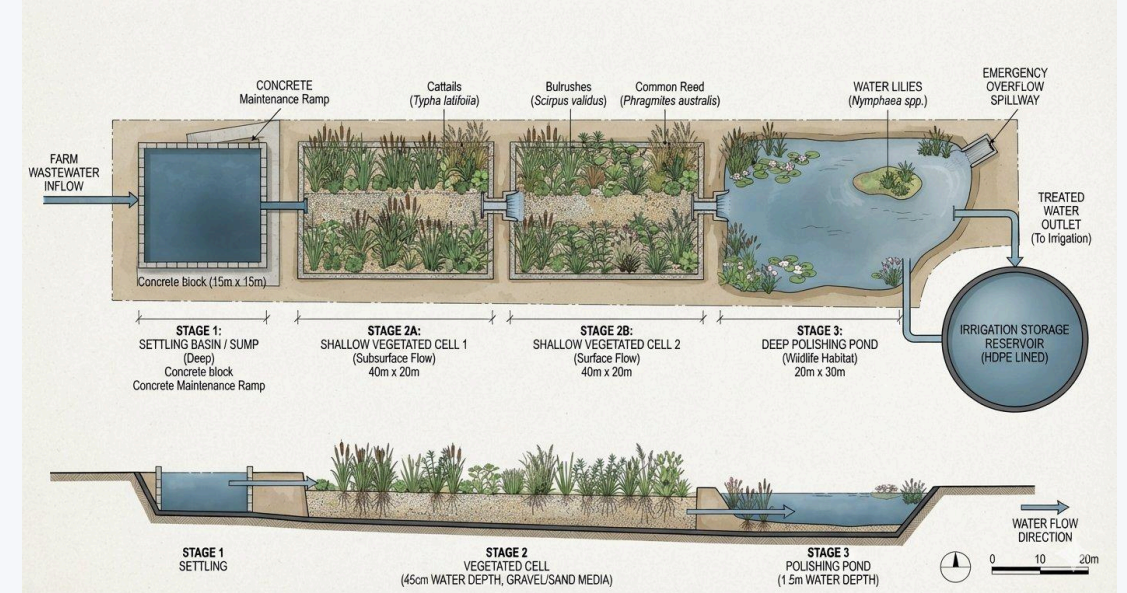
Well

X = fraction of raw well water

إدارة مركز التناضح العكسي (المحلول الملحي)



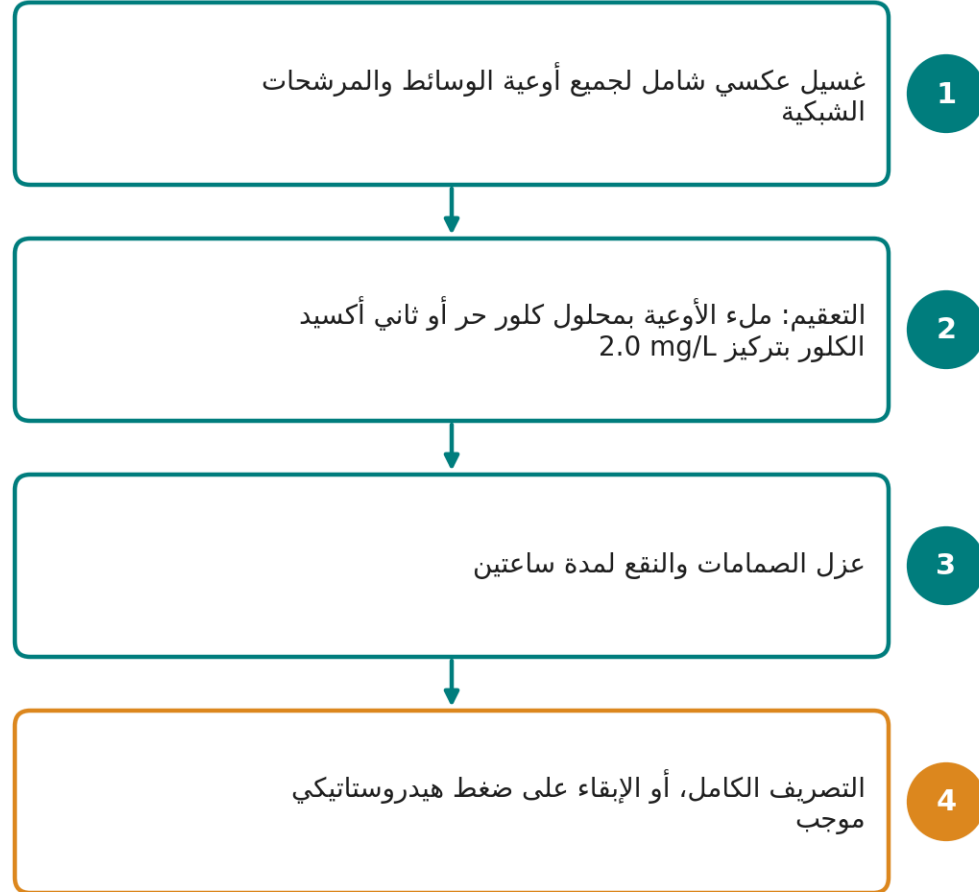
- معدل استرجاع RO: عادة 70-75% ماء منتج و 25-30% محلول ملحي مرفوض.
- خصائص المحلول المرفوض: EC مرتفع (8,000-12,000 uS/cm) وأملاح مركزة.
- استراتيجيات المعالجة البيئية:
 - أحواض تبخير ببطانة مزدوجة صناعية.
 - الحقن في آبار عميقة داخل خزانات جوفية مالحة غير صالحة للشرب.
 - زراعة نباتات ملحية (مثل Atriplex و Salicornia).



41. إجراءات الإيقاف القياسية لأنظمة الترشيح

Shutdown SOPs for Filtration Systems

الإيقاف طويل الأمد (14 > يوما)



• بروتوكول الإيقاف طويل الأمد (أكثر من 14 يومًا دون تشغيل):

1. إجراء غسيل عكسي هيدروليكي شامل لجميع أوعية الوسائط والمرشحات الشبكية.
2. التعقيم: املاً الأوعية بمحلول كلور حر أو ثاني أكسيد الكلور بتركيز 2.0 mg/L
3. اعزل الصمامات واترك النقع ساعتين.
4. صرف كلياً أو حافظ على ضغط هيدروستاتيكي موجب لمنع تكثف النمو الحيوي.

System Maintenance Log Sheet Template

سجل الصيانة اليومي - نموذج

حد التنبيه	م	ص	الوحدة	المعامل
حسب الموقع			بار	ضغط دخول المرشح
حسب الموقع			بار	ضغط خروج المرشح
0.5 > - غسيل عكسي			بار	ΔP عبر المرشح
حسب الموقع			dS/m	EC الماء الخام
حسب الموقع			-	pH الماء الخام
حسب الموقع			°C	درجة حرارة الماء الخام
حسب الموقع			L/h	معدل مضخة الجرعات
إعادة تعبئة			%	مستوى خزان المواد الكيميائية
حسب الموقع			m ³ /h	تدفق الماء المنتج
حسب الموقع			m ³ /h	تدفق مركز التناضح العكسي
حسب الموقع			%	نسبة رفض الأملاح

أحرف المشغل الأولى / التاريخ أسفل الورقة ٠ حدد حدود التنبيه لكل موقع

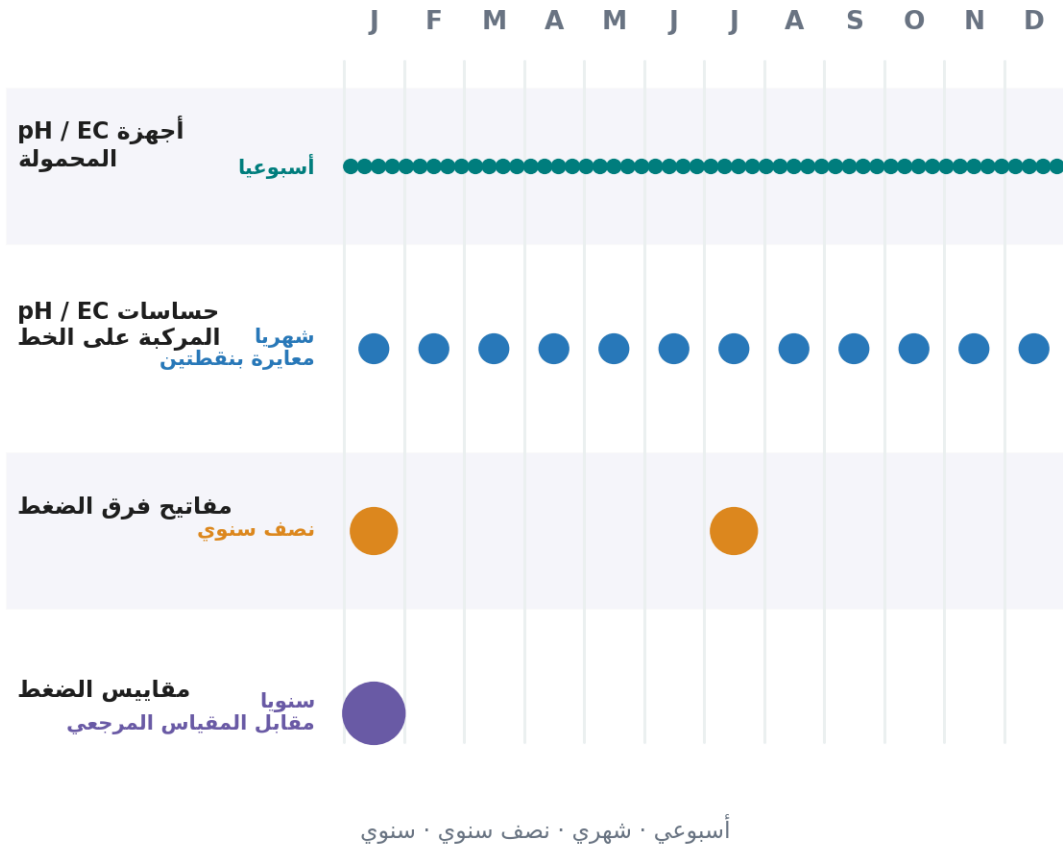
• المعاملات اليومية الأساسية للتسجيل:

- ضغط دخول وخروج المرشح (احسب ΔP).
- EC و pH ودرجة حرارة الماء الخام.
- معدلات مضخات الجرعات الكيميائية ومستويات الخزانات.
- تدفق الماء المنتج وتدفق المركز ونسبة رفض الأملاح % في RO.



System Instrumentation Calibration Cycles

جدول معايرة الأجهزة



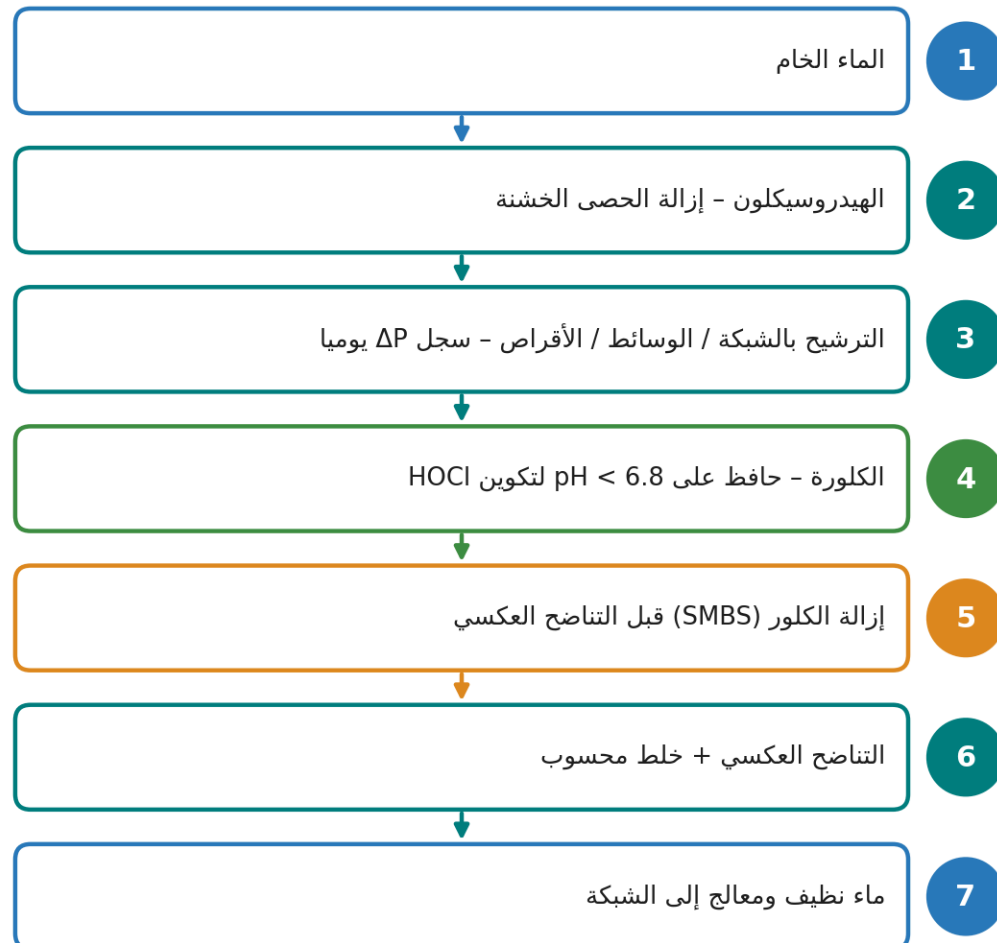
• الفترات الموصى بها للمعايرة:

- أجهزة pH / EC المحمولة: أسبوعياً (أو قبل حملة أخذ عينات كبرى).
- حساسات pH / EC المركبة على الخط: شهرياً بمعايرة نقطتين.
- مفاتيح فرق الضغط: كل ستة أشهر.
- مقاييس الضغط: تحقق سنوي مقابل مقياس اختبار مرجعي.



Module 2 Summary & Technical SOPs

سلسلة عمليات معالجة الماء

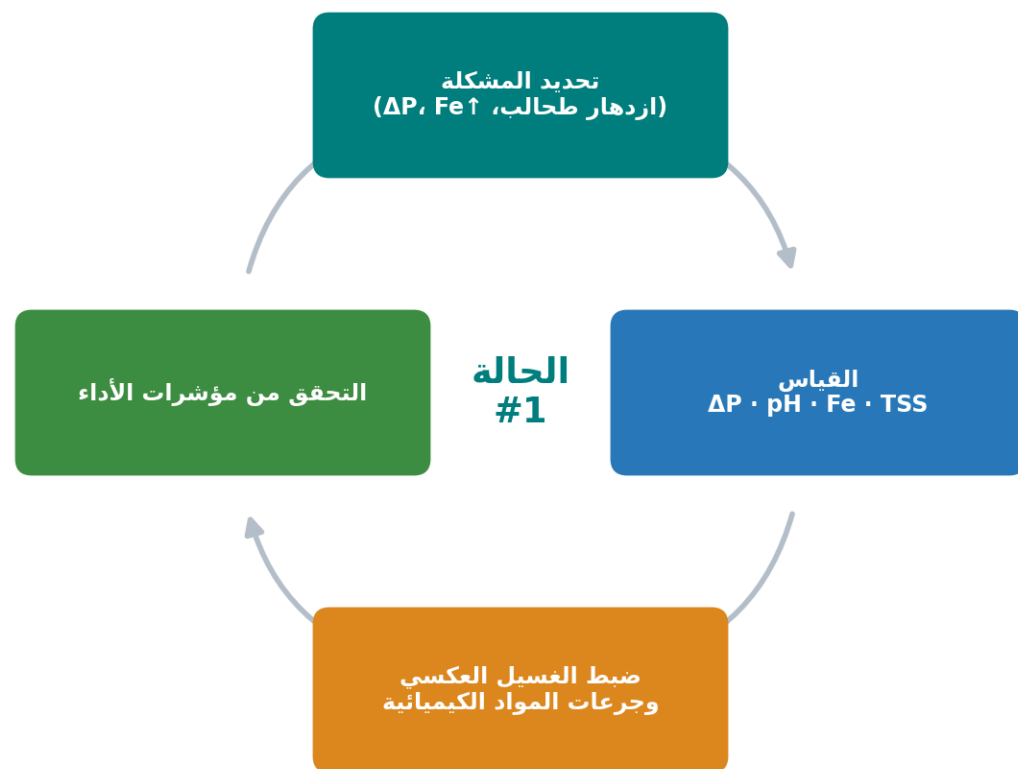


• المبادئ الأساسية المراجعة:

- يحمي الترشيح متعدد الطبقات شبكات الري من الفشل الفيزيائي والحيوي.
- التحكم في pH الكلورة حاسم: أبقيه أقل من 6.8 لأقصى فعالية لـ HOCl.
- تحسين تكاليف معالجة الماء باستخدام حسابات خلط RO الدقيقة.
- سجل $P\Delta$ عبر بنوك المرشحات يوميا دائما.

45. دراسة حالة متقدمة في معالجة المياه #1

دراسة الحالة #1 - سير العمل



• سيناريو حقلي تطبيقي يحلل ديناميكية حمل الترشيح خلال ازدهار الطحالب الموسمي.

• الضبط التشغيلي لتكرار الغسيل العكسي بناءً على عتبات $P\Delta$.

• إعادة حساب جرعات المواد الكيميائية بعد تغير pH الماء الخام ومحتواه من الحديد.

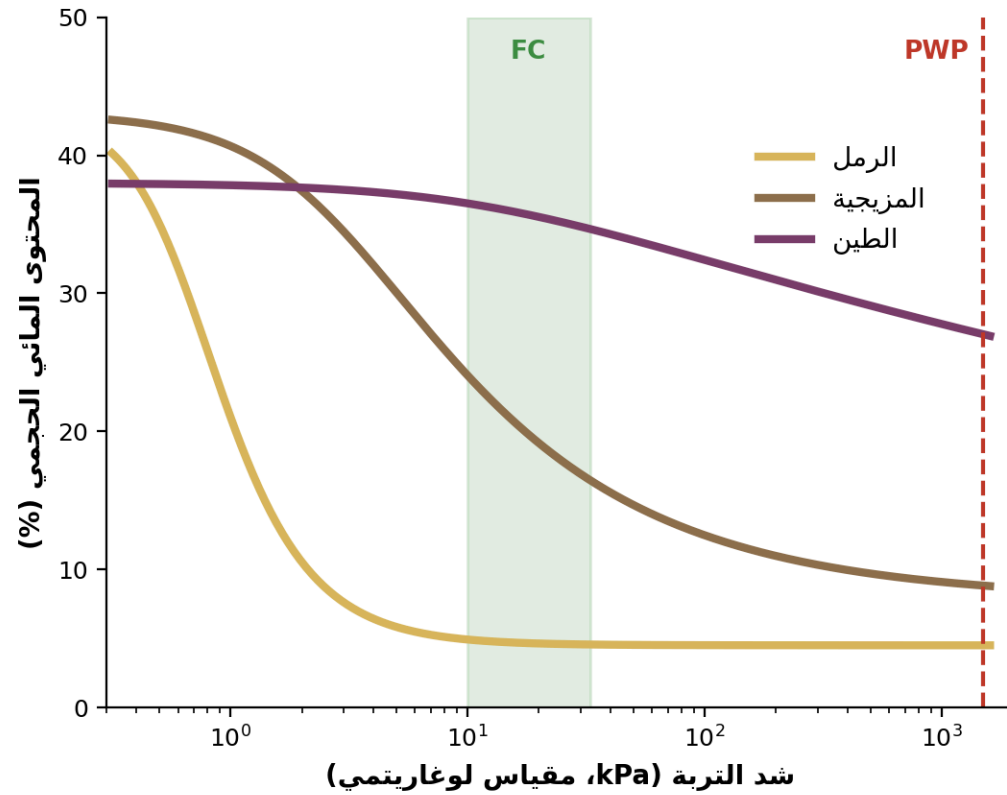
50. الحل للدراسة حالة متقدمة في معالجة المياه #1

الخطوة التشغيلية	الإجراء الميداني المطلوب	الهدف والنتيجة
1. التشخيص	رصد قفزات فرق الضغط بسبب الطحالب (ΔP)	• تحديد سبب الانسداد مبكراً.
2. القياس	• قياس الـ pH، والحديد (Fe)، والـ TSS فوراً.	• الحصول على بيانات معايرة دقيقة.
3. الغسيل العكسي	• ربط الغسيل بحدود ΔP وتمديد دورة الغسيل.	• تنظيف الطحالب العالقة بوسط الترشيح.
4. حقن الكيماويات	• زيادة المواد المخثرة والمؤكسدة حسب تغير الـ pH والحديد.	• رفع كفاءة التخثير لحماية الأغشية.
5. التحقق	• فحص جودة المياه وعودة الـ ΔP لوضعها الطبيعي.	• التأكد من استعادة كفاءة الفلاتر الكاملة.

Soil Water Potential vs. Water Content

51. جهد ماء التربة مقابل المحتوى المائي

المحتوى المائي مقابل شد التربة



النبات يستجيب للشد وليس لحجم الماء الكلي

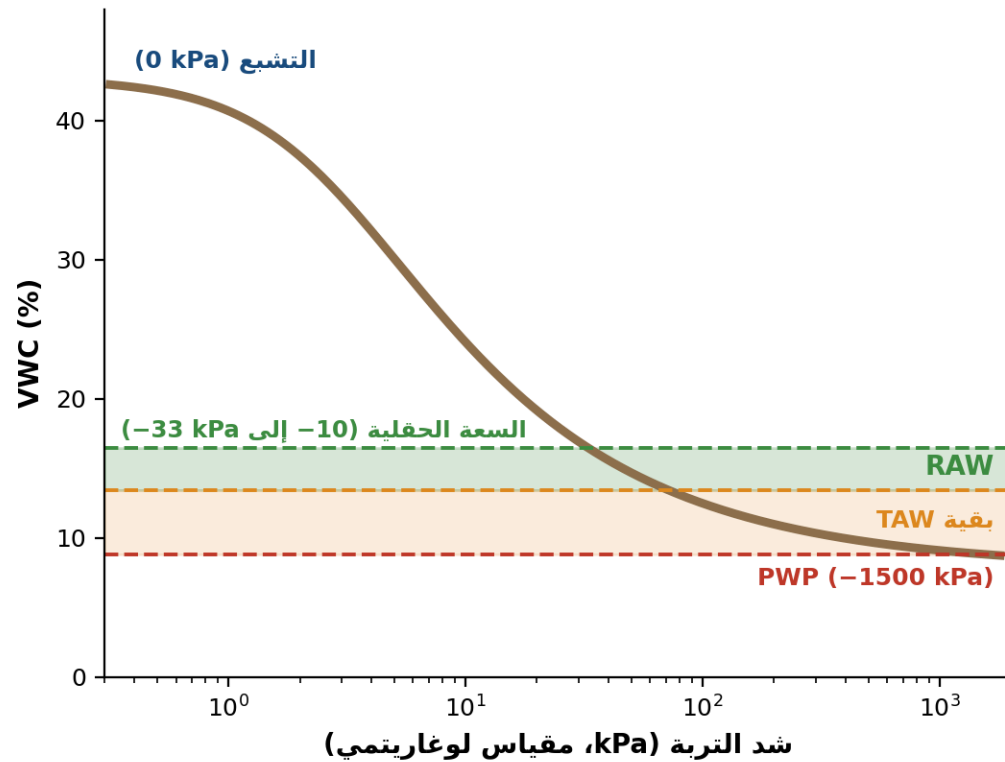
منحنيات نموذجية (معاملات فان جينوختن المتوسطة للفئات)

- المحتوى المائي الحجمي (VWC %): حجم الماء الكلي في وحدة حجم التربة.
- Volumetric Water Content (VWC %): Total volume of water per unit volume of soil.
- جهد ماء التربة (SWP - bar/ kPa): الطاقة اللازمة لاستخلاص الجذر للماء.
- Soil Water Potential (SWP - bar / kPa): Energy required by root to extract water.
- الفكرة الأساسية: يستجيب النبات لجهد ماء التربة (الشد) وليس لحجم الماء الكلي.
- تطلق التربة الرملية 80% من مائها عند شد منخفض؛ بينما تحتفظ التربة الطينية به بشدة عند شد مرتفع.

52. منحنيات تحرر رطوبة التربة

Soil Moisture Release Curves

منحنى تحرر رطوبة التربة (مزيجية)



$$TAW = FC - PWP \quad RAW = TAW \times MAD$$

منحنى توضيحي لتربة مزيجية؛ MAD عند 40 %

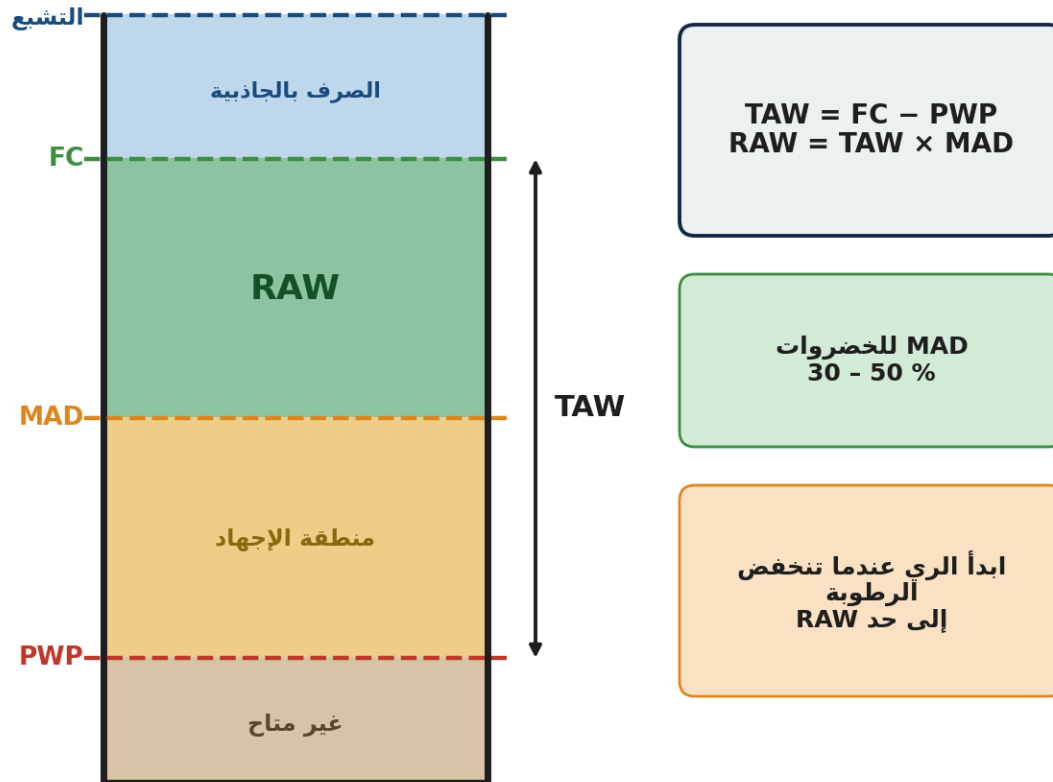
• منحنيات الاحتفاظ بالماء (منحنيات خصائص التربة):

- تحدد العلاقة بين SWP و VWC لقوامات تربة معينة.
- التشبع: امتلاء جميع المسام بالماء (0 kPa).
- السعة الحقلية (FC): تصريف الماء الزائد بالجاذبية (-10 إلى -33 kPa).
- نقطة الذبول الدائم (PWP): لا يستطيع النبات استخلاص الماء (-1500 kPa).

Defining Critical Soil Moisture Thresholds

53. تحديد عتبات رطوبة التربة الحرجة

نموذج «الدلو» لماء التربة



• الماء الميسر الكلي (TAW): $TAW = FC - PWP$.

• الماء الميسر بسهولة (RAW): الجزء من TAW الذي يمكن استخلاصه دون إجهاد.

- $RAW = TAW \times MAD$ حيث MAD هو الاستنزاف المسموح الأقصى.

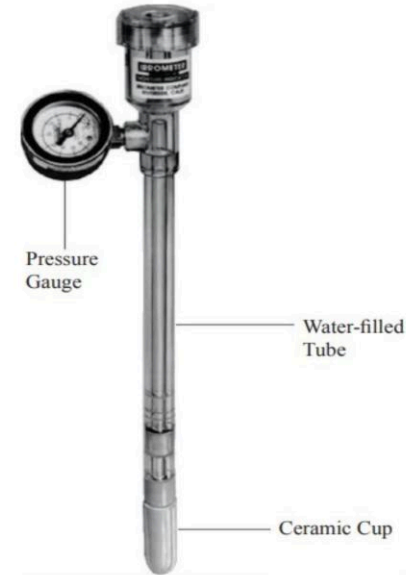
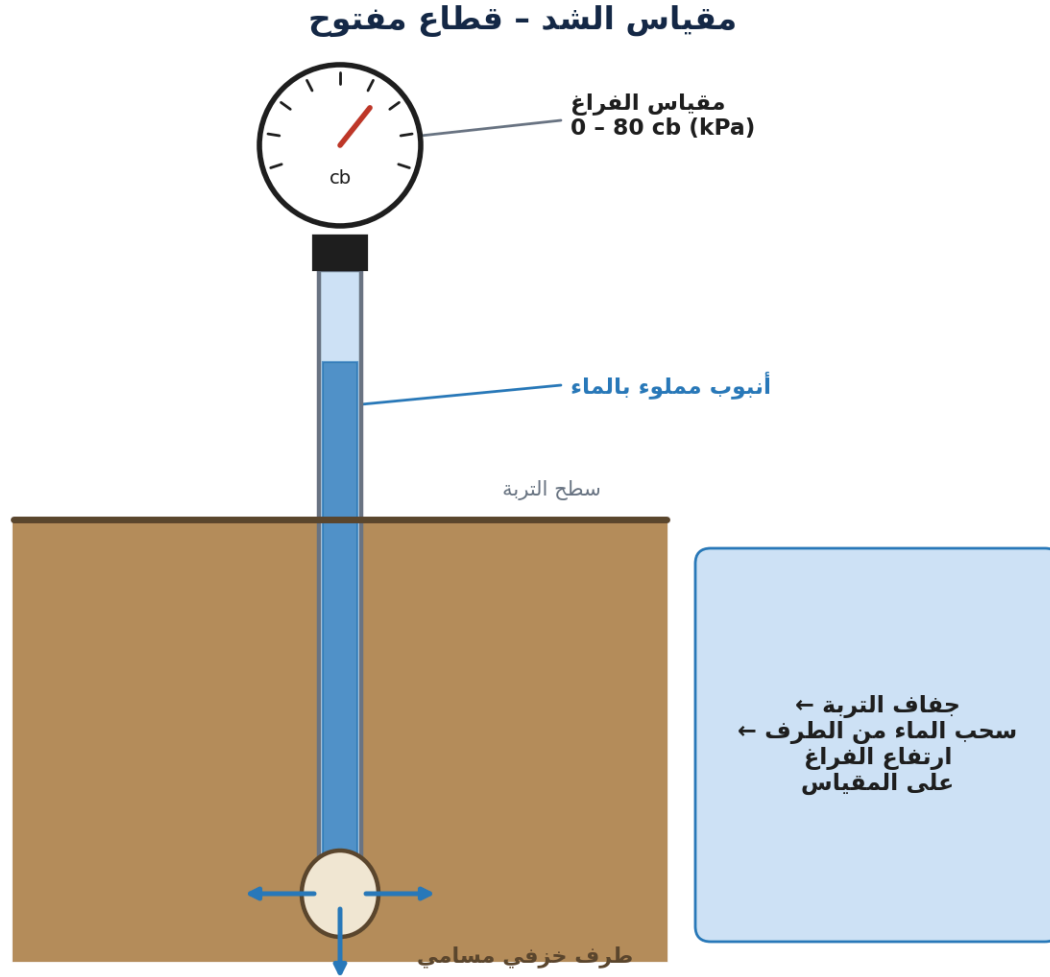
- MAD القياسي للمحاصيل الخضرية = 30% إلى 50%.

• هدف الري: ابدأ الري عندما تنخفض رطوبة التربة إلى عتبة RAW.

54. مقاييس الشد لقياس جهد ماء التربة

Tensiometers for Soil Water Potential

- مبدأ التشغيل: أنبوب مملوء بالماء مغلق بطرف خزفي مسامي يوضع في التربة.
- عندما تجف التربة تسحب الماء من الطرف الخزفي فيتولد فراغ يقرأ على المقياس.
- نطاق القياس: من 0 إلى 80 سنتيبار (cb / kPa).
- الاستخدام الأمثل: التربة الرملية إلى المزيجية المتوسطة تحت الري بالتنقيط.



Tensiometer Field Installation SOP

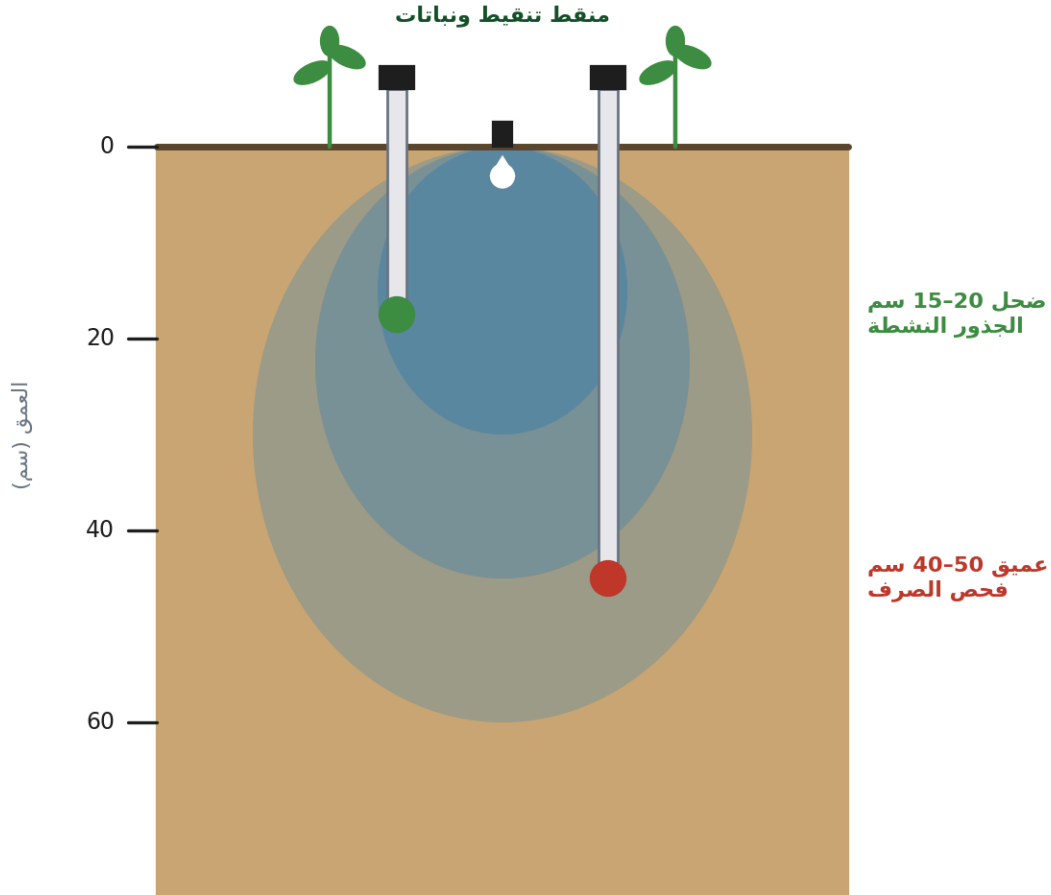
55. إجراء التركيب الحقل لمقاييس الشد

• بروتوكول التركيب:

1. انقع الطرف الخزفي في ماء مقطر لمدة 12 ساعة.
2. استخدم مثقابًا بقطر الأنبوب لتقليل اضطراب التربة.
3. حضر معلق تربة محلية وصبه في قاع الحفرة لضمان تلامس وثيق.
4. ركب مجسات مزدوجة: ضحلة (15-20 سم) للجذور النشطة؛ وعميقة (40-50 سم) للصرف.



مقياسا شد مزدوجان داخل بصلة الترطيب



Tensiometer Reading Interpretation Guide

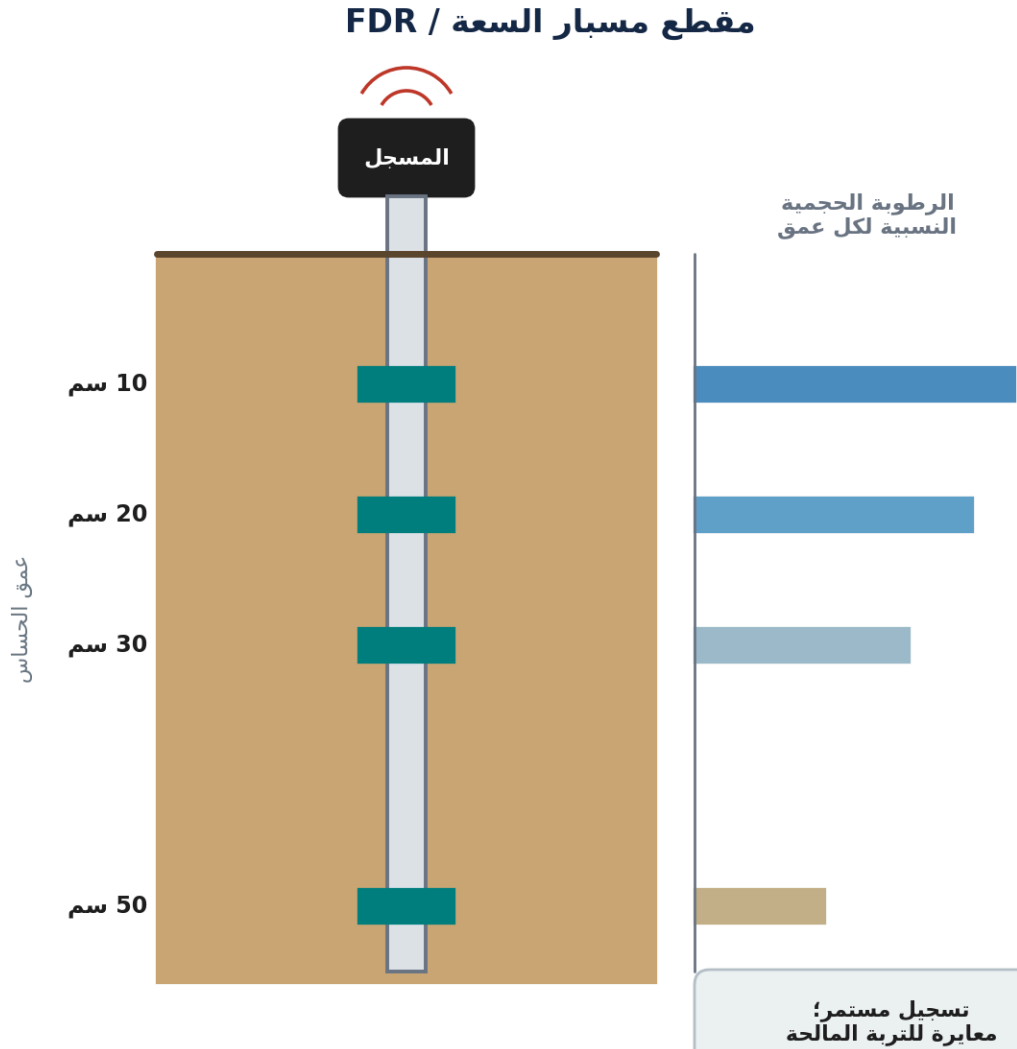
نطاق القراءة (سنتي بار)	حالة رطوبة التربة	التفسير والإجراء المطلوب
0 – 10 cb	تشبع / إفراط في التشبع	تهوية ضعيفة للتربة؛ خطر تعفن الجذور. أوقف الري.
10 – 20 cb	السعة الحقلية (رملية)	رطوبة مثلى للتربة الرملية الخفيفة. لا إجراء.
20 – 35 cb	منطقة النمو المثلى	رطوبة مثالية للتربة المزيجية / المتوسطة. نسبة ممتازة بين هواء وماء الجذور.
35 – 50 cb	عتبة الاستنزاف (RAW)	حد الماء الميسر بسهولة. ابدأ دورة الري.
> 50 cb	إجهاد مائي شديد	المحصول تحت إجهاد يحد من الإنتاج. الري فورًا.

Capacitance & Frequency Domain Sensors

57. حساسات السعة والمجال الترددي

• حساسات الانعكاس في المجال الترددي (FDR) والسعة:

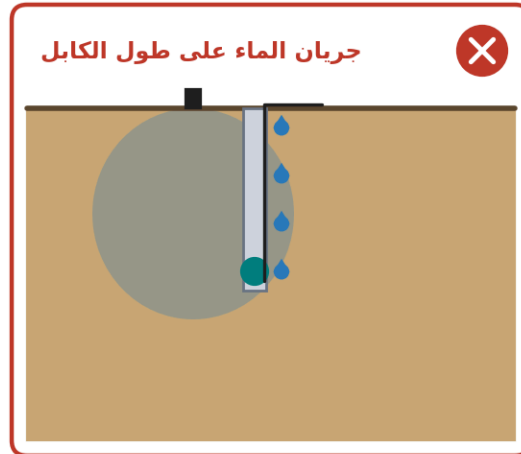
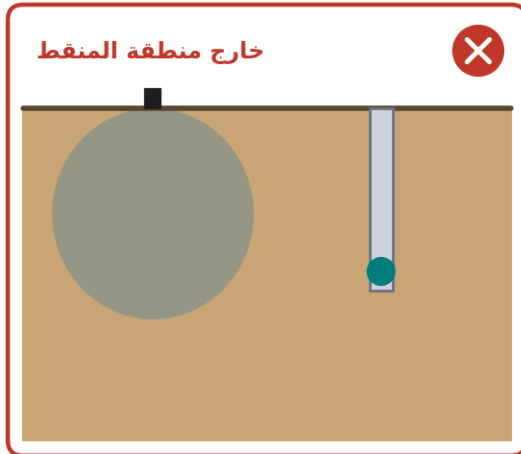
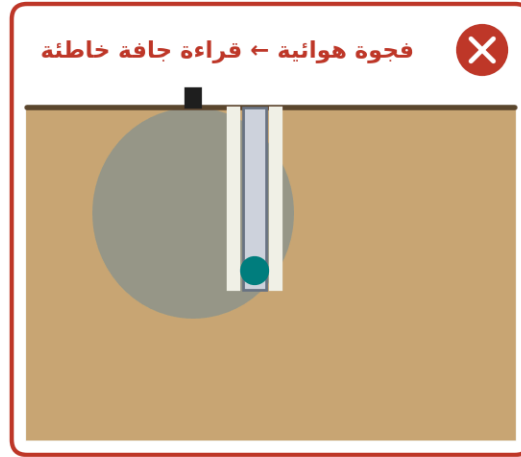
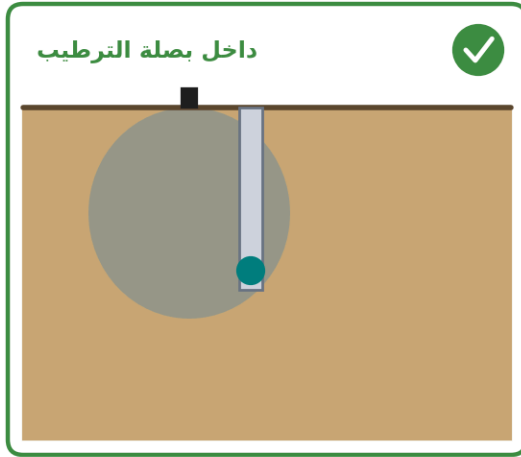
- تقيس السماحية العازلة لمصفوفة التربة.
- حساسة جدًا للتغيرات في المحتوى المائي الحجمي.
- يتيح التسجيل عالي التردد تسجيل البيانات آليًا باستمرار.
- تنبيه: تتطلب معايرة خاصة بالتربة في التربة عالية الملوحة.



Avoiding Soil Moisture Measurement Errors

59. تجنب أخطاء قياس رطوبة التربة

موضع الحساس: الصحيح والخاطئ



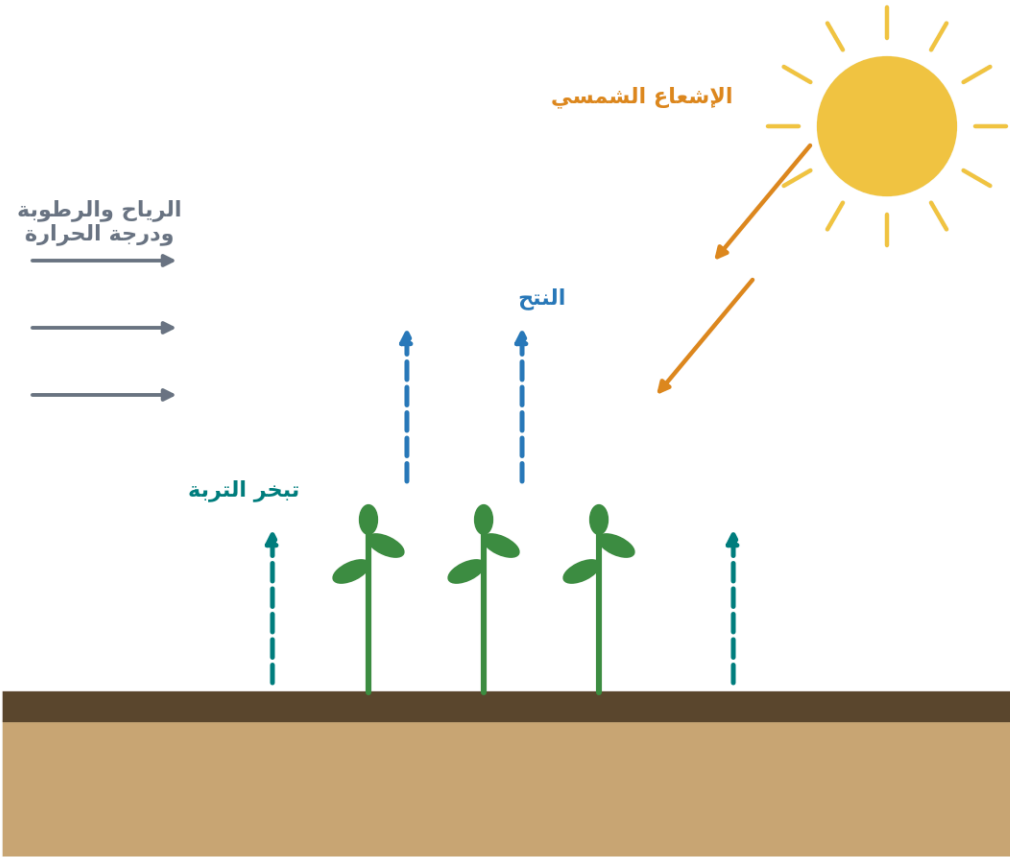
• أخطاء شائعة في استشعار رطوبة الحقل:

- فجوات هوائية حول جسم الحساس تسبب قراءات جافة زائفة.
- وضع الحساس خارج منطقة ترطيب المنقط النشطة.
- جريان الماء التفضيلي على طول كابل / عمود الحساس.
- تقلبات الحساسية الحرارية في الإلكترونيات السطحية.

Factors Influencing Crop Evapotranspiration (ETc)

60. العوامل المؤثرة في التبخر-نتح للمحصول (ETc)

ما الذي يحرك التبخر-نتح للمحصول



$$ETc = ETo \times Kc$$

شبكة التظليل تخفض ETo
بنسبة 20 - 30 %

• معادلة $ETc = ETo \times Kc$

- التبخر-نتح المرجعي (ETo): الطلب المناخي (الإشعاع الشمسي والرياح والرطوبة ودرجة الحرارة).

- معامل المحصول (Kc): نوع المحصول ومساحة الأوراق ومرحلة النمو.

• تأثيرات المناخ الدقيق: تخفض شبكات التظليل في البيوت المحمية ETo بنسبة 20-30%.

• كفاءة التطبيق (Ea): عدل الاحتياج الإجمالي وفق فواقد الري.

Crop Water Demand: Non-Cooled Greenhouse

61. الاحتياج المائي للمحصول: بيت محمي غير مبرد

Crop Species	Nursery (P1)	Vegetative (P2)	Flowering/Fruit (P3)	Maturation/Harvest (P4)
Tomatoes	<= 0.3 L/day (Wks 1-4)	0.3 – 1.0 L/day (Wks 5-8)	1.0 – 1.5 L/day (Wks 9-12)	1.5 – 3.0 L/day (Wks 13+)
Cucumber	<= 0.3 L/day (Wks 1-2)	0.3 – 1.0 L/day (Wks 3-4)	1.0 – 2.5 L/day (Wks 5-8)	2.5 – 3.5 L/day (Wks 8+)
Green Pepper	<= 0.3 L/day (Wks 1-4)	0.3 – 0.6 L/day (Wks 5-7)	0.6 – 1.0 L/day (Wks 8-12)	1.0 – 1.5 L/day (Wks 13+)
Eggplant	<= 0.3 L/day (Wks 1-4)	0.3 – 1.0 L/day (Wks 4-7)	1.0 – 2.5 L/day (Wks 8-12)	2.5 – 4.0 L/day (Wks 13+)

Crop Water Demand: Open Field Conditions

62. الاحتياج المائي للمحصول: ظروف الحقل المكشوف

Crop Species	Nursery (P1)	Vegetative (P2)	Flowering/Fruit (P3)	Maturation/Harvest (P4)
Tomatoes	<= 0.3 L/day (Wks 1-4)	0.4 – 1.3 L/day (Wks 5-7)	1.3 – 2.0 L/day (Wks 8-13)	2.0 – 4.0 L/day (Wks 14+)
Green Pepper	<= 0.3 L/day (Wks 1-4)	0.4 – 0.8 L/day (Wks 5-7)	0.8 – 1.3 L/day (Wks 8-11)	1.3 – 2.0 L/day (Wks 12+)
Eggplant	<= 0.3 L/day (Wks 1-4)	0.4 – 1.3 L/day (Wks 4-7)	1.3 – 3.3 L/day (Wks 8-11)	3.3 – 5.2 L/day (Wks 12+)
Squash	Direct Seeded	0.3 – 1.0 L/day (Wks 1-3)	1.0 – 2.5 L/day (Wks 4-6)	2.5 – 4.0 L/day (Wks 7+)

63. حساب إجمالي الطلب المائي الذروي للمزرعة

Calculating Farm Total Peak Water Demand

• تحجيم بنية المزرعة لذروة الطلب:

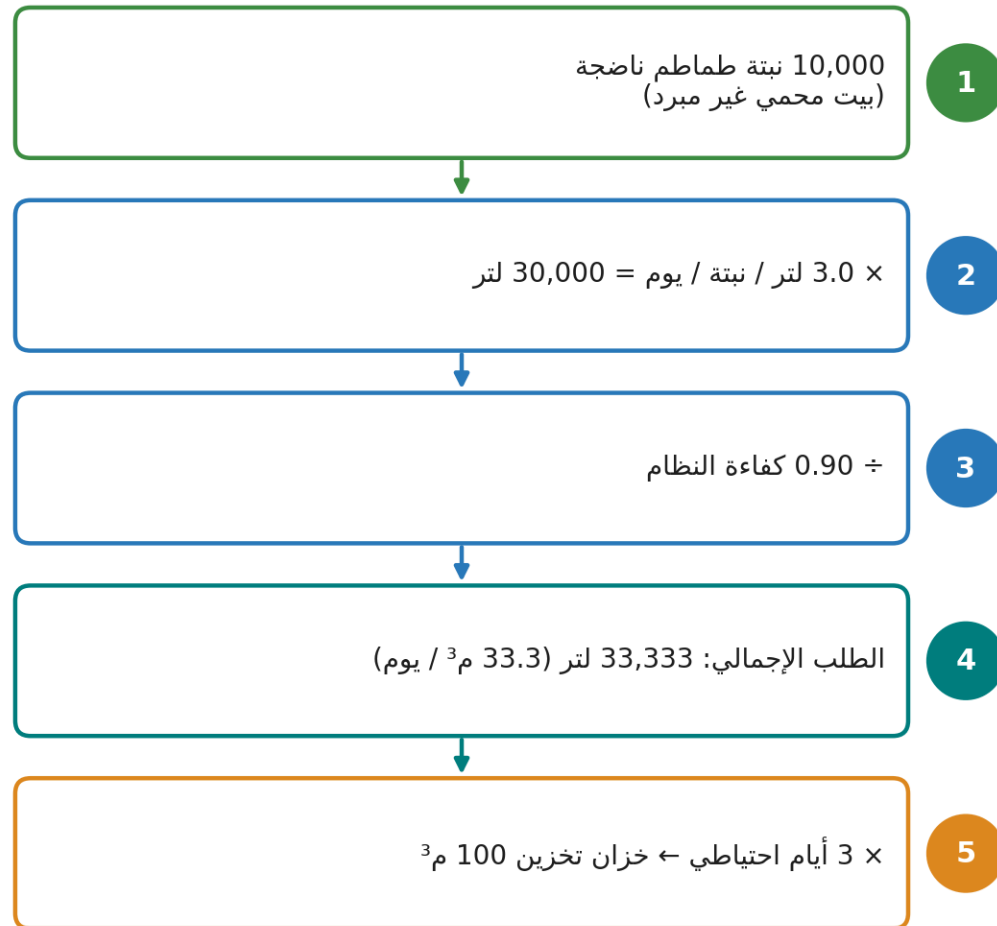
- ذروة الطلب اليومي = (أقصى احتياج مائي للمحصول × إجمالي النباتات) ÷ كفاءة النظام

• مثال محلول: 10,000 نبتة طماطم ناضجة بمعدل 3.0 لتر/نبتة/يوم في بيت محمي غير مبرد.

- الماء اليومي الإجمالي = $(10,000 \times 3.0 \text{ L}) / 0.90 = 33,333$ لترًا (33.3 م³/يوم).

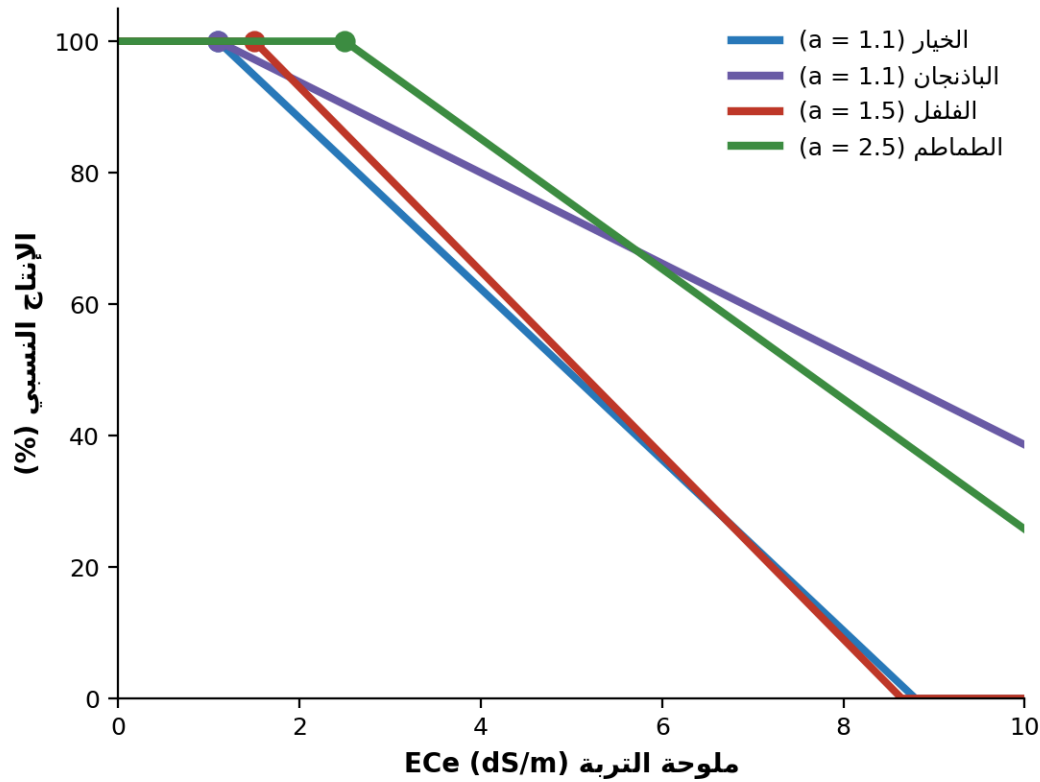
- احتياطي التخزين: 3 أيام على الأقل من الحجم الذروي (خزان 100 م³).

التحجيم لذروة الطلب - مثال محلول



Plant Salinity Sensitivity & Thresholds

فقد الإنتاج مقابل ملوحة التربة (ماس-هوفمان)



$Y = 100 - b \cdot (ECe - a)$: العتبة ●

الحدود وفق الدورة: قيم الميل b استرشادية من المراجع

• Maas-Hoffman Salinity Response Equation:

- Relative Yield Y (%) = $100 - b \cdot (ECe - a)$

- a = Salinity threshold (ECe dS/m) where yield reduction begins.

- b = Percent yield loss per dS/m increase above threshold.

• Vegetable Crop Classification:

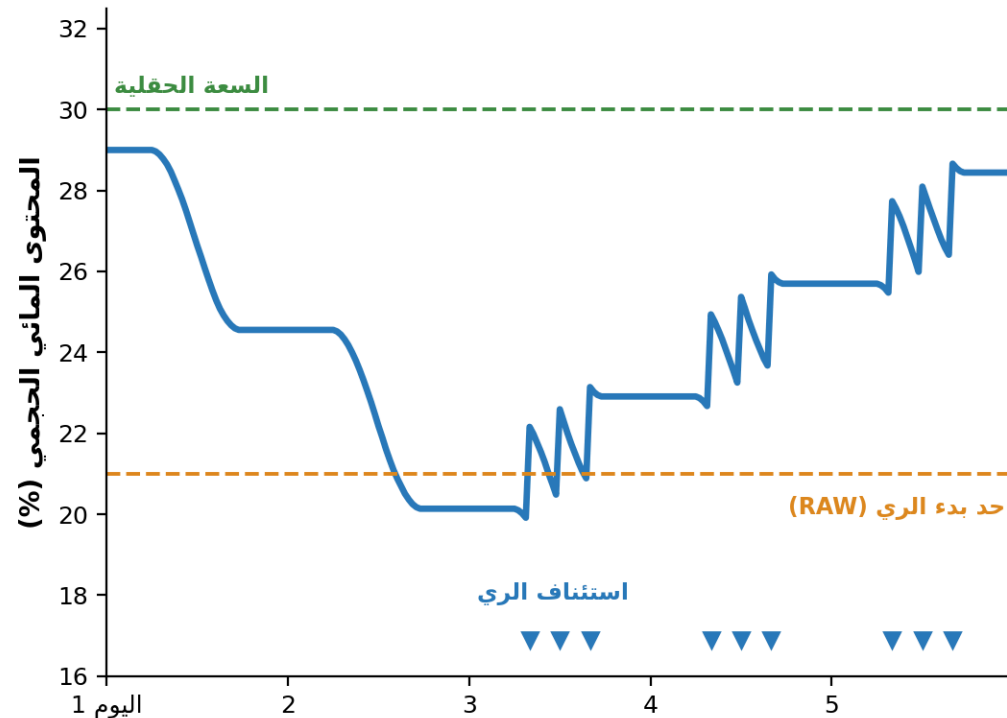
- Sensitive: Cucumber ($a=1.1$), Onion ($a=1.2$), Pepper ($a=1.5$).

- Moderately Tolerant: Tomato ($a=2.5$), Eggplant ($a=1.1$, low slope).

65. دراسة حالة في جدولة الري لمنطقة الجذور # 1

Root Zone Irrigation Scheduling Case Study #1

دراسة الحالة #1 - رطوبة منطقة الجذور



▼ نبضات الري • الهبوط اليومي بين الأحداث

بيانات توضيحية

- دراسة حالة حقلية تحلل استجابة شد رطوبة التربة تحت الري بالتنقيط.
- تحديد نسبة الغسيل المطلوبة (LF) بناءً على قراءات EC الصرف.
- ضبط فواصل نبضات الري لمنع الرشح العميق تحت منطقة الجذور.

الخطوط والحدود الرئيسية على الرسم:

السعة الحقلية (الخط الأخضر المتقطع عند 30%): هي الحد الأقصى لكمية المياه التي يمكن للتربة الاحتفاظ بها بعد تصريف الماء الزائد. تجاوز هذا الخط يؤدي إلى هدر المياه بالرشح العميق.

حد بدء الري - المياه المتاحة بسهولة (RAW الخط البرتقالي المتقطع عند 21%): هو الحد الحرج الذي إذا انخفضت رطوبة التربة عنه، يبدأ النبات في التعرض للإجهاد المائي. يجب تشغيل الري فوراً عند الوصول إلى هذا الخط.

تحليل حركة الرطوبة خلال الأيام الخمسة:

الأيام (1 - 3) [مرحلة الجفاف]: نلاحظ انخفاضاً مستمراً وحاداً في رطوبة التربة من 29% حتى وصلت إلى 20% (تحت خط الـ RAW البرتقالي). هذا يعني أن الري كان متوقفاً وأن النبات بدأ يدخل في مرحلة العطش والإجهاد المائي في اليوم الثالث.

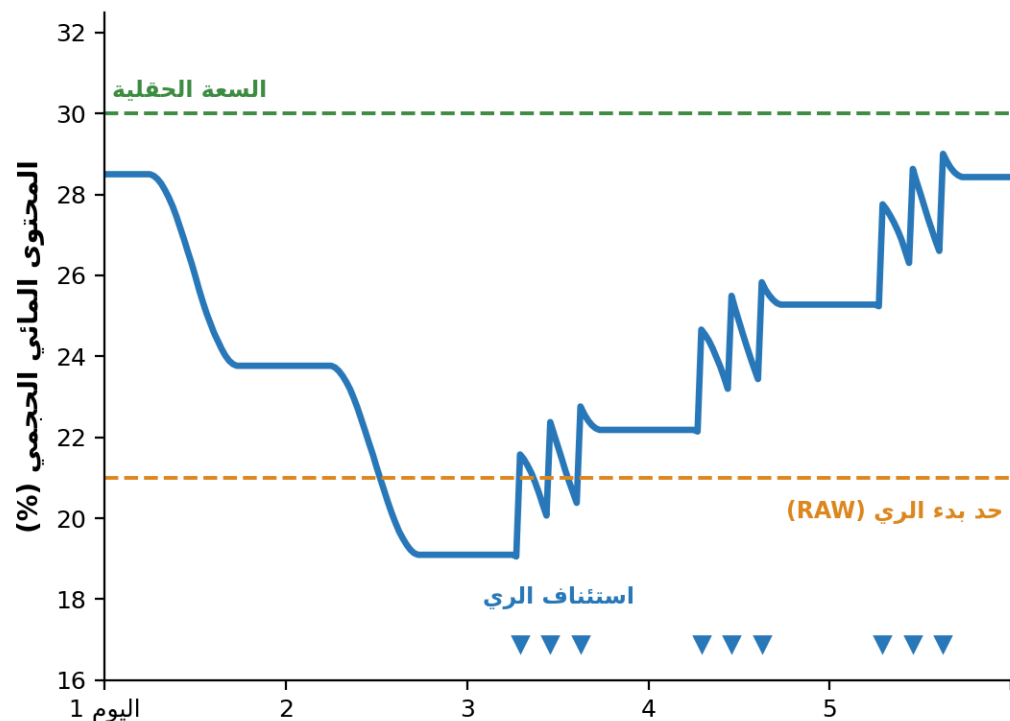
نهاية اليوم 3 واليوم 4 [استئناف الري]: تظهر المثلثات الزرقاء في الأسفل والتي تمثل نبضات الري (Irrigation Pulses) عند بدئها، بدأت رطوبة التربة في الارتفاع التدريجي على شكل "درجات سلم".

الأيام (4 - 5) [مرحلة التعافي والشحن]: استمرار نبضات الري القصيرة والمتكررة نجح في إعادة رفع محتوى الرطوبة في التربة تدريجياً حتى استقر عند 28% - 29%، وهو نطاق آمن ومثالي يقع مباشرة تحت السعة الحقلية ودون تدوير زائد

Root Zone Irrigation Scheduling Case Study # 2

66. دراسة حالة في جدولة الري لمنطقة الجذور # 2

دراسة الحالة #2 - رطوبة منطقة الجذور



▼ نبضات الري • الهبوط اليومي بين الأحداث

بيانات توضيحية

دراسة حالة حقلية تحلل استجابة شد رطوبة التربة تحت الري بالتقطير.

• تحديد نسبة الغسيل المطلوبة (LF) بناءً على قراءات EC الصرف.

• ضبط فواصل نبضات الري لمنع الرشح العميق تحت منطقة الجذور.

نستخدم المعادلة القياسية لمنظمة الأغذية والزراعة (FAO).

نسبة الغسيل هي نسبة مياه الري التي يجب أن تمر عبر منطقة الجذور وتصرف إلى الأسفل للتخلص من الأملاح المتراكمة.

1. المعادلة المستخدمة (FAO Equation):

$$LF = (EC_w) / (EC_{dw})$$

: ملوحة مياه الري المستخدمة (Electrical Conductivity of Irrigation Water).

ملوحة مياه الصرف الأقصى المسموح بها في منطقة الجذور (Max Permissible EC of Drainage Water) وعادةً ما يتم حسابها بناءً على تحمل المحصول (مثل الطماطم التي تكلمنا عنها سابقاً).

ملوحة مياه الري لديك

$$EC_w = 2.0 \text{ dS/m}$$

أقصى ملوحة مياه صرف مسموح بها للمحافظة على إنتاج الطماطم (

$$EC_{dw} = 10.0 \text{ dS/m}$$

الخطوة 1: التعويض في المعادلة

$$LF = \frac{2.0}{10.0} = 0.20$$

الخطوة 2: التحويل إلى نسبة مئوية

$$0.20 \times 100 = 20\%$$

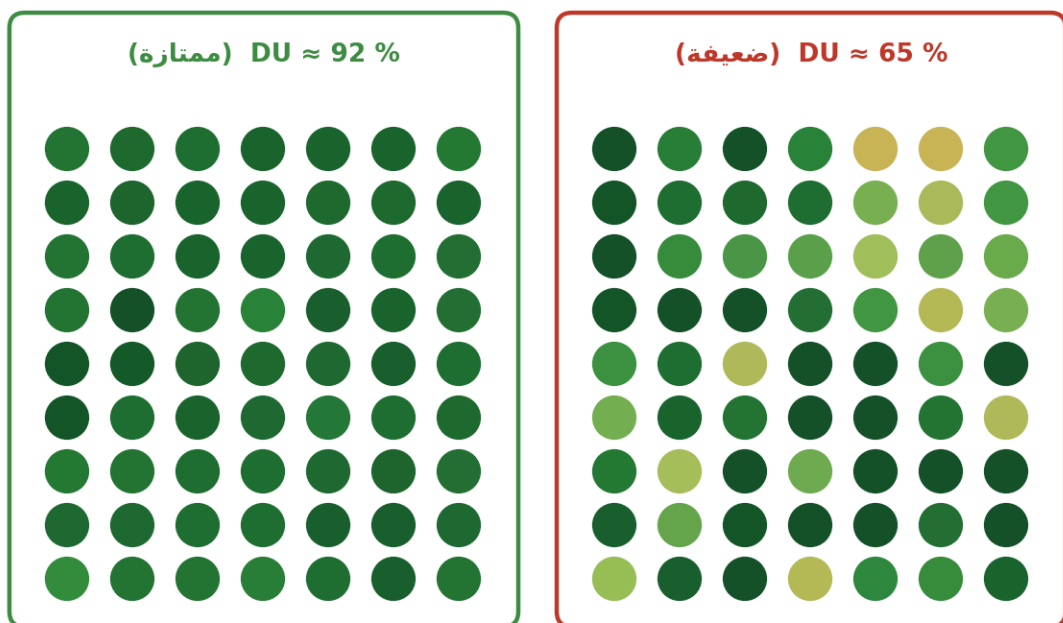
معنى النتيجة:

هذا يعني أنه من بين كل 100 لتر مياه تروي بها النبات، يجب أن تزيد الكمية لتعطي 120 لتر، بحيث يذهب 20 لتر منها كـ "مياه غسيل" تتغلغل تحت منطقة الجذور (الرشح العميق المقنن) (لتأخذ الأملاح معها إلى الصرف وتمنع تملح التربة).

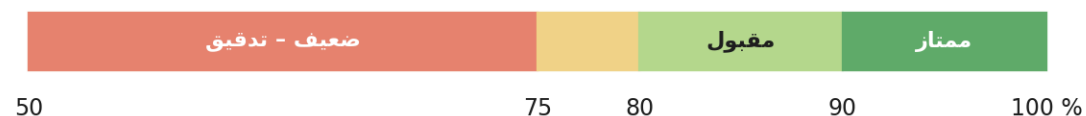
Distribution Uniformity (DU) Definition

76. تعريف انتظامية التوزيع (DU)

انتظامية التوزيع - كيف تبدو



المعايير المرجعية



- تقيس انتظامية التوزيع (DU) مدى تجانس تطبيق الماء عبر قطعة الحقل.
- ضعف DU يؤدي إلى تراكم الأملاح موضعياً ونمو غير متجانس وإهدار الأسمدة.
- المعايير المرجعية لـ DU:
 - ممتازة: $DU < 90\%$
 - مقبولة: DU من 80% إلى 90%
 - ضعيفة (تتطلب تدقيقاً): $DU > 75\%$

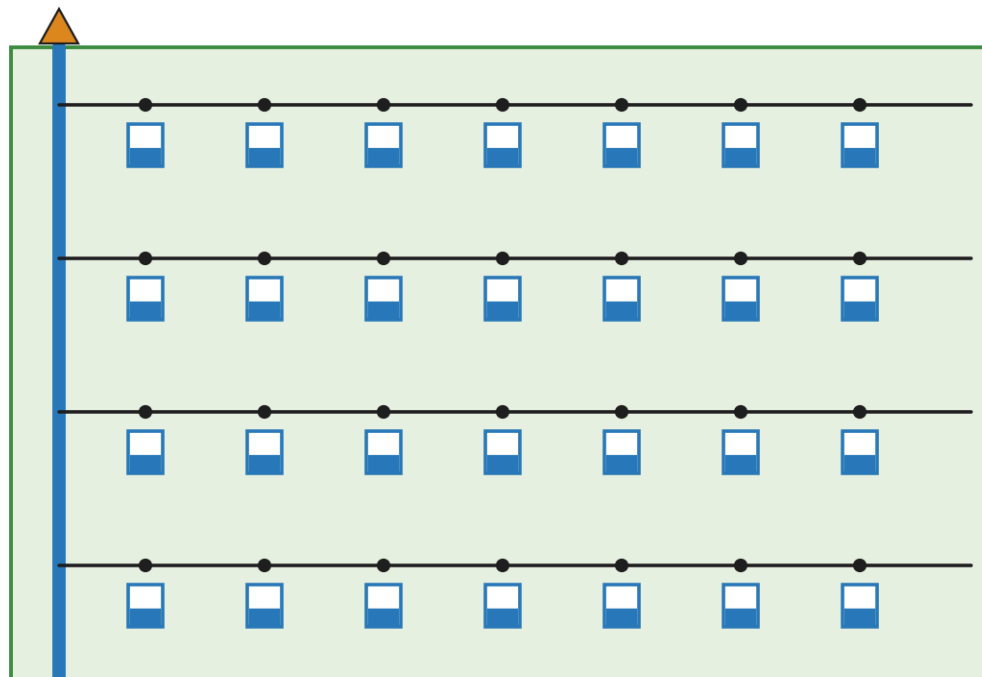
Distribution Uniformity (DU) Field Test SOP (DU)

77. إجراء الاختبار الحقلّي لانتظامية التوزيع

• إجراء تدقيق الأوعية الحقلّي:

1. اختر خطوطاً فرعية ممثلة لقطعة الري (المدخل والمنتصف والنهاية).
2. ضع 28 وعاء تجميع على الأقل مباشرة تحت المنقطات.
3. شغل منطقة الري عند ضغط التشغيل العادي (2.0 بار) لمدة 10 دقائق بالضبط.
4. قس أحجام الماء المجمع بمخبار مدرج.
5. رتب الأحجام المجمعة من الأقل إلى الأعلى.

تدقيق أوعية التجميع - 28 وعاء في منطقة واحدة



المدخل

المنتصف

النهاية

4 خطوط × 7 أوعية = 28 بار × 10 دقائق · قياس الأحجام
ثم الترتيب من الأقل إلى الأعلى



78. الحساب الرياضي لنسبة DU

• معادلة انتظامية التوزيع:

$$100 \times (\text{Avg} \div 25\text{DU}) = (\text{Avg} -$$

- حيث 25Avg هو متوسط حجم أقل 25% من الأوعية، و Avg هو المتوسط العام لجميع الأوعية.

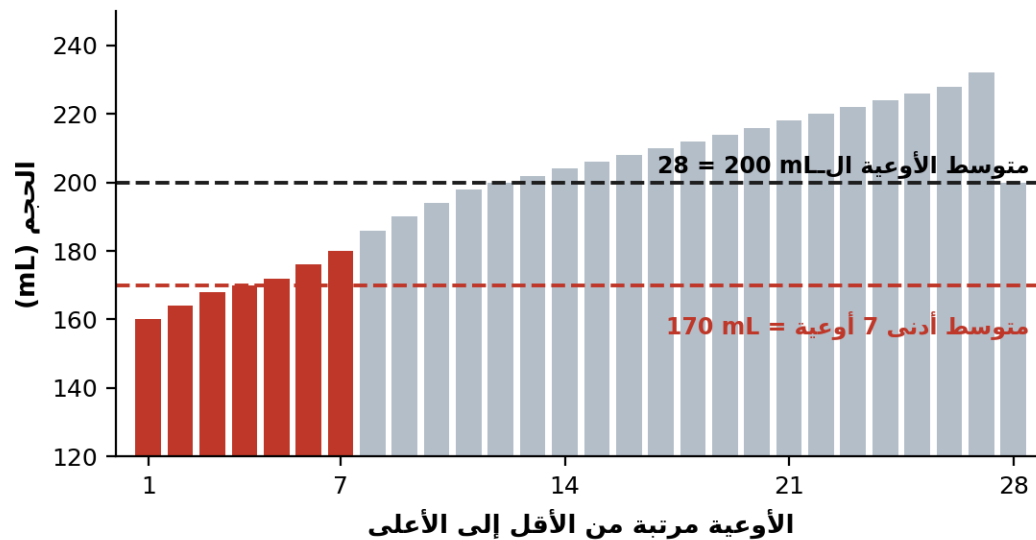
• مثال حسابي محلول:

- متوسط الحجم العام عبر 28 وعاء $\text{Lm } 200 =$

- متوسط حجم أقل 7 أوعية (أقل 25%) $\text{Lm } 170 =$

- $\text{DU} = (200 / 170) \times 100 = 85\%$ (أداء مقبول).

حساب DU - مثال محلول



$$\text{DU} (\%) = (\text{المتوسط العام}) \div (\% \text{ متوسط أدنى 25}) \times 100$$

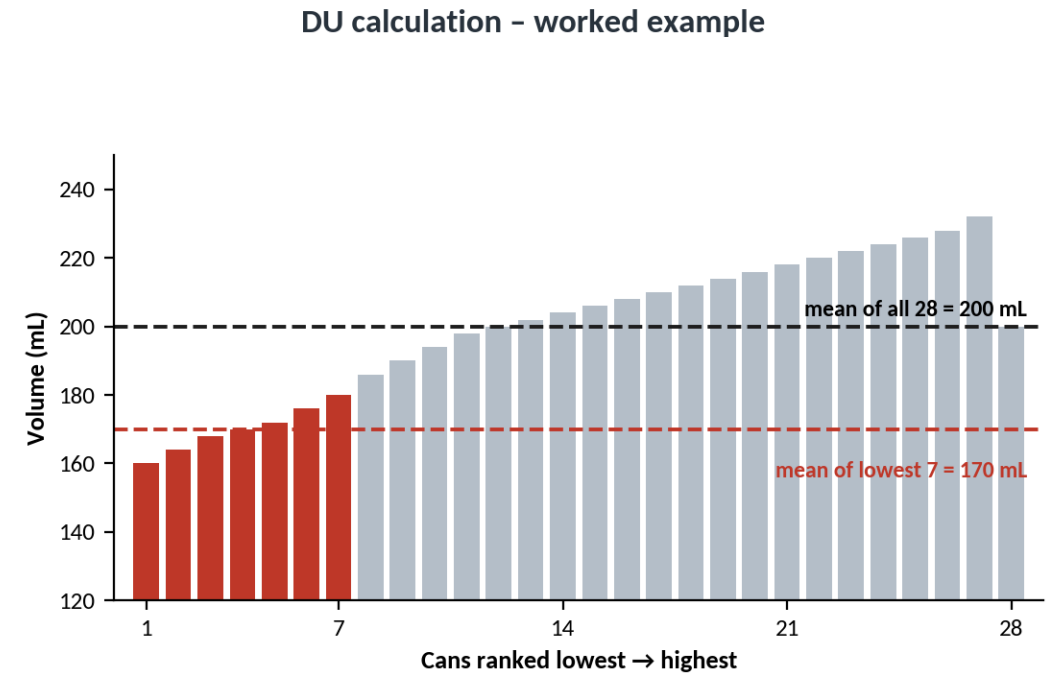
$$\text{DU} = 170 \div 200 \times 100 = 85\% \leftarrow \text{مقبول}$$

- Distribution Uniformity Equation:

- $DU (\%) = (\text{Average Volume of Lowest 25\% Catch Cans} / \text{Overall Average Volume of All Catch Cans}) \times 100$

- Worked Calculation Example:

- Overall average volume across 28 cans = 200 mL.
 - Average volume of lowest 7 cans (lowest 25%) = 170 mL.
 - $DU = (170 / 200) \times 100 = 85\%$ (Acceptable Performance).



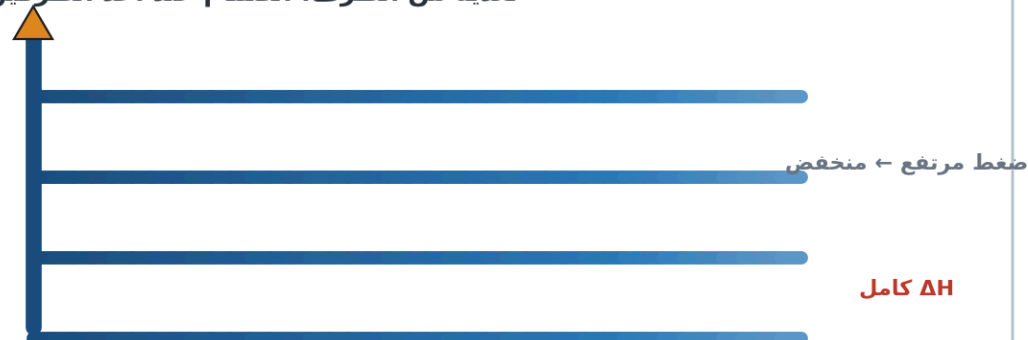
$$DU (\%) = (\text{avg lowest 25 \%}) \div (\text{overall avg}) \times 100$$

$$DU = 170 \div 200 \times 100 = 85 \% \rightarrow \text{acceptable}$$

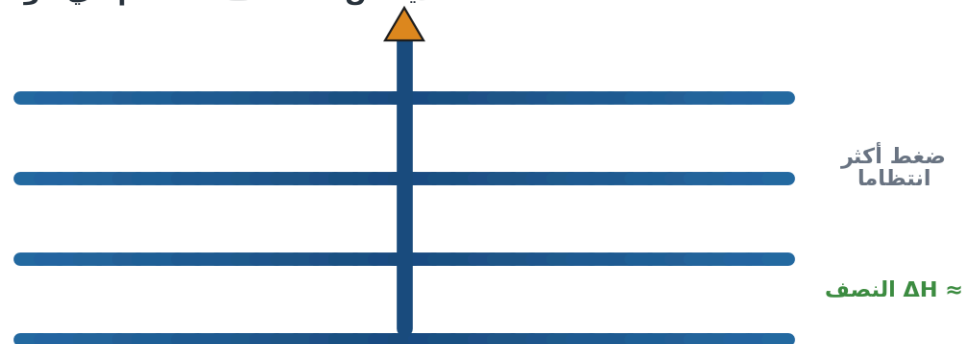
Corrective Hydraulics for Network Uniformity

الخط شبه الرئيسي: تغذية من الطرف مقابل التغذية من المنتصف

تغذية من الطرف: الصمام عند أحد الطرفين



التغذية من المنتصف: الصمام في الوسط



الأعمق = ضغط أعلى. أيضاً: منقطات معوضة · خطوط 40-50 م · منظمات عند 2.0 بار

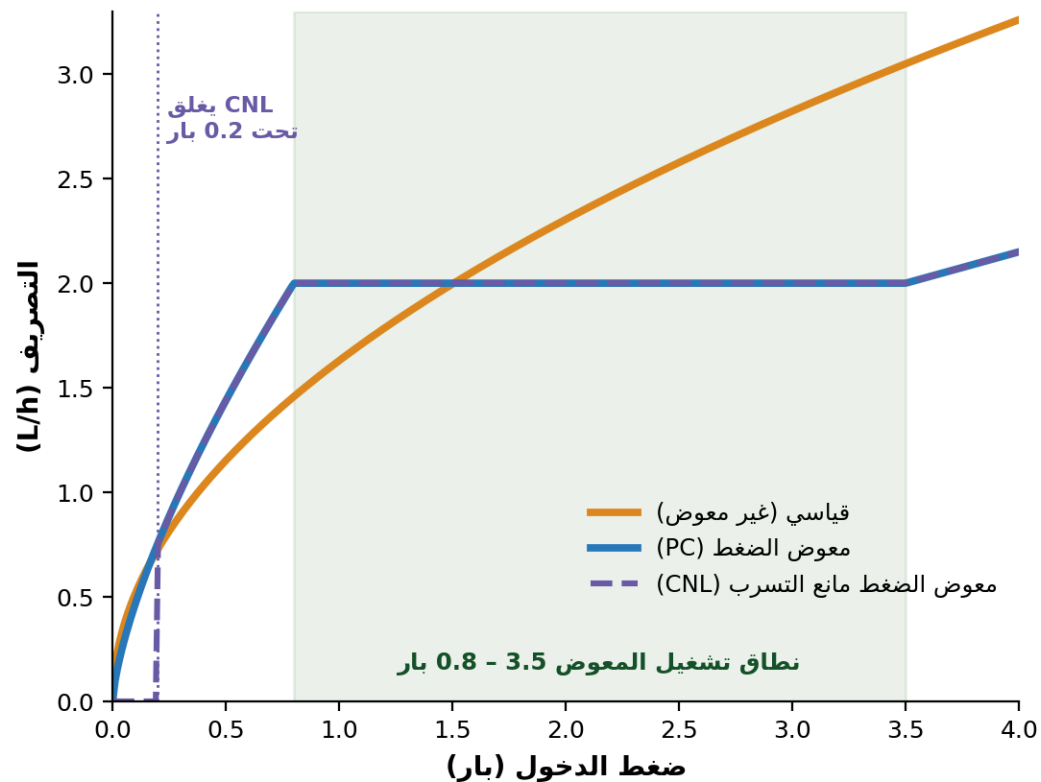
• حلول ضعف انتظامية التوزيع:

- ركب منظمات ضغط عند مداخل صمامات الخطوط شبه الرئيسية (حافظ على 2.0 بار).
- استبدل المنقطات غير المعوضة بمنقطات معوضة الضغط (PC).
- حدد أقصى طول للخط الفرعي بـ 40-50 مترًا.
- ضع صمامات التحكم في منتصف قطع الري لتقليل فاقد الاحتكاك للنصف.



Dripline Technology Comparison

تصريف المنقط مقابل ضغط الدخول



منحنيات تخطيطية لمنقط 2.0 L/h

• المنقطات القياسية غير المعوضة: يتغير التصريف طرديًا مع تغيرات الضغط.

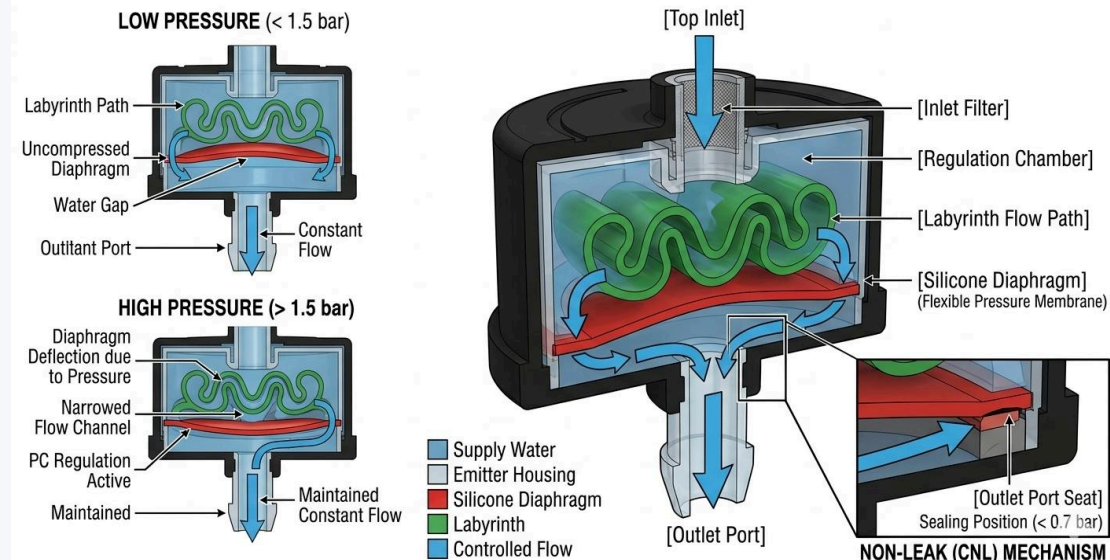
• المنقطات المعوضة للضغط (PC):

- ينتهي غشاء السيليكون للحفاظ على تصريف ثابت (مثل 2.0 h/L) من 0.8 إلى 3.5 بار.

• المنقطات المعوضة المانعة للتسرب (CNL):

- تغلق المنقط عندما ينخفض الضغط عن 0.2 بار؛ فتبقى خطوط التنقيط ممتلئة بين الدورات.

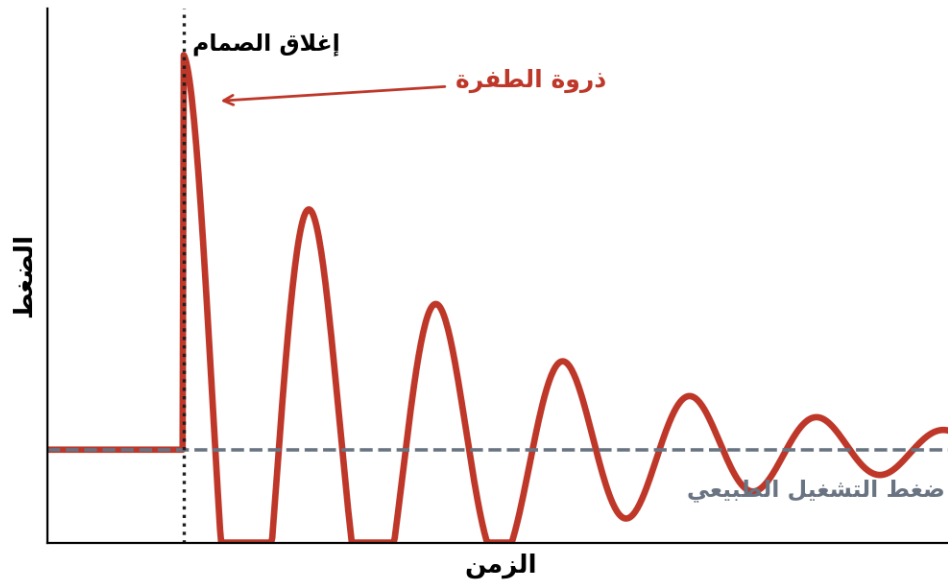
HYDRAULIC MECHANISM OF PC CNL (PRESSURE COMPENSATING NON-LEAK) EMITTER



Hydraulic Shock (Water Hammer) Dynamics

81. ديناميكية الصدمة الهيدروليكية (المطرقة المائية)

المطرقة المائية بعد الإغلاق المفاجئ للصمام



$$\Delta P = \rho \cdot a \cdot \Delta V$$

معادلة جوكوفسكي:

قد تتجاوز الطفرات 5 أضعاف ضغط التشغيل - انفجار الأنابيب والوصلات

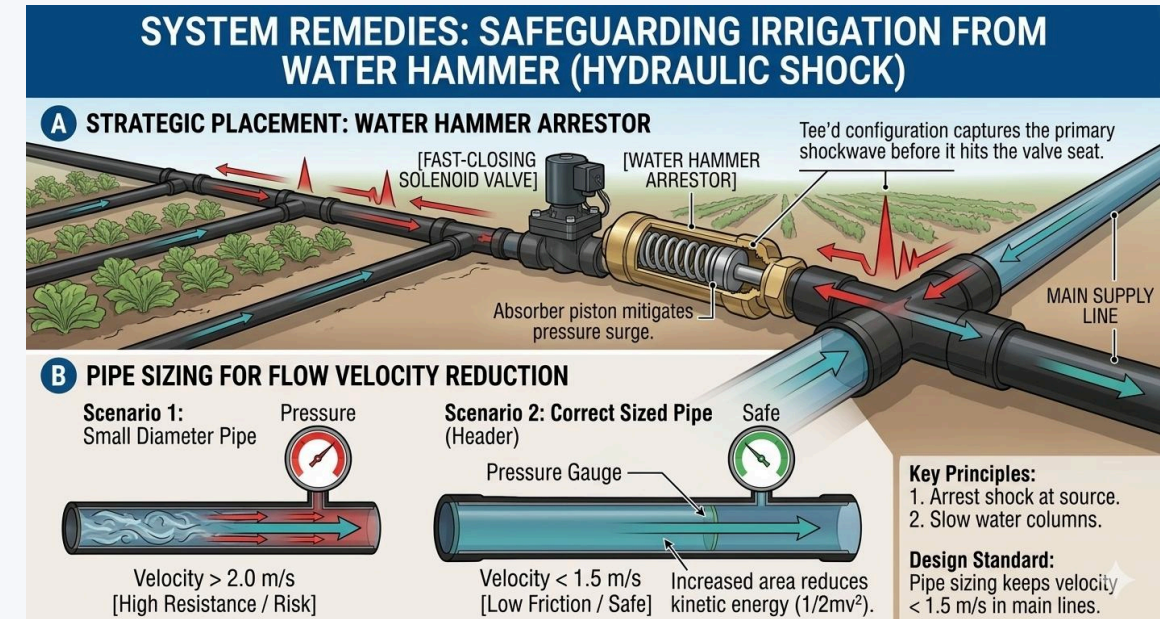
• التعريف: طفرة ضغط تنشأ عندما يتغير زخم المائع الجاري بسرعة.

• معادلة جوكوفسكي لأقصى ضغط صدمة:

- تغير الضغط = الكثافة × سرعة الصوت × تغير السرعة ($\Delta P = \rho \cdot a \cdot \Delta V$)

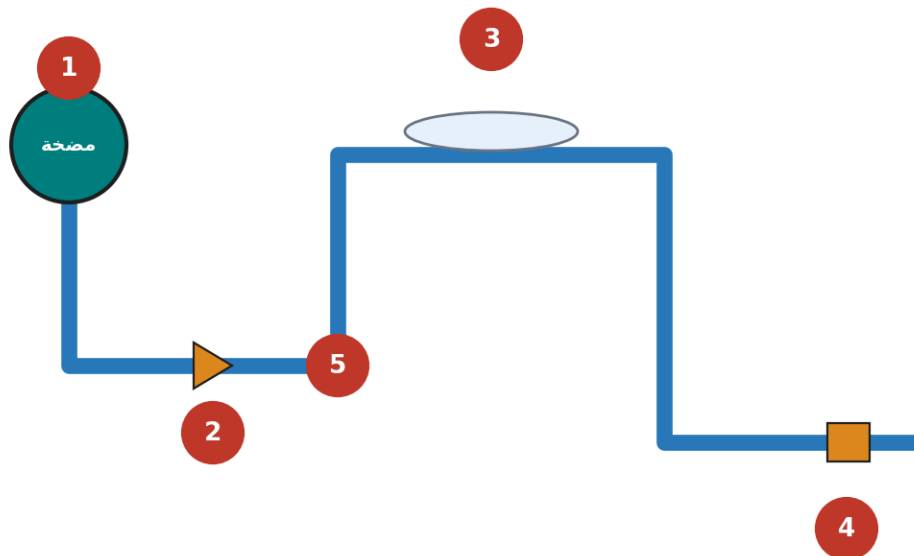
• الإغلاق السريع للصمام يحول الطاقة الحركية إلى طفرات ضغط انفجارية.

• قد تتجاوز ضغوط الصدمة 5 أضعاف ضغط التشغيل العادي (فتنفجر الأنابيب والوصلات).



Trigger Factors for Farm Water Hammer

أين تبدأ المطرقة المائية



• الأسباب التشغيلية الشائعة:

- الصمامات الكهرومغناطيسية سريعة الفعل التي تنغلق في أقل من ثانية.
- تشغيل المضخة المباشر دون بادئ ناعم أو مشغل ذي تردد متغير (VFD).
- سرعات مائع عالية تتجاوز 2.0 م/ث في الخطوط الرئيسية.
- جيوب هواء غير منفسة محتجزة عند نقاط الارتفاع العالي في الأنابيب.

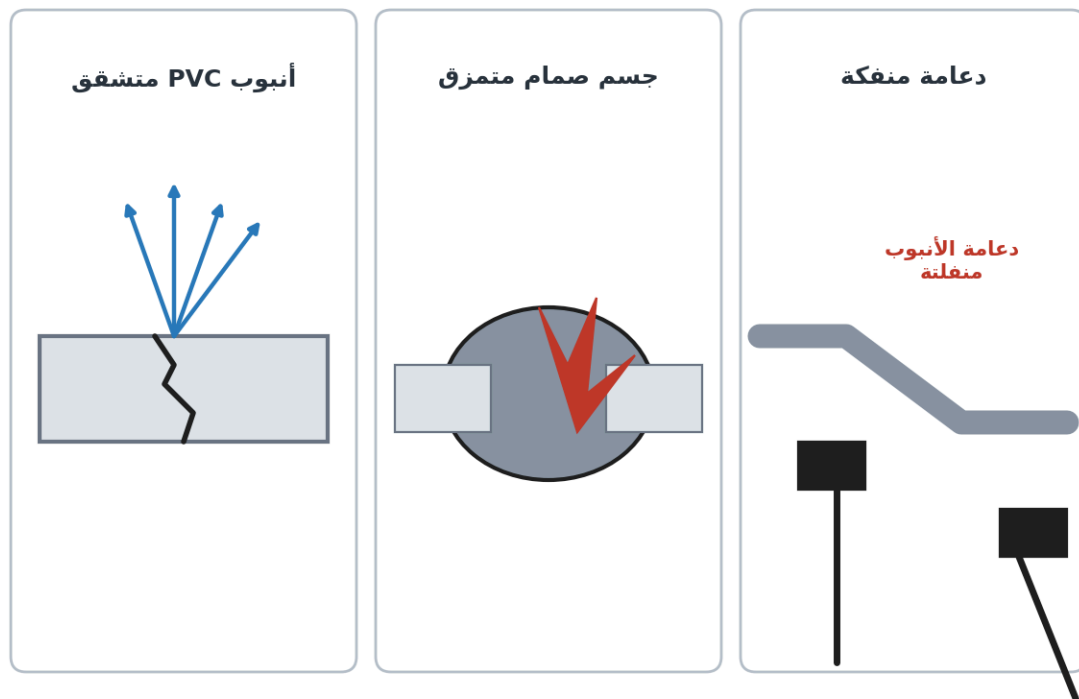
- 1 تشغيل المضخة المباشر (دون بادئ ناعم / VFD)
- 2 ارتطام صمام عدم الرجوع عند إغلاقه
- 3 جيب هواء غير منفس عند نقطة مرتفعة
- 4 إغلاق سريع للصمام الكهرومغناطيسي في أقل من ثانية
- 5 سرعة عالية ($2.0 > \text{م/ث}$) عند الأكواع ونهايات الخطوط

Mechanical System Consequences of Water Hammer

• مظاهر تلف الشبكة:

- تشقق الأنابيب طوليًا وانفجار وصلات الاتصال.
- تشقق أغلفة المضخات وتلف صمامات عدم الرجوع.
- ضرر ميكانيكي لمضخات الجرعات وأقطاب pH / EC المركبة على الخط.
- تراخي حوامل الأنابيب وفشل الدعم الإنشائي.

أضرار المطرقة المائية النموذجية



كذلك: تشقق أغلفة المضخات وتلف صمامات عدم الرجوع،
وتضرر مضخات الجرعات وأقطاب pH / EC

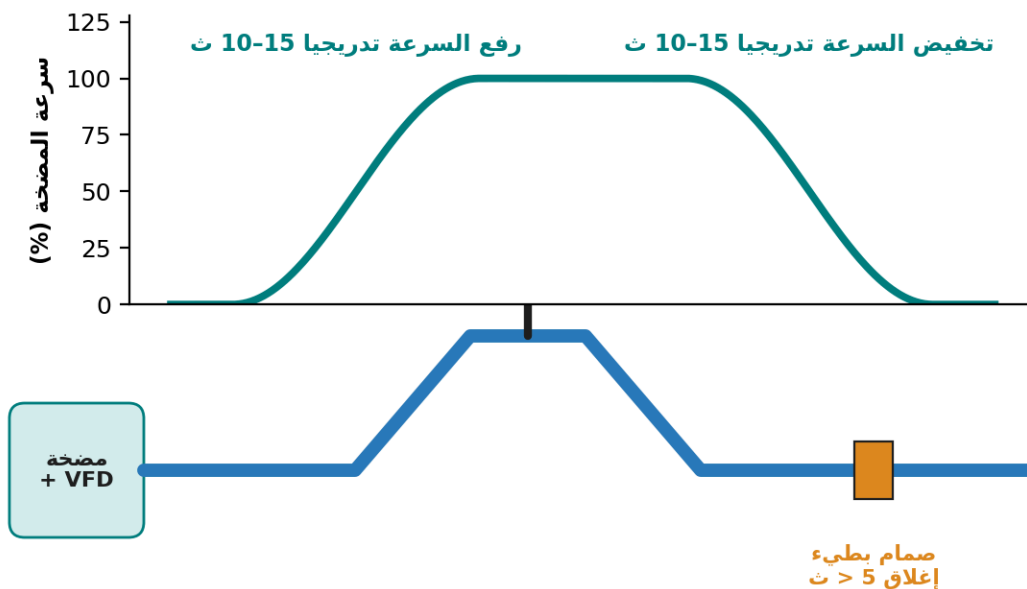
84. استراتيجيات الحد من المطرقة المائية

Water Hammer Mitigation Strategies

• الحلول الهندسية:

1. تحجيم الأنابيب: أبق سرعة الماء أقل من 1.5 م/ث بصرامة.
2. التحكم بالصمامات: اضبط مشغلات الصمامات الكهربائية لأزمنة إغلاق بطيئة (< 5 ثوانٍ).
3. مشغلات VFD: برمج منحنيات رفع وخفض سرعة المضخة لمدة 10-15 ثانية.
4. الحماية من الطفرات: ركب صمامات تنفيس الهواء ومخمدات الطفرات الهيدروليكية.

الحد من المطرقة المائية

السرعة < 1.5 م/ث (تحجيم الأنابيب)

مشغلات صمامات بطيئة الإغلاق

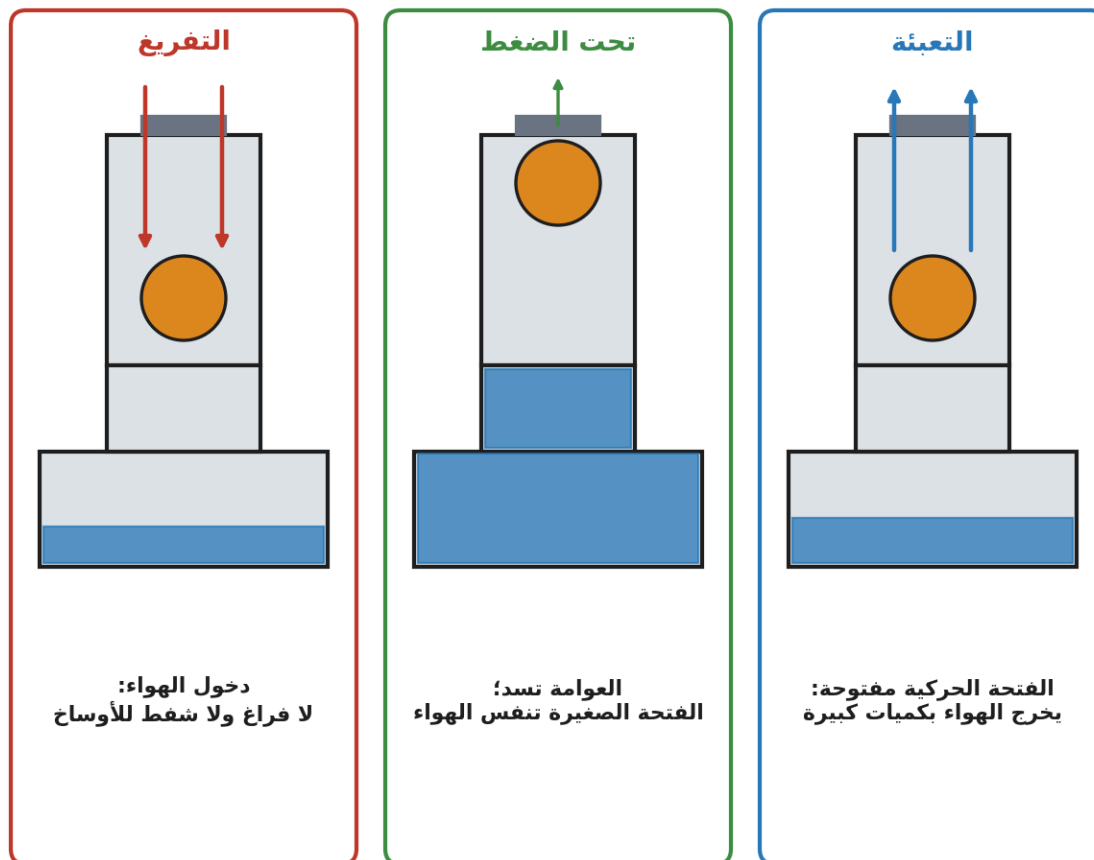
تدرج تشغيل VFD

صمامات تنفيس الهواء / مخمدات الصدمات

Air Release & Vacuum Breaker Valves

85. صمامات تنفيس الهواء وكسر الفراغ

صمام الهواء المركب - ثلاث مراحل



تركب عند النقاط المرتفعة ونهايات الخط الرئيسي وبعد صمامات التحكم

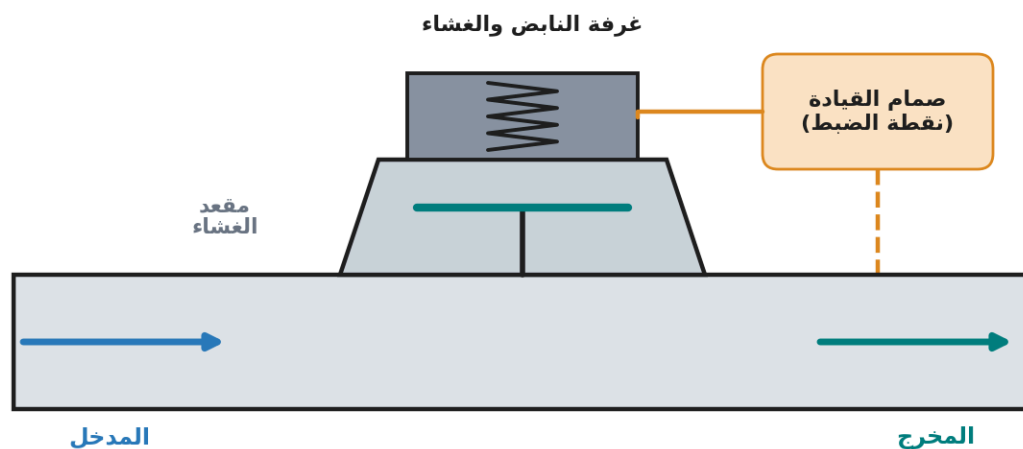
• الوظائف الحاسمة لصمامات الهواء:

- التنفيس الحركي للهواء: يطرد الهواء الكتلي أثناء تعبئة الشبكة.
- التنفيس المستمر للهواء: يصرف جيوب الهواء الذائب أثناء التشغيل تحت الضغط.
- كاسر الفراغ: يدخل الهواء عند الإيقاف لمنع انهيار الأنابيب وشفط الأتربة إلى المنقطات.
- مواضع التركيب: جميع نقاط الارتفاع العالي ونهايات الخط الرئيسي وبعد صمامات التحكم.



Pressure Relief & Control Valves

صمام تحكم هيدروليكي بالقيادة



صمام تنفيس الضغط

يفتح عند تجاوز قيمة الضبط

صمام خفض الضغط (PRV)

ضغط ثابت بعد الصمام

صمام الإبقاء على الضغط

يحافظ على الضغط الأمامي فوق الحد الأدنى

• البنية الآمنة:

- صمام تنفيس الضغط: يفتح تلقائيًا عندما يتجاوز ضغط الشبكة قيمة الضبط.
- صمام خفض الضغط (PRV): يحافظ على ضغط ثابت بعد الصمام مهما تذبذب الضغط قبله.
- صمام الإبقاء على الضغط: يمنع انخفاض الضغط الأمامي عن الحد الأدنى الحرج.

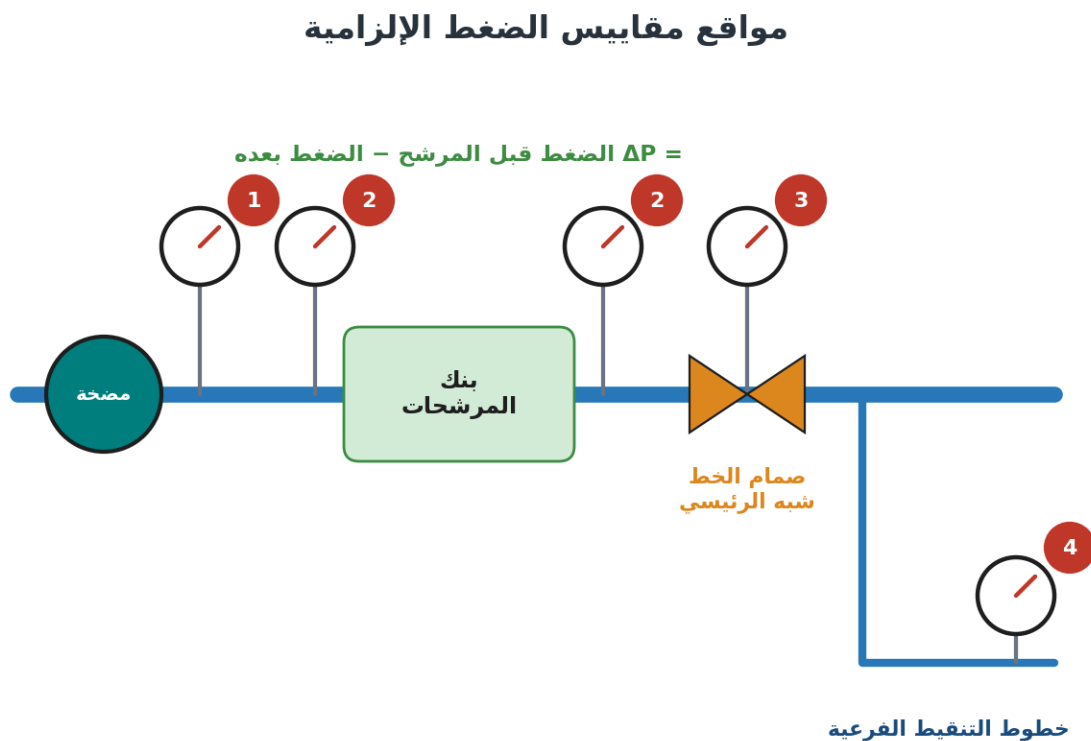


87. المواضع التشخيصية لمقاييس الضغط

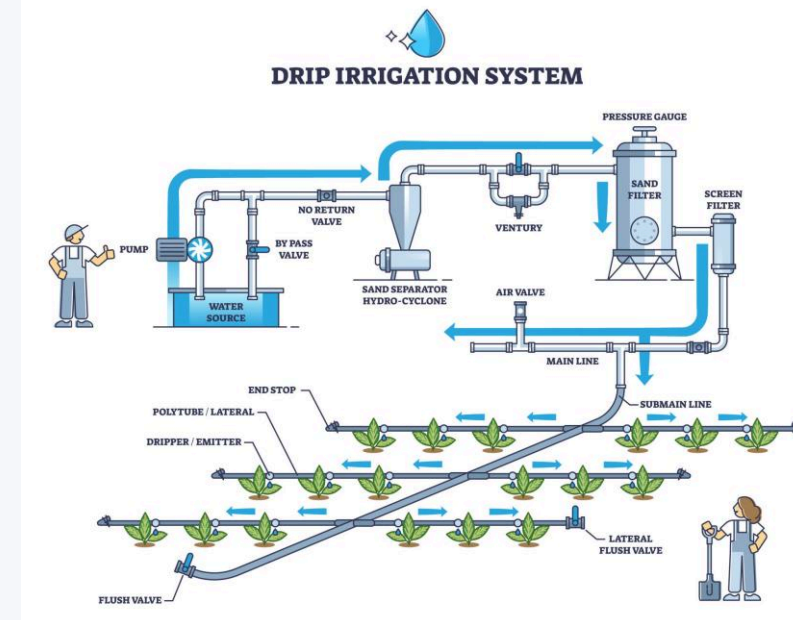
Diagnostic Placement of Pressure Gauges

• مواقع المقاييس الإلزامية للتشخيص:

1. تصريف المضخة (يقيس ضغط خرج المضخة).
2. قبل وبعد بنوك المرشحات (يقيس فرق الضغط ΔP).
3. مداخل صمامات الخطوط شبه الرئيسية (يقيس ضغط المنطقة).
4. نهاية خطوط التנקيط الفرعية (يقيس فقد ضغط الخط).



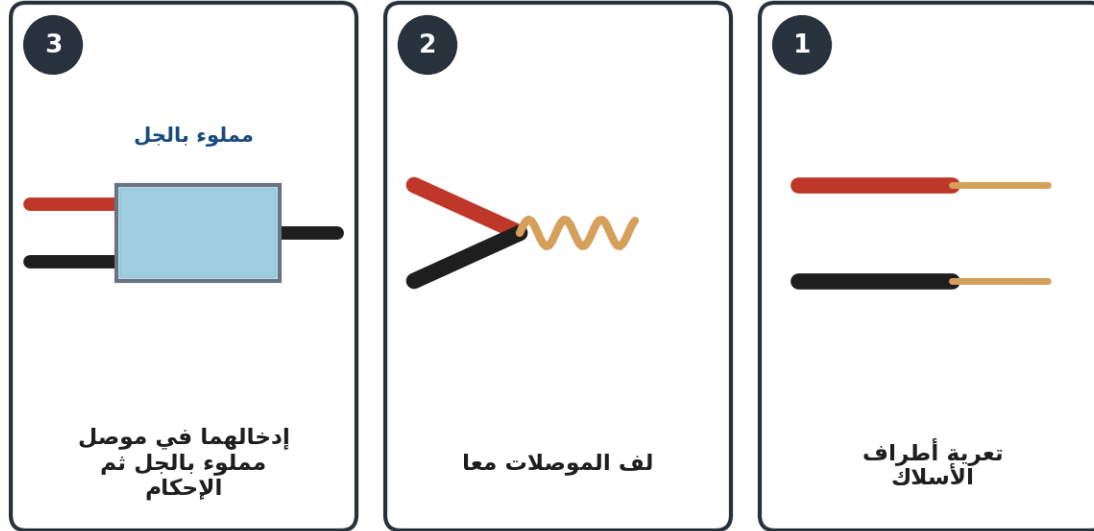
1. تصريف المضخة - ضغط الخرج
2. قبل وبعد كل بنك مرشحات - ΔP
3. مداخل صمامات الخط شبه الرئيسي - ضغط المنطقة
4. نهاية الخطوط الفرعية - فقد ضغط الخط



88. الصمامات الكهرومغناطيسية والتوصيلات المقاومة للماء

Solenoid Valves & Waterproof Connections

توصيلات الصمامات الكهرومغناطيسية المقاومة للماء



تحقق من مقاومة ملف 24 VAC
 $\approx 20 - 40 \Omega$

أسلاك الإشارة داخل مواسير شديدة
التحمل
(مثل 3M DBY)

الرطوبة في صناديق الصمامات ← تأكل وقصر كهربائي

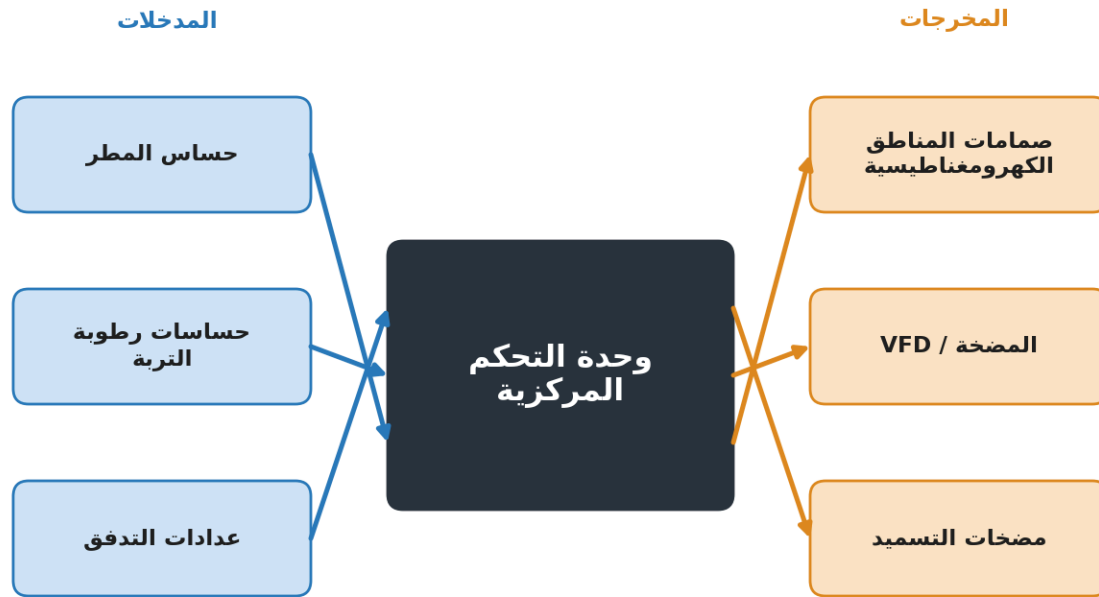
• إجراء توصيل أسلاك صمامات التحكم:

- الرطوبة العالية في صناديق الصمامات تسبب تآكل الأسلاك والقصر الكهربائي.
- الاستخدام الإلزامي لموصلات أسلاك مقاومة للماء مملوءة بالجل (مثل M DBY3).
- تحقق من مقاومة ملف الصمام CAV 24 (عادة 20-40 أوم).
- احم أسلاك الإشارة داخل مواسير شديدة التحمل.



Irrigation Controllers & Automation Architecture

بنية أتمتة الري



وحدة تحكم مركزية أم وحدات حقلية مستقلة
اجعل وحدات التحكم قريبة من الصمامات للحد من هبوط الجهد.
تفعل الحساسات تخملي دورات الري تلقائياً.

• تصميم شبكة وحدات التحكم:

- وحدة تحكم مركزية مقابل وحدات حقلية مستقلة.
- ركز وحدات التحكم ضمن مسافة معقولة لتقليل هبوط الجهد في الأسلاك.
- ادمج مدخلات الحساسات (المطر ورطوبة التربة وعدادات التدفق) لتخطي الدورات آلياً.



90. عدادات التدفق المركبة على الخط والمراقبة الرقمية

Inline Flow Meters & Digital Monitoring

• إجراء مراقبة التدفق:

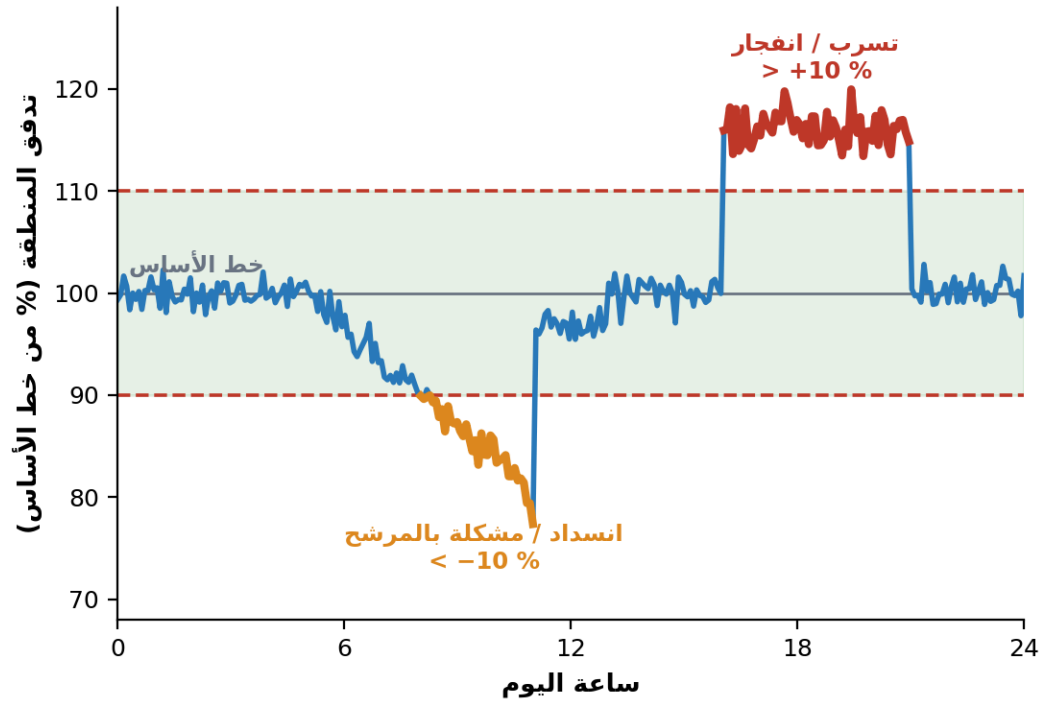
- تكشف عدادات التدفق اللحظية التسربات والخطوط المنفجرة وانسداد المنقطات.

- حدد معدل تدفق أساسي لكل منطقة على حدة.

- اضبط حدود الإنذار: تدفق $< +10\%$ يشير إلى تسرب؛ وتدفق $> -10\%$ يشير إلى انسداد / مشكلة بالمرشح.



لوحة مراقبة تدفق المناطق



حدد خط أساس لكل منطقة؛ إنذار عند $\pm 10\%$

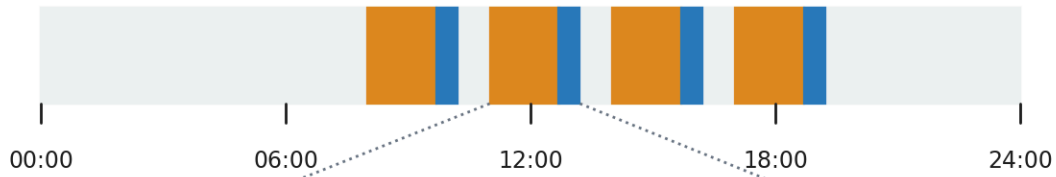
بيانات توضيحية

91. استراتيجية الشطف التشغيلي اليومي (إجراء البيوت المحمية)

Daily Operational Flushing Strategy (Greenhouse SOP)

روتين الشطف اليومي

جدول 24 ساعة (مثال)



دورة ري واحدة



يترك التسميد بالري رواسب ملحية في الخطوط. يزيل الشطف بالماء النظيف العناصر الغذائية (فيمنع الترسيب ونمو الطحالب) ويزيح أملاح منطقة الجذور.

• بروتوكول غسل الخطوط اليومي:

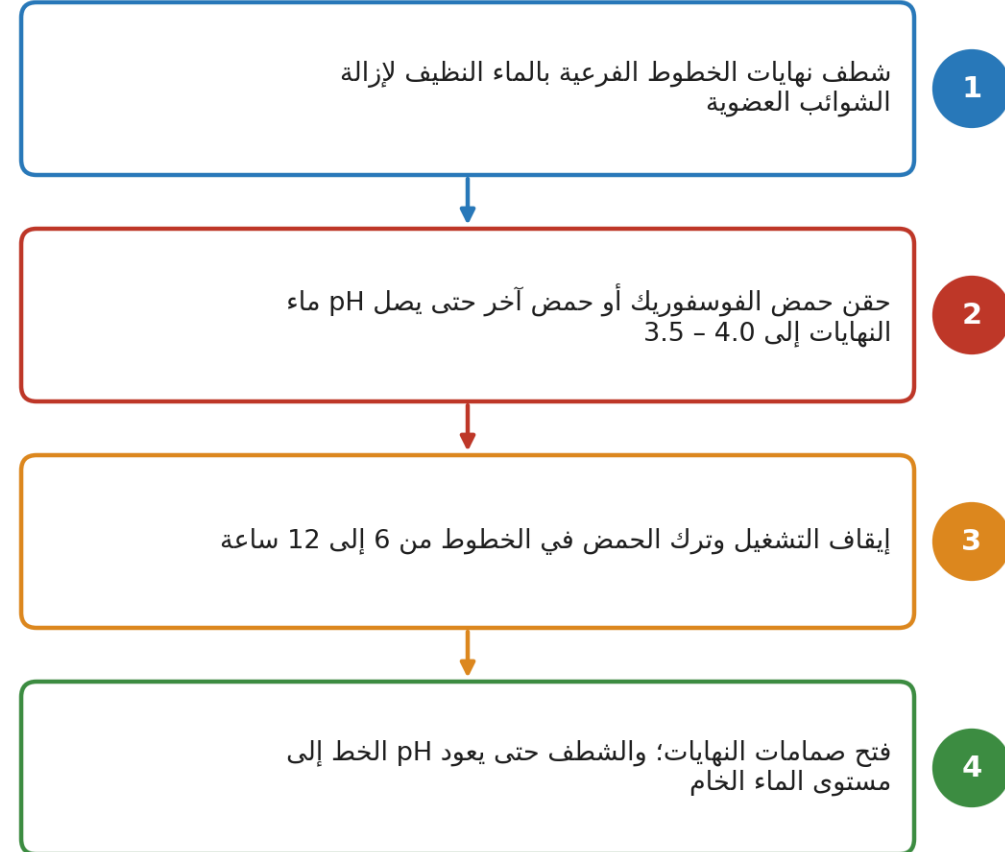
- يترك التسميد بالري رواسب ملحية داخل خطوط التنقيط.
- الشطف اليومي في نهاية الدورة: 10 دقائق تسميد ← 3 دقائق شطف بماء نظيف.
- يزيل العناصر المتبقية من الخطوط ويمنع الترسيب ونمو الطحالب.
- يزيل الأملاح المتراكمة في منطقة الجذور.



Mainline & Lateral Acid Sanitation SOP

92. إجراء التعقيم الحمضي للخط الرئيسي والخطوط الفرعية

الصدمة الحمضية - النقع ثم الشطف



• إجراء عملية التعقيم الحمضية الدورية لإزالة الترسبات:

1. اشطف نهايات الخطوط الفرعية بماء نظيف لإزالة الشوائب العضوية.
2. احقن حمض الفوسفوريك أو محلولاً حمضياً حتى ينخفض pH ماء النهايات إلى 3.5-4.0.
3. أوقف النظام واترك الحمض في الخطوط من 6 إلى 12 ساعة.
4. افتح صمامات النهايات واشطف جيداً حتى يعود pH الخط إلى مستوى الماء الخام.



93. الأوساط الزراعية بلا تربة وإدارة الصرف

• إعداد نظام الصرف في الزراعة المائية / الأوساط الزراعية:

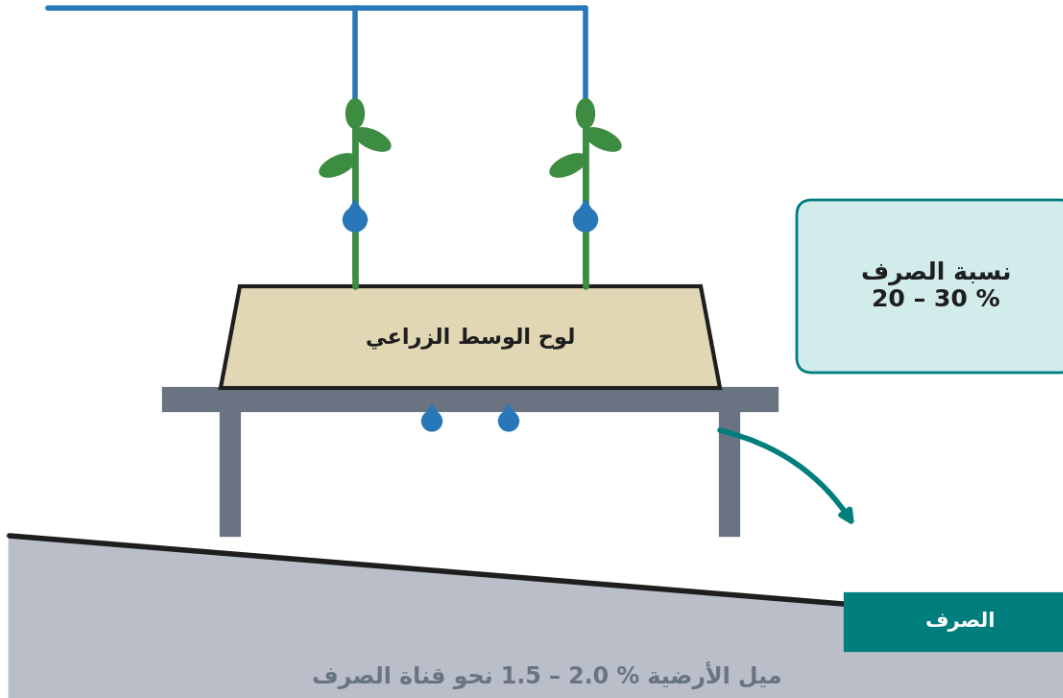
- حافظ على ميل أرضية 1.5 % إلى 2.0 % نحو قنوات الصرف الرئيسية.
- نسبة الصرف المستهدفة (كسر الغسيل): 20 % إلى 30 % من الحجم المطبق.
- راقب EC و pH ماء الصرف يوميًا.
- إذا كان EC الصرف < EC المستهدف + 1.0 ds/m فزد تكرار / حجم الري.



صرف أكياس الوسط الزراعي

يوميًا: قياس EC و pH للصرف. إذا كان EC الصرف < المستهدف + 1.0 ds/m ← زد الري

مدخل مياه الري



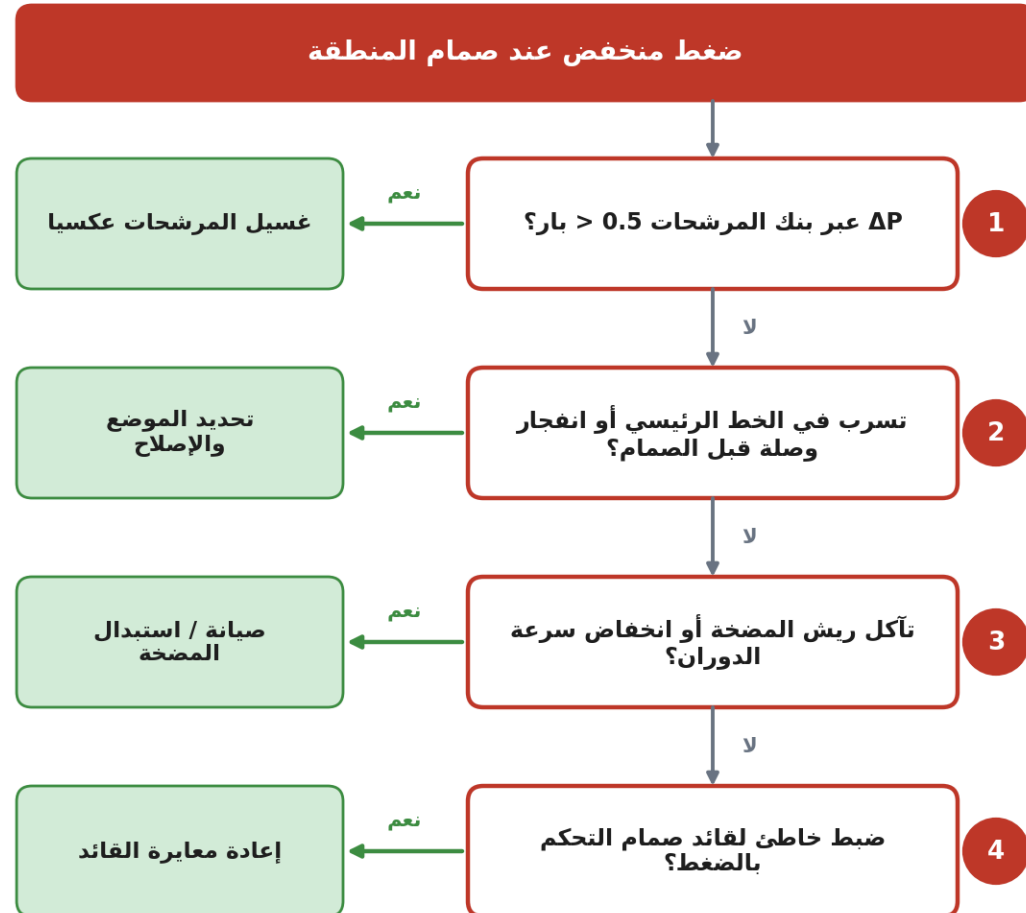
Troubleshooting Matrix: Low Pressure Symptoms

94. مصفوفة استكشاف الأعطال: أعراض الضغط المنخفض

• العرض: ضغط منخفض عند صمام المنطقة

- الفحص 1: هل $P\Delta$ عبر بنك المرشحات < 0.5 بار؟ ← نفذ غسيلاً عكسياً.
- الفحص 2: هل يوجد تسرب في الخط الرئيسي أو انفجار وصلة قبل الصمام؟
- الفحص 3: هل تأكلت ريش المضخة أو انخفضت سرعة الدوران؟
- الفحص 4: هل قيمة ضبط قائد صمام التحكم بالضغط غير معاييرة؟

مخطط استكشاف الأعطال



Troubleshooting Matrix: High Pressure Symptoms

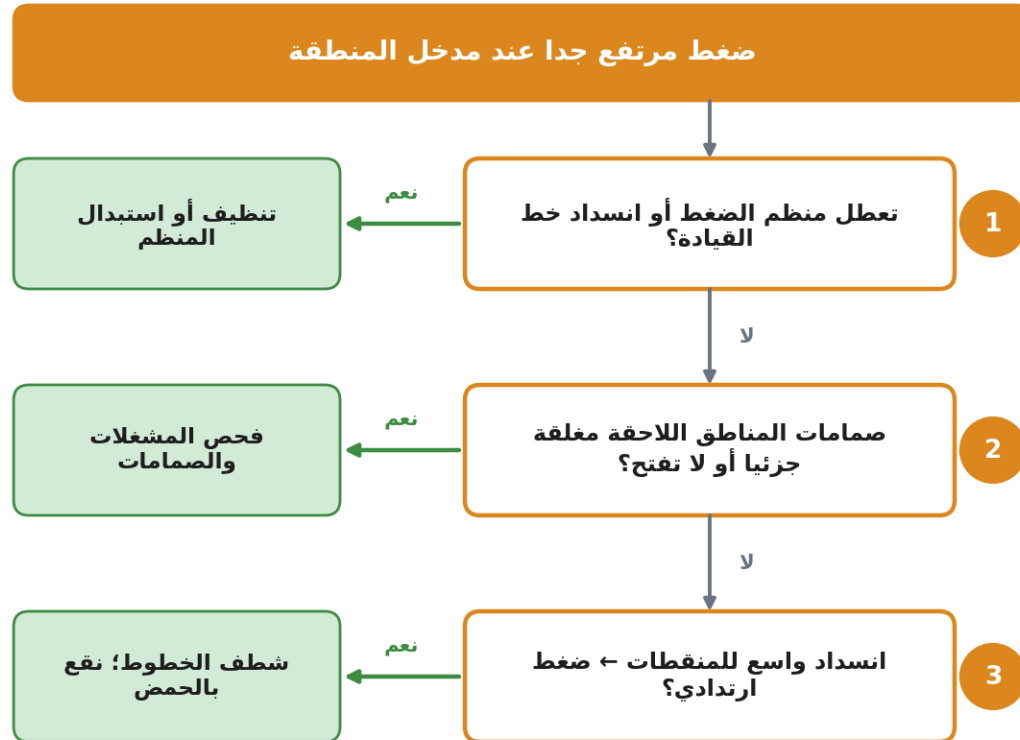
• العرض: ضغط مرتفع جدًا عند مدخل المنطقة

- الفحص 1: هل تعطل منظم الضغط أو انسداد خط القيادة؟

- الفحص 2: هل صمامات المناطق اللاحقة مغلقة جزئيًا أو لا تفتح؟

- الفحص 3: هل انسداد المنقطات الواسع يسبب ضغطًا ارتداديًا شديدًا؟

مخطط استكشاف الأعطال

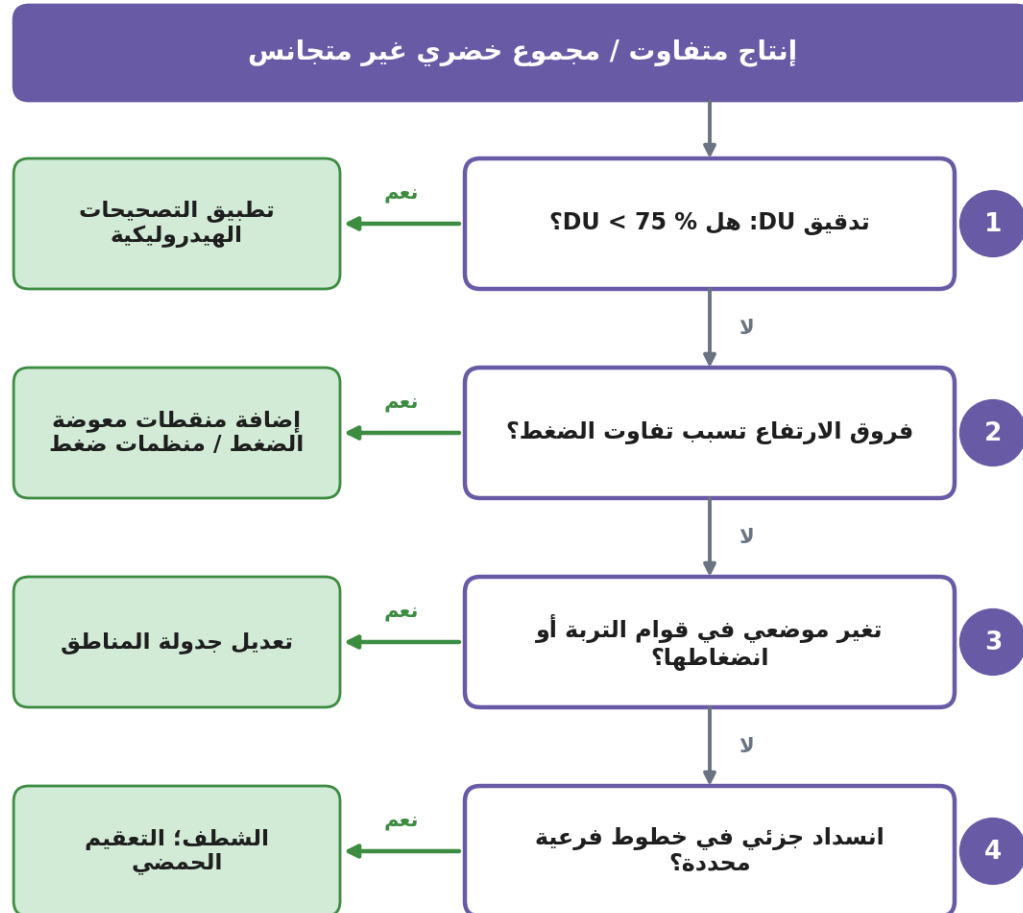


Troubleshooting Matrix: Uneven Crop Growth

• العرض: إنتاج متفاوت / مجموع خضري غير متجانس

- الفحص 1: أجر تدقيق انتظامية التوزيع (DU) (هل $DU < 75\%$ ؟).
- الفحص 2: هل فروق الارتفاع الطبوغرافي تسبب تفاوت الضغط؟
- الفحص 3: هل توجد تغيرات موضعية في قوام التربة أو مناطق انضغاط؟
- الفحص 4: هل يوجد انسداد جزئي للمنقطات على خطوط فرعية معينة؟

مخطط استكشاف الأعطال



Summary Checklist for Farm Irrigation Operators

97. قائمة الفحص الموجزة لمشغلي الري في المزرعة

قائمة فحص المشغل

شهرية	أسبوعيا	يومية
✓ معايرة الحساسات ✓ فحص صمامات الهواء ✓ فحص تيار المضخة	✓ شطف نهايات الخطوط الفرعية ✓ قياس EC و pH لصرف الوسط ✓ فحص قراءات مقاييس الشد	✓ تسجيل ΔP للمرشح و EC و pH للماء الخام والتدفق الكلي ✓ التحقق من عمل الصمامات الكهر ومغناطيسية والبحث عن التسربات

• قائمة العمليات اليومية:

- سجل ΔP للمرشح و EC / pH للماء الخام وإجمالي حجم التدفق.
- تحقق من عمل الصمامات الكهر ومغناطيسية والبحث عن أي تسربات مرئية.

• قائمة العمليات الأسبوعية:

- اشطف نهايات الخطوط الفرعية.
- قس EC / pH صرف الوسط الزراعي وافحص قراءات مقاييس الشد.
- القائمة الشهرية: معايرة الحساسات، وفحص صمامات الهواء، وفحص تيار المضخة.

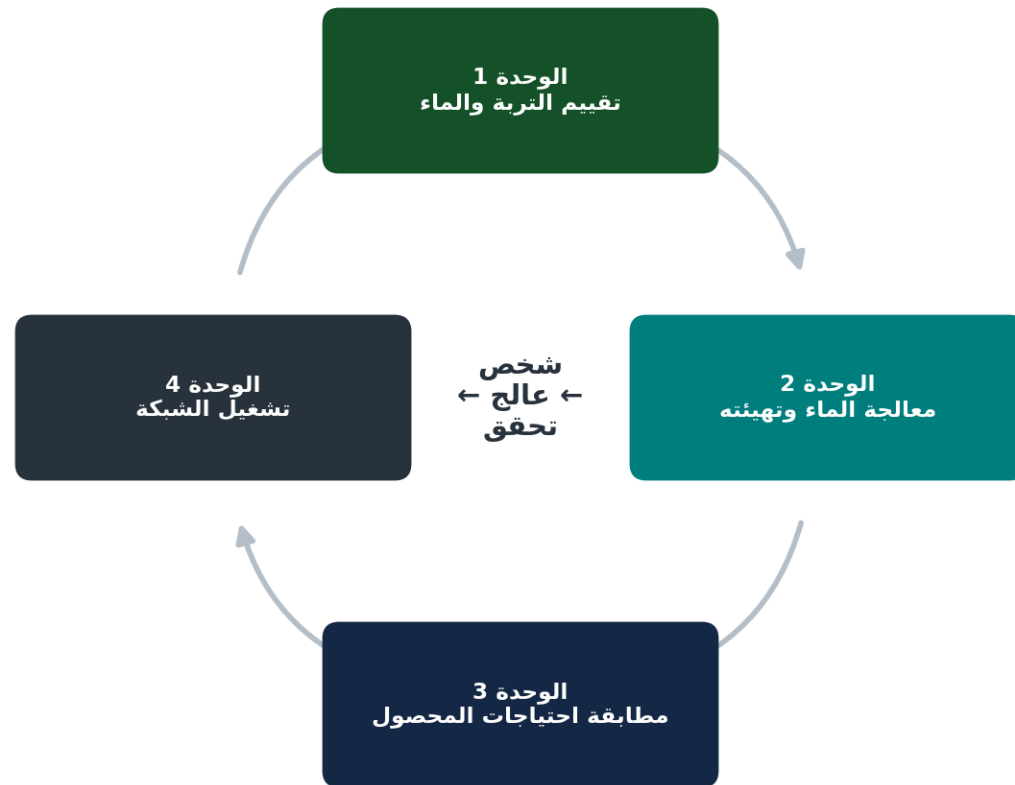
Final Masterclass Summary & Core Takeaways

98. الخلاصة النهائية للدورة وأهم النقاط

• ملخص المبادئ الرئيسية:

1. تشخيص الأسباب الجذرية يمنع الأخطاء التشغيلية المكلفة في المزرعة.
2. قوام التربة وجودة الماء يحددان تصميم الري السليم.
3. الترشيح متعدد الحواجز والكلورة يحميان أنظمة التنقيط.
4. يستجيب النبات لشدة ماء التربة (SWP) وليس لمحتوى الرطوبة الكلي.
5. التوازن الهيدروليكي والشطف المنتظم يحافظان على DU عالية وإنتاج متجانس.

حلقة الإدارة المتكاملة



99. جلسة الأسئلة والأجوبة الختامية

• نقاش مفتوح وأسئلة المشاركين.

• مراجعة تقارير تحليل مياه المزارع الخاصة بالمشاركين.

• تخصيص جدول الري للمناخات الدقيقة المحددة.

• شكرًا لمشارككم!

أسئلة وأجوبة

الاسم وبيانات التواصل

المدرّب

روابط التحميل

المراجع

أحضروا تقارير تحليل مياه المزرعة

بياناتكم

شكرا لمشارككم