

H2O

حلول مبتكرة للري والزراعة في ظل التغيرات المناخية

دراسة حالة جمهورية مصر العربية
(مع الاستفادة من تجربة إسرائيل)

بسمه نصر عبد التواب

2026 مارس

ندرة المياه لم تعد مجرد تحدٍ.. بل معضلة وجودية

الواقع الحالي يفرض تغييراً جذرياً في فلسفة إدارة الموارد.
الاستجابة الفعالة تتطلب التخلي عن الحلول المجزأة لصالح نهج متكامل يجمع بين:



الاستفادة القصوى من النماذج
الدولية وتطويعها للخصوصية
الوطنية.



الإدارة الرشيدة والمشاركة
والمشاركة المجتمعية.



التكنولوجيا الحديثة
والذكاء الاصطناعي.

معضلة ندرة المياه في مصر ومسبباتها

يمكن حساب نصيب الفرد من المياه العذبة عن طريق المعادلة الآتية:
حصّة مصر من مياه نهر النيل مقسومة على عدد السكان في أول العام = نصيب الفرد من المياه.

حصّة مصر من مياه نهر النيل
في السنة

55.5
مليار م³

نصيب الفرد (م³ في العام)

عدد السكان بأول كل عام (نسمة)

546.9



2021

101.463.702



2021

539.8



2022

102.812.000



2022

530.1



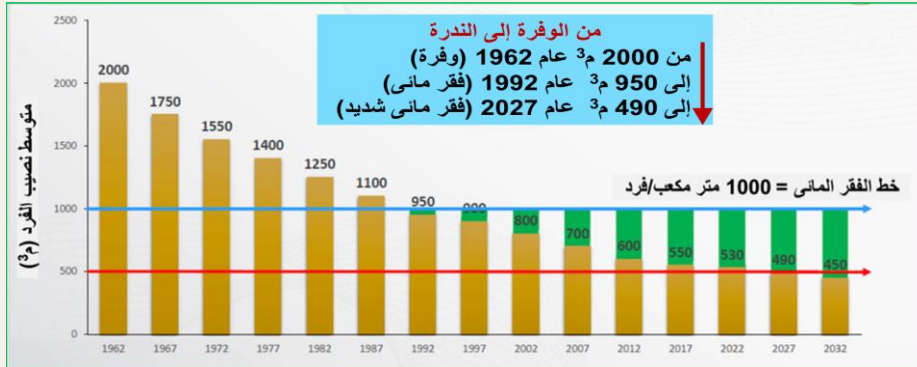
مارس 2023

104.694037



مارس 2023

المصدر: مركز المعلومات ودعم اتخاذ القرار. (2023). انفوجراف المياه في مصر



المصدر: قطاع التخطيط، وزارة الموارد المائية والري، 2025.

حصّة ثابتة: تعتمد مصر على 55.5 مليار متر مكعب سنوياً من مياه النيل.

تدهور نصيب الفرد: انخفاض إلى 560 متر مكعب سنوياً، مما يضع مصر في مرحلة الندرة المائية.

النمو السكاني: الزيادة المطردة تضغط بشكل مباشر على الموارد المحدودة.

مخاطر خارجية: تأثير سد النهضة على استدامة التدفقات المائية الطبيعية.

انخفاض كفاءة نظم الري السطحي

التغيرات المناخية



مصر تتجه نحو الندرة المائية المطلقة. الحصّة الثابتة لم تعد تكفي لاستيعاب المتغيرات الديموغرافية والجيوسياسية والمناخية دون تدخل سيادي شامل.

التغيرات المناخية

Dynamic Evaporation Model

Rising Temperatures



+1.5°
إلى
+3.6°
مئوية

Accelerated Moisture Loss



Cumulative Water Crisis

حرارة أعلى



معدلات بخر-نتح
مرجعي (ET_0) أعلى



استهلاك مائي أكبر لنفس
المحصول وبالتالي احتياجات
مائية واروائية أعلى

التغيرات المناخية



تآكل الرقعة

ارتفاع منسوب البحر يهدد **الدلتا** بتآكل الأراضي وزيادة ملوحة التربة، مما يخرج مساحات واسعة من الخدمة.



الإنتاجية الزراعية

ارتفاع درجات الحرارة تهدد بالتأثير على إنتاجية المحاصيل.



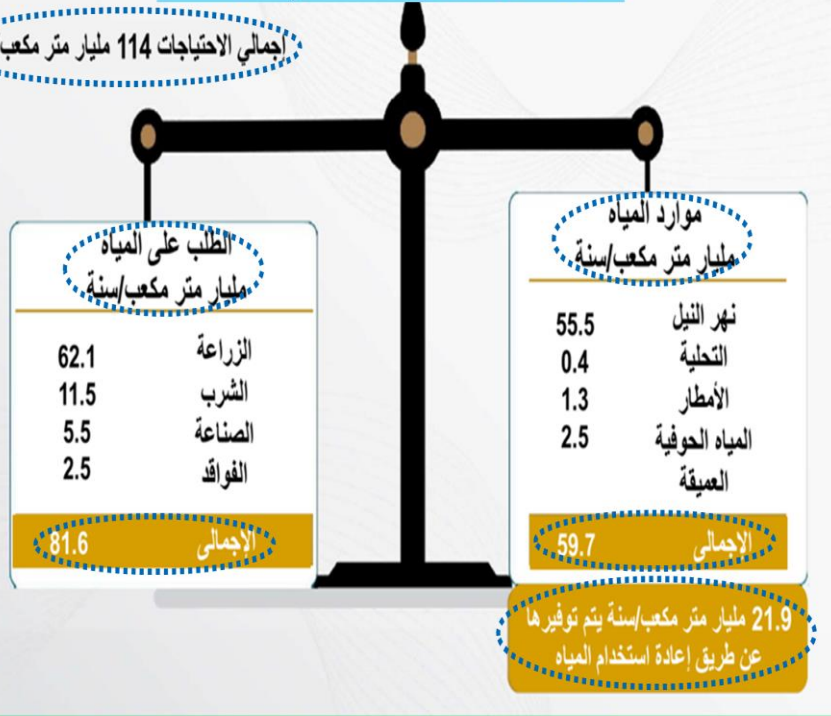
ارتفاع درجات الحرارة

توقعات بارتفاع الحرارة - **1.5** **3.6 درجة مئوية**، مما يقلل كفاءة إنتاجية وحدة المياه ويؤثر على الأمن الغذائي.

زيادة معدلات **البخر-نتح** (ET_0) تؤدي لزيادة الاحتياجات المائية للمحاصيل والضغط على الموارد المحدودة.

الميزان المائي للموارد والاستخدامات في مصر، 2025

إجمالي الاحتياجات 114 مليار متر مكعب/سنة



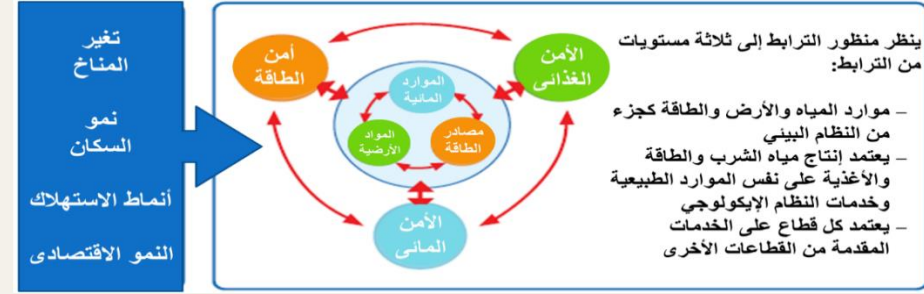
المصدر: قطاع التخطيط، وزارة الموارد المائية والري، 2025

توقعات استخدامات المياه في 2030، 2050 وحجم ونسبة الاقتطاع من مياه الزراعة

المؤشر	2020	2030	2050
الاستخدامات (مليار متر مكعب)			
منزلية وصناعية	16.9	20.6	30.6
فاقد الشبكة	2.5	2.5	2.5
الزراعة	61.6	57.9	41.0
إجمالي	81.0	81.0	74.1
الاقتطاع من مياه الزراعة والري (مليار متر مكعب)			
بسبب الزيادة السكانية	-	3.7	13.7
النسبة	-	%6.0	%22.2
بسبب التغيرات المناخية	-	-	6.9
النسبة	-	-	%11.2
جملة الاقتطاع	-	-	20.6
النسبة	-	-	%33.4

المصدر: جمال صيام. (2022). الآثار المحتملة للتغيرات المناخية والزيادة السكانية على الأمن المائي والأمن الغذائي في مصر وسياسات مقترحة. كلية الزراعة، جامعة القاهرة.

محركات التغير المناخي وعلاقتها بموارد النظام البيئي والأمن المائي والغذائي وأمن الطاقة



المصدر: الأمم المتحدة. (2017). اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر.

زيادة الاحتياجات المائية للزراعة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة لعام 2050 (%)

أنواع المحاصيل	النسبة المئوية للزيادة عام 2050
المحاصيل الصيفية	5,8 – 4,9
المحاصيل الشتوية	7,3 – 6,1
المحاصيل النيلية	5,1 – 5,0

Source: Mostafa, M., Wahed, O., El-Nashar, W., El-Marsafawy, S., Zelenáková, M., & Abd-Elhamid, H. (2021). Potential Climate Change Impacts on Water Resources in Egypt. *Water*, 13 (12).

<https://doi.org/10.3390/w13121715>

أثر الزيادة السكانية والتغيرات المناخية على مخصصات مياه الري خلال الفترة (1990-2050)

السنة	عدد السكان (مليون نسمة)	استهلاك المياه المنزلي والصناعي (مليار م ³)	المتبقي لمياه الري (مليار م ³)	نسبة الاقتراع من مياه الري %	المقتطع بسبب التغيرات المناخية (مليار م ³)	جملة المقتطع من مياه الري بسبب السكان والتغيرات المناخية	
						مليار م ³	%
1990	55	9,6	56,0	---			
2020	100	16,9	61,6	---			
2050	181	30,6	47,9	22,2	7,0	20,7	33,6

المصدر: جمال صيام. (2022). الآثار المحتملة للتغيرات المناخية والزيادة السكانية على الأمن المائي والأمن الغذائي في مصر وسياسات مقترحة. كلية الزراعة، جامعة القاهرة

٤ الأثر الاقتصادي والاجتماعي

- ٥ الأمن الغذائي: تهديم مباشر لإنتاجية المحاصيل الاستراتيجية مثل القمح، الأرز
- ٥ دخل المزارعين: انخفاض الطائد الأفضل لادي وزيادة تكاليف الإنتاج والري.
- ٥ الهجرة الريفية: ضغوط إجتماعية ناتجة عن تدهور سبل العيش في المناطق الزراعية.

٤ المشكلة الرئيسية

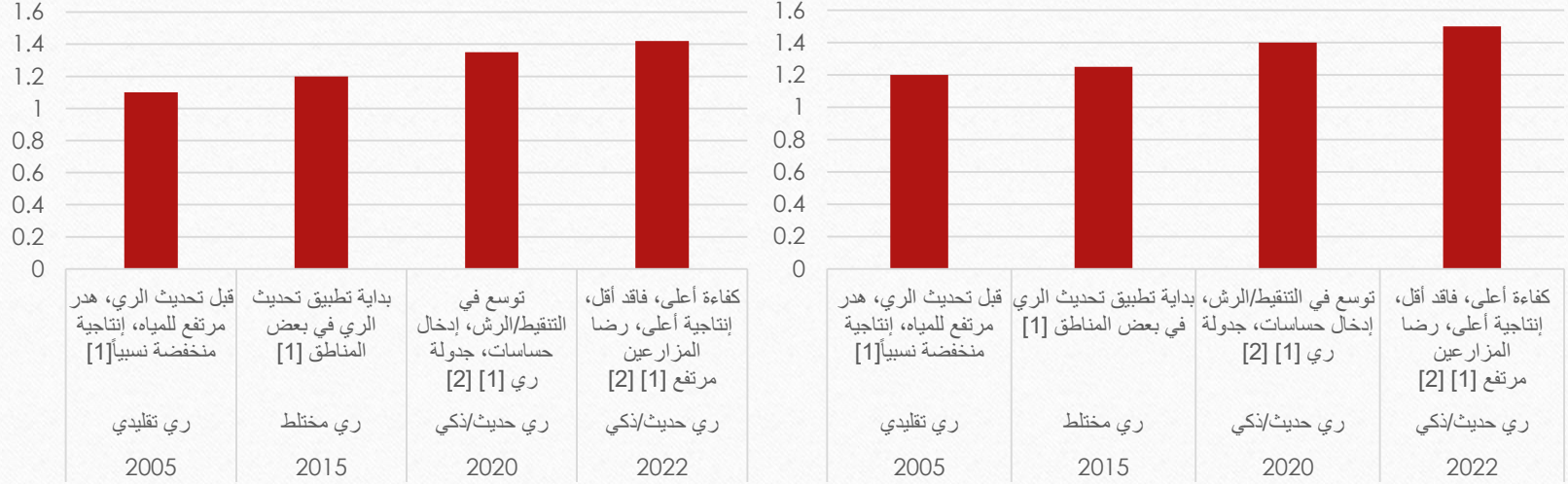
- ٥ فجوة الموارد: نمو سكاني متسارع يقبله ثبات في الحصة المائية التاريخية.
- ٥ تدهور الكفاءة: تراجع كفاءة نظم الري التقليدية في مواجهة التبخر العالي.
- ٥ مخاطر الاستدامة: صعوبة التنبؤ بالإمدادات المائية المستقبلية.

استمرار الوضع الراهن دون إجراءات تكييف فعالة سيؤدي إلى تراجع حاد في الناتج المحلي الزراعي وتهديد السلم المجتمعي.

مؤشر كفاءة وحدة مياه الري الحقلي

القمح (كجم/م³)

الأرز (كجم/م³)



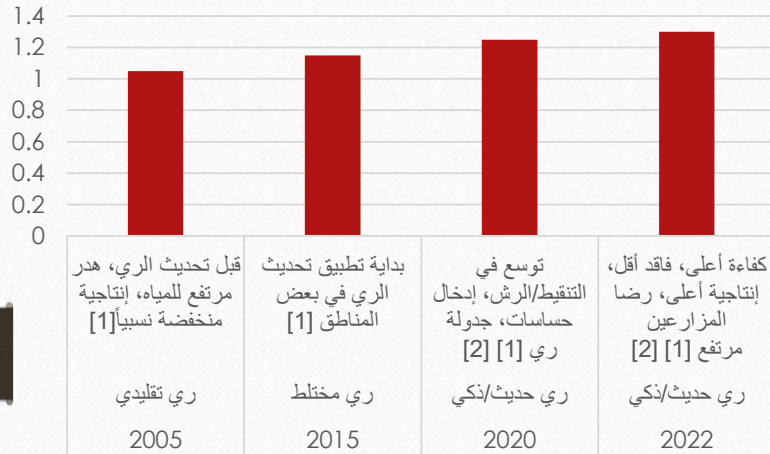
1-Arab Republic of Egypt - Integrated Irrigation Improvement and Management Project and Farm-Level Irrigation Modernization Project

2- Agricultural Production in Egypt: Assessing Vulnerability and Enhancing Adaptive Capacity and Resilience to Climate Change

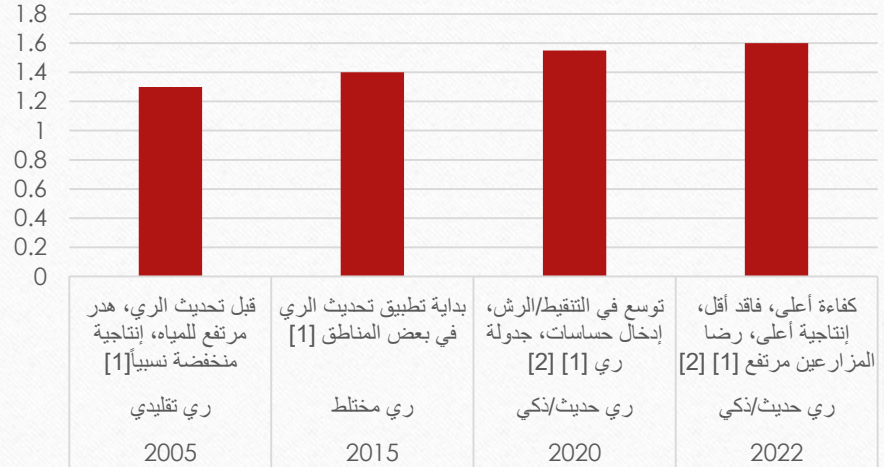
مع تطور نظم الري من الري التقليدي إلى نظم الري الحديثة (Water Productivity) تحسناً ملحوظاً في إنتاجية وحدة المياه

مؤشر كفاءة وحدة مياه الري الحقلي

الذرة (كجم/م³)



بنجر السكر (كجم/م³)

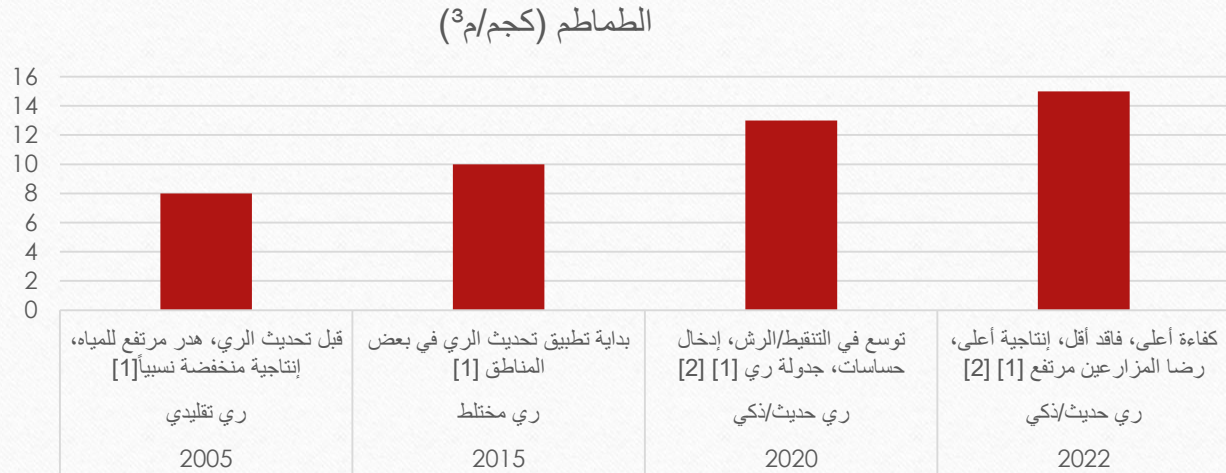


1-Arab Republic of Egypt - Integrated Irrigation Improvement and Management Project and Farm-Level Irrigation Modernization Project

2- Agricultural Production in Egypt: Assessing Vulnerability and Enhancing Adaptive Capacity and Resilience to Climate Change

مع تطور نظم الري من الري التقليدي إلى نظم الري الحديثة (Water Productivity) تحسناً ملحوظاً في إنتاجية وحدة المياه

مؤشر كفاءة وحدة مياه الري الحقلي



1-Arab Republic of Egypt - Integrated Irrigation Improvement and Management Project and Farm-Level Irrigation Modernization Project

2- Agricultural Production in Egypt: Assessing Vulnerability and Enhancing Adaptive Capacity and Resilience to Climate Change

مع تطور نظم الري من الري التقليدي إلى نظم الري الحديثة (Water Productivity) تحسناً ملحوظاً في إنتاجية وحدة المياه

ندرة المياه لم تعد مجرد تحدٍ.. بل معضلة وجودية

الواقع الحالي يفرض تغييراً جذرياً في فلسفة إدارة الموارد.
الاستجابة الفعالة تتطلب التخلي عن الحلول المجزأة لصالح نهج متكامل يجمع بين:



الاستفادة القصوى من النماذج
الدولية وتطويعها للخصوصية
الوطنية.

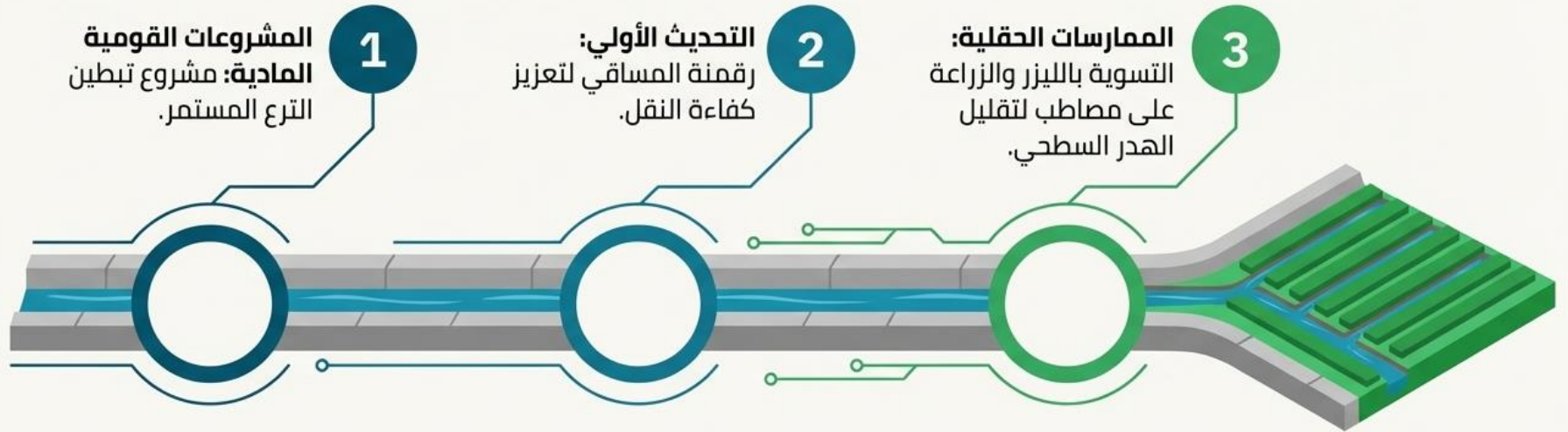


الإدارة الرشيدة والمشاركة
والمشاركة المجتمعية.



التكنولوجيا الحديثة
والذكاء الاصطناعي.

الوضع الراهن: البنية التحتية والجهود الوطنية كخطوة تأسيسية



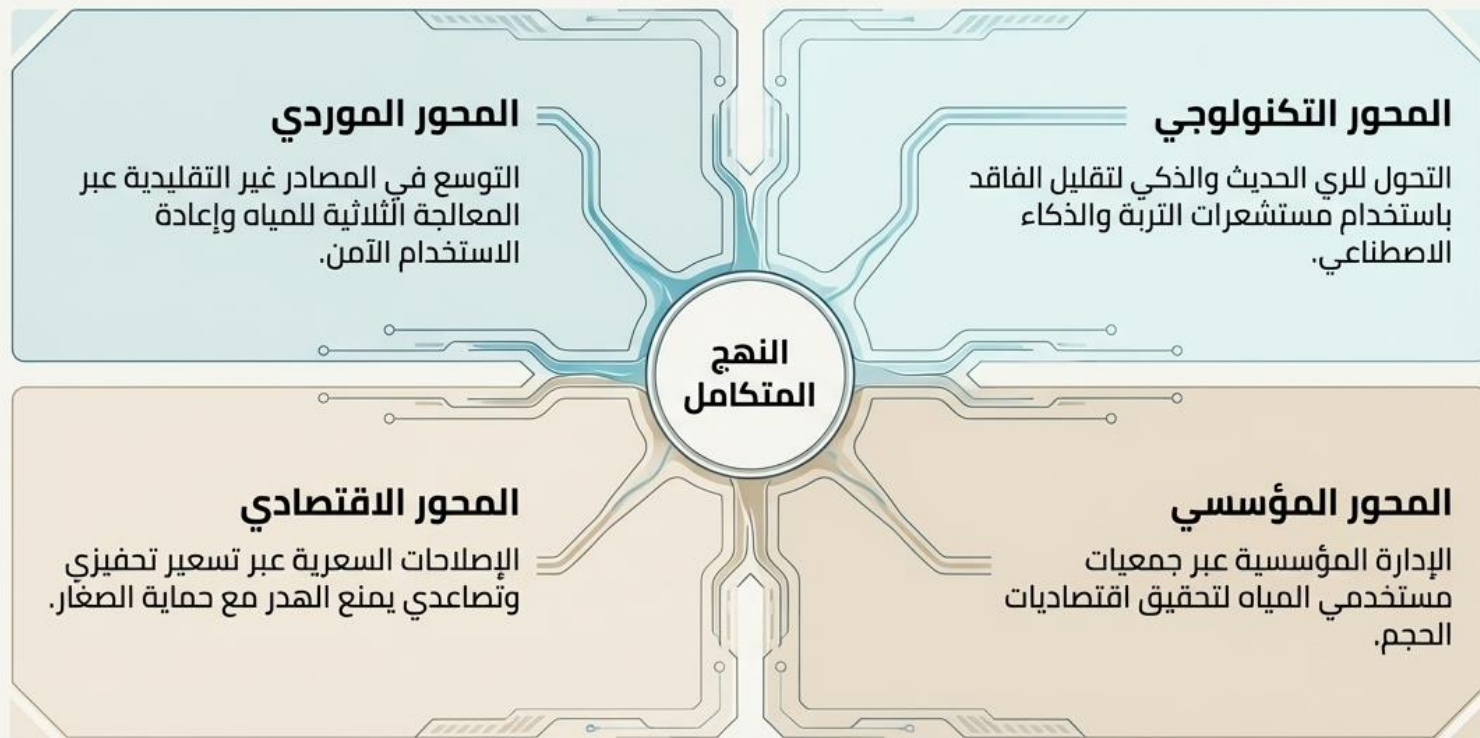
النتائج الملموسة الحالية: تحسن ملحوظ في عدالة توزيع المياه للمزارعين في نهايات الترع، انخفاض في زمن الري، وتقليل تكاليف الضخ بشكل فعال.

التجارب الدولية حالة إسرائيل

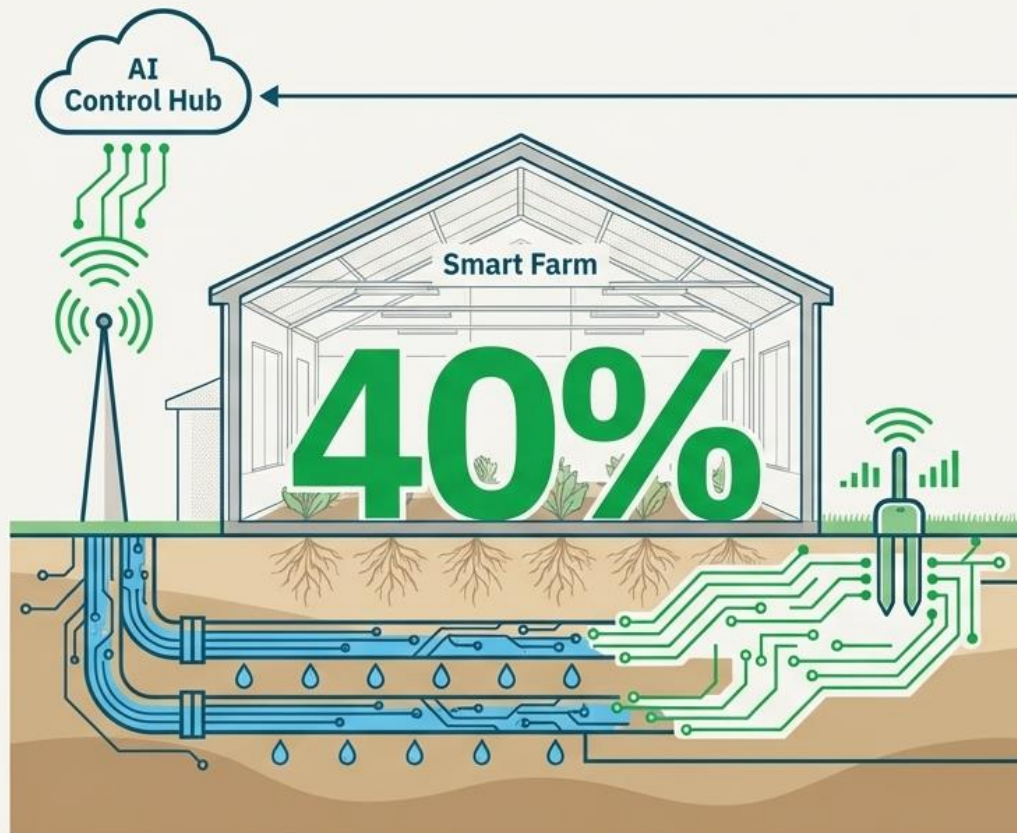
تحليل الفجوة الاستراتيجية

الوضع الحالي (مصر)	النموذج المعياري (إسرائيل)	
تحسين نقل المياه عبر البنية التحتية المادية المادية (تبطين، مساقى).	تقنيات الري الذكي الدقيق والإدارة الصارمة لجانب الطلب.	محور التركيز
معالجة جزئية وتوسع تدريجي في الاستخدام.	إعادة استخدام مياه الصرف الزراعي والصحي والصحي بنسبة تفوق 87%.	المياه غير التقليدية
تكاليف ضخ تشغيلية يتحملها المزارع.	نظم التسعير التصاعدي للحد من الإسراف وتوجيه الاستهلاك.	السياسات الاقتصادية

المصفوفة الاستراتيجية: الخيارات الأربعة لإعادة هندسة المنظومة



الخيار الأول: الرقمنة والري الدقيق لتعزيز إنتاجية القطرة



أنظمة الري الحديث

التحول المنهجي من الري السطحي إلى تقنيات التنقيط والرش، مما يحقق وفراً مباشراً بنسبة 40، مما يحقق وفراً مباشراً بنسبة 40% من إجمالي المياه المستخدمة.

إنترنت الأشياء (IoT)

دمج أنظمة الاستشعار لقياس رطوبة التربة والاحتياج المائي الفعلي للنبات على مدار الساعة.

التحكم الذكي

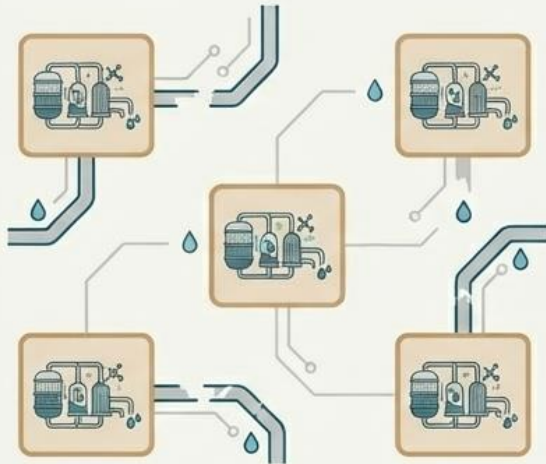
استخدام الذكاء الاصطناعي (AI) في أتمتة دورات الري بدقة متناهية، وتقليل الاعتماد على التقدير البشري لتقليل الفاقد.

الخيار الثاني: الاقتصاد الدائري للمياه عبر المعالجة الثلاثية



الخيار الثالث: إعادة الهيكلة المؤسسية واقتصاديات الحجم

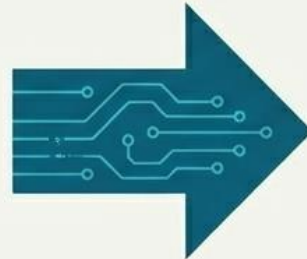
التحدي: تفتت الحيازات يرفع التكلفة ويصعب الإدارة



التحدي: تفتت الحيازات يرفع التكلفة ويصعب الإدارة

اقتصاديات الحجم في إدارة المياه

الحل المؤسسي: تجميع إداري
لخفض الموحدة لتكنولوجيا



الحل المؤسسي: تجميع إداري لخفض التكلفة الموحدة لتكنولوجيا الري

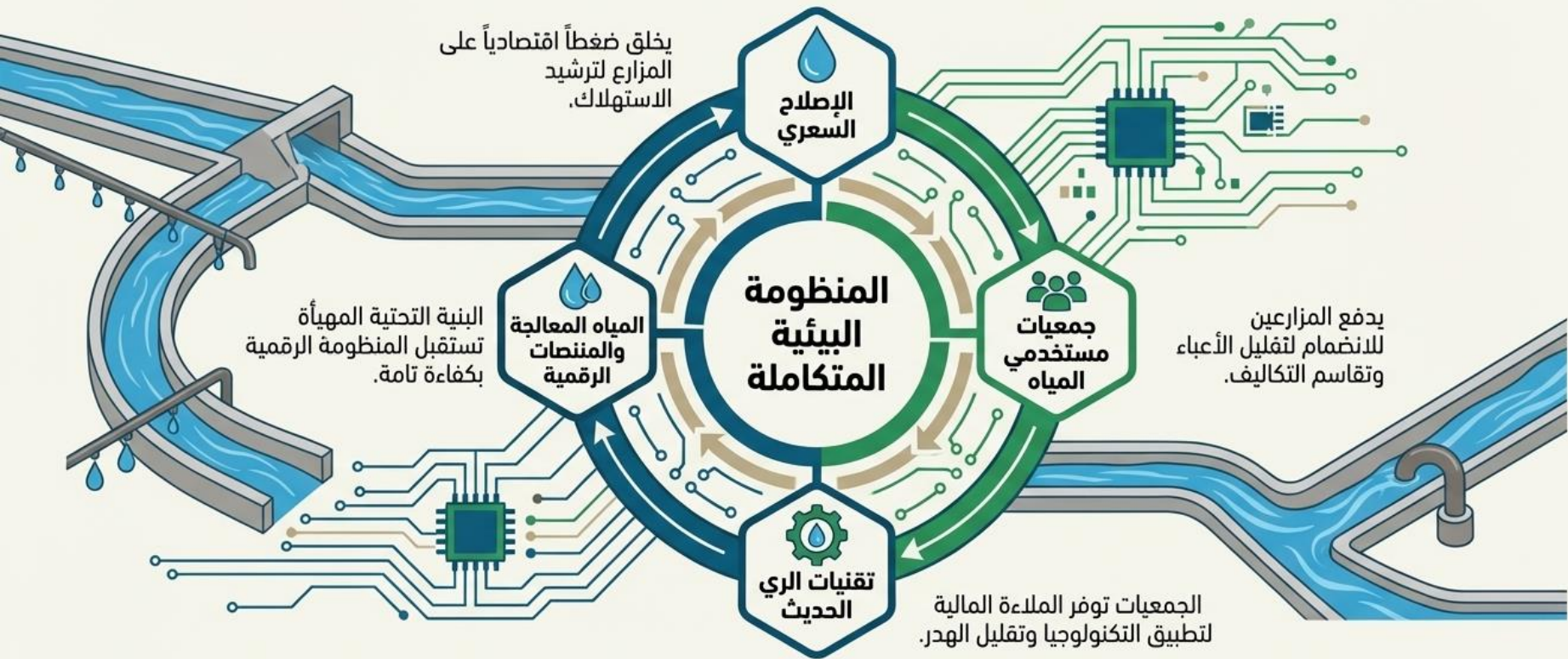
آلية العمل: تجميع الحيازات الصغيرة إدارياً وليس ملكياً، لتطبيق اقتصاديات الحجم، مما يخفض التكلفة الموحدة لتركيبة وتشغيل شبكات الري الحديثة ويسهل الحصول على التمويل الجماعي.

الخيار الرابع: الإصلاح السعري كأداة لتوجيه السلوك الاستهلاكي

منحنى تأثير التسعير



المنظومة البيئية المتكاملة للمياه



خلاصة: الحل يكمن في تفعيل المنظومة بأكملها بشكل متزامن، وليس في تبني سياسات منعزلة.

الممكنات الأساسية: البحث العلمي، الرقمنة، والتشريع

الاستراتيجية الوطنية للمياه

البحث العلمي والزراعي

استنباط أصناف محاصيل جديدة مقاومة للجفاف والملوحة، ودعم منظومة الابتكار المحلي لتقليل الاعتماد على الاستيراد التكنولوجي.



المنصات الرقمية للإرشاد

إنشاء منصات إرشاد زراعي رقمية تفاعلية، تزود المزارع ببيانات الطقس اللحظية وتحدد مواعيد وكميات الري الدقيقة.

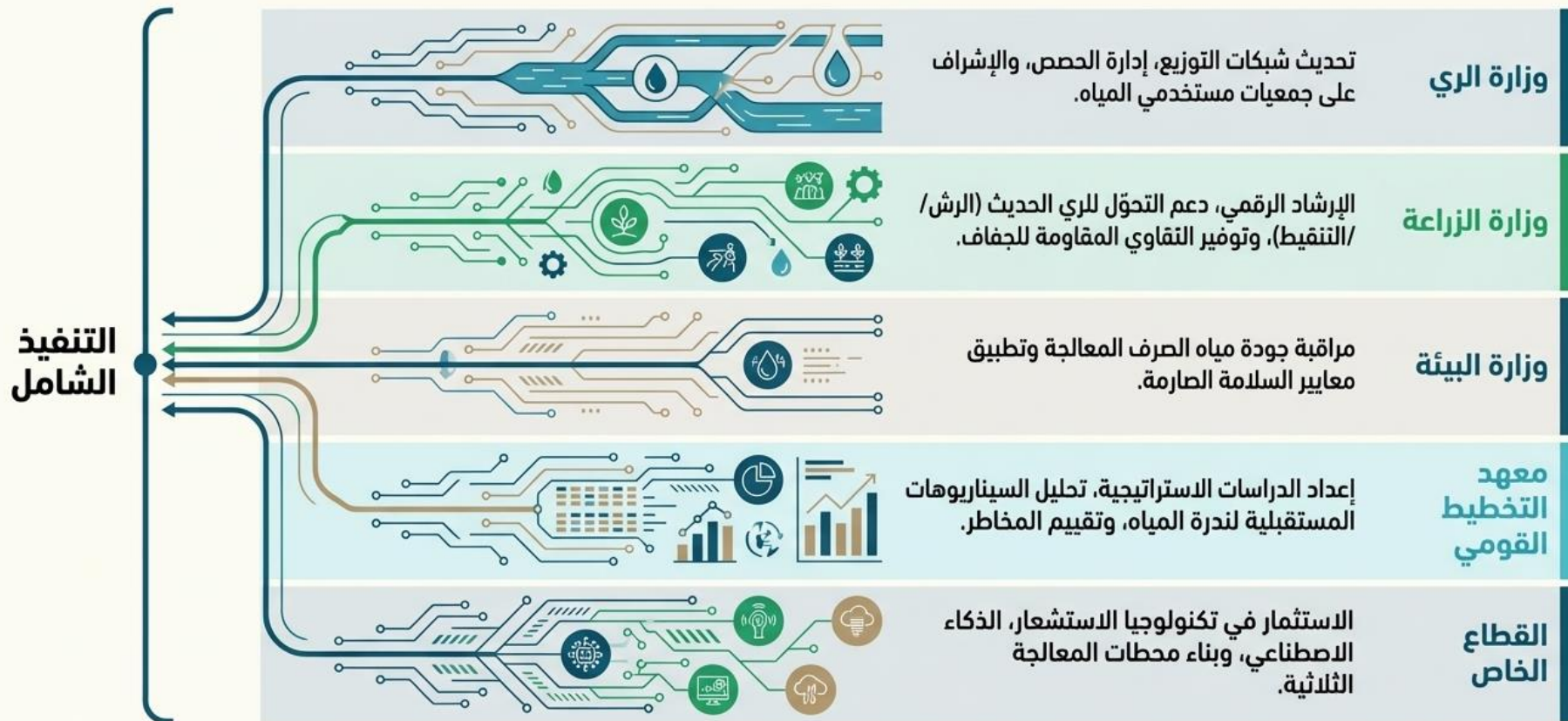


الإطار التشريعي والتنظيمي

وضع واعتماد معايير بيئية وصحية صارمة لضمان سلامة المياه المعالجة، مع تشريعات تضمن العدالة في توزيع الحصص المائية.



الإطار التنفيذي: توزيع الأدوار والمسؤوليات المشتركة



لوحة قياس الأداء التنفيذي (KPI Dashboard)

معدل التحول التكنولوجي



نسبة المساحات الزراعية المحولة إلى
نظم الري الحديث والذكي مقارنة
بالري السطحي.

كفاءة الاقتصاد الدائري



حجم كميات مياه الصرف الزراعي
والصحي المعاد استخدامها بأمان
سنوياً.

القيمة الاقتصادية للقطرة



معدل إنتاجية المحاصيل المكتسبة لكل
وحدة مياه مستهلكة (Crop Yield
per Water Unit).

الرصد المستمر لهذه المؤشرات يضمن مرونة الاستراتيجيات وقدرتها على التكيف مع المتغيرات المناخية والاقتصادية.



الخاتمة

إن مواجهة ندرة المياه في مصر ليست مجرد تحدٍ تقني، بل هي ضرورة استراتيجية تتطلب تكامل التكنولوجيا الحديثة، الإدارة الرشيدة، والوعي المجتمعي الشامل لضمان حق الأجيال القادمة في الحياة والتنمية.