الأمم المتحدة

EP

برنامج الأمم المتحدة للبيئة

Distr.
GENERAL

UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/42
29 April 2019

ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

اللجنة التنفيذية للصندوق المتعدد الأطراف لتنفيذ بروتوكول مونتريال
الاجتماع الثالث والثمانون
مونتريال، من 27 إلى 31 مايو/أيّار 2019

موجز لتقرير فريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي بشأن المسائل المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة فيما يتعلق بالمسائل المحددة في المقرر 83/82(هـ) و (و))

خلفية

1- نظرت اللجنة التنفيذية في اجتماعها الثاني والثمانين في وثيقة أعدتها الأمانة تقدم ملخصًا لمداولات الأطراف في الاجتماع الأربعين للفريق العامل مفتوح العضوية للأطراف والاجتماع الثلاثين للأطراف في بروتوكول مونتريال فيما يتعلق بتقرير فريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي عن المشاكل المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة.[1]

2- وبعد المناقشة، قررت اللجنة التنفيذية، *في جملة أمور*، ما يلي:

(هـ) أن تناقش، في اجتماعها الثالث والثمانين، سبل تفعيل الفقرة 22 من المقرر 2/28 والفقرتين 5 و 6 من المقرر 5/30، وتشمل:

(1) المبادرات المرتبطة بالحفاظ على و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة لتكنولوجيات بديلة ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي أو لا تحدث احترارا عالميا على الإطلاق في قطاع التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية، مثل:

أ- منهجيات لقياس التغيرات في كفاءة استخدام الطاقة؛

ب- والتدخلات الفنية المرتبطة بالحفاظ على و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة؛

[1] الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/65 وإضافتها الأولى.

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

(2) والمشاكل المتعلقة بالتكاليف مثل التكاليف الإضافية المصاحبة وفرص الاسترداد وتكاليف الرصد والتحقق؛

(3) والفوائد البيئية المحتملة، خاصة تلك المرتبطة بالمناخ؛

(و) وأن تطالب الأمانة بإعداد، لكي تنظر فيها اللجنة التنفيذية في اجتماعها الثالث والثمانين، ملخص لتقرير فريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي بشأن المشاكل المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة فيما يتعلق بالمسائل المحددة في الفقرة الفرعية (هـ) المذكورة أعلاه (المقرر 83/82).

تحليل للمقرر 83/82 (هـ) و (و)

3- يتضمن المقرر 83/82 (هـ) و (و) فقرات محددة من قرارين لاجتماعي الأطراف:

(أ) الفقرة 22 من المقرر 2/28: مطالبة اللجنة التنفيذية بأن تضع إرشادات بشأن التكاليف المرتبطة بالحفاظ على و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة لتكنولوجيات ومعدات بديلة ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي، عند التخلص التدريجي من الهيدروفلوروكربونية، مع مراعاة دور المؤسسات الأخرى التي تعالج مسألة كفاءة استخدام الطاقة، عند الاقتضاء؛

(ب) والفقرة 5 من المقرر 5/30: مطالبة اللجنة التنفيذية بالبناء على عملها المستمر لاستعراض مشروعات الخدمات لتحديد أفضل الممارسات والدروس المستفادة والفرص الإضافية للحفاظ على كفاءة استخدام الطاقة في قطاع الخدمات والتكاليف ذات الصلة؛

(ج) والفقرة 6 من المقرر 5/30: مطالبة اللجنة التنفيذية بأن تأخذ في الاعتبار المعلومات المقدمة من المشروعات الإيضاحية والمشروعات القائمة بذاتها من أجل وضع إرشادات بشأن التكاليف المتعلقة بصيانة أو تحسين كفاءة استخدام الطاقة للتكنولوجيات والمعدات البديلة عند التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية.

4- عند إدراج نص القرارات المذكورة أعلاه، يكون نص التغطية الموضوعية للمقرر 83/82 (هـ) و (و) كما يلي:

مطالبة الأمانة بأن تعد للاجتماع الثالث والثمانين ملخصا لتقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي المعنية بالقرار 5/30 الصادر عن فريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي بشأن المشاكل ذات الصلة بكفاءة استخدام الطاقة أثناء التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية، حتى يتسنى للجنة التنفيذية مناقشة:

(أ) وضع إرشادات التكلفة المرتبطة بالحفاظ على و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة لمعدات التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية عند التحويل من المواد الهيدروفلوروكربونية إلى تكنولوجيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي أو لا تحدث احترارا عالميا على الإطلاق، والتي ينبغي أن:

(1) إدراج مبادرات مثل منهجيات لقياس التغيرات في كفاءة استخدام الطاقة والتدخلات التقنية المرتبطة بالحفاظ على و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة؛

(2) وتشمل التكاليف الإضافية المصاحبة وفرص الاسترداد وتكاليف الرصد والتحقق؛

(3) وتشمل الفوائد البيئية المحتملة، خاصة تلك المرتبطة بالمناخ؛

(4) وتراعي المعلومات المقدمة من المشروعات الإيضاحية لإدخال تكنولوجيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي في بلدان المادة 5 ومشروعات الهيدروفلوروكربون الاستثمارية القائمة بذاتها المعتمدة من اللجنة التنفيذية؛

(5) وتراعي دور المؤسسات الأخرى التي تعالج مسألة كفاءة استخدام الطاقة، عند الاقتضاء؛

(ب) والحفاظ على كفاءة استخدام الطاقة أو تعزيزها عند التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية في قطاع خدمة التبريد مع مراعاة أفضل الممارسات والدروس المستفادة والفرص الإضافية للحفاظ على كفاءة استخدام الطاقة المحددة من خطط قطاع خدمات التبريد المستمرة.

5- في ضوء ما تقدم، أعدت الأمانة هذه الوثيقة استجابة للمقرر 83/82 (هـ) و (و).

<u>نطاق الوثيقة</u>

6- تتكون هذه الوثيقة من الأقسام التالية:

القسم الأول ملخص الذي يسلط يبرز الجوانب الرئيسية التي يغطيها تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي فيما يتعلق بالفقرتين (هـ) و (و) من المقرر 83/82

القسم الثاني مقدمة عن كفاءة استخدام الطاقة في سياق التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية واعتماد تكنولوجيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي ولا تحدث احترارا على أُطلاق

القسم الثالث التدخلات الفنية المرتبطة بالحفاظ على و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة

القسم الرابع المسائل المتعلقة بالتكاليف، بما في ذلك التكاليف الإضافية المصاحبة وفرص الاسترداد وتكاليف المراقبة والتحقق

القسم الخامس الفوائد البيئية من حيث مكافئ ثاني أكسيد الكربون

القسم السادس مشروعات إيضاحية لإدخال تكنولوجيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي ومشروعات استثمارية مستقلة للهيدروفلوروكربون

المرفق الأول مسرد المصطلحات المستخرجة من تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي مع بعض التفسيرات الإضافية (يقدم هذا الملحق كمرجع سهل للمصطلحات المستخدمة في هذه الوثيقة)

7- وفقا للمقرر 83/82 (و)، تم استخلاص المعلومات الواردة في هذه الوثيقة من تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي المعنية بالمقرر 10/XXIX الصادر عن فريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي بشأن المشاكل المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة ("تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي") أثناء التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية مع بعض التغييرات التحريرية.[2] وتم إدخال بعض التغييرات التحريرية، وقدمت توضيحات ومعلومات إضافية بناءً على مدخلات من خبير تقني مستقل راجع هذه الوثيقة. ولم يتبع

[2] يتضمن تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي المرفق ألف الذي يحوي معلومات عن التحديات الخاصة بالقطاعات التي تحول دون استيعاب التكنولوجيات. ويتم تغطية معظم المعلومات ذات الصلة بالملحق ألف في القسم الثالث من هذه الوثيقة.

تسلسل المعلومات الواردة في هذه الوثيقة نظيره في تقرير فريق فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي. ولم تدرج أي معلومات من مصادر أخرى لأن هذا لم يطلب بموجب القرار.

8- قد ترغب اللجنة التنفيذية في ملاحظة أن الوثيقتين التاليتين تناولتا بالكامل متطلبات الفقرة 5 من المقرر 5/XXX، وبالتالي فإن المسائل المتعلقة بقطاع خدمة التبريد لم يتم تناولها في هذه الوثيقة:

(أ) وثيقة أولية عن جميع الجوانب المتعلقة بقطاع خدمات التبريد التي تدعم التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية (المقرر 76/80 (ج)) (الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/64)؛

(ب) وورقة عن طرق تفعيل الفقرة 16 من المقرر 2/XXVIII والفقرة 2 من المقرر 5/XXX للأطراف (المقرر 83/82 (ج)) (الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/40).

9- قد ترغب اللجنة التنفيذية أيضاً في ملاحظة أن الوثيقة المعنونة "ورقة عن المعلومات المتعلقة بالصناديق والمؤسسات المالية ذات الصلة التي تحشد الموارد من أجل كفاءة استخدام الطاقة التي يمكن استخدامها عند التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية (المقرر 83/82 (د))" (الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/41) تناولت دور المؤسسات الأخرى التي تعالج مسألة كفاءة استخدام الطاقة، لذلك، لم يتم تضمينها في هذه الوثيقة.

أولاً- ملخص يبرز الجوانب الرئيسية التي يغطيها تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي

10– على مر التاريخ، ركز تنفيذ بروتوكول مونتريال على إزالة المواد المستنفدة للأوزون وأدى بجانب إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة للمعدات والمنتجات.[3] وأثناء الانتقال إلى مواد التبريد البديلة، بذلت الصناعة جهودًا لتحسين تصميم المعدات والمكونات بأسعار معقولة للمستهلكين، وأدى هذا الجهد على مدى فترة من الزمن إلى منتجات موفرة للطاقة وبأسعار منخفضة للمنتجات معدلة حسب التضخم. وتتلقى أنظمة تكييف الهواء اهتمامًا متزايدًا نظرًا لاحتياجات تغيير تكنولوجيا التبريد، وتبذل الجهود لتحسين الأنظمة والمكونات من أجل تحقيق تبريد موفر للطاقة بمواد تبريد جديدة. وتلعب العوامل، بما في ذلك أنظمة تسعير الطاقة والفواتير وتوصيف الطاقة، دورًا مهمًا في اعتماد التكنولوجيا الموفرة للطاقة.

11- تأتي أكبر إمكانات لتحسين كفاءة استخدام الطاقة من التحسينات في إجمالي تصميم النظام ومكوناته، التي يمكن أن تؤدي إلى تحسينات في الكفاءة (مقارنة بتصميم أساسي) يمكن أن تتراوح بين 10 في المائة و 70 في المائة (للحصول على وحدة "الأفضل في فئتها"). ويمكن أن يسهم النهج المتكامل لتصميم واختيار معدات التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية الذي يشمل ضمان تقليل أحمال التبريد/ التدفئة واختيار مواد التبريد المناسبة واستخدام وتصميم ومكونات النظام عالية الكفاءة وضمان التحكم والتشغيل الأمثل، في جميع ظروف التشغيل العامة وميزات التصميم التي ستدعم الخدمة والصيانة، يمكن أن يسهم في توفير الطاقة؛ مما سيؤدي إلى انخفاض انبعاثات غازات الدفيئة على مدى عمر المعدات وتخفيض تكاليف الطاقة للمستخدم النهائي وتقليل ذروة الطلب على الكهرباء مما سيؤدي إلى انخفاض الاستثمارات في توليد الطاقة وقدرة التوزيع.

12- اختيار مواد التبريد هو مفاضلة بين الفوائد البيئية والسلامة وكفاءة الدورة الديناميكية الحرارية وتصميم النظام والموثوقية والتكلفة. عادة ما يكون تأثير اختيار مادة التبريد على كفاءة استخدام الطاقة للوحدات صغيرًا نسبيًا - يتراوح عادة من +/- 5 إلى 10 في المائة.

13- وفيما يتعلق بالتدخلات الفنية للحفاظ على/ تحسين كفاءة استخدام الطاقة، تفرض البيئة التي توجد فيها درجة الحرارة المحيطة العالية مجموعة إضافية من التحديات على اختيار مواد التبريد وتصميم النظام وفرص

[3] أدى تنفيذ بروتوكول مونتريال إلى تحسن تدريجي في كفاءة استخدام الطاقة؛ وحدث هذا أيضًا قبل اعتماد البروتوكول. علاوة على ذلك، أدى تنفيذ بروتوكول مونتريال في كثير من الحالات إلى تسريع عملية تحسين كفاءة استخدام الطاقة، حيث كان تغيير مادة التبريد غالبًا ما كان حافزًا للانتقال إلى مستوى تكنولوجي أعلى نتيجة لإعادة تصميم المنتج بشكل أفضل.

تحسين كفاءة استخدام الطاقة المحتملة. في البيئة التي توجد فيها درجة الحرارة المحيطة العالية، تتأثر تصميمات النظام التي تحافظ على كفاءة استخدام الطاقة باختيار مادة التبريد بسبب الخواص الديناميكية الحرارية ومتطلبات السلامة بسبب زيادة الشحن وتوافر المكونات وتكلفتها. وقد أظهرت الأبحاث التي أجريت حتى الآن في ظروف البيئة التي توجد فيها درجة الحرارة المحيطة العالية التي أجريت حتى الآن مدى صلاحية بعض البدائل ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي لتقديم نتائج مماثلة في مجال كفاءة استخدام الطاقة إلى التقنيات الحالية. وتستمر مواصلة البحث وكذلك جهود القطاع الخاص في التركيز على تحسين التصميم لتحقيق كفاءات مستهدفة لتلك البدائل. وترد في التقرير التحديات التقنية والمالية والسوقية والمعلوماتية والمؤسسية/ التنظيمية وكفاءة الخدمات وغيرها من التحديات إلى جانب تدابير التخفيف التي يمكن اتخاذها.

14- توجد طرق طورها العديد من البلدان ببرامج تحول السوق ثبتت جدواها لتعزيز كفاءة استخدام الطاقة بما في ذلك برامج معيار الحد الأدنى لأداء الطاقة وبرامج التوصيف. ستقدم "لقطة" من تكلفة برنامج تحسين الكفاءة في أي وقت معين تقديرا متحفظا (أي أعلى) لتكلفة تحسين الكفاءة. وفي الممارسة الفعلية، وجد أن أسعار المعدات ذات الكفاءة العالية آخذة في الانخفاض مع مرور الوقت في الكثير من الأسواق حيث بدأ إنتاج معدات ذات كفاءة أعلى على نطاق واسع. وينطبق هذا بشكل خاص على المعدات الصغيرة التي يتم إنتاجها بكميات كبيرة حيث يمتص الصانعون بسرعة تكاليف التطوير الأولية ويحاولون الوصول إلى "نقاط سعر" معينة تساعدهم على بيع معداتهم.

15- لا يمثل سعر التجزئة للمنتجات مؤشراً ملائماً لتكاليف صيانة أو تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المعدات الجديدة بسبب تجميع مختلف الميزات غير المتعلقة بالطاقة مع معدات ذات كفاءة أعلى وتباين في مهارات الشركة المصنعة ودرايتها وتباين في أسعار الشركة المصنعة واستراتيجيات التسويق والعلامات التجارية وفكرة أنه يمكن تسويق الكفاءة كميزة "استثنائية". وتبين المعلومات المتعلقة بتحليل التكاليف وفترة الاسترداد أن مجموعة متنوعة من العوامل تؤثر على الاسترداد للمعدات التي يمكن أن يكون لها تكاليف أولية أعلى ويوجد سقف لكفاءة استخدام الطاقة حيث لم يعد الاسترداد من توفير الطاقة على مدى عمر المعدات أمراً جذابًا. وقد توجد حاجة إلى إجراء تحليل دقيق للتكاليف من أجل الفهم التام لتأثير تحسينات كفاءة استخدام الطاقة. وتكون هذه الأنواع من التحليلات مناسبة عند تحديد معيار الحد الأدنى لأداء الطاقة لأن العديد من مستويات كفاءة استخدام الطاقة تحتاج إلى تقييم مقارنةً بخط الأساس. ويمكن أن تستغرق هذه الدراسات أكثر من عام لاستنتاج فئة منتج واحدة.

16- معلومات عن التكاليف الرأسمالية والتشغيلية المرتبطة بالانتقال إلى خيارات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي في معدات التبريد التجارية المستقلة ووحدات التكثيف والنظام المركزي والموزع وأجهزة تكييف الهواء والمضخات الحرارية بالإضافة إلى مصفوفة التدخلات التقنية لتحقيق كفاءة أعلى في استخدام الطاقة والتكاليف، وتبين تقديرات التكلفة المصاحبة وجود مجموعة من العوامل تؤثر على التكاليف الإجمالية للانتقال إلى مواد تبريد بديلة تتمتع بقدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي وتحسين كفاءة استخدام الطاقة. وتلعب ممارسات التشغيل دورًا مهمًا في أداء المعدات بكفاءة في استخدام الطاقة.

17- توجد أيضًا مجموعة كبيرة من الفوائد المشتركة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة بالإضافة إلى انخفاض تكاليف الطاقة للمستهلك وتجنب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون وتجنب حمل الذروة مثل تجنب الوفيات والمراضة بسبب فقر الطاقة ومنافع الراحة وتجنب أكسيد الكبريت وانبعاثات أكاسيد النيتروجين والجسيمات وتجنب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بالإضافة إلى الفوائد الاقتصادية المباشرة. وقد تختلف تأثيرات انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في بيئات التشغيل والظروف الجوية المختلفة.

18- المعلومات التفصيلية عن التكاليف المرتبطة برصد تحسين كفاءة استخدام الطاقة والإبلاغ عنها غير متوفرة في التقرير، لم تقدم أي معلومات في هذه الوثيقة.

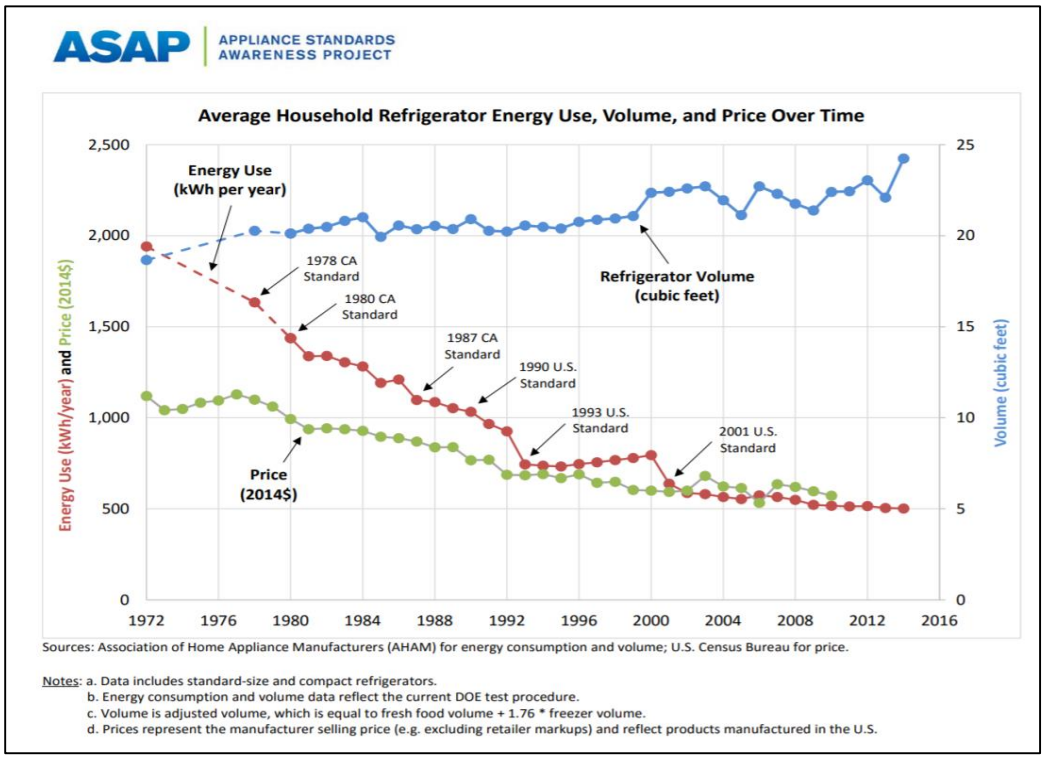
19- وأخيراً، تقدم الوثيقة معلومات متاحة حتى الآن، بشأن المشروعات الإيضاحية لإدخال تكنولوجيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي أثناء التخلص التدريجي من المواد الهيدروكلوروفلوروكربونية. علاوة على ذلك، نظرًا لعدم توفر نتائج المشروعات الاستثمارية المستقلة للتخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية المعتمدة وفقا للمقرر 3/78 (ز)، يتم تقديم قائمة بهذه المشروعات.

ثانيا- مقدمة لكفاءة استخدام الطاقة في سياق التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية واعتماد تقنيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي

20- على مر الزمن، ركز تنفيذ بروتوكول مونتريال على إزالة المواد المستنفدة للأوزون مما أدى إلى كفاءة استخدام الطاقة في المعدات والمنتجات أيضا.[4] وقدم الصندوق المتعدد الأطراف مساعدة مالية وتقنية لدعم أطراف المادة 5 في تحقيق أهدافهم المتعلقة بإزالة المواد المستنفدة للأوزون.

21- أثناء التخلص التدريجي من المواد الهيدروفلوروكربونية في قطاع التبريد المنزلي، تم التخلص التدريجي من الكلوفلوروكربون-12 إما باستخدام المادة R-600a أو الهيدروفلوروكربون- 134a. في البداية تم استخدام خلطات من الهيدروكربون ولكن أدى هذا إلى زيادة تكاليف الطاقة. وأصبحت المادة R-600a، ذات كفاءة أفضل في استخدام الطاقة، هي الخيار المفضل غير الهيدروفلوروكربون- 134a. واقتصر استخدام الهيدروفلوروكربون- 134a ذو كفاءة مماثلة في استخدام الطاقة ولكنه ذو قدرة أعلى على إحداث الاحترار العالمي، على المناطق التي تمثل فيها الشواغل الكبيرة بشأن القابلية للاشتعال والعوائق ذات الصلة عقبات كبيرة في السوق.

22- بذلت الصناعة جهودًا كبيرة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة عند التحول من الكلوفلوروكربون-12، من خلال تحسين تصميم الضاغط والنظام. وتحتوي الثلاجة العالمية لأفضل الممارسات في عام 2015 على انبعاثات غازات الدفيئة التي تقل بتسعة أضعاف عن ثلاجة الثمانينات النموذجية التي بيعت في بلدان غير بلدان المادة 5. ويتمتع سوق الثلاجة المنزلية بقدرة تنافسية عالية من حيث التكلفة ويستفيد من وفورات الحجم الهائلة من خلال الإنتاج الضخم. وتكلفة ثلاجة عام 2015 عالية الكفاءة أقل من حيث القيمة الحقيقية من نموذج الثمانينات (الشكل 1[5])



الشكل 1- متوسط استخدام الثلاجة المنزلية للطاقة وحجمها وسعرها في الولايات المتحدة الأمريكية

23- لا يزال التخلص التدريجي من الهيدروكلوروفلوروكربون- 22 مستمرًا في أطراف المادة 5.[6] وأدخل

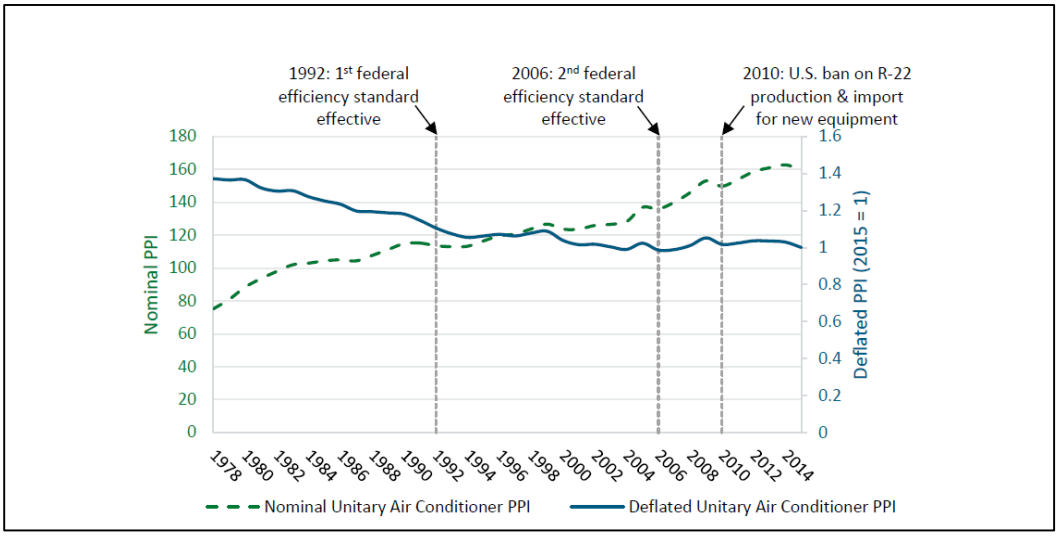
[4] تم شرح السياق في حاشية الفقرة 10 بالوثيقة

[5] الموقع الإلكتروني: https://appliance-standards.org/sites/default/files/refrigerator_graph_Nov_2016.pdf

[6] تتم إزالة الهيدروكلوروفلوروكربون-22 إلى حد كبير في تطبيقات تكييف الهواء في كل من التصنيع والخدمة.

الهيدروفلوروكربون 32 في العديد من البلدان. فيما أدخلت المادة R-290 في عدد قليل من البلدان، وتتمتع بميزة كفاءة استخدام الطاقة، ومع ذلك، أحد العوائق الرئيسية لاستخدام المادة R-290 في أجهزة تكييف هواء الغرفة هو معدل القابلية للاشتعال الذي يقيد استخدامها.

24- بين تطور أجهزة تكييف الهواء الأحادية بالولايات المتحدة منذ السبعينيات تحسنا مطردا في الكفاءة وفي الوقت نفسه حقق فعالية من حيث التكلفة على النحو المبين في الشكل 2. وخفضت الشركات المصنعة في الولايات المتحدة سعر أجهزة تكييف الهواء الأحادية المعدل حسب التضخم لأنظمة تكييف الهواء السكنية ذات الأنابيب المركزية (تكاليف الأجهزة فقط)[7]. وكان اتجاه انخفاض الأسعار متزامنًا مع إزالة المواد المستنفدة للأوزون، وكذلك زيادة معايير الكفاءة دوريا. وأسباب هذا الاتجاه معقدة، تشمل الابتكارات التكنولوجية وكفاءة التصنيع، وكذلك عوامل الاقتصاد الكلي المتعلقة بعولمة اتجاهات التصنيع وأسعار السلع الأساسية. ولم يرتفع سعر الجهاز المعدل بعد إدخال معايير الكفاءة أو زيادة المعايير. ولم تتفاعل الأسعار عكسياً مع حظر الهيدروكلوروفلوروكربون-22 في عام 2010.



الشكل 2- تكاليف معدات تكييف الهواء المركزية السكنية من عام 1978 حتي عام 2015 [غوتزلر وآخرون 2016]

25- في الوقت الحالي، يتم بيع مجموعة كبيرة من أجهزة تكييف هواء الغرف، التي تتراوح فيها معدلات كفاءة استخدام الطاقة من منخفضة جدًا إلى مرتفعة جدًا. ويرتبط مستوى كفاءة استخدام الطاقة قليلا بالسعة، أو سعر الشراء [شاه ، 2017، كويجبرس وآخرون، 2018]. ويتطلب تحسين أداء أجهزة تكييف هواء الغرف الاهتمام بالضاغط وشحن مادة التبريد وحجم المبادل الحراري. وأظهرت الدراسات التي أجريت على المادة R-290 والهيدروفلوروكربون- 32 والهيدروفلوروكربون-161 مقارنة بنظام الهيدروكلوروفلوروكربون- 22، أن نسبة كفاءة استخدام الطاقة لأجهزة تكييف هواء الغرف المحسّنة كانت في حدود 10 في المائة، بغض النظر عن مادة التبريد، بينما دون التحسين الكامل للنظام، تجاوزت الاختلافات في نسبة كفاءة استخدام الطاقة 10 في المائة.

26- في بعض البلدان، تستهلك أجهزة تكييف الهواء ما يصل إلى 70 في المائة من الطاقة الكهربائية المولدة بسبب الاستخدام المفرط للتبريد على مدار السنة تقريبًا ولمدة طويلة. ويدرك الجمهور العبء الذي يضيفه تكييف الهواء إلى وضعهم المالي، لذلك قد يكون أكثر استعدادًا للترحيب بالتدابير التنظيمية وغيرها لتخفيف هذا العبء من خلال استخدام أنظمة أكثر كفاءة تستهلك طاقة أقل. ليست هذه هي الحالة التي يتم فيها دعم المرافق، بحيث تكون تكلفة الطاقة للمستهلك منخفضة، مما يزيل أي عوائق لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في الأجهزة بما في ذلك الأجهزة التي سيتم تركيبها.

[7] يصور الخط الأخضر المنقط مؤشر أسعار المنتجين في حين يصور الخط الأزرق مؤشر أسعار المنتجين المعدل حسب التضخم. ويتم احتساب تسوية التضخم بقسمة سلسلة مؤشر أسعار المنتجين على مؤشر سعر المنتج المحلي الكلي التسلسلي لنفس السنوات وتطبيعها إلى عام 2015.

27- ويتمثل تحد آخر في نظام الفواتير الذي تستخدمه المرافق لعملائها السكنيين والتجاريين والصناعيين. يستخدم بعض البلدان معدل فوترة واحدًا على مدار ساعات اليوم، ولكنها تزيد السعر وفقًا لقوس الاستهلاك. ورغم أن أن هذا المخطط يمكن أن يعمل بشكل جيد للعملاء السكنيين، إلا أنه يعاقب العملاء التجاريين / الصناعيين الكبار الذين يشغلون مصانع أكبر وأكثر كفاءة مثل تبريد المناطق ما لم تؤخذ هذه المصانع في الاعتبار.

28- توصيف الطاقة للوحدات وبرامج الطاقة هو خطوة في الاتجاه الصحيح. معظم البلدان لديهم خطط لتوصيف الطاقة لأجهزة تكييف الهواء المنزلية ووحدات التبريد. ويتمثل أحد تحديات توصيف الطاقة وتحقيق معايير الطاقة بشكل عام في عملية الاختبار والتحقق للتأكد من صحة المستويات المذكورة وإتمام التحقق منها.

ثالثا- التدخلات الفنية المرتبطة ببقاء و/ أو تحسين كفاءة استخدام الطاقة

29- من أجل توفير التبريد أو التدفئة، تستهلك معدات وأنظمة التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية طاقة، هي في معظم الحالات، الكهرباء. وترتبط كمية الطاقة التي تستهلكها الوحدة بكمية حمولة التبريد/ التدفئة التي يجب توفيرها (كمية خدمة التبريد أو التدفئة) وبالطاقة اللازمة لتقديم هذه الخدمة. ستوفر وحدة أو نظام يتمتع بكفاءة أكثر في استخدام الطاقة نفس مقدار الخدمة لمستوى أقل من الطاقة المستهلكة.[8]

30- تعالج التحسينات في كفاءة استخدام المعدات للطاقة بشكل أفضل في وقت تصميم المعدات الجديدة وتصنيعها. ويمكن أن يدمج للمصمم ميزات توفير الطاقة المناسبة التي ستوفر فوائد متعددة تشمل:-

(أ) خفض انبعاثات غازات الدفيئة المرتبطة بالطاقة طوال عمر المعدات؛

(ب) وخفض تكاليف الطاقة، مما يوفر فوائد مالية جيدة للمستخدم النهائي؛

(ج) وخفض الطلب على الكهرباء إلى أقصى حد، مما يوفر فوائد مالية محتملة عن طريق تقليل الحاجة إلى توليد الكهرباء وقدرة التوزيع، وهو ما يتحول إلى انخفاض الاستثمار والوقود وتكاليف تشغيل مولدات الكهرباء.

31- يمكن تعظيم فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة باستخدام نهج متكامل صارم لتصميم واختيار أجهزة التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية. يشمل هذا النهج:

(أ) ضمان التقليل إلى أدنى حد من أحمال التبريد/ التدفئة؛[9]

(ب) واختيار مادة التبريد المناسبة؛

(ج) واستخدام مكونات وتصميم الأجهزة بكفاءة عالية؛

(د) وضمان التحكم والتشغيل الأمثل، في جميع ظروف التشغيل العامة؛

(هـ) وتصميم الميزات التي تدعم الخدمة والصيانة.

32- وتتم مناقشة كل متطلب من هذه المتطلبات الخمسة في الفقرات التالية.

ضمان التقليل من أحمال التبريد / التدفئة

[8] تعرف الوكالة الدولية للطاقة كفاءة استخدام الطاقة بأنها "طريقة إدارة وتقييد النمو في استهلاك الطاقة. يكون الشيء أكثر كفاءة في استخدام الطاقة إذا كان يوفر المزيد من الخدمات بنفس مدخلات الطاقة، أو نفس الخدمات بمدخلات طاقة أقل.

[9] يمكن أن يرتبط ذلك ارتباطًا مباشرًا بتصميم أكثر كفاءة في استخدام الطاقة للمعدات واختيارها، ولكن يجب أخذها في الاعتبار في نهج متكامل نظرًا لأهميتها في تقليل استهلاك الطاقة بشكل عام.

33- تستطيع إزالة أو تقليل الأحمال أن تقلل من استهلاك الطاقة بدرجة كبيرة مع الاستمرار في توفير المستوى المطلوب من قدرة التدفئة أو التبريد. وتشمل بعض أمثلة إجراءات تقليل الأحمال:

(أ) ميزات تصميم المباني التي تقلل من اكتساب حرارة الصيف (مثل، التظليل ومواد السقف العاكسة وموقع النوافذ والعزل)؛

(ب) ووضع أبواب على خزانات العرض المبردة للبيع بالتجزئة؛

(ج) والتبريد المسبق للمنتجات الساخنة قبل وضعها في الثلاجات (مثل، في مصنع للأغذية يستخدم مياه برج التبريد لتبريد منتج مطبوخ مسبقًا)؛

(د) وتقليل الحرارة الناتجة عن المواد المساعدة الكهربائية مثل مراوح المبخر أو مضخات المياه المبردة أو الإضاءة؛

(هـ) وتقليل الحمل الحراري للتخزين البارد مع تحسين العزل ومنع دخول الهواء الدافئ من الأبواب المفتوحة.[10]

34- قد يتطلب تخفيض الأحمال استثمارات إضافية، مثل، عزل إضافي أو اتجاه تظليل المبنى أو إضافة باب إلى حاوية العرض. ومع ذلك، قد يؤدي انخفاض حمل التبريد إلى بعض وفورات التكاليف الرأسمالية بسبب، على سبيل المثال، أنظمة التبريد ذات الحجم الأصغر وانخفاض معدل التوصيل الكهربائي.[11]

اختيار مادة *التبريد المناسب*

35- اختيار مادة التبريد عبارة عن مفاضلة بين الفوائد البيئية والسلامة وكفاءة دورة الديناميكية الحرارية وتصميم النظام والموثوقية والتكلفة. عادة ما يكون تأثير اختيار مادة التبريد على كفاءة استخدام الوحدات للطاقة صغيرًا نسبيًا، حيث يتراوح من +/- 5 إلى 10 في المائة. ويجب أن يختار المصممون أفضل مادة تبريد من منظور الكفاءة ولكن يجب عليهم أيضًا حل مجموعة كبيرة من مشكلات التصميم الأخرى. ومن المهم أيضًا ملاحظة أن التقنيات التي تؤدي إلى فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة المتاحة لغازات التبريد ذات القدرة العالية على إحداث الاحترار العالمي قد تنطبق أيضًا على لغازات التبريد ذات القدرة المنخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي.[12]

36- يوضح التحليل الديناميكي الحراري المبسط التأثير النسبي لمواد التبريد المختلفة على كفاءة الوحدة في استخدام الطاقة، الذي يمكن أن يساعد المصممين على إنشاء "قائمة مختصرة" للخيارات. ولتطبيق معين، سيوجد عدد محدود من مواد التبريد التي من المحتمل أن تكون في حدود ± 5 في المائة من مادة مواد (مواد) التبريد الأساسية من حيث أداء الطاقة. ويوفر التحليل الديناميكي الحراري نقطة بداية مفيدة ولكن من الضروري مراعاة الأداء "الواقعي"، الذي يعتمد على الطريقة التي تتفاعل بها مادة التبريد مع مكونات النظام المختلفة، وخاصة الضاغط والمبادلات الحرارية. ويمكن توضيح ذلك بمقارنة الهيدروكلوروفلوروكربون-22 والمادة R-410A للاستخدام في اجهزة تكييف هواء الغرف الصغيرة. ويبين التحليل الديناميكي الحراري مزايا كفاءة الهيدروكلوروفلوروكربون-22، ولكن تستخدم المعدات الأكثر كفاءة المتاحة حاليًا في السوق المادة R-410A. ويعكس هذا حقيقة أن مصنعي المعدات قد توقفوا عن البحث والتطوير لتحسين المعدات القائمة على الهيدروكلوروفلوروكربون-22 بعد بدء إزالة المواد الهيدروكلوروفلوروكربونية بموجب بروتوكول مونتريال. وتحتوي المعدات الحديثة القائمة على المادة R 410A على عدد من ابتكارات الكفاءة غير المتوفرة مع الهيدروكلوروفلوروكربون-22، مما يجعل كفاءة المادة R-410A أعلى. ويوضح التحليل الديناميكي الحراري للهيدروفلوروكربون-32 أنه يتمتع بميزة اعلى بحوالي 5 في المائة من

[10] التحجيم المنخفض. على سبيل المثال، يجب عدم اختيار ثلاجة منزلية أكبر من اللازم أو يجب عدم اختيار ثلاجة عرض أكبر من اللازم.

[11] غالبًا ما يكون تخفيض التكلفة بسبب انخفاض حمل التبريد.

[12] التكنولوجيات التي تسبب تحسينات كفاءة استخدام الطاقة قابلة للتطبيق بشكل عام أيضًا على مواد التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي

المادة R-410A لأجهزة تكييف الهواء للمباني الصغيرة.

37- وبالمقارنة مع الهيدروكلوروفلوروكربون-22، يبين تحليل دورة الديناميكية الحرارية للبروبان (R-290) فقدان معامل الأداء يتراوح بين - 2 في المائة إلى صفر في المائة حسب درجة حرارة التبخر. ومع ذلك، فإن السعة الحجمية للبروبان (R-290) أقل باستمرار من الهيدروكلوروفلوروكربون-22 بنحو 14 في المائة تقريبا. وأظهر اختبار الانخفاض للبروبان (R-290) في المعدات القائمة على الهيدروكلوروفلوروكربون-22 أن تحسن معامل الأداء تحسن نسبته 7 في المائة وتخفيض السعة نسبته 8 في المائة مقارنةً بالهيدروكلوروفلوروكربون-22 في ظروف التصنيف القياسية. ويعزى ذلك في المقام الأول إلى خصائص النقل المحسّنة للبروبان (R-290) مقابل الهيدروكلوروفلوروكربون-22. وبالتحسين الهندسي، تستطيع بدائل الهيدروكلوروفلوروكربون-22 مثل البروبان (R-290) أن تطابق أو تتجاوز أداء وحدات الهيدروكلوروفلوروكربون-22 الحالية مع زيادة في الكفاءة تصل إلى 10 في المائة.

38- أسفر برنامج تقييم مواد التبريد البديلة (AHRI AREP)[13] عن 67 تقريراً عن تقييم مواد التبريد البديلة ودراسة واحدة عن تقييم المخاطر المرتبطة باستخدام مواد التبريد A2L. وامتد أداء مواد التبريد البديلة إلى حدٍ بعيد بناءً على نوع الدراسة (الانخفاض أو التحسن البسيط)، والجهاز ومادة التبريد الأساسية. إجمالاً، تبين بدائل الهيدروكلوروفلوروكربون-22 أن لها نتائج مماثلة في أداء القدرة في حدود ± 10 في المائة ولكن الكفاءة تتراوح بين - 20 في المائة إلى - 5 في المائة مقارنة بخط الأساس للهيدروكلوروفلوروكربون-22. وأظهرت بدائل المادة R-410A قدرة وكفاءة تتراوح بين ± 15 في المائة وأظهرت بدائل المادة R-404A قدرة تتراوح بين - 20 في المائة إلى - 5 في المائة وتحسن الكفاءة يصل إلى 10 في المائة.

39- ركزت دراسات وزارة الطاقة في الولايات المتحدة الأمريكية على مكيفات الهواء المنفصلة ومكيفات الهواء المركبة ومددت التقييم إلى 55 درجة مئوية في الظروف المحيطة. وأظهرت الدراسة أن بدائل الهيدروكلوروفلوروكربون-22 المفلورة أدت إلى خسارة في القدرة بنسبة 3 في المائة إلى 14 في المائة وفقدان للكفاءة بنسبة 11 في المائة إلى 16 في المائة في حالة تصنيف تبلغ 35 درجة مئوية وفقدان القدرة بنسبة 3 في المائة إلى 14 في المائة وفقدان الكفاءة بنسبة 7 في المائة إلى 15 في المائة عند 55 درجة مئوية. ومع ذلك، أدى البروبان (R-290) إلى فقدان القدرة بنسبة 7 في المائة وتحسين الكفاءة بنسبة 11 في المائة عند درجة حرارة 35 درجة مئوية وفقدان القدرة بنسبة 10 في المائة وتحسين الكفاءة بنسبة 8 في المائة عند 55 درجة مئوية. وأظهرت بدائل المادة R-410A اختلافًا في القدرة يتراوح بين - 14 في المائة إلى 5 في المائة عند 35 درجة مئوية ومن - 3 في المائة إلى 13 في المائة عند 55 درجة مئوية، ويتراوح فرق الكفاءة بين ± 5 في المائة عند 35 درجة مئوية وما يصل إلى 6 في المائة عند 55 درجة مئوية.

40- ركزت الدراسات البحثية حتى الآن على أداء مواد التبريد البديلة ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي مقارنةً بتقنيات المواد المستنفدة للأوزون والهيدروفلوروكربون ذو القدرة العالية على إحداث الاحترار العالمي المستخدمة حاليًا. واستخدمت الدراسات المنتجات المتاحة مع "التحسين البسيط" لأجهزة الشحن والتوسعة. علاوة على ذلك، هناك حاجة إلى إجراء بحث لدراسة تأثير التحسين الكامل لمنتجات جديدة باستخدام بدائل ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي مع إدخال تغييرات على الضواغط والمبادلات الحرارية ومكونات أخرى.

استخدام مكونات وتصميم النظام عالي الكفاءة، وضمان التحكم والتشغيل الأمثل

41- تتكون معدات ضغط البخار في أجهزة التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية من عدد من المكونات الأولية (مثل، المبخر والمكثف والضاغط وصمام التمدد ومادة التبريد) والمكونات الثانوية (مثل، المراوح والمضخات وأبراج التبريد). ومن أجل تحقيق أقصى قدر من كفاءة استخدام الطاقة، من المهم: اختيار "تصميم النظام" المناسب الذي يحدد الترتيب العام للنظام ومستويات درجة حرارة التشغيل؛ واختيار المكونات الفردية التي يمكن أن تسهم في كفاءة النظام. ويمكن التعامل مع عناصر التحكم كعنصر آخر في نظام التبريد وتكييف الهواء

[13] برنامج تقييم مواد التبريد البديلة.

والمضخات الحرارية، لكن من المفيد للمصمم أن يعتبر التحكم في النظام وتشغيله مسألة منفصلة. وفيما يتعلق بالتكاليف، كقاعدة عامة، يمكن القول بأن تقنيات التحكم الفعالة تقدم استراتيجية فعالة من حيث التكلفة.

42- صممت المعدات لتحقيق نقطة تصميم رمزية، التي تمثل ذروة حمل التبريد خلال أكثر الظروف المحيطة المتوقعة سخونة.[14] ويمكن اعتبار نقطة التصميم هذه بمثابة "أسوأ حالة" حمل. وفي الواقع، تقضي معظم الأنظمة ساعات قليلة جدًا في السنة بالقرب من نقطة التصميم هذه. ومعظم الوقت، يكون حمل التبريد أقل عندما يكون الطقس أكثر برودة. وفي نظام محكم جيدًا، يجب تحسين كفاءة استخدام الطاقة بشروط بعيدة عن نقطة التصميم. على سبيل المثال، في الطقس البارد، يجب أن تنخفض درجة حرارة التكثيف، مما يؤدي إلى زيادة كبيرة محتملة في الكفاءة؛ وفي نظام سيء التحكم، لا تحدث هذه التحسينات، وقد تتدهور الكفاءة أكثر لأن الضواغط تعمل سعة حمل جزئية.

43- وفيما يلي أمثلة يمكن أن توضح تحسينات كفاءة استخدام الطاقة المتعلقة بتصميم النظم والمكونات والضوابط المحسنة:

(أ) التبريد عند مستوى درجة حرارة مناسب: لتحقيق أقصى قدر من الكفاءة، ينبغي أن توفر أنظمة التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية التبريد عند أقصى مستوى درجة حرارة ممكن. ويمكن أن يؤدي رفع درجة حرارة التبخر بمقدار 1 درجة مئوية فقط إلى تحسين الكفاءة بنسبة تتراوح بين 2 في المائة و 4 في المائة. والتصميم العام هو تجميع العديد من أحمال التبريد في نظام تبريد واحد، رغم اختلاف متطلبات درجة الحرارة لكل حمل. ويجب أن تتناسب درجة حرارة التبخر مع أبرد حمولة - مما يعني أن الأحمال الأكثر دفئًا يتم تبريدها بشكل غير فعال. ويمكن أن يكون تصميم النظام الذي يفصل الأحمال عند درجات حرارة مختلفة أكثر فاعلية للغاية، لكن هذا يأتي بتكلفة إضافية لأنظمة متعددة. ومثال آخر هو اختيار درجة حرارة الماء البارد داخل نظام تبريد الفضاء - باستخدام درجة حرارة أعلى يوفر كفاءة أفضل لنفس حمولة التبريد؛[15]

(ب) الضاغط: يدرس مصممو النظم عدد الضواغط الأمثل لكي يناسب الحمل المحدد. للأنظمة الصغيرة جدًا، يوجد ضاغط واحد دائمًا. ولكن للأنظمة الأكبر، قد يكون من الأفضل اختيار العديد من الضواغط الصغيرة بدلاً من ضاغط واحد كبير، مع إجراء مفاضلة بين التكلفة الرأسمالية الإضافية ووفورات الطاقة الناتجة. وهذا مهم بشكل خاص لدعم الكفاءة العالية في ظل ظروف التشغيل الجزئية. ويحتاج الضاغط إلى التحسين من أجل مادة التبريد المختارة والمدى ظروف التشغيل المتوقع (من حيث درجات حرارة التبخر والتكثيف). وقد يوجد اختلاف بنسبة 20 في المائة في الكفاءة بين ضاغطين من نفس الحجم والتكلفة. ويمكن أن يوفر الاختيار الجيد تحسينًا جيدًا للكفاءة بأقل تكلفة أو بدون تكلفة إضافية. وعندما تنخفض حمولة التبريد، على سبيل المثال، بسبب التغير في الظروف المحيطة، يحتاج الضاغط إلى التشغيل عند تحميل جزئي لأن الحمل أقل من نقطة التصميم الرمزية للنظام. وفي الأنظمة الصغيرة، يتم ذلك عن طريق التحكم في التشغيل والإيقاف وفي الأنظمة الكبيرة بموضع ضبط تحميل الضاغط، مثل تفريغ الأسطوانات للضاغطات الترددية أو الصمامات الانزلاقية للضواغط اللولبية. هذه طرق غير فعالة للغاية لتوفير التحكم في الحمل الجزئي. وتتيح التطورات الحديثة في محركات الأقراص ذات السرعة المتغيرة (محركات أقراص متغيرة السرعة (VSDs)[16] مثل العاكس) استخدام ضواغط متغيرة السرعة، التي يمكن أن تحسن الكفاءة بنسبة 25 في المائة في الغالب؛

(ج) اختيار المبادل الحراري: يجب أن يختار المصمم مبادلات حرارية بأدنى اختلاف عملي في درجات الحرارة لتحسين درجة حرارة التبخر (التي يجب أن تكون مرتفعة قدر الإمكان) ودرجة

[14] تم تصميم المعدات أيضًا حول نقطة تصميم رمزية تشمل نقطة تشغيل بأقصى قدر من الكفاءة.
[15] قد يتطلب ذلك مبادل حراري أكبر وأغلى.
[16] VSDs - محركات ذات سرعة متغيرة.

حرارة التكثيف (التي يجب أن تكون منخفضة قدر الإمكان).[17] وتم استعمال مبادلات حرارية بتصميم أنبوب وزعنفة مع أنابيب قطرها أصغر. والهدف من ذلك هو تحسين معدل توصيل الحرارة وكفاءة استخدام الطاقة، رغم أنه يجب أن يأخذ المصمم في الاعتبار تأثير انخفاضات الضغط العالي. وهذا يمكن أن يقلل من الحجم الداخلي للمبادل الحراري، مما يمكن من تقليل كمية غاز التبريد اللازمة. كما تم تطوير المبادلات الحرارية ذات القنوات الصغيرة وتوفير خيار تصميم آخر؛

(د) التحكم في ضغط المكثف: يوجد في العديد من أنظمة التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية "تحكم في ضغط الرأس" الذي يمنع ضغط المكثف من التعويم إلى الأسفل في الطقس البارد. ويمكن إلغاء استخدام هذه الضوابط أو تقليلها إلى أقصى حد من خلالها من خلال التصميم المحسّن. على سبيل المثال، باستخدام صمام التمدد الإلكتروني بدلاً من صمام التمدد الحراري، يمكن تقليل إعدادات التحكم في ضغط الرأس بدرجة كبيرة. ومن الممكن تحقيق وفورات في الطاقة تصل إلى حوالي 20 في المائة؛

(هـ) التحكم في المضخات والمراوح المساعدة: تستخدم العديد من الأنظمة المراوح لتدوير الهواء البارد أو المضخات لتدوير الماء البارد. تقليديا، كانت هذه الأجهزة بسرعة ثابتة مصممة لكي تناسب حمل التصميم الرمزي. والأحمال المساعدة على الجانب البارد لنظام التبريد وتكييف الهواء "تعمل ضعفين"، لأنها بالإضافة إلى تشغيل المضخة أو المروحة، فإنها تخلق حمولة حرارة إضافية يجب إزالتها بواسطة نظام التبريد. وعند التحميل الجزئي، يمكن أن تصبح هذه الأحمال المساعدة جزءًا كبيرًا غير متكافئ من إجمالي استهلاك الطاقة. وباستخدام محركات أقراص متغيرة السرعة (VSDs)، يمكن إبطاء المراوح والمضخات عند الحمل الجزئي.

44- يلخص الجدول 1 تحسينات الكفاءة لمجموعة من تحسينات تصميم المكونات من "حالة أساسية" ممثلة بأحد المعايير الدنيا لأداء الطاقة الأوروبية.

الجدول 1- خيارات تحسين الكفاءة ووفورات الطاقة الموازية بناءً على الظروف الأوروبية

الخيار	الوصف	التحسين من الحالة الأساسية (%)*	
		الحد الأدنى	الحد الأقصى
الحمل الاحتياطي	الحمل الاحتياطي المخفض[18]	2	2
الضواغط ذات الكفاءة	ضواغط دوارة على مرحلتين، ضواغط لولبية عالية الكفاءة مزودة بمحركات التيار المباشر**	6	19
العاكس/ السرعة المتغيرة	AC (التيار البديل)***، التيار البديل/ التيار المباشر (DC) أو الضواغط التي يقودها عاكس التيار المباشر	20	>25
المبادل الحراري ذو الكفاءة	مبادلات حرارية ذات كفاءة عالية، مبادلات حرارية حجمها أكبر	9	29
صمام التمدد	صمامات التمدد الثرموستاتي والإلكتروني	5	9
تسخين علبة المرافق	مدة وقوة تسخين علبة المرافق المخفضة	9	11

(*) لن يكون تحسين الكفاءة التراكمي للتدابير المتعددة مجموع المكونات الفردية.
(**) DC: التيار المباشر
(***) AC: التيار البديل

ميزات التصميم التي ستدعم الخدمة والصيانة

[17] يعد اختيار المبادل الحراري دائمًا عملية اختيار تقنية اقتصادية. وكلما كان المبادل الحراري المختار أكبر، كان تأثير الكفاءة أعلى.
[18] تستخدم الكهرباء فقط لإبقاء عناصر التحكم اللازمة نشطة، في انتظار تقديم خدمة النظام ولا يتأثر مستواه عمومًا بأي حمل تبريد.

45- عند دراسة المعدات الجديدة، يجب أن يدرس المصمم جانب الخدمة والصيانة ويقدم الميزات يمكن أن تساعد في ضمان كفاءة استخدام الطاقة الجيدة والمستمرة طوال عمر النظام. وتبدأ الخدمة والصيانة الصحيحتان بالتركيب والتشغيل المناسبين للمعدات. ويمكن أن تقلل ممارسات التركيب والتشغيل السيئة كفاءة المعدات في استخدام الطاقة إلى حدٍ كبير ولا يمكن استرداد هذه الخسائر طول بقية عمر الجهاز. ويمكن أن تساعد أنظمة المراقبة والتحكم الجيدة مشغل المصنع أو فني الصيانة في التحقق من الأداء وتصحيح أي أخطاء تهدر الطاقة. ومن الأفضل دائمًا تضمين العدادات وأجهزة الاستشعار كجزء من النظام الجديد بدلاً من إضافتها في وقت لاحق.

اعتبارات ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة

46- تفرض البيئة التي ترتفع فيها درجة الحرارة المحيطة مجموعة إضافية من التحديات على اختيار مواد التبريد وتصميم النظام وفرص محتملة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة. وتتأثر اعتبارات تصميم النظام للحفاظ على كفاءة استخدام الطاقة في ظروف ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة_باختيار مادة التبريد نظرا لخصائص الديناميكية الحرارية ومتطلبات السلامة بسبب زيادة الشحن وتوافر المكونات والتكلفة. وقد أظهرت الأبحاث التي أجريت حتى الآن في ظروف ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة مدى صلاحية بعض البدائل ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي لتقديم نتائج كفاءة استخدام الطاقة مقارنة بالتكنولوجيات الحالية. وتعمل الأبحاث الممولة من القطاع العام، بالإضافة إلى مبادرات القطاع الخاص، على تحسين التصميم من أجل تحقيق أقصى قدر من الكفاءة في هذه الظروف الصعبة.

47- أحد أكثر الوسائل فعالية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في ظل ظروف ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة_هو_زيادة حجم المكثف. ومع ذلك، يؤدي هذا إلى زيادة تكلفة شحن غاز التبريد وتكلفة النظام. وتوجد حاجة لدراسة تأثير الانتقال على القابلية للاشتعال والسمية وضغوط التشغيل. وتعمل هيئات تطوير المعايير والواعد على تحسين اعتماد الجيل الجديد من مواد التبريد البديلة ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي. ويلخص الجدول 2 أدناه الاعتبارات المختلفة بشأن تأثير ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة_على كفاءة استخدام الطاقة.

الجدول 2- اعتبارات مختلفة حول تأثير ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة على كفاءة الطاقة

الاعتبار	الوصف	تأثير ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة	تدابير خاصة
Refrigerant الاختيار	خصائص الديناميكية الحرارية وصفات القابلية للاشتعال	القرب من درجة الحرارة الحرجة يقلل من الكفاءة الحد من كمية شحن مادة التبريد الكبيرة	اختيار مادة التبريد
تصميم النظام	أحمال التبريد ودرجات حرارة التكثيف والضغوط	تؤدي أحمال التبريد الأكبر إلى أجهزة أكبر درجات حرارة التكثيف والضغوط الأعلى	اختبار النظام (ضغط الاندفاع والإحكام والتشغيل) لتوضيح سبب ارتفاع ضغط التشغيل، مع الحفاظ على الكفاءة
التصنيع	يحتاج التصميم والتركيب إلى توضيح سبب ارتفاع الضغط	ضرورة وجود تصميم خاص ومكونات خاصة لتلبية معايير كفاءة استخدام الطاقة في ظروف ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة	أن تحسن الشركات المصنعة المحلية التصميم وقدرات التصنيع باستمرار
الخدمة	ممارسات الخدمة في درجات حرارة وضغوط أعلى	خطر فشل النظام وفقدان الكفاءة	تدريب الفنيين
السلامة	القواعد	كميات مواد التبريد لكل مساحة مشغولة بسبب ارتفاع الأحمال الحرارية قيود بسبب زيادة الشحن	تقييم المخاطر

تحديات لفهم التكنولوجيات الموفرة للطاقة

48- إن المعدات والأنظمة الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة في قطاعات التبريد وتكيف الهواء والمضخات الحرارية متاحة بالفعل. على سبيل المثال، اكتشفت دراسة أجريت على كفاءة نماذج أجهزة تكييف الهواء المختلفة أن أفضل طرازات أجهزة تكييف الهواء المتاحة كانت أكثر كفاءة من متوسط الطرز الموجودة في السوق العالمية

بضعفين أو ثلاثة أضعاف. ويبين هذا وجود إمكانية كبيرة لتحقيق وفورات كبيرة في الطاقة باستخدام المعدات الموجودة بالفعل في السوق في قطاع التبريد وتكيف الهواء والمضخات الحرارية. ستقلل المعايير والعلامات الواعدة وأنواع أخرى من سياسات تحويل السوق (مثل الحوافز أو المشتريات أو الجوائز) من متطلبات الطاقة في البلدان التي تكون الطاقة فيها أعلى من سعرها بالفعل.

49- عادةً ما يكون للمنتجات عالية الكفاءة، ولكن ليس دائمًا، تكلفة أولية أعلى مقارنةً بالمنتجات منخفضة الكفاءة. ويعزى ذلك جزئيًا إلى أن الطُرز عالية الكفاءة تُباع غالبًا كمنتجات مميزة مضمنة بميزات أخرى غير الطاقة.[19] وتميل المنتجات عالية الكفاءة أيضًا إلى الحصول على مجموعة كبيرة من أسعار السوق مقارنةً بالمنتجات الأقل كفاءة. ويمكن أن يؤدي تطبيق معايير الكفاءة الصارمة بإفراط إلى رفع الأسعار بغير قصد، إن لم يتم ذلك بعناية، غالبًا مع تغييرات في الخطوات المتفق عليها مع الشركات المصنعة لأجهزة تكييف الهواء. ومن أجل تقليل آثار تدابير السوق غير الملائمة مثل المعايير الدنيا لأداء الطاقة، ينبغي تصميم هذه التدابير مع وضع هدف طويل الأجل في الاعتبار في جدول زمني يتماشى مع وتيرة تطوير التكنولوجيا ودورات الاستثمار في القطاع ذي الصلة.

50- وتندرج العوائق التي تحول دون اعتماد تدابير كفاءة استخدام الطاقة ضمن الفئات التالية: تقنية ومالية وسوقية ومعلوماتية ومؤسسية وتنظيمية وكفاءة الخدمة وغيرهم. ويرد وصف هذه العوائق وتدابير التخفيف في الجدول 3.

الجدول 3- التحديات التي تواجه استيعاب تكنولوجيات ووسائل موفرة للطاقة لإزالتها

العائق	الوصف	تدبير التخفيف	التنفيذ (سنوات)
تقني	قد لا تتوفر مرافق الاختبار لتقييم وقياس والتحقق من كفاءة استخدام الطاقة على الإطلاق، أو فقر الموارد أو القدرة الكافية لتلبية الطلب. وقد تفتقر الشركات المصنعة المحلية إلى القدرة التقنية لتصنيع معدات عالية الكفاءة. وقد تكون الملكية الفكرية عائقًا أمام تصنيع المكونات عالية الكفاءة	تركيب مرافق الاختبار المناسبة التدريب وبناء القدرات للمصنعين المحليين نقل التكنولوجيا للملكية الفكرية، أو تصميم برامج المشروعات المشتركة / البحث والتطوير التعاوني	3-1
مالي	تكلف المعدات ذات الكفاءة العالية عمومًا تكلفة لإنتاجها أكثر من المعدات ذات الكفاءة الأقل. وكثيرا ما يتم تجميع المكونات الفعالة مع ميزات أخرى وتباع بسعر أعلى.[20] وتلعب تكلفة توافر التمويل دورًا مهمًا	تمويل منخفض التكلفة، وبرامج خصم للمرافق، وبرامج الشراء بالجملة، ونوادي المشتريين وأنواع أخرى من برامج المشتريات	2-1
سوقي	قد يكون مشتري المعدات مختلفين عن مستخدمي المعدات، على سبيل المثال، في استئجار المساكن. ويمكن أن يمثل هذا عائقًا أمام شراء المعدات ذات الكفاءة العالية لأن الحافز لفعل ذلك غير متوفر للمشتري	حوافز لمشتري المعدات ذات الكفاءة	1-0,5
معلوماتي	قد لا تكون المعلومات المتعلقة بتوفر أو فوائد المعدات عالية الكفاءة متاحة للمستخدم النهائي. ويمكن أن تكون مقاييس كفاءة استخدام الطاقة تقنية أو يصعب فهمها. ويمكن معالجة هذا النوع من العوائق جزئيًا من خلال خطط التوصيف الإلزامية أو التطوعية أو التصنيف بالنجوم أو أنواع أخرى من برامج التثقيف والتوعية	برامج توصيف كفاءة استخدام الطاقة الإلزامية أو الطوعية، وحملات التوعية والتثقيف	1-0,5
مؤسسي/ تنظيمي	قد يوجد نقص في التشريعات الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة، أو عدم وجود إطار تنظيمي أو وجود إطار ضعيف، أو معايير ضعيفة أو غير قابلة للتنفيذ أو نقص في القدرة التقنية على تنفيذ الأنشطة المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة مثل المعايير أو التوصيف	سن التشريعات والأطر التنظيمية المناسبة، وتصميم مقياس مناسب للتقييم وآليات التحقق، وبناء قدرات الهيئات التنظيمية وصانعي السياسات، ومواءمة المعايير الدنيا لأداء الطاقة	4-2
كفاءة الخدمة	قد تتطلب المعدات عالية الكفاءة استخدام أحدث	برامج التدريب لفنيي الخدمة	3-1

[19] يتعلق جانب هام من تكاليف المنتجات عالية الكفاءة بارتفاع تكلفة المكونات.

[20] أظهرت الأبحاث أنه بمرور الوقت، ومع زيادة حجم الإنتاج، انخفضت أسعار المعدات الأكثر كفاءة في معظم الأسواق. ومع ذلك، في أي وقت معين، ستظل المعدات الأكثر كفاءة تميل إلى البيع بسعر أعلى، حتى إذا كان السوق ككل يميل نحو الكفاءة الأعلى.

العائق	الوصف	تدبير التخفيف	التنفيذ (سنوات)
	التكنولوجيات التي تتطلب مهارات فنية جديدة. وإذا وجدت فجوة في المهارات بين تلك اللازمة للمعدات المختارة وكفاءة مقدم الخدمة، قد لا يتم استخدام المعدات عالية الكفاءة		
أخرى	قد توجد تصورات خاطئة عن المنتجات عالية الكفاءة، التي قد تعاني من حيث الجودة و/ أو الصيانة أو معايير الأداء الأخرى[21]	برامج التوعية والتثقيف حول فوائد المعدات الموفرة للطاقة بما في ذلك فترات الاسترداد	1-0,5

رابعا- مشكلات التكلفة المتعلقة بالتكاليف الإضافية المصاحبة وفرص الاسترداد وتكاليف الرصد والتحقق

51- يتم توثيق الفوائد الاقتصادية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة بشكل جيد، وتختلف حسب نوع الجهاز والتطبيق والطقس والوقت والعوامل المحلية مثل معدلات الخصم وساعات الاستخدام وأسعار الكهرباء وخسائر النقل والتوزيع.[22]

52- فوائد تحسين كفاءة استخدام الطاقة التي تذكر كثيرا هي تحقيق وفورات في الطاقة والتكلفة وانبعاثات غازات الدفيئة، وفي حالة تبريد الفراغ، خفض الحمل الأقصى. سيضيف الانتقال إلى مواد التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي المزيد من هذه الوفورات.[23]

53- بالإضافة إلى ذلك، توجد حالات مراضة ووفيات يمكن تجنبها بسبب فقر الطاقة وتقليل أيام المرض وتحسين الراحة وتقليل التلوث (أكسيد الكبريت وأكسيد النيتروجين والجسيمات) وتجنب انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. ومن المقدر أن هذه الفوائد المشتركة يمكن أن توفر 75 في المائة إلى 350 في المائة إضافية لفوائد توفير الطاقة المباشرة لكفاءة استخدام الطاقة.[24]

منهجية لحساب تكاليف رأس المال والتشغيل

54- أنشأت أطراف مختلفة برامج تحويل السوق من أجل تعزيز كفاءة استخدام الطاقة بما في ذلك المعايير الدنيا لأداء الطاقة وبرامج التوصيف. على سبيل المثال، يستخدم كل من برنامج معايير الأجهزة والمعدات التابع لوزارة الطاقة الأمريكية والدراسات التمهيدية لتوجيهات التصميم الإيكولوجي للاتحاد الأوروبي تحليلًا هندسيًا "تصاعديا من القاعدة إلى القمة" استنادًا إلى جمع البيانات واختبارها ووضع نماذج للمعدات الأكثر كفاءة لتحديد تكلفة التصنيع الفعلية (مثل مقابل سعر التجزئة) من أجل تحسين الكفاءة. عادةً ما يستخدم هذا النهج "التصاعدي" برامج تصميم المعدات القياسية في الصناعة[25] وبيانات اختبار المعدات ذات الكفاءة العالية من أجل تحديد خيارات التصميم للمعدات ذات الكفاءة العالية من نموذج "حالة أساسية" يمثل كفاءة منخفضة أو متوسطة في السوق المعنية. وبعد ذلك، يتم إجراء دراسة استقصائية لتكاليف خيارات التصميم عالية الكفاءة هذه عن طريق إجراء مقابلات مع خبراء الصناعة والمصنعين وموردي المكونات من أجل إنشاء صورة لتكاليف المعدات ذات الكفاءة العالية.

55- تقدم هذه المنهجية "لقطة سريعة" لتكلفة تحسين الكفاءة في أي وقت محدد وستقدم تقديرا متحفظا (أي أعلى) لتكلفة تحسين الكفاءة. وفي الممارسة الفعلية، وجد أن أسعار المعدات ذات الكفاءة العالية تنخفض مع مرور الوقت في العديد من الأسواق حيث بدأ إنتاج معدات ذات كفاءة أعلى على نطاق واسع. ينطبق هذا بوجه خاص على المعدات

[21] "الموثوقية غير مؤكدة" لأن هذه المنتجات جديدة في السوق؛ قد يتردد من يقومون بالتركيب والعملاء وغيرهم في تطبيق التكنولوجيا الجديدة.

[22] قدرت إدارة معلومات الطاقة الأمريكية أن متوسط تكلفة الإنشاء للمولدات الجديدة في عام 2016 تبلغ حوالي 2000 دولار أمريكي لكل كيل وات، أي أكثر من ملياري دولار أمريكي لكل محطة كهرباء جديدة إذا تم تضمين تكاليف التمويل. https://www.eia.gov/electricity/generatorcosts/

[23] يمكن عمل ذلك بالتزامن مع إدخال منتجات عالية الكفاءة في استخدام الطاقة.

[24] إرج فورساتز وآخرون، 2014.

[25] على سبيل المثال، استخدم [فريدلي وآخرون2001] نموذج تصميم المضخة الحرارية الخاصة بمختبر أوك ريدج الوطني، مارك ف، الإصدار 95 د [ORNL، 1996؛ فيشر ورايس، 1983؛ فيشر وآخرون. 1988].

الصغيرة التي تنتج بكميات كبيرة حيث يمتص المصنعون بسرعة تكاليف التطوير الأولية ويحاولون الوصول إلى "نقاط سعر" معينة تساعدهم على بيع معداتهم.

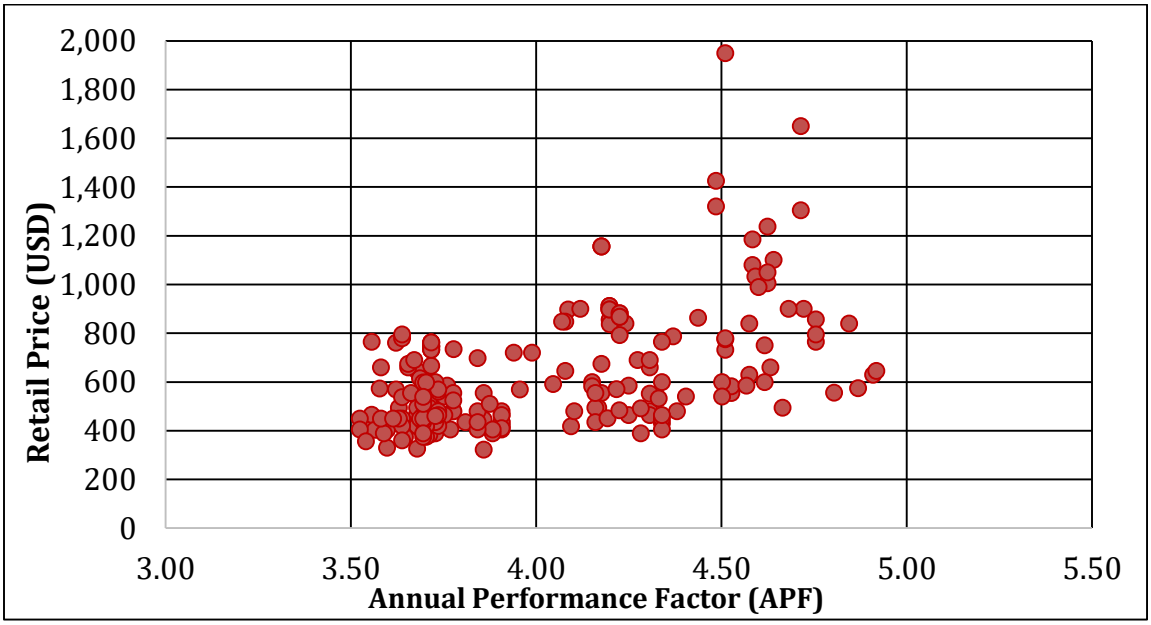
56- واستخدمت عمليات مماثلة أيضًا بدرجة محدودة لدعم عمليات معايير كفاءة استخدام الطاقة في بلدان مثل الصين والهند. رغم أنه يمكن استخدام هذه المنهجية بشكل عام لتقدير التكاليف التي يتحملها مصنعو صيانة و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة لكل من أطراف المادة 5 والأطراف غير أطراف بالمادة 5 التي تتمتع بالقدرة على التصنيع، من المرجح أن تكون التكاليف التي يتحملها المستهلك في صيانة و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة مماثلة لجميع الأطراف مع تكاليف الشحن الإضافية للأطراف المستوردين.

جمع البيانات

57- نظرًا لطبيعة العمليات التجارية، توجد بيانات محدودة متاحة علناً عن تكاليف رأس المال والتشغيل التي تتحملها الشركة المصنعة بسبب التحسينات في كفاءة استخدام الطاقة لمعدات التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية. علاوة على ذلك، تبين نظرة سريعة على أسعار التجزئة وكفاءة المعدات في السوق العالمية تباينًا كبيرًا في أسعار المعدات ذات مستويات الكفاءة المماثلة، مما يوضح أن أسعار التجزئة وحدها ليست مؤشراً جيدًا على تكلفة صيانة و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة في معدات جديدة.

58- وترد أدناه عدة أمثلة للبيانات التي تم جمعها من أجل تطوير المنهجية.[26]

(أ) أسعار التجزئة ليست كافية لفهم تكلفة صيانة و/ أو تعزيز كفاءة استخدام الطاقة: يقدم الشكل 3 مثالاً على وحدات أجهزة تكييف الهواء الصغيرة متغيرة السرعة ذات سعة تبريد قدرها 3,5 كيلو وات ومستوى كفاءة استخدام الطاقة حوالي 4,5 وات إلى وات (W/W) (تقاس وفقًا لمعيار عامل الأداء السنوي) في الصين.[27] وتتراوح أسعار التجزئة بين 500 و 2000 دولار أمريكي تقريبًا، بمعنى تباين قدره أربعة أضعاف (400 في المائة). يصح تأثير التباين الكبير في الأسعار عند مستوى كفاءة واحد لقدرات تبريد متعددة ومستويات كفاءة متعددة ولكلٍ من أجهزة تكييف الهواء ذات السرعة الثابتة والمتغيرة؛

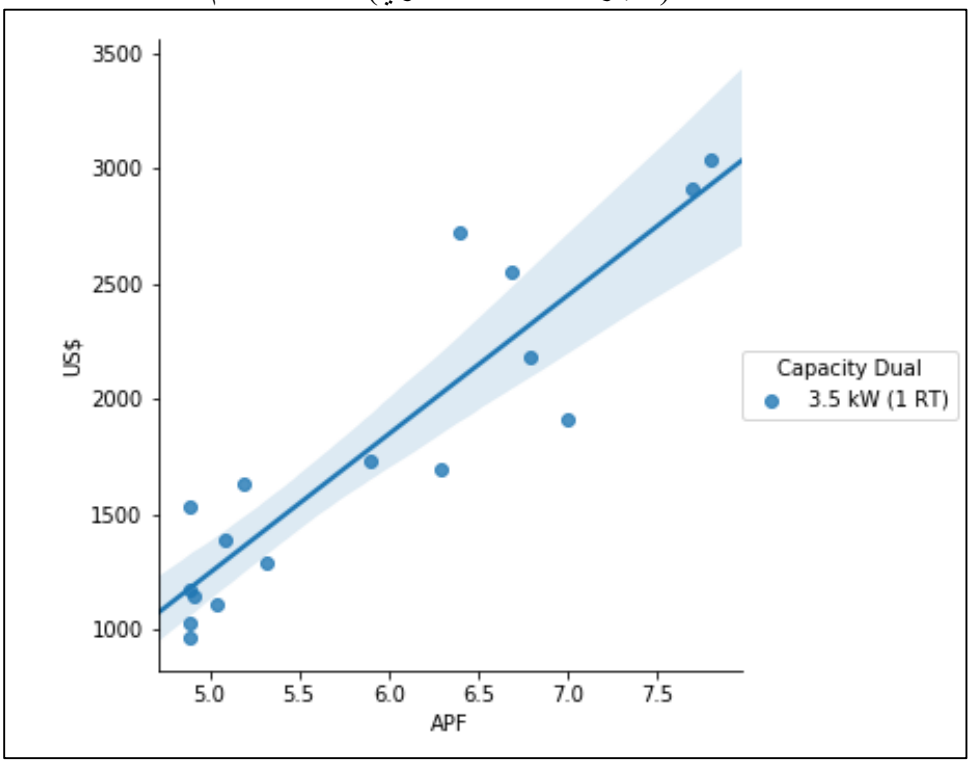


[26] قدم تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي منهجية لتقييم التكلفة استناداً إلى البيانات المجمعة على النحو الوارد في هذه الوثيقة.

[27] قاعدة بيانات IDEA الخاصة بمختبر لورنس بيركيلي الوطني وقاعدة بيانات المعهد الوطني الصيني للتوحيد القياسي.

الشكل 3- سعر التجزئة مقابل كفاءة أجهزة تكييف الهواء صغيرة الحجم بقدرة 3,5 كيلو وات في السوق الصينية.
المصدر: شاه وبارك وغيرك، 2017

(ب) يبين استعراض لسوق أجهزة تكييف الهواء في اليابان أن أجهزة تكييف الهواء الموجودة في السوق لديها نطاق أعلى من كفاءة استخدام الطاقة. ورغم وجود ارتباط أساسي قوي بين كفاءة استخدام الطاقة وسعر الوحدة، مازال يوجد تباين كبير في السعر عند مستوى كفاءة معين. ويصف الشكل 4 العلاقة المتبادلة بين السعر وكفاءة استخدام الطاقة لجميع الطرز ذات القدرة 3,5 كيلو وات التي تعمل بالهيدروفلوروكربون-32 كغاز تبريد. ويبلغ معدل زيادة الأسعار حوالي 603 دولار أمريكي لكل نقطة (معيار عامل الأداء السنوي) كفاءة استخدام الطاقة.



الشكل 4- دراسة استقصائية لسعر التجزئة مقابل كفاءة استخدام الطاقة في معيار عامل الأداء السنوي لجهاز تكييف الهواء مصغر منفصل في السوق اليابانية

(ج) التكاليف ووفورات الطاقة لمختلف خيارات تحسين الكفاءة: يوضح الجدول 4 خيارات تحسين الكفاءة لمختلف المكونات لجهاز تكييف الهواء صغير منفصل بقدرة 5,27 كيلووات مع وفورات الطاقة المتوقعة من نموذج "الحالة الأساسية" وتكاليفها الموازية لكل وحدة في الهند .

الجدول 4- خيارات تحسين الكفاءة ووفورات الطاقة وتكلفة التصنيع لجهاز تكييف الهواء صغير منفصل بقدرة **5,27 كيلووات في الهند**

التكنولوجيا	توفير الطاقة (%)	تكاليف التصنيع الإضافية (دولار أمريكي[28])
تحسين الضواغط	15.0 - 5.5	12.27 - 1.43
الضواغط ذوي السرعة المتغيرة	23.0 - 21.0	115.54 - 25.67
محركات متغيرة السرعة للمراوح والضواغط	26.0	134.79 - 44.93
تحسين المبادل الحراري	24.0 - 7.5	156.90 - 10.48
صمام التمدد	6.5 - 3.5	32.09 - 1.78

[28] دولار واحد = 70,11 النسبة الدولية المطبعة

(د) زيادة أسعار الكفاءة مع تغيير مواد التبريد أو بدون تغيرها: لعلامة تجارية صينية، كانت زيادة الأسعار لتحسين الكفاءة بحوالي 13- 15 في المائة لجهاز تكييف الهواء متغير السرعة بقدرة 3,5 كيلو وات باستخدام المادة R-410A حوالي 6 في المائة . ومع ذلك، عندما تم تحديث كل من الكفاءة وغازات التبريد (أي من 5 إلى 8 في المائة للتحسين ومن المادة R 410A إلى الهيدروفلوروكربون-32)، كانت زيادة الأسعار حوالي 11 في المائة.

تكلفة وفترة الاسترداد لمستويات كفاءة مختلفة للمستهلك

59- يوضح الجدول 5 تكلفة دورة الحياة (سعر التجزئة بالإضافة إلى تكلفة التركيب زائد تكلفة الطاقة على مدى عمر الجهاز) وفترة الاسترداد (الفترة الزمنية التي تستغرقها مدخرات الطاقة لكي تتجاوز تكلفة التركيب الأعلى) للمستهلك المحسوبة باستخدام المنهجية المذكورة أعلاه من وثيقة لوزارة الطاقة الأمريكية[29] بشأن وضع القواعد لأربعة مستويات من الكفاءة أعلى من المستوى الأساسي الذي يتم اعتباره لمكيف الهواء صغير الانقسام. مستويات الكفاءة الأعلى لها تكاليف تثبيت أعلى ، لكن تكاليف تشغيل أقل مدى الحياة. تشير البيانات إلى أنه في التطور التكنولوجي الحالي ، يوجد سقف للكفاءة عند هذه النقطة لن تؤدي وفورات الطاقة إلى استرداد التكلفة الأعلى المرتفعة خلال عمر الجهاز.

الجدول 5- التكلفة المثبتة وتكلفة دورة الحياة وفترة الاسترداد البسيطة للمستهلك من أجل مستويات كفاءة مختلفة لمكيفات الهواء الصغيرة الانقسام في الولايات المتحدة الأمريكية

وحدة القياس (W/W)	متوسط التكاليف (دولار أمريكي)			الاسترداد البسيط (سنوات)	متوسط مدى الحياة (سنوات)
	تكلفة التركيب	تكلفة التشغيل مدى الحياة	تكلفة دورة الحياة		
4.1 (أساس)	3,714	4,758	8,472	N/A	15.3
4.3	+38	-93	-55	4.5	15.3
4.4	+105	-189	-84	4.8	15.3
4.7	+259	-295	-36	8.2	15.3
5.6	+1,105	-602	+503	16.6	15.3

60- يوضح الجدول 6 توزيع تكاليف دورة الحياة لوحدات تكييف الهواء النموذجية بقدرة 5 كيلو وات على ثلاث مستويات من كفاءة استخدام الطاقة في الهند (نجمتان و3 نجوم و 5 نجوم)، وهو ما يمثل حوالي 90 في المائة من إجمالي السوق. مساهمة مادة التبريد في تكلفة دورة الحياة بسيطة (أقل من 1 في المائة). وتبلغ تكلفة دورة حياة الوحدات 2 و 3 و 5 نجوم 1,672 دولار أمريكي و 1,704 دولار أمريكي و 1,540 دولار أمريكي على التوالي. ويبين هذا أنه على الرغم من ارتفاع سعر النظام من نجمتين إلى 5 نجوم، إلا أنه يؤدي إلى توفير تكلفة دورة حياة صافية قدرها 131,22 دولار أمريكي.

الجدول 6- توزيع تكلفة دورة الحياة بالنسبة المئوية لجهاز تكييف الهواء بقدرة 5 كيلو وات يعمل بالمادة R-410A في الهند على مستويات كفاءة مختلفة[30]

النجوم	سعر النظام	سعر مادة التبريد	تكلفة التبريد	تكلفة الطاقة مدى الحياة
نجمتان	25.9	0.5	1.3	72.3
3 نجوم	30.9	0.5	1.3	67.4
5 نجوم	42.8	0.7	1.4	55.1

[29] الموقع الإلكتروني: https://www.regulations.gov/document?D=EERE-2014-BT-STD-0048-0098

[30] الشكل 2.15 من تقرير فرقة العمل بشأن قرار فريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي 10/29 الذي تم تحويله إلى جدول.

تكاليف رأس المال والتشغيل

معدات التبريد التجارية المستقلة

61- سوف يتطلب الانتقال من خيارات المواد الهيدروكلوروفلوروكربونية والهيدروفلوروكربونية ذات قدرة مرتفعة على إحداث الاحترار العالمي إلى خيارات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي بعض الاستثمار في التصنيع والمعدات. هذا صحيح بوجه خاص عندما يكون الانتقال إلى مواد التبريد القابلة للاشتعال مثل المادة A2L أو A3. وبشكل عام، تبين البيانات الميدانية أن التكلفة التي يتحملها المستهلك لنظام مستقل يعمل بالمادة R-290 يمكن أن تختلف من 0 إلى 5 في المائة على الأنظمة التقليدية. وغالبًا ما يمكن استرداد السعر الأعلى، إن وجد، مع انخفاض استهلاك الطاقة بواسطة هذه الأنظمة الأحدث.

62- ستختلف تكلفة تنفيذ أفكار تحسين الكفاءة الأخرى من صغيرة، كما في حالة الإضاءة الليد (LED)، إلى عالية للسرعة المتغيرة أو الضواغط عالية الكفاءة. وسيعتمد الاسترداد على تكلفة الكهرباء في المنطقة المعنية، ولكن نظرًا لأن معظم المناطق تنظم هذه الأنظمة، فمن المتوقع أن يتبنى السوق الطريقة الأقل تكلفة لتحقيق الحد الأدنى من الكفاءة المطلوبة.

63- سيؤدي الانتقال إلى خيارات مواد التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي إلى تحسينات في تكاليف التشغيل من صفر في المائة إلى 10 في المائة بناءً على مادة التبريد المختارة. ويمكن أن تخفض مادة التبريد R-290 تكلفة الكهرباء بنسبة تتراوح بين 5 و 10 في المائة مقارنة بالهيدروكلوروفلوروكربون- 22. وسوف تقلل تحسينات إضافية بالمراوح متغيرة السرعة والضواغط والإضاءة الليد (LEDs) وغير ذلك من الجهود من استهلاك الطاقة بناءً على التحسين الذي تم.

وحدات التكثيف

64- سيتطلب الانتقال من خيارات الهيدروكلوروفلوروكربون والهيدروفلوروكربون ذات القدرة العالية على إحداث الاحترار العالمي إلى خيارات ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي بعض الاستثمار في التصنيع والمعدات.[31] هذا صحيح بوجه خاص عندما يكون الانتقال إلى مواد التبريد القابلة للاشتعال مثل خلطات مادة التبريد A2L أو المادة A3. تقليل الحمل الحراري من خلال العزل الأفضل، خاصة في ثلاجات التبريد والمجمدات، واستخدام مصابيح LED، وبعض التحسينات الأخرى في الكفاءة هم انخفاض التكلفة الرأسمالية الأولى وتحقيق مكاسب في العائد طوال عمر الجهاز. مرة أخرى، الاسترداد هو دالة على التكلفة المحلية للكهرباء ويمكن أن يختلف من منطقة إلى أخرى. وتلعب اللوائح دورًا رئيسيًا في اعتماد تحسين الكفاءة.

65- من المتوقع أن يؤدي الانتقال من خيارات الهيدروكلوروفلوروكربون والهيدروفلوروكربون ذات القدرة العالية على إحداث الاحترار العالمي إلى خيارات ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي إلى خفض تكاليف الطاقة التشغيلية أو إبقائها ثابتة حسب اختيار مادة التبريد. ويعتبر الحد من الحمل الحراري من خلال العزل الأفضل، خاصة في مبردات التجميد والمجمدات واستخدام مصابيح LED بعض الأمثلة من طرق كفاءة استخدام الطاقة التي تؤدي إلى انخفاض استهلاك الطاقة، مما يؤدي إلى انخفاض تكاليف التشغيل.

الأنظمة المركزية والموزعة

66- برر الاقتصاد الذي يحركه السوق العديد من النظم المركزية والموزعة لاعتماد أساليب الكفاءة. وفي حالة أنظمة R-744، لكل من التعاقب دون الحرج وخاصة للأنظمة عبر الحرجة، حالت التكاليف الرأسمالية دون اعتمادها

[31] لا يتوقع أن يكون هذا مرتفعًا في حالة وحدات التكثيف لأن هذه المعدات غير مشحونة عمومًا بالمصنع. ربما يتم إجراء بعض التغييرات على التصميم، وقد تكون هناك حاجة لبعض مكونات السلامة وما إلى ذلك.

على نطاق واسع، خاصة في المناخات الدافئة. قارنت دراسة حديثة لمتجر صغير في أوروبا مع عشر حالات مبردة[32] المادة R-290 الموزع مع نظام ثاني أكسيد الكربون عبر الحرج. وكانت كفاءة نظام R-290 أفضل بنحو 5 في المائة على أساس سنوي وحوالي 25 في المائة أقل في تكلفة رأس المال من نظام ثاني أكسيد الكربون عبر الحرج. ومن أجل تحسين أداء نظام ثاني أكسيد الكربون، يمكن إضافة القاذفات أو الضواغط المتوازية ولكن تكلفة (الشراء) الأولية ستزداد.

67- في حالة أنظمة R-744، بالنسبة لكل من التعاقب دون الحرج ولا سيما للأنظمة عبر الحرجة، تكون تكاليف التشغيل ثابتة إلى أعلى قليلاً في حالة الحالات دون الحرجة، مقارنةً بالمادة R-404A. رغم أن بنية المادة R-290 يمكن أن تنجح لتصميم متجر صغير، سيكون من الصعب تبرير ذلك في متجر تكون فيه أنظمة التبريد أكبر كثيرا.

قطاع تكييف الهواء والمضخات الحرارية

68- توجد تكنولوجيات أثبتت أنها محايدة من حيث التكلفة، مثل تصميمات المبادلات الحرارية المتقدمة، والضواغط الدوارة، والضواغط الطاردة المركزية ذات السعة المتغيرة. وتوجد تكنولوجيات اخرى تسبب زيادة في التكلفة يمكن تقليلها بمرور الوقت بسبب وفورات الحجم، مثل المبادلات الحرارية للقنوات الصغرى وصمامات التمديد الإلكترونية، أو تظل كعنصر تكلفة استثنائية مثل ضواغط القدرة المتغيرة لأجهزة تكييف هواء الغرف الهواء المجمعة.

69- أوضحت الدراسات السابقة أنه يمكن استخدام خلطات الهيدروفلوروكربون/ الهيدروفلوروأوليفين الأقل قدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي بسهولة لكي تحل محل المادة R-410A مع بقاء أو تحسين أداء نظام التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية. ومع ذلك، لم تتمكن غازات التبريد والخلطات البديلة للهيدروكلوروفلوروكربون-22 الأقل قدرة على إحداث الاحترار العالمي من مطابقة الأداء بسرعة. وأظهرت دراسة لاحقة أجراها شن وآخرون عام 2017،[33] أنه بالتحسين الهندسي، تستطيع بدائل الهيدروكلوروفلوروكربون-22 أن تطابق أو تتجاوز أداء وحدات الهيدروكلوروفلوروكربون-22 الحالية مع زيادة في الكفاءة تصل إلى 10 في المائة.

70- يوضح الجدول 7 مثالاً من وثيقة وزارة الطاقة الأمريكية بشأن وضع قواعد التكاليف الرأسمالية للكفاءة الأعلى لأربع مستويات للكفاءة اعتبرت لتكييف الهواء المنفصل المصغر بواسطة صناعة الولايات المتحدة ككل.

الجدول 7- تكاليف تحويل رأس المال على مستوى الصناعة لمختلف مستويات الكفاءة (2015)[34]

وحدة القياس (W/W)	التكاليف الرأسمالية للتحويل (ملايين الدولارات الأمريكية)	الشحنات[35] (مليون وحدة/ سنة)
4.2	61.0	6.5
4.4	205.6	6.5
4.7	337.9	6.5
5.6	373.0	6.5

[32] الموقع الإلكتروني: http://www.emersonclimate.com/europe/en-eu/About_Us/News/Documents/FFR196-Emerson-Fact-sheet-Integral-Display-Case-Technology-EN-1711.pdf

[33] شين ب. وعبد العزيز وشريثا س. و إلاتار أ.، 2017 "تحسين نموذجي لأجهزة تكييف الهواء المجمعة الموضوعة على السطح باستخدام مواد تبريد ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي"، المجلة الدولية للتبريد، ISSN 0140-7007، متاحة على الموقع الإلكتروني: https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.10.028. Accessed 12 May 2018. حصل عليها في 12 مايو/ أيار 2018

[34] تتوافق المستويات القياسية للتجربة 1 و2 و3 و4 مع نسبة كفاءة الطاقة الموسمية التي تبلغ 14.5 و 15.0 و 16.0 و 0.19 وحدة حرارية بريطانية/ساعة/وات على التوالي لأجهزة تكييف الهواء المصغرة بحمولة 2 طن. تم تعريف هذه "المستويات القياسية للتجربة" بشكل مختلف لمختلف فئات المنتجات. (المصدر: وزارة الطاقة 2016).

[35] شمل إجمالي الشحنات لعام 2015 جميع أنواع أجهزة تكييف الهواء المركزية وأنظمة المضخات الحرارية التي يتم شحنها في الولايات المتحدة الأمريكية.

مصفوفة التدخلات الفنية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة والتكاليف المرتبطة بها

71- يعرض الجدول 8 أدناه ملخصاً لمصفوفة التدخلات الفنية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة والتكاليف المرتبطة بها.

جدول 8- ملخص مصفوفة التدخلات الفنية لتحقيق كفاءة استخدام الطاقة والتكاليف المرتبطة بها

نوع الجهاز	المكونات الأساسية	التدخلات الفنية	تحسين كفاءة استخدام الطاقة	التكاليف المرتبطة بها
الجميع	درجة حرارة التبخير	تحسين درجة حرارة التبخير إلى أقصى حد	تسبب كل درجة مئوية من 2 إلى 4 في المائة	منخفضة
الجميع	الضوابط	تحسين الضوابط	10- 50 في المائة	منخفضة - متوسطة
أجهزة تكييف هواء الغرف	المبادلات الحرارية	زيادة حجم المبادل الحراري، أو استخدام تصميمات متقدمة (أنابيب ذات قطر صغير أو مبادلات حرارية صغيرة)	9- 29 في المائة	منخفضة - متوسطة
	الضواغط	ضواغط دوارة على مرحلتين، وضواغط لولبية عالية الكفاءة مع محركات التيار المباشر	5-19 في المائة	متوسطة
		ضواغط العاكس التي يشغلها التيار البديل/ التيار المباشر	20- 30 في المائة	متوسطة
	صمام التمدد	صمام التمدد الثرموستاتي أو الإلكتروني	5- 9 في المائة	منخفضة
	الحمل البديل	الأحمال البديلة المخفضة	2 في المائة	منخفضة
أجهزة تكييف الهواء المجمعة والكبيرة	الضواغط	استخدام ضواغط متعددة لتحسين جزء من أداء الحمل	حتى 20 في المائة	متوسطة
	الضواغط	استخدام الضواغط التي التيار المباشر/ التيار البديل أو التيار المباشر يشغلها العاكس	20- 30 في المائة	متوسطة - عالية
	المبادلات الحرارية	زيادة حجم المبادل الحراري، أو استخدام التصميمات المتقدمة (أنابيب ذات قطر صغير أو مبادلات حرارية صغيرة)	9- 29 في المائة	منخفضة
	تسخين علبة المرافق	تحسين تسخين علبة المرافق	9- 11 في المائة	0
	-	كشف الأخطاء والتشخيص	حتى 30 في المائة	منخفضة
التبريد التجاري	التحكم في ضغط المكثف	تقليل التحكم في ضغط الرأس (استبدال صمامات التمدد الثرموستاتي بصمامات التمدد الإلكترونية)	حتى 20 في المائة	منخفضة
	الضواغط	ضوابط متغيرة السرعة أو ضوابط متغيرة السعة فعالة	حتى 25 في المائة	متوسطة
	Auxiliary fans and pumps	ضوابط متغيرة السرعة للمراوح والمضخات المساعدة	حتى 10 في المائة	منخفضة
	Other controls	التذويب عند الطلب وضوابط ضغط الشفط المعدلة.	حتى 10 في المائة	منخفضة
	Crankcase heating	تحسين تسخين علبة المرافق	9- 11 في المائة	0

خامسا- الفوائد البيئية فيما يتعلق بمكافئ ثاني أكسيد الكربون

72- في حين رغم أن تعديل كيغالي يركز على مواد التبريد الموفرة للطاقة،[36] تواصل الصناعة بالتوازي جهودها لتحسين كفاءة استخدام الطاقة من خلال إعادة تصميم النظام وتقليل الحمل من خلال تصميم المبنى المحسّن. ستؤدي هذه الإجراءات إلى تقليل شحن مادة التبريد في أنظمة تكييف الهواء، وتقليل انبعاثات مادة التبريد.

[36] هذا في سياق إزالة المواد الهيدروفلوروكربونية.

تأثير كفاءة استخدام الطاقة من الانبعاثات غير المباشرة

73- توجد العديد من المنهجيات التي تقدر إجمالي الانبعاثات من أي نظام. الأكثر شيوعًا هو تأثير الاحترار الكلي المكافئ[37] والأداء المناخي لدورة الحياة الذي يحاول قياس مقدار التأثير الكلي للاحترار العالمي من خلال تقييم أنظمة التبريد وتكيف الهواء والمضخات الحرارية أثناء حياتها من "المهد إلى اللحد".

74- وتأتي أكبر إمكانية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة من التحسينات في التصميم والمكونات، التي يمكن أن تسفر عن تحسينات في الكفاءة[38] تتراوح بين 10 و 70 في المائة مقارنة بنسبة تتراوح بين 5 و 10 في المائة لمواد التبريد في معظم الحالات. ويتطلب حساب انبعاثات دورة الحياة على الصعيد القطري أو الإقليمي العديد من الخطوات والافتراضات، مثل عمر المنتج واختيار مادة التبريد وتسربها، التي تتجاوز اعتبارات الفوائد البيئية من كفاءة استخدام الطاقة. ويمكن أن تختلف الفوائد البيئية من كفاءة استخدام الطاقة بعامل 1000 حسب ساعات الاستخدام وعامل الانبعاثات في توليد الكهرباء.

75- يشمل حساب الفوائد البيئية لكفاءة استخدام الطاقة في أجهزة التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية فيما يتعلق بمكافئ ثاني أكسيد الكربون الخطوات الثلاث التالية:

(أ) تحديد نوع الجهاز (على سبيل المثال، مكيف هواء مجزأ بدون قنوات، قدرة تبريد تبلغ 5,3 كيلو وات)، وتحديد استهلاك الطاقة في وحدة النموذجي الأساسي كدالة في السوق الحالية في البلد أو الإقليم أو الوحدات المصنعة بواسطة مرفق معين، وتحديد تحسين كفاءة استخدام الطاقة الذي سيتم تقييمه؛

(ب) حساب وفورات الطاقة لنموذج عالي الكفاءة كدالة لاستهلاك الطاقة في الوحدة الأساسية وساعات الاستخدام. تختلف ساعات الاستخدام اختلافًا كبيرًا حسب البلد والمناخ والتطبيق؛ في بعض الحالات، تحدد المعايير الوطنية ساعات الاستخدام كجزء من قياس كفاءة استخدام الطاقة (على سبيل المثال، يتم تعريف نسبة كفاءة استخدام الطاقة الموسمية في الهند باستخدام 1,600 ساعة من الاستخدام سنويًا). وقد يكون الأداء الفعلي للطاقة للمعدات المثبتة أقل من الكفاءة المصممة بسبب سوء التركيب أو الصيانة. ونظرًا لأن تحسين الكفاءة يتم مقارنته بوحدة الأساس، يفترض هذا النهج أن تدهور الأداء بسبب سوء التركيب أو الصيانة أو درجات الحرارة المرتفعة سيكون له تأثير مماثل على وحدة الأساس، لذلك يتم الحفاظ على توفير الطاقة النسبي. وفي حالة زيادة ساعات الاستخدام في حالة ارتفاع كفاءة الوحدة بسبب انخفاض تكاليف فاتورة الكهرباء، هو شكل من أشكال سلوك رد الفعل التلقائي، ستقلل وفورات الطاقة بسبب تأثير " رد الفعل التلقائي"؛

(ج) تحويل وفورات الطاقة إلى مكافئ ثاني أكسيد الكربون عن طريق ضربها في معامل انبعاث الاستخدام النهائي لتوليد الكهرباء. ويتم تشغيل أجهزة تكييف الهواء خلال أكثر الأوقات حرارة في اليوم، وتتزامن مع ذروة الطلب على الكهرباء؛ لهذا السبب، قد يكون استخدام عوامل "الانبعاثات الهامشية"، التي تمثل كثافة الكربون للمولدات التي تولد طاقة لتلبية الطلب الأقصى، أكثر دقة. وما إذا كانت كثافة الكربون للتوليد الهامشي أعلى أو أقل من عامل الانبعاثات السنوي تعتمد على تكوين الشبكة في البلد. ومع ذلك، بإضافة المزيد من الطاقة المتجددة، يكون الاتجاه نحو انخفاض عوامل الانبعاثات الهامشية.

[37] في بعض الأحيان، قد يتم تبسيط حساب أثر الاحترار المكافئ الكلي من خلال إهمال التأثيرات الأوسع نطاقًا بما في ذلك تصنيع مادة التبريد والمعدات والتخلص من مادة التبريد والمعدات بعد إيقاف التشغيل. وقد يكون تأثير هذه المكونات صغيرًا.

[38] عندما يشار إلى تحسينات كفاءة استخدام الطاقة في هذا التقرير، نقارن الطاقة التي يستخدمها تصميم محسّن بتصميم أساسي. على سبيل المثال، إذا كان النظام ألف يستخدم 10 وحدات طاقة ويستخدم النظام باء 8 وحدات، يوجد تحسن في الكفاءة بنسبة 20 في المائة.

76- في قطاع التبريد المنزلي، تتراوح الوفورات بسبب كفاءة استخدام الأجهزة للطاقة من 55 في المائة إلى 70 في المائة تقريبًا مع التكنولوجيات المتاحة حاليًا. ومن المفترض في هذه الحالة أن الثلاجات تعمل 24 ساعة يوميًا وأن ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة لا تؤثر على أداء الأجهزة، لأنها توضع داخل بيئات ذات درجة حرارة التي يتم التحكم فيها.

77- وفي حالة التبريد التجاري، توجد إمكانات عالية جداً لتوفير الطاقة. في بعض الحالات، كما هو الحال في أجهزة التجميد والتبريد مفتوحة الأبواب مقابل المغلقة، يمكن أن تتراوح الوفورات بين 70 و 80 في المائة. وفي حالة مجمدات الآيس كريم، تم قياس استهلاك الطاقة عند 25 درجة مئوية و 31 درجة مئوية. وزاد استهلاك الطاقة بنسبة 13 في المائة في ظروف ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة. ومع ذلك، كان استهلاك الطاقة لا يزال أقل كثيرا من الفريزر الرأسي غير الكفء.
ويدل هذا على أنه في ظروف ارتفاع درجة الحرارة في البيئة المحيطة أيضًا، يعد اختيار الجهاز أمرًا بالغ الأهمية.

78- يعرض الجدول 9 ملخصًا لتوفير الطاقة في وحدة كيلو وات للساعة (kWh) سنويًا لساعات محددة من استخدام أجهزة تكييف هواء الغرف وكفاءة استخدام الطاقة عند مستوى كفاءة استخدام الطاقة الخاص بالمنتج المحدد (مستوى كفاءة أعلى عند 10- 20 بالمائة وأعلى مستوى كفاءة هو 40- 50 بالمائة مقارنة باستخدام الطاقة في الوحدة الأساسية).

جدول 9- توفير الطاقة لوحدة تكييف هواء الغرف

الحالة*	تحديد استهلاك الطاقة في وحدة خط الأساس الخاصة بالمنتج وتحسين الكفاءة						حساب توفير الطاقة لكل وحدة لنماذج كفء	
	ساعات الاستخدام/ سنة	نوع الوحدة/ سعة التبريد (كيلو وات)	استخدام وحدات أجهزة تكييف الهواء الأساسية (كيلو وات للساعة/سنة)	كفاءة استخدام الطاقة الأعلى	أعلى كفاءة لاستخدام الطاقة	كفاءة استخدام الطاقة الأعلى (كيلو وات للساعة/سنة)	أعلى كفاءة استخدام الطاقة (كيلو وات للساعة/سنة)
حالة منخفضة جدا (أ) (ساعات منخفضة للغاية، عامل انبعاث كهربائي منخفض للغاية)	350	وحدة مجزأة/ 3-4 كيلو وات	266	20 في المائة	50 في المائة	53	133
حالة منخفضة (ب) (ساعات منخفضة، عامل انبعاث كهربائي منخفض)	1,200	وحدة مجزأة/ 3,5 كيلو وات	1,355	20 في المائة	50 في المائة	271	678
ساعات كثيرة (ج) (ساعات كثيرة، عامل انبعاث كهربائي متوسط)	2,880	وحدة مجزأة/ 3,5 كيلو وات	2,965	10 في المائة	40 في المائة	297	1186
عامل انبعاث مرتفع (د) (ساعات متوسطة، عامل انبعاث كهربائي مرتفع)	1,600	وحدة مجزأة/ 5,275 كيلو وات	1,300	10 في المائة	40 في المائة	130	520
أعلى حالة (هـ) (ساعات كثيرة، عامل انبعاث كهربائي مرتفع)	2,880	وحدة مجزأة/ 5,275 كيلو وات	5,759	25 في المائة	40 في المائة	1,440	2,304

(*) الحالات الخمس التي تمثل المواقف التي يمكن العثور عليها في السيناريو الفعلي للمناطق المناخية وعوامل الانبعاثات في جميع أنحاء العالم.[39]
(أ) ساعات الاستخدام للتبريد في أوروبا (Topten.eu)؛ استخدام وحدة الطاقة من Topten.eu بكفاءة (266 كيلو وات للساعة/ سنة) وأعلى كفاءة (122 كيلو وات للساعة/ السنة).
(ب) ساعات من الاستخدام واستهلاك الطاقة لوحدة مكيف الهواء الأساسية من شركة المتحدة للتقييم القطري للكفاءة للأرجنتين (ديسمبر/ كانون الأول 2016)؛ والنسبة المئوية للتحسن على أساس Topten.eu.
(ج) ساعات الاستخدام واستهلاك الطاقة في وحدة مكيف الهواء الأساسية من شركة المتحدة للتقييم القطري للكفاءة لتايلند (ديسمبر/ كانون الأول 2016)؛ والنسبة المئوية للتحسن على أساس أمثلة 3 نجوم و5 نجوم من مكتب كفاءة استخدام الطاقة في الهند؛ وعامل الانبعاث لتايلاند.
(د) ساعات الاستخدام واستهلاك الطاقة لوحدة مكيف الهواء الأساسية من معيار نسبة كفاءة الطاقة الموسمية الهندية ومستوى النجمة الواحدة من مكتب كفاءة استخدام الطاقة؛ والنسبة المئوية للتحسن على أساس 3 نجوم و 5 نجوم من مكتب كفاءة استخدام الطاقة في الهند أمثلة.
(هـ) ساعات الاستخدام 8 ساعات لمدة 360 يومًا؛ وحدة أساسية بقدرة 2,6 وات/ وات نسبة كفاءة الطاقة تم تحويلها إلى استهلاك للطاقة عن طريق تقسيم السعة على نسبة كفاءة الطاقة في عدد ساعات الاستخدام؛ المتوسط = 3,5 نسبة كفاءة الطاقة والأعلى = 4,5 نسبة كفاءة الطاقة.

79- وفي حالة المضخات الحرارية، يرد في الجدول 10 وفورات الطاقة لوحدة مضخة الحرارة في أربع حالات تمثل المواقف التي يمكن العثور عليها في السيناريو الفعلي للمناطق المناخية في جميع أنحاء العالم.

[39] يرد تأثير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي.

الجدول 10- وفورات الطاقة لوحدة مضخة حرارية

الحالة*	استخدام الوحدة للطاقة								تحسين كفاءة استخدام الطاقة (%)
	حالة أساسية				أفضل تكنولوجيا متاحة				
	مضخة حرارية (GJ)	دعم كهربائي (GJ)	المجموع (GJ)	المجموع (كيلو وات للساعة/ سنة)	مضخة حرارية (GJ)	دعم كهربائي (GJ)	المجموع (GJ)	المجموع (كيلو وات للساعة/ سنة)	
مناخ بارد وعامل انبعاث منخفض	12.31	7.97	20.28	5,633	12.62	2.6	15.22	4,228	25
مناخ بارد وعامل انبعاث متوسط	12.31	7.97	20.28	5,633	12.62	2.6	15.22	4,228	25
مناخ دافئ وعامل انبعاث متوسط	3.23	0.336	3.566	991	2.95	0.104	3.054	848	14
مناخ معتدل وعامل انبعاث مرتفع	8.08	2.48	10.56	2,933	6.42	0.4	6.82	1,894	35

(*) الحالات الأربع التي تمثل المواقف التي يمكن العثور عليها في السيناريو الفعلي للمناطق المناخية وعوامل الانبعاثات في جميع أنحاء العالم.[40]

80- في حالة تكييف الهواء المتنقل، استنادًا إلى تقرير عن بعض معايير الاقتصاد في استهلاك الوقود لسيارات الركاب التي تشمل اعتمادات لتكييف الهواء عالي الكفاءة، يتم تحديد تأثير انبعاثات غازات الدفيئة كمؤشر للفوائد المحتملة والنطاق من 0,9 جرام مكافئ ثاني أكسيد الكربون/ كم إلى 6,1 جرام مكافئ ثاني أكسيد الكربون / كم.

سادسا- مشروعات توضيحية لإدخال تكنولوجيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي ومشروعات استثمارية مستقلة للهيدروفلوروكربون

81- في اجتماعاتها الرابع والسبعين والخامس والسبعين والسادس والسبعين، وافقت اللجنة التنفيذية على ثلاث دراسات جدوى لتبريد المناطق)[41] و 17 مشروعاً لتوضيح تكنولوجيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي عملاً بالمقرر 5/25 والمقرر 40/72.[42]

82- يلخص الجدول 11 المعلومات المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة على أساس النتائج المتاحة من المشروعات الإيضاحية الموافق عليها وفقا للمقرر 40/72، باستثناء مشروعات قطاع خدمات التبريد.

[40] يرد تأثير انبعاثات ثاني أكسيد الكربون في تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي. وتتعلق المعلومات الواردة في جيجا جول (GJ) بالاستهلاك السنوي.

[41] الجمهورية الدومنيكية ومصر والكويت.

[42] تشمل: سبع مشروعات في قطاع التبريد وتكييف الهواء والتجميع (الصين وكولومبيا وكوستاريكا والكويت والمملكة العربية السعودية (مشروعان)، ومشروع عالمي (الأرجنتين وتونس) ومشروع إقليمي (غرب آسيا)؛ وست مشروعات في قطاع الرغوة (كولومبيا ومصر والمغرب والمملكة العربية السعودية وجنوب إفريقيا وتايلاند)، وثلاث في قطاع خدمة التبريد (جزر المالديف ومنطقة أوروبا وآسيا الوسطى ومشروع عالمي (منطقتي شرق إفريقيا البحر الكاريبي).

الجدول 11- دراسات الجدوى والمشروعات الإيضاحية لإدخال تكنولوجيات منخفضة القدرة على إحداث الاحترار العالمي

البلد	عنوان المشروع (الرمز)	التمويل (دولار أمريكي)*	الاجتماع	تحديث بشأن التقدم المحرز في التنفيذ
القطاع الفرعي للتبريد وتكييف الهواء والتجميع				
الصين	مشروع توضيحي لوحدة ضغط برغي الأمونيوم القابلة للتحويل ذات التردد شبه المحكم في صناعة التبريد الصناعي والتجاري في شركة فوجيان سنومان المحدودة (CPR/REF/76/DEM/573)	1,026,815	82	ذكر التقرير أن معامل أداء[43] النظام الجديد الذي صمم في المشروع الذي يتمتع بقدرة تبريد قدرها 56,7 كيلو وات و 167,1 كيلو وات و 216,3 كيلو وات هو 1,57 و 1,63 و 2,94 على التوالي.
كولومبيا	توضيح المادة HC-290 (البروبان) كغاز تبريد بديل في تصنيع أجهزة تكييف الهواء التجارية في شركة Industrias Thermotar ltd (COL/REF/75/DEM/97)	500,000	81	يذكر التقرير أن جهاز الوحدة المجزأة 5 R-290 TR[44] (ضاغط التمرير R-290) يستهلك طاقة أقل بنسبة 13.1٪ (كيلووات للساعة) من وحدة R-410A المماثلة.
كوستاريكا	عرض توضيحي لتطبيق نظام التبريد بالأمونيا / ثاني أكسيد الكربون بدلاً من الهيدروكلوروفلوروكربون-22 للمنتج بحجم متوسط ومتجر البيع بالتجزئة لشركة Premezclas Industriales S.A. (COS/REF/76/DEM/55)	524,000	82	ذكر التقرير النهائي أن مقارنة متوسط الفواتير الشهرية لشهر أكتوبر / نوفمبر 2017 (قبل تثبيت نظام التبريد الجديد) ويناير / فبراير 2018 (بعد تثبيت نظام التبريد الجديد) يدل على أن متوسط الفواتير الشهرية انخفض بنسبة 10.23 في المائة. وكان من المتوقع أن ينمو هذا الانخفاض في الاستهلاك بعد استقرار النظام وتحسين ممارسات التشغيل إلى حوالي 20 في المائة.
المملكة العربية السعودية	مشروع توضيحي لدى مصنعي أجهزة تكييف الهواء لتطوير مكيفات الهواء بالنوافذ والمجمعة باستخدام مواد تبريد ذات قدرة منخفضة على إحداث الاحترار العالمي (SAU/REF/76/DEM/29)	1,300,000	83	أظهرت نتائج المشروعات الإيضاحية أن معدل كفاءة الطاقة للهيدروفلوروكربون-32 أعلى والمادة R-290 مقارنة بالمادة R-410A عند 52 درجة مئوية؛ ينخفض معدل كفاءة الطاقة لجميع غازات التبريد عندما ترتفع درجة الحرارة في الهواء الطلق من 35 إلى 52 درجة مئوية.
المملكة العربية السعودية	مشروع توضيحي عن تعزيز مواد التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي المعتمدة على الهيدروفلوروأوليفين لقطاع تكييف الهواء في درجات الحرارة المحيطة العالية (SAU/REF/76/DEM/28)	796,400	غير متوفر	
الترويج الإقليمي لغازات التبريد ذات القدرة المنخفضة على إحداث الاحترار العالمي لقطاعات تكييف الهواء في البلدان ذات درجات الحرارة المحيطة العالية – المرحلة الثانية (PRAHA-II)	تعزيز غازات التبريد البديلة في تكييف الهواء للبلدان ذوي درجات الحرارة العالية في البيئات المحيطة في غرب آسيا (PRAHA-II) (ASP/REF/76/DEM/59 and 60)	700,000	غير متوفر	
قطاع الرغوة				
كولومبيا	مشروع توضيحي للتحقق من صحة استخدام الهيدروفلوروأوليفينات للألواح المتصلة في أطراف المادة 5 من خلال تطوير تركيبات فعالة من حيث التكلفة (COL/FOA/76/DEM/100)	248,380	81	لم يتم الإبلاغ مباشرة عن النتائج المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة؛ ومع ذلك، أظهرت النتائج أن مستويات قابلية للتوصيل الحراري للتركيبات التي تستخدم عامل الإرغاء المشارك الهيدروفلوروأوليفين-1233zd (E) و الهيدروفلوروأوليفين 1336mzz

[43] COP - معامل الأداء.

[44] TR - طن تبريد.

البلد	عنوان المشروع (الرمز)	التمويل (دولار أمريكي)*	الاجتماع	تحديث بشأن التقدم المحرز في التنفيذ
القطاع الفرعي للتبريد وتكييف الهواء والتجميع				
				(Z)) مع الماء كانت مماثلة للتركيبات القائمة على الهيدروكلوروفلوروكربون-141ب.
مصر	توضيح خيارات منخفضة التكلفة للتحويل إلى تكنولوجيات غير مستنفدة للأوزون في رغاوي البولي يوريثان عند صغار المستخدمين (EGY/FOA/76/DEM/129)	295,000	83	لم يقدم التقرير معلومات عن كفاءة استخدام الطاقة في المعدات.
المغرب	توضيح استخدام تكنولوجيا رغوة البنتان منخفضة التكلفة للتحويل إلى تكنولوجيات غير مستنفدة للأوزون في رغاوي البولي يوريثان في المؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم (MOR/FOA/75/DEM/74)	280,500	غير متوفر	
المملكة العربية السعودية	مشروع توضيحي لإزالة المواد الهيدروكلوروفلوروكربونية باستخدام الهيدروفلوروأوليفين كعامل إرغاء للرغوة في تطبيقات رغوة الرش في درجات الحرارة العالية في البيئة المحيطة (SAU/FOA/76/DEM/27)	96,250	غير متوفر	
جنوب أفريقيا	مشروع توضيحي بشأن المزايا التقنية والاقتصادية للحقن بمساعدة الفراغ في مصنع الألواح المتقطعة الذي تم تعديله من الهيدروكلوروفلوروكربون-141ب إلى البنتان (SOA/FOA/76/DEM/09)	222,200	81	لم يتم الإبلاغ مباشرة عن النتائج المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة؛ ومع ذلك، تظهر النتائج مستويات توصيل حراري مماثلة للهيدرةكلوروفلوروكربون141ب.
تايلاند	مشروع توضيحي في شركات نظم الرغوة لصياغة البوليول المخلوط مسبقًا لتطبيقات رغاوي البولي يوريثان بالرش باستخدام عامل إرغاء منخفض القدرة على إحداث الاحترار العالمي (THA/FOA/76/DEM/168)	352,550	83	لم يتم الإبلاغ مباشرة عن النتائج المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة؛ ومع ذلك، أظهرت النتائج أن مستويات قابلية التوصيل الحراري للتركيبات التي تستخدم عامل الإرغاء المشارك الهيدروفلوروأوليفين-1233zd (E) و الهيدروفلوروأوليفين 1336mzz (Z) مع الماء كانت لها قابلية توصيل حراري أعلى على الهامش. ويمكن أن يتغير هذا مع تحسينات التركيبات.
دراسة جدوى لتبريد المناطق				
الجمهورية الدومنيكية	دراسة جدوى لتبريد المناطق في بونتا كانا (DOM/REF/74/TAS/57)	91,743	81	كانت كفاءة استخدام الطاقة فائدة رئيسية من المشروع والمكاسب الفعلية في كفاءة استخدام الطاقة غير متوفرة. **
مصر	دراسة جدوى لتبريد المناطق في القاهرة الجديدة (EGY/REF/75/TAS/127 and 128)	27,223	82	تحتوي التقارير على الجدوى الفنية والاقتصادية لتكوينات تبريد المناطق وحسابات الإرجاع. المكاسب الفعلية في كفاءة استخدام الطاقة غير متوفرة. **
الكويت	دراسة جدوى تقارن ثلاث تكنولوجيات من نوع آخر لاستخدامها في تكييف الهواء المركزي (KUW/REF/75/TAS/28 and 29)	27,223	82	تحتوي التقارير على الجدوى الفنية الاقتصادية لترتيبات تبريد المناطق وحسابات الإرجاع. والمكاسب الفعلية في كفاءة استخدام الطاقة غير متوفرة. **

* لا تشمل هذه القيمة أموال إعداد المشروع وتكلفة دعم الوكالة.

** تذكر تقرير فرقة العمل التابعة لفريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي أن أنظمة تبريد المناطق تقلل من الطلب على الطاقة بنسبة 55 إلى 62 في المائة مقارنة بأنظمة تكييف الهواء التقليدية وتستهلك 40 إلى 50 في المائة طاقة أقل

83- يسرد الجدول 12 المشروعات الاستثمارية العشر المستقلة للهيدروفلوروكربون المعتمدة حتى الآن. وعلى الرغم من أن التقرير الخاص بأداء كفاءة استخدام الطاقة للمعدات المعاد تصميمها مطلوب في التقرير النهائي، إلا أن نتائج هذه المشروعات غير متوفرة حتى الآن.

الجدول 12- المشروعات الاستثمارية المستقلة للهيدروفلوروكربون المعتمدة حتى الآن

البلد	الوكالة	عنوان المشروع
الأرجنتين	اليونيدو	مشروع تحويل لاستبدال الهيدروفلوروكربون- 134a إلى غاز التبريد القائم على إيزوبيوتان (R-600a) / بروبان (R-290) في صناعة معدات التبريد المنزلية والتجارية في شركات بريكيت وبومباي ومابي - كيرونين
بنغلاديش	اليوئنديبي	التحويل من الهيدروفلوروكربون- 134a إلى أيزوبوتان كغاز تبريد في تصنيع الثلاجات المنزلية ومن الضاغط الترددي للهيدروفلوروكربون- 134a إلى الضاغط الموفر للطاقة (أيزوبيوتان) في شركة والتون هاي – تك الصناعية المحدودة
الصين	اليوئنديبي	التحويل من المادة C5 + الهيدروفلوروكربون- 245fa إلى المادة C5 + الهيدروفلوروأوليفينات في إحدى شركات تصنيع الثلاجات المنزلية (Hisense Kelon)
الجمهورية الدومنيكية	اليوئنديبي / كندا	تحويل خط تصنيع الثلاجات التجارية في شركة فاركو، من الهيدروفلوروكربون- 134a والمادة R-404A إلى البروبان (R-290) كغاز تبريد
الأردن	اليونيدو	تحويل منشأت تصنيع وحدات تكييف الهواء الكبيرة ذات السقف الوحدوي التجارية التي تصل قدرتها إلى 400 كيلووات من المواد الهيدروفلوروكربونية (R134a و R-407C و R-410A) إلى البروبان R290 كغاز تبريد في شركة Petra Engineering Industries Co.
لبنان	اليونيدو	التحويل من الهيدروفلوروكربون- 134a و الهيدروفلوروكربون- 404A إلى المادتين R-600a و R-290 في التبريد المنزلي في شركة Lematic Industries
المكسيك	اليونيدو	تحويل صناعة التبريد التجاري في منشأتين من استخدام الهيدروفلوروكربون- 134a والمادة R-404A كغازات تبريد إلى البروبان (R 290) والإيزوبوتان (R-600a) في شركة Imbera
المكسيك	اليوئنديبي / كندا	تحويل مرفق تصنيع التبريد المحلي من الهيدروفلوروكربون- 134a إلى أيزوبيوتان كغاز تبريد وتحويل منشأة تصنيع الضواغط من المعتمدة على الهيدروفلوروكربون- 134a إلى أيزوبيوتان في شركة Mabe Mexico
تايلند	البنك الدولي للإنشاء والتعمير	التحويل من الهيدروفلوروكربون إلى البروبان (R-290) والإيزوبوتين (R-600a) كغازي تبريد في تصنيع أجهزة التبريد التجارية في شركة Pattana Intercool Co.
زمبابوي	اليوئنديبي / فرنسا	التحويل من الهيدروفلوروكربون- 134a إلى الأيزوبوتان في تصنيع الثلاجات المنزلية في شركة كابري

التوصية

84- قد ترغب اللجنة التنفيذية في النظر في ملخص تقرير فريق التكنولوجيا والتقييم الاقتصادي عن المسائل المتعلقة بكفاءة استخدام الطاقة فيما يخص المسائل المحددة في المقرر 83/82 (هـ) (المقرر 83/82 (و)) الوارد في الوثيقة UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/42 أثناء مداولاتها المتعلقة بطرق تفعيل الفقرة 22 من المقرر 2/XXVIII، والفقرتين 5 و 6 من المقرر 5/XXX.

المرفق الأول

مسرد المصطلحات المستخدمة في هذه الوثيقة

APF: عامل الأداء السنوي (انظر نسبة كفاءة الطاقة الموسمية)

Coefficient of performance (**COP**) وأحيانا **CP** أو **CoP**: معامل الأداء، بالنسبة لمضخة التدفئة أو الثلاجة أو نظام تكييف الهواء، هي نسبة من التدفئة أو التبريد المفيدة مقدمة للعمل اللازم. تعادل معاملات الأداء العالية انخفاض تكاليف التشغيل.

Cooling capacity: قدرة التبريد: مقياس لقدرة النظام على إزالة الحرارة. وتقاس بالكيلو وات أو وحدة حرارية بريطانية/ ساعة، أو طن التبريد، حيث أن 1 طن تبريد = 3.5 كيلو وات = 12,000 وحدة حرارية/ ساعة.

Cooling/heating load: حمل التبريد / التدفئة: مقدار الطاقة اللازمة للتسخين أو التبريد إلى مستوى الخدمة المطلوب. وتحسين العزل في المبنى هو استراتيجية لتقليل حمل التدفئة والتبريد مع توفير نفس المستوى من الراحة للساكن.

Coefficient of Performance (COP): معامل الأداء: يعرف معامل الأداء بأنه النسبة بين قدرة التبريد والطاقة التي يستهلكها النظام. ويستخدم معامل الأداء أيضًا للمضخات الحرارية ويعرف في هذه الحالة بأنه النسبة بين قدرة التدفئة والطاقة التي يستهلكها النظام.

CSPF: عامل أداء التبريد الموسمي (انظر نسبة كفاءة الطاقة الموسمية).

Design efficiency: كفاءة التصميم: أداء الطاقة للمعدات حسبما صممت أو شحنت، مثل كفاءة لوحة التهوية.

Energy Efficiency (EE): كفاءة استخدام الطاقة: تعد كفاءة استخدام الطاقة سمة من سمات الجهاز أو العملية، وقد تكون عالية أو منخفضة.

Energy Efficiency Ratio (EER): نسبة كفاءة استخدام الطاقة: هي نسبة نتاج التبريد مقسومة على التزويد بالطاقة الكهربائية عند قياسها عند التحميل الكامل (أي، عند أقصى سعة تبريد أو نقطة التصميم) وتقاس بوات/ وات (W / W) أو وحدة حرارية بريطانية/ ساعة/ وات (1 وات = 3.412 وحدة حرارية بريطانية/ ساعة).

Energy performance: أداء الطاقة: مقدار الطاقة الذي يستهلكه جهاز أو نظام لأداء مستوى معين من الخدمة. وتحسينات أداء الطاقة المشار إليها في هذا التقرير، تقارن الطاقة المستخدمة بواسطة تصميم محسّن مع تصميم أساسي. على سبيل المثال، إذا كان النظام ألف يستخدم 10 وحدات طاقة ويستخدم النظام باء 8 وحدات، يوجد تحسن في الكفاءة بنسبة 20 في المائة.

HSPF: عامل أداء التسخين الموسمي: (انظر نسبة كفاءة الطاقة الموسمية)

Installed efficiency: الكفاءة الموضوعة: أداء طاقة المعدات حسبما ركب.

ISEER: نسبة كفاءة استخدام الطاقة الموسمية الهندية.

Kilowatthour (kWh): كيلو وات للساعة: مقياس الكهرباء الذي يُعرَّف كوحدة عمل أو طاقة، تُقاس بأنه 1 كيلو وات (1,000 وات) من الطاقة المستهلكة لمدة ساعة واحدة. واحد كيلو وات للساعة يعادل 3,412 وحدة حرارية بريطانية أو 3,6 ميجاجول.

Manufacturing cost: تكلفة التصنيع: تكلفة تصنيع المعدات.
Million tonnes oil equivalent (Mtoe): مليون طن مكافئ نفط 1 مليون طن مكافئ نفط = 11,63 مليار كيلو وات ساعة.

Nominal design point: نقطة التصميم الاسمية: تمثل مجموعة الشروط (مثل درجات الحرارة بالداخل والخارج) المستخدمة لتصميم النظام

Operating cost: تكلفة التشغيل: التكلفة التي يتحملها المستخدم لتشغيل المعدات.

Part-load operation: عملية التحميل الجزئي: حالة تحدث عندما يتعين على النظام مواجهة حمولة أقل من الاسمية (تستخدم الشروط الاسمية لتصميم النظام). وتعمل أنظمة التبريد وتكييف الهواء والمضخات الحرارية عادةً في ظروف التحميل الجزئي لمعظم أجزاء دورة حياتها.

Peak Load: حمل الذروة: أعلى طلب للكهرباء يحدث خلال فترة معينة على شبكة كهربائية.

Percent energy efficiency improvement: النسبة المئوية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة: تغير النسبة المئوية في استهلاك الطاقة لوحدة ذات كفاءة مقارنة بوحدة أساسية.

Refrigeration Ton (RT): طن تبريد: مقياس سعة التبريد، حيث يشير 1 طن إلى 12,000 وحدة حرارية بريطانية، أي ما يعادل الطاقة اللازمة لتجميد 2000 رطل من الماء خلال 24 ساعة. 1 طن تبريد = 3.52 كيلو وات.

Retail price: سعر التجزئة: سعر شراء المعدات.

Seasonal Energy Efficiency Ratio (SEER): نسبة كفاءة استخدام الطاقة الموسمية: نسبة خرج التبريد مقسومة على مدخلات الطاقة الكهربائية، وتقاس بالحمولة الكاملة والجزئية، وموزونة لتمثيل الأداء الكلي للجهاز للطقس خلال موسم تبريد نموذجي في كل بلد معين. ويوجد اسم بديل لنسبة كفاءة استخدام الطاقة الموسمية هو عامل الأداء الموسمي للتبريد (**Cooling Seasonal Performance Factor (CSPF)**). ويستخدم تسخين عامل الأداء الموسمي **(Heating Seasonal Performance Factor) (HSPF)** لوضع التدفئة. وعامل الأداء السنوي **(Annual Performance Factor (APF)** هو مقياس يستخدم لأجهزة تكييف الهواء في غرفة المضخة الحرارية القابلة للانعكاس التي تسخن وتبرد.

Unit energy consumption: استهلاك الوحدة للطاقة: مقدار الطاقة التي تستهلكها وحدة من المعدات، عادة على مدى سنة واحدة.

Variable speed drives (VSD): محركات ذات سرعة متغيرة: نوع من وحدة التحكم في المحركات التي تدير محركًا كهربائيًا عن طريق تغيير التردد والجهد المقدمين للمحرك الكهربائي، معروفة باسم العاكس أيضًا.