



استدامة الطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية



الأمم المتحدة

الاستسها
ESCWA

Distr.
LIMITED

E/ESCWA/SDPD/2018/TP.5
6 August 2018
ARABIC
ORIGINAL: ENGLISH

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)

استدامة الطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية



الأمم المتحدة
بيروت، 2018

تقتضي إعادة طبع أو تصوير مقتطفات من هذه المطبوعة الإشارة الكاملة إلى المصدر.

توجه جميع الطلبات المتعلقة بالحقوق والأذون إلى اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، البريد الإلكتروني: publications-escwa@un.org

النتائج والتفسيرات والاستنتاجات الواردة في هذه المطبوعة هي للمؤلفين، ولا تمثل بالضرورة الأمم المتحدة أو موظفيها أو الدول الأعضاء فيها، ولا ترتب أي مسؤولية عليها.

ليس في التسميات المستخدمة في هذه المطبوعة، ولا في طريقة عرض مادتها، ما يتضمن التعبير عن أي رأي كان من جانب الأمم المتحدة بشأن المركز القانوني لأي بلد أو إقليم أو مدينة أو منطقة أو لسلطات أي منها، أو بشأن تعيين حدودها أو تخومها.

الهدف من الروابط الإلكترونية الواردة في هذه المطبوعة تسهيل وصول القارئ إلى المعلومات وهي صحيحة في وقت استخدامها. ولا تتحمل الأمم المتحدة أي مسؤولية عن دقة هذه المعلومات مع مرور الوقت أو عن مضمون أي من المواقع الإلكترونية الخارجية المشار إليها.

جرى تدقيق المراجع حيثما أمكن.

لا يعني ذكر أسماء شركات أو منتجات تجارية أن الأمم المتحدة تدعمها.

المقصود بالدولار دولار الولايات المتحدة الأمريكية ما لم يُذكر غير ذلك.

تتألف رموز ووثائق الأمم المتحدة من حروف وأرقام باللغة الإنكليزية، والمقصود بذكر أي من هذه الرموز الإشارة إلى وثيقة من وثائق الأمم المتحدة.

مطبوعات للأمم المتحدة تصدر عن الإسكوا، بيت الأمم المتحدة، ساحة رياض الصلح، صندوق بريد: 11-8575، بيروت، لبنان.

الموقع الإلكتروني: www.unescwa.org

مصادر الصور:

الغلاف: ©iStock.com/gerenme

©iStock.com/simazoran

تمهيد

أعدّ هذا التقرير قسم الطاقة في شعبة سياسات التنمية المستدامة في اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا)، في إطار سلسلة من تقارير بشأن الطاقة، مع التركيز على خطة التنمية المستدامة لعام 2030. ويركّز التقرير على كفاءة استخدام الطاقة في قطاع المباني والفرصة الكبيرة التي تتيحها لإحراز تقدّم جوهري باتجاه تحقيق الهدف السابع من أهداف التنمية المستدامة، ويسلّط الضوء على ما يرافقها من خيارات في السياسات تساهم في التمهيد لمستقبل الطاقة المستدامة في المنطقة العربية. ويقدم التقرير معلومات للدول الأعضاء حول دمج أهداف التنمية المستدامة في الخطط الإنمائية الوطنية الخاصة بقطاع المباني (الفقرتان 80، 81 من قرار الجمعية العامة رقم 70/1)، وذلك لمساعدة الدول على وضع خطط عمل قائمة على الوقائع في مجال الطاقة المستدامة، وتنفيذها ورصدها.

ويستعرض التقرير الاتجاهات الحالية في مجال الطاقة في قطاع المباني، ويقيّم حصتها من الاستهلاك الوطني للطاقة. ويتناول الأنماط السائدة في استخدام الطاقة في قطاع المباني، والجهود الحالية المبذولة في المنطقة لتحسين أداء الطاقة واستدامتها. ويقدم رؤية لعام 2030 لتحسين استدامة الطاقة في قطاع المباني بشكل بارز، بالاستناد إلى نهج شامل وواقعي. ويعرض الغايات المحتملة لعام 2030 و2050 استناداً إلى سيناريوهات لسياسات وبرامج منقّدة. ويجري التحليل على المستويات الوطنية ودون الإقليمية والإقليمية.

أعد التقرير السيد منصف كراتي (دكتوراه، مهندس محترف، شهادة القيادة في مجال الطاقة والتصميم البيئي)، وهو أستاذ في هندسة نظم الطاقة في المباني، في جامعة كولورادو، بولدر، الولايات المتحدة الأمريكية. والسيد كراتي متخصص في تقنيات كفاءة استخدام الطاقة في المباني، مع خبرة واسعة في تصميم واختبار وتقييم نظم كفاءة استخدام الطاقة المبتكرة وسياسات الطاقة المتجددة والسياسات المطبقة على المباني، بما في ذلك في العديد من الدول العربية. وقدم السيد منجي بيّدا، مسؤول أول في الشؤون الاقتصادية في الإسكوا، مساهمات جوهريّة وتولّى مراجعة التقرير وأشرف على إعداداته بالتعاون مع السيدة راضية سيداوي، رئيسة قسم الطاقة في شعبة سياسات التنمية المستدامة، الإسكوا.

المحتويات

الصفحة

iii	تمهيد
xi	موجز تنفيذي
1	مقدمة

الفصل

أولاً- الاتجاهات الخاصة بإجمالي الطاقة المستهلكة

5	ألف- المنطقة العربية
10	باء- مجموعات البلدان العربية
12	جيم- تحليل نوعي لكل بلد

ثانياً- استهلاك الطاقة في قطاع المباني

17	ألف- خصائص المناخ
19	باء- مساحات المباني القائمة
20	جيم- نسب انتشار نُظم تكييف الهواء
22	دال- دعم الطاقة
23	هـاء- اتجاهات استهلاك الطاقة في قطاع المباني
31	واو- مؤشرات كفاءة استخدام الطاقة
41	زاي- الاستخدامات النهائية للطاقة

ثالثاً- السياسات الحالية لكفاءة استخدام الطاقة في المنطقة العربية

والطريق إلى الأمام

49	ألف- سياسات كفاءة استخدام الطاقة في المباني
52	باء- أنظمة تصنيف المباني
54	جيم- نُظم العلامات الدالة على أداء الطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة
	دال- الخيارات المتوفرة في مجال السياسة العامة من أجل تحسين استدامة
58	الطاقة في قطاع المباني

رابعاً- تحليل إمكانات كفاءة استخدام الطاقة في قطاع المباني

	ألف- أثر برامج كفاءة استخدام الطاقة في التجهيزات
59	والأدوات المنزلية في المباني
65	باء- أثر برامج كفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة
69	جيم- آثار برامج كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة
74	دال- نُظم الطاقة المتجددة المتكاملة وأثرها على استهلاك الطاقة في المباني

المرفق الأول- Buildings energy efficiency code for Tunisia

المرفق الثاني- Energy performance labelling, MEPS and building energy codes

for Saudi Arabia

المراجع

المحتويات (تابع)

الصفحة

قائمة الجداول

الجدول 1-	خصائص مجموعات البلدان العربية	10
الجدول 2-	مؤشرات الاقتصاد الكلي الأساسية في البلدان العربية، 2015	13
الجدول 3-	مجموع مساحة المباني القائمة والمبّـلّـغ عنها في البلدان العربية استناداً إلى بيانات التعداد	19
الجدول 4-	نصيب الفرد مساحة المسكن وفقاً لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي	19
الجدول 5-	نسب انتشار نُظم تكييف الهواء والثلاجات في المباني السكنية في بلدان عربية مختارة	21
الجدول 6-	العدد الإجمالي لوحدات التكييف المباعة في المنطقة العربية، 2011-2016	21
الجدول 7-	دعم الطاقة في المنطقة العربية	22
الجدول 8-	أسعار الكهرباء ومؤشرات استخدام الطاقة وانبعاثات الكربون في بلدان عربية مختارة	23
الجدول 9-	كثافة استخدام الطاقة في قطاع المباني في مناطق وبلدان مختارة، 2000 و 2006 و 2012	37
الجدول 10-	تقديرات كثافة استهلاك الطاقة في المباني السكنية في بلدان عربية مختارة	39
الجدول 11-	قيم كثافة استهلاك الطاقة المبّـلّـغ عنها في المباني السكنية في بلدان عربية مختارة	39
الجدول 12-	قيم كثافة استخدام الطاقة المبّـلّـغ عنها في المباني غير السكنية في بلدان عربية مختارة	40
الجدول 13-	المباني السكنية في تونس ومتوسط نموها السنوي	44
الجدول 14-	الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني غير السكنية في تونس، 2006	46
الجدول 15-	الاستهلاك النهائي للطاقة لكل وحدة مساحة في المباني غير السكنية، 2006	47
الجدول 16-	مكثّفات الهواء في تونس: العدد، والمبيعات، ونسبة الانتشار	48
الجدول 17-	التوقعات السنوية لعدد مكثّفات الهواء ونسب انتشارها في تونس	48
الجدول 18-	واقع القواعد التنظيمية الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة في المباني في البلدان العربية	51
الجدول 19-	عدد المباني الحائزة شهادة القيادة في مجال الطاقة في البلدان العربية حتى 26 كانون الأول/ديسمبر 2017	53

المحتويات (تابع)

الصفحة

الجدول 20-	واقع نُظُم العلامات الدالّة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة الخاصة بمكيّفات الهواء والأدوات المنزلية في البلدان العربية	55
الجدول 21-	واقع القواعد التنظيمية الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة في تجهيزات الإضاءة في البلدان العربية	57
الجدول 22-	الفوائد المحتملة للمعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة في الإضاءة في البلدان العربية	60
الجدول 23-	الفوائد المحتملة للمعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة في الثلاجات في الدول العربية	61
الجدول 24-	الفوائد المحتملة للمعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة في مكيفات الهواء في البلدان العربية	62
الجدول 25-	الفوائد التراكمية نتيجة تحسين المعايير الدنيا لأداء الطاقة في الإضاءة، والثلاجات في المباني السكنية، ومكيّفات الهواء في البلدان العربية، 2030-2020	63
الجدول 26-	الفوائد المحتملة لاستعمال وحدات الإضاءة LED المتكاملة التحكّم في المباني العامة والتجارية في المنطقة العربية	64
الجدول 27-	الفوائد الاقتصادية والبيئية لنُظُم الغلاف الخارجي للمباني في جميع المباني الجديدة في المنطقة العربية	66
الجدول 28-	وفورات الطاقة وقيم تكاليف دورة الحياة وتكاليف التنفيذ للحد من تكاليف دورة الحياة	67
الجدول 29-	الفوائد الاقتصادية والبيئية لتطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة المتكاملة في جميع المباني الجديدة في المنطقة العربية	68
الجدول 30-	تدابير كفاءة استخدام الطاقة الخاصة بمستويات إعادة التجهيز الثلاثة في المباني السكنية العُمانية والخيارات المتوفرة	70
الجدول 31-	فوائد الطاقة والبيئة الناتجة عن برامج إعادة تجهيز الطاقة في المباني ضمن المستويات الثلاثة	71
الجدول 32-	الاستثمارات والفوائد الناتجة عن برامج إعادة تجهيز الطاقة في المباني في المملكة العربية السعودية	74
الجدول 33-	حجم وفوائد الأنظمة الفوتوفلطية المركّبة على أسطح كافة المباني السكنية القائمة في المملكة العربية السعودية وتونس	75

المحتويات (تابع)

الصفحة

قائمة الأشكال

الشكل 1-	الناتج المحلي الإجمالي، ومجموع إمدادات الطاقة الأولية، والنمو السكاني في المنطقة العربية، 1990-2015	1
الشكل 2-	التغيرات في نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مناطق وبلدان مختارة، 1990-2015	2
الشكل 3-	التغيرات في نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في مناطق وبلدان مختارة، 1990-2015	2
الشكل 4-	التغيرات في إنتاجية الطاقة في مجموعة مختارة من المناطق والبلدان، 1990-2015	3
الشكل 5-	مصادر الطاقة الأولية، 2015	5
الشكل 6-	مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية، 1990-2015	6
الشكل 7-	التوزيع القطاعي لمجموع إمدادات الطاقة الأولية ومجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية، 2015	7
الشكل 8-	الزيادات في مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية، 1990-2015	7
الشكل 9-	التغيرات في نصيب الفرد من الاستهلاك النهائي للطاقة، واستهلاك الكهرباء، وانبعاثات الكربون	8
الشكل 10-	التغيرات في نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مجموعات البلدان العربية	11
الشكل 11-	التغيرات في نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في مجموعات البلدان العربية	11
الشكل 12-	التغيرات في إنتاجية الطاقة في مجموعات البلدان العربية	12
الشكل 13-	التغيرات في نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في بلدان عربية مختارة	14
الشكل 14-	التغيرات في نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في بلدان عربية مختارة...	14
الشكل 15-	التغيرات في إنتاجية الطاقة في بلدان عربية مختارة	15
الشكل 16-	خريطة طبوغرافية للمنطقة العربية تبين درجات التدفئة اليومية في السنة	17
الشكل 17-	خريطة طبوغرافية للمنطقة العربية تبين درجات التبريد اليومية	18
الشكل 18-	مجموع استهلاك الكهرباء الشهري ومتوسط درجة الحرارة المحيطة في المملكة العربية السعودية، 2014	18

المحتويات (تابع)

الصفحة

25	الشكل 19- مجموع استخدام الطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية، 1990-2015
	الشكل 20- حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة
26	في المنطقة العربية، 1990-2015
	الشكل 21- حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة ومجموع إمدادات
26	الطاقة الأولية في المنطقة العربية، 1990، و2000، و2015
27	الشكل 22- مزيج الطاقة لتوليد الكهرباء في المنطقة العربية، 2015
27	الشكل 23- الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني في مجموعات البلدان العربية
	الشكل 24- إجمالي حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة
28	في مجموعات البلدان العربية
	الشكل 25- حصة قطاع المباني من مجموع إمدادات الطاقة الأولية ومجموع
28	الاستهلاك النهائي للطاقة في مجموعات البلدان العربية، 2015
	الشكل 26- حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة
29	في بلدان عربية مختارة، 1990، و2000، و2015
	الشكل 27- حصة قطاع المباني السكنية من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة
30	في بلدان عربية مختارة، 1990، و2000، و2015
	الشكل 28- الاستهلاك النهائي للمباني السكنية في البلدان العربية
30	حسب مصدر الطاقة، 2015
	الشكل 29- الاستهلاك النهائي للمباني غير السكنية في البلدان العربية
31	حسب مصدر الطاقة، 2015
	الشكل 30- نصيب الفرد من الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني
32	في مناطق وبلدان مختارة، 1990-2015
	الشكل 31- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في قطاع المباني
33	في مناطق وبلدان مختارة، 1990-2015
	الشكل 32- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الطاقة في قطاع المباني
33	في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015
	الشكل 33- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في قطاع المباني
34	في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015
	الشكل 34- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الطاقة في المباني السكنية
34	في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015
	الشكل 35- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في المباني السكنية
35	في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015

المحتويات (تابع)

الصفحة

35	الشكل 36- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الطاقة في المباني غير السكنية في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015
36	الشكل 37- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في المباني غير السكنية في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015
37	الشكل 38- استهلاك الطاقة في قطاع المباني حسب المساحة في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015
38	الشكل 39- كثافة استهلاك الطاقة في المباني السكنية من حيث مجموع استهلاك الطاقة واستهلاك الكهرباء في المنطقة العربية ومجموعات البلدان العربية، 1990-2015
40	الشكل 40- كثافة استهلاك الطاقة في المباني غير السكنية في المنطقة العربية ومجموعات البلدان العربية، 1990-2015
42	الشكل 41- الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية وغير السكنية
43	الشكل 42- الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية والتجارية في بلدان عربية مختارة
44	الشكل 43- توزيع المباني السكنية في تونس
45	الشكل 44- الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية في تونس
46	الشكل 45- توزيع المساحة الكلية للمباني غير السكنية في تونس، 2006
47	الشكل 46- توزيع الطاقة النهائية والطاقة الأولية في المباني غير السكنية في تونس، 2006 .
67	الشكل 47- خريطة طبوغرافية لوفورات الطاقة المحتملة في المنطقة العربية
69	الشكل 48- تطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المنطقة العربية وأثره على مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني اعتباراً من عام 2030
72	الشكل 49- أثر تطبيق برامج إعادة تجهيز الطاقة في كامل المباني القائمة على استهلاك الطاقة الكهربائية اعتباراً من عام 2030
73	الشكل 50- تطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة الشاملة في المباني الجديدة وبرامج إعادة تجهيز الطاقة في كامل المباني القائمة اعتباراً من عام 2030 والأثر على الاستهلاك النهائي للطاقة
75	الشكل 51- تنفيذ المباني السكنية غير المستهلكة للطاقة تقريباً في المساكن الجديدة في المنطقة العربية اعتباراً من عام 2030 والأثر على استهلاك الطاقة الكهربائية
76	الشكل 52- خريطة طبوغرافية لسعة النظم الفوتوفلطية للتوصّل إلى منازل غير مستهلكة للطاقة تقريباً في بلدان عربية مختارة

موجز تنفيذي

يقدم هذا التقرير تقييماً للفوائد التي يمكن تحقيقها من تحسين أداء الطاقة في المباني في المنطقة العربية. ويستعرض الاتجاهات الحالية في الطلب على الطاقة في قطاع المباني في البلدان العربية، ويحدد العوامل الرئيسية التي تؤثر على مؤشرات استهلاكها وكفاءة استخدامها في القطاع المذكور في المنطقة العربية ومجموعات البلدان (بلدان مجلس التعاون الخليجي، وبلدان المشرق، وبلدان المغرب، وأقل البلدان العربية نمواً). ويتضمن وصفاً لسياسات الطاقة الحالية ووضعها في كل بلد، وذلك بهدف تقييم الجهود التي تبذلها المنطقة في تعزيز كفاءة استخدام الطاقة واستدامتها في المباني. ويعتمد التقرير نهجاً تحليلياً في تقييم إمكانات تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة والقائمة، لتحديد فوائد عددٍ من برامج كفاءة استخدام الطاقة على المنطقة العربية. ويتضمن تقييماً لأربع مجموعاتٍ من سياسات الطاقة كالتالي:

(أ) اعتماد معايير دنيا لأداء الطاقة تكون أكثر صرامة في المنتجات كثيفة استهلاك الطاقة والشائعة الاستخدام في المباني؛

(ب) وضع قوانين متكاملة لكفاءة استخدام الطاقة في المباني، وإنفاذها، وتطبيقها على المباني الجديدة؛

(ج) تحسين المباني القائمة وإعادة تجهيزها للحد من استهلاكها للطاقة؛

(د) إدماج نظم الطاقة المتجددة للتوصل إلى مبانٍ غير مستهلكة للطاقة تقريباً.

ويحدد هذا التقرير فوائد تنفيذ برامج كفاءة استخدام الطاقة على نطاق واسع في المنطقة العربية، ويقدر التخفيضات التي يمكن تحقيقها في المستقبل في مجال استهلاك الطاقة، والطلب على الكهرباء، وانبعاثات الكربون. ويبيّن أن 28 في المائة من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في عام 2015 قد استُخدمت لتغطية احتياجات المباني من الطاقة، بما يوازي 21 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية، مع اختلافات كبيرة بين مجموعات البلدان. وعند احتساب نسبة استخدام الطاقة وحدها، تصبح حصة قطاع المباني 31 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة و25 في المائة من مجموع إمدادات الطاقة الأولية. وفي عام 2015، بلغ مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني 15 في المائة في بلدان مجلس التعاون الخليجي، و29 في المائة في بلدان المشرق، و28 في المائة في بلدان المغرب، و53 في المائة في أقل البلدان العربية نمواً. وتبيّن الاتجاهات التي كانت سائدة في الماضي أن مستوى استهلاك الطاقة في قطاع المباني قد سجّل زيادة كبيرة خلال العقد السابق، بمعدل نمو سنوي بلغ 3.1 في المائة في الفترة 1990-2015، ومن المتوقع أن يستمرّ في الازدياد في المستقبل بسبب الزيادة السكانية والنمو الاقتصادي. ووفقاً للبيانات والتوقعات عن عدد من البلدان العربية، يسود توجه نحو ارتفاع نسبة انتشار التجهيزات المستهلكة للطاقة ومكثفات الهواء في المباني السكنية وغير السكنية. فعلى سبيل المثال، من المتوقع أن يشهد سوق مكثفات الهواء ارتفاعاً في نسب الانتشار في بلدان المغرب والمشرق بحلول عام 2030، علماً أنه بلغ مرحلة التشبع في بلدان مجلس التعاون الخليجي. لذلك، ستظلّ الكهرباء المصدر الرئيسي للطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية.

ويشير التقرير إلى أن اعتماد مجموعات شاملة وملائمة من المعايير الدنيا لأداء الطاقة وقوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني وتنفيذها بصرامة، من شأنه أن يقلل من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية بنسبة 5 في المائة بحلول عام 2030. ومن المتوقع أن يؤدي إلزام وحدات الإسكان الجديدة، اعتباراً من عام 2030، بعدم استهلاك الطاقة تقريباً في المباني، إلى وفورات إضافية بنسبة 10 في المائة

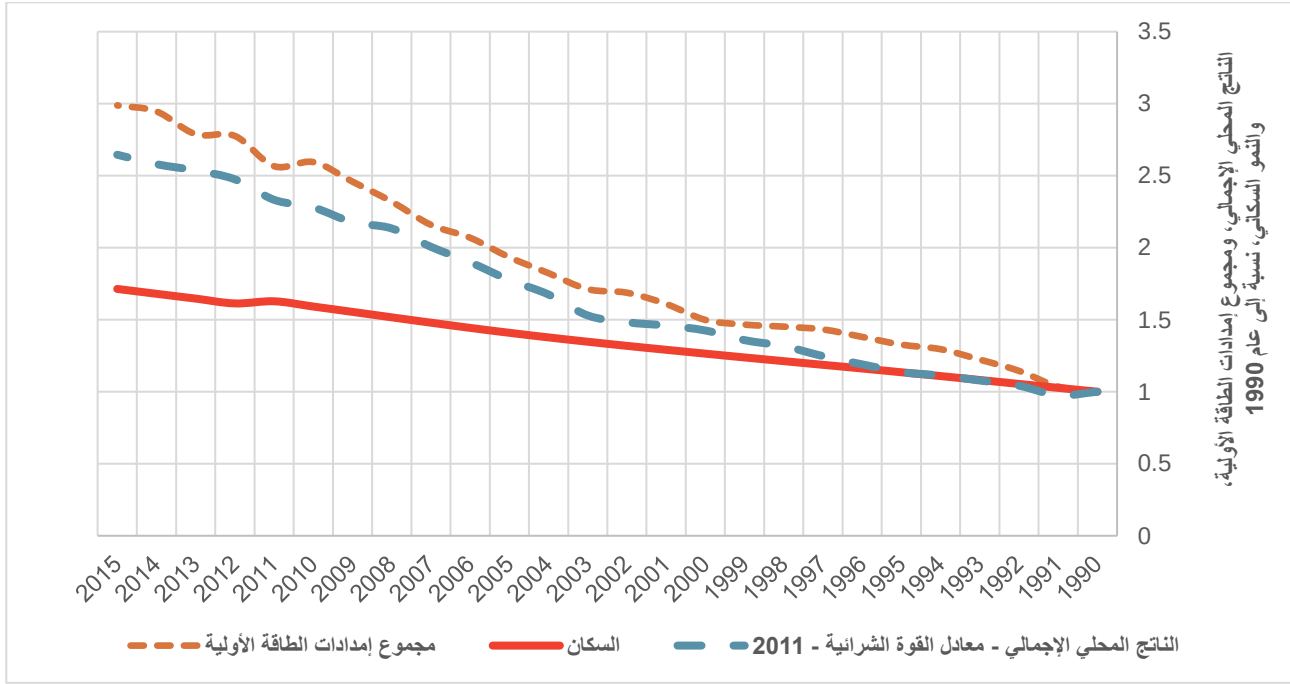
بحلول عام 2040، و16 في المائة بحلول عام 2050 من إجمالي الطاقة المستهلكة في المباني في المنطقة العربية. فضلاً عن ذلك، من شأن عمليات إعادة تجهيز المباني القائمة أن تؤدي إلى تخفيض الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني بنسبة تزيد على 30 في المائة بحلول عام 2050، وبحوالي 50 في المائة إذا ما اقترنت بتطبيق شامل للمعايير الدنيا لأداء الطاقة وقوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني، وذلك في حال تنفيذ برامج كفاءة استخدام الطاقة في المباني خلال فترة عشر سنوات، اعتباراً من عام 2030. ومن أبرز التحديات التي تواجه تنفيذ برامج كفاءة استخدام الطاقة المقترحة في معظم البلدان العربية أسعار الطاقة المنخفضة، والافتقار إلى آليات التمويل المتاحة، والتراخي في إجراءات إنفاذ المعايير والقوانين القائمة، والنقص في اليد العاملة الماهرة القادرة على تصميم المباني المستدامة وتشبيدها، وتشغيلها وإعادة تجهيزها.

وبالإضافة إلى وفورات الطاقة المُشار إليها وما تولّده من تخفيضات في انبعاثات الكربون، ستسمح برامج كفاءة استخدام الطاقة المقترحة بتوفير عددٍ كبير من فرص العمل (أكثر من 200,000 في المملكة العربية السعودية وحدها)، كما ستقلّل الحاجة إلى توليد الطاقة في المستقبل.

مقدمة

ارتفع مجموع إمدادات الطاقة الأولية خلال الفترة 1990-2015 في المنطقة العربية¹ بمقدار ثلاثة أضعاف بسبب النمو السكاني (الشكل 1). غير أن الناتج المحلي الإجمالي لم يرتفع إلا بنسبة 60 في المائة خلال هذه الفترة، مما يشير إلى الزيادة في كثافة الطاقة وإلى الانخفاض في إنتاجية الطاقة في المنطقة العربية².

الشكل 1- الناتج المحلي الإجمالي، ومجموع إمدادات الطاقة الأولية، والنمو السكاني في المنطقة العربية، 1990-2015



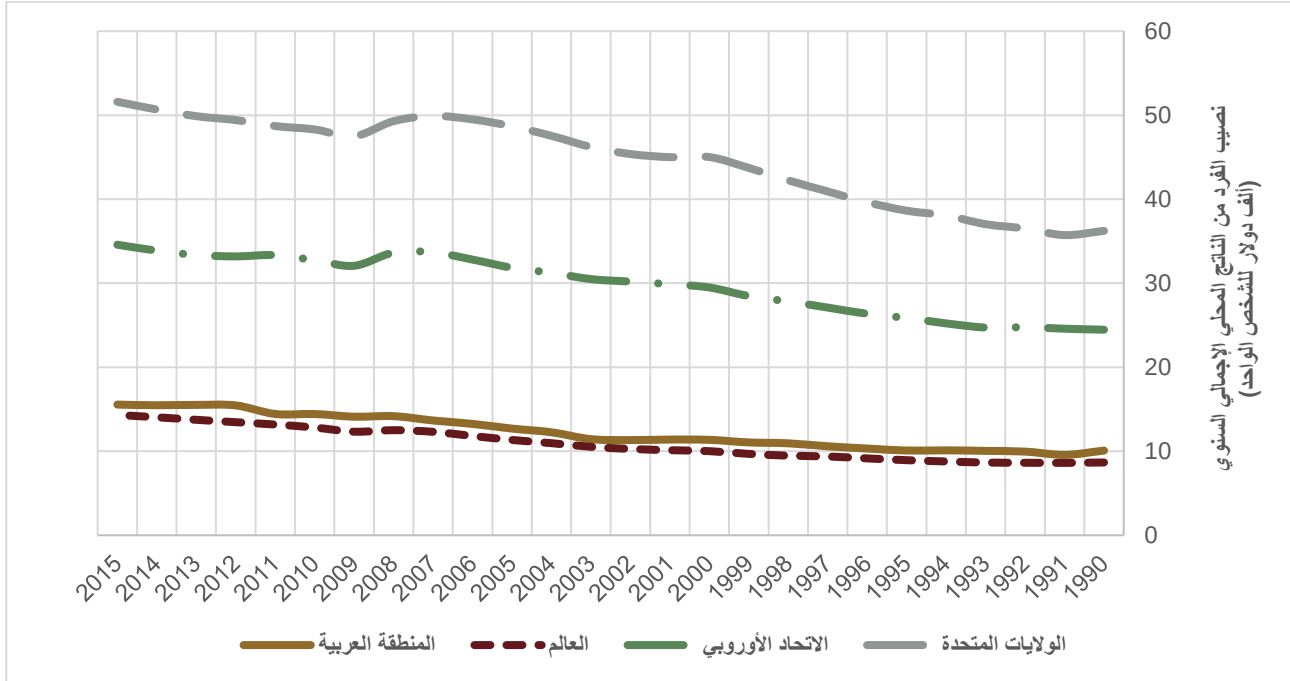
المصدر: IEA, 2017.

في الفترة 1990-2015، بالكاد ارتفع نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في المنطقة العربية عن المتوسط العالمي، لكنه ظل أقل بكثير من المؤشرات المماثلة المبلغ عنها في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة (الشكل 2). إلا أن نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي قد سجّل تفاوتاً كبيراً داخل المنطقة العربية، ولا سيما بين بلدان مجلس التعاون الخليجي والبلدان العربية الأخرى. وخلال الفترة 1990-2015، ارتفعت حصة الفرد من استخدام الطاقة الأولية في المنطقة بشكل مطّرد، ليبلغ المتوسط العالمي، أي 2.0 طن مكافئ لنفط للشخص الواحد في عام 2015. أما نصيب الفرد من استخدام الطاقة في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة فهو أعلى بكثير، وقد بدأ بالانخفاض منذ عام 2008 ليستقرّ عند 3.0 و7.0 طن مكافئ لنفط للشخص الواحد على التوالي في عام 2015.

1 المقصود بالمنطقة العربية في هذا التقرير: الأردن، والإمارات العربية المتحدة، والبحرين، وتونس، والجزائر، والجمهورية العربية السورية، والسودان، والعراق، وعمان، ودولة فلسطين، وقطر، والكويت، ولبنان، وليبيا، ومصر، والمغرب، والمملكة العربية السعودية، وموريتانيا، واليمن.

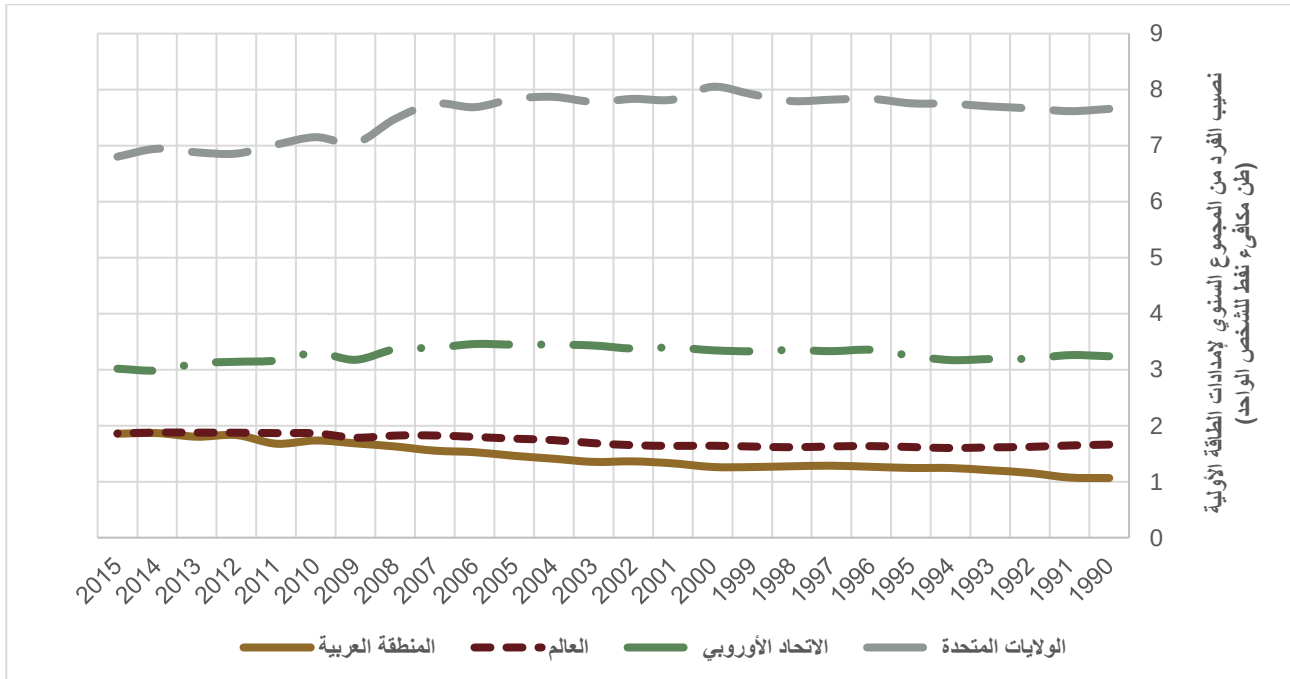
2 يُقصد بإنتاجية الطاقة (أي عكس كثافة الطاقة) نسبة الناتج المحلي الإجمالي إلى مجموع إمدادات الطاقة الأولية.

الشكل 2- التغيرات في نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مناطق وبلدان مختارة،
2015-1990



المصدر: IEA, 2017.

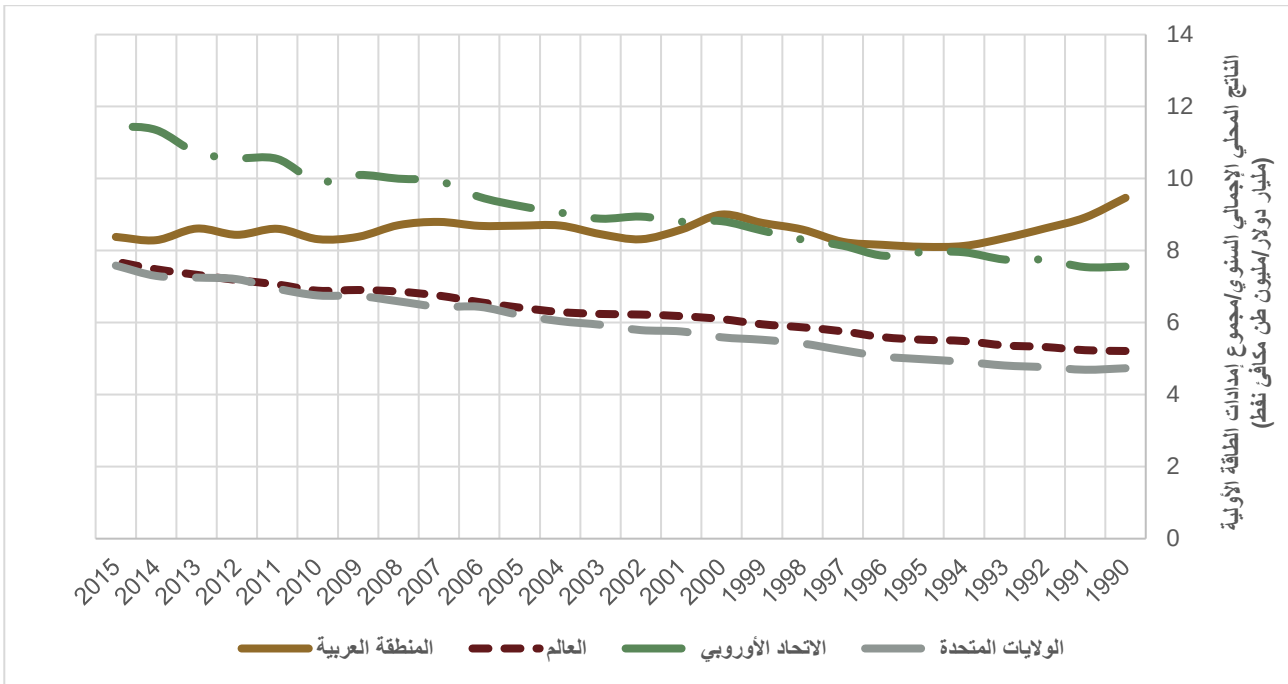
الشكل 3- التغيرات في نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في مناطق وبلدان مختارة،
2015-1990



المصدر: IEA, 2017.

وبسبب تلك الاتجاهات في الناتج المحلي الإجمالي وفي مجموع إمدادات الطاقة الأولية، انخفضت الإنتاجية الإجمالية للطاقة في المنطقة العربية، والمحددة كنسبة من الناتج المحلي الإجمالي ومن مجموع إمدادات الطاقة الأولية، فيما سجّلت ارتفاعاً في باقي أنحاء العالم، بما في ذلك الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة (الشكل 4). وقد ذهب البعض إلى أن إنتاجية الطاقة هي مؤشر على أداء البلد في المجال الاقتصادي والبيئي والطاقة، وتساعد على تخصيص موارد الطاقة لتحقيق المستوى الأمثل من النمو الاقتصادي (Kapsarc, 2015). وقد تمكّن الاتحاد الأوروبي من تحسين إنتاجيته من الطاقة بنسبة فاقت 50 في المائة بين عامي 1990 و2015، من خلال تنويع اقتصاده بحيث يعتمد بشكل أقل على الصناعات الكثيفة الطاقة، وبشكل أكبر على قطاع الخدمات. ويمكن أن يسمح أيضاً تعزيز كفاءة استخدام الطاقة في المباني والقطاعات الاقتصادية المتنوعة بتحسين إنتاجية الطاقة. وقد استخدمت براهين مماثلة لتوضيح تحقيق زيادات في إنتاجية الطاقة في العديد من البلدان، بما فيها الولايات المتحدة، وإن كانت بدرجة أقل من الزيادات في الاتحاد الأوروبي.

الشكل 4- التغيرات في إنتاجية الطاقة في مجموعة مختارة من المناطق والبلدان، 2015-1990



المصدر: IEA, 2017.

ويمكن أن يعزى الانخفاض النسبي في إنتاجية الطاقة في المنطقة العربية، المبين في الشكل 4، إلى مجموعة واسعة من العوامل. فعلى مدى العقدين الماضيين، شهدت المنطقة تزايداً في معدل التوسع الحضري وارتفاعاً في مستويات المعيشة. وأدى هذان العاملان إلى زيادة كبيرة في استهلاك الطاقة، ولا سيما في الخدمات غير المرتبطة مباشرة بالقطاعات الإنتاجية. وبالإضافة إلى ذلك، أدى الاعتماد الكبير في بعض البلدان العربية على الأنشطة الكثيفة استهلاك الطاقة، مثل الصناعة، ذات القيمة المضافة المنخفضة، إلى زيادة كبيرة في استهلاك الطاقة، تجاوزت الزيادات في الناتج المحلي الإجمالي. ومن العوامل الأخرى الهامة لانخفاض إنتاجية الطاقة هو ضعف انتشار أفضل التكنولوجيات المتاحة من جهة، والممارسات التي تستخدم الطاقة بكفاءة من جهة أخرى، وذلك في جميع القطاعات الاقتصادية. ولتحسين إنتاجية الطاقة وفصل استهلاك الطاقة عن الناتج المحلي الإجمالي، على المنطقة العربية أن تعمل على تنويع اقتصادها وتحسين مستويات كفاءة استخدام الطاقة في جميع القطاعات (الصناعة والنقل والمباني). ويقم هذا التقرير الفوائد المحتملة من تنفيذ برامج كفاءة استخدام الطاقة

على نطاق واسع في قطاع المباني في المنطقة العربية. ففي المرحلة الأولى، يجري تقييمً للاتجاهات العامة في استهلاك الطاقة في المنطقة العربية بالمقارنة مع مناطق أخرى. وفي المرحلة الثانية، يتم تقدير مساهمات قطاع المباني في مجموع استهلاك الطاقة الأولية والنهائية استناداً إلى البيانات المتاحة. وفي المرحلة الثالثة، يجري عرضُ للمؤشرات الحالية لكفاءة استخدام الطاقة ولسياسات الطاقة المتصلة بقطاع المباني في المنطقة العربية، ومجموعات البلدان، والبلدان المختارة. وأخيراً، يتم تحليل الفوائد المحتملة من بعض برامج كفاءة استخدام الطاقة المختارة في المباني السكنية والمباني التجارية الجديدة والقائمة؛ ويُقدّر أثر التنفيذ الواسع النطاق لسياسات الطاقة هذه على الطلبات المستقبلية على الطاقة في قطاع المباني في عدد من البلدان العربية.

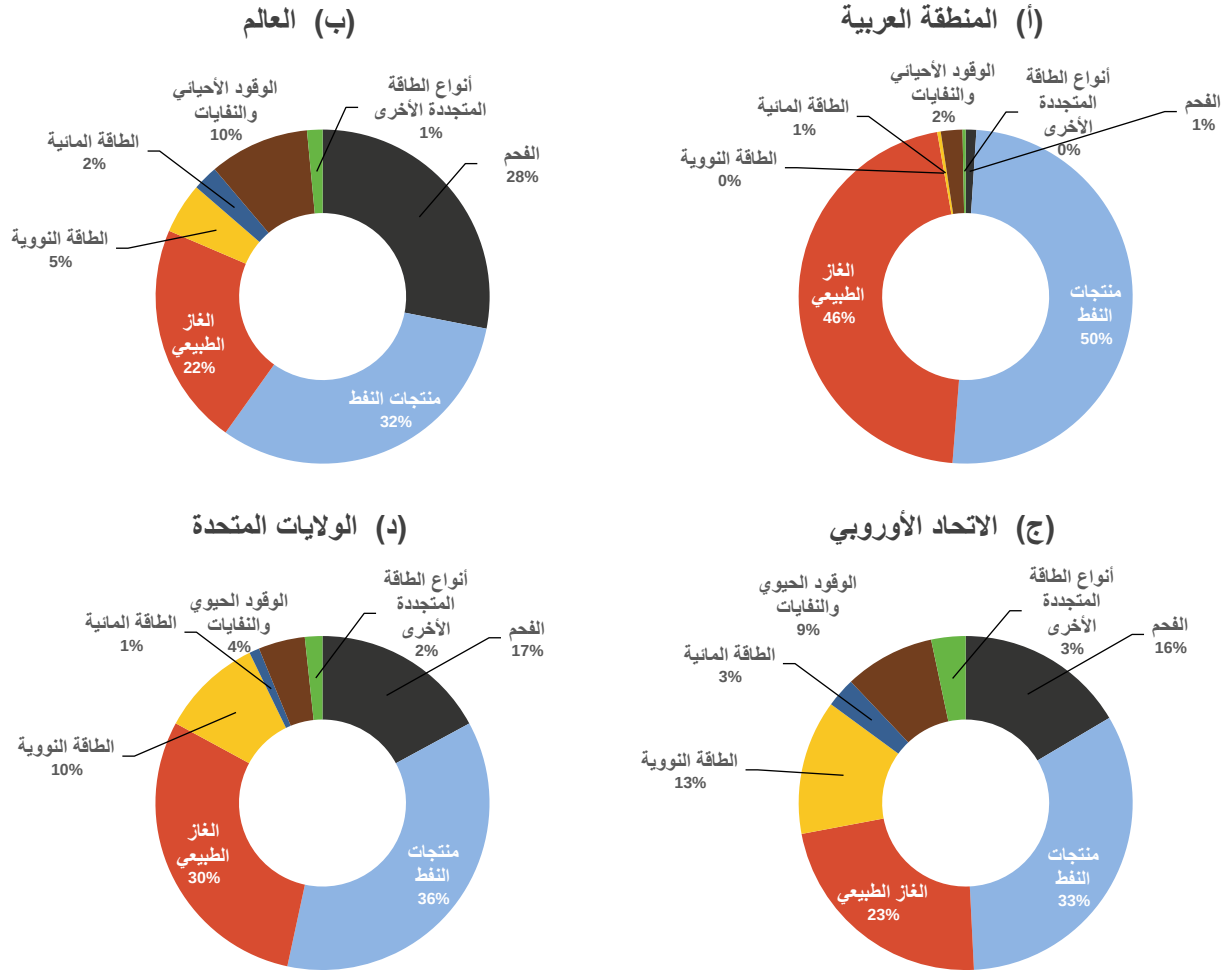
أولاً- الاتجاهات الخاصة بإجمالي الطاقة المستهلكة

ألف- المنطقة العربية

1- إمدادات الطاقة الأولية

ركّزت المنطقة العربية خلال العقد الماضي على استهلاك المنتجات النفطية والغاز الطبيعي من أجل دعم اقتصادها. وفي عام 2015، كانت تعتمد بشكل أساسي على المنتجات النفطية (50 في المائة) والغاز الطبيعي (46 في المائة) لتلبية احتياجاتها من الطاقة الأولية. وإلى جانب الوقود الحيوي والنفايات (2 في المائة) والطاقة المائية (1 في المائة)، استخدمت المنطقة العربية مصادر أخرى من الطاقة المتجددة بكمية لا تذكر (الشكل 5). وعلى العكس، شهدت مناطق أخرى استخداماً بارزاً لأنواع الطاقة المتجددة والطاقة المائية والنووية (وهي مصادر للطاقة لا تسبب انبعاث الكربون)، فشكّلت 18 في المائة من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في العالم، و28 في المائة في الاتحاد الأوروبي، و17 في المائة في الولايات المتحدة.

الشكل 5- مصادر الطاقة الأولية، 2015

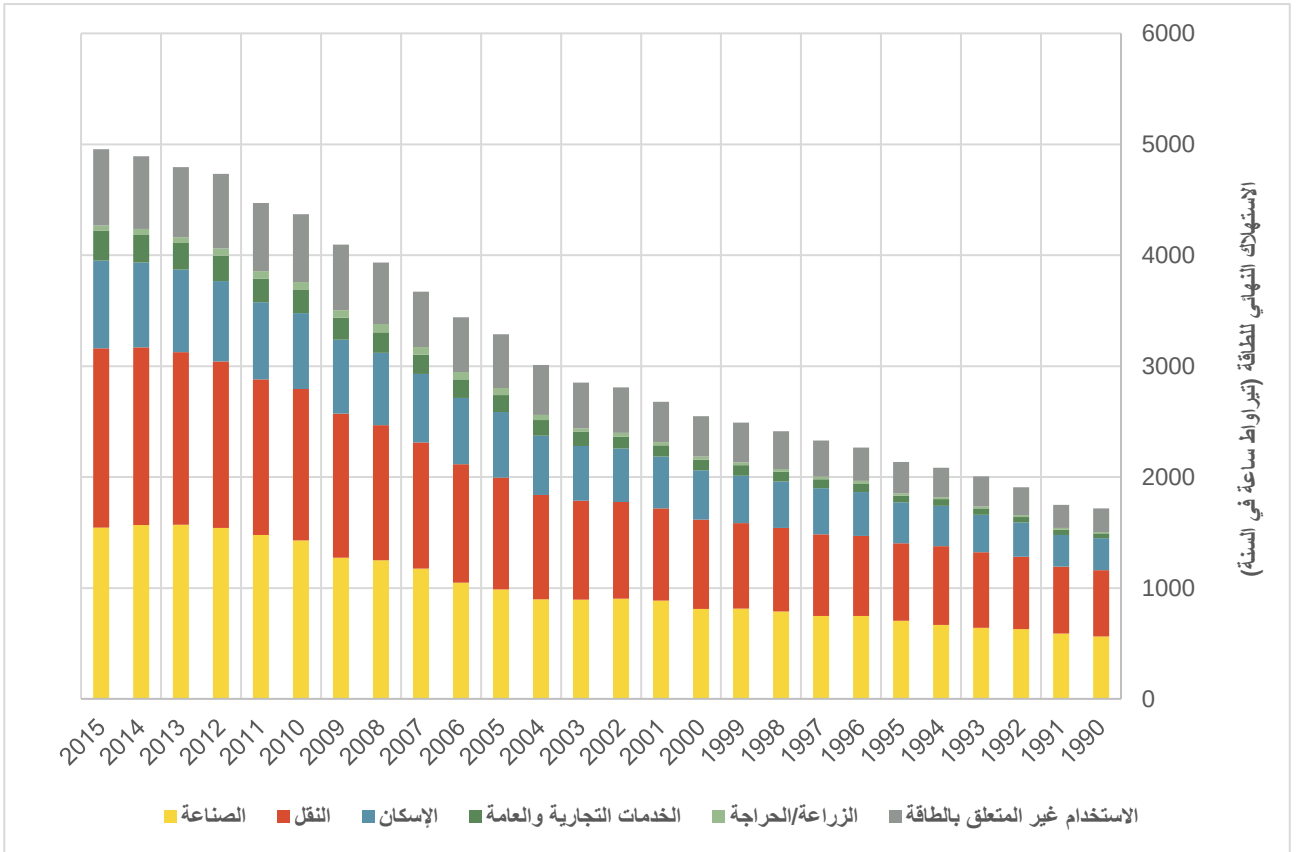


المصدر: IEA، 2017.

2- الاستهلاك النهائي للطاقة

يعرض الشكل 6 التغيرات السنوية في إجمالي مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة وتوزيعه في المنطقة العربية في الفترة 1990-2015. وقد شهدت المنطقة العربية زيادة كبيرة في استهلاك الطاقة، بمتوسط معدل نمو سنوي بلغ 10 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة منذ عام 1990. ففي عام 2015، استهلكت المنطقة 5,000 تيراواط ساعة تقريباً من الطاقة لتلبية احتياجاتها الاقتصادية، معظمها في قطاعي الصناعة (31 في المائة) والنقل (32 في المائة) (الشكل 7 (ب)). لكن حصة قطاع المباني، المقدرة بنحو 21 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة (الشكل 7 (أ)) و28 في المائة من مجموع إمدادات الطاقة الأولية (الشكل 7 (ب)) شهدت ارتفاعاً مطّرداً، ولا سيما في العقد الماضي. ويوضح الشكل 8 النمو السنوي في مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة والطاقة المستهلكة في قطاعي المباني السكنية وغير السكنية. وبلغت الزيادة في استخدام الطاقة في المباني غير السكنية أكثر من ضعف ما كانت عليه بالمقارنة مع النمو السنوي في مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية. وبلغ متوسط معدل النمو السنوي في استهلاك الطاقة في المباني التجارية ومباني الخدمات العامة نحو 25 في المائة في الفترة 1990-2015 (IEA, 2017). وعن الفترة نفسها، تبين أن اتجاه معدل النمو السنوي لاستهلاك الطاقة في القطاع السكني لحق بالاتجاه الذي سلكه مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة (IEA, 2017).

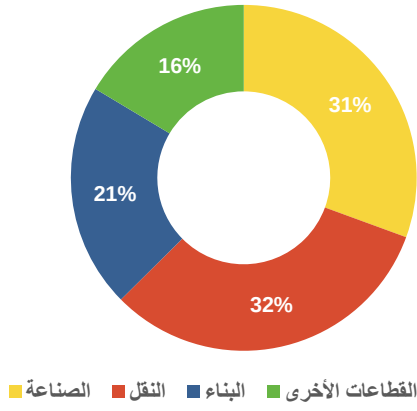
الشكل 6- مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية، 1990-2015



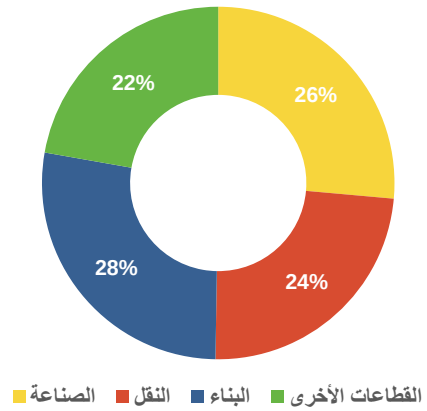
المصدر: IEA, 2017.

الشكل 7- التوزيع القطاعي لمجموع إمدادات الطاقة الأولية ومجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية، 2015

(ب) مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة

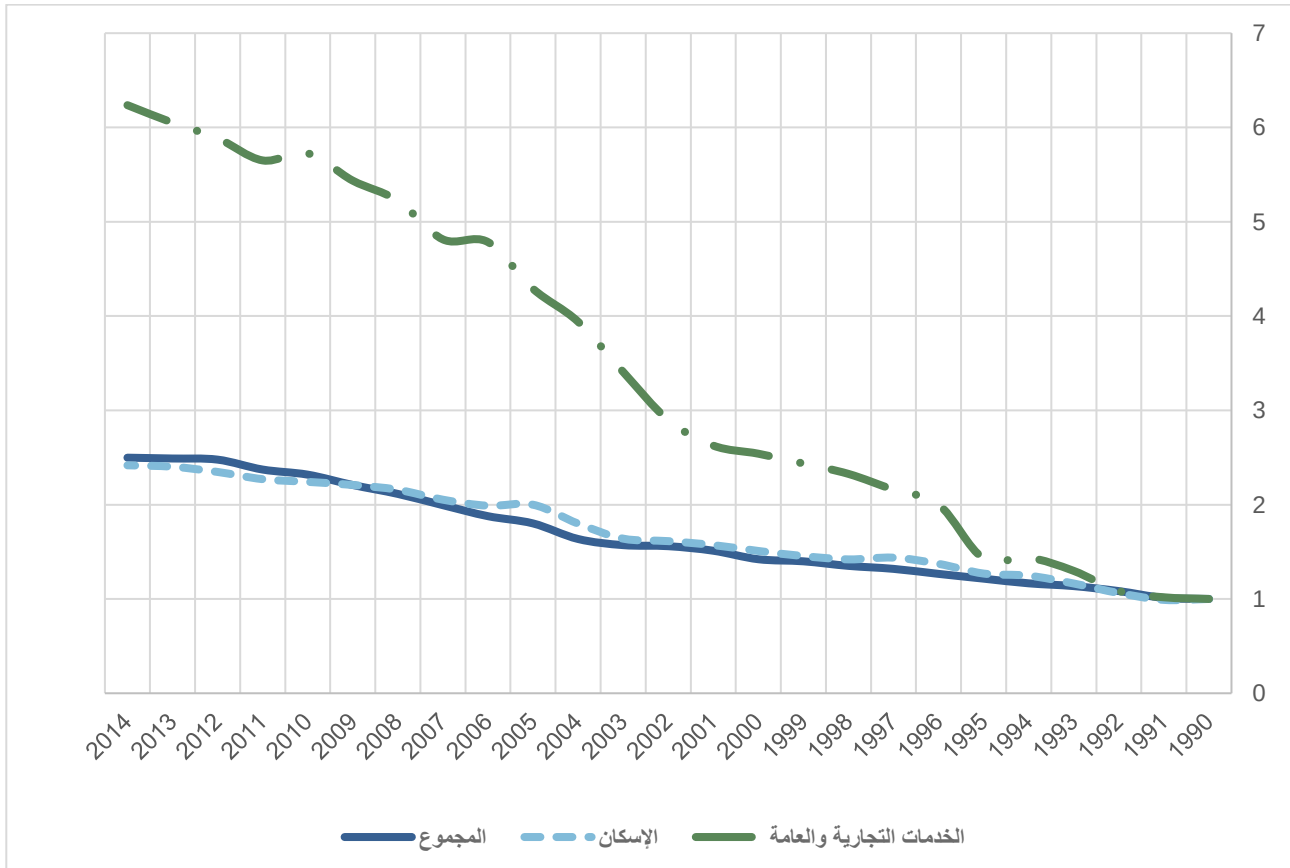


(أ) مجموع إمدادات الطاقة الأولية



المصدر: IEA, 2017.

الشكل 8- الزيادات في مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية، 2015-1990

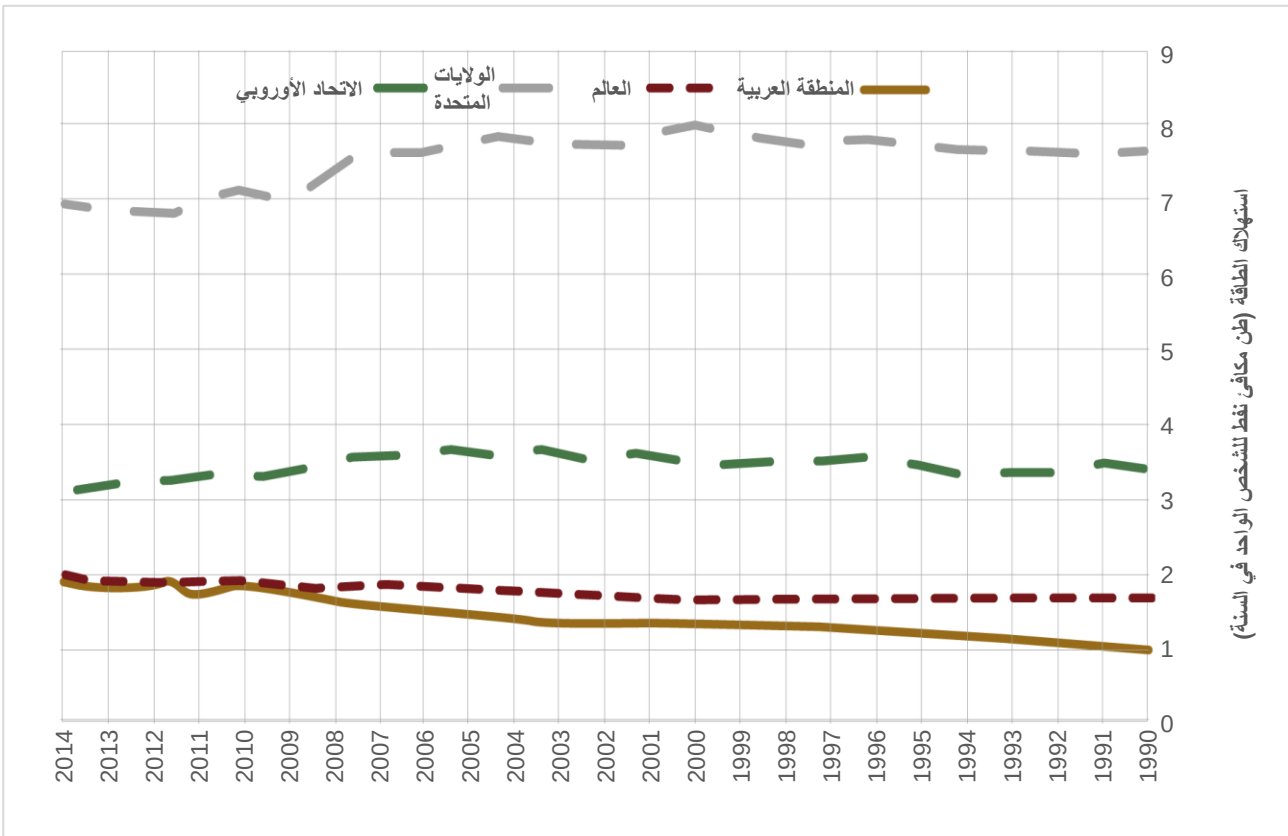


المصدر: IEA, 2017.

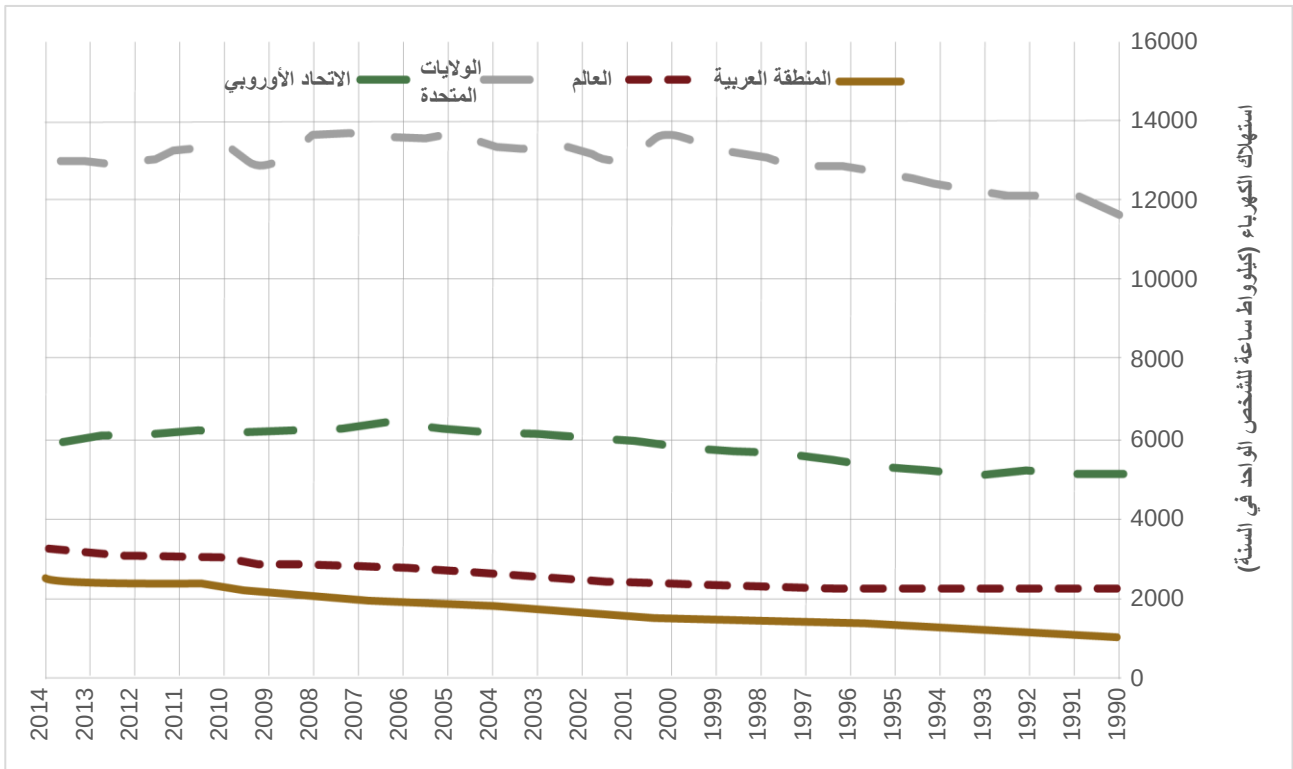
إن نصيب الفرد من الاستهلاك النهائي للطاقة والكهرباء منخفض إلى حد ما في المنطقة، كما يظهر في الشكل 9. وبوجه عام، يقترب نصيب الفرد من استخدام الطاقة واستهلاك الكهرباء في المنطقة العربية من المعدلات العالمية، ولكنه أدنى بكثير من معدلات الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة (الشكل 9 (ب)). وقد أدى ذلك إلى انخفاض حصة الفرد من انبعاثات الكربون عن المتوسط العالمي بقليل، وبشكل أكبر عن الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة (الشكل 9 (ج)). ومع ذلك، فقد شهد نصيب الفرد من استخدام الطاقة وانبعاثات الكربون زيادة مطردة في المنطقة العربية، فيما تراجع في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة، ولا سيما خلال العقد الماضي. ومن المتوقع أن يواصل استهلاك الطاقة ارتفاعه في المنطقة العربية خلال العقد المقبل، بما في ذلك الطلب على الكهرباء، ولا سيما في قطاع المباني، نتيجة لارتفاع النمو السكاني، وتسارع التوسع الحضري، وارتفاع مستويات المعيشة، يرافقه طموح واسع لمزيد من الراحة. ويساهم في تعزيز استهلاك الطاقة في المنطقة العربية انخفاض أسعار بعض المعدات المنزلية ذات الكفاءة المتدنية جداً في غالب الأحيان، مما يجعلها في متناول عدد متزايد من المستهلكين. وتتراوح معدلات النمو السكاني السنوي في المناطق الحضرية في البلدان العربية بين 2 و6 في المائة، أي 3.8 في المائة كمتوسط إقليمي (UN-Habitat, 2013). ومن المتوقع إنفاق ما مجموعه 4.3 تريليون دولار على أعمال البناء في المنطقة العربية في العقد المقبل، مما يمثل نمواً تراكمياً بنسبة 80 في المائة في حجم سوق البناء الحالي (OEGCP, 2011; Asif, 2015).

الشكل 9. التغيرات في نصيب الفرد من الاستهلاك النهائي للطاقة، واستهلاك الكهرباء، وانبعاثات الكربون

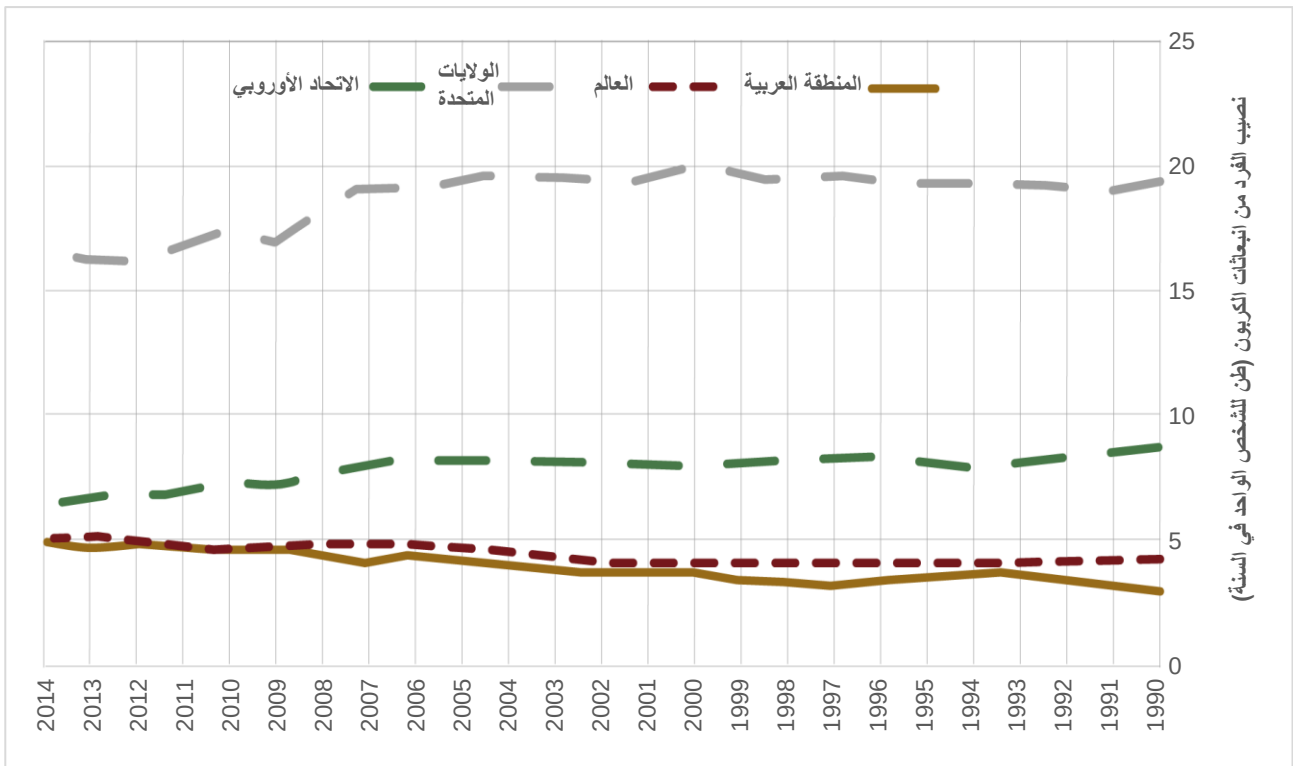
(أ) نصيب الفرد من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة سنوياً



(ب) نصيب الفرد من الكهرباء سنوياً



(ج) نصيب الفرد من انبعاثات الكربون سنوياً



باء- مجموعات البلدان العربية

تنقسم المنطقة العربية إلى أربع مجموعات بلدان، على النحو المبين في الجدول 1، بناءً على عدة معايير من ضمنها المواقع الجغرافية، والاتجاهات الثقافية، والظروف والمستويات المعيشية. ويبيّن الجدول 1 أيضاً عدد السكان في كل منطقة، ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، ومن مجموع إمدادات الطاقة الأولية، وذلك بناءً على بيانات عام 2015 (IEA, 2017). وتضمّ بلدان مجلس التعاون الخليجي أقل عدد من السكان، لكنها تسجّل القيم الأعلى في استخدام الطاقة الأولية وفي نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي. وتتشابه المؤشرات الاقتصادية ومؤشرات الطاقة بين بلدان المشرق والمغرب، مع أن بلدان المشرق تضم ضعف عدد السكان، والتي من بينها مصر. ومن غير المستغرب أن تسجل أقل البلدان العربية نمواً المعدلات الأدنى بين مجموعات البلدان العربية، من حيث نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي واستخدام الطاقة.

الجدول 1- خصائص مجموعات البلدان العربية

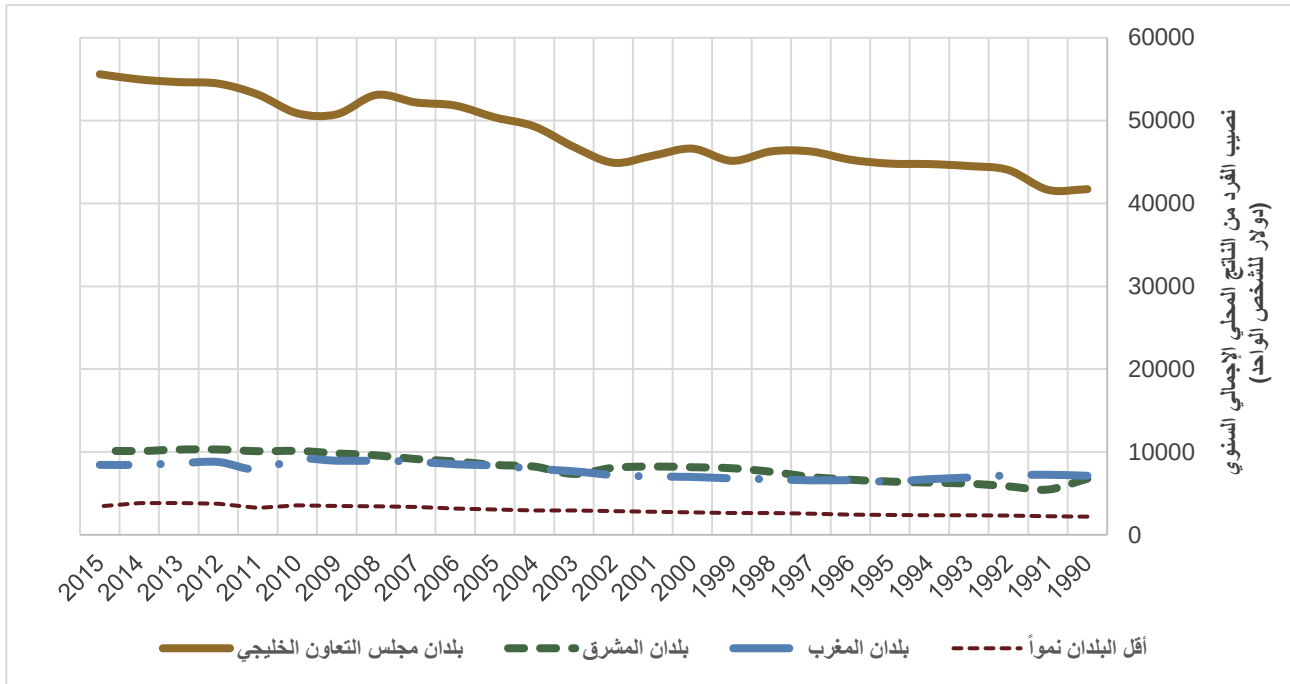
مجموعة البلدان	البلدان	السكان (مليون)	نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (دولار)	نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية (طن مكافئ نفط للشخص الواحد)
بلدان المغرب	تونس؛ الجزائر؛ ليبيا؛ المغرب	91.580	10 805	1.109
بلدان المشرق	الأردن؛ الجمهورية العربية السورية؛ العراق؛ دولة فلسطين؛ لبنان؛ مصر	164.670	9 915	0.942
بلدان مجلس التعاون الخليجي	الإمارات العربية المتحدة؛ البحرين؛ عُمان؛ قطر؛ الكويت؛ المملكة العربية السعودية	52.700	55 601	7.870
أقل البلدان العربية نمواً	السودان؛ موريتانيا؛ اليمن	71.237	3 296	0.287

المصدر: IAEA, 2012.

يبيّن الشكل 10 والشكل 11 التغيّرات في نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ومن مجموع إمدادات الطاقة الأولية، على التوالي، خلال الفترة 1990-2015 في مجموعات البلدان العربية، وذلك باستخدام مجموع القيم المطابقة للبلدان التي تشملها كل مجموعة بلدان. وكما هو متوقع، سجلت بلدان مجلس التعاون الخليجي مستويات أعلى بكثير من حيث نصيب الفرد من الناتج الاقتصادي ومن استهلاك الطاقة. أما أقل البلدان العربية نمواً، فسجلت أدنى المؤشرات من حيث الاقتصاد واستخدام الطاقة، على صعيدي المنطقة العربية والعالم. أما نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ومن مجموع إمدادات الطاقة الأولية، فسجّل الاتجاه نفسه في بلدان المشرق والمغرب طيلة الفترة 1990-2015.

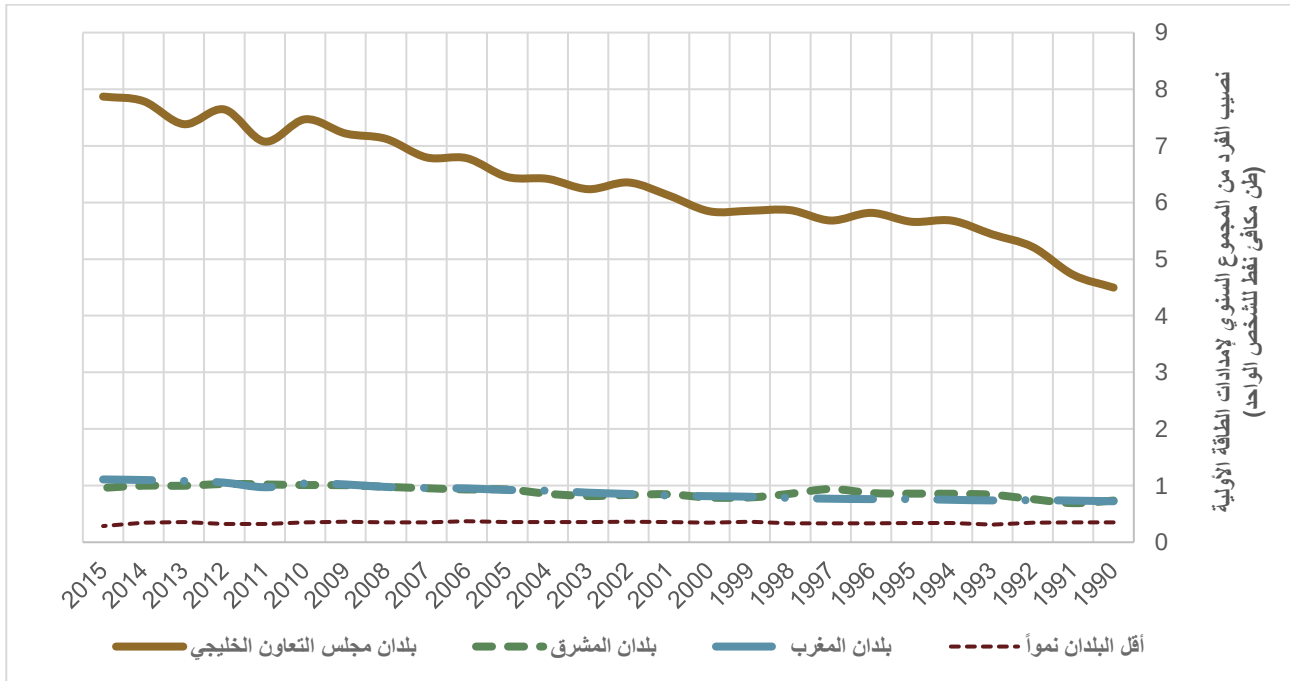
وعند النظر في كثافة الطاقة أو في الناتج الاقتصادي لكل وحدة من إمدادات الطاقة الأولية (إنتاجية الطاقة)، يتبيّن أن أقل البلدان العربية نمواً سجلت أعلى المستويات في إنتاجية الطاقة خلال العقد الماضي بين مجموعات البلدان العربية، مع الإشارة إلى أن هذه المستويات آخذة في الارتفاع. أما بلدان مجلس التعاون الخليجي، فلديها أدنى المستويات في إنتاجية الطاقة منذ عام 2000 (الشكل 12) وهذه المستويات آخذة في التراجع. وتقع مستويات إنتاجية الطاقة في بلدان المشرق والمغرب بين مستويات بلدان مجلس التعاون الخليجي وأقل البلدان العربية نمواً، مع الإشارة إلى تسجيل اتجاه تصاعدي في إنتاجية الطاقة في بلدان المشرق واتجاه تنازلي في بلدان المغرب منذ عام 2007.

الشكل 10- التغيرات في نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في مجموعات البلدان العربية



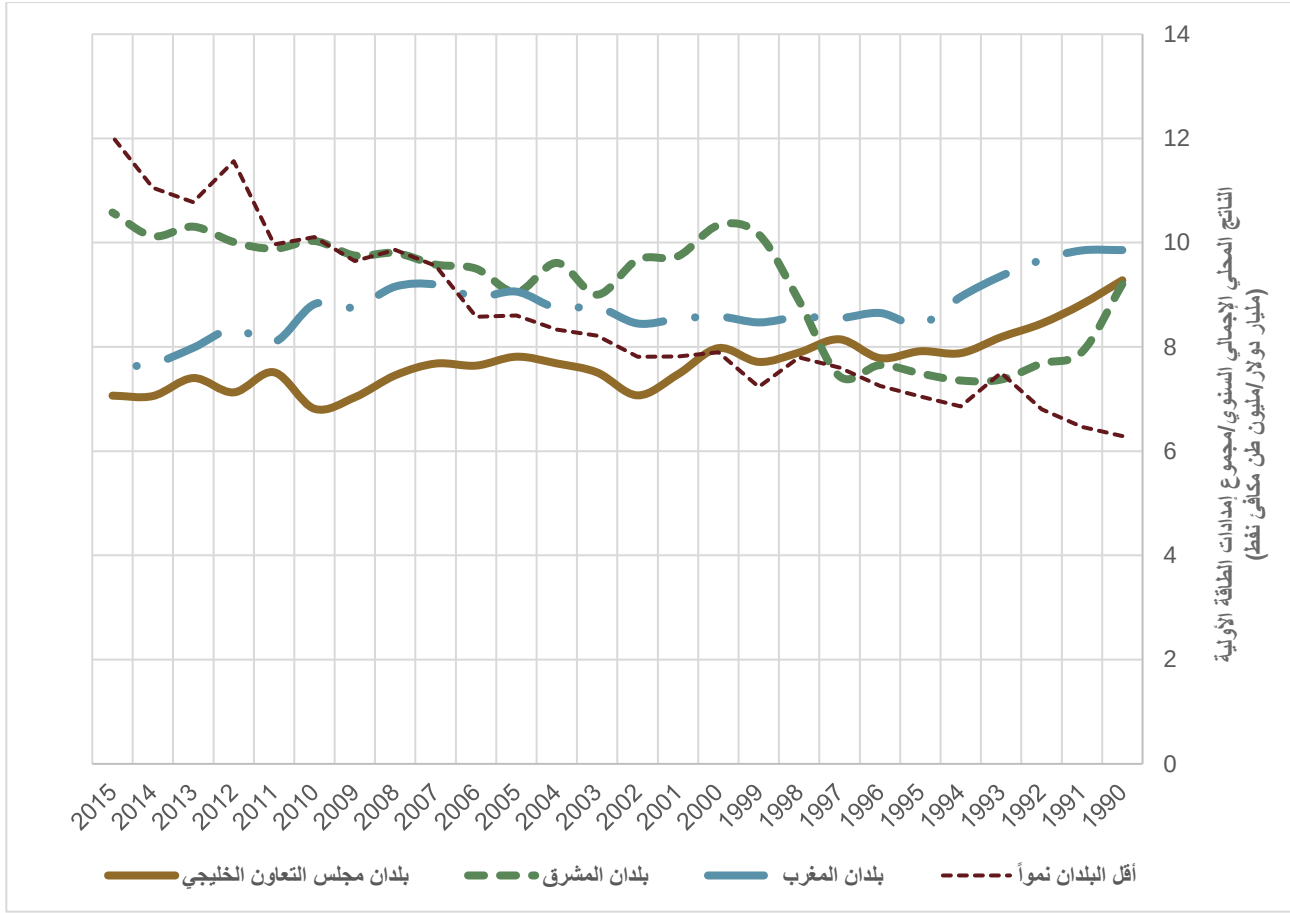
المصدر: IAEA, 2012.

الشكل 11- التغيرات في نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في مجموعات البلدان العربية



المصدر: IEA, 2017.

الشكل 12- التغيرات في إنتاجية الطاقة في مجموعات البلدان العربية



المصدر: IEA, 2017.

جيم- تحليل نوعي لكل بلد

يتضمن الجدول 2 مؤشرات الاقتصاد الكلي الأساسية في البلدان العربية، وذلك استناداً إلى بيانات عام 2015، باستثناء دولة فلسطين حيث تُستخدم بيانات عام 2013 لعام 2015 (IEA, 2017; World Bank, 2017; United Nations, 2017). وفي الأشكال 13-15 عرضٌ للتغيرات السنوية في مؤشرات الاقتصاد الكلي هذه، في عدد من البلدان التي تمثل مجموعات البلدان العربية، وهي تونس، ومصر، والمملكة العربية السعودية واليمن. وتبين هذه الأشكال التغيرات السنوية في نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية، ونصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي، ونسبة الناتج المحلي الإجمالي إلى مجموع إمدادات الطاقة الأولية خلال الفترة 1990-2015. وكما كان متوقعاً، فقد سجلت المملكة العربية السعودية التي تمثل بلدان مجلس التعاون الخليجي، قيمياً أعلى بكثير من حيث نصيب الفرد من الناتج الاقتصادي ومن استهلاك الطاقة. أما اليمن الذي يمثل أقل البلدان العربية نمواً، فقد سجل أدنى المؤشرات من حيث الاقتصاد واستخدام الطاقة. وطوال الفترة 1990-2015، ظل نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ومن مجموع إمدادات الطاقة الأولية يتبع الاتجاه نفسه في تونس التي تمثل بلدان المغرب، وفي مصر التي تمثل بلدان المشرق. ويشير الشكل 15 إلى أن إنتاجية الطاقة في المملكة العربية السعودية متدنية وفي تراجع (على عكس كثافة الطاقة)، في حين أنها ظلت على حالها في تونس ومصر خلال العقد الماضي. أما اليمن فيسجل مستويات أعلى في إنتاجية الطاقة، ولو أنها غير مستقرة.

الجدول 2- مؤشرات الاقتصاد الكلي الأساسية في البلدان العربية، 2015

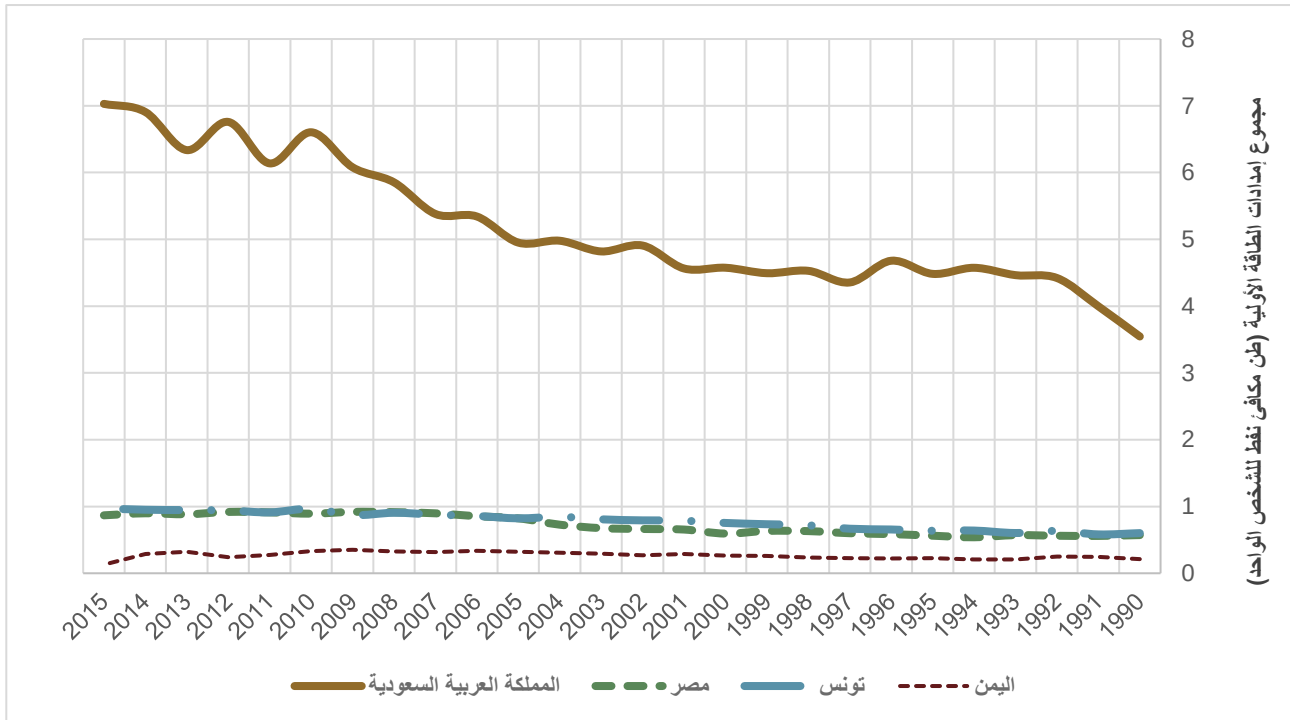
البلد	السكان (مليون)	نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي ^ب (دولار بمعدل القوة الشرائية لعام 2011 للشخص الواحد)	نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية ^ج (طن مكافئ نفط للشخص الواحد)	مجموع إمدادات الطاقة الأولية/الناتج المحلي الإجمالي (طن مكافئ نفط/ 1000 دولار بمعدل القوة الشرائية لعام 2011)
تونس	11.274	10 766	0.970	0.090
الجزائر	39.872	13 725	1.355	0.099
ليبيا	6.235	14 847	2.767	0.186
المغرب	34.803	7 407	0.557	0.075
الأردن	9.159	8 491	0.941	0.111
الجمهورية العربية السورية	18.735	2 002	0.533	0.266
العراق	36.116	15 073	1.325	0.088
دولة فلسطين	4.422	4 713	0.404	0.086
لبنان	5.851	13 353	1.306	0.098
مصر	93.778	10 096	0.847	0.084
الإمارات العربية المتحدة	9.154	66 569	8.006	0.120
البحرين	1.372	43 926	10.402	0.237
عمان	4.200	39 873	6.043	0.152
قطر	2.482	119 749	18.315	0.153
الكويت	3.936	68 476	8.804	0.129
المملكة العربية السعودية	31.557	50 724	7.025	0.138
السودان	38.648	4 290	0.405	0.095
موريتانيا	4.182	3 602	0.308	0.086
اليمن	26.916	2 309	0.129	0.056

أ- البيانات الخاصة بالسكان مستمدة من (World Bank, 2017).

ب- البيانات الخاصة بالناتج المحلي الإجمالي، بالدولار بمعدل القوة الشرائية لعام 2011، مستمدة من (World Bank, 2017)، باستثناء الجمهورية العربية السورية حيث البيانات الخاصة بالناتج المحلي الإجمالي، بالدولار بمعدل القوة الشرائية لعام 2010، مستمدة من (IEA, 2017).

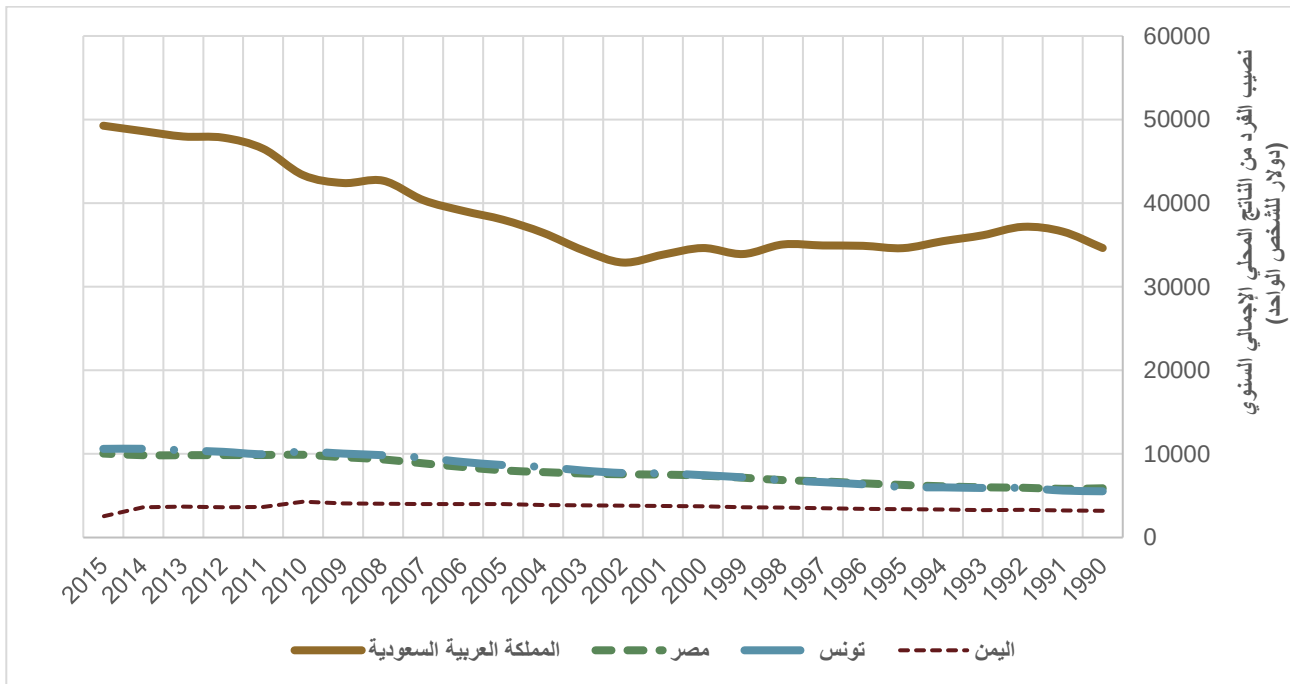
ج- البيانات الخاصة بمجموع إمدادات الطاقة الأولية مستمدة من (IEA, 2017)، باستثناء بيانات موريتانيا الصادرة عن شعبة الإحصاءات في الأمم المتحدة (<https://unstats.un.org/unsd/energy/balance/default.htm>) وبيانات دولة فلسطين الصادرة عن الجهاز المركزي للإحصاء الفلسطيني (http://www.pcbs.gov.ps/site/lang__en/886/Default.aspx).

الشكل 13- التغيرات في نصيب الفرد من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في بلدان عربية مختارة



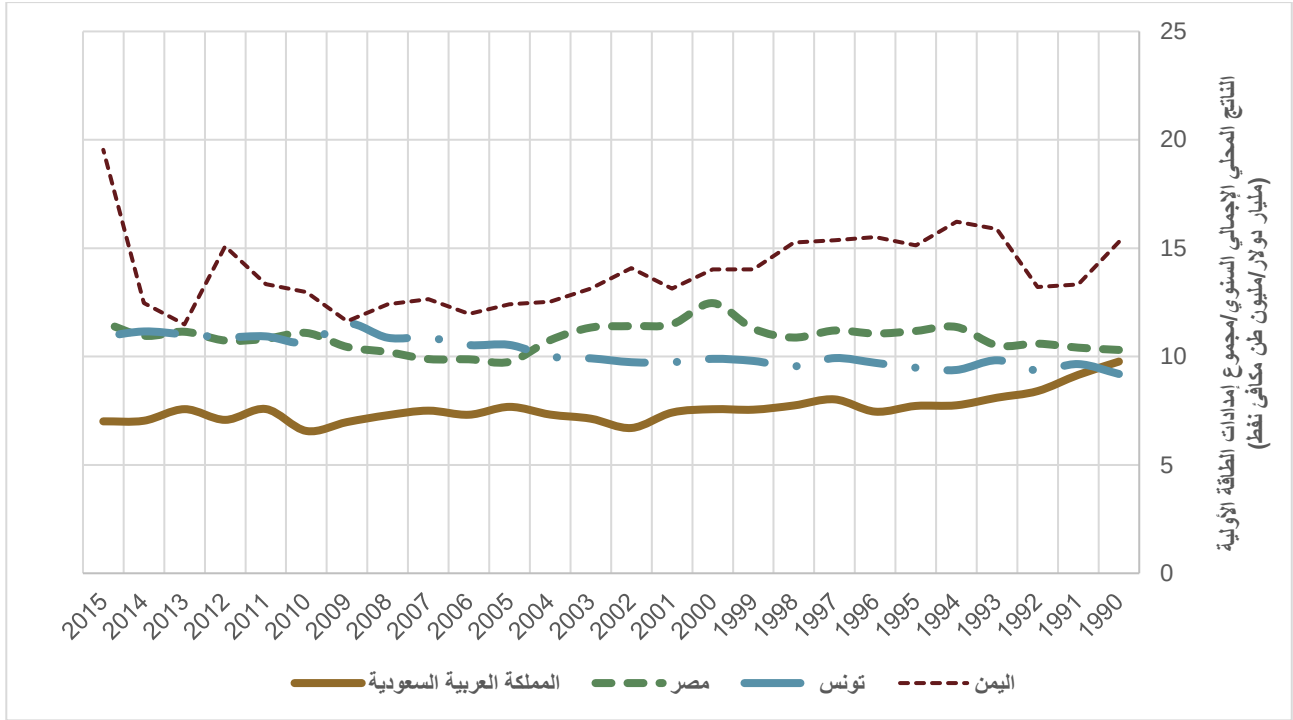
المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

الشكل 14- التغيرات في نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي في بلدان عربية مختارة



المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

الشكل 15- التغيرات في إنتاجية الطاقة في بلدان عربية مختارة



المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

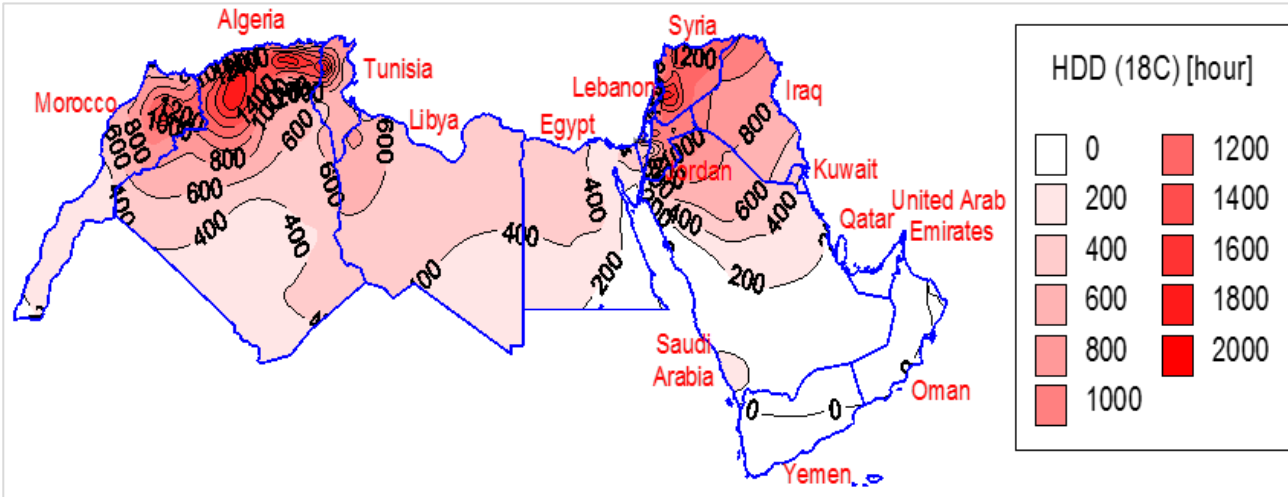
ثانياً- استهلاك الطاقة في قطاع المباني

يتناول هذا القسم الدوافع الرئيسية وراء استخدام الطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية، بما في ذلك الظروف المناخية، وسعة المباني القائمة، ونسب انتشار نُظم تكييف الهواء، ودعم الطاقة، فضلاً عن القواعد التنظيمية والمعايير السارية. كما يعرض اتجاهات استهلاك الطاقة في قطاع المباني على مستويات مختلفة، بينها المنطقة العربية عموماً، ومجموعات البلدان العربية الأربع، وحالات فردية لبعض البلدان. ثم يعرض المقاييس التقديرية لكفاءة استخدام الطاقة في المباني السكنية وغير السكنية في المنطقة العربية ككل، ومجموعات البلدان، ويناقش الاستخدامات النهائية الشائعة في المباني السكنية والتجارية في المنطقة وفي البلدان المختارة.

ألف- خصائص المناخ

جرى تقدير درجات التدفئة والتبريد اليومية في المنطقة العربية، باستخدام بيانات الطقس بالساعة لما مجموعه 162 مدينة (Krarti and Ihm, 2016). ويبيّن الشكل 16 خريطة طبوغرافية لدرجات التدفئة اليومية في السنة³ انطلاقاً من درجة حرارة أساسية هي 18 درجة مئوية للمنطقة العربية، حيث تتوفر البيانات المناخية بالساعة. ويعرض الشكل 17 خريطة مماثلة لدرجات التبريد اليومية في السنة⁴ انطلاقاً من درجة حرارة أساسية هي 18 درجة مئوية. وعلى النحو المبين في الشكل 16، فإن درجات التدفئة اليومية في المدن القريبة من المناطق الساحلية في منطقة البحر الأبيض المتوسط تفوق درجات التدفئة اليومية في الصحراء العربية. ولذلك، ترتفع احتياجات المدن المتوسطية إلى الطاقة اللازمة لتدفئة الأمكنة، وذلك للحفاظ على مستوى الحرارة المناسبة داخل المباني المكيفة خلال موسم التدفئة. أما الشكل 17، فيبين أن المواقع في الصحراء العربية شديدة الحر، وبالتالي تتطلب كمية كبيرة من الطاقة لتبريد المباني، بالمقارنة مع المواقع في منطقة حوض البحر المتوسط.

الشكل 16- خريطة طبوغرافية للمنطقة العربية تبين درجات التدفئة اليومية في السنة



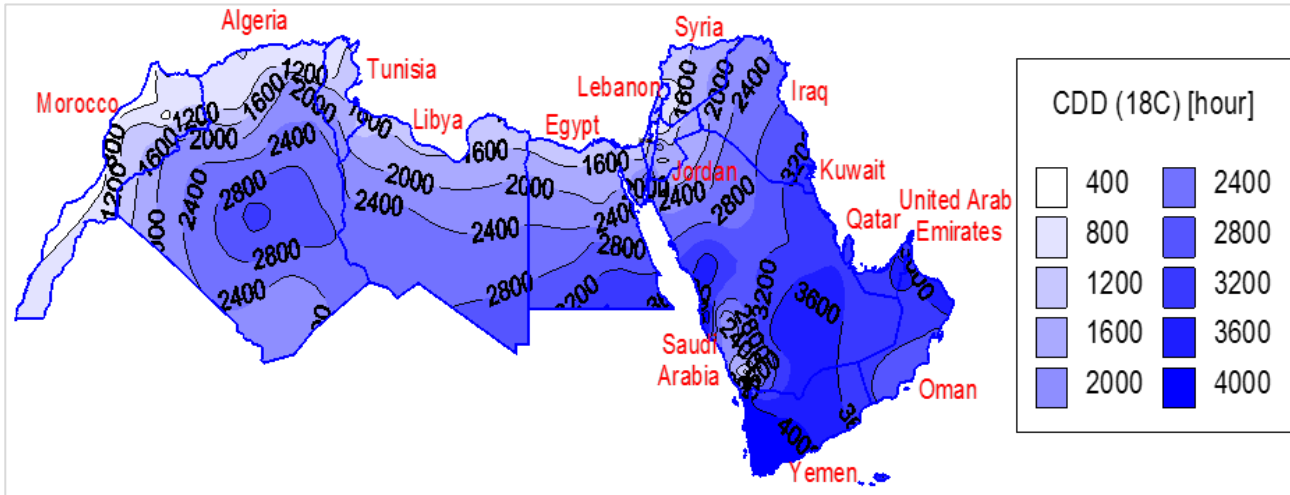
المصدر: Krarti and Ihm, 2016.

3 تشير درجات التدفئة اليومية إلى عدد الدرجات اللازمة في جميع الأيام التي يتدنى فيها متوسط درجات حرارتها عن 18 درجة مئوية خلال سنة واحدة. وهي مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بمتطلبات الطاقة في المباني لتدفئة المكان.

4 تشير درجات التبريد اليومية إلى عدد الدرجات اللازمة في جميع الأيام التي يرتفع فيها متوسط درجات حرارتها عن 18 درجة مئوية خلال سنة واحدة. وهي مرتبطة ارتباطاً وثيقاً بمتطلبات الطاقة في المباني لتبريد المكان.

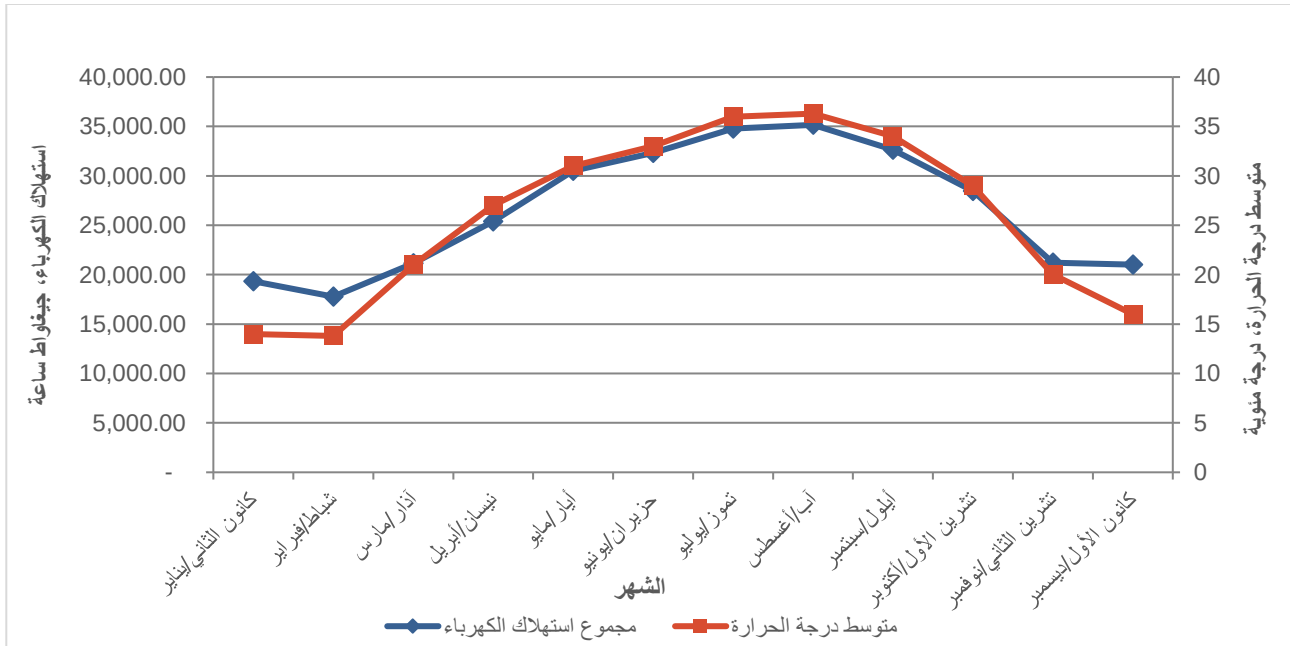
وفي المناخات الحارة، كما في بلدان مجلس التعاون الخليجي، يرتبط استهلاك الطاقة في قطاع المباني بالظروف المناخية، لأن معظم المباني مكيفة (Krarti, 2015). فعلى سبيل المثال، يبيّن الشكل 18 أن مجموع استهلاك الكهرباء الشهري في المملكة العربية السعودية يرتبط ارتباطاً وثيقاً بمتوسط درجة الحرارة المحيطة، استناداً إلى البيانات المسجلة في عام 2014. والعلاقة الوثيقة بين استهلاك الكهرباء من جهة، ودرجة الحرارة المحيطة من جهة أخرى، تدلّ بوضوح على أهمية تكييف الهواء خلال أشهر الصيف، حيث يرتفع الطلب على الكهرباء إلى الضعف بالمقارنة مع المستويات المسجلة خلال الشتاء.

الشكل 17- خريطة طبوغرافية للمنطقة العربية تبين درجات التبريد اليومية



المصدر: Krarti and Ihm, 2016.

الشكل 18- مجموع استهلاك الكهرباء الشهري ومتوسط درجة الحرارة المحيطة في المملكة العربية السعودية، 2014



المصدر: Krarti and others, 2017.

باء- مساحات المباني القائمة

تكاد لا تتوفر في المنطقة العربية بيانات مفصلة من تعدادات المباني، ولا سيما عن مساحات المباني. ومع ذلك، استخدمت بعض الدراسات بيانات، ولو محدودة من التعدادات المتوفرة، لتقدير مساحات المباني السكنية وغير السكنية في بعض البلدان العربية. ويُلخّص الجدول 3 هذه الدراسات، والمساحات التقديرية للمباني القائمة، ونصيب الفرد من هذه المساحات، استناداً إلى بيانات السكان الصادرة عن الأمم المتحدة في سنة التعداد.

الجدول 3- مجموع مساحة المباني القائمة والمبّغ عنها في البلدان العربية استناداً إلى بيانات التعداد

البلد ونوع المباني	سنة التعداد	مجموع مساحة المباني (مليون متر مربع)	نصيب الفرد من المساحة (متر مربع للشخص الواحد)	المراجع
مصر، سكنية	2006	1476.463	18.9	USAID, 2008; CAPMAS, 2017
تونس، سكنية	2006	274.254	26.9	ANME, 2010
تونس، غير سكنية	2006	28.493	2.8	ANME, 2010
المملكة العربية السعودية، سكنية	2010	651.616	23.8	Khan and others, 2017

لقد وُضعت نماذج لتقدير مساحات المباني واستُخدمت لتقييم أداء الطاقة في أنواع مختلفة من المباني في البلدان والمناطق. وجاء في دراسة (Navigant, 2015) أن مجموع مساحة المباني في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا التي تضمّ معظم البلدان العربية، بلغت 4.5 مليار متر مربع في عام 2014، أو 11.5 متر مربع للشخص الواحد. وجاء أيضاً في دراسة (GABC, 2016) أن منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا تضمّ مساحة 8 مليار متر مربع من المباني، أي 18.65 متر مربع للشخص الواحد، أي ما يقارب المساحة المقدرة في دراسة (Harvey and others, 2014) وهي 20.5 متر مربع للشخص الواحد. ووضعت الوكالة الدولية للطاقة نموذجاً يحدد نصيب الفرد من مساحات المباني السكنية كدالة لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي للبلد أو المنطقة (IEA-ETP, 2016). وبناءً على نموذج قطاع المباني المُعتمد في الوكالة الدولية للطاقة، يبيّن الجدول 4 القيم المتوسطة والدنيا والقصى لنصيب الفرد من مساحة مسكن الأسرة المعيشية.

الجدول 4- نصيب الفرد مساحة المسكن وفقاً لنصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي

نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي (دولار بمعدل القوة الشرائية لعام 2012 للشخص الواحد)	القيمة المتوسطة	القيمة الدنيا	القيمة القصوى
0	12 م ² للشخص الواحد	7 م ² للشخص الواحد	30 م ² للشخص الواحد
10 000	23 م ² للشخص الواحد	9 م ² للشخص الواحد	50 م ² للشخص الواحد
20 000	34 م ² للشخص الواحد	17 م ² للشخص الواحد	62 م ² للشخص الواحد
30 000	44 م ² للشخص الواحد	25 م ² للشخص الواحد	68 م ² للشخص الواحد
40 000	49 م ² للشخص الواحد	30 م ² للشخص الواحد	71 م ² للشخص الواحد
50 000	51 م ² للشخص الواحد	31 م ² للشخص الواحد	72 م ² للشخص الواحد
60 000	52 م ² للشخص الواحد	32 م ² للشخص الواحد	73 م ² للشخص الواحد

المصدر: IEA-ETP, 2016.

وباستخدام بيانات الناتج المحلي الإجمالي للمنطقة العربية، يقدر نصيب الفرد من مساحة المسكن بين 11.6 و48.1 متر مربع للشخص الواحد، بمتوسط 24.2 متر مربع للشخص الواحد، وهو مقياس قريب من القيم الواردة في الجدول 3 عن تونس والمملكة العربية السعودية، وبدرجة أقل عن مصر. فنصيب الفرد من مساحة المسكن في مصر يبلغ 18.9 متر مربع للشخص الواحد، ويتدنى عن متوسط 24.2 متر مربع للشخص الواحد، وهو أمر متوقع في بلد تكتظ فيه المناطق الحضرية بالسكان، لكنه يظل أعلى من القيمة الدنيا البالغة 11.6 متر مربع للشخص الواحد.

ولا بد من الإشارة إلى أنه من الأصعب تقدير مساحة المباني غير السكنية في المنطقة العربية. ولم يتوفر في هذا الإطار سوى عدد قليل من النماذج، مع تفاوت كبير في نصيب الفرد من تقديرات مساحة المباني في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. وتشمل هذه النماذج: (أ) 5.5 متر مربع للشخص الواحد (McNeil and others, 2013)؛ (ب) 4.5 متر مربع للشخص الواحد (IEA-ETP, 2016)؛ (ج) 4.0 متر مربع للشخص الواحد (Harvey and others, 2014)؛ (د) 2.5 متر مربع للشخص الواحد (Ürge-Vorsatz and others, 2013). ويقع نصيب الفرد من مساحة المباني غير السكنية في تونس والبالغ 2.8 متر مربع للشخص الواحد، ضمن المستوى الأدنى من تقديرات النماذج المبلغ عنها. وباستخدام الحدين الأدنى والأقصى أي 2.5-5.5 متر مربع للشخص الواحد، يمكن تقدير المساحة غير السكنية للمنطقة العربية بالنسبة إلى عدد السكان. ويقدر مجموع مساحة المباني غير السكنية في عام 2015 بين 950 مليون و2,091 مليون متر مربع، وبقيمة متوسطة هي 1,521 مليون متر مربع.

جيم- نسب انتشار نُظم تكييف الهواء

تبيّن من الشكل 16 والشكل 17 أن القسم الأكبر من المنطقة العربية يسوده مناخ يفرض التبريد. لذلك، لا بد من توفر نُظم تكييف الهواء للحفاظ على درجة الحرارة المناسبة داخل المباني السكنية والتجارية. كذلك، لا بد من توفر ثلاجات للحفاظ على الأغذية لفترة أطول. إلا أن انتشار مكيفات الهواء يختلف حسب مجموعات البلدان. ففي حين تتوفر المكيفات تقريباً في جميع المباني في بلدان مجلس التعاون الخليجي (نسبة الانتشار تعادل 100 في المائة)، فإن استخدام الأجهزة الفاعلة (المعدات الميكانيكية) لتبريد المباني يعتمد على البلد وعلى مستويات المعيشة فيه. ويبين الجدول 5 نسب انتشار نُظم تكييف الهواء والثلاجات داخل المباني السكنية في بلدان عربية مختارة تمثل مجموعات بلدان المشرق، وبلدان المغرب، وأقل البلدان العربية نمواً. ويشير أيضاً إلى توقعات نسب انتشار مكيفات الهواء في بلدان المغرب. وقد بين عدد من الدراسات أن نسب انتشار نُظم تكييف الهواء والتجهيزات تعتمد كثيراً على نصيب الفرد من مستوى الدخل في كل بلد. وتتراوح حالياً نسب انتشار نُظم التكييف في المساكن في بلدان المغرب والمشرق بين 40 و50 في المائة، ومن المتوقع أن تتجاوز 80 في المائة بحلول عام 2030. وتتدنى نسب انتشار مكيفات الهواء والثلاجات في أقل البلدان العربية نمواً، ولا تتجاوز 30 في المائة. وتؤدي الاختلافات الكبيرة في الظروف المناخية بين البلدان العربية، على النحو المبين في الشكل 18، إلى تفاوت في عدد الساعات المحتملة لتشغيل المكيفات. وترتفع نسب تشغيل المكيفات، ولا سيما داخل المباني السكنية، في بلدان مجلس التعاون الخليجي مقارنةً بمجموعات البلدان الأخرى، ومن المتوقع أن يؤثر ذلك على ذروة الطلب على الكهرباء وعلى استهلاك الطاقة الكهربائية فيها. ولا يؤثر انخفاض ساعات تشغيل المكيفات على استهلاك الطاقة بقدر ما يؤثر على ذروة الطلب على الكهرباء في بلدان المشرق والمغرب وأقل البلدان العربية نمواً.

الجدول 5- نسب انتشار نُظم تكييف الهواء والثلاجات في المباني السكنية في بلدان عربية مختارة

البلد	نسب انتشار مكيفات الهواء (في السنة)	النسب المتوقعة لانتشار مكيفات الهواء (2030)	نسب انتشار الثلاجات (في السنة)	المراجع
الجزائر	37.2% (2015)	84.5%	90% (2009)	WBG, 2016
المغرب	9.3% (2015)	49.0%	85% (2009)	WBG, 2016
الجمهورية العربية السورية	9% (2009)	غير متوفرة	40% (2009)	RCREEE, 2012
تونس	40.3% (2015)	84.5%	80% (2009)	WBG, 2016
اليمن	12% (2009)	غير متوفرة	30% (2009)	RCREEE, 2012
لبنان	50% (2010)	غير متوفرة	100% (2010)	MEDENER, 2013

لا تزال بلدان مجلس التعاون الخليجي تشكل سوقاً كبيرة لصناعة المكيفات. ويعدّ الجدول 6 وحدات التكييف المباعة في الفترة 2016-2011 في المنطقة العربية، والمبوبة حسب البلدان (JRAIA, 2017). ويبين الجدول 6 أن بلدان مجلس التعاون الخليجي تسجّل أكثر من 80 في المائة من إجمالي الطلب على المكيفات في المنطقة العربية. غير أنّ الطلب على المكيفات قد استقر في معظم بلدان مجلس التعاون الخليجي، وسجل تراجعاً طفيفاً في بعض الحالات في العامين الماضيين، بسبب تباطؤ الأنشطة الاقتصادية المرتبطة بانخفاض أسعار النفط.

الجدول 6- العدد الإجمالي لوحدات التكييف (بالآلاف) المباعة في المنطقة العربية، 2016-2011

البلد	2011	2012	2013	2014	2015	2016
المملكة العربية السعودية	1 581	1 666	2 226	2 238	2 164	1 926
مصر	747	803	765	781	782	758
الإمارات العربية المتحدة	497	493	713	737	763	731
عُمان	248	217	297	321	320	296
قطر	189	179	275	284	286	278
الجزائر	172	176	206	205	194	229
الكويت	144	147	214	217	225	211
العراق	274	296	315	320	193	187
ليبيا	180	174	189	159	159	155
المغرب	122	131	132	135	135	130
البحرين	77	82	82	78	77	80
لبنان	69	68	69	77	76	80
جميع البلدان الأخرى	231	221	215	227	228	222
المنطقة العربية	4 531	4 653	5 698	5 779	5 602	5 283

المصدر: JRAIA, 2017.

دال- دعم الطاقة

إن أسعار الطاقة مدعومة إلى حد كبير في المنطقة العربية (الجدول 7). ويبيّن الجدول 8 أسعار الكهرباء للأسر المعيشية، والقدرة المتوقعة لتوليد الكهرباء، ونصيب الفرد من استهلاك الكهرباء وانبعثات الكربون، وذلك في بلدان عربية مختارة. ويبيّن الجدول 7 أن دعم الطاقة، لا سيما في بلدان مجلس التعاون الخليجي المصدرة للنفط، هو من بين الأعلى في العالم، وقد يفسّر ارتفاع نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء وانبعثات الكربون في عدد من البلدان العربية (الجدول 8). ووفقاً للوكالة الدولية للطاقة، البلدان العربية هي من الأكثر دعماً للطاقة في العالم: فستة من البلدان العشرة الأكثر دعماً للطاقة في العالم هي من المنطقة العربية، وعلى رأسها الكويت، فالمملكة العربية السعودية، قطر (Ameer and Krarti, 2016). كذلك، تسجّل بلدان مجلس التعاون الخليجي أعلى نصيب للفرد من استهلاك الكهرباء في العالم، بسبب الأحمال الكبيرة لتكييف المباني، ولا سيما خلال أشهر الصيف. وتتفاوت مستويات استهلاك الطاقة بشكل كبير بين البلدان العربية. وتضمّ المنطقة أيضاً بعض البلدان الأقل استهلاكاً للطاقة على الصعيد العالمي، بما في ذلك الكهرباء. فعلى سبيل المثال، يستهلك الشخص العادي في اليمن 147 كيلوواط ساعة فقط في السنة، على النحو المشار إليه في الجدول 8، وذلك يعود على الأرجح إلى ضعف إمكانية الحصول على الطاقة في المناطق الريفية.

الجدول 7- دعم الطاقة في المنطقة العربية

البلد	إجمالي الدعم على الطاقة (بمليارات الدولارات)	النسبة المئوية من الناتج المحلي الإجمالي (بالنسبة المئوية)	نصيب الفرد من مجموع قيمة دعم الطاقة (دولار للشخص الواحد)	نصيب الفرد من دعم الكهرباء (دولار للشخص الواحد)
الأردن	1.424	3.6	208.67	89.90
الإمارات العربية المتحدة	28.961	6.6	3 022.85	337.03
البحرين	3.940	11.2	3 224.74	1 179.72
تونس	2.004	4.0	180.37	115.28
الجزائر	23.870	10.0	604.70	59.83
السودان	1.375	2.1	35.77	غير متوفر
العراق	0.495	0.2	13.37	0.00
عمان	7.267	8.9	1 718.97	102.13
قطر	14.471	6.4	5 995.25	1 041.12
الكويت	14.097	7.8	3 429.95	409.78
لبنان	5.246	10.3	1 151.99	465.14
ليبيا	6.442	10.2	1 021.64	0.00
مصر	32.349	10.0	365.79	33.20
المغرب	1.957	1.6	58.41	غير متوفر
المملكة العربية السعودية	106.556	13.2	3 395.03	352.54
موريتانيا	0.058	1.3	15.53	15.53
اليمن	0.359	0.7	12.69	6.08
المنطقة العربية	250.868	8.3	715.65	85.31

المصدر: IMF, 2015.

ملاحظة: استُخدم نهج الفجوة السعرية في تقدير قيمة الدعم. وهو يقارن متوسط أسعار المستخدم النهائي التي يدفعها المستهلكون بالأسعار المرجعية التي تتوافق مع الكلفة الكاملة للإمداد.

ويبين الجدول 8 أن المنطقة العربية لديها 232,675 ميغاواط من القدرة المتاحة لتوليد الطاقة الكهربائية، 6 في المائة منها مستمدة من الموارد المتجددة، معظمها من المحطات الكهرومائية (حوالي 11,000 ميغاواط). وقد وضعت معظم البلدان العربية، في إطار خططها الوطنية للطاقة المتجددة، أهدافاً طموحة لتلبية 10 إلى 100 في المائة من احتياجاتها إلى الكهرباء باستخدام مصادر الطاقة المتجددة بحلول عام 2030 (IRENA, 2016).

الجدول 8- أسعار الكهرباء ومؤشرات استخدام الطاقة وانبعاثات الكربون في بلدان عربية مختارة

البلد	كلفة الكهرباء (دولار/كيلوواط ساعة) ^أ	القدرة على توليد الكهرباء (ميغاواط) ^ب	نصيب الفرد من استهلاك الطاقة (كيلوواط ساعة للشخص الواحد) ^ج	نصيب الفرد من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة (طن مكافئ نفط للشخص الواحد) ^د	نصيب الفرد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (طن للشخص الواحد) ^{هـ}
تونس	0.127	4 491	1 458	0.7	2.587
الجزائر	0.051	13 000	1 451	0.944	3.717
ليبيا	0.016	10 000	1 656	1.322	9.187
المغرب	0.123	8 202	892	0.435	1.744
الأردن	0.092	4 882	2 288	0.73	3.003
الجمهورية العربية السورية	0.004	3 154	811	0.357	1.599
العراق	0.009	25 600	1 218	0.496	4.812
لبنان	0.046	2 710	2 861	0.835	4.296
مصر	0.033	32 483	1 754	0.604	2.199
الإمارات العربية المتحدة	0.080	29 348	12 916	5.805	23.202
البحرين	0.008	3 889	20 190	4.568	23.450
عمان	0.026	8 750	6 588	4.548	15.443
قطر	0.022	8 900	17 460	8.769	45.423
الكويت	0.007	18 000	14 951	4.523	25.224
المملكة العربية السعودية	0.013	46 400	9 926	4.6	19.529
السودان	0.049	3 253	264	0.265	0.309
اليمن	0.041	1 500	147	0.095	0.865

أ- قُدِّر متوسط الأسعار في المباني السكنية في عام 2014 استناداً إلى استهلاك 500 كيلوواط ساعة (RCREEE, 2015).

ب- استُمدَّت بيانات عام 2015 من (IRENA, 2016).

ج- استُمدَّت بيانات عام 2015 من (IEA, 2017).

د- استُمدَّت بيانات عام 2014 (باستثناء السودان لعام 2013) من (World Bank, 2017).

هـ- اتجاهات استهلاك الطاقة في قطاع المباني

يعرض هذا القسم تقييماً لاستهلاك الطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية ككل، وفي مجموعات البلدان، وفي بعض البلدان، استناداً إلى البيانات المبلغ عنها خلال العقدين الماضيين (IEA, 2017). وفيه نقاش وتقييم للاتجاهات العامة في استهلاك الطاقة من جهة، ومزيج الطاقة من جهة أخرى في المباني السكنية وغير السكنية.

1- الاتجاهات العامة في المنطقة العربية

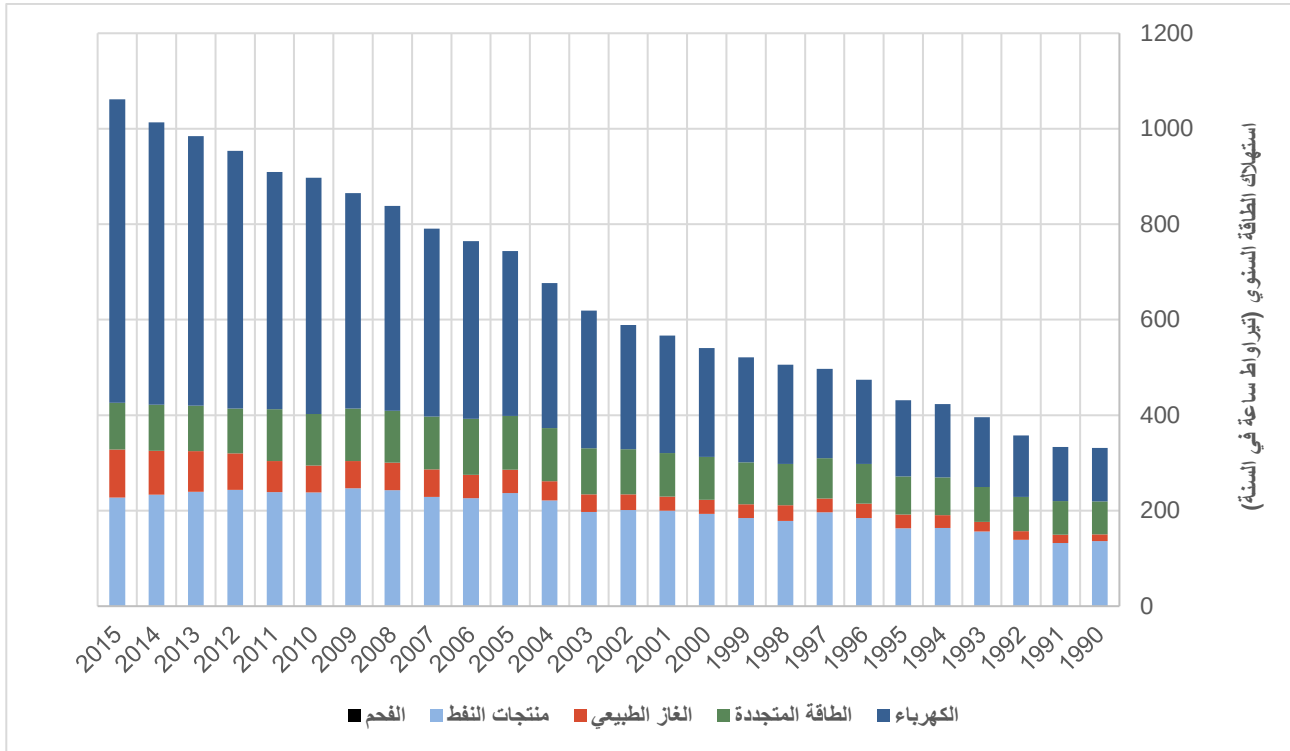
يبين الشكل 19 أنّ مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني يزداد بشكل مطرد في المنطقة العربية منذ عام 1990، مع تحوّل واضح من المنتجات النفطية إلى استخدام الكهرباء. ويبين الشكل 19 (أ) أنّ مزيج الطاقة في قطاع المباني قد تحوّل من تفضيل المنتجات النفطية التي مثّلت نسبة 41 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني في عام 1990، إلى هيمنة استخدام الكهرباء لتلبية أكثر من 60 في المائة من مجموع احتياجات قطاع المباني في البلدان العربية في عام 2015. كذلك، ارتفع مجموع الاستهلاك النهائي السنوي للطاقة في المباني بشكل مطرد منذ عام 1990، كما يظهر في الشكل 19 (ب)، مما يشير إلى اتجاه خطي بين السنوات والاستخدام الإجمالي للطاقة في المباني. وإذا استمر هذا الاتجاه، ستستهلك المباني في البلدان العربية 1,450 تيراواط ساعة بحلول عام 2030، ليتضاعف مستوى استهلاك الطاقة المسجل في عام 2006؛ و2,000 تيراواط ساعة بحلول عام 2050، ليتضاعف تقريباً مستوى استهلاك الطاقة المسجل في عام 2015. ويشير الشكل 20 إلى أن حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة بقيت في حدود 18-23 في المائة خلال الفترة 1990-2015، ويعود معظمها إلى استخدام الأسر المعيشية. واستناداً إلى أوجه الكفاءة المبلغ عنها والنتيجة عن تحويل إمدادات الطاقة الأولية إلى الاستهلاك النهائي للطاقة، يقدر نصيب قطاع البناء من مجموع إمدادات الطاقة الأولية في المنطقة العربية على النحو المبين في الشكل 21 في ثلاث سنوات هي 1990، و2000، و2015. وقد ارتفعت حصة قطاع البناء من مجموع إمدادات الطاقة الأولية من 23 في المائة في عام 1990 إلى 28 في المائة في عام 2015. وفي عام 2015، استهلكت المباني في البلدان العربية 1,076 تيراواط ساعة، معظمها من الكهرباء (60 في المائة)، لتلبية الطلب المتزايد والعائد في معظمه إلى الإنارة، والتجهيزات، ونظم التبريد (Krarti and Ihm, 2016). وتشكّل الكهرباء 88 في المائة من مجموع الطاقة التي تستهلكها المباني التجارية والعامة في المنطقة العربية. أما بالنسبة إلى المباني السكنية، فتغطي الكهرباء 50 في المائة من احتياجاتها إلى الطاقة في معظم البلدان العربية. وتوفّر المنتجات النفطية 21 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني، مقابل 10 في المائة للغاز الطبيعي و9 في المائة للطاقة المتجددة، وبالتحديد لتلبية الطلبات على الطاقة غير الكهربائية المستخدمة في المنازل لتسخين المياه، والطبخ، والتدفئة (Krarti and Ihm, 2016).

فضلاً عن ذلك، يشمل مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة، وما يقابله من مجموع إمدادات الطاقة الأولية، استخدامات غير متعلقة بالطاقة (منتجات الطاقة المستخدمة كمادة وسيطة في العمليات الصناعية، على غرار تلك المستخدمة في الصناعات البتروكيمياوية). وفي المنطقة العربية، بلغت حصة الاستخدام غير المتعلق بالطاقة أكثر من 15 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة لعام 2015، كما يظهر في الشكل 6. وترتفع هذه الحصة في بلدان مجلس التعاون الخليجي وغيرها من البلدان المنتجة للنفط والغاز الطبيعي في المنطقة العربية. فعلى سبيل المثال، بلغت حصة الاستخدام غير المتعلق بالطاقة حوالي 27 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المملكة العربية السعودية في عام 2015. ولذلك، إن الحصة الفعلية من الطاقة المستخدمة في قطاع المباني أعلى من القيم التي نوقشت في السابق (في عام 2015، بلغت الحصة 25 في المائة تقريباً من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة المستخدمة فقط للطاقة، و31 في المائة تقريباً من مجموع إمدادات الطاقة الأولية المستخدمة فقط للطاقة).

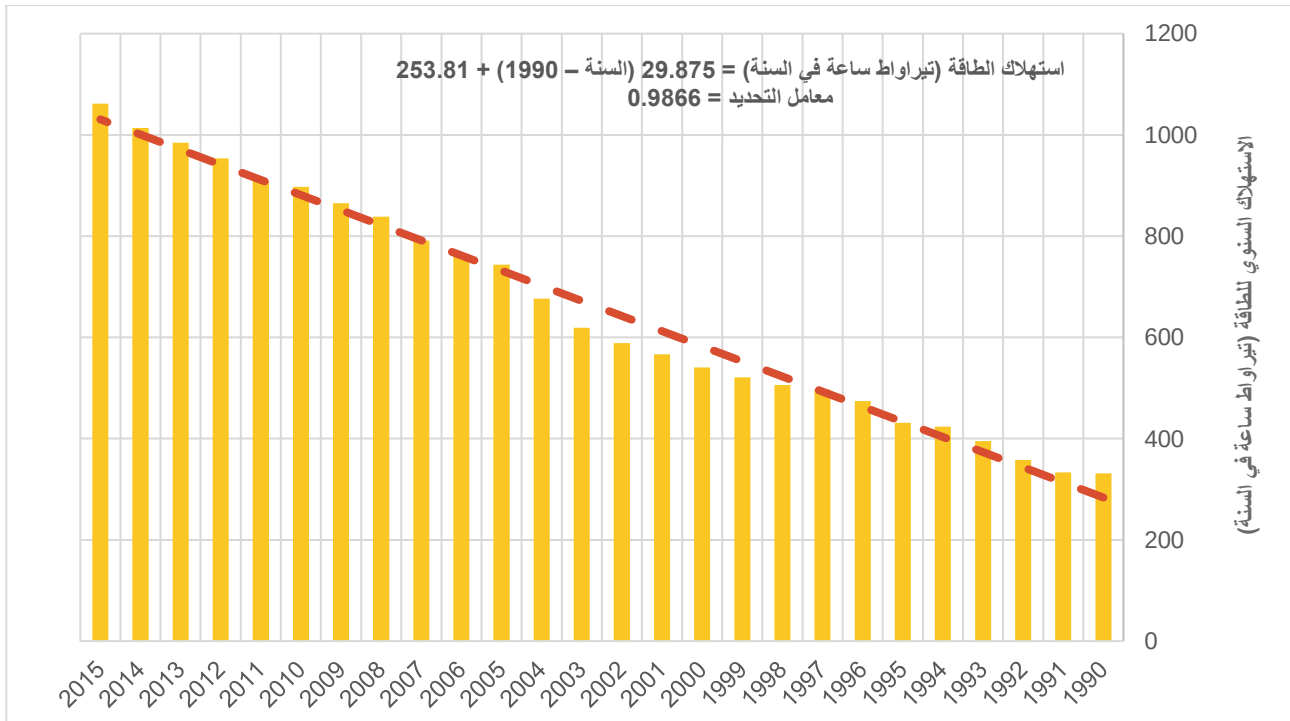
وفي حين أنّ الطاقة الكهربائية قد شكّلت 60 في المائة من الطاقة المستخدمة في المباني، لم تبلغ حصتها سوى 19 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية في عام 2015 (22 في المائة لدى النظر في مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة المستخدمة فقط للطاقة). ويتم توليد الكهرباء في المقام الأول من الغاز الطبيعي (65 في المائة) ومنتجات النفط (30 في المائة)، مع مساهمات طفيفة من الطاقة المتجددة (3 في المائة) والفحم (2 في المائة) (الشكل 22).

الشكل 19- مجموع استخدام الطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية، 2015-1990

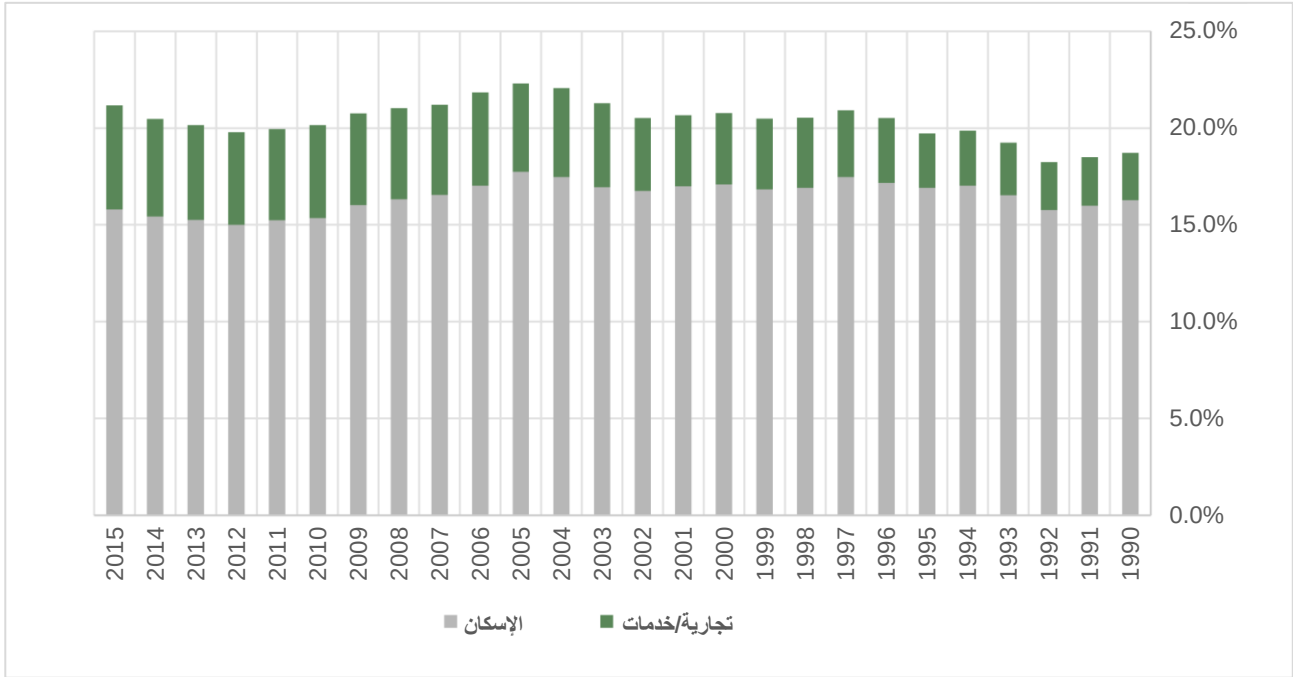
(أ) مزيج الطاقة



(ب) الاتجاهات السنوية في استهلاك الطاقة

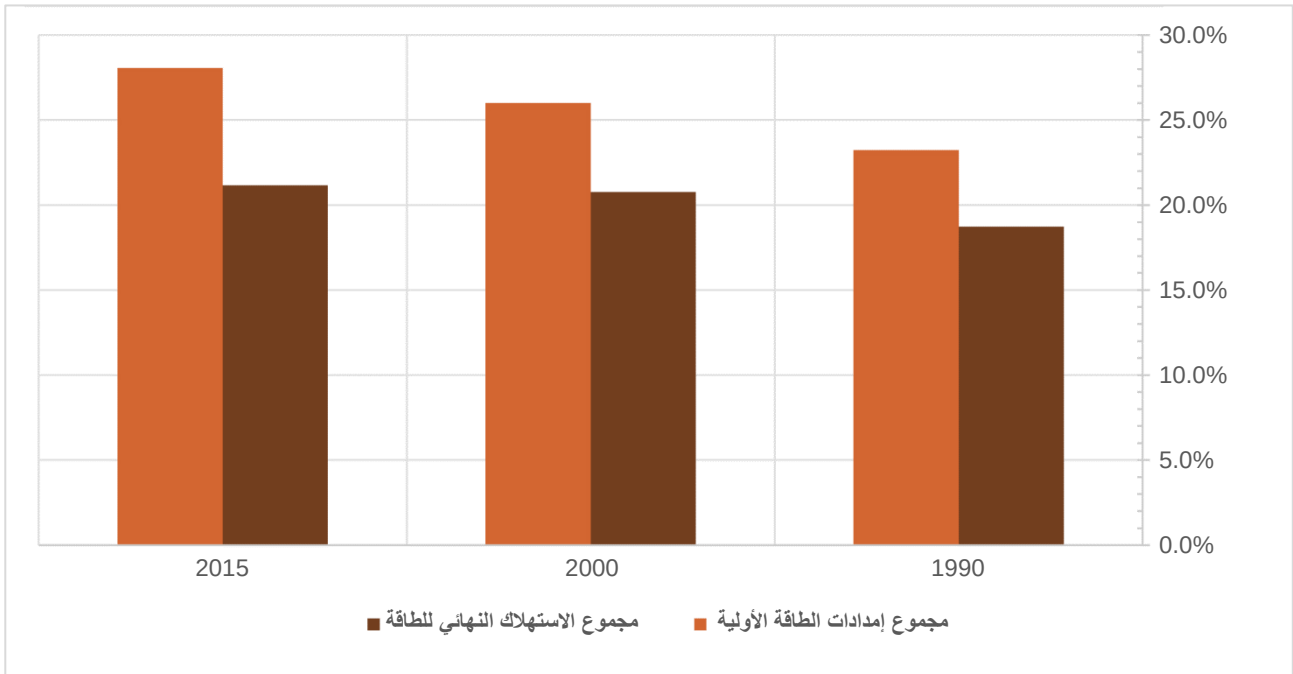


الشكل 20- حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية، 2015-1990



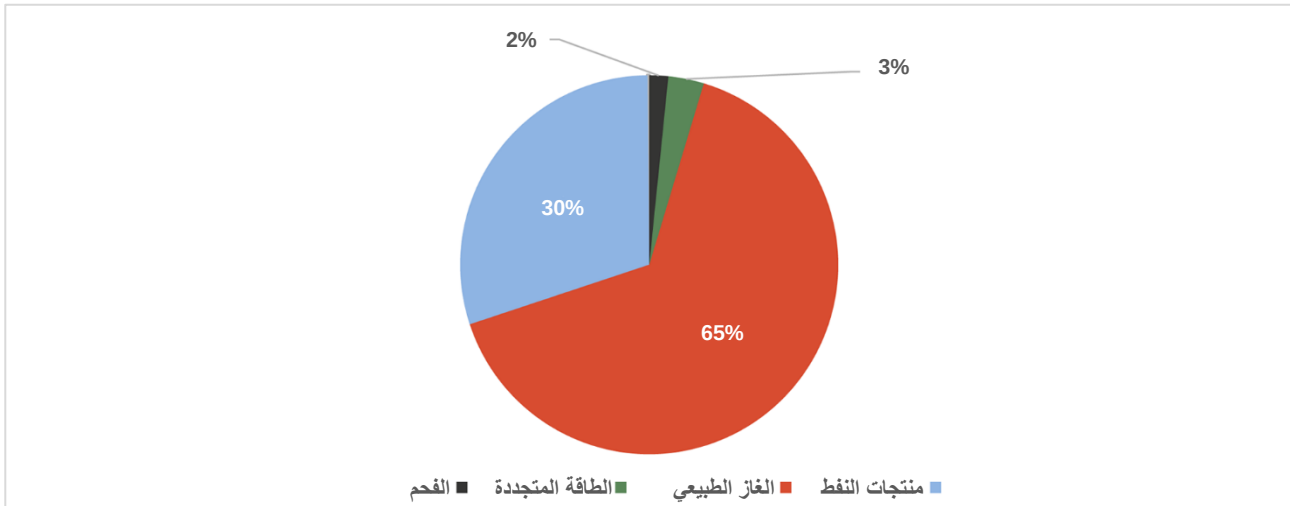
المصدر: IEA, 2017.

الشكل 21- حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة ومجموع إمدادات الطاقة الأولية في المنطقة العربية، 1990، و2000، و2015



المصدر: IEA, 2017.

الشكل 22- مزيج الطاقة لتوليد الكهرباء في المنطقة العربية، 2015

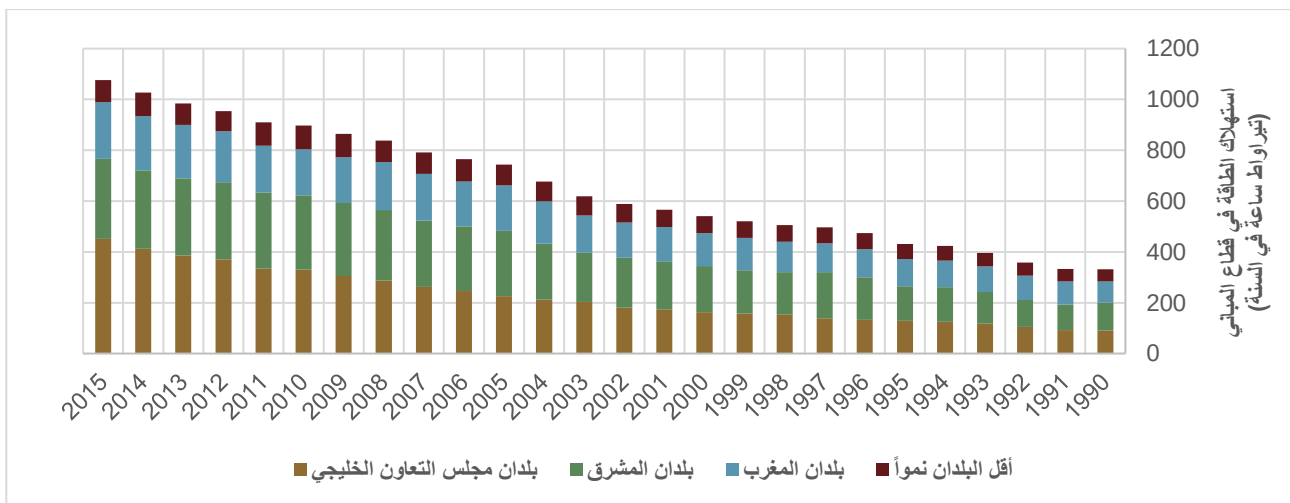


المصدر: IEA, 2017.

2- الاتجاهات في مجموعات البلدان العربية

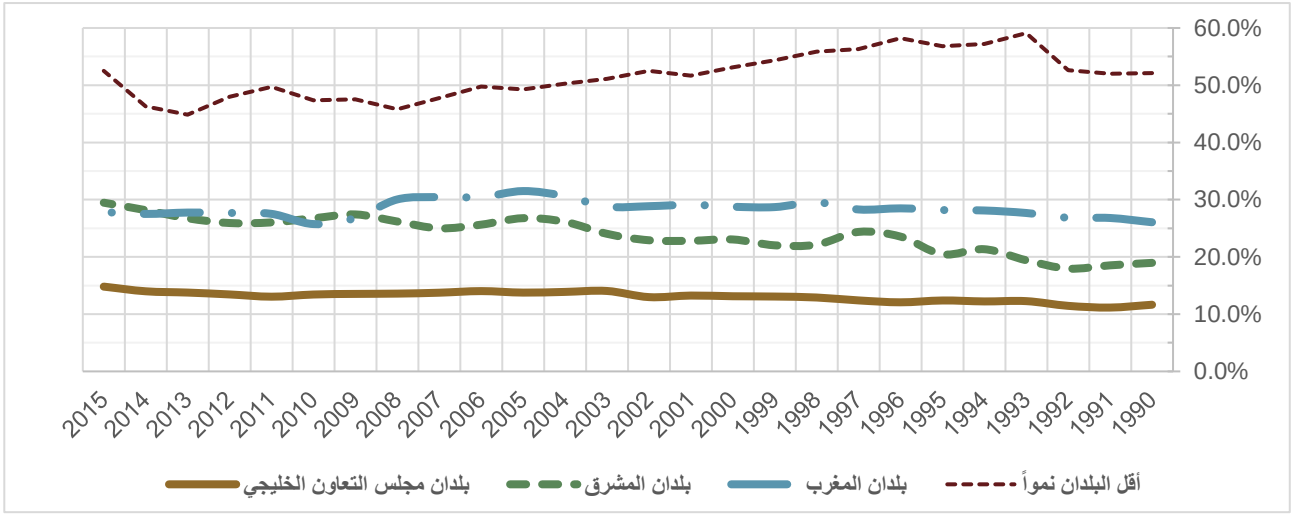
يتفاوت استهلاك الطاقة السنوي في قطاع المباني بين مجموعات البلدان العربية في الفترة 1990-2015 (الشكل 23). فمنذ عام 2010، كان لبلدان مجلس التعاون الخليجي الحصة الأكبر من الطاقة المستهلكة في المباني بين مجموعات البلدان الأربع، بسبب العوامل المُشار إليها في الأقسام السابقة. لكن قطاع المباني لم يشكل سوى 15 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في بلدان مجلس التعاون الخليجي في عام 2015، وهذه النسبة هي من الأدنى في المنطقة العربية (الشكل 24). وفي عام 2015، شكلت حصة المباني 29 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في بلدان المشرق، و28 في المائة في بلدان المغرب، و53 في المائة في أقل البلدان العربية نمواً (وعند النظر في مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة للاستخدامات المتعلقة بالطاقة فقط، تصبح 18 في المائة في بلدان مجلس التعاون الخليجي، و32 في المائة في بلدان المشرق، و30 في المائة في بلدان المغرب، و54 في المائة في أقل البلدان العربية نمواً).

الشكل 23- الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني في مجموعات البلدان العربية



المصدر: IEA, 2017.

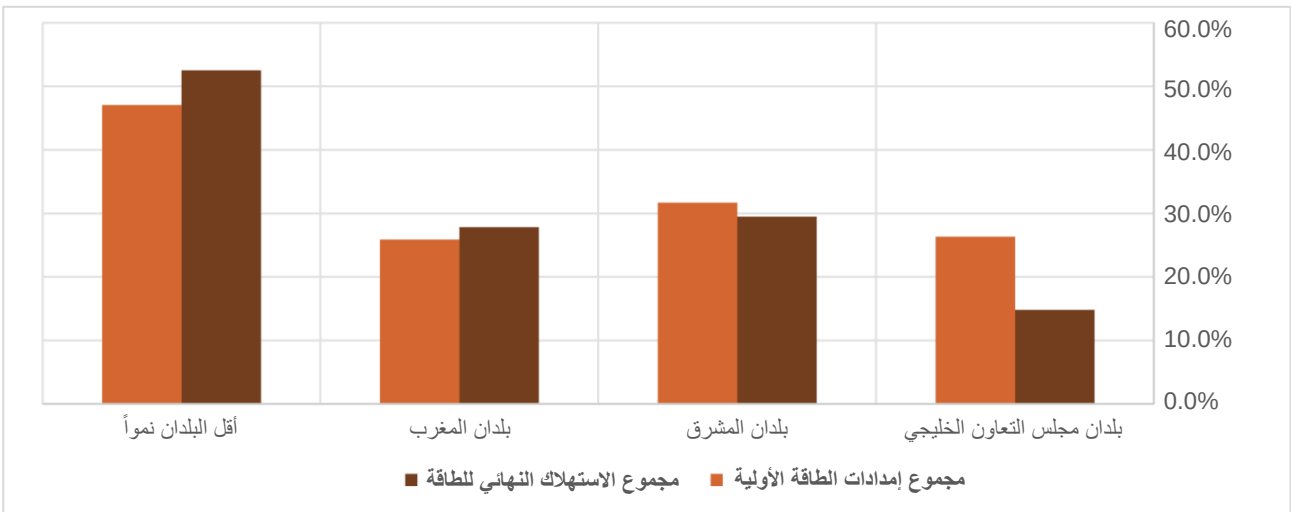
الشكل 24- إجمالي حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في مجموعات البلدان العربية



المصدر: IEA, 2017.

وعند النظر في الاحتياجات إلى الطاقة الأولية لتوليد الكهرباء المستخدمة في العادة في المباني في المنطقة العربية، تصبح حصة قطاع المباني من مجموع إمدادات الطاقة الأولية أكبر من حصته من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في مجموعات البلدان، حيث الكهرباء هي الشكل الرئيسي من الطاقة المستخدمة في قطاع المباني: مجلس التعاون الخليجي وبلدان المشرق (الشكل 25). وترتفع حصة قطاع المباني في بلدان مجلس التعاون الخليجي من 15 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة إلى 26 في المائة من مجموع إمدادات الطاقة الأولية، وذلك بسبب الاعتماد الشديد على الكهرباء في تلبية احتياجات المباني من الطاقة (عند النظر في مجموع إمدادات الطاقة الأولية للاستخدامات المتعلقة بالطاقة فقط، ترتفع هذه الحصة إلى 30 في المائة في بلدان مجلس التعاون الخليجي).

الشكل 25- حصة قطاع المباني من مجموع إمدادات الطاقة الأولية ومجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في مجموعات البلدان العربية، 2015

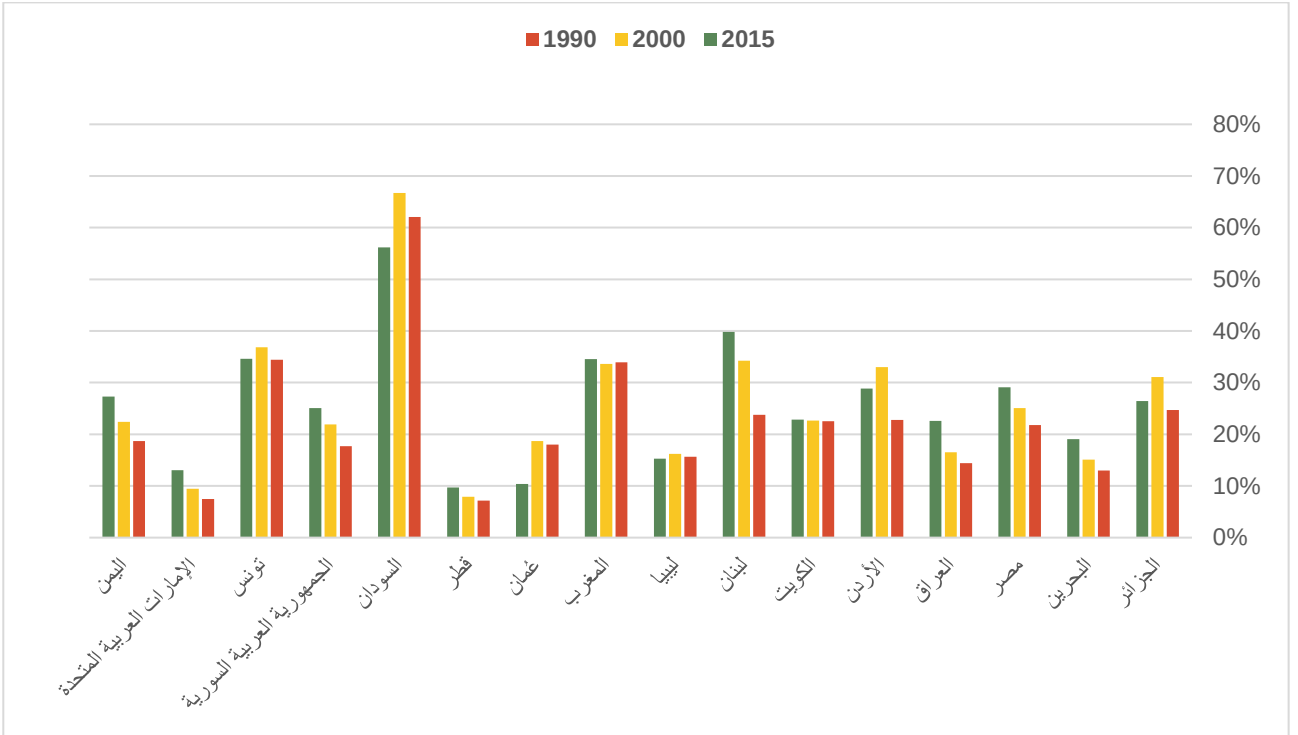


المصدر: IEA, 2017.

3- الاتجاهات في بعض البلدان العربية

تتفاوت مساهمة قطاع المباني في مجموع الاستهلاك النهائي الوطني للطاقة بشكل كبير في ما بين البلدان العربية. ويبيّن الشكل 26 المساهمة السنوية لقطاع المباني في مجموع الاستهلاك النهائي الوطني للطاقة في الأعوام 1990، و2000، و2015 في البلدان العربية ذات البيانات المبلّغ عنها (IEA, 2017). ومن بين تلك البلدان العربية، سجلت حصة مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني النسبة الأعلى في السودان (57 في المائة في عام 2015) والنسبة الأدنى في قطر (10 في المائة في عام 2015). وفي جميع البلدان العربية، تستهلك المباني السكنية الطاقة أكثر من المباني التجارية/العامة، كما يتّضح من الشكل 27.

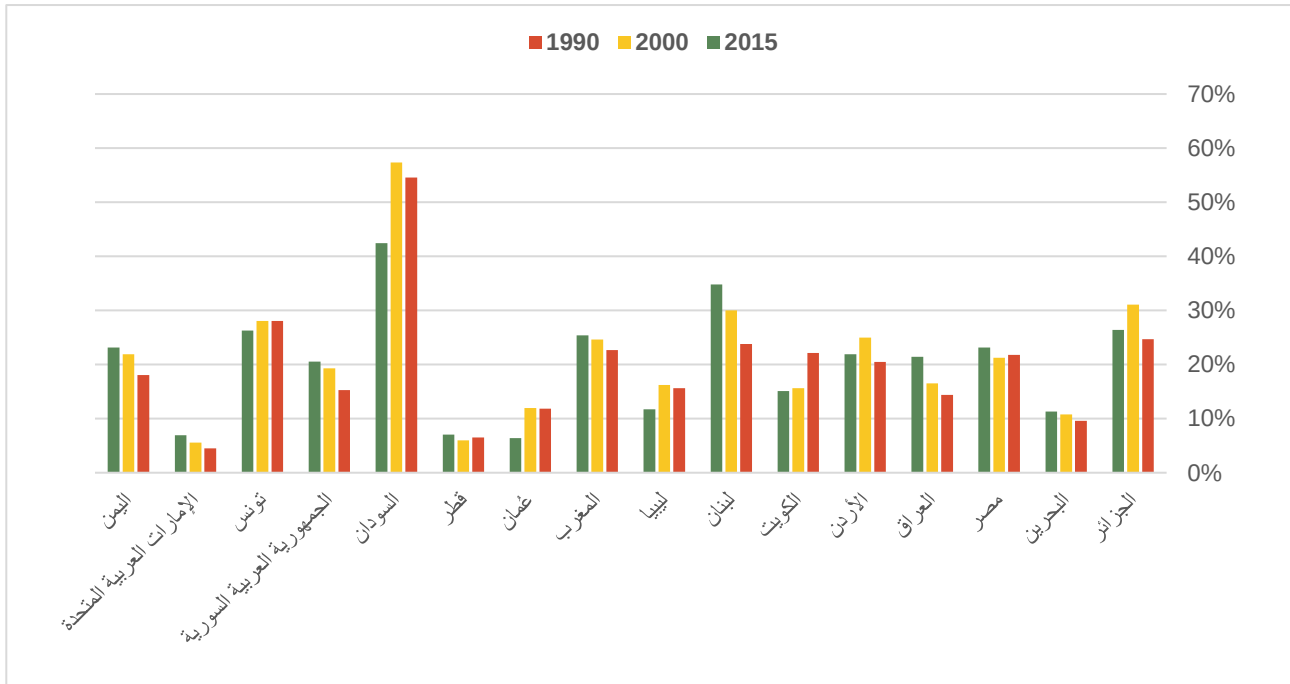
الشكل 26- حصة قطاع المباني من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في بلدان عربية مختارة، 1990، و2000، و2015



المصدر: IEA, 2017.

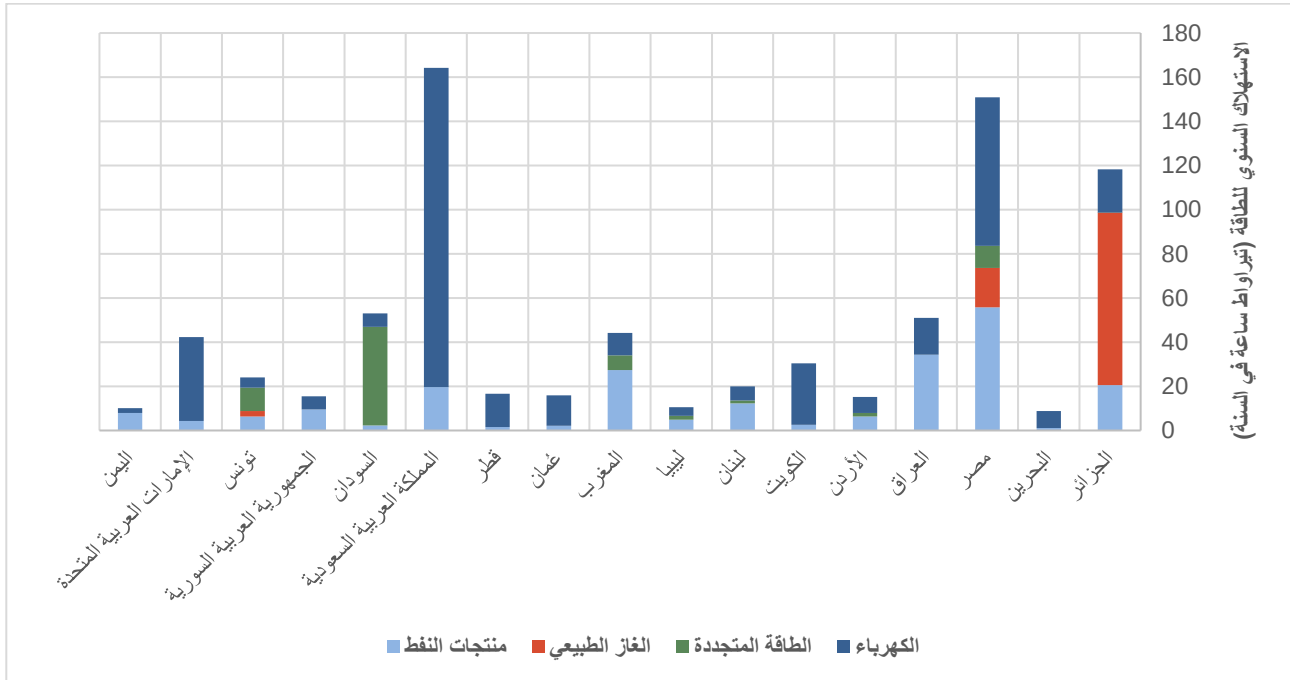
في عام 2015، استهلكت المباني السكنية في البلدان العربية 791 تيراواط ساعة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة، أي ما يشكل 75 في المائة من مجموع الطاقة المستخدمة في قطاع المباني. ويوضح الشكل 28 مزيج الطاقة الذي استخدمته الأسر المعيشية في كل بلد عربي في عام 2015 (IEA, 2017). ويبيّن الشكل 29 مزيج الطاقة المستخدم في المباني التجارية والعامة في البلدان العربية التي توفرت عنها بيانات في عام 2015. وبشكل عام، تعتمد بلدان مجلس التعاون الخليجي بشكل أساسي على الكهرباء، في حين تستخدم بلدان أخرى الكهرباء والوقود الأحفوري معاً لتلبية احتياجاتها من الطاقة في المباني السكنية والتجارية. ويبيّن الشكل 28 والشكل 29 أن السودان يعتمد بشدة على الطاقة الكهربائية لتغطية احتياجات المباني من الكهرباء، بما في ذلك 84 في المائة من إجمالي الطاقة التي تستهلكها الأسر المعيشية. وتستهلك المملكة العربية السعودية، من بين جميع البلدان العربية، أكبر نسبة من الطاقة في المباني السكنية والتجارية معاً؛ فقد استهلكت المباني في المملكة العربية السعودية 260 تيراواط ساعة في عام 2015، أي ما يشكل ثلث مجموع الطاقة النهائية التي يستخدمها قطاع المباني في المنطقة العربية.

الشكل 27- حصة قطاع المباني السكنية من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في بلدان عربية مختارة، 1990، و2000، و2015



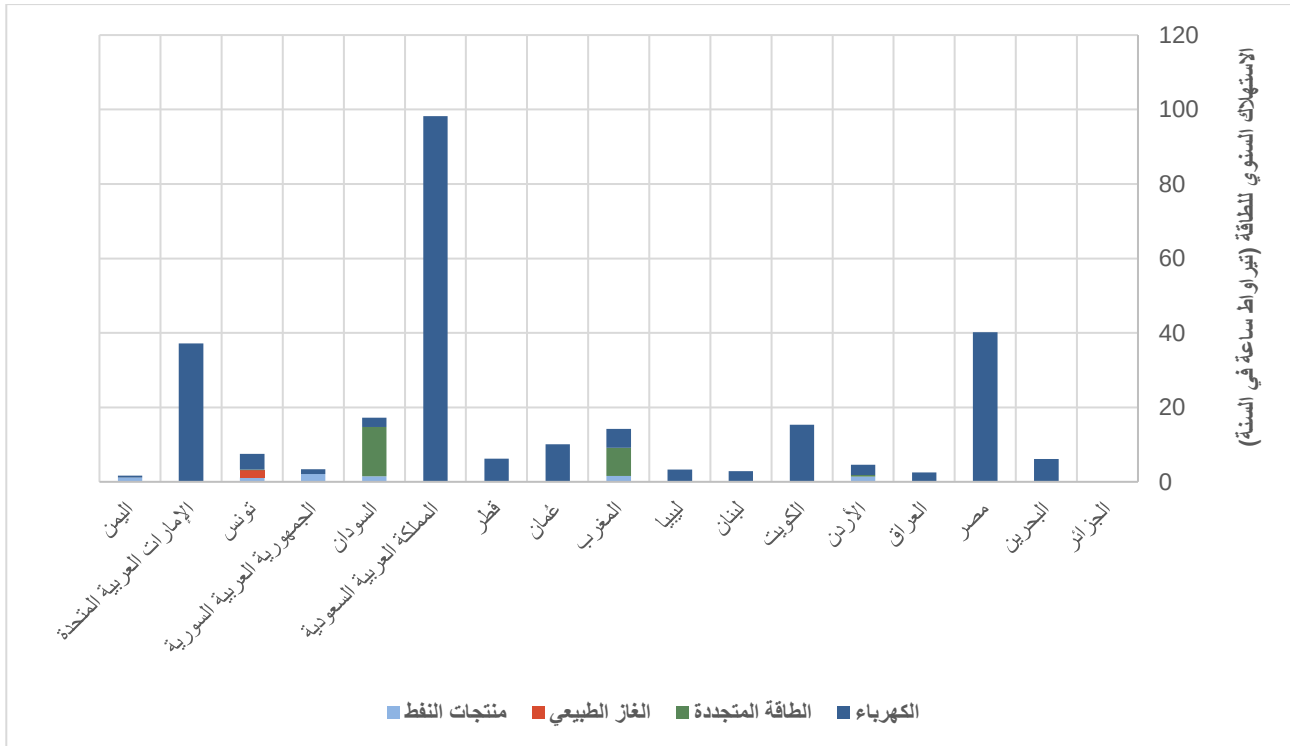
المصدر: IEA, 2017.

الشكل 28- الاستهلاك النهائي للمباني السكنية في البلدان العربية حسب مصدر الطاقة، 2015



المصدر: IEA, 2017.

الشكل 29- الاستهلاك النهائي للمباني غير السكنية في البلدان العربية حسب مصدر الطاقة، 2015



المصدر: IEA, 2017.

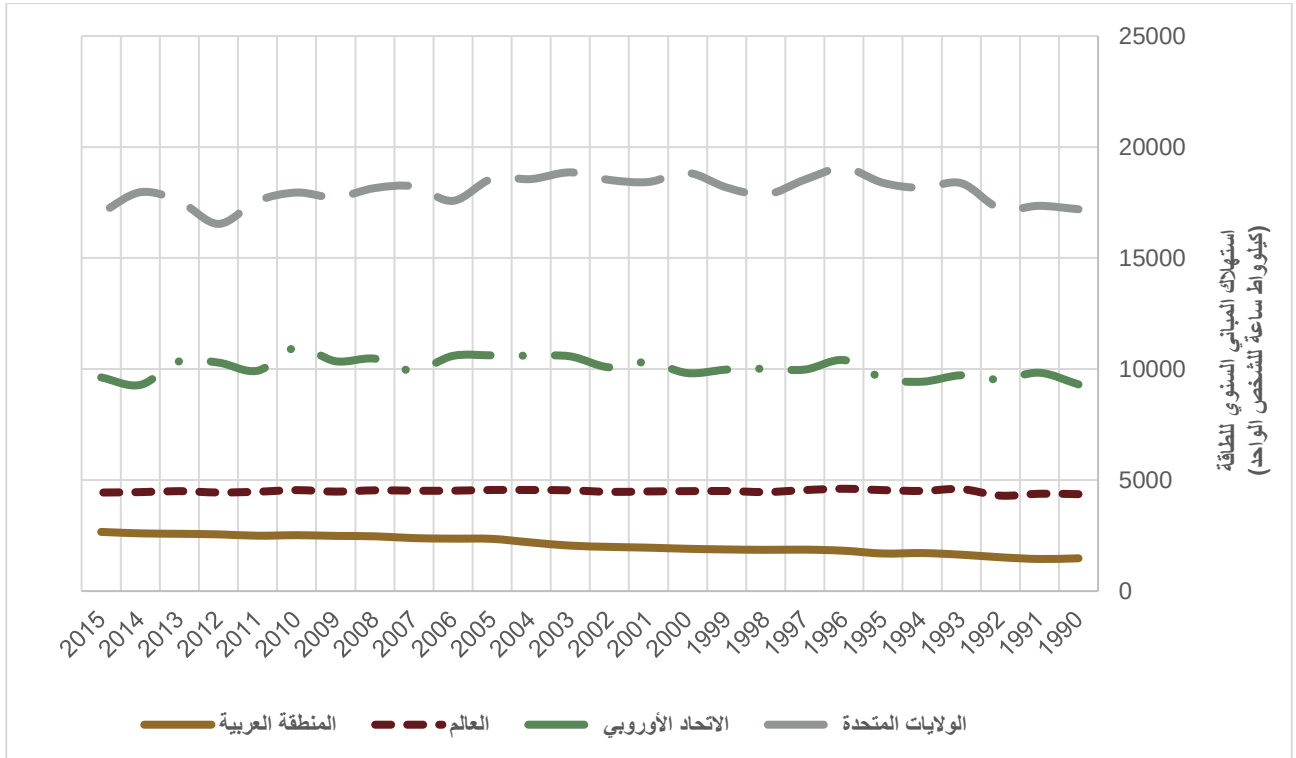
واو- مؤشرات كفاءة استخدام الطاقة

يستخدم مؤشران لتقييم كفاءة استخدام الطاقة في قطاع المباني ومقارنتها: نصيب الفرد من استهلاك الطاقة، واستهلاك المباني للطاقة حسب المساحة. ويقدم هذا القسم تقديرات لهذين المؤشرين حول كفاءة استخدام الطاقة في المنطقة العربية ومجموعات بلدانها. ويستند المؤشران إلى البيانات المتاحة، ولا يعكسان الطلب غير الملبى على الطاقة. ويمكن أن يُعزى ضعف استهلاك الطاقة في بعض البلدان، ولا سيما أقل البلدان العربية نمواً، إلى الطلب غير الملبى، وذلك بسبب محدودية الحصول على الحد الأدنى من الخدمات التي تلبي الاحتياجات الإنسانية الأساسية. وتكثر الشرائح السكانية التي لا تحصل على الحد الأدنى من الخدمات الأساسية في المنطقة العربية (UNFCCC, 2013). ويعود الطلب غير الملبى على الطاقة في السودان واليمن إلى انخفاض الدخل، وارتفاع كلفة التكنولوجيا، وعدم القدرة على الحصول على الطاقة، إما بسبب ضعف البنية التحتية (شبكات الكهرباء) أو بسبب ارتفاع أسعار الطاقة. أما بالنسبة إلى البلدان الأكثر نمواً، فيعود الطلب غير الملبى إلى الانقطاع المتكرر في الإمداد بالطاقة (كما في العراق)، أو إلى ضعف معدلات انتشار التجهيزات (مثل أجهزة تكييف الهواء في الدول من خارج مجلس التعاون الخليجي). وقد جرى تقدير الطلب غير الملبى في إطار مشاريع محددة ضمن آلية التنمية النظيفة، باستخدام القيم الأساسية للحد الأدنى من الخدمات في عدد من البلدان (Hayashi and Michaelowa, 2012; Howells and others, 2005; Horst and Hovorka, 2008). على سبيل المثال، وفي إطار مشاريع كهربية الريف، تشير التقديرات إلى أن الأسرة المعيشية قد تحتاج إلى ما لا يقل عن 55 كيلوواط ساعة/سنة للإضاءة، و250 كيلوواط ساعة/سنة للأدوات المنزلية الأخرى (Poyry, 2011). وبالتالي، ومع تحسين الحصول على الطاقة من جهة، وتحسين مستويات الدخل من جهة أخرى، من المتوقع أن ترتفع مؤشرات الطاقة الواردة في هذا القسم، ولا سيما في أقل البلدان العربية نمواً.

1- نصيب الفرد من استخدام الطاقة في قطاع المباني

ارتفع متوسط نصيب الفرد من استهلاك الطاقة في المباني في المنطقة العربية بنسبة الضعف تقريباً بين عامي 1990 (1,475 كيلوواط للشخص الواحد) و2015 (2,665 كيلوواط للشخص الواحد) (IEA, 2017). غير أن نصيب الفرد من الطاقة المستخدمة في المباني يبقى منخفضاً في المنطقة العربية، بالمقارنة مع القيم المبلغ عنها على الصعيد العالمي وفي البلدان المتقدمة، بما في ذلك الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة، على النحو المبين في الشكل 30 (IEA, 2017). وفي المقابل، تراجع نصيب الفرد من استهلاك الطاقة في المباني في كل من الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة منذ عام 2009، مع أنه يبقى أعلى بكثير من المتوسط العالمي. وقد تنطبق الملاحظات نفسها على نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء في المباني، على النحو المبين في الشكل 31. ومنذ عام 2010، كان نصيب الفرد من استهلاك الكهرباء في المباني في المنطقة العربية أعلى قليلاً من المتوسط العالمي. فضلاً عن ذلك، يتزايد دور الكهرباء في تلبية احتياجات قطاع المباني إلى الطاقة، حيث ارتفع من 34 في المائة من إجمالي استهلاك الطاقة في المباني في عام 1990 إلى 60 في المائة في عام 2015.

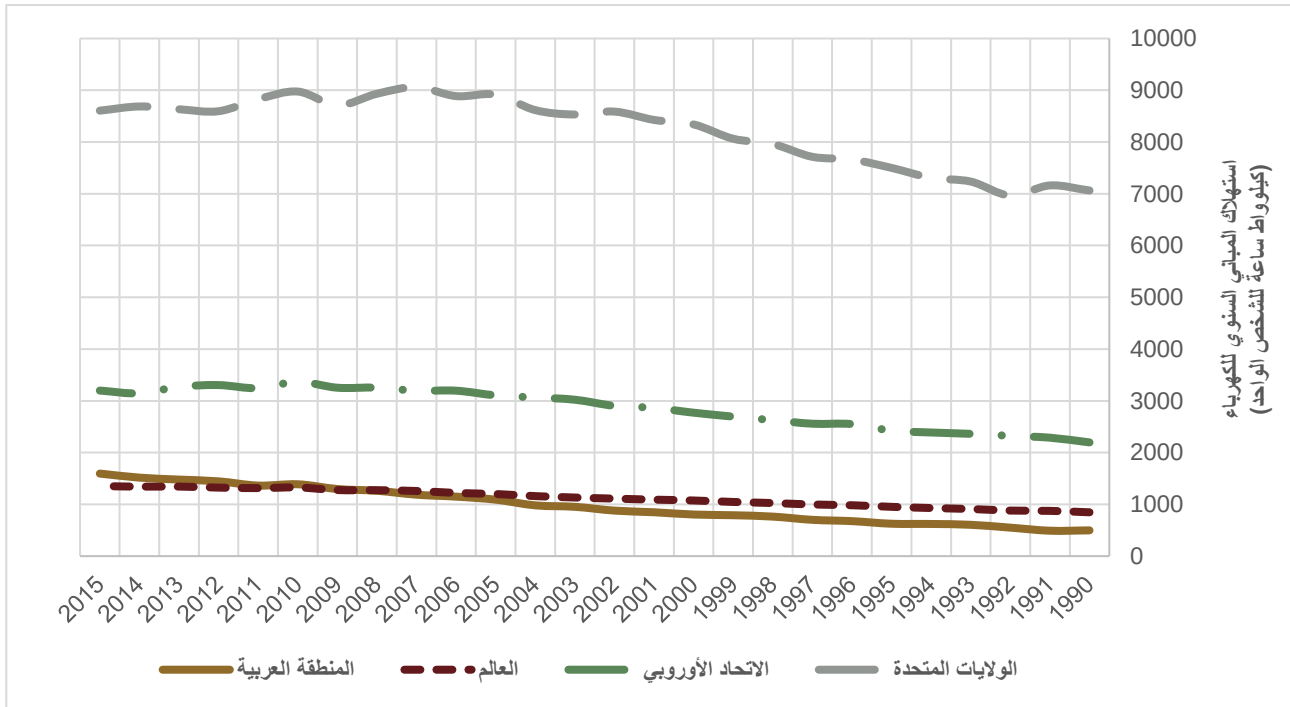
الشكل 30- نصيب الفرد من الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني في مناطق وبلدان مختارة، 1990-2015



المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

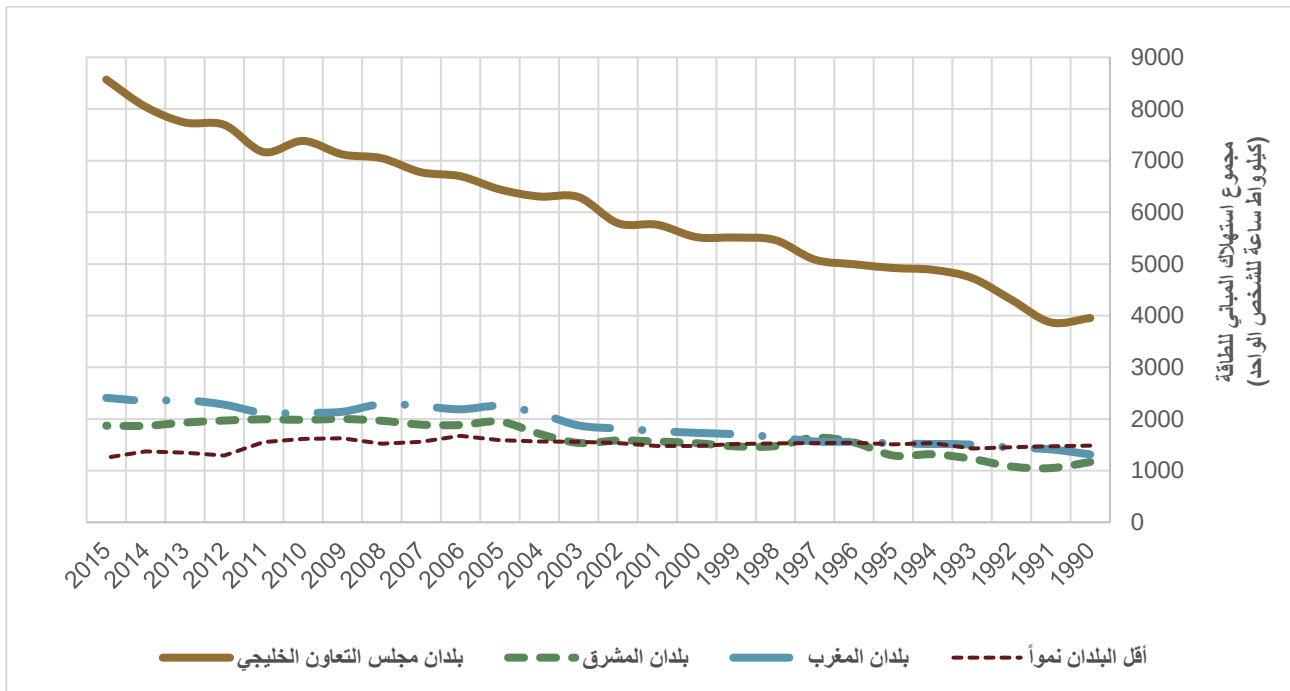
ويختلف نصيب الفرد من إجمالي استهلاك الطاقة والكهرباء في قطاع المباني بشكل كبير بين البلدان العربية، كما يظهر في الشكل 32 والشكل 33. وهو أعلى بكثير في بلدان مجلس التعاون الخليجي منه في مجموعات البلدان الأخرى. وكما ذكر آنفاً، تشكل الطاقة الكهربائية الأغلبية الساحقة من الطاقة المستخدمة في قطاع المباني في بلدان مجلس التعاون الخليجي، وبقدر أقل في مجموعات البلدان الأخرى.

الشكل 31- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في قطاع المباني
في مناطق وبلدان مختارة، 2015-1990



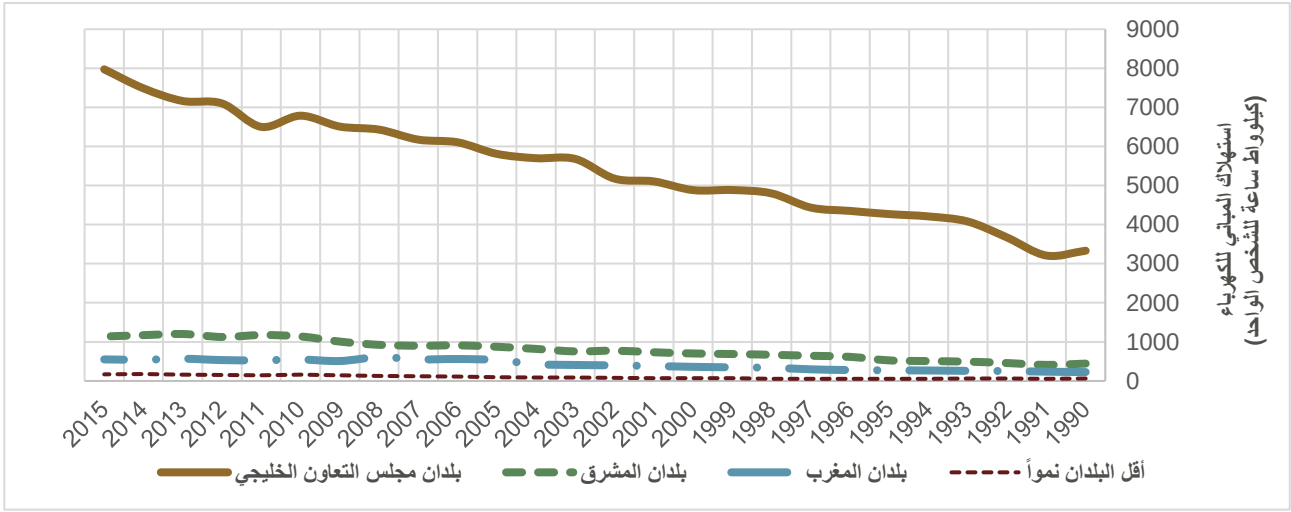
المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

الشكل 32- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الطاقة في قطاع المباني
في مجموعات البلدان العربية، 2015-1990



المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

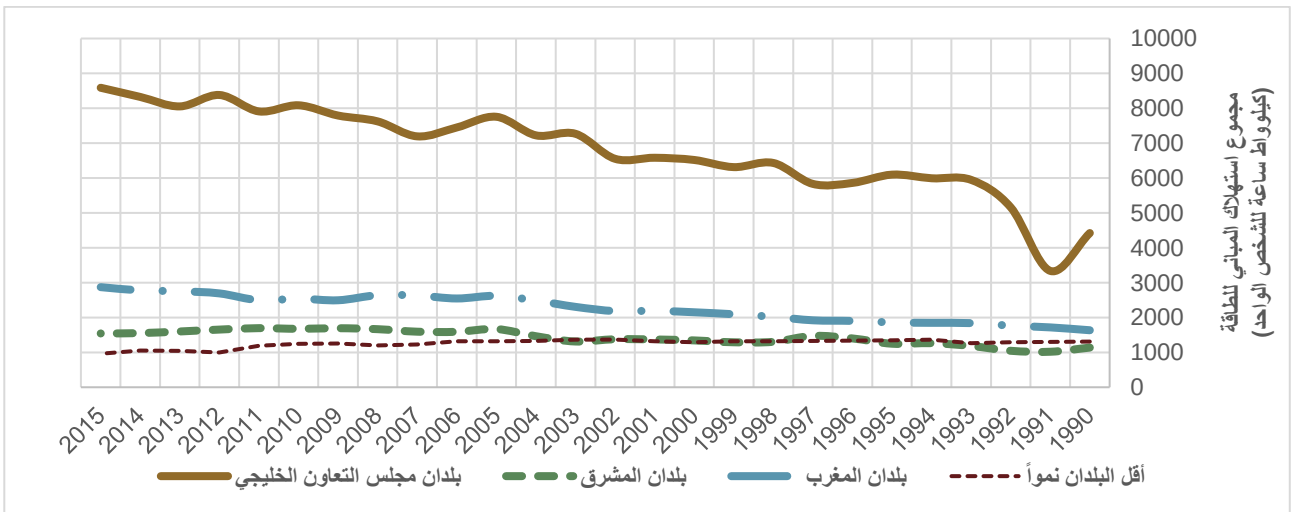
الشكل 33- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في قطاع المباني في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015



المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

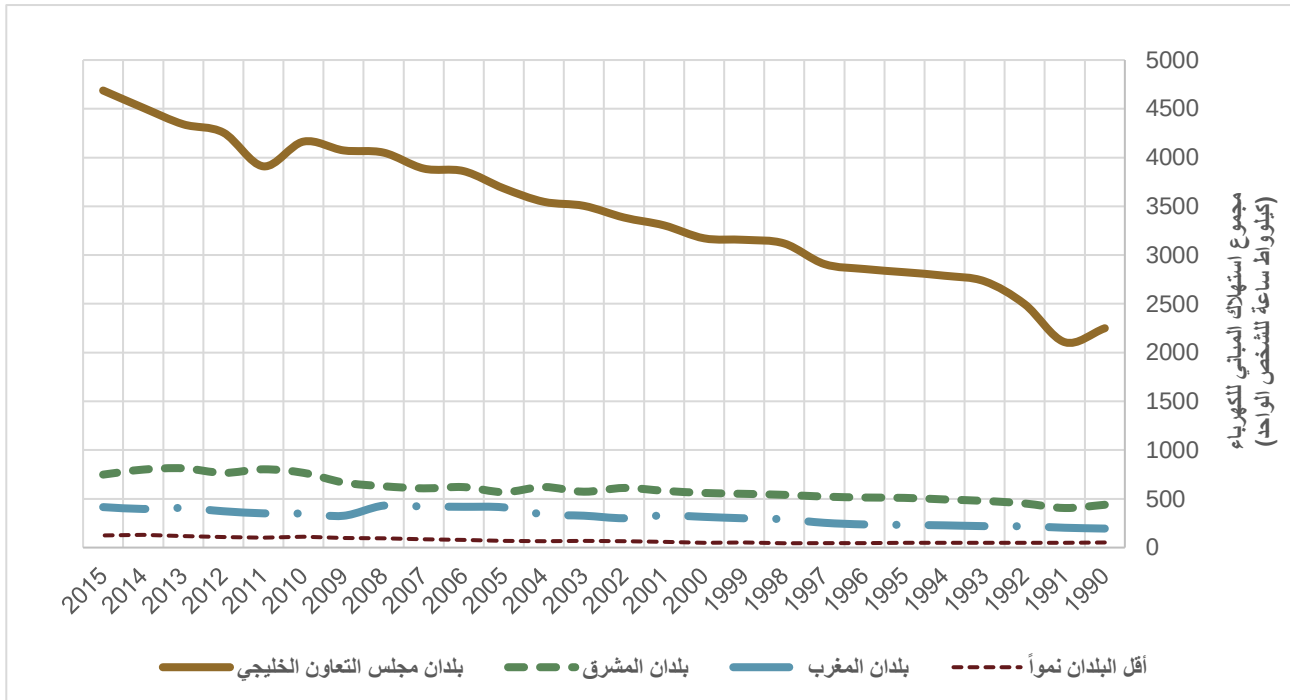
تبيّن الأشكال 34-37 الاتجاهات العامة في نصيب الفرد من مجموع استهلاك الطاقة ونصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في المباني السكنية وغير السكنية في مجموعات البلدان العربية الأربع. صحيح أنّ بعض البيانات قابلة للنقاش (تشير إلى أن نصيب الفرد من استهلاك الطاقة في هذه البلدان قبل عام 1995، كان مماثلاً لنصيب الفرد في بلدان المشرق، ربما بسبب الاستخدام الشديد للوقود الحيوي لأغراض الطهي)، ولا سيما بيانات أقل البلدان العربية نمواً، لكن النتائج تساهم في تحديد الاتجاهات العامة بين مجموعات البلدان. ويؤكد الشكل 35 الملاحظات التي سُجّلت آنفاً: فنصيب الفرد من استهلاك الطاقة في بلدان مجلس التعاون الخليجي أعلى بكثير في المباني السكنية والتجارية على حد سواء من مجموعات البلدان الأخرى. وفي المقابل، سجلت أقل البلدان العربية نمواً أدنى استهلاك للطاقة للفرد الواحد على صعيدي المنطقة العربية والعالم.

الشكل 34- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الطاقة في المباني السكنية في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015



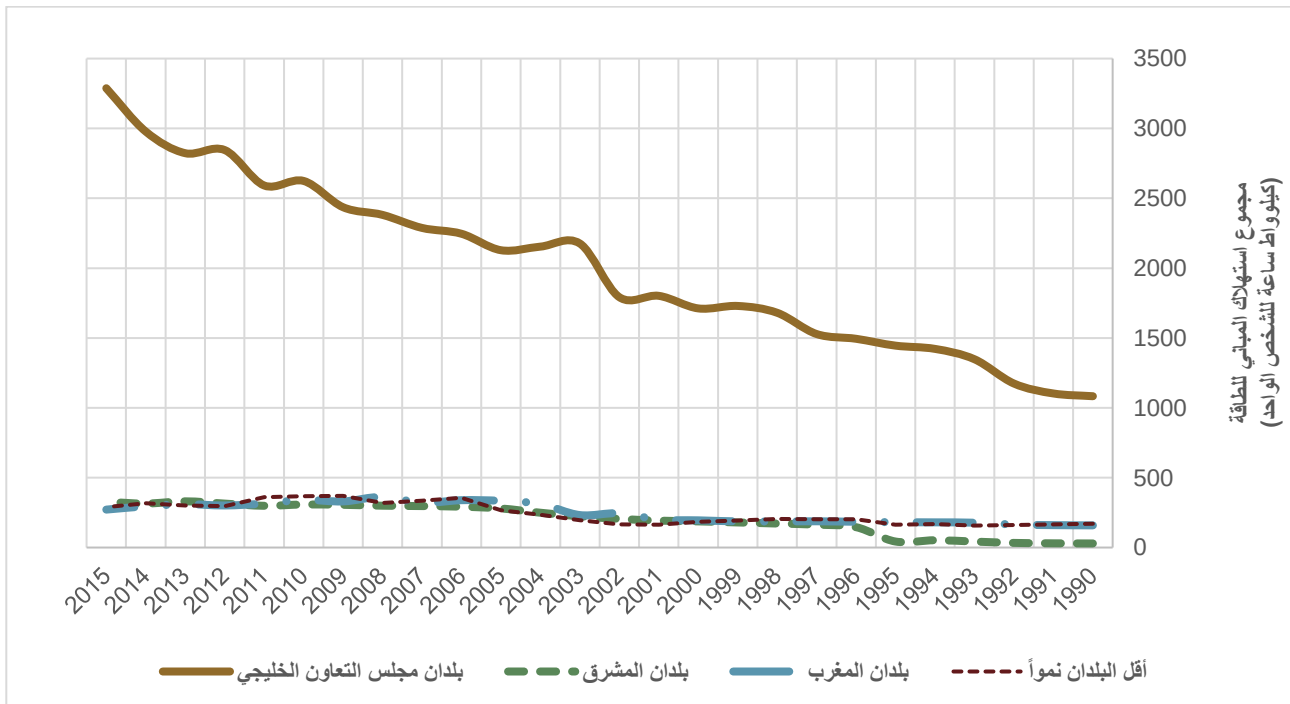
المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

الشكل 35- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في المباني السكنية
في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015



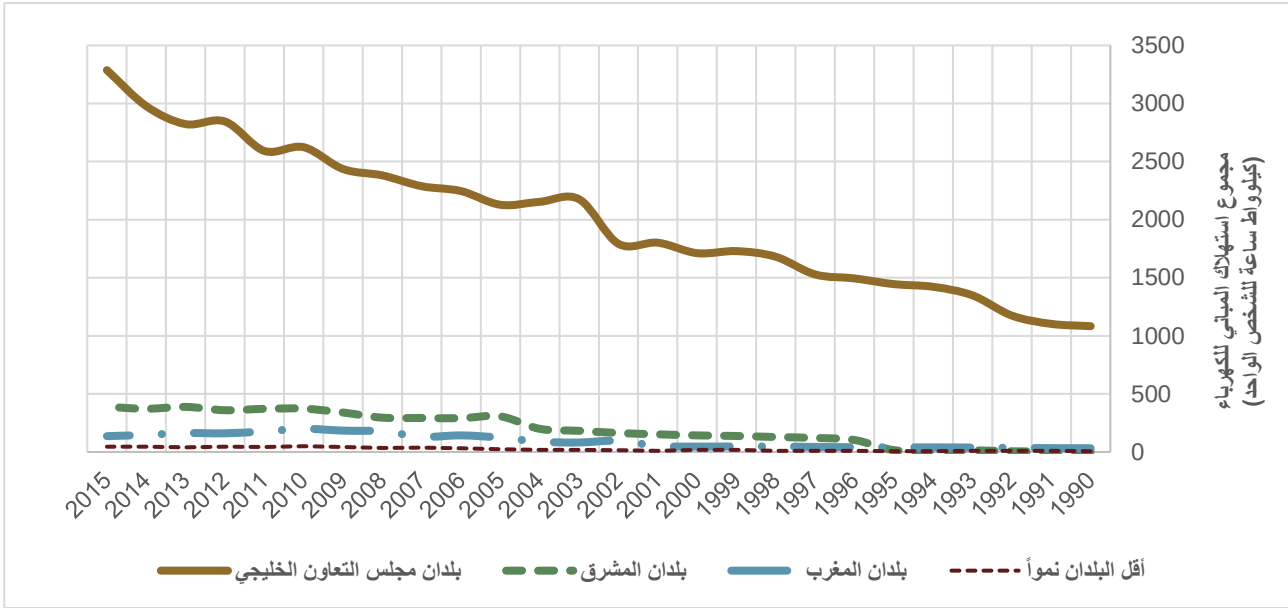
المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

الشكل 36- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الطاقة في المباني غير السكنية
في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015



المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

الشكل 37- نصيب الفرد من مجموع استهلاك الكهرباء في المباني غير السكنية في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015



المصادر: IEA, 2017; World Bank, 2017.

2- استخدام الطاقة في المباني حسب المساحة

يوفر استخدام الطاقة في المباني حسب مساحة الأرض مقياساً آخر لأداء الطاقة باستخدام مجموع المساحة المشغولة. لكن يجب استخدام هذا المقياس مع مراعاة عوامل أخرى، مثل عدد الشاغلين، ونوع المعدات المتوفرة داخل المبنى، فضلاً عن الاعتبارات المتعلقة بالطلب غير الملبي المتعلقة بالاحتياجات غير الملباة بسبب أسعار الطاقة، وكلفة النظم، وعدم الحصول على الطاقة. ويؤدي تحسين الغلاف الخارجي للمباني ونظم الإنارة والتدفئة والتهوية وتكييف الهواء فيها إلى الحد من إجمالي استخدام الطاقة، وبالتالي الحد من استخدام الطاقة حسب المساحة. أما إضافة الفراغات إلى المباني، فقد تزيد من استهلاك الطاقة في المباني ككل، في حين تقلل من استخدام الطاقة في المباني حسب المساحة.

وبيّن الجدول 9 استهلاك الطاقة المبّغ عنه حسب مساحة المباني، أو ما يُعرف بكثافة استهلاك الطاقة، وذلك على صعيد العالم، والاتحاد الأوروبي، والولايات المتحدة، والصين، والهند. وبيّن أيضاً قيم كثافة استهلاك الطاقة في المنطقة العربية، استناداً إلى بيانات استهلاك الطاقة الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة وإلى تقديرات متوسط المساحة المذكورة أعلاه.

ويمكن استخلاص ملاحظتين من قيم كثافة استهلاك الطاقة في الجدول 9. أولاً، ارتفعت كثافة استهلاك الطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية خلال الفترة 2000-2012، على الأرجح بسبب التحسن في مستويات المعيشة، واستخدام الأجهزة المستهلكة للطاقة مثل مكيفات الهواء، والإنارة، والتجهيزات المنزلية. وتزيد قيم كثافة استهلاك الطاقة في قطاع المباني في المناطق الأخرى عن قيم المنطقة العربية، لكنها أخذت في الانخفاض. وفي عام 2012، تراجعت كثافة استهلاك الطاقة في قطاع المباني عالمياً بنسبة 17.5 في المائة مقارنةً بمستويات عام 2000، إثر تنفيذ مجموعة من برامج كفاءة استخدام الطاقة الضخمة في الاقتصادات الكبيرة على الأرجح، بما في ذلك في الولايات المتحدة، والاتحاد الأوروبي، والصين، والهند.

الجدول 9- كثافة استخدام الطاقة (كيلوواط ساعة/م²) في قطاع المباني في مناطق وبلدان مختارة، 2000 و2006 و2012

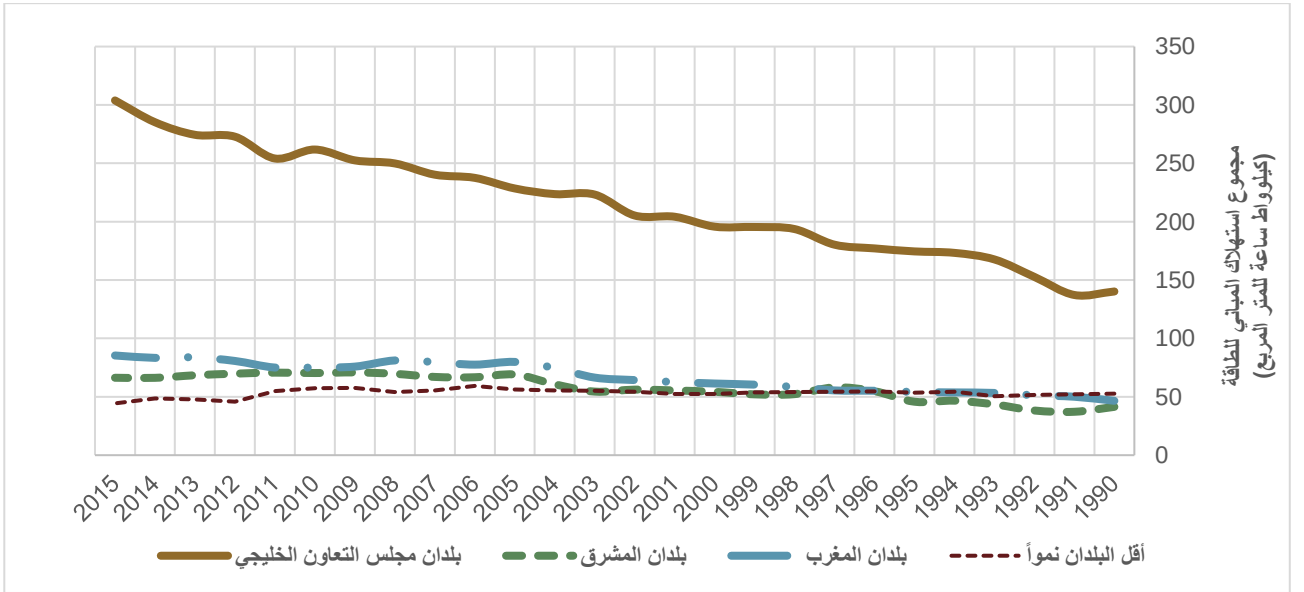
البلد/المنطقة	2000	2006	2012
العالم ^أ	200	175	165
الاتحاد الأوروبي ^أ	223	215	187
الولايات المتحدة ^أ	212	207	197
الصين ^أ	131	108	102
الهند ^أ	195	180	165
المنطقة العربية ^ب	72	89	96

أ- كما ورد في (IEA, 2015).

ب- جرى تقديرها على أساس بيانات الطاقة الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة (IEA, 2017)، وتقديرات متوسط المساحة الأرضية للمباني المذكورة أعلاه.

ومع ذلك، وكما ذكر آنفاً بشأن نصيب الفرد من استهلاك الطاقة في المباني، تختلف قيم كثافة استهلاك الطاقة كثيراً في المنطقة العربية. ويبيّن الشكل 38 هذه الاختلافات للفترة 1990-2015 في مجموعات البلدان العربية. فقد تضاعفت قيمة كثافة استهلاك الطاقة في المباني في بلدان مجلس التعاون الخليجي من 150 كيلوواط ساعة/متر مربع في عام 1990 إلى 300 كيلوواط ساعة/متر مربع في عام 2015. وفي الوقت نفسه، ارتفعت هذه القيمة في بلدان المشرق والمغرب بشكل طفيف من 45 كيلوواط ساعة/متر مربع في عام 1990 إلى 66 و85 كيلوواط ساعة/متر مربع في عام 2015 على التوالي. وظلت هذه القيمة ثابتة في أقل البلدان العربية نمواً، أي عند 50 كيلوواط ساعة/متر مربع خلال الفترة نفسها، وعلى الأرجح بسبب الارتفاع المحدود في مستويات المعيشة، والافتقار إلى الأدوات الكثيفة الاستهلاك للطاقة في قطاع المباني، مثل نظم تكييف الهواء.

الشكل 38- استهلاك الطاقة في قطاع المباني حسب المساحة في مجموعات البلدان العربية، 1990-2015

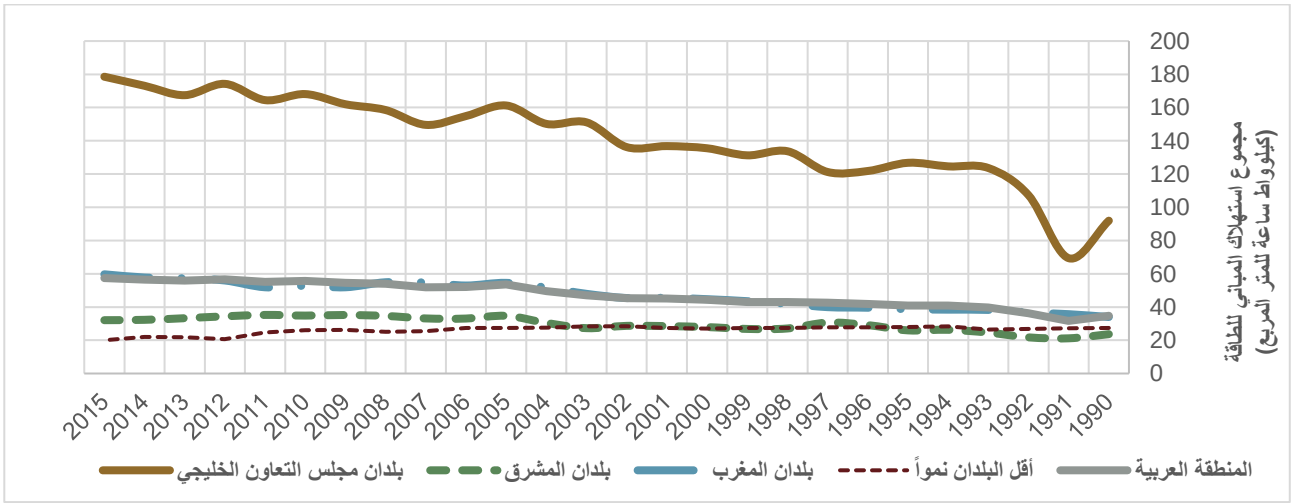


المصدر: IEA, 2017.

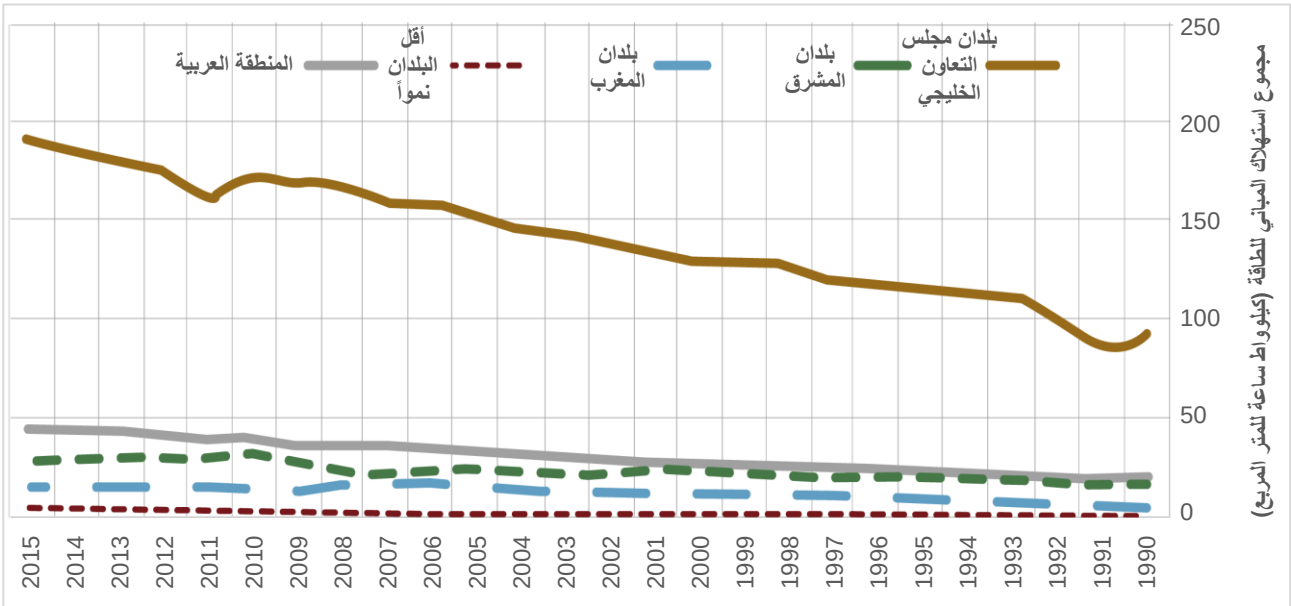
يبين الشكل 39 التفاوت في كثافة استهلاك الطاقة ضمن إجمالي استهلاك الطاقة النهائية والكهرباء في المباني السكنية في الفترة 1990-2015 في مجموعات البلدان العربية الأربع. وتتناسب هذه القيم مع بيانات استهلاك الطاقة المبّلع عنها في المباني السكنية في بعض البلدان العربية التي تمثل مجموعات البلدان الثلاث، أي بلدان مجلس التعاون الخليجي، وبلدان المشرق، وبلدان المغرب، على النحو المبين في الجدول 10 والجدول 11. ويستخدم الجدول 10 مجموع مساحة المباني السكنية في تونس ومصر والمملكة العربية السعودية، والمشار إليه في الجدول 3، فضلاً عن بيانات وكالة الطاقة الدولية بشأن المباني السكنية للسنة ذات الصلة (IEA, 2017). ويشير الجدول 11 إلى البيانات المستمدة من مجموعة واسعة من المصادر حول بلدان معينة، باستخدام مسوح أو عمليات مراجعة للمباني السكنية القائمة.

الشكل 39- كثافة استهلاك الطاقة في المباني السكنية من حيث مجموع استهلاك الطاقة واستهلاك الكهرباء في المنطقة العربية ومجموعات البلدان العربية، 1990-2015

(أ) استخدام الطاقة في المباني السكنية حسب المساحة



(ب) استخدام الكهرباء في المباني السكنية حسب المساحة



المصدر: IEA, 2017.

الجدول 10- تقديرات كثافة استهلاك الطاقة في المباني السكنية في بلدان عربية مختارة

البلد	سنة التعداد	إجمالي مساحة المباني (مليون متر مربع)	استهلاك الطاقة (تيراواط/سنة)		كثافة استهلاك الطاقة (كيلوواط ساعة/م ²)	
			المجموع	الكهرباء	المجموع	الكهرباء
مصر	2006	1 476.463	99.967	36.603	67.7	24.8
تونس	2006	274.254	21.708	2.969	79.2	10.8
المملكة العربية السعودية	2010	651.616	127.582	108.647	195.8	166.7

المصدر: جرى تقديرها على أساس بيانات الطاقة الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة (IEA, 2017)، وتقديرات متوسط مساحة المباني المذكورة أعلاه.

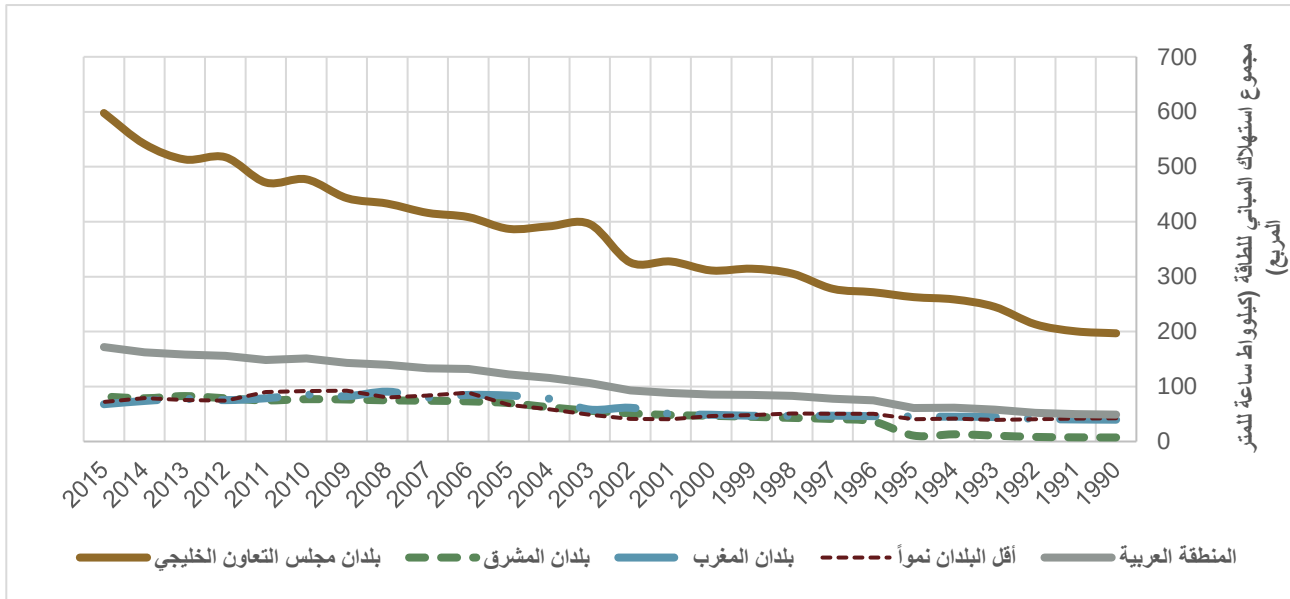
الجدول 11- قيم كثافة استهلاك الطاقة المبّغ عنها في المباني السكنية في بلدان عربية مختارة

البلد (المدينة)	سنة البيانات المبّغ عنها	نوع التحليل	كثافة استهلاك الطاقة (كيلوواط ساعة/م ² /سنة)	المراجع
لبنان (البلد بأكمله)	2013	مسح	135 (المجموع) 47 (كهرباء فقط)	MEDENER, 2013
تونس (البلد بأكمله)	2023	مسح	79 (المجموع) 12 (كهرباء فقط)	MEDENER, 2013
المملكة العربية السعودية (جدة)	2011	مراجعة، شقق	350	Taleb and Sharples, 2011
المملكة العربية السعودية (الرياض)	2015	نمذجة معايرة، فيلات	228	Alaidroos and Krarti, 2015
الإمارات العربية المتحدة (العين)	2008	مراجعة، فيلات (1)	306	Radhi, 2009
الإمارات العربية المتحدة (العين)	2008	مراجعة، فيلات (2)	269	Radhi, 2009

ملاحظة: يقدر متوسط مساحة الوحدة السكنية في لبنان بـ 120 متر مربع (Ecofys, 2013).

يبين الشكل 40 التفاوت في كثافة استهلاك الطاقة ضمن مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني غير السكنية في الفترة 1990-2015 في مجموعات البلدان العربية الأربع. وتتوافق هذه القيم مع بيانات استهلاك الطاقة المبّغ عنها بشأن المباني غير السكنية في بعض البلدان العربية التي تمثل ثلاث مجموعات، أي بلدان مجلس التعاون الخليجي، وبلدان المشرق، وبلدان والمغرب، على النحو المبين في الجدول 12.

الشكل 40- كثافة استهلاك الطاقة في المباني غير السكنية في المنطقة العربية ومجموعات البلدان العربية، 1990-2015



المصدر: IEA, 2017.

الجدول 12- قيم كثافة استخدام الطاقة المبّغ عنها في المباني غير السكنية في بلدان عربية مختارة

البلد (المدينة)	تاريخ البيانات المبّغ عنها	نوع التحليل	كثافة استهلاك الطاقة (كيلوواط ساعة/م ² /سنة)	المراجع
مصر (البلد بأكمله)	2009	مسح		UNEP, 2011
مبانٍ مكتبية			84	
مجمعات تجارية			770	
فنادق			730	
تونس (البلد بأكمله)	2006	مسح/ تقارير مراجعة		ANME, 2010
مبانٍ مكتبية			21	
متاجر بيع بالتجزئة			231	
فنادق			266	
مصارف			284	
جامعات			26	
جميع المباني غير السكنية			87	
المملكة العربية السعودية (الدمام)	2011	مراجعة، مجمعات تجارية	268	Fasiuddin and Budaiwi, 2011
المملكة العربية السعودية (الدمام)	2010	مراجعة، ستة مجمعات تجارية	276-250	Fasiudddin and others, 2010
الكويت (مدينة الكويت)	2011	مراجعة، مبانٍ تعليمية	600-300	Alajmi, 2012
البحرين (المنامة)	2007	مراجعة، مبانٍ مكتبية	805-100	Radhi and Sharples, 2007

زاي- الاستخدامات النهائية للطاقة

إنّ التحليلات التي تتناول الاستخدامات النهائية للطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية محدودة بشكل عام. غير أنه تم إجراء تحليل مفصّل للاستخدام النهائي للطاقة في المباني السكنية وغير السكنية في تونس (ANME, 2010). ويناقش هذا القسم أبرز ما جاء في تحليل الاستخدام النهائي للطاقة في المباني في تونس، ويقدم تحليلاً للمنطقة العربية يقوم على أساس تكييف نتائج التحليلات المنشورة التي أُجريت باستخدام بيانات عام 2010 (Harvey and others, 2014).

1- تحليل الاستخدام النهائي للطاقة في المباني في المنطقة العربية

يمكن تقييم الاستخدامات النهائية المصنّفة للمباني السكنية وغير السكنية في المنطقة العربية من خلال استخدام تحليل النمذجة الذي وصفته دراسة (Harvey and others, 2014)، على النحو المبين في الشكل 41 (أ). ويُقارَن هذا التصنيف مع النتائج الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة على المستوى العالمي حسب أنواع المباني، كما يظهر في الشكل 41 (ب). في الواقع، معظم الطاقة المستهلكة في المباني السكنية في المنطقة العربية إنما تُستهلك لأغراض تسخين المياه (32 في المائة)، والطهي (31 في المائة)، والتدفئة (22 في المائة). وترد نسب مئوية متشابهة عالمياً بشأن الاستخدامات النهائية للطاقة على صعيد الأسر المعيشية، حيث أنّ الطهي (33 في المائة) والتدفئة (30 في المائة) وتسخين المياه (20 في المائة) مسؤولة عن أكثر من 80 في المائة من مجموع استهلاك الطاقة. أما في المباني غير السكنية، فتستهلك تدفئة المساحات أعلى نسبة من الطاقة في المنطقة العربية (28 في المائة) وفي العالم (44 في المائة) معاً. كما أن الإنارة، وتبريد المساحات، وتسخين المياه مسؤولة عن 32 في المائة إضافية في المنطقة العربية، في مقابل 34 في المائة في العالم.

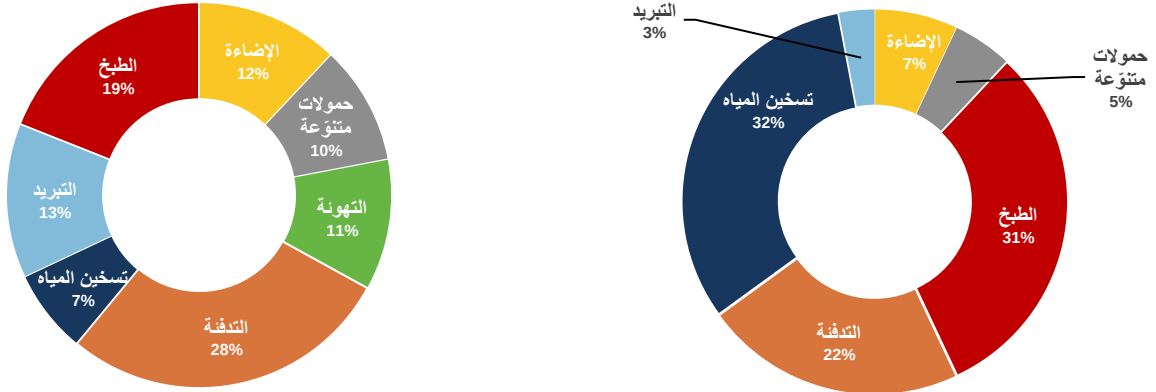
وتجدر الإشارة إلى أن أداة النمذجة هذه تحديداً، تُغفل على ما يبدو بعض الاستخدامات النهائية المهمة في القطاع السكني في المنطقة العربية، مثل التبريد المنزلي الذي يمثل حوالي 16 في المائة من مجموع استهلاك الأسر المعيشية للكهرباء (Barthel and Götz, 2012)⁵ مما يوازي 10 في المائة⁶ من مجموع استهلاكها النهائي للطاقة. وتأتي لتؤكد على هذه الأرقام التحليلات القُطرية في مصر وتونس (الشكل 42 (أ) والشكل 42 (ج) على التوالي). لذا، من المهم وضع أدوات مناسبة أكثر لتقييم أهمية الاستخدامات النهائية المختلفة للطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية لتعزيز البرامج الهادفة الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة في قطاع المباني.

5 نسبة 16 في المائة تفيد عن بلدان الشرق الأوسط وشمال أفريقيا، وتشمل إيران وإسرائيل بالإضافة إلى البلدان التي تكوّن المنطقة العربية على النحو المحدد في هذا التقرير.

6 قُدّرت نسبة 10 في المائة على أساس حصة الكهرباء البالغة 60 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني السكنية في المنطقة العربية.

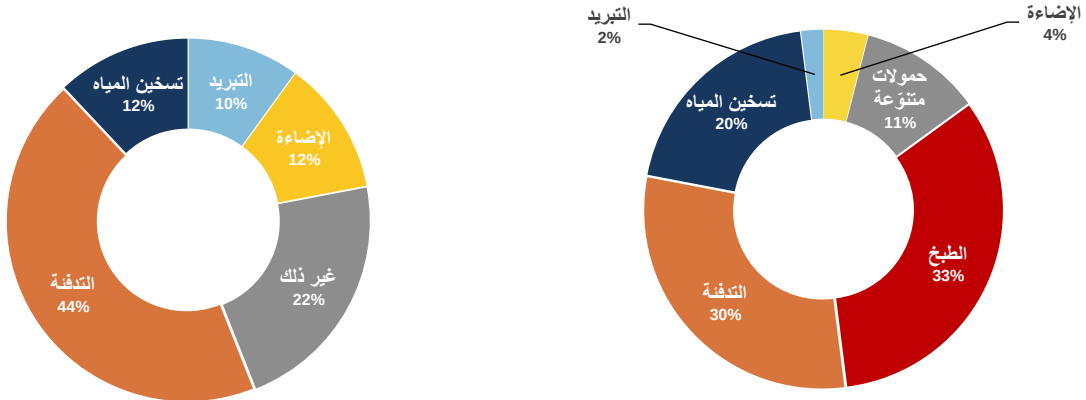
الشكل 41- الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية وغير السكنية

- (أ) الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية – المنطقة العربية، 2010
(ب) الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني غير السكنية – المنطقة العربية، 2010



المصدر: تمّ تكييف البيانات استناداً إلى (Harvey and others, 2014).

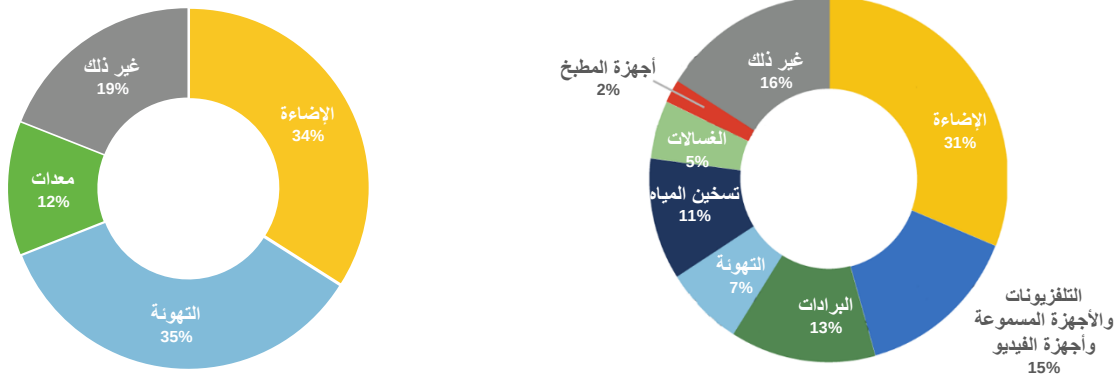
- (ج) الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية – العالم، 2013
(د) الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني غير السكنية – العالم، 2013



المصدر: IEA-ETP, 2016.

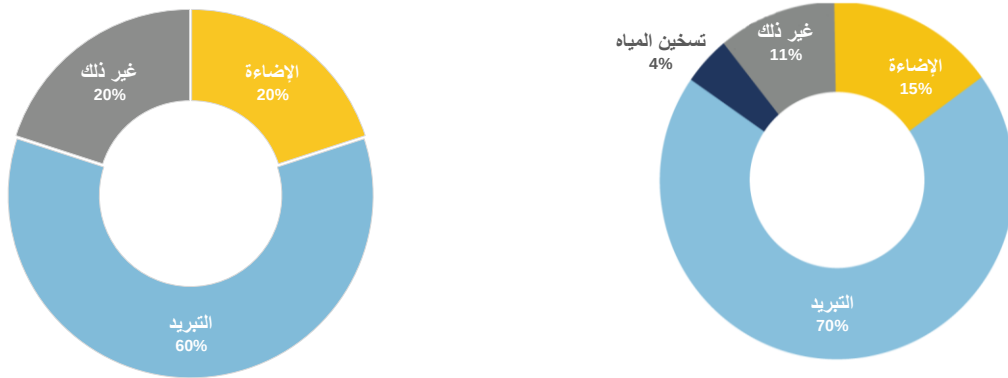
يُظهر الشكل 42 النتائج التي أُفيد عنها بشأن ثلاثة بلدان عربية لتقييم الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية والتجارية. ففي المملكة العربية السعودية، تُستخدم نسبة 70 في المائة من مجموع استهلاك الطاقة لتبريد المباني السكنية، و60 في المائة لتبريد المباني التجارية، نظراً للظروف المناخية المتطرفة التي تتسم بارتفاع درجات الحرارة المحيطة طوال العام. وينطبق هذا النمط على جميع بلدان مجلس التعاون الخليجي. أما المباني في تونس فتحتاج إلى التدفئة والتبريد معاً بسبب الفروقات المناخية الكبيرة بين فصلي الشتاء والصيف. وتستهلك التدفئة في تونس 42 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني السكنية، و23 في المائة في مباني المكاتب. أما مصر، فتستهلك نسباً ضئيلة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في تبريد الهواء أو تسخينه، حيث تبلغ 7 في المائة في المباني السكنية و35 في المائة في المباني التجارية. أما الاستخدام النهائي الأساسي للطاقة فهو الإنارة، بنسبة 31 في المائة في المباني السكنية، و34 في المائة في المباني التجارية.

الشكل 42- الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية والتجارية في بلدان عربية مختارة
(أ) الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية - مصر
(ب) الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني التجارية - مصر



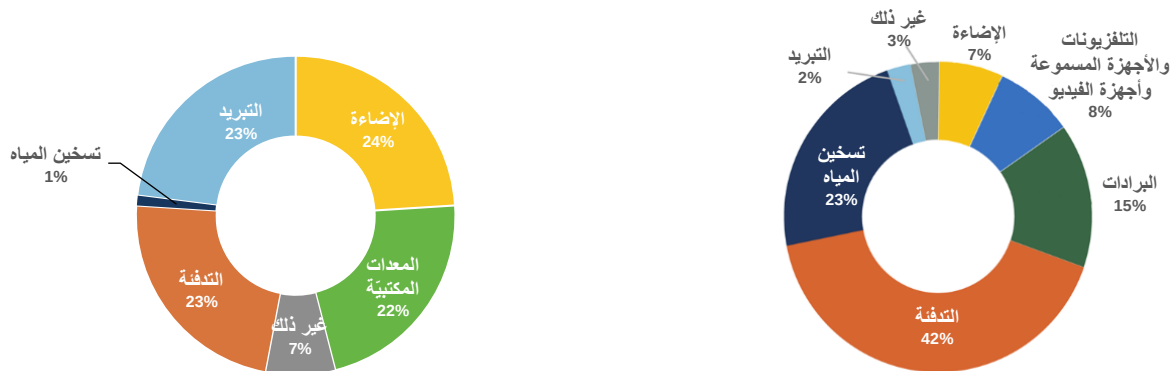
المصدر: Liu and others, 2010.

(ج) الاستخدامات النهائية للطاقة في أسرة معيشية نموذجية - المملكة العربية السعودية
(د) الاستخدامات النهائية للطاقة في مكتب نموذجي - المملكة العربية السعودية



المصدر: Krarti and others, 2017.

(هـ) الاستخدامات النهائية للطاقة في أسرة معيشية نموذجية - تونس
(و) الاستخدامات النهائية للطاقة في مباني مكاتب نموذجية - تونس



المصدر: ANME, 2010.

2- دراسة حالة: تحليل الاستخدام النهائي للطاقة في المباني في تونس

(أ) الاستخدام النهائي للطاقة في المباني السكنية

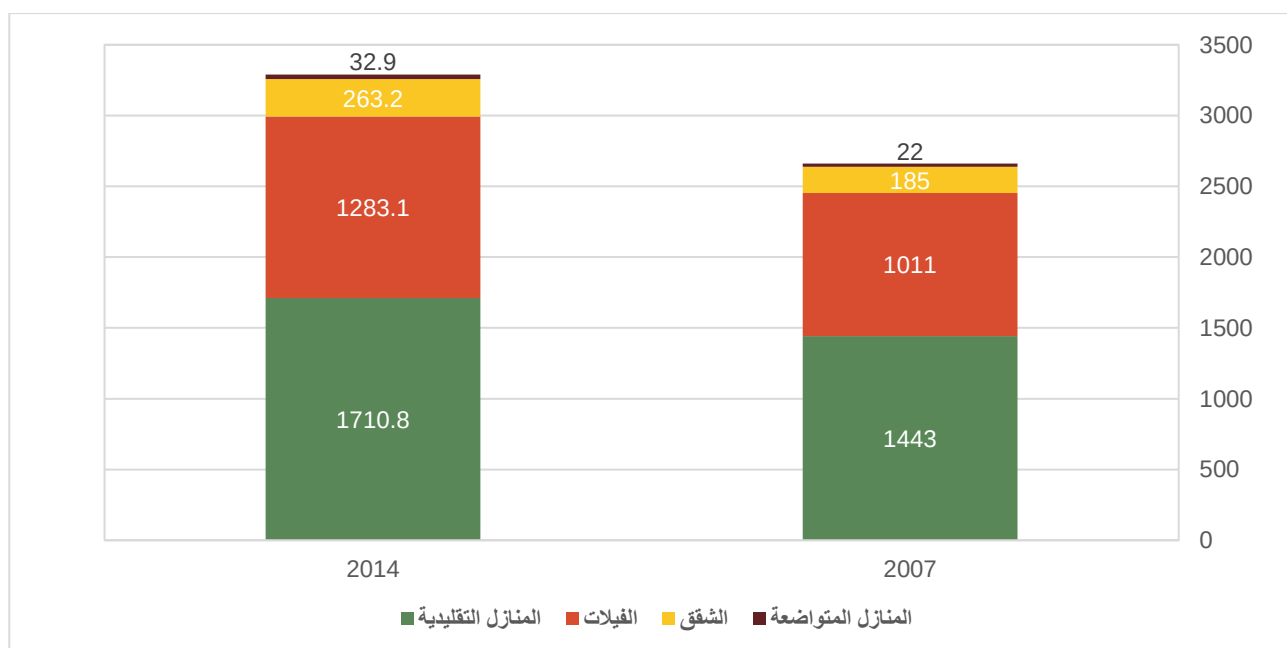
ازداد عدد المباني السكنية في تونس باطراد في السنوات الثلاثين الأخيرة (الجدول 13)، بمتوسط نمو سنوي بلغ 3.0 في المائة. وتتكوّن المباني السكنية في تونس بشكل أساسي من المنازل التقليدية (أكثر من 52 في المائة)، تليها الفيلات (39 في المائة)، والشقق (8 في المائة) والمساكن المتواضعة (1 في المائة)، كما يظهر في الشكل 43. ومعظم المساكن في تونس تقع في المناطق الساحلية، ضمن المنطقة المناخية ZT1 (ANME, 2010).

الجدول 13- المباني السكنية في تونس ومتوسط نموها السنوي

السنة	عدد الوحدات السكنية	معدل النمو
1975	1 021 000	--
1984	1 313 000	2.8%
1994	1 868 000	3.6%
2004	2 550 000	3.2%
2014	3 290 000	2.6%

المصدر: INS, 2014.

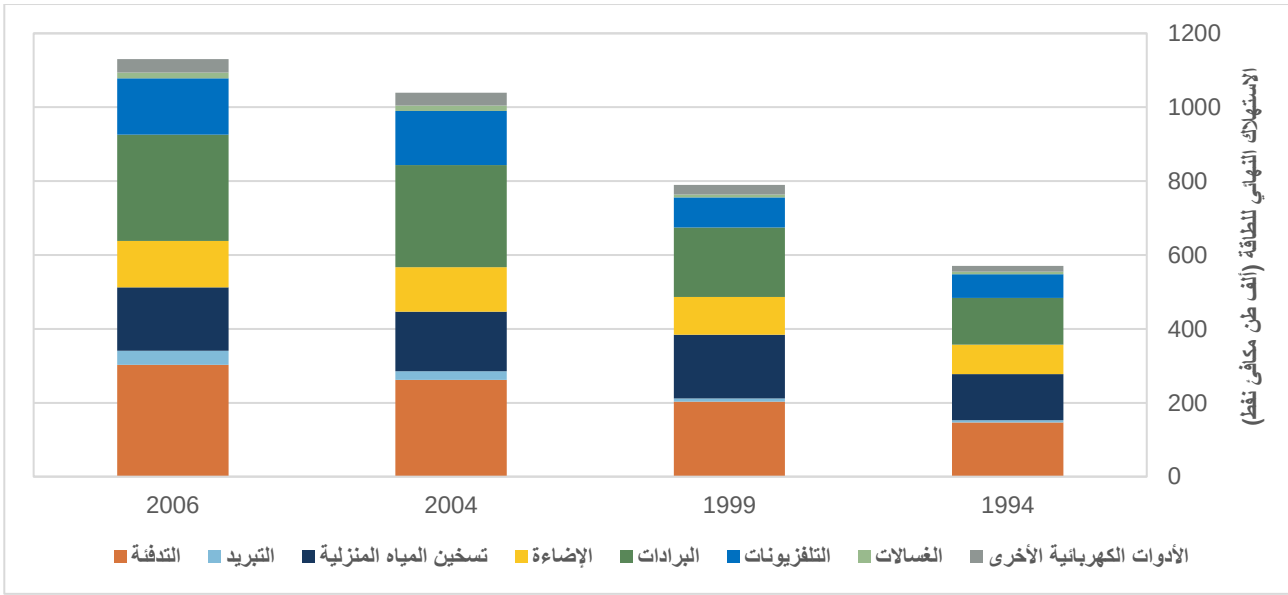
الشكل 43- توزيع المباني السكنية في تونس (بالآلاف)



المصدر: INS, 2014.

يُظهر الشكل 44 الاختلافات في الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية في تونس خلال الفترة 1994-2006 (ANME, 2010). فقد تضاعف مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة بين عامي 1994 و2006 بسبب تزايد أعداد الأسر المعيشية، وانتشار النظم المستهلكة للطاقة، مثل التلفزيونات، والثلاجات، ومكيفات الهواء. وفي حين ارتفع عدد المباني بنسبة 45 في المائة من عام 1994 إلى عام 2006، وازداد استهلاك الطاقة في أجهزة تبريد المساحات بسبعة أضعاف، وفي البرادات والتلفزيونات والغسالات بنسبة 150 في المائة. وكانت الزيادة متواضعة في استخدام الطاقة لأغراض التدفئة وتسخين المياه، حيث بلغت 106 في المائة و38 في المائة على التوالي. وفي حالة تونس، تحولت الأسر المعيشية بشكل واضح نحو استخدام المزيد من الطاقة الكهربائية للمكيفات، والثلاجات وغيرها من الأدوات المنزلية خلال السنوات العشرين الأخيرة.

الشكل 44- الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني السكنية في تونس



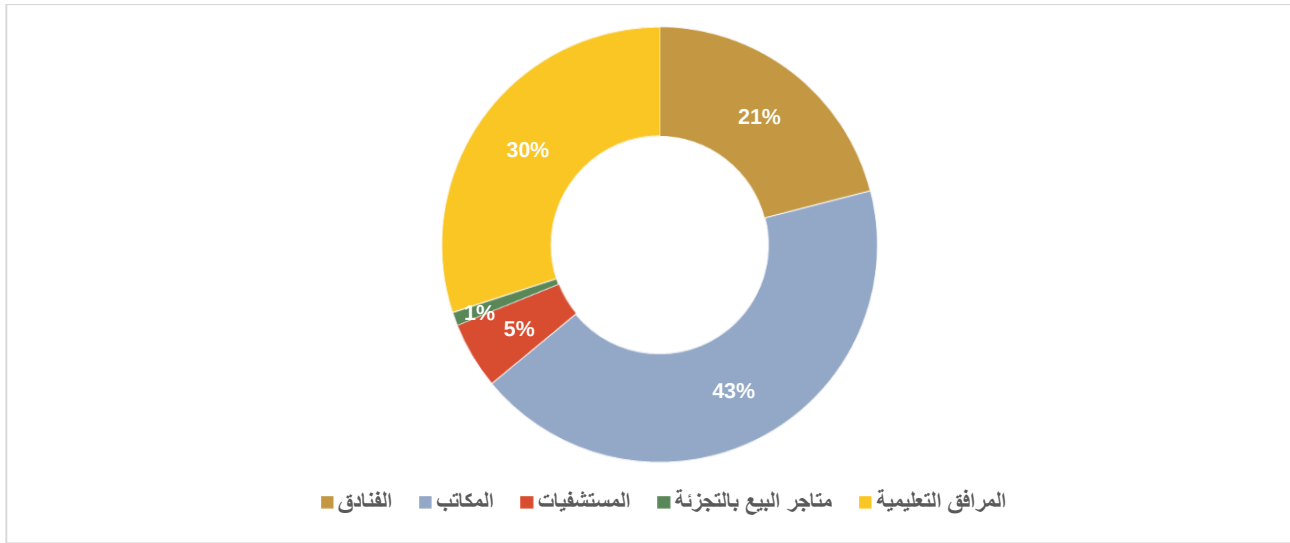
المصدر: ANME, 2010.

(ب) الاستخدام النهائي للطاقة في المباني غير السكنية

تتوزع المباني غير السكنية في تونس بشكل عام بين المكاتب، ومرافق التعليم، والفنادق. ويوضح الشكل 45 توزيع مساحة المباني غير السكنية في تونس، استناداً إلى إحصاءات عام 2006. ويبيّن أن مباني المكاتب تشكّل 43 في المائة من مجموع المساحة الحالية للمباني غير السكنية، في مقابل 30 في المائة للمرافق التعليمية (المدارس الابتدائية والثانوية والجامعات) و21 في المائة للفنادق. وتشكّل الفنادق 5 في المائة ومتاجر البيع بالتجزئة واحد في المائة من المساحة الكلية.

وفي الجدول 14 معلومات مفصلة عن الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني غير السكنية على أنواعها في تونس. ويختلف توزيع الاستخدام النهائي للطاقة بشكل كبير باختلاف أنواع المباني. ويتوزع استهلاك الطاقة في المساحات المخصصة للمكاتب بين الإنارة (24 في المائة)، والتبريد (23 في المائة)، والتدفئة (25 في المائة). لكن الطاقة المستهلكة في الفنادق مخصصة في معظمها للتدفئة (23 في المائة)، وتسخين المياه (24 في المائة)، تليها الأجهزة الأخرى (18 في المائة)، والتبريد (14 في المائة). وتستهلك التدفئة معظم الطاقة النهائية في المستشفيات (52 في المائة)، في حين تستهلك الإنارة معظم الطاقة النهائية في المرافق التعليمية (37 في المائة).

الشكل 45- توزيع المساحة الكلية للمباني غير السكنية في تونس، 2006



المصدر: ANME, 2010.

الجدول 14- الاستخدامات النهائية للطاقة في المباني غير السكنية في تونس، 2006

نوع المبنى	فنادق	مستشفيات	مكاتب	متاجر بيع بالتجزئة	مرافق تعليمية
الاستخدام النهائي	الحصة	مجموع الطاقة للاستهلاك النهائي (ألف طن مكافئ نفط)	الحصة	مجموع الطاقة للاستهلاك النهائي (ألف طن مكافئ نفط)	الحصة
الإضاءة	6%	1.715	9%	13.414	24%
التبريد	14%	2.301	12%	12.75	23%
التدفئة	23%	9.869	52%	13.996	25%
البرادات	2%	0	0%	0	0%
المياه الساخنة المنزلية	24%	0.753	4%	0.177	0%
المعدات المكتبية	0%	0	0%	12.404	22%
المعدات الطبية	0%	1.269	7%	0	0%
الطهي	13%	0.484	3%	0	0%
غير ذلك	18%	2.511	13%	3.198	6%
المجموع	100%	18.902	100%	55.939	100%

المصدر: ANME, 2010.

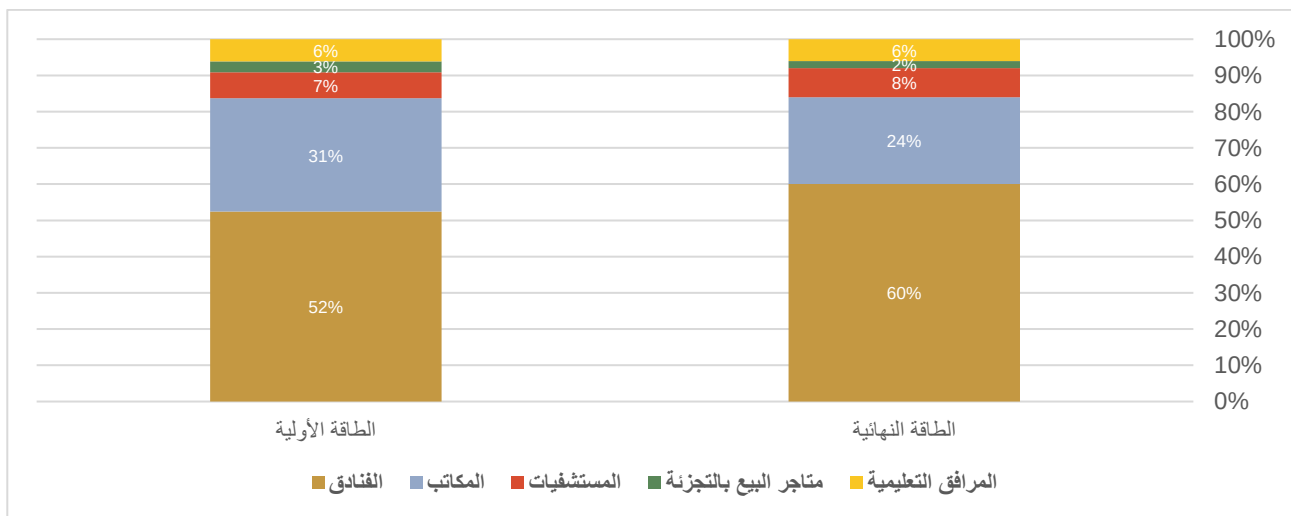
يلخص الجدول 15 المساحة الكلية، واستخدام الطاقة النهائية والأولية في المساحة الكلية ولكل وحدة مساحة في مجموعة متنوعة من المباني غير السكنية في تونس في عام 2006. ويقارن الشكل 46 بين توزيع استخدام الطاقة النهائية والطاقة الأولية في مختلف المباني غير السكنية في تونس. وقد استخدمت الفنادق القسم الأكبر من الطاقة بين المباني غير السكنية، بنسبة 60 في المائة من مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة، و52 في المائة من مجموع استهلاك الطاقة الأولية، تليها المباني المكتبية بنسبة 24 و31 في المائة على التوالي. وسجلت الفنادق أيضاً أعلى كثافة في استخدام الطاقة النهائية (22.96 كيلو غرام مكافئ نفط/متر مربع)، بينما سجلت متاجر التجزئة أعلى كثافة في استخدام الطاقة الأولية (56.7 كيلو غرام مكافئ نفط/متر مربع). وسجلت المرافق التعليمية، ولا سيما المدارس الابتدائية والثانوية، القيمة الدنيا في استخدام الطاقة لكل وحدة مساحة، إذ بلغت 1.59 كيلو غرام مكافئ نفط/متر مربع من حيث استهلاك الطاقة النهائية، و3.57 كيلو غرام مكافئ نفط/متر مربع من حيث استهلاك الطاقة الأولية. أما المدارس في تونس، فغير مجهزة بالمكيفات في العادة لأنها لا تخضع للتبريد أو حتى للتدفئة في غالب الأحيان.

الجدول 15- الاستهلاك النهائي للطاقة لكل وحدة مساحة في المباني غير السكنية، 2006

المباني غير السكنية	المساحة (مليون م ²)	استخدام الطاقة النهائية		استخدام الطاقة الأولية	
		(ألف طن مكافئ نفط)	(كيلو غرام مكافئ نفط/م ²)	(مليون م ²)	(ألف طن مكافئ نفط)
فنادق	6.150	141.181	22.96	246.700	40.11
مكاتب	12.340	55.909	4.53	148.360	12.02
مستشفيات	1.430	18.903	13.22	34.730	24.29
متاجر بيع بالتجزئة	0.270	5.375	19.91	15.310	56.70
مرافق تعليمية	8.545	13.559	1.59	30.490	3.57
ابتدائي/ثانوي	5.340	3.554	0.67	10.130	1.90
جامعات	3.205	10.005	3.12	20.370	6.36
جميع المباني غير السكنية	28.735	234.929	8.18	475.590	16.55

المصدر: ANME, 2010.

الشكل 46- توزيع الطاقة النهائية والطاقة الأولية في المباني غير السكنية في تونس، 2006



المصدر: ANME, 2010.

(ج) انتشار مكيفات الهواء في تونس

كما سبقت الإشارة، ارتفع استهلاك الطاقة لتبريد المساحات بشكل كبير على مدى العقدين الماضيين في تونس، وذلك بسبب ارتفاع مستويات المعيشة، كما يتبين من ارتفاع المبيعات السنوية ونسبة انتشار مكيفات الهواء منذ عام 2000 (الجدول 16).

الجدول 16- مكيفات الهواء في تونس: العدد، والمبيعات، ونسبة الانتشار

السنة	وحدات تكييف الهواء (1 000)	مبيعات وحدات تكييف الهواء (1 000)	نسبة انتشار مكيفات الهواء
2000	50	غير متوفرة	3%
2005	200	50	8%
2010	1 200	220	20%
2013	2 020	344	36%

المصدر: Khlafallah and others, 2016.

جرى تقدير نسبة انتشار وتوقعات عدد مكيفات الهواء عبر تطبيق النموذج الانتشاري، حيث تم ربط دخل الأسرة المعيشية والظروف المناخية بشراء مكيفات الهواء للتبريد (Khlafallah and others, 2016). ويُستخدم النموذج الانتشاري القائم على دخل الأسرة المعيشية ومؤشرات المناخ (درجات حرارة أيام التبريد) لتوقع الأعداد المطلوبة مستقبلاً من مجموعة واسعة من النظم المستهلكة للطاقة في بلدان مختلفة (McNeil and others, 2013). ويبين الجدول 17 التوقعات السنوية لسوق مكيفات الهواء ونسب الانتشار في تونس بين عامي 2015 و2030. واستناداً إلى التوقعات، سيبلغ سوق مكيفات الهواء في تونس مرحلة التشبع بحلول عام 2030. وفي ظل هذه الظروف، سيشهد السوق استبدالاً لوحدات التبريد بدلاً من زيادات في أعدادها لكل أسرة معيشية. وتشير الدراسة نفسها إلى أن سوق مكيفات الهواء في الجزائر سيبلغ مرحلة التشبع بحلول عام 2030. أما في المغرب، فلن تصل نسب انتشار مكيفات الهواء سوى إلى 50 في المائة بحلول عام 2030، وستواصل توسعها إثر الزيادة في مبيعات المكيفات للأسر المعيشية.

الجدول 17- التوقعات السنوية لعدد مكيفات الهواء ونسب انتشارها في تونس

السنة	عدد الأسر المعيشية (1 000)	عدد المكيفات للأسرة المعيشية الواحدة	مبيعات وحدات تكييف الهواء (1 000)	نسب انتشار مكيفات الهواء
2015	2 776	1.48	4 108	40%
2020	3 118	1.63	5 082	61%
2030	3 854	1.93	7 438	92%

المصدر: Khlafallah and others, 2016.

ثالثاً- السياسات الحالية لكفاءة استخدام الطاقة في المنطقة العربية والطريق إلى الأمام

في البلدان التي تكثر فيها أنشطة البناء، كما الحال في المنطقة العربية، يشكّل وضع الشروط الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة، وتطبيقها، وإنفاذها، النّج الأكثر فعالية للحدّ من استهلاك الطاقة في قطاع المباني. وقد تتراوح مدّة حياة المباني بين 40 و50 عاماً أو أكثر في بعض البلدان العربية. وبالتالي، يدوم أثر وفورات الطاقة المرتبطة بالمباني الموفّرة للطاقة عقوداً من الزمن، مما يساهم بشكل ملحوظ في انخفاض استهلاك الطاقة وتراجع انبعاثات غازات الدفيئة على الصعيد الوطني. وقد وضعت بعض البلدان العربية قوانين ومعايير وتصنيفات خاصة بكفاءة استخدام الطاقة في المباني و/أو في التجهيزات المستهلكة للطاقة، مثل الأدوات المنزلية (الثلاجات بوجه خاص)، ونظم التبريد (مكيفات الهواء والمبرّدات) وتجهيزات الإضاءة (استخدام المصابيح الفلورية المدمجة (CFL) أو الصمامات الثنائية الباعثة للضوء (LED) بدلاً من المصابيح المتوهجة). لكن يتفاوت مستوى تنفيذ هذه القوانين والمعايير وإنفاذها بين بلدٍ وآخر (EES, 2014; RCREEE, 2015; MEDENEC, 2015; WBG, 2016; World Bank, 2016; Krarti and Ihm, 2016).

ويستعرض هذا الجزء القواعد التنظيمية والمعايير الخاصة بالمباني والنظم ذات الصلة المطبّقة حالياً في كافة البلدان العربية.

ألف- سياسات كفاءة استخدام الطاقة في المباني

تُعرف قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني (Buildings Energy Efficiency Codes-BEECs) بمعايير الطاقة الخاصة بالمباني، أو بتنظيمات البناء الحرارية، أو بقوانين البناء المحافظة على الطاقة، أو بقوانين البناء ذات الصلة بالطاقة. وتستخدم الحكومات وصانعو السياسات المعنيون بالطاقة وقوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني كآليات تنظيمية للحدّ من استهلاك الطاقة وتخفيف آثار المباني على البيئة، مع الحفاظ على جودة البيئة الداخلية إلى حدّ مقبول. وعادةً ما تشمل قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني شروط التصميم الإلزامية التي تسمح بتحسين أداء الطاقة في المباني. وقد وضعت هذه القوانين وطُبقت في العديد من البلدان منذ سبعينيات القرن الماضي، حيث أثبتت فعاليتها في الحد من استهلاك الطاقة في المباني في بعض البلدان. فعلى سبيل المثال، أدّى التطبيق الإلزامي لقوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني إلى الحد من استخدام الأسر المعيشية للطاقة في معظم بلدان الاتحاد الأوروبي، حيث يتراوح تخفيض استهلاك الطاقة في المباني السكنية بين 22 في المائة في ألمانيا وهولندا من جهة، و6 في المائة في بلدان الجنوب الأوروبي من جهة أخرى (IEA, 2016).

وفي العادة، يتمّ النظر في نهجين إثنين عند وضع قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة:

- **النّهج القائم على الأسس التوجيهية:** تضمّ قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني مجموعة من الشروط الدنيا الخاصة بأداء الطاقة عن كل عنصر من العناصر الإنشائية: النوافذ، والجدران، وأجهزة التدفئة والتبريد. وقد يجري الامتثال على مسارين: (أ) يجب أن يستجيب كل عنصر إنشائي لحدّ أدنى من الشروط الصارمة الخاصة بأداء الطاقة، مثل المستويات الدنيا للأداء الحراري للجدران والنوافذ (الانتقالية الحرارية للعنصر الإنشائي U-values وقيم معامل الانتقال الحراري للمباني SHGC)، أو (ب) المقايضة بين شروط أداء الطاقة ضمن عناصر إنشائية مختلفة. صحيح أنّ النهج القائمة على الأسس التوجيهية بسيطة التطبيق والإنفاذ، إلا أنها تفتقر إلى المرونة ولا تشجّع على التصميم المتكامل للمباني. كما أنها كثيراً ما تخفق في تحقيق الإنجازات على صعيد الأداء المناسب للطاقة في المباني المعقّدة؛

• **النَّهْج القائم على الأداء:** تحدّد قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة على الأداء، شروطاً خاصة باستهلاك المبنى للطاقة بشكل كامل. وبالتالي، فإنّ قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة على الأداء، تشجّع على اعتماد نهج التصميم المتكامل، وذلك للإفادة عن التفاعلات الحاصلة بين مختلف عناصر المبنى، بغية ترشيد الطاقة في المبنى بكامله. ويمكن وضع عدّة خيارات لقوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة على الأداء وتنفيذها، بما في ذلك:

□ الأداء الجزئي للأنظمة الفرعية: مثل التصديّ لأداء الطاقة في الغلاف الخارجي للمبنى، عبر استخدام النهج التحليلي لإجمالي قيمة نقل الطاقة الحرارية (OTTV)؛

□ أداء الأنظمة الفرعية المتعدّدة: التصديّ لأداء الطاقة في أكثر من نظام فرعي واحد للمبنى، لكن ليس أداء الطاقة في المبنى بكامله، مثل وضع القيمة الأقصى لاستخدام الطاقة و/أو الطلب على نُظُم الإضاءة والتبريد؛

□ أداء المبنى بكامله: استهلاك الطاقة أو تكلفة الطاقة، باستخدام الخيارات الثلاثة التالية:

■ نهج الميزانية الثابتة باستخدام مستوى ثابت لاستهلاك الطاقة مثل الكيلواط ساعة/متر مربع (لا بد من وجود افتراضات أساسية بما في ذلك أماكن التشغيل والأحمال الداخلية)؛

■ نهج الميزانية المصمّم خصيصاً، باستخدام التحليل المقارن مع مبنى مرجعي (في العادة، المبنى المرجعي هو المبنى المقترح نفسه، على أن يمثل مجموعة من الشروط التوجيهية)؛

■ نظام العلامات باستخدام نظام تقييم لمختلف التدابير الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة.

لا تزال السياسات والقواعد التنظيمية الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة في بداياتها في المنطقة العربية (Liu and others, 2010; Asif 2015; RISE, 2016). وهناك العديد من الدول العربية التي لديها متطلبات محدودة أو غير إلزامية لكفاءة استخدام الطاقة في المباني. وحتى البلدان التي تتوفّر فيها بعض القواعد التنظيمية لم تُطبّق حتى اليوم آليات الإنفاذ بشكل كامل (Asif, 2015). واستناداً إلى استعراضات مفصّلة للأنظمة القانونية القائمة ذات الصلة بكفاءة استخدام الطاقة في قطاع البناء، يلخّص الجدول 18 وضع هذه الأنظمة في بلدان عربية مختلفة. ويبقى الالتزام بتطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة في معظم البلدان العربية هو التحدي الأبرز أمام تنفيذ نُظُم كفاءة استخدام الطاقة. وقد وضعت عدة بلدان إجراءات الإنفاذ التي تنقسم في العادة إلى المراحل الثلاث التالية: (أ) استعراض خطط التصميم، (ب) تفتيش موقع البناء، و(ج) إصدار تراخيص الإشغال، غير أنّ التطبيق والتنفيذ فعلياً غير موثوق بهما. ويشير الجدول 18 إلى آليات الإنفاذ في البلدان حيث قوانين كفاءة استخدام الطاقة إلزامية. ويورد الجدول 18 قائمة بالنقاط التي سجّلها كل بلد على أساس المؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة، وذلك مقابل الجهود التي بذلها في تنفيذ سياسات كفاءة استخدام الطاقة (RISE, 2016). وقد سجّلت تونس أعلى درجة نقاط، ويعود ذلك في معظمه إلى أنها وضعت قوانين كفاءة استخدام الطاقة وطبّقتها على المباني السكنية والتجارية معاً. وعلاوة على ذلك، وكما نوقش أعلاه، وضعت تونس العلامات الدالّة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة للمعدات المنزلية وتجهيزات الإضاءة، كما فرضت على العديد من المباني التجارية والمرافق الصناعية عمليات مراجعة للطاقة مع منحها بعض الحوافز المبتكرة وآليات التمويل. ويعدّ قانون كفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة في تونس أحد أكثر القوانين تطوّراً في المنطقة العربية، حيث يشمل المسار التوجيهي ومسار الأداء معاً في تحقيق الامتثال. وتعتمد الشروط على نوع البناء والمنطقة المناخية. وترد تفاصيل القانون التونسي لكفاءة استخدام الطاقة في المرفق الأول. وقد وُضعت برمجيات تحليلية للامتثال وللطاقة معاً، مخصّصة لقانون كفاءة استخدام الطاقة في المباني في تونس، بما في ذلك أداة متوفّرة على شبكة الإنترنت. واستحدثت تونس أيضاً آلية للامتثال ترتبط ارتباطاً وثيقاً بعملية الترخيص لتشييد المباني، وذلك لضمان تطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني التونسية.

الجدول 18- واقع القواعد التنظيمية الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة في المباني في البلدان العربية

المؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة (النقاط المسجلة من صفر إلى مائة)	إلزامي/طوعي	نوع الامتثال	القواعد التنظيمية للكفاءة في استخدام الطاقة في المباني	البلد
68	إلزامي (أ، ب، ج)	توجيهي وقائم على الأداء	قانون كفاءة استخدام الطاقة في المباني السكنية (2009) وبعض المباني التجارية والمؤسسية المختارة (2008)	تونس
56	إلزامي (أ)	توجيهي	العزل الحراري لغلّاف المبنى الخارجي (2005)	الجزائر
لا ينطبق	لا ينطبق	لا ينطبق	غير متوفرة	ليبيا
42	إلزامي (أ)	توجيهي وقائم على الأداء	قانون كفاءة استخدام الطاقة (2015)	المغرب
57	إلزامي (أ)	توجيهي	قانون حفظ الطاقة في المباني (2010)	الأردن
لا ينطبق	إلزامي (أ)	توجيهي	قانون العزل الحراري (2009)	الجمهورية العربية السورية
		توجيهي	مواصفات كفاءة استخدام الطاقة في المباني (2012)	العراق
لا ينطبق	طوعي	توجيهي	قانون كفاءة استخدام الطاقة في المباني (2004)	دولة فلسطين
35	طوعي طوعي	توجيهي أنظمة تصنيف المباني القائمة على الأدلة والخاصة بالمباني التجارية القائمة	شروط العزل الحراري نظام "أرز" لتصنيف المباني القائمة (LBGC, 2017)	لبنان
48	إلزامي (أ)	توجيهي وقائم على الأداء	قانون كفاءة استخدام الطاقة في المباني السكنية (2005)، والتجارية (2009) والعامّة	مصر
63	إلزامي (أ) طوعي	توجيهي قائم على الأداء	شروط العزل الحراري (2003) القواعد التنظيمية ومواصفات المباني الخضراء (2011)	الإمارات العربية المتحدة (دبي)
25	إلزامي (أ، ج)	توجيهي	شروط العزل الحراري في المباني التجارية (1999) وأنواع أخرى من المباني (2013)	البحرين
	لا ينطبق	لا ينطبق	غير متوفرة	عمّان

المؤشرات التنظيمية للطاقة المستدامة (النقاط المسجلة من صفر إلى مائة)	إلزامي/طوعي	نوع الامتثال	القواعد التنظيمية للكفاءة في استخدام الطاقة في المباني	البلد
50	إلزامي (أ)	نظام العلامات الدالة الخاص بالمباني المستدامة	النظام العالمي لتقييم الاستدامة (GSAS): جميع المباني العامة الجديدة (2012) جميع المباني التجارية الجديدة (2016) جميع المباني السكنية الجديدة (2020)	قطر
30	إلزامي (أ)	توجيهي	قانون حفظ الطاقة رقم R-6 (1983 ومحدثة في عام 2014)	الكويت
49	إلزامي (أ، ج)	توجيهي	قانون الأداء الحراري (2014)	المملكة العربية السعودية
19	لا ينطبق	لا ينطبق	غير متوفرة	السودان
9	لا ينطبق	لا ينطبق	غير متوفرة	موريتانيا
12	لا ينطبق	لا ينطبق	غير متوفرة	اليمن

المصادر: ANME, 2010; Liu and others, 2010; RCREEE, 2015; RCREEE, 2017, Krarti, 2015, Krarti and Dubey, 2017; Krarti and others, 2017.

ملاحظة: يُشار إلى آليات الإنفاذ تحت "أ" لاستعراض خطط التصميم، و"ب" لتفتيش ورشات البناء، و"ج" لإصدار تراخيص التشغيل.

باء- أنظمة تصنيف المباني

كبدل عن بعض قوانين كفاءة استخدام الطاقة أو كإضافة عليها، اعتمدت بعض الدول العربية، فيما استحدثت أخرى، نظاماً لتصنيف المباني من أجل تعزيز عملية تصميم المباني المستدامة. وعلى وجه التحديد، مُنحت شهادات القيادة في مجال الطاقة والتصميم البيئي (LEED) للعديد من المباني الجديدة في المنطقة العربية، على النحو الموجز في الجدول 19 استناداً إلى أحدث البيانات الواردة (USGBC, 2017). وتضم بلدان مجلس التعاون الخليجي، وعلى رأسها الإمارات العربية المتحدة، أكبر عدد من المباني الحائزة شهادة القيادة في مجال الطاقة والتصميم البيئي (حوالي 90 في المائة). وبالإضافة إلى ذلك، جرى استحداث نظم تصنيف المباني التالية في البلدان العربية:

- إن النظام العالمي لتقييم الاستدامة (GSAS) الذي وضعته منظمة الخليج للبحوث والتنمية في قطر بالتعاون مع جامعة بنسلفانيا (GORD, 2010)، هو نظام مشابه لنظام القيادة في مجال الطاقة والتصميم البيئي (LEED)، ويتمحور حول التصنيف على أساس الأداء من أجل مساعدة المصممين على الحد من آثار المباني على البيئة، مع مراعاة الاحتياجات البيئية المحلية. وعلى وجه التحديد، ينظر النظام العالمي لتقييم الاستدامة في فئات التقييم الثماني التالية التي لديها أوزان مختلفة: التوصيل الحضري، الموقع، الطاقة، المياه، مواد البناء، البيئة الداخلية، القيمة الثقافية والاقتصادية، والإدارة والتشغيل.

ويتمّ تصنيف المباني السكنية والتجارية والمؤسسية على أساس المستويات المرجعية لأداء الطاقة (والمعبر عنها بالكيلوواط ساعة/متر مربع في السنة) وانبعاثات الكربون (المعبر عنها بكيلوغرامات ثاني أكسيد الكربون/متر مربع في السنة). ويسمح النظام العالمي لتقييم الاستدامة ببعض المرونة في تلبية شروط أداء الطاقة وبصمة الكربون في مراحل التصميم والتشغيل مع مراعاة التحسينات في الغلاف الخارجي للمبنى، والإضاءة، ونظم تكييف الهواء فضلاً عن راحة الأشخاص (Sharifi and Murayama, 2013). ومنذ عام 2016، جرى اعتماد النظام العالمي لتقييم الاستدامة ليكون نظام تصنيف إلزامياً لجميع المباني الحكومية في قطر؛

• نظام اللؤلؤ هو نظام يمنح شهادات تصنيف المباني المراعية للبيئة، وقد وضعه مجلس أبو ظبي للتخطيط الحضري كجزء من مبادرة "استدامة". وقد وُضع نظام اللؤلؤ باستخدام المعايير المماثلة لمعايير القيادة في مجال الطاقة والتصميم البيئي، حيث ينطوي على العديد من مستويات التصنيف التي تعتمد على نظام وضع العلامات وعلى نقاط تقدير إلزامية واختيارية تتراوح بين لؤلؤة واحدة وخمس لآلى. وقد وُضع نظام اللؤلؤ تحديداً من أجل تصميم المباني الواقعة في المناخات الحارة والمناطق القاحلة، مع وجود عدّة فئات، بينها النظم الطبيعية، والطاقة الفعالة، والمياه الثمينة، وأدوات المراقبة، والممارسة الابتكارية. ويتطلب نظام اللؤلؤ حداً أدنى من أداء الطاقة في المباني إما باستخدام النهج التوجيهي أو على أساس الأداء. وقد تسمح أي تحسينات إضافية على الحد الأدنى بالحصول على نقاط تقدير. ومنذ عام 2010، أصبحت كافة أعمال التشييد الجديدة في أبو ظبي ملزمة بالحصول على الشهادة الدنيا المتمثلة بلؤلؤة واحدة. أما المباني الحكومية الجديدة فعليها أن تحظى بشهادة اللؤلؤتين؛

• وضع مجلس لبنان للمباني الخضراء نظام "أرز" لتصنيف المباني في عام 2011 وهو يُستخدم كنهج قائم على الأدلة لقياس المباني التجارية القائمة وتصنيفها. ويستند نظام التصنيف إلى نقاط تُمنح للوحدات التسع التالية: الطاقة، الطاقة الحرارية، الطاقة الكهربائية، غلاف المبنى الخارجي، نوعية الهواء الداخلي، التشغيل والإدارة، إدارة المياه، والتكنولوجيات المستدامة (LBGC, 2017).

الجدول 19- عدد المباني الحائزة شهادة القيادة في مجال الطاقة في البلدان العربية حتى 26 كانون الأول/ديسمبر 2017

البلد	حامل شهادة	فضية	ذهبية	بلاتينيوم	قيد الدراسة	المجموع
تونس	1	0	0	0	2	3
الجزائر	0	1	0	0	1	2
ليبيا	0	0	1	0	1	2
المغرب	0	2	1	0	3	6
الأردن	0	2	4	1	19	26
الجمهورية العربية السورية	0	0	0	0	1	1
العراق	0	0	0	0	2	2
دولة فلسطين	0	0	0	0	1	1
لبنان	2	0	7	1	32	42
مصر	1	8	7	2	26	44
الإمارات العربية المتحدة	131	39	79	13	559	821

البلد	حامل شهادة	فضية	ذهبية	بلاتينيوم	قيد الدراسة	المجموع
البحرين	0	1	0	0	20	21
عُمان	1	3	2	0	24	30
قطر	0	1	3	12	0	97
الكويت	1	0	2	0	39	42
المملكة العربية السعودية	4	11	82	5	120	222
السودان	0	0	0	0	0	0
موريتانيا	0	0	0	0	0	0
اليمن	0	0	0	0	1	1
المجموع	141	68	188	34	851	1 363

المصدر: USGBC, 2017.

جيم- نظم العلامات الدالة على أداء الطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة

تُعتبر نظم العلامات الدالة على أداء الطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة (MEPS) أدوات فعالة لإحداث تحوّل في أسواق الأجهزة المستهلكة للطاقة، بما في ذلك الأدوات المنزلية، وتجهيزات الإضاءة ومكيفات الهواء. وتدعم هذه القواعد عملية اعتماد أحدث التكنولوجيات والمنتجات وأحدثها كفاءة من حيث استخدام الطاقة. وهي تغطّي المنتجات المُعدّة لجميع الاستخدامات النهائية وكافة أنواع الوقود، مع التركيز على الأدوات المنزلية، وأجهزة المعلومات والاتصالات، ونظم الإضاءة والتدفئة والتبريد، وغير ذلك من المعدات المستهلكة للطاقة. أما النهج الأكثر شيوعاً في إطار نظم العلامات الدالة على أداء الطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة، فهو مخطط العلامات الدالة القاطعة، باستخدام عدد من النجوم، أو التصنيفات الأبجدية (أ، ب، ج، إلخ) أو العددية (1، 2، 3، إلخ). ومن السهل على المستهلكين أن يفهموا العلامات الدالة القاطعة عند شراء المنتجات، كما حال مفتشي البناء عند تحقّهم من درجة الامتثال للقانون. وتقدّم العلامات الدالة القاطعة أيضاً إطاراً لتسهيل عملية مراجعة الشروط الخاصة التي تفرضها المعايير الدنيا لأداء الطاقة، مع تزايد توفر المنتجات الأكثر كفاءة في استخدام الطاقة داخل السوق. ويتم إنفاذ نظم العلامات الدالة بشكل إلزامي للسماح للمستهلكين باتخاذ الخيارات المستنيرة بشأن المنتجات التي يبتاعونها. وفي العادة، يتمّ تنفيذ المعايير الدنيا لأداء الطاقة من خلال حظر المنتجات التي تحمل فئات معيّنة من العلامات الدالة من البيع في السوق.

ويحدّد الجدول 20 والجدول 21 الوضع الخاص بنظم العلامات الدالة على أداء الطاقة وشروط استجابة الأدوات المنزلية وتجهيزات الإضاءة للمعايير الدنيا لأداء الطاقة في المنطقة العربية. وقد وضع واعتمد عددٌ من البلدان العربية في الآونة الأخيرة نظم العلامات الدالة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة لمنتجات محدّدة؛ لكن يبقى إنفاذ هذه القواعد التنظيمية صعباً في معظم البلدان العربية بسبب الافتقار في المقام الأول إلى مرافق الفحص المؤهلة للتأكد من أن الأدوات المنزلية وتجهيزات الإضاءة التي تُباع في المنطقة تحمل العلامات الدالة بشكل صحيح وتستجيب لشروط المعايير الدنيا لأداء الطاقة (Asif, 2015). وكانت نظم العلامات الدالة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة في المملكة العربية السعودية من بين أولى المعايير المستحدثة في المنطقة العربية وقد خضعت للتفقيح والمراجعة بشكل منتظم. (SASO, 2012; SASO, 2013; SASO, 2014). ويقدم المرفق الثاني وصفاً موجزاً لنظم العلامات الدالة وللمعايير الدنيا لأداء الطاقة في المملكة العربية السعودية والخاصة بمكيفات الهواء، والثلاجات، والمجمّعات، والغسّالات. ويورد المرفق أيضاً قانون الطاقة في المباني الذي اعتمد مؤخراً لتطبيقه على مكّونات غلاف المبنى الخارجي.

الجدول 20- واقع نُظم العلامات الدالّة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة الخاصة بمكثّفات الهواء والأدوات المنزلية في البلدان العربية

البلد	نوع القواعد التنظيمية	الوضع
تونس	المجمدات والثلاجات: 1- وضعت معايير العلامات الدالّة الإلزامية لأداء الطاقة باستخدام سلّم كفاءة استخدام الطاقة من الفئة 1 (الكفاءة القصوى) حتى الفئة 10 (الكفاءة الدنيا) 2- المعايير الدنيا الإلزامية لأداء الطاقة: حُظرت من السوق الفئتان 7 و8 (تموز/يوليو 2006) والفئتان 5 و6 (تموز/يوليو 2007) والفئة 4 (نيسان/أبريل 2009) مكثّفات الهواء: 1- وضعت معايير العلامات الدالّة الإلزامية لأداء الطاقة في مكثّفات الهواء الفردية باستخدام سلّم كفاءة استخدام الطاقة من الفئة 1 (الكفاءة القصوى) حتى الفئة 8 (الكفاءة الدنيا) 2- المعايير الدنيا الإلزامية لأداء الطاقة: حُظرت من السوق الفئات 6 و7 و8 (كانون الثاني/يناير 2010) والفئة 5 (كانون الثاني/يناير 2011) والفئة 4 (كانون الثاني/يناير 2012)	اعتمدت في عام 2004 (JORT n°75/17 أيلول/سبتمبر 2004) اعتمدت في عام 2005 (JORT n°88/04 تشرين الثاني/نوفمبر 2005) وفي عام 2008 (JORT n°88/31 تشرين الأول/أكتوبر 2008) اعتمدت في عام 2009 (JORT n°32/21 نيسان/أبريل 2009) اعتمدت في عام 2009 (JORT n°53/3 تموز/يوليو 2009)، عام 2010 (JORT n°79 في بداية تشرين الأول/أكتوبر 2010) وعام 2011 (JORT n°61 16 آب/أغسطس 2011)
الجزائر	معايير العلامات الدالّة الإلزامي للطاقة في مكثّفات الهواء والثلاجات والمجمدات	اعتمد منذ عام 2009
ليبيا	غير متوفر	لا ينطبق
المغرب	إطار قانوني للمعيار الإلزامي للعلامات الدالّة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة (قانون الطاقة رقم 47/09)	لا ينطبق
الأردن	مكثّفات الهواء والثلاجات والمجمدات والغسالات	اعتمد منذ عام 2014
الجمهورية العربية السورية	الثلاجات	اعتمد منذ عام 2008
العراق	غير متوفر	لا ينطبق
دولة فلسطين	غير متوفر	لا ينطبق
لبنان	إطار سياسة عامة حول المعيار الإلزامي للعلامات الدالّة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة	معايير العلامات الدالّة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة قيد الإعداد

البلد	نوع القواعد التنظيمية	الوضع
مصر	مكثفات الهواء والثلاجات والمجمدات والغسالات	اعتمد منذ عام 2003 ونُقح في عام 2006
الإمارات العربية المتحدة (دبي)	المعيار الإلزامي للعلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة لمكثفات الهواء، والثلاجات، والغسالات، وسخانات المياه المنزلية وغسالات الأطباق	اعتمد منذ عام 2013 ونُقح في عام 2016
البحرين	معيار العلامات الدالة الإلزامي للطاقة في مكثفات الهواء	اعتمد في عام 2015 (الجريدة الرسمية رقم 3223/2015)
عمان	غير متوفر	لا ينطبق
قطر	المعيار الإلزامي للعلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة في نظم تكييف الهواء (Standard QS 2663/2013)، والثلاجات/المجمدات (Standard QS SASO 2664/2016) والغسالات (Standard QS SASO 2692/2016)	طبّق في عام 2016 المعيار الإلزامي للعلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة في مكثفات الهواء
الكويت	المعايير الدنيا لأداء الطاقة في مكثفات الهواء	اعتمد منذ عام 1938 كجزء من مدونة الممارسات الخاصة بحفظ الطاقة في المباني. تم تحديث المدونة في عامي 2010 و 2014
المملكة العربية السعودية	المعيار الإلزامي للعلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة في أنظمة تكييف الهواء (SASO 2663/2014) حلّ مكانه SASO 2663/2018)، والثلاجات والمجمدات (SASO 2664/2013) حلّ مكانه، والغسالات (SASO 2692/2013) حلّ مكانه (SASO 2885/2018)، ومجففات الملابس (SASO 2883/2017) وسخانات المياه (SASO 2884/2017)	اعتمدت المعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة في مكثفات الهواء منذ عام 2007 ثم طبّق معيار العلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة في عامي 2012 و 2013 مع تنقيح نقاط رئيسية في عام 2018 طبّق معيار العلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة على الثلاجات/المجمدات والغسالات في عام 2013 مع تنقيح نقاط رئيسية في عام 2018. طبّق معيار العلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة على مجففات الملابس وسخانات المياه في عام 2018
السودان	غير متوفر	لا ينطبق
موريتانيا	غير متوفر	لا ينطبق
اليمن	غير متوفر	لا ينطبق

المصادر: EES, 2014; RCREEE, 2017; UN Environment, 2018. تحققت منها وحديثها الإسكوا باستخدام المعلومات الرسمية المتاحة في البلدان في أيلول/سبتمبر 2018.

الجدول 21- واقع القواعد التنظيمية الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة في تجهيزات الإضاءة في البلدان العربية

البلد	القواعد التنظيمية الخاصة بكفاءة الطاقة في المباني	الوضع
تونس	تم إخلاء السوق من المصابيح المتوهجة المصنفة 100 واط أو ما فوق (كانون الثاني/يناير 2011)	اعتمد في عام 2010 (JORT n°69/27 آب/أغسطس 2010)
الجزائر	اشتراط وضع العلامات الدالة للطاقة في تجهيزات الإضاءة	اعتمد منذ عام 2009
ليبيا	غير متوفرة	لا ينطبق
المغرب	إطار قانوني للمعيار الإلزامي للعلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة (قانون الطاقة رقم 47/09)	معايير العلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة قيد الإعداد
الأردن	نظام قانوني حول الشروط الدنيا لأداء الطاقة في الإضاءة	اعتمد منذ عام 2014
الجمهورية العربية السورية	العلامات الدالة حول أداء الطاقة في المصابيح الفلورية المدمجة والفلورسنت الخطي	طبقت
العراق	غير متوفرة	لا ينطبق
دولة فلسطين	غير متوفرة	لا ينطبق
لبنان	إطار سياسة عامة حول المعيار الإلزامي للعلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة	معايير العلامات الدالة للطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة قيد الإعداد
مصر	العلامات الدالة الإلزامية لأداء الطاقة في المصابيح الفلورية المدمجة/العلامات الدالة الطوعية حول أداء الطاقة في نظم الإضاءة	اعتمد منذ عام 2009
الإمارات العربية المتحدة	اعتمدت الحكومة حظر هيئة الإمارات للمواصفات والمقاييس استيراد ومبيع المصابيح المتوهجة والمصابيح الموفرة للطاقة ضعيفة الجودة (القرار الحكومي رقم 34/2013)	حُظر الاستيراد منذ عام 2014/حُظر المبيع منذ عام 2015
البحرين	المعايير الدنيا لأداء الطاقة لمصابيح الإضاءة المنزلية استناداً إلى لائحة المفوضية الأوروبية رقم 244/2009	اعتمد في عام 2015 (الجريدة الرسمية رقم 3199/2015)
عمان	غير متوفرة	لا ينطبق
قطر	حظر مفروض على الواردات من المصابيح المتوهجة (تنغستن). شملت المرحلة الأولى من الحظر المصابيح المتوهجة من 100 واط و75 واط. وبدأ التنفيذ في عام 2014	بدأ التطبيق منذ عام 2016
الكويت	الاستخدام الإلزامي لأنظمة الإضاءة الذكية LED في المباني العامة (وزارة الكهرباء والماء R-6/2014)	اعتمد منذ عام 2014
المملكة العربية السعودية	العلامات الدالة الإلزامية حول أداء الطاقة والمعايير الدنيا لأداء الطاقة (معايير SASO 2870/2015)	بدأ التطبيق منذ عام 2016
السودان	غير متوفرة	لا ينطبق
موريتانيا	غير متوفرة	لا ينطبق
اليمن	غير متوفرة	لا ينطبق

المصادر: EES, 2014; RCREEE, 2017; UN Environment, 2018. تحققت منها وحديثها الإسكوا باستخدام المعلومات الرسمية المتاحة في البلدان في أيلول/سبتمبر 2018.

دال- الخيارات المتوفرة في مجال السياسة العامة من أجل تحسين استدامة الطاقة في قطاع المباني

استناداً إلى الممارسات الحالية الآيلة إلى ضمان كفاءة استخدام الطاقة، وعلى ضوء الاتجاهات المُعتمَدة في مجال استهلاك الطاقة والمبينة في هذه الدراسة، تجد الحكومات العربية نفسها أمام مجموعة واسعة من الخيارات في مجال السياسات العامة الرامية إلى تحسين استدامة الطاقة في المباني الجديدة والقائمة في المنطقة العربية. أما أبرز سياسات الطاقة التي يوصى بها للمنطقة فهي ما يلي:

- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة، من خلال تنفيذ برامج إعادة تجهيز واسعة النطاق تشمل تدابير تستهدف جميع أنواع المباني وتكون قابلة للتنفيذ وذات صلة بكفاءة استخدام الطاقة من جهة، ومن خلال تدابير مصممة خصيصاً لكفاءة استخدام الطاقة في المباني المستهلكة للطاقة بكثافة، من جهة أخرى؛
 - تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة من خلال تنفيذ قوانين أداء الطاقة في المباني وتعزيزها، على أن تشمل جميع أنواع المباني الجديدة، وفرض شروط محدّدة لأداء الطاقة في المباني المستهلكة للطاقة بكثافة، مثل المطارات والمباني التجارية والمكاتب الكبيرة؛
 - وضع شروط أداء الطاقة في النُظم والمعدّات المستهلكة للطاقة في المباني وتنفيذها، وتعزيزها من خلال وضع العلامات الدالة لأداء الطاقة إلى جانب المعايير الدنيا لأداء الطاقة في المباني التجارية (الإضاءة، والتدفئة، والتبريد والأدوات المنزلية)؛
 - وضع شروط أداء الطاقة في الأدوات المنزلية العادية وتنفيذها، فضلاً عن تعزيزها من خلال وضع العلامات الدالة لأداء الطاقة، إلى جانب المعايير الدنيا لأداء الطاقة (الثلاجات، ومكيفات الهواء، وأجهزة التلفزيون، والغسالات)؛
 - التعريف بأنماط استهلاك الطاقة في قطاع المباني في البلدان العربية وتوطيد المعرفة من خلال تنفيذ وتعزيز عملية جمع البيانات الإحصائية المنتظمة والمستدامة حول أنماط الاستهلاك النهائي للطاقة على أساس مصدر الطاقة في كل من فروع المبنى الرئيسية، ومن خلال تحديد أبرز مؤشرات أداء الطاقة ذات الصلة؛
 - توفير الموارد البشرية والمالية اللازمة، والشروط الزمنية المطلوبة لتعبئة الموارد بغية تنفيذ سياسات كفاءة استخدام الطاقة، وبناء قدرات مختلف أصحاب المصلحة.
- وبهدف وضع السياسات والبرامج المذكورة أعلاه وتنفيذها، لا بد من وضع الاستراتيجيات وخطط العمل القصيرة والمتوسطة والطويلة الأجل، مع مراعاة ضرورة معالجة بعض المسائل الطارئة المتعلقة بأداء الطاقة في المباني، فضلاً عن الوقت اللازم لتعبئة الموارد البشرية والمالية المطلوبة.
- وعلاوة على ذلك، وكي تتجح المنطقة العربية في الانتقال نحو نُظم الطاقة المستدامة في قطاع المباني، لا بد من بناء القدرات وتوفير التدريب لجميع المشغلين المعنيين بالعملية، بما في ذلك:
- المهندسون المعماريون؛
 - المهندسون المعنيون بعمليات التصميم والتنفيذ؛
 - المقاولون؛
 - مورّدو المعدات؛
 - العاملون في الميدان (العمال، والمشرفون ومراقبو الأعمال).
- وقد يحتاج شاغلو المباني إلى بعض التدريب الأساسي حرصاً على تشغيل المباني بطريقة مستدامة مع ضمان كفاءة استخدام الطاقة.

رابعاً- تحليل إمكانات كفاءة استخدام الطاقة في قطاع المباني

لا تنقص الإمكانيات التي تسمح بتحسين أداء الطاقة في المباني في المنطقة العربية، أكانت المباني الجديدة أو تلك القائمة منها، وذلك يعود إلى غياب كافة أنواع القوانين والممارسات الصارمة ذات الصلة بكفاءة استخدام الطاقة في معظم البلدان العربية. وتكثر الفرص المتاحة للحدّ من استهلاك الطاقة ولتعزيز استدامة المباني من خلال سياسات الطاقة الهادفة والمصمّمة بطريقة جيّدة. وفي هذا الجزء نقيم لبعض هذه الفرص بالاستناد إلى تحاليل مفصّلة ودراسات تمّت الإفادة عنها. وفيه أيضاً عرضٌ للفوائد المحتملة التي قد تولّدها عملية تطبيق واسعة النطاق لبرامج مختارة بشأن كفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة والقائمة على حد سواء.

ألف- أثر برامج كفاءة استخدام الطاقة في التجهيزات والأدوات المنزلية في المباني

يشير المثالان التاليان إلى الفوائد المحتملة التي قد تولّدها البرامج الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة والتي تتعلّق بالتجهيزات والأدوات المنزلية في المباني في المنطقة العربية.

1- الفوائد المحتملة من عملية تحسين المعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة

قدّرت مبادرة "متحدون من أجل الكفاءة" (U4E, 2017) الفوائد التي قد تنتج عن وضع المعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة في التجهيزات والأدوات المنزلية المتوفرة والمستخدمّة في العادة في المباني. ويتناول التحليل المنتجات المستهلكة للطاقة والمستخدمّة عادةً في المباني السكنية، ومن بينها مكيفات الهواء، والثلاجات والإضاءة. أما الوفورات السنوية المحتمل تحقيقها في كل من استهلاك الكهرباء وانبعاثات الكربون في عامي 2025 و2030 في معظم الدول العربية، فهي ملخّصة في الجدول 22 بشأن الإضاءة، والجدول 23 بشأن الثلاجات، والجدول 24 بشأن مكيفات الهواء على أساس تنفيذ المعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة بصرامة أكبر في عام 2020. وفي حين أنّ الثلاجات تنحصر بالمباني السكنية، فإنّ الإضاءة ومكيفات الهواء قادرة على التأثير على استهلاك الطاقة في المباني السكنية والتجارية معاً.

وعلى النحو المبين في الجداول 22-24، من شأن تحديث المعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة، وتطبيقها وإنفاذها، إتاحة تسجيل أعلى نسبة وفورات كهربائية يمكن تحقيقها بحلول عام 2030 في مجال الإضاءة (26.847 تيراواط ساعة/سنة) تليها الثلاجات (13.851 تيراواط ساعة/سنة) ومن ثمّ مكيفات الهواء (11.271 تيراواط ساعة/سنة). واستناداً إلى إسقاطات سيناريو خط الأساس، تمثل هذه الوفورات 1.9 في المائة (الإضاءة)، و0.9 في المائة (الثلاجات) و0.8 في المائة (مكيفات الهواء) من الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع المباني في المنطقة العربية. وتشير التوقعات في حال سيناريو خط الأساس إلى معدل نمو سنوي يبلغ 3.1 في المائة في المنطقة العربية، تماشياً مع تقديرات الوكالة الدولية للطاقة في المنطقة (IEA, 2017). وعلاوة على ذلك، تعكس أيضاً، الفوائد المرافقة لاستخدام المنتجات الأكثر كفاءة من حيث الطاقة فيما تتطوّر التكنولوجيا، وذلك حتى بغياب المعايير والقواعد التنظيمية. أما الوفورات الواردة في الجداول 22-24 فهي ضئيلة نوعاً ما، لا سيما أنّ تقدير مستويات استهلاك الطاقة في المستقبل قد ينطوي على درجة من عدم اليقين.

الجدول 22- الفوائد المحتملة للمعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة في الإضاءة في البلدان العربية

انبعاثات الكربون (مليون طن/سنة) ^أ		كلفة الطاقة (مليون دولار/سنة)		استخدام الكهرباء (تيارواط ساعة/سنة)		البلد
2030	2025	2030	2025	2030	2025	
0.355	0.383	64.3	69.4	0.715	0.771	تونس
1.474	1.470	71.1	70.9	2.371	2.365	الجزائر
1.024	1.023	42.5	42.5	1.418	1.417	ليبيا
1.115	1.118	177.2	177.5	1.476	1.479	المغرب
0.300	0.284	93.6	88.4	0.468	0.442	الأردن
0.212	0.163	3.3	2.5	0.325	0.251	الجمهورية العربية السورية
1.406	1.351	11.1	10.7	1.387	1.333	العراق
0.124	0.119	24.6	23.7	0.156	0.150	دولة فلسطين
0.363	0.344	30.5	28.9	0.477	0.452	لبنان
1.079	0.840	101.1	78.7	2.198	1.711	مصر
2.072	2.038	367.3	361.1	3.200	3.100	الإمارات العربية المتحدة
0.215	0.207	7.3	7.0	0.316	0.305	البحرين
0.610	0.593	38.8	37.7	0.746	0.725	عُمان
0.714	0.693	35.9	34.9	1.437	1.395	قطر
1.396	1.355	16.2	15.7	1.618	1.571	الكويت
6.600	6.400	412.4	400.1	8.200	8.000	المملكة العربية السعودية
0.076	0.061	10.4	8.4	0.225	0.180	السودان
0.078	0.075	3.1	3.0	0.114	0.109	اليمن
19.213	18.517	1 510.7	1 461.1	26.847	25.756	المجموع

المصدر: U4E, 2017.

أ- تستند التقديرات إلى عناصر انبعاثات الكربون الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة في كل بلد (IEA, 2017).

الجدول 23- الفوائد المحتملة للمعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة في التلّاجات في الدول العربية

انبعاثات الكربون (مليون طن/سنة) ^أ		كلفة الطاقة (مليون دولار/سنة)		استخدام الكهرباء (تيراواط ساعة/سنة)		البلد
2030	2025	2030	2025	2030	2025	
0.167	0.088	30.2	15.9	0.336	0.177	تونس
0.960	0.499	46.4	24.1	1.545	0.803	الجزائر
0.189	0.098	7.9	4.1	0.262	0.136	ليبيا
0.678	0.346	107.7	55.0	0.897	0.458	المغرب
0.156	0.075	48.6	23.4	0.243	0.117	الأردن
0.493	0.245	7.6	3.8	0.756	0.376	الجمهورية العربية السورية
1.034	0.518	8.2	4.1	1.020	0.511	العراق
0.112	0.059	24.2	11.7	0.153	0.074	دولة فلسطين
0.144	0.072	12.1	6.0	0.189	0.094	لبنان
1.945	0.933	182.3	87.40	3.963	1.901	مصر
0.484	0.231	85.7	40.9	0.700	0.400	الإمارات العربية المتحدة
0.061	0.032	2.1	1.1	0.090	0.047	البحرين
0.112	0.056	7.1	3.6	0.137	0.069	عُمان
0.036	0.017	1.8	0.90	0.072	0.035	قطر
0.280	0.156	3.3	1.8	0.325	0.180	الكويت
1.200	0.600	77.20	40.4	1.500	0.800	المملكة العربية السعودية
0.425	0.206	58.4	28.3	1.255	0.608	السودان
0.280	0.127	11.0	5.0	0.408	0.186	اليمن
8.756	4.358	721.8	357.5	13.851	6.972	المجموع

المصدر: U4E, 2017.

أ- تستند التقديرات إلى عناصر انبعاثات الكربون الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة في كل بلد (IEA, 2017).

الجدول 24- الفوائد المحتملة للمعايير الدنيا لكفاءة استخدام الطاقة في مكيفات الهواء في البلدان العربية

البلد	الوفورات الكهربائية		الحد من انبعاثات الكربون أ	
	(تيرواط ساعة/سنة)		(مليون طن/سنة)	
	2030	2025	2030	2025
تونس	0.133	0.238	0.063	0.113
الجزائر	0.392	0.756	0.215	0.415
ليبيا	0.122	0.201	0.237	0.391
المغرب	0.252	0.484	0.140	0.269
الأردن	0.105	0.18	0.061	0.105
الجمهورية العربية السورية	0.346	0.852	0.081	0.199
العراق	0.683	1.246	0.693	1.264
دولة فلسطين	0.003	0.006	0.002	0.005
لبنان	0.072	0.122	0.056	0.094
مصر	0.687	1.266	0.275	0.507
الإمارات العربية المتحدة	1.1	1.7	0.499	0.770
البحرين	0.021	0.033	0.008	0.012
عُمان	0.117	0.2	0.057	0.097
قطر	0.051	0.085	0.015	0.026
الكويت	0.055	0.091	0.039	0.065
المملكة العربية السعودية	2.2	3.6	1.258	2.058
السودان	0.346	0.852	0.183	0.451
اليمن	0.04	0.082	0.083	0.170
المجموع	6.448	11.271	3.965	7.012

المصدر: U4E, 2017.

أ- تستند التقديرات إلى عناصر انبعاثات الكربون الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة في كل بلد (IEA, 2017).

الجدول 25- الفوائد التراكمية نتيجة تحسين المعايير الدنيا لأداء الطاقة في الإضاءة،
والثلاجات في المباني السكنية، ومكثفات الهواء في البلدان العربية، 2020-2030

مكثفات الهواء		الثلاجات في المباني السكنية		الإضاءة		البلد
الحد من انبعاثات الكربون (مليون طن)	الوفورات في استخدام الكهرباء (تيراواط ساعة)	الحد من انبعاثات الكربون (مليون طن)	الوفورات في استخدام الكهرباء (تيراواط ساعة)	الحد من انبعاثات الكربون (مليون طن)	الوفورات في استخدام الكهرباء (تيراواط ساعة)	
0.7	1.4	0.9	1.9	3.1	6.6	تونس
2.4	4.3	4.8	8.7	11.2	20.5	الجزائر
2.5	1.3	2.9	1.5	23.9	12.3	ليبيا
1.5	2.7	2.8	5	7.1	12.8	المغرب
0.6	1.1	0.8	1.3	2.3	3.9	الأردن
0.2	0.7	1.0	4.2	0.6	2.4	الجمهورية العربية السورية
7.4	7.3	5.7	5.6	12.0	11.8	العراق
0.0	0	0.7	0.8	0.8	1.3	دولة فلسطين
0.5	0.7	0.8	1	3.1	4	لبنان
2.9	7.3	8.5	21.3	6.5	16.3	مصر
4.8	10.7	1.8	4	12.3	27.2	الإمارات العربية المتحدة
0.1	0.2	0.2	0.5	1.0	2.7	البحرين
0.6	1.2	0.4	0.8	3.1	6.4	عمان
0.2	0.5	0.1	0.4	3.7	12.2	قطر
0.4	0.6	1.4	1.9	9.8	13.8	الكويت
12.9	22.5	5.0	8.7	40.2	70.3	المملكة العربية السعودية
2.2	4.2	3.6	6.8	0.9	1.7	السودان
1.0	0.5	4.4	2.1	2.1	1	اليمن
40.9	67.2	45.6	76.5	143.7	227.2	المجموع

المصدر: U4E, 2017.

أ- تستند التقديرات إلى عناصر انبعاثات الكربون الصادرة عن الوكالة الدولية للطاقة في كل بلد (IEA, 2017).

ويلخص الجدول 25 الوفورات التراكمية في الكهرباء وفي انبعاثات الكربون نتيجة تحسين المعايير الدنيا لأداء الطاقة في مجال الإضاءة، والثلاجات، ومكيفات الهواء في المباني السكنية في البلدان العربية. وقد تترك عمليات تحسين معايير الإضاءة الأثر الأكبر بين المجالات الثلاثة، مع احتمال تحقيق وفورات في استهلاك الكهرباء بقدر 227 تيراواط ساعة في الفترة 2020-2030، و144 مليون طن في انبعاثات الكربون – وهي ثلاثة أضعاف الفوائد الناتجة عن تحسين المعايير الدنيا لأداء الطاقة سواء بالنسبة إلى الثلاجات في المباني السكنية أو بالنسبة إلى مكيفات الهواء.

2- أثر نُظْم LED المتكاملة في المباني التجارية

يزداد انتشار تجهيزات LED المتكاملة في المباني التجارية والعامة، سيما أنها تترافق مع قدرات تحكم متطورة بفضل سهولة تركيبها وكلفتها المنخفضة. وتسمح هذه التجهيزات التي تترافق مع نُظْم تحكم متكاملة، بالحد من كثافة قوة الإضاءة من جهة، ومن استخدام الطاقة في الإضاءة من جهة أخرى، إذ تعمل كأجهزة استشعار في المساحات الصغيرة أو المفتوحة، وتمنح إضاءة تدريجية حسب ضوء النهار، وتتحكم بالضوء على أساس الإشغال. وتعرض إحدى الدراسات الميدانية أداء تجهيزات LED المتكاملة التحكم في مبنين تجاريين في الولايات المتحدة الأمريكية (Shackelford and others, 2015). وتتضمن كل وحدة LED متكاملة التحكم مصباح LED، ومحركاً، ومجموعة من أدوات الإنارة الطبيعية، فضلاً عن جهاز استشعار الإشغال. وقد صُممت تلك الوحدات للاستعاضة عن التجهيزات الفلورية T-8 و T-12 بأنظمة الأسلاك الحالية. وقد تبين من التحليل أن وحدات LED المتكاملة التحكم قادرة على توفير أكثر من 50 في المائة من الطاقة المستهلكة في الإضاءة و30 في المائة من كثافة طاقة الإضاءة في المباني التجارية. وبناءً على ذلك، يجب التفكير في اعتماد برامج واسعة النطاق للاستعاضة عن نُظْم الإضاءة الفلورية بوحدات LED المتكاملة التحكم في كلٍّ من المباني التجارية والعامة في المنطقة العربية، مع خطة تنفيذ تمتد على عشر سنوات بدءاً من عام 2020. ووفقاً للتقديرات المتحفظة بشأن الدول العربية، تبلغ الوفورات من الطاقة الكهربائية حوالي 40 في المائة وفي ذروة الطلب حوالي 20 في المائة. وتجدر الإشارة إلى أن معظم الدول العربية تشهد طلباً متزايداً على الكهرباء خلال أيام الصيف الحارة (جميع دول مجلس التعاون الخليجي ومعظم بلدان المغرب والمشرق) بسبب أحمال تكييف الهواء؛ ومن شأن هذه الأحمال أن تنخفض نتيجة لتخفيض أحمال الإضاءة.

ويلخص الجدول 26 الفوائد المحتملة من هذه البرامج. ويبلغ التقدير الإجمالي للانخفاض في استخدام الطاقة الكهربائية سنوياً 21.660 تيراواط ساعة بحلول نهاية عام 2030، أي 1.5 في المائة من مجموع الطاقة النهائية التي يستهلكها قطاع البناء في المنطقة العربية – وهو تخفيض محدود نسبياً، ولا سيما بغياب الإسقاطات الدقيقة لاستهلاك الطاقة في المستقبل. ويمكن تنفيذ هذه البرامج وإنفاذها من خلال مبادرات إعادة تجهيز المباني العامة والتجارية.

الجدول 26- الفوائد المحتملة لاستعمال وحدات الإضاءة LED المتكاملة التحكم في المباني العامة والتجارية في المنطقة العربية

البلد	الوفورات في استخدام الكهرباء (تيراواط ساعة/سنة)		التخفيض عند ذروة الطلب (ميغاوات)		الحد من انبعاثات الكربون (مليون طن)	
	2025	2030	2025	2030	2025	2030
تونس	0.300	0.600	134.280	268.560	0.142	0.285
الجزائر	-	-	258.960	517.920	-	-
ليبيا	0.133	0.266	309.600	619.200	0.258	0.517
المغرب	0.568	1.137	216.808	433.616	0.316	0.632

الحد من انبعاثات الكربون (مليون طن)		التخفيض عند ذروة الطلب (ميغاوات)		الوفورات في استخدام الكهرباء (تيراواط ساعة/سنة)		البلد
2030	2025	2030	2025	2030	2025	
0.214	0.107	264.400	132.200	0.368	0.184	الأردن
0.145	0.072	157.500	78.750	0.273	0.137	الجمهورية العربية السورية
0.205	0.103	1 525.920	762.960	0.202	0.101	العراق
0.175	0.088	153.360	76.680	0.227	0.113	لبنان
1.288	0.644	1 859.000	929.500	3.214	1.607	مصر
1.347	0.674	1 989.480	994.740	2.973	1.487	الإمارات العربية المتحدة
0.180	0.090	154.440	77.220	0.491	0.246	البحرين
0.391	0.195	539.000	269.500	0.804	0.402	عُمان
0.150	0.075	457.816	228.908	0.501	0.251	قطر
0.875	0.438	1 440.000	720.000	1.229	0.615	الكويت
4.494	2.247	3 091.320	1 545.660	7.861	3.930	المملكة العربية السعودية
0.323	0.161	219.746	109.873	1.380	0.690	السودان
0.276	0.138	115.200	57.600	0.133	0.066	اليمن
11.496	5.748	13 806.478	6 903.239	21.660	10.830	المجموع

المصدر: تحليل المؤلف.

باء- أثر برامج كفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة

1- الأداء الحراري في الغلاف الخارجي للمباني

كما ذكر أعلاه، لا شروط إلزامية محددة لحفظ الطاقة في المباني في العديد من البلدان العربية. وحتى في البلدان التي تتوفر فيها القوانين الإلزامية، يتبين أن إجراءات الإنفاذ متهاونة، فضلاً عن ضعف عمليات تنفيذ العزل الحراري المطلوب (Asif, 2015). ومما لا شك فيه أن تحسين أداء الطاقة في الغلاف الخارجي للمباني من شأنه أن يعود بالفائدة حتى على المباني غير المكيفة، إذ يمكن أن يعزز درجة الحرارة الداخلية المناسبة من غير التأثير بشكل كبير على استهلاك الطاقة في المباني. كما يمكن تحقيق معدل انخفاض بنسبة 10 في المائة في الاستهلاك السنوي للطاقة وعند ذروة الطلب على الكهرباء في المباني الجديدة في حال تم تركيب مزيد من الجدران والسطوح حيث أداء الطاقة مرتفع، فضلاً عن تزجيج الشبابيك بشكل أفضل. ومن المتوقع أن تكون الوفورات أعلى في البلدان ذات المناخ الحار، مثل دول مجلس التعاون الخليجي. ويلخص الجدول 27 الفوائد الاقتصادية والبيئية لشروط أداء الطاقة في الغلاف الخارجي للمباني الجديدة من خلال استخدام تقديرات المساحة التي نُوقشت أعلاه والتحليل التصاعدي الذي أجرته دراسة (Karti, 2015)، ويشمل التحليل فقط البلدان التي لم تتوفر فيها قوانين خاصة بكفاءة استخدام الطاقة في المباني قبل عام 2014. كما تستند انبعاثات الكربون الناتجة عن توليد الكهرباء إلى عناصر الانبعاث في البلدان. وتشير التقديرات إلى أن المساهمة السنوية للمباني الجديدة في استهلاك الطاقة تبلغ 4 في المائة، وذلك استناداً إلى الاتجاه المبين في الشكل 21.

الجدول 27- الفوائد الاقتصادية والبيئية لنظم الغلاف الخارجي للمباني في جميع المباني الجديدة في المنطقة العربية

نوع المبنى	الوفورات السنوية في استخدام الطاقة تيراواط ساعة/سنة	الوفورات عند ذروة الطلب (ميغاوات)	الوفورات السنوية في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (مليون طن/سنة)
المباني السكنية	1.263	228	0.39
المباني العامة والتجارية	0.532	96	0.17
المجموع	1.795	324	0.560

المصدر: تحليل المؤلف على أساس النهج المعتمد في دراسة (Krarti, 2015).

ملاحظة: البلدان التي شملها التحليل هي العراق، وعُمان، ولبنان، وليبيا، والمغرب، والمملكة العربية السعودية، واليمن.

2- الأداء المتكامل للطاقة في المباني

بوسع الاستراتيجيات التي أثبتت نجاعتها من حيث كفاءة استخدام الطاقة أن تساهم بشكل فعال في الحد من استهلاك الطاقة في المنطقة العربية. وعندما تُطبّق استراتيجيات كفاءة استخدام الطاقة بشكل مناسب في المباني الجديدة، يمكن توفير ما يزيد عن 30 في المائة من الطاقة بالمقارنة مع الممارسات المعتمدة حالياً في قطاع البناء في المنطقة العربية.

وقد جرى تقييم شروط الجدوى وتكاليف تنفيذ الفيلات العالية الأداء في مجال الطاقة في بلدان عربية مختارة من خلال تحليل عملية التحسين في تكاليف دورة الحياة (Krarti and Ihm, 2016). ويلخص الجدول 28 استهلاك الطاقة الكهربائية سنوياً، والتخفيضات في تكاليف دورة الحياة على مدى ثلاثين عاماً، والزيادات في تكاليف البناء لتحقيق التصميم المثلى للكفاءة في استخدام الطاقة. ويتم تقدير الانخفاض في تكاليف دورة الحياة نسبةً إلى تصميم خط الأساس في الفيلات. وتشمل الزيادة المسجلة في تكاليف البناء التكاليف الإضافية الناتجة عن تركيب تصميم ذات كفاءة في استخدام الطاقة. وكما هو مبين في الجدول 28، فإن وفورات الطاقة التي تتراوح بين 31 و56 في المائة موجودة في جميع المدن العربية. أما التصميم الأمثل للمباني السكنية فيسجل قيماً أدنى من حيث تكاليف دورة الحياة في جميع أحوال المناخ، حيث تتراوح التخفيضات في تكاليف دورة الحياة بين 13 و25 في المائة. أما التكاليف الإضافية لتنفيذ الخيارات المثلى لكفاءة استخدام الطاقة فهي معقولة، مع زيادة في تكاليف البناء نسبةً إلى تكاليف تصميم خط الأساس الذي يتراوح بين 2 و20 في المائة، تبعاً للمناخ ولتدابير كفاءة استخدام الطاقة المطلوبة. ويُعزى تخفيض تكاليف دورة الحياة بصفة رئيسية إلى انخفاض تكاليف التشغيل الذي يترافق مع تراجع استهلاك الطاقة سنوياً. وعلى مدى حياة المبنى، يفوق التراجع السنوي المسجل في كلفة الطاقة الزيادة في تكاليف البناء المعدة لتطبيق مواصفات كفاءة استخدام الطاقة (Krarti and Ihm, 2016).

يبين الشكل 47 الخريطة الطبوغرافية الخاصة بوفورات الطاقة السنوية المحتملة التي يمكن تحقيقها في المباني السكنية في المنطقة العربية، استناداً إلى التحليل الأمثل لتدابير كفاءة استخدام الطاقة (Krarti and Ihm, 2016). ويمكن تحقيق وفورات الطاقة الأولية السنوية التي تتراوح بين 35 و55 في المائة عن طريق استخدام التصميم المثلى. وتتحقق أعلى الوفورات في المناخات الحارة، لا سيما في بلدان مجلس التعاون الخليجي، فيما تسجل مجموعات البلدان ذات المناخ المعتدل أدنى مستوى من الوفورات.

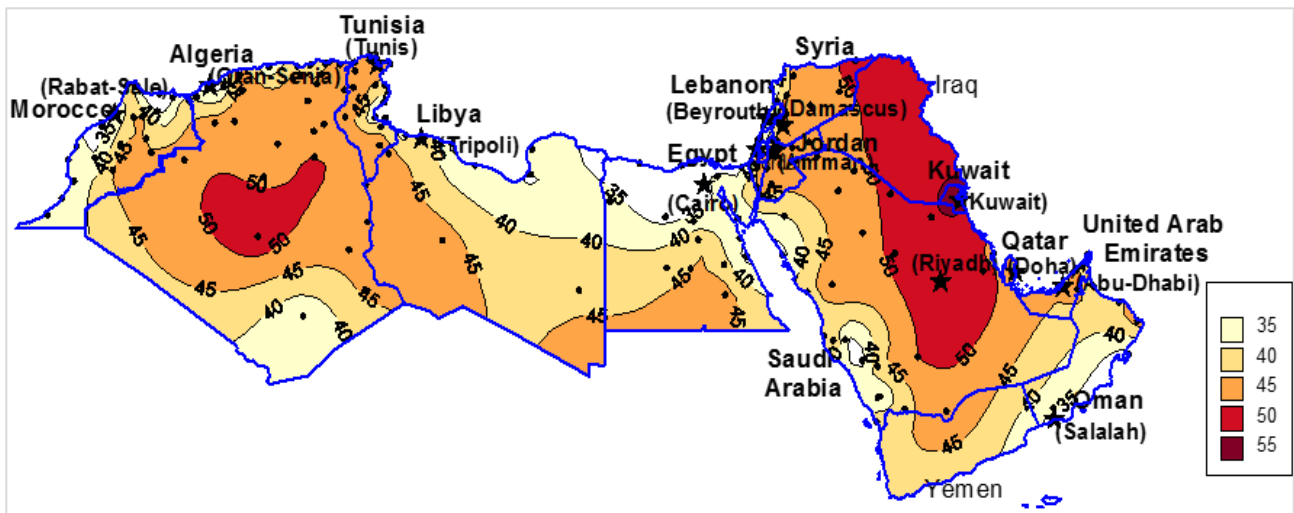
الجدول 28- وفورات الطاقة وقيم تكاليف دورة الحياة وتكاليف التنفيذ للحد من تكاليف دورة الحياة

البلد	المدينة	التوفير الأمثل للطاقة (بالنسبة المئوية)	التخفيض الأمثل في تكاليف دورة الحياة (بالنسبة المئوية)	زيادة تكاليف البناء من أجل التصميم الأمثل (بالنسبة المئوية)
تونس	تونس	47	16	17
الجزائر	وهران-السانية	33	14	5
ليبيا	طرابلس	47	16	17
المغرب	الرباط	33	15	2
الأردن	عمّان	45	15	17
الجمهورية العربية السورية	دمشق	49	18	17
لبنان	بيروت	32	14	3
مصر	القاهرة	31	13	4
الإمارات العربية المتحدة	أبو ظبي	43	16	11
عمّان	صلالة	32	14	2
قطر	الدوحة	47	17	14
الكويت	الكويت	56	25	20
المملكة العربية السعودية	الرياض	55	22	20

المصدر: Krarti and Ihm, 2016.

أ- تكاليف البناء الواردة في التحليل تشمل تكاليف الجدران، والسقوف، ونظم التدفئة والتهوية والتبريد والإضاءة.

الشكل 47- خريطة طبوغرافية لوفورات الطاقة المحتملة في المنطقة العربية (بالنسبة المئوية)



المصدر: Krarti and Ihm, 2016.

في حال استخدام نهج التصميم المتكامل، يُصبح من الممكن وضع قوانين أكثر فاعلية لكفاءة الطاقة في كافة المباني الجديدة في المنطقة العربية. كما يمكن تحقيق وفورات تتراوح بين 35 و 55 في المائة في المنطقة العربية برمتها لو تم استخدام التصاميم المتكاملة والمثلّي للمباني السكنية. وفي هذا التحليل، يتمثل أثر قوانين كفاءة استخدام الطاقة القائمة على التصميم المتكامل بتسجيل نسبة وفورات تبلغ 30 في المائة على صعيد استهلاك الطاقة وعند ذروة الطلب معاً، إلى جانب المباني الجديدة. ويُستخدم هذا المستوى المتحفّظ من الوفورات للإفادة عن تنوّع الظروف المناخية، والتغيّرات السلوكية، والتأثير الارتدادي للكفاءة في استخدام الطاقة في المنطقة العربية (Majcen and others, 2013; Jacobsen and Kotchen, 2013). ويلخّص الجدول 29 الفوائد الناجمة عن تطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة القائمة على التصميم المتكامل والمطبقة على المباني الجديدة.

الجدول 29- الفوائد الاقتصادية والبيئية لتطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة المتكاملة في جميع المباني الجديدة في المنطقة العربية

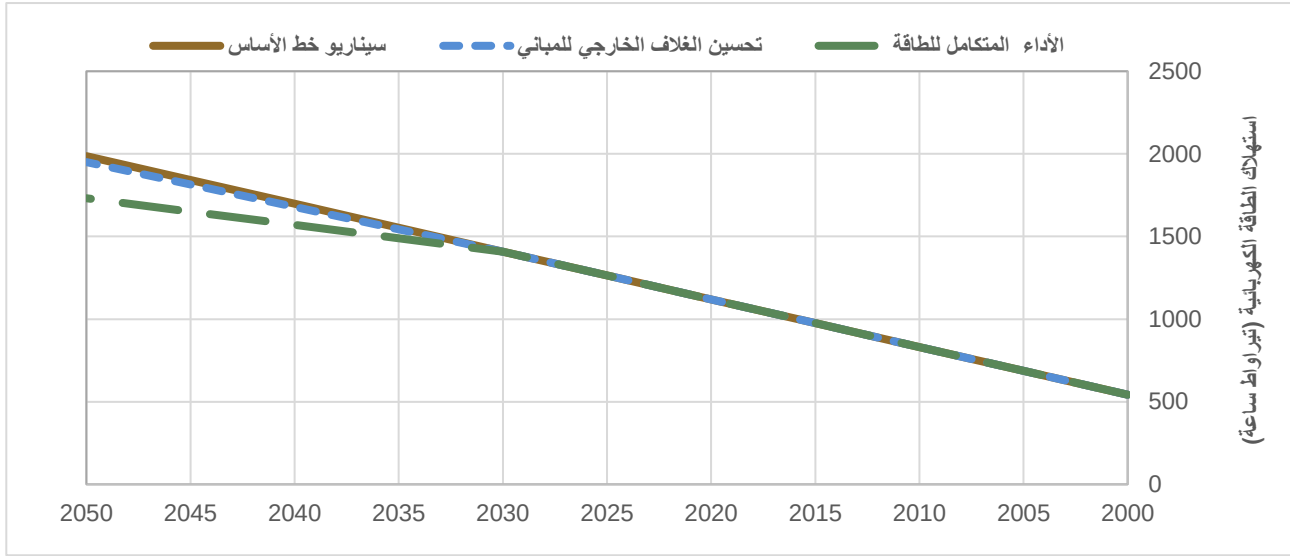
نوع المبنى	الوفورات السنوية في استخدام الطاقة (تيراواط ساعة/سنة)	الوفورات في ذروة الطلب (ميغاواط)	الوفورات السنوية في انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (مليون طن/سنة)
المباني السكنية	9.490	1 543	2.960
المباني العامة والتجارية	3.249	528	1.014
المجموع	12.739	2 071	3.974

المصدر: تحليل المؤلف على أساس النّهج المعتمد في دراسة (Krarti and others, 2017).

وتشير التقديرات إلى أنّ سيناريو خط الأساس لاستهلاك الطاقة في المباني في المنطقة العربية في المستقبل سيسجّل متوسط معدل نمو سنوي بنسبة 3.1 في المائة في الفترة بين 2015 و 2050، مما يتّسق مع المعدلات التي توقّعتها الوكالة الدولية للطاقة في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا والبالغة 3.6 في المائة بالنسبة إلى استهلاك الطاقة في قطاع المباني، و2.9 في المائة بالنسبة إلى الطلب على الكهرباء (IEA, 2017).

وعلى النحو المبين في الشكل 48، فإنّ تنفيذ قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني في عام 2030، والتي تنطوي على نوعين ذُكرا أعلاه، من شأنه أن يقلّل من استهلاك الطاقة بشكل بطيء في المستقبل فيما تتم الاستعاضة عن المباني القائمة بمبانٍ جديدة مع مرور الوقت. وللإفادة عن أعمال البناء الجديدة، بما في ذلك هدم المباني القائمة وتجديدها، تُقدّر المباني الجديدة بأربعة في المائة نسبةً إلى المباني في المنطقة العربية (Krarti and others, 2017). أما تنفيذ قوانين كفاءة استخدام الطاقة القائمة على التصميم المتكامل في عام 2030، فيؤدي إلى خفض الطلب على الطاقة في المباني بشكل ملحوظ. وقد تصل الوفورات السنوية في المنطقة العربية إلى 127 تيراواط ساعة و382 تيراواط ساعة بحلول عامي 2030 و 2050 على التوالي.

الشكل 48- تطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المنطقة العربية وأثره على مجموع الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني اعتباراً من عام 2030



المصدر: تحليل المؤلف على أساس النهج المعتمد في دراسة (Krarti and others, 2017).

جيم- آثار برامج كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة

لتحسين أداء الطاقة في المباني القائمة، يتم الاختيار بين ثلاثة مستويات من إعادة تجهيز المباني، حيث تختلف شروط التكاليف الرأسمالية، وإمكانيات توفير الطاقة، والمنافع الاقتصادية والبيئية (ASHRAE, 2011; Krarti, 2015).

- **المستوى 1 من إعادة تجهيز الطاقة:** غالباً ما تنطوي عملية إعادة التجهيز هذه على تدابير منخفضة الكلفة لكفاءة استخدام الطاقة، مثل الاستعاضة عن تجهيزات الإضاءة بوحدة LED، فضلاً عن عزل الغلاف الخارجي للمبنى للتخفيف من تسرب الهواء. وعلى النحو المفصّل في العديد من الدراسات الأخرى، يُقدّر متوسط الوفورات في الطاقة لدى تنفيذ المستوى 1 من برنامج إعادة التجهيز بحوالي 8 في المائة لجميع أنواع المباني، استناداً إلى محاكاة تحليل في العديد من البلدان العربية (Krarti, 2015; Krarti and others, 2017; Krarti and Dubey, 2017)، وإلى دراسات حالة عن المباني السكنية والتجارية والحكومية (Krarti and Ihm, 2015)؛
- **المستوى 2 من إعادة تجهيز الطاقة:** بالإضافة إلى تدابير المستوى 1، تشمل إعادة التجهيز هذه استخدام المعدات ذات كفاءة استخدام الطاقة وأجهزة تحكم بالحرارة والإضاءة. واستناداً إلى الدراسات الواردة من المنطقة العربية ونتائج المحاكاة الواردة في هذه الدراسة، يمكن تحقيق نسبة 23 في المائة من وفورات الطاقة مع تنفيذ المستوى 2 من إعادة التجهيز في جميع أنواع المباني (Hong and others, 2015; Ameer and Krarti, 2016)؛
- **المستوى 3 من إعادة تجهيز الطاقة:** هذا النوع من إعادة التجهيز، أو ما يعرف باسم إعادة التجهيز العميقة، يتطلب تنفيذ التدابير القائمة على كثافة رأس المال، بما في ذلك إضافة العزل الحراري للسطح، والاستعاضة عن نظم التبريد، وتركيب أنظمة التحكم الآلية. صحيح أنّ إعادة التجهيز العميقة عالية التكلفة، لكنها قادرة على توفير الطاقة بنسبة تتجاوز 50 في المائة (Krarti, 2015; Krarti and others, 2017; Krarti and Dubey, 2017).

أما التدابير الخاصة بكل مستوى من إعادة التجهيز فينبغي تصميمها وفقاً لنوع المبنى والمناخ. ويعرض الجدول 30 ثلاثة خيارات من التدابير المحددة الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة والتي يمكن النظر فيها في أنواع من المباني السكنية على أساس دراسة أجريت في عُمان شملت مستويات إعادة التجهيز الثلاثة (Krarti and Dubey, 2017).

الجدول 30- تدابير كفاءة استخدام الطاقة الخاصة بمستويات إعادة التجهيز الثلاثة في المباني السكنية العُمانية والخيارات المتوفرة

الخيارات الموصى بها	وصف إعادة التجهيز	مستوى إعادة تجهيز المباني السكنية		
		المستوى 1	المستوى 2	المستوى 3
1.	قائمة تدابير كفاءة الطاقة	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-1	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-1، و2، و3	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-1، و2، و3، و4
	الوفورات في استخدام الطاقة	12%	28%	54%
	مدى انخفاض الوفورات بسبب الآثار السلوكية والتأثير الارتدادي ^ب	0-6%	0-6%	0-6%
2.	قائمة تدابير كفاءة الطاقة	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-2	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-4	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-2، و3، و6
	الوفورات في استخدام الطاقة	10%	29%	51%
	مدى انخفاض الوفورات بسبب الآثار السلوكية والتأثير الارتدادي ^ب	0-4%	0-4%	0-4%
3.	قائمة تدابير كفاءة الطاقة	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-3	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-5	تدابير كفاءة استخدام الطاقة-5، و6
	الوفورات في استخدام الطاقة	10%	28%	52%
	مدى انخفاض الوفورات بسبب الآثار السلوكية والتأثير الارتدادي ^ب	0-4%	0-6%	0-6%

المصدر: Krarti and Dubey, 2017.

ملاحظات: (أ) وصف تدابير كفاءة استخدام الطاقة.

تدابير كفاءة استخدام الطاقة-1: زيادة التبريد من 21 إلى 23 درجة مئوية، من 22 إلى 24 درجة مئوية، أو من 23 إلى 25 درجة مئوية، تبعاً للظروف التشغيلية القائمة.

تدابير كفاءة استخدام الطاقة-2: استبدال تجهيزات الإضاءة بنظام LED.

تدابير كفاءة استخدام الطاقة-3: ختم مصادر تسرب الهواء حول الغلاف الخارجي للمبنى

(أي أطر الأبواب والنوافذ حيث $ACH=0.21$).

تدابير كفاءة استخدام الطاقة-4: الاستعاضة عن وحدة مكيف الهواء بنظام عالي الكفاءة ($COP=4.0$).

تدابير كفاءة استخدام الطاقة-5: تحسين التحكم بالإضاءة بما في ذلك الإضاءة حسب ضوء النهار، وأجهزة استشعار الإشغال في

المباني التجارية.

تدابير كفاءة استخدام الطاقة-6: عزل السطح باستخدام RSI-3.

(ب) تم تقدير الآثار السلوكية والآثار الارتدادية على أساس دراسات سابقة. وعادةً ما تكون الآثار أعلى لدى تطبيق التدابير التي

تعتمد على عمليات التحكم بالحرارة والإضاءة (أي تدابير كفاءة استخدام الطاقة-1 وتدابير كفاءة استخدام الطاقة-5).

يلخّص الجدول 31 الوفورات السنوية على صعيد الطاقة، وذروة الطلب على الكهرباء، وانبعثات ثاني أكسيد الكربون كنتيجة لبرامج إعادة تجهيز الطاقة في المباني عند المستويات 1، و2، و3 والمطبقة على المباني القائمة في المنطقة العربية. ويمكن تحقيق الفوائد على مستوى الطاقة والبيئة ضمن كافة مستويات برامج إعادة تجهيز الطاقة في المباني. أما الفوائد الاقتصادية والبيئية التي يمكن تحقيقها في المباني السكنية، فهي أعلى بكثير من تلك التي يمكن تحقيقها في المباني التجارية والعامة ضمن جميع مستويات إعادة تجهيز الطاقة. ويمكن تحقيق ما يزيد عن 74 في المائة من إجمالي الفوائد لمجرّد إعادة تجهيز المباني السكنية في المنطقة العربية، على النحو المبين في الجدول 31، لأنّ المساكن تمثّل أبرز أنواع المباني التي تساهم في استهلاك الطاقة في المنطقة العربية. ولكن، ولدى النظر في المباني الفردية، يتبيّن أن المباني غير السكنية مثل المكاتب، والمستشفيات، والفنادق، توفر فرصاً كبيرة لتوفير الطاقة. وبالتالي، ومن حيث التنفيذ، قد يكون من الأفضل البدء بإعادة تجهيز المباني غير السكنية ومن ثم النظر في المباني السكنية.

الجدول 31- فوائد الطاقة والبيئة الناتجة عن برامج إعادة تجهيز الطاقة في المباني ضمن المستويات الثلاثة

برنامج إعادة التجهيز	المستوى 1	المستوى 2	المستوى 3
وفورات الطاقة السنوية (تيراواط/سنة)			
• المباني السكنية	63.269	166.523	344.180
• المباني التجارية	21.660	59.346	125.623
إجمالي المباني القائمة	84.929	225.870	469.803
الوفورات في ذروة الطلب (ميغاوات)			
• المباني السكنية	9 720	24 301	49 074
• المباني التجارية	3 328	8 318	16 358
إجمالي المباني القائمة	13 048	32 619	65 432
وفورات ثاني أكسيد الكربون السنوية (طن/سنة)			
• المباني السكنية	19.764	52.561	109.326
• المباني التجارية	6.729	17.896	37.224
إجمالي المباني القائمة	26.493	70.458	146.550

المصدر: تحليل المؤلف على أساس النّهج المعتمد في دراسة (Krarti and others, 2017).

ملاحظة: تُقدّر الفوائد على أساس إعادة تجهيز كامل المباني القائمة في المنطقة العربية (خلال فترة تزيد عن 10 سنوات اعتباراً من عام 2030).

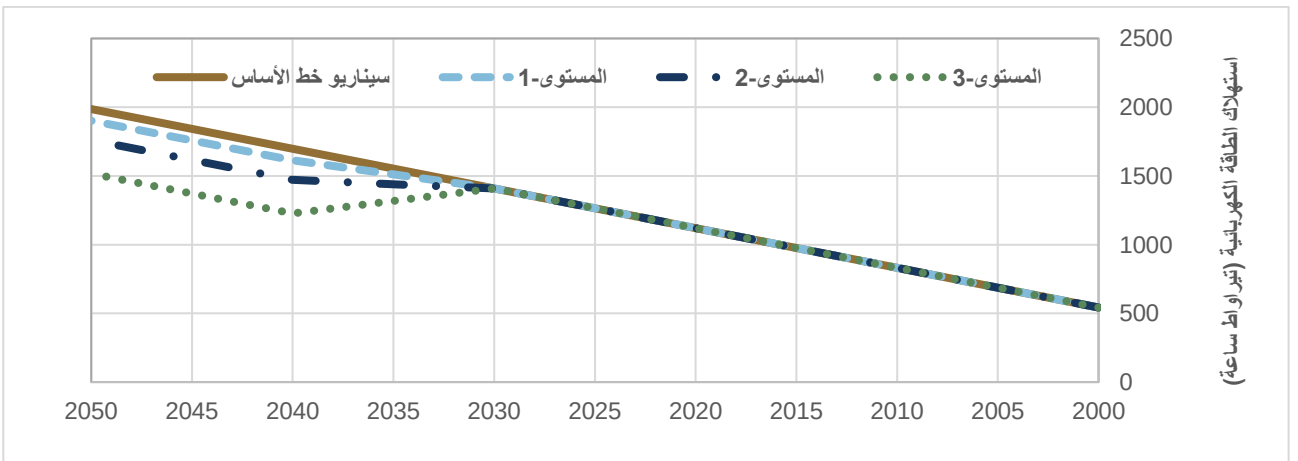
ومن المتوقع أن يتم تنفيذ برامج إعادة تجهيز المباني بشكل تدريجي وعلى نطاق واسع، حيث يستغرق ذلك سنوات عديدة بسبب الاستثمارات الكبيرة اللازمة لتجديد كامل المباني القائمة، وبسبب الافتقار إلى المتعاقدين المؤهلين من حيث كفاءة استخدام الطاقة في معظم البلدان العربية، لا سيما أنّ تدريبهم من شأنه أن يستغرق أيضاً بضع سنوات. بيد أن أي برنامج من برامج إعادة تجهيز الطاقة الثلاثة من شأنه أن يُولّد فوائد اقتصادية وبيئية كبيرة في المنطقة العربية، حتى عندما لا يتم استهداف سوى جزء صغير من المباني القائمة (الجدول 31). وتخلّف برامج إعادة تجهيز الطاقة في المباني القائمة أثراً كبيراً على الاستهلاك النهائي للطاقة، وعلى ذروة الطلب على الكهرباء، وعلى انبعثات الكربون في المنطقة العربية، حتى إذا نُفذت تدريجياً على فترة 10 سنوات اعتباراً من عام 2030 (الشكل 49). وتترك برامج إعادة التجهيز من المستوى الثالث الأثر الأكبر، حيث سينخفض

استهلاك الطاقة بنسبة 470 تيراواط ساعة سنوياً، ويتراجع الطلب على الكهرباء بقدر 65 جيجاواط، وانبعثات الكربون بقيمة 146 مليون طن سنوياً عندما يُستكمل تنفيذ البرنامج. وحتى برنامج إعادة التجهيز الأساسي أو المستوى 1، قادر على توفير 85 تيراواط ساعة من الاستهلاك النهائي للطاقة من دون الحاجة إلى استثمارات ضخمة (Krarti and others, 2017).

ويمكن أن تبدأ برامج إعادة التجهيز في المباني غير السكنية، ذلك أنها تتيح المجال لتوفير الطاقة عن كل وحدة مساحة أكثر منه في المباني السكنية. وعلاوة على ذلك، من الأسهل إجراء عمليات مراجعة للطاقة وعمليات إعادة تجهيز للمباني غير السكنية الأكبر حجماً من خلال شركات خدمات الطاقة، منه في المباني السكنية الصغيرة. وبالإضافة إلى ذلك، تنطوي عملية إعادة تجهيز المباني السكنية على تحديات ذات صلة بالخصوصية وبالتقافة في عدد من البلدان العربية (Krarti and others, 2017). وعلى النحو المبين في الشكل 49، تعتمد الفوائد المحتملة على تاريخ إطلاق البرامج وعلى معدل إعادة التجهيز. وتفترض النتائج الواردة في الشكل 50 معدل إعادة تجهيز بنسبة 10 في المائة (أي إعادة تجهيز 10 في المائة من المباني القائمة سنوياً). وإذا تمّ النظر في أدنى معدلات إعادة التجهيز، ستخفّض الفوائد المحتملة تلقائياً.

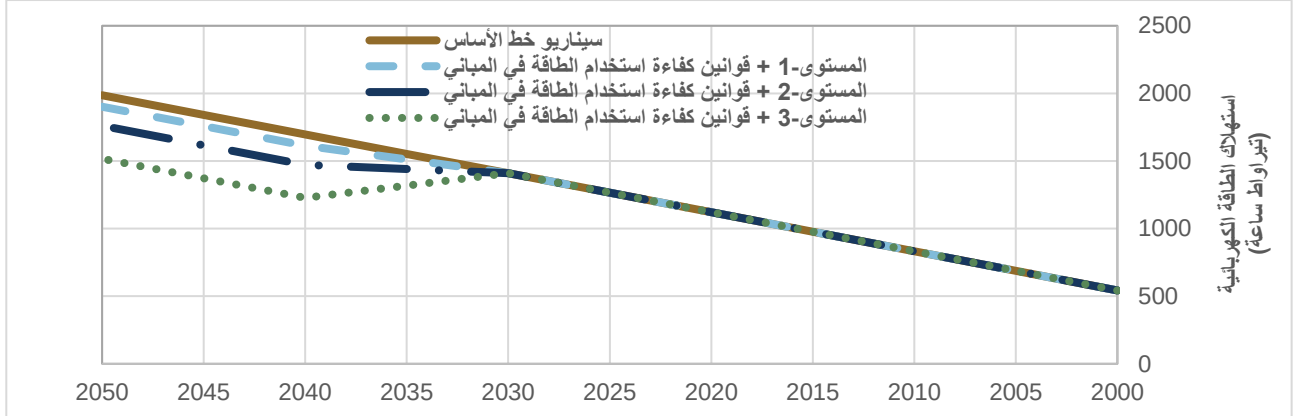
ولتحقيق الأثر الأكبر من تخفيض الاستخدام النهائي للطاقة وذروة الطلب على الكهرباء، لا بد من تطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة في المباني بشكل متكامل في المباني الجديدة، فضلاً عن تحسين كامل المباني القائمة على مدى 10 سنوات، من خلال المستوى 3 من إعادة تجهيز الطاقة. ويبيّن الشكل 50 وجود إمكانيات توفير كبيرة على صعيد استهلاك المباني للطاقة، ولا سيما عند تنفيذ المستوى 3 من برنامج إعادة تجهيز الطاقة في خلال فترة 10 سنوات، وعند تشييد مبانٍ جديدة باستخدام قانون متكامل لكفاءة استخدام الطاقة. وفي هذا السيناريو، وإذا جرى تطبيق القانون وبرنامج إعادة التجهيز بحلول عام 2030، يمكن تخفيض المجموع السنوي للاستهلاك النهائي للطاقة في المنطقة العربية بمقدار 597 تيراواط ساعة (أو 43 في المائة) مقارنةً بالتوقعات التي أشارت إلى 1,409 تيراواط ساعة في السنة. ويمكن تحقيق تخفيضات مماثلة في ذروة الطلب على الكهرباء وفي انبعثات الكربون. وقد تكون الاستثمارات اللازمة لتنفيذ مثل هذه البرامج الخاصة بكفاءة استخدام الطاقة كبيرة، لكن الفوائد الاقتصادية ستكون ضخمة في معظم البلدان، كما أفادت الدراسات عدة بلدان في مجلس التعاون الخليجي (Krarti, 2015; Krarti and others, 2017; Krarti and Dubey, 2017).

الشكل 49- أثر تطبيق برامج إعادة تجهيز الطاقة في كامل المباني القائمة على استهلاك الطاقة الكهربائية اعتباراً من عام 2030



المصدر: تحليل المؤلف على أساس النهج المعتمد في دراسة (Krarti and others, 2017).

الشكل 50- تطبيق قوانين كفاءة استخدام الطاقة الشاملة في المباني الجديدة وبرامج إعادة تجهيز الطاقة في كامل المباني القائمة اعتباراً من عام 2030 والأثر على الاستهلاك النهائي للطاقة



المصدر: تحليل المؤلف على أساس النهج المعتمد في دراسة (Krarti and others, 2017).

تختلف تكاليف برامج إعادة التجهيز باختلاف المستوى والبلد. واستناداً إلى تحليل تصاعدي تمت الإفادة عنه مؤخراً (Krarti and others, 2017)، جرى تقدير تكاليف وفوائد تنفيذ برامج إعادة تجهيز الطاقة الواسعة النطاق في مباني المملكة العربية السعودية. ويلخص الجدول 32 الاستثمارات المطلوبة والفوائد المحتملة من مستويات إعادة التجهيز الثلاثة في كافة المباني السكنية وغير السكنية القائمة. وقد توصلت الدراسة إلى النتائج التالية:

- نظراً لأسعار الكهرباء المنخفضة في المملكة العربية السعودية، من غير المنطقي أن تستثمر الأسر المعيشية وغيرها من المنظمات الخاصة في كفاءة استخدام الطاقة. يجب تخفيض الدعم على أسعار الطاقة لكي يستثمر أصحاب المباني و/أو المشغلون في كفاءة استخدام الطاقة بشكل فعال من حيث التكلفة؛
- لدى النظر في الفوائد الاقتصادية التي يمكن تحقيقها من تجنب استهلاك الوقود من جهة، ومن تراجع الحاجة إلى توليد الكهرباء من جهة أخرى، يصبح استثمار الحكومة السعودية في كفاءة استخدام الطاقة في المباني القائمة التي تخضع لإعادة التجهيز فعالاً جداً من حيث التكلفة. فعلى سبيل المثال، يمكن لإعادة التجهيز الأساسية (المستوى 1) على صعيد الأسر المعيشية أن تعوّض ما استثمر في غضون عام؛
- إنّ تحفيز العمل في مجال المراجعة وإدارة الطاقة والتخفيف من الكربون هو من بين الفوائد الأخرى. وعلى وجه الخصوص، يمكن تجنب انبعاث أكثر من 76 مليون طن من الكربون لدى تطبيق برنامج إعادة التجهيز من المستوى 3 في المباني القائمة حالياً في المملكة العربية السعودية. ومن شأن البرنامج نفسه أن يجنب بناء محطة توليد للطاقة بسعة 22,900 ميغاواط من جهة، واستهلاك 100,000 جيغاواط ساعة من الطاقة الكهربائية في السنة من جهة أخرى. وبالإضافة إلى ذلك، من شأن برنامج إعادة التجهيز من المستوى 3 أن يوفر 247,000 وظيفة جديدة في السنة خلال فترة تنفيذ تمتد على 10 سنوات، مما يؤدي إلى ما مجموعه 2,470,000 وظيفة؛
- لا بد من تطوير آليات التمويل المبتكرة من أجل تحفيز القطاع الخاص على الاستثمار في كفاءة استخدام الطاقة على نطاق واسع. فعلى سبيل المثال، يمكن للحكومة أن تباشر في إنشاء شركات خدمات الطاقة باستخدام مفهوم التعاقد على الأداء كوسيلة لتمويل كفاءة استخدام الطاقة استناداً إلى الوفورات المستقبلية؛
- التنفيذ الناجح لأي برنامج خاص بكفاءة استخدام الطاقة في المباني الجديدة والقائمة على السواء، يتطلب تطوير القدرات المؤسسية والقوة العاملة القوية.

الجدول 32- الاستثمارات والفوائد الناتجة عن برامج إعادة تجهيز الطاقة في المباني في المملكة العربية السعودية

المستوى 3	المستوى 2	المستوى 1	برنامج إعادة التجهيز
207	104	10	الاستثمارات المطلوبة (مليار دولار)
100 000	46 000	16 000	تجنب استهلاك الطاقة (جيجاواط ساعة/سنة)
3.0	1.4	0.5	قيمة الطاقة التي يمكن تجنب استهلاكها (مليار دولار/سنة)
7.5	3.5	1.2	الدعم على الطاقة الذي يمكن تجنبه (مليار دولار/سنة)
22 900	10 500	3 700	سعة توليد الكهرباء التي يمكن تجنبها (ميغاواط)
17.2	7.9	2.8	قيمة سعة الكهرباء التي يمكن تجنبها (مليار دولار)
247 000	123 000	12 000	فرص العمل المستحدثة (سنوياً على مدى 10 سنوات)
76	35	12	انبعاثات الكربون المخففة (مليون طن/سنة)

المصدر: Krarti and others, 2017.

دال- نظم الطاقة المتجددة المتكاملة وأثرها على استهلاك الطاقة في المباني

في هذا القسم تقييم لعملية إدماج نظم الطاقة المتجددة في المباني في المنطقة العربية من خلال تركيب نظم فوتوفلطية على الأسطح. وقد سمحت دراسات حديثة بتقييم التكاليف والفوائد الناتجة عن تركيب هذه النظم على أسطح المساكن القائمة في المملكة العربية السعودية (Khan and others, 2017). ويلخص الجدول 33 أهم نتائج تلك الدراسات الخاصة بالمملكة العربية السعودية، ونتائج تحليل مماثل أجري في تونس. ويورد الجدول 33 تقديرات انبعاثات الكربون التي تم تجنبها والطاقة الكهربائية التي يمكن توليدها سنوياً لدى تركيب الأنظمة الفوتوفلطية على كافة مساحات الأسطح المتوفرة في المباني السكنية القائمة في المملكة العربية السعودية وفي تونس. ويستند التحليل الجديد للأنظمة الفوتوفلطية على الأسطح في تونس إلى البيانات الإحصائية عن عدد الوحدات السكنية وأنواعها، وهي بيانات مُستقاة من آخر تعداد للسكان (INS, 2014). أما إمكانات توليد الكهرباء من خلال النظم الفوتوفلطية على الأسطح فتبلغ 51.0 تيراواط ساعة في السنة في المملكة العربية السعودية، مما يمثل نحو ثلث احتياجات المباني السكنية القائمة من الكهرباء. وبالنسبة إلى تونس، يمكن أن توفر النظم الفوتوفلطية على الأسطح 15.2 تيراواط ساعة من الطاقة سنوياً، أي ما يعادل إجمالي الاستهلاك الحالي للكهرباء في كامل المساكن.

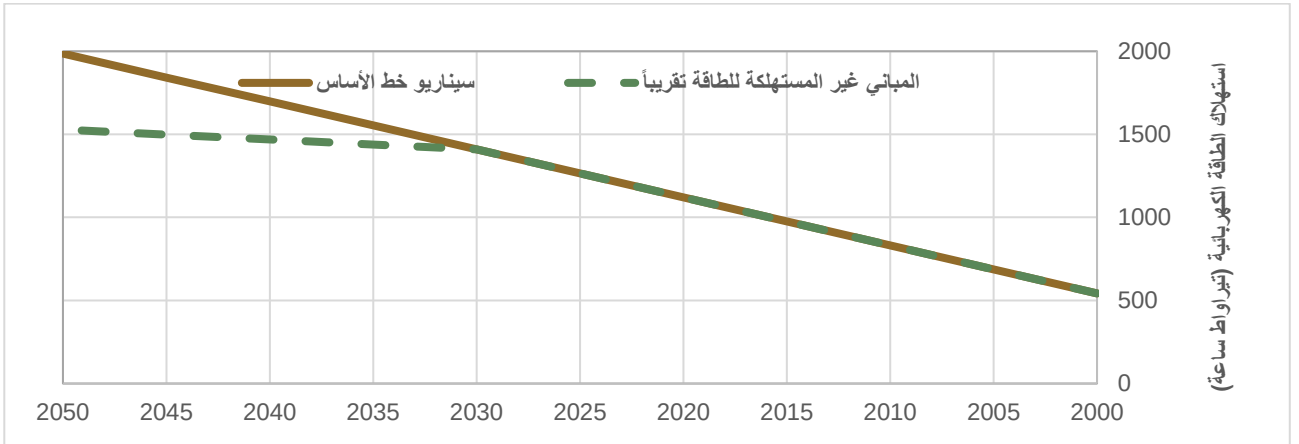
الجدول 33- حجم وفوائد الأنظمة الفوتوفلطية المركبة على أسطح كافة المباني السكنية القائمة في المملكة العربية السعودية وتونس

الحجم/الفوائد	المملكة العربية السعودية	تونس
مساحة السطح الفوتوفلطى المتاح للوحدات السكنية (مليون متر مربع)	221.8	70.0
سعة النظم الفوتوفلطية للأسطح (جيجاواط)	38.0	10.5
الكهرباء المولدة من النظم الفوتوفلطية سنوياً (تيراواط ساعة/سنة)	51.0	15.2
انبعاثات الكربون التي يمكن تجنبها (مليون طن/سنة)	29.2	7.2

المصادر: Khan and others, 2017 للمملكة العربية السعودية؛ تحليل المؤلف لتونس.

أحد النُهُج التي تسمح بتعزيز إدماج النظم الفوتوفلطية في المباني هو المطالبة بمبانٍ غير مستهلكة للطاقة تقريباً (NZEBS) في الوحدات السكنية الجديدة. ومن المقرر أن يبدأ تطبيق شروط المباني غير المستهلكة للطاقة تقريباً في عدّة مناطق من العالم، بما في ذلك الاتحاد الأوروبي، وذلك في جميع المباني الجديدة بحلول عام 2020 (EU, 2010; EU, 2012; EC, 2012)، وفي المساكن الجديدة في ولايات مختارة في الولايات المتحدة بحلول عام 2030 (CEC, 2015). وقد بيّن تحليل المبنى السكني النموذجي في أنحاء المنطقة العربية أن تصاميم المباني غير المستهلكة للطاقة تقريباً أمر ممكن، وذلك على أساس إدماج تدابير كفاءة استخدام الطاقة التي أثبتت نجاعتها مع أنظمة الطاقة الفوتوفلطية على الأسطح (Krarti and Ihm, 2016). ويعرض الشكل 51 أثر تطبيق شروط المباني غير المستهلكة للطاقة تقريباً في جميع المباني السكنية على مستقبل الاستهلاك النهائي للطاقة في المباني في المنطقة العربية اعتباراً من عام 2030. وفي حال بدأ البرنامج في عام 2030، من المتوقع أن تصل وفورات الطاقة السنوية إلى 229 تيراواط ساعة بحلول عام 2040، و458 تيراواط ساعة بحلول عام 2050. أما التحدي الأبرز أمام تنفيذ برنامج المباني غير المستهلكة للطاقة تقريباً، فهو الاستثمار الرأسمالي المطلوب لتكوين النظم الفوتوفلطية على الأسطح. واستناداً إلى كلفة التركيب البالغة 2,500 دولار/كيلوواط، تقدّر التكاليف الرأسمالية المطلوبة للنظم الفوتوفلطية على الأسطح بمبلغ قدره 90.6 مليار دولار في المملكة العربية السعودية، و25.4 مليار دولار في تونس (Khan and others, 2017). غير أنّه من المتوقع أن تتراجع الكلفة في السنوات المقبلة، مما سيجعل تصاميم المباني غير المستهلكة للطاقة تقريباً، فعالة من حيث التكلفة في معظم البلدان العربية، لا سيما عندما يُخفّض أو يُرفع الدعم.

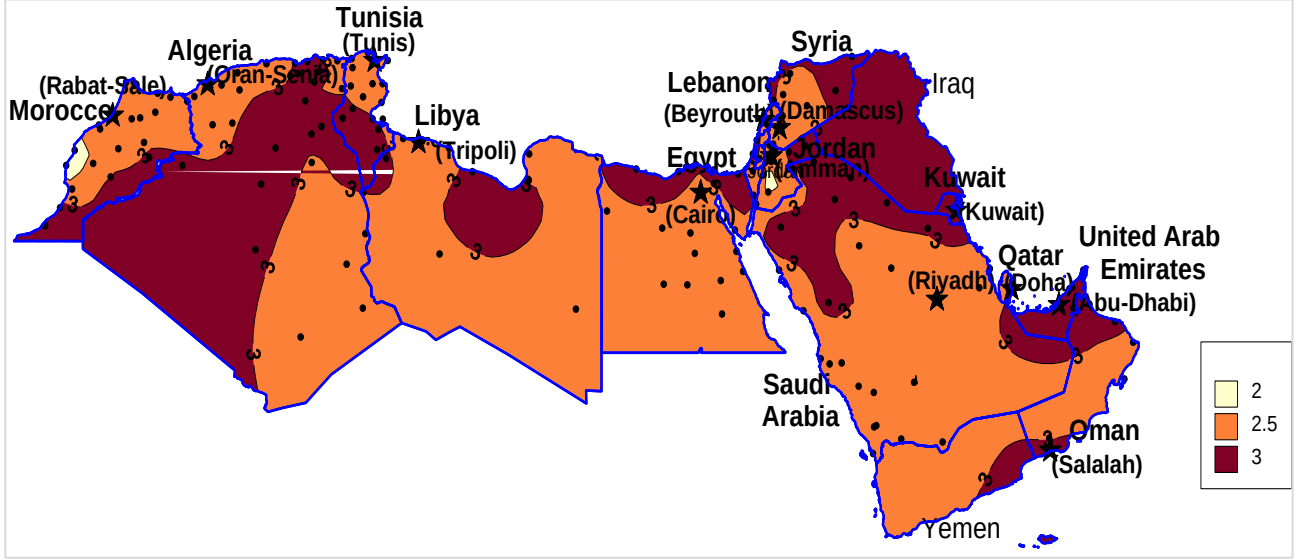
الشكل 51- تنفيذ المباني السكنية غير المستهلكة للطاقة تقريباً في المساكن الجديدة في المنطقة العربية اعتباراً من عام 2030 والأثر على استهلاك الطاقة الكهربائية



المصدر: تحليل المؤلف.

يبين الشكل 52 سعة النظم الفوتوفلطية المطلوبة لتحقيق تصاميم المباني غير المستهلكة للطاقة تقريباً في المنازل في منطقة الشرق الأوسط وشمال أفريقيا. والمطلوب هو نظم فوتوفلطية تتراوح بين 2.5 كيلوواط و3.0 كيلوواط في الغالبية العظمى من البلدان العربية من أجل توليد الكهرباء الكافية لتلبية احتياجات المنزل النموذجي للطاقة سنوياً.

الشكل 52- خريطة طبوغرافية لسعة النظم الفوتوفلطية (كيلوواط) للتوصل إلى منازل غير مستهلكة للطاقة تقريباً في بلدان عربية مختارة



المصدر: Krarti and Ihm, 2016.

المرفق الأول

Buildings energy efficiency code for Tunisia

To improve the energy efficiency of its buildings stock, Tunisia has developed a series of energy efficiency programmes through the Agence Nationale de la Maitrise de l'Energie, including a national BEEC for new constructions of residential buildings, office buildings, hotels and hospitals.

The present annex summarizes the performance and prescriptive paths of the energy efficiency code for new buildings in Tunisia. The code requirements depend on both building type and climate.

Climatic zones

In Tunisia, the building energy efficiency code is based on three main climatic zones as depicted in Figure AI.1. These three climatic zones are defined as follows:

- Climatic zone ZT1: covers the coastline areas, including the governorates of Bizerte, Tunis, Ariana, Ben Arous, Manouba, Zaghuan, Nabeul, Sousse, Monastir, Mahdia, Sfax, Gabès and Médenine except delegations of Matmata and Médenine;
- Climatic zone ZT2: consists of the western and central geographical areas of Tunisia and includes the governorates of Jendouba, Béja, Kef, Siliana, Kairouan, Kasserine, Sidi Bouzid, and Gafsa;
- Climatic zone ZT3: comprises the southern part of Tunisia, including the governorates of Tozeur, Kébili and Tataouine and the delegations of Matmata and of Médenine.

Figure AI.1 Geographical locations of climatic zones in Tunisia



Source: ANME and FFEM, 2010.

BEEC compliance approaches

The Tunisian BEEC utilizes both prescriptive and performance compliance approaches, as discussed in the following sections.

Prescriptive approach

The prescriptive approach sets the threshold values of buildings envelope specifications, including U-value of exterior walls, roofs, and windows as well as shading coefficient for windows glazing. These threshold values depend on the climatic zone and window-to-wall ratio (WWR) of heated and/or cooled spaces as well as the repartition of windows on the different orientations. The application of the prescriptive approach in the Tunisian BEEC is currently limited to residential buildings and office spaces. The details of the prescriptive compliance approach for both of these building types are provided below.

Residential buildings: When at least 80% of its useful floor area is used as living space, a facility is defined as residential building in the current version of the Tunisian BEEC. The prescriptive approach cannot be applied to multi-residential buildings composed of ground floor and four or more levels (i.e., five or more story-buildings). It is also not applicable when the overall window to wall ratio or WWR value is higher than 45% and/or when the WWR value for conditioned areas oriented east (+/-45°) and west (+/- 45°) is higher than $\pm 35\%$.

Table A-1 summarizes the prescriptive compliance specifications and provides the maximal requirements for U-values associated with roofs, exterior walls, and windows as well as for SC values associated with windows glazing for residential buildings in various climatic zones. In table AI.1, the following definitions for both U-value and SC values are provided:

U-Value: it is the thermal heat coefficient for any building envelope surface. It corresponds to the heat transferred per unit of time and surface and under a temperature gradient of 1K. This coefficient is expressed in $W/(m^2K)$.

Shading Coefficient, SC: it corresponds to the ratio of solar heat gain coefficient of the glazing in question to that of a simple reference glazing as defined by the American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

For an entire building, an equivalent solar shading coefficient, SC^* , is defined using Equation (1):

$$SC^* = \frac{\sum_i(SC_i \cdot BV_i \cdot Fma_i)}{\sum_i(BV_i)} \quad (1)$$

With:

- SC_i : Solar thermal coefficient (SC) of glazing « i » of heated and/or cooled spaces.
- BV_i : Area of glazing « i » of heated and/or cooled spaces.
- Fma_i : Architectural mask coefficient of glazing « i » of heated and/or cooled spaces defined in table AI.2.
- $\sum_i$: Summation of values associated with all the glazing types of the building except for those oriented north (+/- 30°) with the condition that the solar coefficient (SC) of glazing oriented north (+/- 30°) must be lower or equal to the highest SC_i value.

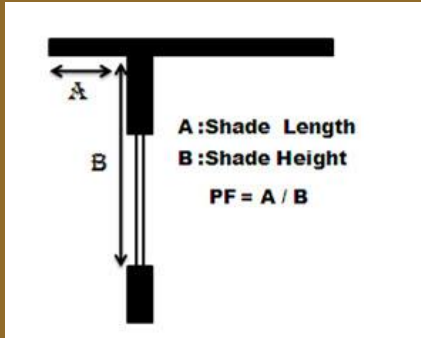
The WWR specifications depending on the WWR values for various windows located in different building facades. Table AI.3 defined the WWR ratings of “Low”, “Medium”, “High”, and “Very High”.

Table AI.1 Maximum requirements of U-values of Shading Coefficient for residential buildings

	WWR Rating	U for exposed roof (W/m ² .K)	U for exterior walls (W/m ² .K)	U for Window glazing (W/m ² .K)	SC for Window glazing
Climatic Zone ZT1	Low	≤ 0.75	≤ 1.10	≤ 6.2	≤ 0.95
	Medium	≤ 0.75	≤ 1.10	≤ 6.2	≤ 0.7
		≤ 0.75	≤ 1.10	≤ 3.2	≤ 0.85
	High	≤ 0.75	≤ 1.10	≤ 3.2	≤ 0.75
	Very High	≤ 0.65	≤ 0.8	≤ 3.2	≤ 0.7
Climatic Zone ZT2	Low	≤ 0.75	≤ 1.10	≤ 3.2	≤ 0.95
		≤ 0.75	≤ 0.8	≤ 6.2	≤ 0.95
	Medium	≤ 0.75	≤ 1.10	≤ 3.2	≤ 0.7
	High	≤ 0.75	≤ 0.7	≤ 3.2	≤ 0.7
	Very High	≤ 0.65	≤ 0.7	≤ 1.9	≤ 0.6
Climatic Zone ZT3	Low	≤ 0.75	≤ 1.10	≤ 3.2	≤ 0.85
		≤ 0.75	≤ 0.8	≤ 6.2	≤ 0.8
	Medium	≤ 0.75	≤ 1.10	≤ 3.2	≤ 0.6
	High	≤ 0.65	≤ 0.7	≤ 3.2	≤ 0.6
	Very High	Prescriptive approach is not applied in this configuration			

Source: OJRT, 2008.

Table AI.2 Values of architectural mask coefficient, F_{ma}, for windows shades

Type of window shade		F _{ma}
No shading		1.0
 A:Shade Length B:Shade Height PF = A / B	A shading feature with south orientation (+/- 45°) with FP parameter defined in Figure 6 such that 0.15<FP≤0.25	0.85
	A shading feature with south orientation (+/- 45°) with FP parameter defined in Figure 6 such that 0.25<FP≤0.35	0.75
	A shading feature with south orientation (+/- 45°) with FP parameter defined in Figure 6 such that FP>0.35	0.70
	A shading feature with any other than south orientation (+/- 45°)	1.0

Source: OJRT, 2008.

Table AI.3 Definition of WWR rating for Windows

X-1 = ∑ WWR-all-orientations (Conditioned)	
X-2=WWR-East + WWR-West (Conditioned)	
WWR Rating	Range for X1 and X2
Low	X1=<15% AND X2=<10%
Medium	15%<X1=<25% AND 10%<X2=<15%
High	25%<X1=<35% AND 15%<X2=<25%
Very high	35%<X1=<45% AND 25%<X2=<35%

Source: OJRT, 2008.

Office buildings: For the Tunisian BEEC, office buildings are divided into two categories: (i) public buildings owned and operated by the central government, local communities, or public institutions, and (ii) private buildings owned by non-governmental institutions including private companies.

The prescriptive approach is applicable only for buildings whose covered area is higher than 1500 m². Moreover, the prescriptive approach is not applicable in the following conditions:

- For public office buildings: if the overall window to wall ratio or WWR values is higher than 35% and/or WWR for conditioned areas oriented east (+/-45°) and west (+/- 45°) is higher than ± 25%;
- For private office offices: if the overall window to wall ratio or WWR value is higher than 45% and/or WWR for conditioned areas oriented east (+/-45°) and west (+/- 45°) is higher than ± 35%.

Tables AI.4 and AI.5 provide the maximal requirements for U-values associated to roofs, exterior walls, windows glazing as well as and SC values associated with windows glazing for respectively, public and private office buildings in various climatic zones. The definitions for WWR ratings, U-values, and SC values for office buildings are the same as those provided for residential buildings.

Table AI.4 Maximum requirements of U-values of Shading Coefficient for public office buildings

	WWR rating	U for exposed roof (W/m ² .K)	U for exterior walls (W/m ² .K)	U for window glazing (W/m ² .K)	SC for window glazing
Climatic Zone ZT1	Low	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 6.2	≤ 0.95
	Medium	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 3.2	≤ 0.6
	High	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 1.9	≤ 0.5
Climatic Zone ZT2	Low	≤ 0.55	≤ 0.6	≤ 3.2	≤ 0.8
	Medium	≤ 0.55	≤ 1.10	≤ 1.9	≤ 0.5
	High	Prescriptive approach is not applied in this configuration			
Climatic Zone ZT3	Low	≤ 0.55	≤ 1.10	≤ 3.2	≤ 0.6
	Medium	≤ 0.55	≤ 0.8	≤ 1.9	≤ 0.5
	High	Prescriptive approach is not applied in this configuration			

Source: OJRT, 2008.

Table AI.5 Maximum requirements of U-values of Shading Coefficient for private office buildings

	WWR rating	U for exposed roof (W/m ² .K)	U for exterior walls (W/m ² .K)	U for window glazing (W/m ² .K)	SC for window glazing
Climatic Zone ZT1	Low	≤ 0.75	≤ 1.2	≤ 6.2	≤ 0.95
	Medium	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 6.2	≤ 0.7
	High	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 6.2	≤ 0.6
		≤ 0.75	≤ 0.8	≤ 6.2	≤ 0.7
	Very High	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 3.2	≤ 0.6
Climatic Zone ZT2	Low	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 6.2	≤ 0.95
	Medium	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 6.2	≤ 0.7
	High	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 1.9	≤ 0.6
		≤ 0.75	≤ 0.8	≤ 3.2	≤ 0.6
	Very High	≤ 0.65	≤ 0.8	≤ 1.9	≤ 0.5
Climatic Zone ZT3	Low	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 6.2	≤ 0.95
	Medium	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 6.2	≤ 0.6
	High	≤ 0.75	≤ 1.1	≤ 1.9	≤ 0.5
		≤ 0.55	≤ 0.8	≤ 3.2	≤ 0.6
	Very High	≤ 0.75	≤ 0.6	≤ 1.9	≤ 0.5

Source: OJRT, 2008.

Hotels and hospitals: There is no prescriptive compliance approach for hospitals in the current version of the Tunisian BEEC. Only a performance compliance approach is available for lodging part of hotels (i.e., patient rooms) and for the lodging part of hotels.

Performance approach

The performance approach defines the threshold limit values for the overall thermal performance of the building. These threshold limit values are defined using overall annual thermal heating and cooling loads required to maintain desired level of thermal comfort within the conditioned building spaces. These heating and cooling thermal loads are determined using whole-building thermal analysis calculation method or tool based on predefined building occupancy level, internal gains, and operation schedules typical for the Tunisian context and building space type.

The overall annual thermal heating and cooling load (BECTh) for a given building is determined by adding both heating and cooling loads and dividing the sum by the total building conditioned floor area. Thus, BECTh can be estimated using the following equation:

$$BECTh = \frac{BECh + BERef}{STC} \quad (2)$$

Where:

- *BECTh*: overall annual thermal heating and cooling load expressed in kWh/m² year;
- *BECh*: annual thermal heating load expressed in kWh/year and calculated for the winter season with an interior temperature setting of $T_{ch} = 20^{\circ}\text{C}$;
- *BERef*: annual thermal cooling load for expressed in kWh/year and calculated during summer season with an interior temperature setting of $T_{ref} = 26^{\circ}\text{C}$;
- *STC*: total building conditioned floor area expressed in m² and represents the total floor area of conditioned spaces within the building.

In the Tunisian BEEC, the heating season is extended from 15 November to 31 March while the cooling season is extended from 1 June to 30 September.

Residential buildings: As noted earlier, the prescriptive approach cannot be applied to multi-residential buildings composed of ground floor and four or more levels (i.e., five or more story-buildings). It is also not applicable when the overall window to wall ratio or WWR value is higher than 45% and/or when the WWR value for conditioned areas oriented east (+/-45°) and west (+/- 45°) is higher than $\pm 35\%$. Under these conditions, only the performance compliance approach should be utilized. Moreover, the Tunisian BEEC allows the use of performance compliance under almost any conditions for both detached homes, and apartment buildings.

The thermal performance for a residential building is rated according to eight (8) different classes depending on the building overall annual thermal heating and cooling load (BECTh) value as defined in table AI.6.

Table AI.6 Thermal Performance Classes for Residential Buildings

Building Thermal performance Class	BECTh value (kWh/m ² .year)
Class 1	$BECTh \leq 36$
Class 2	$36 < BECTh \leq 41$
Class 3	$41 < BECTh \leq 46$
Class 4	$46 < BECTh \leq 51$
Class 5	$51 < BECTh \leq 60$
Class 6	$60 < BECTh \leq 72$
Class 7	$72 < BECTh \leq 87$
Class 8	$BECTh > 87$

Source: OJRT, 2008.

A residential building is said to comply only if its thermal performance class is at least class-5, that is, if its BECTh value is equal to or below 60 kWh/m² peryear.

Office buildings: For the Tunisian BEEC, the performance compliance approach can be applied to any office building whose floor area is at least 500 m². As noted for the prescriptive approach, two categories of office buildings are defined in the BEEC including public and private buildings.

The thermal performance for an office building is rated according to eight (8) different classes depending on the building overall annual thermal heating and cooling load (BECTh) value as defined in table AI.7.

Table AI.7 Thermal performance classes for office buildings

Building thermal performance class	BECTh value (kWh/m ² .year)
Class 1	$BECTh \leq 75$
Class 2	$75 < BECTh \leq 85$
Class 3	$85 < BECTh \leq 95$
Class 4	$95 < BECTh \leq 105$
Class 5	$105 < BECTh \leq 125$
Class 6	$125 < BECTh \leq 150$
Class 7	$150 < BECTh \leq 180$
Class 8	$BECTh > 180$

Source: OJRT, 2008.

An office building complies with the performance approach defined by the Tunisian BEEC when:

- For a public building: its thermal performance class is at least class-3, that is, if its BECTh value is equal to or below 95 kWh/m² per year;
- For a private building: its thermal performance class is at least class-5, that is, if its BECTh value is equal to or below 125 kWh/m² per year.

Hotels:⁷ The performance compliance approach for hotels depends on the hotel category and its star rating. The current version of the Tunisian BEEC considers only the lodging spaces (i.e., guest rooms) and the office spaces of the hotels. For the other spaces, no BEEC compliance is needed. For the office spaces, the performance compliance criteria are discussed above and are summarized in table AI.10. For the lodging spaces, the thermal performance for the hotel is rated according to eight (8) different classes depending on the building overall annual thermal heating and cooling load (BECh) value as defined in table AI.8.

Table AI.8 Thermal performance classes for lodging spaces of hotels

Building thermal performance class	BECh value (kWh/m ² .year)
Class-1	$BECh \leq 90$
Class-2	$90 < BECh \leq 100$
Class-3	$100 < BECh \leq 110$
Class-4	$110 < BECh \leq 120$
Class-5	$120 < BECh \leq 135$
Class-6	$135 < BECh \leq 160$
Class-7	$160 < BECh \leq 190$
Class-8	$BECh > 190$

Source: ANME, 2011.

The lodging space of a hotel complies with the performance approach defined by the Tunisian BEEC when:

- For a 5-Star hotel: its thermal performance class is at least class-3, that is, if its BECh value is equal to or below 110 kWh/m² per year;
- For a 4-Star hotel: its thermal performance class is at least class-4, that is, if its BECh value is equal to or below 120 kWh/m² per year;
- For a 3-Star hotel: its thermal performance class is at least class-5, that is, if its BECh value is equal to or below 135 kWh/m² per year.

Hospitals:⁸ Similar to the hotels, the current version of the Tunisian BEEC considers only the lodging spaces (i.e., patient rooms) and the office spaces of the hospitals. For the other spaces, no BEEC compliance is needed. For the office spaces, the performance compliance criteria are discussed above and are summarized in table AI.7. For the lodging spaces, the thermal performance for the hospital is rated according to eight (8) different classes depending on the building overall annual thermal heating and cooling load (BECh) value as defined in table AI.9. Two types of hospitals are considered by the code in Tunisia: private or public hospitals or clinics.

The Tunisian BEEC requirements for hotels have not been officially implemented yet (as of September 2018) and are included in the present report to provide an idea about the adopted approach in the development of these BEEC requirements. 7

The Tunisian BEEC requirements for hospitals have not been officially implemented yet (as of September 2018) and are included in the present report to provide an idea about the adopted approach in the development of these BEEC requirements. 8

Table AI.9 Thermal performance classes for lodging spaces of hospitals

Building thermal performance class	BECTh value (kWh/m ² .year)
Class-1	$BECTh \leq 135$
Class-2	$135 < BECTh \leq 145$
Class-3	$145 < BECTh \leq 155$
Class-4	$155 < BECTh \leq 165$
Class-5	$165 < BECTh \leq 180$
Class-6	$180 < BECTh \leq 200$
Class-7	$200 < BECTh \leq 230$
Class-8	$BECTh > 230$

Source: ANME, 2011.

The lodging space of a hospital complies with the performance approach defined by the Tunisian BEEC when:

- For a public hospital: its thermal performance class is at least class-3, that is, if its BECTh value is equal to or below 155 kWh/m² per year;
- For a private hospital: its thermal performance class is at least class-5, that is, if its BECTh value is equal to or below 180 kWh/m² per year.

المرفق الثاني

Energy performance labelling, MEPS and building energy codes for Saudi Arabia

Saudi Arabia has introduced energy efficiency regulations and mandatory labelling for refrigerators and freezers, washing machines, and air conditioners since 2007 and have been regularly updated. Table AII.1 illustrates the minimum energy performance standards for refrigerators, freezers, and air conditioners set by the Saudi Arabia Standard Organization (SASO, 2012 and 2013). Specifically, Table AII.1 provides energy performance thresholds for various star-rating levels expressed in energy efficiency ratio (EER) for air conditioners, electrical energy consumption per load for washing machines, and percent reduction relative to baseline energy use for refrigerators and freezers. Currently, regulations are being prepared by Saudi Energy Efficiency Program (SEEP) to focus on the phase out of the least efficient light sources in residential and commercial buildings (Krarti and others, 2017). It should be noted that major revisions to the scheme of the energy labelling standards and MEPS took place in 2018,⁹ changing the rating system from a “star” scale type of rating scheme to an “alphabetical” scale type of rating scheme similar to the European Union Energy Labelling system (SEEC, 2018). The validity of the old labelling system should end by October 2018, and the implementation of the new system is scheduled to start in July 2017 and be completed by September 2019.

Moreover, and since 2014, the Saudi government has started to require mandatory installation of thermal insulation for walls and roofs for all new buildings as one condition to have electrical service connection with the Saudi Electricity Company (Saudi Royal Decree No. 6927/MB).¹⁰ Table AII.2 summarizes the requirements for thermal performance properties of Saudi building envelope components depending on climate zones.

Table AII.1 Labels for minimum energy performance standards for refrigerators, freezers, air conditioners and washing machines

Star rating	Air conditioners (EER=3.412 COP expressed in Btu/Wh)	Refrigerators/freezers (percentage of energy consumption relative to a baseline)	Washing machines (function of energy use per load capacity)
1	< 7.5	5%	< 2.0
2	7.5-8.5	10%	2.0-2.9
3	8.5-9.0	15%	3.0-3.9
4	9.0-9.5	20%	4.0-4.9
5	9.5-10.0	25%	5.0-5.9
6	10.0-11.5	30%	>6.0
7	11.5-12.4		
7.5	12.4-13.4		
8.0	13.4-14.5		
8.5	14.5-15.6		
9.0	15.6-16.8		
9.5	16.8-18.1		
10	< 18.1		

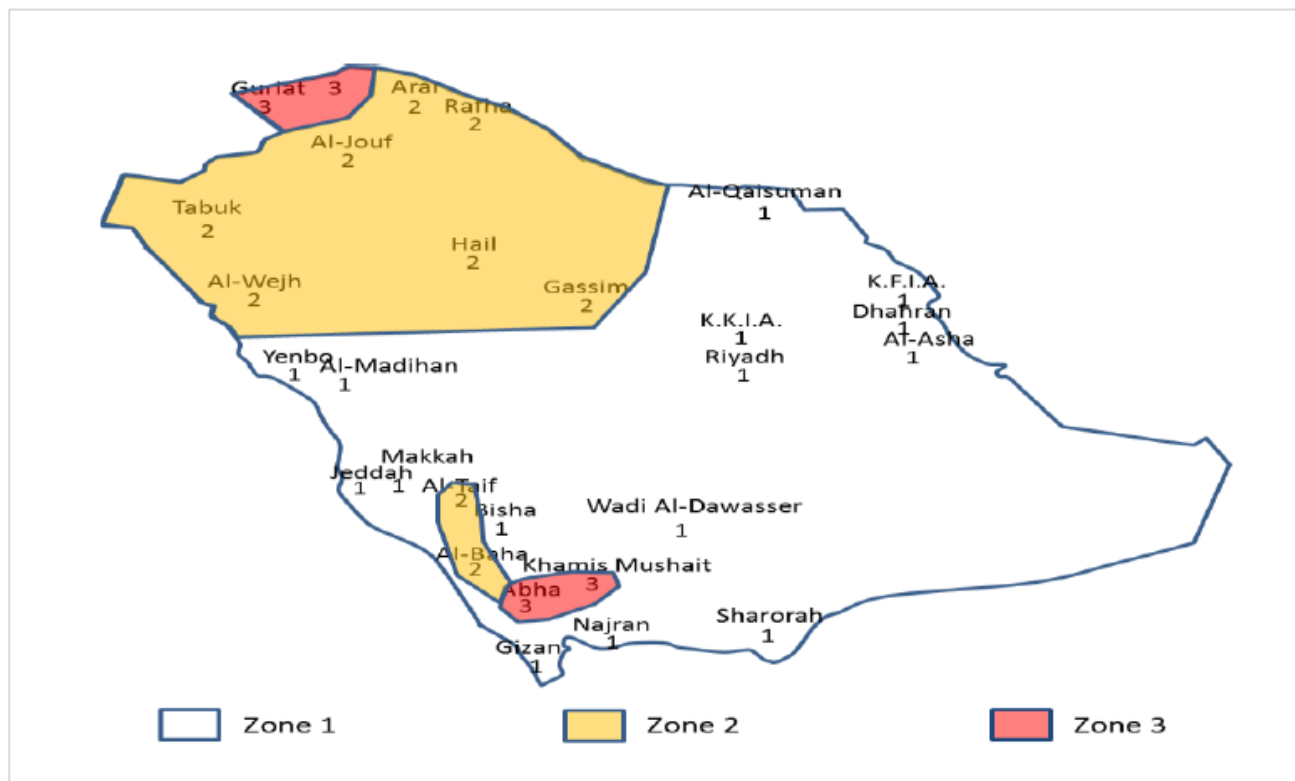
Source: SASO, 2012, 2013, 2014.

Note: SASO has updated the energy performance standards for washing machines (conforming to star rating 4 and above only), refrigerators (conforming to star rating 1 and above only), and air-conditioners (conforming to star rating 3 and above can only be sold and manufactured).

Air conditioning equipment (SASO 2663:2018), refrigerators and freezers: (SASO 2892:2018), washing machines: 9
(SASO 2885:2018), clothes dryers: (SASO 2883:2017), water heaters: (SASO 2884:2017).

Table AII.2 Thermal performance requirements for Saudi building envelopes depending on climatic zones

Properties of Building Envelope	Saudi Arabia Climatic Zone		
	Zone-1	Zone-2	Zone-3
U-value (W/m².K)			
Walls	0.34	0.4	0.45
Roof	0.2	0.24	0.27
Windows	2.67	2.67	2.67
Doors	2.84	2.84	2.84
SHGC (fraction) Glazing	0.25	0.25	0.25



Source: Based on SASO 2856/2014.

[https://www.momra.gov.sa/GeneralServ/heatiso/Insulation%20Regulation%20Summary%20\(English\)_v2.pdf](https://www.momra.gov.sa/GeneralServ/heatiso/Insulation%20Regulation%20Summary%20(English)_v2.pdf).

المراجع

- Alaidroos, A., and M. Krarti, 2015, Optimal design of residential building envelope systems in the Kingdom of Saudi Arabia, *Energy and Buildings*, 86, 104-117.
- Alajmi, A., 2012, Energy audit of an educational building in a hot summer climate, *Energy and Buildings* 47 (2012), 122-130.
- Ameer, B., and Krarti, M., 2016, Impact of Subsidization on High Energy Performance Designs for Kuwaiti Residential Buildings, *Energy and Buildings*, 116, 249-262.
- ANME, 2010, Elaboration d'un Plan pour la Rénovation Thermique et Energétique des Bâtiments Existants en Tunisie, Partie-1 : Connaissance et Analyse du Secteur, Technical Report by TEMA Consulting and CESEEN for Agence Nationale pour la Maitrise de l'Energie (ANME), Tunis, Tunisia.
- ANME and FFEM, 2010, La mise en place de la réglementation thermique et énergétique en Tunisie. Available from <http://docplayer.fr/9192257-La-mise-en-place-de-la-reglementation-thermique-et-energetique-en-tunisie.html>.
- ANME, 2011, La réglementation thermique des bâtiments: Procédures et modalités d'application, Séminaire national sur l'innovation et l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, presentation by Mohamed Zied GANNAR, Chef de service, chargé de l'efficacité énergétique dans les bâtiments neufs, ANME, Sfax, June 2011.
- ASHRAE, 2011, Procedures for Commercial Building Energy Audits, Second Edition, Guide developed by the American Society for Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
- Asif, M., 2015, Growth and sustainability trends in the buildings sector in the GCC region with particular reference to the KSA and UAE, article in press, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Barthel, Claus and Götz, Thomas, 2012, The overall worldwide saving potential from domestic refrigerators and freezers, bigee.net, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. Available from http://www.bigee.net/media/filer_public/2012/12/04/bigee_doc_2_refrigerators_freezers_worldwide_potential_20121130.pdf.
- CAPMAS, 2017, Census Data for Egypt, Central Agency for Public Mobilization and Statistics, Accessed on December 28, 2017. <http://egypt.opendataforafrica.org/tadpaqg/egypt-census-data>.
- CEC, 2015, California Energy Efficiency Strategic Plan: New Residential Zero Energy, Action Plan 2015-2020, California Energy Commission, Sacramento, CA.
- Ecofys, 2013, A Roadmap for developing Energy Indicators for Buildings in Lebanon, Energy Efficiency in the Construction Sector in the Mediterranean, Final Report for MED-NEC. Accessed December 20, 2017. <https://www.ecofys.com/files/files/med-enec-2013-roadmap-ee-indicators-buildings-lebanon.pdf>.
- EES, 2014, Energy Standards and Labeling Programs Throughout the World in 2013, Report by Energy Efficient Strategies for the Department of Industry of Australia, Victoria, Australia.
- EU, 2010, European Union Parliament and Council. Energy Performance of Building Directive (EPBD) 2010/31/EU.

- EU, 2012, European Union Parliament and Council. Energy Performance of Building Directive (EPBD) 2012/27/EU.
- EC, 2012, European Commission. Guidelines No 244/2012.
- Fasiuddin, M., and others 2010, Zero-investment HVAC system operation strategies for energy conservation and thermal comfort in commercial buildings in hot-humid climate, *International Journal of Energy Research*, 34, 1-19.
- Fasiuddin, M., and Budaiwi, I., 2011, HVAC system strategies for energy conservation in commercial buildings in Saudi Arabia, *Energy and Buildings*, 43, 3457-3456.
- GABC, 2016, towards zero-emission efficient and resilient buildings, Global Alliance for Building and Construction, Accessed 12/12/2017. http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/gabc_report.pdf.
- GORD, 2010, Qatar Sustainability Assessment System (QSAS), Gulf Organization for Research and Development Doha, Qatar.
- Harvey, L.D.D and others 2014, Construction of a global disaggregated dataset of building energy use and floor area in 2010, *Energy and Buildings*, 76, 488-496.
- Hayashi, D., and Michaelowa, A., 2012, Standardization of Baseline and Additionality Determination under the CDM, *Climate Policy*, 1:19.
- Hong, T., and others, 2015, Commercial Building Energy Saver: An energy retrofit analysis toolkit, *Applied Energy*, 159, 298-309.
- Horst, van der G.H., and Hovorka, A.J., 2008, Reassessing the “Energy Ladder”: Household Energy use in Maun, Botswana, *Energy Policy* 36,) 3333-3344.
- Howells, M.I., and others 2005, A Model of Household Energy Services in a low-income rural African Village, *Energy Policy*, 33, 1833-1851.
- IEA, 2017, IEA Statistics: Energy Balance, data accessed on September 10, 2017. <http://www.iea.org/statistics>, Paris, France.
- IEA, 2015, Building Energy Performance Metrics, Supporting Energy Efficiency Progress in Major Economies.
- IEA-ETP, 2016, Annex E: Buildings sector model, Energy Technology Perspectives, Accessed December 22, 2017, https://www.iea.org/media/etp/etp2016/AnnexE_UrbanBuildingsEnergyEstimationMethodology_web.pdf.
- IMF, 2015, How large global energy subsidies? Country level estimates, International Monetary Fund, Fiscal Affairs Department, 29 September, 2015.
- INS, 2014, Institut National des Statistiques, Statistiques de Tunisie, Census Data of 2014: Number of Housing Units by Governorate, Area and Type. Available from <http://regions.ins.tn>.
- IRENA, 2016, Renewable Energy in the Arab Region: Overview of developments, Report in collaboration with Arab LAS and RCREEE, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, UAE.

- JRAIA, 2017, World Air Conditioner Demand by Region, Report by Japan Refrigeration and Air Conditioning Industry Association, April 2017. https://www.jraia.or.jp/english/World_AC_Demand.pdf.
- Jacobsen, G. D. and Kotchen, M.J., 2013, Are building codes effective at saving energy? Evidence from residential billing data in Florida, *Review of Economics and Statistics* 95(1), 34-49.
- KAPSARC, 2015, Global Shift: The energy productivity transformation, KAPSRAC Energy Workshop Series, The King Abdullah Petroleum Studies and Research Center, Riyadh, <http://www.kapsarc.org>.
- Khlaifallah, E., Missaoui, R., El Khamlichi, S., and Ben Hassine, H., 2016, Energy-Efficient Air-Conditioning: a Case-Study of the Maghreb, Opportunities for a more efficient market, A MENA Energy Series, Report No. 105360-MNA, for World Bank Group, Washington, DC.
- Khan, M.M.A. and others, 2017, Rooftop PV Potential in the Residential Sector of the Kingdom of Saudi Arabia, *Buildings* 2017, 7(2), 46.
- Krarti, M., 2015, Evaluation of large scale building energy efficiency retrofit program in Kuwait, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1069-1080.
- Krarti, M., and Ihm, P., 2016, Evaluation of Net-Zero Energy Residential Buildings in the MENA Region, *Sustainable Cities and Society*, 22, 116-125.
- Krarti, M., and Dubey, K., 2017, Energy productivity evaluation of large scale building energy efficiency programs for Oman, *Sustainable Cities and Society*, 39, 12-22.
- Krarti, M., Dubey, K., and Howarth, N., 2017, Evaluation of building energy efficiency investment options for the Kingdom of Saudi Arabia, *Energy*, 134, 595-610.
- LBGC, 2017, ARZ Building rating System by Lebanon Green Building Council. Accessed 12/12/2017, <http://www.arzrating.com>.
- Liu, F., and others 2010, Mainstreaming Building Energy Efficiency Codes in Developing Countries, Global Experiences and Lessons from Early Adopters, World Bank Working Paper No. 204, Washington DC. <http://www.worldbank.org>.
- Majcen, D., and others 2013, Actual and theoretical gas consumption in Dutch dwellings: What causes the differences? *Energy Policy* 61, 460-471.
- McNeil, M.A., and others 2013, Bottom-up energy analysis system (BUENAS)—an international appliance efficiency policy tool, *Energy Efficiency*, 6, 191-217.
- MEDENEC, 2015, Financing Energy Efficiency in the Building Sector in MENA Region: <http://maghrenov.eu/file/download/19413/Financing-Energy-Efficiency-in-the+-Building-Sector-in-MENA-Region.pdf>.
- MEDENER, 2013, Energy efficiency trends in Mediterranean countries, Report prepared by Eenerdata, Accessed December 21, 2017. <http://medener-indicateurs.net/uk/download/094>.
- Navigant, 2015, Global Building Stock Database Commercial and Residential Building Floor Space by Country and Building Type: 2014-2024, Boulder, CO.

- OEGCP, 2011, Oxford Economics and Global Construction Perspectives, Executive Report, Global Construction 2020, Oxford, UK.
- OJRT, 2008, Official Journal of the Republic of Tunisia, N°62, August 2008, Arrêté conjoint de la ministre de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du territoire et du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises du 23 Juillet 2008, fixant les spécifications techniques minimales visant l'économie dans la consommation d'énergie des projets de construction et d'extension des bâtiments à usage de bureaux ou assimilés.
- OJRT, 2009, Official Journal of the Republic of Tunisia, N°45, Jun 2009, Arrêté conjoint du ministre de l'équipement, de l'habitat et de l'aménagement du territoire et du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises du 1er Juin 2009, fixant les spécifications techniques minimales visant l'économie dans la consommation d'énergie des projets de construction et d'extension des bâtiments à usage résidentiel.
- Poyry, 2011, Justification Document for Proposed New Baseline Methodology for Electrification of Rural Communities, Final Report, UNFCCC.
- PRS, 2017, The Pearl Rating System of Estidama, Accessed on 10/12/2017, <http://estidama.upc.gov.ae/estidama-and-pearl-rating-system/pearl-rating-system.asp>.
- Radhi, H., 2009, Evaluating the potential impact of global warming on the UAE residential buildings – A contribution to reduce the CO2 emissions, Building and Environment, 44, 2451-2462.
- Radhi, H., and S. Sharples, 2007, Benchmarking carbon emissions of office buildings in Bahrain, PLEA 2007 – 24th Conference on Passive and Low Energy Architecture, Singapore, 22-24 Nov 2007.
- RCREEE, 2012, Energy efficiency indicators in the Southern and Eastern Mediterranean countries, report by the Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency (RCREEE), October 2012, Cairo, Egypt.
- RCREEE, 2015, Arab Future Energy Index 2015 – Energy Efficiency, report by the Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency (RCREEE), Cairo, Egypt (www.rcreee.org).
- RCREEE, 2017, Arab Future Energy Index 2017 – Energy Efficiency, report by the Regional Center for Renewable Energy and Energy Efficiency (RCREEE), Cairo, Egypt.
- RISE, 2016, Regulatory-Indicators-for-Sustainable-Energy (RISE) report by World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/538181487106403375/pdf/112828-REVISED-PUBLIC-RISE-2016-Report.pdf>.
- SASO, 2012, Saudi Arabia Standards Organization, Energy Labelling and Minimum Energy Performance Requirements for Air-Conditioners, Standard No. 3459, Saudi Arabia.
- SASO, 2013, Saudi Arabia Standards Organization, Energy Labelling Requirements of Household Electrical Clothes Washing Machines. Standard No. 3569, Saudi Arabia.
- SASO, 2014, Saudi Arabia Standards Organization, Energy Performance Capacity and Labelling of Household Refrigerators, Refrigerator-Freezers, and Freezers, Standard No. 3620, Saudi Arabia.
- SEEC, 2018, Saudi Energy Efficiency Centre, SEEP technical team, Home appliances standards workshop, 28 February 2018.

- Shackelford, J., and others, 2015, Retrofit Demonstration of LED Fixtures with Integrated Sensors and Controls, Lawrence Berkeley National Laboratory Report prepared for US General Services Administration, Berkeley, CA.
- Sharifi, A., and Murayama, A., 2013, A critical review of seven selected neighborhood sustainability assessment tools, *Environmental Impact Assessment Review*, 38, 73-87. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0195925512000558>.
- Taleb, H.M., and S. Sharples, S., 2011, Developing sustainable residential buildings in Saudi Arabia: A case study, *Applied Energy* 88 (2011) 383-391.
- U4E, 2017, United for Energy Efficiency, Country Assessments, Accessed online: <http://united4efficiency.org>.
- United Nations, 2017, United Nations Statistical Data, UN Statistics Division. Accessed August 12. <https://unstats.un.org/unsd/databases.htm>.
- UN-Habitat, 2013, States of Arab Cities 2012, Challenges of Urban Transition, *Report by UN Habitat, United Nations Human Settlements Programme*, Nairobi, Kenya.
- UNEP, 2011, Development of a System of Energy Intensity Indicators for the Egyptian Economy, Report for United Nations Environment Program by Environics, Accessed December 29, 2017, http://www.mdgfund.org/sites/default/files/ENV_STUDY_Egypt_Development%20of%20Energy%20Indicator%20System.pdf.
- UNFCCC, 2013, Standardized Baselines, accessed 3rd February 2013.
- UN Environment, 2018, United for Efficiency (U4E) country assessment reports. Available from <https://united4efficiency.org/countries/country-assessments/>.
- Ürge-Vorsatz, D., and others 2013, Best Practice Policies for Low Carbon & Energy Buildings Based on Scenario Analysis, Centre for Climate Change and Sustainable Policy (3CSEP) for the Global Buildings Performance Network, Paris, France.
- USAID, 2008, Housing Study for Urban Egypt, final Report, Washington, DC, Accessed December 27, 2017. http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnady276.pdf.
- USGBC, 2017, List of LEED Projects, US Green Building Council, Accessed on 12/27/2017. <http://www.usgbc.org/projects>.
- WBG, 2016, Energy-Efficient Air Conditioning: A Case Study of the Maghreb, Opportunities for a more efficient market, by E. Khalfallah, R. Missaoui, S. El Khamlichi, and H. Ben Hassine. Mena Energy Series, No. 105360. Washington D.C.: World Bank Group.
- World Bank, 2017, World Development Data. Accessed August 25. <http://databank.worldbank.org/data/home.aspx>.

