وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

من الابتكار إلى الأثر:
رسم مستقبل مستدام لقطاعات البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية

تقرير صادر عن وزارة البيئة والمياه والزراعة بمناسبة
اليوم العالمي للابداع والابتكار

أبريل 2026

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

خادم الحرمين الشريفين
الملك سلمان بن عبدالعزيز آل سعود

«إن الاهتمام بالعلم والابتكار، والتطور التقني، وتطوير الكفاءات البشرية، يمثل ركيزة مهمة للتنمية.»

صاحب السمو الملكي
الأمير محمد بن سلمان بن عبدالعزيز آل سعود

«اعتمدنا تطلّعات طموحة لقطاع البحث والتطوير والابتكار، لتصبح المملكة من رواد الابتكار في العالم، وسيصل الإنفاق السنوي على القطاع إلى 2.5% من إجمالي الناتج المحلي في عام 2040، ليسهم القطاع في تنمية وتنويع الاقتصاد الوطني من خلال إضافة 60 مليار ريال (16 مليار دولار أمريكي) إلى الناتج المحلي الإجمالي في عام 2040، واستحداث آلاف الوظائف النوعية عالية القيمة في العلوم والتقنية والابتكار، بمشيئة الله.»

م. عبدالرحمن بن عبدالمحسن الفضلي

معالي وزير البيئة والمياه والزراعة

«تُولي رؤية المملكة اهتمامًا كبيرًا بتعزيز البحث والابتكار بوصفهما ركيزتين أساسيين لبناء اقتصاد معرفي متين ومستقبل متنوع ومستدام. وانطلاقًا من هذا التوجه، تلتزم وزارة البيئة والمياه والزراعة بتعزيز التعاون عبر منظومة الابتكار، وضمان تبنّي التقنيات الحديثة وتوطينها بما يعزز الاستدامة ويُحدث أثرًا مستدامًا في قطاعاتها الرئيسة.»

م. منصور بن هلال المشيطي

كلمة معالي نائب وزير البيئة والمياه والزراعة

«يُعدّ الابتكار أحد المحركات الرئيسة للنجاح في قطاعات البيئة والمياه والزراعة في المملكة، إذ يدفع مسيرة الاستدامة قدمًا، ويُعزّز مكانة المملكة على الساحة العالمية. وبفضل دعم قيادتنا الرشيدة ورؤيتها الطموحة، أطلقت وزارة البيئة والمياه والزراعة عددًا من المبادرات الاستراتيجية، من بينها إنشاء وكالة مخصصة للبحث والابتكار، بهدف تطوير حلول مستقبلية تضمن الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية، وتُسهم في تحقيق النمو الاقتصادي والتقدم التنموي»

د. عبد العزيز بن مالك المالك

وكيل الوزارة للبحث والابتكار

يُشكّل البحث والابتكار محركين أساسيين للنمو الاقتصادي المستدام على مستوى العالم، إذ يسهمان في تعزيز التنافسية ورفع الإنتاجية، ويقدمان حلولًا عملية للتحديات المعاصرة. وقد حققت المملكة العربية السعودية تقدمًا ملحوظًا في هذا المجال، مؤكدةً التزامها الراسخ بتطوير المعرفة والتقنية في مختلف القطاعات.
وانطلاقًا من رؤية وطنية تضع الاستدامة البيئية وتلبية الاحتياجات الأساسية في صميم أولوياتها، تعمل المملكة على ترسيخ منظومة متكاملة تضمن الأمن المائي والغذائي عبر ممارسات زراعية حديثة وحلول تقنية مسؤولة بيئيًا، بما يعزز التنمية الشاملة والرفاه المجتمعي.

وفي إطار تعزيز التزامها بتطوير منظومة البحث والابتكار، تعمل وزارة البيئة والمياه والزراعة على تعزيز جاهزية قطاعاتها من خلال بناء بيئة ممكنة للبحث والابتكار، تركّز على تنمية الكفاءات الوطنية، وتطوير شراكات بحثية عالية الأثر. وتماشيًا مع الأولويات الوطنية الواردة في الاستراتيجيات القطاعية للمملكة في مجالات البيئة والمياه والزراعة، ومع المهمتين الوطنيتين للأمن الغذائي والمائي، أطلقت الوزارة في عام 2024 الخطة التنفيذية للبحث والابتكار لمنظومة البيئة والمياه والزراعة. تسعى الخطة إلى النهوض بالبحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال توجيه المنظومة وتفعيل أدوات مستهدفة تعزّز التعاون، وتسهّل تبنّي التقنيات الحديثة، وترفع جاهزية القطاع للاستجابة للاحتياجات المستقبلية.

وقد جرى تطوير هذه الخطة عبر تكاملٍ وثيقٍ وتعاونٍ فعّالٍ مع مجموعة واسعة من الشركاء وأصحاب المصلحة، لضمان الاتساق مع الاستراتيجيات الوطنية ذات الصلة في القطاعات كافة. وبالتزامٍ مشتركٍ ورؤيةٍ موحدة، نمضي معًا نحو مستقبلٍ يُسهم فيه البحث والابتكار في تحقيق الاستدامة، وضمان الأمنين المائي والغذائي، وبناء مجتمعٍ مزدهرٍ وقادرٍ على مواصلة النمو والازدهار للأجيال القادمة.

الغرض من التقرير

في عام 2024، أطلقت وزارة البيئة والمياه والزراعة الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار، والتي تضم حزمة من المبادرات والبرامج الهادفة إلى تعزيز منظومة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. وتركز هذه الخطة على ترسيخ ثقافة الابتكار، وتعزيز التعاون بين مختلف الجهات، ودعم تطوير وتبنّي الحلول التي تُسهم في تحقيق أولويات المملكة في مجالات الاستدامة البيئية، والحفاظ على الموارد المائية، وتعزيز الأمن الغذائي.

ومن خلال إرساء منهجية منظمة لتطوير الابتكار، تُسهم الخطة في ترسيخ دور الوزارة كمحفّز رئيس للتحوّل المنهجي والشامل عبر هذه القطاعات الحيوية، بما يدعم تحقيق مستهدفات التنمية المستدامة ورؤية المملكة المستقبلية.

ويهدف هذا التقرير إلى تسليط الضوء على الأثر الذي حققته الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار خلال العامين الماضيين، من خلال استعراض نتائج المبادرات والبرامج التي نفّذتها الوزارة. كما يبرز التقرير كيف أسهمت هذه البرامج في دعم المبتكرين، وتمكين الشركاء، وتعزيز منظومة البحث والابتكار بما يتماشى مع أهداف الاستدامة الوطنية، لا سيما في قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

ومن خلال التحليل القائم على الأدلة، يبرز التقرير القيمة الملموسة المتحققة من الاستثمارات الاستراتيجية في مجالات البحث والابتكار، مؤكدًا الدور المحوري للوزارة في ترسيخ قاعدة معرفية تسهم في تحقيق التميز القطاعي على المدى الطويل، وبناء منظومة مستدامة قائمة على المعرفة والابتكار.

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

جدول المحتويات

كلمة تمهيدية 06
الغرض من التقرير 08
جدول المحتويات 10
جدول الأشكال 12

1 عن وزارة البيئة والمياه والزراعة 14

2 الملخص التنفيذي 16

3 مقدمة 26

4 رسم المستقبل: دور وزارة البيئة والمياه والزراعة في تمكين البحث والابتكار 28

5 قياس أثر البحث والابتكار في منظومة البيئة والمياه والزراعة 32
5.1 - المنهجية المتبعة 35
5.2 - المبادرات الإستراتيجية للبحث والتطوير والابتكار 38
5.3 - الأثر الشامل على قطاعات البيئة والمياه والزراعة 74

6 رسالة ختامية 78

7 الملحق 80
المراجع 90

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

جدول الأشكال

الشكل (1): اطلاق الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار 18
الشكل (2): مبادرات البحث والتطوير والابتكار في وزارة البيئة والمياه والزراعة 20
الشكل (3): الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة 31
الشكل (4): مبادرات البحث والتطوير والابتكار في وزارة البيئة والمياه والزراعة 32
الشكل (5): النموذج التشغيلي 33
الشكل (6): إطار تقييم الأثر 36
الشكل (7): الجهات المشاركة في عملية جمع البيانات 38
الشكل (8): إطار حوكمة منظومة البحث والتطوير والابتكار لقطاعات البيئة والمياه والزراعة 40
الشكل (9): الجهات التي جُمعت منها البيانات 42
الشكل (10): إطلاق منصة نبراس 43
الشكل (11): خرائط تبني التقنية 45
الشكل (12): الإطار التقني لقطاع البيئة 46
الشكل (13): الإطار التقني لقطاع المياه 47
الشكل (14): الإطار التقني لقطاع الزراعة 48
الشكل (15): التحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء 53
الشكل (16): جائزة الاستدامة العالمية 53
الشكل (17): مركز التغير المناخي (حفل الإطلاق) 55
الشكل (18): روبوت VisiGround 56
الشكل (19): المبدأ التشغيلي لروبوت VisiGround 56
الشكل (20): الندوات الإلكترونية 58
الشكل (21): أسبوع الابتكار في الاستدامة 59
الشكل (22): توزيع التقنيات حسب مستويات الجاهزية التقنية (TRL) 63
الشكل (23): توزيع التقنيات عبر قطاعات البيئة والمياه والزراعة، عناصر سلسلة القيمة، ومستويات الجاهزية التقنية 63
الشكل (24): مراحل إصابة النخيل بسوسة النخيل الحمراء 64
الشكل (25): سلسلة قيمة مكافحة سوسة النخيل الحمراء 65
الشكل (26): تقنية معالجة مياه الصرف باستخدام نظام الحمأة الحبيبية الهوائية المعدّلة (AGS-GDM) 67
الشكل (27): تزيارة معالي وزير البيئة والمياه والزراعة لمراكز الأبحاث 71
الشكل (28): حفل إطلاق إدارة الملكية الفكرية 72
الشكل (29): التطبيقات الواقعية لنموذج المدخلات والمخرجات 82
الشكل (30): عملية نموذج المدخلات والمخرجات 84

1. عن وزارة البيئة والمياه والزراعة

تلعب وزارة البيئة والمياه والزراعة في المملكة العربية السعودية دورًا محوريًا في الحفاظ على الموارد الطبيعية بشكل مستدام، والحفاظ على المياه، والمساهمة في تحقيق الأمن الغذائي على المدى الطويل. وانطلاقًا من رؤيتها ورسالتها ومهامها الوطنية، تلتزم الوزارة بالارتقاء بجودة الحياة وتعزيز ازدهار الوطن والأجيال القادمة، من خلال سياسات وبرامج شاملة تغطي قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

الرؤية

بيئة وموارد طبيعية مستدامة تحقق الأمن المائي، وتسهم في الأمن الغذائي، وتحسين جودة الحياة.

الرسالة

نسعى للتميز في تطوير وتطبيق السياسات الشاملة والاستراتيجيات الفعالة، والارتقاء بالخدمات بمشاركة القطاع الخاص والجهات ذات العلاقة؛ لازدهار البيئة والمياه والزراعة.

2. الملخص التنفيذي

البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

يُشكّل البحث والابتكار حجر الأساس للتغلب على التحديات الجسيمة التي تواجه قطاعات البيئة والمياه والزراعة في المملكة، ففي منطقة تسودها المناخات القاحلة، وتتسم بمحدودية الموارد المائية وندرة الأراضي الصالحة للزراعة، بالإضافة إلى التأثيرات المتزايدة لتغير المناخ والنمو السكاني والتوسع الحضري السريع والاستهلاك غير المستدام للموارد الطبيعية، تبرز الحاجة أكثر من أي وقتٍ مضى إلى حلول مبتكرة قائمة على المعرفة والبحث العلمي.

وفي قطاع البيئة، يلعب البحث والابتكار دورًا محوريًا في تعزيز الأنظمة الطبيعية ودعم النظم البيئية الهشّة. ويُعد استمطار السحب أحد أبرز الأمثلة على التقنيات الناشئة في هذا المجال، حيث يسهم في تعزيز هطول الأمطار من خلال إدخال مواد آمنة بيئيًا إلى السحب. وفي ظل توافر الظروف الملائمة، يمكن لتقنية استمطار السحب أن تزيد من معدلات الهطول بنسبة تصل إلى **20%** [1]، وهو ما يسهم في تغذية المياه الجوفية، ودعم نمو الغطاء النباتي، والتخفيف من الضغط على مصادر المياه المستنزفة، بما يعزز استدامة الموارد الطبيعية.

وتمثل إدارة الموارد المائية إحدى أكثر الأولويات إلحاحًا، ويتطلب التصدي لتحدياتها تبنّي حلول مبتكرة ومستدامة. وتُعد تحلية المياه من أكثر هذه الحلول تحولًا وتأثيرًا، إذ انتقلت من كونها خيارًا مكلفًا يُستخدم كحل أخير لتكون بمثابة ركيزة استراتيجية للأمن المائي. فعلى سبيل المثال، تنتج المملكة العربية السعودية اليوم نحو **70%** [2] من مياه الشرب عبر محطات التحلية، كما أنها قد أصبحت أكبر منتجًا للمياه المحلاة عالميًا، بنسبة تقارب **22%** [3] من إجمالي الإنتاج العالمي. وقد أسهمت التطورات التقنية الحديثة في رفع كفاءة محطات التحلية بشكل ملحوظ مقارنةً بالماضي، وهو ما أدى إلى خفض التكاليف وتقليل الأثر البيئي، مع ضمان إمدادات موثوقة من المياه النظيفة للاستخدامات المنزلية والصناعية والزراعية.

وفي قطاع الزراعة، تلعب المحاصيل المعدلة وراثيًا دورًا محوريًا من خلال زيادة الإنتاج العالمي بنسبة تصل إلى **22%**، وتقليل استخدام المبيدات بنسبة **37%**، وخفض الأثر البيئي لتطبيقات المبيدات الحشرية والعشبية بنسبة **18%** [4]، كما يسهم تعزيز الممارسات الزراعية الذكية مناخيًا، بما في ذلك الزراعة الدقيقة والزراعة الإيكولوجية، في رفع الإنتاجية مع الحد من الأضرار البيئية.

كما تبرز المملكة العربية السعودية بشكل متزايد في طليعة هذا النوع من الابتكار، حيث أثبت القطاع الخاص قدرة التقنيات الزراعية المتقدمة على النجاح في البيئات القاحلة، من خلال تشغيل مزارع واسعة النطاق تعتمد على أنظمة التحكم المناخي المؤتمت، ومراقبة الثروة الحيوانية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، وأنظمة الري الدقيقة المصممة خصيصًا للبيئات الصحراوية [5]. وعلى المستوى الوطني، تم صرف أكثر من 1.2 مليار ريال سعودي لدعم مشاريع تستخدم التقنيات الحديثة في القطاع الزراعي بهدف تحقيق الأمن الغذائي[6].

وتعكس هذه الجهود تحولًا أوسع نحو تعزيز الاكتفاء الذاتي في النظم الغذائية، مدفوعًا بشكل متزايد بتقنيات إنترنت الأشياء، والذكاء الاصطناعي، وأنظمة الري الذكية، بما يتماشى مع مستهدفات رؤية المملكة 2030.

وانطلاقًا من إدراكها للإمكانات التحويلية للبحث والابتكار، أنشأت وزارة البيئة والمياه والزراعة وكالة متخصصة للبحث والابتكار لدعم وتيسير تطوير الحلول التي توازن بين استدامة الموارد والنمو الاقتصادي، وتسهم في تحقيق مستهدفات التنمية الوطنية. ويعكس هذا الالتزام الاستراتيجي رؤية الوزارة في ترسيخ البحث والابتكار كركيزتين أساسيتين لتحقيق مرونة طويلة الأمد وتعزيز التنافسية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

[1] موسوعة بريتانيكا (Britannica)
[2] المعهد الفرنسي للعلاقات الدولية، صحيفة الشرق الأوسط
[3] Smart Water Magazine
[4] المركز الوطني لمعلومات التقانة الحيوية (NCBI)
[5] Ruminants
[6] Saudi Foodtech

الخطة التنفيذية للبحث والابتكار في وزارة البيئة والمياه والزراعة

وفي إطار تسريع وتيرة البحث والابتكار في هذه القطاعات، طوّرت وكالة البحث والابتكار خطة تنفيذية شاملة للبحث والتطوير والابتكار (الشكل 1)، تستهدف تعزيز المنظومة الوطنية عبر قطاعات البيئة والمياه والزراعة، والتعامل المنهجي مع التحديات القائمة، بما يضمن تحقيق أثر مستدام.

وتقوم الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار على أربعة أهداف استراتيجية رئيسية، هي كالتالي:

توجيه منظومة البحث والتطوير والابتكار

توجيه جهود البحث والتطوير والابتكار بقطاعات البيئة والمياه والزراعة بما يتوائم مع الاستراتيجيات والمهام الوطنية للبحث والتطوير والابتكار

تحسين التعاون والترابط وتعزيز الوعي

تعزيز التعاون بين الوزارة والجهات المرتبطة بها ضمن منظومة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

تحفيز الطلب على تبني حلول التقنية والابتكار

تحفيز الطلب على تبني المنتجات والحلول الابتكارية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

تعزيز المعروض من حلول التقنية والابتكار

بناء قدرات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة لضمان إمدادٍ كافٍ ومستمر من المنتجات والحلول الابتكارية

الشكل (٦): اطلاق الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار

وتتكامل هذه الأهداف الاستراتيجية الأربعة لتستهدف خمس مجالات رئيسة لتمكين منظومة البحث والابتكار:

التمويل والاستثمارات	توفير الموارد المالية لدعم أنشطة البحث والابتكار.
رأس المال البشري	بناء القدرات وتنمية المهارات والخبرات المتخصصة.
البنية التحتية والمنظومة	إنشاء المرافق والمنصات الداعمة للبحث والابتكار والتجريب.
السياسات واللوائح التنظيمية	وضع السياسات والأطر التنظيمية الواضحة التي تسهّل تبنّي التقنيات المبتكرة.
الثقافة والتعاون	تعزيز روح التعاون وتبادل المعرفة، وترسيخ ثقافة الابتكار والإبداع.

تقييم أثر خطة البحث والتطوير والابتكار

لتقييم أثر الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار، أطلقت وزارة البيئة والمياه والزراعة عملية شاملة لجمع البيانات على مستوى المنظومة، تضمنت برامج البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

وشاركت في هذه العملية أكثر من 25 جهة من جهات المنظومة، حيث تم تجميع ما يزيد على 1,400 نقطة بيانات. وقد جرى تنفيذ التقييم باستخدام إطار منهجي متكامل يتكوّن من أربع مراحل رئيسية تشمل: المدخلات، والمخرجات، والنتائج، والأثر.

المدخلات (Inputs): تشير المدخلات إلى المبادرات الثماني عشرة الواردة في الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار، والبرامج المنبثقة عن كل مبادرة.

المخرجات (Outputs): تعكس المخرجات المباشرة لهذه المبادرات، وتبرز الإنجازات الملموسة عبر الأهداف الاستراتيجية الأربعة.

النتائج (Outcomes): تُظهر النتائج مدى إسهام المبادرات في تحقيق مؤشرات الأداء الرئيسة (KPIs)، بما يعكس مستوى التقدم المحرز نحو المستهدفات المحددة في الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار.

الأثر (Impact): يُقيَّم من خلال بُعدين رئيسيين، هما:

- **تحقيق مستهدفات الاستراتيجيات الوطنية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة:** يبرز مدى إسهام المبادرات في دعم الاستراتيجيات الوطنية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة، والأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار، والاستراتيجية الوطنية للتقنية الحيوية، وذلك من خلال مساهمتها في تحقيق مؤشرات الأداء المرتبطة بكل منها.
- **الأثر الاقتصادي:** يقيس مساهمة المبادرات في الناتج المحلي الإجمالي، والعائد على الاستثمار، وحجم الإنتاج القطاعي، والميزان التجاري، وخلق فرص العمل.

ويقدّم هذا الإطار رؤيةً شاملةً ومتكاملة لجهود البحث والتطوير والابتكار عبر منظومة قطاعات البيئة والمياه والزراعة، مبرزًا كيف تسهم المبادرات في توليد قيمة اقتصادية ملموسة ودعم الأهداف الوطنية للمملكة.

المدخلات: مبادرات البحث والتطوير والابتكار

تتكوّن المدخلات من 18 مبادرة للبحث والتطوير والابتكار (الشكل 2)، تشمل 280 برنامجًا تنفيذياً ضمن الأهداف الاستراتيجية الأربعة، بما يجسّد الجهود المشتركة لدفع مسيرة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

وتعكس هذه المبادرات التزامًا راسخًا ببناء منظومة قائمة على المعرفة، لا تلبّي الاحتياجات القطاعية الحالية فحسب، بل تسهم أيضًا في ترسيخ مكانة المملكة في طليعة الريادة الإقليمية في مجالات الابتكار البيئي والمائي والزراعي.

أ. توجيه منظومة البحث والتطوير والابتكار	ب. تحسين التعاون والترابط وتعزيز الوعي	ج. تحفيز الطلب على تبني حلول التقنية والابتكار	د. تعزيز المعروض من حلول التقنية والابتكار
أ-1: إطار حوكمة البحث والتطوير والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة	**ب-1:** إعداد وتأطير شراكات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ج-1:** تحسين وتطوير الأطر التنظيمية للابتكار والبيئة التشريعية التجريبية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**د-1:** مراكز تطوير ونشر التقنيات
أ-2: آلية توجيه التمويل للبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ب-2:** المنصة الرقمية للبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ج-2:** تجريب وبرهنة التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**د-2:** إدارة التقنية وبراءات الاختراع في وزارة البيئة والمياه والزراعة
أ-3: تقييم قدرات وأداء منظومة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ب-3:** جوائز البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ج-3:** تطوير واقتراح المحفزات المساعدة على تحسين الطلب على المنتجات والحلول الابتكارية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**د-3:** تطوير الكفاءات في مجالات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات المياه والزراعة والبيئة
أ-4: رصد واستشراف التقنية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ب-4:** تعزيز الوعي بالبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ج-4:** دعم استيعاب وتبني المنتجات والحلول الابتكارية من قبل المستخدمين النهائيين في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	
أ-5: خارطة طريق نشر التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ب-5:** تنظيم الفعاليات الابتكارية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة		
أ-6: تخطيط وتنسيق مهام البحث والتطوير والابتكار المتعلقة بقطاعات البيئة والمياه والزراعة			

الشكل (2): مبادرات البحث والتطوير والابتكار في وزارة البيئة والمياه والزراعة

المخرجات الرئيسية

منذ إطلاقها، حققت الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار مخرجات ملموسة عبر جميع مجالات التمكين الرئيسة، بما يعكس تقدمًا واضحًا ومنجزات عملية تسهم في إعادة تشكيل مشهد البحث والابتكار في المملكة.

أ توجيه منظومة البحث والتطوير والابتكار

- إنشاء هيكل حوكمة من **5** لجان رئيسية للبحث والابتكار
- تطوير استراتيجية تمويل لمبادرات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة
- إطلاق المنصة الوطنية لاستشراف البحث والابتكار للاستدامة (نبراس)
- تطوير **3** خرائط طريق لتبني التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة
- تفصيل المهام الوطنية للبحث والابتكار في قطاع المياه
- إصدار **4** تقارير قطاعية تصلت الضوء على أبرز اتجاهات البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

ب تحسين التعاون والترابط وتعزيز الوعي

تحالفات قطاعية للبحث والابتكار:

- إطلاق تحالف التقنيات الزراعية والغذائية السعودي (SAFTA)
- إطلاق مبادرة الشريط المائي (Water STRIP)

أودية التقنية:

- إنشاء المركز الدولي لأبحاث المياه (IWRC)

الشراكات الاستراتيجية:

- إقامة **6** شراكات استراتيجية مع مؤسسات رائدة في القطاع الخاص والأكاديمي
- توقيع مذكرة تفاهم بين وزارة البيئة والمياه والزراعة ووزارة الزراعة والثروة السمكية والأمن الغذائي في هولندا، مما جذب استثمارات تتجاوز **1.5** مليار ريال سعودي

تعزيز الوعي:

- تنفيذ أكثر من **95** نشاطاً توعوياً في مجال البحث والتطوير والابتكار
- إطلاق **4** برامج تحفيزية للطلبة والباحثين والمبتكرين

ج تحفيز الطلب على تبني حلول التقنية والابتكار

- اطلاق برنامج للبيئة التنظيمية التجريبية، والذي جذب **74** حالة تم دراستها تنظيميا
- تقديم الدعم ل **333** تقنية ابتكارية تغطي مختلف عناصر سلسلة

د تعزيز المعروض من حلول التقنية والابتكار

- إنشاء **4** منشآت رئيسية تتضمن مختبرات ومراكز أبحاث
- تطوير سياسة شاملة للملكية الفكرية
- تسجيل **18** براءة اختراع ضمن منظومة البيئة والمياه والزراعة، بما يشمل 10 أصناف نباتية ومؤشرًا جغرافيًا واحدًا
- دعم الكوادر الوطنية عبر مختلف مراحل المسار التعليمي، بما يشمل منح **6** زمالات ما بعد الدكتوراه على المستويين المحلي والدولي

النتائج

أسفرت مبادرات الوكالة عن نتائج ملموسة وبارزة في منظومة البحث والتطوير والابتكار، تعكس تقدمًا واضحًا في تعزيز الابتكار، وتقوية الشراكات مع أصحاب المصلحة، وبناء القدرات البشرية. وتوضح هذه النتائج كيف تحولت البرامج والمبادرات المستهدفة إلى نتائج قابلة للقياس، أسهمت بشكلٍ مباشر في مؤشرات الأداء الرئيسية للخطة التنفيذية للوزارة للبحث والتطوير والابتكار، وتؤسس معايير جديدة للتميّز في الابتكار المتكامل ضمن قطاعات البيئة والمياه والزراعة في المملكة.

51 تحدياً
تم التعامل معه من خلال مشاريع البحث والتطوير والابتكار القائمة

245 شريكاً
أسهموا بفعالية في منصات البحث والتطوير والتحالفات

+256,000 فرداً
تم إشراكهم من خلال أنشطة التواصل في مجال البحث والتطوير والابتكار

127 تقنيةً
تم تبنيها بما يتوافق مع مجالات التركيز التكنولوجي للبحث والتطوير والابتكار، بدعم من الجهات المستفيدة (المشترين أو المستخدمين النهائيين)

27 شركةً
تم دعمها من خلال البيئة التنظيمية التجريبية

18 أصلاً
تمت حمايته فكرياً في قطاعات البيئة والمياه والزراعة بدعم من الوزارة

426 حلاً
او مفهوماً او فكرةً تم احتضانها ضمن البرامج المدعومة من قبل وزارة البيئة والمياه والزراعة

+4,200 فرداً
فرداً تخرّجوا من برامج تطوير الكفاءات في البحث والتطوير والابتكار التابعة لوزارة البيئة والمياه والزراعة

الأثر

لتقييم أثر المبادرات الواردة في الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار والبرامج التي أطلقتها الوزارة والجهات المرتبطة بها، تم استخدام نموذج المدخلات والمخرجات الاقتصادي (Input–Output Model)، المصمم خصيصًا لمراعاة خصوصية كل مبادرة من حيث طبيعة خدماتها، والفئة المستهدفة، والمخرجات المتوقعة.

وفيما يتعلق بالأهداف والغايات الوطنية، تُظهر هذه المبادرات والبرامج أثرًا مباشرًا على خمس استراتيجيات وطنية، كما يتضح من مساهمتها في تحقيق مؤشرات الأداء الرئيسية الخاصة بها، وتشمل:

- الاستراتيجية الوطنية للبيئة (9 مؤشرات أداء)
- الاستراتيجية الوطنية للمياه (16 مؤشر أداء)
- الاستراتيجية الوطنية للزراعة (14 مؤشر أداء)
- الأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار (استدامة البيئة والاحتياجات الأساسية)
- الاستراتيجية الوطنية للتقنية الحيوية (4 مؤشرات أداء)

كما تتجلى الفوائد الاقتصادية بشكل واضح، حيث تشير نتائج التحليل الاقتصادي إلى أن يُتوقع أن تولّد مبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار نحو **15 مليار** ريال سعودي من القيمة المضافة الإجمالية (GVA) في قطاعات المياه والزراعة، بما يعكس مساهمة مباشرة في الناتج المحلي الإجمالي، وبمعدل عائد يبلغ في المتوسط **3.7** أضعاف لكل ريال سعودي يتم استثماره.

ومن المتوقع أن يسهم ذلك في تحقيق **18** مليار ريال سعودي في المخرجات القطاعية نتيجة زيادة إنتاج منتجات وخدمات المياه والزراعة، وكذلك تحقيق أثر إيجابي قدره **14** مليار ريال سعودي على الميزان التجاري، وخلق أكثر من **18,000** فرصة عمل في هذه القطاعات[7].

ويمتد الأثر الكلي على الاقتصاد الوطني ليشمل قطاعات أخرى، حيث تعزّز قطاعات البيئة والمياه والزراعة، من خلال تكاملها مع الصناعات المرتبطة بها، حركة النشاط الاقتصادي وتوليد فرص النمو، بما ينعكس فيما يلي:

- تحقيق مساهمة تقديرية قدرها **20 مليار** ريال سعودي في الناتج المحلي الإجمالي
- تحقيق زيادة إجمالية في حجم الإنتاج الاقتصادي بقيمة **27 مليار** ريال سعودي
- تحقيق تحسن في الميزان التجاري بنحو **10 مليارات** ريال سعودي
- خلق أكثر من **36,000** فرصة عمل على مستوى الاقتصاد ككل

ومن الجدير بالذكر أن الأثر الإيجابي على الميزان التجاري على مستوى الاقتصاد الكلي أقل مقارنة بما تحقق داخل قطاعات المياه والزراعة، ويعود ذلك إلى اعتماد هذه القطاعات على مدخلات من صناعات أخرى مثل التصنيع والخدمات المهنية والتقنية، والتي تعتمد بدرجة كبيرة على السلع والخدمات المستوردة.

X3.7 أضعاف عائدًا عن كل ريال سعودي يُستثمر في مبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار ضمن قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

وتقديراً لجهودها المتميزة في تعزيز البحث والابتكار في منظومة البيئة والمياه والزراعة، حصلت وزارة البيئة والمياه والزراعة على اعتماد Innovation 360 وشهادة GInI.

[7] يجسّد هذا التقدير الأثر طويل المدى المتوقع لمبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار، والذي سيظهر تدريجيًا خلال السنوات المقبلة. تم تطوير الأثر الاقتصادي بالاستناد إلى نموذج مُخصص للمدخلات والمخرجات، والذي يُعد من النماذج الاقتصادية المعتمدة على نطاق واسع لدى المنظمات الدولية الرائدة، مثل المنتدى الاقتصادي العالمي (WEF) ومنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD). ويمكن الرجوع إلى الملحق للاطلاع على مزيد من التفاصيل حول المنهجية المتبعة.

نظرة نحو المستقبل

تعتمد مسيرة المملكة نحو مستقبل مستدام في مجالات البيئة والمياه والزراعة على الابتكار النوعي، حيث تقود الوزارة هذا التحول من خلال تحويل الرؤية الوطنية إلى مبادرات عملية ملموسة.

وستواصل الوزارة رسم ملامح مستقبل قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال تعظيم أثر المبادرات والبرامج الحالية وتوسيع نطاقها، وإطلاق مبادرات طموحة جديدة، عبر تمكين أصحاب المصلحة، وإشراك القطاع الخاص بشكل فاعل لدفع عجلة الاستثمار، وتعزيز التعاون، وتسريع تبنّي التقنيات الحديثة، بما يخلق فرصًا جديدة ويحوّل التحديات إلى محركات للنمو والتقدم.

وإيمانًا منها بأهمية الابتكار في بناء مستقبلٍ مزدهر، تسعى الوزارة إلى تعزيز منظومة ابتكارٍ وطنية نابضة بالحيوية وقادرة على التكيّف، تُسهم في الحفاظ على الموارد الطبيعية، وتعزيز القوة الاقتصادية والوطنية، ودفع التنمية المجتمعية، بما يضمن أن تكون جهود اليوم هي الأساس لازدهار أجيال الغد.

3. مقدمة

يُعدّ البحث والابتكار عنصرين محوريين لمواجهة التحديات الأكثر إلحاحًا في مجالات البيئة والمياه والزراعة، فهما يُشكّلان المفتاح لتحقيق النمو المستدام، وضمان الأمن المائي والغذائي، والحفاظ على النظم البيئية للأجيال القادمة في المناطق التي تعاني من محدودية موارد المياه والمناخات الجافة. وفي المملكة العربية السعودية، لا تتجاوز مساحة الأراضي الصالحة للزراعة نسبة **1.5%**[8] من إجمالي مساحة البلاد، في حين يستهلك القطاع الزراعي نحو **78%**[9] من الموارد المائية الوطنية.

وتعكس هذه الأرقام حجم التحديات المرتبطة بالاستدامة، وتؤكد الحاجة الملحّة إلى تطوير حلول مبتكرة تُسهم في تعزيز الأمنين المائي والغذائي وضمان استدامة الموارد الطبيعية.

ويسهم البحث العلمي في تعزيز الفهم العميق للبيئة المحلية، من خلال دراسة صحة التربة، وندرة المياه، وتأثيرات تغيّر المناخ. ويأتي الابتكار ليحوّل هذه المعرفة إلى حلول ذكية وحديثة، مثل أنظمة الري الحديثة، وتقنيات تحلية المياه المعتمدة على الطاقة المتجددة، وتطوير محاصيل أكثر قدرة على التحمّل في مواجهة الحرارة والجفاف.

ومن خلال الدمج بين المعرفة العلمية القائمة على الأدلة والتقنيات المتقدمة، يصبح بالإمكان تحقيق توازنٍ فعّال بين حماية البيئة وضمان الأمنين المائي والغذائي. فعلى الرغم من التحديات المناخية والجغرافية، استطاعت المملكة العربية السعودية بفضل الحلول المبتكرة أن تصبح أكبر منتجٍ الغذاء في منطقة الخليج[10]، وأن توفّر اليوم نحو **50%**[11] من احتياجاتها المائية، كما تُعدّ أكبر منتجٍ للمياه المُحلّاة في العالم، إذ تسهم بما نسبته **22%**[12] من الإنتاج العالمي للمياه المحلّاة.

ولا تقتصر فوائد البحث والابتكار على الحاضر فحسب، بل تمتد لتشمل المستقبل أيضًا. فمن خلال الاستثمار في البحث العلمي وتشجيع الممارسات الابتكارية، تضمن المملكة أن تنعم الأجيال القادمة ببيئة تُصان فيها الموارد الطبيعية وتتوسع فيها فرص النمو والتنمية.

ودعمًا لهذا المنظور، كرمت أحدث جائزة نوبل في العلوم الاقتصادية نموذجًا اقتصاديًا يوضح أن الابتكار هو محرك النمو الاقتصادي طويل الأجل، حيث يؤكد هذا النموذج كمّيًا أن التقدم التقني والمنتجات الابتكارية الجديدة تحل باستمرار محل القديمة في دورة ديناميكية ذات تأثير متعاظم، مما يؤدي بدوره إلى رفع مستوى المعيشة، وتحسين الصحة، وتعزيز جودة الحياة على مستوى العالم.

ومن هذا المنطلق، فإن البحث والابتكار ليسا خيارين تكميليين، بل هما ركيزتان أساسيتان لتعزيز المرونة، ودفع مسيرة التقدم والازدهار في القطاعات الحيوية مثل البيئة والمياه والزراعة.

[8] الهيئة العامة للإحصاء
[9] المجلس السعودي الأمريكي للأعمال
[10] IndexMundi
[11] عرب نيوز
[12] المجلس السعودي الأمريكي للأعمال

4. رسم المستقبل: دور وزارة البيئة والمياه والزراعة في تمكين البحث والابتكار

ترسّخ وزارة البيئة والمياه والزراعة مكانتها كجهة رائدة في حماية الموارد الطبيعية وتنميتها المستدامة، بما يدعم الأمن الوطني والازدهار الاقتصادي طويل المدى. وانطلاقًا من إيمانها بأن البحث والابتكار يمثلان ركيزتين أساسيتين لتحقيق التحول المنشود في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، أنشأت الوزارة وكالة متخصصة للبحث والابتكار تتولى قيادة جهود الابتكار وإحداث حلول نوعية ذات أثر وطني مستدام.

وتتمثل مهمة الوكالة في بناء منظومة بحث وتطوير وابتكار تنافسية، تمكّن المملكة من تقديم حلول مبتكرة تعزز الاستدامة، وتكرّس ريادتها في الحوكمة البيئية القائمة على البيانات، والإدارة المتقدمة للموارد المائية، وتطوير القطاع الزراعي.

الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة

في إطار سعيها لتنفيذ مهامها وتحقيق مستهدفاتها الوطنية، أطلقت وكالة البحث والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة في عام 2024 الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار للوزارة (الشكل 1).

الغرض من الخطة:

الارتقاء بمنظومة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال التوجيه الدقيق، والتدخلات المؤسسية المصممة لتعزيز التعاون بين أصحاب المصلحة، ودعم تدفق الحلول الابتكارية للتحديات القطاعية، وتحسين استجابة الطلب عليها.

كما صُممت الخطة لتعزيز البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، من خلال التركيز على أربعة مجالات تطوير رئيسية في المنظومة، جرى تحديدها لدعم التميز في الابتكار وتعزيز التنمية القطاعية المستدامة:

غياب جهة وطنية قيادية تتولى توحيد منظومة البحث والابتكار في هذه القطاعات، وتوجيهها نحو مجالات التركيز التقني ذات الأولوية الوطنية	تنفيذ جهود ابتكارية متفرقة يغلب عليها الطابع الفردي مع محدودية مستويات التكامل بين الجهات الفاعلة في المنظومة	محدودية التدابير الرّامية إلى تحفيز الطلب على تبني المنتجات والحلول المبتكرة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	غياب التدابير التي تضمن تدفق كاف ومستقر من المنتجات والحلول الابتكارية لتلبية الاحتياج في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

لتعزيز الأداء ومعالجة المجالات ذات الأولوية في المنظومة، تم هيكلة الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار حول أربعة أهداف استراتيجية رئيسية:

توجيه منظومة البحث والتطوير والابتكار	**تحسين التعاون والترابط وتعزيز الوعي**	**تحفيز الطلب على تبني حلول التقنية والابتكار**	**تعزيز المعروض من حلول التقنية والابتكار**
مواءمة جهود البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة مع الأهداف الوطنية للبحث والتطوير والابتكار، وبما يتسق مع المهام الوطنية المعتمدة	بناء وتعزيز الشراكات داخل منظومة البحث والابتكار، وترسيخ ثقافة البحث والابتكار	تنفيذ مبادرات ترفع الطلب وتزيد استجابة السوق لحلول البحث والتطوير والابتكار	بناء قدرات البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة لضمان امدادٍ كافٍ ومستمر من الحلول الابتكارية

الشكل (3): الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة

تتضمن الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار 18 مبادرة (الشكل 4)، موزعة على الأهداف الاستراتيجية الأربعة، وتهدف إلى معالجة الفجوات المحددة وتحويلها إلى مبادرات تنفيذية ذات أثر ملموس.

أ. توجيه منظومة البحث والتطوير والابتكار	ب. تحسين التعاون والترابط وتعزيز الوعي	ج. تحفيز الطلب على تبني حلول التقنية والابتكار	د. تعزيز المعروض من حلول التقنية والابتكار
أ-1: إطار حوكمة البحث والتطوير والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة	**ب-1:** إعداد وتأطير شراكات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ج-1:** تحسين وتطوير الأطر التنظيمية للابتكار والبيئة التشريعية التجريبية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**د-1:** مراكز تطوير ونشر التقنيات
أ-2: آلية توجيه التمويل للبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ب-2:** المنصة الرقمية للبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ج-2:** تجريب وبرهنة التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**د-2:** إدارة التقنية وبراءات الاختراع في وزارة البيئة والمياه والزراعة
أ-3: تقييم قدرات وأداء منظومة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ب-3:** جوائز البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ج-3:** تطوير واقتراح المحفزات المساعدة على تحسين الطلب على المنتجات والحلول الابتكارية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**د-3:** تطوير الكفاءات في مجالات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات المياه والزراعة والبيئة
أ-4: رصد واستشراف التقنية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ب-4:** تعزيز الوعي بالبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ج-4:** دعم استيعاب وتبني المنتجات والحلول الابتكارية من قبل المستخدمين النهائيين في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	
أ-5: خارطة طريق نشر التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	**ب-5:** تنظيم الفعاليات الابتكارية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة		
أ-6: تخطيط وتنسيق مهام البحث والتطوير والابتكار المتعلقة بقطاعات البيئة والمياه والزراعة			

الشكل (4): مبادرات البحث والتطوير والابتكار في وزارة البيئة والمياه والزراعة

وتمثل هذه الأهداف الاستراتيجية مجتمعةً الركيزة الأساسية لاستراتيجية البحث والتطوير والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة، وتهدف إلى تعزيز كفاءة المنظومة وتمكينها مؤسسيًا من خلال معالجة خمس مجالات تمكينية رئيسية، بما يؤدي إلى تحقيق مخرجات ملموسة مرتبطة بها.

التمويل والاستثمارات
توفير الموارد المالية واستقطاب فرص الاستثمار لدعم البحث والابتكار وتسويق التقنيات

رأس المال البشري
تطوير المهارات والخبرات والمواهب من خلال التعليم والتدريب وبرامج بناء القدرات لتعزيز الابتكار

السياسات واللوائح التنظيمية
وضع سياسات واضحة وإرشادات وأطر تنظيمية لتسهيل الابتكار وتسريع تبني التقنية

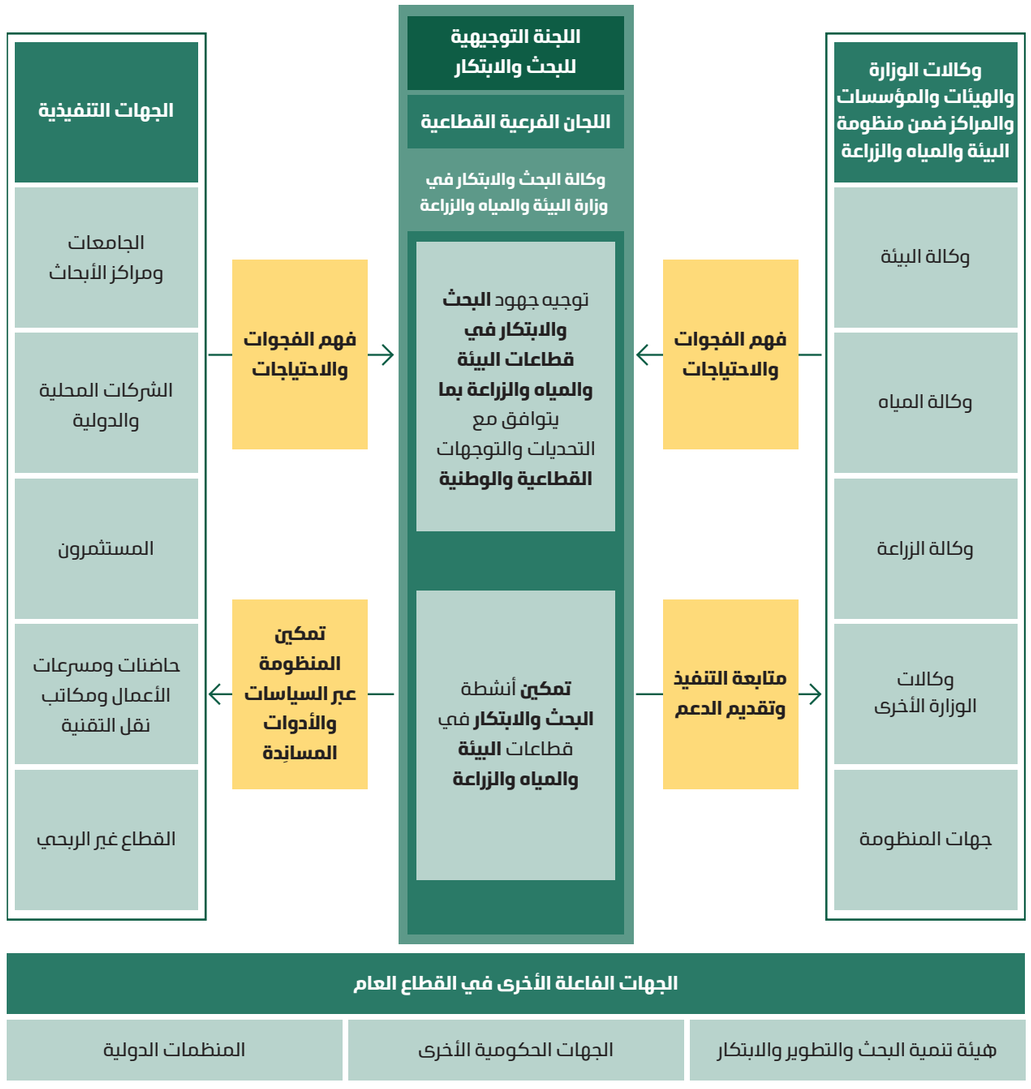
البنية التحتية والمنظومة
إنشاء مرافق مادية ورقمية، ومختبرات، ومنصات تقنية تدعم البحث والاختبار ونشر الابتكارات

الثقافة والتعاون
ترسيخ ثقافة التعاون ومشاركة المعرفة والابتكار بين أصحاب المصلحة لتقوية الروابط داخل المنظومة

ولضمان المتابعة والتقييم الفعّال للمبادرات الاستراتيجية الثماني عشرة ضمن الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار، جرى اعتماد مجموعة من مؤشرات الأداء الرئيسية. وتوفّر هذه المؤشرات إطارًا شاملاً لرصد تقدم الخطة من خلال قياس:

- مدى تعزيز منظومة البحث والابتكار عبر التمويل وبناء القدرات والدعم التنظيمي،
- مستوى الدعم المقدّم لتطوير التقنيات الابتكارية الواعدة ذات الأثر المستقبلي،
- مستوى التفاعل والمشاركة داخل منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال الشراكات والأنشطة التوعوية.

ولضمان تكامل الجهود على مستوى المنظومة وتحقيق الأثر المنشود، تم تطوير نموذج تشغيلي يحدّد آليات التفاعل والتكامل بين أصحاب المصلحة الرئيسيين في المنظومة (الشكل 5). تقوم اللجنة التوجيهية للبحث والابتكار في الوزارة والجهات التابعة لها، إلى جانب اللجان الفرعية لتطوير الحلول التقنية المبتكرة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة ووكالة البحث والابتكار في الوزارة، بتوجيه منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال التفاعل مع المؤسسات الحكومية والخاصة والأكاديمية، لفهم احتياجاتها وتمكينها من تنفيذ برامج البحث والتطوير والابتكار بكفاءة، ودفع عجلة تطوير المنظومة وتحقيق أثر مستدام.



الشكل (5): النموذج التشغيلي

5. قياس أثر البحث والابتكار في منظومة البيئة والمياه والزراعة

5.1 - المنهجية المتبعة

لتقييم أثر الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار، تم اعتماد إطار منهجي شامل – كما هو موضح في الشكل (6) يتكوّن من أربع مراحل رئيسية تشمل: المدخلات، والمخرجات، والنتائج، والأثر.

المدخلات

المبادرات الاستراتيجية التي تنفذها **منظومة البحث والتطوير والابتكار** في قطاعات **البيئة والمياه والزراعة**

المخرجات

المخرجات التنفيذية المباشرة الناتجة عن **تنفيذ المبادرات الاستراتيجية**

النتائج

إسهام المبادرات الاستراتيجية في تحقيق **مؤشرات الأداء** المحددة ضمن **الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار**

الأثر

الإسهام في مؤشرات الأداء الرئيسية للاستراتيجيات الوطنية

- الاستراتيجية الوطنية للبيئة
- الاستراتيجية الوطنية للمياه
- الاستراتيجية الوطنية للزراعة
- الأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار
- الاستراتيجية الوطنية للتقنية الحيوية

الأثر الاقتصادي

- إجمالي القيمة المضافة
- الإنتاج
- الميزان التجاري
- الوظائف المستحدثة

الشكل (6): إطار تقييم الأثر

المدخلات:

تشمل المدخلات الجهود المتكاملة المنفذة ضمن الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة، والهادفة إلى دفع منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. وتضم هذه الجهود، على وجه التحديد، أكثر من 280 برنامجًا نوعيًا أطلقتها جهات المنظومة ضمن 18 مبادرة استراتيجية واردة في الخطة التنفيذية.

المخرجات:

تمثل المخرجات المحصلة المباشرة التي تحققها كل مبادرة في مجالات التمكين الخمسة، إذ تعكس ما تنتجه البرامج من أنشطة وخدمات وإنجازات، مع إبراز المساهمات الملموسة لكل منها.

النتائج:

تعبّر النتائج عن مدى إسهام البرامج في تحقيق مؤشرات الأداء الرئيسية، ومدى نجاحها في بلوغ أهدافها المحددة وإحداث التغييرات المرجوّة في المجالات المستهدفة، بما يمهّد الطريق نحو تحقيق الأثر طويل المدى في قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

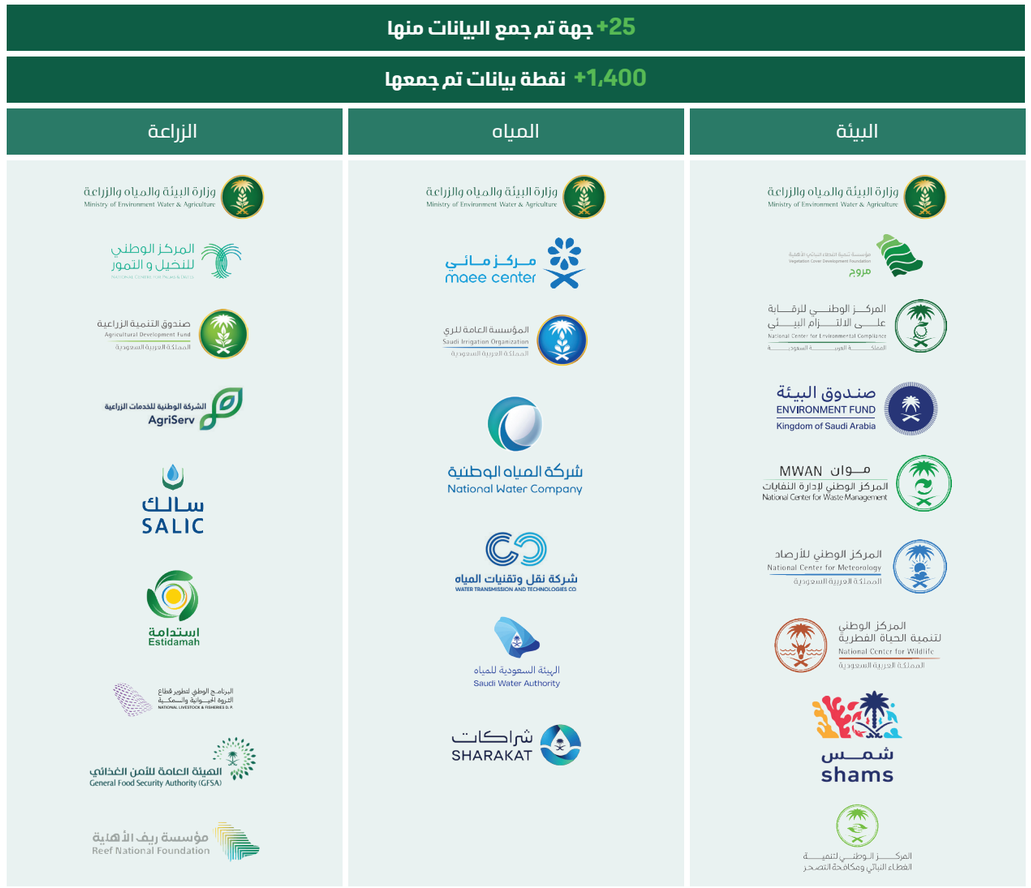
الأثر:

يقسم الأثر إلى فئتين:

- **تحقيق مستهدفات الاستراتيجيات الوطنية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة:** يُبرز تأثير مبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار على خمس استراتيجيات وطنية، من خلال مساهمتها في تحقيق مؤشرات الأداء الرئيسة (KPIs) وتشمل: الاستراتيجية الوطنية للبيئة، والاستراتيجية الوطنية للمياه، والاستراتيجية الوطنية للزراعة، والأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار، والاستراتيجية الوطنية للتقنية الحيوية.
- **الأثر الاقتصادي:** يعكس المساهمة الاقتصادية لمبادرات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات المياه والزراعة، بما في ذلك تأثيرها على القيمة المضافة الإجمالية أي مساهمتها في الناتج المحلي الإجمالي، إضافة إلى أثرها على إنتاج السلع والخدمات، والميزان التجاري، وتوفير فرص العمل.

يشكّل هذا الإطار نهجًا متكاملًا لتقييم مبادرات وبرامج منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، حيث يرصد نتائجها من خلال مؤشرات الأداء الرئيسة، ويقيس إسهامها في تحقيق الأهداف الوطنية، ويحدد أثرها الاقتصادي.

ولتقييم أثر المبادرات المدرجة ضمن خطة تنفيذ البحث والتطوير والابتكار، تم تنفيذ عملية شاملة لجمع البيانات على مستوى منظومة البحث والتطوير والابتكار (الشكل 7)، شملت جميع برامج البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة التي أطلقتها جهات المنظومة. وقد شاركت في هذه العملية أكثر من 25 جهة عبر القطاعات الثلاثة، وتم تجميع أكثر من 1,400 نقطة بيانات.



الشكل (7): الجهات المشاركة في عملية جمع البيانات

5.2 - المبادرات الإستراتيجية للبحث والتطوير والابتكار

أ. توجيه منظومة البحث والتطوير والابتكار

المدخلات

تعمل وكالة البحث والابتكار على توجيه مبادرات الابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة لدعم الأهداف الوطنية للمملكة. ولتحقيق ذلك، تم إنشاء إطار حوكمة شامل لتوجيه عملية صنع القرار وتحديد الأولويات، كما تم تطوير آلية تمويل تهدف إلى توجيه الموارد من مصادر متعددة نحو أنشطة البحث والتطوير والابتكار في هذه القطاعات.

إضافةً إلى ذلك، تم إعداد خرائط طريق لنشر التقنيات، تحدّد مجموعات التقنية القادرة على مواجهة التحديات الحالية والمستقبلية، مدعومةً بمنصة متخصصة للاستشراف والرصد التقني لضمان متابعة التوجهات العالمية. ومن خلال هذه الجهود المتكاملة، تُضمن مواءمة أنشطة الابتكار مع رؤية المملكة بعيدة المدى وأولوياتها الاستراتيجية، مع تحقيق استجابة فعّالة للتحديات المختلفة في القطاعات المستهدفة.

المخرجات

تأسيس أربع لجان حوكمة تشمل: اللجنة التوجيهية للبحث والابتكار في الوزارة والجهات المرتبطة بها، وثلاث لجان فرعية لتطوير الحلول التقنية المبتكرة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، بالإضافة إلى لجان متخصصة لمعالجة موضوعات محددة، مثل اللجنة التنفيذية للتقنية الحيوية	تطوير آلية تمويل شاملة مدعومة بخطة عمل تفصيلية تُحدد الأدوار والمسؤوليات	إنشاء المنصة الوطنية لاستشراف البحث والابتكار للاستدامة (نبراس)، التي تُبرز أحدث الابتكارات والتقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة
تطوير 3 خرائط طريق لتبني التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، تتناول التحديات القطاعية وتربطها بمجموعات التقنيات المناسبة لمعالجتها	إصدار 4 تقارير قطاعية، بما في ذلك تقارير توجهات الابتكار في المياه والزراعة وتقرير توجهات الاستثمار في البحث والتطوير والابتكار في للاستدامة	توضيح مهام البحث والتطوير والابتكار في قطاع المياه ووضع منهجية تصميمها بمشاركة أكثر من 60 خبيرًا

النتائج

بناءً على هذه المخرجات، حققت منظومة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة نتائج ملموسة وقابلة للقياس، تعكس فاعلية هذه المبادرات وأثرها الحقيقي على أرض الواقع، وذلك على النحو التالي:

51 تحدياً تم التعامل معه من خلال مشاريع البحث والتطوير والابتكار القائمة

الأثر

يمتد أثر هذه الجهود إلى ما هو أبعد من المواءمة الاستراتيجية، إذ يُترجم إلى مكاسب اقتصادية ملموسة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. وبناءً على التقييم الذي أُجري لقياس الأثر، فمن المتوقع أن تسهم هذه المبادرات والبرامج في زيادة الانتاج القطاعي، ورفع إجمالي القيمة المضافة، وتعزيز الميزان التجاري، وتوفير فرص عمل، بما يعكس فوائد واضحة للمنظومة في قطاعي المياه والزراعة. وقد أسهمت هذه المبادرات في دعم الاستراتيجيات الوطنية، في مقدمتها الاستراتيجية الوطنية للبيئة، واستراتيجية المياه الوطنية، والاستراتيجية الوطنية للزراعة، وذلك من خلال ضمان توافق أولويات الابتكار مع تحديات القطاع بصورة منهجية ومنظّمة. كما امتد هذا الأثر ليشمل الأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار، عبر تهيئة البيئة المناسبة لتنمية الإنفاق في مجال البحث العلمي.

أ-1 إطار حوكمة البحث والتطوير والابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

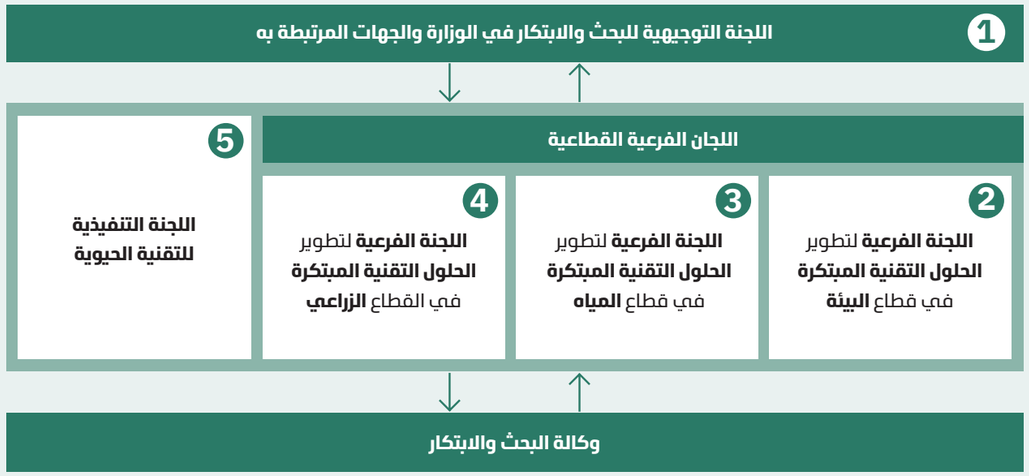
نبذة تعريفية: إطار حوكمة شفاف وفعّال يحدد الأدوار والآليات اللازمة لتحديد مجالات التركيز التقني في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، بما يتوافق مع الأولويات الوطنية والقطاعية، وتحفيز أصحاب المصلحة في منظومة البحث والتطوير والابتكار عبر مواءمة المصالح وتبادل المعرفة والتفاعل الديناميكي.

أبرز المخرجات: اعتماد أربع لجان (الشكل 8):

اللجنة التوجيهية للبحث والابتكار في الوزارة والجهات المرتبطة بها:
تتولى رسم التوجه العام للبحث والتطوير والابتكار وتضمن توافقه مع الأولويات الوطنية

3 لجان فرعية لتطوير الحلول التقنية المبتكرة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة:
تعمل على تحديد الأولويات والتحديات والاحتياجات الخاصة بكل قطاع، مع ضمان توافق جهود القطاع مع أهداف المنظومة الأوسع

اللجنة التنفيذية للتقنية الحيوية:
تتولى تنسيق وتوجيه الجهود الوطنية في مجال التقنية الحيوية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة



الشكل (8): إطار حوكمة منظومة البحث والتطوير والابتكار لقطاعات البيئة والمياه والزراعة

أ-2 آلية توجيه التمويل للبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: تم إنشاء آلية لتوجيه التمويل تهدف إلى توجيه الموارد من مصادر متنوعة نحو أنشطة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، التي تنفذها الجهات العامة والخاصة ضمن منظومة الوزارة.

وتركّز هذه الآلية على إعطاء الأولوية للبرامج بناءً على إمكاناتها وأثرها المتوقع ومدى توافقها مع مجالات التركيز التقنية في القطاعات المستهدفة. وقد بدأ تطوير هذه الآلية من خلال مراجعة أفضل الممارسات العالمية في منظومات البحث والتطوير والابتكار، بهدف تحديد النماذج الأكثر فاعلية، أعقب ذلك تفاعل شامل مع أصحاب المصلحة ورسم خرائط لتقييم الآليات الحالية داخل المملكة. وبناءً على هذه الرؤى، تم تحديد الخصائص الرئيسية وآليات التمويل المصممة خصيصًا لتلبية احتياجات منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، إلى جانب تقييم نماذج التفاعل من حيث سهولة التنفيذ والأثر المتوقع.

أبرز المخرجات:

آلية تمويل مصحوبة بخطة عمل تفصيلية تتضمن أدوارًا ومسؤوليات محددة

آلية قيد التطوير لتوجيه تمويل القطاع الخاص نحو برامج البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، تكاملًا مع تمويل الوزارة

تحديد 30 جهة مانحة محتملة عالية الأثر في إطار المسؤولية الاجتماعية للشركات (CSR) عبر القطاعات الثلاثة

تصميم 8 برامج ذات جدوى عالية لتوليد الإيرادات من مبادرات البحث والتطوير والابتكار عبر الأهداف الأربعة

تصميم آلية تمويل لدعم برامج تجريب التقنيات

إطار مؤسسي يتيح للقطاع الخاص رعاية برامج بناء القدرات وتنمية الكفاءات

تعهد القطاع الخاص باستثمارات بقيمة 4 مليارات ريال سعودي خلال أسبوع الابتكار للاستدامة

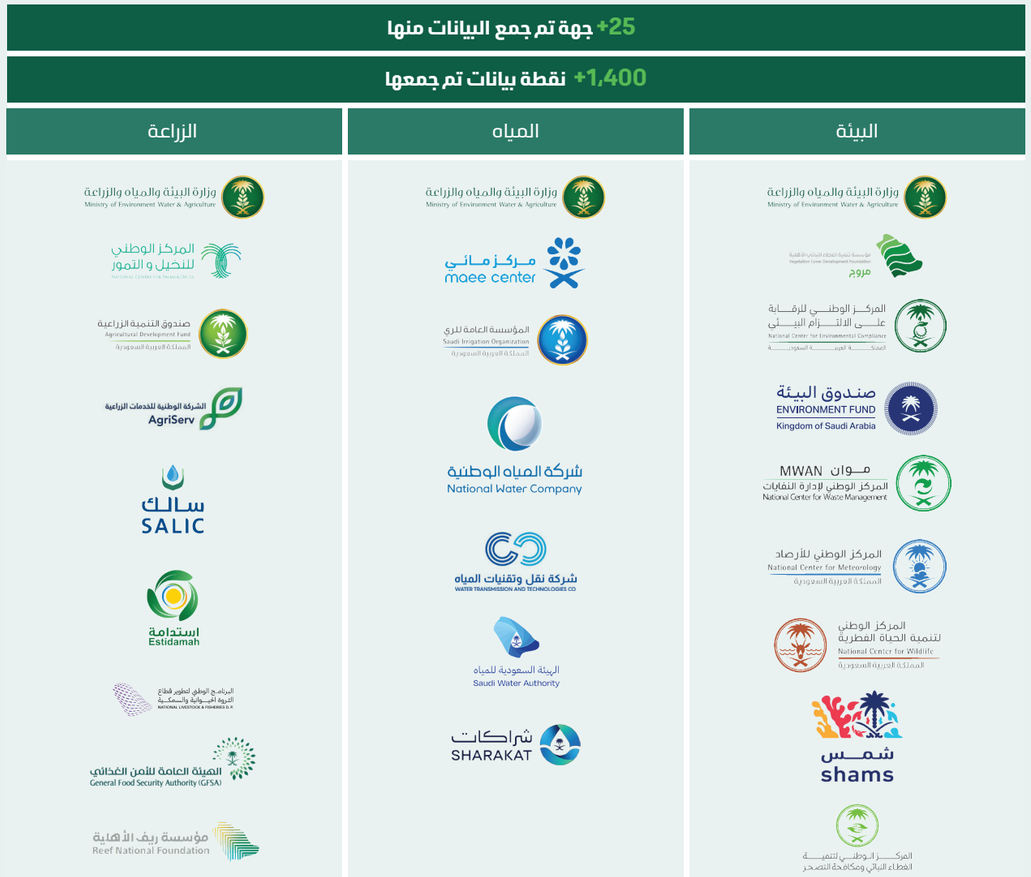
تصميم إطار تمويلي يهدف إلى تسهيل حصول المستفيدين على القروض المصرفية لتبني التقنيات، بالشراكة مع أحد البنوك التجارية وصندوق البيئة

3-أ تقييم قدرات وأداء منظومة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: نظام مصمم لقياس ومراقبة أداء منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، وتقديم رؤية دقيقة وشفافة عن حالة البحث والابتكار في هذه القطاعات، بهدف دعم اتخاذ القرارات المبنية على بيانات موثوقة.

وفي هذا السياق، ومن أجل تقييم أثر المبادرات المدرجة في خطة البحث والابتكار التنفيذية، تم إجراء تمرين شامل لجمع البيانات على مستوى المنظومة، شمل جميع برامج البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة التي أطلقتها الوزارة والجهات المرتبطة بها :

- مشاركة أكثر من **25** جهة تشمل الوزارة والجهات المرتبطة بها (الشكل 9)
- جمع **1,400** نقطة بيانات
- تحليل **280** برنامجاً للبحث والتطوير والابتكار



الشكل (9): الجهات التي جُمعت منها البيانات

4-أ رصد واستشراف التقنية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: تهدف مبادرة رصد واستشراف التقنية إلى تقديم رؤية دورية وشاملة حول الحلول والتقنيات الواعدة في مجالات البحث والتطوير والابتكار، إلى جانب تحليل السياسات و توجهات الاستثمار المناسبة لمواجهة التحديات واستثمار الفرص في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. كما تسهم المبادرة في دعم منظومة البحث والتطوير والابتكار من خلال تقديم خدمات استشارية متخصصة لأصحاب المصلحة.

أبرز المخرجات:

- إطلاق المنصة الوطنية لاستشراف البحث والابتكار للاستدامة (نبراس) (الشكل 10) التي تستعرض أحدث الابتكارات والتقنيات القطاعية، وتقدّم خدمات استشارية لأصحاب المصلحة في المنظومة
- نشر 4 تقارير قطاعية، بما في ذلك تقارير توجهات الابتكار في المياه والزراعة وتقرير توجهات الاستثمار في البحث والتطوير والابتكار في للاستدامة
- دراسة تقييم أثر أنشطة البحث والتطوير في تقنيات الزراعة وتقنيات تحلية المياه

الشكل (10): إطلاق منصة نبراس

دراسة حالة:

المنصة الوطنية لاستشراف البحث والابتكار للاستدامة (نبراس)

الأهداف:

- استشراف توجهات البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة
- دعم اتخاذ القرار من خلال التحليل القائم على البيانات والرصد المستمر
- جذب الاستثمارات ودعم تبنّي التقنيات الناشئة بكفاءة

الخصائص الرئيسة:

- توفير 100 مليون نقطة بيانات دقيقة ومحدّثة
- إصدار تقارير دورية
- توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي وتحليلات البيانات الضخمة لتقديم رؤى مستقبلية
- الاعتماد على 10,000 مصدر بيانات في عمليات الجمع والتحليل

المستفيدون:

- المستثمرون
- القيادات وصنّاع السياسات ومتخذو القرار
- الباحثون والعلماء
- المبتكرون ورواد الأعمال

أ-5 خارطة طريق نشر التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: ثلاث خرائط طريق تهدف إلى تحديد التقنيات ذات الأولوية، وترتيبها، ووضع الجدول الزمني لنشرها وتطبيقها ضمن مجالات التركيز في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، بما يتوافق مع التحديات والفرص القطاعية.

وتوفّر هذه الخرائط إطارًا منهجيًا منظمًا لتوجيه تبنّي التقنيات، بما يضمن توجيه جهود الاستثمار والابتكار نحو المجالات الأعلى أثرًا (الشكل 11 - الرابط في الملحق 3 لمزيد من التفاصيل).

نظرة عامة على المنهجية: تم تطوير الخرائط من خلال عملية دقيقة قائمة على البيانات، شملت أكثر من 100 مشارك من صُنّاع القرار والباحثين والخبراء القطاعيين. واعتمدت المنهجية على تحليل جانب الطلب عبر تحديد 51 تحديًا في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، وتحليل جانب العرض من خلال رصد 350 تقنية ذات صلة عالميًا، أعقب ذلك تقييم شامل لتحديد مستوى الأثر وسهولة التطبيق لكل تقنية، بما يتيح تحديد أولويات التنفيذ.

أبرز المخرجات:

- تم تحديد 51 تحديًا قطاعيًا (25في البيئة، 16 في المياه، و10 في الزراعة)
- تم تحديد 350 تقنية لمعالجة هذه التحديات، جُمعت ضمن 60 مجموعة تقنية (الشكل 12، الشكل 13، الشكل 14)
- تم اختيار 30 مجموعة تقنية للدعم من بين أكثر من 60 مجموعة محددة، مع إعطاء الأولوية لـ 14 مجموعة تقنية في المرحلة الأولى

الشكل (٦٦): خرائط تبني التقنية

المنهجية المتبعة: تم تنفيذ المنهجية وفق أربع خطوات رئيسية مترابطة على النحو التالي:

1. **تحديد التحديات:** حصر وتوثيق تحديات قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال جلسات تشاورية وتحليل الاستراتيجيات القطاعية.
2. **مسح التقنيات:** مراجعة قواعد البيانات العالمية والمحلية لتحديد أحدث التقنيات والحلول القابلة للتطبيق التي يمكن أن تعالج تلك التحديات.
3. **التقييم وتحديد الأولويات:** تقييم التقنيات بناءً على مستوى الأثر (قدرة التقنية على معالجة التحديات القطاعية) وسهولة التبني (مدى سرعة تطبيق التقنية على أرض الواقع).
4. **تصميم خارطة الطريق:** تحديد الجدول الزمني لنشر التقنيات على المدى القصير والمتوسط والطويل، مع تحديد المُمكّنات الرئيسة لكل مرحلة بما يضمن تنفيذًا فعّالًا ومستدامًا.

تنوع أحيائي		الأراضي والنباتات والتصحر			إدارة النفايات		مكافحة التلوث والامتثال			الأرصاد الجوية
النظم البيئية الأرضية	النظم البيئية البحرية والساحلية	أراضي المراعي	المنتزهات الوطنية	الغابات	صناعي	بلدي / طبي / أخر	تلوث الهواء	تلوث الماء	تلوث التربة	
1. تقنيات الحفاظ على النوع البيئي		**4.** تقنية تحسين النبات (التقنية الحيوية)			**11.** أجهزة وأنظمة ومركبات التجميع		**16.** منع تلوث الهواء والتخفيف من حدته	**17.** منع تلوث المياه والتخفيف من آثاره	**18.** منع تلوث التربة والتخفيف من آثاره	**20.** طرق الحصول على البيانات ومراقبتها
2. إدارة المناطق المحمية		**5.** تقنية البستنة			**12.** الفرز الآلي					**21.** التنبؤ بالطقس والمناخ
3. تقنيات متابعة الأنظمة البيئية		**6.** دعم التجدد الطبيعي للغطاء النباتي			**13.** المعالجة (بما في ذلك إعادة التدوير والتسميد واستعادة الطاقة)				**19.** مراقبة التلوث	**22.** تقنية تعزيز الطقس
		7. الحماية من التصحر			**14.** تقنية التخلص من النفايات					
		8. الري المبتكر للأشجار والنباتات البرية			**15.** مراقبة النفايات					
		9. إدارة أراضي الرعي								
		10. مراقبة الأراضي								

الشكل (12): الإطار التقني لقطاع البيئة

الإمداد		النقل والتوزيع	معالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها	الطلب
تقنية تحلية المياه وتقنيات الإمداد البديلة	تقنيات المياه الجوفية والمياه العذبة			
1. أنظمة التناضح العكسي المتقدمة	**6.** تقنية الحفاظ على مياه السطح	**10.** أجهزة الاستشعار الذكية	**13.** التقنيات التكيفية لإعادة استخدام مياه الصرف الصحي	**17.** الاستهلاك المبتكر للمياه
2. طرق تحلية المياه الجديدة (باستثناء التناضح العكسي)	**7.** تقنية المياه الجوفية	**11.** المواد الذكية	**14.** تقنية الاسترداد	**18.** الاستهلاك المبتكر للمياه في الصناعة
3. تعدين المياه المالحة	**8.** إدارة مستجمعات المياه ورصدها والتنبؤ بها	**12.** إدارة التسرب الذكية	**15.** العلاج المبتكر	**19.** الاستهلاك المبتكر للمياه في الزراعة
4. تحلية مياه البحر باستخدام الطاقات المتجددة			**16.** الاختبارات المبتكرة للمياه	
5. الإمدادات البديلة	**9.** تنقية المياه			
20. أنظمة التحكم الذكية في المياه				

الشكل (13): الإطار التقني لقطاع المياه

	البذور والتقاوي / التكاثر	الري / التغذية	إدارة التربة / التربة	الصحة والمراقبة	الحصاد والمسالخ	إدارة المخلفات	التوزيع وصناعة الأغذية
الإنتاج النباتي	1. الزراعة المحمية والتحكم البيئي						21. إمكانية تتبع سلسلة التوريد
	2. الزراعة والبذور المبتكرة	3. الزراعة الدقيقة				12. إدارة النفايات الزراعية	22. سلامة الأغذية ومراقبة الجودة
		4. التقنية الحيوية الزراعية وتحسين المحاصيل					23. حفظ الأغذية واستخراج قيمة مضافة من الفاقد
		5. الري وإدارة المياه	7. الأسمدة				24. الأغذية البديلة
			8. التسميد المائي				
			6. إدارة صحة التربة				
			9. المواد الكيميائية التقليدية لحماية المحاصيل				
			10. حماية المحاصيل المبتكرة				
	11. الأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار						
ثروة الحيوانية والسمكية	13. التكاثر والتربية	17. إدارة التغذية والأعلاف	18. إدارة جودة المياه	19. مراقبة الصحة وإدارة الأمراض		20. إدارة النفايات الحيوانية	
	14. تربية المواشي النموذجية						
	15. الإدارة المتكاملة للاستزراع المائي						
	16. أنظمة إعادة التدوير						

الشكل (٦٩): الإطار التقني لقطاع الزراعة

تم تحديد **14** مجموعة تقنية ذات أولوية على النحو التالي:

قطاع البيئة

1. مراقبة النظم البيئية
2. دارة المراعي الطبيعية
3. إدارة النفايات
4. تقنيات ري مبتكرة للأشجار والنباتات البرية

قطاع المياه

1. أنظمة التحلية المتقدمة بتقنية التناضح العكسي
2. الإدارة الذكية لتسربات المياه
3. معالجة مياه الصرف وإعادة استخدامها
4. تقنيات ري مبتكرة
5. حلول مبتكرة لترشيد استهلاك المياه في المنازل

قطاع الزراعة

1. إدارة الري والمياه
2. الإدارة المتكاملة للمزارع المائية
3. الزراعة المحمية والبيئات الزراعية الخاضعة للتحكم
4. حفظ الأغذية وإعادة تدوير المخلفات الزراعية وتحويلها لقيمة مضافة
5. الطائرات بدون طيار وصور الأقمار الصناعية

أ-6 تخطيط وتنسيق مهام البحث والتطوير والابتكار المتعلقة بقطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: مبادرة تهدف إلى تطوير خطط تنفيذية مفصلة للأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار تحت إشراف وزارة البيئة والمياه والزراعة، وتفعيل آليات التنسيق مع الجهات المنفذة بما يتوافق مع إطار حوكمة البحث والابتكار بالوزارة، ورصد وتقديم تقارير عن تقدم المهام ومستوى الإنجاز.

وفي هذا السياق، ومن أجل تقييم أثر المبادرات المدرجة في خطة البحث والابتكار التنفيذية، تم إجراء جهود شاملة لجمع البيانات على مستوى المنظومة، تشمل جميع برامج البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة التي أطلقتها الجهات الفاعلة في المنظومة:

- إنشاء إدارة مخصصة لتخطيط وتنسيق المهام الوطنية للبحث والابتكار
- توضيح مهام البحث والتطوير والابتكار في قطاع المياه ووضع منهجية تصميمها بمشاركة أكثر من 60 خبيرًا

ب. تحسين التعاون والترابط وتعزيز الوعي

المدخلات

تُعد الروابط القوية وثقافة التعاون من العناصر الأساسية لتعزيز البحث والابتكار عبر جميع القطاعات. وفي قطاعات البيئة والمياه والزراعة على وجه الخصوص، يعتمد النجاح على شراكات متينة بين الجهات الحكومية والجامعات والمراكز البحثية، والقطاعين العام والخاص.

لتحفيز هذه المنظومة، تقوم الوزارة والجهات المرتبطة بها ببناء تحالفات استراتيجية، وإنشاء تجمعات للابتكار، وإطلاق مراكز تربط أصحاب المصلحة الرئيسيين. ويُعد التحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء (SAFTA) مثالًا رائدًا على هذا النهج، حيث يجمع بين مؤسسات وطنية ودولية بارزة لتسريع نقل المعرفة ودفع توطين الحلول المتقدمة. وتعمل المنظومة على تطوير نماذج قابلة للتكرار للتعاون، من خلال التحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء ومبادرات مماثلة، بما يعزّز الأثر الجماعي ويُرسّخ مكانة المملكة كمركز إقليمي رائد لشراكات الابتكار.

علاوةً على ذلك،أوليت مبادرات التوعية اهتماماً بالغاً، حيث أسهمت الحملات الموجهة، والهاكاثونات التفاعلية، والفعاليات المؤثرة، والمنشورات المتخصصة في الوصول إلى شرائح واسعة من المجتمع، وإشراك فئات متنوعة، وتحفيز الإبداع، وبناء زخم مستدام للمشاركة في أنشطة البحث والابتكار. كما تكاملت جهود التوعية مع تطوير الشراكات، من خلال ضمان أن تكون فرص الابتكار واضحة، ومتاحة، وشاملة للجميع في منظومة البيئة والمياه والزراعة بأكملها.

المخرجات

إطلاق مبادرة التحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء (SAFTA)، وهو تحالف مخصص للابتكار والتقنية في قطاع الزراعة، يضم أكثر من 140 عضوًا نشطًا من 12 بلد	إطلاق مبادرة الشريط المائي (Water STRIP)، وهي منصة ابتكار متخصصة في مجال المياه تعمل كمركز للتعاون البحثي، وتجربة التقنيات، وتعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص	إقامة 6 شراكات استراتيجية مع مؤسسات رائدة في القطاع الخاص والأكاديمي، لتعزيز التكامل بين البحث والابتكار والفرص الاستثمارية ومن أبرزها الشراكة الاستراتيجية مع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية	توقيع مذكرة تفاهم بين وزارة البيئة والمياه والزراعة ووزارة الزراعة والثروة السمكية والأمن الغذائي والطبيعة في مملكة هولندا، لتعزيز التعاون في تبنّي وتوطين الابتكارات والتقنيات المتقدمة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، مما أسهم في استقطاب استثمارات تتجاوز 1.5 مليار ريال سعودي
تطوير 4 برامج تحفيزية للطلبة والباحثين والمبتكرين من قبل جهات المنظومة، تهدف إلى ترسيخ ثقافة البحث والابتكار وتعزيزها في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	تنفيذ أكثر من 95 نشاطًا توعويًا شملت فعاليات عامة، ومعارض، وورش عمل، وندوات، ومنشورات، لتعزيز الوعي بالبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	تنظيم 25 ندوة إلكترونية لتعزيز الوعي بالبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	

النتائج

نتيجة لتنفيذ هذه البرامج، حققت المنظومة نتائج ملموسة تعكس مدى اتساع نطاق المشاركة والتفاعل عبر قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

245 شريكاً أسهموا بفعالية في منصات البحث والتطوير والتحالفات

+256,000 فرداً تم إشراكهم من خلال أنشطة التواصل في مجال البحث والتطوير والابتكار

الأثر

يمتد أثر هذه الجهود إلى ما هو أبعد من رفع الوعي وتعزيز التعاون، حيث يترجم إلى فوائد اقتصادية وقطاعية ملموسة. وبناءً على تقييم الأثر الذي تم إجراؤه، يُتوقع أن تسهم هذه المبادرات والبرامج في زيادة الناتج القطاعي، وتعزيز القيمة المضافة الإجمالية، وتحسين الميزان التجاري، ودعم خلق فرص العمل في قطاعي المياه والزراعة.

وتمتد إسهامات هذه المبادرات لتدعم الاستراتيجيات الوطنية الكبرى، وفي مقدمتها الاستراتيجية الوطنية للبيئة، واستراتيجية المياه الوطنية، والاستراتيجية الوطنية للزراعة، من خلال تعزيز مؤشرات المحتوى المحلي وتوليد فرص عمل مباشرة للكوادر الوطنية. كما تُسهم في دفع مسيرة الأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار عبر تنشيط الشراكات بين الجامعات والقطاع الخاص.

ب-1 إعداد وتأطير شراكات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: إطار للشراكات يشجع على المشاركة الفعالة لكيانات منظومة البيئة والمياه والزراعة في شراكات قائمة على النتائج، مثل التحالفات الصناعية، والتعاون الأكاديمي، والشراكات الثنائية مع القطاع الخاص، والتحالفات الحكومية الدولية.

أبرز المخرجات:

- مشاركة 190 شريكًا عبر جميع برامج البحث والتطوير والابتكار، بما في ذلك المراكز والتحالفات
- إطلاق مبادرة التحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء (SAFTA)، وهو تحالف مخصص للابتكار والتقنية في قطاع الزراعة، يضم أكثر من 140 عضوًا نشطًا من 12 بلد (الشكل 15)
- إطلاق مبادرة الشريط المائي (Water STRIP)، وهي منصة ابتكار متخصصة في مجال المياه تعمل كمركز للتعاون البحثي، وتجربة التقنيات، وتعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص
- إقامة 6 شراكات استراتيجية مع مؤسسات رائدة في القطاع الخاص والأكاديمي، لتعزيز التكامل بين البحث والابتكار والفرص الاستثمارية ومن أبرزها الشراكة الاستراتيجية مع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية
- توقيع مذكرة تفاهم بين وزارة البيئة والمياه والزراعة ووزارة الزراعة والثروة السمكية والأمن الغذائي والطبيعة في مملكة هولندا، لتعزيز التعاون في تبنّي وتوطين الابتكارات والتقنيات المتقدمة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، بما يسهم في استقطاب استثمارات تتجاوز 1.5 مليار ريال سعودي

وعلاوةً على ذلك، وفي إطار الاعتراف الدولي بمبادراتها في تعزيز آليات التنفيذ وترسيخ الحوكمة الابتكارية والشراكات الاستراتيجية، حصلت وزارة البيئة والمياه والزراعة على جائزة الاستدامة العالمية (الشكل 16) عن الهدف السابع عشر من أهداف التنمية المستدامة (SDG 17) «عقد الشراكات لتحقيق الأهداف»

الشكل (15): التحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء

الشكل (16): جائزة الاستدامة العالمية

شهادة تقدير:

"تتقدّم Dutch Greenhouse Delta بخالص التقدير إلى التحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء (SAFTA) تقديرًا لجهودهم المتميزة والتزامهم الراسخ بتعزيز الحلول المستدامة في قطاع الأغذية والزراعة بالمملكة العربية السعودية.إن التزامهم بتشجيع الابتكار والتعاون يتماشى تمامًا مع رؤيتنا المشتركة لدعم أهداف الأمن الغذائي وإدارة المياه في المنطقة. ونتطلع إلى مواصلة هذه الشراكة البنّاءة نحو تحقيق حلول زراعية مؤثرة ومستدامة لمستقبلٍ أكثر ازدهارًا."

DUTCH GREENHOUSE DELTA

دراسة حالة:

الشراكة الاستراتيجية بين وزارة البيئة والمياه والزراعة وجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية

في إطار خطة الشراكة مع القطاع الأكاديمي، أنشأت وكالة البحث والابتكار شراكة استراتيجية مع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية بهدف تعزيز مشاريع البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. وتشمل هذه المشاريع مجالات متعددة مثل البحوث التطبيقية والدراسات العلمية، وتطوير التقنيات، واختبارها وتجريبها في مرافق ومنشآت مخصصة، وصولًا إلى نشر الحلول المثبتة والناجحة.

محفظة المشاريع

13 مشروعًا منجزًا

35 مشروعًا جارٍ

18 مشروعًا مخططًا لها

أبرز المشاريع:

تطوير التقنيات الحيوية للطحالب في المملكة العربية السعودية (DABKSA) يهدف هذا

المشروع إلى تأسيس صناعة وطنية للتقنيات الحيوية المعتمدة على الطحالب في المملكة، من خلال الاستفادة من الطحالب الدقيقة والطحالب البحرية المحلية لإنتاج أعلاف حيوانية مستدامة.

أبرز المخرجات:

- إنشاء أول مصنع من نوعه في دول مجلس التعاون الخليجي على مساحة **4.2 هكتار** وبطاقة إنتاجية تصل إلى **100 طن**
- الإسهام في تعزيز الأمن الغذائي عبر توفير ما يُتوقع أن يبلغ **3.16 مليون طن** من المواد الخام لأعلاف الحيوانات بحلول عام 2030
- تحقيق أثر بيئي إيجابي من خلال امتصاص ما يُقدّر بـ **32,120 طنًا** من ثاني أكسيد الكربون بحلول عام 2030
- بناء القدرات الوطنية عبر تنفيذ أكثر من **10** برامج تدريبية متخصصة

تحويل علوم المناخ إلى جاهزية استراتيجية لمستقبل المملكة: مشروع إنشاء مركز التغير المناخي (CCC)

يُعد مركز التغير المناخي (الشكل 17) المنصة الوطنية لعلوم المناخ في المملكة، حيث يدمج الرصد والتنبؤ والبحث العلمي لتعزيز القدرة على التكيّف والصمود في قطاعات المياه والطاقة والزراعة، فضلاً عن البنية التحتية الوطنية الحيوية.

الأهداف:

- توفير بيانات مناخية دقيقة وتنبؤات آنية وأنظمة إنذار مبكر للمملكة
- دعم صنع القرار من خلال توجيه إجراءات الجهات الحكومية والقطاع الخاص لتعزيز السلامة العامة والاستدامة
- دفع البحث والابتكار عبر تطوير دراسات التغير المناخي ونماذج الطقس المتقدمة
- تعزيز الريادة البيئية من خلال مبادرات نوعية مثل مبادرتي السعودية الخضراء والشرق الأوسط الأخضر

أبرز المخرجات:

- إعداد **أكثر من 14** دراسة علمية قائمة على البيانات والتحليل المتقدم
- نشر **22** بحثًا علميًا في مجلات عالمية عالية التأثير
- تنفيذ **14** دورة تدريبية متخصصة بمشاركة 194 متدربًا
- تنظيم ورش عمل وطنية وفعاليات دولية لإبراز ريادة المملكة في العمل المناخي
- تطوير نظام لرصد الجفاف ونظام للتنبؤات دون الموسمية، إلى جانب إعداد إسقاطات مناخية إقليمية، لتوفير معلومات مناخية موثوقة تدعم التخطيط الاستراتيجي

الشكل (17): مركز التغير المناخي (حفل الإطلاق)

ب-2 جوائز البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: مبادرة تهدف إلى تقديم مسابقات وجوائز تقديرية لتعزيز الابتكار، وترسيخ ثقافة البحث والتطوير والابتكار، وإبراز قصص النجاح المتميزة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

أبرز المخرجات: إطلاق أربعة برامج جوائز على مستوى منظومة القطاعات، صُممت خصيصًا لتعزيز ثقافة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

دراسة حالة:

تحدي الابتكار للاستدامة

تحدي الابتكار للاستدامة
Sustainability Innovation Challenge

تم تكريم ثلاث فرق فائزة ضمن تحدّي الابتكار للاستدامة (SIC)، الذي شهد مشاركة 623 موهبة شابة من الجامعات السعودية لتطوير حلول ابتكارية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة.

المشروع الفائز – VisiGround: نظام مبتكر للكشف الدقيق عن تسربات الأنابيب

نظرة عامة:

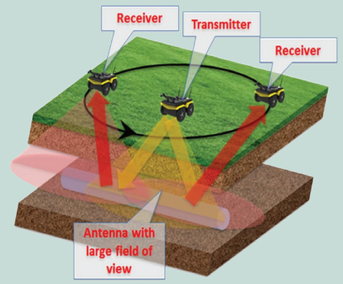
يُعد VisiGround (الشكل 18) نظامًا مبتكرًا يهدف إلى تحديد مواقع الأنابيب المدفونة والكشف عن التسربات بدقة دون الحاجة إلى الحفر، وذلك باستخدام تقنيات متقدمة لتصوير ما تحت سطح الأرض. ويُوفر هذا النظام حلاً فعالًا من حيث التكلفة لصيانة البنية التحتية لشبكات المياه.

الشكل (18): روبوت VisiGround

كيفية العمل:

يعتمد النظام على روبوت مركزي يقوم بإرسال إشارات تحت الأرض، بينما تلتقط روبوتات محيطة هذه الإشارات العائدة بوصفها مستقبلات (الشكل 19) ثم تُعالج البيانات وتُعرض عبر جهاز كمبيوتر أو هاتف ذكي.

ويستطيع النظام فحص كيلومتر واحد من الأنابيب، بسرعة مسح تبلغ 2.5 متر في الدقيقة، خلال نحو 6.7 ساعات وباستخدام وحدة واحدة، أو 3.3 ساعات باستخدام وحدتين.



الشكل (19): المبدأ التشغيلي لروبوت VisiGround

الفوائد المتوقعة:

1. **ترشيد المياه:** الكشف المبكر عن التسربات للحد من فقدان المياه
2. **الكفاءة الاقتصادية:** تقليل تكاليف الإصلاح والصيانة
3. **استمرارية التشغيل:** تجنّب الانقطاعات الناتجة عن أعمال الحفر مثل إغلاق الطرق
4. **حماية البيئة:** الحد من اضطراب التربة والمساحات الخضراء
5. **تحسين استخدام الموارد:** رفع كفاءة عمليات الفحص والصيانة
6. **سلامة ورفاه المجتمع:** تقليل التأثير على الحياة اليومية وتعزيز السلامة العامة

شهادة المشاركين:

تحدّي الابتكار للاستدامة

"كانت تجربة استثنائية بكل المقاييس المهنية، حيث أتاح لنا هذا البرنامج فرصًا واسعة للبحث وتطوير الأفكار وتحويلها من مجرد مفاهيم إلى إنجازات ملموسة ومتميزة. ونتقدّم بخالص الشكر لوزارة البيئة والمياه والزراعة على إتاحة هذه الفرصة القيّمة التي كان لها أثر كبير في تطوير قدراتنا وتمكيننا من الابتكار."

ب-3 تعزيز الوعي بالبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة – (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: يُعد برنامج التوعية بالبحث والتطوير والابتكار إحدى المبادرات الرئيسة التي تم تطويرها بالتعاون مع كيانات رئيسية في منظومة البيئة والمياه والزراعة، بهدف تعزيز ثقافة الابتكار وريادة الأعمال، وتسليط الضوء على قصص النجاح في القطاعات المستهدفة، من خلال حملات توعوية مستهدفة وفعاليات متنوعة.

أبرز المخرجات:

تنفيذ أكثر من **95** نشاطًا توعويًا شملت فعاليات عامة، ومعارض، وورش عمل، وندوات، ومنشورات، لتعزيز الوعي بالبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

عقد **25** ندوة إلكترونية لتعزيز الوعي بالبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (الشكل 20)

المشاركة كشريك استراتيجي في 3 مؤتمرات دولية، وهي: مؤتمر التقنيات الخضراء، وقمة MENAT 2025 للزراعة التجديدية، ومؤتمر الإبداع والتقنية والاستدامة

شهادة المشاركين:

أحد المشاركين في الندوة الإلكترونية بعنوان "الابتكار في قطاع معالجة المياه: مستقبل معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف في المملكة:"

"أتوجه بجزيل الشكر إلى وزارة البيئة والمياه والزراعة، ممثلةً في وكالة البحث والابتكار، على تنظيم هذه الندوة القيّمة التي تناولت موضوعًا محوريًا حول مستقبل معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف في المملكة. لقد كانت الندوة ثرية بالإسهامات العلمية والمعرفية، وأسهمت في تعزيز فهمنا للتقنيات والحلول المبتكرة في هذا المجال الحيوي. كما أود أن أعرب عن بالغ تقديري لوكالة البحث والابتكار على دعمها المستمر لمثل هذه المبادرات، التي تعزز الوعي وتدعم مسيرة الاستدامة في المملكة."

الشكل (20): الندوات الإلكترونية

ب-4 تنظيم الفعاليات الابتكارية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: تنظيم مؤتمرات ومنتديات تقنية سنوية تجمع أبرز مطوري تقنيات البيئة والمياه والزراعة عالميًا لعرض حلولهم أمام المستثمرين والمشترين والجمهور، بما يسهم في بناء شراكات فعالة، وتحفيز الابتكار، وتسريع اعتماد التقنيات المتقدمة في هذه القطاعات.

دراسة حالة:

أسبوع الابتكار في الاستدامة

شهد أسبوع الابتكار في الاستدامة (الشكل 21)، الذي عُقد خلال مؤتمر COP16 في الرياض، مشاركة نخبة من صنّاع السياسات، وقادة الاستدامة، وأبرز الأكاديميين، ورواد الاستثمار، بهدف تعزيز الحوار وتوسيع آفاق التعاون في مجال الاستدامة.

المحاور الرئيسة:

أولًا: الأمن الغذائي
- الزراعة الدقيقة
- إدارة المحاصيل والتربة
- البيئات الزراعية المحكومة
- مكافحة الآفات والأمراض
- الحد من فقد وهدر الغذاء
- الاسترزاع المائي
- الأغذية البديلة

ثانيًا: الأمن المائي
- كفاءة الحفاظ على المياه وترشيد استخدامها
- حلول مبتكرة لإنتاج المياه وإدارتها
- تحلية المياه
- معالجة المياه
- الري الذكي

الفئة المستهدفة:
- قادة الاستدامة
- روّاد الابتكار وريادة الأعمال
- العلماء والباحثون
- صنّاع السياسات والمختصون في تطويرها
- المستثمرون

الشكل (21): أسبوع الابتكار في الاستدامة

ج. تحفيز الطلب على تبني حلول التقنية والابتكار

المدخلات

أطلقت جهات منظومة قطاعات البيئة والمياه والزراعة سلسلة من البرامج الهادفة إلى تحفيز الطلب في السوق وتسريع تبنّي المنتجات والحلول الابتكارية، بما يخلق مسارات واضحة للانتقال من البحث إلى التطبيق العملي. وتشمل هذه البرامج إطلاق بيئة تنظيمية تجريبية تستهدف المنشآت الصغيرة والمتوسطة والشركات الكبرى، وتوفّر إطارًا مرنًا لتطوير التقنيات واختبارها مع تجاوز التحديات التنظيمية. كما تم إطلاق مبادرة للتجارب التطبيقية ومحطات العرض التقنية لتقديم دعم فني ومالي يمكّن من اختبار والتحقق من جدوى التقنيات الناضجة والواعدة. وتسهم هذه التدخلات المعتمدة على جانب الطلب في سد الفجوة بين تطوير الابتكار وتسويقه، بما يضمن وصول الحلول الواعدة إلى السوق بكفاءة أعلى وتحقيق أثر ملموس على أرض الواقع.

المخرجات

إطلاق برنامج البيئة التجريبية التنظيمية، الذي ساهم بدراسة **74** حالة تنظيمياً ووفّر الدعم لعدة مشاريع في جميع قطاعات البيئة والمياه والزراعة، مع اكتمال الدفعة الأولى وبدء الدفعة الثانية

المساهمة في تطوير معايير تنظيمية للفحم الحيوي (Biochar) والمياه الرمادية

تقديم الدعم ل **333** تقنية ابتكارية تغطي مختلف عناصر سلسلة القيمة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

النتائج

وبشكلٍ تكاملي، أسهمت هذه التدخلات في تمكين الاختبار الناجح ونشر مجموعة واسعة من الحلول التقنية الابتكارية، بما سهّل انتقالها من مرحلة التطوير إلى مرحلة التطبيق التشغيلي الفعلي داخل قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

127
تقنيةً تم تبنيها بما يتوافق مع مجالات التركيز التقنية للبحث والتطوير والابتكار، بدعم من الجهات المستفيدة (المشترين أو المستخدمين النهائيين)

27
شركةً تم دعمها من خلال البيئة التنظيمية التجريبية

18
أصلاً تمت حمايته فكرياً في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

الأثر

يتجلّى أثر هذه الجهود بشكل واضح في تسريع انتقال الابتكار من مرحلة التطوير إلى مرحلة التطبيق عبر قطاعات البيئة والمياه والزراعة. وبالإضافة إلى المكاسب الاقتصادية المقدّرة من خلال تقييم الأثر، والتي تشمل زيادة الناتج القطاعي، وتعزيز القيمة المضافة الإجمالية، وتحسين الميزان التجاري، وخلق فرص عمل، فقد أسهمت هذه المبادرات في دعم الاستراتيجيات الوطنية، ولا سيما استراتيجيات البيئة والمياه والزراعة، من خلال دعم اختبار التقنيات ونشرها في مجالات رفع كفاءة الري، وتعزيز تبنّي مصادر المياه البديلة، وترسيخ الاستدامة البيئية. كما تُسهم في مسيرة الأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار، عبر تحويل مخرجات البحث العلمي إلى تطبيقات تجارية قابلة للتوسع.

ج-1 تحسين وتطوير الأطر التنظيمية للابتكار والبيئة التشريعية التجريبية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: بيئة تنظيمية تجريبية تعالج العوائق التنظيمية التي تواجه الطلب على تقنيات وحلول البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، سواء من خلال تدخل مباشر أو عبر التنسيق مع الجهات التشريعية ذات العلاقة.

البيئة التنظيمية التجريبية
REGULATORY SANDBOX

إطلاق برنامج البيئة التجريبية التنظيمية، الذي ساهم بدراسة **74** حالة تنظيمياً ووفّر الدعم ل **27** شركة في جميع قطاعات البيئة والمياه والزراعة، مع اكتمال الدفعة الأولى وبدء الدفعة الثانية حاليًا

المساهمة في تطوير معايير تنظيمية خاصة بالفحم الحيوي (Biochar) والمياه الرمادية

دراسة حالة:

رحلة "إدامة" في برنامج البيئة التنظيمية التجريبية

تقدم شركة "إدامة" حلاً مبتكرًا لتحويل النفايات العضوية إلى سماد عالي الجودة ومحسّنات تربة تدعم الزراعة الصحراوية وتسهم في رفع إنتاجية المحاصيل في البيئات الجافة.

إدامة
EDAMA

التحديات الرئيسية التي واجهتها إدامة:

- تعدد الجهات المختصة في مراحل مختلفة من سلسلة القيمة، بدءًا من جمع النفايات ومعالجتها وصولًا إلى اعتماد المنتج النهائي
- عدم وضوح المتطلبات التنظيمية والتسلسل اللازم للحصول على جميع التراخيص والشهادات المطلوبة لتشغيل منشأة لإنتاج محسنات التربة من النفايات
- تعقيدات إضافية نتجت عن وجود منشأة إدامة داخل جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية، وما ترتب على ذلك من متطلبات خاصة
- متطلبات تنظيمية مجزأة للجهات المرتبطة بالمراكز البحثية، مما زاد صعوبة استيفاء جميع الشروط

الدعم المقدم عبر برنامج البيئة التجريبية:

- تنفيذ سلسلة من الاجتماعات المتخصصة مع الجهات التنظيمية لرسم المسار التشغيلي والتنظيمي الكامل
- تحديد المتطلبات الدقيقة للتصاريح والشهادات والتراخيص المطلوبة في مختلف مراحل سلسلة القيمة
- تقديم توصيات عملية لتوحيد وتسهيل المتطلبات الخاصة بالمنشآت المرتبطة بالبحث والابتكار
- تصميم خارطة طريق مفصلة تُمكّن إدامة من استيفاء جميع الموافقات والمتطلبات

قصة نجاح:

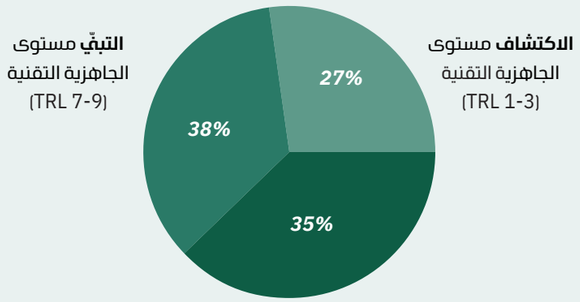
أثمرت تدخلات البيئة التجريبية عن توضيح المسار التنظيمي وإزالة العقبات، ما مكّن "إدامة" من الحصول على ترخيص إنتاج السماد من وكالة الزراعة. وبذلك استطاعت الشركة تشغيل منشأتها وطرح منتجاتها في السوق.

ج-2 تجريب وبرهنة التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

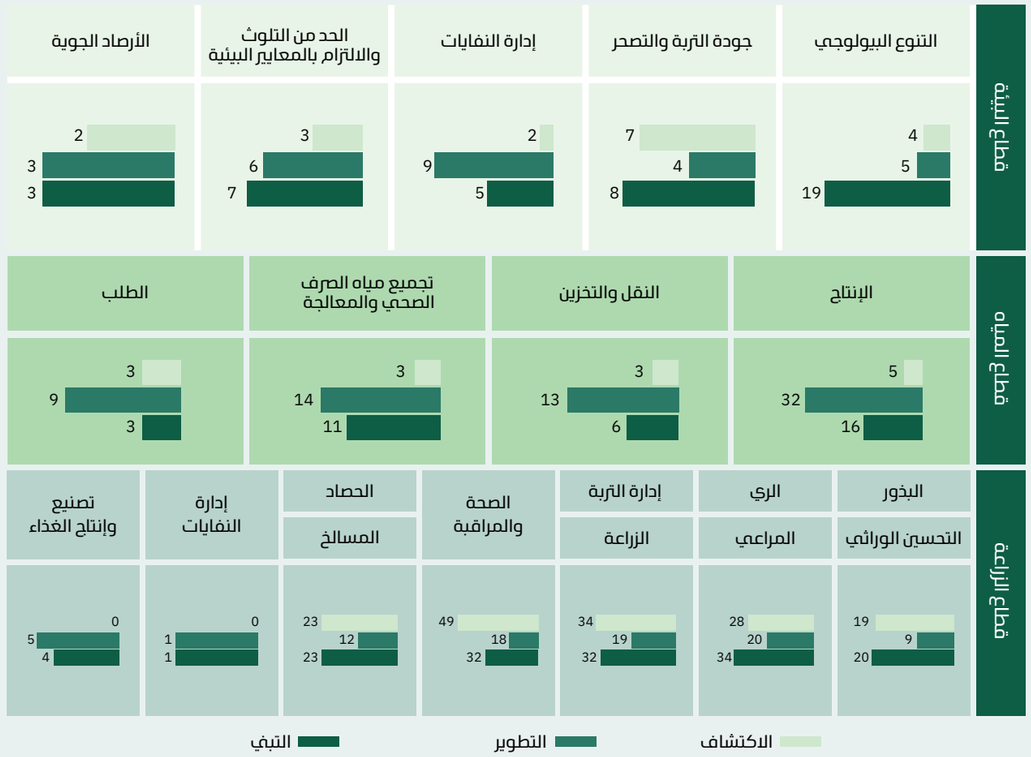
نبذة تعريفية: مبادرة تمكّن المبتكرين من اختبار والتحقق من التقنيات الجديدة في بيئات تشغيلية واقعية ضمن قطاعات البيئة والمياه والزراعة، بما يسهم في سد الفجوة بين البحث العلمي والتطبيق واسع النطاق. وتحظى المبادرة بدعم وزارة البيئة والمياه والزراعة وجهات المنظومة، حيث توفّر مظلة مؤسسية، وإتاحة مواقع تشغيلية لإجراء الاختبارات، إضافة إلى تعاون في متخصص. وتشمل المشاريع التجريبية الحالية حلولًا ابتكارية في مجالات: مكافحة سوسة النخيل الحمراء، وتقنية الحمأة الحبيبية الهوائية (AGS) لمعالجة المياه الرمادية، واستخدام المياه المحلاة للأغراض الزراعية.

أبرز المخرجات:

دعم **333** تقنية ابتكارية عبر مختلف عناصر سلسلة القيمة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة
(الشكل 22، الشكل 23)



الشكل (22): توزيع التقنيات حسب مستويات الجاهزية التقنية (TRL)



الشكل (23): توزيع التقنيات عبر قطاعات البيئة والمياه والزراعة، عناصر سلسلة القيمة، ومستويات الجاهزية التقنية

دراسة حالة:

تطوير حلول مبتكرة لمكافحة سوسة النخيل الحمراء في المملكة العربية السعودية

ما هي سوسة النخيل الحمراء؟

تُعدّ سوسة النخيل الحمراء من الآفات الزراعية المدمّرة التي تهاجم أشجار النخيل من خلال وضع بيضها داخل جذع الشجرة. وتقوم اليرقات بعد فقسها بحفر أنفاق داخل الجذع والتغذي على أنسجته، مما يؤدي إلى إعاقة تدفق المياه والمواد الغذائية داخل الشجرة. ومع مرور الوقت، تضعف الشجرة وتظهر عليها علامات الذبول واصفرار السعف، إلى أن تنهار بنيويًا بشكل كامل في حال عدم التدخل المبكر (الشكل 24).

وتُشكّل هذه الآفة تهديدًا كبيرًا للمملكة، التي تحتضن ما يقارب 34 مليون نخلة، وتحتل المرتبة الثانية عالميًا في إنتاج التمور، مما يجعل هذا القطاع الحيوي في مواجهة خطرٍ حقيقي يتطلب حلولًا مبتكرة وسريعة.

شجرة سليمة

تستغرق البذرة **8 سنوات لتنضج** وتنتج **محصولًا تجاريًا**

يبلغ متوسط الإنتاج السنوي من التمور **لكل نخلة** نحو **66 كجم**

يبلغ متوسط سعر التجزئة نحو **30 ريالًا سعوديًا للكيلوجرام الواحد**

بداية انتشار السوسة

ذبول واصفرار الأوراق

ظهور **إفرازات** مرئية ناتجة عن الإصابة بسوسة النخيل الحمراء

تتغذى السوسة على **نسيج النخلة** داخل الجذع، مما يجعلها **غير مرئية من الخارج**

تستطيع الأنثى الواحدة من السوسة وضع أكثر من 200 **بيضة خلال 8 إلى 10 أسابيع**، ويمكنها الطيران بسرعة تصل إلى **50 كيلومترًا في اليوم**

المرحلة المتقدمة لانتشار السوسة

تستغرق سوسة النخيل الحمراء من **6 إلى 12 شهرًا للقضاء** على نخلة واحدة

إجمالي قيمة الخسائر: 18,600 ريال سعودي

الشكل (24): مراحل إصابة النخيل بسوسة النخيل الحمراء

حصر وتحديد التقنيات المناسبة:

استجابةً لهذا التحدي، أُجري تحليلٌ شامل بهدف تحديد الحلول والتقنيات المحتملة القادرة على مكافحة سوسة النخيل الحمراء بفعالية والحدّ من انتشارها.

1 مراجعة **420** دراسة و**90** براءة اختراع ذات صلة

2 إشراك **11** خبيرًا متخصصًا في تحليل المشكلة وتقييم الحلول

3 تقييم **90** حلاً وتقنية مبتكرة، من بينها 10 تقنيات مقدمة من منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة

4 تحديد **71** تقنية موزعة على مستويات مختلفة من الجاهزية التقنية (TRLs) وعبر مراحل متعددة من سلسلة القيمة (الشكل 25)

سلسلة القيمة

الوقاية من الإصابة
الإجراءات المتخذة للحد من الظروف المواتية لانتشار سوسة النخيل الحمراء وخلق ظروف غير مواتية لانتشار الآفة في أشجار النخيل

الكشف عن الإصابة
الإجراءات المتخذة للكشف المبكر عن سوسة النخيل الحمراء في أشجار النخيل

العلاج
الإجراءات المتخذة للقضاء على سوسة النخيل الحمراء التي تصيب الأشجار

استعادة الإنتاجية أو الإزالة
الإجراءات المتخذة لعلاج الأشجار من آثار سوسة النخيل الحمراء ومساعدتها على استعادة إنتاجيتها أو إزالة الأشجار التي تموت بسبب الإصابة للحد من انتقال الإصابة إلى أشجار أخرى

الشكل (25): سلسلة قيمة مكافحة سوسة النخيل الحمراء

المسارات التنفيذية الأربعة الرئيسة

استنادًا إلى التقنيات التي تم تحديدها ومستويات جاهزيتها التقنية، تم إنشاء أربعة مسارات عمل رئيسة لضمان تنفيذ نهجٍ شاملٍ ومتكامل في مكافحة سوسة النخيل الحمراء، على النحو التالي:

1. **مسار البحث والتطوير (مستويات الجاهزية التقنية 1-6):**

يُركّز على تطوير الأبحاث التقنية الخاصة بمكافحة سوسة النخيل الحمراء، من خلال إنشاء تحالفين بحثيين متخصصين:

- تحالف المكافحة الحيوية: يهدف إلى تطوير حلولٍ صديقةٍ للبيئة تعتمد على أساليب المكافحة الحيوية المستدامة
- تحالف الذكاء الاصطناعي وحلول اتخاذ القرار: يهدف إلى بناء منصة مركزية للذكاء الاصطناعي قادرة على التنبؤ بانتشار السوسة واقتراح التدخلات المناسبة

2. **مسار نشر التقنيات (مستويات الجاهزية التقنية 7-9):**

يُعنى بتجريب التقنيات القادرة على مكافحة سوسة النخيل الحمراء ميدانيًا من خلال برنامج تبني الابتكار (IDP)

3. **مسار التبنّي والتوطين (مستوى الجاهزية التقنية +9):**

يركّز على دعم التقنيات الجاهزة للتطبيق في السوق عبر برنامج تبنّي الابتكار من خلال تمكين مالي وتشغيلي يُسهّل نشرها على نطاقٍ أوسع

4. **مسار التمكين النظامي:**

يُعزز التنفيذ السلس للمبادرات من خلال دعمٍ مؤسسي وبرنامجي متكامل، يشمل – على سبيل المثال لا الحصر – إطلاق برنامج الملكية الفكرية والبيئة التنظيمية التجريبية.

الإجراءات الجارية:

- دمج 7 محاور بحثية ضمن التحالفين البحثيين المتخصصين
- تنفيذ تجارب ميدانية ل 4 تقنيات ذات أولوية لتقييم كفاءتها وجدواها للتطبيق على المستوى الوطني
- تبنّي 4 تقنيات أثبتت فعاليتها من خلال الدراسات التجريبية المنفذة داخل المملكة

ج-3 تطوير واقتراح المحفزات المساعدة على تحسين الطلب على المنتجات والحلول الابتكارية في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

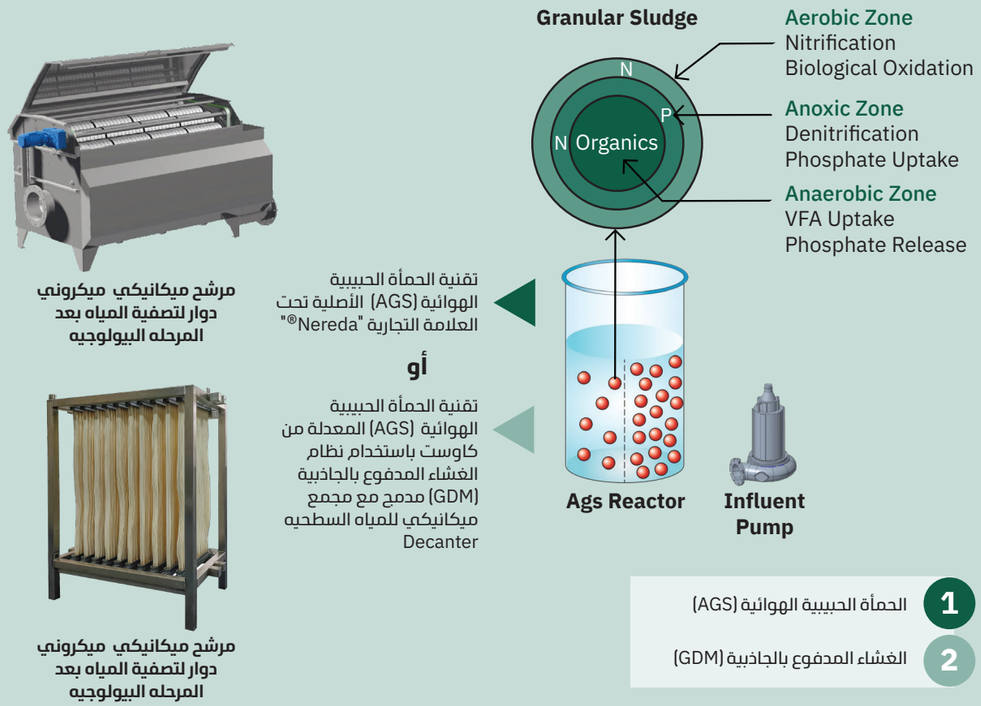
نبذة تعريفية: يُعد هذا البرنامج أحد الركائز المحفّزة لتبنّي الابتكار في منظومة **البيئة والمياه والزراعة**، حيث يهدف إلى **تصميم وتنفيذ سياسات وآليات** تُشجّع على **الطلب الفعّال على التقنيات والحلول المبتكرة** ضمن مجالات التركيز التقنية المحددة للقطاعات الثلاثة.

دراسة حالة:

تعزيز معالجة وإعادة استخدام مياه الصرف الصحي باستخدام تقنية الحمأة الحبيبية الهوائية المعدّلة (AGS)

تقنية الحمأة الحبيبية الهوائية (AGS) (الشكل 26) هي طريقة متقدمة لمعالجة المياه تعتمد على تجمعات صغيرة ومستديرة من البكتيريا تعمل على تنقية المياه بكفاءةٍ عالية. وتتميّز هذه التقنية بأنها أسرع وأكثر كفاءة من طرق المعالجة التقليدية، كما أنها تحتاج إلى مساحة أصغر، وتستهلك طاقة أقل، وتُنتج كميات أقل من النفايات، مما يجعلها خيارًا مستدامًا وفعالًا لمعالجة وإعادة استخدام المياه.

تقنية الحمأة الحبيبية الهوائية المعدّلة (AGS)



الشكل (26): تقنية معالجة مياه الصرف باستخدام نظام الحمأة الحبيبية الهوائية المعدّلة (AGS-GDM)

نظام الحوافز متعدد المكونات

لدعم تطوير واعتماد تقنية الحمأة الحبيبية الهوائية المعدّلة (AGS) في المملكة، قدّمت وزارة البيئة والمياه والزراعة الدعم لهذا المشروع من خلال مزيج من نماذج الحوافز المبتكرة تشمل نظام البناء والامتلاك والتشغيل والنقل (BOOT) وآلية الالتزام المسبق بالسوق (AMC).

وبموجب هذا النموذج، قدّمت الوزارة الدعم لشركة "نورين"، الجهة المسؤولة عن بناء وامتلاك وتشغيل المشروع لفترة زمنية محددة، يُعاد بعدها نقل الملكية وحقوق الملكية الفكرية إلى الوزارة.

كما تلتزم الوزارة من خلال اتفاقية شراء المياه المعالجة بدفع سعرٍ أعلى من السعر السوقي، على ألا يتجاوز ثلاثة أضعاف السعر السائد ، لتحفيز استدامة المشروع وتشجيع الاستثمار في التقنيات المبتكرة.

الخطوات القادمة:

- تطوير نموذج عمل مستدام لضمان قابلية التوسع التجاري لتقنية AGS
- إطلاق مشروع تجريبي تجاري بسعة 1,000 م^3 يوميًا في منشأة الشركة الوطنية للمياه بمدينة رابغ
- توسيع نطاق التطبيق لنشر التقنية في مشاريع إعادة استخدام المياه عبر المنطقة الغربية

الجهات المشاركة:

- **وزارة البيئة والمياه والزراعة:** الإشراف على التنفيذ، وضمان مطابقة جودة المياه المعالجة للمعايير، وصرف الحوافز المالية المعتمدة لشركة نورين
- **الشركة المياه الوطنية:** توفير موقع المشروع التجريبي المعتمد، ودعم عمليات المتابعة والامتثال خلال مراحل التوسع.
- **الشركة السعودية لشركات المياه:** صرف المدفوعات للمياه المعالجة التي تقدمها نورين، ومراجعة التقارير الفنية، وتقييم قابلية التوسع
- **شركة نورين وجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية:** بناء وتمويل وتشغيل محطة المعالجة التجريبية (بسعة 1000 م^3/يوم)، وتقديم تقارير ربع سنوية للشركة الوطنية للمياه تتضمن بيانات التشغيل والامتثال

وزارة البيئة والمياه والزراعة
Ministry of Environment Water & Agriculture

nwc المياه الوطنية

شراكات SHARAKAT

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology

nurain wastewater reimagined

شهادة شريك البرنامج:

المدير العام لشركة نورين

"كانت تجربتنا في العمل مع وكالة البحث والابتكار إيجابية للغاية، حيث قدّمت لنا الوكالة دعمًا مستمرًا وفرصًا عديدة مكّنتنا من استعراض تقنيتنا بنجاح."

د- تعزيز المعروض من حلول التقنية والابتكار

المدخلات

على جانب العرض، تعمل منظومة البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة بشكل فاعل على معالجة الفجوات الهيكلية التي تحد من قدرات البحث والابتكار وتعيق التوسع والتطبيق على نطاق واسع. ويشمل ذلك مبادرات نوعية مثل إطار إدارة الملكية الفكرية والتقنيات، الذي أسهم في دعم المبتكرين لتسجيل وحماية براءات الاختراع، بما يعزز فرص تسويق ابتكاراتهم تجاريًا، ويرسّخ المكانة المتنامية للقطاع في الريادة العلمية.

وبالتوازي مع هذه الجهود، وإدراكًا لأهمية بناء قاعدة قوية من رأس المال البشري في هذه القطاعات، تم إطلاق مبادرة تستهدف موظفي وزارة البيئة والمياه والزراعة والجهات المرتبطة بها. وتشمل هذه المبادرة عدة برامج للتدريب، والتعليم الممول، والزمالات العلمية، بهدف تزويد المشاركين بالمهارات المتقدمة والخبرات المتخصصة اللازمة لدفع عجلة الابتكار، وتمكين جيل جديد قادر على رسم مستقبل قطاعات البيئة والمياه والزراعة في المملكة.

المخرجات

تأسيس المركز الدولي لأبحاث المياه (IWRC) بالشراكة مع جامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية، ليكون مركزاً محورياً للبحث والتطوير التطبيقي، وبناء القدرات، ودعم السياسات، وتعزيز التعاون بين القطاعات

إنشاء 4 منشآت رئيسية، بما في ذلك المختبرات ومراكز الأبحاث، لتمكين تطوير واختبار ونشر التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

تطوير سياسة شاملة للملكية الفكرية

تسجيل 18 براءة اختراع في منظومة البيئة والمياه والزراعة، بما في ذلك 10 أصناف نباتية و1 علامة جغرافية تحت مظلةوزارة البيئة والمياه والزراعة

تقديم تدريب متخصص في الملكية الفكرية لأكثر من 100 موظف في الوزارة والجهات المرتبطة بها

تدريب 150 موظفًا من منسوبي الوزارة في مجال الابتكار المؤسسي، مع حصولهم على شهادات معتمدة من معاهد عالمية

منح 6 زمالات ما بعد الدكتوراه محليًا ودوليًا، بهدف إعادة تأهيل وبناء القدرات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

النتائج

أسفرت هذه الجهود عن رصد حلول ابتكارية متنوعة، بالتوازي مع تعزيز تنمية الكفاءات الوطنية وبناء القدرات البشرية ضمن منظومة القطاعات.

426 حلاً او مفهوماً او فكرةً تم احتضانها ضمن البرامج المدعومة من قِبل وزارة البيئة والمياه والزراعة

+4,200 فرداً تخرّجوا من برامج تطوير الكفاءات في البحث والتطوير والابتكار التابعة لوزارة البيئة والمياه والزراعة

الأثر

يكمن أثر هذه الجهود في القدرات التي يتم بناؤها عبر منظومة البيئة والمياه والزراعة، بدءًا من حماية الابتكارات وصولًا إلى تنمية قاعدة من الباحثين المؤهلين. ورغم أن الأثر الاقتصادي الكامل سيتحقق على المدى المتوسط والطويل، إلا أن هذه المبادرات تسهم بالفعل في دعم الاستراتيجيات الوطنية، إذ تدعم الاستراتيجية الوطنية للبيئة واستراتيجية المياه الوطنية والاستراتيجية الوطنية للزراعة من خلال النمو في تخصيصات ميزانيات البحث والتطوير وتطوير قدرات الكوادر البشرية العاملة في هذه القطاعات. وتُعزّز الأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار عبر تحقيق زيادات قابلة للقياس في أعداد الباحثين، وبراءات الاختراع الوطنية المنشأ، والمخرجات العلمية والتقنية، فضلًا عن دعم منظومة المواهب في مجالات العلوم والتقنية والهندسة والرياضيات الساعية إلى مسارات مهنية في البحث والابتكار. أما الاستراتيجية الوطنية للتقنية الحيوية، فتتجلى إسهاماتها في تسجيل أصناف نباتية جديدة وبناء ملكية فكرية وطنية تُرسي الأسس لاختراقات مستقبلية في مجالات الهندسة الوراثية والحلول القائمة على التقنية الحيوية.

د-1 مراكز تطوير ونشر التقنيات (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: يُعد برنامج مراكز تبنّي التقنيات مبادرة استراتيجية تهدف إلى إنشاء مراكز متخصصة لنشر وتبني التقنيات تعمل كمنصات محورية لتنفيذ مشاريع بحث وتطوير وابتكار مشتركة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. كما يسعى البرنامج إلى تعزيز قدرات مراكز الأبحاث المتخصصة في هذه القطاعات، ودعم تطوير أودية التقنية ومكاتب نقل التقنية، إضافةً إلى الجهات الوسيطة ذات العلاقة، بما يعزز منظومة الابتكار الوطنية ويدعم استدامتها.

ومن بين هذه المراكز يبرز المركز الدولي لأبحاث المياه (IWRC) ، والذي تم إنشاؤه بالشراكة بين وزارة البيئة والمياه والزراعة وجامعة الملك عبد الله للعلوم والتقنية (كاوست). ويُعد هذا المركز منصة محورية للبحث والتطوير التطبيقي، وبناء القدرات، ودعم السياسات العامة المرتبطة بالمياه. كما يضطلع المركز بدورٍ رئيسي في تعزيز التعاون بين الجهات الحكومية والمؤسسات الأكاديمية والقطاع الخاص والشركاء الدوليين، مما يسهم في تسريع نقل وتوطين التقنيات المبتكرة.

ويمتد المركز على مساحة تُقدّر بنحو 4,000 متر مربع، وهو مجهّز بأحدث البف التحتية والمرافق البحثية التي تمكّنه من اختبار التقنيات الجديدة وتكييفها وتطبيقها على نطاق واسع. ويُراعى في أعماله تحقيق المواءمة مع خارطة الطريق الوطنية للبحث والتطوير والابتكار، ومع أهداف التنمية المستدامة ذات الصلة بقطاع المياه.

علاوة على ذلك، تم تأسيس 4 منشآت رئيسية لدعم تطوير وتبني التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة:

- **مركز أبحاث الغابات:** مركز متخصص في أبحاث الأشجار البرية والجبلية، يركّز على حفظ البذور، وتقييم صحة الأشجار، والدراسات الوراثية، بما يسهم في حماية التنوع النباتي وتعزيز الاستدامة البيئية
- **مركز التغير المناخي:** يهدف إلى تعزيز منظومة الذكاء المناخي من خلال توفير بيانات محلية دقيقة ودعم التنبؤات المناخية الموثوقة، بما يعزز جهود التكيّف المناخي على المستوى الوطني
- **مختبر متقدم لإنتاج شتلات الورد:** مجهّز بأحدث التقنيات لإنتاج شتلات ورد متجانسة وخالية من الأمراض، بما يدعم سلاسل الإمداد المحلية، ويرفع جودة الإنتاج الزراعي، ويعزز استدامة القطاع
- **مختبر اللقاحات بمستوى السلامة الحيوية الثالث (BSL-3):** تم إنشاؤه وفق أعلى المعايير الدولية لتمكين إجراء الأبحاث المتقدمة وإنتاج اللقاحات في بيئة آمنة وخاضعة للرقابة

كم تمت إعادة هيكلة مراكز الأبحاث التابعة لوزارة البيئة والمياه والزراعة، إداريًا وفنيًا، مع تحديد أدوار واضحة لتسهيل جهود البحث والتطوير والابتكار، وتعزيز التكامل التشغيلي، وضمان فعالية منظومة البحث والتطوير والابتكار على مستوى القطاعات كافة.

الشكل (27): زيارة معالي وزير البيئة والمياه والزراعة لمراكز الأبحاث

د-2 إدارة التقنية وبراءات الاختراع في وزارة البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: يُركّز هذا البرنامج على بناء قدرات وزارة البيئة والمياه والزراعة في مجال الملكية الفكرية، وتطوير أطر متكاملة لنقل التقنية بالتعاون مع الهيئة السعودية للملكية الفكرية (الشكل 28)، ويهدف البرنامج إلى تعزيز منظومة الابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، وتحفيز المبتكرين المنتسبين للوزارة، وتمكينها من الحصول على تراخيص التقنيات بما يسرّع وتيرة نشر الابتكارات في منظومة البيئة والمياه والزراعة.

أبرز المخرجات:

- تطوير سياسة شاملة للملكية الفكرية
- تسجيل 18 براءة اختراع في منظومة البيئة والمياه والزراعة، بما في ذلك 10 أصناف نباتية و1 علامة جغرافية تحت مظلة، وزارة البيئة والمياه والزراعة
- تقديم تدريب متخصص في الملكية الفكرية لأكثر من 100 موظف في الوزارة والجهات المرتبطة بها

الشكل (28): حفل إطلاق إدارة الملكية الفكرية

د-3 تطوير الكفاءات في مجالات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة (نظرة عامة على المبادرة)

نبذة تعريفية: مجموعة من البرامج المصممة لرعاية وتنمية مهارات المواهب في مجالات البحث والتطوير والابتكار عبر قطاعات البيئة والمياه والزراعة، ودعم الطلاب والباحثين وموظفي وزارة البيئة والمياه والزراعة من خلال الرعاية التعليمية والزمالات والتدريب المتخصص والشهادات المعتمدة من معاهد عالمية رائدة وفرص التفاعل مع المنصات العالمية لتعزيز الخبرات والمعرفة.

أبرز المخرجات:

- تدريب 150 موظفًا من منسوبي وزارة البيئة والمياه والزراعة في مجال الابتكار المؤسسي، مع حصولهم على شهادات معتمدة من معاهد عالمية مرموقة
- دعم 80 طالبًا حتى المرحلة الثانوية لتمكينهم من المشاركة في مسابقات عالمية في مجالي البحث والإبتكار
- مشاركة 623 طالبًا وطالبة من الجامعات السعودية في تطوير حلول ابتكارية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة
- مشاركة اكثر من 120 طالبًا في مشاريع بحثية ضمن قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال برنامج الطلبة الموهوبين (موهبة Mawhiba)
- منح 6 زمالات ما بعد الدكتوراه محليًا ودوليًا، بهدف إعادة تأهيل وبناء القدرات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

شهادة المشاركين:

أحد المشاركين في أحد دورات الابتكار بوزارة البيئة والمياه والزراعة:"

"يسرني أن أشارك أن برامج التدريب المقدمة من وكالة البحث والابتكار كان لها أثر كبير على مسيرتي المهنية. فقد مكنتني هذه البرامج من الحصول على شهادة قائد الابتكار المعتمد (CIO) وألهمتني للمشاركة في عدة برامج، بما في ذلك برنامج إدارة مشاريع الابتكار في الجامعة السعودية الإلكترونية الذي أكملته مؤخرًا، وبرنامج بناء واستدامة المنظمات الابتكارية في جامعة إلينوي، الولايات المتحدة الأمريكية. وبفضل هذه البرامج، أصبحت عضوًا فاعلاً في منظومة الابتكار من خلال مشاركتي في نادي الابتكار السعودي والفرع السعودي للمعهد العالمي للابتكار."

5.3 - الأثر الشامل على قطاعات البيئة والمياه والزراعة

في الختام، يستعرض هذا القسم مخرجات ونتائج مبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، وإسهامها في تحقيق الاستراتيجيات الوطنية، إضافة إلى أثرها الاقتصادي على هذه القطاعات الحيوية. وتؤكد هذه النتائج مجتمعة كيف تُترجم الاستثمارات في البحث والابتكار إلى تقدم ملموس وقابل للقياس، يدعم أولويات الاستدامة في المملكة، ويحقق قيمة اقتصادية كبيرة، ويعزّز القدرة التنافسية للقطاعات على المدى الطويل.

المدخلات

18 مبادرة تشمل أكثر من 280 برنامجًا تنفيذيًا أطلقتها جهات المنظومة عبر قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

المخرجات

تأسيس هيكل حوكمة يضم خمس لجان تشمل: اللجنة التوجيهية للبحث والابتكار في الوزارة والجهات المرتبطة بها ، وثلاث لجان فرعية لتطوير الحلول التقنية المبتكرة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، واللجنة التنفيذية للتقنية الحيوية	تطوير آلية تمويل مدعومة بخطة عمل تفصيلية تحدد الأدوار والمسؤوليات	تطوير المنصة الوطنية لاستشراف البحث والابتكار للاستدامة (نبراس) لإبراز أحدث الابتكارات والتقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة
تطوير 3 خرائط طريق لتبني التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، تتناول التحديات القطاعية وتربطها بمجموعات التقنيات المناسبة لمعالجتها	إصدار 4 تقارير قطاعية، بما في ذلك تقارير توجهات الابتكار في المياه والزراعة وتقرير توجهات الاستثمار في البحث والتطوير والابتكار في للاستدامة	إطلاق التحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء كتحالف وطني للابتكار والتقنية في القطاع الزراعي، يضم أكثر من 140 عضوًا نشطًا من 12 بلد
إطلاق مبادرة الشريط المائي (Water STRIP)، وهي منصة ابتكار متخصصة في مجال المياه تعمل كمركز للتعاون البحثي، وتجربة التقنيات، وتعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص	توقيع مذكرة تفاهم بين وزارة البيئة والمياه والزراعة ووزارة الزراعة والثروة السمكية والأمن الغذائي والطبيعة في مملكة هولندا، لتعزيز التعاون في تبنّي وتوطين الابتكارات والتقنيات المتقدمة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، مما أسهم في استقطاب استثمارات تتجاوز 1.5 مليار ريال سعودي	تنظيم أكثر من 95 نشاطًا توعويًا شملت فعاليات عامة، ومعارض، وورش عمل، وندوات، ومنشورات، لتعزيز الوعي بالبحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

تطوير 4 برامج تحفيزية من قبل جهات المنظومة، تهدف إلى ترسيخ ثقافة البحث والابتكار وتعزيزها في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	إطلاق برنامج البيئة التجريبية التنظيمية، الذي ساهم بدراسة 74 حالة تنفيذياً، ووفّر الدعم لعدة مشاريع في جميع قطاعات البيئة والمياه والزراعة، مع اكتمال الدفعة الأولى وبدء الدفعة الثانية حاليًا	تقديم الدعم ل 333 تقنية ابتكارية تغطي مختلف عناصر سلسلة القيمة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة
إنشاء 4 منشآت رئيسية، بما في ذلك المختبرات ومراكز الأبحاث، لتمكين تطوير واختبار ونشر التقنيات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	تطوير سياسة شاملة للملكية الفكرية	تسجيل 18 براءة اختراع في منظومة البيئة والمياه والزراعة، بما في ذلك 10 أصناف نباتية و1 علامة جغرافية تحت مظلة، وزارة البيئة والمياه والزراعة
تقديم تدريب متخصص في الملكية الفكرية لأكثر من 100 موظف في الوزارة والجهات المرتبطة بها	تدريب 150 موظفًا من منسوبي الوزارة في مجال الابتكار المؤسسي، مع حصولهم على شهادات معتمدة من معاهد عالمية	مشاركة 623 طالبًا وطالبة من الجامعات السعودية في تطوير حلول ابتكارية لقطاعات البيئة والمياه والزراعة
مشاركة اكثر من 120 طالبًا في مشاريع بحثية ضمن قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال برنامج الطلبة الموهوبين	منح 6 زمالات ما بعد الدكتوراه محليًا ودوليًا، بهدف إعادة تأهيل وبناء القدرات في قطاعات البيئة والمياه والزراعة	

النتائج

51 تحدياً تم التعامل معه من خلال مشاريع البحث والتطوير والابتكار القائمة	27 شركةً تم دعمها من خلال البيئة التنظيمية التجريبية
245 شريكاً أسهموا بفعالية في منصات البحث والتطوير والتحالفات	18 أصلاً تمت حمايته فكرياً في قطاعات البيئة والمياه والزراعة
256,000+ فرداً تم إشراكهم من خلال أنشطة التواصل في مجال البحث والتطوير والابتكار	246 حلاً او مفهوماً او فكرةً تم احتضانها ضمن البرامج المدعومة من قِبل وزارة البيئة والمياه والزراعة
127 تقنيةً تم تبنيها بما يتوافق مع مجالات التركيز التقنية للبحث والتطوير والابتكار، بدعم من الجهات المستفيدة (المشترين أو المستخدمين النهائيين)	4,200+ فرداً تخرّجوا من برامج تطوير الكفاءات في البحث والتطوير والابتكار التابعة لوزارة البيئة والمياه والزراعة

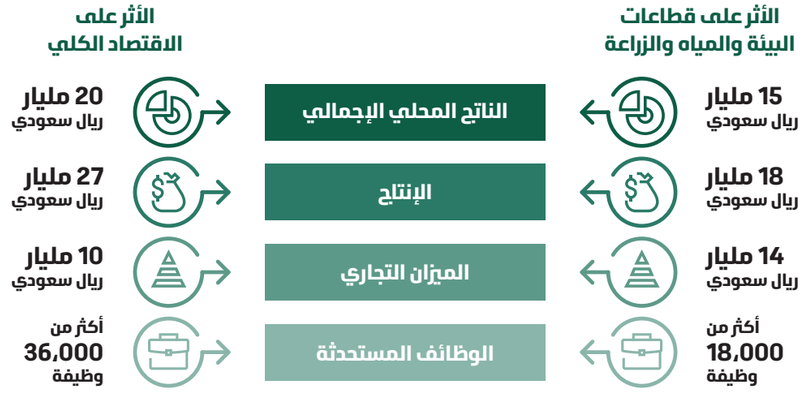
الأثر

الإسهام في تحقيق مؤشرات الأداء الرئيسة للاستراتيجيات الوطنية

- الإسهام في **9** مؤشرات أداء ضمن الاستراتيجية الوطنية للبيئة
- الإسهام في **16** مؤشر أداء ضمن الاستراتيجية الوطنية للمياه
- الإسهام في **14** مؤشر أداء ضمن الاستراتيجية الوطنية للزراعة
- الإسهام في الأولوية الوطنية للبحث والتطوير والابتكار الخاصة باستدامة البيئة والاحتياجات الأساسية
- الإسهام في **4** مؤشرات أداء ضمن الاستراتيجية الوطنية للتقنية الحيوية

الأثر الاقتصادي[13]

الأثر الاقتصادي للمبادرات والبرامج على قطاعات المياه والزراعة، وعلى الاقتصاد الوطني بشكل عام



X3.7 أضعاف عائدًا عن كل ريال سعودي يُستثمر في مبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار ضمن قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

وتقديراً لجهودها المتميزة في تعزيز البحث والابتكار في منظومة البيئة والمياه والزراعة، حصلت وزارة البيئة والمياه والزراعة على اعتماد Innovation 360 وشهادة GInI.

[13] يجسّد هذا التقدير الأثر طويل المدى المتوقع لمبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار، والذي سيظهر تدريجيًا خلال السنوات المقبلة. تم تطوير الأثر الاقتصادي بالاستناد إلى نموذج مُخصص للمدخلات والمخرجات، والذي يُعد من النماذج الاقتصادية المعتمدة على نطاق واسع لدى المنظمات الدولية الرائدة، مثل المنتدى الاقتصادي العالمي (WEF) ومنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية (OECD). ويمكن الرجوع إلى الملحق للاطلاع على مزيد من التفاصيل حول المنهجية المتبعة.

6. رسالة ختامية

مع تأملنا لمسيرة التقدم المحققة، يتضح أن الابتكار يمثل ركيزة أساسية لضمان مستقبل مستدام للمملكة في مجالات الغذاء والمياه والإدارة البيئية. وتواصل وزارة البيئة والمياه والزراعة، بالشراكة مع جهات المنظومة، دورها كممكّن رئيسي للتقدم في قطاعات البيئة والمياه والزراعة، مساهمةً بشكل مباشر في رؤية المملكة 2030 من خلال مبادرات تدعم الأهداف والغايات الوطنية.

وبعد مرور عامين على إطلاق الخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار، والمدعومة بإطار حوكمة منهجي للأنشطة، وتعزيز الخبرات الداخلية، وتحقيق نتائج مثبتة، أصبحت المنظومة في موقع قوي يمكّنها من مواصلة دفع مسيرة البحث والتطوير والابتكار قدمًا عبر قطاعات البيئة والمياه والزراعة. وقد أرست هذه المخرجات معيارًا وطنيًا للتميّز في مجال البحث والابتكار، وأظهرت كيف يمكن للتخطيط الاستراتيجي والتنفيذ المتكامل واتخاذ القرار المبني على الأدلة أن يسهم في بناء منظومة نموذجية تحقق أثرًا قابلًا للقياس.

وتطلعًا للمستقبل، ستواصل الوزارة البناء على الأسس المتينة التي تم ترسيخها خلال السنوات الماضية. ومن المتوقع أن تشهد المرحلة القادمة نموًا ملحوظًا عبر إطلاق مبادرات وبرامج جديدة، وتوسيع نطاق المبادرات القائمة، وتعزيز دور منظومة البحث والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة في تعميق الشراكات مع أصحاب المصلحة. وفي هذا الإطار، ستضطلع وكالة البحث والابتكار بدور فاعل في رصد احتياجات المنظومة بشكل مستمر، وتحديد الفرص الواعدة، وتقديم الدعم الموجّه، والمساهمة في توجيه القرارات الاستراتيجية، بما يضمن تكامل الجهود ومواءمتها وتحقيق أقصى أثر ممكن.

ومن خلال تكاتف الجهود، سنعمل على بناء منظومة ابتكار ديناميكية وقادرة على الصمود، تحافظ على الموارد الطبيعية، وتعزّز المرونة الوطنية، وتفتح آفاقًا جديدة للنمو الاقتصادي والمجتمعي. وبالتزام راسخ، ستبقى وزارة البيئة والمياه والزراعة في طليعة الابتكار المستدام، تصنع أثرًا حقيقيًا اليوم، وتؤسس لمستقبل مزدهر للأجيال القادمة.

7. الملحق

الملحق (1): نموذج المدخلات والمخرجات

لتقييم الأثر الاقتصادي لبرامج البحث والابتكار حق الآن، تم استخدام نموذج المدخلات والمخرجات الاقتصادي.

ويُعد نموذج المدخلات والمخرجات إطارًا تحليليًا معترفًا به يدمج البيانات التجريبية مع النظريات والمبادئ الاقتصادية المعتمدة لمحاكاة وتوقع الأثر الاقتصادي لنشاط معين. ويتم رصد هذه التأثيرات عبر عدة معايير اقتصادية، مما يوفر نظرة شاملة لأثر الخطة، مع التركيز بشكل خاص على قطاعي المياه والزراعة.

ما هي فوائد نموذج المدخلات والمخرجات؟

1. يمثل منهجية شفافة ومعترف بها عالميًا
2. يحدد كميًا التأثيرات المباشرة وغير المباشرة للأنشطة الاقتصادية
3. يوضح كيف تؤثر الصدمات في قطاع واحد على الاقتصاد ككل
4. يلتقط التفاعلات بين عدة قطاعات، بما في ذلك قطاعي المياه والزراعة
5. يوفر قياسًا واضحًا للتأثيرات الملموسة
6. يضمن ملاءمة النتائج محليًا باستخدام بيانات خاصة بالمملكة العربية السعودية

تم اعتماد نماذج المدخلات والمخرجات (Input–Output Models) على نطاق واسع من قبل مؤسسات دولية مرموقة لتقييم أثر برامج الابتكار لديها.

فعلى سبيل المثال، طبّقت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) (الشكل 29) نموذج المدخلات والمخرجات لتقييم نتائج برنامجي أبحاث الابتكار للمؤسسات الصغيرة (SBIR) ونقل التكنولوجيا للمؤسسات الصغيرة (STTR)، اللذين يقدّمان منحًا لدعم مشاريع البحث والابتكار والتقنية عبر قطاعات متعددة. وقد مكّن هذا التحليل من قياس أثر هذه البرامج من حيث القيمة الإضافية للسلع والخدمات المنتجة، وإيرادات الضرائب الحكومية، وعدد فرص العمل المستحدثة.

وبالمثل، استخدم التجمع الكندي للتكنولوجيا الرقمية (Canada's Digital Technology Supercluster) (الشكل 29) نموذج المدخلات والمخرجات لقياس الأثر الاقتصادي للشراكات الهادفة إلى تطوير التقنيات الرقمية في مختلف القطاعات.

وشمل التقييم مساهمتها في الناتج المحلي الإجمالي، وزيادة دخل التوظيف، وحجم المبيعات الإضافية المتحققة نتيجة هذه المبادرات التعاونية.

الجهة المالكة للبرنامج		**برنامج أبحاث ابتكار المشاريع الصغيرة (SBIR)** **وبرنامج نقل التقنية للمشاريع الصغيرة (STTR)**
نطاق العمل		قياس **الأثر الناتج عن ابتكارات الأعمال** الصغيرة **وتسويقها التجاري.**
أداة تقييم الأثر		نماذج المدخلات والمخرجات
القطاعات ذات الصلة		الطيران البحث والتطوير في علوم الحياة تقنيات الفضاء الهندسة
مؤشرات الأثر		إجمالي الوظائف المُنشأة: **2412 وظيفة** إجمالي الإيرادات الضريبية: **57 مليون دولار** إجمالي الإنتاج المتولد: **474 مليون دولار**

الجهة المالكة للبرنامج		**مبادرة مجمع التكنولوجيا الرقمية في كندا**
نطاق العمل		قياس الأثر الناتج عن **الشراكات** الهادفة لتطوير التقنيات الرقمية.
أداة تقييم الأثر		نماذج المدخلات والمخرجات
القطاعات ذات الصلة		الصحة الرقمية تحليل البيانات الذكاء الاصطناعي التصنيع المتقدم
مؤشرات الأثر		إجمالي المبيعات المتولدة: **441 مليون دولار** إجمالي مساهمة الناتج المحلي الإجمالي: **268 مليون دولار** إجمالي دخل العمالة: **167 مليون دولار** إجمالي الوظائف المُنشأة: **2280 وظيفة**

الشكل (29): التطبيقات الواقعية لنموذج المدخلات والمخرجات

نموذج المدخلات والمخرجات (Input-Output) خاص لمبادرات البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة

تُحقق مبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار أثرًا اقتصاديًا عبر مسارين رئيسيين. يتمثل المسار الأول في الإنفاق اللازم لتنفيذ وتشغيل البرامج، والذي يسهم مباشرة في تحفيز عدد من القطاعات الاقتصادية، ولا سيما قطاعات المياه والزراعة. أما المسار الثاني فيتمثل في المخرجات الناتجة عن هذه البرامج، والتي تولّد قيمة مضافة يمكن قياسها وتحويلها إلى أثر اقتصادي ملموس، وغالبًا ما تتجاوز هذه القيمة الأثر الناتج عن حجم الإنفاق التشغيلي للبرامج نفسها.

وعلى الرغم من أن نموذج المدخلات والمخرجات التقليدي (Input-Output Model) يمكن استخدامه لقياس الأثر الاقتصادي لمثل هذه البرامج، إلا أنه يعاني من عدد من القيود الجوهرية، من أبرزها:

- تقييم برنامج واحد في كل مرة،
- التركيز بشكل أساسي على جانب الإنفاق دون احتساب القيمة المضافة الناتجة عن المخرجات،
- الاعتماد على عدد محدود من مؤشرات الأثر الاقتصادي، مما يحد من القدرة على إجراء تقييم شامل لإجمالي مساهمة البرامج.

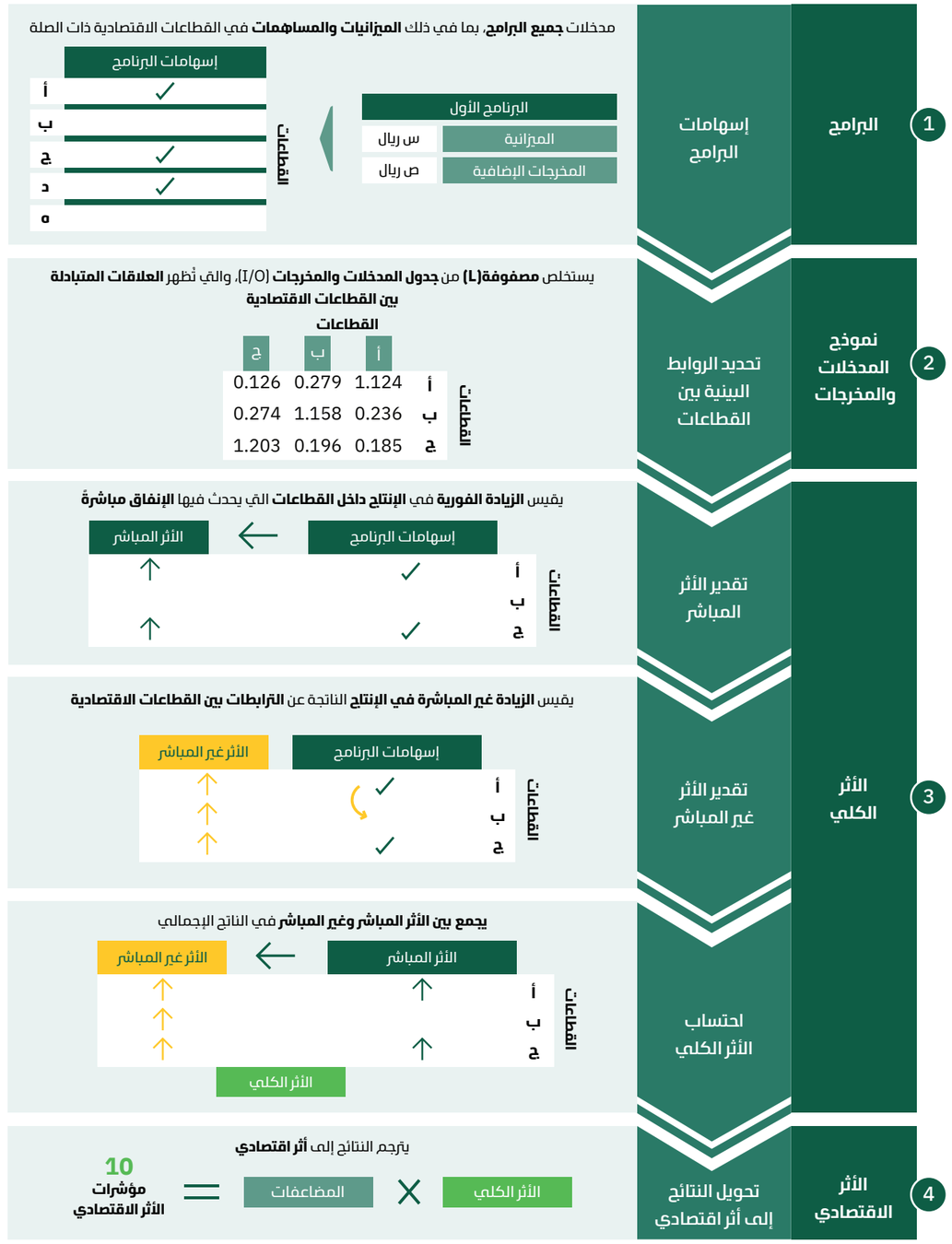
ولتجاوز هذه القيود، تم تطوير نموذج مخصص للمدخلات والمخرجات (الشكل 30) خاص ببرامج البحث والتطوير والابتكار في قطاعات البيئة والمياه والزراعة. ويعمل هذا النموذج كأداة مركزية موحّدة لجميع البرامج، حيث يقيس 10 مؤشرات للأثر الاقتصادي، ما يتيح تقييمًا شاملًا ومتكاملًا لمجمل الأثر الاقتصادي لهذه المبادرات.

فعلى سبيل المثال، عند دعم التقنيات المبتكرة في قطاعات البيئة والمياه والزراعة من خلال برامج التجارب التطبيقية ومحطات العرض، فإن الإنفاق على هذه التقنيات يُعد مساهمة اقتصادية مباشرة في عدد من القطاعات. وإلى جانب هذا الأثر الفوري، تُسهم مخرجات هذه البرامج – مثل تبنّي التقنيات المجربة – في تحقيق أثر أكبر بكثير داخل القطاعات المستهدفة. ويمكن قياس هذا الأثر من خلال احتساب عوامل مثل معدل نجاح التقنيات المجربة، والفوائد المتوقعة منها، بما في ذلك خفض التكاليف وزيادة الإنتاج القطاعي للسلع والخدمات.

ومع ذلك، تجدر الإشارة إلى أن النموذج المخصص يخضع لقيود رئيسية، تتمثل في:

1. عدم احتسابه للأثر الاقتصادي على قطاع البيئة، نظرًا لعدم تمثيل البيئة كقطاع اقتصادي مستقل ضمن تصنيف الأنشطة الاقتصادية الدولية (ISIC) في جداول المدخلات والمخرجات.
2. عدم تحديد الإطار الزمني لظهور الأثر، إذ قد يتحقق الأثر فورًا أو يمتد على عدة سنوات بحسب طبيعة كل برنامج.

وعلى الرغم من هذه القيود، يظل هذا النموذج من أقوى الأدوات المتاحة لتقييم الأثر الاقتصادي، حيث يمكّن من إجراء تقييم شامل للخطة التنفيذية للبحث والتطوير والابتكار، مع مراعاة الخصائص الفريدة لكل برنامج، بما يعكس بدقة مساهمته الاقتصادية الفعلية.



الشكل (30): عملية نموذج المدخلات والمخرجات

الملحق (2): الإسهام في مؤشرات الأداء للاستراتيجيات الوطنية

يستعرض هذا الملحق مؤشرات الأداء الرئيسية الخاصة بالاستراتيجيات الوطنية التي جرى تعزيزها من خلال مبادرات وبرامج البحث والتطوير والابتكار.

الاستراتيجية الوطنية للبيئة	1. الاستدامة الاقتصادية لقطاع البيئة 2. نسبة الاستراتيجيات الوطنية التي تراعي التكيّف مع تغيّر المناخ 3. ترتيب المملكة في مؤشر الأداء البيئي 4. الرعي المستدام 5. نسبة استهلاك الزراعة للمياه من إجمالي المياه المتجددة 6. نسبة مياه الصرف المعالجة الملتزمة بالمعايير البيئيةمعدل التحويل عن المرادم والمكبات 7. ميزانية البحث والتطوير لقطاعات البيئة والأرصاد 8. تعميم التعليم البيئي
الاستراتيجية الوطنية للمياه	1. استهلاك المياه في قطاع الزراعة 2. عدد أيام الخزن الإستراتيجي 3. كمية المياه المخزنة من خلال التخزين الجوفي واسترداد المياه 4. مدى تماشي جودة مياه الصرف الصحي المعالجة مع المعايير المحلية (بالنسبة المئوية) 5. استهلاك المياه الجوفية غير المتجددة 6. حصة المياه الجوفية غير المتجددة من مصادرالإمداد البلدي 7. حصة المياه الجوفية غير المتجددة من مصادرالإمداد الإجمالية 8. حصة المصادر البديلة من مصادر الإمداد الإجمالية 9. مياه الصرف الصحي المعالجة المجمعة 10. نسبة عائد الصرف الصحي 11. معدل إعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة 12. كفاءة الري 13. حصة المياه المتجددة في الطلب الكلي للمياه للأغراض الزراعية 14. النسبة المئوية لإنتاج المياه المنقاة عبر الشركاء الإستراتيجيين 15. المحتوى المحلي في المشاريع الرأسمالية والتشغيلية (بالنسبة المئوية) 16. إجمالي الإنفاق على المياه في القطاع الحضري
الاستراتيجية الوطنية للزراعة	1. استخدام المياه الجوفية غير المتجددة في الزراعة 2. استخدام المياه الجوفية المتجددة في الزراعة 3. استخدام المياه المعالجة في الزراعة 4. كفاءة الري 5. مساحة الأراضي المزروعة 6. مؤشر الأمن الغذائي العالمي 7. الفاقد والهدر عبر سلسلة القيمة 8. الاكتفاء الذاتي من السعرات الحرارية 9. متوسط الدخل الاسري للمزارعين الصغار 10. عدد فرص العمل المباشرة الجديدة للمواطنين السعوديين 11. متوسط نسبة البطالة وسط السعوديين في المناطق الريفية 12. مساهمة قطاع الزراعة في الناتج المحلي الإجمالي 13. المحتوى المحلي للقطاع 14. معدلات الاصابة بالسوسة الحمراء

أجندة الابتكار والتكنولوجيا في البحث والتطوير	**الإسهام بالأولوية الوطنية الخاصة باستدامة البيئة والاحتياجات الأساسية:** للمساهمة في القضاء على تحديات نقص المياه والأمن الغذائي في العالم، وانطلاقاً من ريادة المملكة في إنتاج المياه المحلاة عالمياً، وقيادتها لمبادرات كُبرى للحفاظ على البيئة؛ تسعى المملكة عبر أولوية "استدامة البيئة والاحتياجات الأساسية" إلى أن تصبح أنموذجًا عالميًا في الحفاظ على البيئة وتوفير الاحتياجات الأساسية للإنسان من الماء والغذاء والطاقة بشكل مستدام، من خلال تطوير تقنيات صديقة للبيئة لتوفير المياه وتحليتها، وتقنيات حديثة ومستدامة لإنتاج الغذاء وزيادة المساحات الخضراء، وتقنيات احتجاز الكربون واستخدامه وتخزينه، إضافة إلى التقنيات المستدامة لإنتاج الكهرباء منخفضة التكلفة
الأولويات الوطنية للبحث والتطوير والابتكار	1. عدد شركات الهندسة الوراثية التي أسست وجودًا بحثيًا وتطويريًا في المملكة 2. الترتيب العالمي في المنشورات العلمية حول البذور المعدلة وراثيًا للبيئات الجافة وشبه الجافة 3. عدد نماذج إثبات المفهوم بملكية فكرية محلية في مجال الهندسة الوراثية 4. نسبة الواردات الغذائية التي تم استبدالها بإنتاج محلي من خلال البذور المعدلة وراثيًا

الملحق (3): الوثائق الداعمة

يتضمّن هذا الملحق موارد توضح مختلف جهود البحث والتطوير والابتكار التي قامت بها وزارة البيئة والمياه والزراعة والجهات التابعة لها ضمن قطاعات البيئة والمياه والزراعة.

توجهات الابتكار في قطاع المياه: معالجة مياه الرصف وإعادة استخدامها

توجهات الابتكار في القطاع الزراعي

توجهات الاستثمار في البحث والتطوير والابتكار في الاستدامة

الابتكار البيئي في المملكة العربية السعودية: خارطة طريق تبني التقنيات

الابتكار المائي في المملكة العربية السعودية: خارطة طريق تبني التقنيات

الابتكار الزراعي في المملكة العربية السعودية: خارطة طريق تبني التقنيات

تدشين المبادرة الوطنية لابتكار المياه

التقرير السنوي للتحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء 2024–2025

إنشاء إطار لإدارة الآفات باستخدام التقنية: دراسة حالة سوسة النخيل الحمراء

تقرير الشراكة الاستراتيجية بين وزارة البيئة والمياه والزراعة وجامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية 2024–2025

المنتدى السنوي للتحالف السعودي لتقنيات الزراعة والغذاء

المراجع

1. تلقيح السحب | تعديل الطقس، الهطول والأمطار | موسوعة بريتانيكا
https://www.britannica.com/science/cloud-seeding

2. الجغرافيا السياسية لتحلية مياه البحر | المعهد الفرنسي للعلاقات الدولية (IFRI)
https://www.ifri.org/en/studies/geopolitics-seawater-desalination

3. مجلة Smart Water (21 نوفمبر 2025) - المملكة العربية السعودية تتجه إلى إزالة الكربون من تحلية المياه على المستوى الوطني
https://smartwatermagazine.com/news/smart-water-magazine/saudi-arabia-decarbonize-desalination-national-scale

4. رامان، ر. (2 أكتوبر 2017) - أثر المحاصيل المعدلة وراثيًا في الزراعة الحديثة – مراجعة علمية
/https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5790416

5. الأراضي الصالحة للزراعة (النسبة المئوية من مساحة اليابسة) (البنك الدولي)
https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.ARBL.ZS

6. كمية ونسبة استهلاك المياه العذبة حسب القطاع (البلدي، الصناعي، الزراعي) للفترة 2010–2018 (الهيئة العامة للإحصاء)
https://stats.gov.sa/en/w/the-quantity-and-the-percentage-of-fresh-water-consumption-by-sector-municipal-industrial-and-agricultural-from-2010-2018

7. ترتيب الدول حسب القيمة المضافة للقطاع الزراعي – منطقة الشرق الأوسط
https://www.indexmundi.com/facts/indicators/NV.AGR.TOTL.CD/rankings/middle-east

8. رود مورْدن (2024): - المياه في المملكة العربية السعودية: التحلية، مياه الصرف، والتخصيص
/https://ussaudi.org/water-in-saudi-arabia-desalination-wastewater-and-privatization