



الحقبة المعرفية الخاصة بالتغير المناخي

2026

قائمة المحتويات

المقدمة	4
تمهيد	8
1. المناخ والنظام المناخي	10
1.1. الطقس والمناخ	10
1.2. النظام المناخي ومكوناته	13
1.3. التفاعلات بين مكونات النظام المناخي	16
1.3.1. لمحة لبعض تفاعلات مكونات النظام المناخي	16
1.3.2. دورة الماء في النظام المناخي	19
1.3.3. دورة الكربون في النظام المناخي	21
1.3.4. ميزان طاقة الأرض في النظام المناخي	23
2. التغير المناخي	28
2.1. مفهوم التغير المناخي	28
2.2. أسباب التغير المناخي	29
2.2.1. العوامل الطبيعية المؤثرة في المناخ	29
2.2.2. العوامل البشرية المؤثرة في المناخ	30
2.2.3. غازات الدفيئة	31
2.2.4. تأثير الدفيئة (الاحتباس الحراري)	32
2.3. مظاهر التغير المناخي	35
3. التخفيف من التغير المناخي	39
3.1. بعض مجالات التخفيف	40
3.1.1. الطاقة الكهربائية	40
3.1.2. قطاع النقل	42
3.1.3. النفايات	45
4. التكيف مع التغير المناخي	47
4.1. التكامل بين التكيف والتخفيف	48
4.2. بعض مجالات التكيف مع التغير المناخي	49
4.2.1. التنوع البيولوجي	49
4.2.2. المياه	51
4.2.3. البنية التحتية والمرونة الساحلية	52



4.3	خطط التكيف الوطنية	54
5	أطر الاستجابة للتغير المناخي	56
5.1	الأطر الدولية للاستجابة للتغير المناخي	56
5.1.1	الاتفاقيات والأطر الدولية الرئيسية	56
5.1.2	الاتفاقيات والأطر الدولية الداعمة	58
5.2	أطر الاستجابة الوطنية للتغير المناخي	60
5.3	دور الفرد والمجتمع في دعم أطر الاستجابة للتغير المناخي	63
6	الخاتمة	68



المقدمة

تهدف سلسلة الحقائق المعرفية التي أعدتها وزارة البيئة والتغير المناخي إلى تقديم إطار معرفي توعوي وتثقيفي مواكب للأولويات الوطنية وقابل للتحويل إلى ممارسات إيجابية ملموسة تجاه البيئة القطرية، وتنبع أهمية هذه الحقائق المعرفية من كونها لا تكتفي بعرض المفاهيم العامة، بل تربطها بالسياقات الوطنية والدولية ذات العلاقة.

الأهداف الرئيسية

في إطار التوجهات الوطنية لدولة قطر نحو تعزيز حماية البيئة وتنميتها واستدامتها، وانطلاقاً من أهمية رفع الوعي البيئي لدى مختلف فئات المجتمع، تتطلع سلسلة الحقائق المعرفية للبيئة والتغير المناخي إلى تحقيق الأهداف التالية:

- تقديم محتوى علمي واسترشادي مبسط ومتكامل حول المفاهيم الأساسية ذات الصلة بالتغير المناخي والاستدامة البيئية والتنوع البيولوجي.
- استعراض الجهود والإنجازات الوطنية ذات الصلة بما يسهم في بناء فهم شامل لدى المهتمين حول طبيعة مسارات العمل البيئي والمناخي وأبعادهم المختلفة.
- تحقيق التكامل بين التوعية وبناء المعرفة والتطبيق العملي، وتعزيز الثقافة البيئية في المجتمع بما يواكب المستجدات والأولويات البيئية، ويدعم رؤية قطر الوطنية 2030 في بناء مجتمع واع ومسؤول بيئياً.

الفئات المستهدفة

الفئات المستهدفة من هذه الحقائق المعرفية تشمل جميع أفراد المجتمع، بما في ذلك طلاب مختلف المراحل التعليمية والمهتمين لدعم مسارات التعلم الذاتي، والمعلمين والتربويين بما يساعدهم على توظيف هذه الحقائق ضمن الوحدات والأنشطة التعليمية والمدرسية المتنوعة، ومختلف الجهات والمؤسسات المهمة بنشر المعرفة والممارسات المستدامة بيئياً سواء على المستوى التربوي أو المجتمعي أو الإعلامي أو غيرها.



الارتباط مع رؤية قطر الوطنية 2030

ترتبط الحقائق المعرفية لوزارة البيئة والتغير المناخي ارتباطاً مباشراً برؤية قطر الوطنية 2030، والتي تمثل الإطار الاستراتيجي الشامل لمسيرة التنمية في دولة قطر، وتهدف إلى تحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي والتنمية الاجتماعية وحماية البيئة، بما يضمن مستقبلاً مستداماً للأجيال الحالية والقادمة.

وتأتي هذه الحقائق كأحد المبادرات الداعمة لترجمة مستهدفات الرؤية الوطنية إلى برامج عملية تُعزز الوعي البيئي وتدعم بناء مجتمع أكثر مسؤولية واستدامة. وتتوافق الحقائق بصورة جوهرية مع ركيزة **التنمية البيئية** في رؤية قطر الوطنية، والتي تؤكد أهمية الإدارة الرشيدة للموارد الطبيعية، وتناغم الحفاظ على البيئة مع التنمية، ونشر الوعي البيئي بين أفراد المجتمع.

كما تدعم الحقيقة ركيزة **التنمية البشرية** من خلال توفير محتوى معرفي يستهدف مختلف الفئات العمرية والمهنية، بما يسهم في تنمية القدرات الوطنية، وبناء كفاءات مؤهلة قادرة على قيادة التحول نحو الاستدامة البيئية. ويشمل ذلك المعلمين، والطلبة، والمهنيين، وغيرهم من أفراد المجتمع.

ومن جانب آخر، تتسجم الحقائق المعرفية مع ركيزة **التنمية الاجتماعية** عبر تعزيز المسؤولية المجتمعية، وتحفيز المشاركة العامة في المبادرات البيئية، وترسيخ السلوكيات الإيجابية المبنية على المعرفة والتي تنعكس على جودة الحياة والصحة العامة والبيئة الحضرية.

أما على صعيد **التنمية الاقتصادية**، فتدعم الحقائق المعرفية التحول نحو اقتصاد أكثر كفاءة واستدامة من خلال نشر مفاهيم منها على سبيل المثال لا الحصر الاستهلاك المسؤول، والإنتاج المستدام، والاقتصاد الدائري، ورفع الوعي بأهمية الابتكار البيئي وكفاءة استخدام الموارد، والأدوار الحيوية للتنوع البيولوجي والعمل المناخي الداعمة لمختلف الأنشطة بما فيها الاقتصادية وبما يعزز مسارات النمو الاقتصادي المستدام بيئياً.

وبناءً عليه، تمثل هذه الحقائق المعرفية أداة تنفيذية داعمة لرؤية قطر الوطنية 2030، من خلال تحويل المبادئ الاستراتيجية للرؤية إلى برامج معرفية وتوعوية قابلة للتطبيق، تسهم في بناء مجتمع واعٍ، واقتصاد مستدام، وبيئة متوازنة، وتنمية شاملة ومستدامة للدولة.





الفصول الرئيسية بالحقيبة المعرفية الخاصة بالتنوع البيولوجي

1 المناخ والنظام المناخي.

2 التغير المناخي.

3 التخفيف من التغير المناخي.

4 التكيف مع التغير المناخي.

5 أطر الاستجابة للتغير المناخي.

6 الأنشطة والأسئلة التقييمية





تمهيد

يعد المناخ جزءاً أساسياً من البيئة التي يعيش فيها الإنسان، وخلال العقود الأخيرة اكتسب التغير المناخي اهتماماً متزايداً على مختلف الأصعدة نظراً لارتباطه بالعديد من مسارات الحياة، وتتناول هذه الحقيبة المعرفية أهم الجوانب المتعلقة بالمناخ والتغير المناخي وسبل التخفيف منه والتكيف معه، وذلك بهدف تعزيز الفهم المعرفي للتغير المناخي وربط ذلك بالسياقات الوطنية لدولة قطر وتطلعاتها بمسارات العمل المناخي، بما يسهم في ترسيخ الوعي البيئي وتشجيع السلوكيات والممارسات الداعمة إلى بناء مستقبل مستدام قادر على مواجهة التحديات المناخية وقائم على المعرفة في سبيل ذلك.

ولا تهدف هذه الحقيبة المعرفية في محتواها إلى التغطية الشاملة لكافة المفاهيم العلمية ذات العلاقة، وإنما تم إعدادها كأداة توعوية تهدف إلى أن تكون نافذة لفهم التغير المناخي والتعرف على الجهود الوطنية التي تبذلها دولة قطر في مجال العمل المناخي، ودورها الفاعل على المستويين الوطني والدولي في دعم الجهود الرامية إلى مواجهة التغير المناخي.



1. المناخ والنظام المناخي

يبدأ فهم التغير المناخي من فهم المناخ نفسه، فقبل التساؤل عن كيف يتغير المناخ ولماذا يتغير، توجد حاجة لمعرفة المقصود بالمناخ، خاصة وأن المناخ عند النظر إليه بصورة أوسع يمكن إدراك أنه ليس ظاهرة منفصلة ومستقلة بذاتها، وإنما هو جزء من منظومة مترابطة تتفاعل فيها مكونات البيئة باستمرار، ومن هنا يظهر مفهوم النظام المناخي الذي يساعد على الانتقال من النظر إلى المناخ بوصفه مجموعة من الظروف الجوية إلى فهمه بوصفه نظاماً متكاملًا ومتغيراً.

1.1. الطقس والمناخ

يعتبر الطقس والمناخ مفهومين مختلفين يجب التمييز بينهما، حيث أن **الطقس** هو حالة الغلاف الجوي في منطقة معينة ضمن فترة زمنية قصيرة ومحدودة قد تكون ساعات أو أيام أو أسابيع، وهذه الحالة تحددتها مجموعة من العناصر الجوية المختلفة القابلة للقياس تسمى عناصر الطقس، من أهمها:

درجة الحرارة تُعبر عن مدى سخونة أو برودة الهواء.



يشمل كل أشكال سقوط الماء من الغلاف الجوي كالمطر، والثلج، والبرد.

الهطول



الضغط الجوي قوة الهواء الناتجة عن وزنه التي يؤثر بها فوق سطح الأرض على نقطة معينة.



حركة الهواء الأفقية الناتجة عن فروق الضغط الجوي بين المناطق.

الرياح



كمية بخار الماء في الهواء.

الرطوبة



وتتميز عناصر الطقس بتربطها مع بعضها، فتغير درجة الحرارة يؤثر في كمية بخار الماء التي يمكن أن توجد في الهواء أي الرطوبة، كما ترتبط الفروق في درجة الحرارة بالاختلافات في الضغط الجوي فتتسبب الرياح، والتي بدورها يمكن أن تؤثر في نقل الحرارة وبخار الماء وفي تكوّن السحب والهطول.

وعندما يتم تسجيل بيانات عناصر الطقس بصورة منتظمة على مدى فترات زمنية طويلة فإنه يمكن تحليلها للقيام بمجموعة من العمليات الحسابية الإحصائية مثل متوسطات درجة الحرارة ومعدلات الهطول وغيرها مما يشكل



صورة شاملة تتحول فيها حالات الطقس المنفصلة إلى صورة شاملة عن الخصائص والأنماط السائدة للطقس في منطقة معينة على المدى الطويل.

ويُطلق مصطلح **المناخ** على هذه الأنماط طويلة المدى، والذي يُعرف بأنه متوسط حالة الطقس في منطقة معينة على مدى فترة زمنية طويلة قد تمتد لعقود (30 عاماً فأكثر)، ويوضح الجدول التالي الفروق الجوهرية بين الطقس والمناخ:

الطقس	المناخ
يصف حالة الغلاف الجوي في منطقة معينة خلال فترة زمنية قصيرة	يصف الخصائص والأنماط الإحصائية للطقس في منطقة معينة خلال فترة زمنية طويلة
قد يتغير من ساعة إلى أخرى ومن يوم إلى آخر	يتغير على مدى فترات أطول، وتظهر فيه الأنماط والتغيرات الموسمية وطويلة الأمد
يهتم بمعرفة حالة الجو الآن أو المتوقعة قريباً	يهتم بمعرفة خصائص الجو المعتادة على مدى طويل
من أمثلته: درجة الحرارة، سرعة الرياح، كمية الأمطار، سرعة الرياح، وغيرها	من أمثلته: متوسط درجات الحرارة، متوسط درجة متوسط سرعة الرياح، معدل الأمطار، وغيرها
مثال: درجة الحرارة بمدينة الدوحة اليوم 25 درجة مئوية	مثال: تتميز دولة قطر بشتاء معتدل مع قليل من الأمطار

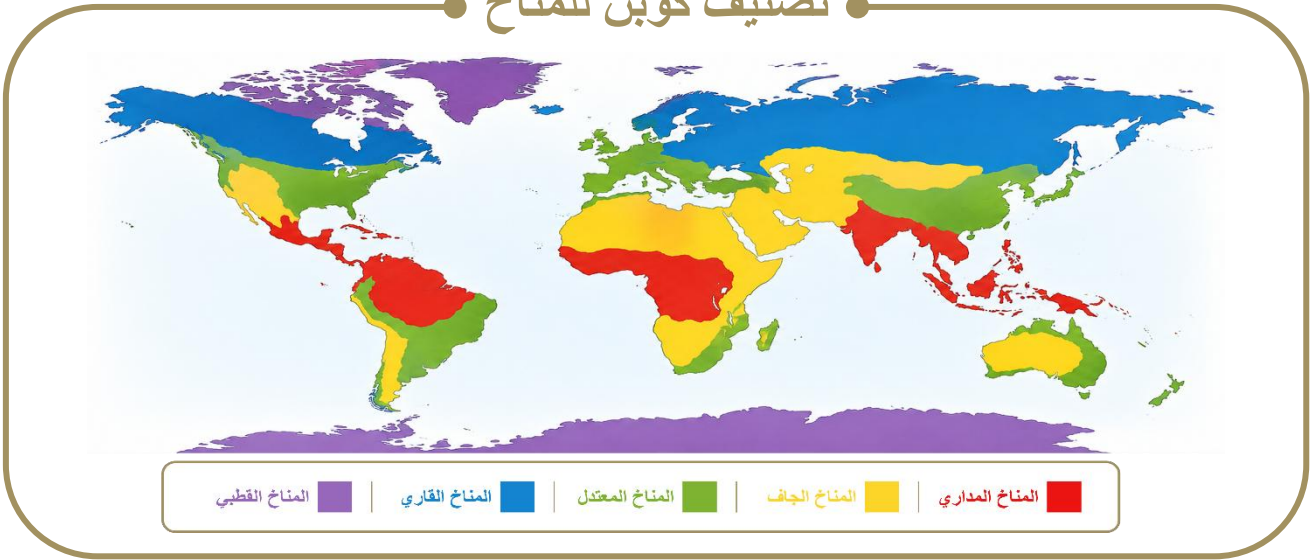
ومن الجدير بالذكر أن حالة الطقس تختلف خلال العام من فصل إلى آخر، فتتغير درجات الحرارة والرطوبة والرياح والهطول بصورة موسمية، وترتبط هذه التغيرات باختلاف زاوية سقوط أشعة الشمس وطول النهار وتوزيع الطاقة الشمسية التي تصل خلال العام نتيجة ميل محور الأرض أثناء دورانها حول الشمس، ويُطلق على هذه التغيرات المتكررة خلال العام اسم **التغيرات الموسمية**، وتختلف خصائصها من منطقة إلى أخرى.

ففي دولة قطر، ترتفع درجات الحرارة عادةً خلال فصل الصيف، بينما تكون أكثر اعتدالاً خلال فصل الشتاء، وتكرر هذه التغيرات الموسمية من عام إلى آخر، ومن المهم التمييز بين هذه التغيرات الموسمية والتغيرات المناخية طويلة الأمد، فالتغيرات الموسمية تتكرر بصورة دورية خلال العام، أما التغيرات المناخية فتحدث على مدى فترات زمنية طويلة.

كما تقدم فإن المناخ يتم تحديده عبر أنماط الطقس المسجلة خلال فترة زمنية طويلة، وهذه الفترة الطويلة تمنح كل منطقة سمات مناخية مميزة لاحظ العلماء قدرتهم على تصنيفها في مجموعات تساعد على وصفها ومقارنتها. ومن أشهر التصنيفات المستخدمة لذلك **تصنيف كوبن للمناخ**، الذي يقسم مناخات العالم إلى خمس مجموعات رئيسية وفق خصائصها المناخية اعتماداً بصورة أساسية على درجات الحرارة والهطول وتوزيعهما خلال السنة، وهي: المناخ المداري أو الاستوائي، والمناخ الجاف، والمناخ المعتدل، والمناخ القاري، والمناخ القطبي.

وتنقسم كل مجموعة مناخية رئيسية في تصنيف كوبن إلى أنواع فرعية، تساعد على وصف المناخ بصورة أكثر دقة، فعلى سبيل المثال تنقسم المناخات المدارية إلى عدة مجموعات فرعية منها المناخ المداري المطير طوال العام، وتنقسم المناخات الجافة إلى أقسام منها المناخ الصحراوي الذي تقع فيه دولة قطر، ويوضح الشكل التالي المجموعات الرئيسية الخمسة المذكورة أعلاه في تصنيف كوبن للمناخ:

• تصنيف كوبن للمناخ •



1.2. النظام المناخي ومكوناته

لا يعتمد المناخ في تكوينه على درجات الحرارة أو الغلاف الجوي فقط، وإنما ينتج عن تفاعل مجموعة من المكونات الرئيسية لكوكب الأرض التي تعمل معاً بصورة مستمرة، والتي يطلق عليها هي وتفاعلاتها اسم **النظام المناخي** ويضم هذه النظام المترابط خمس مكونات هي:



ولا تعتبر مكونات النظام المناخي أجزاء منفصلة تعمل بصورة منفردة، فالمناخ ينشأ من تبادلها المستمر فيما بينها للطاقة والمياه والمواد، وفهم المناخ يتطلب فهم كيفية عمل كل من هذه المكونات وكيف يؤثر بعضها على الآخر.

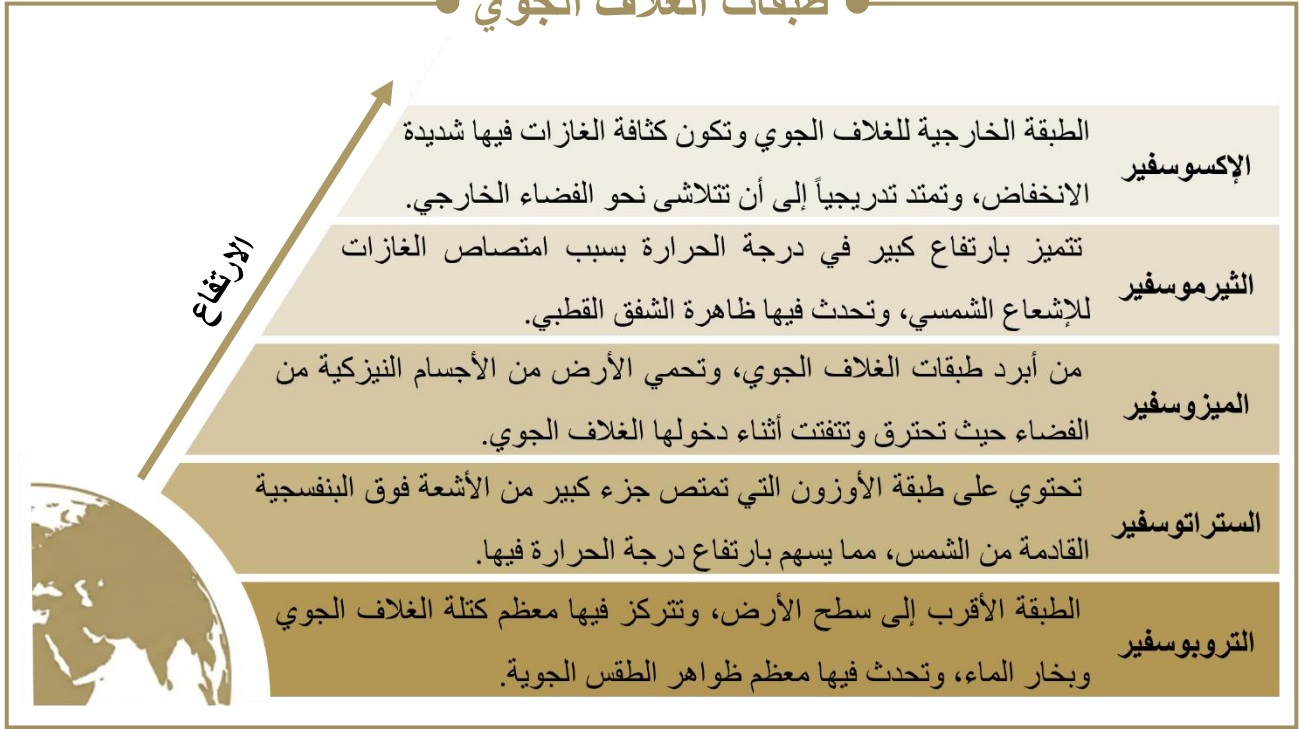
الغلاف الجوي

هو خليط من الغازات المحيطة بالأرض، يشكل النيتروجين فيها النسبة الأكبر يليه الأكسجين، ثم غازات أخرى بنسب متفاوتة مثل الأرجون وثنائي أكسيد الكربون والميثان والأوزون وغيرهم من الغازات، كما يحتوي الغلاف الجوي على بخار الماء ومجموعة من الجسيمات الدقيقة الصلبة والسائلة العالقة في الهواء تُعرف باسم "الهباء الجوي" تأتي من مصادر بشرية وطبيعية مثل الغبار وأملاح البحر من رذاذ البحر المتطاير والرماد البركاني وغيرهم.

وتختلف خصائص الغلاف الجوي مع الارتفاع مما ساهم في تقسيمه إلى خمس طبقات رئيسية تختلف في درجة الحرارة والكثافة والتركيب والظواهر التي تحدث فيها وتبدأ هذه الطبقات من سطح الأرض وتمتد إلى الفضاء، وتعد الطبقة الأقرب إلى الأرض هي طبقة التروبوسفير، يليها بالترتيب وصولاً إلى الفضاء طبقة الستراتوسفير، ثم الميزوسفير، ثم الثيرموسفير وأخيراً الإكسوسفير.

ويوضح الشكل التالي هذه الطبقات الخمسة الرئيسية للغلاف الجوي، علماً بأنه توجد منطقة تسمى الأيونوسفير لا تعتبر طبقة مستقلة مثل الطبقات الأخرى بل تتداخل مع أجزاء من الميزوسفير والثيرموسفير.

• طبقات الغلاف الجوي •



وللغلاف الجوي دور حيوي في النظام المناخي من خلال تنظيم انتقال الطاقة والماء والغازات، وكونه يربط بين مختلف مكونات النظام المناخي ويؤثر بصورة مباشرة في حالة الطقس والمناخ.

الغلاف المائي

يشمل الغلاف المائي المياه الموجودة على الأرض أو تحتها في حالتها السائلة، بما في ذلك المحيطات والبحار والأنهار والبحيرات والمياه الجوفية وغيرها من مصادر المياه.

وتشكل المحيطات النسبة الأكبر في الغلاف المائي من حيث الحجم والمساحة، إذ تغطي معظم سطح الأرض، مما يجعلها قادرة على امتصاص كميات كبيرة من الحرارة وتخزينها وإعادة توزيعها، وتنقل التيارات البحرية الحرارة من منطقة إلى أخرى، ولذلك يؤدي الغلاف المائي دوراً مهماً في توزيع الطاقة في النظام المناخي.

كما يرتبط الغلاف المائي ببقية مكونات النظام المناخي إلى جانب توزيع الطاقة بتبادل الطاقة والماء والكربون أيضاً والذين سيتم تناولهم لاحقاً.

الغلاف الجليدي

هو الجزء من النظام المناخي الذي توجد فيه المياه في الحالة الصلبة ويشمل مختلف أشكال الجليد والثلج على سطح الأرض وباطنها مثل الغطاء الثلجي، والأنهار الجليدية، والصفائح الجليدية، والجبال الجليدية، والجليد البحري، والتربة الصقيعية أو المتجمدة الدائمة وغيرها من أشكال المياه المتجمدة.

وتتبع أهمية الغلاف الجليدي في النظام المناخي بصورة أساسية من الخصائص الفيزيائية للجليد والثلج، وقدرة أسطحها نتيجة البياض المرتفع لها بقدرتها على عكس نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي الساقط عليها بدلاً من امتصاصه، ويُطلق على نسبة الإشعاع الشمسي الساقط التي يعكسها سطح الأرض "الألبيدو".

كما يخزن الغلاف الجليدي كميات كبيرة من المياه، وخاصة في الصفائح والأنهار الجليدية، ويؤثر تغير الجليد الموجود على اليابسة في كمية المياه المخزنة على القارات، ولذلك يسهم فقدانه في ارتفاع مستوى سطح البحر.

الغلاف الصخري

يشمل الغلاف الصخري في سياق النظام المناخي اليابسة والقشرة الأرضية والطبقات الصخرية للأرض وما يرتبط بها من قارات وجزر وتربة وصخور وتضاريس مختلفة، بما فيها الجبال والصحاري وغيرها. ولا يقتصر دور الغلاف الصخري على الصخور والتكوينات الجيولوجية، بل يرتبط بصورة أساسية بخصائص سطح اليابسة والعمليات التي تحدث فيه وعليه، مثل انعكاس الإشعاع الشمسي وامتصاصه، والتبادل الحراري والمائي مع الغلاف الجوي وتخزين الكربون.

ويرتبط الغلاف الصخري ببقية مكونات النظام المناخي من خلال تأثير خصائص سطح الأرض في مقدار الإشعاع الشمسي المنعكس والممتص، وفي تبادل الحرارة والماء مع الغلاف الجوي، وفي جريان المياه وتخزين المياه والكربون، كما تؤثر التضاريس، مثل الجبال في حركة الهواء وتوزيع الهطول للأمطار أو الثلوج أو البرد.

الغلاف الحيوي

يضم الغلاف الحيوي جميع الكائنات الحية مثل النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة والنظم البيئية سواء البرية أو البحرية، بالإضافة إلى المادة العضوية غير الحية المرتبطة بهذه النظم، مثل بقايا الكائنات والمواد العضوية الموجودة في التربة وفي المحيطات.

ويؤدي الغلاف الحيوي دوراً حيوياً في النظام المناخي من خلال مشاركته في دورة الكربون ودورة الماء وتفاعله مع بقية مكونات النظام المناخي.

1.3. التفاعلات بين مكونات النظام المناخي

فيما تقدم تم ذكر بعض التفاعلات في سياق تناول خصائص مكونات النظام المناخي الخمسة أعلاه، وبعد التعرف على المكونات الأساسية للنظام المناخي وخصائص كل منها، يتضح أن هذه المكونات لا تعمل بصورة مستقلة، وإنما ترتبط بشبكة واسعة من التفاعلات المستمرة فيما بينها.

وتدور هذه التفاعلات بصورة أساسية حول ثلاثة عناصر مترابطة هي: **الطاقة، والماء، والكربون**. فالطاقة الشمسية تمثل المصدر الرئيسي للطاقة التي تحرك النظام المناخي، والماء ينتقل باستمرار بين مكونات النظام في دورة متصلة، بينما ينتقل الكربون بين الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الصخري والغلاف الحيوي عبر عمليات مختلفة، وفهم هذه التفاعلات يوفر الأساس لفهم كيفية عمل المناخ وكيف يمكن أن يتغير.

1.3.1. لمحة لبعض تفاعلات مكونات النظام المناخي

ويمكن تصور تفاعلات مكونات النظام المناخي فيما بينها على أنها شبكة من التبادلات المستمرة للطاقة والماء والغازات والمواد، ومن بين صور هذه التفاعلات على سبيل المثال لا الحصر الآتي:

مكونات النظام	بعض صور التفاعل بين مكونات النظام المناخي
الغلاف المائي مع الغلاف الجوي	بين الغلاف الجوي والغلاف المائي ينتقل الماء والطاقة باستمرار، فعندما يتبخر الماء من المسطحات المائية كالمحيطات والبحار، ينتقل بخار الماء إلى الغلاف الجوي ثم يمكن له أن يتكاثف ويتحول إلى سحب ويعود إلى سطح الأرض على هيئة هطول للأمطار أو الثلوج أو البرد، وخلال هذه العمليات تنتقل الحرارة أيضاً عبر تبخر وتكاثف الماء.
الغلاف الصخري مع الغلاف الجوي	كما يمثل تبادل غاز ثاني أكسيد الكربون بين الغلاف الجوي والغلاف المائي جزءاً مهماً من دورة الكربون التي سيتم تناولها لاحقاً.
الغلاف الصخري مع الغلاف الجوي	يتفاعل الغلاف الجوي مع الغلاف الصخري عبر التبادل للطاقة الحرارية والماء، حيث يمتص سطح اليابسة جزءاً من الإشعاع الشمسي، ثم ينقل الطاقة إلى الغلاف الجوي على هيئة حرارة. كما يتبخر الماء من التربة والمسطحات المائية، وتطلق النباتات بخار الماء من خلال عملية تسمى النتح.

بعض صور التفاعل بين مكونات النظام المناخي

مكونات النظام

وتؤثر خصائص سطح اليابسة كذلك، مثل نوع التربة والغطاء النباتي والتضاريس في مقدار الطاقة الممتصة وفي حركة الهواء وتوزيع الهطول.

الغلاف الجليدي
مع الغلاف الجوي
يتفاعل الغلاف الجليدي مع الغلاف الجوي وسطح اليابسة بالغلاف الصخري من خلال تبادل الطاقة والماء، فالتلوج والجليد يعكسان نسبة كبيرة من الإشعاع الشمسي، ولذلك يؤدي تغير مساحتهما إلى تغير كمية الطاقة التي تمتصها سطح الأرض.

كما تنتقل المياه بين الغلاف الجليدي والغلاف المائي من خلال التجمد والذوبان، بينما يؤثر ذوبان الجليد الموجود على اليابسة في كمية المياه المخزنة على القارات بالغلاف الصخري ومستوى سطح البحر.

الغلاف الحيوي مع
الغلاف الجوي
التبادل للماء والكربون والطاقة، حيث تمتص النباتات ثاني أكسيد الكربون وتطلق بخار الماء عن طريق عملية تسمى النتح، بينما تؤثر درجة الحرارة والهطول والإشعاع الشمسي في نمو الكائنات الحية وتوزيع النظم البيئية.

يتفاعل الغلاف الجوي مع الغلاف الحيوي من خلال تبادل الكربون والماء والطاقة، فالنباتات تمتص ثاني أكسيد الكربون أثناء التمثيل الضوئي، وتعيد الكائنات الحية جزءاً من الكربون إلى البيئة من خلال التنفس أو تحلل بقاياها.

كما تطلق النباتات بخار الماء إلى الغلاف الجوي عن طريق النتح (وهي عملية تطلق فيها النباتات بخار عبر فتحات دقيقة فيها تعرف بالثغور) بينما تؤثر درجة الحرارة والهطول والإشعاع الشمسي في نمو النباتات وتوزيع النظم البيئية.

الغلاف الحيوي مع
الغلاف الصخري
يرتبط الغلاف الحيوي بسطح اليابسة بالغلاف الصخري من خلال التربة والغطاء النباتي والمادة العضوية، حيث تساعد النباتات على تثبيت التربة وتنظيم حركة المياه من خلال اعتراض جزء من مياه الهطول، وتحسين نفاذية التربة عبر الجذور والمادة العضوية، مما يحد من سرعة الجريان السطحي ويعزز تسرب المياه.

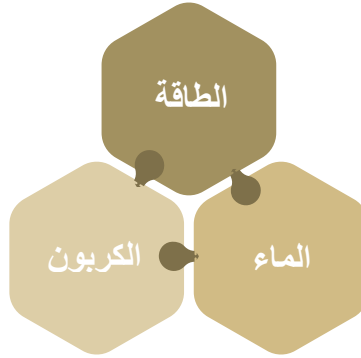
بعض صور التفاعل بين مكونات النظام المناخي

مكونات النظام

كما يسهم الغطاء النباتي في تنظيم درجة حرارة سطح اليابسة من خلال توفير الظل وتبريده عبر النتح، في حين تؤثر خصائص التربة والغطاء النباتي في مقدار الإشعاع الشمسي الممتص والمفقود من السطح، وفي المقابل، تؤثر خصائص التربة وتوافر المياه في نمو النباتات وتوزيعها.

الغلاف المائي مع الغلاف الجليدي يتفاعل الغلاف المائي مع الغلاف الجليدي من خلال تجمد المياه السائلة وذوبان الثلوج والجليد، فعندما تنخفض درجات الحرارة، قد تتجمد المياه لتكوّن الثلوج والجليد، ثم تعود إلى الحالة السائلة عند ارتفاع درجات الحرارة وذوبان الجليد.

بالنظر إلى التفاعلات أعلاه وعلى الرغم من اختلاف العمليات بين مكونات النظام المناخي، يمكن ملاحظة أن معظم هذه التفاعلات تتم – في سياق التغير المناخي / عدل الصورة – من خلال ثلاث مسارات رئيسية هي:



المسار	دوره في النظام المناخي
الطاقة	تنتقل وتمتص وتنعكس وتتحوّل بين مكونات النظام، وتتحكم في التسخين والتبريد وتغيرات الحالة الفيزيائية للماء.
الماء	ينتقل بين الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الجليدي والغلاف الصخري والغلاف الحيوي من خلال التبخر والتكاثف والهطول والتجمد وذوبان الجريان والنتح.
الكربون	ينتقل بين الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الحيوي والغلاف الصخري، ويؤثر في خصائص النظام المناخي.

1.3.2. دورة الماء في النظام المناخي

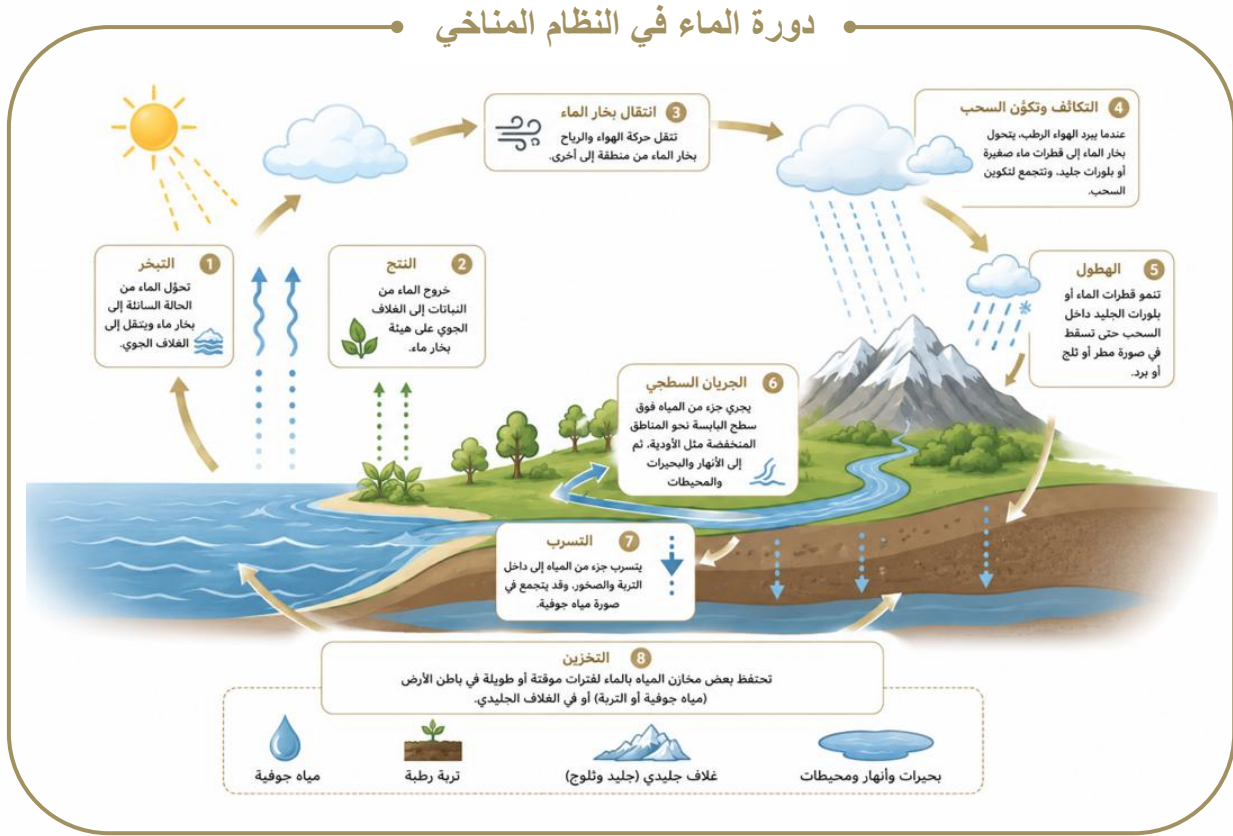
الماء أحد العناصر الأساسية في النظام المناخي، لأنه يوجد في مكونات النظام المختلفة وينتقل باستمرار بينها، ويوجد معظم الماء بالغللاف المائي في المحيطات والبحار، بينما يوجد جزء آخر في المياه الجوفية والأنهار والبحيرات والتربة، وفي الغلاف الجليدي يتواجد على هيئة ثلوج وصفائح جليدية وأنهار جليدية وغيرها من أشكال المياه المتجمدة، كما يوجد الماء في الغلاف الجوي على هيئة بخار ماء وقطرات ماء وبلورات جليد، وفي الغلاف الحيوي بالكائنات الحية.

ويُقصد بدورة الماء الحركة المستمرة للماء بين مخازنه المختلفة – والمخازن هي الأماكن أو الأجزاء من النظام المناخي التي يوجد فيها الماء ويُخزن لفترة من الزمن، مثل المحيطات والبحار، والمياه الجوفية، والتربة، والجليد، والغلاف الجوي، والكائنات الحية – وينتقل الماء باستمرار بين هذه المخازن، وقد يتغير أثناء ذلك من حالة إلى أخرى كالمسائل والغازية والصلبة.

ولا تسير هذه الدورة في مسار واحد ثابت، فقد ينتقل الماء من مخزن إلى آخر خلال فترة قصيرة، بينما قد يبقى في مخازن أخرى لفترات أطول بكثير، ولذلك تمثل دورة الماء شبكة مترابطة من عمليات التبخر والتكاثف والهطول والجريان على سطح الأرض والتسرب إلى جوفها والتجمد والذوبان والنتح (خروج بخار الماء من النباتات). وتتمثل أبرز عمليات دورة الماء فيما يلي:

- **التبخر:** تسخن الطاقة الشمسية سطح الأرض والمياه، فيتبخر جزء من الماء أي يتحول من الحالة السائلة إلى بخار ماء ينتقل إلى الغلاف الجوي.
- **النتح:** هو خروج الماء من النباتات إلى الغلاف الجوي على هيئة بخار، ويحدث أساساً من خلال فتحات دقيقة في أوراق النباتات تُعرف بالثغور، حيث تمتص النباتات الماء من التربة، ويُستخدم جزء منه في عملياتها الحيوية، بينما يعود جزء آخر إلى الغلاف الجوي عن طريق النتح.
- **انتقال بخار الماء:** تنتقل حركة الهواء والرياح بخار الماء من منطقة إلى أخرى، ولذلك قد يتبخر الماء في منطقة ثم يهطل في منطقة بعيدة عنها.
- **التكاثف وتكوّن السحب:** عندما يبرد الهواء الرطب، يمكن أن يتحول بخار الماء إلى قطرات ماء صغيرة أو بلورات جليد، وتتجمع هذه القطرات والبلورات لتكوين السحب عند توافر الظروف المناسبة.
- **الهطول:** تنمو قطرات الماء أو بلورات الجليد داخل السحب حتى تصبح قادرة على السقوط، فيعود الماء إلى سطح الأرض في صورة المطر أو الثلج أو البرد..

- الجريان السطحي: يجري جزء من المياه التي تسقط فوق سطح اليابسة، ويتحرك نحو المناطق المنخفضة مثل الوديان التي قد تتجمع فيها مؤقتاً أو تنتقل باتجاه الأنهار والبحيرات والأنهار والمحيطات.
- التسرب: يتسرب جزء من المياه إلى داخل التربة والصخور، وقد يتجمع في صورة مياه جوفية، ويمكن أن تتحرك هذه المياه ببطء وتعود إلى سطح الأرض أو تنتقل إلى المسطحات المائية كالبهار والأنهار وغيرها.
- التخزين: تحتفظ بعض مخازن المياه المذكورة سابقاً بالماء لفترات مؤقتة أو طويلة في باطن الأرض كمياه جوفية أو التربة أو في الغلاف الجليدي.



ولا تقتصر أهمية دورة الماء على نقل المياه بين مكونات النظام المناخي، بل ترتبط أيضاً بنقل الطاقة، فعندما يتبخر الماء، تُستهلك طاقة حرارية في تحويله من الحالة السائلة إلى بخار، وتُخزّن هذه الطاقة في بخار الماء، وعندما يتكاثف بخار الماء ويتحول إلى قطرات ماء أو بلورات جليدية، تتحرر هذه الطاقة إلى الغلاف الجوي، ولهذا ترتبط دورة الماء ارتباطاً وثيقاً بدرجات الحرارة والرطوبة والسحب والهطول وتوزيع الطاقة.

1.3.3. دورة الكربون في النظام المناخي

يوجد الكربون في مختلف مكونات النظام المناخي وينتقل باستمرار بينها، ويتواجد الكربون في الغلاف الجوي بصورة رئيسية ضمن غاز ثاني أكسيد الكربون، كما يوجد في الغلاف الحيوي بالكائنات الحية والمواد العضوية والتربة، وفي الغلاف المائي يوجد إلى جانب صور أخرى مذابة في المياه بشكل رئيسي، وفي الغلاف الصخري يتواجد الكربون داخل الصخور والرواسب والوقود الأحفوري.

ويُقصد بدورة الكربون الحركة المستمرة للكربون بين مخازنه المختلفة ضمن مكونات النظام المناخي – ومخازن الكربون هي الأماكن أو الأجزاء التي يوجد فيها الكربون ويُخزَّن فيها لفترة من الزمن، مثل الغلاف الجوي والكائنات الحية والتربة والمحيطات والصخور والرواسب – ولا ينتقل الكربون بالسرعة نفسها بين جميع هذه المخازن، فبعض عمليات الانتقال تحدث خلال فترات قصيرة نسبياً، بينما تمتد عمليات أخرى إلى آلاف السنين.

ولا تعتبر دورة الكربون سلسلة ثابتة من المراحل المتتالية، وإنما هي شبكة من العمليات قد ينتقل فيها الكربون في اتجاهات متعددة في الوقت نفسه، ومن أبرز الملامح الرئيسية لدورة الكربون:

- **انتقال الكربون من الغلاف الجوي إلى الغلاف الحيوي**

تمتص النباتات والطحالب وغيرها من الكائنات القادرة على التمثيل الضوئي ثاني أكسيد الكربون، وتستخدم الكربون الموجود فيه في تكوين المواد العضوية، وبذلك ينقل التمثيل الضوئي الكربون من الغلاف الجوي أو المياه إلى الكائنات الحية.

- **انتقال الكربون داخل الغلاف الحيوي**

لا يبقى الكربون الذي تمتصه النباتات أو الكائنات الأخرى في مكانه، بل ينتقل بعد ذلك داخل النظم البيئية من خلال العلاقات الغذائية، فعندما تتغذى الحيوانات على النباتات أو تتغذى الكائنات على بعضها، ينتقل جزء من الكربون من كائن حي إلى آخر. كما يُخزَّن جزء من الكربون في الأنسجة النباتية والحيوانية وفي المادة العضوية والتربة.

- **تبادل الكربون بين الغلاف الجوي والغلاف المائي**

ينتقل ثاني أكسيد الكربون باستمرار بين الغلاف الجوي والغلاف المائي، فعندما يتلامس الهواء مع سطح الماء، يمكن أن يذوب جزء من ثاني أكسيد الكربون في الماء، ويمكن أيضاً أن ينتقل الكربون من الماء إلى الغلاف الجوي، وتؤدي المحيطات دوراً مهماً في امتصاص جزء من ثاني أكسيد الكربون وتخزينه.

• انتقال الكربون إلى الصخور والرواسب بالغلاف الصخري

لا يبقى كل الكربون في الغلاف الجوي أو الكائنات الحية أو المياه، بل ينتقل جزء منه ببطء إلى الرواسب والصخور، فعندما تموت الكائنات الحية أو تتكون مواد كربونية في المياه، قد يترسب جزء منها في قاع البحار، ثم تُدفن تدريجياً تحت طبقات جديدة من الرواسب، ومع مرور فترات زمنية طويلة جداً قد تدخل هذه المواد في تكوين الصخور أو تبقى مخزنة في الرواسب.

• الدورة السريعة والدورة البطيئة للكربون

لا ينتقل الكربون في النظام المناخي بالسرعة نفسها، فهناك عمليات سريعة نسبياً، مثل التمثيل الضوئي والتنفس والتحلل وتبادل ثاني أكسيد الكربون بين الغلاف الجوي والغلاف المائي، ويمكن أن تحدث خلال فترات قصيرة نسبياً.

وفي المقابل، توجد عمليات بطيئة ترتبط بتخزين الكربون في الصخور والرواسب وتكوّن الوقود الأحفوري والعمليات الجيولوجية، وقد تمتد على آلاف أو ملايين السنين.



وتكمن أهمية دورة الكربون في النظام المناخي في أنها تنقل الكربون بين مكوناته، وتنظم تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وترتبط بين الغلاف الحيوي والغلاف المائي والغلاف الصخري والغلاف الجليدي والغلاف الجوي، وترتبط بميزان طاقة الأرض، وتساعد على فهم العلاقة بين الأنشطة البشرية والتغير المناخي.

1.3.4. ميزان طاقة الأرض في النظام المناخي

تحتاج العمليات المختلفة في النظام المناخي إلى الطاقة، فحركة الهواء والمياه، وتبخر الماء، وتكون السحب، وتسخين سطح الأرض، وغيرها من العمليات، ترتبط بانتقال الطاقة وتحولاتها.

الطاقة الشمسية ودخولها إلى النظام المناخي

تأتي معظم الطاقة التي تحرك النظام المناخي من الشمس، وتصل هذه الطاقة إلى الأرض بصورة إشعاع شمسي، لكن كوكب الأرض لا يحتفظ بكل الطاقة التي تصل إليه، فعندما يصل الإشعاع الشمسي تحدث له بصورة أساسية ثلاثة أمور هي:

- انعكاس جزء منه إلى الفضاء.
- امتصاص الغلاف الجوي والسحب جزء منه.
- وصول جزء إلى سطح الأرض وامتصاصه من قبل مكونات النظام المناخي المختلفة كاليابسة بالغلاف الصخري والمسطحات والمحيطات بالغلاف المائي وغيرهم.

وتختلف كمية الطاقة المنعكسة والامتصة بحسب خصائص الغلاف الجوي وأسطح الغلاف الصخري، فمثلاً تعكس الأسطح الفاتحة مثل الثلج والجليد بالغلاف الجليدي قدراً كبيراً من الإشعاع الشمسي، بينما تمتص الأسطح الداكنة قدراً أكبر منه، وتُسمى نسبة الإشعاع الشمسي الساقط التي يعكسها سطح ما باسم **العاكسية أو الألبيدو**، وكلما ارتفع الألبيدو، زادت نسبة الإشعاع المنعكس.

انتقال الطاقة وتخزينها في النظام المناخي

بعد أن يمتص النظام المناخي جزءاً من الطاقة الشمسية، لا تبقى هذه الطاقة في المكان الذي امتصها، وإنما تنتقل بين مكونات النظام المناخي وتتحول من صورة إلى أخرى، ويساعد هذا الانتقال على توزيع الحرارة والمحافظة على تفاعل مكونات النظام المناخي مع بعضها، ومن أبرز أدوار هذه المكونات في انتقال الطاقة وتخزينها ما يلي:

المكون	الدور
الغلاف الجوي	يمتص جزءاً من الإشعاع الشمسي والحراري، وينقل الحرارة مع حركة الهواء، ويحتوي على بخار الماء وغازات أخرى تؤثر في انتقال الإشعاع الحراري، كما تتبادل السحب الطاقة مع الإشعاع الشمسي والحراري.



المكون	الدور
الغلاف المائي	يمتص ويخزن كميات كبيرة من الطاقة الحرارية، وينقل الحرارة مع حركة المياه. كما يمثل مصدراً رئيسياً لبخار الماء من خلال التبخر، ويتبادل الطاقة مع الغلاف الجوي أثناء التبخر والتكاثف.
الغلاف الجليدي	يعكس قدراً كبيراً من الإشعاع الشمسي بسبب بياضه السطحي المرتفع، ويتبادل الطاقة مع الغلاف الجوي والغلاف المائي والغلاف الصخري. ويمكن أن يؤدي تغير مساحته إلى تغير كمية الإشعاع الشمسي التي يمتصها سطح الأرض.
الغلاف الصخري	يمتص الإشعاع الشمسي ويخزن الحرارة ثم يعيد إطلاقها، وتتأثر كمية الطاقة الممتصة بخصائص السطح والتربة، مثل اللون والرطوبة والغطاء الأرضي. كما يسهم الماء الموجود في التربة في تبادل الطاقة من خلال التبخر.
الغلاف الحيوي	يؤثر في خصائص سطح الأرض مثل الغطاء النباتي، ويسهم في انتقال الطاقة من خلال التبخر والنتح (تبخر الماء من النباتات)، كما يؤثر الغطاء النباتي في تبادل الطاقة بين سطح الأرض والغلاف الجوي.

وبذلك لا تتحرك الطاقة في مسار واحد وإنما تنتقل باستمرار داخل النظام المناخي.

خروج الطاقة من النظام المناخي

على الرغم من انتقال الطاقة وتخزينها داخل النظام المناخي، فإن الطاقة لا تبقى فيه بصورة دائمة.

فالأرض تعيد في النهاية جزءاً من الطاقة التي اكتسبتها من الشمس إلى الفضاء، وبعد امتصاص أسطح الأرض – مثل المياه والتربة والصخور والجليد – للطاقة الشمسية، ترتفع درجة حرارتها ثم تفقد هذه الأسطح جزءاً من الطاقة التي اكتسبتها على هيئة إشعاع حراري ينتقل من سطح الأرض نحو الغلاف الجوي والفضاء.

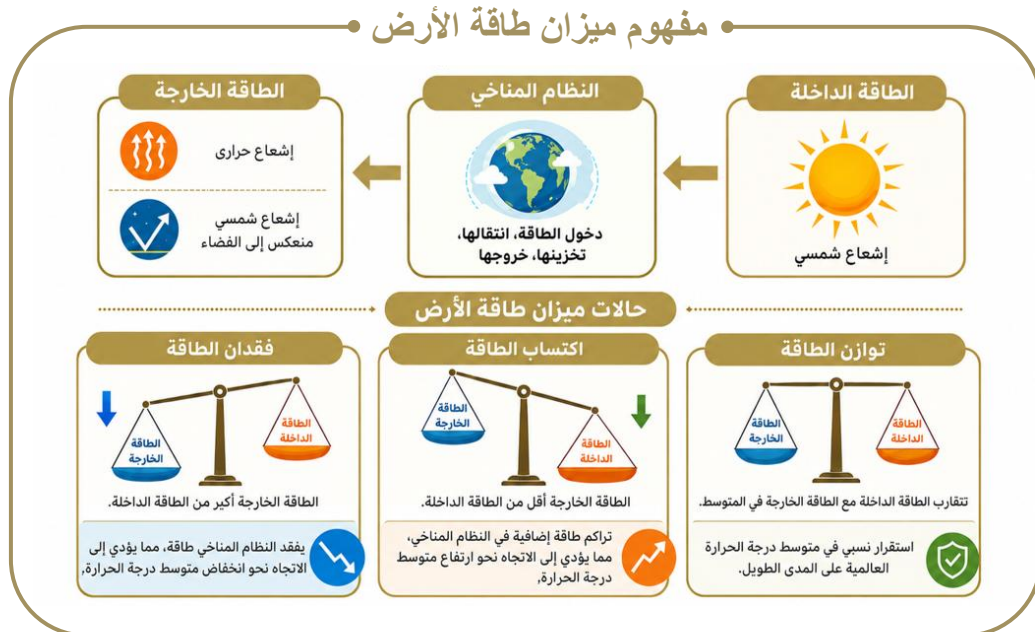
ولا يصل الإشعاع الحراري كله إلى الفضاء مباشرةً وبالطريقة نفسها، فجزء منه يمكن أن يمر عبر الغلاف الجوي، بينما يمتص جزء آخر بواسطة بعض مكونات الغلاف الجوي مثل بخار الماء وبعض الغازات والسحب، ويمكن بعد ذلك أن يعيد الغلاف الجوي إصدار الإشعاع في اتجاهات مختلفة، بما فيها اتجاه الفضاء واتجاه سطح الأرض.

مفهوم ميزان طاقة الأرض

يظهر من العمليات السابقة حول كيفية دخول الطاقة إلى النظام المناخي وانتقالها وتخزينها داخله وخروجها منه مفهوم **ميزان طاقة الأرض**، وهو العلاقة بين كمية الطاقة التي تدخل إلى النظام المناخي كإشعاع شمسي وكمية الطاقة التي تخرج منه على هيئة إشعاع حراري أو إشعاع شمسي منعكس إلى الفضاء، والتي قد تكون في إحدى ثلاث حالات ممكنة هي:

حالة ميزان طاقة الأرض	العلاقة بين الطاقة الداخلة والخارجة	النتيجة
توازن الطاقة	تتقارب الطاقة الداخلة مع الطاقة الخارجة في المتوسط	استقرار نسبي في متوسط درجة الحرارة العالمية على المدى الطويل.
اكتساب الطاقة	الطاقة الخارجة أقل من الطاقة الداخلة	تراكم طاقة إضافية في النظام المناخي، مما يؤدي إلى الاتجاه نحو ارتفاع متوسط درجة الحرارة.
فقدان الطاقة	الطاقة الخارجة أكبر من الطاقة الداخلة	يفقد النظام المناخي طاقة، مما يؤدي إلى الاتجاه نحو انخفاض متوسط درجة الحرارة.

ويوضح الشكل التالي المفاهيم الموضحة بشأن العلاقات بين الطاقة الداخلة والخارجة وتأثيرها على ميزان طاقة الأرض:





وبالعودة إلى ما سبق توضيحه جزئية خروج الطاقة من النظام المناخي وإلى الشكل أعلاه فإن الإشعاع الحراري الذي تطلقه الأرض نحو الفضاء تستطيع بعض مكونات الغلاف الجوي مثل بخار الماء والسحب وبعض الغازات امتصاص جزء منه ثم إعادة إطلاقه في اتجاهات مختلفة من بينها اتجاه سطح الأرض، وتُعرف هذه العملية باسم

تأثير الدفيئة.

ويعتبر تأثير الدفيئة ظاهرة طبيعية في أصلها، وهو عامل أساسي في إبقاء كوكب الأرض دافئاً بدرجة تسمح بوجود الظروف الملائمة للحياة. وتُسمى الغازات التي تسهم في هذه العملية **غازات الدفيئة**، لأنها تمتص جزءاً من الإشعاع الحراري وتعيد إطلاقه في جميع الاتجاهات بما فيها باتجاه الأرض، مما يساعد على الاحتفاظ بجزء من الطاقة داخل النظام المناخي، وبدون تأثير الدفيئة الطبيعي، كانت درجة حرارة الأرض ستتخفض بدرجة كبيرة، بما لا يوفر الظروف الملائمة للحياة.

ولكن عندما ترتفع تراكيز غازات الدفيئة عن المعدل الطبيعي نتيجة بعض العوامل الطبيعية أو البشرية يتحول تأثير الدفيئة إلى تحدي مؤثر على ميزان طاقة الأرض حيث تزداد قدرة الغلاف الجوي على امتصاص الإشعاع الحراري الذي كان سيغادر جزء منه إلى الفضاء مما يؤثر على ميزان طاقة الأرض واكتساب النظام المناخي مزيداً من الطاقة نتيجة التراكم الإضافي لها فيه بحيث تصبح الطاقة الداخلة إليه أكبر من الطاقة الخارجة منه، مما يؤدي إلى الاحترار العالمي والذي يعد أحد أبرز مظاهر التغير المناخي كما سيتم توضيحه لاحقاً..



2. التغير المناخي

بعد التعرف في الفصل السابق إلى النظام المناخي ومكوناته، وكيف تتفاعل هذه المكونات، وكيف تنتقل الطاقة والماء والكربون بينها، أصبح من الممكن فهم ما يحدث عندما تتغير خصائص هذا النظام مع مرور الزمن.

2.1. مفهوم التغير المناخي

تم بالفصل السابق توضيح أن الطقس يصف عبر عناصره حالة الغلاف الجوي في منطقة معينة خلال فترة قصيرة ومحدودة، في حين يصف المناخ متوسطات عناصر الطقس وأنماطها على المدى الطويل، ومن هذا المنطلق يمكن فهم التغير المناخي بصورة أكثر وضوحاً، فإذا كانت دراسة المناخ تهتم بخصائصه وأنماطه على مدى طويل، فإن التغير المناخي يهتم بالتغير الذي يطرأ على هذه الخصائص مع مرور الزمن.

وقد يكون من السهل ملاحظة تغير الطقس من يوم إلى آخر، لكن تغير يوم واحد لا يعني أن المناخ قد تغير، وكذلك فإن ارتفاع درجة الحرارة في سنة واحدة، أو انخفاض كمية هطول الأمطار في موسم معين، لا يكفي وحده لإثبات تغير طويل الأمد في المناخ. ولذلك يعتمد تحديد التغير المناخي على دراسة البيانات لفترات زمنية طويلة، والبحث عن تغيرات يمكن تمييزها إحصائياً في متوسط الخصائص المناخية أو تباينها.

ويشير **التغير المناخي** إلى حدوث تغير في حالة المناخ يمكن تحديده من خلال تغيرات في متوسط خصائصه، ويستمر لفترة ممتدة عادةً لعقود أو أكثر، ويمكن أن ينتج هذا التغير عن عمليات طبيعية داخلية في النظام المناخي أو عن عوامل خارجية طبيعية أو تأثيرات بشرية.

ولا يعد مناخ الأرض ثابتاً طوال تاريخها حيث تغير عبر الزمن، ويعتمد العلماء على بعض الأدلة الطبيعية والتاريخية لدراسة التغير المناخي بوصفه ظاهرة موجودة منذ القدم وليست جديدة، ومن أبرز الأدلة المستخدمة في هذه الدراسات ما يلي:

الدليل	المعلومات التي بإمكان الدليل توفيرها
لب الجليد	تتراكم طبقات الجليد عبر الزمن وتحفظ فقاعات هواء ومواد من الغلاف الجوي في الماضي، مما يساعد في معرفة تركيب الغلاف الجوي آنذاك، وبعض المؤشرات المرتبطة بدرجات الحرارة.
حلقات نمو الأشجار	يتأثر نمو الأشجار بظروف البيئة التي تنمو فيها، فتسجل الحلقات تغيرات في ظروف النمو تعكس الحالة البيئية التي عاصرتها الأشجار مثل توفر المياه ودرجة الحرارة.



الدليل	المعلومات التي بإمكان الدليل توفيرها
الشعاب المرجانية	تنمو هياكل الشعاب المرجانية تدريجياً مع تراكم التصاق المرجان بالقاع، وتتأثر خصائصها بظروف المياه التي تعيش فيها، ويمكن أن الشعاب المرجانية في هياكلها مؤشرات مرتبطة بالظروف البيئية البحرية أثناء نموها مثل درجة الحرارة وغيرها من تغيرات البيئة البحرية.
رواسب البحار والمحيطات	تتراكم طبقات هذه الرواسب في القاع بمرور الزمن وتستطيع الحفاظ على بقايا الكائنات المجهرية والمواد العضوية وحبوب اللقاح المنجرفة من اليابسة مما يمكنها من حفظ مؤشرات على الظروف البيئية والمناخية التي رافقت تراكم هذه الرواسب طوال السنين.
السجلات التاريخية	هي الوثائق والملاحظات التي سجلها البشر عن أحداث مثل الجفاف والأمطار والفيضانات وغيرها مما يتيح التعرف على الظروف المناخية خلال الفترات التاريخية التي تتوفر عنها هذه السجلات.

ويُطلق على العلم الذي يدرس هذه الأدلة اسم **علم المناخ القديم**، وتكمن أهمية دراسة المناخ القديم في أنها توضح أن النظام المناخي قابل للتغير، وتساعد على فهم كيفية استجابته للعوامل المختلفة عبر الزمن.

2.2. أسباب التغير المناخي

عرف مناخ الأرض تغيرات متعددة عبر تاريخه استطاع العلماء إثباتها كما تقدم، حيث كانت العوامل الطبيعية هي المؤثر الأساسي في تغير المناخ قبل أن يصبح النشاط البشري عاملاً مؤثراً في تغير المناخ، وكما تقدم في توضيح مفهوم التغير المناخي فإن هذا التغير يمكن أن ينتج عن عمليات طبيعية داخلية في النظام المناخي أو عن عوامل خارجية طبيعية أو عوامل ناتجة عن تأثير بعض الأنشطة البشرية.

2.2.1. العوامل الطبيعية المؤثرة في المناخ

شهدت الأرض تغيرات مناخية طبيعية كثيرة قبل أن تصبح الأنشطة البشرية مؤثرة في النظام المناخي، ومن أهم العوامل الطبيعية التي أثرت على ذلك ما يلي:

العوامل الطبيعية الخارجية

- **التغيرات طويلة الأمد في مدار الأرض وحركتها:** حيث تتغير ببطء بعض خصائص مدار الأرض واتجاه محورها، مما يغير توزيع الإشعاع الشمسي الواصل إلى مختلف المناطق بسطح الأرض، وتعمل هذه التغيرات على فترات زمنية طويلة جداً.



- **التغيرات في النشاط الشمسي:** حيث يمكن أن تتغير كمية الطاقة التي تصدرها الشمس، مما يؤثر بالتالي في كمية الطاقة الواصلة إلى الأرض.
- **الثورات البركانية الكبيرة:** حيث يمكن لبعض الثورات البركانية أن تدفع كميات كبيرة من المواد إلى طبقات مرتفعة من الغلاف الجوي، فتتكون جسيمات تعكس جزءاً من الإشعاع الشمسي وتؤثر في كمية الإشعاع التي تصل إلى سطح الأرض كما يمكن لها أن تؤدي إلى تغير درجة الحرارة لفترات زمنية تختلف بحسب طبيعة ثوران البركان وحجمه.

التباين الداخلي في النظام المناخي

يحدث التباين الداخلي نتيجة العمليات والتفاعلات الطبيعية التي تجري داخل النظام المناخي نفسه، فالغلاف الجوي والمحيطات واليابسة والجليد تتفاعل باستمرار، وتتبادل فيما بينها الحرارة والماء والطاقة، ويمكن أن تؤدي التغيرات الطبيعية في هذه التفاعلات إلى تقلبات في درجات الحرارة والأمطار والرياح من فترة إلى أخرى.

ومن أشهر الأمثلة على ذلك ظاهرتا النينو والنينيا، حيث تنشأ ظاهرة النينو من التفاعل بين الغلاف المائي والغلاف الجوي في المحيط الهادئ، حيث تكون مياه سطح البحر في أجزاء من وسط وشرق المحيط الهادئ أدفأ من المعتاد، بينما خلال ظاهرة النينيا تكون أبرد من المعتاد، ويرافق ذلك تأثيرات في درجات الحرارة والأمطار في مناطق مختلفة من العالم.

وتوضح هذه العوامل أن المناخ ليس ثابتاً، وأن التغير المناخي ظاهرة يمكن أن تحدث طبيعياً، وقد تؤدي العوامل الطبيعية إلى تغيرات مؤقتة أو طويلة الأمد في المناخ.

2.2.2 العوامل البشرية المؤثرة في المناخ

إلى جانب العوامل الطبيعية، أصبحت الأنشطة البشرية مؤثرة في النظام المناخي على نطاق واسع، ويحدث هذا التأثير من خلال زيادة تركيز بعض غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، وتغير استخدام الأراضي، وتغيير خصائص سطح الأرض، وإطلاق بعض الغازات والجسيمات إلى الغلاف الجوي.

وتعد زيادة انبعاثات غازات الدفيئة من أهم التأثيرات البشرية في المناخ، لأنها تؤدي إلى زيادة تراكيز بعض الغازات التي تتفاعل مع الإشعاع الحراري في الغلاف الجوي، كما يمكن لتغير استخدام الأراضي وإزالة الغطاء النباتي أن يغيرا مخزون الكربون وخصائص سطح الأرض، وأن يؤثر في تبادل الطاقة والماء والكربون بين سطح الأرض والغلاف الجوي.



وترتبط هذه التأثيرات بأنشطة بشرية متعددة، من بينها إنتاج الطاقة واستخدامها، والنقل، والصناعة، والزراعة، وتغير استخدام الأراضي، وإزالة الغابات، وإدارة النفايات، ولا تؤثر هذه الأنشطة بالطريقة نفسها على المناخ، كما لا تنتج جميعها الغازات نفسها، فعلى سبيل المثال تساهم الزراعة في انبعاث غازات مختلفة مثل أكسيد النيتروز المرتبط باستخدام الأسمدة، فيما قد ينتج عن أنشطة إدارة النفايات انبعاث غازات مثل الميثان نتيجة تحلل المواد العضوية.

2.2.3. غازات الدفيئة

يتكون الغلاف الجوي من مجموعة من الغازات، وتعد غازات الدفيئة والتي تسمى أيضاً غازات الاحتباس الحراري مكونات مهمة في الغلاف الجوي، وتتمثل خاصيتها الأساسية في قدرتها على امتصاص وإطلاق الإشعاع الحراري، ولذلك تؤثر في انتقال الطاقة بين سطح الأرض والغلاف الجوي والفضاء، مما يؤدي إلى تكون ظاهرة الدفيئة (والتي تسمى أيضاً الاحتباس الحراري)، وتوجد بعض غازات الدفيئة بصورة طبيعية في الغلاف الجوي، كما يمكن أن تؤدي الأنشطة البشرية إلى زيادة تركيز بعض الغازات الموجودة طبيعياً أو إلى انبعاث غازات أخرى، ويوضح الجدول التالي أهم غازات الدفيئة (الاحتباس الحراري):

الغاز	لمحة عامة
بخار الماء (H₂O)	بخار الماء غاز دفيئة طبيعي ومكون أساسي في دورة الماء، وينتقل الماء إلى الغلاف الجوي بالتبخير والنتح من النباتات، ثم يتكاثف ويعود إلى السطح في صورة هطول للأمطار أو الثلوج أو البرد، ويجمع بخار الماء بين دوره في دورة الماء بالنظام المناخي، ودوره في تأثير الدفيئة، فعندما ترتفع درجة حرارة الهواء، يستطيع الغلاف الجوي احتواء كمية أكبر من بخار الماء، وزيادة بخار الماء تعزز بدورها تأثير الدفيئة.
ثاني أكسيد الكربون (CO₂)	غاز دفيئة طبيعي موجود في الغلاف الجوي، كما ينبعث نتيجة بعض الأنشطة البشرية المرتبطة بالصناعة وإزالة الغابات، ويرتبط هذا الغاز كذلك بدورة الكربون، التي ينتقل خلالها الكربون بين الغلاف الجوي والمائي واليابسة والكائنات الحية.
الميثان (CH₄)	غاز دفيئة ينتج من مصادر طبيعية وبشرية، مثل بعض الأنشطة الصناعية والزراعية المرتبطة بالثروة الحيوانية، كما ينتج عن تحلل المواد العضوية سواء من الكائنات الحية أو النفايات العضوية.

الغاز

لمحة عامة

أكسيد النيتروز غاز دفيئة يوجد بصورة طبيعية، كما تنتج انبعاثاته من بعض الأنشطة البشرية المرتبطة بالأنشطة الزراعية واستخدام الأسمدة الزراعية أو الصناعة. (N_2O)

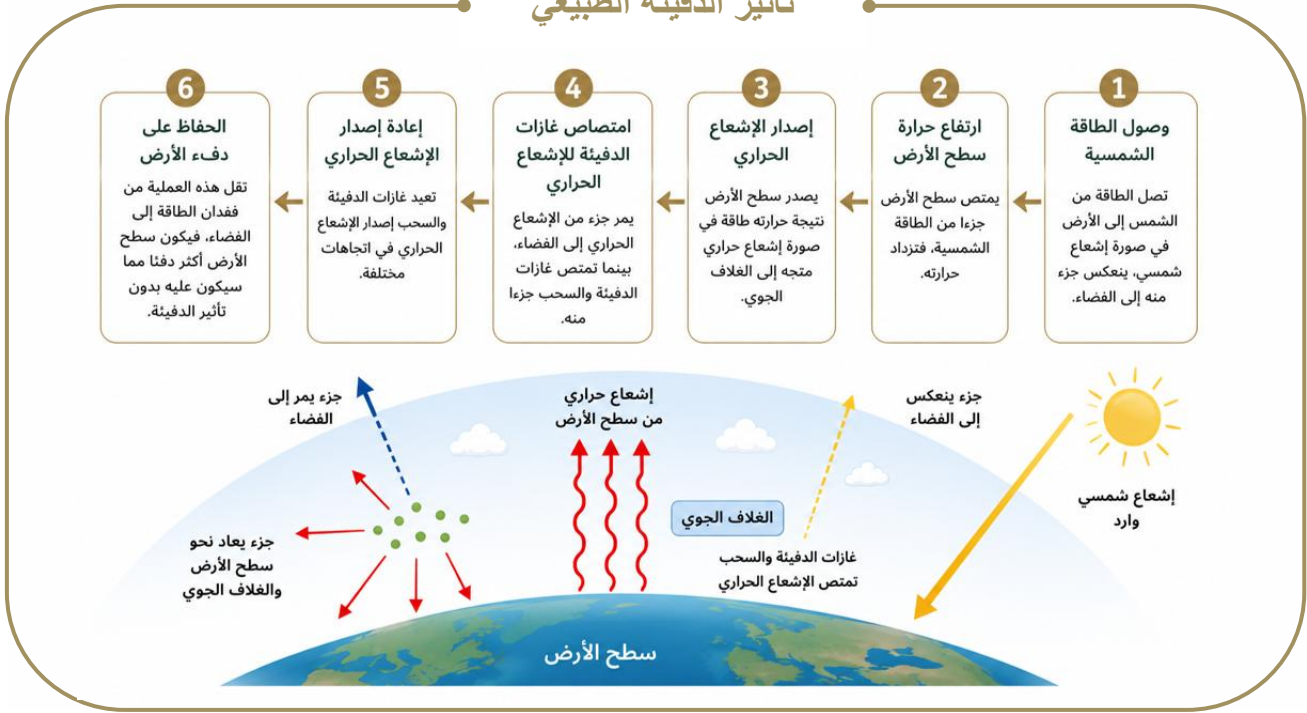
ولا تقتصر غازات الدفيئة على المذكورين أعلاه، حيث توجد غازات دفيئة أخرى سواء كانت ناتجة عن مصادر طبيعية أو من الأنشطة البشرية مثل غاز الأوزون والغازات المفلورة الصناعية – التي هي مركبات كيميائية تحتوي على عنصر الفلور – وتختلف هذه الغازات في خصائصها ومصادرها وقدرتها على التأثير في ظاهرة الدفيئة (الاحتباس الحراري) إلا أنها تشترك في قدرتها على امتصاص الإشعاع الحراري وإعادة إصدارها، ولذلك تُدرج ضمن غازات الدفيئة.

2.2.4. تأثير الدفيئة (الاحتباس الحراري)

يعتبر تأثير الدفيئة من أهم العمليات الطبيعية الضرورية المرتبطة بدرجة حرارة الأرض، وكما تقدم ذكره بمواضع سابقة لا يُعد تأثير الدفيئة في أصله ظاهرة بشرية فهو جزء طبيعي من النظام المناخي للمحافظة على درجة الحرارة المناسبة لظروف الحياة على كوكب الأرض، ويمكن وصف **تأثير الدفيئة** أو **الاحتباس الحراري** بالمراحل التالية:

1. **وصول الطاقة الشمسية:** تصل الطاقة من الشمس إلى الأرض في صورة إشعاع شمسي، ينعكس جزء منه إلى الفضاء، بينما يمتص سطح الأرض والغلاف الجوي جزءاً آخر.
2. **ارتفاع حرارة سطح الأرض:** يمتص سطح الأرض جزءاً من الطاقة الشمسية، فتزداد حرارته.
3. **إصدار الإشعاع الحراري:** يصدر سطح الأرض نتيجة حرارته طاقة في صورة إشعاع حراري متجه إلى الغلاف الجوي.
4. **امتصاص غازات الدفيئة للإشعاع الحراري:** يمر جزء من الإشعاع الحراري إلى الفضاء، بينما تمتص غازات الدفيئة والسحب جزءاً منه.
5. **إعادة إصدار الإشعاع الحراري:** تعيد غازات الدفيئة والسحب إصدار الإشعاع الحراري في اتجاهات مختلفة، جزء منه يتجه نحو الفضاء، وجزء نحو سطح الأرض والطبقات الأخرى من الغلاف الجوي.
6. **الحفاظ على دفء سطح الأرض:** تؤدي هذه العملية إلى تقليل سرعة فقدان النظام المناخي للطاقة إلى الفضاء، ولذلك يكون سطح الأرض أكثر دفئاً مما سيكون عليه في غياب تأثير الدفيئة الطبيعي.

تأثير الدفينة الطبيعي



تعزيز تأثير الدفينة

عندما ترتفع تراكيز بعض غازات الدفينة في الغلاف الجوي، تتغير قدرة الغلاف الجوي على امتصاص الإشعاع الحراري الخارج من سطح الأرض، وبالرجوع إلى مفهوم ميزان طاقة الأرض الذي تم تناوله سابقاً فإن مقدار الطاقة التي يستطيع النظام المناخي فقدها لتخرج إلى الفضاء تنخفض، مما يجعل الطاقة الداخلة إلى النظام المناخي أكبر من الطاقة الخارجة منه، فيحدث اختلال في ميزان الطاقة وتزداد كمية الطاقة المخزنة في النظام المناخي، وتتراكم وتزداد كمية الطاقة الإضافية داخل النظام المناخي.

ولا تبقى هذه الطاقة الإضافية في الغلاف الجوي وحده، بل تتوزع بين مكونات النظام المناخي المختلفة، حيث تستوعب المحيطات جزءاً كبيراً منها، كما تتغير درجة حرارة اليابسة والغلاف الجوي، وتتأثر مكونات النظام المناخي الأخرى مثل الغلاف الجليدي.

ومع ارتفاع درجة حرارة سطح الأرض، يزداد مقدار الإشعاع الحراري الصادر إلى الفضاء، ويستمر في ذلك إلى أن يتجه النظام تدريجياً نحو حالة يتقارب فيها مقدار الطاقة الخارجة مع مقدار الطاقة الداخلة، ولكن عند درجة حرارة أعلى.

وهكذا، فإن زيادة تركيز غازات الدفينة المؤدية إلى ازدياد حجم تأثير الدفينة الطبيعي يُعرف باسم **تعزيز تأثير الدفينة أو الاحتباس الحراري المعزز**.

الاحترار العالمي

يُشير الاحترار العالمي إلى الزيادة طويلة الأمد في متوسط درجة حرارة سطح الأرض عالمياً، ويرتبط الاحترار العالمي بصورة أساسية بزيادة تركيز غازات الدفيئة الناتجة عن الأنشطة البشرية، وما يترتب على ذلك من تعزيز تأثير الدفيئة.

ولا يعني الاحترار العالمي أن درجة الحرارة ترتفع بالقدر نفسه في جميع أنحاء الأرض، وإنما يشير إلى الزيادة في المتوسط العالمي، بينما تختلف التغيرات من منطقة إلى أخرى.

ومن المهم التمييز بين الاحترار العالمي والتغير المناخي، فالاحترار العالمي يشير أساساً إلى ارتفاع متوسط درجة حرارة سطح الأرض عالمياً، بينما يشمل التغير المناخي نطاقاً أوسع من التغيرات طويلة الأمد في خصائص المناخ مثل تغيرات درجات الحرارة ومستوى سطح البحر وغيرها على المدى الطويل.

ويسعى الجدول التالي إلى ربط المفاهيم التي تم تناولها في هذا القسم لبيان العلاقة بينها:

المفهوم	المقصد الرئيسي
تأثير الدفيئة (الاحتباس الحراري)	عملية طبيعية تمتص فيها غازات الدفيئة والسحب جزءاً من الإشعاع الحراري الصادر من سطح الأرض والغلاف الجوي، ثم تعيد إصداره في اتجاهات مختلفة، مما يقلل فقدان الطاقة إلى الفضاء ويحافظ على سطح الأرض أكثر دفئاً مما سيكون عليه في غياب هذا التأثير.
تعزيز تأثير الدفيئة (الاحتباس الحراري المعزز)	زيادة قوة تأثير الدفيئة الطبيعي بسبب ارتفاع تركيز غازات الدفيئة في الغلاف الجوي، مما يؤدي إلى احتفاظ النظام المناخي بطاقة أكبر مما يفقده إلى الفضاء، فيزداد دفء سطح الأرض ومكونات النظام المناخي.
الاحترار العالمي	الارتفاع طويل الأمد في متوسط درجة حرارة سطح الأرض عالمياً، وذلك نتيجة زيادة غازات الدفيئة بفعل الأنشطة البشرية، التي تعزز تأثير الدفيئة وتؤدي إلى تراكم طاقة إضافية في النظام المناخي.
التغير المناخي	تغير طويل الأمد في خصائص المناخ، ولا تقتصر التغيرات على درجات الحرارة بل قد تشمل التغيرات في الهطول ومستوى سطح البحر والعديد من جوانب النظام المناخي.

وبذلك، يمثل الاحترار العالمي أحد الجوانب الرئيسية للتغير المناخي الحالي، لكنه لا يشمل جميع مظاهره.

2.3. مظاهر التغير المناخي

أوضح الفصل السابق أن مناخ الأرض يتأثر بعوامل طبيعية وبشرية، وأن زيادة تركيزات غازات الدفيئة تؤدي إلى تعزيز تأثير الدفيئة أو الاحتباس الحراري والتأثير على ميزان طاقة الأرض مما يؤدي إلى الاحترار العالمي. ولا يظهر التغير المناخي في ارتفاع درجة الحرارة فقط، بل يمكن ملاحظته من خلال تغيرات مترابطة تحدث في مختلف مكونات النظام المناخي، وتسمى هذه التغيرات **مظاهر التغير المناخي**، لأنها تصف ما يتغير داخل النظام المناخي نفسه مثل ارتفاع مستوى سطح البحر، ومن المهم التمييز بينها وبين **آثار التغير المناخي** التي هي النتائج التي تترتب على هذه المظاهر مثل احتمالية تأثر البنية التحتية من ارتفاع مستوى سطح البحر، وسيتم تناول بعض آثار التغير المناخي وسبل التكيف معها في فصل التكيف مع التغير المناخي لاحقاً. وبشكل عام فإن أبرز المظاهر الدالة على التغير المناخي تتمثل بالشكل التالي:



ارتفاع متوسط درجة الحرارة

يعد ارتفاع متوسط درجة الحرارة العالمي أحد أوضح مظاهر التغير المناخي الحالي، وهو ما يرتبط بمفهوم الاحترار العالمي الذي تم تناوله في الفصل السابق.

ويقصد بالاحترار العالمي كما تقدم الارتفاع طويل الأمد في متوسط درجة حرارة سطح الأرض، ويشير استخدام كلمة "متوسط" إلى أن هذا المقياس يجمع تغيرات درجات الحرارة في مناطق مختلفة من العالم، ولا يعني أن درجة الحرارة ترتفع بالمقدار نفسه في كل مكان، فمعدلات التغير بدرجات الحرارة قد تختلف بين المناطق وكذلك الفصول والسنوات، ومع ذلك يظهر الاتجاه طويل الأمد بوضوح عند جمع قياسات درجة الحرارة من أنحاء العالم وتحليلها عبر عقود من الزمن.

ارتفاع حرارة المحيطات

المحيطات جزء أساسي من الغلاف المائي بالنظام المناخي، وهي تمتص جزءاً كبيراً من الطاقة الإضافية بالنظام المناخي التي تتراكم نتيجة تأثير الدفيئة المعزز، ولهذا ارتفاع حرارة المحيطات يعد من أهم المظاهر على تغير المناخ، حيث يؤدي ارتفاع درجة حرارة مياهها إلى ما يسمى التمدد الحراري للمحيطات، ويعني ذلك أن الماء عندما يسخن يتمدد ويزداد حجمه، وهو أحد العوامل التي تسهم في ارتفاع مستوى سطح البحر.

تحمّض المحيطات

تمتص المحيطات جزءاً من ثاني أكسيد الكربون الموجود في الغلاف الجوي، ومع زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون تزداد كميته التي تدخل إلى المياه وتذوب فيه، وتؤدي التفاعلات الكيميائية بمياه المحيط نتيجة ذلك إلى زيادة حموضة مياه المحيط، وتعرف هذه العملية باسم تحمّض المحيطات.

ولا يعني تحمّض المحيطات أن مياه البحر أصبحت حمضية، وإنما الإشارة إلى درجة حموضتها تغيرت عمّا كانت عليه مما قد يجعل بناء الأصداف والهياكل الصلبة أكثر صعوبة لبعض الكائنات البحرية مثل المحار والشعاب المرجانية.

تراجع الجليد والثلوج

يؤدي ارتفاع درجات الحرارة إلى تغيرات واسعة في الغلاف الجليدي، مثل فقدان الأنهار الجليدية لكتلتها وتراجعها، وفقدان الكتلة الجليدية من الصفائح الجليدية، وتغير الغطاء الثلجي وتناقصه ببعض المناطق، وتراجع مساحة بعض أشكال الجليد وذوبانها.

ارتفاع مستوى سطح البحر

يعد ارتفاع متوسط مستوى سطح البحر من المظاهر المهمة للتغير المناخي، ولا ينتج ارتفاع مستوى سطح البحر عن عامل واحد، بل يرتبط بعدة عمليات، أهمها ارتفاع حرارة مياه المحيطات وذوبان الجليد الموجود على اليابسة. فعندما يؤدي ارتفاع درجة حرارة المياه إلى ما يُعرف بالتمدد الحراري للمحيطات، فإن تمدده يشغل حجماً أكبر يمكن معه أن يرتفع مستوى سطح البحر حتى من دون إضافة مياه جديدة إليه.

وكذلك عند ذوبان الجليد الموجود على اليابسة مثل الأنهار الجليدية أو الصفائح الجليدية، يمكن أن تصل المياه الناتجة إلى المحيطات والبحار مما يزيد من كمية المياه فيها ويساهم في ارتفاع مستوى سطح البحر.

تغير دورة الماء والهطول

ترتبط دورة الماء ارتباطاً وثيقاً بدرجة الحرارة، فعندما ترتفع حرارة الأرض يزداد التبخر خاصة من المحيطات، ويستطيع الهواء الأكثر دفئاً أن يحتوي على كمية أكبر من بخار الماء، ثم ينتقل هذا الماء في الغلاف الجوي ويعود إلى سطح الأرض على هيئة أمطار أو ثلوج أو برد.

لكن ذلك لا يعني زيادة الأمطار بالطريقة نفسها في جميع المناطق، فقد تزداد كمية الهطول أو شدته في بعض المناطق أو المواسم، في حين يمكن أن تنخفض في مناطق أخرى. كما يمكن أن يزيد ارتفاع الحرارة من فقدان الماء من التربة والنباتات عن طريق التبخر والنتح (تبخر الماء من النباتات)، مما يسهم في زيادة الجفاف في بعض المناطق.

تغير بعض الظواهر الجوية المتطرفة

يُطلق مصطلح الظواهر الجوية المتطرفة على أي ظاهرة غير معتادة بالنسبة إلى مكان معين ووقت معين، وتتميز بخصائص غير عادية من حيث شدتها أو موقعها أو توقيتها أو نطاقها، وقد تختلف خصائص الظواهر الجوية المتطرفة من مكان لآخر، وتشمل على سبيل المثال لا الحصر موجات الحر وموجات البرد وهطول الأمطار الغزير والجفاف وغيرها.

وتجدر الإشارة إلى أن حدوث الظواهر الجوية المتطرفة قد لا يعني تلقائياً أن تغير المناخ هو السبب المباشر لذلك، فهي قد تحدث طبيعياً وقد تتأثر بعوامل متعددة، مما يجعل العلماء دائماً ما يدرسون مقدار تأثير التغير المناخي في كل نوع من الظواهر المتطرفة.



3. التخفيف من التغير المناخي

يُعرف التخفيف من تغير المناخ بأنه الإجراءات والأنشطة البشرية التي تهدف إلى الحد من مصادر انبعاثات غازات الدفيئة أو تعزيز مصارفها، ومن المهم لفهم التخفيف من تعريفه هذا بصورة دقيقة التمييز بين مفهومين هما:

- المصادر أي العمليات أو الأنشطة التي تطلق غازات الدفيئة/ الاحتباس الحراري إلى الغلاف الجوي، مثل الانبعاثات الناتجة عن قطاع النقل.
- المصارف أي العمليات أو الأنشطة التي تؤدي لإزالة هذه الغازات من الغلاف الجوي وتخزينها، مثل بعض النظم البيئية كمناطق أشجار القرم (المانجروف) القدرة على امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه بالتربة.

وينبع من ذلك مسارين رئيسيين للتخفيف هما:

- **خفض انبعاثات غازات الدفيئة:** ويعني اتخاذ إجراءات تقلل انبعاث الغازات الدفيئة إلى الغلاف الجوي مثل الاستفادة من الطاقة المتجددة.
- **تعزيز مصارف غازات الدفيئة:** ويقصد به زيادة قدرة النظم البيئية أو التطبيقات الهندسية على امتصاص أو إزالة غازات الدفيئة من الغلاف الجوي وتخزينها مثل تنمية النظم البيئية التي تسهم في امتصاص الكربون كمناطق نمو أشجار القرم (المانجروف).

وتتبع أهمية التخفيف من أن زيادة تركيز غازات الدفيئة تؤثر في ميزان الطاقة في النظام المناخي، فعندما تستمر انبعاثاتها في الوصول إلى الغلاف الجوي، يمكن لها أن تتراكم فيه، مما يزيد من الاحترار العالمي، لذلك فإن تقليل هذه الانبعاثات، مع العمل على إزالتها من الغلاف الجوي إن أمكن يعد أساساً للحد من الاحترار العالمي على المدى الطويل.

ولا يقتصر التخفيف من تغير المناخ على قطاع محدد، وإنما يشمل مجموعة متنوعة من القطاعات منها على سبيل المثال لا الحصر النفط والغاز والطاقة والمياه والصناعة والتشييد والنقل والنفايات، وتختلف هذه القطاعات في مصادر انبعاثاتها أو في إمكانات التخفيف منها، ولذلك تختلف مسارات التخفيف باختلاف القطاعات.

3.1. بعض مجالات التخفيف

3.1.1. الطاقة الكهربائية

يُعد قطاع الطاقة الكهربائية من المجالات الرئيسية للتخفيف من تغير المناخ، لأن الطاقة تدخل بصورة مباشرة أو غير مباشرة في العديد من القطاعات والأنشطة مثل توليد الكهرباء، وتشغيل المباني، والنقل، وتحلية المياه، وغيرها، ولذلك التخفيف في قطاع الطاقة قد يشمل عدة مسارات رئيسية منها إنتاج الطاقة وكفاءة استهلاكها.

1. الاستفادة من الطاقة المتجددة في تنويع مصادر الطاقة

لا تعتمد منظومة إنتاج الطاقة عادةً على مصدر واحد، بل تستخدم مجموعة من المصادر والتقنيات لإنتاجها لتلبية احتياجات المجتمع، ويُعرف مجموع هذه المصادر المستخدمة باسم **مزيج الطاقة**، ويمكن أن يضم هذا المزيج مصادر مختلفة ومتنوعة من الطاقة المتجددة وغير المتجددة.

وتُستمد الطاقة المتجددة من مصادر طبيعية تتجدد بصورة مستمرة، مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح والطاقة الكهرومائية وغيرها، وتختلف ملائمة كل مصدر باختلاف الظروف كالتطبيقات الجغرافية لكل منطقة.

وتُعد الطاقة الشمسية من أبرز مصادر الطاقة المتجددة في دولة قطر، مستفيدة من وفرة الإشعاع الشمسي وملائمة الظروف الطبيعية لتوليد الكهرباء، وقد ترجمت دولة قطر هذه الميزة إلى التوسع في استخدام الطاقة الشمسية، من خلال إنشاء محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية وتطوير الأنظمة الشمسية، بهدف زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في مزيج الكهرباء وتنويع مصادر إنتاج الطاقة.

وفي هذا الإطار، أطلقت دولة قطر **استراتيجية قطر الوطنية للطاقة المتجددة**، التي تستهدف زيادة مساهمة الطاقة المتجددة في مزيج إنتاج الطاقة الكهربائية، وخفض الانبعاثات المرتبطة بها وغيرها من الأهداف.

ولتحقيق هذه الأهداف تم إنشاء محطات الطاقة الشمسية الكهروضوئية مثل محطة الخرسة للطاقة الشمسية الكهروضوئية التي تعد ضمن أكبر محطات الطاقة الشمسية بالمنطقة، ومحطة مسيعيد للطاقة الشمسية الكهروضوئية ومحطة راس لفان للطاقة الشمسية الكهروضوئية، وتوفر هذه المحطات الكهرباء من الطاقة الشمسية على نطاق واسع.

ولا يقتصر استخدام الطاقة الشمسية على المحطات واسعة النطاق، فبما يتماشى مع استراتيجية قطر الوطنية للطاقة المتجددة، يتم تحفيز أفراد المجتمع لتركيب أنظمة الطاقة الشمسية لديهم في المنشآت كالمنازل والمؤسسات والمصانع وغيرها، وذلك لإنتاج الكهرباء بشكل ذاتي لديهم من ألواح الطاقة الشمسية التي يتم تركيبها لديهم بهدف إنتاج الكهرباء لتلبية احتياجاتهم في البداية، ثم يتم إرسال الفائض إلى شبكة التوزيع الكهربائي، وبذلك لا يقتصر دور

أفراد المجتمع على استهلاك الكهرباء، بل يصبحون مشاركين في إنتاج الطاقة المتجددة وخفض الانبعاثات المرتبطة بها.

2. تعزيز كفاءة الطاقة

تشير كفاءة الطاقة إلى أداء مهمة أو خدمة معينة باستخدام كمية أقل من الطاقة دون التأثير على جودتها، سواء في المباني أو الصناعة أو الأجهزة الكهربائية أو غيرها، وتسهم كفاءة الطاقة في التخفيف من التغير المناخي من خلال تقليل الطلب على الطاقة، فعندما يحتاج مبنى أو جهاز أو عملية صناعية إلى طاقة أقل لأداء الوظيفة نفسها، فإن ذلك يؤدي إلى خفض انبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بإنتاج الطاقة.

فعلى سبيل المثال يساعد العزل الحراري للمبنى على تقليل انتقال الحرارة بين الداخل والخارج ومن ثم تقليل كمية الطاقة اللازمة للتبريد، كما تساعد أجهزة التكييف عالية الكفاءة، وأنظمة الإضاءة الموفرة للطاقة، وتحسين تصميم المباني وتشغيلها، على تقليل استخدام الطاقة مع المحافظة على مستوى الخدمة المطلوب.

وعندما يتم تطبيق هذه الممارسات على نطاق واسع تتخفض كمية الطاقة المطلوب إنتاجها لتلبية حاجة هذه المباني والمنشآت مما يعزز أثرها في خفض الانبعاثات، ويجعل كفاءة الطاقة أحد مجالات التخفيف المهمة.

البرنامج الوطني لترشيد وكفاءة الطاقة "ترشيد"



أطلقت دولة قطر البرنامج الوطني لترشيد وكفاءة الطاقة "ترشيد" بهدف تعزيز كفاءة استخدام الكهرباء والمياه وترشيد استهلاكهما، وينفذ البرنامج مجموعة من المبادرات الوطنية مثل رفع كفاءة الأجهزة والمعدات الكهربائية والإلكترونية المعدة للاستخدام المنزلي والصناعي، ومساعدة الجهات على تطبيق أساليب أكثر كفاءة، وتوعية المجتمع وتعزيز الثقافة العامة في مجال الترشيد وكفاءة الطاقة، وغير ذلك من المبادرات الوطنية.

3.1.2. قطاع النقل

يُعد النقل من المجالات المهمة للتخفيف من تغير المناخ لا سيما النقل البري، ويتم تعزيز التخفيف في هذا القطاع عبر عدة مسارات منها على سبيل المثال: زيادة استخدام وسائل النقل العام، وتعزيز استخدام المركبات منخفضة الانبعاثات، وتطوير البنية التحتية الداعمة لهذه المسارات.

زيادة استخدام وسائل النقل العام

تكمُن أهمية هذا المسار من منظور التخفيف في أن الانبعاثات بقطاع النقل لا ترتبط فقط بنوع المركبة، وإنما أيضاً بعدد المركبات المستخدمة وطريقة التنقل، وعندما يستطيع عدد كبير من الأشخاص استخدام وسيلة نقل عام واحدة، يمكن تقليل عدد التنقلات التي تتم بالمركبات الفردية الخاصة، وبالتالي خفض الانبعاثات المرتبطة بهذه التنقلات.

ويزداد أثر النقل العام في خفض الانبعاثات المرتبطة به عندما تتكامل وسائله مع بعضها بصورة تسهل الانتقال بينهم مثل أن يعتمد البعض في وصولهم إلى وجهاتهم على أكثر من وسيلة نقل كالحافلة والمترو وغيرهم.

وفي دولة قطر، تمثل شبكة مترو الدوحة والترام والحافلات أمثلة على مكونات منظومة النقل العام التي يمكن أن تعمل بصورة متكاملة، وتكمُن أهميتها في هذا السياق في أنها توفر خيارات مختلفة للتنقل يمكن أن تساعد على زيادة استخدام النقل العام، كما يمكن للخدمات الرقمية أن تساعد في هذا التكامل ومن أمثلة ذلك منصة "صلة" التي تساعد على تحديد خيارات التنقل الممكنة لأفراد المجتمع مما يشجعهم على استخدام وسائل النقل العام وبالمحصلة التقليل من الانبعاثات.

نظام النقل العام المتكامل (منصة صلة)

أطلقت دولة قطر "منصة صلة" التي تربط وتوفر المعلومات الشاملة عن وسائل النقل العام في الدولة على الهواتف والمواقع الإلكترونية بهدف تمكين مستخدمي وسائل النقل من تخطيط رحلاتهم باستخدام شبكة متكاملة تجمع كافة وسائل النقل العام في دولة قطر، وذلك لتمكينهم من تخطيط رحلاتهم بطريقة متكاملة، والبحث عن



أفضل المسارات ووسائل النقل التي يمكن استخدامها والجمع بينها للوصول إلى الوجهة المطلوبة، ويقدم البرنامج خيارات للتنقل صديقة للبيئة مثل المترو والترام والحافلات بما فيها الكهربائية وسيارات الأجرة بما فيها الكهربائية والهجينة وغير ذلك.

2. تعزيز استخدام المركبات منخفضة الانبعاثات

تعتبر المركبات جزءاً هاماً في منظومة النقل، ويمكن لتعزيز استخدام المركبات منخفضة الانبعاثات أن يشمل عدة أوجه منها التوسع في استخدام المركبات الصديقة للبيئة مثل استخدام المركبات التي تعتمد على الكهرباء كجزء أساسي من عملية تشغيلها سواء كانت مركبات كهربائية أو هجينة (تعتمد على الوقود والكهرباء) من مركبات خاصة أو حافلات للنقل العام. ومن شأن هذه الإجراءات والتي تطبقها دولة قطر أن تساهم في خفض الانبعاثات من قطاع النقل عبر تغيير نوع الطاقة المستخدمة في المركبات إلى خيارات صديقة للبيئة إلى جانب تحسين كفاءة المركبات.

3. تطوير البنية التحتية الداعمة

قد يعد من الصعب تنفيذ المسارين السابقين بمجرد توفير المركبات أو وسائل النقل، فهي تحتاج مرافق وتجهيزات وخدمات تساعد على تشغيلها واستخدامها، ويُطلق على مجموعة هذه المرافق والتجهيزات اسم البنية التحتية. وتعد البنية التحتية في قطاع النقل وسيلة داعمة لتعزيز وتشجيع تطبيق الممارسات التي من شأنها خفض الانبعاثات في هذا القطاع، ومن أبرز صورها ما يلي:

• البنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية والهجينة

حيث أن اعتماد هذه المركبات على الكهرباء بدل الوقود يجعلها تحتاج إلى أماكن يمكنها فيه الحصول على الكهرباء، ولهذا فإن انتشار المركبات الكهربائية والهجينة يحتاج إلى إنشاء شبكة مناسبة من محطات الشحن في الأماكن التي تستخدم فيها المركبات، ولهذا قامت دولة قطر بتطوير البنية التحتية اللازمة لدعم المركبات الكهربائية، عبر نشر مرافق ومحطات الشحن الكهربائي للمركبات وذلك في مختلف المناطق سواء بمواقف السيارات أو الأماكن العامة، أو غيرها.

محطة ترشيد الكهروضوئية لتخزين الطاقة وشحن المركبات الكهربائية



تعتمد المحطة على الطاقة الشمسية لإنتاج الكهرباء المستخدمة في شحن المركبات الكهربائية، كما تتيح المحطة تخزين جزء من الكهرباء المنتجة لاستخدامه عند الحاجة، بينما يمكن ضخ الفائض غير المستخدم إلى شبكة التوزيع الكهربائي. ويُظهر هذا النموذج كيف يمكن الجمع بين المساهمة في تخفيف الانبعاثات في قطاعي النقل والطاقة الكهربائية وتطبيق مفهوم مزيج الطاقة الذي تم تناوله سابقاً

• البنية التحتية للنقل العام

تحتاج وسائل النقل العام كذلك إلى بنية تحتية متكاملة من محطات ومرافق للتشغيل والصيانة، خاصة وأن الحصة الأكبر من أسطول النقل العام في دولة قطر هي للحافلات الكهربائية في ضوء خطة التحول التدريجي التي تنتهجها دولة قطر للحافلات العامة والمدرسية لتكون كهربائية عبر عدة أمور من بينها توفير البنية التحتية المتكاملة.

برنامج البنية التحتية لحافلات النقل العام



طورت دولة قطر هذا البرنامج لإنشاء منظومة مترابطة تجمع الحافلات مع مترو الدوحة وترام لوسيل، وتدعم تشغيل الحافلات الكهربائية، ويشمل البرنامج محطات الحافلات، ومواقف الانتظار، بالإضافة لمحطات الشحن الكهربائي، ومستودعات الحافلات.

وقد حاز مستودع حافلات لوسيل على جائزة غينيس للأرقام القياسية كأكبر مستودع للحافلات الكهربائية على مستوى العالم.

3.1.3. النفايات

ترتبط النفايات بتغير المناخ من خلال الانبعاثات الناتجة عن بعض طرق معالجتها، وتظهر هذه العلاقة بصورة خاصة في النفايات العضوية، مثل بقايا الطعام والمخلفات النباتية وغيرها، فعندما تتحلل المواد العضوية بهذه النفايات يمكن أن ينبعث منها غاز الميثان وهو أحد غازات الدفيئة.

وللتعامل مع النفايات وإدارتها هناك تسلسل هرمي تتبعه دولة قطر لترتيب خيارات إدارة النفايات وتعزيز الاقتصاد الدائري بدولة قطر، حيث تكون الأولوية لمنع تولّد النفايات، وفي حال تولد النفايات تنتقل الأولوية لعملية إعادة استخدامها، ثم إعادة تدويرها، ثم استرداد الطاقة منها، قبل اللجوء إلى التخلص منها في المكبات والمطامر.

ومن منظور التخفيف من التغير المناخي تكمن أهمية هذا التسلسل في أنه يساعد على تقليل كمية النفايات التي قد تنبعث منها غازات الدفيئة، وكذلك يتيح استرداد الطاقة عبر جمع هذه الغازات والاستفادة منها في توليد الطاقة بدل إطلاقها للغلاف الجوي.

فعندما تصل النفايات العضوية التي تحتوي على مواد قابلة للتحلل إلى بيئة لا يتوافر فيها الأكسجين بصورة كافية ضمن مرافق إدارة النفايات، فإن الكائنات الدقيقة تبدأ بتحليلها من خلال عمليات حيوية ينتج عنها **الغاز الحيوي**، والذي يشكل الميثان أحد مكوناته الرئيسية.

ومن ثم يتم جمع الغاز الحيوي والاستفادة منه عبر استخدامه كوقود لإنتاج الطاقة، مما يمنع انبعاثه إلى الغلاف الجوي، وبذلك يتحول الغاز الناتج عن تحلل النفايات من مصدر محتمل للانبعاثات إلى مصدر يمكن الاستفادة منه في إنتاج الطاقة.

ويمثل مركز معالجة النفايات المنزلية والصلبة بدولة قطر مثلاً تطبيقياً واضحاً لهذا المسار، فالمركز لا يقتصر على معالجة النفايات وفرز النفايات القابلة لإعادة التدوير، بل تتضمن عملياته تحويل النفايات إلى طاقة، وكذلك الاستفادة من الغاز الحيوي الناتج عن النفايات العضوية في إنتاج الطاقة، جدير بالذكر أنه سيتم شرح سبل إدارة النفايات في الحقيبة المعرفية الخاصة بالاستدامة البيئية.

أبرز مخرجات ومنتجات مركز معالجة النفايات المنزلية والصلبة بدولة قطر

إنتاج الكهرباء
وتصديرها إلى
الشبكة العامة

إنتاج كميات من
الغاز الحيوي

إنتاج السماد
العضوي من
النفايات

فرز المواد
القابلة لإعادة
التدوير



4. التكيف مع التغير المناخي

يمثل التكيف أحد المسارين الرئيسيين للاستجابة لتغير المناخ إلى جانب التخفيف، فبينما يركز التخفيف على معالجة أسباب تغير المناخ من خلال خفض انبعاثات غازات الدفيئة التي قد تصل إلى الغلاف الجوي وتعزيز سبل إزالتها منه، يركز التكيف على التعامل مع التغيرات المناخية وآثارها وتحدياتها وتعزيز القدرة على التعامل معها، وتتبع أهميته من أن بعض التغيرات المناخية تحدث بالوقت الحالي وبعضها سيستمر حتى مع التخفيف من الانبعاثات.

ويُعرف **التكيف مع تغير المناخ** بأنه مجموعة الإجراءات التي تساعد في تقليل التعرض لآثار تغير المناخ الحالي الفعلي أو المتوقع، بهدف تقليل هذه الآثار أو تجنبها أو الاستفادة من الفرص التي قد تنشأ في بعض الظروف.

ويتضمن مفهوم التكيف هذا ثلاث مسارات مترابطة لعمله هي:

- **تقليل التعرض للمخاطر المناخية:** عبر تقليل وجود الأشخاص أو المباني أو البنية التحتية أو الأنشطة أو غيرها في الأماكن التي يمكن أن تتأثر بالمخاطر المناخية، فكلما قل وجود العناصر المهمة والحيوية في منطقة معرضة للخطر، انخفض احتمال تعرضها للضرر. فعلى سبيل المثال إذا أظهرت الدراسات التخطيطية أن منطقة معينة معرضة لتجمع مياه الأمطار أو ارتفاع مستوى سطح البحر، يمكن عند تخطيط طريق أو مرفق جديد اختيار موقع أو مسار أقل تعرضاً لهذه المخاطر بدل إنشائه في المنطقة الأكثر عرضة لها.
- **تقليل القابلية للتأثر والحد من الضرر:** حيث أنه في بعض الحالات لا يمكن دائماً إبعاد الأشخاص أو المباني عن المناطق المعرضة للمخاطر والتحديات المناخية، وفي هذه الحالات يمكن تقليل مدى تأثرهم بالخطر من خلال زيادة قدرتهم على تحمله والاستعداد له والتعامل مع آثاره. وكمثال لذلك إن كان هناك مبنى قائم في منطقة قد تتعرض لتجمع مياه الأمطار أو ارتفاع مستوى سطح البحر، فإنه يمكن تجهيزه بحلول وأنظمة هندسية تمنع دخول المياه إليه.
- **الاستفادة من الفرص المتاحة:** نظراً لأن التغيرات المناخية ينشأ عنها في بعض الحالات فرص يمكن الاستفادة منها، مثل جمع مياه الأمطار خلال فترات هطولها للاستفادة منها لاحقاً متى كانت الظروف ملائمة لذلك.

ويمكن أن يكون التكيف تفاعلياً بحيث يتعامل مع الآثار والتغيرات المناخية التي تحدث بالفعل مثل تعديل نظام تصريف مياه الأمطار، كما يمكن أن يكون استباقياً بحيث يكون استعداداً للتغيرات المستقبلية المتوقعة أو المحتمل، مثل تصميم بنية تحتية جديدة تراعي درجات الحرارة أو مستويات سطح البحر المتوقعة.

4.1. التكامل بين التكيف والتخفيف

يمثل التكيف والتخفيف مسارين رئيسيين للاستجابة لتغير المناخ، إلا أن لكل منهما أوجه مختلفة للتعامل معه، فالتخفيف يتعامل مع مسار تغير المناخ نفسه من خلال خفض انبعاثات غازات الدفيئة أو تعزيز إزالتها من الغلاف الجوي، بينما يتعامل التكيف مع آثار التغير المناخي من خلال تعديل الأنظمة والممارسات للحد من الأضرار والتحديات المحتملة وتعزيز القدرة على التعامل مع الظروف المتغيرة.

ويختلف المساران أيضاً في نطاق الفوائد التي يحققها كل منهما، ففوائد التخفيف المناخية تنتشر على المستوى العالمي، لأن إجراءات خفض الانبعاثات أو زيادة إزالة غازات الدفيئة يؤثر في تغير المناخ بغض النظر عن مكان تنفيذ الإجراء، أما نطاق فوائد التكيف المباشرة فتكون غالباً مرتبطة بالمكان الذي يتم تنفيذ إجراءات التكيف فيه فعندما تُحمى بنية تحتية من تحدي مناخي كارتفاع مستوى سطح البحر في منطقة ما، فإن المستفيد بصورة مباشرة هم الأشخاص والقطاعات الموجودة في تلك المنطقة.

التكيف ذو المنافع المشتركة للتخفيف

توجد إجراءات للتكيف يكون لها أكثر من هدف مناخي في الوقت نفسه، فقد يكون الإجراء مصمماً أساساً للتكيف مع خطر أو تحدي مناخي معين، لكنه يحقق أيضاً فوائد إضافية للتخفيف من تغير المناخ حيث يؤدي أيضاً إلى خفض انبعاثات غازات الدفيئة أو تعزيز إزالتها من الغلاف الجوي.

ويُطلق على الفوائد الإضافية التي يحققها الإجراء إلى جانب هدفه الأساسي اسم المنافع المشتركة، أما إجراءات التكيف الأساسية التي حققت ذلك فتسمى إجراءات التكيف ذو المنافع المشتركة للتخفيف.

ومع ذلك، لا يعمل التكيف والتخفيف بصورة منفصلة، فكلما زادت فاعلية التخفيف في الحد من الاحترار العالمي، أمكن الحد من حجم بعض التغيرات والمخاطر التي سيتعين على المجتمعات التكيف معها مستقبلاً، وفي الوقت نفسه، يظل التكيف ضرورياً لأن بعض التغيرات المناخية تحدث بالفعل، ولأن جزءاً من التغيرات المستقبلية لا يمكن تجنبه بالكامل حتى مع تقليل الانبعاثات، ولذلك فإن العمل المناخي يحتاج إلى التخفيف والتكيف معاً.

4.2. بعض مجالات التكيف مع التغير المناخي

تتنوع المجالات التي يمكن إبراز دور التكيف في تعزيز قدرتها على التعامل مع التغير المناخي وآثاره، حيث يعتبر التكيف عملية متكاملة تهدف إلى جعل الإنسان والقطاعات المختلفة والموارد الطبيعية والنظم البيئية أكثر قدرة على التعامل مع الآثار الحالية والمتوقعة لتغير المناخ، وفي دولة قطر ركزت جهود التكيف الوطنية على ستة مجالات وقطاعات حيوية هي: الزراعة والثروة الحيوانية، والتنوع البيولوجي، والمياه، والطاقة والصناعة، والصحة العامة، والبنية التحتية والمرونة الساحلية.

وفيما يلي بعض المجالات المختارة على سبيل التمثيل لتوضيح كيفية تطبيق التكيف بعدة مجالات متنوعة:

4.2.1. التنوع البيولوجي

يمثل التنوع البيولوجي أحد أهم مكونات البيئة الطبيعية، ويشمل التنوع بين أنواع الكائنات الحية، والتنوع الجيني داخل الأنواع، وتنوع النظم البيئية التي تعيش فيها، ويوفر هذا التنوع أساساً مهماً للعديد من المزايا والخدمات التي يقدمها للإنسان سواء كانت بيئية أو اقتصادية أو ثقافية أو غير ذلك مما هو موضح ضمن الحقيبة المعرفية الخاصة بالتنوع البيولوجي.

ويمكن أن يؤثر تغير المناخ في التنوع البيولوجي من خلال ارتفاع درجات الحرارة أو الجفاف أو غيره مما قد يؤثر على الظروف الملائمة لبقاء بعض الأنواع أو تكاثرها أو النظم البيئية التي تعيش بها.

ولذلك تأتي إجراءات التكيف المتنوعة والمختلفة لحماية التنوع البيولوجي من هذه الآثار عبر العديد من التدابير، يمكن التمثيل لها ببعض مما تقوم به دولة قطر لضمان حماية الأنواع المهددة بالانقراض عبر المحافظة عليها وعلى التنوع الجيني بها مما يساعدها على مقاومة مختلف الظروف بما فيها المناخية.

كذلك وفي ضوء ما تتمتع به البيئة القطرية من نظم بيئية برية وبحرية من بينها الروض ومناطق نمو أشجار القرم (المانجروف) تبرز إجراءات التكيف ذات المنافع المشتركة للتخفيف، فزراعة الأشجار والمحافظة على أشجار القرم (المانجروف) لا تساعد فقط على حماية التنوع البيولوجي وتحسين قدرة النظم البيئية على مواجهة تغير المناخ والتكيف مع آثاره، بل يمكن للنباتات والنظم البيئية أن تعمل تقوم بالتخفيف من التغير المناخي عبر امتصاص الكربون من الغلاف الجوي وتخزينه.

ومن مبادرات دولة قطر في هذا الإطار:

• البرنامج الوطني لاستعادة وحماية النظم البيئية الساحلية

يهدف هذا البرنامج إلى تطبيق أفضل الممارسات العلمية في استعادة الموائل الساحلية وإعادة تأهيلها، وبشكل رئيسي عبر حماية وإكثار أشجار القرم (المانجروف) وقد أثمر البرنامج عن جمع العديد من بذور أشجار القرم، وإنشاء عدة مشاتل لأشجار القرم لدعم زراعتها في مختلف المناطق الساحلية، بما يدعم استدامة الموارد الطبيعية وإعادة تأهيل الموائل الساحلية.

وتبرز أهمية هذا البرنامج من منظور التكيف في مجال التنوع البيولوجي عبر مساعدته على المحافظة على أنواع الكائنات الحية التي تعتمد على هذه الموائل الساحلية والنظم البيئية وتعزيز قدرتها على مواجهة الظروف المناخية مما يعزز مرونة التنوع البيولوجي في مواجهة تغير المناخ.

هذا إلى جانب الدور المهم للنظم البيئية الساحلية كمناطق نمو أشجار القرم (المانجروف) في امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، مما يجعل حماية هذه النظم يحقق منفعة إضافية للتخفيف من التغير المناخي.

• مبادرة زراعة (10) مليون شجرة

أطلقت دولة قطر مبادرة عشرة ملايين شجرة امتداداً لنجاح مشروع "مبادرة مليون شجرة"، وذلك بهدف تعزيز الغطاء النباتي ومكافحة التصحر ودعم التنوع البيولوجي واستدامة النظم البيئية، وتركز المبادرة على زراعة الأشجار والنباتات البرية المحلية بالبيئة القطرية، إلى جانب أشجار القرم (المانجروف)، مما يدعم النظم البيئية البرية والساحلية، كما تراعي المبادرة استدامة الموارد المائية من خلال الاعتماد بصورة أساسية على المياه المعالجة في عمليات الري.

وترتبط المبادرة بالتكيف مع التغير المناخي خلال إسهامها في تعزيز قدرة النظم البيئية على مواجهة التحديات المناخية، ولا سيما من خلال زيادة الغطاء النباتي ومكافحة التصحر ودعم النظم البيئية البرية والساحلية، بما يعزز التكيف مع بعض آثار تغير المناخ. كما تسهم زيادة الغطاء النباتي في امتصاص ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، بما يدعم جهود التخفيف.

4.2.2. المياه

تشغل المياه مكانة هامة في التكيف مع تغير المناخ، لأن تغير المناخ يمكن أن يؤثر في توافر المياه وفي الطلب عليها، فارتفاع درجات الحرارة قد يزيد الطلب على المياه في بعض الاستخدامات. وفي بعض المناطق تصبح إدارة الموارد المائية أكثر أهمية لأن مصادر المياه فيها محدودة نسبياً مما يجعلها تعتمد على تحلية مياه البحر لتوفير المياه – ويقصد بالتحلية العملية التي يتم بها إزالة الأملاح والمعادن الذائبة والشوائب من مياه البحر لإنتاج مياه عذبة صالحة للاستخدام – ويمكن لارتفاع درجة الحرارة أن يؤثر على خصائص مياه البحر مما يزيد الحاجة إلى المعالجة الإضافية لها خلال عملية التحلية، إلى جانب إمكانية تأثير ارتفاع درجة الحرارة وانخفاض هطول الأمطار على تغذية المياه الجوفية وكذلك ارتفاع الطلب على مياه الشرب مما يزيد الاعتماد على الموارد المائية وتحلية مياه البحر.

ويركز التكيف في قطاع المياه على عدة جوانب من بينها تعزيز كفاءة استخدام الموارد، وتعمل الدول مثل دولة قطر على عدة مسارات للتكيف مثل تطوير البنية التحتية للمياه من خلال أنظمة الخزانات الذكية ومشاريع تخزين المياه بالطبقات الجوفية، بالإضافة إلى إعادة استخدام المياه بعد معالجتها في العديد من الاستخدامات كتبريد المناطق والزراعة وغيرها، وكذلك تعزيز الوعي المجتمعي بأهمية ترشيد استهلاك المياه بصورة مستدامة، وكذلك تطوير تقنيات التحلية.



وتبرز المنافع المشتركة لإجراءات التكيف بقطاع المياه على التخفيف في ضوء أن عملية تحلية المياه تحتاج إلى الطاقة، وإذا تم تقليل الطاقة المستخدمة لإنتاج المياه عبر تبني التقنيات ذات الكفاءة الأعلى في تحلية المياه فإن ذلك من شأنه أن يقلل الانبعاثات المرتبطة بتوليد الطاقة اللازمة لإنتاج المياه، كما يمكن أن تساهم إعادة استخدام مياه الصرف المعالجة في تقليل الحاجة إلى المياه المحلاة لبعض الاستخدامات، وبالتالي تقليل الانبعاثات المرتبطة أيضاً بإنتاج هذه المياه.

4.2.3. البنية التحتية والمرنة الساحلية

تعتمد الحياة اليومية على البنى التحتية المترابطة مثل الطرق، وشبكات المياه والطاقة، والمنشآت، والاتصالات، والمرافق العامة وغيرها وذلك فإن تأثر أحد هذه الأنظمة نتيجة أي تحدي مناخي قد يمتد أثره إلى قطاعات أخرى، وتزداد أهمية هذا المجال في المناطق الساحلية، إذ يمكن أن تؤثر التغيرات في مستوى سطح البحر والظروف البحرية والعواصف على المنشآت والمناطق المنخفضة القريبة من الساحل.

وهنا يبرز مفهوم **المرونة الساحلية**، فالتكيف لا يقتصر على منع المياه من الوصول إلى منطقة معينة، وإنما تعزيز قدرة المناطق الساحلية ومكوناتها على الاستعداد للتحديات المناخية ومواجهتها مع المحافظة قدر الإمكان على وظائفها الأساسية، ولذلك قد يجمع التكيف هنا بين التخطيط لاستخدام الأراضي، وتعديل معايير تصميم البنية التحتية، وتحسين شبكات تصريف المياه، وإجراءات الحماية الساحلية، وأنظمة الرصد والإنذار المبكر، والحلول القائمة على الطبيعة، بحسب خصائص هذه المناطق الساحلية.

وفي بعض الدول مثل دولة قطر تكتسب هذه المسألة أهمية خاصة بسبب الامتداد الساحلي ووجود جزء كبير من التنمية والبنية التحتية في مناطق ساحلية، ولذلك يمكن لجهود التكيف أن تتضمن حماية البنية التحتية، وتحسين معايير التصميم والتخطيط، واستخدام حلول هندسية وطبيعية بحسب طبيعة الموقع والمخاطر.

استراتيجية إدارة التغيرات المناخية لقطاع التخطيط العمراني والتنمية العمرانية

وقد أطلقت دولة قطر استراتيجية لإدارة التغيرات المناخية لقطاع التخطيط العمراني والتنمية العمرانية تهدف إلى توفير المعايير التخطيطية والتصميمية لعمليات التطوير العمراني بما يضمن اتخاذ إجراءات التكيف لتقليل مخاطر التغير المناخي، حيث تهدف هذه الاستراتيجية من بين عدة أمور إلى حماية السكان من آثار التغير المناخي، وتعزيز الوصول إلى وسائل النقل العام في مشاريع التنمية العمرانية، وتطبيق تدابير المباني المستدامة من كفاءة في استخدام الكهرباء والمياه وترشيد استهلاكهما، وغير ذلك من الأهداف.

وتظهر المنافع المشتركة للتخفيف في قطاع البنية التحتية من خلال اتباع الممارسات التي ترفع من كفاءة الطاقة والتصميم المستدام في المباني، مما يخفض استهلاك الكهرباء والمياه وبالتالي الانبعاثات المرتبطة بإنتاجهما، هذا إلى جانب تحسين قدرة المباني على مواجهة الظروف المناخية المتغيرة.

وكتطبيق لمفهوم الحلول القائمة على الطبيعة فإن الاهتمام بمناطق نمو أشجار القرم (المانجروف) وتنميتها من شأنه تعزيز دورها الحيوي في حماية السواحل من العواصف وارتفاع مستوى سطح البحر إلى جانب دورها في امتصاص غاز ثاني أكسيد الكربون وتخزينه، مما يجعلها وسيلة تجمع بين التكيف مع تغير المناخ والمساهمة في التخفيف من آثاره.

الحلول القائمة على الطبيعة

هي إجراءات تهدف إلى حماية النظم البيئية، وإدارتها بصورة مستدامة، واستعادتها للمساعدة على مواجهة التحديات، مع تحقيق فوائد للإنسان والتنوع البيولوجي. وعندما تُستخدم هذه الحلول لمواجهة تحديات تغير المناخ، يمكنها أن تسهم في التكيف وأيضاً التخفيف، ومن أمثلتها حماية واستعادة أشجار القرم (المانجروف) عبر البرنامج الوطني لاستعادة وحماية النظم البيئية الساحلية.



4.3. خطط التكيف الوطنية

لا يمكن معالجة جميع المخاطر المناخية من خلال إجراءات ومشاريع منفردة، فالمخاطر قد تمتد عبر قطاعات ومجالات مختلفة، ويعتبر التكيف عملية مستمرة تبدأ بفهم المخاطر، ثم تقييم الخيارات، والتخطيط، والتنفيذ، والمتابعة والتقييم، بحيث تساعد نتائج المتابعة على تعديل إجراءات التكيف كلما ظهرت معلومات جديدة أو تغيرت الظروف.

ولذلك تحتاج الدول إلى التخطيط للتكيف على المستوى الوطنية وتساعد خطط التكيف الوطنية على تنسيق الجهود بين هذه القطاعات في إطار تفاعلي مستمر يتم تحديثه حسب المعارف التي يتم اكتسابها مع الزمن ومختلف الظروف بما فيها المناخية.

الخطة الوطنية للتكيف لدولة قطر

تمثل الخطة الوطنية للتكيف لدولة قطر إطاراً وطنياً شاملاً لتعزيز قدرة الدولة على مواجهة آثار تغير المناخ وحماية مواردها وقطاعاتها الحيوية من التحديات المناخية الحالية والمستقبلية بالإضافة إلى تحويل هذه التحديات إلى فرص يمكن الاستفادة منها لتعزيز القدرة على الصمود أمام هذه التحديات، وتركز الخطة على ستة قطاعات رئيسية هي:

وتتضمن الخطة الوطنية للتكيف لدولة قطر العديد من الإجراءات والمشاريع ضمن خارطة طريق ذات رؤية متوسطة المدى حتى عام 2030 وبعيدة المدى إلى ما بعد عام 2030.





5. أطر الاستجابة للتغير المناخي

يتطلب التعامل مع تغير المناخ استجابة منظمة ومتكاملة على المستويين الدولي والوطني، ويقصد بالاستجابة للتغير المناخي الإجراءات والجهود الرامية للتعامل معه، والتي يمكن وصفها بمجموعة الأطر التي يمكن أن تساعد على تحديد الأهداف والأولويات واتجاهات العمل وصولاً إلى تنفيذ إجراءات التخفيف والتكيف ومتابعتها بصورة متكاملة ومتربطة، ومن ذلك:

- الأطر الدولية مثل الاتفاقيات والبروتوكولات الدولية التي تعزز التعاون بين الدول في مواجهة تغير المناخ، وتحدد الأهداف والأولويات واتجاهات العمل المشترك.
- الأطر الوطنية مثل الاستراتيجيات والخطط الوطنية التي تضعها الدول لتعزيز العمل المناخي.
- دور الفرد والمجتمع في دعم أطر الاستجابة للتغير المناخي.

5.1. الأطر الدولية للاستجابة للتغير المناخي

تمثل الأطر الدولية مجموعة الاتفاقيات والمعاهدات وغيرها من الأدوات العالمية التي تعتمد عليها الدول من خلال المنظمات الدولية بهدف التعاون فيما بينها بشكل مشترك.

وتكتسب الأطر الدولية للاستجابة لتغير المناخ أهمية كبيرة، لأنها تساعد على توحيد الجهود بين الدول لمواجهة التغير المناخي كما تشجع على تبادل المعرفة والخبرات، ودعم البحث العلمي، وتعزيز التعاون في مختلف مجالات العمل المناخي الأخرى.

وتعد دولة قطر من الدول الفاعلة في منظومة العمل المناخي الدولي، حيث انضمت إلى عدد من الاتفاقيات والأطر الدولية ذات الصلة بتغير المناخ، وشاركت في الجهود الدولية الرامية إلى دعم الاستجابة العالمية لتغير المناخ، ومن أبرز الأطر والاتفاقيات الدولية ذات الصلة ما يلي:

5.1.1. الاتفاقيات والأطر الدولية الرئيسية

1. اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ

تعد اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ الإطار العام لجميع الجهود المناخية العالمية، وقد تم اعتمادها خلال مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية المسمى (قمة الأرض) الذي انعقد في مدينة ريو دي جانيرو عام 1992، وتهدف الاتفاقية في جوهرها إلى تثبيت تركيزات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي عند مستوى آمن في النظام المناخي، وفي إطار زمني يسمح للنظم البيئية بالتكيف بشكل طبيعي وتمكين التنمية المستدامة.

وتعمل الاتفاقية كإطار للتعاون الدولي في مجال تغير المناخ، وتشجع الدول على اتخاذ الإجراءات المناسبة للتخفيف من التغير المناخي، وتعزيز القدرة على التكيف مع آثاره، وتبادل المعلومات والخبرات والتقنيات وغيرها من أوجه الدعم.

وقد مهدت الاتفاقية لتطور منظومة العمل المناخي الدولي، وتم في إطارها إنشاء **مؤتمر الأطراف** في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ ليكون الهيئة التي تضم الدول الأطراف – أي المنضمة للاتفاقية – وتجتمع بصورة دورية لمتابعة التقدم المحرز في تنفيذ الاتفاقية واتخاذ القرارات اللازمة لتعزيز العمل المناخي الدولي.

مؤتمر الأطراف (COP)



استضافت دولة قطر الدورة الثامنة عشرة لمؤتمر الأطراف في اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (COP18) في الدوحة عام 2012، وهو ما يمثل محطة بارزة في مشاركة قطر في منظومة العمل المناخي الدولي. وتواصل دولة قطر المشاركة في مختلف مؤتمرات الأطراف والفعاليات الدولية المتعلقة بتغير المناخ إلى جانب تعزيز التعاون الدولي وتبادل المعرفة وبناء قدرات الكفاءات الوطنية بما في ذلك إشراك فئة الشباب بهذه الأحداث.

2. بروتوكول كيوتو

يعد بروتوكول كيوتو أحد المراحل المهمة في تطور منظومة العمل المناخي الدولي، وهو مرتبط باتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، وقد أتاح البروتوكول من بين عدة أمور وسائل للتعاون بين مختلف الدول تساعد على تحقيق أهداف التخفيف من التغير المناخي، وساهم بروتوكول كيوتو في تطور منظومة العمل المناخي الدولي وصولاً إلى مرحلة جديدة تمثلت في اتفاق باريس بشأن تغير المناخ.

3. اتفاق باريس بشأن تغير المناخ

يمثل اتفاق باريس أحد أهم الأطر الدولية للتعاون في مواجهة تغير المناخ، ويعمل في إطار اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، ويهدف إلى إبقاء الزيادة في متوسط درجة الحرارة العالمية أقل بكثير من درجتين مئويتين فوق مستويات ما قبل الحقبة الصناعية، مع مواصلة الجهود للحد منها إلى 1.5 درجة مئوية. ويشمل العمل في إطار الاتفاق التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه، وغيرها من وسائل دعم العمل المناخي، مع إشراك جميع الدول في تنفيذه مع مراعاة اختلاف ظروفها الوطنية وقدراتها وأولوياتها، بحيث تحدد كل دولة مساهمتها في تحقيق أهداف الاتفاق من خلال ما يُعرف باسم **المساهمات المحددة وطنياً**.

5.1.2. الاتفاقيات والأطر الدولية الداعمة

إلى جانب ما تقدم من اتفاقيات وأطر دولية تركز على التغير المناخي بوصفه محور اهتمامها، فإن منظومة العمل المناخي لا تعمل بشكل مستقل عن مجالات العمل البيئي الأخرى، ولهذا توجد مجموعة من الأطر والاتفاقيات البيئية الدولية التي لا يعد التغير المناخي محور تركيزها، ولكن لها محاور من شأنها دعم جوانب مهمة في العمل المناخي إما بشكل مباشر أو غير مباشر، ومن ذلك على سبيل المثال:

1. خطة التنمية المستدامة لعام 2030

هي خطة اعتمدها الجمعية العامة للأمم المتحدة تتضمن سبعة عشر هدفاً عالمياً تهدف إلى تحقيق التوازن بين التنمية الاقتصادية والاجتماعية وحماية البيئة، وتكمن أهمية هذه الخطة وأهدافها في ربطها للتغير المناخي مع العديد من مسارات التنمية المستدامة بمختلف أهدافها، مع تخصيص أحدها بصورة مباشرة له، وهو الهدف الثالث عشر المسمى "العمل المناخي".

2. اتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر

تعد إحدى اتفاقيات ريو الثلاث، وتركز الاتفاقية على معالجة تحدي التصحر والذي يُقصد به تدهور الأراضي في المناطق القاحلة وشبه القاحلة والجافة نتيجة مجموعة من العوامل الطبيعية والبشرية بما فيها المناخية، هذا إلى جانب حرصها على تنسيق الأنشطة المنفذة بموجب الاتفاقية مع الاتفاقيات الأخرى لاسيما اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ واتفاقية التنوع البيولوجي، بما يحقق أكبر فائدة ممكنة ويعكس أهمية التكامل بين مكافحة التصحر والعمل المناخي.

اتفاقيات ريو

تُعرف اتفاقية التنوع البيولوجي، واتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ، واتفاقية الأمم المتحدة لمكافحة التصحر باسم **اتفاقيات ريو**، لأنه تم اعتمادها في مؤتمر الأمم المتحدة المعني بالبيئة والتنمية المسمى (قمة الأرض) والذي انعقد في مدينة ريو دي جانيرو عام 1992 . وتمثل هذه الاتفاقيات الإطار العالمي الرئيسي للتعامل مع قضايا التنوع البيولوجي والتغير المناخي ومكافحة التصحر بصورة مترابطة.

3. اتفاقية التنوع البيولوجي

تعد إحدى اتفاقيات ريو الثلاث وهي الاتفاقية الأشمل والرئيسية لحماية التنوع البيولوجي، وتساهم في سياق سعيها على المحافظة على النظم البيئية وإدارتها بصورة مستدامة على دعم الحلول القائمة على الطبيعة للتكيف مع التغير المناخي والتخفيف منه.



كما يتبع لاتفاقية التنوع البيولوجي إطار عالمي يسمى إطار كونمينغ – مونتريال العالمي للتنوع البيولوجي، والذي يتضمن العديد من الأهداف من بينها ما يدعو إلى إعادة تأهيل النظم البيئية والتقليل من آثار تغير المناخ على التنوع البيولوجي.

اتفاقية فيينا لحماية طبقة الأوزون

تمثل اتفاقية فيينا لحماية طبقة الأوزون الإطار الدولي للتعاون في مجال حماية طبقة الأوزون، ويتبعها بروتوكول مونتريال الذي حول هذا التعاون لإجراءات عملية عبر تعزيز التخلص التدريجي من المواد المستنفدة للأوزون، وترتبط هذه الاتفاقية بالتغير المناخي من وجه أن بعض المواد المستنفدة للأوزون هي أيضاً غازات دفيئة، مما يجعل الإجراءات الرامية لحماية طبقة الأوزون ضمن هذه الاتفاقية يعود بالنفع على جهود مواجهة التغير المناخي.

إطار سندي للحد من مخاطر الكوارث

يركز إطار سندي للحد من مخاطر الكوارث 2015 – 2030 على الحد من مخاطر الكوارث وبناء القدرة على الصمود، ويرتبط الإطار بالتغير المناخي من خلال اعتبار التغير المناخي أحد العوامل الكامنة وراء بعض مخاطر الكوارث، وفي الوقت نفسه اعتبار التصدي له فرصة للحد من مخاطر الكوارث بصورة متكاملة مع اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن التغير المناخي.

5.2. أطر الاستجابة الوطنية للتغير المناخي

تُعد الأطر الوطنية مثل الرؤى والاستراتيجيات الوطنية من أهم الوسائل التي تعتمد عليها الدول لتحقيق التنمية المستدامة بمختلف أبعادها بما فيها البيئية، حيث تمثل الرؤية الوطنية الإطار الاستراتيجي بعيد المدى الذي يحدد غايات الدول وتطلعاتها وأولوياتها التنموية، فيما تعمل الاستراتيجيات الوطنية بمثابة أدوات تنفيذية تسعى لتحقيق غايات الرؤية الوطنية أو تحقيق التكامل ما بين الجهود الوطنية والاتفاقيات الدولية وغيرها من خلال خطط واستراتيجيات واضحة ومحددة.

وتكتسب الأطر الوطنية للعمل المناخي أهمية خاصة لدولة قطر، حيث توفر القاعدة الأساسية لضمان تكامل العمل والجهود في مختلف القطاعات بما يدعم التزام دولة قطر تجاه الأطر الدولية الموضحة سابقاً ويعزز تضافر الجهود الوطنية في سبيل ترجمتها إلى إجراءات واضحة وملموسة تدعم العمل المناخي.

1. رؤية قطر الوطنية 2030

تهدف رؤية قطر الوطنية إلى تحويل دولة قطر بحلول عام 2030 إلى دولة متقدمة قادرة على تحقيق التنمية المستدامة وعلى تأمين استمرار العيش الكريم لشعبها جيلاً بعد جيل، وهي تقوم على أربعة ركائز أساسية هي:

- **التنمية البشرية:** تطوير وتنمية سكان دولة قطر ليتمكنوا من بناء مجتمع مزدهر.
- **التنمية الاجتماعية:** تطوير مجتمع عادل وآمن، مستند على الأخلاق الحميدة والرعاية الاجتماعية، وقادر على التعامل والتفاعل مع المجتمعات الأخرى، ولعب دور هام في الشراكة العالمية من أجل التنمية.
- **التنمية الاقتصادية:** تطوير اقتصاد وطني متنوع وتنافسي، قادر على تلبية احتياجات مواطني قطر في الوقت الحاضر وفي المستقبل، وتأمين مستوى معيشي مرتفع.
- **التنمية البيئية:** إدارة البيئة بشكل يضمن الانسجام والتناسق بين التنمية الاقتصادية والاجتماعية وحماية البيئة.

وتحظى ركيزة التنمية البيئية بمكانة محورية في الرؤية الوطنية كما تقدم، وفي سياق ذلك وضعت هذه الركيزة في مقدمة غاياتها المستهدفة المحافظة على البيئة وحمايتها، بحيث يتم ذلك عن طريق عدة أمور منها الشعب الواعي بيئياً الذي يثمن الحفاظ على الموروث البيئي، ودعم الجهود الدولية للتخفيف من آثار التغير المناخي.

2. استراتيجية التنمية الوطنية الثالثة 2024 – 2030

تجسد استراتيجية التنمية الوطنية الثالثة تطلعات رؤية قطر الوطنية 2030، وتحدد الأولويات الاستراتيجية اللازمة لمواصلة مسيرة التنمية حتى عام 2030، وتبنت دولة قطر في إطار إعداد استراتيجياتها الوطنية التنموية منذ



الاستراتيجية الأولى منهجية (التخطيط الاستراتيجي المبني على النتائج) والذي يتم به تحديد النتائج الاستراتيجية أولاً، ثم توضع الخطط للوصول إلى تلك النتائج.

وعليه حددت استراتيجية التنمية الوطنية الثالثة 2024 – 2030 سبعة نتائج وطنية استراتيجية متصلة بركائز الرؤية الوطنية الأربعة – البشرية والاجتماعية والاقتصادية والبيئية – من بينها النتيجة الاستراتيجية الوطنية المعنية بالاستدامة البيئية، والتي وُضعت بها أهداف واضحة مرتبطة بالتغير المناخي من بينها خفض انبعاثات غازات الدفيئة، وتعزيز الاستفادة من الطاقة المتجددة، إلى جانب حماية النظم البيئية من تغير المناخ في سياق المحافظة على التنوع البيولوجي.

كما سلّطت الاستراتيجية الضوء على أهمية تبني التدابير الفعالة لتخفيف آثار التغير المناخي والتكيف لضمان مرونة الاقتصاد وصموده على المدى الطويل، هذا إلى جانب تناولها لمسار تنموي يمكن له التكامل مع أطر الاستجابة المناخية، ألا وهو **التنوع الاقتصادي** والذي يتم به تعزيز نمو أنشطة وقطاعات اقتصادية متعددة ضمن نموذج متنوع ومعرفي ومستدام للنمو الاقتصادي، بالشكل الذي ينسجم مع رؤية قطر الوطنية 2030 في سياق تناغم التنمية الاقتصادية والتنمية البيئية بشكل مستدام للأجيال الحالية والمقبلة.

3. استراتيجية قطر الوطنية للبيئة والتغير المناخي

تعد هذه الاستراتيجية أحد أهم الأطر التنفيذية الوطنية لتحقيق رؤية قطر الوطنية 2030 ضمن ركيزة التنمية البيئية بها، حيث تعمل على توجيه الجهود لحماية البيئة وتعزيز استدامة الموارد الطبيعية والعمل المناخي ضمن خمس مجالات عمل ذات أولوية هي (انبعاثات الغازات الدفيئة وإدارة جودة الهواء، والتنوع البيولوجي، والمياه، والاقتصاد الدائري وإدارة النفايات، واستخدام الأراضي) وقد حددت الاستراتيجية عدة أهداف لكل مجال، وفي مجال التغير المناخي عكست الاستراتيجية سعي دولة قطر نحو التخفيف من التغير المناخي.

4. خطة العمل الوطنية للتغير المناخي

تُعد خطة العمل الوطنية للتغير المناخي 2030 أحد أهم الأدوات التنفيذية لتحقيق التطلعات والتوجهات الاستراتيجية لدولة قطر فيما يتصل بالعمل المناخي كونها حلقة الوصل بين هذه التوجهات الاستراتيجية الوطنية والتطبيق العملي لها على مستوى القطاعات المختلفة، بالشكل الذي يضمن فعالية الاستجابة الشاملة والمتكاملة للتحديات المناخية.

وترتكز خطة العمل الوطنية للتغير المناخي في دولة قطر على مسارين متكاملين هما التخفيف والتكيف، مع دعمهما بمسار ثالث هو عوامل التمكين وهي الوسائل التي تساعد على تنفيذ إجراءات ومبادرات التخفيف والتكيف مثل الوعي المجتمعي والتكنولوجيا والبحث والتطوير وغيرها مما يساعد على تحقيق التقدم في تنفيذ خطة العمل الوطنية للتغير المناخي.

5. المساهمات المحددة وطنياً

تُعد المساهمات المحددة وطنياً إحدى الأدوات الأساسية لتنفيذ اتفاق باريس بشأن التغير المناخي، حيث تحدد من خلالها الدول كيفية مساهمتها في تحقيق أهداف اتفاق باريس والتعامل مع التغير المناخي وفق ظروفها وأولوياتها الوطنية، ويتم تحديث ذلك بشكل دوري كل خمس سنوات، وتعكس المساهمات المحددة وطنياً لدولة قطر طموحات دولة قطر للدفع قدماً بالعمل المناخي على الصعيدين الوطني والدولي بالتمشي مع الأولويات الوطنية وأهداف اتفاق باريس بشأن تغير المناخ، وذلك في إطار متكامل يربط ما بين العمل المناخي وأبعاد التنمية الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

6. الخطة الوطنية للتكيف لدولة قطر

تمثل الخطة الوطنية للتكيف لدولة قطر إطاراً وطنياً شاملاً يتم فيه بشكل استراتيجي تحديد الخيارات المتاحة للتعامل مع التحديات المناخية في القطاعات الرئيسية بالدولة وكيفية تحويل هذه التحديات إلى فرص بالشكل الذي يكفل تعزيز قدرة دولة قطر على مواجهة آثار تغير المناخ والتكيف معه وحماية مواردها الحيوية وقطاعاتها بما فيها الاقتصادية من التحديات المناخية الحالية والمستقبلية.

وتركز الخطة الوطنية للتكيف لدولة قطر على ست قطاعات رئيسية هي المياه، والزراعة والثروة الحيوانية، والتنوع البيولوجي، والصحة العامة، والطاقة والصناعة، والبنية التحتية والمرونة الساحلية.

5.3. دور الفرد والمجتمع في دعم أطر الاستجابة للتغير المناخي

تتطلب الاستجابة للتغير المناخي تكامل الجهود على المستويات الدولية والوطنية والمجتمعية، فعلى المستوى الدولي تحدد الاتفاقيات والأطر العالمية الاتجاهات والأهداف المشتركة للعمل المناخي، بينما تترجم الدول هذه التوجهات إلى استراتيجيات وخطط وطنية لأجل تنفيذها. وفي دولة قطر تؤكد هذه الأطر الوطنية أهمية مشاركة المجتمع وتعزيز الوعي والتعاون بين مختلف فئات المجتمع باعتبارهم من عوامل التمكين والتنفيذ للاستجابة لتغير المناخ.

ويقصد بعوامل التمكين العناصر التي تساعد على تحويل الاستراتيجيات والخطط إلى إجراءات وممارسات فعلية مثل المعرفة والوعي والمشاركة المجتمعية والتعاون بين الجهات وغير ذلك من أدوات وموارد لازمة لتنفيذ هذه الأطر، ومن هذا المنطلق تشكل مشاركة الفرد والمجتمع حلقة وصل مهمة بين الأطر الوطنية والحياة اليومية، بما يساعد على تحويل التوجهات والأهداف المناخية إلى أثر فعلي في المجتمع، وتكتسب هذه المشاركة أهمية خاصة عندما تتحول الممارسات الفردية إلى سلوك مجتمعي واسع ومستمر بما يعزز جهود التخفيف من تغير المناخ والتكيف مع آثاره.

ويمكن لأدوار الفرد والمجتمع بشكل عام أن تتخذ صور متعددة للمساهمة في الاستجابة لتغير المناخ، منها على سبيل المثال لا الحصر:

1. ترشيد استهلاك الطاقة والمياه

يعد الاستخدام المسؤول للطاقة والمياه من أكثر المجالات التي يستطيع الفرد التأثير فيها بصورة مباشرة على التغير المناخي، ويمكن أن تبدأ المشاركة من سلوكيات بسيطة، مثل تجنب تشغيل الأجهزة والإضاءة دون حاجة، واستخدام الأجهزة والمعدات الأعلى كفاءة، وتقليل هدر المياه، واستهلاك المياه بطريقة أكثر كفاءة، وغير ذلك من الممارسات المستدامة.

وترتبط هذه الممارسات بالعمل المناخي لأن إنتاج الطاقة واستخدامها يرتبطان بالانبعاثات، كما يحتاج إنتاج المياه وتحليلتها ومعالجتها إلى الطاقة، ولذلك فإن كفاءة استخدام الطاقة والمياه والترشيد في استهلاكهما يمثلان وسيلة عملية يمكن من خلالها الجمع بين خفض الطلب على الطاقة والانبعاثات المرتبطة بها، إلى جانب تحسين استخدام الموارد.

2. التنقل المستدام

يرتبط النقل باستهلاك الطاقة والانبعاثات، ولذلك تمثل طريقة التنقل أحد المجالات التي يمكن للفرد من خلالها دعم جهود التخفيف من تغير المناخ، ويمكن أن تشمل الخيارات الأكثر استدامة استخدام وسائل النقل العام عندما تكون

متاحة ومناسبة، ومشاركة المركبات عندما يكون ذلك ممكناً، واستخدام المركبات منخفضة الانبعاثات مثل المركبات الكهربائية، إضافة إلى المشي أو استخدام الدراجات الهوائية أو اللوحية الكهربائية الموزعة في مواقع مختلفة بدولة قطر عندما تكون متاحة عندما تسمح المسافات والظروف بذلك.

وتدعم خيارات النقل العام في دولة قطر، مثل مترو الدوحة والحافلات الكهربائية الانتقال إلى أنماط نقل أكثر كفاءة وأقل انبعاثاً، مما يساهم بصورة مباشرة في جهود التخفيف من تغير المناخ. كما يوفر الاستخدام الفعلي لشبكات النقل العام بيانات وخبرات تشغيلية يمكن الاستفادة منها في دراسة احتياجات البنية التحتية وتطويرها بما في ذلك دراسة سبل تعزيز قدرتها على التعامل مع الظروف والتحديات المناخية.

3. الحد من النفايات وهدر الغذاء

ترتبط النفايات بتغير المناخ لأن تحلل النفايات العضوية مثل بقايا الطعام يؤدي إلى انبعاث غازات الدفيئة كما تم توضيحه بفصل التخفيف من تغير المناخ ولذلك فإن تقليل كمية هذه النفايات يساعد على الحد من الانبعاثات المرتبطة بقطاع النفايات.

ويمكن للفرد المساهمة في ذلك من خلال تقليل هدر الغذاء، وشراء ما يحتاج إليه فقط، وفرز المواد القابلة لإعادة التدوير وفصلها عن النفايات العضوية بالحاويات المخصصة، وتساعد هذه الممارسات على تقليل كمية النفايات وتحسين استخدام الموارد وتعزيز إدارة النفايات بما يدعم جهود التخفيف من تغير المناخ.

4. المشاركة في المبادرات الوطنية والمجتمعية

لا يقتصر دور الفرد على تغيير ممارساته اليومية، بل يمكن أن يمتد إلى المشاركة الفعلية في المبادرات والبرامج الوطنية، وتمثل المبادرات الوطنية والمجتمعية إحدى الوسائل الفاعلة لتحويل المعرفة بتغير المناخ إلى مشاركة وممارسات مجتمعية عملية من شأنها تعزيز فاعلية الجهود الوطنية لمواجهة التغير المناخي بشكل متكامل، ويمكن لذلك أن يتحقق في دولة قطر بالعديد من المبادرات منها على سبيل المثال لا الحصر:

• البرنامج الوطني للترشيد وكفاءة الطاقة

يمثل البرنامج الوطني للترشيد وكفاءة استهلاك الطاقة والمياه (ترشيد) مبادرة وطنية لتعزيز كفاءة استخدام الكهرباء والمياه وتبني المبادرات الإيجابية في إطار ذلك كأسلوب للحياة بما يتواءم مع توجهات مختلف الأطر الوطنية المرتبطة بالتغير المناخي.

وينفذ البرنامج مجموعة من المبادرات التي تستهدف خفض معدل استهلاك الكهرباء والمياه، والتعريف بالممارسات الصديقة للبيئة في سياق ذلك وبناء عادات وسلوكيات ترشيدية سليمة مثل رفع كفاءة الأجهزة والمعدات، وتحسين أنماط الاستهلاك لدى مختلف فئات المجتمع وغير ذلك من المبادرات العديدة ضمن

هذا البرنامج الوطني، إلى جانب نشر الوعي وتعزيز ثقافة الترشيد لديهم، ويعتمد هذا البرنامج الوطني على المشاركة المجتمعية لتعزيز ثقافة الترشيد وكفاءة استخدام الموارد بالشكل الذي يدعم ترجمتها إلى ممارسات ملموسة تساهم في دعم الجهود الوطنية للتخفيف من التغير المناخي والتكيف معه.

● حملة صفر نفايات

تحمل حملة "صفر نفايات" شعار (نفايات أقل.. مدينة أجمل)، وهي إحدى المبادرات المجتمعية الهادفة إلى تعزيز الوعي بأهمية النفايات كجزء من استدامة الموارد، وتحسين أساليب إدارتها بما يدعم المحافظة على البيئة، وتتميز الحملة بمشاركة مختلف فئات المجتمع بما يعزز المسؤولية المشتركة في إدارة النفايات والتي أحد المجالات التي يمكن أن تسهم في التخفيف من تغير المناخ كما تقدم ذكره. ومن بين المحاور الأساسية في الحملة لدعم الجهود الوطنية في إدارة النفايات المساهمة في الوقاية والتقليل إلى أدنى حد ممكن من النفايات، وتعزيز الممارسات التي من شأنها استدامة الموارد وتحسين إدارة النفايات بمختلف مراحلها بما في ذلك فرز النفايات وفصلها، وإدارة النفايات العضوية، وإعادة التدوير.

● مبادرة (10) مليون شجرة

أطلقت دولة قطر مبادرة عشرة ملايين شجرة امتداداً لنجاح مشروع "مبادرة مليون شجرة"، وتهدف المبادرة لتحقيق عدة أهداف منها مكافحة التصحر وإثراء التنوع البيولوجي عبر تعزيز وزيادة الغطاء النباتي وما يمثله ذلك من دعم للنظم البيئية البرية والساحلية عبر زراعة الأشجار والنباتات البرية وأشجار القرم (المانجروف) الذين يعدون حاضنة للعديد من الكائنات الحية، إلى جانب تعزيز الاستدامة البيئية عبر استدامة الموارد المائية حيث يتم الاعتماد بشكل أساسي على المياه المعالجة في عمليات الري. وتعتبر المبادرة مشروع وطني مجتمعي مفتوح للمشاركة من قبل كافة أفراد المجتمع والمؤسسات والجهات الحكومية والقطاع الخاص والشركات والمدارس والمؤسسات التعليمية، والمراكز الشبابية والأندية الرياضية وغيرهم، حيث تركز المبادرة على زراعة وغرس شتلات الأشجار من البيئة المحلية القطرية.

● مبادرة رواد البيئة

تم إطلاق مبادرة رواد البيئة لتعزيز الوعي بتحديات التغير المناخي وأهمية حماية البيئة، وذلك من خلال تشجيع مشاركة مختلف فئات المجتمع من أفراد ومؤسسات في العمل البيئي والمناخي، وإبراز وتقدير الإسهامات والمبادرات المتميزة في مجال البيئة والتغير المناخي. وترتبط المبادرة بالاستجابة لتغير المناخ عبر تحويل المشاركة المجتمعية إلى إسهامات عملية تدعم جهود التخفيف والتكيف، مثل المبادرات التطوعية والحملات المجتمعية للتشجير وغيرها من أنشطة وإسهامات سواء ملموسة أو توعوية في قضايا البيئة والتغير المناخي، مما يجعل مبادر رواد البيئة نموذجاً لدور المجتمع في دعم الجهود الوطنية لمواجهة تغير المناخ وحماية البيئة واستدامتها.

5. التوعية ونقل المعرفة

لا تنتهي أهمية المعرفة بالتغير المناخي عند فهم أسبابه وآثاره، بل تمتد إلى القدرة على استخدام هذه المعرفة ونقلها إلى الآخرين بصورة صحيحة، فزيادة الوعي تساعد الأفراد على فهم أهمية التخفيف والتكيف والمحافظة على الموارد واتخاذ خيارات أكثر استدامة تساهم في مشاركة المجتمع بصورة أكثر فاعلية في العمل المناخي.

ومع اتساع دائرة المعرفة والمشاركة يمكن أن تتحول الممارسات الفردية إلى ثقافة مجتمعية أوسع تدعم العمل المناخي. فالمعرفة الصحيحة والمشاركة الواعية تساعدان على بناء مجتمع أكثر قدرة على فهم التغير المناخي والاستجابة له واتخاذ قرارات مبنية على المعرفة في مختلف جوانب الحياة التي قد تتصل بالتغير المناخي.



6. الخاتمة

يمثل التغير المناخي أحد أبرز التحديات التي لا تقتصر آثاره على ارتفاع درجات الحرارة وتغير أنماط الطقس، بل تمتد لتشمل البيئة والاقتصاد والمجتمع وجودة الحياة، وقد تناولت هذه الحقيبة المعرفية مختلف جوانب التغير المناخي، كما سعت إلى ربط المعرفة العلمية بالسياق الوطني في دولة قطر، بما تبذله من جهود وطنية في مجالات العمل المناخي، إن مواجهة التغير المناخي مسؤولية مشتركة، وعليه فإن الغاية الأساسية من هذا الحقيبة المعرفية ليست تقديم المعلومات فحسب، وإنما بناء وعي بيئي يقود إلى تبني سلوكيات وقرارات تسهم في تحقيق التنمية المستدامة، وتدعم رؤية قطر الوطنية 2030 التي وضعت التنمية البيئية جنباً إلى جنب مع التنمية البشرية والاجتماعية والاقتصادية، وأولت اهتماماً بتحقيق التوازن بينها، بما يضمن حماية البيئة ودعم مسارات التنمية مع وضع التعامل مع التغير المناخي ضمن غاياتها المستهدفة.

وفي الختام، فإن فهم التغير المناخي ليس غاية في حد ذاته، بل خطوة نحو وعي أوسع بمسؤوليتنا تجاه البيئة والمجتمع والأجيال المقبلة حيث أن بناء المستقبل المستدام يبدأ بالمعرفة ويستمر بالمسؤولية والعمل المشترك.

