الأمم المتحدة

EP

برنامج الأمم المتحدة للبيئة

Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/57
31 May 2026

ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

اللجنة التنفيذية للصندوق المتعدد الأطراف
لتنفيذ بروتوكول مونتريال
الاجتماع الثامن والتسعون
مونتريال، 22-26 يونيو/حزيران 2026
البند 10 من جدول الأعمال المؤقت[1]

ورقة عن تحديات تنفيذ مشروعات التحويل في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية الناجمة عن مشاكل سلاسل الإمداد والسبل الممكنة لمعالجة هذه التحديات (المقرر 59/96).

الخلفية

1. يُعدّ التحوّل إلى استخدام غازات التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية ركيزة أساسية لجهود البلدان الرامية إلى التخفيض التدريجي للمواد الهيدروفلوروكربونية بموجب تعديل كيغالي لبروتوكول مونتريال. وترتبط القضايا المتعلقة بسلاسل الإمداد بتنفيذ مشروعات تحويل التصنيع التي يدعمها الصندوق المتعدد الأطراف.

2. وناقشت اللجنة التنفيذية، في اجتماعها السادس والتسعين، التحديات التي تواجهها البلدان في تنفيذ خطط التنفيذ المتعلقة بالمواد الهيدروفلوروكربونية بموجب تعديل كيغالي، ولا سيما تلك المتعلقة بسلسلة الإمداد الخاصة بالبدائل ومكونات المعدات في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية. وقد لُخِّصت هذه التحديات في الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/2 [2] الخاصة بأنشطة الأمانة. وخلال الاجتماع نفسه، أكد الأعضاء على ضرورة النظر إلى القضايا المتعلقة بسلسلة الإمداد نظرة شمولية، واستكشافها بشكل أعمق، وأن تركز الجهود على تحديد التحديات والحلول على حد سواء.

3. وعقب المناقشات، طلبت اللجنة التنفيذية من الأمانة إعداد ورقة للنظر فيها في الاجتماع الثامن والتسعين، بالتشاور مع الوكالات الثنائية والمنفِّذة، تتناول التحديات المتعلقة بالتوافر والأسعار والمواصفات الفنية وغيرها من العوائق ذات الصلة التي تواجهها البلدان العاملة بالمادة 5 في تنفيذ مشروعات التحويل في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية بسبب مشاكل سلاسل الإمداد المتعلقة بغازات التبريد البديلة وقطع الغيار والمكونات والمعدات، فضلا عن السبل الممكنة لمعالجة تلك التحديات.

[1] UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/1

[2] تلخص الفقرات من 8 إلى 10 من الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/2 التعقيبات التي جمعتها الأمانة في اجتماعات التنسيق بين الوكالات وبناء على طلب الاجتماع الخامس والتسعين بموجب بند جدول الأعمال المعنون "مسائل أخرى".

إن وثائق ما قبل دورات اللجنة التنفيذية للصندوق المتعدد الأطراف لتنفيذ بروتوكول مونتريال
قد تصدر دون إخلال بأي قرار تتخذه اللجنة التنفيذية بعد صدورها.

4. وأُعدّت هذه الورقة من خلال مشاورات مع الوكالات الثنائية والمنفذة، بالاستناد إلى المناقشات التي دارت في اجتماعين للتنسيق بين الوكالات. وأجرت الأمانة أيضا عدة جولات من المناقشات الحضورية والإلكترونية مع ممثلين عن القطاع من البلدان العاملة بالمادة 5 والبلدان غير العاملة بها، بمن فيهم مقدمو التكنولوجيا ومصنعو المكونات ورابطات الصناعة.

نطاق الورقة

5. يقتصر نطاق هذه الورقة على التحديات المتعلقة بسلاسل الإمداد في مشروعات التحويل الجارية في قطاع تصنيع أجهزة التبريد وتكييف الهواء التي نُفّذت خلال السنوات الثلاث الماضية كجزء من خطط التنفيذ المتعلقة بالمواد الهيدروفلوروكربونية بموجب تعديل كيغالي. وجُمعت التعقيبات من خلال الوكالات المنفذة ذات الصلة، وشملت 22 مشروعا، من بينها ثلاثة مشروعات تستهدف المنشآت الصغيرة والمتوسطة، في 13 بلدا هي: الأرجنتين، كولومبيا، كوستاريكا، مصر، الهند، إندونيسيا، الأردن، لبنان، ماليزيا، المغرب، نيجيريا، سريلانكا، وتونس. ويعرض الجدول 1 أدناه توزيع هذه المشروعات حسب القطاع الفرعي والمنطقة التي جُمعت منها المعلومات والتعقيبات.

الجدول 1. توزيع مشروعات التحويل حسب المنطقة والقطاع الفرعي

المنطقة	تكييف الهواء السكني	تكييف الهواء التجاري	التبريد التجاري	التبريد المنزلي	التصنيع في المنشآت الصغيرة والمتوسطة	المجموع
أفريقيا	2	–	1	2	1	**6**
آسيا والمحيط الهادئ	–	1	3	1	–	**5**
أمريكا اللاتينية والبحر الكاريبي	1	1	2	–	1	**5**
غرب آسيا	2	–	2	1	1	**6**
المجموع	**5**	**2**	**8**	**4**	**3**	**22**

6. ولوحظ من خلال المناقشات مع الوكالات الثنائية والمنفذة أن التحديات المتعلقة بسلاسل الإمداد تمتد أيضا إلى معدات وخدمات التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية النهائية. ومع ذلك، وتمشيا مع الولاية المحددة المُنشأة بموجب المقرر 59/96، ركزت الأمانة في هذه الورقة حصرا على مشروعات التحويل الجارية، مع تسليط الضوء على بُعد المنتجات والخدمات الأوسع نطاقا، في قسم ملاحظات الأمانة من هذه الوثيقة، تمهيدا لأعمال مستقبلية محتملة.

7. ولتيسير إجراء تحليل منظم، صمّمت الأمانة استبيانا لالتماس التعقيبات من الوكالات الثنائية والمنفذة بشأن ثلاثة عناصر رئيسية جرى فحصها هي: التوافر، والسعر، والقضايا الفنية وغيرها من القضايا. وقد صُمّم الاستبيان لجمع المعلومات من جميع القطاعات الفرعية لقطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية، مع تخصيص قسم للمنشآت الصغيرة والمتوسطة وتعقيبات وحدات الأوزون الوطنية التي جُمعت من خلال الوكالات. ويرد الاستبيان المستخدَم في المرفق الأول لهذه الوثيقة.

النتائج الرئيسية المستخلصة من مشروعات التحويل

ألف- <u>توافر غازات التبريد والمكونات</u>

8. في جميع القطاعات الفرعية لقطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية، تشكل صعوبات تأمين الحصول بشكل موثوق وفي الوقت المناسب على غازات التبريد البديلة، والمكونات المتوافقة معها، واحدا من أهم العوائق أمام تنفيذ مشروعات التحويل.

التبريد المنزلي

9. لم تصل مشروعات التحويل في القطاع الفرعي لتصنيع أجهزة التبريد المنزلية إلى مرحلة التنفيذ في معظم الحالات، مما يحدّ من إمكانية إجراء تقييم عملي كامل للقيود المتعلقة بالتوافر في ظل ظروف المشروع الفعلية. ومع

ذلك، يُعتبر احتمال مواجهة مشاكل في التوافر محدودا للغاية، نظرا لنضج هذه التكنولوجيا على مدى سنوات عديدة في بلدان كثيرة، بما في ذلك بلدان المادة 5. ومع تقدم المشروعات نحو التنفيذ، يُتوقع أن تكون أي تحديات قد تظهر في التوافر متعلقة بتأمين إمداد مستدام من غازات التبريد الهيدروكربونية والضواغط المتوافقة معها، وهو أمر قد يكون ذا صلة ببعض بلدان المادة 5 وليس جميعها. ولذلك سيكون رصد مشاكل التوافر أمرا بالغ الأهمية مع تقدم سير المشروعات.

التبريد التجاري

10. تواجه مشروعات التحويل في قطاع التبريد التجاري قيودا كبيرة أمام التوافر، لا سيما بالنظر إلى تنوع أنواع الأنظمة وأحجام الشحنات المستخدمة. ويتمثل أحد التحديات المحورية في الاعتماد الكبير على الواردات لتوفير غازات التبريد البديلة والمكونات الرئيسية مثل الضواغط وأجهزة التحكم، ويتفاقم هذا التحدي بسبب محدودية التوافر المحلي للمكونات المعتمَدة اللازمة للأنظمة الواسعة النطاق التي تتطلب حلولا تعتمد على ثاني أكسيد الكربون أو المواد الهيدروكربونية. وتزداد الفجوات القائمة في الإمدادات تفاقما بسبب تأخر وصول الواردات وقيود الشحن ومشاكل التخليص الجمركي، مما يؤثر بشكل مباشر على الجداول الزمنية للمشروعات ومواعيد التسليم.

11. وبالإضافة إلى القيود المباشرة على سلاسل الإمداد، يعاني القطاع أيضا من نقاط ضعف هيكلية تقوّض جهود التحويل على المدى الطويل. فمحدودية البنية التحتية المحلية لاستصلاح غازات التبريد تحدّ من القدرة على استرداد غازات التبريد وإعادة استخدامها أثناء أنشطة التحويل، مما يزيد من تكلفة المشروعات وعبءها اللوجستي. ومن دواعي القلق أيضا ضعف الآليات التنظيمية لمنع تداول غازات التبريد المغشوشة أو غير المطابقة للمواصفات، بما في ذلك وجود فجوات ملحوظة في تسجيل الموردين وأنظمة التتبّع وقدرات الإنفاذ.

تكييف الهواء السكني

12. شهد القطاع الفرعي لتكييف الهواء السكني تحسنا معقولا في توافر الهيدروفلوروكربون-32، وهو غاز التبريد البديل الرئيسي المعتمد في هذه الفئة، على الرغم من استمرار وجود بعض القيود. وفي حين أن توافر الهيدروفلوروكربون-32 كاف بشكل عام، إلا أنه لا يزال يعتمد بشكل كبير على الواردات وقاعدة موردين محدودة، مما يجعل القطاع عرضة لانقطاع الإمدادات. وازداد هذا الاعتماد تفاقما بسبب النقص التاريخي في ضواغط الهيدروفلوروكربون-32 ذات السعات الكبيرة التي يحتاج إليها بعض المصنّعين المحليين، مما أثّر على الجداول الزمنية للتحويل وأبطأ وتيرة التحوّل.

13. ويتمثل أحد التحديات الهيكلية البارزة في عدم كفاية حجم الطلب من فرادى المصنّعين لتحفيز عمليات الإنتاج المحلية أو الإقليمية، ولم تُسد هذه الفجوة إلا بعد أن بلغ تجميع الطلب على مستوى القطاع حدّا حرجا. وبالإضافة إلى الهيدروفلوروكربون-32، لا تزال هناك قيود أمام توافر غازات التبريد الهيدروكربونية، مثل غاز R 290، المستخدمة في المعدات السكنية ذات السعات المنخفضة، مما يشير إلى استمرار وجود فجوات في سلاسل الإمداد على امتداد طيف غازات التبريد، الأمر الذي سيتطلب اهتماما مستمرا مع تقدم سير مشروعات التحويل. ويتصل ذلك بوجه خاص بمعظم بلدان المادة 5 التي تفتقر إلى القدرة على إنتاج المواد الهيدروكربونية من الدرجة المستخدمة في غازات التبريد.

تكييف الهواء التجاري

14. لا تزال مشروعات التحويل في قطاع تصنيع تكييف الهواء التجاري تواجه قيودا تتعلق بتوافر المكونات الرئيسية وغازات التبريد. ويتمثل أحد التحديات المستمرة في الاعتماد المستمر على استيراد الضواغط والمكونات النحاسية والإلكترونيات العاكسة وغازات التبريد، مع محدودية القدرة المحلية على تصنيع هذه المواد. وعلى الرغم من تحسّن توافر الهيدروفلوروكربون-32، إلا أنه لا يزال غير مستقر بسبب تأخيرات الشحن ومحدودية البنية التحتية للتخزين

المناسبة لغازات التبريد من الفئة A2L،[3] كما أن التحديات المتعلقة بالتوزيع والتعبئة والتغليف لا تزال تؤثر على موثوقية سلاسل الإمداد الخاصة بالمكونات واستقرار السوق بشكل عام.

15. ومن الشواغل الهيكلية الأوسع نطاقا عدم تكافؤ فرص الوصول إلى التكنولوجيات البديلة في جميع أنحاء القطاع. إذ يواجه المصنّعون العاملون خارج برامج التحويل التابعة للصندوق المتعدد الأطراف صعوبة بالغة في الحصول على المكونات وغازات التبريد اللازمة لعملية التحول، مما يخلق ديناميكية ثنائية المستوى تُنذر بتحوّل غير متكافئ على مستوى القطاع. وإذا لم يُعالج هذا التفاوت، فقد يقوّض عملية إحداث التحوّل في السوق على المدى الطويل، أو سرعتها المطلوبة، اللازمة لتحقيق اعتماد مستدام على مستوى القطاع للتكنولوجيات ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي.

16. ولوحظ بشكل واسع انخفاض توافر الأوليفينات الهيدروفلورية، باعتباره أحد الشواغل المشتركة بين عدة قطاعات. ويستمر الإمداد العالمي بالأوليفينات الهيدروفلورية في التحسن والتنوع، لا سيما في أسواق البلدان غير العاملة بالمادة 5، حيث ساهمت التوسعات التدريجية في القدرات، وترتيبات التصنيع الإقليمية، وزيادة وضوح اللوائح التنظيمية في تقديم بعض الدعم، إلا أن التقدم المحرز لا يزال بطيئا، خاصة في البلدان العاملة بالمادة 5. ولا يزال إنتاج الأوليفينات الهيدروفلورية مُركَّزا بشكل كبير في بلدين فقط.

17. ومن المتوقع أن يزداد الطلب على الأوليفينات الهيدروفلورية تدريجيا في بلدان المادة 5 مع التقدم في تنفيذ خطط التنفيذ المتعلقة بالمواد الهيدروفلوروكربونية بموجب تعديل كيغالي. ومع ذلك يجب التمييز بوضوح بين توافر الإنتاج العالمي وإمكانية الوصول الفعال إلى الأسواق على المستوى الوطني، إذ لا يسيران بالضرورة جنبا إلى جنب. ويتطلب تحويل نمو العرض العالمي إلى وصول موثوق به على المستوى الوطني استثمارا مستداما في شبكات التوزيع ومقدمي الخدمات وقدرات إعادة التعبئة والتغليف على المستوى المحلي. وقد برزت هذه المسألة كعائق رئيسي أمام تأمين إمداد ثابت من الأوليفينات الهيدروفلورية. ويمكن أن تلعب الاقتصادات الكبرى العاملة بالمادة 5 دورا هاما كمراكز إقليمية للإمداد والمعرفة، بينما سيكون الدعم الموجَّه للأسواق الأصغر حجما ضروريا لضمان عملية تحوّل منصفة. وتؤثر هذه العوائق والتحديات على سعر الأوليفينات الهيدروفلورية، وهو سعر مرتفع بالفعل مقارنة بالبدائل الأخرى.[4]

باء- أسعار غازات التبريد والمكونات

18. تمثّل تكلفة التحول إلى التكنولوجيات ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي عائقا ماليا كبيرا أمام المصنّعين في جميع القطاعات الفرعية لقطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية. وتؤثر ضغوط الأسعار على كل من الاستثمار الرأسمالي الأوّلي المطلوب لتطويع مرافق التصنيع والتكاليف المستمرة لشراء غازات التبريد البديلة والمكونات المتوافقة معها.

التبريد المنزلي

19. نظرا لأن تنفيذ معظم مشروعات التحويل في قطاع التبريد المنزلي لم يبدأ بعد، فإن المعلومات التفصيلية عن تأثيرات الأسعار في ظل ظروف المشروعات الفعلية غير متوفرة حتى الآن. وبالاستناد إلى الخبرة المكتسبة في القطاعات الفرعية الأخرى التي تُستخدم فيها غازات التبريد الهيدروكربونية مثل غاز R-600a، قد تشمل التحديات المتوقعة فيما يتعلق بالأسعار ارتفاع تكاليف مكونات الضواغط المتوافقة مع المواد الهيدروكربونية، والحاجة إلى تحديثات للمعدات المتعلقة بالسلامة. ومع ذلك، تشير المعلومات التي جُمعت من تمويل مشروعات عديدة إلى أن فرق التكلفة بين الضواغط التي تعمل بالمواد الهيدروكربونية وتلك التي تعمل بالمواد الهيدروفلوروكربونية قد تلاشى إلى حد كبير على مستوى

[3] وفقا للمعيار رقم 34 للجمعية الأمريكية لمهندسي التدفئة والتبريد وتكييف الهواء، تُصنَّف غازات التبريد باستخدام مزيج من حرف يدل على السُمية ورقم يدل على القابلية للاشتعال. ويشير A2L إلى غازات التبريد ذات القابلية المنخفضة للاشتعال، بينما يشير A3 إلى غازات التبريد ذات القابلية العالية للاشتعال.

[4] راجع الجدول 11 "متوسط سعر المواد الهيدروكلوروفلوروكربونية والمواد الهيدروفلوروكربونية وبدائلها" من الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/5.

العالم، على الرغم من أن حجم النشاط التحاري قد لا يزال يؤثر على هيكل التكاليف، لا سيما في المراحل الأولى من إحداث التحوّل في السوق. وسيكون من الضروري جمع بيانات التكاليف بشكل منهجي مع تقدم سير المشروعات.

التبريد التجاري

20. تُعدّ مشروعات التحويل في قطاع التبريد التجاري من بين المشروعات الأعلى تكلفة في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية، وذلك بسبب تعقيد الأنظمة ومتطلبات السلامة المرتبطة بغازات التبريد القابلة للاشتعال وذات الضغط العالي. ويتطلب الأمر استثمارات رأسمالية كبيرة لتطويع المصانع للوفاء بمعايير السلامة المعمول بها، بما في ذلك أنظمة التخزين، وأجهزة شحن غازات التبريد، وأنظمة التهوية، ومعدات كشف التسرب، والبنية التحتية اللازمة للاستجابة للطوارئ. وتزداد هذه التكاليف الأوّلية بسبب ارتفاع أسعار المكونات بشكل ملحوظ، لا سيما بالنسبة للضواغط المصمَّمة للأنظمة التي تعمل بغاز R-290 وثاني أكسيد الكربون، حيث سُجّلت زيادات في التكاليف تتراوح بين 30 و35 في المائة[5] مقارنة بالبدائل التقليدية، فضلا عن نفقات إضافية على المعدات الحاصلة على شهادة ATEX،[6] أو ما يماثلها، وأنظمة الطاقة الاحتياطية المطلوبة لتطبيقات ثاني أكسيد الكربون.

21. وبالإضافة إلى تكاليف رأس المال، يواجه المصنّعون ضغوطا مالية مستمرة تؤثر على قدرتهم التنافسية واستمراريتهم على المدى الطويل. ويشكّل التعرّض لتقلبات أسعار المواد الخام وتقلبات أسعار الصرف ضغطا كبيرا على المنتجين الذين يعتمدون على الاستيراد، في حين أن الامتثال لأنظمة للوائح مراقبة الجودة يزيد من تكاليف الإنتاج ويُعرّض القدرة التنافسية السعرية للانخفاض أمام الشركات المصنّعة المتعددة الجنسيات الكبرى. وفي الوقت نفسه، فإن الحاجة إلى اعتماد تكنولوجيات متقدمة، وغالبا ما تكون أكثر تكلفة، للوفاء بالمعايير المرجعية الصارمة لقياس أداء الطاقة، مثل المعايير الدنيا لأداء الطاقة وأوامر مراقبة الجودة، تجعل التكلفة الإجمالية للتحويل صعبة بشكل خاص بالنسبة للمصنّعين المحليين العاملين في أسواق شديدة التأثر بالأسعار.

تكييف الهواء السكني

22. ترتبط ضغوط الأسعار في القطاع الفرعي لتكييف الهواء السكني ارتباطا أساسيا بديناميات الأسواق الدولية، مما يعكس حجم القطاع عالميا والطلب المتزايد بسرعة في بلدان المادة 5، فضلا عن ارتفاع قاعدة تكاليف التكنولوجيات البديلة. وترتبط أسعار غازات التبريد والمكونات ارتباطا وثيقا بأسواق السلع الأساسية الدولية وتخضع لتقلبات مدفوعة بديناميات العرض والطلب العالمية، في حين أن الأنظمة القائمة على الهيدروفلوروكربون-32 والمكونات المتوافقة معها تحمل سعرا أعلى مقارنة بالخيارات التقليدية القائمة على الهيدروفلوروكربون-22 وR-410A. وتزداد هذه التحديات تفاقما بسبب ارتفاع تكاليف المعدات والتسليم الناجمة عن قيود اللوجستيات العالمية ووفورات الإنتاج الكبير، مما يخلق ضغوطا إضافية على ميزانيات الشركات المصنّعة التي تعمل ضمن ميزانيات ثابتة للمشروعات.

تكييف الهواء التجاري

23. يواجه القطاع الفرعي لتكييف الهواء التجاري ضغوطا مالية بسبب كل من المواد الخام وكثافة رأس المال اللازم لمشروعات التحويل. فارتفاع أسعار المواد الخام الرئيسية، وخاصة مكونات المبادِلات الحرارية ودوائر التبريد، يترافق مع متطلبات الاستثمار الرأسمالي العالي لإنتاج معدات متقدمة ذات كفاءة في استخدام الطاقة ومتوافقة مع غازات التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي. وتتفاقم هذه الضغوط بشكل خاص بالنسبة للشركات المصنّعة الصغيرة والمتوسطة، التي تمثل غالبية المصنّعين في بلدان المادة 5، والتي تواجه قيدا إضافيا يتمثل في محدودية الوصول إلى التمويل الخارجي أو التسهيلات الائتمانية أو آليات تقاسم المخاطر، مما يجعلها أكثر عرضة بشكل غير متناسب للمتطلبات المالية التي يفرضها التحول التكنولوجي.

[5] رقم إرشادي قدمته الوكالات المنفذة استنادا إلى الخبرة المكتسبة من مشروعات التحويل الجارية.

[6] ATEX: يشير إلى توجيهات الاتحاد الأوروبي التي تنظم المعدات وبيئات العمل ذات الأجواء القابلة للانفجار.

جيم- المواصفات الفنية ومسائل أخرى

24. بالإضافة إلى التوافر والسعر، تواجه مشروعات التحويل في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية مجموعة من التحديات الفنية والتنظيمية والمتعلقة بالقدرات. وتشمل هذه التحديات الفجوات في المعايير، ومهارات القوى العاملة، والقبول السوقي، والامتثال لمعايير السلامة، وكلها تحديات تؤثر على وتيرة وجودة التحوّلات التكنولوجية.

التبريد المنزلي

25. نظرا لأن مشروعات التحويل في قطاع التبريد المنزلي لم تدخل بعد مرحلة التنفيذ، فمن المتوقع وجود بعض التحديات الفنية، وإن لم يتم تأكيدها بعد من خلال التجربة العملية. واستنادا إلى خصائص غازات التبريد الهيدروكربونية المستخدمة عادة في هذا القطاع الفرعي، من المُرجَّح أن تتضمن الشواغل الفنية الرئيسية إدارة سلامة غازات التبريد القابلة للاشتعال، وتطويع خطوط الإنتاج وبروتوكولات اختبار السلامة، واعتماد معدات التصنيع المُحوَّلة. وسوف تتوفر معلومات فنية مُفصَّلة مع تقدم سير المشروعات.

التبريد التجاري

26. تُعدّ أنظمة التبريد التجارية من بين أكثر التحديات الفنية تعقيدا في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية، نظرا لتنوع غازات التبريد المستخدمة، بما في ذلك المواد الهيدروكربونية وثاني أكسيد الكربون والأمونيا. ويتمثل أحد القيود الأساسية في محدودية قدرات التصميم والهندسة لدى المصنّعين المحليين لتطوير أنظمة التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي، ولا سيما تكوينات ثاني أكسيد الكربون التعاقبية المتعددة المراحل وتطبيقات الهيدروكربونات ذات الشحنات الكبيرة. ومما يزيد الأمر تعقيدا أن التعامل مع غازات التبريد القابلة للاشتعال يتطلب عمالة ماهرة وبنية تحتية متقدمة للسلامة، وكلاهما لا يزال غير كاف في العديد من بلدان المادة 5، في حين أن المعايير الوطنية القديمة أو المفقودة وأساليب الاختبار، بما في ذلك تلك الخاصة باختبارات المعايير الدنيا لأداء الطاقة لأنظمة التبريد التجارية عند توفرها، تسبب مزيدا من عدم اليقين التنظيمي الذي قد يبطئ إحراز تقدم في عمليات التحويل أو طرح المنتجات في السوق المحلية.

27. وتضيف التحديات المتعلقة باعتماد السوق طبقة أخرى من التعقيد إلى عملية التحول. فلا يزال هناك تردد بشأن الأنظمة القائمة على المواد الهيدروكربونية، وخاصة بالنسبة لأحجام شحنات غازات التبريد الكبيرة، في حين أن الأنظمة القائمة على ثاني أكسيد الكربون، على الرغم من قبولها على نطاق أوسع في بعض التطبيقات التجارية، تتطلب مستوى أعلى من الخبرة الفنية التي لم يكتسبها بعد الكثير من المصنعين المحليين. ولا تزال الشواغل المتعلقة بالموثوقية كبيرة أيضا، مع تكرار أعطال الضواغط في ظل ظروف التشغيل في درجات الحرارة العالية، وخاصة في المناخات الحارة، مما يؤدي إلى تحديات مستمرة في اتساق أداء أنظمة التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي في الميدان أو نقص القدرة على تصميم الأنظمة القائمة على ثاني أكسيد الكربون بشكل سليم في مثل هذه الظروف التشغيلية.

تكييف الهواء السكني

28. ترتبط العوائق الفنية والتنظيمية في مشروعات التحويل الخاصة بقطاع تكييف الهواء السكني في المقام الأول بمعايير السلامة وإجراءات الاعتماد والثقة في السوق. ولا تزال شواغل قابلية الاشتعال المرتبطة بغازات التبريد A2L وA3 تؤثر سلبا على القبول السوقي، وخاصة بين فنيي التركيب وتجار التجزئة والمستهلكين الذين لا يزالون حذرين. وتزداد هذه الفجوات في الثقة تفاقما بسبب ارتفاع تكاليف اعتماد خطوط الإنتاج المُحوَّلة والتحقق منها، نتيجة لقلة عدد مقدمي الخدمات المعتمَدين المتاحين في العديد من بلدان المادة 5، في حين أن الامتثال لمتطلبات السلامة لغازات التبريد A2L وA3، بما في ذلك حدود أحجام الشحنات وتصنيفات المكونات وتدريب فنيي التركيب، يمثل عائقا تقنيا إضافيا وغالبا ما يكون صعبا بالنسبة للشركات المصنّعة التي تقوم بالتحويل.

تكييف الهواء التجاري

29. تواجه مشروعات التحويل الخاصة بقطاع تكييف الهواء التجاري تحديات فنية متعددة الأوجه تشمل قدرات القوى العاملة والاستعداد التنظيمي والوعي بالسوق. ويتمثل أحد الشواغل الرئيسة في محدودية القدرة المحلية على تصميم وتصنيع المعدات المُهيأة لغازات التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي، وخاصة بالنسبة للأنظمة التجارية ذات السعات الكبيرة حيث يكون التعقيد الفني في ذروته. ويتفاقم هذا الوضع بسبب النقص الكبير في الفنيين المدرَّبين والمعتمَدين لتركيب وخدمة وصيانة أنظمة التبريد القائمة على غازات التبريد A2L وA3، مما يقوّض قدرة القطاع على دعم واستدامة المعدات المحوَّلة في الميدان.

30. وتزيد التحديات التنظيمية وتلك المتعلقة بالثقة في السوق من تعقيد عملية التحوّل. ولا تزال لوائح السلامة الوطنية والمعايير الفنية لغازات التبريد من الفئة A2L، مثل الهيدروفلوروكربون-32، غير مكتملة أو قيد التطوير في عدد من البلدان، مما يخلق حالة من عدم اليقين لدى المصنّعين وفنيي التركيب الذين يرغبون في اجتياز متطلبات الامتثال. ولا تزال اعتبارات السلامة أثناء نقل وتركيب وخدمة غازات التبريد ذات القابلية الطفيفة للاشتعال تؤثر على الثقة في السوق وقرارات الشراء، في حين أن محدودية الوعي لدى الفنيين وتجار التجزئة والمستهلكين بشأن تكنولوجيات التبريد الجديدة وممارسات التعامل الآمن معها لا تزال تشكل عائقا مستمرا أمام انتشارها على نطاق أوسع في السوق.

المسائل المتعلقة بالمنشآت الصغيرة والمتوسطة

31. تواجه منشآت التصنيع الصغيرة والمتوسطة تحديات هائلة بشكل غير متناسب فيما يتعلق بالتوافر، وذلك بسبب القوة التجارية المحدودة لهذه المنشآت، وأحجام طلباتها الصغيرة، وضعف اندماجها في سلاسل الإمداد الدولية. وتُقيَّد إمكانية الحصول على المكونات المتعلقة بغازات التبريد البديلة بسبب تركّز أسواق الاستيراد، حيث يهيمن عدد قليل من الموزعين على الإمدادات المحلية، مما يجعل من الصعب على المنشآت الصغيرة والمتوسطة ذات القدرة الشرائية المحدودة تحديد مصادر موثوقة. وتتفاقم هذه الصعوبات بسبب شروط الحد الأدنى للطلبات، وارتفاع تكاليف الاستيراد، وتناقص توافر المكونات للأنظمة الكبيرة التي تتطلب تكنولوجيات محددة، مثل الحلول القائمة على ثاني أكسيد الكربون أو الأمونيا، في حين أن محدودية توافر الأدوات والمعدات المتخصصة لعمليات التصنيع القائمة على المواد الهيدروكربونية تضيف طبقة أخرى من القيود إلى القدرات التشغيلية لهذه المنشآت.

32. وتواجه المنشآت الصغيرة والمتوسطة أيضا تحديات سعرية مُضاعَفة تعكس عيوبها الهيكلية والمتطلبات الخاصة التي يفرضها التحول إلى التكنولوجيات ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي. وتتفاقم التكاليف المرتفعة للمكونات الرئيسية، ولا سيما الضواغط المصممة لغازات التبريد A3 وA2L وثاني أكسيد الكربون، بسبب الاستثمار الكبير المطلوب لتحديث البنية التحتية للسلامة، والحصول على معدات التصنيع المتخصصة، وشراء المكونات الحاصلة على شهادة ATEX. وتزداد هذه الأعباء حدة بسبب صغر حجم السوق، والمخاطر المرتبطة بالعملات، والهياكل الضريبية المحلية التي تقلل من القدرة التنافسية للمعدات المصنّعة محليا، في حين أن محدودية وفورات الإنتاج الكبير والمنافسة الشديدة من الشركات المصنّعة المتعددة الجنسيات تؤدي إلى تآكل هوامش الربح وتترك المنشآت الصغيرة والمتوسطة بموارد غير كافية للبحث والتطوير والاستثمار في المهارات.

33. وفيما يتعلق بنقص القدرات الفنية والبشرية الذي تواجهه المنشآت الصغيرة والمتوسطة، ونظرا لمحدودية وصولها إلى التدريب والمساعدة الفنية والدعم التنظيمي، فإنها تعاني من فجوات كبيرة في القدرات الفنية اللازمة لإعادة تصميم الأنظمة واختيار المكونات وتطبيق إجراءات السلامة وإدارة شحن غازات التبريد، ويتفاقم هذا النقص بسبب محدودية الحصول على دعم الخبراء والموارد البشرية الماهرة، وخاصة في البلدان التي تفتقر إلى برامج تدريب مهني راسخة في تكنولوجيا التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية. وتزداد هذه التحديات حدة بسبب أعباء الامتثال المرتبطة بالانتقال إلى المعايير الدنيا لأداء الطاقة، وتعقيدات السلامة واللوجستيات المتعلقة بالتعامل مع غازات التبريد القابلة للاشتعال، ونقص الوعي على نطاق واسع بين مشغلي المنشآت الصغيرة والمتوسطة فيما يتعلق باللوائح المعمول بها والمعايير الفنية وآليات الدعم المتاحة لتحويل التكنولوجيا.

34. ويرد ملخص للنتائج الرئيسية عبر القطاعات الفرعية المختلفة في ورقة رئيسية أُدرِجت في المرفق الثاني لهذه الوثيقة.

السبل الممكنة لمعالجة التحديات المحدَّدة

35. تشمل التحديات التي حُدِّدت في هذه الورقة أبعادا متعددة، من بينها تأمين الإمدادات، والقدرة التنافسية من حيث التكلفة، والقدرات الفنية، والاستعداد التنظيمي، وتتطلب استجابات منسَّقة على المستويات الوطنية والإقليمية والدولية. واقتُرِحت التدابير التالية كجزء من الاستبيانات التي تم تلقّيها والمناقشات التي جرت.

36. ولمعالجة المسائل المتعلقة بالتوافر، يمكن للوكالات المنفذة ووحدات الأوزون الوطنية أن تسهّل آليات تجميع الطلب لتوحيد أحجام الشراء بين المصنّعين، مما يقلل الاعتماد على قنوات الاستيراد الفردية ويتيح الوصول إلى شروط توريد أكثر ملاءمة. وينبغي أن يُستكمَل ذلك بدعم تطوير مراكز توزيع إقليمية لغازات التبريد البديلة والمكونات المتوافقة معها لتقليل الفترات اللازمة للتسليم وتحسين موثوقية الإمدادات، إلى جانب الجهود المبذولة لتعزيز البنية التحتية المحلية والإقليمية لاستصلاح واسترداد غازات التبريد لدعم الاستخدام الدائري لغازات التبريد أثناء أنشطة التحويل والخدمة. وينبغي تعزيز مرونة سلاسل الإمداد من خلال تشجيع التنويع عبر التعاون الاستباقي مع العديد من الموردين المؤهَلين ودعم آليات تسجيل وتتبّع الموردين لمعالجة مخاطر غازات التبريد المغشوشة، فضلا عن تعزيز منصات تبادل المعلومات بين بلدان المادة 5 والوكالات المنفذة لتحسين التنبؤ والتعرف المبكر على القيود المتعلقة بالتوافر. ومن شأن ذلك أن يضمن تزامن الجهود ومواءمة أنشطة الخفض التدريجي، وخاصة بالنسبة للمنشآت الصغيرة والمتوسطة، مما يخفف العبء عن هذه الصناعة.

37. وفيما يتعلق بالأسعار، ينبغي استكشاف فرص التمويل المشترك من خلال أدوات التمويل المتعددة الأطراف والثنائية لدعم الاستثمار الرأسمالي الكبير المطلوب لتحديث البنية التحتية للسلامة وعمليات التحويل التصنيعي، مع وضع ترتيبات تمويلية تراعي وتعوض التكاليف الإضافية المرتبطة بالحصول على شهادة ATEX، وأنظمة الطاقة الاحتياطية لثاني أكسيد الكربون، ومعدات السلامة المتقدمة. وينبغي دعم حصول المنشآت الصغيرة والمتوسطة على تمويل ميسور التكلفة من خلال مكونات المساعدة الفنية أو التعاون مع مؤسسات التمويل الإنمائي، مع تشجيع وفورات الإنتاج الكبير من خلال دعم مشروعات التحويل القطاعية أو المتعددة البلدان التي تتيح الشراء المُجمّع للمكونات وتخفّض تكاليف كل وحدة. وينبغي رصد اتجاهات أسعار المواد الخام ومخاطر أسعار الصرف أيضا كجزء من أُطر إدارة مخاطر المشروعات، مع إعداد ترتيبات لتعديل الميزانيات عند الضرورة.

38. ولمعالجة المواصفات الفنية والتحديات الأخرى، ينبغي تركيز الجهود على دعم تطوير وتنسيق وإنفاذ معايير السلامة الوطنية، وكذلك الإقليمية عند الاقتضاء، لتطبيقات غازات التبريد من الفئة A2L وA3 وثاني أكسيد الكربون، بالاستناد إلى المعايير الدولية ذات الصلة، إلى جانب الاستثمار في برامج تدريبية متخصصة مدفوعة باعتبارات السوق للفنيين والمهندسين ومسؤولي السلامة بشأن التعامل الآمن مع المعدات ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي وتركيبها وصيانتها. وينبغي دعم إنشاء أو تعزيز مرافق الاختبار والشهادات المعتمَدة لخطوط التصنيع المُحوَّلة لتيسير التحقق من الامتثال بشكل فعال من حيث التكاليف وفي الوقت المناسب، في حين ينبغي إجراء تقييمات القبول السوقي وحملات توعية تستهدف فنيي التركيب وتجار التجزئة والمستهلكين لبناء الثقة في التكنولوجيات البديلة ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي. وينبغي تشجيع المصنّعين على الانخراط مبكرا في متطلبات الكفاءة في استخدام الطاقة، بما في ذلك الانتقال إلى متطلبات المعايير الدنيا لأداء الطاقة، وينبغي تعزيز القدرات التنظيمية في بلدان المادة 5 لوضع وإنفاذ وتحديث المعايير الفنية واللوائح البيئية ذات الصلة بإدارة غازات التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي بطريقة منهجية.

ملاحظات الأمانة

39. لاحظت الأمانة أيضا أن الوقت عامل حاسم في التغلب على التحديات المتعلقة بسلاسل الإمداد، إذ لا يمكن تحقيق النضج السوقي ووفورات الإنتاج الكبير إلا من خلال تطوير بنية تحتية للإمدادات تكون أوسع وأكثر إنصافا وغير مُحتكَرة. ويجب أن يترافق ذلك مع بناء القبول السوقي والقدرة التنافسية للمنتجات وثقة المستهلكين في معدات التبريد

وتكييف الهواء والمضخات الحرارية. ويختلف الوقت اللازم للوصول إلى هذه الأوضاع بين بلدان المادة 5، فقد يكون أطول بكثير في البلدان ذات حجم السوق المحدود، ما لم تُبذل جهود إقليمية لتسريع تبنّي تكنولوجيات التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي.

40. ولا تقتصر التحديات المتعلقة بسلاسل الإمداد الموثَّقة في هذه الورقة على مشروعات أو بلدان بعينها، وإنما هي تعكس العوائق النُظمية التي تحول دون اعتماد تكنولوجيات التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية في بلدان المادة 5. وتُعتبر القيود المتعلقة بالتوافر وارتفاع التكاليف والفجوات في القدرات الفنية أمور مترابطة ويعزز كل منها الآخر. ويتطلب معالجة هذه الأمور بفعالية عملا مُنسَّقا بين الوكالات المنفذة والحكومات وأصحاب المصلحة والصندوق المتعدد الأطراف.

41. وتختلف حدة التحديات اختلافا كبيرا من قطاع فرعي إلى آخر. ويواجه قطاعا التبريد التجاري والتصنيع في المنشآت الصغيرة والمتوسطة مجموعة معقدة من العوائق، نظرا لتنوع غازات التبريد المستخدمة، والمتطلبات الفنية لتصميم الأنظمة، ومحدودية الموارد المالية والبشرية المتاحة. ويستفيد قطاعا تكييف الهواء السكني والتجاري من معرفة السوق الأوسع بغاز الهيدروفلوروكربون-32، لكنهما لا يزالان يواجهان عقبات تنظيمية وعقبات تتعلق بالاعتماد وعقبات تتعلق بالتوعية. ومن المرجح أن تواجه مشروعات التبريد المنزلي، رغم كونها في مرحلة مبكرة من التحويل ومخصصة لمصنّعي المعدات الأصلية ذوي القدرة الإنتاجية المنخفضة، تحديات تتعلق بالتوافر والتكلفة مع تقدم سير التنفيذ.

42. وتلاحظ الأمانة أن تهيئة بيئة استباقية وتمكينية، بما في ذلك وضع أُطر معايير قوية، وتدريب القوى العاملة، وتنويع سلاسل الإمداد، تُعدّ أمرا أساسيا لنجاح مشروعات التحويل. وسيكون دعم الصندوق المتعدد الأطراف، الذي لا يقتصر على التكاليف الرأسمالية الإضافية فحسب، بل يشمل أيضا العوامل التي تُمكّن سلاسل الإمداد والقدرات الأوّلية من التحويل، أمرا بالغ الأهمية لتحقيق تحوّلات تكنولوجية مستدامة على نطاق واسع.

43. ولا يتضمن التحليل الوارد في هذه الورقة بيانات تسعير محددة لغازات التبريد أو مكونات الأنظمة، سواء للخيارات التقليدية أو البديلة، كما أنه لا يتناول توزيعات الحصص السوقية الإقليمية، وذلك بسبب محدودية البيانات المتاحة والتحولات السوقية السريعة التي شهدتها غازات التبريد البديلة في السنوات الأخيرة. ولم يتضمن هذا التحليل كذلك القيود الاقتصادية الناجمة عن عدم الاستقرار العالمي أو الإقليمي، ولا القيود المتعلقة بالتجارة. ومن شأن الرصد المنتظم للتحديات المتعلقة بسلاسل الإمداد، مع تقدم سير مشروعات إعداد الاستثمار ومشروعات التحويل، أن يُمكّن اللجنة التنفيذية من التمييز بشكل أفضل بين التحديات التي يُرجَّح حلها من خلال ديناميات السوق وتلك التي لا تزال تشكل عوائق هيكلية تتطلب مزيدا من الدعم.

التوصية

44. قد ترغب اللجنة التنفيذية في أن:

(أ) تحيط علما بالورقة المتعلقة بتحديات تنفيذ مشروعات التحويل في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية، الناجمة عن مشاكل سلاسل الإمداد، والسبل الممكنة لمعالجة هذه التحديات، والواردة في الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/57؛

(ب) تطلب إلى الوكالات الثنائية والمنفذة أن تأخذ في الحسبان التحديات المتعلقة بسلاسل الإمداد، إلى جانب السبل الممكنة لمعالجتها، عند تصميم وتنفيذ مشروعات التحويل، بما في ذلك عند الإبلاغ عن التقدم المحرز في المشروع وعند أنجاز المشروع؛

(ج) تطلب إلى الأمانة إدراج قسم عن التحديات المتعلقة بسلاسل الإمداد، حسب الاقتضاء، في وثائق الاجتماعات المتعلقة بمقترحات المشروعات المقدَّمة إلى اللجنة التنفيذية للنظر فيه.

المرفق الأول

الخطوط العريضة للاستبيان المخصص لجمع التعقيبات بشأن مشاكل سلاسل الإمداد في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية من مشروعات التحويل الجارية في إطار خطط التنفيذ المتعلقة بالمواد الهيدروفلوروكربونية بموجب تعديل كيغالي

الجدول 1: الخطوط العريضة للاستبيان المُصمَّم لجمع تجارب الوكالات المنفذة في تنفيذ التحويل فيما يتعلق بتوافر غازات التبريد البديلة والمعدات/المكونات وأسعارها ومشاكلها الفنية

المجال المشمول	أمثلة على المشاكل		
	مشاكل التوافر	مشاكل الأسعار	المواصفات الفنية والعوائق الأخرى
سلسلة إمداد غازات التبريد البديلة، وقطع الغيار والمكونات، والمعدات/المكونات (خطوط التصنيع والمنتج النهائي)	التوافر في السوق المحلية	السعر لمصنّعي المعدات الأصلية مقارنة بسعر السوق الدولية	ملاءمة المنتج لظروف التشغيل المحلية
	إمكانية الطلب من الخارج	المبالغة في الأسعار بسبب هوامش الربح لدى الموردين المحليين/الإقليميين	ملاءمة المنتج للمعايير الدنيا لأداء الطاقة ومتطلبات وضع ملصقات الطاقة
	المهلة الزمنية للتسليم (موعد التسليم)	التكاليف الإضافية الناتجة عن حجم النشاط التحاري أو تكاليف الشحن	المشاكل المتعلقة بالمعايير أو القوانين المحلية

الجدول 2: الخطوط العريضة للاستبيان المُصمَّم لجمع التعقيبات من وحدات الأوزون الوطنية من خلال الوكالات المنفذة بشأن العوائق المرتبطة بسلاسل الإمداد المحلية

المجال المشمول	أمثلة على المشاكل
المصنّعون المحليون المشاركون في مشروعات التحويل	المشاكل المتعلقة بتحديد مصادر الإمداد
	المشاكل المتعلقة بالتكاليف
	مشاكل الشحن والتخليص الجمركي
	المشاكل المتعلقة بتكلفة المنتج النهائي مقارنة بالتكنولوجيا القديمة
المصنّعون المحليون الآخرون غير المشاركين في مشروعات التحويل	المشاكل المتعلقة بتحديد مصادر الإمداد
	المشاكل المتعلقة بالتكاليف
	مشاكل الشحن والتخليص الجمركي
	المشاكل المتعلقة بتكلفة المنتج النهائي مقارنة بالتكنولوجيا القديمة
مورّدو غازات التبريد والمكونات	المشاكل المتعلقة بحجم الطلب
	مشاكل الشحن والتعبئة والتغليف
	مشاكل شبكات التوزيع
المنشآت الصغيرة والمتوسطة	التوافر في السوق المحلية
	تكلفة غازات التبريد أو المكونات
	القدرة الفنية على إعادة تصميم واختيار المكونات الصحيحة
	المشاكل المتعلقة بالسلامة واللوجستيات
المشاكل المتعلقة باللوائح و/أو المعايير	نقص أو تقادم المعايير المحلية لغازات التبريد أو منتجات التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية النهائية
	عدم استيفاء المكونات الجديدة لمستوى المعايير الدنيا لأداء الطاقة المحلية
	التعارض مع قوانين البناء
	المشاكل المتعلقة بالسلامة أثناء النقل والتشغيل والخدمة

المرفق الثاني

ملخص النتائج المتعلقة بالتحديات التي واجهتها بلدان المادة 5 في تنفيذ مشروعات التحويل بسبب مشاكل سلاسل الإمداد

التوافر *السعر* *المشاكل الفنية وغيرها*

	التوافر	السعر	المشاكل الفنية وغيرها
التبريد التجاري	▪ الاعتماد الكبير على استيراد غازات التبريد والضواغط والمكونات الأخرى ▪ محدودية المكونات المعتمَدة للأنظمة الواسعة النطاق القائمة على ثاني أكسيد الكربون والمواد الهيدروكربونية ▪ تأخر وصول الواردات، ومشاكل الشحن والتخليص الجمركي ▪ ضعف الضوابط التنظيمية لمكافحة غازات التبريد المغشوشة	▪ ارتفاع النفقات الرأسمالية للتحديثات المتعلقة بالسلامة (التهوية، كشف التسرب) ▪ ارتفاع تكاليف الضواغط بنسبة 30-35 في المائة للأنظمة القائمة على المواد الهيدروكربونية وثاني أكسيد الكربون ▪ تكاليف إضافية للمعدات الحاصلة على شهادة ATEX وأنظمة الطاقة الاحتياطية لثاني أكسيد الكربون ▪ تقلب أسعار المواد الخام والتعرّض لتقلبات أسعار الصرف	▪ محدودية القدرة على تصميم أنظمة التبريد التعاقبي القائمة على ثاني أكسيد الكربون والمواد الهيدروكربونية ▪ نقص العمالة الماهرة للتعامل مع غازات التبريد القابلة للاشتعال ▪ تقادم المعايير الوطنية وأساليب الاختبار ▪ حدوث أعطال في الضواغط في درجات الحرارة الاستوائية المرتفعة
التبريد المنزلي	لم تبدأ المشروعات بعد. تشمل التحديات المتوقعة نقص الضواغط المتوافقة مع المواد الهيدروكربونية، وارتفاع النفقات الرأسمالية المتعلقة بالسلامة، وتطويع خطوط الإنتاج لغازات التبريد القابلة للاشتعال.		
تكييف الهواء السكني	▪ توافر الهيدروفلوروكربون-32 ولكنه يعتمد على الواردات؛ وقاعدة موردين محدودة ▪ نقص تاريخي في ضواغط الهيدروفلوروكربون-32 ذات السعات الكبيرة ▪ الحاجة إلى تجميع الطلب لتحفيز عمليات الإنتاج	▪ ارتباط الأسعار بتقلبات أسواق السلع الأساسية الدولية ▪ ارتفاع سعر الأنظمة القائمة على الهيدروفلوروكربون-32 مقارنة بالأنظمة القائمة على R-410A أو الهيدروفلوروكربون-22 ▪ ارتفاع تكاليف اللوجستيات يتجاوز الميزانيات الثابتة للمشروعات	▪ شواغل قابلية الاشتعال تحدّ من القبول السوقي ▪ ارتفاع تكاليف الاعتماد؛ قلة عدد مقدمي الخدمات المعتمَدين ▪ الامتثال لمعايير السلامة: حدود الشحنات، وتصنيفات المكونات، والتدريب
تكييف الهواء التجاري	▪ الاعتماد الكبير على استيراد الضواغط والمكونات النحاسية والإلكترونيات العاكسة ▪ تحسّن إمدادات الهيدروفلوروكربون-32، لكنها غير مستقرة؛ ومحدودية البنية التحتية للتخزين ▪ يواجه المصنّعون غير المشمولين ببرامج الصندوق المتعدد الأطراف عوائق أكبر في الوصول إلى التكنولوجيا	▪ ارتفاع أسعار النحاس والألومنيوم (المبادلات الحرارية) ▪ ارتفاع النفقات الرأسمالية للمكونات المتقدمة ذات الكفاءة في استخدام الطاقة ▪ حدة ضغوط التكاليف بالنسبة للمنشآت الصغيرة والمتوسطة ذات التمويل المحدود	▪ محدودية القدرات المحلية اللازمة للأنظمة ذات السعات الكبيرة وذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي ▪ نقص الفنيين المعتمَدين للأنظمة القائمة على غازات التبريد A2L أو A3 ▪ لا تزال لوائح السلامة الخاصة بالأنظمة القائمة على A2L قيد التطوير في بعض البلدان
التصنيع في المنشآت الصغيرة والمتوسطة	▪ التركّز الشديد لأسواق الاستيراد شديدة التركيز يحدّ من إمكانية الوصول ▪ شروط الحد الأدنى للطلبات وارتفاع تكاليف الاستيراد ▪ انخفاض توافر المكونات ذات الشحنات الكبيرة ▪ محدودية الأدوات المتخصصة لتصنيع المواد الهيدروكربونية	▪ ارتفاع تكاليف ضواغط الأنظمة القائمة على المواد الهيدروكربونية وغازات A2L وثاني أكسيد الكربون ▪ الحاجة إلى استثمارات لتحديثات السلامة والمكونات الحاصلة على شهادة ATEX ▪ صغر حجم السوق، ومخاطر العملات، وضعف القدرة التنافسية بسبب الضرائب ▪ المنافسة الشديدة المتعددة الجنسيات تؤدي إلى تآكل هوامش الربح	▪ الفجوات الكبيرة في القدرات اللازمة لإعادة تصميم الأنظمة وتطبيق إجراءات السلامة ▪ محدودية الحصول على المساعدة الفنية والعمالة الماهرة ▪ الانتقال إلى المعايير الدنيا لأداء الطاقة يزيد من أعباء الامتثال ▪ نقص الوعي باللوائح وآليات الدعم