الإستراتيجية 2040
الوطنية للطيران
NATIONAL AVIATION STRATEGY

CAA
هيئة الطيران المدني
CIVIL AVIATION AUTHORITY

حماية بيئة الطيران في سلطنة عُمان

المقدمـــة

يمثل قطاع الطيران المدني اليوم أحد أهم القطاعات الحيوية الداعمة للتنمية الاقتصادية والتواصل العالمي، لما يوفره من ربط بين الدول والشعوب، وتحفيز للاستثمار والتجارة والسياحة، فالنمو المتسارع يرافقه عدد من التحديات البيئية التي تستدعي تبني نهج متوازن يضمن استدامة القطاع ويحافظ في الوقت ذاته على البيئة والموارد الطبيعية للأجيال القادمة.

وفي ظل التوجهات الدولية المتسارعة نحو العمل المناخي وتحقيق أهداف التنمية المستدامة، برزت حماية بيئة الطيران كأحد المحاور الرئيسية في سياسات منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO)، من خلال تطوير المعايير والتشريعات والمبادرات التي تهدف إلى الحد من الانبعاثات الكربونية، وتقليل الضوضاء، وتحسين جودة الهواء المحلي، وتعزيز قدرة قطاع الطيران على التكيف مع آثار التغير المناخي.

وانطلاقًا من التزام سلطنة عُمان بدعم الجهود الدولية في مجال الاستدامة البيئية، وحرصها على تطوير قطاع طيران مدني حديث وآمن ومستدام، يأتي هذا الإصدار ليكون مرجعًا توعويًا ومعرفيًا يسلط الضوء على المفاهيم الأساسية لحماية بيئة الطيران، والأطر الدولية المنظمة لها، وأبرز التحديات البيئية المرتبطة بقطاع الطيران المدني، إلى جانب استعراض الجهود الوطنية والمبادرات التي تنفذها سلطنة عُمان في هذا المجال.

كما يعكس هذا الإصدار اهتمام هيئة الطيران المدني بمواكبة التطورات العالمية في مجالات الطيران المستدام، وتعزيز التعاون مع الشركاء المحليين والدوليين لتبني أفضل الممارسات والتقنيات الحديثة، بما يسهم في بناء منظومة طيران أكثر كفاءة ومرونة واستدامة، قادرة على تحقيق التوازن بين متطلبات النمو الاقتصادي وحماية البيئة.

ونأمل من هذا الإصدار أن يشكل إضافة معرفية تسهم في نشر ثقافة الاستدامة البيئية في قطاع الطيران المدني، ودعم الجهود الوطنية والدولية الرامية إلى بناء مستقبل أكثر استدامة لقطاع النقل الجوي.

المحتويات

المصطلحات والاختصارات	6
المقدمة	8
الركائز الرئيسة لحماية بيئة الطيران	13
خطط العمل الوطنية (state action plans)	25
التكيف مع تغير المناخ	29
المطارات والقضايا البيئية المرتبطة بها	33
سلطنة عمان وحماية بيئة الطيران	37
الخاتمة	46

المصطلحات والاختصارات

الاختصار	المصطلح	الاسم بالعربية
ICAO	International Civil Aviation Organization	منظمة الطيران المدني الدولي
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection	لجنة حماية بيئة الطيران التابعة لمنظمة الطيران المدني الدولي
Annex 16	-	الملحق السادس عشر لاتفاقية شيكاغو
SARPs	Standards and Recommended Practices	المعايير والممارسات الموصى بها
LAQ	Local Air Quality	جودة الهواء المحلي المحيط بالمطار
CORSIA	Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation	برنامج تعويض وخفض الكربون من الطيران الدولي
SAF	Sustainable Aviation Fuel	وقود الطيران المستدام
LCAF	Lower Carbon Aviation Fuel	وقود الطيران منخفض الكربون
LTAG	Long-Term Aspirational Goal	الهدف الطموح الطويل الأجل لمنظمة الطيران الدولي
MRV	Monitoring, Reporting and Verification	نظام الرصد والإبلاغ والتحقق من الانبعاثات
CDO	Continuous Descent Operations	إجراءات الهبوط المستمر
CCO	Continuous Climb Operations	إجراءات الصعود المستمر
APU	Auxiliary Power Unit	وحدة الطاقة المساعدة
GSE	Ground Support Equipment	معدات الدعم الأرضي في المطار
CO_2	Carbon Dioxide	ثاني أكسيد الكربون
CO	Carbon Monoxide	أول أكسيد الكربون
NOx	Nitrogen Oxides	أكاسيد النيتروجين
PM	Particulate Matter	الجسيمات العالقة في الهواء
VOCs	Volatile Organic Compounds	المركبات العضوية المتطايرة
SOx	Sulfur Oxides	أكاسيد الكبريت
SAP	State Action Plan	خطة العمل الوطنية لخفض الانبعاثات
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ

المقدمـــــة

تعد منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) إحدى المنظمات التابعة للأمم المتحدة، وتُعنى بتنظيم وتطوير الطيران المدني على مستوى العالم، من خلال وضع المعايير والتوصيات التي تضمن سلامة وأمن الطيران، وكفاءة واستدامة النقل الجوي.

وقد أُنشئت هذه المنظمة بموجب اتفاقية شيكاغو التي وُقّعت عام 1944، والتي تُعد الإطار القانوني الأساسي الذي ينظم الطيران الدولي بين الدول. حيث تتضمن الاتفاقية تسعة عشر ملحقًا فنيًا (Annexes) تغطي مجالات متعددة، منها: سلامة وأمن الطيران، والملاحة الجوية، وحماية البيئة، والتراخيص وتشغيل الطائرات وغيرها، وتُعد هذه الملاحق مرجعًا أساسيًا للدول في تنظيم قطاع الطيران، وضمان توافقه مع المعايير الدولية المعتمدة.

منظمة الطيران المدني الدولي وحماية البيئة

أولت منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) اهتمامًا محوريًا بحماية البيئة في قطاع الطيران المدني الدولي، حيث تجسد أهدافها البيئية نهجًا متكاملًا لإدارة وتقليل الآثار البيئية الناتجة عن أنشطة الطيران. وتسعى المنظمة إلى الحد من تأثير انبعاثات الطائرات على جودة الهواء المحلي، وخفض انبعاثات الغازات الدفيئة بما يسهم في التخفيف من آثار تغير المناخ العالمي، إضافة إلى تقليل عدد السكان المتأثرين بالضوضاء الناتجة عن العمليات التشغيلية للطائرات والمطارات. كما تعمل على تعزيز قدرة قطاع النقل الجوي على التكيف مع آثار تغير المناخ من خلال دعم مرونة البنية الأساسية وتحسين كفاءة العمليات التشغيلية.

وتستند هذه الجهود إلى منهجية قائمة على القياس الدقيق للآثار البيئية، وتطبيق تدابير فعالة للتخفيف والتكيف، مع تبني حلول تضمن تحقيق التوازن بين متطلبات التنمية والاستدامة البيئية. وفي هذا الإطار، اتفقت الدول الأعضاء في منظمة الطيران المدني الدولي، الأطراف في اتفاقية شيكاغو، على توجيه التعاون البيئي في قطاع الطيران نحو ثلاثة مجالات رئيسية تتمثل في:

تقليل الضوضاء الناتجة عن العمليات التشغيلية للطائـــرات والمطـــارات

خفض الملوثات الناتجة من العمليات التشغيلية للطائـــرات والمطـــارات الضارة بصحة الإنسان والبيئـــة المحليـــة

خفـض انبعاثـات الغـازات الدفيئة وتعزيز قدرة قطاع النقل الجوي على التكيف مـــع آثـــار تغـير المنـــاخ

حماية بيئة الطيران

مجموعة السياسات والمعايير والإجراءات التي تهدف إلى الحد من التأثيرات السلبية لأنشطة الطيران المدني على البيئة والإنسان

الملحق السادس عشر (Annex16)

أعدت منظمة الطيران المدني الدولي الملحق السادس عشر (annex16) لإتفاقية شيكاغو للطيران المدني والذي يوفر المعايير والممارسات الموصى بها لحماية البيئة من التأثيرات الناتجة عن الطيران المدني مع الحفاظ على السلامة والكفاءة في النقل الجوي الدولي. وينقسم الملحق المذكور إلى أربع مجلدات على النحو التالي:

رقم المجلد	الموضوع	الهدف والمضمون
الأول	ضوضاء الطائرات	آليات قياس وتصنيف ضوضاء الطائرات وتحديد المعايير والمتطلبات القياسية للضوضاء التي يجب أن تستوفيها الطائرات عند التصميم والتصنيع.
الثاني	انبعاثات محركات الطائرات	وضع المعايير القياسية لانبعاثات المحركات (ملوثات الهواء) لضمان أن محركات الطائرات تلتزم بالحدود البيئية العالمية وتحسين جودة الهواء المحلي.
الثالث	انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الطائرات	وضع معايير لمستويات ثاني أكسيد الكربون الناتج من الطيران لتقليل البصمة الكربونية لصناعة الطيران والمساهمة في التخفيف من تغير المناخ.
الرابع	خطة عمل تعويض وخفض الانبعاثات من الطيران المدني الدولي (كورسيا)	تحديد متطلبات الرصد والإبلاغ والتحقق والتعويض عن الانبعاثات تحت نطاق خطة كورسيا.

وتقوم المنظمة بتحديث المعايير والمواد الاسترشادية بشأن القضايا البيئية وفق أحدث العلوم المتاحة والمعارف العلمية المتعلقة بتأثيرات أنشطة صناعة قطاع الطيران المدني على البيئة.

لجنة حماية بيئة الطيران التابعة لمنظمة الطيران المدني (CAEP)

تأسست لجنة حماية بيئة الطيران المدني (CAEP) عام 1983 كهيئة فنية تابعة لمجلس منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO)، لدعم وضع السياسات البيئية واعتماد المعايير والممارسات الموصى بها (SARPs)، بالإضافة إلى إجراء الدراسات وتقديم المعلومات الفنية لمعالجة تأثيرات الطيران على البيئة والمناخ.

تعتمد اللجنة على نهج تعاوني يضم خبراء متخصصين من جميع أنحاء العالم، حيث تضم 34 عضوًا و 21 مراقبًا، ويشارك أكثر من 1200خبير دولي يمثلون حكومات، ومنظمات صناعية، ووكالات الأمم المتحدة، ومنظمات المجتمع المدني، ومنظمات غير حكومية، ومؤسسات بحثية. وتُعقد اجتماعات رسمية كل ثلاث سنوات لتسليم برنامج العمل واتخاذ القرارات المستقبلية، إلى جانب اجتماعات سنوية لمجموعات التوجيه لمتابعة عمل المجموعات الفنية.

وتضم اللجنة عدة مجموعات عمل متخصصة تتولى معالجة جوانب محددة من القضايا البيئية في قطاع الطيران، بما في ذلك تقليل ضوضاء الطائرات، وخفض الانبعاثات من الطائرات والمطارات والعمليات التشغيلية، وإدارة نظام التعويض وخفض الكربون في الطيران الدولي (CORSIA)، وتطوير وقود الطيران المستدام. كما تدعم عملها مجموعات متخصصة للتحليل الاقتصادي، والتنبؤ بنمو أساطيل الطائرات، وبناء قواعد البيانات، بما يسهم في الحد من الأثر البيئي لقطاع الطيران والمساهمة في تحقيق هدف انبعاثات كربونية صفرية بحلول عام 2050.

حماية بيئة الطيران
فـي سلطنة عُـمـان

الركائـــز الرئيسيـــة
لحماية بيئة الطيران

الركائز الرئيسة لحماية بيئة الطيران

ضوضاء الطائرات

تُعد ضوضاء الطائرات من أبرز التحديات البيئية والصحية التي تؤثر على المجتمعات المحيطة بالمطارات، مما دفع منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) إلى جعل الحد أو التقليل منها وحماية السكان أولوية أساسية:

وإلى جانب ضوضاء الرحلات الجوية، قد تشمل مصادر الضوضاء الأخرى ما يلي:

- اختبارات محركات الطائرات.
- وحدات الطاقة المساعدة (APUs) المستخدمة أثناء العمليات الأرضية.
- المعـدات الأرضيـة الأخـرى مثل وحـدات الطاقة الأرضية والمركبات ومعدات الدعم الأرضي (GSE).

وتلتزم صناعة الطيران والمجتمع الدولي بخفض ضوضاء الطائرات وتأثيرها على المجتمعات المحلية من خلال تعاون شامل بين مصنعي الطائرات والمحركات، وشركات الطيران، والمطارات، والهيئات التنظيمية.

وأصدرت منظمة الطيران المدني (ICAO) في السبعينيات الملحق 16 – حماية البيئة، المجلد الأول: ضوضاء الطائرات والذي تضمن المعايير والمتطلبات القياسية للضوضاء التي يجب أن تستوفيها الطائرات عند التصميم والتصنيع. كما تقوم لجنة حماية بيئة الطيران (CAEP) بمراجعة وتحديث هذه المعايير لتكون أكثر صرامة وفقا للدراسات والابتكارات التقنية مما يعكس التزام القطاع بتحسين الأداء البيئي.

وتواصل منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) دراسة تأثيرات ضوضاء الطيران وسبل الحد منها مع وضع أهداف واضحة للابتكار التكنولوجي ورصد اتجاهات التعرض للضوضاء عالميًا.
وفي الوقت نفسه، تعمل شركات الطيران والمطارات ومزودو خدمات الملاحة الجوية بالتعاون مع المجتمعات المحلية على تقليل الضوضاء عبر تطبيق عدد من الإجراءات من بينها: استبدال الطائرات القديمة بأخرى أكثر هدوءًا وكفاءة، وتحسين المسارات الجوية، وتطبيق إجراءات الهبوط والإقلاع، إلى جانب برامج عزل الصوت وأنظمة مراقبة متقدمة وغيرها.

النهج المتوازن لإدارة الضوضاء

اعتمدت منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) في عام 2001م النهج المتوازن لإدارة ضوضاء الطائرات، والذي يوفر إطارًا شاملًا للتدابير الممكنة لمعالجة الضوضاء على مستوى كل مطار على حدة مع التركيز على تحقيق أقصى منفعة بيئية بأعلى كفاءة اقتصادية وباستخدام معايير موضوعية قابلة للقياس. ويقوم النهج المتوازن على أربعة محاور رئيسة:

م	المحور	أمثلة
الأول	الحد من الضوضاء عند المصدر	تطوير الطائرات لتكون أكثر هدوءًا عن طريق تحسين المحركات وتصميم الطائرة، مع التأكد من حصول كل طائرة على شهادة تثبت أنها تلتزم بالمعايير الدولية للضوضاء.
الثاني	تخطيط استخدام الأراضي وإدارتها	وضع خطط لتحديد مناطق مناسبة للسكن أو الأنشطة القريبة من المطارات لتقليل تأثير الضوضاء على السكان، واستخدام الغابات والمساحات الخضراء كحواجز طبيعية للضوضاء عند الإمكان.
الثالث	إجراءات تقليل الضوضاء التشغيلية	اتباع طرق ومسارات محددة للإقلاع والهبوط وإدارة الحركة الجوية بما يساهم في تقليل الضوضاء مع الحفاظ على سلامة الطيران كأولوية.
الرابع	القيود التشغيلية	تتضمن فرض حظر ليلي لرحلات الطيران وتقييد تشغيل أنواع معينة من الطائرات، ولا يتم فرض القيود التشغيلية كخيار أول إلا بعد دراسة إمكانية تطبيق بقية العناصر.

خطوات تطبيق النهج المتوازن لإدارة الضوضاء

01 تقييم حالة الضجيج في المطار.

02 تحديد الهدف البيئي المطلوب.

03 التشاور مع أصحاب المصلحة.

04 تحديد الإجراءات الممكنة.

05 تحليل التكاليف والمنافع.

06 اختيار التدابير الأكثر فعالية من حيث التكلفة.

07 الإخطار العام بالتدابير.

08 التنفيذ.

09 توفير آلية لحل النزاعات.

جودة الهواء المحلي

اعتمدت منظمة الطيران المدني الدولي الحفاظ على جودة الهواء المحلي (LAQ: Local Air Quality) كأحد أهدافها البيئية الرئيسية، حيث تعمل على الحد من الآثار الضارة لانبعاثات أنشطة الطيران بما يضمن حماية صحة الإنسان وصون البيئة.

تلوث الهواء

يشير تلوث الهواء إلى وجود ملوثات تقلل جودة الهواء وتشكل خطراً على صحة الإنسان وسلامته، ومن أهم الملوثات المرتبطة بأنشطة الطيران ما يلي:

م	الملوثات	المصدر الرئيسي
1	ثاني أكسيد الكربون (CO_2)	احتراق الوقود الهيدروكربوني
2	أول أكسيد الكربون (CO)	الاحتراق غير الكامل للوقود
3	أكاسيد النيتروجين (NOx)	تتكون عند درجات الحرارة المرتفعة والضغط العالي في محركات الطائرات والمركبات
4	المركبات العضوية المتطايرة (VOCs)	مواد كيميائية تنبعث من خزانات الوقود والزيوت.
5	الجسيمات العالقة (PM)	مواد صلبة أو سائلة في الجو، تنتج من احتراق الوقود، واهتراء الإطارات والفرامل، وتآكل الأرصفة
6	أكاسيد الكبريت (SOx)	احتراق الوقود

وتنتج هذه الملوثات من مصادر متنوعة في المطارات من أهمها ما يلي:

- **الطائرات:**
  المحركات الرئيسية ووحدات الطاقة المساعدة (APU) هي المصدر الرئيسي للانبعاثات الغازية.
  الجسيمات الناتجة من المحركات، والفرامل والإطارات.

- **معدات الدعم الأرضي (GSE):**
  تشمل مركبات التزود بالوقود، ومركبات الحقائب، والطعام، والسلالم.

- **البنية الأساسية والمصادر الثابتة:**
  تشمل المحارق، ومحطات التدفئة والتكييف، وتدريبات مكافحة الحرائق، وأعمال البناء ومحطات الصرف الصحي.

- **حركة التنقل البري في المطار (Landside access traffic):**
  تنقل الركاب والبضائع من وإلى المطار.

الإجراءات والتدابير البيئية لإدارة جودة الهواء

تلتزم منظمة الطيران المدني (ICAO) بتعزيز جهودها في الحد من تأثيرات الانبعاثات على جودة الهواء المحلي، من خلال تطوير معايير دولية، وإرشادات، ومواد فنية داعمة، تتيح للدول الأعضاء تنفيذ حلول فعالة ومستدامة، مع ضمان مستقبل بيئي مستدام لقطاع الطيران الدولي.

ويتضمن الملحق 16، المجلد الثاني (Annex 16, Volume II)، المعايير والممارسات الموصى بها (SARPs) لشهادات الانبعاثات البيئية لمحركات الطائرات التي تهدف إلى معالجة الآثار المحتملة للملوثات على جودة الهواء المحلي، مع التركيز على صحة الإنسان.

وتعتمد معظم الدول على معايير جودة الهواء المحلية أو الإقليمية، وفقًا لإرشادات منظمة الصحة العالمية، وتضع خططها لإدارة جودة الهواء من خلال:

- قياس مستويات الملوثات عند مستوى الأرض.
- تقييم الالتزام بالمعايير.
- تحديد مصادر الانبعاثات وتأثيرها على جودة الهواء.
- إعداد جرد للمصادر وعمل نموذج لتقدير انتشار الملوثات.
- التركيز على المصادر الأكثر تأثيرًا لاتخاذ إجراءات التخفيف.

ويمكن أن تشمل إجراءات التخفيف والتدابير التشغيلية ما يلي:

- تحسين تخطيط المدرجات والمسارات لتقليل وقت تشغيل المحركات.
- استخدام الطاقة الكهربائية عند الأرصفة بدلاً من تشغيل وحدات الطاقة المساعدة.
- اختبار المحركات في غرف مجهزة بمرشحات ومحولات محفزة لتقليل الانبعاثات.
- التحول للمركبات النظيفة أو الكهربائية للعمليات الأرضية.
- الصيانة الدورية.
- تحديث المعدات وتحسين كفاءة الطاقة.
- تطوير وسائل النقل العام، والنقل بالسكك الحديدية، وتصميم المحطات لتقليل الانبعاثات والتكاليف التشغيلية.

تغير المناخ

تسعى منظمة الطيران المدني الدولي للمساهمة في تحقيق هدف اتفاق باريس بشأن تغير المناخ المتمثل في الإبقاء على الارتفاع في درجة الحرارة دون درجتين مئويتين، حيث تساهم أنشطة الطيران المدني الدولي بنسبة 2% من إجمالي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون الناتجة عن الأنشطة البشرية.

وتأكيدا لجهود المنظمة في هذا المجال، تم اعتماد الهدف الطموح طويل الأجل (LTAG: Long Term Aspiration Goal) للتقليل من الآثار السلبية لأنشطة الطيران المدني على المناخ العالمي من خلال تحقيق صافي انبعاثات صفرية بحلول عام 2050م من أنشطة الطيران المدني الدولي.

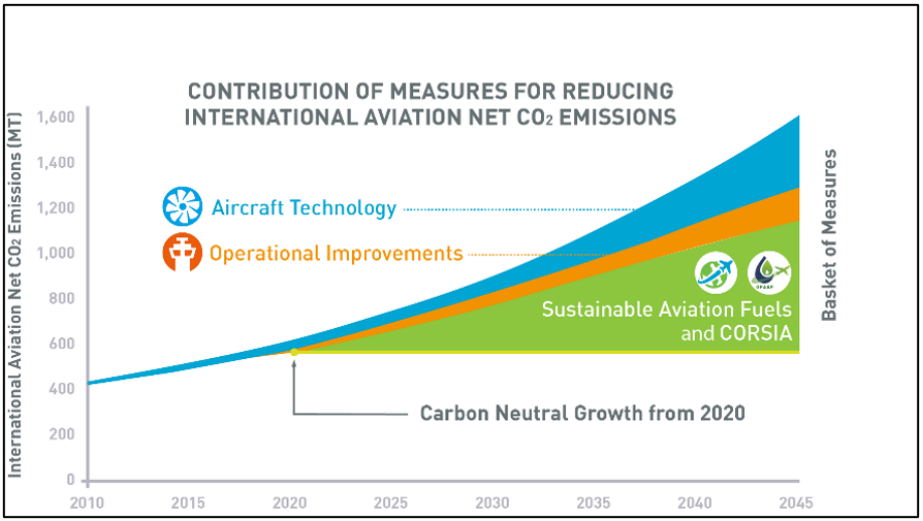
ومن أجل تحقيق الهدف الطموح طويل الأجل، أقرت المنظمة سلة الإجراءات (Basket of measures) التي تتضمن تدابير التخفيف التي يمكن اتخاذها للوصول للهدف المحدد والتي تشمل:

تحسين تكنولوجيا الطائرات للحد من الانبعاثات

تعزيز استخدام الوقود المستدام للطيران (SAF) ووقود الطيران منخفض الكربون (LCAF)

تطوير العمليات التشغيلية لإدارة الحركة الجوية وللطائرات والمطارات بطريقة أكثر كفاءة بيئيا

اعتماد التدابير القائمة على السوق، مثل CORSIA، للحد من الانبعاثات على المستوى الدولي.



تدابير التخفيف

تحسين تكنولوجيا الطائرات للحد من الانبعاثات؛

تُعد التحسينات التقنية من أهم الأدوات التي يمكن من خلالها تعزيز كفاءة الأداء وتقليل استهلاك الوقود مما يسهم بشكل مباشر في خفض التأثيرات البيئية، وتشمل هذه التحسينات مجموعة من الإجراءات التي تمتد عبر المدى المتوسط والطويل والبعيد وتركز على تحديث الطائرات الحالية وتطوير الأساطيل المستقبلية بالإضافة إلى تبني تقنيات مبتكرة تُحدث تحولًا نوعيًا في صناعة الطيران.

تحسين كفاءة الطائرات الحالية (على المدى المتوسط):

- إعادة تجهيز الطائرات بتقنيات أكثر كفاءة.
- إدخال تحديثات تدريجية على الأنظمة والمكونات.
- تقليل استهلاك الوقود وتحسين الأداء التشغيلي.

تطوير الأسطول (على المدى الطويل):

- استبدال الطائرات القديمة بطائرات حديثة وأكثر كفاءة.
- تطوير تصاميم مبتكرة للمحركات.
- تحسين هياكل الطائرات بما يتوافق مع المعايير البيئية الصارمة.

التقنيات المستقبلية (على المدى البعيد):

- اعتماد تقنيات ثورية في تصميم الطائرات.
- تحقيق نقلة نوعية في تقليل الانبعاثات.

ومن أهم التحديات المرتبطة بهذه التحسينات:

- الحاجة إلى استثمارات مالية ضخمة.
- الحاجة إلى فترات زمنية طويلة قبل تحقيق نتائج ملموسة.

تطوير العمليات التشغيلية لإدارة الحركة الجوية

تمثل التحسينات التشغيلية أحد أكثر الحلول فعالية وسرعة في تقليل الانبعاثات حيث تركز على تحسين أساليب تشغيل الطائرات وإدارة الحركة الجوية دون الحاجة إلى استثمارات كبيرة في معدات جديدة. ويشمل مفهوم العمليات جميع الأنشطة المرتبطة بتشغيل الرحلات الجوية بدءًا من التخطيط المسبق وحتى انتهاء الرحلة مرورًا بإدارة الحركة الجوية والعمليات الأرضية في المطارات.

تحسين كفاءة الرحلات الجوية

- اختيار السرعة والارتفاع الأفضل للطائرة وفقًا لظروف الطيران (الوزن، الرياح، درجة الحرارة).
- تحسين مسارات الرحلات الجوية لتقليل المسافات المقطوعة.
- تكامل أنظمة الاتصالات والملاحة والمراقبة وإدارة الحركة الجوية واستخدام أفضل التقنيات.
- تطبيق إجراءات الطيران التي تقلل استهلاك الوقود مثل:
  - الصعود المستمر (Continuous Climb Operations).
  - الهبوط المستمر (Continuous Descent Operations).

الصعود المستمر (CCO)
صعود الطائرة من المدرج إلى أقصى ارتفاع لها بخط مستقيم وانسيابي، دون التوقف عند ارتفاعات مؤقتة.

الهبوط المستمر (CDO)
نزول الطائرة بشكل متدرج ومتواصل من ارتفاع التحليق حتى الهبوط دون مراحل توقف أو تسوية على ارتفاعات مختلفة.

عمليات الطائرات:

- تقليل الوزن
- التقليل من استخدام كوابح الدفع (reverse thrust) ووحدات الطاقة المساعدة (APU)
- استخدام عدد أقل من المحركات عند السير على أرض المطار
- اختيار أفضل الطائرات المناسبة للمهمة.

تطوير البنية الأساسية للمطارات

- تحسين تصميم المدارج ومسارات الحركة الأرضية لتقليل زمن تحرك الطائرات على الأرض (taxiing) والحد من الازدحام
- استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في تشغيل مرافق المطار.
- تطوير المباني لتكون أكثر كفاءة في استهلاك الطاقة (التبريد والإضاءة).
- توفير مصادر طاقة أرضية للطائرات لتقليل تشغيل المحركات أثناء التوقف.
- تحويل المركبات الأرضية للعمل بالطاقة النظيفة أو الوقود البديل.
- تحسين وسائل النقل من وإلى المطار عبر تعزيز النقل العام وتقليل الاعتماد على المركبات الخاصة.

تعزيز استخدام الوقود المستدام للطيران (SAF) ووقود الطيران المنخفض الكربون (LCAF)؛

يُعد وقود الطيران المستدام (SAF) أحد الركائز الأساسية التي يعول عليها خفض النسبة الأكبر من انبعاثات قطاع الطيران،(55-65%) ويتم إنتاج هذا الوقود من مصادر متجددة ومتنوعة، مثل الزيوت النباتية، والدهون الحيوانية، والنفايات البلدية، إضافة إلى بعض العمليات المتقدمة التي تعتمد على تحويل الكتلة الحيوية أو استخدام الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون المحتجز.

ويمتاز وقود الطيران المستدام بعدة خصائص تجعله خيارًا عمليًا من أبرزها:

- تحقيق خفض ملحوظ في انبعاثات الغازات الدفيئة على مدار دورة حياته مقارنة بالوقود التقليدي.
- إمكانية استخدامه مباشرةً أو مزجه مع الوقود التقليدي دون الحاجة إلى تعديلات جوهرية في الطائرات أو المحركات.
- توافقه مع البنية الأساسية الحالية في المطارات وأنظمة التزود بالوقود مما يسهل اعتماده تدريجيًا.

وعلى الرغم من هذه المزايا لا يزال الاعتماد الواسع على SAF يواجه عددًا من التحديات من أهمها:

- محدودية الإنتاج العالمي مقارنة بالطلب المتزايد.
- ارتفاع تكاليف الإنتاج مقارنة بالوقود الأحفوري.
- الحاجة إلى تطوير سلاسل إمداد فعّالة ومستدامة.

وإلى جانب SAF يبرز وقود الطيران منخفض الكربون (LCAF) كخيار مكمل يسهم في تقليل الانبعاثات حيث يعتمد على تحسين عمليات إنتاج الوقود التقليدي باستخدام تقنيات تقلل من كثافة الكربون مثل احتجاز الكربون أو استخدام مصادر طاقة أنظف في عمليات التكرير. ويُعد هذا النوع من الوقود حلًا انتقاليًا يمكن تطبيقه على المدى القريب لدعم جهود خفض الانبعاثات.

وقود الطيران المستدام (SAF)
وقود طيران مشتق من مصادر متجددة أو من النفايات ويستوفي معايير الاستدامة.

وقود الطيران المنخفض الكربون (LCAF)
وقود طيران أحفوري يُنتج باستخدام تقنيات تقلل انبعاثات غازات الدفيئة خلال دورة حياته بما لا يقل عن 10% مقارنة بانبعاثات الوقود التقليدي.

كما توجد بدائل مستقبلية اخرى منخفضة الكربون وهي:

- **الهيدروجين:** الذي يُتوقع أن يُحدث تحولًا جذريًا في تصميم وتشغيل الطائرات خاصة في الرحلات قصيرة ومتوسطة المدى.
- **الطائرات الكهربائية:** التي تعتمد على البطاريات وتُعد خيارًا واعدًا للرحلات القصيرة رغم التحديات المرتبطة بكثافة الطاقة.

ورغم الإمكانات الكبيرة لهذه البدائل فإنها تواجه تحديات مشتركة تتمثل في:

- الحاجة إلى استثمارات ضخمة في البحث والتطوير.
- تطوير بنية أساسية متكاملة للإنتاج والتخزين والتوزيع.
- وضع أطر تنظيمية وتشريعية داعمة لتسريع تبني هذه التقنيات

اعتماد التدابير القائمة على السوق، مثل CORSIA، للحد من الانبعاثات على المستوى الدولي.

أطلقت منظمة الطيران المدني الدولي برنامج التعويض عن الكربون وخفض الانبعاثات في الطيران الدولي (CORSIA) والذي يُعد أول برنامج عالمي قائم على السوق يستهدف الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في قطاع الطيران الدولي. ويهدف البرنامج إلى تحقيق نمو محايد للكربون اعتباراً من عام 2020 من خلال إلزام شركات الطيران بتعويض الزيادة في الانبعاثات الناتجة عن النمو في الحركة الجوية الدولية.

ويعتمد تطبيق البرنامج على مراحل زمنية بدءا بالمرحلة التجريبية والتطوعية (2021–2023) تليها المرحلة الأولى (2024–2026) ثم المرحلة الإلزامية التي تبدأ من عام 2027 وحتى عام 2035م وتشمل معظم الدول ذات النشاط الجوي المرتفع. ويُستثنى من التطبيق بعض الدول النامية والدول ذات النشاط المحدود مراعاةً لقدراتها الاقتصادية والتشغيلية.

كما يرتكز البرنامج على نظام دقيق للرصد والإبلاغ والتحقق (MRV) حيث تُلزم شركات الطيران بقياس انبعاثاتها بشكل سنوي وفق معايير موحدة ثم تقديم تقارير معتمدة يتم التحقق منها من قبل جهات مستقلة لضمان الشفافية والدقة.

ويُسمح لشركات الطيران بشراء وحدات تعويض كربوني من مشاريع بيئية معتمدة مثل مشاريع الطاقة المتجددة وإعادة التشجير وتحسين كفاءة استخدام الطاقة. وتسهم هذه المشاريع في خفض أو إزالة الانبعاثات في قطاعات أخرى مما يعادل الانبعاثات الناتجة عن الطيران.

ويعمل برنامج CORSIA بشكل تكاملي مع بقية التدابير مثل تطوير التقنيات الحديثة للطائرات وتحسين كفاءة العمليات الجوية واستخدام وقود الطيران المستدام (SAF) الأمر الذي يعزز من فعالية الجهود الدولية لتحقيق أهداف الاستدامة البيئية وتقليل الأثر البيئي لقطاع الطيران على المدى الطويل.

كورسيا (CORSIA)
تدبير عالمي قائم على السوق أطلقته منظمة الطيران المدني الدولي بهدف تعويض وخفض انبعاثات الكربون الناتجة عن الطيران الدولي، وذلك من خلال إلزام شركات الطيران بموازنة نمو انبعاثاتها عبر شراء أرصدة كربونية أو استخدام وسائل معتمدة لخفض الانبعاثات.

حماية بيئة الطيران
فـي سلطنة عُـمـان

خطط العمل الوطنية
(state action plans)

خطط العمل الوطنية (state action plans)

استراتيجية وطنية، السيناريوهات المستقبلية للانبعاثات، تدابير التخفيف

أطلقت الإيكاو مبادرة خطة عمل الدولة لخفض الانبعاثات (State action plan) في عام 2010 م لتمكن الدول الأطراف من وضع استراتيجية طويلة الأجل بشأن تغير المناخ في قطاع الطيران الدولي، حيث تتضمن تقييماً شاملاً لمستويات الانبعاثات الحالية والمستقبلية، **وتحدد أهدافاً كمية ونوعية لخفض هذه الانبعاثات على المدى القصير والمتوسط والطويل من خلال:**

01 **تحديد الأساس:** تقدير الانبعاثات دون اتخاذ أي إجراءات تخفيف

02 **اختيار التدابير:** تحديد الإجراءات المناسبة لخفض الانبعاثات وفقا لتدابير التخفيف التي حددتها منظمة الطيران المدني (مثال: تحديث أساطيل الطائرات، وتعزيز كفاءة إدارة الحركة الجوية، واستخدام وقود الطيران المستدام والمنخفض الكربون وغيرهـــــا.)

03 تقدير الأثر المتوقع لخفض ثاني أكسيد الكربون نتيجـــة تطبيـــق التدابير المختـــارة.

04 تحديد الاحتياجات للدعم – الإبلاغ عن الاحتياجـــات الفنيـــة أو الماليـــة أو التدريبيـــة لتطبيق التدابير.

وتعد خطة العمل الوطنية التي تعدها الدول أداة استراتيجية تمكن منظمة الطيران المدني الدولي من متابعة التقدم نحو تحقيق الهدف الطموح طويل الأجل على المستوى الدولي، وتعمل الدول على تحديثها كل ثلاث سنوات،

حماية بيئة الطيران
فـي سلطنة عُـمـان

التكيف مع تغير المناخ

التكيف مع تغير المناخ

الآثار المتوقعة، إجراءات التكيف

يؤثر التغير المناخي بشكل متزايد على قطاع الطيران العالمي، حيث يشكل ارتفاع درجات الحرارة وتغير أنماط الأمطار وزيادة تواتر وشدة العواصف مخاطر على البنية الأساسية للطيران، والعمليات التشغيلية، والسلامة، واستمرارية الأعمال. **وفيما يلي بعض الظواهر وتأثيراتها على حركة الطيران وإجراءات التكيف لمواجهتها:**

الظاهرة المناخية	الأثر المتوقع	إجراءات التكيف
ارتفاع درجات الحرارة	■ انخفاض أداء الطائرات بسبب انخفاض كثافة الهواء وزيادة متطلبات الإقلاع. ■ الضغط على أنظمة التبريد في المطارات والطائرات. ■ تدهور أسطح المدارج ورفع مخاطر الإجهاد الحراري.	■ تعزيز أنظمة التبريد والتهوية. ■ استخدام مواد مقاومة للحرارة في البنية الأساسية . ■ تقوية وصيانة المدارج بشكل دوري. تعديل جداول الرحلات
التصحر والعواصف الرملية	■ انخفاض الرؤية وتأخير أو إلغاء الرحلات. ■ تآكل المدارج وتلف المحركات والمعدات الأرضية. ■ زيادة تكاليف التشغيل والصيانة.	■ إنشاء مصدات رياح للحد من الغبار. ■ استخدام نباتات مناسبة قليلة الاستهلاك للمياه. ■ استخدام المياه المعاد تدويرها في التشجير. ■ تنفيذ صيانة دورية للبنية الأساسية.
العواصف والفيضانات والأعاصير	■ تلف أو تدمير البنية الأساسية وغمر أنظمة الصرف. ■ التأخيرات والإلغاءات، وتقليل القدرة التشغيلية، وإغلاق المدارج أحيانًا مما يؤدي إلى ارتفاع التكاليف التشغيلية ■ تأثيرات على وسائل النقل الأرضية من وإلى المطار. ■ زيادة متطلبات الصيانة.	■ تعزيز أو تصميم المنشآت بما يضمن قدرتها على التكيّف مع الأحداث المناخية المتطرفة مثل الأعاصير والفيضانات وغيرها. ■ تحسين التنبؤات الجوية وفهم الظواهر قبل حدوثها. ■ التحضير للعواصف بتأمين المعدات، والتحقق من أنظمة الإضاءة والملاحة، وتخزين الوقود للمولدات الاحتياطية، وإزالة الحطام. ■ تطوير أنظمة تصريف مياه أكثر كفاءة. ■ تطبيق خطط تشغيل مرنة أثناء الظروف الجوية القاسية.
التأثير على التنوع البيولوجي	■ تغير النظم البيئية يؤدي إلى تغير أنماط هجرة وتوزيع الطيور والحيوانات حول المطارات ■ زيادة خطر اصطدام الطيور بالطائرات نتيجة تغير السلوك أو زيادة الأعداد. ■ فقدان المواطن الطبيعية قد يؤدي إلى تجمع الحياة البرية في مناطق المطارات. ■ انتشار الأنواع الغازية وتغير الغطاء النباتي مما قد يؤدي إلى زيادة المخاطر التشغيلية وتكاليف الصيانة.	■ فهم تأثير تغير المناخ على الطيور والحيوانات لتقييم المخاطر ووضع خطط تكيفية. ■ مراقبة مستمرة للحياة البرية والنباتات داخل وحول المطارات. ■ تطبيق أنظمة إدارة مخاطر الحياة البرية. ■ إدارة الغطاء النباتي لتقليل جذب الطيور والحيوانات. ■ التعاون مع خبراء البيئة لضمان التوازن بين السلامة وحماية التنوع البيولوجي.
ارتفاع مستوى سطح البحر	■ غمر البنية الأساسية للمطارات الساحلية المنخفضة مثل المدارج وأنظمة الملاحة والاتصالات ■ تضرر المنشآت نتيجة تسرب المياه المالحة وارتفاع منسوب المياه الجوفية.	■ إنشاء حواجز بحرية وحماية ساحلية للمناطق المعرضة للخطر ■ تحسين أنظمة تصريف المياه. ■ إدماج توقعات ارتفاع مستوى سطح البحر في التخطيط والتصميم.

حماية بيئة الطيران
فـي سلطنة عُـمـان

المطارات والقضايـا البيئية المرتبطة بها

المطارات والقضايا البيئية المرتبطة بها

الإدارة البيئية، الجهود الدولية

تلعب المطارات دورًا حيويًا في تعزيز الترابط العالمي ودعم النمو الاقتصادي، في الوقت الذي تواجه فيه ضغوطًا متزايدة لمعالجة الآثار البيئية لقطاع الطيران، وتُعد الإدارة البيئية للمطارات عنصراً أساسياً لضمان استدامة قطاع الطيران من خلال تقليل الآثار البيئية المرتبطة بالضوضاء والانبعاثات وإدارة المياه والنفايات والطاقة وغيرها والذي يعتمد على التخطيط المتكامل وتطبيق أفضل الممارسات بما يحقق الامتثال البيئي ويعزز كفاءة التشغيل واستدامته.

وفي عام 2021، قاد مجلس المطارات الدولي العالمي (ACI World) تطوير الهدف طويل الأجل لخفض الكربون في قطاع المطارات ، والذي يهدف إلى تحقيق صافي انبعاثات كربونية صفرية بحلول عام 2050 كخطوة موحدة نحو تعزيز العمل المناخي في قطاع الطيران. وعلى الرغم من أن المطارات تسهم بنسبة محدودة من إجمالي انبعاثات الطيران، إلا أنها تُعد عنصرًا محوريًا في دعم جهود إزالة الكربون وتعزيز التكيف مع تغير المناخ وتبنّي حلول مستدامة توازن بين متطلبات النمو وحماية البيئة والمجتمعات.

كما ركزت منظمة الطيران المدني الدولي على الجوانب البيئية للمطارات وتشغيلها. حيث أعدت الممارسات والمعايير لتقليل التأثيرات البيئية الناتجة عن العمليات التشغيلية. **كما عملت على تنفيذ منصة لتبادل أفضل الممارسات للمطارات الخضراء، بما في ذلك:**

المبانـــي الذكيـة والطاقة المتجددة

التنقـــل الأخضـر

المرونة تجاه تغير المناخ

حماية التنوع البيولوجي

إشراك المجتمع المحلي

إعداد تقارير الاستدامة

وتحتاج الدول إلى إعداد سياسات وإجراءات تنظيمية وطوعية لضمان توافق المطارات مع محيطها البيئي وتحقيق نهج متوازن للإدارة لمختلف القضايا البيئية المرتبطة بتشغيل المطارات والطائرات على البيئة المحيطة مثل:

- إدارة المياه
- استخدام الأراضي
- تغير المناخ (التخفيف والتكيف)
- تلوث التربة
- الضوضاء
- إدارة النفايات
- جودة الهواء
- إدارة التنوع الأحيائي

حماية بيئة الطيران
فـي سلطنة عُـمـان

سلطنة عمان وحماية بيئـــــــة الطيـــران

يعد قطاع الطيران المدني في سلطنة عمان أحد ركائز الاقتصاد الوطني والتنمية الاجتماعية، حيث شهد القطاع زيادة كبيرة في الحركة الجوية، ومن المتوقع أن ينمو بشكل أكبر في السنوات القادمة، وعلى الرغم من أن زيادة الحركة الجوية هي مطلب اقتصادي، إلا أن الآثار البيئية الناجمة عنها تتطلب اتخاذ عدد من التدابير والإجراءات للحد منها.

الطيران المحلي	الطيران الدولي
الرحلات داخل حدود الدولة الواحدة (من مدينة إلى أخرى). مثال: مسقط إلى صلالة	الرحلات العابرة للحدود بين دولتين أو أكثر. مثال: مسقط إلى باريس
يخضع للقوانين الوطنية واللوائح المحلية والمعايير الدولية المنبثقة من اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (UNFCCC)	يخضع لاتفاقيات ومعايير دولية مثل منظمة الطيران المدني الدولي والقوانين الوطنية المنبثقة منها
يساهم في تحقيق هدف الحياد الصفري الوطني	يساهم في تحقيق الهدف الطموح طويل الأجل لمنظمة الطيران المدني

التقسيمات الإدارية لحماية بيئة الطيران

أنشئت هيئة الطيران المدني في عام 2016م قسما خاصا بحماية بيئة الطيران المدني يعنى بمتابعة تنفيذ الالتزامات المتعلقة بحماية بيئة الطيران، والمساهمة في وضع السياسات والقوانين البيئية المتعلقة بالقطاع بالإضافة إلى جمع وتحليل الإحصائيات البيئية وفقا للمتطلبات. ومواكبة للاهتمام العالمي المتزايد والمستجدات السريعة في هذا المجال تم في عام 2026م **إنشاء دائرة لحماية بيئة الطيران تختص بما يلي:**

- المساهمة في الوفاء بالالتزامات المحلية والإقليمية والدولية المتعلقة بحماية بيئة الطيران المدني.
- المشاركة في وضع السياسة البيئية لسلطنة عمان وتحقيق الحياد الصفري الوطني في الجوانب المتعلقة بأنشطة الطيران المدني بالتنسيق مع الجهات ذات العلاقة.
- متابعة التطورات والمستجدات الخاصة بحماية بيئة الطيران المدني على المستوى المحلي والإقليمي والدولي، وتفعيل التعاون مع الهيئات والمنظمات والمؤسسات المتخصصة في مجال حماية بيئة الطيران المدني.

- إعداد وتحديث نظم حماية البيئة من أنشطة الطيران المدني وفق القوانين والاتفاقيات الوطنية والدولية التي صادقت عليها سلطنة عمان
- رصد وتقييم الأثار السلبية لأنشطة الطيران المدني والمطارات على البيئة والمساهمة في وضع المقترحات والمبادرات للتخفيف من تلك الآثار بالتعاون مع الجهات ذات العلاقة.
- إعداد وتحديث خطة العمل الوطنية لخفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون من أنشطة الطيران المدني الدولي
- متابعة تنفيذ البرامج البيئية المحلية والدولية للحد من الانبعاثات الناجمة عن أنشطة الطيران المدني مثل خطة خفض وتعويض انبعاثات الكربون من أنشطة الطيران المدني الدولي (CORSIA) وبرنامج اعتماد الكربون وغيرها.
- المشاركة في المؤتمرات المحلية والإقليمية والدولية، وتمثيل سلطنة عُمان في المفاوضات والاتفاقيات ذات الصلة بحماية بيئة الطيران المدني.
- المساهمة في تطوير آفاق البحث العلمي والابتكار في مجال حماية بيئة الطيران المدني وتبادل الخبرات مع الجهات ذات الاختصاص.
- القيام بالزيارات الميدانية للجهات ذات العلاقة لتنفيذ الاختصاصات المتعلقة بحماية بيئة الطيران المدني.
- نشر الوعي وغرس المفاهيم المتعلقة بحماية بيئة الطيران المدني لدى كافة فئات المجتمع وترسيخ مبادئ المحافظة على البيئة ومواردها الطبيعية والمساهمة في دعم الجهود المبذولة وفقا لأهداف التنمية المستدامة وانسجاماً مع رؤية عُمان 2040.
- المساهمة في انشاء وتحديث قاعدة بيانات خاصة بمؤشرات وبيانات جودة الهواء والضوضاء والانبعاثات الناتجة من أنشطة الطيران المدني والمطارات.

قانون الطيران المدني ولائحته التنفيذية

وفقا لقانون الطيران المدني الصادر بالمرسوم السلطاني السامي رقم 62 / 2023 ولائحته التنفيذية 2023/116، فإن لهيئة الطيران المدني صلاحية إصدار اللوائح الخاصة بحماية البيئة من آثار أنشطة الطيران المدني وفقا للمعايير الدولية والتشريعات المعمول بها في سلطنة عمان، وذلك بالتنسيق مع الجهات المعنية، حيث تعمل هيئة الطيران المدني على إصدار مبادئ توجيهية ونظم لضمان تحقيق أهدافها البيئية التي تتماشى مع الالتزامات الوطنية والدولية.

لجنة حماية بيئة الطيران الوطنية

على مستوى الهيئة ، تم تشكيل لجنة لحماية بيئة الطيران المدني برئاسة مدير عام تنظيم الطيران المدني وعضوية كل من وزارة الطاقة والمعادن وأصحاب المصلحة المعنيين من المشغلين الجويين ومطارات عمان وغيرها من الجهات ذات العلاقة، حيث تختص هذه اللجنة بمتابعة تنفيذ المسؤوليات والواجبات المنصوص عليها في خطة منظمة الطيران المدني لتعويض الكربون وخفض ثاني أكسيد الكربون في مجال الطيران الدولي بالإضافة إلى دراسة السياسات والمقررات المتعلقة بحماية بيئة الطيران المنبثقة من منظمة الطيران المدني الدولي ومتابعة مدى التزام سلطنة عمان بتنفيذها.

خطة العمل الوطنية

مواكبة لالتزام سلطنة عمان بهدف الحياد الصفري بحلول عام 2050م وتنفيذا للالتزامات الدولية في مجال حماية بيئة الطيران قدمت سلطنة عمان خطة العمل الوطنية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من قطاع الطيران المدني الدولي (State Action Plan) إلى منظمة الطيران المدني الدولي ، حيث وضحت الخطة المذكورة مستقبل الحركة الجوية المتوقع في سلطنة عمان بالإضافة إلى كمية الانبعاثات المتوقعة من الطيران المدني الدولي حتى عام 2050م ، و إجراءات التخفيف التي يمكن اتخاذها لخفض كمية الانبعاثات من الطيران المدني الدولي حسب سلة الإجراءات التي حددتها منظمة الطيران المدني الدولي والتي اشتملت على التحسينات التقنية والتشغيلية والتدابير القائمة على السوق (كورسيا).

وستواصل سلطنة عُمان تحديث هذه الخطة بشكل دوري بالتعاون مع الجهات المعنية محليًا ودوليًا، لضمان مواكبة أفضل الممارسات العالمية وبما يعزز تحقيق أهداف خفض الانبعاثات على المدى الطويل.

الحضور الدولي والإقليمي لسلطنة عُمان في مجال حماية بيئة الطيران

تشارك سلطنة عُمان بفاعلية في الجهود الدولية التي تقودها منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO) لتعزيز استدامة قطاع الطيران، من خلال حضور الاجتماعات الدولية وتقديم أوراق العمل والمعلومات وتبادل الخبرات والمعرفة في مجال تقنيات الطيران المستدام مع مختلف الدول.

وقد انضمت سلطنة عمان في عام 2024م إلى لجنة حماية بيئة الطيران التابعة لمنظمة الطيران المدني، مؤكدة التزامها بالاضطلاع بدور فاعل ومؤثر في دعم المبادرات البيئية العالمية لقطاع الطيران. كما تُعد سلطنة عُمان عضوًا في اللجنة المعنية بحماية البيئة التابعة للمنظمة العربية للطيران المدني، والتي تعمل على متابعة تنفيذ التزامات وقرارات منظمة الطيران المدني الدولي في الدول العربية، بما يضمن مواءمتها مع الظروف الوطنية لكل دولة.

المشاريع المرتبطة بحماية بيئة الطيران

تسعى دائرة حماية بيئة الطيران إلى تنفيذ عدد من المشاريع التي تدعم الإستدامة البيئية في قطاع الطيران ومن أهمها المشاريع المتعلقة بخفض الانبعاثات من قطاع الطيران ودراسة أفضل خيارات الخفض على المستوى المحلي والدولي من الناحية البيئية والاقتصادية بالإضافة إلى دراسة آليات إدارة الضوضاء الناتجة من الطائرات والمطارات وتعزيز جودة الهواء المرتبطة بآثار أنشطة الطيران وتعزيز المرونة والتكيف لقطاع الطيران مع الآثار السلبية للتغيرات المناخية وإصدار النظم والتشريعات المرتبطة بحماية بيئة الطيران وغيرها.

جهود خفض الانبعاثات من قطاع الطيران في سلطنة عُمان

تتبنّى سلطنة عُمان نهجًا متكاملًا لتعزيز استدامة قطاع الطيران، يرتكز على أربعة محاور رئيسة تشمل: التطوير التقني، وتحسين الكفاءة التشغيلية، والتوسع في استخدام وقود الطيران المستدام، إلى جانب الالتزام بالآليات الدولية، ويعكس هذا النهج التزام سلطنة عمان بتطبيق أفضل الممارسات العالمية لتحقيق التوازن بين النمو الاقتصادي وحماية البيئة.

- **أولا: تحسين تكنولوجيا الطائرات للحد من الانبعاثات؛**

  تواصل شركات الطيران الوطنية تحديث أساطيلها الجوية ضمن خطط مرحلية مدروسة، من خلال استبدال الطائرات القديمة بطرازات حديثة تتميز بكفاءة أعلى في استهلاك الوقود، واعتماد مواد خفيفة الوزن ومحركات متطورة. ويسهم هذا التوجه في تحسين الأداء التشغيلي وخفض الانبعاثات الكربونية، بما يدعم أهداف الاستدامة الوطنية.

- **ثانيا: تطوير العمليات التشغيلية لإدارة الحركة الجوية وللطائرات والمطارات**
  تمثل كفاءة العمليات التشغيلية ركيزة أساسية في خفض الانبعاثات، حيث يتم تطبيق مجموعة من الإجراءات المعتمدة دوليًا لتحسين استهلاك الوقود دون الحاجة إلى استثمارات رأسمالية كبيرة. وتشمل هذه الإجراءات تحسين إعدادات الإقلاع والهبوط، وتطبيق أسلوب الحركة الأرضية بمحرك واحد بعد الهبوط وغيرها.

  كما شهدت أنظمة إدارة الحركة الجوية تطورًا نوعيًا من خلال إدخال تقنيات متقدمة في مجالات الاتصالات والملاحة والمراقبة، ما أسهم في تحسين انسيابية الحركة الجوية ورفع كفاءة استخدام المجال الجوي وتحقيق وفورات في استهلاك الوقود وتقليل الانبعاثات. ويأتي مشروع «أجواء» كأحد أبرز المشاريع الاستراتيجية التي تهدف إلى تطوير المجال الجوي العُماني، من خلال ضمان أعلى مستويات السلامة والأمن وحماية البيئة في الأجواء العُمانية وتحسين ربط المسارات الجوية وأنظمة الملاحة الجوية مع الدول المجاورة ورفع كفاءة تقديم خدمات الملاحة الجوية، بما يدعم كفاءة التشغيل ويحد من الانبعاثات. ويسهم المشروع بشكل مباشر في تقليل زمن الرحلات واستهلاك الوقود، وبالتالي خفض الانبعاثات الكربونية.

ثالثا: تعزيز استخدام الوقود المستدام للطيران (SAF) ووقود الطيران المنخفض الكربون (LCAF)؛

تولي سلطنة عُمان اهتمامًا متزايدًا بتطوير واستخدام وقود الطيران المستدام ومنخفض الكربون، من خلال استكشاف الفرص الوطنية المرتبطة بالإنتاج والاستخدام، ودراسة التحديات والسياسات الممكنة لدعم هذا التوجه.

وتعزيزا للوعي في هذا المجال، عُقد منتدى دعم الابتكار في وقود الطيران المستدام ومنخفض الكربون والطاقة النظيفة في هيئة الطيران المدني في عام 2023 تحت شعار "وقود نظيف لطيران مستدام"، بمشاركة رفيعة من مسؤولين حكوميين وخبراء دوليين وممثلين عن مؤسسات وشركات عالمية. وهدف المنتدى إلى دعم تطوير وقود الطيران المستدام ومنخفض الكربون وتعزيز دوره في تقليل الأثر البيئي لقطاع الطيران، بما يتماشى مع رؤية عُمان 2040 والالتزامات الدولية، إضافة إلى استكشاف الفرص الاستثمارية في هذا المجال.

وفي عام 2024م ، أنشأت هيئة الطيران المدني فريق عمل وطني لوقود الطيران المستدام ومنخفض الكربون، يضم ممثلين من الجهات الحكومية المعنية، وشركات الطيران والمطارات، ووزارة الطاقة، ومصنعي الوقود، إلى جانب مؤسسات أكاديمية ومراكز بحثية من أجل تطوير إطار وطني متكامل لهذا القطاع، من خلال إعداد السياسة الوطنية، وتعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص، وتحليل السوق وتحديد الفرص الاستثمارية، إضافة إلى دعم جاهزية المطارات لاستخدام الوقود المستدام، ودراسة الآثار الاقتصادية والاجتماعية، وتعزيز البحث والتطوير وبناء القدرات الوطنية . حيث يتم العمل على إجراء الدراسات والبحوث اللازمة لاستكشاف فرص تطوير صناعة وقود الطيران المستدام والمنخفض الكربون في سلطنة عمان

وتعمل عدة شركات في سلطنة عُمان على تطوير وقود الطيران المستدام باستخدام تقنيات مختلفة، تشمل استخدام النفايات والمواد العضوية وبعض المحاصيل الزراعية والهيدروجين وثاني أكسيد الكربون المحتجز،وغيرها، وتوفر رؤية عُمان 2040 وخطة الحياد الصفري 2050 قاعدة قوية لدعم التحول نحو الطاقة المتجددة والهيدروجين الأخضر، مما يعزز فرص تطوير وقود الطيران المستدام ومنخفض الكربون، ويضع السلطنة في موقع محتمل كمصدر مستقبلي للطاقة النظيفة في قطاع الطيران.

ومع ذلك، يواجه هـذا القطـاع عـددًا من التحديـات، من أبرزهـا:

- توفر المواد الخام مثل الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون الحيوي.
- ارتفاع تكاليف الإنتاج والتشغيل.
- جاهزية البنية الأساسية للمطارات.
- الطلب على الوقود المستدام.
- الأطر التنظيمية الوطنية والدولية.
- ضعف التوحيد التنظيمي عالميًا.
- تحديات الاستيراد وسلاسل الإمداد.
- جاهزية التكنولوجيا.
- تقلبات الأسعار والآثار الاقتصادية والاجتماعية.

ويمثل وقود الطيران منخفض الكربون (LCAF) خيارًا عمليًا أكثر واقعية وقابلية للتطبيق على المدى القريب لخفض الانبعاثات في قطاع الطيران في سلطنة عمان باعتبارها منتجة للنفط وتمتلك مصافي قائمة. إلا أن ذلك يتطلب إجراء دراسات متقدمة لدورة الحياة البيئية، وتطوير آليات فعالة لخفض كثافة الكربون، في ظل تحديات تشمل التكاليف العالية، والحاجة إلى خبرات تقنية متخصصة.

رابعاً: اعتماد التدابير القائمة على السوق، مثل CORSIA، للحد من الانبعاثات على المستوى الدولي.

اعتمدت سلطنة عمان والدول الأعضاء الأخرى في منظمة الطيران المدني الدولي القرار المتعلق بخطة تعويض الكربون وخفضه للطيران الدولي (CORSIA) في الدورة التاسعة والثلاثين للجمعية العمومية لمنظمة الطيران المدني الدولي في عام 2016م ،حيث كانت سلطنة عمان واحدة من تلك الدول التي أعربت رسميًا (في يونيو 2017) عن نيتها في المشاركة طوعيا في خطة تعويض الكربون وخفضه للطيران الدولي (CORSIA) من المرحلة التجريبية فصاعدًا.

وقد قامت هيئة الطيران المدني بالتنسيق مع مشغلي الطيران المدني الدولي في سلطنة عمان ("الطيران العماني" و "طيران السلام")، بهدف تلبية جميع البيانات والمتطلبات التشغيلية لخطة كورسيا.

كما أصدرت هيئة الطيران المدني تشريعا وطنيا لتطبيق نظام التعويض وخفض الكربون في الطيران الدولي (CORSIA). يلزم شركات الطيران الوطنية برصد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون من الرحلات الدولية والإبلاغ عنها، إضافة إلى شراء وحدات تعويض كربوني وفق متطلبات منظمة الطيران المدني الدولي (ICAO).

وتعمل هيئة الطيران المدني على تعزيز الاستفادة الاقتصادية والبيئية الوطنية من تطبيق نظام CORSIA، من خلال التنسيق مع الجهات المختصة لضمان تطوير مشاريع وطنية قادرة على توفير أرصدة كربونية بما يعزز المنافع البيئية والاقتصادية وطنيا ويسهم في الوقت نفسه في تعزيز مشاركة سلطنة عُمان في الأسواق الكربونية الدولية وتحقيق قيمة مضافة للمشاريع الوطنية

المطارات

تلتزم مطارات عُمان بسياسة بيئية متكاملة تهدف إلى الحد من الآثار البيئية الناتجة عن الأنشطة والخدمات التشغيلية، بما يتماشى مع توجه سلطنة عُمان نحو تحقيق الحياد الصفري. وترتكز هذه السياسة على التشغيل الآمن بيئيًا، والالتزام بالتشريعات والأنظمة البيئية، والتحسين المستمر للأداء البيئي من خلال المراقبة الدورية وتحديد الأهداف وقياس مؤشرات الأداء. كما تشمل منع أو تقليل التأثيرات على الهواء والمياه والتربة، وإدارة النفايات بكفاءة، ووضع ضوابط للأنشطة ذات الأثر البيئي المرتفع، إضافة إلى إعداد وتنفيذ خطة لإدارة الكربون وخفض الانبعاثات ودمج الاعتبارات البيئية في عمليات اتخاذ القرار، وتعزيز الوعي البيئي لدى الموظفين والشركاء، وتطوير نظام الإدارة البيئية بما يضمن الاستدامة والتحسين المستمر للأداء البيئي.

وتحرص هيئة الطيران المدني على مراقبة الأداء البيئي للمطارات من خلال تفعيل الزيارات التفتيشية للمطارات وتقارير المتابعة والاجتماعات الدورية مع المختصين مع السعي إلى تطوير الأطر التشريعية والتنظيمية لإدارة مختلف القضايا البيئية في المطار وبالتنسيق مع الجهات المعنية.

الخاتمـــة

إن حماية بيئة الطيران لم تعد خيارًا تكميليًا، بل أصبحت مسؤولية مشتركة وأحد المرتكزات الأساسية لضمان استدامة قطاع الطيران المدني عالميًا.

وستواصل هيئة الطيران المدني العمل مع مختلف الشركاء محليًا وإقليميًا ودوليًا لمواكبة التطورات العالمية، وتبني أفضل الممارسات والحلول المبتكرة، بما يسهم في الحد من الآثار البيئية لقطاع الطيران، وتعزيز دوره كمحرك للتنمية الاقتصادية والاجتماعية المستدامة، وبما يحقق التوازن بين متطلبات النمو وحماية البيئة للأجيال القادمة.

نرتقي هام السماء

Elevate Beyond the Sky