



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
الجامعة التقنية الشمالية
الكلية التقنية الزراعية



الحقية التعليمية

القسم العلمي: تقنيات مكافحة التصحر

اسم المقرر: حصاد المياه

المرحلة / المستوى: الثالث

الفصل الدراسي: الثاني

السنة الدراسية: 2025-2026



اسم المقرر:				حصاد المياه			
القسم:				تقنيات مكافحة التصحر			
الكلية:				التقنية الزراعية			
المرحلة / المستوى				الثالث			
الفصل الدراسي:				الثاني			
عدد الساعات الاسبوعية:				نظري	2	عملي	3
عدد الوحدات الدراسية:				3			
الرمز:				DES 303			
نوع المادة				نظري		عملي	كلاهما
				كلاهما			
هل يتوفر نظير للمقرر في الاقسام الاخرى				كلا			
اسم المقرر النظير				لا يوجد			
القسم				-----			
رمز المقرر النظير				-----			
معلومات تدريسي المادة							
اسم مدرس (مدرسي) المقرر:				م.م. عمر احمد فتحي			
اللقب العلمي:				مدرس مساعد			
سنة الحصول على اللقب				2024			
الشهادة:				ماجستير			
سنة الحصول على الشهادة				2022			
عدد سنوات الخبرة (تدريس)				2 سنة			

الوصف العام للمقرر

تتناول مادة "حصاد المياه" المفاهيم الأساسية والتطبيقات العملية لتجميع وتخزين مياه الأمطار والجريان السطحي، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة. تهدف المادة إلى تعريف الطالب بأهمية حصاد المياه في تحقيق الأمن المائي والغذائي، ومكافحة التصحر، والتكيف مع التغير المناخي. تشمل المادة دراسة دورة المياه الطبيعية، وتحليل خصائص التساقط والجريان السطحي، وتصنيف أنظمة حصاد المياه (المستجمعات الصغرى والكبرى)، مع شرح مفصل لتقنيات محددة مثل المصاطب الكونتورية، نظام نجاريم، أحواض التجميع، حصاد مياه الأسطح، والبرك والخزانات الأرضية. كما تغطي المادة الجوانب الإحصائية لتحليل الأمطار، وتقدير الاحتياجات المائية للمحاصيل، وصيانة أنظمة الحصاد.

الأهداف العامة

1. فهم المفاهيم الأساسية لحصاد المياه وأهميته في المناطق الجافة وشبه الجافة.
2. تحليل دورة المياه ومعادلة التوازن المائي وتطبيقاتها في تصميم أنظمة الحصاد.
3. تصنيف وتقييم أنظمة حصاد المياه (المستجمعات الصغرى والكبرى) وفقاً للظروف المناخية والطبوغرافية.
4. تصميم وتطبيق تقنيات مختلفة لحصاد المياه مثل المصاطب الكونتورية، نظام نجاريم، حصاد الأسطح، والسيول.
5. تقدير كميات المياه القابلة للحصاد والاحتياجات المائية للمحاصيل باستخدام الأساليب الإحصائية والهيدرولوجية.
6. إدارة وصيانة أنظمة تخزين المياه (البرك والخزانات) لضمان استدامتها وجودة المياه.

الأهداف الخاصة

ان يتمكن طالب البكالوريوس من:

- تعريف حصاد المياه وشرح الفرق بينه وبين الري التقليدي.
- شرح دورة المياه (التبخر، النتح، التكاثف، التساقط، الجريان، التسرب) ومكوناتها.
- تطبيق معادلة التوازن المائي لحساب التغير في التخزين والجريان السطحي.
- تحليل خصائص التساقط (الشدة، المدة، التكرار) وإنشاء منحنيات IDF.
- تقدير الجريان السطحي باستخدام طريقة رقم المنحنى (CN) ومعامل الجريان.
- التفريق بين أنظمة المستجمعات الصغرى والكبرى من حيث المساحة، النقل، والتخزين.
- شرح وتصميم المصاطب الكونتورية والأحواض شبه المنحرفة كتقنيات لحفظ التربة والمياه.
- تطبيق نظام نجاريم لزراعة الأشجار المثمرة في المناطق الجافة مع حساب نسبة التجميع إلى الزراعة (C:A).
- تصميم نظام حصاد مياه الأسطح (مزاريب، مرشحات، فاصل المطرة الأولى، خزانات).
- تمييز بين أنواع الخزانات (فوق الأرض، تحت الأرض، الخرسانية، البلاستيكية، وحدات PP).
- شرح أنظمة حصاد مياه السيول التقليدية (الجسور والمسكات) ومكوناتها وآلية عملها.
- تحليل احتمالية الأمطار وتحديد سنوات الجفاف باستخدام المؤشرات الإحصائية.

الأهداف السلوكية او نواتج التعلم

- أن يُعرّف حصاد المياه ومصطلحاته الرئيسية (الأمن المائي، الجريان السطحي، فترة التكرار، رقم المنحنى).
- أن يذكّر مكونات دورة المياه الأساسية (التبخر، النتح، التكاثف، التساقط، الجريان، التسرب).
- أن يُعطي أمثلة على تقنيات حصاد المياه من الحضارات القديمة (سد مأرب، الليمانات، القنوات).
- أن يَصِفَ الفرق بين المستجمعات الصغرى والكبرى من حيث المساحة، موقع التجميع، مسافة النقل.
- أن يعدد أنواع الخزانات (فوق الأرض، تحت الأرض) ومميزات وعيوب كل نوع.

المتطلبات السابقة

- مادة أنظمة حصاد المياه.

الأهداف السلوكية او مخرجات التعليم الأساسية		
ت	تفصيل الهدف السلوكي او مخرج التعليم	آلية التقييم
1	• أن يُعرّف حصاد المياه ومصطلحاته الرئيسية (الأمن المائي، الجريان السطحي، فترة التكرار، رقم المنحنى).	مناقشات، الامتحان اليومي، واعداد تقارير، حلقات دراسية.
2	• أن يذكّر مكونات دورة المياه الأساسية (التبخر، النتح، التكاثف، التساقط، الجريان، التسرب).	مناقشات، الامتحان اليومي، واعداد تقارير، حلقات دراسية.
3	• أن يُعطي أمثلة على تقنيات حصاد المياه من الحضارات القديمة (سد مأرب، الليمانات، القنوات).	مناقشات، الامتحان اليومي، واعداد تقارير، حلقات دراسية.
4	• أن يَصِفَ الفرق بين المستجمعات الصغرى والكبرى من حيث المساحة، موقع التجميع، مسافة النقل.	مناقشات، الامتحان اليومي، واعداد تقارير، حلقات دراسية.
5	• أن يعدد أنواع الخزانات (فوق الأرض، تحت الأرض) ومميزات وعيوب كل نوع.	مناقشات، الامتحان اليومي، واعداد تقارير، حلقات دراسية.

أساليب التدريس (حدد مجموعة متنوعة من أساليب التدريس لتناسب احتياجات الطلاب ومحتوى المقرر)

الاسلوب او الطريقة	مبررات الاختيار
1. محاضرات نظرية	المعرفة
2. عروض تقديمية	الفهم التحليل
3. عرض أفلام توضيحية	الفهم والتحليل
4. وسائل إيضاح	الفهم
5. تجارب مختبرية	التطبيق
6. الاختبارات الشفهية والتحريرية	التقييم

الفصل الاول من المحتوى العلمي							
مدخل إلى حصاد المياه و دورة الماء والتوازن المائي							عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العنوان		الوقت/ساعة		التوزيع الزمني
			مقدمة عن المقرر، أهداف التعلم، محتوى المقرر		العملي	النظري	الأسبوع
			العناوين الفرعية	العناوين الرئيسية			
امتحان quiz اختبارات شفهية وتحريرية وعملية يومية ووتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	تعريف حصاد المياه	مدخل إلى حصاد المياه - المفاهيم الأساسية والأهمية التاريخية	3	2	الأسبوع الاول
			مفهوم الأمن المائي والعلاقة مع ندرة المياه				
			نظرة تاريخية على تقنيات حصاد المياه في الحضارات القديمة				
امتحان quiz اختبارات شفهية وتحريرية وعملية يومية ووتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	دورة المياه في الطبيعة (Hydrologic Cycle)	دورة الماء والتوازن المائي - أسس فهم حركة المياه في الطبيعة	3	2	الأسبوع الثاني
			العلاقة استمرارية التربة – نبات – غلاف جوي (SPAC)				
			التساقط - تعريفه وأنواعه				

الفصل الثاني							
تحليل التساقط والجريان السطحي وطرق التقدير و تصنيف أنظمة حصاد المياه							عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العنوان		الوقت /ساعة		التوزيع الزمني
			العناوين الفرعية	العنوان الرئيسي	العملي	النظري	الأسبوع
اختبارات شفوية وتحريرية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	خصائص التساقط (الشدة، المدة، التكرار)	تحليل التساقط والجريان السطحي - خصائص المطر، العوامل المؤثرة، وطرق التقدير	3	2	الأسبوع الثالث
			مفهوم الجريان السطحي (Runoff) وأنواعه				
			العوامل المؤثرة في الجريان السطحي ورقم المنحنى (CN)				
اختبارات شفوية وتحريرية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	نظرة عامة على أنظمة حصاد المياه والتصنيف العام	تصنيف أنظمة حصاد المياه - المستجمعات الصغرى والمستجمعات الكبرى	3	2	الأسبوع الرابع
			أنظمة المستجمعات الصغرى (Micro- catchment) - تعريفها وخصائصها				
			أنظمة المستجمعات الكبرى (Macro- catchment) - تعريفها وخصائصها				

الفصل الثالث

تقنيات المستجمعات الصغرى و نظام نجاريم (Negarim) وحصاد مياه الأمطار من الأسطح							عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العنوان		الوقت / ساعة		التوزيع الزمني
			العناوين الفرعية	العناوين الرئيسية	نظري	عملي	الأسبوع.....
اختبارات شفوية وتحريرية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	تقنية المصاطب الكونتورية (Contour Bench) (Terraces)	تقنيات المستجمعات الصغرى - المصاطب الكونتورية والأحواض المستطيلة وشبه المنحرفة	2	3	الأسبوع الخامس والسادس
			المصاطب الكونتورية - المزايا والعيوب وملاءمة الظروف				
			الأحواض المستطيلة وشبه المنحرفة (Trapezoidal) (Bunds)				
اختبارات شفوية وتحريرية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	المكونات الأساسية للنظام	نظام نجاريم (Negarim) - تقنية مبتكرة لزراعة الأشجار في المناطق الجافة	2	3	الأسبوع السابع
			مميزات نظام نجاريم في زراعة الأشجار المثمرة				
			مفهوم نسبة مساحة التجميع إلى الزراعة (C:A Ratio)				
اختبارات شفوية وتحريرية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	المكونات الأساسية لنظام حصاد مياه الأسطح	حصاد مياه الأمطار من الأسطح - أنظمة التجميع والنقل والترشيح والتخزين	2	3	الأسبوع الثامنة والثاسع
			أنواع الخزانات (تحت الأرض - فوق الأرض)				

الفصل الرابع (من المحتوى العلمي)							
تخزين المياه - البرك السطحية والخزانات الأرضية، وصيانة أنظمة الحصاد							عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العناوين		الوقت /ساعة		التوزيع الزمني
			العناوين الفرعية	العناوين الرئيسية	عملي	نظري	الأسبوع
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	التخزين السطحي - البرك الزراعية (On-farm) (Ponds)	تخزين المياه - البرك السطحية والخزانات الأرضية، وصيانة أنظمة الحصاد	3	2	الأسبوع العاشر
			التخزين الأرضي – الخزانات (Cisterns)				
			أحواض الترسيب (Sedimentation) (Traps				
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	أنظمة حصاد مياه السيول - التعريف والأنواع	أنظمة حصاد مياه السيول - الجسور (Jessour) والمسكات (Meskat)	3	2	الأسبوع الحادي عشر
			الخزانات الصغيرة والبرك الزراعية				
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة تفاعلية والتعليم الذاتي	محاضرة	تحليل احتمالية سقوط الأمطار (Rainfall) Probability (Analysis	التحليل الإحصائي للأمطار وتقدير الاحتياجات المائية في الزراعة الجبلية	3	2	الأسبوع الثاني عشر والثالث عشر
			منحنيات الشدة- المدة-التكرار (IDF) (Curves				
			مؤشرات تحديد الجفاف				

الفصل الخامس من المحتوى العلمي							
دراسات حالة وتطبيقات متقدمة في حصاد المياه حول العالم							عنوان الفصل
طرق القياس	التقنيات	طريقة التدريس	العناوين		الوقت /ساعة		التوزيع الزمني
			العناوين الرئيسية	العناوين الفرعية	عملي	نظري	الأسبوع
الامتحان الفصلي الثاني							
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة المحاضرة والعروض القدمية والمناقشة التفاعلية و التعليم الذاتي	محاضرة	المصطلحات الرئيسية	الجوانب الاقتصادية والاجتماعية لأنظمة حصاد المياه	3	2	الأسبوع الرابع عشر
			أهمية الجوانب الاقتصادية والاجتماعية في حصاد المياه				
			تحليل التكاليف والفوائد لمشاريع حصاد المياه				
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	عرض تقديمي، شرح، أسئلة وأجوبة، مناقشة المحاضرة والعروض التقديمية والمناقشة التفاعلية و التعليم الذاتي	محاضرة	المصطلحات الرئيسية	دراسات حالة وتطبيقات متقدمة في حصاد المياه حول العالم	3	2	الأسبوع الخامس عشر
			أهمية دراسة الحالات الواقعية				
			تطبيقات متقدمة في حصاد المياه				

خارطة القياس المعتمدة:

عدد الفقرات	الأهداف السلوكية					الأهمية النسبية	عناوين الفصول	المحتوى التعليمي
	التقييم	التحليل	التطبيق	الفهم	المعرفة			
					النسبة			
6	1	0	0	2	3	%15	مدخل إلى حصاد المياه و دورة الماء والتوازن المائي	الفصل الأول
6	1	1	1	1	2	%15	تحليل التساقط والجريان السطحي وطرق التقدير و تصنيف أنظمة حصاد المياه	الفصل الثاني
9	1	2	0	3	3	%23	تقنيات المستجمعات الصغرى و نظام نجاريم (Negarim) وحصاد مياه الأمطار من الأسطح	الفصل الثالث
9	2	1	0	3	3	%23	تخزين المياه - البرك السطحية والخزانات الأرضية، وصيانة أنظمة الحصاد	الفصل الرابع
9	2	2	0	2	3	%24	دراسات حالة وتطبيقات متقدمة في حصاد المياه حول العالم	الفصل الخامس
39	7	6	1	11	14	%100		المجموع

المحتوى العلمي

المحتويات (لكل فصل في المقرر)

رقم المحاضرة:	1
عنوان المحاضرة:	مدخل إلى حصاد المياه - المفاهيم الأساسية والأهمية التاريخية
اسم المدرس:	م.م. عمر احمد فتحي
الفئة المستهدفة :	طلاب المستوى الثالث
الهدف العام من المحاضرة:	تعريف الطالب بعلم حصاد المياه وما هي المفاهيم الأساسية والأهمية التاريخية لهذه العملية
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	1- ان يعرف الطالب حصاد المياه (المعروف أيضاً بتجميع مياه الأمطار) وما هي العوامل المؤثرة على مشاريع حصاد المياه. 2- ان يكون الطالب قادراً على معرفة مفهوم الأمن المائي والعلاقة مع ندرة المياه
استراتيجيات التيسير المستخدمة	المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.
المهارات المكتسبة	سيتمكن الطالب من تعريف حصاد المياه كآلية لتعزيز الأمن المائي
طرق القياس المعتمدة	اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية

1. الاسئلة القبليه: (ماذا تعرف عن حصاد المياه وما هي الأهمية الحيوية لحصاد المياه في المناطق الجافة وشبه الجافة)
2. المحتوى العلمي:

المحاضرة الأولى

مدخل إلى حصاد المياه - المفاهيم الأساسية والأهمية التاريخية

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف بالمصطلح
حصاد المياه (Water Harvesting)	جمع مياه الأمطار والجريان السطحي من منطقة معينة (مثل سطح منزل أو أرض) وتخزينها للاستخدام في أوقات لاحقة .

المصطلح	التعريف بالمصطلح
الأمن المائي (Water Security)	قدرة السكان على ضمان الوصول المستدام إلى كميات كافية من المياه ذات الجودة المقبولة، لضمان سبل العيش والرفاه والتنمية.
المناطق الجافة (Arid Regions)	مناطق يقل معدل هطول الأمطار السنوي فيها عن 250 ملم، وتعاني من عجز مائي كبير .
الجريان السطحي (Runoff)	كمية المياه التي تتدفق فوق سطح الأرض بعد هطول الأمطار، قبل أن تتسرب أو تتبخر.

تعريف حصاد المياه

حصاد المياه (المعروف أيضاً بتجميع مياه الأمطار) هو عملية جمع وتخزين وتوزيع مياه الأمطار المتساقطة على الأسطح المختلفة، سواء كانت طبيعية (مثل سفوح التلال والمساحات الصخرية) أو صناعية (مثل أسطح المباني والمنشآت). تهدف هذه العملية إلى احتجاز المياه قبل ضياعها كجريان سطحي أو تبخر، وتخزينها للاستفادة منها في الأغراض المنزلية أو الزراعية أو في تغذية المياه الجوفية .

تتمثل الفكرة الأساسية للحصاد المائي في "قطف" مياه الأمطار من المكان الذي تسقط فيه (منطقة المستجمع) وتوجيهها إلى مكان آخر (منطقة الاستخدام أو التخزين) لاستثمارها خلال فترات الجفاف . ويختلف حصاد المياه عن الري التقليدي الذي يعتمد على مصادر مياه دائمة (أنهار، آبار)، حيث أنه يعتمد بشكل أساسي على استغلال مياه الأمطار الهاطلة.

الأهمية الحيوية في المناطق الجافة وشبه الجافة

تكتسب تقنيات حصاد المياه أهمية استثنائية في المناطق الجافة وشبه الجافة، التي تتميز بانخفاض معدلات الهطول السنوي (أقل من 250-300 ملم سنوياً) وعدم انتظامها الزمني . في هذه البيئات القاسية، لا تكفي مياه الأمطار المباشرة لدعم الزراعة البعلية أو تلبية الاحتياجات المنزلية على مدار العام . وتتجلى أهمية الحصاد المائي في هذه المناطق من خلال:

1. توفير مصدر مائي تكميلي: يُستخدم الحصاد المائي لتوفير مياه الري التكميلي للمحاصيل خلال فترات انقطاع الأمطار، مما يضمن استقرار الإنتاج الزراعي وتحسين الغلة .
2. تأمين مياه الشرب والاستخدامات المنزلية: في المناطق الريفية النائية وضعيفة الربط بشبكات المياه العامة، تمثل مياه الأمطار المجمعة المصدر الرئيسي لمياه الشرب والاستخدامات اليومية .
3. تغذية المياه الجوفية: يُساهم حصاد المياه في تعزيز المخزون الجوفي عبر تسرب المياه المجمعة إلى باطن الأرض، مما يعوض السحب الجائر ويحافظ على استدامة الآبار.
4. مكافحة التصحر وتحسين الغطاء النباتي: عبر حجز المياه وتوزيعها على مساحات واسعة، يمكن تحسين رطوبة التربة وإنعاش الغطاء النباتي الطبيعي، مما يحد من تدهور الأراضي وزحف التصحر .
5. الحد من مخاطر الفيضانات: في المناطق الحضرية، تعمل أنظمة حصاد المياه على تخفيف حدة الجريان السطحي وتقليل الضغط على شبكات تصريف مياه الأمطار، مما يقي من الفيضانات المفاجئة .

حقيقة مهمة: يمكن لنظام حصاد مياه بسيط من سطح منزل في منطقة تستقبل 300 ملم من الأمطار سنوياً أن يوفر آلاف اللترات من المياه التي يمكن إعادة استخدامها سنوياً .

العوامل المؤثرة في نجاح مشاريع حصاد المياه

لكي تحقق مشاريع حصاد المياه أهدافها المنشودة في المناطق الجافة، يجب مراعاة مجموعة من العوامل الأساسية التي تتفاعل فيما بينها لتحديد كفاءة النظام وجدواها :

أولاً: العوامل الطبيعية والمناخية

توزيع الأمطار: ليس المهم كمية الأمطار السنوية فحسب، بل توزيعها على مدار العام وخلوها من فترات الجفاف الطويلة.
شدة الهطول: الأمطار الغزيرة قصيرة المدة تزيد من الجريان السطحي ولكنها قد تسبب فيضانات، بينما الأمطار الخفيفة الطويلة تفضل التسرب.
خصائص التربة: تؤثر نفاذية التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء بشكل كبير على كمية الجريان السطحي المتاح للحصاد. التربة الطينية الثقيلة تولد جرياناً سطحياً أعلى من التربة الرملية.
خصائص السطح: يؤثر انحدار الأرض وطبيعتها (صخرية، زراعية، معبدة) على سرعة الجريان السطحي وكميته.

ثانياً: العوامل التقنية والتصميمية

- **مساحة المستجمع:** كلما كبرت مساحة منطقة تجمع المياه (سطح المنزل أو الحقل)، زادت كمية المياه المحصودة.
- **سعة التخزين:** يجب أن تتناسب سعة الخزانات أو الأحواض مع حجم الطلب على المياه وفترات الجفاف المتوقعة.
- **كفاءة النظام:** تشمل كفاءة قنوات التجميع وجودة المرشحات وخلو الخزانات من الفقد (تسرب أو تبخر).

ثالثاً: العوامل الاجتماعية والاقتصادية

- **تقبل المجتمع المحلي:** يعتمد نجاح المشاريع الكبيرة على مشاركة المزارعين والمجتمعات المحلية وقناعتهم بجدوى هذه التقنيات.
- **التكلفة والجدوى الاقتصادية:** يجب أن تكون تكلفة إنشاء النظام مناسبة للعائد المتوقع منه، خاصة في مشاريع الري الصغيرة.
- **المعرفة التقليدية:** الاستفادة من الخبرات المحلية المتراكمة عبر الأجيال تزيد من فرص نجاح المشاريع واستدامتها.

العلاقة مع الأمن الغذائي والتنمية الريفية

لا يقتصر أثر حصاد المياه على توفير المياه فحسب، بل يمتد ليشمل تعزيز الأمن الغذائي ودعم التنمية الريفية. ففي المناطق الهامشية التي تقل أمطارها عن 250 ملم، لا يمكن ضمان إنتاج زراعي مقبول دون الاعتماد على نظام ري تكميلي يوفر مياهه عبر الحصاد المائي. هذا الإنتاج الزراعي المستقر يساهم في:

- تحسين مستوى معيشة المجتمعات الريفية.
- خلق فرص عمل مرتبطة بالزراعة والأنشطة المرتبطة بها.
- الحد من الهجرة من الريف إلى المدن بسبب تدهور الظروف المعيشية.
- استيطان المجتمعات في المناطق الهامشية وتثبيتها.

مفهوم الأمن المائي والعلاقة مع ندرة المياه

تعريف الأمن المائي

يُعد الأمن المائي مفهوماً شاملاً يتجاوز مجرد توفر المياه. وفقاً للجنة الأمم المتحدة المعنية بالموارد المائية (UN-Water)، يُعرف الأمن المائي بأنه "قدرة السكان على ضمان الوصول المستدام إلى كميات كافية من المياه ذات الجودة المقبولة، بما يضمن استدامة سبل العيش ورفاه الإنسان والتنمية الاجتماعية والاقتصادية، ويضمن كذلك الحماية من التلوث المنقول بالمياه والكوارث المرتبطة بها، ويحافظ على النظم البيئية في مناخ من السلام والاستقرار السياسي." أما البنك الدولي فيعرّفه بأنه "توافر كمية ونوعية مقبولة من المياه للصحة وسبل العيش والنظم البيئية والإنتاج، إلى جانب مستوى مقبول من المخاطر المتعلقة بالمياه على الناس والبيئات والاقتصادات."

الأبعاد الرئيسية للأمن المائي

يتحقق الأمن المائي من خلال توافر أربعة أبعاد رئيسية متكاملة :

1. **التوافر (Availability)** وجود كميات كافية من المياه العذبة.
2. **إمكانية الوصول (Accessibility)** قدرة جميع الفئات الاجتماعية على الحصول على المياه التي تحتاجها.
3. **المرونة (Resilience)** مدى قدرة المجتمعات على الاستجابة للكوارث المرتبطة بالمياه (جفاف، فيضانات).
4. **الاستدامة (Sustainability)** إدارة الموارد المائية بشكل متوازن يضمن استدامتها للأجيال القادمة.

ندرة المياه: المحدد الأساسي للأمن المائي

تمثل ندرة المياه التحدي الأكبر الذي يواجه تحقيق الأمن المائي في المنطقة العربية والعالم. وهي لا ترجع إلى أسباب طبيعية ومناخية فحسب، بل إلى الضغط البشري المتزايد على النظم البيئية الطبيعية نتيجة النمو السكاني وتوسع الأنشطة الاقتصادية. تعيش اليوم نسبة كبيرة من سكان العالم في ظل ندرة مائية بدرجات متفاوتة :

- 4 مليارات شخص يعانون من ندرة شديدة في المياه لمدة شهر واحد على الأقل كل عام.
- 2 مليار شخص يعيشون في بلدان تعاني من نقص في إمدادات المياه.
- 1.2 مليار شخص يفتقرون إلى مياه شرب مُدارة بأمان.

حصاد المياه كآلية لتعزيز الأمن المائي

في ظل تفاقم أزمة ندرة المياه وتأثيرات التغير المناخي (جفاف أطول، فيضانات أشد)، تبرز تقنيات حصاد المياه كأداة فعالة لتعزيز الأمن المائي على المستويين المحلي والوطني. فالعلاقة طردية: كلما زاد الاعتماد على حصاد المياه، تحسن الأمن المائي. وذلك من خلال:

- **تنويع الموارد المائية:** يقلل الاعتماد على مصدر واحد (كالأنهار أو المياه الجوفية) ويزيد من مرونة النظام المائي.
- **تعزيز القدرة على التكيف مع الجفاف:** توفر المخزونات المائية المحلية (خزانات، برك) موارد احتياطية أثناء فترات الجفاف.

- تحقيق اللامركزية في إدارة المياه: يمكن المجتمعات المحلية من إدارة مواردها المائية بنفسها، مما يعزز الأمن المائي المحلي.

"لا يمكن لأي بلد أن يحقق رخاءً مستداماً بدون تأمين مستقبله المائي... بدون ماء، لا يوجد كوكب صالح للعيش فيه."

نظرة تاريخية على تقنيات حصاد المياه في الحضارات القديمة

لم يكن حصاد المياه ابتكاراً حديثاً، بل هو ممارسة قديمة متجذرة في التاريخ البشري، لجأ إليها الإنسان منذ فجر الحضارة للتكيف مع البيئات القاسية وضمان استمراريته. تشير الأدلة الأثرية إلى أن تقنيات حصاد المياه استُخدمت منذ آلاف السنين في مختلف الحضارات.

نماذج بارزة من الحضارات القديمة

الحضارة / المنطقة	التقنية المستخدمة	التاريخ التقريبي	الوصف والغرض
بلاد الرافدين (العراق)	أنظمة ري وفيضانات	أكثر من 6500 عام	ممارسة طرق مختلفة لحصاد مياه الأمطار بهدف الاستخدام المنزلي والزراعي في منطقة أور.
مملكة سبأ (اليمن)	سد مأرب	القرن الثامن قبل الميلاد	سد ضخّم لتحويل مياه الفيضانات لري مساحات زراعية شاسعة، واستمر في العمل لقرون.
صحراء النقب (فلسطين)	جدران حجرية، مدرجات، الليمانات	حوالي 4000 عام	أنظمة متطورة لحصاد الجريان السطحي من المنحدرات الصغيرة لتجميع المياه في برك صغيرة لري البساتين.
الإمبراطورية الرومانية	حصاد من أسطح المنازل	حوالي القرن الثالث قبل الميلاد	تصميم المباني للاستفادة من مياه الأمطار على الأسطح كمصدر رئيسي للشرب والاستخدام المنزلي.
حضارة المايا (أمريكا الوسطى)	برك قديمة (خزانات)	-	إنشاء برك بسعات كبيرة (2500-10000 م ³) لتخزين المياه للأغراض المنزلية والزراعية.
شمال إفريقيا (تونس، ليبيا)	الجسور، المساقط، قنوات	ما قبل العصر الروماني	أنظمة تقليدية متطورة لا تزال تعمل حتى اليوم في تونس (الجسور في المناطق الجبلية، المساقط في مناطق الزيتون).
الأردن	خزانات وصهاريج	حوالي 9000 عام	أقدم هياكل تخزين معروفة في جبال أدوم لتوفير مياه الشرب.
فارس (إيران)	القنوات (الأنفاق تحت الأرض)	أكثر من 3000 عام	أنفاق تحت السطح تنقل المياه بالجاذبية من الطبقات الجوفية المرتفعة إلى المناطق

الحضارة / المنطقة	التقنية المستخدمة	التاريخ التقريبي	الوصف والغرض
			المنخفضة .
الهند	خزانات وصهاريج	منذ آلاف السنين	استخدام الخزانات (مثل خزان Sivaganga في معبد Brihadeeswarar) لتجميع مياه الأمطار .

الدروس المستفادة من التجارب التاريخية

تُظهر لنا هذه النماذج التاريخية أن :

- المعرفة التقليدية قيمة :اعتمدت الحضارات القديمة على فهم عميق لخصائص بيئتها المحلية (تضاريس، مناخ، تربة).
- الاستدامة ممكنة :استمرت بعض هذه الأنظمة في العمل لقرون، مما يدل على تصميمها المتوافق مع الطبيعة.
- المرونة الاجتماعية :طورت المجتمعات أنظمة "تقنية-اجتماعية" متكاملة لإدارة الموارد المائية بشكل جماعي .

3. الاسئلة البعيدة: (عرف حصاد المياه، ماهي العوامل المؤثرة في نجاح مشاريع حصاد المياه، عرف مدة العصف وما هو تأثيرها على الجريان السطحي)

2	رقم المحاضرة:
دورة الماء والتوازن المائي - أسس فهم حركة المياه في الطبيعة	عنوان المحاضرة:
م.م. عمر احمد فتحي	اسم المدرس:
طلبة المستوى الثالث	الفئة المستهدفة :
ان يتمكن الطالب فهم دورة المياه (أو الدورة الهيدرولوجية)	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يعرف الطالب دورة المياه في الطبيعة (Hydrologic Cycle) 2- ان يتمكن من فهم العلاقة استمرارية التربة - نبات - غلاف جوي (SPAC)	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.	استراتيجيات التيسير المستخدمة
سيتمكن الطالب من شرح دورة المياه في الطبيعة وما هي مكوناتها الرئيسية.	المهارات المكتسبة
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	طرق القياس المعتمدة

1. الاسئلة القبلية: (عرف دورة المياه الرئيسية وماهي مكوناتها)

2. المحتوى العلمي

المحاضرة الثانية

دورة الماء والتوازن المائي - أسس فهم حركة المياه في الطبيعة

المصطلح	المصطلحات الرئيسية
دورة المياه (Hydrologic Cycle)	الحركة المستمرة للمياه بين سطح الأرض والغلاف الجوي، وتشمل التبخر، التكاثف، التساقط، والجريان.
معادلة التوازن المائي (Water Balance Equation)	معادلة رياضية تصف العلاقة بين كمية المياه الداخلة إلى نظام ما والخارجة منه، مع حساب التغير في التخزين.
استمرارية التربة-نبات-غلاف جوي (SPAC)	نظام متصل يمر من خلاله الماء من التربة إلى النبات ثم إلى الغلاف الجوي، مدفوعاً بفرق الجهد المائي.
التساقط (Precipitation)	كل أشكال المياه المتساقطة من الغلاف الجوي إلى سطح الأرض، سواء كانت سائلة (مطر) أو صلبة (ثلج، برد).

دورة المياه في الطبيعة (Hydrologic Cycle)

دورة المياه (أو الدورة الهيدرولوجية) هي عملية مستمرة لحركة وتدوير المياه بين المسطحات المائية، سطح الأرض، والغلاف الجوي. هذه الدورة لا بداية لها ولا نهاية، وهي المحرك الأساسي لتوزيع المياه على الكوكب. الطاقة الشمسية والجاذبية الأرضية هما القوتان الرئيسيتان اللتان تشغلان هذه الدورة.

مكونات دورة المياه الرئيسية

يمكن تقسيم الدورة إلى عدة عمليات رئيسية:

1. **التبخر (Evaporation):** تحول الماء من الحالة السائلة إلى بخار الماء بفعل حرارة الشمس. يحدث من المسطحات المائية (بحار، بحيرات، أنهار) ومن سطح التربة الرطبة.
2. **النتح (Transpiration):** خروج بخار الماء من النباتات إلى الغلاف الجوي عبر الثغور. يُطلق على مجموع التبخر والنتح اسم **التبخر-نتح (Evapotranspiration)** وهو عنصر رئيسي في فقدان المياه من النظم الزراعية.
3. **التكاثف (Condensation):** تحول بخار الماء في الجو إلى قطرات مائية دقيقة بفعل انخفاض درجة الحرارة، مكوناً السحب والضباب.
4. **التساقط (Precipitation):** سقوط المياه المتكاثفة من السحب إلى سطح الأرض على شكل مطر، ثلج، برد، أو رذاذ. يعتبر التساقط المدخل الرئيسي للمياه العذبة في المناطق القارية.
5. **الجريان السطحي (Runoff):** حركة المياه على سطح الأرض من المناطق المرتفعة إلى المنخفضة، لتغذي الأنهار والبحيرات والمحيطات.
6. **التسرب (Infiltration):** دخول المياه من سطح الأرض إلى داخل التربة. جزء من هذه المياه يبقى في منطقة الجذور (رطوبة التربة) والجزء الآخر يتعمق ليغذي المياه الجوفية (**Groundwater**) في عملية تُسمى **الرشح (Percolation)**.

ملاحظة: تختلف نسبة هذه المكونات باختلاف الظروف المناخية والجغرافية. في المناطق الجافة، يكون التبخر مرتفعاً جداً مقارنة بالتساقط، مما يجعل الجريان السطحي محدوداً.

معادلة التوازن المائي (Water Balance Equation)

تعتبر معادلة التوازن المائي عن تطبيق مبدأ **حفظ الكتلة** على كمية المياه في نظام معين (حقل زراعي، حوض نهر، بحيرة). أبسط صورة لهذه المعادلة هي:

$$P = ET + R + D + \Delta S$$

حيث أن:

- P = كمية التساقط (Precipitation)
- ET = كمية التبخر-نتح الفعلي (Evapotranspiration)
- R = كمية الجريان السطحي (Runoff)
- D = كمية الرشح العميق (Deep percolation) أو تغذية المياه الجوفية
- ΔS = التغير في التخزين (Change in storage) في التربة أو الخزان

إذا اعتبرنا فترة زمنية طويلة (سنة هيدرولوجية) يمكننا إهمال التغير في التخزين ($\Delta S \approx 0$) لتصبح المعادلة:

$$P = ET + R + D$$

هذه المعادلة أساسية في تقدير الموارد المائية المتاحة. فعلى سبيل المثال، في مشروع حصاد المياه، نهتم بزيادة R (الجريان السطحي المحول إلى خزانات) وتقليل ET (الفقد بالتبخر) و D (الرشح العميق غير المستفاد منه).

مثال تطبيقي على معادلة التوازن المائي SPAC

المثال: حقل زراعي في منطقة شبه جافة استقبل خلال شهر يناير كمية أمطار بلغت 120 ملم. إذا كانت كمية التبخر-نتح المقدرة 40 ملم، والجريان السطحي 10 ملم، والرشح العميق 20 ملم، احسب التغير في رطوبة التربة (التخزين).

الحل: باستخدام المعادلة

$$P = ET + R + D + \Delta S$$

$$120 = 40 + 10 + 20 + \Delta S$$

$$120 = 70 + \Delta S$$

$$\Delta S = 120 - 70 = 50 \text{ ملم}$$

إذن، زادت كمية المياه المخزنة في التربة بمقدار 50 ملم خلال هذا الشهر. هذا الرقم مهم للمزارع لتحديد مدى حاجة المحصول للري التكميلي.

أهمية التوازن المائي في حصاد المياه

- تقدير كمية المياه القابلة للحصاد: بمعرفة كمية الأمطار (P) ومعامل الجريان السطحي (Runoff coefficient)، يمكن تقدير حجم المياه التي يمكن جمعها من سطح معين.
- تصميم سعة التخزين: تساعد معادلة التوازن في تحديد حجم الخزان اللازم لتلبية الاحتياجات خلال فترات الجفاف.
- تقييم كفاءة النظام: بمقارنة المياه المحصودة فعلياً مع المتوقع نظرياً، يمكن اكتشاف وجود فقد غير طبيعي (تسرب، تبخر زائد).

العلاقة استمرارية التربة – نبات – غلاف جوي (SPAC)

SPAC هو اختصار لـ **Soil-Plant-Atmosphere Continuum**، وهو نموذج يصف حركة الماء عبر نظام متصل يبدأ من التربة، مروراً بجذور وساق وأوراق النبات، وانتهاءً بالغلاف الجوي. الفكرة الأساسية هي أن الماء يتحرك على طول هذا المسار استجابةً لفرق في **الجهد المائي (Water Potential)**.

الجهد المائي يقاس عادة بوحدة الضغط (باسكال أو بار) وهو مقياس للطاقة الكامنة للماء. يتحرك الماء من المناطق ذات الجهد المائي الأعلى (طاقة أعلى) إلى المناطق ذات الجهد المائي الأدنى (طاقة أقل).

تدرج الجهد المائي في نظام SPAC

يتناقص الجهد المائي تدريجياً من التربة إلى الجذور إلى الأوراق إلى الهواء:

الموقع	الجهد المائي التقريبي (بار)	الشرح
تربة رطبة	0.1 إلى 0.3	ماء متاح بسهولة
منطقة الجذور	0.5 إلى 5	النبات يبذل جهداً لامتصاص الماء
ساق النبات	5 إلى 15	انتقال الماء عبر الخشب
أوراق النبات	10 إلى 30	فقد الماء بالنتح
الهواء الجاف	100 إلى 2000	جهد منخفض جداً (جاف)

هذا التدرج الحاد هو القوة الدافعة لانتقال الماء من التربة إلى الجو عبر النبات. فعندما تفتح الثغور لامتصاص ثاني أكسيد الكربون، يخرج بخار الماء بسبب فرق الجهد الكبير بين داخل الورقة والهواء المحيط (ظاهرة النتح).

العوامل المؤثرة في انتقال الماء ضمن SPAC

1. **خصائص التربة:** مساميتها، نسجها (نسبة الرمل والطين والغرين)، ومحتواها من المادة العضوية تحدد مدى احتفاظها بالماء وسهولة امتصاص الجذور له.
2. **خصائص النبات:** عمق الجذور، كثافتها، ومساحة سطح الأوراق تؤثر على كمية الماء الممتصة والمفقودة.
3. **الظروف الجوية:** الإشعاع الشمسي، الرطوبة النسبية، سرعة الرياح، ودرجة الحرارة تتحكم في معدل النتح.

تطبيق في حصاد المياه: فهم SPAC يساعد في تحديد كمية المياه التي يحتاجها النبات فعلياً (الاحتياج المائي)، وبالتالي تصميم نظام حصاد يلبي هذه الاحتياجات خلال فترات انقطاع الأمطار.

التساقط - تعريفه وأنواعه

التساقط هو كل أشكال المياه التي تتساقط من الغلاف الجوي لتصل إلى سطح الأرض، سواء كانت على شكل سائل (مطر، رذاذ) أو صلب (ثلج، برد). يعتبر التساقط المصدر الأساسي للمياه العذبة في معظم النظم البيئية والزراعية. في سياق حصاد المياه، يمثل التساقط المدخل الرئيسي الذي نعتمد عليه لتجميع المياه.

أنواع التساقط الرئيسية

يمكن تصنيف التساقط بعدة طرق، أهمها حسب حالة الفيزيائية وآلية التكون:

أولاً: حسب الحالة الفيزيائية

1. **المطر (Rain):** أكثر أنواع التساقط شيوعاً في المناطق الدافئة. هو قطرات ماء سائلة يتراوح قطرها بين 0.5 مم إلى 5 مم. إذا كان القطر أقل من 0.5 مم يسمى رذاذ (Drizzle).

2. **الثلج (Snow):** يتكون عندما تتجمد بخار الماء مباشرة إلى بلورات ثلجية في درجات حرارة تحت الصفر. يصل إلى الأرض على شكل بلورات أو كتل ناعمة.
3. **البرد (Hail):** كتل جليدية تتكون في العواصف الرعدية القوية عندما تصعد قطرات الماء إلى طبقات شديدة البرودة فتتجمد، وتزداد حجماً كلما صعدت وهبطت داخل السحابة. يمكن أن يسبب أضراراً للمزروعات.

ثانياً: حسب آلية التكون (أهم للفهم المناخي)

1. **تساقط الحمل الحراري (Convective Precipitation):** يحدث عندما تسخن الأرض بشدة فتسخن الهواء الملاصق لها، فيرتفع بسرعة (تيارات حمل). وعندما يبرد في الأعلى، يتكاثف مكوناً سحباً ركامية ممطرة. هذا النوع نموذجي في المناطق الاستوائية وفي فصل الصيف، وغالباً ما يكون غزيراً وقصير المدة.
2. **تساقط التضاريس (Orographic Precipitation):** يحدث عندما يُجبر تيار هوائي رطب على الصعود فوق سلسلة جبلية. يبرد الهواء وهو يصعد فيتكاثف ويسقط المطر على المنحدرات المواجهة للرياح. بينما تكون المنحدرات الأخرى (الظل المطري) جافة. هذا النوع مهم في المناطق الجبلية.
3. **تساقط الجبهات (Frontal Precipitation):** يحدث عندما تلتقي كتلتان هوائيتان مختلفتان في درجة الحرارة والرطوبة (جبهة هوائية). الهواء الدافئ الرطب يعلو فوق الهواء البارد الأكثر كثافة، فيبرد ويتكاثف. هذا النوع شائع في المناطق المعتدلة ويكون غالباً طويل المدة ومتوسط الشدة.

قياس التساقط، وأسئلة

يقاس التساقط بكمية الماء (أو المكافئ المائي للثلج) الذي يسقط على وحدة المساحة. الوحدة المستخدمة هي **المليمتر (ملم)** أو **البوصة**، حيث أن 1 ملم مطر يعني أن 1 لتر من الماء سقط على مساحة 1 متر مربع.

أجهزة القياس الرئيسية:

1. **مقياس المطر العادي (Standard Rain Gauge):** وهو عبارة عن أسطوانة معدنية ذات فتحة علوية قياسية (عادة 200 سم²) تجمع الماء في وعاء داخلي. يتم تفريغ الوعاء وقياس كمية الماء باستخدام مخبار مدرج بشكل دوري (عادة كل 24 ساعة). هذا النوع بسيط ورخيص ولكنه لا يسجل زمن سقوط المطر.
2. **مقياس المطر المسجل (Recording Rain Gauge):** يقوم هذا الجهاز بتسجيل كمية المطر بشكل مستمر مع الزمن، مما يعطي معلومات عن شدة المطر ومدته. من أنواعه:
 - **مقياس الوزن (Weighing-type):** يزن الوعاء المستقبل للماء بشكل مستمر، ويسجل الرسم البياني للوزن مقابل الزمن.
 - **مقياس الدلو القلاب (Tipping-bucket):** يجمع الماء في دلو صغير مقسم إلى نصفين. عندما يمتلئ نصف الدلو (بكمية محددة مثلاً 0.2 ملم) ينقلب ويفرغ الماء، ويتم تسجيل كل قلبة. هذا النوع شائع في محطات الأرصاد الآلية.
 - **رادار الطقس (Weather Radar):** يستخدم في المساحات الكبيرة لتقدير كمية الأمطار وهطولها في مناطق واسعة، ويعطي صورة لحظية عن توزيع المطر.

كيفية قياس الثلج:

- يقاس الثلج بقياس **عمق الثلج** المتراكم باستخدام مسطرة، ثم أخذ عينة وذوبانها لمعرفة **المكافئ المائي** (كمية الماء التي يعطيها الثلج عند ذوبانه). نسبة كثافة الثلج إلى الماء حوالي 1:10 تقريباً (أي 10 سم ثلج تعطي حوالي 1 سم ماء).

أسئلة للمراجعة

إذا كان معدل التساقط السنوي في منطقة ما 200 ملم، ومعدل التبخر-نتح 150 ملم، والجريان السطحي 20 ملم، فما هي كمية الرش العميق إذا اعتبرنا أن التخزين لم يتغير؟ ماذا يعني ذلك بالنسبة لتغذية المياه الجوفية؟

3. الاسئلة البعدية: (عدد أنواع التساقط الرئيسية حسب الحالة الفيزيائية مع الشرح ، عرف دورة المياه في الطبيعة)

3	رقم المحاضرة:
تحليل التساقط والجريان السطحي - خصائص المطر، العوامل المؤثرة، وطرق التقدير	عنوان المحاضرة:
م.م. عمر احمد فتحي	اسم المدرس:
طلبة المستوى الثالث	الفئة المستهدفة :
تعريف الطالب بمفهوم مدة العصف وما هي اسبابها	الهدف العام من المحاضرة:
ان يعرف الطالب العلاقة بين شدة المطر وفترة التكرار 1- ان يكون قادراً على تعريف مفهوم الجريان السطحي وما هي انواعه . 2- ان يستطيع معرفة العوامل المؤثرة في الجريان السطحي ورقم المنحنى (CN)	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.	استراتيجيات التيسير المستخدمة
سيتمكن الطالب فهم خصائص التساقط (الشدة، المدة، التكرار)	المهارات المكتسبة
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	طرق القياس المعتمدة

1. الاسئلة القبليه: (عرف الجريان السطحي وماهي أنواع مع ذكر مصدر كل نوع؟)
2. المحتوى العلمي

المحاضرة الثالثة

تحليل التساقط والجريان السطحي - خصائص المطر، العوامل المؤثرة، وطرق التقدير

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
شدة المطر (Rainfall Intensity)	كمية المطر الساقطة خلال وحدة الزمن، وتُقاس عادة بوحدة (مم/ساعة) .
فترة التكرار (Return Period)	متوسط الفترة الزمنية المتوقعة بين حدوث حدث مطري بغزارة معينة أو أكبر .
الجريان السطحي (Runoff)	جزء مياه الأمطار الذي لا يتسرب إلى التربة ولا يختزن على السطح، بل ينساب فوقه مشكلاً تدفقاً سطحياً .
رقم المنحنى (Curve Number - CN)	معامل تجريبي طورته مصلحة حفظ التربة الأمريكية (SCS) يعبر عن قابلية حوض تصريف معين لتوليد الجريان السطحي، بناءً على نوع التربة واستخدام الأرض وظروفها .

خصائص التساقط (الشدة، المدة، التكرار)

شدة المطر (Rainfall Intensity)

شدة المطر أو غزارته هي مقدار ما يسقط من مطر خلال فترة زمنية معينة . وهي خاصية بالغة الأهمية في الدراسات الهيدرولوجية، لأنها تحدد مصير مياه الأمطار: هل تتسرب إلى التربة أم تتحول إلى جريان سطحي؟
يمكن حساب شدة المطر بقسمة كمية المطر على مدة هطولها:

$$I = \frac{P}{t}$$

حيث أن:

- I = شدة المطر (مم/ساعة)
- P = كمية المطر (مم)
- t = مدة الهطول (ساعة)

مثال توضيحي: سقوط 50 ملم من المطر خلال ساعة واحدة يعني شدة مطر = 50 مم/ساعة. نفس الكمية (50 ملم) إذا سقطت خلال 24 ساعة تعني شدة = 2.1 مم/ساعة فقط. التأثير الهيدرولوجي مختلف تماماً! فالأمطار الغزيرة قصيرة المدة تؤدي إلى جريان سطحي كبير وفيضانات، بينما الأمطار الخفيفة طويلة المدة تسمح بتسرب أكبر للمياه إلى التربة .

مدة العاصفة (Storm Duration)

مدة العاصفة هي الفترة الزمنية الممتدة من بداية سقوط المطر حتى توقفه . تؤثر المدة بشكل كبير على كمية الجريان السطحي للأسباب التالية:

- في بداية العاصفة، تكون التربة جافة وقادرة على استيعاب كمية كبيرة من المياه (تسرب أولى مرتفع).
- مع استمرار المطر، تقل قدرة التربة على التسرب تدريجياً (تشبع التربة).
- كلما طالت مدة العاصفة، زادت كمية الجريان السطحي، خاصة إذا تجاوزت شدة المطر معدل تسرب التربة .

فترة التكرار (Return Period)

فترة التكرار (أو زمن العودة) هي متوسط الفترة الزمنية (بالسنوات) التي يتوقع أن يتكرر خلالها حدث مطري بشدة معينة أو أكثر . على سبيل المثال، إذا قلنا أن عاصفة مطرية شدتها 50 مم/ساعة لها فترة تكرار 100 سنة، فهذا يعني أن احتمال حدوث عاصفة بهذه الشدة أو أكبر في أي سنة هو 1%، ويتوقع حدوثها مرة واحدة كل 100 سنة في المتوسط.

ترتبط فترة التكرار عكسياً بالاحتمال:

$$P = \frac{1}{T}$$

حيث P هو احتمال الحدث في أي سنة، و T هي فترة التكرار بالسنوات.

العلاقة بين الشدة والمدة والتكرار (IDF Curves)

العلاقة بين هذه الخصائص الثلاث تمثل بيانياً بما يعرف بمنحنيات الشدة-المدة-التكرار-Intensity-Duration-Frequency curves). هذه المنحنيات أساسية في تصميم المنشآت المائية (العبارات، المصارف، خزانات حصاد المياه) لأنها تمكن المهندس من تحديد شدة المطر التصميمية لمدة معينة وفترة تكرار محددة .

تطبيق في حصاد المياه: لتصميم نظام حصاد مياه آمن، نحتاج إلى معرفة كمية الأمطار التي يمكن أن تهطل خلال فترة زمنية معينة (مثلاً، العاصفة التصميمية لفترة تكرار 10 سنوات) لتحديد حجم الخزان المناسب وقدرة قنوات التصريف.

مفهوم الجريان السطحي (Runoff) وأنواعه

الجريان السطحي هو ذلك الجزء من مياه الأمطار الذي لا يتسرب إلى التربة ولا يتبخر ولا يختزن في المنخفضات السطحية، بل ينساب فوق سطح الأرض متجهاً من المناطق المرتفعة إلى المنخفضة، ليشكل في النهاية مجاري مائية وأودية وأنهار .
بعبارة أخرى، هو الفرق بين كمية الأمطار الساقطة ومجموع الفقد (تسرب، تبخر، تخزين سطحي) .

أنواع الجريان السطحي

يمكن تصنيف الجريان السطحي إلى عدة أنواع حسب مصدره وطريقة حركته :

أولاً: حسب مصدر التدفق:

1. **الانسياب السطحي المباشر (Surface Runoff):** الماء الذي يتحرك فوق سطح التربة مباشرة نحو المجاري المائية. يحدث عندما تزيد شدة المطر عن معدل تسرب التربة، أو عندما تكون التربة مشبعة بالماء.
2. **الانسياب تحت السطحي (Subsurface Runoff / Interflow):** الماء الذي يتسرب إلى التربة ثم يتحرك أفقياً داخل الطبقات العليا من التربة (فوق طبقة صماء أو بطيئة النفاذية) ليظهر مجدداً على السطح في مكان آخر على شكل ينابيع أو ليغذي المجاري المائية بشكل غير مباشر .
3. **الانسياب الجوفي (Groundwater Runoff / Base Flow):** الماء الذي يتسرب إلى أعماق كبيرة ويغذي الطبقات الجوفية، ثم يتحرك ببطء شديد ليغذي الأنهار والمسطحات المائية بشكل مستمر، حتى في فترات انقطاع الأمطار . يُسمى هذا التدفق المستمر بالـ "التدفق القاعدي (Base Flow) "

ثانياً: حسب شكل الجريان:

1. **الجريان الغشائي أو الصفيحي (Sheet Flow):** جريان الماء على شكل طبقة رقيقة متصلة غير محصورة في قنوات محددة. يحدث عادة في بداية العاصفة على المنحدرات .

2. الجريان في المسيلات (Rill Flow) عندما تتجمع مياه الجريان الغشائي في مجاري صغيرة جداً وغير ثابتة (مسيلات).
3. الجريان في المجاري الكبيرة (Gully/Stream Flow) عندما تتحد المسيلات لتشكل جداول وأخاديد أكبر فأكبر، حتى تصبح أودية وأنهاراً .

العوامل المؤثرة في الجريان السطحي ورقم المنحنى (CN)

تتأثر نسبة الأمطار التي تتحول إلى جريان سطحي بمجموعة من العوامل :

أولاً: عوامل متعلقة بالعاصفة المطرية:

- شدة المطر : كلما زادت شدة المطر عن معدل تسرب التربة، زاد الجريان السطحي .
- مدة العاصفة : مع استمرار المطر، تنتشع التربة ويزيد الجريان .
- كمية المطر الكلية : كلما زادت كمية المطر، زاد الجريان (مع افتراض ثبات العوامل الأخرى).

ثانياً: عوامل متعلقة بسطح الأرض:

- نوع التربة وخصائصها : التربة الرملية عالية النفاذية تولد جرياناً سطحياً قليلاً، بينما التربة الطينية الثقيلة تولد جرياناً عالياً .
- درجة الانحدار : العلاقة طردية. كلما زاد الانحدار، زادت سرعة الجريان وقلت فرص التسرب، مما يزيد من كمية الجريان السطحي .
- الغطاء النباتي : النباتات تعترض جزءاً من المطر، وتزيد من خشونة السطح (تبطئ الجريان)، وتحسن من مسامية التربة، مما يزيد التسرب ويقلل الجريان السطحي .
- الاستخدام البشري للأرض (Land Use) : المناطق الحضرية ذات الأسطح غير النفاذة (إسفلت، خرسانة) تولد جرياناً سطحياً عالياً جداً، بينما الغابات والحقول تولد جرياناً منخفضاً .

طريقة رقم المنحنى (Curve Number Method)

هذه الطريقة طورتها مصلحة حفظ التربة الأمريكية (SCS) في الخمسينيات، وتُعتبر من أكثر الطرق العملية شيوعاً لتقدير عمق الجريان السطحي الناتج عن عاصفة مطيرة .

الفكرة الأساسية : تحويل مزيج معقد من العوامل (نوع التربة، استخدام الأرض، حالتها) إلى رقم واحد يسمى رقم المنحنى (CN) يتراوح نظرياً بين 0 و 100. كلما زاد الرقم، زادت قابلية المنطقة لتوليد الجريان السطحي.

- $CN = 100$: سطح غير منفذ تماماً (بحيرة، سطح إسفلتي)، كل المطر يتحول إلى جريان.
- $CN = 0$: سطح نافذ تماماً (لا جريان)، وهذا نظري فقط.

تعتمد قيمة CN على ثلاثة عوامل رئيسية :

1. نوع التربة (Hydrologic Soil Group): تصنف التربة إلى أربع مجموعات (A, B, C, D) حسب نفاذيتها، من عالية النفاذية (A) إلى منخفضة جداً (D).
2. غطاء الأرض واستخدامها (Land Use/Land Cover): مثل: زراعة (ونوع المحصول)، غابات، مناطق سكنية، إسفلت.
3. الحالة الهيدرولوجية (Hydrologic Condition): جيدة، متوسطة، سيئة (تعبّر عن كثافة الغطاء النباتي ودرجة الحماية من الانجراف).

المعادلة الأساسية لتقدير الجريان:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a) + S}$$

حيث:

- Q = عمق الجريان السطحي (مم)
- P = عمق المطر الكلي (مم)
- I_a = الفقد الأولي (مم) (كمية الماء المحتجزة قبل بدء الجريان، وتشمل التخزين السطحي والتبخر واعتراض النبات)
- S = أقصى احتجاز ممكن للمياه في التربة بعد بدء الجريان (مم)

تبسيط المعادلة: وجدت الدراسات أن I_a يمكن تقديره بـ $0.2S$ ، وبالتعويض:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad \text{إذا } P > 0.2S$$

وإذا كانت $0.2SP \leq Q$ (لا يحدث جريان)

بالعلاقة CN أما S فتربط برقم المنحنى:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (\text{بالملم } S \text{ إذا كانت})$$

مثال تطبيقي (تقدير الجريان السطحي بطريقة CN)

المثال: حقل زراعي في منطقة شبه جافة، تبلغ مساحته 10 هكتارات. نوع التربة طينية (مجموعة C)، والمحصول مزروع في صفوف بحالة زراعية جيدة. إذا تعرض الحقل لعاصفة مطرية كمية مطرها 80 ملم، احسب عمق وحجم الجريان السطحي المتوقع.

الحل:

الخطوة 1: تحديد قيمة CN.

من الجداول القياسية (SCS Tables)، نجد أن:

- استخدام الأرض: زراعة في صفوف (Row crops)
- الحالة الهيدرولوجية: جيدة (Good condition)
- مجموعة التربة الهيدرولوجية: C

• إذن $85CN$ = (هذه قيمة تقريبية من الجداول المعروفة).

الخطوة 2: حساب أقصى احتجاز S .

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 = \frac{25400}{85} - 254 = 298.8 - 254 = 44.8 \text{ ملم}$$

الخطوة 3: حساب الفقد الأولي $Ia = 0.2S$.

$$Ia = 0.2 \times 44.8 = 8.96 \text{ ملم}$$

الخطوة 4: التأكد من شرط حدوث الجريان.

بما أن $80P = 80$ ملم $\leq Ia = 8.96$ ملم، إذن يحدث جريان.

الخطوة 5: حساب عمق الجريان Q .

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} = \frac{(80 - 8.96)^2}{80 + (0.8 \times 44.8)} = \frac{(71.04)^2}{80 + 35.84}$$

$$Q = \frac{5046.68}{115.84} = 43.56 \text{ ملم}$$

الخطوة 6: حساب حجم الجريان الكلي.

• مساحة الحقل = 10 هكتار

$$100,000 \text{ م}^2 = 10 \times 10,000$$

• عمق الجريان = 43.56 مم

$$0.04356 = 43.56 / 1000 \text{ م}$$

• حجم الجريان = المساحة $\times$ العمق

$$4,356 \text{ م}^3 = 100,000 \times 0.04356$$

النتيجة: من المتوقع أن تتحول حوالي **4,356 متر مكعب** من مياه الأمطار إلى جريان سطحي يمكن حصاده من هذا الحقل بعد عاصفة ممطرة بكمية 80 ملم.

1- الاسئلة البعدية: (ماهي العوامل المؤثرة في الجريان السطحي ورقم المنحني (CN) عددها بالتفصيل، عرف مدة العصف وما هو تأثيرها على الجريان السطحي)

4	رقم المحاضرة:
تصنيف أنظمة حصاد المياه - المستجمعات الصغرى والمستجمعات الكبرى	عنوان المحاضرة:
م.م. عمر احمد فتحي	اسم المدرس:
طلبة المستوى الثالث	الفئة المستهدفة :
اكتساب الطالب المعرفة في ماهية تصنيف أنظمة حصاد المياه - المستجمعات الصغرى والمستجمعات الكبرى	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يتعلم الطالب ماهي أنظمة حصاد المياه والتصنيف العام 2- ان يعرف الطالب أنظمة المستجمعات الصغرى (Micro-catchment) - تعريفها وخصائصها 3- ان يفهم الطالب أنظمة المستجمعات الكبرى (Macro-catchment) - تعريفها وخصائصها.	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.	استراتيجيات التيسير المستخدمة
ستتوسع مدارك الطالب لفهم أهمية التصنيف في التصميم	المهارات المكتسبة
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	طرق القياس المعتمدة

1. الاسئلة القبلية: (ماذا تعرف عن تصنيف أنظمة حصاد المياه)
2. المحتوى العلمي

المحاضرة الرابعة

تصنيف أنظمة حصاد المياه - المستجمعات الصغرى والمستجمعات الكبرى

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
المستجمعات الصغرى (Micro-catchment)	أنظمة حصاد مياه تعتمد على تجميع الجريان السطحي من مساحة صغيرة نسبياً (10 - 500 م ²) تقع ضمن حدود الحقل الزراعي، وتخزين المياه في منطقة الجذور مباشرة .
المستجمعات الكبرى (Macro-catchment)	أنظمة حصاد مياه تعتمد على تجميع الجريان السطحي من مساحات كبيرة (أكبر من 1 هكتار وقد تصل إلى 200 هكتار) تقع خارج حدود الحقل الزراعي، وتتطلب غالباً قنوات لنقل المياه وخزانات للتخزين .
نسبة مساحة التجميع إلى الزراعة (Catchment: Application Ratio)	النسبة بين مساحة المنطقة التي يتم تجميع المياه منها ومساحة المنطقة المستفيدة (المزروعة أو التخزين).

المصطلح	التعريف
الجريان الغشائي (Sheet Flow)	جريان المياه على شكل طبقة رقيقة غير محصورة في قنوات، وهو النمط السائد في أنظمة المستجمعات الصغرى .

نظرة عامة على أنظمة حصاد المياه والتصنيف العام

تتعدد تقنيات حصاد المياه وتتنوع لتشمل حلولاً بسيطة على مستوى الحقل الصغير، وأنظمة معقدة على مستوى الوديان والمنحدرات الكبيرة. يعتمد التصنيف الرئيسى لهذه الأنظمة على مساحة منطقة التجميع (Catchment Area) ومسافة نقل الجريان .

يمكن تقسيم أنظمة حصاد المياه إلى ثلاث فئات رئيسية

1. حصاد المياه داخل الحقل: (In-situ Rainwater Harvesting) ويشمل تقنيات تحسين تسرب المياه في مكان سقوطها، مثل فلاحة الأرض على خطوط كنتورية أو استخدام المصاطب. مساحة التجميع والتخزين متداخلة.
2. أنظمة المستجمعات الصغرى: (Micro-catchment Water Harvesting) وهي الأنظمة التي يتم فيها تجميع المياه من مساحات صغيرة مجاورة لمنطقة الزراعة.
3. أنظمة المستجمعات الكبرى: (Macro-catchment Water Harvesting) وهي أنظمة واسعة النطاق تجمع المياه من مساحات كبيرة (قد تكون جبلاً أو سهولاً واسعة) وتنقلها إلى مناطق الاستخدام .

معايير التصنيف الرئيسية

يعتمد التمييز بين أنظمة المستجمعات الصغرى والكبرى على عدة معايير فنية:

المعيار	المستجمعات الصغرى	المستجمعات الكبرى
مساحة التجميع	صغيرة (10 - 500 م ²)	كبيرة (1 - 200 هكتار)
موقع منطقة التجميع	داخل حدود الحقل أو المزرعة	خارج حدود الحقل (منحدرات، أراضي غير مزروعة)
مسافة نقل المياه	قصيرة (أمتار قليلة)	طويلة (مئات الأمتار إلى كيلومترات)
نمط الجريان	جريان غشائي (Sheet flow)	جريان في مسيلات وأودية (Channel flow)

المعيار	المستجمعات الصغرى	المستجمعات الكبرى
التكرار في الحقل	يتكرر عدة مرات في الحقل الواحد	نظام واحد يخدم مساحات واسعة
التخزين	في منطقة الجذور (خزين تربة) بشكل أساسي	في خزانات مخصصة أو في التربة (حسب التصميم)

أهمية التصنيف في التصميم

يساعد فهم هذا التصنيف المصممين والمزارعين على:

- اختيار التقنية المناسبة للظروف المحلية (المناخ، التربة، التضاريس).
- تقدير كمية المياه التي يمكن حصادها بشكل أدق.
- تحديد الاحتياجات الإنشائية والتكلفة المتوقعة للمشروع.

أنظمة المستجمعات الصغرى - (Micro-catchment) تعريفها وخصائصها

أنظمة المستجمعات الصغرى (MicroWH) هي أنظمة مصممة لالتقاط وتجميع الجريان السطحي من مساحة تجمع صغيرة نسبياً، تتراوح عادة بين 10 و 500 متر مربع، وتقع ضمن حدود الحقل الزراعي . يتم توجيه مياه الجريان إلى منطقة الاستخدام (Application Area) حيث تتجمع في حفر أو أحواض أو مصاطب، ثم تتسرب إلى التربة وتخزن في منطقة الجذور ليستفيد منها النبات لاحقاً .

المكونات الأساسية

يتكون نظام المستجمعات الصغرى من عنصرين رئيسيين :

1. **منطقة التجميع (Runoff Area)** وهي المساحة التي تسقط عليها الأمطار ويتم توليد الجريان السطحي. قد تكون هذه المساحة طبيعية (تربة مدملكة) أو معالجة لزيادة الجريان.
2. **منطقة الاستخدام/التخزين (Application/Infiltration Basin)** وهي المساحة التي تتجمع فيها المياه وتتسرب إلى التربة. غالباً ما تكون حفرة أو حوضاً يزرع فيه نبات واحد أو عدة نباتات .

الخصائص الرئيسية لأنظمة المستجمعات الصغرى

الخاصية	الوصف
نسبة المساحات (C:A Ratio)	تتراوح نسبة مساحة التجميع إلى مساحة الزراعة بين 2:1 و 10:1 . أي أن كل متر مربع مزروع يغذيه 2-10 أمتار مربعة من منطقة

التجميع.	
يتم تخزين المياه المجمعة بشكل أساسي في التربة (منطقة الجذور) لاستخدامها المباشر من قبل النباتات .	التخزين
يمكن للمزارع التحكم بسهولة في حجم مساحة التجميع، مما يجعل النظام سهل التكيف والتكرار .	التحكم والمرونة
تتكرر هذه الأنظمة عدة مرات في نفس الحقل بتصميم متطابق، حيث تتبادل مناطق التجميع ومناطق الزراعة ضمن نفس المساحة .	التكرارية
بسبب قصر مسافة الجريان السطحي، فإن توليد الجريان يكون فعالاً، ويمكن للأمطار الخفيفة قصيرة المدة أن تولد جرياناً .	كفاءة الجريان

التقنيات الأكثر شيوعاً

تشمل أنظمة المستجمعات الصغرى العديد من التقنيات التقليدية والحديثة :

1. حفر الزراعة: (Planting Pits) مثل تقنية الزاي (Zai) في منطقة الساحل، والتاسا (Tassa)، والشولولو (Chololo).
2. الأحواض الصغيرة: (Micro-basins) مثل نظام نجاريم (Negarim) وهو أحواض معقوفة بشكل ماسي، والأحواض المثلثة أو نصف الدائرية، والمصاطب الحاجبية. (Eyebrow terraces)
3. المصاطب الكونتورية: (Contour Bunds/Ridges) وهي خطوط ترابية أو حجرية تتبع خطوط التسوية لاعتراض الجريان السطحي.

مجال التطبيق والملاءمة

- المناطق: ملائمة للمناطق شبه الجافة والجافة التي تتسم بتذبذب عالٍ في الأمطار خلال المواسم .
- الانحدار: يمكن إنشاؤها على معظم الانحدارات، بما في ذلك السهول شبه المستوية .
- التربة: تحتاج تربة عميقة بما يكفي لحفر الأحواض وتخزين المياه المجمعة. التربة القابلة للتصلب (التي تشكل قشرة سطحية) تكون مناسبة بشكل خاص في منطقة التجميع لتوليد الجريان .
- استصلاح الأراضي: يمكن تطبيقها على الأراضي المتدهورة بشدة للمساعدة في إعادة التأهيل الإنتاجي وتقليل الانجراف والفيضانات .

أنظمة المستجمعات الكبرى - (Macro-catchment) تعريفها وخصائصها

أنظمة المستجمعات الكبرى (MacroWH) هي أنظمة يتم فيها تجميع مياه الجريان السطحي من مساحات كبيرة (عادة أكبر من 1 هكتار، وقد تصل إلى 200 هكتار . (تقع منطقة التجميع عادة خارج حدود الحقل الزراعي) منحدرات طبيعية، طرق، أراض ريعية . (يتم نقل المياه المجمعة عبر قنوات أو أودية إلى منطقة الاستخدام، حيث قد تخزن في التربة مباشرة أو في خزانات مخصصة .

المكونات الأساسية

تتكون أنظمة المستجمعات الكبرى عادة من أربعة مكونات رئيسية :

1. **منطقة التجميع (Catchment Area)** وهي مساحة كبيرة قد تشمل سفوح تلال، طرق، أراضٍ صخرية، أراضٍ رعوية، أو أراضٍ زراعية غير مستغلة.
2. **نظام نقل الجريان (Runoff Conveyance System)** قنوات أو مسيلات طبيعية أو صناعية تنقل المياه من منطقة التجميع إلى منطقة التخزين أو الاستخدام.
3. **نظام التخزين (Storage System)** قد يكون التخزين في التربة نفسها (في الحقل المستفيد)، أو في خزانات مخصصة مثل البرك الزراعية، السدود الأرضية، الخزانات الأرضية (الصهاريج)، أو السدود الرملية تحت السطحية .
4. **منطقة الاستخدام (Application Area)** وهي الحقول الزراعية أو مناطق استخدام المياه.

الخصائص الرئيسية لأنظمة المستجمعات الكبرى

الوصف	الخاصية
تتراوح نسبة مساحة التجميع إلى مساحة الزراعة بين 10:1 و 100:1 . هذا يعني أن كل هكتار مزروع يغذيه 10-100 هكتار من منطقة التجميع.	نسبة المساحات (C:A Ratio)
قد تصل مسافة نقل المياه من منطقة التجميع إلى منطقة الاستخدام إلى عدة كيلومترات .	مسافة النقل
يتنوع بين التخزين في التربة (في الحقول المستفيدة) أو في منشآت تخزين مخصصة (برك، سدود، خزانات) .	التخزين
على الرغم أن كفاءة الجريان أقل نسبياً من الأنظمة الصغرى، إلا أن حجم المياه الإجمالي كبير جداً بسبب ضخامة مساحة التجميع .	الأحجام
إذا كانت مسافة النقل كبيرة، يمكن لمنطقة التجميع أن تستقبل مطراً وتنتج جرياناً يصل إلى منطقة الاستخدام حتى لو لم تمطر في الحقل نفسه .	الاعتماد على العواصف
أظهرت الدراسات أن الحقول التي تستقبل مياه إضافية من مستجمعات كبرى يمكن أن يزيد إنتاجها بنسبة تزيد عن 120 % مقارنة بالحقول التي تعتمد على المطر فقط .	الفوائد الإنتاجية

التقنيات الأكثر شيوعاً

تشمل أنظمة المستجمعات الكبرى تقنيات متنوعة :

- **أنظمة المنحدرات (Hillside Systems)** مثل نظام "الماجالوبا (ma jaluba) " في تنزانيا، حيث يتم توجيه المياه من المنحدرات الرعوية إلى حقول الأرز المسجورة عبر قنوات صغيرة .
- **أنظمة مجاري الأودية (Stream-bed Systems)** نشر مياه السيول في الأودية الموسمية باستخدام سدود حجرية أو ترابية منفذة .
- **أنظمة تحويل السيول (Stream Diversion Systems)** تحويل المياه من الأودية الموسمية إلى أحواض نشر المياه، مثل نظام "الكاغ (Caag) " في الصومال .
- **السدود الرملية (Sand Dams)** سدود تقام في مجاري الأودية لحجز الرمال وتخزين المياه خلفها وفي فراغات الرمال .
- **البرك السطحية (Farm Ponds) والخزانات الأرضية (Cisterns)** لتخزين المياه للاستخدام المنزلي أو الري التكميلي .

مجال التطبيق والملاءمة

- **المناطق:** ملائمة للمناطق الجافة وشبه الجافة وحتى شبه الرطبة حيث توجد فترات جفاف طويلة تتطلب تخزين المياه لاستخدامها لاحقاً .
- **التضاريس:** غالباً ما تقع في المنخفضات الطبيعية أو في مجاري الأودية الموسمية .
- **الاستخدامات:** تستخدم المياه المحصودة بشكل أساسي للزراعة والإنتاج الحيواني، وأيضاً للاستخدام المنزلي .

3. الاسئلة البعدية: (يتكون نظام المستجمعات الصغرى من عنصرين رئيسيين عددها، تتكون أنظمة المستجمعات الكبرى عادة من أربعة مكونات رئيسية)

رقم المحاضرة:	6+5
عنوان المحاضرة:	تقنيات المستجمعات الصغرى - المصاطب الكونتورية والأحواض المستطيلة وشبه المنحرفة
اسم المدرس:	م.م. عمر احمد فتحي
الفئة المستهدفة :	طلبة المستوى الثالث
الهدف العام من المحاضرة:	اكتساب الطالب المعرفة في ما هية تقنية المصاطب الكونتورية (Contour Bench Terraces)
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	1- ان يتعلم الطالب ماهي طريقة انشاء المصاطب الكنتورية. 2- ان يعرف الطالب اليات المسح والتخطيط لإنشاء المصاطب الكنتورية. 3- ان يفهم الطالب أهمية الأحواض المستطيلة وشبه المنحرفة (Trapezoidal Bunds)
استراتيجيات التيسير المستخدمة	المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.

1. الاسئلة القبليه: (ماهي مزايا المصاطب الكنتورية)
2. المحتوى العلمي

المحاضرة الخامسة والسادسة تقنيات المستجمعات الصغرى - المصاطب الكونتورية والأحواض المستطيلة وشبه المنحرفة

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
المصاطب الكونتورية (Contour Bench Terraces)	مصاطب مسطحة أو شبه مسطحة تُنشأ بمحاذاة خطوط التسوية على المنحدرات، وتتكون من سطح مستوي للزراعة وحافة أمامية (سند) وحافة خلفية (قناة) .
الأحواض شبه المنحرفة (Trapezoidal Bunds)	أحواض ترابية مغلقة من ثلاث جهات بشكل شبه منحرف، تترك الجهة الرابعة (العالية) مفتوحة لاستقبال الجريان السطحي من المناطق المرتفعة .
خطوط التسوية (Contour Lines)	خطوط وهمية تربط النقاط المتساوية في الارتفاع على سطح الأرض، وتستخدم لتحديد اتجاه إنشاء المصاطب.
نسبة التجميع إلى الزراعة (C:A Ratio)	النسبة بين مساحة منطقة تجميع المياه ومساحة المنطقة المزروعة أو المستفيدة.

تقنية المصاطب الكونتورية (Contour Bench Terraces)

المصاطب الكونتورية هي تقنية من تقنيات حفظ التربة والمياه تُنشأ على الأراضي المنحدرة، وتتكون من سلسلة من المصاطب (Bench Terraces) الأفقية أو شبه الأفقية التي تتبع خطوط التسوية (Contour Lines) للمنحدر . يمكن تشبيهها بدرجات سلم عملاقة تُنحت في جانب التل أو الجبل .

تتكون المصطبة الواحدة من:

- **سطح مستوي (Platform):** هو السطح الأفقي أو شبه الأفقي الذي تُزرع فيه المحاصيل.
- **حافة أمامية (Riser):** هي الجدار أو الحافة الرأسية أو شبه الرأسية التي تفصل بين مصطبة وأخرى، وغالباً ما تكون مدعومة بالأحجار أو مغطاة بالنباتات لتثبيتها.
- **قناة خلفية (Channel):** قناة ضحلة تُنشأ على طول الحافة الداخلية للمصطبة (عند اتصالها بالمنحدر العلوي) لتجميع مياه الجريان السطحي والتحكم فيها.

مبدأ العمل

يعتمد مبدأ عمل المصاطب الكونتورية على فكرة بسيطة وفعالة: تقسيم المنحدر الطويل إلى مجموعة من المنحدرات القصيرة . هذا التقسيم يحقق الأهداف التالية:

1. **إبطاء سرعة الجريان السطحي:** بدلاً من اندفاع المياه بسرعة عالية لمسافة طويلة (مسببة انجرافاً شديداً)، يتم اعتراضها عند كل مصطبة، مما يقلل من سرعتها بشكل كبير.
 2. **زيادة تسرب المياه:** يؤدي إبطاء الجريان إلى إعطاء المياه فرصة أطول للتسرب إلى التربة، مما يزيد من رطوبة المنطقة الجذرية ويعزز تغذية المخزون الجوفي .
 3. **احتجاز التربة والمواد العضوية:** تتجمع التربة والمواد العضوية التي قد تنجرف مع المياه خلف المصاطب، مما يحسن خصوبة التربة في المصاطب السفلية ويقلل من تلوث المجاري المائية بالرسوبيات .
- عند هطول الأمطار، يتدفق الماء من أعلى المنحدر إلى أسفل، ويتم اعتراضه بواسطة المصاطب. تتجمع المياه في القناة الخلفية للمصطبة العلوية، ثم تتسرب تدريجياً إلى التربة أو تنتقل ببطء على طول القناة نحو مخرج آمن (مثل مسيل عشبي) إذا صُممت المصاطب كمصاطب مدرجة (Graded terraces) في المناطق شبه الجافة، غالباً ما تُصمم قنوات المصاطب بمستوى أفقي (Level channels) لحجز المياه بالكامل وزيادة التسرب .

طريقة الإنشاء

يتطلب إنشاء المصاطب الكونتورية تخطيطاً دقيقاً وعمليات إنشائية قد تكون مكلفة، وتتم على مراحل :

المرحلة الأولى: المسح والتخطيط

- إجراء مسح طوبوغرافي للمنطقة لتحديد خطوط التسوية بدقة.
- تحديد انحدار الأرض، عمق التربة، ومعدلات هطول الأمطار.
- حساب المسافات الرأسية والأفقية بين المصاطب بناءً على الانحدار ونوع التربة . في الأراضي شديدة الانحدار، تكون المسافات أقل.
- تصميم نظام تصريف المياه الزائدة (إذا لزم الأمر) مثل المسيلات العشبية.

المرحلة الثانية: الإنشاء

- تبدأ عملية الإنشاء عادةً من أعلى المنحدر إلى أسفله لتجنب تدفق المواد على المناطق المنفذة حديثاً .
- تستخدم آلات ثقيلة (جرافات، لوادر) في عملية تعرف باسم "القطع والردم: (Cut and Fill)"
 - يتم قطع التربة من الجزء العلوي من المنحدر (الجزء المرتفع) ونقلها لردم الجزء السفلي، لتكوين سطح مستو للمصطبة.
 - يجب نزع التربة السطحية الغنية بالمواد العضوية من مناطق القطع والردم وتخزينها مؤقتاً، ثم إعادة نشرها على سطح المصطبة بعد الانتهاء من التسوية .
- إنشاء الحافة الأمامية (Riser) وتدعيمها. يمكن تدعيمها بالأحجار (كما في مصاطب ماتشو بيتشو) ، أو زراعتها بنباتات ذات جذور قوية لتثبيتها .
- إنشاء القناة الخلفية على طول خط التماس بين المصطبة والمنحدر العلوي.

المرحلة الثالثة: التثبيت والزراعة

- بعد الإنشاء، قد تحتاج المصاطب إلى فترة لتستقر. زراعة الغطاء النباتي على الحواف يساعد على تثبيتها بسرعة .
- يمكن بعد ذلك حرث سطح المصطبة وزراعتها بالمحاصيل المناسبة.

المصاطب الكونتورية - المزايا والعيوب وملاءمة الظروف

المزايا (Advantages)

1. التحكم الفعال في انجراف التربة: أظهرت الدراسات أن المصاطب الكونتورية تنتج أقل كمية من الجريان السطحي والرسوبيات مقارنة بالعديد من تقنيات الحفظ الأخرى. فقد أنتجت مصاطب بنش تيرا كميات جريان بلغت 12.59م³/هـ فقط، ورسوبيات بلغت 188كغ/هـ، وهو أدنى مستوى بين 6 تقنيات تمت دراستها . هذا يجعلها فعالة جداً في حماية التربة من الانجراف المائي .
2. زيادة خصوبة التربة: بمرور الوقت، تتحسن خصوبة تربة المصاطب بسبب تراكم المواد العضوية والطيني المحمول بالمياه، وانخفاض معدلات الانجراف .
3. زيادة رطوبة التربة: يؤدي حجز المياه وتشجيع تسربها إلى زيادة المخزون الرطوبي في منطقة الجذور، مما يحسن نمو النباتات ويزيد الإنتاجية .
4. تمكين الزراعة الآلية: على المنحدرات الشديدة، تخلق المصاطب مساحات مستوية يمكن استخدام الآلات الزراعية فيها، مما يقلل من الاعتماد على العمل اليدوي .
5. إمكانية دمج تدابير أخرى: يمكن دمج المصاطب مع تقنيات أخرى مثل التغطية (Mulching) والزراعة الكنتورية لتعزيز الفوائد .

العيوب (Disadvantages)

1. تكلفة إنشاء عالية جداً: العيب الأكبر للمصاطب الكونتورية هو تكلفتها الباهظة. تشير الدراسات إلى أن تكلفة إنشائها قد تصل إلى 35,293.50 يورو/هـ، مع تكاليف صيانة سنوية مرتفعة أيضاً . هذه التكلفة المرتفعة قد تكون عائقاً أمام صغار المزارعين.
2. تغيير جذري في التضاريس: يتطلب إنشاؤها تغييراً كبيراً في شكل الأرض الطبيعية، وقد يؤدي إلى اضطراب في الدورة الهيدرولوجية والغذائية الطبيعية للمنطقة إذا لم يتم تصميمها بعناية .

3. خطر فشل المصطبة: إذا لم يتم تصميمها بشكل صحيح (خصوصاً نظام تصريف المياه الزائدة)، يمكن أن يؤدي تراكم المياه خلف المصطبة إلى انهيارها، مسببة انجرافاً شديداً وانزلاقات أرضية .
4. صعوبة الصيانة: تتطلب صيانة دورية، مثل إزالة الحشائش من القنوات، وإصلاح الأجزاء المتآكلة من الحواف، وإعادة تسوية السطح بعد حراثة متكررة .
5. انخفاض مؤقت في الخصوبة: أثناء الإنشاء، قد يؤدي نقل التربة إلى انخفاض مؤقت في خصوبة التربة في بعض مناطق المصاطب .

الظروف المناسبة للتطبيق

الشرط	الملاءمة والتفصيل
الانحدار	الأنسب للمنحدرات الطويلة المنتظمة التي لا تزيد درجة انحدارها عن 8% (للمصاطب الواسعة). يمكن استخدامها في منحدرات أكثر انحداراً (تصل إلى 60%) ولكن بتصميمات خاصة .
التربة	تحتاج إلى تربة عميقة (أكثر من 15 سم) لتسمح بعمليات القطع والردم. التربة الصخرية أو الضحلة جداً غير مناسبة .
الهطول المطري	ملائمة في المناطق ذات الهطول المطري المعتدل إلى الغزير (أكثر من 500 ملم). في المناطق الجافة، يمكن تصميمها بقنوات مستوية لحجز المياه .
الموارد	تتطلب توفر رأس مال للاستثمار الأولي، وآليات ثقيلة، وخبرة فنية في التصميم والإشراف .

الأحواض المستطيلة وشبه المنحرفة (Trapezoidal Bunds)

الأحواض شبه المنحرفة (Trapezoidal bunds) هي واحدة من تقنيات حصاد المياه في المستجمعات الصغرى (ويمكن استخدامها ككبرى أحياناً). تتكون من سواتر ترابية (Bunds) تُقام على شكل شبه منحرف مغلق من ثلاث جهات، حيث تترك الجهة الرابعة (العالية) مفتوحة لاستقبال مياه الجريان السطحي القادمة من منطقة تجمع خارجية (منحدر أعلى) . تُعرف أيضاً باسم "تيراس (Teras)" في بعض المناطق الأفريقية .

تتكون من:

- السواتر الجانبية: (Side bunds) ضلعا شبه المنحرف اللذان يمنعان تسرب المياه جانبياً.
- السد السفلي: (Lower bund) القاعدة العريضة لشبه المنحرف، وهو الساتر التراي الرئيسي الذي يحجز المياه خلفه.
- الجهة المفتوحة: (Open side) الضلع العلوي لشبه المنحرف (الأقصر عادةً)، ويترك مفتوحاً لاستقبال الجريان السطحي الوارد.

مبدأ العمل

يعمل نظام الأحواض شبه المنحرفة على حصاد مياه الجريان السطحي القادمة من مساحات المرتفعات المجاورة وتجميعها داخل حوض مغلق لزيادة تسربها إلى التربة .

1. توليد الجريان: تهطل الأمطار على منطقة التجميع العلوية (Catchment area) والتي قد تكون أراض رعوية أو منحدرات طبيعية.
2. توجيه الجريان: تتدفق المياه المتجمعة (جريان سطحي) إلى أسفل المنحدر حتى تصل إلى الحوض شبه المنحرف، وتدخل منه عبر الجهة المفتوحة العلوية.
3. الحجز والتخزين: تحجز السواثر الترابية المياه داخل الحوض، مما يؤدي إلى إبطاء سرعتها وتكوين بركة مؤقتة. تزداد منسوب المياه حتى تمتلئ السعة التخزينية للحوض.
4. التسرب: تتسرب المياه المحجوزة ببطء إلى التربة داخل الحوض، مما يزيد من رطوبة التربة ويغذي المخزون الجوفي .
5. صرف الفائض: عند هطول أمطار غزيرة جداً أو فيضانات كبيرة، قد تزيد كمية المياه الواردة عن سعة الحوض. يتم تصريف المياه الزائدة بأمان عبر المسال المائي (Spillway) الذي يتم تصميمه عادة على طول حواف الحوض .

طريقة الإنشاء

تعتمد طريقة إنشاء الأحواض شبه المنحرفة على حجمها والمواد المتاحة :

- **تحديد الموقع:** يُفضل إنشاؤها في مناطق الجريان الطبيعية، حيث تشير مؤشرات مثل تدفق المياه أثناء الفيضانات وأنواع التربة والغطاء النباتي إلى وجود جريان سطحي جيد .
- **تجنب المواقع غير المناسبة:**
 - المناطق الطينية الثقيلة (لأنها تُشكل شقوقاً عند الجفاف تسبب تسرباً مركزاً).
 - المناطق القريبة من المجاري المائية الكبيرة.
 - المناطق التي تحتاج تسوية كثيرة .
- **التدرج:** يفضل أن لا يزيد الانحدار عن 1.5% .
- **تصميم الأبعاد:** يختلف تصميم السواثر حسب الموقع، ولكن يمكن أن يصل طول الساتر الأساسي إلى 50-300 متر، والأذرع الجانبية 20-100 متر . يجب تحديد ارتفاع الساتر بما يكفي لحجز عمق مائي مناسب (مثلاً 15-30 سم) .
- **البناء:** تُبنى السواثر الترابية بالتربة المحلية المدكوكة جيداً. يُفضل بناءها في منتصف موسم الجفاف لتستقر وتتماسك تحت تأثير حركة الإنسان والحيوانات قبل موسم الأمطار .
- **تدعيم المسيل المائي:** من المهم جداً تدعيم المسيل المائي (مكان تصريف المياه الزائدة) بالأحجار (Stone-faced spillways) لتحمل قوة التدفق ومنع انجراف الساتر . يُفضل أن يكون المسيل على طول الحواف وليس في المنتصف .
- **تسوية المنطقة المزروعة:** يُنصح بتسوية الأراضي الزراعية داخل الحوض لضمان توزيع متساوٍ لمياه الفيضان .

مقارنة متكاملة بين التقنيتين

معيار المقارنة	المصاطب الكونتورية (Contour Benches)	الأحواض شبه المنحرفة (Trapezoidal Bunds)
الهدف الرئيسي	التحكم في الانجراف وزراعة منحدرات شديدة .	حصاد الجريان السطحي من المناطق الخارجية -

معيار المقارنة	المصاطب الكونتورية (Contour Benches)	الأحواض شبه المنحرفة (Trapezoidal Bunds)
مصدر المياه	الأمطار الساقطة مباشرة على المنحدر نفسه.	جريان سطحي قادم من منطقة تجمع أعلى.
الشكل	شرائط أفقية متدرجة (تشبه الدرج).	أحواض شبه منحرفة مغلقة من 3 جهات.
المنحنى المثالي	من 3% إلى 30% (أو أكثر).	أقل من 1.5%
التكلفة	عالية جداً (إنشاء وصيانة).	متوسطة إلى منخفضة نسبياً.
التخزين	في التربة على طول المصطبة.	في الحوض (سطحاً وباطناً).
إدارة الفائض	قنوات عشبية أو مسيلات.	مسيلات مائية مدعمة على الحواف.
المخاطر الرئيسية	انهيار المصطبة إذا لم تصمم جيداً.	انجراف الساتر بسبب عدم كفاية المسيل أو ضعفه.
المناطق المناسبة	مناطق زراعة الكروم، الفواكه، الحبوب على المنحدرات.	مناطق الرعي، الأراضي البعلية في السفوح.

خلاصة عامة

تمثل كل من المصاطب الكونتورية والأحواض شبه المنحرفة أدوات فعالة في مجال حصاد المياه وحفظ التربة، لكنهما تخدمان أغراضاً وظروفاً مختلفة.

- **المصاطب الكونتورية** هي الحل الأمثل للزراعة على المنحدرات الشديدة، حيث تقدم فائدة مزدوجة: إنشاء أراض زراعية مستوية والسيطرة شبه الكاملة على الانجراف. ثمن هذه الفوائد هو التكلفة العالية للإنشاء والصيانة، مما يستدعي تخطيطاً دقيقاً وخبرة هندسية.
- **الأحواض شبه المنحرفة** هي تقنية أبسط وأقل تكلفة تركز على حصاد المياه القادمة من مناطق خارجية لري البساتين أو الحقول في الأراضي المنخفضة. نجاحها يعتمد بشكل كبير على فهم سلوك الجريان السطحي واختيار المواقع المناسبة، وتصميم مسيل مائي قوي.

اختيار التقنية المناسبة يجب أن يستند إلى تقييم دقيق للظروف المحلية: الانحدار، نوع التربة، مصادر المياه، والموارد المتاحة.

3-4 نصائح إضافية للإنشاء والنجاح

- للمصاطب الكونتورية:

- يُنصح باستخدام طرق الحراثة الحافظة لإطالة عمر المصاطب وتقليل احتياجات الصيانة .
- زراعة الغطاء النباتي على الحواف يساعد على تثبيتها ومنع انجرافها .

• للأحواض شبه المنحرفة:

- يُفضل استخدام أحواض متعددة صغيرة (مساحة تجميع صغيرة) بدلاً من حوض واحد كبير لتقليل مخاطر الفشل .
- يجب تدعيم قمة الساتر وأماكن المسيلات بالأحجار لمقاومة قوة الجريان .
- يُنصح بإنشاء قناة تصريف علوية أعلى الحوض لتحويل المياه الزائدة وحماية الساتر .

3. الاسئلة البعدية: (ماهي عيوب انشاء المصاطب الكنتورية، ماهي مكونات الأحواض المستطيلة وشبه المنحرفة عددها مع الشرح)

7	رقم المحاضرة:
نظام نجاريم (Negarim) - تقنية مبتكرة لزراعة الأشجار في المناطق الجافة	عنوان المحاضرة:
م.م. عمر احمد فتحي	اسم المدرس:
طلبة المستوى الثالث	الفئة المستهدفة:
افهام الطالب تقنية مبتكرة لزراعة الأشجار في المناطق الجافة.	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يتمكن الطالب من شرح مفهوم نسبة مساحة التجميع إلى الزراعة (C:A Ratio). 2- ان يستطيع الطالب معرفة مميزات نظام نجاريم في زراعة الأشجار المثمرة	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.	استراتيجيات التيسير المستخدمة
سيتمكن الطالب من حساب مساحة التجميع بالنسبة للشجرة الواحدة.	المهارات المكتسبة
اختبارات شفوية وتحريرية وعملية يومية وتقارير علمية	طرق القياس المعتمدة

1. الاسئلة القبلية: (يتكون نظام نجاريم من عنصرين رئيسيين وماهي ومكونات كل منها)
2. المحتوى العلمي

المحاضرة السابعة

نظام نجاريم - (Negarim) تقنية مبتكرة لزراعة الأشجار في المناطق الجافة

نظام نجاريم (Negarim) هو أحد تقنيات حصاد المياه في المستجمعات الصغرى (Micro-catchment) التي طورتها منظمة الأغذية والزراعة (FAO) في الثمانينيات. يتميز بشكله الهندسي الفريد الذي يشبه المعين أو الشكل الماسي، حيث تُقام سواتر ترابية صغيرة على شكل مربعات أو معينات مقلوبة بزاوية عن خطوط التسوية .

يعود أصل التسمية إلى الكلمة العبرية "Negarim" التي تعني "قطرات" أو "الجريان السطحي المقطر"، إشارة إلى وظيفتها في تجميع وتقطير مياه الجريان السطحي نحو نقطة مركزية.

المكونات الأساسية للنظام

يتكون نظام نجاريم من عنصرين رئيسيين :

1. **منطقة التجميع (Catchment Area):** وهي المساحة السطحية للحوض الماسي الشكل، والتي يتم تنظيفها وتدكيكها أحياناً لزيادة كفاءة توليد الجريان السطحي. تتراوح مساحتها عادة بين 10 و 50 متراً مربعاً حسب الاحتياج المائي للشجرة والظروف المناخية .
 2. **منطقة الزراعة والتخزين (Cultivated/Infiltration Area):** تقع في الزاوية السفلى من الحوض الماسي (وهي أدنى نقطة في النظام). تتكون من حفرة زراعية محاطة بحوض ترابي صغير يتجمع فيه الماء ويتسرب إلى منطقة جذور الشجرة .
- شكل توضيحي مقترح لنظام نجاريم:



- الخطوط المائلة: السواتر الترابية
- الزاوية السفلى: حفرة الزراعة
- المساحة الداخلية: منطقة التجميع

مبدأ العمل

يعتمد نظام نجاريم على مبدأ تركيز مياه الأمطار المتساقطة على مساحة واسعة نسبياً (منطقة التجميع) في مساحة صغيرة جداً (حفرة الزراعة) . فعند هطول المطر:

1. تتجمع مياه الأمطار على سطح الحوض الماسي.
2. تندفق باتجاه الزاوية السفلى بفعل انحدار السواتر الترابية.
3. تتجمع في حفرة الزراعة، حيث تتسرب ببطء إلى منطقة الجذور.
4. يخزن الماء في التربة على عمق يصل إلى مترين، مما يضمن بقاء الشجرة حية خلال فترات الجفاف الطويلة .

مميزات نظام نجاريم في زراعة الأشجار المثمرة

مزايا فريدة للأشجار المثمرة

يتميز نظام نجاريم بملاءمته الخاصة لزراعة الأشجار المثمرة في المناطق الجافة وشبه الجافة للأسباب التالية:

1. توفير رطوبة عميقة ومستدامة: تخزن المياه في أعماق التربة (حتى 2 متر) حيث تمتد جذور الأشجار، مما يقلل فقدان الماء بالتبخر السطحي ويضمن استمرارية الرطوبة لفترات طويلة .
2. الملاءمة لاحتياجات الأشجار: يتناسب تصميم النظام مع الاحتياجات المائية للأشجار التي تحتاج كمية مركزة من الماء في منطقة الجذور، بدلاً من توزيعها على مساحة سطحية واسعة كما في المحاصيل الحقلية.
3. العمل في ظروف قاسية: أثبتت الدراسات فعالية النظام في مناطق بمعدل أمطار سنوي لا يتجاوز 150 ملم، حيث لا يمكن زراعة الأشجار بالطرق التقليدية .

نتائج تطبيقية من دراسات حالة

دراسة الفستق في تركيا

أجريت دراسة في تركيا على أشجار الفستق باستخدام نظام نجاريم بمساحة تجميع 36م². تم اختبار خمس معالجات سطحية لتحسين كفاءة الجريان:

نوع المعالجة السطحية	ارتفاع الشجرة (سم)	كفاءة النظام(%)
غطاء بلاستيكي	158	79.0

نوع المعالجة السطحية	ارتفاع الشجرة (سم)	كفاءة النظام (%)
دك التربة	128	-
غطاء من التبن	121	-
غطاء حجري	117	-
المقارنة (بدون معالجة)	102	2.9

النتيجة: تحسن نمو الأشجار بشكل ملحوظ مع جميع المعالجات، وكان الغطاء البلاستيكي الأكثر فعالية في زيادة كمية المياه المحصودة.

دراسة الأثل (Atriplex) في ليبيا

طبقت تقنية نجاريم على شجيرات الأثل في منطقة شبه جافة بليبيا بمساحات تجميع مختلفة (10.2، 12.5، 15.5 م²). أظهرت النتائج تفوقاً واضحاً للأشجار المزروعة ضمن نظام نجاريم مقارنة بالشاهد (خارج النظام)، حيث حققت نسب نجاح مرتفعة في البقاء والنمو خلال سنتين متتاليتين.

دراسة الموز في إثيوبيا

قارنت دراسة في إثيوبيا تأثير نظام نجاريم مع وبدون تغطية (mulch) على نمو وإنتاج الموز. أظهرت النتائج أن نظام نجاريم مع التغطية أعطى أفضل النتائج من حيث ارتفاع النبات والمساحة المغطاة وعدد الخلفات، مع وجود فروق معنوية في الإنتاج وعدد الأصابع.

مزايا عامة للنظام

- بساطة الإنشاء: يمكن إنشاؤه بأدوات بدوية بسيطة ومواد محلية (تراب).
- مرونة التصميم: يمكن تعديل مساحة التجميع حسب الاحتياج المائي للشجرة.
- تحسين خصوبة التربة: تتجمع المواد العضوية المنقولة بالمياه في حفرة الزراعة.
- التحكم في الانجراف: يقلل من انجراف التربة على المنحدرات الخفيفة.

حساب مساحة التجميع بالنسبة للشجرة

مفهوم نسبة مساحة التجميع إلى الزراعة (C:A Ratio)

نسبة (C:A) هي العلاقة بين مساحة التجميع (Catchment area) ومساحة الزراعة (Cultivated area) أو حفرة الشجرة. تعبر هذه النسبة عن عدد وحدات المساحة التي تحتاجها لتجميع المياه لوحدة مساحة واحدة مزروعة. تتراوح نسبة C:A في نظام نجاريم بين 2:1 و 15:1 حسب الظروف المناخية ونوع التربة والاحتياج المائي للشجرة.

طريقة حساب مساحة التجميع

تعتمد طريقة حساب مساحة التجميع المطلوبة لشجرة على معادلة التوازن المائي التالية:

$$A_c = \frac{CWR \times A_p}{R \times Cr}$$

حيث أن:

- Ac = مساحة التجميع المطلوبة (م²)
- CWR = الاحتياج المائي السنوي للشجرة (مم/سنة)
- Ap = مساحة منطقة الزراعة (حفرة الشجرة) (م²)
- R = متوسط الأمطار السنوي (مم/سنة)
- Cr = معامل الجريان السطحي (0 - 1) (Runoff coefficient)

مثال تطبيقي (حساب مساحة التجميع)

المثال: نريد زراعة شجرة زيتون في منطقة جافة بمعدل أمطار سنوي 200 ملم، ومعامل جريان سطحي 0.30. إذا كان الاحتياج المائي السنوي للشجرة 600 ملم (موزع على مساحة جذورها)، وكانت مساحة حفرة الزراعة 4 م²، احسب مساحة التجميع المطلوبة.

الحل:

$$A_c = \frac{600 \times 4}{200 \times 0.30} = \frac{2400}{60} = 40 \text{ م}^2$$

النتيجة: نحتاج إلى مساحة تجميع مقدارها 40 متراً مربعاً لتوفير الاحتياج المائي للشجرة الواحدة. أي أن نسبة C:A = 40 : 4 = 10 : 1.

3-4 اعتبارات إضافية في التصميم

1. تحديد معامل الجريان (Cr) يمكن تقديره باستخدام طريقة رقم المنحنى (CN) التي درستها سابقاً، أو من خلال جداول معاملات الجريان لأنواع التربة المختلفة.
2. اختيار مساحة التجميع المناسبة:
 - إذا كانت المساحة المحسوبة كبيرة جداً، يمكن استخدام معالجات سطحية (دك، تغطية بلاستيكية) لزيادة معامل الجريان.
 - في الأراضي غير المستوية، يُفضل تقسيم المساحة إلى وحدات نجارييم أصغر.

3. **عمق التربة:** يتطلب النظام تربة عميقة (1.5 - 2 متر) لتخزين المياه المجمعة. في حالة التربة الضحلة، يجب تقليل مساحة التجميع أو استخدام أشجار أقل احتياجاً للماء.

3. **الاسئلة البعدية:** (ما هو مفهوم نسبة مساحة التجميع إلى الزراعة (C:A Ratio)، ماهي مميزات نظام نجاريم في زراعة الأشجار المثمرة)

رقم المحاضرة:	9 + 8
عنوان المحاضرة:	حصاد مياه الأمطار من الأسطح - أنظمة التجميع والنقل والترشيح والتخزين
اسم المدرس:	م.م. عمر احمد فتحي
الفئة المستهدفة :	طلبة المستوى الثالث
الهدف العام من المحاضرة:	تعريف الطالب بأنواع الخزانات (تحت الأرض - فوق الأرض)
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	1- ان يشرح الطالب حصاد مياه الأمطار من الأسطح 2- ان يوضح الطالب العوامل المؤثرة في جدوى النظام. 3- ان يتمكن الطالب من ان يعدد ويشرح المكونات الأساسية لنظام حصاد مياه الأسطح
استراتيجيات التيسير المستخدمة	المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.
المهارات المكتسبة	سيتمكن الطالب من معرفة أنواع الخزانات حسب المادة المصنعة
طرق القياس المعتمدة	اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية

1. الاسئلة القبليه: (عرف حصاد المياه من الاسطح، عدد المكونات الأساسية لنظام حصاد مياه الأسطح)
2. المحتوى العلمي

المحاضرة الثامنة والتاسعة حصاد مياه الأمطار من الأسطح - أنظمة التجميع والنقل والترشيح والتخزين

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
نظام حصاد مياه الأسطح (Rooftop Rainwater Harvesting)	عملية جمع مياه الأمطار المتساقطة على أسطح المباني وتوجيهها عبر مزاريب إلى خزانات تخزين للاستخدامات المختلفة .
المزاريب (Gutters/Downpipes)	قنوات أفقية ورأسية لنقل المياه من سطح التجميع إلى نقطة التخزين أو الترشيح .
فاصل المطرة الأولى (First Flush Divertor)	جهاز يصرف أول كمية من مياه الأمطار التي تغسل السطح وتحمل معظم الملوثات بعيداً عن الخزان .
الترشيح (Filtration)	عملية إزالة الشوائب العالقة (أوراق، أتربة، حشرات) من المياه قبل دخولها إلى الخزان.
الخزانات (Storage)	أوعية تخزين المياه المجمعة، وتكون إما فوق سطح الأرض أو

المصطلح	التعريف
Tanks/Cisterns)	تحتة .

المكونات الأساسية لنظام حصاد مياه الأسطح

يتكون كل نظام لتجميع مياه الأمطار من الأسطح من العناصر التالية على الأقل :

1. هطول الأمطار: (Precipitation) المصدر الأساسي للمياه.
2. منطقة التجميع: (Catchment Area) سطح المبنى الذي تستخدم لتجميع مياه الأمطار.
3. أنظمة نقل المياه: (Conveyance System) المزاريب والمواسير التي تنقل المياه من سطح المبنى إلى الخزان.
4. أنظمة المعالجة الأولية: (Pre-treatment) المرشحات وفواصل المطرة الأولى وغرف الترسيب لتحسين جودة المياه.
5. خزانات التخزين: (Storage Tanks/Cisterns) صهاريج أو خزانات تحفظ المياه لحين استخدامها.
6. جهاز الاستخراج: (Extraction Device) صنبور، مضخة، أو دلو لسحب المياه المخزنة .

منطقة التجميع (السطح)

لا بد أن يكون سطح التجميع "مناسباً"، وينبغي أن يُصنع من مواد صلبة لا تمتص الأمطار أو تلوث المياه الجارية. تُعتبر مواد البلاط والألواح المعدنية ومعظم المواد البلاستيكية مناسبة، أمّا الأسطح العشبية والأسطح المصنوعة من ألياف النخيل فهي غير مناسبة .

العوامل المؤثرة في جدوى النظام

يلعب نمط هطول الأمطار على مدار العام دوراً رئيسياً في تحديد ما إذا كان نظام حصاد مياه الأمطار يُمكنه منافسة الأنظمة الأخرى. وكقاعدة عامة، يجب أن يكون معدل هطول الأمطار أكثر من **300مم/السنة** (ما لم تكن المصادر الأخرى شحيحة للغاية) لجعل النظام ذا جدوى اقتصادية وبيئية .

معلومة مهمة: يمكن لسقف مساحته 1,000 متر مربع في موقع يستقبل 1,200 ملم من الأمطار السنوية أن يجمع أكثر من مليون لتر من المياه سنوياً، باستخدام معادلة:

المياه المحصودة (لتر) =

مساحة السطح (م²) × هطول الأمطار (مم) × معامل الجريان (0.75–0.95) .

مواسير التجميع وأنظمة النقل

أنظمة نقل المياه (المزاريب)

المزاريب هي قنوات أفقية (مواسير نصف مقطوعة أو مجاري مائية) تُركب على حواف الأسطح لتجميع المياه الجارية، ومواسير رأسية (downpipes) تنقل المياه إلى الأسفل باتجاه الخزان. يجب أن تكون المواد المصنوعة منها مقاومة للصدا والتآكل، وتشمل:

- (الزنك): الأكثر شيوعاً، منخفض التكلفة نسبياً.
- الألمنيوم: خفيف الوزن، مقاوم للصدا.
- النحاس: باهظ الثمن، طويل العمر.
- البلاستيك (PVC): منخفض التكلفة، سهل التركيب، لكنه قد يتأثر بالأشعة فوق البنفسجية على المدى الطويل.

الاعتبارات التصميمية للمزاريب

- الميول: يجب أن تُميل المزاريب الأفقية بانحدار خفيف (1-2%) باتجاه المواسير الرأسية لضمان جريان المياه وعدم تراكمها.
- الأقطار: يعتمد قطر المزاريب على مساحة السطح وشدة المطر المتوقعة. كلما زادت المساحة وشدة المطر، زاد القطر المطلوب.
- المصافي (Leaf Screens): تُركب على فتحات دخول المزاريب أو فوقها لمنع دخول الأوراق الكبيرة والحطام إلى النظام.

فاصل المطرة الأولى (First Flush Diverter)

تعتبر الأمطار الأولى التي تغسل السطح الأكثر تلوثاً، إذ تحمل الغبار، وروث الطيور، والأوراق المتعفنة، والملوثات المتراكمة على السطح خلال فترة الجفاف. فاصل المطرة الأولى هو جهاز بسيط يصرف هذه الكمية الأولى بعيداً عن الخزان.

يعمل الجهاز عادةً على مبدأ الاحتجاز: يدخل الماء أولاً إلى عمود رأسي ذي سعة محددة (10-20 لترًا لكل 100 م² من مساحة السطح)، وعندما يمتلئ هذا العمود، يبدأ الماء النظيف نسبياً بالتدفق إلى الخزان. يتم تفريغ العمود تلقائياً بعد انتهاء المطر عبر صمام بطني.

المرشحات وغرف الترسيب

قد تتأثر جودة مياه الأمطار بتلوث الهواء، وروث الحيوانات أو الطيور، والحشرات، والقاذورات، والمواد العضوية. لذلك، من المهم إجراء معالجة للمياه قبل التخزين.

أنواع المرشحات

نوع المرشح	الوصف والوظيفة
المصفاة الشبكية (Mesh)	شبكة من الفولاذ المقاوم للصدا أو البلاستيك موضوع داخل الماسورة الرأسية لاحتجاز الشوائب الصغيرة (أوراق متفتتة،

نوع المرشح	الوصف والوظيفة
Filter)	حشرات).
مرشح السلة (Basket Filter)	وعاء مثقب يمكن إخراج وتنظيفه دورياً، يوضع قبل دخول الخزان مباشرة.
المرشح بالرمال البطيئة (Slow Sand Filter)	نظام متقدم قد يُستخدم إذا كانت المياه ستُستخدم للشرب، يتكون من طبقات رمل وزلط تزيل العوالق والكائنات الدقيقة .

غرفة الترسيب (Settling Chamber / Sedimentation Tank) :

تعمل غرفة الترسيب على مبدأ فيزيائي بسيط: **تباطؤ سرعة المياه** يسمح للجسيمات الثقيلة (الطيني ، الرمل الناعم) بالترسيب في قاع الحوض قبل دخول الماء إلى الخزان الرئيسي.

عادةً ما تُصمم غرفة الترسيب كحوض صغير يتصل بالخزان الرئيسي بحيث يدخل الماء من أعلى ويخرج من أسفل، أو العكس، مما يضمن بقاء المواد المترسبة في قاع الحوض. يجب تنظيف هذه الغرفة دورياً (خاصة بعد العواصف المطيرة الغزيرة).

نصيحة عملية: من الضروري جداً مراعاة حسن التشغيل والصيانة الدورية للمرشحات وفواصل المطرة الأولى وغرف الترسيب، حيث أنهما عاملان مهمان جداً غالباً ما يُهملان، مما يؤدي إلى تدهور جودة المياه المخزنة .

أنواع الخزانات (تحت الأرض - فوق الأرض)

تنقسم خزانات تخزين مياه الأمطار إلى نوعين رئيسيين من حيث الموقع: **فوق الأرض وتحت الأرض**. يتم اختيار النوع المناسب بناءً على المساحة المتاحة، طبوغرافية الموقع، التكلفة، وجودة المياه المطلوبة.

أولاً: الخزانات فوق الأرض (Above-ground Tanks) :

المزايا:

- سهولة الفحص والصيانة: يمكن اكتشاف التسريبات وتنظيف الخزان بسهولة.
- انخفاض تكلفة التركيب: لا تتطلب أعمال حفر كبيرة.
- الضخ بالجاذبية: يمكن تركيبها على ارتفاع لتغذية بالجاذبية في بعض الحالات.

العيوب:

- تأثر بدرجات الحرارة: تتعرض لأشعة الشمس المباشرة، مما قد يزيد من نمو الطحالب ورفع حرارة المياه.
- التلف الناتج عن الأشعة فوق البنفسجية: المواد البلاستيكية قد تتقادم بشكل أسرع.

- استهلاك المساحة: تشغل حيزاً من الفناء أو السطح.
- محدودية السعة: عادةً ما تكون سعتها محدودة مقارنة بالأنظمة الأرضية .

ثانياً: الخزانات تحت الأرض (Underground Tanks) :

المزايا:

- توفير المساحة السطحية: يمكن تركيبها أسفل مواقف السيارات أو الحدائق أو المنشآت، مما لا يعطل استخدام السطح .
- ثبات درجة حرارة الماء: المياه محمية من أشعة الشمس المباشرة، مما يقلل نمو الطحالب ويحافظ على برودة الماء.
- متانة طويلة الأمد: العمر التصميمي يتجاوز 50 عاماً للأنظمة الحديثة المصنوعة من البولي بروبيلين .
- قدرة تحمل عالية: يمكن تصميمها لتحمل أحمال مرورية ثقيلة (تصل إلى 60 طن/م²) مما يجعلها مناسبة تحت الطرق ومواقف السيارات .

العيوب:

- تكلفة إنشاء أعلى: تتطلب أعمال حفر وهندسة مدنية.
- صعوبة الفحص والصيانة: تحتاج إلى فتحات تفتيش وغرف وصول.
- خطر التسرب: اكتشاف التسريبات وإصلاحها أكثر تعقيداً.

أنواع الخزانات حسب المادة المصنعة

النوع	الوصف والملاءمة
خرسانية (Concrete)	تقليدية، متينة جداً، ثقيلة، تحتاج لعزل جيد لمنع التسرب. مناسبة للتركيب تحت الأرض أو فوقها.
بلاستيكية (Polyethylene)	خفيفة، سهلة التركيب، منخفضة التكلفة، لكنها قد تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية (للفوق أرضي) وتشوه تحت الأحمال الثقيلة (للتحت أرضي) .
معدنية (Galvanized Steel / GFS)	خزانات حديد مجلفن أو الزجاج المدمج بالفولاذ (GFS) ، وهي توفر مقاومة عالية للتآكل وتستخدم للمشاريع الكبيرة (حتى 50,000 م ³) .
وحدات بولي بروبيلين معيارية (Modular PP)	أنظمة حديثة تحت الأرض، نسبة فراغ تصل إلى 95%، خفيفة الوزن، قابلة للتوسع، عمرها طويل (أكثر من 50 عاماً)، وتحمل أحمالاً عالية .
فيبر غلاس	مقاومة للتآكل، خفيفة، لكنها أغلى ثمناً.

	(Fiberglass)
--	--------------

3. الاسئلة البعدية: (عرف غرفة الترسيب ، ماهي مميزات الخزانات تحت، ما هي أنواع الخزانات (تحت الأرض - فوق الأرض))

رقم المحاضرة:	10
عنوان المحاضرة:	تخزين المياه - البرك السطحية والخزانات الأرضية، وصيانة أنظمة الحصاد
اسم المدرس:	م.م. عمر احمد فتحي
الفئة المستهدفة :	طلبة المستوى الثالث
الهدف العام من المحاضرة:	تقييم فهم الطالب
الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:	1- التقييم
استراتيجيات التيسير المستخدمة	امتحان تحريري.
المهارات المكتسبة	الحصول تقييم للمحاضرات السابقة
طرق القياس المعتمدة	اختبارات وتحريرية وعملية

1. الاسئلة القبليه: (عرف التخزين السطحي وماهي أنواع البرك السطحية من حيث الانشاء)
2. المحتوى العلمي

المحاضرة العاشرة

تخزين المياه - البرك السطحية والخزانات الأرضية، وصيانة أنظمة الحصاد

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
التخزين السطحي (Surface Storage)	تخزين المياه المجمعة في أحواض أو برك مكشوفة على سطح الأرض.
البرك الزراعية (On-farm Ponds)	أحواض تخزين صناعية تنشأ في المزرعة لتجميع مياه الجريان السطحي أو مياه الأمطار.
الخزانات الأرضية (Cisterns / Subsurface Reservoirs)	صهاريج تخزين تحت سطح الأرض، تبنى من الخرسانة أو البلاستيك أو الطوب، وتغطي لتقليل التبخر والتلوث. 8-
حوض الترسيب (Sedimentation Trap / Stilling Basin)	حوض صغير يوضع قبل مدخل الخزان لترسيب الطمي والمواد العالقة قبل دخول المياه إلى المخزن الرئيسي. 8-
الصيانة الوقائية (Preventive)	الأعمال الدورية التي تُجرى للحفاظ على كفاءة النظام وجودة المياه ومنع الأعطال.

المصطلح	التعريف
Maintenance)	

التخزين السطحي - البرك الزراعية (On-farm Ponds)

مفهوم البرك السطحية

البرك السطحية هي أحواض تخزين صناعية تُنشأ في المزرعة أو بالقرب منها لتجميع مياه الجريان السطحي أو مياه الأمطار أو حتى المياه الجوفية الضحلة. تلعب هذه البرك دوراً حاسماً في مواجهة التغير المناخي، حيث تلتقط مياه الفيضانات الزائدة وتسمح بتسريبها إلى التربة، مما يساعد في تغذية الطبقات الجوفية وتعزيز التنوع الحيوي.

أنواع البرك السطحية من حيث الإنشاء

يمكن تصنيف البرك السطحية إلى نوعين رئيسيين حسب طريقة الإنشاء :

1. البرك المحفورة (Excavated Ponds) تُنشأ عن طريق حفر حفرة في الأرض في المناطق المنبسطة نسبياً، خاصة حيث يكون منسوب الماء الجوفي قريباً من السطح. تعتمد على تجميع المياه من الأمطار المباشرة والجريان السطحي المحيط والمياه الجوفية.
2. برك السدود (Embankment Ponds) تُنشأ ببناء سد ترابي عبر مجرى مائي أو منخفض طبيعي لاحتجاز المياه خلفه. تنتشر في المناطق ذات التضاريس المتموجة والوديان.

تصميم ومواصفات البرك الزراعية

لتصميم بركة زراعية ناجحة، يجب مراعاة العناصر التالية:

العنصر	المواصفات والاعتبارات
المساحة المطلوبة	يُفضل أن لا تقل مساحة التجميع عن 2-3 أفدنة لكل فدان-قدم من سعة التخزين
العمق المناسب	يوصى بعمق 6-7 أقدام (حوالي 2 متر) في أعماق نقطة لضمان بقاء الأسماك خلال فترات التجمد في المناطق الباردة
السعة التخزينية	تقاس بـ (الفدان-قدم)، وتحسب بالمعادلة: المساحة السطحية (فدان) × العمق (قدم) × 0.4
نوع التربة	التربة الطينية متوسطة إلى عالية المحتوى الطيني مثالية لأنها تقلل فقد الماء بالتسرب

المكونات الأساسية للبركة الآمنة

- **السد (Dam):** يجب أن يُبنى من التربة الخشنة والناعمة للحصول على تماسك جيد، مع رصها جيداً لمنع التسرب .
- **مخرج الطمي (Sediment Trap):** يُنصح ببناء أحواض ترسيب منفصلة قبل البركة الرئيسية لتقليل تراكم الطمي وتسهيل الصيانة .
- **مفيض الطوارئ (Emergency Spillway):** قناة لتصريف المياه الزائدة أثناء الفيضانات، يجب أن تكون منخفضة عن قمة السد بحوالي 2 قدم وعرضها يتناسب مع مساحة التجميع .
- **مخرج القاع (Pipe Outlet):** ماسورة رأسية متصلة بماسورة أفقية تمر عبر السد للتحكم في منسوب الماء وتفريغ البركة عند الحاجة .

مزايا وتحديات البرك السطحية

المزايا	التحديات
تكلفة إنشاء منخفضة نسبياً	فقدان الماء بالتبخّر، خاصة في المناطق الحارة
يمكن استخدامها للري والثروة السمكية والشرب للحيوانات	خطر تراكم الطمي تدريجياً
تغذي المياه الجوفية عبر التسرب	احتمال تلوث المياه إذا لم تحمي بشكل جيد
تعزز التنوع الحيوي في المزرعة	تحتاج صيانة دورية وتنظيف

التخزين الأرضي – الخزانات (Cisterns)

تعريف الخزانات الأرضية

الخزانات الأرضية (Cisterns) هي صهاريج تخزين تُنشأ تحت سطح الأرض لجمع وتخزين مياه الأمطار، خاصة من أسطح المنازل أو المنشآت. تتراوح سعتها عادة بين 10 و 1000 متر مكعب، ويمكن أن تصل في المشاريع الكبيرة إلى 80,000 متر مكعب .

أنواع الخزانات حسب المادة المصنعة

1. **الخزانات الخرسانية:** تقليدية، متينة، عمر طويل، تحتاج عزل جيد لمنع التسرب.
2. **الخزانات البلاستيكية (Polyethylene):** خفيفة الوزن، سهلة التركيب، متوفرة بسعات مختلفة من 3000 لتر إلى 50000 لتر فأكثر .
3. **الخزانات المصنوعة من الصفائح البلاستيكية (Plastic Lined):** تحفر الحفرة وتُبطّن بالبلاستيك لمنع التسرب .

4. الخزانات الحجرية المطلية بالملاط (Ferro-cement) شائعة في مناطق عديدة مثل الصومال (بركاس)، تركمانستان (سردوبس)، والصين (أقبية مائية).

أنواع الخزانات من حيث الشكل والتركيب

يمكن تصنيف الخزانات حسب شكلها الهندسي وطريقة تركيبها :

1. الخزانات الأسطوانية التقليدية (Classic Tanks) ضيقة وتُدفن في أعماق أكبر، مناسبة للتربة العميقة جيدة الصرف.
2. الخزانات المسطحة (Flat Tanks) مساحة سطحية أكبر وعمق تركيب أقل، مثالية للتربة الثقيلة أو الصخرية أو المناطق ذات منسوب الماء الجوفي المرتفع.

أحواض الترسيب (Sedimentation Traps)

من العناصر المهمة جداً في أنظمة الخزانات الأرضية هو **حوض الترسيب** (ويسمى أيضاً حوض التهدة أو stilling basin)، ويوضع قبل مدخل الخزان الرئيسي. وظيفته:

- ترسيب الطمي والمواد العالقة قبل دخول المياه إلى الخزان.
- تقليل الحاجة إلى تنظيف الخزان الرئيسي بشكل متكرر.
- في حالة عدم وجوده، يجب تنظيف الخزان بانتظام.

مزايا الخزانات الأرضية

- توفير المساحة السطحية: يمكن تركيبها تحت الأفنية أو الحدائق أو مواقف السيارات.
- الحماية من التبخر: كونها تحت الأرض يقلل فقد الماء بالتبخر بشكل كبير.
- ثبات درجة حرارة الماء: الماء محمي من أشعة الشمس المباشرة، مما يمنع نمو الطحالب ويحافظ على جودة الماء.
- إمكانية الاستخدام الشتوي: في المناطق الباردة، يمكن تركيبها تحت عمق تجمد التربة لاستخدامها على مدار العام.
- تقليل الاعتماد على الشبكة العامة: توفر مصدراً بديلاً للمياه للاستخدامات غير الصالحة للشرب (ري الحدائق، غسيل السيارات، تنظيف الحظائر).

اختيار سعة الخزان المناسبة

لتحديد سعة الخزان المطلوبة، يجب مراعاة :

- الاستخدامات المطلوبة (ري الحديقة، غسيل المراحيض، الغسيل، تنظيف المنزل).
- حجم الأسرة أو المنشأة.
- معدل الأمطار السنوي ومساحة سطح التجميع.
- طول فترات الجفاف التي يجب أن تغطيها المياه المخزنة.

صيانة أنظمة حصاد المياه

التصميم الجيد وحده لا يكفي لضمان استدامة نظام حصاد المياه واستمرار جودة المياه. فالتشغيل السليم والصيانة الدورية هما العاملان الأكثر فعالية وأبسطها لحماية جودة المياه وضمان كفاءة النظام. إهمال الصيانة يؤدي إلى تدهور جودة المياه، انسداد المرشحات، تراكم الرواسب، وفشل النظام في النهاية.

صيانة الخزانات

أ. التنظيف الدوري

- قبل موسم الأمطار: يجب تفريغ الخزان وتنظيفه من الداخل جيداً قبل وصول الموسم المطري .
- إزالة الرواسب: للخزانات الكبيرة، يمكن استخدام مضخات ضغط عالي أو شفافات لإزالة الرواسب المتراكمة في القاع. للخزانات الصغيرة، يمكن استخدام خرطوم ماء ومكنسة كهربائية رطبة .

ب. فحص التسريبات والتصدعات

- يجب فحص الخزان سنوياً للكشف عن أي تشققات أو تسريبات.
- في الخزانات الإسمنتية المسلحة (Ferrocement) يجب معالجة الشقوق فوراً بملاط إسمنتي لمنع تفاقمها .
- التأكد من سلامة الأغشية ومنع دخول الحشرات والبعوض بتغطية جميع فتحات الدخول والخروج بشبكات نايلون أو قماش محكم خلال غير موسم الأمطار .

ج. الحماية من التآكل

- في المناطق الساحلية، يُفضل دهان الخزانات الخارجية بدهان مقاوم للصدأ مرة كل 3 سنوات.
- في المناطق الداخلية، يمكن استخدام غسول الجير (الكالسيوم) للحفاظ على النظافة والجمال .

3-4 صيانة المرشحات وأنظمة المعالجة الأولية

1. المرشحات الشبكية (Mesh Filters): يجب تنظيفها من الأوراق والحطام بشكل نصف سنوي أو ربع سنوي، خاصة إذا كانت المنطقة تحتوي على أشجار كبيرة قريبة .
2. مادة الترشيح (Filter Media): يجب تغيير المواد المألثة للفلتر أو غسلها جيداً قبل كل موسم أمطار. ألياف جوز الهند (Coconut coir) تحتاج استبدالاً منتظماً لأنها تتعفن في الظروف الرطبة وتفسد جودة الماء .
3. فاصل المطرة الأولى (First Flush Diverter):
 - يجب فتح صمام تصريف أول 5-10 دقائق من المطر لتصريف المياه الملوثة الأولى .
 - يجب تنظيفه دورياً والتأكد من عمله بشكل صحيح.

صيانة قنوات الري والمزاريب

- تنظيف المزاريب: يجب تنظيف قنوات تجميع المياه (المزاريب) قبل موسم الأمطار وأثنائه لإزالة الأوراق والمواد العالقة .
- إزالة الأغصان المتدلية: يُنصح بتقليم أغصان الأشجار المتدلية فوق سطح التجميع لتقليل كمية الحطام الوارد وتقليل احتياجات الصيانة .
- فحص الانسدادات: يجب فتح جميع مداخل ومخارج المياه والتأكد من خلوها من العوائق بشكل سنوي أو نصف سنوي .

- **التجهيز للشتاء:** في المناطق الباردة، يجب فصل الأنظمة الخارجية وفك توصيلها قبل حلول الصقيع، وإعادة تركيبها في الربيع .

جدول الصيانة الدورية المقترح

النشاط	التكرار	التوقيت
تنظيف سطح التجميع (السطح)	سنوياً	قبل موسم الأمطار
تنظيف المزاريب وقنوات التجميع	نصف سنوي	الربيع والخريف
تنظيف أو استبدال مواد الفلاتر	سنوياً	قبل موسم الأمطار
تفريغ وتنظيف الخزان	سنوياً	قبل موسم الأمطار
فتح فاصل المطرة الأولى	مع كل مطرة	أول 5-10 دقائق من المطر
فحص المضخات والأجزاء الميكانيكية	سنوياً	الربيع أو الخريف
اختبار جودة المياه	سنوياً	بعد موسم الأمطار
فحص شامل للهيكل والتسريبات	كل 3 سنوات	حسب الظروف

معالجة المياه للاستخدام الآدمي (اختياري)

إذا كانت المياه ستستخدم للشرب، يمكن استخدام طرق معالجة إضافية :

- **الكلور:** استخدام مسحوق التبييض (هيبوكلوريت الكالسيوم) بمعدل 1 جم لكل 200 لتر ماء.
- **الغليان:** غلي الماء لمدة 10-20 دقيقة يزيل جميع الملوثات البيولوجية.
- **أقراص الكلور:** قرص واحد (0.5 جم) يكفي لـ 20 لتر ماء.
- **التعقيم بالطاقة الشمسية (SODIS):** تعبئة المياه في قوارير بلاستيكية شفافة وتعرضها للشمس لمدة 6 ساعات، وهذه الطريقة فعالة عندما ترتفع درجة الحرارة فوق 50 درجة مئوية .

3. الاسئلة البعدية: (قارن بين أنواع الخزانات من حيث الشكل والتركيب، عرف البرك السطحية وما هي أنواعها من حيث الإنشاء)

11	رقم المحاضرة:
أنظمة حصاد مياه السيول - الجسور (Jessour) والمسكات (Meskat)	عنوان المحاضرة:
م.م. عمر احمد فتحي	اسم المدرس:
طلبة المستوى الثالث	الفئة المستهدفة :
ان يفهم الطالب أنظمة حصاد مياه السيول	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يتمكن الطالب من فهم أنظمة حصاد مياه السيول - التعريف والأنواع. 2- ان يفهم الطالب نظام الجسور (Jessour) في المناطق الجبلية 3- ان يشرح الطالب نظام المسكات (Meskat) والمقارنة مع الجسور.	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.	استراتيجيات التيسير المستخدمة
سيتمكن الطالب من المقارنة متكاملة بين النظامين	المهارات المكتسبة
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	طرق القياس المعتمدة

1. الاسئلة القبليّة: (عرف حصاد مياه السيول ، ما هي يمكن تقسيم أنظمة حصاد مياه السيول إلى نوعين رئيسيين عددها مع الشرح)
2. المحتوى العلمي:

المحاضرة الحادية عشر

أنظمة حصاد مياه السيول - الجسور (Jessour) والمسكات (Meskat)

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
حصاد مياه السيول (Floodwater Harvesting)	تقنية تجميع مياه الجريان السطحي من الأودية الموسمية (الوديان) واستخدامها في الري، وتتميز بمساحات تجميع كبيرة جداً.
الجسور (Jessour)	نظام تقليدي لحصاد المياه في المناطق الجبلية الجافة، يتكون من سدود ترابية صغيرة تقام عبر مجاري السيول لاحتجاز المياه والرواسب.
المسكات (Meskat)	نظام تقليدي لحصاد المياه في منطقة الساحل التونسي، يتكون من منطقة مصدرة للجريان (impluvium) ومنطقة مستقبلية للري. (mankaa)
المفيض (Spillway)	فتحة أو قناة في السد لتصريف المياه الزائدة وحماية المنشأ من الانهيار.

أنظمة حصاد مياه السيول - التعريف والأنواع

حصاد مياه السيول (ويسمى أيضاً الري السيحي) أو spate irrigation هو أسلوب من أساليب الري غير التقليدي الذي يستخدم مياه الفيضانات الموسمية المنقولة عبر مجاري الأودية الجافة موسمياً (الوديان). تعتبر هذه التقنية من أنظمة المستجمعات الكبرى (Macro-catchment) التي تقدمنا في محاضرة سابقة، حيث تصل مساحة المستجمع العلوي إلى **200-5000 هكتار**، وتكون نسبة مساحة التجميع إلى المساحة المزروعة كبيرة جداً تتراوح بين **1:100 و 1:10,000**.

أنواع حصاد مياه السيول

يمكن تقسيم أنظمة حصاد مياه السيول إلى نوعين رئيسيين :

أولاً: حصاد مياه السيول داخل مجرى الوادي (Within Streambed Harvesting)

- يتم جمع مياه الجريان المضطرب وتوزيعها داخل مجرى الوادي نفسه حيث تزرع المحاصيل.
- تُقام سدود صغيرة عبر مجرى الوادي (سدود عرضية) باستخدام الحجارة أو التراب أو كليهما، وغالباً ما تُدعم بالجايونات (أقفاص حجرية) .
- تعمل هذه السدود على إبطاء سرعة الجريان والسماح بترسب الطمي والمواد العضوية، مما يخلق تربة خصبة للزراعة .

ثانياً: تحويل مياه السيول (Floodwater Diversion)

- يتم تحويل مياه الفيضانات من الأودية الموسمية إلى حقول مجاورة محاطة بالسواثر (الحواف) للري المباشر .
- يُقام هيكل حجري أو خرساني في مجرى الوادي لرفع منسوب المياه وتوجيهها نحو الأراضي الزراعية المجاورة عبر قنوات خاصة .

الخزانات الصغيرة والبرك الزراعية

من التطبيقات المرتبطة بحصاد مياه السيول أيضاً إنشاء خزانات صغيرة أو برك زراعية. يمكن بناء سد صغير مع خزان أو بركة أو خزان أرضي لتخزين المياه المجمعة لاستخدامها في الري. تتراوح أحجام هذه الخزانات عادة بين **1,000 و 500,000 متر مكعب** .

الخلفية التاريخية

يبدو أن تقنيات حصاد مياه السيول قد مارست منذ العصر الروماني، وربما حتى في فترة ما قبل الرومان. ويعتقد الخبراء أن وصول العرب الذين جلبوا معهم من اليمن خبرات واسعة في بيئات مماثلة كان وراء تبني هذه التقنية وإتقانها على نطاق واسع في شمال إفريقيا .

نظام الجسور (Jessour) في المناطق الجبلية

الجسور (جمع كلمة "جسر") هي نظام تقليدي لحصاد مياه الجريان السطحي يمارس على نطاق واسع في المناطق الجبلية الجافة، خاصة في جنوب شرق تونس (سلاسل جبال مطماطة). يعود تاريخ هذه التقنية إلى أكثر من 50 عاماً، وهي تمثل ابتكاراً محلياً مهماً للتكيف مع الظروف القاسية .

المكونات الأساسية للنظام

يتكون نظام الجسور من ثلاثة مكونات رئيسية :

المكون	الوصف والوظيفة
منطقة التجميع (Impluvium)	المساحة التي تجمع وتنقل مياه الجريان السطحي. تحددها خطوط تقسيم المياه الطبيعية، بحيث تتركز كل المياه المتساقطة في هذه المنطقة وتُصرف نحو المخرج نفسه.
السد التراي / (Tabia / Katra)	حاجز تراي (عادة بشكل شبه منحرف) يقام عبر مجرى السيل، مزود بمفيض مركزي أو جانبي (مصرف أو منفص) لتصريف المياه الزائدة. يتراوح طوله بين 15-50 متراً، وارتفاعه 2-5 أمتار، وعرضه 1-4 أمتار.
المصطبة الزراعية (Terrace)	المنطقة التي تتراكم خلف السد حيث تترسب الرواسب المنقولة بالمياه، مكونة تربة "اصطناعية" قد يصل عمقها إلى 5 أمتار قرب السد. تزرع في هذه المصاطب أشجار الزيتون والتين واللوز والنخيل، بالإضافة إلى الحبوب (القمح والشعير) والبقوليات (البازلاء، العدس، الفول).

آلية العمل

1. تهطل الأمطار على منطقة التجميع العلوية، ويتولد جريان سطحي يتجه نحو مجرى الوادي.
2. تصطدم المياه المتدفقة بالسد التراي (التابية) الذي يحجزها خلفه.
3. تترسب الطمي والمواد العضوية المنقولة خلف السد، مما يزيد من خصوبة التربة تدريجياً.
4. تترسب المياه المحجوزة إلى التربة في المصطبة، لتخزن في منطقة الجذور وتستخدمها الأشجار والمحاصيل لاحقاً.
5. عند هطول أمطار غزيرة، يتم تصريف المياه الزائدة عبر المفيض (المصرف) الذي يُبنى عادة من الأحجار بشكل مدرج لتبديد الطاقة الحركية للجريان ومنع انهيار السد .

الأبعاد الإضافية للنظام

بالإضافة إلى دوره في الإنتاج الزراعي، يؤدي نظام الجسور وظائف بيئية واجتماعية مهمة :

- **تغذية المياه الجوفية:** عبر تسرب مياه الجريان في المصاطب.
- **التحكم في الفيضانات:** حماية البنية التحتية والمدن المنشأة في المصب.
- **مكافحة الانجراف الريحي:** منع وصول الرواسب إلى السهول المنخفضة حيث تكون سرعات الرياح عالية.
- **تعزيز الأمن الغذائي:** يدعم النظام سبل عيش غالبية الأسر في المناطق القاحلة ويلعب دوراً مهماً في ضمان الأمن الغذائي في ظل التغير المناخي وندرة المياه .

5-3 التصميم والأبعاد الفنية

- سعة التخزين: تتراوح بين 300-1000 متر مكعب لكل وحدة .
- مساحة التجميع 1-10 :هكتار .
- المساحة المستفيدة 0.01-1 :هكتار .
- نسبة التجميع إلى الزراعة 5:1 :تقريباً .
- المسافة الرأسية بين المنشآت 2-3 :أمتار .
- المسافة الأفقية بين المنشآت 30-70 :متراً .

نظام المسكات (Meskat) والمقارنة مع الجسور

المسكات هو نظام تقليدي لحصاد المياه منتشر على نطاق واسع في منطقة الساحل التونسي (خاصة في حوض وادي حمام بسوسة) . يمثل هذا النظام حلاً متكاملًا يتكيف مع الظروف المناخية والبحر الأبيض المتوسط، حيث تتسم الأمطار بطابع torrential (انسيالي غزير) يجعلها مورداً مائياً وخطراً للتآكل في آن واحد .

مكونات نظام المسكات

يتكون نظام المسكات من جزأين رئيسيين :

1. المنطقة المصدرة للجريان: (Impluvium / Meskat) وهي منطقة التجميع العلوية، غالباً ما تكون أراضي غير مزروعة أو ذات غطاء نباتي خفيف، مصممة لتوليد أكبر قدر ممكن من الجريان السطحي.
2. منطقة الاستقبال والري: (Mankaa) وهي المنطقة التي تُزرع فيها المحاصيل (عادة أشجار الزيتون)، وتستقبل المياه المتدفقة من المنطقة المصدرة.

التوازن الدقيق بين المورد والخطر

يتميز نظام المسكات بأنه تصميم "مفصل" (مصنوع خصيصاً) يتطلب توازناً دقيقاً بين :

- الاستفادة القصوى من الموارد المائية: زيادة كمية المياه المتاحة للمحاصيل.
- الحد الأدنى من خطر التآكل: حماية التربة من الانجراف بفعل الجريان الغزير.

التنوع في التصميم

يوجد تنوع كبير في تصميمات نظام المسكات حسب الظروف المحلية (المناخ، التضاريس، التركيب الجيولوجي). يمكن التعرف على نمطين رئيسيين :

- أنظمة تقع في المنخفضات الطبيعية. (thalweg)
- أنظمة تقع على السفوح. (glacis)

مقارنة متكاملة بين النظامين

المعيار	نظام الجسور (Jessour)	نظام المسكات (Meskat)
المنطقة الجغرافية	جنوب شرق تونس (جبال مطماطة)	الساحل التونسي (منطقة سوسة)
البيئة الطبيعية	مناطق جبلية جافة	مناطق شبه جافة متوسطة
معدل الأمطار	أقل من 200 ملم سنوياً -5	200-400 ملم سنوياً -9
الطبوغرافيا	منحدرات متوسطة إلى شديدة -5	سفوح ومنخفضات
المكونات	سد + مصطبة ترسيب + منطقة تجميع	منطقة مصدرة + منطقة مستقبلية
المحاصيل الرئيسية	زيتون، تين، لوز، نخيل، حبوب، بقوليات -5	زيتون بشكل أساسي
طبيعة المياه	جريان مركز في مجاري الأودية	جريان غشائي منتشر على السفوح
التخزين	خلف السدود الترابية	في التربة مباشرة في منطقة المانكة
الترسبات	ترسب الطمي خلف السدود مكونة تربة عميقة	أقل تركيزاً للترسبات

التحديات المشتركة

تواجه الأنظمة التقليدية لحصاد المياه تحديات مشتركة :

- تأثرها بالفيضانات: يمكن أن تتضرر هذه الأنظمة بشدة من الأحداث المطرية الاستثنائية إذا لم تصمم المفيضات بشكل مناسب .
- الهجرة: ارتفاع معدلات الهجرة من الريف إلى المدن يهدد الصيانة طويلة الأجل لهذه المنشآت .
- التحولات الحديثة: يشهد نظام المسكات تحولات سريعة في استخدامات الأراضي والمحاصيل نفسها .
- 3. الاسئلة البعديّة: (عرف نظام الجسور (Jessour) في المناطق الجبلية، ما هي الخزانات الصغيرة والبرك الزراعية، يؤدي نظام الجسور وظائف بيئية واجتماعية مهمة عددها مع الشرح).

13 + 12	رقم المحاضرة:
التحليل الإحصائي للأمطار وتقدير الاحتياجات المائية في الزراعة الجبلية	عنوان المحاضرة:
م.م. عمر احمد فتحي	اسم المدرس:
طلبة المستوى الثالث	الفئة المستهدفة :
ان يعرف الطالب التحليل الإحصائي للأمطار	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يشرح الطالب الاحتياج المائي للمحصول (Crop Water Requirement - CWR 2- ان يوضح الطالب فترة التكرار (Return Period) واحتمال الحدوث. 3- ان يميز الطالب منحنيات الشدة-المدة-التكرار (IDF Curves)	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.	استراتيجيات التيسير المستخدمة
سيشرح الطالب خطوات حساب الاحتياج المائي للمحصول	المهارات المكتسبة
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	طرق القياس المعتمدة

1. الاسئلة القبليه: (ما هي مؤشرات تحديد الجفاف، تعريف سنوات الجفاف والمواسم الرطبة)
2. المحتوى العلمي:

المحاضرة الثانية عشر والثالثة عشر

التحليل الإحصائي للأمطار وتقدير الاحتياجات المائية في الزراعة الجبلية

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
تحليل احتمالية الأمطار (Rainfall Frequency Analysis)	أسلوب إحصائي لتحديد احتمال حدوث كميات معينة من الأمطار خلال فترات زمنية محددة، باستخدام التوزيعات الاحتمالية مثل توزيع باريتو المعمم. (Generalized Pareto)
الجفاف (Drought)	فترة من الزمن تعاني فيها منطقة ما من نقص في موارد المياه نتيجة قلة هطول الأمطار، ويمكن تصنيفه إلى جفاف أرصادي، زراعي، هيدرولوجي، واجتماعي-اقتصادي .
الاحتياج المائي للمحصول (Crop Water Requirement - CWR)	كمية المياه اللازمة لتعويض الفقد بالتبخر-نتح (Evapotranspiration) للمحصول السليم، تحت ظروف نمو مثالية .
الأمطار الفعالة (Effective)	الجزء من الأمطار الذي يبقى في منطقة جذور النبات ويمكن استخدامه

المصطلح	التعريف
Rainfall)	فعلياً في تلبية الاحتياج المائي .

تحليل احتمالية سقوط الأمطار (Rainfall Probability Analysis)

مفهوم تحليل احتمالية الأمطار

تحليل احتمالية الأمطار هو أسلوب إحصائي يهدف إلى فهم سلوك الأمطار على المدى الطويل، وتحديد احتمال حدوث كميات معينة من الأمطار خلال فترات زمنية محددة. هذا التحليل ضروري لتصميم أنظمة حصاد المياه وتحديد حجم الخزانات المطلوبة وجدوى المشاريع الزراعية البعلية . تعتمد هذه التحليلات على البيانات التاريخية لسلسلة زمنية طويلة (20-30 سنة على الأقل)، ويتم استخدام التوزيعات الاحتمالية مثل توزيع باريتو المعمم (Generalized Pareto) لتقدير كميات الأمطار المتوقعة لفترات تكرار مختلفة .

التوزيعات الاحتمالية المستخدمة

أظهرت الدراسات الحديثة أن اختيار التوزيع الاحتمالي المناسب يؤثر بشكل كبير على دقة التقديرات. على سبيل المثال، وجدت دراسة في مدينة بالما (إسبانيا) أن توزيع باريتو المعمم (Generalized Pareto) أعطى أفضل تمثيل للبيانات اليومية للأمطار في المنطقة . هناك أيضاً طرق متقدمة مثل تحليل التردد الإقليمي الموسع - (Extended Regional Frequency Analysis - ERFA) الذي يستخدم بيانات من منطقة متجانسة مناخياً لزيادة حجم العينة الإحصائية وتقليل أخطاء المعاينة، خاصة لتقدير الأمطار الشديدة لفترات تكرار طويلة .

فترة التكرار (Return Period) واحتمال الحدوث

فترة التكرار (T) هي متوسط الفترة الزمنية (بالسنوات) التي يتوقع أن تتكرر خلالها كمية مطيرة معينة أو أكثر. ويرتبط احتمال الحدوث (P) في أي سنة بفترة التكرار بالعلاقة:

$$P = \frac{1}{T}$$

على سبيل المثال، عاصفة مطرية فترة تكرارها 50 سنة يعني أن احتمال حدوثها أو تجاوزها في أي سنة هو 2. (1/50) %

جدول يوضح العلاقة بين فترة التكرار واحتمال الحدوث:

فترة التكرار (T) سنوات	احتمال الحدوث في أي سنة (P)
------------------------	-----------------------------

فترة التكرار (T) سنوات	احتمال الحدوث في أي سنة (P)
2	50%
5	20%
10	10%
25	4%
50	2%
100	1%

منحنيات الشدة-المدة-التكرار (IDF Curves)

تمثل منحنيات الشدة-المدة-التكرار (Intensity-Duration-Frequency curves) العلاقة بين شدة المطر (مم/ساعة) ومدة العاصفة (دقائق أو ساعات) وفترة التكرار (سنوات). هذه المنحنيات أساسية في تصميم المنشآت المائية وقنوات تصريف مياه الأمطار في مشاريع حصاد المياه.

تطبيقات عملية في حصاد المياه

- تصميم سعة التخزين: باستخدام تحليل احتمالية الأمطار، يمكن تقدير كمية الأمطار التصميمية (مثلاً لعاصفة فترة تكرار 10 سنوات) لتحديد حجم الخزان المناسب.
- تحديد جدوى المشروع: تساعد التحليلات في معرفة ما إذا كان معدل الأمطار السنوي (الذي يجب أن يتجاوز 300 ملم عادة) يجعل نظام حصاد المياه ذا جدوى اقتصادية.
- التخطيط للري التكميلي: تقدير كمية المياه التي يمكن الاعتماد عليها من الأمطار خلال موسم النمو.

تحديد سنوات الجفاف والمواسم الرطبة

الجفاف ظاهرة معقدة يصعب تعريفها بدقة؛ فقد تم توثيق أكثر من 150 تعريفاً مختلفاً للجفاف في الأدبيات العلمية . يمكن تصنيف الجفاف إلى أربعة أنواع رئيسية:

نوع الجفاف	التعريف	المؤشرات المستخدمة
الجفاف الأرصادي	نقص في كمية الأمطار عن المعدل	الانحراف عن متوسط الأمطار

نوع الجفاف	التعريف	المؤشرات المستخدمة
(Meteorological Drought)	الطبيعي لفترة زمنية محددة .	الشهري أو السنوي، عدد أيام الجفاف المتتالية.
الجفاف الزراعي (Agricultural Drought)	نقص رطوبة التربة في منطقة الجذور بحيث لا تلبى احتياجات المحاصيل .	رطوبة التربة، الفرق بين التبخر-نتح الفعلي والمحتمل.
الجفاف الهيدرولوجي (Hydrological Drought)	نقص في مناسيب المياه السطحية والجوفية (الأنهار، الخزانات، الآبار) .	تصريف الأنهار، مناسيب البحيرات والمياه الجوفية.
الجفاف الاجتماعي-الاقتصادي (Socioeconomic Drought)	عندما يتجاوز الطلب على السلع الاقتصادية المرتبطة بالمياه (مثل الطاقة الكهربائية) العرض المتاح .	مؤشرات العرض والطلب، تكلفة الطاقة البديلة.

مؤشرات تحديد الجفاف

تستخدم العديد من الأنظمة المتقدمة مؤشرات مركبة لتحديد مراحل الجفاف. على سبيل المثال، يستخدم مؤشر الجفاف المركب (Combined Drought Indicator - CDI) في نيو ساوث ويلز بأستراليا ثلاثة مؤشرات رئيسية :

1. مؤشر الأمطار: (Rainfall Index - RI) تصنيف لمجموع الأمطار خلال 365 يوماً مقارنة بفترة أساس (40 سنة).
2. مؤشر رطوبة التربة: (Soil Water Index - SWI) كمية المياه المتاحة للنبات في منطقة الجذور.
3. مؤشر نمو النبات: (Plant Growth Index - PGI) الإنتاج النسبي للمحاصيل والمراعي.

تصنيف مراحل الجفاف

بناءً على هذه المؤشرات، يمكن تصنيف الحالة إلى المراحل التالية :

المرحلة	التعريف الفني	الوصف المحلي
غير جاف (Non-Drought)	جميع المؤشرات > 50%	الإنتاج غير محدود بالظروف المناخية.
في طور التعافي (Recovering)	جميع المؤشرات > 30%، وأي	إنتاج "أقل من المتوسط"، تعاف

المرحلة	التعريف الفني	الوصف الحقل
	مؤشر $< 50\%$	غير كامل.
متأثر بالجفاف (Drought Affected)	أي مؤشر $< 30\%$	ظروف إنتاج تتدهور أو تتحسن حسب اتجاه المؤشر.
جفاف (Drought)	أي مؤشر $< 5\%$	ظروف جافة جداً، إنتاج محدود.
جفاف شديد (Intense Drought)	جميع المؤشرات $< 5\%$	غطاء أرضي منخفض جداً، رطوبة التربة معدومة.

تعريف سنوات الجفاف والمواسم الرطبة

يمكن تعريف سنة الجفاف بأنها السنة التي يقل فيها مجموع الأمطار السنوي عن الحد الأدنى (Truncation Level) الذي يتم اختياره عادةً ليكون المتوسط أو الوسيط طويل الأجل للسلسلة الزمنية. وتتكون أحداث الجفاف من ثلاثة مكونات رئيسية:

- **المدة (Duration):** طول الفترة التي يستمر فيها نقص الأمطار.
- **الحجم (Magnitude):** متوسط العجز المائي خلال فترة الجفاف.
- **الشدة (Severity):** العجز المائي التراكمي (مجموع الانحرافات عن المعدل).

تطبيق عملي في تصميم أنظمة حصاد المياه

لتحديد مدى موثوقية نظام حصاد المياه، يجب تحليل:

- **تكرار سنوات الجفاف:** كلما زاد تكرار الجفاف، زادت الحاجة إلى سعة تخزين أكبر.
- **توزيع المواسم الرطبة:** معرفة ما إذا كانت الأمطار تتركز في موسم قصير (تتطلب تخزيناً أكبر) أو موزعة على مدار العام.
- **احتمال فشل النظام:** تقدير احتمال أن تفشل الأمطار في توفير الاحتياج المائي للمحصول.

حساب الاحتياجات المائية للمحاصيل في الأراضي البعلية

منهجية منظمة الأغذية والزراعة (FAO)

تعتمد الطرق القياسية لحساب الاحتياجات المائية للمحاصيل على منهجية منظمة الأغذية والزراعة (FAO) الموثقة في المطبوع رقم 56 "حساب التبخر-نتح المحصول". وقد طورت المنظمة برنامج CROPWAT كأداة دعم قرار لحساب هذه الاحتياجات.

خطوات حساب الاحتياج المائي للمحصول

الخطوة الأولى: حساب التبخر-نتح المرجعي (ETo - Reference Evapotranspiration) يتم حساب ETo باستخدام معادلة بنمان-مانتيث (Penman-Monteith) التي تعتمد على البيانات المناخية: درجة الحرارة، الرطوبة، سرعة الرياح، والإشعاع الشمسي .

الخطوة الثانية: تحديد معامل المحصول (Kc - Crop Coefficient) يختلف معامل المحصول حسب نوع المحصول ومرحلة نموه. يعبر Kc عن نسبة التبخر-نتح الفعلي للمحصول إلى التبخر-نتح المرجعي .

الخطوة الثالثة: حساب الاحتياج المائي للمحصول (CWR - Crop Water Requirement)

$$ETc = ETo \times Kc$$

حيث ETc هو التبخر-نتح المحصولي (مم/يوم).

حساب الاحتياج في الأراضي البعلية (الأمطار فقط)

في الأراضي البعلية التي تعتمد فقط على مياه الأمطار، نحتاج إلى حساب العجز المطري ($Precipitation$ Shortfall) ومقارنته بالاحتياج:

$$P_{available} = P \times Peff$$

حيث:

- P = كمية الأمطار (مم)
 - $Peff$ = معامل الأمطار الفعالة (عادة 70-80% حسب التربة والانحدار)
- $$Deficit = \max(0, ETc - P_{available})$$

الأمطار الفعالة (Effective Rainfall) هي الجزء من الأمطار الذي يبقى في منطقة الجذور ويمكن للنبات استخدامه فعلياً. تستخدم طريقة وزارة الزراعة الأمريكية (USDA Soil Conservation Service) لحسابها .

مثال تطبيقي متكامل

المثال: نريد حساب الاحتياج المائي لمحصول قمح في منطقة بعلية بمعدل أمطار سنوي 350 ملم. المعطيات المتوفرة:

المعطى	القيمة
التبخر-نتح المرجعي (ETo) السنوي	800 ملم
معامل المحصول (Kc) للقمح	0.8 (متوسط موسمي)
معامل الأمطار الفعالة	0.75

المعطى	القيمة
مساحة الحقل	1 هكتار (10,000 م ²)

الحل:

أولاً: حساب الاحتياج المائي للمحصول:

$$ET_c = 800 \times 0.8 = 640 \text{ ملم/سنة}$$

ثانياً: حساب الأمطار الفعالة:

$$P_{available} = 350 \times 0.75 = 262.5 \text{ ملم/سنة}$$

ثالثاً: حساب العجز المطري:

$$Deficit = 640 - 262.5 = 377.5 \text{ ملم/سنة}$$

رابعاً: حساب حجم المياه الإضافية المطلوبة من نظام حصاد المياه:

$$Volume = Deficit \times Area = 3,775 \text{ م} \times 10,000 \text{ م}^2 = 0.3775$$

النتيجة: يحتاج الحقل إلى 3,775 متر مكعب من المياه الإضافية سنوياً (من نظام حصاد مياه أو ري تكميلي) لتعويض العجز المطري وتحقيق الإنتاجية المثلى للمحصول.

العلاقة مع الإنتاجية

عند حدوث إجهاد مائي (نقص في تلبية الاحتياج)، يتأثر الإنتاج وفقاً للعلاقة: -6

$$ActualYield = PotentialYield \times \max(0, 1 - K_y \times (1 - EF))$$

حيث:

- K_y = معامل استجابة المحصول للإجهاد المائي (Yield Response Factor)
- EF = نسبة تلبية الاحتياج المائي ($ET_{actual} / ET_{potential}$)

3. الاسئلة البعدية:

- المثال: نريد حساب الاحتياج المائي لمحصول قمح في منطقة بعليّة بمعدل أمطار سنوي 350 ملم. المعطيات المتوفرة:

المعطى	القيمة
التبخر-نتح المرجعي (ET_o) السنوي	800 ملم

المعطى	القيمة
معامل المحصول (Kc) للقمح	0.8 (متوسط موسمي)
معامل الأمطار الفعالة	0.75
مساحة الحقل	1 هكتار (10,000 م ²)

14	رقم المحاضرة:
الجوانب الاقتصادية والاجتماعية لأنظمة حصاد المياه	عنوان المحاضرة:
م.م. عمر احمد فتحي	اسم المدرس:
طلبة المستوى الثالث	الفئة المستهدفة :
أي يفهم الطالب أهمية الجوانب الاقتصادية والاجتماعية في حصاد المياه	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يكون الطالب قادراً عل تعريف تحليل الجدوى الاقتصادية. 2- ان يفهم الطالب تحليل التكاليف والفوائد لمشاريع حصاد المياه	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.	استراتيجيات التيسير المستخدمة
سيشرح الطالب خطوات حساب فترة استرداد رأس المال لنظام نجاريم	المهارات المكتسبة
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	طرق القياس المعتمدة

1. الاسئلة القبلية (تكلم عن أهمية الجوانب الاقتصادية والاجتماعية في حصاد المياه)
2. المحتوى العلمي

المحاضرة الرابعة عشر

الجوانب الاقتصادية والاجتماعية لأنظمة حصاد المياه

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
تحليل الجدوى الاقتصادية (Economic Feasibility Analysis)	عملية تقييم تكاليف وفوائد مشروع حصاد المياه لتحديد ما إذا كان الاستثمار فيه مجدياً مالياً واقتصادياً
فترة استرداد رأس المال (Payback Period)	الزمن اللازم لاسترداد التكلفة الاستثمارية الأولية للمشروع من خلال الأرباح أو التوفير السنوي الناتج عنه.
صافي القيمة الحالية - (Net Present Value NPV)	الفرق بين القيمة الحالية للتدفقات النقدية الداخلة والخارجة للمشروع على مدى عمره، بعد خصمها بسعر فائدة محدد
قبول المجتمع المحلي (Community Acceptance)	مدى تقبل واستعداد المجتمعات المحلية للمشاركة في إنشاء وتشغيل وصيانة أنظمة حصاد المياه.
نقل الملكية للمجتمع (Handover)	عملية تحويل مسؤولية إدارة وصيانة نظام حصاد المياه من المنفذين (حكومة أو منظمات) إلى المستفيدين المحليين.

أهمية الجوانب الاقتصادية والاجتماعية في حصاد المياه

لا يقتصر نجاح مشاريع حصاد المياه على الجوانب الفنية فقط، بل يعتمد بشكل كبير على الجدوى الاقتصادية و القبول الاجتماعي. فالمشروع الذي يحقق أعلى كفاءة في تجميع المياه قد يفشل إذا كان مكلفاً للغاية أو إذا رفضه المجتمع المحلي لأسباب ثقافية أو تنظيمية لذلك، يجب أن يسبق تنفيذ أي مشروع دراسة متكاملة تحلل:

- التكاليف (الإنشاء، التشغيل، الصيانة)
- الفوائد (زيادة الإنتاج، توفير الوقت، تحسين الصحة، تقليل المخاطر)
- القبول الاجتماعي (التصورات، المعرفة التقليدية، مشاركة المرأة، حقوق المياه)

تحليل التكاليف والفوائد لمشاريع حصاد المياه

أولاً: أنواع التكاليف

1. [تكاليف الاستثمار الأولي: (Capital Costs)]

- تكلفة مواد البناء (أسمنت، حجارة، بلاستيك، مواسير)
- تكلفة العمالة (فنية وغير فنية)
- تكلفة المعدات والآليات (جرافات، مضخات، قوالب صب)
- تكاليف التصميم والإشراف الهندسي

2. تكاليف التشغيل والصيانة السنوية: (O&M Costs)

- تنظيف الخزانات والمرشحات والمزاريب
- إصلاح التشققات في السدود أو الخزانات
- استبدال الأجزاء التالفة (مضخات، صمامات، شبكات)
- إزالة الطمي المتراكم خلف السدود أو في أحواض الترسيب

ثانياً: أنواع الفوائد (Benefits)

1. فوائد مباشرة قابلة للقياس الكمي:

- زيادة الإنتاج الزراعي: ارتفاع غلة المحاصيل بسبب توفير الري التكميلي
 - توفير مياه الشرب: تقليل الاعتماد على شراء المياه أو جلبها من مسافات بعيدة
 - زيادة الإنتاج الحيواني: توفير مياه شرب للحيوانات، وتحسين المراعي
 - توفير الوقت والجهد: خاصة للنساء والأطفال الذين يقضون ساعات طويلة في جلب المياه
2. فوائد غير مباشرة يصعب قياسها كمياً:

- تحسين صحة المجتمع: تقليل الأمراض المنقولة بالمياه عند تحسين جودة المياه
- حماية البيئة: تقليل انجراف التربة، وتغذية المياه الجوفية، وتحسين التنوع الحيوي
- التماسك الاجتماعي: تعزيز التعاون بين أفراد المجتمع في إدارة الموارد المائية المشتركة
- الحد من الهجرة: توفير فرص عمل محلية، وتثبيت السكان في المناطق الريفية

مثال تطبيقي: حساب فترة استرداد رأس المال لنظام نجاريم

المعطيات:

- تكلفة إنشاء نظام نجاريم ل 100 شجرة زيتون: 5,000 دولار (شاملة الحفر، السواتر، الغطاء البلاستيكي، الشتلات)
- التكلفة السنوية للصيانة: 200 دولار (تنظيف، إصلاحات بسيطة).
- الإنتاج السنوي المتوقع من أشجار الزيتون بعد 3 سنوات من الزراعة: 2,000 كغ زيتون.
- سعر بيع الزيتون: 1 دولار/كغ.
- الإنتاج بدون نظام حصاد (شاهد): 200 كغ فقط

الحل:

1. الإيراد السنوي الإضافي $1,800 = 1 \times (2000 - 200)$: دولار/سنة.
2. صافي الربح السنوي: الإيراد الإضافي - تكاليف الصيانة $1,600 = 200 - 1,800$ دولار/سنة
3. فترة استرداد رأس المال: التكلفة الاستثمارية / صافي الربح السنوي $3.1 \approx 5,000 / 1,600$ سنة

النتيجة: يسترد المزارع استثماره خلال حوالي 3 سنوات فقط، وهو وقت قصير جداً، مما يجعل المشروع مجدياً اقتصادياً

جدول تقديري لفترات الاسترداد لأنظمة مختلفة

النظام	التكلفة التقريبية (لكل وحدة)	العائد السنوي التقريبي	فترة الاسترداد التقريبية
--------	------------------------------	------------------------	--------------------------

النظام	التكلفة التقريبية (لكل وحدة)	العائد السنوي التقريبي	فترة الاسترداد التقريبية
حصاد أسطح (منزل 100 م ²)	300-500 دولار	توفير 100-200 دولار (فواتير مياه)	2-5 سنوات
بركة زراعية صغيرة (200 م ³)	1,000-2,000 دولار	زيادة إنتاج بقيمة 300-600 دولار/سنة	3-6 سنوات
نظام نجاريم (ل 100 شجرة)	4,000-6,000 دولار	1,500-2,500 دولار/سنة	2-4 سنوات
سد ترابي صغير (10,000 م ³)	10,000-20,000 دولار	3,000-6,000 دولار/سنة	3-7 سنوات

العوامل الاجتماعية المؤثرة في نجاح أنظمة حصاد المياه

أولاً: المعرفة التقليدية والممارسات المحلية

لطالما طورت المجتمعات في المناطق الجافة تقنياتها الخاصة لحصاد المياه، مثل الجسور والمسكات في تونس، الليمانات في النقب، القنوات في إيران. هذه المعرفة التقليدية تمثل ثروة حقيقية يجب:

- توثيقها ودراستها: لتجنب إعادة اختراع العجلة.
- تطويرها ودمجها: مع التقنيات الحديثة (مثل استخدام الغطاء البلاستيكي بدلاً من التبن).
- احترامها: عدم فرض تقنيات غريبة على المجتمع تتعارض مع معتقده أو عاداته.

ثانياً: دور المرأة في إدارة المياه

في كثير من المجتمعات الريفية، تتحمل المرأة المسؤولية الرئيسية في جلب المياه للاستخدام المنزلي، وري الحديقة المنزلية، وسقي الحيوانات. لذلك، يجب:

- إشراك المرأة في التخطيط والتصميم: لضمان أن يلبي النظام احتياجاتها الفعلية.
- تدريبها على صيانة النظام: لأنها ستكون المستخدم الأول.

- مراعاة سهولة الوصول إلى نقاط المياه: مثل جعل صنادير الخزانات على ارتفاع مناسب، وتوفير مسارات آمنة.

ثالثاً: آليات المشاركة المجتمعية وحل النزاعات

الموارد المائية المجمعة (خاصة في أنظمة المستجمعات الكبرى) يمكن أن تكون مصدراً للنزاع بين المستخدمين إذا لم توجد آليات واضحة لإدارتها. لذا، لا بد من:

- تأسيس لجان محلية لإدارة المياه: تضم ممثلين عن جميع المستفيدين.
- وضع قواعد واضحة لتوزيع المياه: تحديد حصص الري، وأوقات الاستخدام، وترتيب الأولويات (شرب، زراعة، حيوانات).
- تفعيل آليات فض النزاعات: بالاعتماد على الحكماء أو القوانين المحلية أو القضائية.

رابعاً: التدريب وبناء القدرات (Capacity Building)

لا يكفي بناء النظام، بل يجب تدريب المجتمع على

- كيفية تشغيل النظام بشكل سليم
- كيفية إجراء الصيانة الدورية (تنظيف المرشحات، إزالة الطمي، إصلاح التسريبات)
- كيفية تحسين جودة المياه (الكور، الغليان، الترشيح بالرمال)

نقل الملكية والاستدامة طويلة الأجل

أظهرت الكثير من المشاريع أن أنظمة حصاد المياه قد تتعطل بعد فترة قصيرة من انسحاب الجهة المنفذة (حكومة أو منظمة غير حكومية) بسبب

- غياب الشعور بالملكية لدى المجتمع المحلي
- عدم وجود آليات محلية لجمع التبرعات للصيانة
- هجرة الكوادر المدربة إلى المدن

لضمان الاستدامة:

1. إشراك المجتمع منذ البداية : في تحديد الاحتياجات، اختيار الموقع، وحتى المساهمة في العمل اليدوي (نظام "المقاولة المجتمعية")
 2. التوقيع على اتفاقية نقل ملكية : تحدد بوضوح مسؤوليات المجتمع بعد تسليم المشروع
 3. إنشاء صندوق صيانة مجتمعي : يتم تمويله من مساهمات المستفيدين (نقداً أو عيناً) لتغطية تكاليف الإصلاحات الطارئة
 4. ربط النظام بمنافع ملموسة : عندما يشعر المزارع بتحسين حقيقى في إنتاجه أو دخله، فإنه سيحرص على صيانة النظام بنفسه
-

الاسئلة البعدية (قارن بين التكاليف الاستثمارية وتكاليف التشغيل والصيانة لأنظمة حصاد المياه، مع إعطاء أمثلة، احسب فترة استرداد رأس المال لنظام حصاد أسطح يكلف 400 دولار ويوفر 120 دولاراً سنوياً من فواتير المياه)

15	رقم المحاضرة:
دراسات حالة وتطبيقات متقدمة في حصاد المياه حول العالم	عنوان المحاضرة:
م.م. عمر احمد فتحي	اسم المدرس:
طلبة المستوى الثالث	الفئة المستهدفة :
ان يقارن الطالب بين الأنظمة المتبعة في حصاد المياه بين دول العالم	الهدف العام من المحاضرة:
1- ان يعرف الطالب مفهوم إعادة تغذية المياه الجوفية المدارة 2- ان يوضح الطالب أهمية دراسة الحالات الواقعية	الأهداف السلوكية او مخرجات التعلم:
المحاضرة والعروض التقديمية ووسائل الايضاح وعرض أفلام.	استراتيجيات التيسير المستخدمة
سيتعرف الطالب على تطبيقات متقدمة في حصاد المياه	المهارات المكتسبة
اختبارات شفوية وتحريية وعملية يومية وتقارير علمية	طرق القياس المعتمدة

1. الاسئلة القبليّة: (عرف دراسة الحالة وما هي أهمية دراسة الحالة الواقعية).

2. المحتوى العلمي:

المحاضرة الخامسة عشر

دراسات حالة وتطبيقات متقدمة في حصاد المياه حول العالم

المصطلحات الرئيسية

المصطلح	التعريف
دراسة الحالة (Case Study)	تحليل متعمق لمشروع حصاد مياه قائم على أرض الواقع، بهدف استخلاص الدروس والتوصيات لتطبيقات مستقبلية.
التكيف مع التغير المناخي (Climate Change Adaptation)	تعديل النظم الطبيعية أو البشرية استجابةً للتغيرات المناخية الفعلية أو المتوقعة، لتخفيف الضرر أو استغلال الفرص المفيدة
إعادة تغذية المياه الجوفية المدارة (Managed Aquifer Recharge - MAR)	إدخال المياه إلى الطبقات الجوفية بشكل مقصود ومنضبط باستخدام هياكل مثل أحواض التسرب أو آبار الحقن.
حصاد المياه السحابية (Fog Harvesting)	تقنية حديثة لتجميع قطرات الماء العالقة في الضباب باستخدام شبكات خاصة، خاصة في المناطق الساحلية الجبلية الجافة.

أهمية دراسة الحالات الواقعية

لا تقتصر المعرفة في مجال حصاد المياه على النظريات والمعادلات فقط، بل تمتد إلى التجارب العملية التي طبقت في ظروف حقيقية. من خلال دراسة الحالات الناجحة (والفاشلة أيضاً)، يمكن للمتعلم أن:

- يفهم كيف تتفاعل العوامل الطبيعية والاقتصادية والاجتماعية معاً في الواقع
- يتعرف على حلول مبتكرة لتحديات صعبة (تربة ضحلة، أمطار شحيحة، تضاريس وعرة)
- يكتسب الثقة في تطبيق تقنيات معينة بعد رؤيتها تعمل على أرض الواقع
- يتجنب أخطاء سبق أن وقع فيها آخرون

دراسة الحالة الأولى: حصاد المياه في الأردن (نظام نجاريم في ظروف جافة قاسية)

الموقع والمناخ

- المنطقة: محطة البقيعة للأبحاث الزراعية، شمال الأردن
- المعدل السنوي للأمطار 150-200 ملم فقط (منطقة جافة قاحلة)
- التربة: طينية ضحلة نسبياً.

النظام المطبق

نظام نجاريم (Negarim micro-catchments) بأحجام مختلفة من مساحة التجميع (25 م²، 36 م²، 49 م²) لزراعة أشجار الزيتون واللوز والتين.

النتائج الرئيسية

- معدل البقاء (نسبة النجاح): بعد 3 سنوات، بلغت نسبة البقاء لأشجار الزيتون 78% في نظام 49 م²، مقارنة بـ 0% في الشاهد (بدون حصاد).
- نمو الأشجار: ارتفاع الأشجار وقطر الجذع كانا أكبر بكثير من 3 أضعاف في المعاملات المحصودة.
- أداء معالجة السطح: استخدام الغطاء البلاستيكي الأسود على منطقة التجميع زاد من كفاءة الجريان إلى 85%، مقارنة بـ 30% في التربة الطبيعية المدكوكة.

الدروس المستفادة

يمكن زراعة أشجار مثمرة في مناطق بمعدل أمطار 150 ملم فقط باستخدام نظام نجاريم، بشرط أن تكون مساحة التجميع كافية (49 م² على الأقل للزيتون).

1. معالجة سطح التجميع بالغطاء البلاستيكي أو الإسمنت تزيد الجدوى في الظروف القاسية، ولكنها ترفع التكلفة الأولية.
2. يفضل حماية الشتلات الصغيرة من الرياح والحيوانات في السنوات الأولى باستخدام أقفاص معدنية صغيرة.

دراسة الحالة الثانية: حصاد مياه السيول في اليمن (إعادة تأهيل سدود تقليدية)

الخلفية

تعاني اليمن من شح مائي حاد وتدهور في أنظمة الري التقليدية بسبب الحروب والإهمال. تقوم منظمات دولية (مثل منظمة الأغذية والزراعة، البنك الدولي) بإعادة تأهيل سدود السيول الصغيرة والمتوسطة في المناطق الوسطى والغربية.

النظام المطبق

سدود ترابية أو حجرية تقام عبر مجاري الأودية الموسمية (السيول)، بسعة تخزينية تتراوح بين 5,000 و 50,000 متر مكعب، مع مفيض طوارئ، وأحواض ترسيب، وقنوات توزيع.

النتائج والفوائد

- مياه الري : توفر مياه الري لمئات الهكتارات من الأراضي الزراعية المنخفضة، لزراعة الذرة الرفيعة، الخضروات، وأشجار النخيل.
- تغذية الجوفية : ارتفاع منسوب المياه الجوفية في الآبار المجاورة للسدود بنسبة تصل إلى 3-5 أمتار بعد موسم مطير واحد.
- التحكم بالفيضانات: حماية القرى والطرق الواقعة في المصب من فيضانات مفاجئة كانت تقتل عشرات الأشخاص سنوياً.
- الجدوى الاقتصادية: فترة استرداد رأس المال لا تتجاوز 4 سنوات، وتخلق مئات فرص العمل الموسمية والدائمة.

التحديات

- الطمي: يمتلئ الخزان بالطين بعد 5-7 سنوات، مما يتطلب تجريفاً مكلفاً.
- النزاعات: صراعات بين المزارعين أصحاب الأراضي المنخفضة (المستفيدة) والمزارعين أصحاب الأراضي المرتفعة (المتضررة من تحويل المياه).
- الأمن: صعوبة الوصول إلى المناطق بسبب النزاع المسلح.

الدروس المستفادة

1. يجب تصميم سدود السيول مع أحواض ترسيب كبيرة لتقليل تراكم الطمي داخل الخزان الرئيسي.
2. تسوية النزاعات تتطلب حواراً شفافاً واتفاقيات ملزمة بين جميع الأطراف، وربما تعويضات للمتضررين.
3. في حالات الطوارئ الإنسانية، يمكن أن تكون هذه السدود شريان حياة للمجتمعات النازحة.

دراسة الحالة الثالثة: حصاد مياه الأسطح في ألمانيا (نموذج للحضر المستدام)

السياق

رغم أن ألمانيا ليست منطقة جافة، إلا أنها تعاني من فترات جفاف متزايدة بسبب التغير المناخي، وارتفاع تكاليف مياه الشرب، وقوانين بيئية صارمة تشجع على استخدام المياه غير الصالحة للشرب.

النظام المطبق

أنظمة حصاد مياه الأمطار من أسطح المنازل، إلزامية في العديد من المباني الجديدة في مدن مثل برلين وفريبورغ، وتتضمن: سطح تجميع (غالباً معدني أو زجاجي)، مزاريب، مرشحات، فاصل مطرة أولى، وخزان أرضي (عادة من الخرسانة أو وحدات PP بسعة تتراوح بين 3,000 و 10,000 لتر).

الاستخدامات

- غسيل المراحيض (يستهلك 30% من مياه المنزل).
- غسيل الملابس (بعد تركيب نظام تنقية بسيط).
- ري الحديقة وغسيل السيارات.
- تنظيف الأرضيات.

الفوائد

- توفير مياه الشرب : يقلل الاعتماد على الشبكة العامة بنسبة 30-50% .
- توفير مالي : تنخفض فاتورة المياه والطاقة بنسبة ملحوظة
- الحد من الفيضانات : يخفف الضغط على شبكات الصرف الصحي خلال العواصف الغزيرة.
- الدعم الحكومي : تحصل المباني التي تتركب هذه الأنظمة على إعانات مالية وقروض ميسرة.

1. حصاد مياه الأمطار ليس مقتصرًا على المناطق الجافة؛ بل هو حل ذكي في المناطق الحضرية في كل مكان.
2. التشريعات الحكومية والحوافز المالية (الإعانات، تخفيض الضرائب) هي المحرك الأقوى لانتشار هذه الأنظمة.
3. جودة المياه المجمعة كافية تماماً للاستخدامات المنزلية غير الصالحة للشرب، مما يقلل الطلب على المياه المعالجة عالية التكلفة.

تطبيقات متقدمة في حصاد المياه

1. عادة تغذية المياه الجوفية المدارة (MAR)

في المناطق التي تنخفض فيها مناسيب المياه الجوفية بشكل خطير، يتم توجيه مياه الأمطار المجمعة أو مياه السيول المعالجة إلى أحواض تسرب أو آبار حقن لإعادة تغذية الخزان الجوفي. مثال: مشروع "أحواض التغذية" في كاليفورنيا بالولايات المتحدة، حيث يتم تحويل مياه السيول إلى أحواض ضحلة ترابية تنقع فيها المياه وتتسرب إلى الطبقة الجوفية بسرعة.

2. حصاد المياه السحابية (الضباب) (Fog Harvesting)

في المناطق الساحلية الجبلية الجافة مثل صحراء أتاكاما في تشيلي، وجزر الكناري، وساحل اليمن، توجد رطوبة عالية على شكل ضباب كثيف. يتم نصب شبكات بولي بروبيلين عمودية بطول 4-6 أمتار، حيث تتكاثف قطرات الضباب على الشبكة وتتساقط في مزارب وتتجمع في خزان. يمكن لنظام واحد أن يجمع 20-40 لترًا من الماء لكل متر مربع من الشبكة يوميًا.

3. حصاد المياه من الطرق والأسطح المعبدة

في المناطق الحضرية الجافة، يتم تصميم الطرق والساحات والمواقف بانحدارات خفيفة وقنوات تجميع لتوجيه مياه الأمطار إلى خزانات أو أحواض تغذية جوفية مجاورة. هذا النهج يسمى "البنية التحتية الخضراء" أو "التحضر الحساس للمياه".

جدول تلخيصي للتطبيقات المتقدمة

التطبيق	البيئة المناسبة	التقنية الأساسية	العائد الرئيسي
(MAR) إعادة تغذية الجوفية	سهول جافة ذات طبقات جوفية مستنزفة	أحواض تسرب، آبار حقن	رفع منسوب المياه الجوفية
حصاد الضباب	مناطق ساحلية جبلية جافة مع ضباب متكرر	شبكات بوليمرية، خزانات	توفير مياه شرب نظيفة
حصاد الطرق والأسطح	مدن جافة، مستوطنات ريفية	قنوات توجيه، خزانات تحت الأرض	تقليل الفيضانات، توفير مياه الري

الاستلة البعيدة: (كيف يمكن لتجربة ألمانيا في حصاد مياه الأمطار من الأسطح أن تُطبّق في مدن عربية تعاني من شح المياه وارتفاع الفواتير، قارن بين فوائد سدود السيول التقليدية في اليمن والتحديات التي تواجهها)

• المصادر الأساسية:

Eslamian, S. & Eslamian, F. (Eds.) (2021). Handbook of Water Harvesting and Conservation: Basic Concepts and Fundamentals (1st ed.). John Wiley & Sons, Inc.

Frasier, G. W. & Myers, L. E. (1983). Handbook of water harvesting. Agriculture handbook No. 600. United States Department of Agriculture (USDA), Agricultural Research Service.

• المصادر المقترحة:

Adank, M., van Koppen, B. & Smits, S. (2012). Guidelines for Planning and Providing Multiple Use Water Services.

روابط مقترحة ذات صلة:

Zaki, A., Al-Weshah, R. & Abdulrazzak, M. (UNESCO Cairo Office). Water Harvesting Techniques in the Arab Region.