



كفاءة الطاقة وترشيدها





منشورات جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

كفاءة الطاقة وترشيدها

الدكتور

محمد هاشم أبو الخير

أستاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية

الدكتور

محمد قرضاب

أستاذ في قسم هندسة الطاقة الكهربائية

الدكتور

محمد صالح الأيوبي

أستاذ مساعد في قسم هندسة الطاقة الكهربائية

جامعة دمشق



الفهرس

المحتويات	الصفحة
<u>المقدمة</u>	19
<u>الفصل الأول:</u>	
مؤشرات إنتاج الطاقة في الجمهورية العربية السورية واستهلاكها	23
1-1 مؤشرات إنتاج الطاقة في سورية واستهلاكها	25
2-1 الاستهلاك القطاعي للطاقة	29
3-1 كثافة استهلاك الطاقة الأولية والطاقة الكهربائية	30
<u>الفصل الثاني:</u>	
مفهوم إدارة الطلب على الطاقة وضرورتها	39
1-2 مفهوم إدارة الطلب على الطاقة	41
2-2 ضرورات تطبيق برامج إدارة الطلب على الطاقة	42
<u>الفصل الثالث:</u>	
إجراءات تنفيذ برامج إدارة الطلب على الطاقة	53
1-3 المسح الأولي لاستخدامات الطاقة	56
2-3 المسح التفصيلي لاستخدامات الطاقة	57
3-3 التقرير الفني	61
<u>الفصل الرابع:</u>	
إدارة الأحمال	63
1-4 ماهية إدارة الأحمال	65
2-4 من النتائج الإيجابية لإدارة الأحمال	69
1-2-4 خفض الذروة peak reduction	69
2-2-4 تقليل التكاليف المرتفعة لتوليد القدرة	69
Generation Minimizing high cost power	

69	3-2-4- طرح الحمل Load shedding
69	4-2-4- تشغيل الأحمال المفصولة Cold load pick- up
72	3-4- من الوسائل المساعدة لتطبيق برامج إدارة الأحمال
72	1-3-4- أجهزة القفل المتبادل (Interlocking devices)
72	2-3-4- إشارات الإنذار
72	3-3-4- أجهزة توقع الحمل
	الفصل الخامس:
75	ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها
78	1-5- تجنب الاستهلاك غير الضروري للطاقة
78	1-1-5- في مجال الإنارة
79	2-1-5- في مجال التدفئة والتكييف
81	3-1-5- في مجال تسخين مياه الاستخدام المنزلي
82	4-1-5- في مجال استخدام البرادات والثلاجات
82	2-5- العزل الحراري الفعال لشبكات الطاقة الحرارية
83	1-2-5- في حالة عدم وجود عازل حراري
83	2-2-5- في حالة العزل الحراري للأنبوب
84	3-5- تجنب مسببات زيادة ضياعات الطاقة الكهربائية
85	4-5- استخدام تجهيزات ومعدات عالية الكفاءة
86	1-4-5- في مجال الطاقة الحرارية
86	2-4-5- في مجال الطاقة الكهربائية
88	5-5- خفض ضياعات الطاقة
88	1-5-5- خفض ضياعات الطاقة الحرارية
94	2-5-5- خفض ضياعات الطاقة الكهربائية
94	6-5- تحسين عامل الاستطاعة Power Factor Correction

96	7-5 تعديل شكل الشبكة Network Reconfiguration
96	8-5 الجريان الاقتصادي للاستطاعات في فروع الشبكات الحلقية Economic Loadflow in mesh networks
98	9-5 التشغيل الاقتصادي للمحولات العاملة على التفرع Economic Loading of Transformers Substations
100	10-5 ضبط جودة الطاقة الكهربائية Power Quality Control
100	11-5 الالتزام بالمواصفات المعيارية للتجهيزات الكهربائية Compliance with the International Norms and Standards
	الفصل السادس:
101	تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في القطاعات العليا لإنتاج الطاقة
103	1-6 التقنيات المستخدمة في عمليات إنتاج النفط والغاز الطبيعي
103	1-1-6 تقنيات الاستكشاف
106	2-1-6 تقنيات الاستخراج والتجميع
106	3-1-6 تقنيات نقل النفط والغاز الطبيعي
107	4-1-6 مؤشرات استهلاك الطاقة في عمليات إنتاج النفط والغاز الطبيعي
108	2-6 ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاعي إنتاج النفط والغاز الطبيعي
108	1-2-6 برامج الصيانة الوقائية لضبط عمل المعدات وتحسين كفاءتها
109	2-2-6 تشغيل نظم البخار بكفاءة
109	3-2-6 تشغيل نظم الهواء المضغوط بكفاءة
110	4-2-6 استبدال المعدات القديمة بأخرى ذات كفاءة عالية
111	5-2-6 تعميم استخدام التقنيات المتطورة

- 115 6-3 تفعيل برامج ترشيد الاستهلاك وتحسين الكفاءة في قطاع إنتاج النفط والغاز
- 115 6-3-1 الخطوات الفنية لتنفيذ برامج كفاءة الطاقة
- 116 6-3-2 تفعيل دور شركات خدمات الطاقة القائمة /أو إنشاء شركات وطنية لخدمات الطاقة
- الفصل السابع:
- 117 تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في القطاعات الدنيا لإنتاج الطاقة
- 119 7-1-1 تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في محطات التوليد الكهربائية
- 120 7-1-1-1 العوامل التي تؤثر في تحسين معدلات استهلاك الوقود في المحطات الكهربائية
- 121 7-1-2 العوامل التي ترتبط بظروف التشغيل
- 123 7-1-3 الإجراءات الواجبة لتخفيض نسبة الاستهلاك الذاتي من الطاقة في محطة التوليد الكهربائية
- 124 7-1-4 الإجراءات الواجب اعتمادها لتخفيض الآثار البيئية لمحطات التوليد الكهربائية
- 128 7-1-5 ترشيد كفاءة نظم توزيع الطاقة الكهربائية ورفعها (Distribution systems)
- 129 7-1-6 تخفيض الضياعات في استهلاك الطاقة في شبكات توزيع الكهرباء
- 130 7-2 تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في مصافي تكرير النفط
- 130 7-2-1 إجراءات لا تتطلب استثمارات كبيرة

131 7-2-2- إجراءات تتطلب استثمارات كبيرة

الفصل الثامن:

133 ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الصناعة

135 8-1- دور قطاع الصناعة في التنمية

137 8-2- واقع استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي ومؤشراته

137 8-2-1 - حصة قطاع الصناعة من الاستهلاك النهائي للطاقة في الدول

العربية

138 8-2-2- مؤشرات استهلاك الطاقة في عدد من الصناعات في سورية

والدول العربية

143 8-2-3- كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية في الدول

العربية

145 8-2-4- الاستهلاك النوعي للطاقة في عدد من الصناعات التحويلية في

عدد من الدول العربية والعالمية

146 8-3- فرص ترشيد كفاءة الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية

وتحسينها

149 8-4- إجراءات تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتغذياته في قطاع

الصناعات التحويلية

149 8-4-1- الإجراءات اللازمة لبرامج تحسين كفاءة استخدام الطاقة

150 8-4-2- التقنيات الموائمة للترشيد وتحسين كفاءة الطاقة في قطاع

الصناعات التحويلية

154 8-5- التجارب العالمية في مجال الترشيد وتحسين كفاءة الطاقة في

القطاع الصناعي

156 8-6- ترشيد كفاءة استخدام الطاقة وتحسينها في عدد من الصناعات

الكثيفة الاستهلاك للطاقة

- 157 1-6-8 صناعة الإسمنت
- 160 2-6-8 صناعة الحديد والصلب
- 161 3-6-8 صناعة الأسمدة
- 164 4-6-8 صناعة الزجاج

الفصل التاسع:

- 167 تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في قطاع الأبنية
- 170 1-9 فرص تحسين الكفاءة وترشيد استهلاك الطاقة مرتبطة بالبناء نفسه
- 170 1-1-9 تصميم البناء
- 171 2-1-9 تنفيذ الغلاف الخارجي للبناء
- 172 2-9 فرص تحسين الكفاءة وترشيد استهلاك الطاقة تتعلق بالأجهزة والنظم المستهلكة للطاقة في البناء
- 175 3-9 فرص ترشيد استهلاك الطاقة المرتبطة بالإنسان الذي يستثمر أو يقطن البناء
- 176 4-9 تحديد أولويات خيارات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الأبنية في الدول العربية
- 177 1-4-9 العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية
- 180 2-4-9 انتقال الحرارة في العناصر الإنشائية للأبنية واختزانها فيها
- 182 3-4-9 مجال الراحة في البناء (Comfort Zone)
- 184 4-4-9 المواد العازلة للحرارة التي تستخدم في عزل الأبنية
- 194 5-9 تطبيقات استخدام مواد العزل الحراري في الأبنية
- 195 6-9 الوفرة في الطاقة المحقق من جراء العزل الحراري للأبنية
- 195 1-6-9 تحسين الوضع الحراري للعناصر الإنشائية باستخدام العزل الحراري

199	2-6-9- الوفر في الطاقة الحرارية المكتسبة و المتسربة من شقة سكنية مكونة من طابق واحد
	<u>الفصل العاشر :</u>
201	دور تحسين كفاءة نظم الإنارة في ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية
204	1-10- المصابيح المستخدمة في الإنارة
204	1-1-10- المصابيح الكهربائية العادية
207	2-1-10- المصابيح الكهربائية الموفرة للطاقة Energy Saving Lamp
210	3-1-10- مصابيح الانفراج ذات الكفاءة العالية (HID)
210	4-1-10- الملفات الخائفة (كابحات التيار) الموفرة للطاقة (Ballast)
211	5-1-10- الحواكس اللمعة
211	2-10- استخدام الإنارة الموفرة للطاقة في الأبنية الحديثة
211	1-2-10- شدة الإنارة
212	2-2-10- توزيع الضوء
212	3-2-10- اختيار أجهزة الإنارة
215	3-10- تحسين كفاءة طاقة الإنارة في الأبنية القائمة
215	1-3-10- تدقيق طاقة الإنارة
218	2-3-10- تنفيذ التوصيات
218	3-3-10- إدارة طاقة الإنارة
218	4-10- اقتصاديات الإنارة (Lighting Economics)
219	5-10- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة الأبنية السكنية
219	1-5-10- تغيير مصابيح الإنارة العادية بمصابيح موفرة للطاقة
221	2-5-10- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة شقة سكنية

- 222 10-5-3- دراسة مقارنة لترشيد طاقة الإنارة في الأبنية السكنية
- 225 10-6- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة الأبنية التجارية
- 226 10-7- دراسة حالة تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة مجمع تجاري بشكل عام
- 227 10-7-1- تجهيزات الإنارة المستخدمة في المجمع التجاري
- 227 10-7-2- فرص ترشيد استهلاك طاقة الإنارة في المجمع التجاري
- الفصل الحادي عشر:**
- 233 ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع النقل
- 236 11-1- ترشيد استهلاك الوقود في وسائل النقل الطرقي
- 236 11-1-1- طرق ترشيد استهلاك الوقود وإجراءاته في وسائل النقل الطرقي المستعملة
- 238 11-1-2- ترشيد استهلاك الطاقة في وسائل النقل الطرقي الجديدة (اقتراحات اختيار سيارة جديدة وشراؤها)
- 239 11-2- ترشيد استهلاك الطاقة في وسائل النقل الجوي والبحري والقطارات
- 239 11-3- الوضع الراهن والاتفاق التقنية لترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النقل
- 239 11-3-1- الوضع الراهن
- 240 11-3-2- التوجه العالمي لترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النقل
- 240 11-3-3- تحسين كفاءة تقنيات النقل
- الفصل الثاني عشر:**
- 247 ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الزراعة
- 250 12-1- تقنيات الاستهلاك المباشر للطاقة في قطاع الزراعة
- 250 12-1-1- الجرارات الزراعية

250	12-1-2- آلات الري
250	12-1-3- الآلات الزراعية الأخرى
251	12-1-4- آلات استصلاح الأراضي
251	12-2- استهلاك غير المباشر للطاقة
252	12-3- طرق ترشيد استهلاك الطاقة في القطاع الزراعي
252	12-3-1- ترشيد استهلاك الطاقة في العمليات الزراعية
252	12-3-2- ترشيد استهلاك الأسمدة الكيماوية
253	12-3-3- تحسين كفاءة عمل الجرارات وتصنيعها
254	12-3-4- الفلاحة السطحية
254	12-3-5- تحسين نظم الري
254	12-3-6- اختيار نظم التجفيف الأكفأ
255	12-3-7- تحقيق كفاءة أفضل في مجال الإنتاج الحيواني
255	12-3-8- تحسين وضع الزراعة المحمية
	<u>الفصل الثالث عشر:</u>
257	دراسة حالة تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في الجمهورية العربية السورية
259	13-1- تقدير توزيع استهلاك الطاقة الكهربائية في القطاع المنزلي السوري على مختلف الخدمات
259	13-1-1- الإنارة
259	13-1-2- تسخين المياه
260	13-1-3- التدفئة بالكهرباء
260	13-1-4- التكييف
261	13-1-5- التلاجات والمجمدات
261	13-1-6- المراوح

- 262 7-1-13- الطبائحات الكهربائية
- 262 8-1-13- التناقل
- 262 9-1-13- التجهيزات الكهربائية الأخرى
- 263 2-13- فرص ترشيد استهلاك الطاقة وإمكاناته في الإنارة في الجمهورية العربية السورية
- 263 1-2-13- فرص ترشيد استهلاك الطاقة وإمكاناته في إنارة الأبنية السكنية
- 267 2-2-13- اقتراح خطة ترشيد استهلاك الطاقة في إنارة الأبنية السكنية من خلال استبدال مصابيح الإنارة
- 269 3-13- إمكانات ترشيد استهلاك الطاقة وفرصه في تسخين مياه الخدمات
- 269 4-13- فرص ترشيد استهلاك الطاقة من خلال تحسين كفاءة التلاجات (البرادات)
- 270 5-13- إجراءات التحفيز على ترشيد كفاءة استهلاك الطاقة وتحسينه
- 270 1-5-13- في مجال السياسات والتشريعات
- 271 2-5-13- في مجال مواصفات وأدلة العزل الحراري للعلاف الخارجي للأبنية وتخفيض حمل التدفئة والتكييف
- 271 3 5-13- في مجال مواصفات أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة والأجهزة الكهربائية المنزلية
- 271 4-5-13- في مجال السلوك اليومي للأمر
- 272 5-5-13- في مجال التوعية والتدريب
- القسم التطبيقي
- 275 تطبيقات عملية ميدانية في إدارة الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها

279	1- نماذج استمارات تدقيق الطاقة الأولي والتفصيلي المعتمدة في المركز الوطني لبحوث الطاقة
279	1-1- نموذج استمارة تدقيق طاقة أولي
279	1-1-1- وصف المنشأة
279	1-1-2- استهلاك الطاقة في المنشأة
280	1-1-3- وصف الشبكة الكهربائية
280	1-1-4- نظام توزيع البخار
281	1-1-5- نظام الإنارة
282	1-1-6- نظام المحركات الكهربائية
283	1-1-7- أنظمة أخرى
283	1-1-8- إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة التي نفذتها الشركة سابقاً
284	1-1-9- التوصيات والمقترحات
284	2- نموذج استمارة تدقيق طاقة تفصيلي
284	1-2-1- معلومات عامة
285	2-2-1- بين نوع النشاط في المنشأة حسب تصنيفها، واذكر أهم المنتجات التي تنتجها.
285	3-2-1- متى تم البدء بتشغيل المنشأة ؟ وفي حال تم إجراء توسيع أو تحديث على المنشأة يرجى ذكره مع التاريخ
285	4-2-1- ما هو عدد العاملين في المنشأة حسب الاختصاص ؟ (اكتب الرقم في المربع)
285	5-2-1- أوقات العمل في المنشأة
286	6-2-1- يرجى تقديم مخطط يوضح الموقع العام للمنشأة وتوضع الأبنية ضمن المنشأة.

286	1-2-7- يرجى تقديم مخطط صندوقي يوضح مراحل العملية الإنتاجية في المنشأة.
286	1-2-8- بيانات الإنتاج في المنشأة لعام
286	1-2-9- بيانات استهلاك الطاقة والمياه
290	1-2-10- بيانات النظم الكهربائية
295	1-2-11- بيانات نظام توليد البخار وتوزيعه
300	1-2-12- بيانات نظام الأفران والهواء المضغوط ووحدات التبريد
304	2- دراسات حالة تدقيق طاقة أولي وتفصيلي
304	1-2-1- تقرير حالة تدقيق طاقة أولي للشركة الأهلية للغزل والنسيج معمل 2/ تشرين أول 2007
304	2-1-1- وصف الشركة : الشركة الأهلية للغزل والنسيج معمل 2
304	2-2-1- استهلاك الطاقة في المنشأة
305	2-3-1- استهلاك الطاقة في المنشأة
305	2-4-1- نظام توزيع البخار
306	2-5-1- نظام الإنارة
306	2-6-1- نظام المحركات الكهربائية
307	2-7-1- إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة التي نفذتها الشركة سابقاً
307	2-8-1- النتيجة والمقترحات
308	2-2- تدقيق طاقة تفصيلي الشركة العربية السورية للألبان ومشتقاتها/معمل دمشق
308	2-2-1- الوصف العام للمنشأة
310	2-2-2- استهلاك الطاقة في المنشأة
315	2-3-2- مؤشر استهلاك الطاقة
328	2-4-2- فرص ترشيد استهلاك الطاقة

351	3-2- دراسة وضع استهلاك الطاقة الكهربائية في الشركة السورية للأكبسة الجاهزة (وسيم)
351	2-3-1- الملخص
352	2-3-2- الوصف العام للشركة السورية للأكبسة الجاهزة (وسيم)
352	2-3-3- وصف الشبكة الكهربائية المغذية للشركة
353	2-3-4- استهلاك الطاقة الكهربائية في الشركة
354	2-3-5- القياسات الكهربائية
357	2-3-6- تحسين عامل الامتطاعة
358	2-3-7- التقييم المالي لتركيب المكثفات
359	2-3-8- التعرف الثلاثية
360	2-4- دراسة تركيب مكثفات تحسين عامل الامتطاعة في مستشفى دمشق
360	2-4-1- الملخص
361	2-4-2- الوصف العام لمستشفى دمشق
362	2-4-3- وصف الشبكة الكهربائية المغذية للمستشفى
362	2-4-4- استهلاك الطاقة الكهربائية في المستشفى
372	2-4-5- القياسات الكهربائية
375	2-4-6- تحسين عامل الاستطاعة
375	2-4-7- التقييم المالي لتركيب المكثفات
376	2-5- دراسة حالة - الجامع الأموي
377	2-5-1- تحليل النتائج وحساب الوفر
378	2-5-2- حسابات الوفر
379	3- التجهيزات الخاصة بقياس مؤشرات استهلاك الطاقة في المنشآت
385	المراجع



مقدمة

تعد الطاقة، بمختلف أشكالها، من الدعائم الأساسية لتحقيق برامج التنمية المستدامة في جميع المجالات الاقتصادية والاجتماعية، وإن تحقيق التنمية المستدامة يتطلب إدارة ذات كفاءة لموارد الطاقة واستخدام تقنيات حديثة نظيفة ببنياً ومقبولة اقتصادياً واجتماعياً لاستغلال هذه الموارد.

من هنا تبرز أهمية العمل على ترشيد استهلاك الطاقة، بشكلها الحراري والكهربائي، والحد من هدرها من خلال الاستهلاك العقلاني لها وتحسين كفاءة استخدامها في مختلف القطاعات من السكنية والخدمية إلى الزراعية والصناعية.

لقد اختلفت موضوعات هذا الكتاب لتلقي الضوء بشكل كاف على المنهجيات اللازمة إتباعها والتدابير والإجراءات الواجب اتخاذها لتحقيق الاستهلاك العقلاني للطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في مختلف مراحل المنظومة الطاقية بدءاً من القطاعات العليا لإنتاج الطاقة، وانتهاءً بالمستهلك النهائي (end user).

يضم الكتاب ثلاثة عشر فصلاً وقسماً تطبيقياً.

يبدأ **الفصل الأول** ببيان واف لمؤشرات إنتاج الطاقة واستهلاكها في الجمهورية العربية السورية لمختلف أنواع مصادر الطاقة : أحفورية وبديلة ومتجددة، وفي مختلف قطاعات الاستهلاك. يتطرق بعدها إلى كثافة استهلاك كل من الطاقة الأولية والطاقة الكهربائية في سورية، مبيناً سلامة إنتاج واستهلاك الطاقة في القطاعات العليا والدنيا في نظام الطاقة.

ويبين **الفصل الثاني** مفهوم إدارة الطلب على الطاقة (DSM) وضرورتها البيئية والاقتصادية والاجتماعية مشدداً على أن تطبيق منهجيات إدارة الطلب على الطاقة في مختلف قطاعات الاستهلاك هو الخيار الأنجع للحد من الإضرار بالبيئة والمناخ ما دام الاعتماد على الوقود الأحفوري للحصول على الطاقة "الرخيصة" قائماً.

ويبحث الفصل الثالث في إجراءات برامج إدارة الطلب على الطاقة منظمياً إياها في خطة عمل مؤلفة من ثلاث مراحل ميدانية تنتهي بتحديد مكامن فرص ترشيد الاستهلاك والتوصيات المناسبة لاستغلال هذه الفرص.

ويعرض الفصل الرابع لتقنيات إدارة الأحمال (LM) الشق الثاني من برامج إدارة الطلب على الطاقة المتعلق بحمل المستهلك النهائي وكيفية التحكم به بهدف تحسين خصائص استهلاك هذا الحمل لينعكس إيجابياً على المنظومة الطاقية كلها من الناحيتين البيئية والاقتصادية.

أما الفصل الخامس فيتطرق بشيء من التفصيل إلى الإجراءات العملية لتطبيق منهجيات ترشيد استهلاك الطاقة والحد من هدرها بهدف الوصول إلى الاستهلاك العقلاني في مختلف أوجه استخدام الطاقة، بشكلياتها الحراري والكهربائي، وفي مختلف قطاعات الاستهلاك من المنزلي والخدمي إلى التجاري والصناعي.

ويدرّس الفصل السادس التقنيات المستخدمة في القطاعات العليا لإنتاج الطاقة، وتحديدًا في قطاع النفط والغاز الطبيعي، والتدابير المستخدمة في تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في جميع العمليات المستخدمة في هذا القطاع من تنقيب واستكشاف واستخراج وتجميع ونقل.

أما الفصل السابع فيتناول تدابير تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في القطاعات النخبة لإنتاج الطاقة، ألا وهي محطات التوليد الكهربائية ومصافي تكرير النفط، حيث يبحث في العوامل التي تؤدي إلى خفض معدل استهلاك الوقود لمحطات التوليد من جهة، إلى خفض الاستهلاك الذاتي من جهة أخرى. كما يبحث هذا الفصل في التدابير اللازمة لتخفيض استهلاك الطاقة في مصافي تكرير النفط من رفع مردود الأفران والمراجل إلى تحسين تقنيات استرجاع الطاقة من الغازات العادمة.

ويبحث الفصل الثامن في تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في القطاع الصناعي، حيث يتطرق أولاً إلى تحديد فرص ترشيد استهلاك الطاقة في هذا القطاع الذي يعد من أكثر القطاعات المستهلكة للطاقة في الدول العربية، وذلك من خلال

دراسة مسحية موثقة لمؤشرات استهلاك الطاقة لأهم الصناعات الشائعة في الدول العربية وكثيفة الاستهلاك للطاقة وفي مقدمتها صناعة الإسمنت وصناعة الحديد وصناعة الأسمدة وصناعة الزجاج، يتطرق بعدها إلى الإجراءات والتدابير الواجب إتباعها لاستغلال فرص الترشيد هذه وتحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذا القطاع المهم والأكثر نمواً في المنطقة العربية.

ويتناول **الفصل التاسع** مسألة تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في قطاع الأبنية، حيث يبحث في فرص ترشيد الاستهلاك مصنفاً إياها إلى فرص تتعلق بالبناء نفسه من شكل هندسي وموقع وتوجيه، وفرص تتعلق بالتجهيزات الموجودة فيه والمستهلكة للطاقة، وفرص مرتبطة بالإنسان شاغل البناء. ينتقل بعدها إلى تحديد أولويات خيارات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الأبنية في الدول العربية متوصلاً إلى الأولويات الثلاث : العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية، واستخدام أجهزة إنارة ذات كفاءة عالية، والإدارة الكفية لاستهلاك الطاقة في الأبنية.

ويبحث **الفصل العاشر** في دور تحسين كفاءة نظم الإنارة في ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية وذلك من خلال استخدام الإنارة الموفرة للطاقة في الأبنية القائمة والأبنية الحديثة سواء أكانت أبنية سكنية أم تجارية.

ويعرض **الفصل الحادي عشر** إلى ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع النقل سواء في وسائل النقل الطرقي قديمة كانت أم حديثة والتوجه العالمي لترشيد استهلاك الطاقة في هذا القطاع بالإضافة إلى تحسين كفاءة النقل.

ويبحث **الفصل الثاني عشر** في ترشيد كفاءة الطاقة وتحسينها في قطاع الزراعة سواء من خلال تقنيات الاستهلاك المباشر للطاقة في هذا القطاع أو الاستهلاك غير المباشر، ويعرض إلى طرق ترشيد استهلاك الطاقة في القطاع الزراعي.

ويقدم **الفصل الثالث عشر** دراسة حالة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في الجمهورية العربية السورية، حيث يعرض فرص ترشيد استهلاك الطاقة وإمكاناتها

في الإنارة وفي تحسين مياه الخدمات وفي التلاجات والمجمدات بالإضافة إلى إجراءات التحفيز على ترشيد الاستهلاك وتحسين كفاءته.

و تضمن الكتاب قسماً تطبيقياً ضم تطبيقات عملية ميدانية في إدارة الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها، فقد تم عرض نماذج استمارات تدقيق الطاقة الأولي والتفصيلي المعتمدة في المركز الوطني لبحوث الطاقة بالإضافة إلى أمثلة تطبيقية لتقارير تدقيق طاقة لعدد من النماذج العملية لتدقيق طاقة أولي للشركة الأهلية للغزل والنسيج معمل 2 وتدقيق طاقة تفصيلي للشركة العربية السورية للألبان ومشتقاتها/معمل دمشق صناعية وتدقيق طاقة في الشركة السورية للألبسة الجاهزة وتدقيق طاقة في مشفى دمشق. كما ضم الكتاب في صفحاته الأخيرة الأجهزة التي تستخدم في قياسات تدقيق الطاقة سواء كانت للقيم الميكانيكية أو للقيم الكهربائية.

نرجو أن يكون قد غطى هذا الكتاب المواضيع المختلفة لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءتها في القطاعات المنتجة والمستهلكة للطاقة كافة ويستفيد منه الطلاب والباحثون وأن يكون مرجعاً علمياً في هذا المجال.

والله من وراء القصد

المؤلفون

الفصل الأول

مؤشرات إنتاج الطاقة واستهلاكها في
الجمهورية العربية السورية



تعد الطاقة عنصراً أساسياً في تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية ولكي تتحقق تنمية مستدامة لا بد بالإضافة إلى ذلك من أخذ الاعتبارات البيئية بالحسبان. إن قطاع الطاقة من أهم القطاعات التي تسهم إسهاماً إيجابياً في تحقيق التنمية الاقتصادية والاجتماعية، فهو يوفر احتياجات التنمية من مصادر الطاقة الأولية والكهرباء المقدمة إلى القطاعات الاقتصادية والخدمية المختلفة. كما أن العائدات التي تحققها موارد النفط والغاز من أهم مصادر الدخل القومي. لذا نظراً للدور الحيوي المهم الذي تؤديه الطاقة في دعم خطط وبرامج التنمية فهي أحد المجالات الأساسية التي تنصير اهتمامات العالم. ولقد حددت لجنة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة في بداية الألفية الثالثة القضايا الخمس التالية لاستخدام الطاقة من أجل تحقيق التنمية المستدامة وهي :

- تعزيز إمدادات الطاقة، وخاصة للمناطق الريفية البعيدة والمحرومة
- تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها
- تنمية استخدام مصادر الطاقات المتجددة ونشر تطبيقاتها
- العمل على توفير تقنيات متطورة للوقود الأحفوري الأنظف
- العمل على تخفيف آثار الطاقة على البيئة وخاصة في قطاع النقل

1-1- مؤشرات إنتاج الطاقة واستهلاكها في سورية

يشكل النفط الخام والغاز الطبيعي المصدرين الرئيسيين للطاقة الأولية في سورية، بالإضافة إلى الطاقة الكهرومائية واحتياطيات من الحجر الزيتي. وقد بلغت احتياطيات النفط الخام في عام 2006 ما مقداره 3,2 مليار برميل واحتياطيات الغاز الطبيعي 290 مليار م³، بلغ إنتاج النفط الخام 415 ألف برميل/ يوم عام 2005 ،

و 377 ألف برميل/ يوم عام 2006، وبلغ إنتاج الغاز الطبيعي المسوق 4,32 ألف برميل م.ن./ يوم عام 2005، و 4,46 ألف برميل م.ن./ يوم عام 2006⁽¹⁾.
يبين الجدول (1-1) تطور مؤشرات إنتاج الطاقة واستهلاكها في سورية خلال الفترة 2005-2007 حيث بلغ إجمالي استهلاك الطاقة الأولية في عام 2007 ما مقداره 23,5 مليون طن مكافئ نפט (م.ط.م.ن.) استهلك منها 17,5 م.ط.م.ن. على شكل مشتقات نفطية و 4,5 م.ط.م.ن. على شكل غاز طبيعي.

الجدول (1-1) مؤشرات تطور استهلاك الطاقة في سورية في الفترة

2007-2005

البند	2005	2006	2007 ²
إجمالي استهلاك الطاقة الأولية (م. ط. ن. م.)	19,16	20,4	23,5
• استهلاك المشتقات النفطية (م.طن.م.)	13,36	14,46	17,5
• استهلاك الغاز الطبيعي (م.طن.م.)	4,32	4,46	4,5
• استهلاك الطاقة الكهربائية (م.طن.م.)	0,88	0,88	0,9
• استهلاك طاقة الكتلة الحيوية (م.طن.م.)	0,60	0,60	0,6
الطلب على الطاقة الكهربائية (ج.و.م.)	34934	37504	42200
عدد السكان (مليون نسمة)	17,793	18,138	19,400
الناتج المحلي الإجمالي ³ (مليون دولار) GDP	25092		33192

¹ التقرير الإحصائي السنوي لمنظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول لعام 2007

² المصدر ورقة السيد وزير الكهرباء في ج ع م إلى ندوة خطة الطاقة الشمسية لسدول البحر المتوسط باريس/فرنسا تشرين الثاني/ نوفمبر 2008

³ الناتج المحلي الإجمالي في سورية 27 مليار يورو وافترض سعر صرف اليورو 1,229 \$/يورو

708		746	كثافة استهلاك الطاقة غ.م.ن./دولار من GDP
1211	1077	1110	نصيب الفرد من الطاقة الأولية (كغ.م.ن./فرد)
2175	2067	1963	نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية (ك.و.س./فرد)
	7075	7075	القدرة الكهربائية المركبة (م.و.)
	6739	6008	الحمل الكهربائي الأقصى (م.و.)
	37504	24934	الطاقة الكهربائية المولدة (ج.و.س.)
	28333		الطاقة الكهربائية المستهلكة (ج.و.س.)
	1,324	1,331	نسبة الطاقة المولدة إلى الطاقة المستهلكة

ومن المتوقع أن يصبح الطلب على الطاقة في عام 2010 ما مقداره 26 مليون طن مكافئ نغظ وفي عام 2015 ما مقداره 34 مليون ط.م.ن.، وفي عام 2020 ما مقداره 45 مليون ط.م.ن.، وفي عام 2025 ما مقداره 55 مليون ط.م.ن. ويصل الطلب إلى 65 مليون ط.م.ن. في عام 2030 وذلك إذا استمر نمو الطلب على الطاقة كما هو دون ترشيد الاستهلاك وتحسين كفاءة استخدام الطاقة.

الجدول (2-1) الطلب على الطاقة في العالم وبعض المؤشرات الهامة خلال

عام 2008

عدد السكان	6800	مليون نسمة
الطلب الكلي على الطاقة	12379	مليون طن نفط مكافئ
مشتقات النفط	3928	
الغاز الطبيعي	2726	
الطاقة الكهرومائية	718	
الوقود التقليدي (الكتلة الحيوية)	972	
الفحم الحجري	3304	
الطاقة النووية	718	
الطاقات المتجددة	112	
الطاقة الكهربائية المنتجة	200202	مليار ك.و.س
غازات الدفيئة الناتجة عن استخدامات الطاقة	33423	مليون طن (CO2) مكافئ
الناتج المحلي الإجمالي	60115	مليار دولار
الكثافة الطاقية للاقتصاد	206	كغ نفط مكافئ/ألف دولار تقريباً من الناتج المحلي الإجمالي
نصيب الفرد من جميع مصادر الطاقة	1820	كغ نفط مكافئ/س/سنوياً
نصيب الفرد من الطاقة الكهربائية	2970	ك.و.س/سنوياً
نسبة مساهمة الطاقة الكهربائية في ميزان الطاقة	41	%

2-1- الاستهلاك القطاعي للطاقة

تستهلك الطاقة في قطاعات الاستهلاك النهائي، التي هي قطاع الأبنية (الأبنية السكنية والأبنية التجارية) وقطاع الصناعة وقطاع النقل ثم قطاع الزراعة ويأتي القطاعات الأخرى، وذلك إما على شكل مشتقات بترولية أو على شكل طاقة كهربائية. وقد بلغت قدرة مصافي تكرير النفط في سورية في عام 2005 ما مقداره 245 ألف ب.م.ن يومياً وبلغ إجمالي استخدام الطاقة في هذه المصافي في نفس العام 331 ألف ب.م.ن يومياً.

ويبلغ إجمالي إنتاج المصافي في نفس العام 229,7 ألف ب.م.ن يومياً حيث أنتجت المصافي المشتقات التالية :

4,7 ألف برميل/ يوم من غاز البترول المسال
17,5 ألف برميل/ يوم من النافثا
23,4 ألف برميل/ يوم من الغازولين
8 ألف برميل/ يوم من الكيروسين ووقود الطائرات
74,9 ألف برميل/ يوم من الديزل (المازوت)
79,3 ألف برميل/ يوم من زيت الوقود الثقيل
21,8 ألف برميل/ يوم من المشتقات النفطية الأخرى (كإسفلت والشحوم وفحم الكوك وغيرها).

بينما استهلكت سورية في عام 2005 المشتقات النفطية التالية :

22,9 ألف برميل/ يوم من غاز البترول المسال

- - ولم تستهلك شيئاً من النافثا

25,2 ألف برميل/ يوم من الغازولين

2,3 ألف برميل/ يوم من الكيروسين ووقود الطائرات (2,1 + 1,1)

131 ألف برميل/ يوم من الديزل

59,6 ألف برميل/ يوم من زيت الوقود الثقيل

2,2 ألف برميل/ يوم من المشتقات النفطية الأخرى

يبين الجدول (1-3) تطور استهلاك الطاقة الكهربائية في قطاعات الاستهلاك النهائي:

الجدول (1-3) تطور استهلاك الطاقة الكهربائية في قطاعات الاستهلاك النهائي

النسبة %	عام 2007	النسبة %	عام 2006	النسبة %	عام 2005	القطاع
		30,8	8725	32	8396	قطاع الصناعة (ج.و.س)
		49,3	13972	47,9	12574	قطاع الأبنية السكنية (ج.و.س)
		13,9	3936	13,9	3642	قطاع الأبنية التجارية (ج.و.س)
		6,0	1700	6,2	1627	قطاع الزراعة والقطاعات الأخرى (ج.و.س)

حيث يتضح أن قطاع الأبنية بشقيه السكنية والتجارية هو القطاع الأكثر استهلاكاً للطاقة الكهربائية.

3-1- كثافة استهلاك الطاقة الأولية و الطاقة الكهربائية

تتعلق كمية الطاقة المستهلكة، لكل وحدة نشاط اقتصادي، بالكفاءة التي تستهلك بها من أجل تقديم خدمات الطاقة في الاقتصاد. ومع ازدياد كلفة توفر مصادر الطاقة وتغنياتها، والارتفاع النسبي لتكلفة إنتاجها ونقلها وتوزيعها واستخدامها، وفي إطار التكامل بين

الطاقة والتنمية، فقد تصاعد الوعي العالمي بالحاجة إلى ترشيد الطاقة ورفع كفاءة إنتاجها ونقلها وتوزيعها واستخدامها. إذ إن تخفيض كمية الطاقة اللازمة لوحدة النشاط الاقتصادي مع المحافظة على المستوى الفني للخدمات، يؤدي إلى زيادة في المردود الاقتصادي، والمساهمة في التنمية المستدامة وتخفيض الآثار السلبية البيئية. ولقد أصبح خيار تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها هو الخيار الأهم في المدى المنظور إذ ينظر إليه كبديل عن الإنتاج الجديد لأن ترشيد استهلاك الطاقة، في معظم الحالات إن لم يكن في جميعها، أقل كلفة على الاقتصاد من إقامة منشآت جديدة لإنتاج هذه الطاقة.

تعتبر كثافة استهلاك الطاقة الأولية عن كمية الطاقة الأولية المستهلكة لكل دولار واحد من الناتج المحلي الإجمالي، وبقدر ما تكون قيمة كثافة استهلاك الطاقة الأولية أقل ما يتم استخدام الطاقة بشكل أكثر كفاءة. كما تعتبر كثافة استهلاك الطاقة الكهربائية عن كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة من أجل إنتاج دولار واحد من الناتج المحلي الإجمالي وكذلك بقدر ما تكون كثافة استهلاك الطاقة الكهربائية أقل تكون الطاقة الكهربائية تستهلك بشكل أكثر كفاءة. ومع الإقرار بأهمية توفير احتياجات برامج التنمية الاقتصادية والاجتماعية من مصادر الطاقة، إلا أن استهلاك الطاقة في سورية قد اتسم بالارتفاع المضطرد لمعدلاته وبالكفاءة المنخفضة لاستخدامه، إذ بلغت كثافة استهلاك الطاقة 0,764 كغ م.ن/ دولار من الناتج المحلي الإجمالي في عام 2005 وفي عام 2006 وأصبحت 0,708 كغ م.ن./ دولار من الناتج المحلي الإجمالي في عام 2007، وهذا يساوي 2,55 ضعف و 2,36 ضعف المتوسط العالمي على الترتيب، مما يعكس انخفاض العائد الاقتصادي لاستهلاك الطاقة. وبلغ متوسط نصيب الفرد من الطاقة الأولية 1077 كغ م.ن/ فرد في عام 2005، و 1110 كغ م.ن/ فرد في عام 2006،

و 1211 كغ م.ن/فرد في عام 2007 وهذا أقل من المتوسط العالمي لحصة الفرد التي تساوي 1550 كغ م.ن./فرد، ومن الطاقة الكهربائية 1963 ك.و.س./فرد في عام 2005 ، و 2068 ك.و.س./فرد في عام 2006، و 2175 ك.و.س./فرد في عام 2007 وهي قريبة من المتوسط العالمي لحصة الفرد من الطاقة الكهربائية التي تساوي 2192 ك.و.س./فرد.

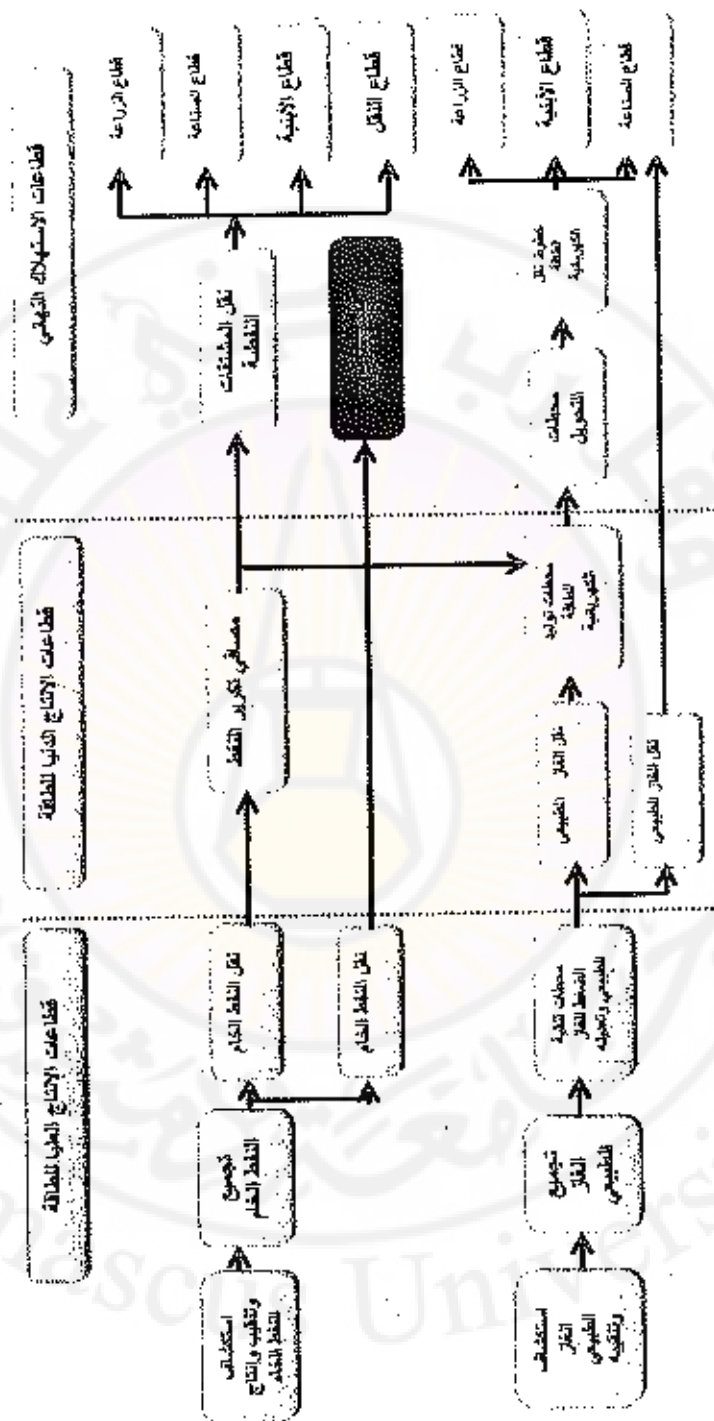
مما تقدم يتبين وجود أفاق كبيرة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في سورية، ويجب بذل جهود كبيرة في هذا المجال للوصول بكثافة استهلاك الطاقة الأولية والطاقة الكهربائية إلى المعدل المتوسطي العالمي على الأقل الذي يساوي 0,3 كغ.م.ن./دولار من متوسط الناتج المحلي الإجمالي في العالم، في حين أن كثافة استهلاك الطاقة في الدول الصناعية وخاصة دول منظمة التعاون والتنمية في الميدان الاقتصادي (OECD) لا تتجاوز 0,23 كغ.م.ن./دولار من الناتج المحلي الإجمالي .

يوضح الشكل (1-1) سلسلة إنتاج الطاقة في نظام الطاقة واستهلاكها الذي يوضح أكثر في قطاعات ثلاث في الشكل (2-1) هي : القطاعات العليا لإنتاج الطاقة التقليدية (النفط والغاز الطبيعي) والقطاعات الدنيا لإنتاج الطاقة النهائية ممثلة بمصافي تكرير النفط ومحطات توليد الكهرباء ثم قطاعات الاستهلاك النهائي للطاقة. بينما يوضح الشكل (3-1) قطاعات الإنتاج العليا والدنيا للطاقات المتجددة والبديلة.

عند الحديث عن الترشيد ورفع كفاءة الاستخدام، فهذا لا يعني خفض مستوى خدمات الطاقة على الإطلاق، إذ لا بد من الإشارة إلى ضرورة الحصول على خدمات الطاقة اللازمة والضرورية لاستمرار التطور والنمو. وفي نفس الوقت توجد ضرورة لاستخدام الطاقة المطلوبة بكفاءة عالية للحصول على خدمات الطاقة، مما يفسح المجال أمام الاستثمار الأمثل للموارد المتاحة والحصول على إنتاج أكبر. وبالتالي يمكن

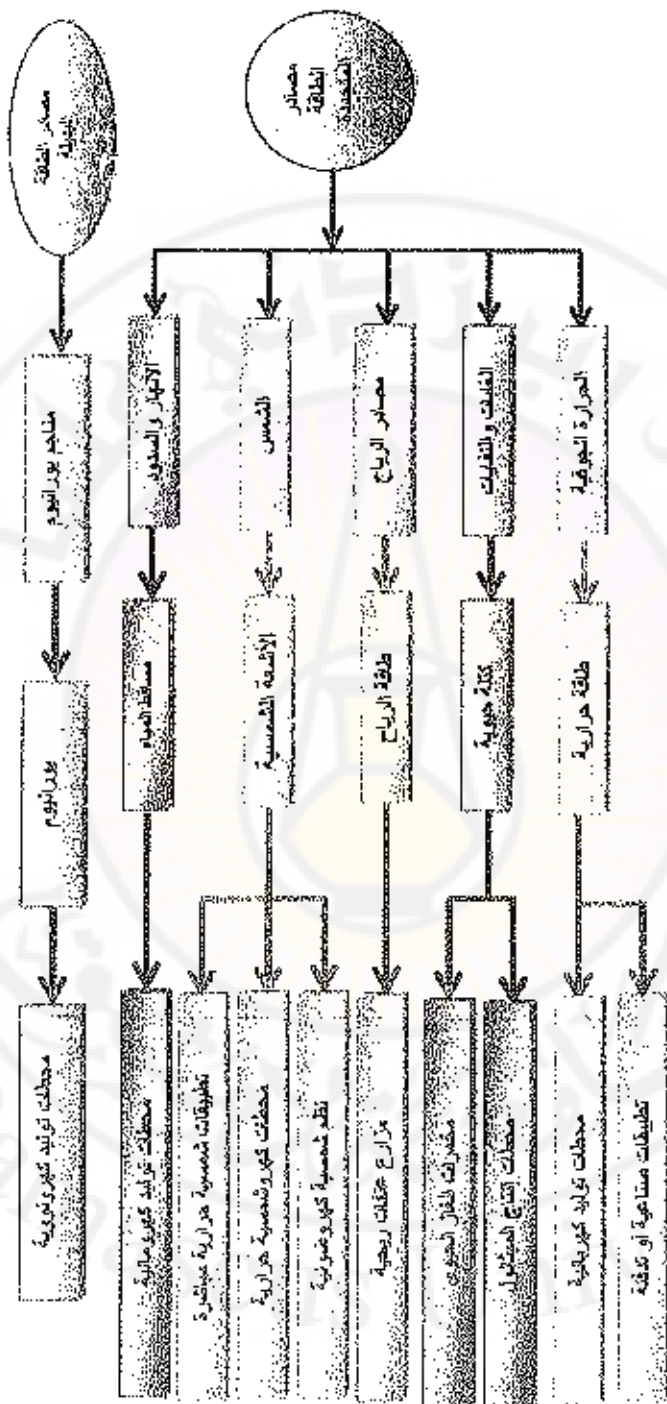
التخفيف من حدة الآثار المتعكسة بين استهلاك الطاقة وإنتاجها، وذلك إما بالحد من الاستهلاك أو بالتحويل إلى خيارات أقدر على دعم أهداف التنمية المستدامة. ويقدم خيار تحسين thxm استخدام الطاقة أوسع الفرص وأوفرها، إذ إنه يوفر إلى حد بعيد آفاقاً وإمكانيات تفوق ما نتجحه تغيير أنماط الاستهلاك والتوجه باتجاه تقنيات جديدة، إضافة إلى الإقلاع عن أنماط الاستهلاك غير العقلانية للطاقة والمتمسمة بالتبذير. وبمعنى آخر، هناك حاجة ملحة، إلى ترشيد استهلاك الطاقة في جميع القطاعات المنتجة والمستهلكة لها.

الشكل (2-1) قطاعات إنتاج الطاقة واستهلاكها في نظام الطاقة



الشكل (3-3) قطاعات الإنتاج العليا والدنيا للطاقات المتجددة والبيدية

حيث تظهر مصادر الطاقة البديلة والمتجددة وتقنيات تحويلها إلى طاقة نهائية في سلسلة الطاقة



إن هدف نظام إنتاج الطاقة واستهلاكها هو تقديم خدمات الطاقة الضرورية لجميع القطاعات الاقتصادية المستخدمة للطاقة، وهي قطاع الأبنية (السكنية والتجارية)، وقطاع الصناعة، وقطاع النقل، وقطاع الزراعة.

وتبدأ سلسلة الطاقة، في نظام إنتاج الطاقة واستهلاكها، بتجميع الطاقة الأولية واستخلاصها من الطبيعة، ثم بتحويلها خلال مرحلة أو عدة مراحل إلى مواد حاملة للطاقة تستخدم في تجهيزات الخدمة النهائية للطاقة لتعطي خدمات الطاقة، حسبما يوضحه الشكل (1-1). وتتوفر في كل مرحلة من مراحل نظام الطاقة، فرصة/ فرص لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

فالمرحلة الأولى هي مرحلة معالجة مصادر الطاقة الأولية واستخلاصها من الطبيعة، المتمثلة بمصادر الطاقة التقليدية (الغاز الطبيعي أو النفط أو الفحم)، أو مصادر الطاقة البديلة (مثل اليورانيوم)، أو مصادر الطاقة المتجددة (مثل الأشعة الشمسية أو مصادر ريحية أو الكتلة الحيوية).

والمرحلة الثانية هي مرحلة استثمار هذه المصادر الأولية من خلال تقنيات متعددة ومتوفرة، منها تقنيات التحويل، لتحويل الطاقة الأولية بواسطة محطات توليد لإنتاج الطاقة الكهربائية باستخدام الغاز الطبيعي أو النفط أو الفحم أو اليورانيوم أو الأشعة الشمسية؛ أو بواسطة مصاف لتكرير النفط للحصول على المشتقات النفطية أو محطات لإنتاج الميثانول من الكتلة الحية؛ ثم تقنيات نقل الطاقة الناتجة في محطات التوليد وتوزيعها والحصول على الكهرباء بواسطة شبكات النقل والتوزيع الكهربائية، أو لتوزيع الغاز الطبيعي على مواقع استهلاكه بواسطة شبكات توزيع الغاز للحصول على الغاز الطبيعي، أو لتوزيع المشتقات النفطية بواسطة صهاريج للحصول على الغاز المسال أو البنزين أو الكيروسين أو الديزل ... إلخ، للحصول على الطاقة النهائية. وتتوفر في كل خطوة مما ذكر فرصة/ فرص لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

والمرحلة الثالثة هي مرحلة استخدام الطاقة النهائية (الكهرباء، والمشتقات النفطية والميثانول) بوسائل الاستخدام النهائي للطاقة وتقنياته، للحصول على خدمات الطاقة في قطاعات الاستهلاك النهائي المختلفة. ويتضح أنه تتوفر، في كل خطوة من الخطوات السابقة، فرصة/فرص لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

الفصل الثاني

مفهوم إدارة الطلب على الطاقة
وضرورتها



2-1- مفهوم إدارة الطلب على الطاقة :

تولدت فكرة إدارة الطلب على الطاقة (DSM) Demand Side Management في منتصف السبعينات من القرن الماضي على إثر أزمة البترول الأولى التي خلفتها حرب الشرق الأوسط عام 1973 والتي عصفت بالاقتصاد العالمي نتيجة لارتفاع الصارخ الذي حدث آنذاك في أسعار النفط.

ومنذ ذلك الوقت بدأ المسؤولون عن الطاقة وجميع المعنيين بإنتاج الطاقة واستهلاكها بالتفكير جدياً بابتداع أساليب فعالة وتقنيات متطورة لخفض تكاليف إنتاج الطاقة من جهة وترشيد استهلاكها والحد من هدرها من جهة أخرى إضافة إلى الإجراءات الكفيلة برفع كفاءة إنتاج الطاقة واستخدامها بمختلف صورها وأشكالها وصولاً إلى الاستخدام الأمثل لها.

وقد أطلق على مجمل هذه الأساليب والتقنيات مصطلح "إدارة الطلب على الطاقة DSM"، ومن ذلك الوقت أصبح تعبير الـ DSM الموضوع الأكثر سخونة واهتماماً في مختلف الدول المتقدمة وبعض الدول النامية، وشاعت تعاريف عدة لمفهوم إدارة الطلب على الطاقة نورد فيما يلي أكثرها دقة وانتشاراً :

- 1- إدارة الطلب على الطاقة هي اتخاذ التدابير اللازمة لتغيير نمط استهلاك الطاقة.
- 2- إدارة الطلب على الطاقة هي التخطيط لتطبيق برامج وتقنيات متطورة في مختلف مجالات استخدام الطاقة بهدف ترشيد استهلاك الوقود دون التعرض لكمية الإنتاج وجودته.
- 3- إدارة الطلب على الطاقة هي التخطيط لتنفيذ مجموعة من الإجراءات التي على مؤسسة الكهرباء القيام بها لحدث المستهلكين على تحسين أنماط استهلاكهم للطاقة الكهربائية بالنسبة لكل من الوقت وقيمة الطلب الأعظمي.
- 4- إدارة الطلب على الطاقة هي مجموعة من البرامج والتقنيات التي تهدف إلى إدارة الأحمال من إزاحة الذروة أو تغيير شكل منحنى الحمل، وكذلك إلى تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها.

5- إدارة الطلب على الطاقة هي كل الإجراءات التي تهدف إلى ترشيد استهلاك الطاقة وإلى إنتاج أكثر بصرف طاقة أقل دون المساس بجودة الإنتاج، أي إلى الاستخدام الأمثل للطاقة بمختلف صورها وأشكالها.

وهكذا فإن المقصود من تعبير "إدارة الطلب على الطاقة" هو اتخاذ جميع التدابير والإجراءات والتقنيات الكفيلة برفع كفاءة المنظومة الطاقية بمجملها بدءاً من تحسين مردود محطات الإنتاج ورفع كفاءتها وانتهاءً بإدارة أحمال المستهلكين (end users) وتحسين كفاءة تجهيزاتهم بهدف ترشيد استهلاك الطاقة والحفاظ عليها والحد من هدرها.

ولابد من الإشارة هنا إلى أهمية الدور الذي يقوم به المستخدم النهائي (المستهلك) وتأثيره المباشر على فعالية أداء برامج إدارة الطلب على الطاقة وما يتطلبه ذلك من تعاون وتنسيق بين الجهات المنتجة والموزعة للطاقة والجهات المستهلكة لها بهدف الوصول إلى الاستخدام الأمثل لمختلف مكونات المنظومة الطاقية سواء على المستوى المحلي أو على المستوى القومي.

2-2- ضرورات تطبيق برامج إدارة الطلب على الطاقة :

إن التزايد السريع الذي شهدناه خلال العقود الثلاثة الماضية الذي يجري حالياً في الطلب على الطاقة اللازمة لجعل الحياة اليومية سهلة وأكثر رفاهية يتطلب المزيد من استهلاك الطاقة بمختلف أشكالها وصورها (وقود، كهرباء، بخار، طاقات متجددة،)، فقد ازداد الطلب العالمي على الطاقة خلال هذه الفترة بما يتجاوز خمسة الأضعاف ومعظم هذه الزيادة كانت على حساب الوقود الأحفوري fossil fuel (النفط والغاز والفحم)، فإضافة إلى محدودية هذه المصادر وكونها آيلة إلى النضوب فإن هناك مشكلتين أساسيتين تحدان بشكل صارم من الاعتماد على الوقود الأحفوري مصدراً أساسياً للطاقة :

1- الارتفاع الصارخ في أسعار النفط الذي تجاوز خلال عام 2007 وبداية عام 2008 حدود المئة دولار للبرميل، ومن المتوقع أن تستمر في الارتفاع كما يوحي بذلك الخبراء المختصون.

2- المشكلة الثانية وهي الأهم والأكثر خطورة التلوث البيئي والإضرار الشديد بالبيئة والمناخ الناجم عن حرق الوقود الأحفوري بمختلف أشكاله. ومن الواضح أن هذه الأمور المبينة أعلاه كافية بحد ذاتها لتفرض ضرورات اعتماد تدابير وتقنيات متطورة لتطبيق برامج إدارة الطلب على الطاقة التي من أهم نتائجها الإيجابية المباشرة :

1. الاقتصاد في استغلال مصادر الطاقة الرخيصة مما يجعلها متوفرة لمدة أطول.
 2. خفض كلفة إنتاج الطاقة بمختلف أشكالها (كهرباء، حرارة، بخار ،) .
 3. خفض كمية الطاقة المصروفة على وحدة الإنتاج بمختلف أشكالها الصناعية والزراعية والخدمية.
 4. خفض الأموال اللازم توظيفها في توسيع محطات توليد الطاقة القائمة أو إنشاء محطات توليد جديدة وما يتبعها من خفض في تكاليف شبكات النقل والتوزيع وتجهيزاتها.
 5. تحسين منحنى أحمال الاستهلاك وخفض مستويات أحمال الذروة.
 6. توفير الملحوظ في قيمة فاتورة استهلاك الطاقة.
 7. تقليص فترة استرداد تكاليف تطبيقات ترشيد استهلاك الطاقة والحد من هدرها.
 8. الحد من التلوث البيئي والإقلال من الإضرار بالبيئة والمناخ وهي النتيجة الإيجابية الأهم لبرامج إدارة الطلب على الطاقة والمبرر الأكثر إلحاحاً لاعتمادها وتطبيقها، ونظراً لأهمية هذا الموضوع وماله من تأثير مباشر على خفض "التكاليف البيئية لإنتاج الطاقة واستخدامها" سيتم التطرق له بشيء من التفصيل :
- ما يزال الوقود الأحفوري هو المصدر الأساسي للطاقة الرخيصة، وسيظل كذلك إلى أن تحل محله مصادر أخرى للطاقة ملائمة من حيث الكم والكلفة، فإحراق الفحم

والنفط والغاز الطبيعي يزودنا في الوقت الحاضر بأكثر من 75% من الطاقة التي نستهلكها ويجعل الكثير مما تتطلبه رفاهيتنا ممكناً، لكن الغازات المنبعثة من عمليات الاحتراق تفسد البيئة إلى حد خطر قد يؤدي إلى تغير المناخ وتهديد صلاحية كوكب الأرض للعيش في المستقبل.

فإضافة إلى وجوب تطوير التقانات الكفيلة بتخفيف أثري المطر الحامضي والضباب الدخاني (الضبخان Smog) وهما الأثران الأوليان الضاران الناجمان عن إحراق الوقود الأحفوري، يجب الانتباه أيضاً إلى الأثر الثالث وهو الأكثر خطورة وتدميراً للبيئة ألا وهو ارتفاع حرارة (إحترار) الكرة الأرضية أو الاحتباس الحراري بسبب ظاهرة "الدفيئة" أو ما يسمى أحياناً بالجنة أو ظاهرة البيت الزجاجي (Green House Effect) التي تؤدي بالنهاية إلى تغيير مناخ الأرض (Climate Change).

إن الانبعاثات الضارة الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري في مختلف معدات الاحتراق ومحطات توليد الطاقة ووسائل النقل وغيرها تلوث الهواء والماء والتربة، وتؤثر مباشرة على هواء التنفس وماء الشرب والأغذية، ومن ثم على الإنسان والحيوان، وأبعد من ذلك فهي تضر بعالم النبات والبيئة البحرية أيضاً وذلك من خلال:

(1) ارتفاع حرارة الأرض

(2) الأمطار الحامضية

(3) الإضرار بصحة الإنسان

لقد أصبح بالإمكان الآن التخفيض إلى حد كبير من إصدار معظم الانبعاثات الضارة الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري - باستثناء غاز ثاني أكسيد الكربون CO_2 - وذلك باستخدام التقنيات الحديثة لتحضير الوقود والتحكم الدقيق بعملية إحراقه، وتبقى المشكلة الكبيرة في كيفية تخفيض انبعاثات غاز CO_2 الذي يعد المسؤول الأول عن ظاهرة الاحتباس الحراري أو ما يسمى "بالدفيئة" والتسخين الإجمالي لسطح الأرض وما ينتج عنه من آثار سيئة وخطرة على المناخ وعلى التوازن البيئي والبيولوجي

الذي تعتمد عليه اعتماداً أساسياً صلاحية كوكب الأرض للحياة لمختلف أصناف الكائنات الحية المتواجدة على سطحها^(5,4).

إن تغير المناخ العالمي هو من بين جميع المشكلات البيئية الأكثر تهديداً والأعسر معالجة من نواح عديدة⁽⁶⁾. فالمناخ يحكم معظم العمليات البيئية التي تعتمد عليها الحياة على الأرض اعتماداً حيوياً. ويمكن أن يكون لتغير المناخ العالمي عواقب عميقة الأثر في نصف الكرة الجنوبي : مزيد من القحط في فصل الجفاف ومزيد من الفيضانات في فصل الأمطار، ومزيد من المجاعات والأمراض وربما مئات الملايين من اللاجئين البيئيين. وإذا كان الشمال أقل درجة في معاناته من آثار تغير المناخ المباشرة لأن قدرة مجتمعاته على التكيف أكبر، فإن العالم وثيق الترابط بالتجارة والمصالح الاقتصادية والسياسية والاجتماعية أيضاً.

ولهذا فإن المجتمع العالمي اليوم بحاجة إلى تقنيات متطورة لتخفيف هذه الآثار المدمرة للبيئة. ولقد بدأت الآن في الظهور عدة استراتيجيات غير مكلفة نسبياً تستحق الاهتمام، وتراوح هذه الاستراتيجيات ما بين زيادة كفاءة استهلاك الوقود الأحفوري لتقليل ما ينطلق في الجو من ملوثات وذلك بإنتاج مقدار أكثر من الخدمات الطاقية بكمية الوقود نفسها من خلال برامج إدارة الطلب على الطاقة، وبين تطوير مصادر غير أحفورية محسنة (متجددة وبديلة) يمكن أن تكون بدائل اقتصادية على المستوى التجاري.

⁴ Volker Quaschnig , Regenerative Energiesysteme , Carl Hanser Verlag GmbH, Munich / FRG , 2003 .

⁵ كريستوفر فلاين ونيكولاس لينسن، ما بعد عصر النفط - تصميم اقتصاد قائم على الطاقة الشمسية، ترجمة محمد الحديدي، إصدار معهد مراقبة البيئة العالمية (W.W.I)، القاهرة، 1990.

⁶ د. كاميليا يوسف محمد، إدارة طلب الطاقة - الجزء الأول والجزء الثاني، إصدار شركة كهرباء الإسكندرية، 2001.

فإذا لم يضطرنا إجهاد البيئة إلى التحول نحو أنواع أخرى من مصادر الطاقة فإن
المتاح والاحتياطي من الوقود الأحفوري سيفرض مثل هذا التحول في نهاية الأمر
(ربما خلال نصف قرن أو أقل).

ومع ذلك فهناك من الأسباب الوجيهة التي تجعل الوقود الأحفوري شائع الاستعمال
منها:

1. أنه سهل المنال بصورة ما في جميع أنحاء العالم،
 2. أن الإنسان تعلم كيف يستعمله بكفاءة وبشكل نظيف نسبياً لإنتاج الخدمات التي
يحتاج إليها والتي توفرها له الطاقة. فالتقنية البسيطة نسبياً للاحتراق المتحكم فيه
توفر طاقة يمكن استعمالها في جميع مناحي الحياة تقريباً.
 3. أنه يعد من ناحية النقل وقوداً ممتازاً فهو سهل النقل ويخترن قدراً كبيراً من الطاقة
الحرارية، ثم إن الأكسجين اللازم لاحتراقه متوفر في الهواء في كل مكان.
 4. إنه من السهل تحويله من حالة إلى أخرى ، كأن نحول من الحالة الصلبة إلى الحالة
السائلة أو الغازية، كما أنه يعد من المواد الخام الممتازة لإنتاج الكيماويات واللدائن.
- ولهذه الأسباب وكون الأمر قد يتطلب عدة عقود قبل تطوير بدائل منافسة تكون مقبولة
على نطاق تجاري تبقى للوقود الأحفوري أهميته لبعض الوقت، ولهذا كله لابد من
متابعة تطوير تقانات ناجعة لتخفيف هذه الآثار الضارة الناجمة عن استخدام الوقود
الأحفوري.

لما الطاقة النووية فهي أقل إفساداً للمناخ والبيئة إلى حد كبير، بيد أن قبول التوسع في
استعمالها بعيد الاحتمال ما لم يستتب جيل جديد من المفاعلات له خصائص أمان
محسنة حقاً، وما لم يبرهن في عالم الواقع ... لا على الورق فقط ... على قابلية
التصرف بالنفايات المشعة والسيطرة عليها، وما لم تحل قضية انتشار الأسلحة النووية
حلاً قاطعاً. ويعتقد أنه يمكن تحقيق الشرطين الأولين على الأقل في حالة المفاعلات
غير الولودة nonbreeders دون زيادة كلفة الكهرباء النووية. وأنه لا يمكن تحقيق
الشرط الثالث إلا بجعل قسم كبير من مشروعات الطاقة النووية دولياً، وهذا نهج تعوقه

الصعوبات السياسية أكثر من التكاليف المالية. من جهة أخرى يستطيع الاندماج النووي — من حيث المبدأ — تقليل أخطار الإشطار المتعلقة بالأمان والنفايات وانتشار الأسلحة، ولكن من غير الواضح مدى قرب إمكانية حصول ذلك، وبأي قدر سيحصل، وبأي تكلفة مالية.

إن طاقة الكتلة الحيوية biomass، إذا ما عوضت باستمرار بنمو جديد، تتفادي مشكلة إصدار CO₂، غير أن تكاليف التحكم في الآثار البيئية الأخرى الناجمة عن تعهد الكتلة الحيوية بالعناية وجمعها وتخزينها وحرقتها ستكون عالية. إن جعل نتائج النمط الراهن لاستغلال طاقة الكتلة الحيوية خاضعة للتحكم، نظراً لإسهامها في مشكلات إزالة الغابات وتلوث الهواء، سوف يتطلب استثمارات هائلة للوقت والمال، وإن مضاعفة إمدادات الكتلة الحيوية ثلاث أو خمس مرات — وهذا ما يتنبأ به البعض — ستكون مهمة أكثر هولاً ومحفوفة بصعوبات بيئية واقتصادية أيضاً.

إن الخيار الطويل الأمد الفائق الوفرة الذي يمكن بشكل واضح ومضمون التحكم في تكاليفه البيئية هو استغلال أشعة الشمس استغلالاً مباشراً، غير أنه الآن هو أعلى الخيارات الطويلة الأمد وسوف يمثل قرار دفع التكاليف المالية للطاقة الشمسية، إذا ما اتخذ أفضل الخيارات رفقاً بالبيئة.

إن قدرة البيئة على امتصاص النفايات الملوثة والآثار الأخرى لتقنيات الطاقة التقليدية هي في حد ذاتها مورد محدود، وتتجلى هذه المحدودية في صنفين أساسيين من التكاليف البيئية: التكاليف "الخارجية" وهي التي يفرضها إفساد البيئة على المجتمع ولكنها لا تؤثر في الحسابات المالية لمشترى الطاقة وبيعها، والتكاليف "المدخلة" وهي زيادات في النفقات المالية تفرضها تدابير التحكم في الانبعاثات الملوثة وآثارها المدمرة.

وكلا هذين الصنفين من التكاليف البيئية كانا وما زالا يرتفعان باستمرار لأسباب عديدة منها:

1. تفرض الجودة المتناقضة لتجمعات الوقود ومواقع تحويل الطاقة وجوب نقل أو معالجة مزيد من المواد ووجوب بناء منشآت أكبر وقطع مسافات أطول،
 2. قد أدى تنامي حجم النفايات الملوثة من نظم الطاقة إلى إشباع قدرة البيئة على امتصاص مثل هذه النفايات دون أن تفسد،
 3. تميل النفقات المالية للتحكم في التلوث إلى الإزدياد مع ارتفاع نسبة التلوث المنزوعة. وإن تضافر معدلات عالية في استعمال الطاقة مع الجودة المنخفضة في الموارد والبيئة المجهد يتطلب انتزاع نسبة مئوية متزايدة من الملوثات للإبقاء على مستوى الضرر دون ارتفاع.
 4. يطيل الاهتمام الجماهيري والرأي العام المتنامي بالبيئة الوقت الضروري لاختيار مواقع منشآت الطاقة ولبنائها وترخيصها، ويزيد في تواتر إدخال تعديلات في التصميم والمواصفات على المشروعات وهي في منتصف الطريق، وهذا يؤدي إلى ارتفاع آخر في التكاليف.
- ومن الصعب تحديد مقدار الإسهام الكلي لهذه العوامل جميعاً في النفقات المالية للإمداد بالطاقة. وأحد الأسباب هو أن العوامل العديدة الصلة بالبيئة تتشابه غالباً مع العوامل البيئية، فمثلاً لا يحدث تأخر الإنشاء بسبب قيود التنظيم وحسب وإنما أيضاً بسبب مشكلات هندسية وإدارية وأخرى متعلقة بمراقبة الجودة. ومع ذلك يبدو مرجحاً أن الإدخال الفعلي لآثار البيئية أو محاولة ذلك قد زاد التكاليف المالية للإمداد بمنتجات النفط في الولايات المتحدة بنسبة 25% على الأقل خلال العشرين سنة الماضية وتكاليف توليد الكهرباء والطاقة النووية بنسبة 40% أو أكثر⁽⁷⁾.
- وعلى الرغم من ذلك، فقد كانت ولا تزال التكاليف البيئية الأخرى وغير المدخلة كبيرة وهي تنامي في كثير من الحالات، وأعظمها إقلاقاً هو خطر الموت أو المرض نتيجة الاتبعانات أو الحوادث في المنشآت الطاقية وتأثير الإمداد بالطاقة في النظام البيئي العالمي وفي العلاقات الدولية.

⁷ نفس المرجع 5

يصعب تحديد آثار النفقات الطاقية في الصحة والسلامة العامتين بكثير من الوثوقية، ففي حالة تلوث الهواء من الوقود الأحفوري { حيث يعتقد أن تهديد الصحة العامة في الغالب يتأتى من الهباب المكون من انبعاثات ثنائي أكسيد الكبريت } تعذر الوصول إلى إجماع حول عدد الوفيات الناجمة عن التعرض للانبعاثات. وتتجم التقديرات المتباينة جداً عن فرضيات مختلفة حول تركيب الوقود وتقانة التحكم في تلوث الهواء واختيار مواقع محطات الطاقة من حيث علاقتها بتوزيع السكان، والأحوال الجوية المؤثرة في تكوين الكبريتات.

وتسحب أيضاً شكوك كبيرة على آثار الانشطار النووي Nuclear fission في الصحة والسلامة العامة، ويلاحظ في هذه الحالة أن التقديرات المختلفة تتجم جزئياً عن الفروق في المواقع وطرز المفاعلات، وجزئياً عن الشكوك في الانبعاثات من مراحل دورة الوقود التي لا تزال غير مكتملة حتى الآن (خصوصاً إعادة معالجة الوقود والنصرف بفضايات مصانع الوقود النووي وطرق دفن النفايات الناتجة عن المفاعلات).

وأخيراً الفرضيات المختلفة حول آثار التعرض لجرعة منخفضة من الإشعاعات النووية. ومع ذلك يتصل أكبر الشكوك باحتمالات ونتائج الحوادث الكبيرة في المفاعلات ومصانع إعادة المعالجة وفي نقل النفايات.

إن مجالات تقدير الأخطار التقليدية على الصحة العامة الآتية من محطات توليد الكهرباء بحرق الفحم أو بالطاقة النووية هي من الاتساع بحيث تمتد متدرجة من أخطار "مهملة" إلى "شديدة" مقارنة بالأخطار المحتملة الأخرى على السكان. وثمة أساس ضعيف في هذه المجالات لتفضيل أحد هذين المصدرين الطاقيين على الآخر، وحجم الشك نفسه في حالة كل منهما هو بالذات عائق مهم.

إن حل هذه المعضلات يتطلب اتباع استراتيجية مكونة من أساليب ناجعة، وأحد هذه البرامج هو احتواء وخفض التكاليف البيئية والاجتماعية لمصادر الطاقة الموجودة. ويجب إعطاء أولوية عالية لتخفيض انبعاثات أكاسيد الكبريت والفنروجين من الوقود الأحفوري وأنواع الوقود التقليدية الأخرى على السواء.

ومع ذلك تبقى برامج إدارة الطلب على الطاقة وزيادة الكفاءة في استعمال الطاقة الكهربائية هي أكثر السبل جدوى ونجاعة لتخفيف الآثار البيئية. وتحسين الكفاءة وترشيد استهلاك الطاقة هي أيضاً أفضل الخيارات اقتصاداً من الناحية المالية وأسرعها قابلية للانتشار وإمكاناتها الكامنة النهائية هائلة ومستدامة.

ولكن العبء الرئيسية هي تثقيف الأعداد الضخمة من الناس المستهلكين للطاقة، الذين يمسك ملوكهم بمفتاح الكثير من المكاسب الكامنة، ثم تزويد هؤلاء الناس بالمال اللازم للحصول على أكثر التقنيات كفاءة.

ومن الأمور الحاسمة والضرورية لتحقيق استراتيجية طاقة معقولة ومرشدة تسريع البحث والتطوير للبدائل الطاقة الواعدة : الطاقة الشمسية وطاقة الرياح وحرارة المحيطات والكتلة الحيوية والطاقة الجيوحرارية الموجودة في كل مكان من قشرة الأرض على أعماق كبيرة، والمفاعلات الانشطارية الولودة fission breeders والاندماج النووي Nuclear fusion ، وأخيراً الخلايا الوقودية fuel Cells والديناميك الهيدروطيسي MITD التي تمتاز بقلّة تلويثها للبيئة إضافة إلى مردودها المرتفع الذي يتوقع أن يصل إلى أكثر من 60% في المستقبل القريب.

ومن الواضح أن أفكاراً كثيرة ممتازة تركز الآن على المشكلة المزدوجة المتمثلة في رفع كفاءة إنتاج الطاقة واستهلاكها من الوقود الأحفوري واستبدال نظم الوقود الأحفوري في العالم ببدائل أكثر رفقاً بالبيئة. ويجب ألا يقتصر تركيز البحوث على المكاسب الاقتصادية لتسخير هذه الموارد بل يجب أن يتعدى ذلك إلى جعل تكاليفها البيئية في حدها الأدنى.

إن إقامة تعاون بين الشرق والغرب والشمال والجنوب في قضايا الطاقة البيئية — وهي استراتيجية ضرورية ومفيدة وسوف تساعد مهما يكن المستقبل — يمكن أن تبدأ بتعاون متزايد في بحوث الطاقة ورفع كفاءة استخدامها، ويمكن لمثل هذا التعاون أن يخفف أزمة التمويل العالمية لبحوث كهذه وذلك بالاستغناء عن التكرار الذي لا حاجة إليه وبمشاركة القوى المتخصصة المتنوعة، وبتوزيع تكاليف المشروعات

الكبيرة (إن الاندماج النووي هو حتى الآن المجال الوحيد في بحوث الطاقة الذي يتمتع بتعاون دولي كبير)، ومن المهم بوجه خاص أن يشتمل التعاون في بحوث الطاقة على تعاون بين الشمال والجنوب في تقانات الطاقة التي تصمم للاستعمال في البلدان النامية.

ومن المهم أيضاً التعاون الدولي في فهم ومراقبة الآثار البيئية لسد الحاجة إلى الطاقة، إذ إن كثيراً من أشد المشكلات تهديداً هي تلك التي لا تعترف بالحدود. فتلوث الهواء والماء الذي يحدث في أوروبا الشرقية، مثلاً، يصل إلى أوروبا الغربية والأقطار القطبية الشمالية. كما أن الآثار البيئية الناجمة عن تأمين الحاجة إلى الطاقة في الصين والهند والمنهكة على الصعيد المحلي بالمستويات الحالية للتلوث قد تصبح مدمرة عالمياً بمستويات الغد لاستخدام الطاقة.

وأفضل أمل فيما يتعلق بتخفيض انبعاثات ثنائي أكسيد الكربون CO_2 هو اتباع أسلوب ناجع لرفع كفاءة استخدام الطاقة باعتماد برامج إدارة الطلب على الطاقة إضافة إلى جهود إعادة الحراج والتشجير بحيث يكون كافياً لتثبيت انبعاثات CO_2 أثناء الانتظار للتحويل إلى مصادر جديدة للطاقة لا تقوم على الكربون والمقبولة بينياً واقتصادياً. وإلى أن يتم إحراز تقدم في مثل هذا المجال سيكون من الصعب - على الأغلب - استغناء العالم عن الوقود الأحفوري، فعلى الرغم من كل عيوب هذا الوقود، سيظل هو الأرخص نسبياً والأكثر توافراً والأسر تكيفاً مع الاستعمالات، كبيرها وصغيرها بسيطها ومعقدها، كما سيظل التحدي التقني قائماً وهو استخلاص أكبر قدر ممكن من الطاقة التقليدية مع تقليل الإضرار بالبيئة إلى الحد الأدنى.

ومن النتائج الإيجابية غير المباشرة لتطبيق برامج إدارة الطلب على الطاقة :

- 1- توفير فرص عمل جديدة.
- 2- تطوير الخبرات الفنية لفرق العمل في مختلف منشآت ومؤسسات الطاقة .
- 3- توطيد العلاقة والتعاون والتفاهم بين مؤسسات إنتاج الطاقة والمستهلكين لها.



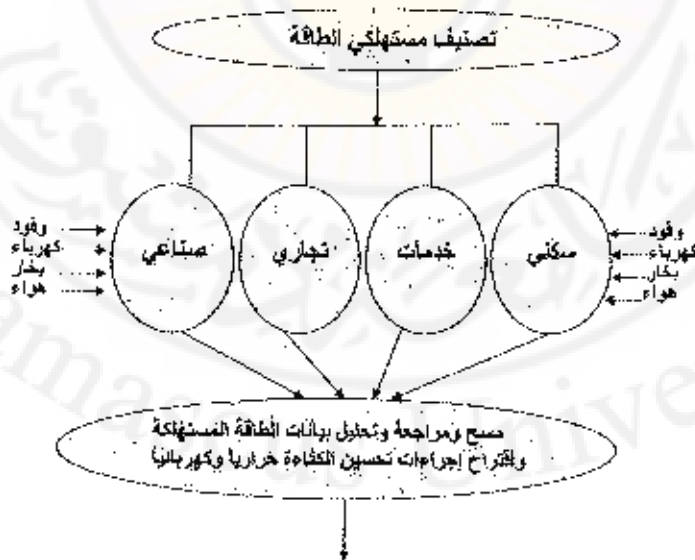
الفصل الثالث

إجراءات تنفيذ برامج إدارة الطلب
على الطاقة



إن تنفيذ برامج إدارة الطلب على الطاقة يتطلب، كما تمت الإشارة إليه سابقاً، اتخاذ جملة من التدابير والإجراءات المناسبة على مختلف أنواع مستخدمي الطاقة، كهربائية كانت أم حرارية، ومن المؤشرات الأساسية التي تدل على وجوب تطبيق برامج إدارة الطلب على الطاقة في مختلف القطاعات السكنية أو الصناعية أو التجارية هي :

- انخفاض عامل الحمل .
 - انخفاض عامل الاستطاعة .
 - ارتفاع قيمة الطلب الأعظمي (الذروة) .
 - ارتفاع الاستهلاك النوعي للطاقة (الطاقة المصروفة على وحدة المنتج).
- والشكل رقم (1-3) يبين تمثيلاً مبسطاً لعملية تنفيذ برامج إدارة الطلب على الطاقة لمختلف القطاعات المستهلكة للطاقة بشكليها الأساسيين الحراري والكهربائي.
- تشمل عملية تنفيذ برامج إدارة الطلب على الطاقة المراحل الرئيسية التالية :
- 1- المسح الأولي لاستخدامات الطاقة في القطاع أو المنشأة قيد الدراسة.
 - 2- المسح التفصيلي لاستخدامات الطاقة في القطاع أو المنشأة قيد الدراسة.
- الشكل رقم (1-3) : تمثيل برامج إدارة الطلب على الطاقة



حرارياً	كهربائياً
* تحسين كفاءة الحرقات	* إدارة الأحمال L.M
* تحسين كفاءة المراجل وكفاءتها	* استخدام أجهزة الإضاءة عالية الكفاءة (الموفرة للطاقة)
* تحسين عزل أنابيب البخار	* تحسين عامل الاستطاعة
* تحسين عزل أنابيب المياه الساخنة	* استخدام المضخات عالية الكفاءة
* علاج التسريب في شبكة البخار	* تغيير المحركات القديمة بأخرى متغيرة السرعة وعالية الكفاءة
* علاج الخلل في نظام استرجاع المكثف	* التحكم في درجة حرارة الأفران الكهربائية ألياً
* علاج الخلل في نظام الهواء المضغوط	* التحكم في معدات التكييف ألياً
* تحسين كفاءة مختلف العمليات الحرارية	* استخدام تجهيزات كهربائية منزلية موفرة للطاقة

3. تقديم تقرير فني يتضمن الاقتراحات والتوصيات لمعالجة نقاط الخلل وكل ما يلزم لتطبيق برامج إدارة الطلب على الطاقة وعلى رأسها ترشيد استهلاك الطاقة والحد من هدرها.

3-1- المسح الأولي لاستخدامات الطاقة:

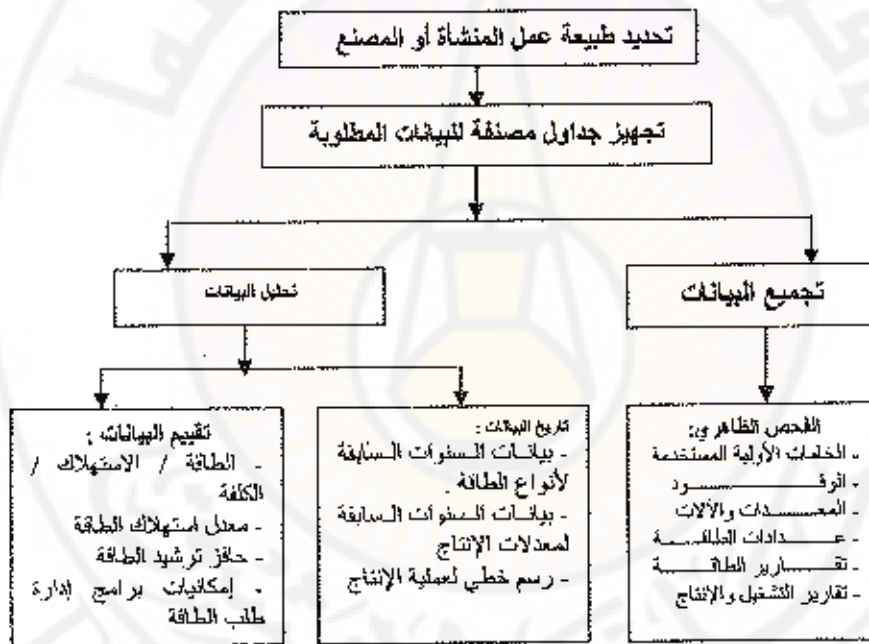
يهدف المسح الأولي إلى تجميع البيانات وتحليلها وتصنيف المعدات والعمليات داخل المنشأة قيد الدراسة، ومن البيانات التي يجب أن يشملها المسح الأولي:

- استهلاك الوقود لمدة عام على الأقل.
- استهلاك الطاقة الكهربائية لمدة عام على الأقل.
- قيم الاستهلاك النوعي لكل من الوقود والطاقة الكهربائية.
- تمثيل خطوط الإنتاج.
- تمثيل الشبكة الكهربائية.
- تمثيل شبكة البخار وتحديد أماكن التسريب والعزل غير الجيد.

- تمثيل شبكة الهواء المضغوط في حال وجودها وتحديد أماكن التسريب.
- قياس قيم شدة الإضاءة واستهلاكاتها من الطاقة الكهربائية.
- تحديد المعدات والتجهيزات الأكثر استهلاكاً للطاقة .
- تحديد أماكن القياس لكل من الكميات الميكانيكية والكهربائية .

ويبين الشكل رقم (2-3) المخطط التمثيلي النمطي للعمليات الأساسية التي يجب أن يتضمنها المسح الأولي لاستخدامات الطاقة في المنشأة قيد الدراسة.

الشكل رقم (2-3) : مكونات المسح الأولي لاستخدامات الطاقة



2-3- المسح التفصيلي لاستخدامات الطاقة :

يتضمن المسح التفصيلي العمليات التالية :

- 1- تحديد أجهزة القياس اللازمة لقياس مختلف الكميات الميكانيكية والكهربائية :
درجة الحرارة، الضغط، الرطوبة، التدفق، تحليل الغازات، تحليل المياه، مستويات الإضاءة، الاستطاعة، عامل الاستطاعة، الطاقة المستهلكة، عدم تولد الأتوار، التوافقيات،

فبالإضافة إلى الأجهزة التقليدية التي تقيس الكميات الميكانيكية والكهربائية الأساسية كالحرارة والضغط والتوتر والتيار والاستطاعة والطاقة المستهلكة هناك أجهزة أخرى أكثر تعقيداً طورت خصيصاً لتطبيق برامج إدارة الطلب على الطاقة كمحطات الاحتراق ومحطات المياه وكاشفات تسربات الهواء أو البخار. ويوجد للكميات الكهربائية جهاز يسمى 'جهاز تحليل الطاقة Energy Analyzer' الذي يقوم بقياس مختلف المتغيرات الكهربائية وتسجيلها وطباعتها أو تخزينها ونقلها إلى الحاسوب لدراستها وتحليلها، ومن المتغيرات التي يقوم هذا الجهاز بقياسها :

- القيم الفعالة لكل من التوتر والتيار (rms) .
- شكل موجات كل من التوتر والتيار .
- التوترات والتيارات العابرة .
- التردد .
- عامل الاستطاعة .
- الاستطاعة الفعالة والردية والظاهريّة (KW . KVAR . KVA) .
- الذروة (الطلب الأعظمي) .
- الطاقة المستهلكة (KWh) .
- التوافقيات (Harmonic spectrum) .
- التشوه الكلي بالتوافقيات (THD) وغيرها .

والجدول رقم (3-1) يبين بعضاً من هذه الأجهزة المستخدمة في تنفيذ برامج إدارة الطلب على الطاقة.

أما القياسات المنزلية فقد تم تطوير أجهزة خاصة لهذا الغرض منها الجهاز الإيطالي EMU10-MEMO الذي يتحمل حتى 16 أمبير ويقاس المتغيرات الكهربائية الآتية :

التوتر — التيار — التردد — عامل الاستطاعة — الاستطاعة — الاستطاعة الفعالة — الاستطاعة الردية — الاستهلاك خلال فترة معينة يُعبر عليها الجهاز (من 5 دقائق وحتى الساعة الواحدة) .

ويتمتع هذا الجهاز بإمكانية تخزين قيم هذه المتغيرات لمدة 7 أيام، ثم نقلها إلى الحاسوب بواسطة وصلة خاصة للعمل على دراستها وتحليلها والحصول على بيانات إحصائية أو مخططات بيانية تفيد في إنجاز عملية المسح هذه .

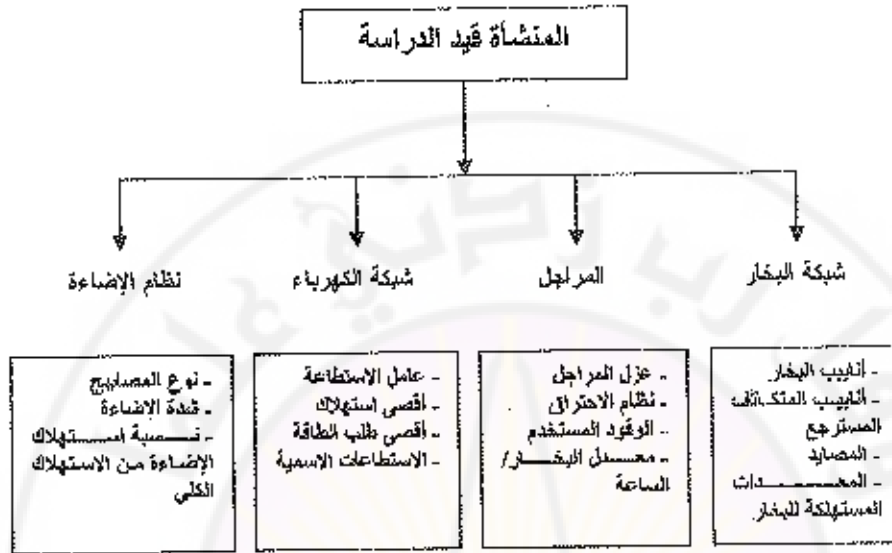
الجدول رقم (3-1) : من الأجهزة المستخدمة لإدارة الطاقة

المتغيرات المقاسة	محمول	مثبت	الأجهزة	النظام
الفقد الحراري	✓		تصوير ضوئي بالأشعة نحت الحمراء	الجسم الخارجي للمرسل
اختلاف درجة الحرارة بين المدخل والمخرج	✓		ثيرمومتر حساس	مصائد البخار
الموشرة الصادرة أثناء الفتح والغلق	✓		ستيثوسكوب (سماع) Stethoscope	
معدل سريان الهواء	✓		غطاء السريان	
معدل سريان الهواء	✓		أنبوبة الدليل	
اختلاف الضغط بين نقطتين	✓		أنبوبة الدليل تحتوي على مانومتر	
الضغط	✓	✓	أنبوبة بوردون	التدفق، التبريد، التكييف
درجة حرارة الحجرات، والأنابيب	✓		ثرمومتر	
معدل السريان للغواء أو البخار	✓		مقياس السريان ذو الفتحة	
الرطوبة النسبية	✓	✓	مقياس الرطوبة	
الكهرباء المستهلكة / القيمة القصوى /	✓		مسجل الحمل (التيار)	الأداء الكهربائي

ألتوتر _ التيار _ المقاومة	✓	✓	قياس المتغيرات الكهربائية	
الاستطاعة	✓		و التميزر	
عامل الاستطاعة	✓	✓	مقياس عامل الاستطاعة	
مستوى الإضاءة		✓	مقياس الإضاءة	الإضاءة
درجة الحرارة	✓	✓	ثرمومتر	المياه الساخنة
ضغط الزيت _ ضغط الهواء	✓		مقياس الضغط	
كراسي المحاور بالمحركات		✓	سماع بمقياس	
توازن توتر الأوجه الثلاثة للمحركات		✓	مقياس متعدد الأغراض multimeters	الضواغط
اهتزاز المحرك		✓	ستروبوسكوب (الحركة الدورية أو التردد أو السرعة)	
كراسي المحاور		✓	كاميرا بالأشعة تحت الحمراء	

2- توصيف شامل لكل من المكونات المستهلكة والنافقة للطاقة في المنشأة كالمراجل والأفران الكهربائية والضواغط وأجهزة التكييف وشبكات البخار وشبكات القوى والإنارة وغيرها والشكل رقم (3-3) يبين تمثيلاً مبسطاً وموجزاً لهذه العملية من المسح التفصيلي.

الشكل رقم (3-3) : مكونات المسح التفصيلي لاستخدامات الطاقة



3- متابعة مؤشرات استهلاك الطاقة Energy Consumption Indices لكل من مكونات

المنشأة باتتبع الخطوات التالية :

- تصنيف أنواع الطاقة المستهلكة،
- تجميع بيانات استهلاك الطاقة،
- تصنيف أنواع المنتج،
- تجميع البيانات الخاصة بالإنتاج،
- معايرة بيانات استهلاك الطاقة مع معدلات الإنتاج،
- مقارنة معدلات الاستهلاك النوعي مع القيم المعتمدة في النورمات العالمية،
- تقييم الأداء لكل من المكونات الأساسية للمنشأة .

3-3- التقرير الفني :

يجب أن يحتوي التقرير الفني على :

- 1- ملخص واف عن الوضع الراهن للمنشأة قيد الدراسة ومكوناتها الأساسية المستهلكة والناقلة للطاقة،

2- جدول بالبيانات الطاقية للتجهيزات والمعدات الأكثر استهلاكاً للطاقة مقرونة بالقيم المماثلة المعتمدة في النورمات العالمية،

3- نتائج القياسات وتحليلها ومقارنتها بالقيم التعاقدية، ثم تقييم أداء كل من المكونات الأساسية للمنشأة من خلال مقارنة مؤشراتها الطاقية مع القيم المتعارف عليها عالمياً،

4- مواضع الخلل المسبب لزيادة استهلاكات الطاقة عن الحدود المتعارف عليها مع جدول أولويات لمعالجة مواضع الخلل هذه،

5- الاقتراحات والتوصيات بالإجراءات والتدابير اللازم اتخاذها لحسن سير عملية تطبيق برنامج إدارة الطلب على الطاقة وفي مقدمتها :

- إمكانيات تطبيق عملية إدارة الأحمال (LM) Load Management ،

... فرص ترشيد استهلاك الطاقة والحد من هدرها Energy Conservation

الفصل الرابع

إدارة الأعمال





4-1- ماهية إدارة الأحمال :

إن الغرض الأساسي من عملية إدارة الحمل هو تغيير شكل منحنى الحمل للمنشأة موضوع الدراسة، ويمكن عمل ذلك بطرق متعددة منها خفض ذروة الطلب (peak reducing) أو قص ذروة الطلب (peak clipping) أو ملء الأجزاء المنخفضة للمنحنى (filling up valleys) ويقصد بذلك أن جانبي منحنى الحمل يكونان عادة منخفضين، حيث إن منحنى الحمل يكون مقسماً إلى ثلاث فترات : الفترة الأولى والثالثة منخفضتي القيمة، في حين الفترة الوسطى مرتفعة القيمة.

وتهدف عملية إدارة الحمل إلى تخفيض استطاعة الذروة التي يجري تغطيتها عادة من وحدات توليد مرتفعة التكاليف، وبالتحكم في منحنى الحمل يمكن تحسين اقتصادية نظام القدرة الكهربائية كلها، وعليه يمكن تأجيل إنشاء محطات توليد جديدة وتدعيم شبكات النقل والتوزيع.

ومن المعدات التي يمكن التحكم فيها وتؤثر في منحنى الحمل بشكل ملحوظ: مكيفات الهواء والدفائيات (space heaters) وسخانات المياه ومضخات الري، بالإضافة إلى ذلك، يمكن التحكم في الأحمال الصناعية عن طريق فصل أو تخفيض بعض الأحمال لفترات محدودة دون التأثير أو الإخلال بسير خط الإنتاج. يمكن أيضاً التحكم في إضاءة الطرق وإضاءة واجهات المحلات وغيرها من الأحمال غير الأساسية.

وفيما يلي الأنواع المختلفة لأشكال منحنى الحمل وكيفية تغييرها :

- تغيير شكل الحمل load - shape changes :

يمكن تغيير شكل منحنى الحمل بأحد الإجراءات الآتية :

1- قص ذروة الطلب peak clipping :

وتعني تخفيض أقصى حمل في فترات الذروة (خفض الطلب الأعظمي)، وهذا يؤدي إلى تقليل كل من الطلب على الاستطاعة (KW) والطاقة المستهلكة الكلية (KWh)

ومن الإجراءات العملية لتنفيذ ذلك :

أ- استخدام مكيفات الهواء عالية الكفاءة

ب- التحكم المباشر في تكييفات الهواء

ج- التحكم في الضياعات وتقليلها إلى الحد الأدنى

د- التحكم في مسخنات المياه

ويوضح الشكل رقم (1-4) عملية قص ذروة الطلب .

2- ملء الأجزاء المنفرجة Valleys filling :

وهذا يعني إضافة أحمال خارج أوقات الذروة (off - peak periods)، أي زيادة الطاقة المستهلكة KWh للنظام ككل .

ومن الإجراءات العملية لملء الجزء المنفرج لمنحني الحمل :

أ - تخزين الطاقة الحرارية Thermal energy storage loads

مثل تسخين المياه والحفاظ على المساحات الدافئة وتوليد البخار وغيرها.....

ب- تخزين الطاقة الكهربائية على هيئة طاقة ميكانيكية مثل نظام الهواء المضغوط والتخزين بالضخ .

ويوضح الشكل رقم (1-4) كيفية ملء الجزء المنفرج لمنحني الحمل .

3- إزاحة أو ترحيل الأحمال Load shifting :

وهو إزاحة الأحمال من فترات الذروة إلى فترات خارج أوقات الذروة والاستفادة من التسعيرة المخفضة خارج أوقات الذروة، علماً بأن هذه الطريقة لا تحدث تغيير ملحوظاً في الاستهلاك الكلي للطاقة.

يختلف معدل تعرفه التحميل خارج أوقات الذروة لتسخين الماء عن معدل التعرفه وقت الذروة فالسعر الأقل يكون عند التحميل خارج أوقات الذروة، وحافز السعر ميقنح المستهلكين بتحريك الأحمال من فترات الذروة إلى الفترات خارج أوقات الذروة. ويصور التحكم في تسخين الماء النمط الأسهل تطبيقاً من هذا الإجراء. من ناحية أخرى فإن معدل تعرفه وقت الاستعمال يستخدم التسعير الآلي، والمقصود منه تغيير

نمط بعض المستهلكين بهدف تحسين خصائص منحنى الحمل، وبسبب الكلفة المتزايدة بشكل سريع للقدرة الكهربائية سوف يسيطر المشتركون على أحمالهم ويقللون قيم الفواتير، إما بتخفيض استعمالهم من الخدمة أو بتحويل وقت استعمال الكهرباء باستخدام تقنيات إراحة الأحمال.

ومن إجراءات إراحة الأحمال :

أ - تأجيل تشغيل التجهيزات الأكثر استهلاكاً للقدرة الكهربائية إلى خارج أوقات الذروة.

ب - التحكم في مكيفات الهواء.

جـ - التحكم في مضخات الري.

ويوضح الشكل رقم (1-4) عملية إراحة الأحمال.

4- الترشيد Conservation :

ويعني تقابل الاستهلاك الكلي لدورة الحمل، وأولى الإجراءات العملية لترشيد استهلاك الطاقة تخفيض الضياعات بمختلف أنواعها، الكهربائية والميكانيكية والحرارية وفيما يلي عينة من هذه الإجراءات:

أ - إضافة مواد عازلة للجدران والأسقف والأرضيات.

ب - استخدام زجاج مضاعف للنوافذ،

جـ - استخدام المضخات الحرارية،

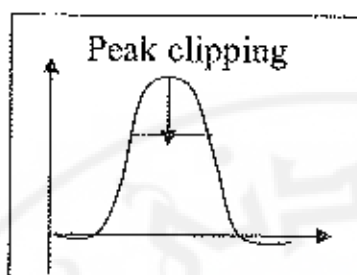
د - استخدام أجهزة الإضاءة عالية الكفاءة (سوفرة للطاقة)،

هـ - استخدام أجهزة منزلية عالية الكفاءة،

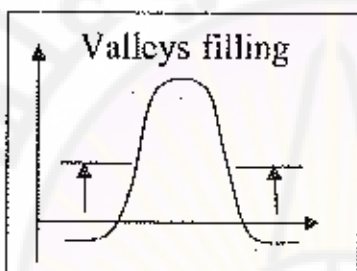
ويلاحظ في الشكل رقم (1-4) انخفاض كل من الاستطاعة المستجدة من المصدر والطاقة المستهلكة الكلية نتيجة هذه الإجراءات .

وسيتم التطرق لموضوع ترشيد استهلاك الطاقة بالتفصيل في الفصول المقبلة.

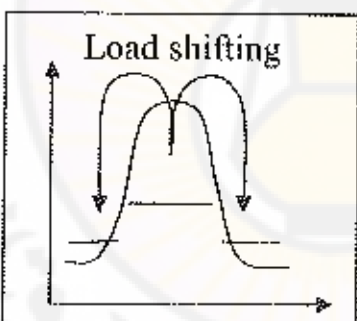
الشكل رقم (4-1) : بعض عمليات إدارة الأحمال



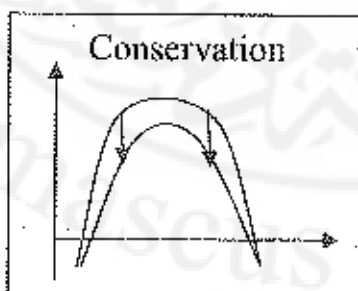
قص ذروة الطلب



ملء الجزء المنفرج



إزاحة الحمل



الترشيد

2-4- من النتائج الإيجابية لإدارة الأحمال :

2-4-1- خفض الذروة peak reduction :

إن كثيراً من المستهلكين لديهم أجهزة يمكن فصلها في أوقات معينة دون أن تسبب أي اضطرابات، فإن أمكن فصل هذه الأجهزة في فترة ذروة الحمل اليومي وتشغيلها في فترات عدم الذروة — مثلاً في الفترة الأولى أو الثالثة لملء الجزء المنفرج — فإن منحني الحمل سيتغير كما في الشكل رقم (2-4).

يعتمد التغير في تخفيض الحمل على الأنواع المختلفة لأحمال المستهلكين التي يمكن تقديرها منفصلة لكل تصنيف من المستهلكين. ومن فوائد خفض ذروة الحمل أنه يمكن أن يؤجل إنشاء محطات توليد جديدة وأيضاً تأجيل عمل تدعيم شبكات النقل والتوزيع.

2-4-2- تقليل التكاليف المرتفعة لتوليد القدرة :

generation Minimizing high cost power

يتغير معدل كفاءة المولدات وفقاً لأنواعها وأعمارها المختلفة، وبإدارة الحمل يمكن تقليل استهلاك القدرة عندما يكون معدل كفاءة المولدات منخفض، وبهذه الطريقة يمكن الحصول على وفر كبير إذ إن تغذية الذروة تكون عادة من محطات ذات تكاليف إنتاج مرتفعة.

2-4-3- طرح الحمل Load shedding :

في الحالات الطارئة عند حدوث اضطرابات في الشبكات الكهربائية من أعطال وغيرها يمكن بطرق التحكم في الحمل الانقاص السريع في القدرة المستهلكة، ويتم بهذه الطريقة ضمان استمرارية التغذية الكهربائية مع فصل بعض المستهلكين تبعاً لأهميتهم.

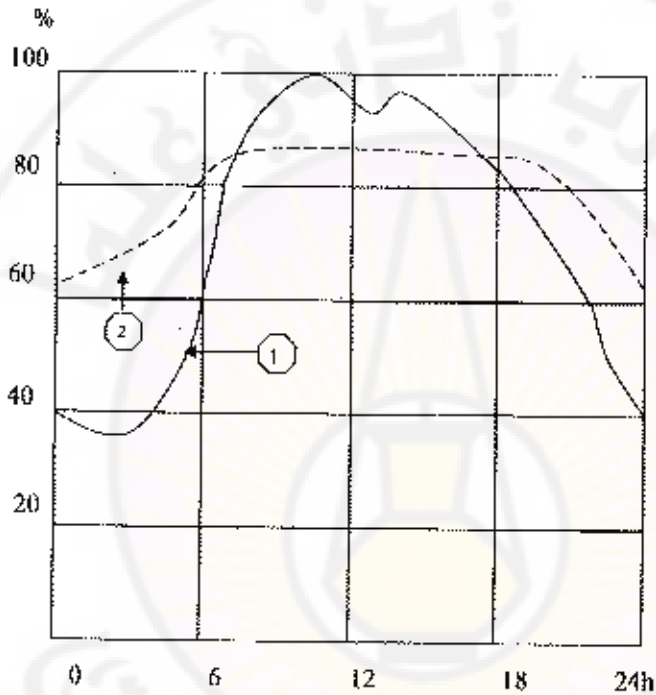
يمكن طرح الحمل من خلال المكونات الرئيسية أو الفرعية للشبكة.

2-4-4- تشغيل الأحمال المفصولة Cold load pick-up :

في الشبكات المحتوية على مكيفات الهواء وسخانات المياه والأجهزة الأخرى التي يُتحكم فيها عن طريق ثرموستات (Thermostat) تكون أغلب هذه الثرموستات في

وضع قفل بعد حدوث انقطاع التغذية لفترة ومن ثم عودتها فيرتفع الحمل استثنائياً في أول لحظة لإعادة التغذية الكهربائية للشبكة ويؤدي هذا إلى زيادة مفاجئة في الحمل والنتيجة انقطاع التغذية مرة أخرى.

الشكل رقم (2-4) : تغيير منحنى الحمل بعد ملء الأجزاء المنفجرة



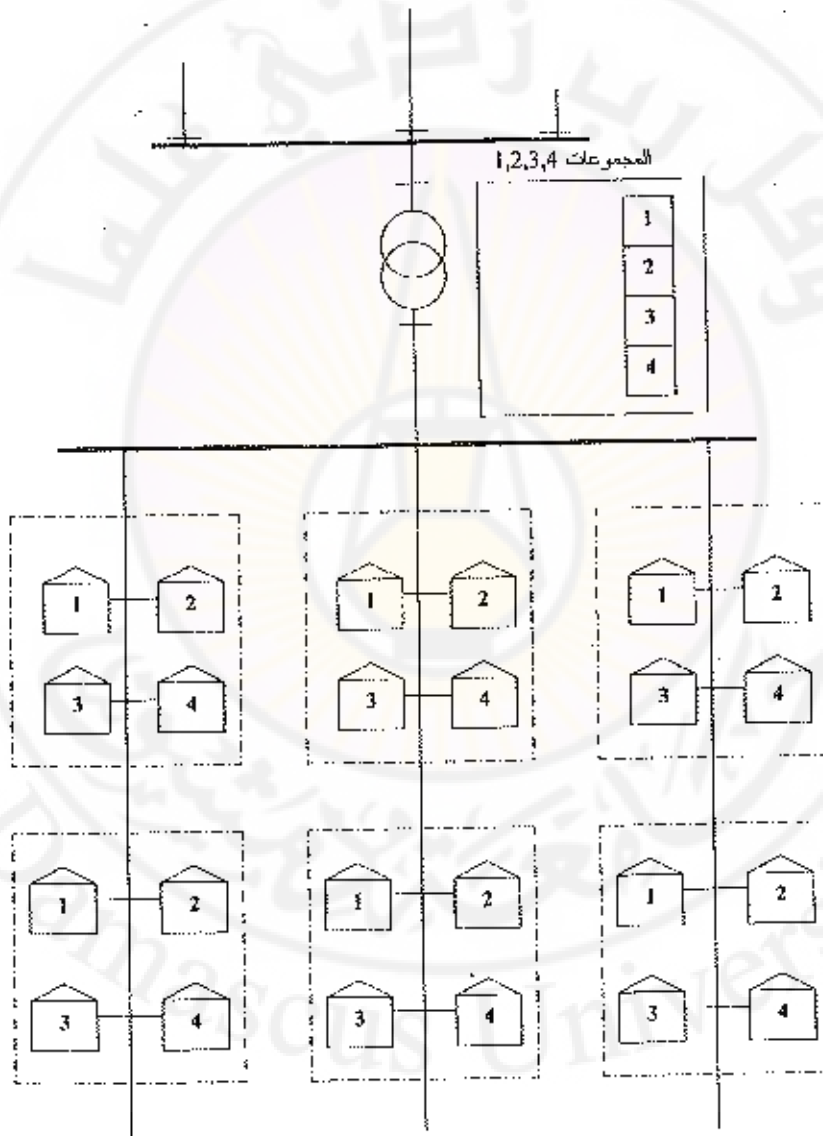
(1) قبل التحكم في الحمل

(2) بعد التحكم في الحمل

يمكن حل هذه المشكلة بسهولة بمساعدة نظام إدارة الحمل، فمثلاً يمكن لهذه النوعية من الأحمال أن تظل مفصولة آلياً لفترة زمنية محددة بعد رجوع التوتر ومن ثم يمكن توصيل الحمل بنجاح مرة أخرى باستخدام عملية التحكم في الحمل.

يوضح الشكل رقم (3-4) مثلاً لتوزيع المستهلكين إلى مجموعات 1,2,3,4 فعند رجوع توتر التغذية يمكن تشغيل المجموعة 1 أولاً وبعد تأخر زمني محدد يتم تشغيل المجموعة 2 وهكذا .

الشكل رقم (3-4) : تقسيم المستهلكين إلى مجموعات



4-3- من الوسائل المساعدة لتطبيق برامج إدارة الأحمال :

4-3-1- أجهزة القفل المتبادل (Interlocking devices) :

وهي من النوع الذي يتم عن طريقه القفل المتبادل لأجهزة كهربائية منزلية كثيرة بوسائل ميكانيكية بسيطة بغرض التحكم في الحمل المنزلي. مثلاً يمكن أن يُقفل فرن كهربائي ومسخن ماء كهربائي بحيث أن يعمل جهاز واحد منهما فقط في وقت محدد. كما يمكن أن تُعطى الأولوية للتشغيل للفرن بحيث لا يسمح للسخان بالعمل في نفس الوقت الذي يبدأ فيه الفرن بالعمل. لكن إذا كان السخان في حالة تشغيل فعند بدء تشغيل الفرن سيفصل سخان المياه ويتأخر تشغيله مرة أخرى حتى انتهاء تشغيل الفرن.

4-3-2- إشارات الإنذار :

هناك بعض الأجهزة التي قد تساعد المشترك في إدارة حملة. من أسهلها استعمال الأضواء الممطرة أو الأجراس المسموعة لكي تنذر المشترك بأن مستوى حملة قد وصل للنقطة المحددة مسبقاً، ويستطيع المشترك بهذه المعلومات أن يخفض الطلب على الطاقة لضمان استمرارها والوصول إلى وفر ملحوظ في قيمة الفاتورة، وقد أصبح متاحاً حالياً أجهزة عالية التقنية تنذر المشترك بأن الحمل قد وصل إلى مستوى الضبط (set level) بالإضافة إلى إمكانية فصل التيار الكهربائي عن بعض الأجهزة، وعند توافر نظام تعرفه الوقت (Time - of - use rate) يقوم الجهاز بإنذار المستهلك ببدء تطبيق سعر ساعات الذروة.

4-3-3- أجهزة توقع الحمل :

يبين الشكل رقم (4.4) بعض مبادئ إدارة الحمل لمنحني حمل مشترك لمدة يوم من نمط الحمل الطبيعي. هذا المنحني يصل قيمة الذروة في الساعة 6:30 مساءً، وبفرض أن قيمة الذروة للطلبات على الطاقة للمشاركين مستعمل في حساب الفاتورة الكهربائية، وسيقدر المستوى المتوقع للطلب على الطاقة في وقت الذروة بمراجعة القيم

الفعلية أساساً من قبل المستهلك في شهور المحاسبة السابقة، وبذلك تصبح الفواتير المستقبلية منخفضة قدر الإمكان.

لتجنب حدوث الذروة المرتفعة، من الضروري مراقبة النسبة أو معدل ارتفاع الحمل في الجزء السابق من اليوم. وتتوفر الأجهزة الإلكترونية المتطورة لتعمل هذا وتقارن منحنى الحمل التامى بمنحنى معياري محدد مسبقاً. فإذا حدثت الزيادة المبكرة في الحمل بنسبة سريعة جداً يتم عمل الإجراء التصحيحي في وقت مبكر من اليوم لتجنب تجاوز المستوى المطلوب للطلب على الطاقة.

ويكون الإجراء التصحيحي على شكل فصل أو عزل بعض الأجهزة أو الترحيل بإزاحة وقت التشغيل إلى ساعة أقل خطورة في اليوم. وينشأ الحافز الاقتصادي لهذا العمل من تطبيق نظام تعرفه الوقت (time - of - use rate) وتصميم معدلاتها.



الشكل رقم (4-4) : مراحل إدارة الحمل



الفصل الخامس

تحسين كفاءة استخدام الطاقة
وترشيد استهلاكها



يقصد بترشيد استهلاك الطاقة : الاستهلاك العقلاني للطاقة والحد من هدرها لدى استخدامها بمختلف أشكالها، الحرارية والكهربائية، وهو يُعد الشق التطبيقي لبرنامج إدارة الطلب على الطاقة.

إنَّ ترشيد استهلاك الطاقة فوائد مهمة وخطيرة في مجال أداء نظام الطاقة بمجملة، فبالإضافة إلى الفوائد الاقتصادية الناجمة عن تخفيض الطلب الأعظمي والاستهلاك الإجمالي للطاقة، هناك الفوائد البيئية المتمثلة في خفض الانبعاثات الضارة بالبيئة والمناخ وعلى رأسها انبعاثات CO_2 .

يمكن تصنيف منهجيات تطبيق ترشيد استهلاك الطاقة وتحمين كفاءة استخدامها في نمطين أساسيين :

أ- النمط الأول هو من النوع "الوقائي" غير المكلف، الذي لا يتطلب تجهيزات

ومعدات إضافية ويدخل تحت عنوان ترشيد الطاقة من خلال العمل على :

1- تجنب الاستهلاك غير الضروري للطاقة،

2- متابعة العزل الحراري الجيد والفعال ومعالجة أماكن التسريب في مختلف

شبكات الطاقة الحرارية،

3- تجنب مسببات زيادة ضياعات الطاقة الكهربائية،

ب- النمط الثاني هو من النوع "العلاجي" المكلف الذي يتطلب إضافة تجهيزات

ومعدات لتطبيقه ويدخل تحت عنوان تحسين كفاءة استخدام الطاقة، ومن أهم

منهجيته :

1- استبدال التجهيزات والمعدات القديمة بأخرى عالية الكفاءة والتي تسمى بالموفرة

للطاقة أو الاقتصادية (المقتصدة).

2- خفض ضياعات الطاقة بشكلها الحراري والكهربائي.

3- الاستفادة من طاقة العوادم.

5-4- تجنب الاستهلاك غير الضروري للطاقة :

إن أولى فرص ترشيد استهلاك الطاقة التي يمكن الاستفادة منها بتجنب الاستهلاك غير الضروري للطاقة هي التوفير في الطاقة المصروفة على الإنارة والتدفئة والتكييف من خلال العمل على :

5-1-1- في مجال الإنارة :

1- إطفاء أجهزة الإنارة في الأوقات والأماكن التي لا حاجة للإنارة فيها كالغرف غير المشغولة في المنازل والمستودعات وغرف مجموعات التوليد والتدفئة والتكييف وغيرها حيث يُكفى بإنارة الخفارة الليلية. وقد دلت الإحصائيات الميدانية على أن هذا الإجراء إذا ما طبق بشكل ملتزم يساعد على توفير حتى 10% في القطاع السكني و 15% في القطاعات الخدمية والتجارية والصناعية من قيمة فاتورة الإنارة الكلية.

2- الاستفادة قدر الامكان من الضوء الطبيعي والاستغلال الأمثل لضوء النهار من خلال البرمجة المناسبة لأوقات العمل مع تغير فصول السنة، ومن الإجراءات الفعالة في هذا المجال هو تطبيق برنامج "التوقيت الصيفي".

لقد كانت الدعوة الأولى لتطبيق التوقيت الصيفي من خلال تقديم الساعة قد أطلقت من قبل العالم بنيامين فرانكلين أواخر القرن الثامن عشر هدف منها إلى توفير الشموع، لكنها كانت صيحة في واد. تكررت بعد ذلك الدعوة إلى هذا التوفير في كتاب نشره وليم ويليت في بريطانيا عام 1907 تحت عنوان "التبذير في ضوء النهار" وقد أعجب الملك إدوارد السابع بهذه الفكرة فقدم ساعات قصره، كما طبقها أصحاب المصانع آنذاك.

لقد طبقت أغلب بلدان العالم، وخاصة الأوروبية منها، التوقيت الصيفي منذ مطلع القرن العشرين، وفي سورية جرى تطبيقه في الماضي ثم توقف لفترة ليعود بعده إلى التطبيق بدءاً من صيف عام 1984 .

إن من أهم مزايا التوقيت الصيفي الاستفادة من نشاط العاملين باستباق العمل ساعة مبكرة إلى فترة الصباح، وبصاحب ذلك أيضاً الاستفادة من نور الشمس المجاني في

هذه الساعة مما يساعد على تخفيف استهلاك الطاقة الكهربائية الخاصة بالإضاءة ويعمل على تحسين عامل الحمل في الشبكة نتيجة لانزياح الأحمال.

3- عدم الإفراط في الإضاءة التزيينية للأبنية والأماكن العامة والاقتصاد في الإضاءة العامة وعدم رفع مستوياتها عن الحد النظامي في الساحات والشوارع الفرعية.

4- التحكم المبرمج بشكل جيد وفعال في الإضاءة العامة ومتابعة مراقبة عمل أجهزة التحكم وصيانتها بشكل دوري لتجنب تشغيل أجهزة الإضاءة العامة أثناء ساعات النهار.

5- إعادة النظر بدارات الإضاءة للسماح بالتحكم المرن بها والحصول على أكثر من مستوى إضاءة في مساحة محددة.

6- تركيب موقتات زمنية في المواقع ذات الاستعمال القليل.

7- استخدام حساسات الإشغال في المواقع غير المشغولة دائماً، لضمان عمل الإضاءة عند إشغال هذه المواقع فقط .

5-1-2- في مجال التفتنة والتكييف :

1- العزل الحراري الجيد والفعال للمباني على مختلف وظائفها (سكنية، خدمية، تجارية، صناعية،) وذلك باستخدام مواد عازلة فعالة في بناء الجدران الخارجية والأسطح لتلك المباني وذلك لخفض النفودية الحرارية لها إلى أقل حد ممكن.

2- الاستفادة القصوى من حرارة الشمس شتاءً وحجبها بشكل فاعل أوقات الصيف بهدف التخفيف من العبء الطاقوي اللازم لأحمال التفتنة والتكييف، ومن المفيد جداً في هذا المجال اعتماد ما يسمى بـ "النوافذ الذكية" التي تستخدم الزجاج الذي يتمتع باندقائية طيفية للضوء المسلط عليه (ضوء الشمس) تبعاً لطول الموجة ودرجة الحرارة.

3- التخفيف قدر الإمكان من تسرب الريح والتحكم الجيد بمعدل تجديد (تغيير) الهواء بحيث لا يتجاوز المرة الواحدة خلال الساعة (أن يكون عامل التجديد في حدود

1/b - 0,5}، وذلك باستعمال الأبواب الدوارة rotating doors والستائر الهوائية air curtains وغيرها من وسائل ضبط تسرب الهواء الدافئ أو البارد وبخاصة في المباني العامة والخدمية.

4- عدم الإفراط في التدفئة والتكييف، فقد بينت الدراسات مؤخراً أن خفض درجة الحرارة المعيارية للتدفئة شتاءً من 25 إلى 22 مئوية تفيد ليس فقط في توفير استهلاك الطاقة، وإنما أيضاً في زيادة نشاط العاملين ورفع إنتاجيتهم. كذلك الأمر بالنسبة للتكييف صيفاً فإن رفع درجة الحرارة المعيارية إلى 28 مئوية أمر مقبول جداً إلا في الأماكن المحترقة على تجهيزات أو تتطلب وظائفها درجة برودة معينة.

5- التنظيف الدوري لمصافي الهواء (الفلاتر) في المكيفات والحراقات، وكذلك مجاري الهواء البارد والساخن (الدكتات)، والمشعات الحرارية وفتحات التهوية (مخرج الهواء البارد والساخن) والتأكد من عدم تعطلها أو انسدادها.

6- التأكد من جودة العزل الحراري لمجاري الهواء البارد والساخن حتى لو كانت في الأقبية أو الأمكنة المغلقة الأخرى.

7- حماية وحدات التكييف الخارجية من أشعة الشمس المباشرة، وذلك باستخدام المظلات القرميدية أو ما يشابهها، مع الانتباه إلى عدم عرقلة جريان الهواء حولها.

8- إطفاء نظام التكييف أو التدفئة بشكل تام في الغرف والأماكن غير المشغولة.

9- إطفاء نظام التكييف أو التدفئة وفصل التيار الكهربائي عنه عند مغادرة المبنى.

إن استغلال فرص الترشيح هذه بالإضافة إلى العزل الحراري الجيد للمباني يمكننا من توفير في استهلاك الطاقة المصروفة على التدفئة والتكييف يصل إلى 30 % كما دلت

على ذلك نتائج التطبيق العملي لإجراءات الترشيح هذه في العديد من المباني المختلفة الوظائف (8 و9).

5-1-3- في مجال تسخين مياه الاستخدام المنزلي :

1- عدم الإفراط في استهلاك الماء الساخن وتشغيل سخان الماء عند الحاجة فقط ولفترة محددة، والانتباه لعدم تركه أو نسيانه لفترات طويلة.

2- تغيير درجة حرارة الماء الساخن بالترموستات على درجة حرارة لا تزيد عن 45 م°.

3- عزل جهاز التسخين حرارياً بشكل جيد، وهذا يتم عادة أثناء تصنيع الجهاز.

4- التقليل قدر الإمكان من استخدام حوض الحمام (البانيو) واستخدام الدوش، إذ إن ذلك يوفر أكثر من نصف كمية المياه الساخنة المستهلكة.

5- عدم الإفراط في تسخين المياه إلى درجات حرارة عالية والحد من استخدام سخانات الماء الكهربائية، إذ إن استخدام الطاقة الكهربائية لأغراض التسخين والتدفئة يُعد من الاستخدامات غير العقلانية للطاقة الكهربائية، ذلك أنه قد سبق وأن تم هدر أكثر من 65% من الطاقة الحرارية لدى تحويلها إلى طاقة كهربائية، هذا بالإضافة إلى زيادة ضياعات القدرة في الشبكات الممذبة لهذه السخانات والدفايات الكهربائية والتي تكون عادة ذات امتصاصات كبيرة وتؤثر بشكل سلبي على المؤشرات الاقتصادية لمنحني الحمل.

يمكن الحد من استعمال السخانات والدفايات الكهربائية باستخدام برامج إدارة الأحمال التي سبق شرحها في فصل سابق، وكذلك من خلال فرض ضريبة عالية على شراء هذه الأجهزة.

⁸ نفس المرجع 6.

⁹ د. رضوان المصري و م. أحمد الطنجي، ترشيح استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في بعض المنشآت الصناعية وتأثير ذلك على البيئة، إصدار نقابة المهندسين السوريين، دمشق، 2004 .

5-1-4- في مجال استخدام البرادات والثلاجات :

1- التأكد من وجود مسافة لا تقل عن 10 سم بين ظهر البراد والجدار وذلك للسماح للهواء بالجريان وتبريد المكثف، وعدم وضع أي عائق فوق البراد يعيق جريان الهواء الساخن إلى الأعلى.

2- التأكد من سلامة مانع تسرب باب البراد (الجوان)، كما يجب تنظيفه باستمرار وتبديله عند اللزوم.

3- تعيين درجة حرارة البراد على ما بين 2-4 م°، ودرجة حرارة الثلاجة (الفريزر) على ما بين 15 و- 18 م°.

4- تجنب إبقاء باب البراد أو الثلاجة مفتوحاً لفترات طويلة.

5- تنظيف قعر البراد وظهره من الغبار المتراكم مرتين في السنة على الأقل.

5-2- العزل الحراري الفعال لشبكات الطاقة الحرارية :

إن العزل الحراري الجيد والفعال لأنابيب الشبكات الحرارية (شبكات الماء الساخن والبخار والهواء الساخن والهواء البارد أو هواء التكييف) من الإجراءات المفيدة جداً في مجال ترشيد استهلاك الطاقة والحد من هدرها نظراً لكبر القدر النسبي للضياعات الحرارية من أنابيب هذه الشبكات إذا لم تعزل بشكل جيد وفعال.

تنشأ الضياعات الحرارية بسبب الفروق في درجات الحرارة بين المانع الساخن (ماء ساخن، بخار، هواء) المتدفق ضمن الأنابيب وهواء المحيط الخارجي.

يمكن تحديد مقدار الضياعات الحرارية باستخدام مبادئ وقوانين علم "انتقال الحرارة Heat Transfer" بعد معرفة فرق درجات الحرارة بين المانع الساخن والمحيط الخارجي لأنابيب وأقطار هذه الأنابيب وأطوالها، وكذلك المقاومات الحرارية لانتقال الحرارة بأشكالها الثلاثة : التوصيل والحمل والإشعاع⁽¹⁰⁾. وفيما يلي مثال عملي بسيط للوقوف على أهمية العزل الحراري في الحفاظ على الطاقة وترشيد استهلاكها:

¹⁰ Nikolai V.Khartchenko , Umweltschonende Energietechnik ,Vogel Verlag und Druck GmbH ,Wurzburg / Germany, 2000.

يُطلب حساب مقدار الضياعات الحرارية الناجمة عن أنبوب للماء الساخن قطره الخارجي $d_{ext} = 8\text{ cm}$ وطوله $L = 20\text{ m}$. درجة حرارة السطح الخارجي لهذا الأنبوب بدون وجود عازل $t_f = 200^\circ\text{C}$ ودرجة حرارة الهواء المحيط $t_{air} = 20^\circ\text{C}$ وعامل انتقال الحرارة الإجمالي من الأنبوب إلى المحيط الخارجي $\alpha_{ext} = 18\text{ W/m}^2\text{K}$ ، وذلك في كل من الحالتين :

أ- بدون عزل الأنبوب حرارياً .

ب- بعد عزل الأنبوب بعازل حراري فعال ذي عامل انتقال حرارة لا يتجاوز $0,04\text{ W/m}^2\text{K}$ وسماكة 50 mm .

الحل :

5-2-1- في حالة عدم وجود عازل حراري :

يحسب الضياع الحراري في هذه الحالة باستخدام العلاقة المبسطة التالية [1] :

$$Q = p \cdot \alpha_{ext} \cdot d_{ext} \cdot L \cdot (t_f - t_{air})$$

حيث :

α_{ext} : عامل انتقال الحرارة الإجمالي من الأنبوب إلى هواء المحيط الخارجي $(\text{W/m}^2\text{K})$.

d_{ext} : القطر الخارجي للأنبوب (m) .

L : طول الأنبوب (m) .

t_f : درجة حرارة السطح الخارجي للأنبوب (K) .

t_{air} : درجة حرارة هواء المحيط الخارجي (K) .

وبالتبديل :

$$Q = p \times 18 \times 0,08 \times 20 (200 - 20) = 16,3\text{ kW}$$

5-2-2- في حالة العزل الحراري للأنبوب :

عند عزل الأنبوب يلزمنا لحساب الضياع الحراري تحديد درجة الحرارة عند السطح الخارجي للعازل (t_{isol}) التي يجب أن تكون أقل بكثير من درجة حرارة الأنبوب.

تحدد درجة حرارة السطح الخارجي للعازل من العلاقة التالية لانتقال الحرارة تبعاً للناقلية الحرارية للعازل المستخدم وسماعته وأبعاد الأنبوب وفروق درجات الحرارة⁽¹¹⁾:

$$t_{isol} = t_{air} + (t_f - t_{air}) / [1 + (disol \alpha_{ext} / 2 \lambda_{isol}) \ln (disol / d_{ext})]$$

حيث :

λ_{isol} : عامل انتقال الحرارة أو الناقلية الحرارية للعازل المستخدم (W/m^2K) وتكون عادة من المعطيات.

$disol$: القطر الخارجي للعازل (m) ويستدد بعد معرفة سماعة العازل
 $disol = 0,08 + 2 \times 0,05 = 0,18 \text{ m}$

وبالتبديل نحصل على :

$$t_{isol} = 20 + (200 - 20) / [1 + (0,18 \times 18 / 2 \times 0,04) \ln (0,18 / 0,08)] = 25,3^\circ C$$

بتحديد درجة حرارة السطح الخارجي للعازل يمكن الآن حساب الضياعات الحرارية من الأنبوب المعزول باستخدام علاقة Q السابقة بعد تبديل t_f بـ t_{isol} و d_{ext} بـ $disol$

$$Q = p \alpha_{ext} disol L (t_{isol} - t_{air})$$

$$= p \times 18 \times 0,18 \times 20 (25,3 - 20) = 1,08 \text{ KW}$$

وهكذا يلاحظ أنه بالعزل الحراري الجيد لهذا الأنبوب تم توفير أكثر من 15 KW حرارة (KW/h)، وهذا يعني توفير 52000 Btu كل ساعة وأكثر من 450 MBtu في السنة أو ما يقارب 23 MBtu من كل متر من طول الأنبوب، ومن الواضح أهمية هذا التوفير في الطاقة المستهلكة عند الأخذ بعين الاعتبار الأطوال الممتدة لمختلف أنواع الشبكات الحرارية الحاملة للماء الساخن أو البخار أو الهواء الساخن والبارد.

3-5- تجنب مسببات زيادة ضياعات الطاقة الكهربائية :

إن ضياعات الطاقة الكهربائية لدى نقلها واستهلاكها أمر حتمي، لذا فإن فرص ترشيد استهلاك الطاقة تكمن فقط في تخفيضها إلى الحد الأدنى ما أمكن.

¹¹ نفس المرجع 10

ومن الحكمة والعقلانية الانطلاق بعمنية خفض ضياعات الطاقة الكهربائية من مبدأ "الوقائية" وذلك بتجنب كل ما يؤدي إلى زيادة هذه الضياعات قبل التفكير باعتماد الوسائل العلاجية وما ينجم عنها من تكاليف إضافية، ومن الأمور المفيدة في هذا المجال اتخاذ التدابير التالية :

1- الاختيار الصحيح لمقاطع كابلات ونواقل الشبكات المغذية لمختلف التجهيزات والآلات الكهربائية.

2- مراقبة أتران الأحمال على الأطوار الثلاثة والسعي لجعل أحمال الأطوار الثلاثة متساوية قدر الإمكان.

3- الحيلولة دون انخفاض عامل الاستطاعة والتشديد على استخدام تجهيزات كهربائية ذات عامل استطاعة عال أو محسن. وأول مثال عملي يتبادر إلى الذهن في هذا المجال هو مصابيح الفلورسنت ذات عامل الاستطاعة المعدل أو المحسن.

4- التقليل قدر الإمكان من فترات تشغيل المحركات والمحولات، على الفراغ أو تحميلها بأحمال خفيفة.

5- الحد ما أمكن من استخدام التجهيزات المسببة للتوافقيات العليا في التوتر والتيار والانتباه لمطابقة الأجهزة الكهربائية غير الخطية للمواصفات والنورمات العالمية فيما يتعلق بـ "جودة الطاقة الكهربائية Electrical Power Quality".

5-4- استخدام تجهيزات ومعدات عالية الكفاءة :

تم في الفقرات الثلاث السابقة عرض منهجيات استغلال فرص ترشيد استهلاك الطاقة غير المكلفة أو قليلة الكلفة، والآن سنستعرض أهم منهجيات تحسين الكفاءة المكلفة التي غالباً ما تتطلب استخدام تجهيزات ومعدات جديدة أو إضافية.

ويأتي في مقدمة هذه المنهجيات المكلفة استبدال التجهيزات والمعدات المستهلكة للطاقة القديمة بأخرى جديدة عالية الكفاءة، التي يطلق عليها "الموفرة للطاقة" أو "الاقتصادية" وأحياناً "المقتصدة" وذلك في مختلف القطاعات السكنية والخدمية والتجارية والصناعية المستهلكة للطاقة بنوعها الحراري والكهربائي :

1-4-5- في مجال الطاقة الحرارية :

تتمثل أكبر فرص ترشيد استهلاك الطاقة في المنظومات الحرارية سواء لأغراض التدفئة وتسخين المياه أو للعمليات الصناعية بصورة أساسية في تحسين كفاءة المراجل والحراقات، يليها العزل الجيد والفعال للشبكات.

فباستخدام المراجل الحديثة ذات التصميمات المتطورة، التي تتيح الاستفادة بأكبر قدر ممكن من الحرارة الناتجة عن حرق الوقود، يمكن تخفيض ضياعات الحرارة المنطلقة مع الغازات العادمة إلى 9.7 % مقابل 15-20 % في المراجل العادية. كما أنه بفضل العزل الفعال لجسم المرحل يمكن تخفيض ضياعات الاشعاع والحمل إلى 2-3 % وحتى 1-2 % فقط⁽¹²⁾.

كذلك فإن تزويد هذه المراجل بحراقات حديثة ذات تقنية عالية للتحكم الدقيق في عملية احتراق الوقود بحيث تصبح قريبة من المثالية مما يوفر أيضاً في الوقود المستهلك ويعزز من رفع الكفاءة الاجمالية للمرحل مع حرقه لتصل إلى 90 % أو أكثر مقابل 65 % للمراجل العادية .

وتجدر الإشارة هنا إلى الميزة الأهم لهذه الحراقات الحديثة العالية الكفاءة ألا وهي تقليل الأضرار بالبيئة والمناخ فهي تعمل على مبدأ "الاحتراق ذي الإصدار القليل من الغازات الضارة"، لذا فهي تدخل في عداد المعدات "الصديقة للبيئة".

إن تكاليف استخدام المراجل والحراقات الحديثة عالية الكفاءة تنتمي إلى الفئة المتوسطة من توظيف الأموال، وفترة استرداد الأموال الموظفة فيها لا تتعدى الس 4 سنوات، وهي تتراوح وفقاً للأسعار الراجحة في الوقت الحاضر من 3 إلى 4 سنوات.

2-4-5- في مجال الطاقة الكهربائية :

إن فرص ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية كثيرة ومتعددة وتقنيات استغلالها أكثر بسرة وشمولية، إذا ما قورنت بالطاقة الحرارية، وهذا يعود إلى أن هذا النوع النفيس من الطاقة أصبح يمس جميع مناحي حياتنا ونشاطاتنا اليومية وهو العصب الأساسي

¹² نفس المرجع 10

لاستمرار الحياة والعمل في جميع القطاعات بدون استثناء بدءاً من القطاعات السكنية والخدمية وانتهاءً بالصناعات الثقيلة. والجدول التالي رقم (5-1) يبين أهم الإجراءات المتبعة في الوقت الحاضر لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية باعتماد التجهيزات والمعدات عالية الكفاءة مقرونة بنسبة الوفرة في الطاقة المتوقع من كل منها وفترة استرداد الأموال الموظفة لكل منها⁽¹³⁾، إذ إن هذه الإجراءات تنتمي إلى النمط المكلف كونها تتطلب تجهيزات ومعدات جديدة أو إضافية لتطبيقها :

الجدول رقم (5-1) : أهم إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية باستخدام التجهيزات والمعدات عالية الكفاءة

الإجراء	نسبة الوفرة (%)	مستوى توظيف الأموال	مدة الاسترداد (سنة)
استخدام أجهزة الإنارة الفلوريسانئية الأنبوبية ذات المردود الضوئي المحسن	15-5	منخفض	1
استخدام أجهزة الإنارة المدمجة عالية الكفاءة (الموفرة للطاقة)	70-50	منخفض	2-1
التحكم المبرمج والفعال في أجهزة التفتة والتبريد والتكييف	15-10	منخفض	1
التحكم الفعال في نظم الهواء المضغوط	10-5	منخفض	1
استخدام تجهيزات كهربائية منزلية مسؤفة للطاقة (غسالات _ جلايات _ برادات ...)	25-15	متوسط	4-3
المحركات عالية الكفاءة لإدارة الآلات والمضخات والمراوح وغيرها.	25-15	متوسط	4-3

¹³ نفس المرجع 6

3-2	متوسط	20-10	تجهيزات القيادة المتطورة للمحركات متغيرة السرعة.
3-2	متوسط	30-20	التحكم الرقمي الحديث في العمليات التكنولوجية والمعدات الأكثر استهلاكاً للطاقة الكهربائية.
3-2	متوسط	20-15	نظام التحكم الآلي الحديثة للأفران الكهربائية.

5-5- خفض ضياعات الطاقة :

عرضنا في فصول سابقة أهم سبل تطبيق "المنهج الوقائي" لتقليل ضياعات الطاقة بتجنب كل ما يسبب هدر الطاقة أو زيادة ضياعاتها، إلا أنه في كثير من الحالات لا تكفي هذه السبل الوقائية لتخفيض الضياعات إلى الحد الأدنى الممكن وغالباً ما نضطر إلى اعتماد السبل "العلاجية" واستخدام تجهيزات ومعدات إضافية لتساعد على خفض ضياعات الطاقة إلى أقل حد ممكن .

إن استخدام تجهيزات ومعدات إضافية لتحقيق منهجيات ترشيد استهلاك الطاقة سيؤدي طبعاً إلى صرف تكاليف إضافية، إلا أن هذه التكاليف الإضافية تعد من التكاليف المبررة بيئياً واقتصادياً بأن واحد لما لها من مفعول مباشر في خفض استهلاك الطاقة وبالتالي تقليل الانبعاثات الضارة بالبيئة.

5-5-1- خفض ضياعات الطاقة الحرارية :

إن من أهم سبل تخفيض ضياعات الطاقة الحرارية هي الاستفادة من طاقة العوادم وذلك باستعادة أكبر قدر ممكن من الحرارة المنطلقة مع العوادم بمختلف أشكالها : غازات الاحتراق أو الهواء المطروح أو المياه المطروحة، والجدول (5-2) يبين درجات الحرارة النمطية لأهم أصناف العوادم :

الجدول (2-5) يبين درجات الحرارة النمطية لأهم أصناف العوادم

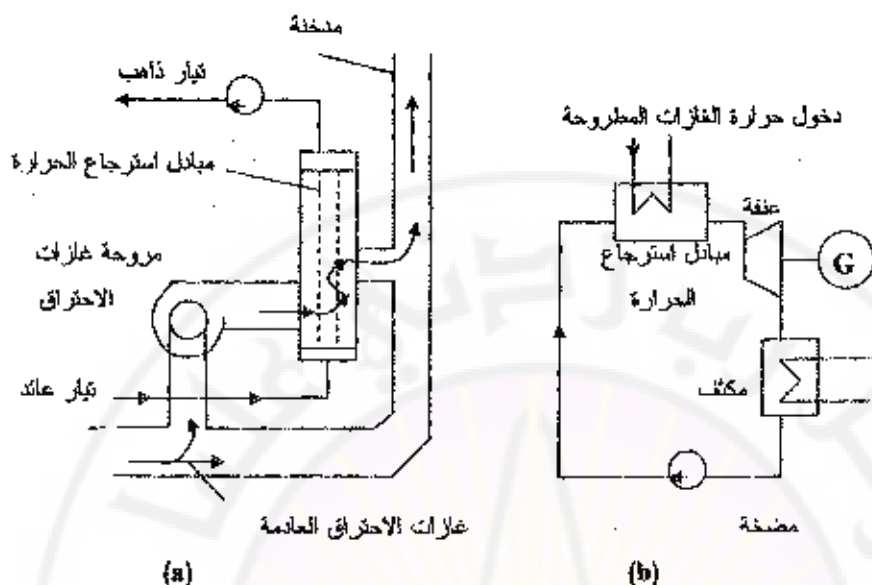
مصدر العادم	الوسط الحامل للحرارة	درجة الحرارة (°C)
العمليات الصناعية	غازات الاحتراق	500-150
عمليات التبريد المائية	الماء	65-25
عمليات التبريد الهوائية	الهواء	60-20
عمليات تبديل هواء الغرفة	الهواء	26-16

يمكن استعادة قسم غير قليل من حرارة العوادم باستخدام التقنيتين الأساسيتين التاليتين⁽¹⁴⁾:

- المبادلات الحرارية الاسترجاعية Recovery Heat Exchangers .
- المضخات الحرارية Heat Pumps .

تصلح المبادلات الحرارية الاسترجاعية عندما تكون درجات حرارة العوادم مرتفعة لذلك فهي تستخدم لاستعادة الحرارة من غازات الاحتراق الناتجة عن مختلف العمليات الصناعية، ويمكن عندما تكون درجة حرارة الغازات العادمة أعلى من 200 °C توليد الطاقة الكهربائية باستخدام دورة رانكين العضوية Organic Rankine Cycle والشكل رقم (1-5) يظهر مخططين تمثليين للاستفادة من حرارة غازات الاحتراق العادمة باستخدام المبادلات الحرارية الاسترجاعية لتوليد الحرارة المفيدة أو توليد الطاقة الكهربائية⁽¹⁵⁾ :

¹⁴ نفس المرجع 10
¹⁵ نفس المرجع 10



الشكل رقم (1-5) : استعادة الحرارة الضائعة من الغازات العادمة

(a) : لتوليد الحرارة المفيدة

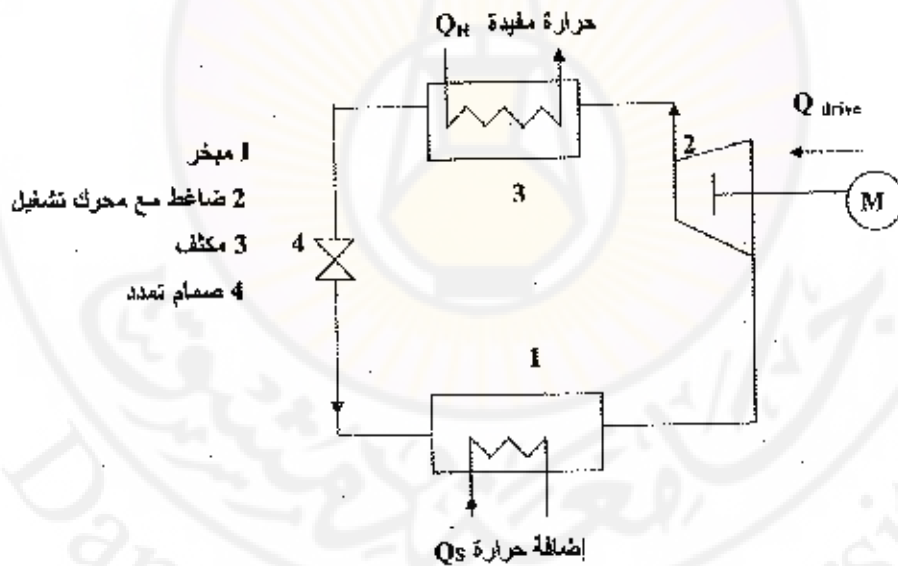
(b) : لتوليد الطاقة الكهربائية

أما المضخات الحرارية فهي مفيدة لاستعادة الحرارة من العوادم ذات درجات الحرارة المنخفضة حيث تقوم المضخة الحرارية بنقل الحرارة من وسيط العادم ذي درجة الحرارة المنخفضة إلى وسيط العمل الذي يقوم بتقديم الحرارة المفيدة عند مستوى حراري أعلى (للتسخين المياه مثلاً) وذلك عن طريق المبادلات الحرارية المناسبة. هناك نوعان من المضخات الحرارية المستخدمة في الوقت الحاضر (16) :

- المضخات الحرارية الانضغاطية .
- المضخات الحرارية الامتصاصية .

يبين الشكل رقم (2-5) مخططاً تمثيلاً لبدء عمل المضخة الحرارية الانضغاطية ودائرتها التي تتألف من :

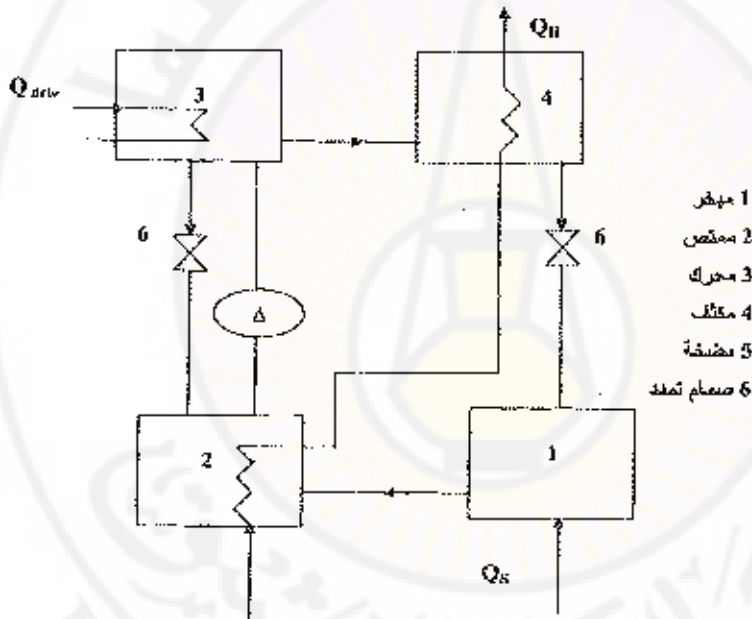
- (1) مبادل حراري لسحب الحرارة من العادم وتسخين وسيط العمل إلى درجة التبخر، لذلك يسمى هذا المبادل الحراري بالمبخر.
- (2) ضاغط يديره محرك كهربائي أو محرك احتراق داخلي لرفع ضغط وسيط العمل الموجود في الحالة البخارية وبالتالي تسخينه بشدة.
- (3) مبادل حراري ثاني لسحب الحرارة من وسيط العمل واستخدامها في أغراض مفيدة كالدفئة أو تسخين المياه، حيث يبرد وسيط العمل ويتكثف، لذلك يسمى هذا المبادل الحراري بالمكثف.
- (4) صمام تمدد يتمدد من خلاله وسيط العمل بعد أن عاد إلى حالته السائلة في المكثف ليمر بعد ذلك إلى المبخر لينتقل الحرارة ثانية من المتبوع الحراري (العادم) ويتبخر ويكرر الدارة من جديد .



الشكل رقم (2-5) : المضخة الحرارية الانضغاطية

ومن الواضح أنه من الضروري أن يكون وسيط العمل مائعاً ذا درجة غليان منخفضة ولا يحتوي على مواد ضارة بالبيئة وطبقة الأوزون، لذلك فقد شاع استعمال الأمونياك كوسيط عمل لهذه المضخات الحرارية الانضغاطية.

أما المضخة الحرارية الامتصاصية فيظهر الشكل رقم (3-5) دائرة عملها ومكوناتها الأساسية، حيث يلاحظ أنها أكثر تعقيداً من الانضغاطية، كما يلاحظ أنها تحتاج إلى زوج من وسائط العمل، فهي تستخدم / بروميد الليثيوم - الماء / للمبخرات التي تزيد حرارتها عن 4°C أما لدرجات الحرارة الأقل من ذلك فيستخدم / الأمونياك-الماء / .



الشكل رقم (3-5) : المضخة الحرارية الامتصاصية

وهكذا نرى أن عمل المضخة الحرارية هو رفع الطاقة الحرارية من مستوى حراري أدنى إلى مستوى حراري أعلى حتى لو كانت هذه الطاقة الحرارية متواجدة في منابع نزل درجة حرارتها عن الصفر المئوي، وذلك باختيار وسيط العمل المناسب ورفع ضغطه إلى الحد المطلوب. ويمكن لهذه المنابع الحرارية الدنيا أن تكون

(بالإضافة إلى العوادم السابق ذكرها) هواء الجو أو المطامر الترابية أو المياه السطحية أو الجوفية وغيرها.

تقاس فعالية المضخة الحرارية بما يسمى بـ "معامل الاستفادة" للمضخة وهو النسبة بين كمية الحرارة المفيدة Q_H التي تقدمها المضخة والطاقة اللازمة لإدارتها

: Q_{drive}

$$\varepsilon = Q_H / Q_{drive}$$

تتراوح قيمة ε للمضخات الحرارية التي تستخدم محركاً كهربائياً لإدارة الضاغط بين 2,5 و 4 ، في حين تنخفض هذه القيمة إلى 1,5-2 عند استخدام محرك احتراق داخلي. من القرن الماضي بهدف توفير الوقود المستهلك لتسخين المياه اللازمة، فهي تسهم بشكل جزئي في رفع درجة حرارة المياه قبل دخولها لمراحل التدفئة. لذلك فقد عم استعمالها في معظم البلدان الأوروبية والأمريكية وخاصة في المناطق الباردة منها. ويجري استخدام المضخات الحرارية لأغراض التدفئة على نمطين : الأول محلي حيث تتركب المضخات الحرارية للأبنية بشكل انفرادي، أما الثاني فهو مركزي إذ تتركب المضخات الحرارية في المنشآت المركزية للتدفئة وتسخين المياه وتكون ذات استطاعات كبيرة. أما للأغراض الصناعية فقد زاد استخدام المضخات الحرارية خلال العقد الماضي لتوليد الحرارة اللازمة لمختلف العمليات الصناعية وبصورة خاصة في المنشآت التي تنتج عوادم بدرجة حرارة مرتفعة نسبياً (أعلى من 50 °C).

لقد دلت الدراسات الطاقية فيما يتعلق بتزويد الاستهلاك أن استخدام المضخات الحرارية يوفر في الوقود المستخدم لأغراض التدفئة وتسخين المياه ما لا يقل عن 15% وقد تصل هذه النسبة إلى 30% في المنشآت المركزية الكبيرة للتدفئة وتسخين المياه⁽¹⁷⁾.

¹⁷ نفس المرجع 6

تقدر تكاليف إنشاء المضخات الحرارية وتركيبها بـ 250 - 350 دولار لكل كيلو واط من الاستطاعة الحرارية المفيدة، لذلك فهي تعد من فئة الاستثمارات المرتفعة وفترة استرداد الأموال الموظفة فيها 5-6 سنوات .

إن المأخذ الوحيد على المضخات الحرارية هو أنها تحتاج إلى طاقة لتشغيلها (إدارة الضاغط وغيره من المضخات) أي أنها تستهلك طاقة سواء أكانت هذه الطاقة كهربائية أم ميكانيكية الأمر الذي يخفض من معامل الاستفادة منها. لذلك فقد اتجهت الدعوات والدراسات في الآونة الأخيرة إلى استغلال الطاقات المتجددة في تشغيل المضخات الحرارية لتصبح من الوسائل المثالية لترشيد استهلاك الطاقة اقتصادياً وبيئياً .

5-2- خفض ضياعات الطاقة الكهربائية :

إن تخفيض ضياعات الطاقة الكهربائية، وبخاصة في شبكات التوزيع، يعد من التدابير الأساسية والملحة لتحقيق منهجيات ترشيد استهلاك الطاقة والحد من هدرها. فضياعات الطاقة الكهربائية (التي هي ضياعات جول وضياعات الحديد والكورونا) لا يمكن إلغاؤها نهائياً، إنما يمكن تخفيضها إلى حدها الأدنى باتخاذ جملة من الإجراءات والتدابير التي تتطلب استخدام معدات وتجهيزات إضافية ومن أهمها :

- تحسين عامل الاستطاعة
- تعديل شكل الشبكة
- الجريان الاقتصادي للاستطاعات في فروع الشبكات الحلقية
- التشغيل الاقتصادي للمحولات العاملة على التفرع في محطات التحويل
- ضبط جودة الطاقة الكهربائية
- الالتزام بالمواصفات المعيارية للتجهيزات الكهربائية

5-6- تحسين عامل الاستطاعة Power Factor Correction :

غني عن البيان ما لتحسين عامل الاستطاعة من فوائد اقتصادية كبرى بالإضافة إلى فوائده الفنية المتمثلة في معالجة هبوطات التوتر المفرطة وزيادة قدرة الشبكة على نقل

الطاقة، فالولى فوائد تحسين عامل الاستطاعة هو خفض ضياعات الاستطاعة الكهربائية بشقيها الحقيقي والرددي كما هو واضح من علاقتي الضياع التاليتين :

$$\Delta P = (P^2 / U^2 \cos^2 \varphi) R$$

$$\Delta Q = (P^2 / U^2 \cos^2 \varphi) X$$

اللتين تبينان أن زيادة الضياع بانخفاض عامل الاستطاعة هي من الدرجة الثانية مما يعكس أهمية تحسين عامل الاستطاعة في مجال تخفيض ضياعات الطاقة الكهربائية. يجري تحسين عامل الاستطاعة باستخدام مصادر إضافية للاستطاعة الردية وهي الآلات التوافقية (التزامنية) الدوارة ومراسف المكثفات الساكنة.

تستخدم الآلات التوافقية الدوارة للتعويض المركزي للاستطاعة الردية في محطات التوليد وتكون عادة باستطاعات كبيرة، حيث تستخدم لهذا الغرض وحدات التوليد المنسقة أو القديمة ذات تكلفة الإنتاج المرتفعة. وفي هذا المجال فإن المؤسسة العامة للتوليد في سورية تقوم في الوقت الراهن بإجراء دراسات الجدوى الاقتصادية لتشغيل مجموعات توليد المحطات البخارية والمجموعات الغازية الصغيرة والقديمة كمعوضات للاستطاعة الردية، أي كمكثفات دوارة بهدف الاسهام في تعويض الاستطاعة الردية وتغطية العجز الذي تعاني منه المنظومة الكهربائية السورية الذي يقدر حالياً بحوالي 1500 MVAR.

أما مراسف المكثفات الساكنة فتستخدم لتحسين عامل الاستطاعة محلياً حيث تركيب في محطات ومراكز التحويل على بارات التوتر المتوسط (على بارات الـ 20 KV في سورية) وعند المستهلكين الصناعيين الكبار.

إن التحسين المحلي لعامل الاستطاعة يكون في معظم الحالات أكثر فاعلية من التحسين المركزي، لذلك فقد بدأت المؤسسة العامة للتوزيع بتوريد وتركيب مراسف مكثفات في مراكز التحويل 0,4/20 ك ف باستطاعة إجمالية تجاوزت الـ 500 ميغافار بالإضافة إلى مجموعات المراسف 10×4 ميغافار التي تم تركيبها في عدد من محطات التحويل 20/66 ك ف على بارات الـ 20 ك ف. كما أن المؤسسة قد لاحظت

في جميع توريداتها الحالية والمستقبلية لمحطات التحويل 20/66 ك ف مرافق مكثفات على التوتر 20 ك ف، وضمنت طلبات العروض مرافق المكثفات هذه. إن تكاليف توريد مرافق المكثفات وتركيبها ليست بالكبيرة، لذا فإن تقنية تحسين عامل الاستطاعة لترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية تنتمي إلى الفئة المنخفضة من الاستثمارات وفترة استرداد الأموال الموظفة فيها لا تتعدى سنتين، علماً بأنها تحقق وفراً في استهلاك الطاقة يصل إلى 20 % ويتجاوز الـ 50 % في الضياع (لاحظ أن الضياع يتناسب عكساً مع مربع عامل الاستطاعة) .

7-5- تعديل شكل الشبكة Network Reconfiguration

يمكن بتعديل شكل أو تركيبة شبكات التوزيع _ ضمن الامكانيات المتاحة _ تغيير جريان الاستطاعة في فروع الشبكة، وبذلك يمكن تخفيف الدمولات على الفروع المرفقة الأمر الذي يؤدي إلى تخفيض الضياعات في فروع شبكات التوزيع الحلقية دون المساس بالأحمال المستجرة من عقدها .

8-5- الجريان الاقتصادي للاستطاعات في فروع الشبكات الحلقية

Economic Loadflow in mesh networks

يقصد بالجريان الاقتصادي للاستطاعات في فروع شبكات التوزيع الحلقية أو المغلقة جريان الاستطاعات في الفروع بتلك المقادير التي تؤدي إلى القيمة الأصغر للضياعات الاجمالية (ضياعات جول) ويمكن الحصول على جريان قريب من الجريان الاقتصادي هذا بإحدى الطرق التالية :

- 1- جعل الشبكة متجانسة قدر الإمكان .
 - 2- فتح الشبكات المغلقة وتحويلها إلى نصف مغلقة .
 - 3- جعل جريان الاستطاعة في الفروع قريباً من الجريان الاقتصادي بصورة قسرية .
- يمكن الاقتراب من تجانس شبكات التوزيع الحلقية بجعل فروعها من نوع واحد (خطوط هوائية أو كابلات) وذلك للحصول على نسبة X/R متقاربة ما أمكن، وفي حال تعذر

ذلك أو عند وجود محولات في بعض الفروع يلجأ إلى استخدام المكثفات التفاضلية في الفروع ذات المفاعلة الكبيرة (التي لها نسبة X/R مرتفعة) .
أما تحويل الشبكات المغلقة إلى "نصف مغلقة" باستخدام قاطع يكون مفتوحاً في حالة العمل الطبيعي فيفيد بشكل ملحوظ في تخفيض الضياعات عندما يكون الجريان الطبيعي للاستطاعات في الفروع بعيداً عن الجريان الاقتصادي. ويجري تحديد مكان تركيب قاطع الفتح هذا على الفرع الذي تكون الاستطاعة المارة فيه هي الأقل من بين قيم الاستطاعات الجارية في مختلف الفروع والمحسوبة على أساس الجريان الاقتصادي، وعندما سيكون جريان الاستطاعات في فروع الشبكة المفتوحة أقرب ما يمكن إلى الجريان الاقتصادي.

كما يمكن الحصول على جريان اقتصادي، أو قريب من الاقتصادي، للاستطاعات في فروع شبكات التوزيع الحلقية أو المغلقة بطريقة قسرية وذلك باستخدام محولات خاصة لحقن الاستطاعة في أحد فروع الشبكة المغلقة، حيث تعمل هذه الاستطاعة المحقونة (AS_{eq}) على تعديل جريان الاستطاعات في الفروع بحيث يصبح قريباً من الجريان الاقتصادي.

ويستخدم لهذا الغرض المحولات الدافعة التي تسمى "بالبوستر Boosters" القادرة على إعطاء توترين بأن واحد متغيرين بالقيمة والزاوية. ونظراً لارتفاع تكاليف هذه المحولات المزدوجة المنظمة للمطال والزاوية فيكتفي في معظم الأحيان باعتماد المحولات المنظمة في اتجاه واحد "طولاني" أو "عرضاني"، ويتم تحديد الاتجاه الأنسب (طولاني أم عرضاني) وفقاً لزاوية التوتر في نقطة الحقن وحسب طبيعة الممانعة فروع الشبكة حسب زاوية الممانعة لها بالذات.

إن تكاليف هذه المنظمات الدافعة المنظمة للمطال والزاوية مرتفعة نسبياً، لذلك فإن استخدامها بغرض تخفيض الضياع في شبكات التوزيع الحلقية يكون مبرراً فقط في حالات عدم التجانس الكبير وللشبكات المغذية للأحمال الكبيرة والمهمة (أحمال الفئة الأولى)، وإن فترة استرداد الأموال الموظفة فيها من الفئة المتوسطة (3-4 سنوات).

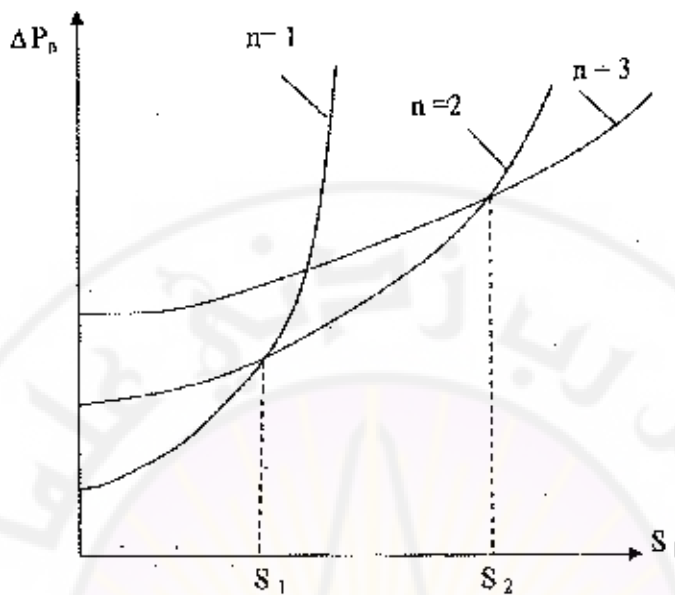
5-9- التشغيل الاقتصادي للمحولات العاملة على التفرع

Economic Loading of Transformers Substations

بما أن أحمال محطات التحويل تتغير من وقت لآخر خلال اليوم ومن شهر لآخر على طول السنة، فإن عدد المحولات العاملة (الموصلة) في المحطة يجب أن يتبع تغيرات الحمل وذلك لتقليل الضياعات الاجمالية إلى الحد الأدنى الممكن، إذ إنه في فترات التحميل الخفيف للمحولات تكون الضياعات الحديدية أكبر بكثير من الضياعات بفعل جول وعلى العكس في فترات الحمل الأعظمي تصبح ضياعات جول تفوق كثيراً الضياعات في الحديد.

مما سبق نجد أن تحديد عدد المحولات العاملة في المحطة يجب أن يتم على أسس اقتصادية بحيث يكون مجموع الضياعات الاجمالية لكل حالة أقل ما يمكن.

لهذا يجب دراسة تغير مجموع الضياعات لمحطة التحويل كتابع لعدد المحولات العاملة. يبين الشكل رقم (4-5) تغير مجموع الضياعات ΔP_n { الحديدية وضياعات جول } لمحطة تحويل تتألف من ثلاثة محولات كتابع لقيمة الحمل وعدد المحولات العاملة، حيث نرى أنه عندما يكون الحمل أقل من S_1 يكفي عمل محول واحد للحصول على أقل ضياعات أما عندما يقع الحمل بين S_1 و S_2 فإن عمل محولتين هو الأفضل اقتصادياً، وعندما يتجاوز الحمل القيمة S_2 فإنه يجب تشغيل المحولات الثلاثة للحصول على القيمة الصغرى للضياع .



الشكل رقم (4-5)

لتعيين قيمة الحمل التي يجب عندها زيادة أو انقاص عدد المحولات العاملة (وصل أو فصل محول أو عدد من المحولات) التي تتحدد بنقاط تقاطع منحنيات تغير ΔP_n (S_1 و S_2 على الشكل 4-5) نحسب مجموع الضياعات في كل من الحالتين - حالة n محول وحالة $(n+1)$ محول أو $(n-1)$ محول - ومن تساويهما نحصل على قيمة الحمل المطلوبة :

الضياعات الكلية في حالة n محول :

$$(\Delta P_T)_n = n \Delta P_{fc} + \frac{1}{n} \Delta P_{vis} \left(S_1 / S_{nom} \right)^2$$

الضياعات الكلية في حالة $(n+1)$ محول :

$$(\Delta P_T)_{n+1} = (n+1) \Delta P_{fc} + (1/n+1) \Delta P_{vis} \left(S_1 / S_{nom} \right)^2$$

حيث :

S_1 - استطاعة الحمل (حمل المحطة)

S_{nom} - الاستطاعة الاسمية للمحول الواحد وذلك بفرض تماثل المحولات

ومن تساوي العلاقتين نجد :

$$S_{n+1} = S_{nom} [n(n+1) \Delta P_{dc} / \Delta P_{en}]^{1/2}$$

وهي استطاعة حمل محطة التحويل التي تكون عندها عملية إضافة أو فصل محول عملية اقتصادية تؤدي إلى القيمة الصغرى الممكنة للضیاعات وهي تقابل النقاط S_1 و S_2 على الشكل رقم (4-5) .

10-5- ضبط جودة الطاقة الكهربائية Power Quality Control

إن انخفاض جودة الطاقة الكهربائية المغذاة لمختلف التجهيزات والمعدات الكهربائية لا تؤثر فقط على جودة أداء هذه التجهيزات وإنما تؤدي أيضاً إلى زيادة ضیاعات الطاقة الكهربائية في كل من هذه التجهيزات والشبكات المغذية لها .
ومن المؤشرات الأساسية لانخفاض جودة الطاقة الكهربائية :

- ... تغيرات التوتر وخاصة المستديمة منها
- تغيرات التردد
- عدم التزام الأطوار
- التوافقيات العليا

11-5- الالتزام بالمواصفات المعيارية للتجهيزات الكهربائية

Compliance with the International Norms and Standards

من المسلم به أن تصنيع الآلات والتجهيزات الكهربائية وفقاً للمواصفات القياسية والنورمات العالمية المعتمدة دولياً يرفع من كفاءة عمل هذه التجهيزات ويحسن مردودها الأمر الذي يسهم بشكل فاعل في تخفيض ضیاعات الطاقة الكهربائية ويُرشد استهلاكها. لذا كان لزاماً على الجهات المعنية في كل من القطاع الصناعي ومؤسسات الكهرباء وهيئات المواصفات والمعايير وضع السياسات والتدابير الكفيلة بالزام كل من المنتج والمستورد للتجهيزات والمعدات الكهربائية التقيد التام بهذه المواصفات والنورمات العالمية. هذا ويجدر الذكر هنا أنه لم يعد يوجد الآن في أسواق الدول المتقدمة أي تجهيزات أو معدات مستهلكة للطاقة الكهربائية ذات كفاءة متدنية.

الفصل السادس

تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في القطاعات العليا لإنتاج الطاقة¹⁸

¹⁸ المصدر الأساسي لهذا الجزء هو دراسة أعدت في اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) حول "ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءتها في القطاعات العليا لإنتاج الطاقة" في دول مختارة أعضاء في الإسكوا لعام 2007.



لما كان قطاع النفط وقطاع الغاز الطبيعي يمثلان النسبة الأساسية من إنتاج موارد الطاقة في المنطقة، كان الحفاظ على كفاءة استخدام الطاقة في العمليات الإنتاجية يمكن أن تمثل قيمة فنية واقتصادية وبيئية لأداء هذين القطاعين، وتتمثل القطاعات العليا لإنتاج الطاقة في سورية بقطاع إنتاج النفط وقطاع إنتاج الغاز الطبيعي وسوف يتم في هذا الفصل دراسة التقنيات المستخدمة في عمليات إنتاج النفط والغاز ومن ثم تحديد مجالات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في كل هذه العمليات، والذين يتميزان بتنوع وضخامة العمليات الإنتاجية فيهما، ومنها عمليات الاستكشاف والتنقيب واستخراج النفط والغاز وتجميعها، وتمتلك الشركات العاملة في هذا المجال آلاف الآبار المنتجة وآلاف الكيلومترات من خطوط الأنابيب ومئات نقاط التجميع، إضافة إلى المعدات المصاحبة من ضواغط وعنفات، ومضخات، وحفارات منتشرة في رقعة تزيد على آلاف الكيلومترات المربعة. مما يتطلب جهوداً وموارد مالية كبيرة، وموارد بشرية متخصصة لتطبيق برامج ترشيد استهلاك الطاقة، في هذين القطاعين، ولا يمكن تحقيق ذلك إلا إذا وضعت هذه البرامج على أسس علمية، ومناهج إدارية سليمة، ضمن سياسات محددة معتمدة.

1-6-1- التقنيات المستخدمة في عمليات إنتاج النفط والغاز الطبيعي

1-1-6-1- تقنيات الاستكشاف

تتنوع طرق الاستكشاف في قطاعي النفط والغاز الطبيعي بين: المسح الجوي والاستشعار عن بعد، والمسح الجيولوجي السطحي، والمسح الجيوكيميائي، والمسح الجيوفيزيائي، وهذا المسح الأخير هو المسح الأكثر شيوعاً في عمليات استكشاف النفط والغاز في دول المنطقة. ويتم وفق أربع طرق فنية هي: طريقة الجاذبية، والطريقة المغناطيسية، والطريقة الكهربائية، والطريقة السيزمية التي تعتبر أكثر الطرق استخداماً، ويعتمد المسح فيها على قياس الاهتزازات الأرضية. وسوف يتم عرض لأهم خصائص عمليات المسح السيزمي، وأساليب الحفر الاستكشافي وتقويم احتياطي النفط ومؤشرات استهلاك الطاقة في كل منها.

أ- المسح السيزمي

ساهمت المسوحات السيزمية، أحادية وثلاثية الأبعاد، في معرفة تراكيب المكامن الجيولوجية، إلى أن ظهرت المسوحات السيزمية ثلاثية الأبعاد التي أدت إلى تحسين الصورة التركيبية للمكامن وتحديد المكامن الرئيسية، والفوالق المصاحبة لها بدقة كبيرة، مما أدى إلى تحديد أفضل لمواقع الآبار التي يراد حفرها، وخفض نسبة الآبار الجافة. وقد أدى هذا التطور إلى إعادة مسح المكامن والحقول القديمة حيث تم التعرف على امتدادات لها لم تظهرها المسوحات السابقة، ومع التطور الكبير في مجال تقنيات الحاسوب، ساهمت هذه التقنية في التمكن من رسم خرائط رقمية دقيقة لطبقات الصخور الرسوبية مما يؤدي إلى تقليل مدة دورة العمل، الأمر الذي ينعكس مباشرة على كلفة عمليات التنقيب.

ويستخدم ما يتم تسجيله من بيانات المسح السيزمي ثلاثي الأبعاد في توجيه عمليات التنقيب، وخاصة ما يتعلق بإدارة المكامن، فيتيح إمكانية أدق لوصف وتحديد طبقات وجود النفط والغاز الطبيعي. وهذا يساعد الفنيين في اختيار المواقع المثلى لحفر آبار الإنتاج، ويتيح استخلاص كميات أكبر من النفط والغاز بكلفة أقل.

وقد أدى استخدام تقنية المسح السيزمي المتفرق، ثلاثي الأبعاد إلى خفض الطاقة المستهلكة لكل كم² من المسح إلى حوالي 4000 كيلواط ساعة، وهو ما يعادل 26 في المائة فقط من الطاقة المستهلكة في حالة المسح السيزمي ثلاثي الأبعاد (15700 كيلواط ساعة).

ب- الحفر الاستكشافي وتقويم احتياطي النفط

تساعد عمليات المسح المختلفة على تحديد التراكيب الجيولوجية الملائمة لتجمع النفط. ولكن لا يتم الحزم بوجود نفط أو غاز طبيعي في هذه للتكوينات، أو المكامن إلا بالحفر الاستكشافي المباشر، حيث يتم من خلاله تحديد ما يلي :

- طاقة الإنتاج القصوى للحقل.
- عدد الآبار الواجب حفرها، ومواقعها، واختيار الأبعاد المناسبة لتلك المواقع.

- وسائل الاستخلاص اللازمة لإنتاج النفط .
 - المنشآت الإنتاجية اللازمة، كخطوط الأنابيب، والخزانات، ومحطات الضخ، ومحطات عزل الغاز والماء، ووسائل معالجة كل من النفط المنتج والغاز، ومركز التحكم بالعمليات، ومكافحة الحريق، والطرق ووسائل الاتصالات
 - الحصيلة النهائية المتوقعة للنفط المستخرج.
- وتتوقف احتياجات الطاقة على هذه العناصر السابق الإشارة إليها، كما أنه لا بد من دراسة الخدمات المساعدة التي تعنى بتحديد متطلبات المياه والطاقة الكهربائية لتنفيذ خطة التطوير الموضوعة.

6-1-2 - تقنيات الاستخراج والتجميع

أ- تقنيات حفر الآبار والعمليات المصاحبة

يوجد نوعان من أبراج الحفر، الأول تنقل فيه القدرة إلى المعدات الموجودة بطريقة ميكانيكية، أما النوع الآخر فيشمل مولدات كهربائية تعمل بوقود الديزل، ويتم إمداد كل الأجهزة والآليات ضمن برج الحفر بالطاقة الكهربائية لتشغيلها، ما يتيح إدارة أفضل للطاقة المستهلكة، إضافة إلى الحاجة إلى عدد أقل من المولدات في كل موقع. وقد تم إدخال أجهزة الحاسوب على هذا النوع من أبراج الحفر، مما يمكن من استخدام تقنيات المراقبة الآتية المتطورة.

وقد أدت التطورات في طرق الحفر إلى تحسين إنتاجية الآبار، وتخفيض المشكلات التي كانت تتعرض لها الآبار الرأسية، كما ساعدت على إمكانية استخلاص النفط من الأماكن النفطية الصغيرة، والرقيفة، أو الأماكن محدودة النفاذية والسماكة ومن هذه الطرق :

- الحفر الأفقي والموجه
- نظام حفر آبار بأقطار صغيرة
- استخدام سوائل حفر بإضافات مختلفة

ب- المكامن النفطية ووسائل الرفع الاصطناعي لاستخلاص النفط

- الرفع الاصطناعي بحقن الغاز Gas injection
- الرفع الاصطناعي بحقن بخار الماء Steam injection

3-1-6 - تقنيات نقل النفط والغاز الطبيعي

أ- نقل النفط

من بين الحلول المتاحة لشركات النفط، لخفض تكاليف الاستكشاف والإنتاج والنقل، استخدام المعالجة الكيميائية لمشاكل التآكل في أنابيب النفط، و/أو استخدام الأنابيب المرنة المصنوعة من الفولاذ والبلاستيك الحراري المضاد للرشح، والفولاذ المقاوم للصدأ. وتستخدم هذه الأنابيب المرنة في الحقول حديثة التطوير وفي حقن الماء في المكامن، لأنها مقاومة للصدأ ولا تحتاج إلى صيانة، وكذلك يمكن مدها في المياه المغمرة، وعلى اليابسة.

ب- نقل الغاز الطبيعي

يتطلب نقل الغاز الطبيعي إلى المستهلك سلسلة من العمليات كما يلي: إنتاج الغاز عند فوهة البئر، ومعالجة الغاز المنتج حتى يكون جاهزاً، إما للنقل بواسطة الأنابيب، أو التسييل. ونقل الغاز المعالج، إما بواسطة الأنابيب تحت ضغط مرتفع، أو كغاز طبيعي مسيل بواسطة الناقلات عبر مسافات بعيدة.

وقد طرأت تحسينات على تصميم خطوط أنابيب نقل الغاز، الطبيعي عبر مسافات بعيدة من حيث تحملها للضغط المرتفع، وذلك باستخدام معادن بمواصفات خاصة، كما تم تطوير تقنيات لمد الأنابيب في أعماق البحر، وعبر التضاريس الصعبة. وتلعب هذه التقنيات في مد خطوط الأنابيب الحديثة دوراً حاسماً في خفض حجم الاستثمارات اللازمة، فتصميم مشاريع نقل الغاز الطبيعي حالياً باستخدام أنابيب الضغط العالي يؤدي إلى خفض كلفة النقل، لكون كميات الغاز المنقولة كبيرة، ولمسافات بعيدة.

وقد انخفض معدل استهلاك الطاقة، أيضاً، خلال مراحل تسييل الغاز، وقدر ذلك بحوالي 15-20 في المئة من إجمالي الغاز الداخل إلى مراحل التسييل في المشاريع

الأولى التي تم تنفيذها، وأصبح يمثل 8-10 في المئة في المشاريع التي تم تنفيذها مؤخراً، وبذلك فقد أصبحت عملية نقل الغاز الطبيعي المسيل بالناقلات تنافس عملية نقل الغاز بالأنابيب، من حيث كميات الطاقة المستهلكة.

4-1-6 - مؤشرات استهلاك الطاقة في عمليات إنتاج النفط والغاز الطبيعي

يتوزع الاستهلاك الإجمالي للطاقة على العمليات في حقول النفط الكبيرة والصغيرة وفق النسب الواردة في الجدول (1-6)، كما تعتمد معدلات استهلاك الطاقة في أي من هذه العمليات على عوامل عديدة ومتداخلة تؤدي إلى توسيع المدى الذي تقع فيه هذه المعدلات، مثال ذلك، إن معدل استهلاك الطاقة في حفر 1 متر طولي يتأثر بحسب قدرة الحفر، وزمن الحفر، وقساوة الطبقات، والتقنية المستخدمة، ونوع وسائل الحفر المستخدمة. والحالة الفنية للمعدات المستخدمة. ويبين الجدول (2-6) مؤشرات نسب استهلاك الطاقة في العمليات الحقلية.

الجدول (1-6) نسب استهلاك الطاقة في العمليات الحقلية في حقول النفط

العمليات	الحقول الكبيرة	الحقول الصغيرة
الآبار المنتجة	40 في المئة	55 في المئة
آبار الحقن	42 في المئة	26 في المئة
تخفيف الغاز	10 في المئة	-
عمليات برج الحفر	5 في المئة	-
أخرى	3 في المئة	19 في المئة

الجدول (2-6) مؤشرات عامة لاستهلاك الطاقة في إنتاج النفط والغاز الطبيعي

مؤشرات متوسط الطاقة المستهلكة (كيلواط - ساعة)	العمليات الأساسية في القطاعات العليا لإنتاج الطاقة
15700 4000	- المسح السيزمي ثلاثي الأبعاد لكل كم ² - المسح السيزمي المتفرق ثلاثي الأبعاد لكل كم ²
2500 - 1073	- حفر 1 متر طولي (حسب استطاعة الحفار وعمق البئر)
1,5	- ضخ 1 برميل سائل / 1000 متر
333	- استخراج وتجميع 1000 برميل نفط
25 - 0,52 600	- نقل 1000 برميل مسافة 1 كم - نقل 1 مليون م ³ من الغاز مسافة 1 كم
80000 - 14280	- معالجة 1 مليون م ³ من الغاز

2-6- ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاعي إنتاج النفط والغاز الطبيعي

2-6-1 - برامج الصيانة الوقائية لضبط عمل المعدات وتحسين كفاءتها

- إجراء الصيانة الآلية المبرمجة للمحافظة على كفاءة المعدات (الكهربائية والميكانيكية)، والفحص الدوري للمعدات والآلات، والمراقبة المستمرة لاستهلاك هذه المعدات من الطاقة، وتركيب نظم الإشعال والإطفاء الذاتي لأجهزة الإنارة.
- وضع برامج لصيانة المعدات الجوفية للأبار بشكل دوري يتم فيها استخدام عدد من الحفارات لخدمة الأبار، بهدف المحافظة على استمرارية وتشغيل معدات إنتاج البترول وتجميعه.
- تحديث وتوسيع المحطات الرئيسية لزيادة قدراتها على التخزين والمعالجة.

• الاهتمام بوضع برامج مخصصة لتقليل الفاقد من النفط الخام، ومنع تسربه من خلال حقن موانع التآكل الكيميائية، ومتابعة أعمال التفتيش الفني للأبواب والخزانات، وتحديد نقاط التآكل ومعالجتها قبل حصول التسرب.

2-2-6 . تشغيل نظم البخار بكفاءة

لما كان من المواد الأساسية المستخدمة في الإنتاج، فإنه فيما يلي عدد من الترتيبات الأساسية والإرشادات العامة التي يؤدي إتباعها إلى ضمان تشغيل نظم إنتاج وبورج واستخدام البخار بكفاءة عالية، ما ينتج عنه المحافظة على الطاقة وترشيد استهلاكها :

• إنتاج البخار بأعلى ضغط ودرجة حرارة ممكنة، واستغلال الطاقة المسترجعة في عملية إنتاج البخار، مع أهمية وجود تجهيزات قياس لكميات البخار المنتجة، والمستهلكة في مختلف الوحدات.

• تطبيق إجراءات ترشيد الطاقة في المراحل.

• اختيار النوع والحجم المناسبين من مصائد البخار Steam traps تفاديا لفقدان البخار، وإجراء فحص دوري لهذه المصائد، لتفادي فقدان كميات كبيرة منه.

• التأكد من وجود العزل الحراري الجيد لكل خطوط أنابيب البخار والوحدات المتصلة بها، وإجراء فحوص دورية للتأكد من عدم تلف العازل، أو فقدانه لعازليته لأي سبب.

• تصميم نظم البخار لضمان أقل تسرب ممكن باختيار أنسب المواد والمعدات، وإجراء الفحوص الدورية لاكتشاف أي تسرب، أو ارتشاح وإصلاحه بأسرع وقت.

• استخدام البخار تحت أقل ضغط ممكن وبخاصة في مجال التسخين

3-2-6 - تشغيل نظم الهواء المضغوط بكفاءة

لما كان الهواء المضغوط من المواد الأساسية في الإنتاج، ففي ما يلي إرشادات عامة لنظم إنتاج الهواء المضغوط وتوزيعه واستخدامه لتشغيل أجهزة التحكم، وتشغيل كثير من أدوات المرافق العامة :

- التأكد من تطابق مواصفات الهواء المضغوط مع متطلبات الاستخدام.
 - التأكد من عدم وجود تسريب للهواء المضغوط.
 - استبدال الضواغط القديمة بضواغط حديثة أكثر كفاءة.
 - استخدام أجهزة تحكم آلية لنظام الهواء المضغوط.
- 4-2-6 - استبدال المعدات القديمة بأخرى ذات كفاءة عالية
- يؤدي استبدال المعدات التالية القديمة بمعدات حديثة إلى زيادة الكفاءة:
- استبدال المحركات الكهربائية التقليدية بأخرى متطورة لا تقل كفاءتها عن 93 في المئة.
 - استبدال المراجل القديمة بأخرى جديدة وذات كفاءة عالية.
 - استبدال الضواغط ذات الكفاءة المتدنية بأخرى ذات كفاءة أعلى.
 - استبدال نظم السيور والسلاسل بقارنات مباشرة لنقل الحركة من المحركات الكهربائية إلى المعدات المراد تشغيلها.
 - استبدال نظم الإثارة التقليدية بنظم الإثارة الموفرة للطاقة.
 - استبدال المضخات الميكانيكية بمضخات كهربائية.
- وتعد المضخات متعددة الأطوار التي تستخدم في نقل النفط الخام من البئر، وعبر مسافات طويلة، مضخات اقتصادية، ويساعد حجم المضخة الصغير وسهولة تركيبها على زيادة جدواها الاقتصادية، ومن فوائد استعمالاتها: زيادة الضغط المنخفض، والمحافظة على معدل إنتاج النفط في الحقول القديمة.
- وفي ما يلي عرض للإجراءات التي يؤدي اتخاذها إلى رفع كفاءة المضخات وتقليل معدلات استهلاك الطاقة فيها :
- استبدال أي أنبوب تحويل (by-pass line) بجهاز للتحكم الآلي متعدد السرعات (variable speed control drive) لأن السوائل التي تمر عبر أنبوب التحويل هي طاقة مستهلكة في غير محلها.
 - اختيار قدرة المضخة لتتواءم مع القدرة التصميمية لشبكة الأنابيب.

• التأكد من الوضع الصحيح للقارنة (coupling alignment) التي تربط محرك الكهرباء والمضخة، وكذلك التأكد من استمرارية عملية التزييت وعدم تسريب الزيت (oil seal).

• اختيار القطر الخارجي لدفاعة المضخة (pump impeller) بشكل دقيق بحيث تتناسب قدرة المضخة المستخدمة لرفع السوائل طرديا مع القطر الخارجي لدفاعة المضخة.

• التأكد من أن القدرة التصميمية للمضخة متوافقة مع قدرة المحرك الكهربائي.

• استبدال صمام التحكم اليدوي الذي يوضع بعد المضخة، بجهاز آلي متعدد السرعات، لتفادي هدر الطاقة في التغلب على الاحتكاك الناتج من وجود الصمام.

• الموازنة بين أقطار الأنابيب المستخدمة في النقل وقدرة المضخات المستخدمة، إذ يلجأ منفذو مشاريع أنابيب نقل النفط العملاقة إلى تخفيض أقطار الأنابيب، إما لعدم توافر الأحجام المطلوبة أو لخفض كلفة الأنابيب المستخدمة في المشروع، مما يؤثر سلباً على أداء المضخات التي تتحمل عبء نقل المواد إلى مسافات بعيدة. ولأن الضخ يتم لمسافات طويلة، تكون كلفة استهلاك الطاقة في الضخ كبيرة جداً تفوق في كثير من الأحيان الخفض الناتج في كلفة الأنابيب.

5-2-6 - تعميم استخدام التقنيات المتطورة

أ- باستخدام تقنيات المسح السيزمي المتفرق ثلاثي الأبعاد

تطورت تقنية المسح السيزمي من ثنائي الأبعاد إلى ثلاثي الأبعاد، ومنه إلى مسح سيزمي متفرق ثلاثي الأبعاد، حيث تقلصت دورة العمل لمسح كل 20 كيلومتراً مربعاً من أسبوعين إلى 2-3 أيام فقط، ما يقلل كلفة عملية الاستكشاف. وبمقارنة أنواع تقنيات المسح ثلاثي الأبعاد المختلفة، فقد أدى إلى انخفاض استهلاك الطاقة من 7600 ليتر مازوت لتغطية مساحة 5 كلم² بواسطة المسح ثلاثي الأبعاد إلى 1900 لتر مازوت فقط للمسح المتفرق ثلاثي الأبعاد، هذا إضافة إلى عدة مميزات أخرى نذكر منها :

• المساعدة في الكشف عن المكامن، والتعرف على الامتدادات الأفقية والعمودية للمكامن والحقول المنتجة، والتراكيب المعزولة والمعقدة، واختيار مواقع الآبار الناجحة.

• إدارة المكامن واستغلالها بشكل أفضل.

• خفض كلف عمليات الاستكشاف والحفر والتطوير والإنتاج. واختصار الوقت اللازم لذلك.

يتضح مما سبق أن المسح السيزمي الثلاثي الأبعاد له مميزات كثيرة تؤدي إلى رفع نسبة نجاح اكتشافات نفطية جديدة إضافة إلى التعرف على الإمدادات الأفقية والعمودية للمكامن المنتجة واختيار أفضل لمواقع الآبار الناجحة. وهذه المميزات بمنزلة دعوة للشركات النفطية إلى وضع الخطط اللازمة لإكمال المسوحات السيزمية ثلاثية الأبعاد على كل أراضي الدول التي تعمل فيها.

ب- استخدام التقنيات المتطورة في طرق الحفر

ويمكن تحسين كفاءة برج الحفر التقليدي، بتغيير محركات الكهرياء القديمة ذات الكفاءة المنخفضة بمحركات كهربائية جديدة ذات كفاءة عالية تزيد عن 93 في المائة. وتغيير المضخات والضواغط العاملة على برج الحفر بأخرى ذات كفاءة أفضل. وقد تم مؤخراً ابتكار برج حفر كهربائي متطور له قدرة على حفر آبار يصل عمقها إلى 3000-4000 متر طولي.

وقد تم مؤخراً إدخال تقنية المسار الآلي التي تم تطويرها بهدف إيجاد نظام للحفر الموجه بشكل فعال. يعمل نظام المسار الآلي في دورانه على إزالة قطع الحفر وتحسين جدار البئر. ويستطيع هذا الجهاز تغيير مسار البئر انطلاقاً من السطح من دون إخراج أنابيب الحفر، أو من دون توقف الحفر، كما يغني عن القياسات أثناء الحفر وعن مضخات طين الحفر، ويوفر اتصالاً بين الآلة وسطح البئر.

كما أن استخدام تقنيات الحفر الأفقي والمائل والتحفيف تؤدي إلى زيادة إنتاجية حقول النفط من خلال مضاعفة الطبقة المنتجة في المكامن، ورفع معامل الاستخلاص، كما

يمكن من استبدال حفر آبار عمودية بجذوع نثرشيد استهلاك الطاقة في عمليات الحفر، وتقليل كلفة حفر الآبار. ويتوقع من شركات النفط أخذ هذه المميزات في الاعتبار، ووضع الخطط اللازمة لإعادة حفر الآبار العمودية كلما أمكن ذلك وحفر جذوع جانبية لزيادة إنتاجية حقول النفط، لمواجهة الطلب المتزايد على الطاقة.

ج- استخدام أسلوب الحقن بالسوائل و/أو الغازات

ويجري منذ الثمانينيات من القرن الماضي تطبيق عمليات الحقن بالماء في حقول النفط في عدد من الدول العربية المنتجة للبترو، حيث يتم حقن مياه البحر بعد تنقيتها ومعالجتها في الحقول البحرية، أما الحقول التي تقع على اليابسة فيجري حقن مياه الطبقات فيها بعد رفعها إلى السطح وإعادة ضخها بواسطة مضخات صممت لذلك. وللإستفادة من الغاز المصاحب يجري حقن الغاز لإدامة الإنتاج من ناحية، ولإستبدال مضخات الإنتاج تحت السطحية والاستعاضة عنها بوسائط الرفع بالغاز المصاحب كبديل اقتصادي لاستخراج النفط.

د- تقنية اصطياد واستخدام غاز ثاني أكسيد الكربون

وعلى الرغم من أن عملية حقن غاز ثاني أكسيد الكربون تكلف ما بين 5,0 و 8,0 دولارات أمريكية لكل طن من غاز CO_2 يتم حقنه، فالفائدة الاقتصادية الحقيقية من عملية حقن غاز CO_2 من أجل استخلاص مزيد من النفط تكمن وتعتمد على أسعار النفط السائدة. وقد تم تقييم صافي العائد أو الفائدة الاقتصادية حقن كل طن من غاز CO_2 بين 10-16 دولاراً أمريكياً، وذلك حين يراوح سعر برميل النفط بين 15-20 دولاراً أمريكياً. وعندما تكون أسعار النفط بين 50-70 دولاراً أمريكياً ترتفع الفائدة الاقتصادية لعملية حقن غاز ثاني أكسيد الكربون ترتفع إلى 30-50 دولاراً أمريكياً لكل طن غاز.

هـ- الاستفادة القصوى من مصادر الطاقة المتاحة

• إمداد مواقع الحفر والحقول المنتجة للنفط بالطاقة الكهربائية من الشبكة الكهربائية الوطنية.

• اختيار مواقع مصافي التكرير الجديدة ومحطات تحلية المياه بالقرب من الحقول المنتجة للنفط.

• الاستفادة من الغاز المصاحب لتغطية بعض أو كل احتياجات حقول النفط من الطاقة.

• الاستفادة من مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة.

و- تحسين نظم إدارة حقول النفط والغاز الطبيعي

• التغييرات السلوكية- مثال إعادة برمجة (أو تصفير) منظمات الحرارة temperature thermostats بعد ترك المكان المشغول.

• استخدام الأسعار، و/أو السياسات التشجيعية لمكافئة التغييرات السلوكية المطلوبة.

• التحسينات التقنية لرفع كفاءة استخدام الطاقة، وتشمل كل ما سبق ذكره في هذا الفصل من إجراءات حازمة تؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة. وقد أثبت بعض شركات النفط بلاءً حسناً بتنفيذ كثير مما ذكر من هذه الإجراءات، كما أن من الأهمية متابعة تبني وتنفيذ باقي هذه الإجراءات، لزيادة معدل ترشيد استهلاك الطاقة في حقولها النفطية.

1- استخدام تقنية المعلومات لتطوير قطاعي إنتاج النفط والغاز الطبيعي

• تعتمد عمليات التنقيب، والاستكشاف، والاستخراج على التسجيلات الرقمية الآتية وتحليل هذه القواعد البيانات في التخطيط السليم، من حيث الاقتصاد والسلامة في استخلاص البترول من التكوينات الجيولوجية المناسبة، وعليه سيكون إنشاء وحدات تقنية معلومات متكاملة لهذا القطاع سهلاً بسبب توفير البنية الأساسية لها.

• تحتاج صناعة البترول اعتماد طرق جديدة أو معدلة تمكنها من مواجهة التحديات، ولا يمتنى ذلك إلا بامتلاك التقنيات، وبناء القدرات العملية والتقنية للحكم على العمليات الصناعية أولاً وقبل الشروع في تطويرها، مع الأخذ في الاعتبار أن التعرف على كنه العمليات المختلفة في صناعة البترول هو عمل تراكمي بطبيعته، وأن المعرفة فيها تتم بعامل الخبرة وبشكل تدريجي.

• يمكن لشركات النفط الرقي بمستوى التعاون فيما بينها في مجال إنتاج النفط والغاز بسبب تماثل بيئة قطاع إنتاج النفط، والتأزر لتسهيل عملية نقل وتطوير التقنيات فيما بينها بتأمين الموارد (البشرية، والمالية والإدارية) وغيرها من العوامل اللوجستية.

2- استخدام نهج تصميم النظم المتكاملة لتطوير قطاع إنتاج النفط والغاز الطبيعي

- استخدام أنابيب كبيرة ومضخات صغيرة بدلاً من أنابيب صغيرة ومضخات كبيرة.
- تركيب الأنابيب أولاً، ثم المعدات قلل من إجمالي القدرة المطلوبة لضخ المسائل.

6-3- تفعيل برامج ترشيد الاستهلاك وتحسين الكفاءة في قطاع إنتاج النفط والغاز

6-3-1 الخطوات الفنية لتنفيذ برامج كفاءة الطاقة

يحتاج تطبيق مثل هذا البرنامج إلى ما يلي :

- توفير قاعدة بيانات تتضمن المؤشرات التشغيلية المطلوبة لاستنباط مؤشرات أداء طاقم العمل في الحقول، وتخصيص كل بئر من آبار الإنتاج والحقن فيها بمعامل كفاءتها التشغيلية، مما يسهل مراقبة هذه المؤشرات، ووضع برنامج آلي لصيانة المعدات، بحسب ما توضحه تلك المؤشرات من ارتفاع أو هبوط. ويمكن تصميم نظام معلومات خاص لكل حقل على حدة وربط النظم بعد ذلك بعضها مع بعض لتعمل كنظام واحد.

- إجراء دراسات تدقيق الطاقة : بعد وضع مؤشرات الأداء الطاقوي، يتم إجراء مسح تفصيلي لنظام الطاقة وأوجه الاستخدام، للتعرف على استهلاك الطاقة في المنشأة، يلي ذلك تحليل تفصيلي لحركة الطاقة داخل وخارج المنشأة، وتحديد مواقع الاستهلاك التي يمكن إجراء تحسينات فيها، والتي يتوقع أن تساهم في تحقيق وفر في استهلاك الطاقة. وتستخدم بعدها نتائج التحليل التفصيلي لهذه القياسات لتحديد الوفورات الممكن تحقيقها. ونظراً إلى صعوبة تطبيق برامج ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النفط والغاز الطبيعي بسبب انتشار المعدات في مساحات كبيرة ما يتطلب كوادر بشرية متخصصة، يضمن إسناد هذا الدور لشركة متخصصة في هذا المجال التنفيذ الأمثل لهذه البرامج الضرورية.

6-3-2- تفعيل دور شركات خدمات الطاقة القائمة /أو إنشاء شركات وطنية لخدمات

الطاقة

- يمكن إنشاء شركة لخدمات الطاقة برأس مال وطني وبموجب قانون الحفاظ على الطاقة.
- يمكن إنشاء هذه الشركة بموجب شراكة بين الشركات العاملة في مجال النفط.
- تقوم الشركات والهيئات والمؤسسات النفطية بالتعاون مع هذه الشركة لإجراء جميع عمليات تحسين كفاءة الطاقة لديها.

الفصل السابع

تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد
استهلاكها في القطاعات الدنيا لإنتاج الطاقة



إن القطاعات الدنيا لإنتاج الطاقة هي القطاعات التي تعمل على تحويل مصادر الطاقة الأولية إلى مصادر للطاقة النهائية (حوامل للطاقة) تستخدم في قطاعات الاستهلاك النهائي، وتتمثل القطاعات الدنيا بمحطات التوليد الكهربائية وبمصافي تكرير النفط. وسوف يعرض هذا الفصل تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في كل منهما.

1-7- تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في محطات التوليد الكهربائية بلغت الاستطاعة (القدرة) الكهربائية المركبة في سورية في عام 2005، ما مقداره 7075 ميغاوات (م.و.)⁽¹⁹⁾، وقد توزعت بنسبة 9,1% لعنفات الدورة المركبة و 50,3% للعنفات البخارية و 19% للعنفات الغازية و 21,7% للعنفات الكهرومائية. وقد بلغت الطاقة الكهربائية المولدة في عام 2005 ما مقداره 34,9 تيراوات ساعة (TWh). وقد توزعت مساهمة المحطات الكهربائية المختلفة بتوليد هذه الطاقة الكهربائية وفق النسب التالية :

54,3% من محطات التوليد البخارية، و 21% من محطات التوليد الغازية، و 14,8% من محطات التوليد ذات الدورة المركبة، و 10% فقط من محطات التوليد الكهرومائية. وبلغ الاستهلاك الذاتي للمحطات إضافة إلى الضياعات الفنية في نفس العام ما مقداره 7,84 تيراوات ساعة أي ما نسبته 22,5% واستهلكت الكمية المتبقية والبالغة 27,06 TWh في قطاعات الاستهلاك النهائي حيث توزعت بنسبة 41,6% لقطاع الأبنية السكنية، و 15,7% للقطاع الخدمي، و 32,1% في قطاع الصناعة واستهلك أقل من 1% لخطوط نقل النفط والغاز، وحوالي 6% في قطاع الزراعة، و 4% للصناعات الاستخراجية⁽²⁰⁾.

¹⁹ استراتيجيّة الطلب والتزود الأمثل بالطاقة في سورية لغاية 2030، الجزء الأول تطور الطلب النهائي على الطاقة لغاية 2030،

²⁰ نفس المرجع 19

تمثل محطات التوليد الكهربائية جزءاً من قطاعات الإنتاج الدنيا للطاقة، فهي:

1- تحول مصادر الطاقة الأحفورية إلى نوع آخر من الطاقة وهو الطاقة الكهربائية وعندها تسمى محطات التوليد الكهروحرارية، والتي تعتبر ذات كفاءة ليست عالية. فالكفاءة الحرارية لمحطات التوليد الكهربائية البخارية والمحطات الغازية البسيطة تتراوح بين 33% و 38%. وقلما تصل الكفاءة الحرارية إلى 42% ويمكن أن تتراوح كفاءة المحطات الغازية ذات الدورة المركبة Combined Cycle بين 48% و 56% ووصلت إلى 60% في بعض البلدان المتقدمة.

2- تحويل طاقة المصببات المائية (الهيدروليكية) إلى طاقة كهربائية وعندها تسمى المحطات الكهرومائية.

تتوفر العديد من الإجراءات والتقنيات التي تسهم في رفع كفاءة المحطات الكهربائية وتحسن أدائها وتعمل على ترشيد استهلاك الطاقة فيها، وسوف يتم فيما يلي عرض للعوامل التي تؤثر في تحسين معدلات استهلاك الوقود في المحطات الكهربائية والعوامل التي ترتبط بظروف التشغيل إضافة إلى الإجراءات اللازمة لتخفيض الاستهلاك الذاتي والإجراءات الواجب اعتمادها لتخفيض آثار محطات التوليد الكهربائية على البيئة:

1-1-7- العوامل التي تؤثر في تحسين معدلات استهلاك الوقود في المحطات الكهربائية:

أ- اختيار النظم والتصاميم ذات الكفاءة العالية وذلك عند إعداد برامج التوسع في استطاعات (قدرات) التوليد الكهربائية، واختيار قدرات وحدات توليد كهربائية نمطية كبيرة (300 م.و.) للتوليد البخاري، و (750 م.و.) لمحطات الدورة المركبة.

ب- تحسين طرق التشغيل في المحطة

ج- التحميل الاقتصادي الأمثل للمحطات ويتم ذلك من خلال مركز التحكم والتسيق المركزي في النظام الكهربائي الوطني.

د- تحويل وحدات التوليد الكهربائية التي تعمل بالوقود الثقيل للعمل بالوقود الأخف غاز طبيعي/ديزل (مازوت).

هـ- استخدام أحدث التقنيات ذات الكفاءة الحرارية العالية، حيث يمكن الوصول إلى كفاءة 42% في محطات التوليد البخارية وإلى 60% في محطات التوليد ذات الدورة المركبة.

و- التحميل الأمثل للمحطات ويتم ذلك من خلال مركز التحكم الوطني بما يتوافق مع كفاءة المحطات.

2-1-7- العوامل التي ترتبط بظروف التشغيل :

أ- درجة حرارة بخار التغذية : يجب أن تكون درجة حرارة بخار التغذية مساوية أو قريبة من درجة الحرارة التصميمية للمحطة، إذ إن التشغيل عند درجة حرارة أقل من القيمة التصميمية بمقدار 10 درجات مئوية يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود بمقدار 0,7 غرام وقود لكل كيلوات ساعة منتج.

ب- درجة حرارة البخار المعاد من التحميص (Hot Reheat) : يجب أن تكون درجة حرارة البخار المعاد من التحميص مساوية أو قريبة من درجة الحرارة التصميمية، إذ إن التشغيل عند درجة حرارة بخار معاد من التحميص أقل بمقدار 10 درجات مئوية عن درجة الحرارة التصميمية يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود بمقدار 0,5 غرام وقود لكل كيلوات منتج.

ت- ضغط البخار الرئيسي : يجب التأكد من أن يكون ضغط البخار الرئيسي مساوي أو قريب من الضغط التصميمي عند الحمل الأقصى. إذ إن التشغيل عند ضغط أقل من الضغط التصميمي عند الحمل الأقصى بمقدار 1 كغ/سم² يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود بمقدار 0,2 غرام وقود/كيلوات ساعة منتج.

ث- مراقبة درجة حرارة دخان المدخنة : هذه الدرجة يجب ألا تزيد عن درجة الحرارة التصميمية للمحطة والموصى بها من قبل الصانع، إذ إن زيادة درجة حرارة دخان المدخنة بمقدار 10 درجات مئوية يؤدي إلى انخفاض كفاءة المرجل

بمقدار 1%، مما يؤثر على زيادة معدل استهلاك الوقود بمقدار 2,2 غرام وقود لكل كيلوات ساعة منتج.

ج- التفريغ بالمكثف : إن نقص التفريغ بالمكثف بمقدار 0,01 كغ/سم² عند التشغيل على الحمل الأقصى يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود بمقدار 0,45 وقود غرام لكل كيلوات ساعة منتج. كما أن زيادة درجة حرارة مياه تبريد المكثف تؤدي إلى نقص التفريغ بالمكثف وعليه نقص الكفاءة.

ح- نسبة الأكسجين : يجب تشغيل المحطة مع مراقبة كمية الأكسجين الداخل إلى حجرة الاحتراق في حرائق المراجل، فالتشغيل مع زيادة نسبة الأكسجين يؤدي إلى انخفاض كفاءة المراجل، وكذلك التشغيل مع نقص في نسبة الأكسجين يؤدي إلى حرق غير كامل وتغير في مخرجات المدخنة وزيادة في معدل استهلاك الوقود. فكل زيادة في نسبة الهواء الحاوي على الأكسجين 1% تؤدي إلى نقص في كفاءة المرجل بمقدار 0,05% .

ويجب أن تتراوح كمية CO غاز أول أكسيد الكربون المنبعث بين 15 و 50 جزء في المليون، وهي تمثل أفضل ظروف الاحتراق.

خ- مراقبة درجة حرارة مياه التغذية : إن كل انخفاض في درجة حرارة مياه التغذية بمقدار 5 درجات مئوية يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود بمقدار 0,2 وقود غرام وقود لكل كيلوات ساعة منتج.

د- مياه تبريد (حقن) البخار المحمص (Desuperheating) : يجب التأكد من كميات هذه المياه إذ إن زيادة 1% في تصريف مياه تبريد (حقن) البخار المحمص عند الحمل الأقصى تؤدي إلى زيادة استهلاك الوقود بمقدار 0,5 غرام وقود لكل كيلوات ساعة منتج.

ذ- درجة حرارة الجو : إن زيادة درجة حرارة الجو يؤدي إلى نقص كمية البخار لتسخين الهواء اللازم للحرق، وتحسين كفاءة الدارة الحرارية.

ر- تغيير الأحمال صعوداً وهبوطاً يؤدي إلى حرق غير مستقر أثناء عملية الصعود والهبوط مما يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود.

ز- تشغيل المحطة عند أحمال منخفضة يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود.

ح- كثرة التحول في المحطة من نوع وقود إلى نوع آخر يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود.

ش- نقص كميات الغاز الطبيعي المتاح يؤدي إلى تشغيل معظم المراجل بوقود ثنائي غاز/ديزل أو باستخدام زيت الوقود الثقيل بشكل كامل مما يؤدي إلى زيادة معدل استهلاك الوقود لتشغيل المسخن البخاري وزيادة درجة حرارة المدخنة.

ص- إن مراقبة أداء مسخنات مياه التغذية، ومنع تم الهواء من مسخن هواء المرجل ومن مسخن الهواء الغازي للمرجل وه الهواء كما أن جودة العزل الحراري للأجزاء الساخنة تؤدي إلى تحسين الكفاءة الحرارية.

7-1-3- الإجراءات الواجبة لتخفيض نسبة الاستهلاك الذاتي من الطاقة في محطة التوليد الكهربائية :

1- تجنب تشغيل المعدات الكهربائية الاحتياطية (مثل مضخات التغذية الكهربائية) إلا للضرورة القصوى.

2- التشغيل الأمثل للمعدات عند الأحمال المختلفة

3- ترشيد استهلاك الطاقة في الإنارة وأجهزة التكييف والسخانات داخل مواقع الإنتاج وتوابعها.

4- تنفيذ الصيانة الوقائية بشكل دوري ومنتظم

5- متابعة التأكد من سلامة العزل الحراري بجميع الخطوط الساخنة.

6- التأكد من سلامة المراجل ونظافتها أثناء الصيانة السنوية

7- العمل على خفض التسريبات (مياه - بخار) إلى أقل قدر ممكن

8- تحسين معامل السعة ومعامل الإنتاجية للمحطة

9- تخفيض معدل الخروج الاضطراري من الخدمة للمحطة.

7-4- الإجراءات الواجب اعتمادها لتخفيض الآثار البيئية لمحطات التوليد الكهربائية :

تتوافر العديد من الإجراءات الممكن اتخاذها لتخفيض الآثار البيئية الناتجة عن عمل محطات التوليد الكهربائية وفيما يلي أهمها :

- التحول إلى استخدام الغاز الطبيعي في المحطات الكهربائية
- استخدام المحطات الكهربائية ذات الدورة المركبة
- تحسين كفاءة مراحل محطات التوليد
- الاستفادة من الحرارة الضائعة وإعادة استخدامها
- تحسين نوعية الوقود المستخدم في المحطات.

1- التحول إلى استخدام الغاز الطبيعي كوقود في محطات التوليد الكهربائية

إن الغاز الطبيعي وقود نظيف نسبياً فهو يصدر :

- 28% أقل مما يصدره النفط من ثاني أكسيد الكربون
- و 19% أقل مما يصدره النفط من أكاسيد النتروجين لإنتاج كل ك.و.س من الكهرباء.

- كما أنه لا يصدر أول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت إلا بكميات قليلة جداً.
- سهل الاحتراق، ولا يحتاج إلى تحضير لاستخدامه كما في الوقود المسائل، مما يوفر استخدام ما يقرب من 4% من الوقود المستخدم.

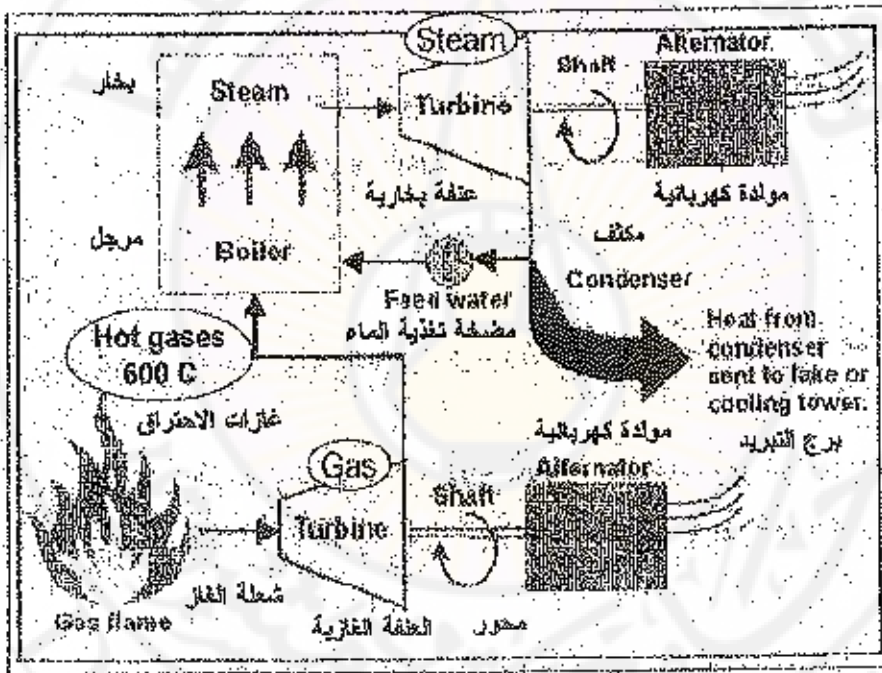
2- استخدام المحطات الكهربائية ذات الدورة المركبة

أ- فيما يلي مقارنة بين محطات التوليد البخارية والغازية وذات الدورة المركبة من حيث الكفاءة :

- محطات التوليد البخارية تتراوح كفاءتها بين 25% و 35% وتولد بخاراً تحت ضغط عال، ويخرج البخار من العنفة البخارية إلى المكثف.

- محطات التوليد الغازية وتتراوح كفاءتها بين 30% و 35% وهي تدار بالغاز وتخرج غازات الاحتراق من العنفة إلى الجو الخارجي بدرجة حرارة عالية.
- محطات التوليد ذات الدورة المركبة وتتراوح كفاءتها بين 50% و 60% وفيها تخرج غازات الاحتراق من العنفة لتدخل إلى مرجل عنفة بخارية لإنتاج بخار ذي ضغط عال، مولداً طاقة كهربائية إضافية.

محطة توليد ذات دورة مركبة Combined Cycle System



ب- مميزات استخدام المحطات ذات الدورة المركبة

- كفاءة حرارية عالية
- High thermal efficiency
- قليلة التلويث للبيئة والهواء
- Lower air pollutants

- زمن اقلاع قصير (15-20 دقيقة)
- Short starting time (15 to 20 minutes)
- أقل استهلاكاً لماء التبريد
- Lower water consumption and cooling requirements
- أداء أفضل عند الحمل الجزئي
- Better part-load performance

3- تحسين كفاءة مراحل محطات التوليد

تتوافر إجراءات عديدة لتحسين كفاءة مراحل محطات التوليد الكهربائية فيما يلي أهمها :

- ضبط عملية الاحتراق في المراحل يؤدي إلى تحسين الكفاءة بنسبة 3% إلى 7%
- المعالجة الصحيحة للمياه تؤدي إلى تحسين الكفاءة بنسبة 2% إلى 4%
- ضبط حمل المرجل عند 70%-90% يؤدي إلى تخفيض الضياعات بنسبة 2%-3%
- التسخين المسبق للهواء و/أو الماء المغذى للمرجل باستخدام الحرارة الضائعة يؤدي إلى تحسين الكفاءة بنسبة 3% إلى 10% .

4- تحسين نوعية الوقود المستخدم في المحطات

يجب أن تكون مواصفات الوقود المستخدم في المحطات كما يلي :

- أن يكون رقم السيٹان أقل من 51
- Centane number 51
- المحتوى من الكبريت أقل من 500 جزء بالمليون
- Sulfur 500 ppm
- المحتوى من المواد العطرية
- Aromatics 10% (vol.)
- المحتوى من النتروجين 10-20 جزء بالمليون
- Nitrogen 10-20 ppm
- وأن يكون وزنها النوعي
- Specific gravity 0,840

إن تحقيق ما سبق يمكن أن يخفض بنسبة 5,4% من استهلاك الوقود

- Expected Fuel Saving 5,4%

إن تخفيض محتوى النتروجين والمعادن والاسفلتين والمواد العطرية واللزوجة يؤدي إلى توفير نسبة 5,4% من استهلاك الوقود.

الجدول (1-7) تخفيض اصدار الابعاثات الناتجة من الخيارات الخمس السابقة

All Option : Total Emission Reduction in Electricity Generation Sector in ESCWA Region

Option الخيار	Emission Reduction (1000 ton/year) تخفيض الاصدارات						Reduction
	CO ₂	SO _x	NO _x	CO	HC	Total	%
1. Increasing NG share زيادة حصة الغاز الطبيعي	16,798	300,7	43,8	5,8	3,59	17,152	5,7%
2. Increasing generation by combined cycle زيادة التوليد باستخدام محطات ذات الدورة المركبة	29,974	103,6	117,4	2	1,42	30,198	10,1%
3. Improving steam boiler efficiency تحسين كفاءة المراجل	5,881	23,5	22,7	0,45	0,31	5,928	2,0%

4. Improving gas turbine efficiency تحسين كفاءة العنفات الغازية	12,363	35,6	49,1	0,69	0,5	12,449	4,2%
5. Upgrading liquid fuel quality تحسين نوعية الوقود	4,181	13,8	16,4	0,27	0,19	4,211	1,5%
Total	69,197	477,2	249,4	9,21	6,01	69,938	23,5%

5-1-7- ترشيد كفاءة نظم توزيع الطاقة الكهربائية ورفعها

Distributionsystems:

1- الأسباب الرئيسية للضیاعات الكهربائية في نظم التوزيع :

• الضیاعات التي تؤثر على الحد الأقصى لتغذية الأحمال المختلفة (إدارة توزيع الأحمال).

• الضیاعات الكهربائية في نظم التوزيع والتي يجب تقليلها من خلال نظم ترشيد وتحسين كفاءة الطاقة).

2- إجراءات ترشيد كفاءة الطاقة في شبكات توزيع الطاقة وتحسينها الكهربائية ويتم ذلك بواسطة :

1- تحسين معامل الاستطاعة (القدرة) الكهربائية Power Factor

2- توازن الأحمال في النظام الثلاثي الأطوار

3- إجراء التوصيلات الكهربائية الجيدة

4- استخدام محولات كهربائية عالية الجودة.

- 5- وضع النماذج والتصاميم الدقيقة التي تتضمن (نوع المغذيات المستخدمة ومقاطعها- نوع المحولات الكهربائية المستخدمة وقدراتها)
 - 6- إعادة تشكيل وتكوين دارات وشبكات التوتر المتوسط- ودراسة برنامج سريان القدرة المناسبة.
 - 7- تمثيل تبديل المحولات
 - 8- إجراء الصيانات الوقائية بشكل دوري وإجراء الإصلاحات الضرورية في أوقاتها.
 - 7-1-6- تخفيض الضياعات في استهلاك الطاقة في شبكات توزيع الكهرباء
تتركز الجهود على تخفيض نسبة الفاقد الفني وغير الفني في شبكات التوزيع الكهربائية من خلال:
 - 1- التحميل الاقتصادي لمحولات التوزيع (40-80 %) من قدرتها الاسمية.
 - 2- تعويض القدرة غير الفعالة للمحولات، وانزاح الأحمال على الجهد المنخفض للمحولات.
 - 3-مراجعة النقاط الساخنة على أطراف مغذيات الجهد المتوسط والمنخفض، ومراجعة نقاط الفتح وتحديد نقاط الفتح المثلى لحلقات الكابلات.
 - 4-تركيب مكثفات ثابتة ومتغيرة لتحسين معامل القدرة.
 - 5- العمل على تخفيض تأثير التوافقيات.
 - 6- التأكد من سلامة التأسيس وقياس مقاومة الأرض بشكل دوري.
 - 7- تركيب عدادات على مراكز التغذية والأشباك والموزعات لحصر الفقد وعلاجه.
 - 8-تبدال العدادات المعطلة وتركيب عدادات جديدة ومراقبة دقة العدادات دورياً.
 - 9-مراجعة ثوابت العدادات وترصيصها.
 - 10- تعميم القراءة الآلية للعدادات.
 - 11- مكافحة التوصيلات غير القانونية.
- كل هذه الإجراءات يمكن أن تحسن أداء شبكات التوزيع وتخفض الفاقد الفني بشكل كبير.

2-7- تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في مصافي تكرير النفط
تعد مصافي تكرير النفط مستهلكة كبيرة للطاقة حيث تستهلك الطاقة لأغراض الضخ
والضغط وإتمام التفاعلات الكيماوية والتسخين وتوليد البخار. وتتناسب كمية الطاقة
المستهلكة في مصافي تكرير النفط مع كمية المشتقات النفطية التي تنتج، ويزداد
استهلاكها مع ازدياد تعقيد الوحدات الموجودة في المصفاة. وبالإضافة إلى استهلاك
الطاقة في المصفاة على شكل حرارة وكهرباء، يوجد هدر للطاقة على شكل محروقات
مفقودة وليس على شكل حرارة وضغط، أو يوجد فقد لبعض المواد عن طريق نظام
الشعلة، إذ إنه، عند ارتفاع ضغط بعض الأوعية والأبراج، تفتح صمامات التحكم
لتخفيف الضغط عن طريق تسريب كمية من الغازات إلى نظام الشعلة. كما يحصل فقد
للمواد البترولية بسبب التبخر الذي يحصل أثناء تحميل ونقل المحروقات وتبريدها،
وقد للمواد أثناء التصنيع، حيث يتم التخلص من بعض المواد، مثل الكبريت بواسطة
تحويله إلى كبريت الهيدروجين الذي يتم التخلص منه بحرقه.
وتصل الطاقة المستهلكة في المصفاة إلى أكثر من 10 في المئة من كمية النفط المكرر
فيها. مثلاً، لقد بلغ استهلاك دول المشرق العربي من المنتجات النفطية في عام 2000
في صناعة التكرير 15,11 في المائة من صافي استهلاك المنتجات النفطية في مصافي
التكرير.

ونظراً لأن معظم وحدات مصافي تكرير النفط المركبة حالياً تنتمي إلى فترة الطاقة
الرخيصة لذلك تتوفر العديد من الإجراءات التي تؤدي إلى خفض الاستهلاك وترشيد
وتحسين كفاءة استخدام الطاقة في هذه المصافي التي يمكن تقسيمها إلى نوعين :

2-7-1- إجراءات لا تتطلب استثمارات كبيرة

(أ) مراقبة الاحتراق في الأفران والمراجل للمحافظة على كميات هواء احتراق
مناسبة، وذلك بمراقبة الأكسجين في الغازات العادمة، ويتم ذلك إما بواسطة أجهزة
تحليل الأكسجين، وإما مخبرياً، إذ إن زيادة 1 في المئة من الأكسجين في الغاز العادم
تخفض كفاءة الفرن بمقدار 5,1 في المائة.

(ب) الحد من الترسبات على جدران أنابيب الأفران والمراجل والمبادلات الحرارية، لأنها تشكل عائقاً للتبادل الحراري وتخفيضاً للكفاءة، ويتم ذلك بطرد السفاج عن جدران أنابيب الغلايات بواسطة البخار.

(ج) التأكد من أداء مصائد بخار الماء بشكل جيد، واختيار المصيدة ذات القدرة المناسبة، فالمصيدة ذات القدرة الصغيرة لن تؤدي إلى استخدام أمثل للبخار، والمصيدة ذات القدرة الكبيرة تؤدي إلى هدر في كمية البخار.

(د) استرجاع أكبر قدر ممكن من الماء المتكاثف، وذلك لمحتواها الحراري ولخلوها من الأملاح.

(هـ) التشغيل الأمثل لوحداث المصفاة، ومراقبة الكمية المعاد ضخها أو تدويرها في الوحدات المختلفة.

(و) إرسال المنتج الوسيط من الوحدة المنتجة له إلى الوحدة المستقبلية له دون المرور بعملية تخزينه، قدر الإمكان، وذلك حفاظاً على الطاقة اللازمة لضخه إلى الخزانات وتبريده هناك ثم إعادة ضخه للاستخدام وإعادة تسخينه قبل إدخاله إلى الوحدة المستقبلية.

2-2-7- إجراءات تتطلب استثمارات كبيرة

(أ) إقامة أنظمة لاسترجاع الطاقة من المنتجات الساخنة من أجل تسخين مواد أخرى، كما في وحدات التقطير وتسخين البنزين، أو من أجل توليد البخار، مما يخفف العبء عن مراحل البخار، كما في وحدات التقطير بالفراغ ووحدة تصنيع الهيدروجين.

(ب) استخلاص الطاقة من الغازات العادمة لتحميمص البخار المنتج وتسخين المياه الداخلة إلى المراجل لرفع كفاءة هذه المراجل.

(ج) توليد الكهرباء بواسطة عنفه بخارية تستخدم الغاز المتوفر في المصفاة، واستخدام الغازات العادمة في توليد البخار الذي يستخدم في العنفات البخارية لتوليد

الكهرباء، ويتم بعدها استخلاص البخار ذي الضغط المتوسط لاستخدامه في خدمات المصفأة المختلفة.

(د) تركيب نافخات سناج (Soot Blowers) لوحداث التفتير إذا لم تكن مركبة.

(هـ) الاستعاضة عن المحركات العاملة على البخار بمحركات كهربائية من أجل عدم توليد كميات إضافية من البخار.

(و) تركيب مبادلات حرارية لاسترجاع الطاقة من مواد يتم تبريدها وتستغل الطاقة المسترجعة في توليد البخار أو في رفع درجة حرارة مواد تحتاج إلى تسخين.

(ز) عزل خزانات زيت الوقود بشكل جيد، إن لم تكن معزولة، وذلك لتوفير كميات البخار اللازمة لتسخين زيت الوقود بغية الحفاظ على درجة حرارة محدودة في الخزانات.

(ح) الاستفادة من درجة حرارة الغازات العادمة التي تخرج من فرن وحدة التفتير بدرجة حرارة تصل إلى 550 س، ويمكن تسخين هواء الاحتراق في الفرن وتخفيض درجة حرارة الغازات العادمة إلى 175 س، مثلاً، ورفع كفاءة الفرن من 73 إلى 90 في المئة، مما ينجم عنه خفض كمية الوقود المطلوبة في الفرن.

(ط) الاستفادة من درجة حرارة الغازات العادمة، التي تخرج من وحدة تحسين الهيزين (الغازولين) بدرجة حرارة تصل إلى 750 س، في توليد كميات من البخار وبذلك يتم تحسين كفاءة هذه الأفران من 55 إلى 90 في المئة.

الفصل الثامن

تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في قطاع الصناعة²¹

²¹ الإسكراء، تحسين كفاءة الطاقة في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة



8-1- دور قطاع الصناعة في التنمية

لقد حظي قطاع الصناعة، الذي يستهلك ثلث الاستهلاك النهائي للطاقة في العالم، باهتمام خاص في برامج تحسين كفاءة استخدام الطاقة الوطنية من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة نظراً لانخفاض كفاءة العمليات الصناعية المختلفة وتوافر إمكانيات فنية واقتصادية كبيرة لتحقيق انخفاض ملموس في كمية الطاقة المستهلكة، وبالتالي في كمية انبعاثات غازات الدفيئة العالمية.

ويتأثر نمو القطاع الصناعي بعدة عوامل اجتماعية، واقتصادية وتقنية تتحكم إلى حد كبير بتطور هذا القطاع وبمعدل استهلاك الطاقة فيه ومنها: النمو السكاني، وازدياد معدل استهلاك الفرد للمنتجات الصناعية، والتحول إلى اقتصاد الخدمات وانتقال العديد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة إلى الدول النامية، وتحسن كفاءة استخدام الطاقة في قطاع الصناعة في الدول الصناعية، والتوجه نحو استخدام مصادر بديلة للطاقة وذلك لضرورات اقتصادية وبيئية، ولخفض الكلفة وزيادة القدرة التنافسية في الأسواق العالمية.

ويؤدي القطاع الصناعي في الدول العربية دوراً مهماً في خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية ويساهم بشكل فعال، بشقيه الاستخراجي والتحويلي، في الناتج المحلي الإجمالي وفي الصادرات. ووفقاً للتقرير الاقتصادي العربي الموحد لعام 2004⁽²²⁾ ساهم القطاع الصناعي في الدول العربية بنسبة 39,2 في المئة من الناتج المحلي الإجمالي للدول العربية، إذ بلغت نسبة مساهمة الصناعات الاستخراجية 28,3 في المئة ونسبة مساهمة الصناعات التحويلية 10,9 في المئة.

وينتم للقطاع الصناعي في الدول العربية بخصائص متعددة منها: الاعتماد على التقنيات المستوردة من الخارج، واستخدام الوقود الأحفوري وخاصة الغاز الطبيعي والديزل وزيت الوقود الثقيل مصدراً للطاقة في عمليات التصنيع، مع اتجاه واضح للتحول إلى استخدام الغاز الطبيعي في عدد من الصناعات الرئيسية، وغياب رأس

²² التقرير الاقتصادي العربي الموحد، أيلول/سبتمبر 2004

المال اللازم لعمليات التطوير، وارتفاع كلفة الطاقة لدى الدول غير المنتجة للنفط، وتفاوت ملكية الصناعة بين القطاعين العام والخاص، وانخفاض كفاءة استخدام الطاقة نتيجة الدعم الواسع لأسعار مبيع الطاقة، وقدم التقنيات المستخدمة في بعض الدول العربية، وتدني الإنتاجية العمالية بسبب قلة العمالة الماهرة وعدم مواكبة مخرجات التعليم والتدريب لاحتياجات الصناعة.

وانطلاقاً من أهمية تحقيق التنمية المستدامة التي تتطلب إدارة كفوءة للموارد والثروات الطبيعية واستخدام أساليب تقنية نظيفة بيئياً ومقبولة اقتصادياً واجتماعياً وفي إطار تكامل منظومة التنمية والطاقة والبيئة، فقد برزت أهمية العمل على ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في مختلف القطاعات الاقتصادية ومن ضمنها القطاع الصناعي حيث بينت التجارب العالمية والخبرات المكتسبة توافر إمكانيات كبيرة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في مختلف الصناعات.

وتشهد التوجهات الحالية في العديد من الدول العربية خطوات متسارعة لتنويع مصادر الدخل وتطوير الصناعات وخاصة منها كثيفة الاستهلاك للطاقة كالصناعات البتروكيميائية والأسمدة والألمنيوم والحديد والصلب لتحقيق استفادة أمثل من مصادر الطاقة الأولية المتاحة وخاصة الغاز الطبيعي مما سيؤدي إلى تنامي حصة القطاع الصناعي من مصادر الطاقة، ويستدل من الواقع الحالي لاستهلاك الطاقة في القطاع الصناعي العربي إلى تدني مؤشرات كفاءة الطاقة في معظم الصناعات بالمقارنة مع مثيلاتها في الدول الصناعية المتقدمة، وعلى ضوء التجارب العالمية والخبرات المكتسبة في مجال تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في الصناعات المختلفة فإن إيلاء هذا الموضوع الاهتمام في القطاع الصناعي العربي يعتبر من الأمور ذات الأولوية. ويعرض هذا الفصل أهمية العمل على تحسين كفاءة استخدام الطاقة في القطاع الصناعي والأساليب والتقنيات التي يمكن اتباعها لتحقيق ذلك مع استعراض لبعض التجارب العالمية في هذا المجال وعرض لدراسات حالة لإمكانيات

تحسين كفاءة استخدام الطاقة في أربع صناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة هي صناعات الإسمنت والحديد والأسمدة والزجاج.

2-8- واقع ومؤشرات استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي

1-2-8 - حصة قطاع الصناعة من الاستهلاك النهائي للطاقة في الدول العربية

يعد القطاع الصناعي أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة في سورية والدول العربية حيث قدرت حصته في عام 2002 بحوالي 35,52 في المئة من الاستهلاك النهائي للطاقة. ويبين الجدول (1-8) توزيع نسب الاستهلاك النهائي للطاقة على المصادر والقطاعات في الدول العربية في عام 2002،

الجدول (1-8) توزيع نسب الاستهلاك النهائي للطاقة على المصادر والقطاعات في

الدول العربية في عام 2002

المجموع %	القطاعات الأخرى %	قطاع النقل العام %	القطاع الصناعي %	
62,39	18,47	25,80	18,12	النفط
23,71	9,33	-	14,38	الغاز الطبيعي
13,43	10,85	0,03	2,56	الكهرباء
0,46		-	0,46	الفحم
100	38,65	25,83	35,52	المجموع

المصدر: 2002 Energy Balances and Electricity Profiles, UN, New York, 2005

استهلك قطاع الصناعة في عام 2005 في سورية 18,8% من مجموع الاستهلاك الكلي الذي بلغ 15,251 مليون طن مكافئ، نفط (مليون طن.م) أي ما مجموعه 2,869 مليون طن م.م. استهلك منها 0,260 م.ط.م.م. على شكل مازوت، و 1,079 م.ط.م.م. على شكل فيول وفحم كوك، وما يعادل 0,746 م.ط.م.م. على شكل كهرباء، و 0,784 م.ط.م.م. على شكل غاز طبيعي ومسال وبليز.

وقد استخدم 85,5% من المشتقات النفطية على شكل حراري و 14,5% على شكل استخدامات أخرى، في حين استخدمت الكهرباء بنسبة 14,2% على شكل حراري والباقي 85,8% على شكل استخدامات أخرى.

وتتبع الصناعة في سورية لأكثر من وزارة، فتتولى وزارة النفط والثروة المعدنية الإشراف على مصافي النفط في حمص وبنانياس، وتتولى وزارة الاقتصاد والتجارة الإشراف على الشركة العامة للمطاحن والشركة العامة للمخابز والمخابز الاحتياطية، وتشرف وزارة الدفاع على عدد من المؤسسات والمعامل ويقع الباقي تحت إشراف وزارة الصناعة حيث توجد ثماني مؤسسات صناعية عامة (نسيجية، غذائية، وكيميائية، وهندسية، وسكر، وحلج وتسويق الأقطان، والتبغ) كما تتولى وزارة الصناعة الإشراف على القطاع الخاص الصناعي الذي يساهم بما يقرب من 76% من الناتج المحلي للقطاع الصناعي.

يتبع للمؤسسة العامة للصناعات النسيجية 27 شركة، وللمؤسسة العامة للصناعات الغذائية 20 شركة، وللمؤسسة العامة للصناعات الهندسية 13 شركة، وللمؤسسة العامة للصناعات الكيماوية 13 شركة، ويتبع للمؤسسة العامة للأسمنت 10 شركات، وللمؤسسة العامة للسكر 6 شركات، وللمؤسسة العامة للأقطان 17 شركة، وللمؤسسة العامة للتبغ 7 شركات. وبلغ في عام 2005 عدد العاملين في شركات وزارة الصناعة 74232 عامل.

2-2-8- مؤشرات استهلاك الطاقة في عدد من الصناعات في سورية والدول العربية
تم تصنيف الصناعات في مجموعتين أساسيتين هما: الصناعات الإستخراجية والصناعات التحويلية. وفيما يلي عرض بعض مؤشرات استهلاك الطاقة في عدد من هذه الصناعات الرئيسية المتوافرة في سورية والدول العربية.

1- الصناعات الاستخراجية

تشمل الصناعات الاستخراجية صناعة استخراج النفط والغاز الطبيعي، واستخراج الخامات المعدنية وغير المعدنية. وتمثل عمليات إنتاج ومعالجة النفط والغاز الطبيعي

ونقلهما وتكريرهما ومعالجتهما المستهلك الرئيسي للطاقة في قطاع الصناعة العربي، إذ يتطلب إنتاج النفط والغاز الطبيعي كميات كبيرة من الطاقة لعمليات الاستخراج والمعالجة والنقل، حيث تستهلك في تشغيل مضخات إنتاج المواد الهيدروكربونية، والمياه المرافقة، وتوفير الحرارة اللازمة لعمليات فصل النفط المستخرج، وإنتاج البخار اللازم لعمليات الاستخراج المدعم، وتشغيل مضخات إعادة حقن المياه ونقل النفط المنتج عبر الأنابيب، وتشغيل ضواغط إعادة حقن الغاز الطبيعي المنتج أو تصديره عبر الأنابيب، وتأمين الوقود اللازم لمجموعات توليد الطاقة الكهربائية المستخدمة في عمليات التشغيل، وتغذية التجمعات السكنية العاملة في هذا المجال. ويتباين استهلاك الطاقة بشكل واسع وفقاً للظروف المحلية وشروط التشغيل، ويتم عادة إنتاج الطاقة اللازمة في العديد من الحقول من الغاز الطبيعي المنتج محلياً الذي يستخدم كوقود في مجموعات التوليد الكهربائية، والضواغط. وفي الحالات التي تكون فيها إمدادات الغاز الطبيعي محدودة يتم شراء الطاقة الكهربائية من مصادر خارجية. ووفق دراسة للجمعية العالمية لإنتاج النفط والغاز الطبيعي⁽²³⁾ تؤمن مصادر الطاقة المنتجة في مواقع الإنتاج حوالي 77 في المئة من إجمالي الطاقة المستهلكة. تعتبر صناعة استخراج النفط والغاز الطبيعي ونقلهما إلى مراكز التكرير والاستهلاك من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، وقدّر الوسطى العالمي الاستهلاك الطاقة في إنتاج النفط والغاز الطبيعي بحوالي 1,35 جيجا جول/طن هايدروكربون منتج في عام 2004.

²³ International Association of Oil & Gas Producer, Environmental Performance in the E & P Industry, 2004/Report.374, Nov. 2005 .

2-الصناعات التحويلية

تصنف هذه الصناعات في ثلاث مجموعات هي:

(أ) الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة (High Energy Consuming Industries) تتضمن الصناعات الكيماوية، والمعدنية، والغذائية، وصناعة الورق، والزجاج، ومواد البناء؛

(ب) الصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة وذات القيمة المضافة العالية (High Value-added and Low-energy Consuming Industries) تتضمن صناعة وسائل النقل والآليات الصناعية والأجهزة الكهربائية، والحاسب الإلكترونية؛

(ج) الصناعات منخفضة الاستهلاك للطاقة (Low-energy Consuming Industries) تتضمن صناعة النسيج، والتبغ، والطباعة، والبلاستيك، وصناعة الجلود والمنتجات الجلدية. وفيما يلي عرض لعدد من الصناعات التحويلية المتوافرة في سورية والدول العربية.

(أ) صناعة الألمنيوم تعد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة الكهربائية حيث يقدر الاستهلاك النوعي للطاقة بين 14,1 - 19,3 ميغاوات ساعة للطن المنتج من الألمنيوم. وتعد مادة الألمنيوم من أكثر المواد قابلية لإعادة التدوير لمرات عدة، ويمكن أن تحقق عمليات إعادة التدوير وفراً في الطاقة المستخدمة يصل إلى 95 في المئة. وتوجد صناعة الألمنيوم في مملكة البحرين، وفي دولة الإمارات العربية المتحدة، وتخطط دولة قطر لإنشاء مصهر الألمنيوم. كما تدرس المملكة العربية السعودية إمكانيات استغلال خامات الألمنيوم المتوافرة لديها وإنشاء مصهر للألمنيوم⁽²⁴⁾. كما يوجد في عدد من الدول العربية مصانع للألمنيوم تنتج مقاطع مختلفة باستخدام المواد الخام المستوردة والألمنيوم المستعمل.

(ب) الصناعات الغذائية والمشروبات هي صناعات متنوعة ومتعددة الأنواع والتقنيات، وتتوافر في الدول العربية كافة بأحجام مختلفة، تتراوح بين شركات كبيرة

²⁴ التقرير الاقتصادي العربي الموحد، أيلول/سبتمبر 2004.

ومنشآت عائلية صغيرة. وقد بينت بعض الدراسات أن استهلاك هذه الصناعات من الطاقة يمثل نسبة 13,4 في المئة من إجمالي استهلاك القطاع الصناعي من الطاقة في الجمهورية اللبنانية⁽²⁵⁾ و 8 في المئة من إجمالي استهلاك القطاع الصناعي في جمهورية مصر العربية في عام 1998. ويقدر متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة في الصناعات الغذائية المصرية بـ 84 كجم م.ن./طن⁽²⁶⁾، وقدرت الوفورات في استهلاك الطاقة الممكن تحقيقها في هذه الصناعات بنسبة 22-45 في المئة، وتتباين كافة الطاقة نسبة إلى الكلفة الكلية للإنتاج، فتتراوح بين 3,5 في المئة في لبنان و 5,15 في المئة في سورية، و 10 في المئة في مصر.

(ج) الصناعات النسيجية تستخدم الديزل وزيت الوقود fuel oil والكهرباء كمصادر للطاقة في هذه الصناعة ويتباين استهلاك الطاقة فيها تبايناً كبيراً حيث يتراوح استهلاك البخار من 10-40 كجم لكل كجم ألبنسة كما يقدر وسطي الاستهلاك النوعي للطاقة الكهربائية بين 4,63 ك.و.س لكل كجم من الغزل ويصل إلى 11,76 ك.و.س. لكل كجم من الأقمشة الجاهزة⁽²⁷⁾. وتتراوح كلفة الطاقة بين 5-20 في المئة من كلفة الإنتاج وفقاً لنوع المنتج وأسعار الطاقة⁽²⁸⁾.

(د) صناعة الإسمنت توجد هذه الصناعة في الدول العربية كافة كونها من الصناعات الأساسية التي تتطلبها أعمال البناء والتشييد، وتعد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة حيث يقدر الاستهلاك النوعي الوسطي لإنتاج طن من الإسمنت بحوالي 100-150 كجم مكافئ نفط، حسب طريقة التصنيع المستخدمة. وتشكل كلفة الطاقة فيها

²⁵ UN ESCWA. *Efficient Use of Energy in the Industrial Sector: An Analysis of Options for Selected ESCWA Member States*, New York 2001

²⁶ د.صلاح فتنبيل، أنماط استهلاك الطاقة والمؤشرات البيئية في قطاع الصناعات الغذائية في جمهورية مصر العربية، جهاز تخطيط الطاقة، 1995.

²⁷ C. Visvanathan, *Energy and Environmental Indicators in the Thai Textile Industry*, Asian Institute of Technology.

²⁸ استهلاك المشتقات النفطية والكهرباء في شركات القطاع الأمل الصناعي في الجمهورية العربية السورية خلال عام 2002 الصناعات النسيجية.

40-60 في المئة من كلفة الكلية للإنتاج. وبلغ استهلاك إجمالي صناعة الإسمنت من الطاقة عالمياً في عام 2003، حوالي 2,1 في المئة من إجمالي الطلب على مصادر الطاقة الأولية، في حين بلغ هذا الاستهلاك في الدول العربية حوالي 11 في المئة من إجمالي الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي.

(هـ) صناعة الحديد والصلب تتوفر هذه الصناعة بشكل رئيسي في جمهورية مصر العربية والمملكة العربية السعودية حيث يشكل إنتاجهما من المنتجات الوسيطة والنهائية حوالي 64 في المئة من إنتاج الدول العربية⁽²⁹⁾. ويقدر الاستهلاك النوعي الوسطي العالمي للطاقة في صناعة الحديد بـ 600 كجم مكافئ نفط للطن. بلغ الاستهلاك العالمي للطاقة في صناعة الحديد في عام 2003، حوالي 5,5 في المئة من إجمالي الاستهلاك العالمي لمصادر الطاقة الأولية، وبلغ في الدول العربية ما يعادل عشرة في المئة من استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي في هذه الدول.

(و) صناعة الأسمدة تعد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة لوحدة المنتج حيث يحتاج الطن من الأسمدة الأزوتية إلى ما لا يقل عن طن من المواد الهيدروكربونية ويستخدم الغاز الطبيعي بشكل رئيسي كمادة مغذية وكوقود. ويقدر استهلاك الطاقة في صناعة الأسمدة في الدول العربية بحوالي 8 مليون طن مكافئ نفط في عام 2003. وتشكل كلفة الطاقة في صناعة الأسمدة الأزوتية ما يزيد عن 80 في المئة من إجمالي كلفة الإنتاج.

(ز) صناعة الزجاج تعد من الصناعات المنتشرة في معظم الدول العربية حيث يتم إنتاج أنواع متعددة من المصنوعات الزجاجية كالزجاج المسطح وزجاج المستوعبات وتعد صناعة الزجاج من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة لوحدة المنتج. ويقدر وسطي الاستهلاك النوعي العالمي بحوالي 400 كجم م.ن./طن زجاج.

(ح) الصناعات الهيدروكربونية تعد صناعة تكرير النفط من الصناعات المهمة في الدول العربية حيث تقدر طاقة مصافي التكرير في الدول العربية في غربي آسيا في

²⁹ نفس المرجع 25

عام 2004 بحوالي 7,3 مليون برميل يومياً تمثل 6,8 في المئة من طاقة التكرير العالمية⁽³⁰⁾ وتلحظ خطط العديد من الدول العربية وخاصة المنتجة للنفط، إقامة مشاريع لإنشاء مصافي جديدة أو تطوير المصافي القائمة وتحسين مواصفات المنتجات النفطية، وتستهلك مصافي التكرير النظامية (Standard complex refinery) 6-7 في المئة من كمية النفط الخام المعد للتكرير لتأمين احتياجاتها الذاتية، لذلك يمكن عد هذه الصناعة من الصناعات الرئيسية المستهلكة للطاقة في الدول العربية. كما تشهد صناعة الغاز الطبيعي تطوراً متزايداً حيث تم تنفيذ العديد من مشاريع معالجة الغاز وتسييله ونقله، وتلحظ الخطط الحالية والمستقبلية التوسع في صناعة الغاز لدى الدول العربية المنتجة له.

(ط) الصناعات البترو كيميائية تتزايد القدرة التنافسية للصناعات البترو كيميائية العربية لاعتمادها على الغاز الطبيعي كمادة مغذية رخيصة نسبياً بالمقارنة مع النافثا المستخدمة في أوروبا لهذا الغرض، وتعد هذه الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة حيث يتراوح الاستهلاك النوعي للطاقة في المنشآت الحديثة 1330 كجم.م.ن. للطن في صناعة البولي اتيلين ويصل إلى 1946 كجم.م.ن. للطن من مادة البولي فينيل كلورايد،⁽³¹⁾

8-2-3- كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية في الدول العربية
تسمى كمية الطاقة المستهلكة لكل دولار من الناتج المحلي الإجمالي (جرام م.ن./دولار) بكثافة استهلاك الطاقة وتعبّر عن الكفاءة التي تستهلك فيها الطاقة في الدولة، كما تسمى الكمية المستهلكة لكل دولار من القيمة المضافة التي يحققها قطاع الصناعات التحويلية في الناتج المحلي الإجمالي (جرام م.ن./دولار) بكثافة استهلاك

³⁰ الإسكوا، المجموعة الإحصائية، العدد 24 لعام 2005.

³¹ China's Industrial Sector in an International Context, May 2000

<http://tes.lbi.gov/icspubs/46273.pdf>

الطاقة في هذا القطاع، وتعبّر عن مدى الكفاءة التي تستهلك فيها الطاقة في هذا القطاع.

الجدول (2-8) تغير كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية في الدول العربية خلال الفترة 1999-2003

التسمية	الوحدة	1999	2000	2001	2002	2003
الناتج المحلي الإجمالي ⁽¹⁾	مليار دولار	629,4	708,9	662	671,7	722,9
استهلاك الطاقة الأولية ⁽²⁾	سليون ط.م.ن.	325	340	349	357	364
كثافة استهلاك الطاقة	جرام م.ن./دولار	516	479	527	351	503
القيمة المضافة للصناعات التحويلية ⁽¹⁾	مليار دولار	71,47	76,43	77,6	78,9	78,6
نسبة القيمة المضافة للصناعات التحويلية من الناتج المحلي الإجمالي	%	11,35	10,78	11,72	11,74	10,87
حصة قطاع الصناعات التحويلية من الطاقة ⁽²⁾	مليون ط.م.ن.	83,53	88,1	90,9	93,4	95,4
النسبة المئوية لقطاع الصناعات التحويلية	%	25,7	25,91	26	26,16	26,2
كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية	جرام م.ن./دولار	1168	1152	1171	1183	1213

المصدر: (1) التقرير الاقتصادي العربي الموحد، أيلول/سبتمبر 2004.

(2) الإسكوا، المجموعة الإحصائية رقم 24 لعام 2003.

يبين الجدول (2-8) قيم كثافة استهلاك الطاقة في الدول العربية، وكثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية في هذه الدول خلال الفترة 1999-2003، حيث يتضح أن استهلاك قطاع الصناعات التحويلية من الطاقة قد بلغ في عام 2003 حوالي 95,4 مليون ط.م.ن. وبلغت القيمة المضافة لهذا القطاع في الناتج المحلي الإجمالي في

نفس السنة حوالي 78,6 مليار دولار وبالتالي يتضح أن كثافة استهلاك الطاقة في هذا القطاع تساوي 1213 جرام م.ن./الدولار. في حين أن هذه الكثافة كانت في عام 1998 في فرنسا 350 جرام م.ن./دولار. وفي اليابان 180 غرام/دولار.⁽³²⁾

4-2-8- الاستهلاك النوعي للطاقة في عدد من الصناعات التحويلية في عدد من الدول العربية والعالمية

الجدول (3-8) الاستهلاك النوعي للطاقة في عدد من الصناعات التحويلية كثيفة
الاستهلاك للطاقة في عدد من الدول العربية والعالمية كجم م.ن./طن

الدولة	الاسمنت	الحديد	الأسمدة			الزجاج	النسيج	السكر
			الأمونيا	اليوريا	الفوسفات ثلاثي			
الأردن	106							
الإمارات	146							
سورية	136	236	900	1494	167	557		
لبنان	132					372		
مصر	122	744	1186 ⁽²⁾	757		500 ⁽¹⁾	2270 ⁽¹⁾	152 ⁽¹⁾
أمريكا	125	620						
أوروبا			860	528	60			
الهند	95	788						
الصين	127	860						
اليابان	87	381						
المتوسط العالمي	110	570	941	660	80	400 ⁽¹⁾	1725 ⁽²⁾	95 ⁽¹⁾
أحدث التقنيات	93		685	458	69			

المصدر: (2) الإسكوا، تحسين كفاءة الطاقة في الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة، (UNESCA/SDPD/2005/1(Part 1))

(1) الإسكوا، تحسين كفاءة استخدام الطاقة من منظور إقليمي في دول الإسكوا، 1998، (UNESCA/ENR/1997/11)

³² د. محمد الهواري، 'إمكانيات ترشيد استخدام الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية: حالات دراسية، مؤتمر الطاقة العربي السابع 14-11 أيار/مايو 2002.

يمثل الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة ما كمية الطاقة المستهلكة لوحدة المنتج من هذه الصناعة وأن استخدام الطاقة بكفاءة عالية يتطلب العمل على تخفيض الاستهلاك النوعي للطاقة بقدر الإمكان.

يبين الجدول (3-8) الاستهلاك النوعي للطاقة في عدد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة في عدد من الدول العربية ومقارنتها مع مثيلاتها في الولايات المتحدة وأوروبا والهند والصين واليابان، وفق ما توافر من معلومات.

3-8- فرص ترشيد كفاءة الطاقة وتحسينها في قطاع الصناعات التحويلية

تشكل الطاقة العصب الأساسي لكل الصناعات وتعد بشكلها الكهربائي والبترولي (النفط والغاز الطبيعي) العامل الاقتصادي الرئيسي والمهم في كلفة وحدة الإنتاج الصناعي وتمثل كلفتها في بعض الصناعات حوالي 60 في المئة من الكلفة الإجمالية للمنتج (صناعة الإسمنت مثلاً) من هنا تظهر أهمية التركيز على ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الصناعة بشكل عام وفي عدد من الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة بشكل خاص. وقد بينت الدراسات وتقارير التدقيق الطاقوي في عدد من المنشآت الصناعية العربية وخاصة في القطاعات كثيفة الاستهلاك للطاقة تبايناً كبيراً في كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية من جهة وفي الاستهلاك النوعي لوحدة المنتج في صناعة ما، بالمقارنة مع المؤشرات العالمية من جهة أخرى. وبالرجوع إلى الجداول (2-8) و (3-8) يتضح ما يلي:

1- تدني نسبة القيمة المضافة لقطاع الصناعات التحويلية في الناتج المحلي الإجمالي للدول العربية فهي تتراوح بين 10,87 - 11,74 في المئة فقط من إجمالي هذا الناتج، في حين تتجاوز في الدول الصناعية الأوروبية وفي اليابان 20 في المئة، في حين يشكل استهلاك الطاقة في هذا القطاع حوالي 26,2 في المئة من إجمالي الطاقة الأولية المستهلكة وهي نسبة عالية بالمقارنة مع القيمة المضافة المتحققة.

2- ارتفاع كثافة استهلاك الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية حيث بلغ حوالي 1200 جرام مكافئ نفط لكل دولار من القيمة المضافة لهذا القطاع بما يتجاوز عدة أضعاف

هذه القيمة في الدول الصناعية المتقدمة، وهذا ناجم عن عدة عوامل أهمها: (أ) أن الصناعات التحويلية العربية تتركز في صناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة وذات قيمة مضافة متدنية مثل صناعات الإسمنت والأسمدة والصناعات النسيجية والغذائية، في حين تتضاءل مساهمة الصناعات ذات القيمة المضافة العالية وقليلة الاستهلاك للطاقة كالصناعات الإلكترونية وصناعة تكنولوجيا المعلومات؛ (ب) ارتفاع معدل الاستهلاك النوعي في معظم الصناعات العربية وذلك بسبب قدم التقنيات المستخدمة، وعدم إلقاء الاهتمام الكافي لبرامج تحسين كفاءة استخدام الطاقة؛ (ج) الدعم الواسع لتعريفه بيع مصادر الطاقة والنفط والغاز الطبيعي والكهرباء للقطاع الصناعي.

3- وجود فرص كبيرة لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في الصناعات التحويلية في الدول العربية حيث أن كثافة استهلاك الطاقة في هذا القطاع 1213 جرام م.ن./دولار أكثر من ضعف للقيمة العامة لمتوسط كثافة استهلاك الطاقة في الدولة التي كانت في عام 2003 تساوي ضعف ونصف هذه القيمة في فرنسا و 2,79 أضعاف هذه القيمة في اليابان.

4- إن المتوسط العالمي لاستهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت 110 كجم م.ن./طن، و 93 كجم م.ن./طن بأفضل التقنيات الحالية، في حين أنه في إحدى مصانع الإسمنت في دولة الإمارات العربية المتحدة يساوي 146 كجم م.ن./طن أي 1,33 أضعاف المتوسط العالمي، مما يتيح فرصة للترشيد تصل إلى 25 في المئة مقارنة بالمتوسط العالمي و 36 في المئة مقارنة بأفضل التقنيات الحالية. وقد بلغ الاستهلاك النوعي للطاقة في أحد مصانع الإسمنت في الجمهورية العربية السورية 136 كجم م.ن./طن أي 1,24 أضعاف المتوسط العالمي، مما يتيح فرصة لتوفير 19 في المئة من الاستهلاك النوعي للطاقة مقارنة بالمتوسط العالمي و 32 في المئة من هذا الاستهلاك النوعي مقارنة بأحدث التقنيات.

وبلغ الاستهلاك النوعي للطاقة في الجمهورية اللبنانية 132 كجم م.ن./طن، أي 1,2 أضعاف المتوسط العالمي مما يعني توافر فرصة للترشيد بحدود 17 في المئة من

الاستهلاك النوعي للطاقة مقارنة بالمتوسط العالمي. وبحدود 30 في المئة مقارنة بأحدث التقنيات.

وبلغ الاستهلاك النوعي للطاقة في إحدى مصانع إسمنت جمهورية مصر العربية 122 كجم م.ن./طن، أي 1,11 أضعاف المتوسط العالمي مما يتيح فرصة لترشيد تساوي 10 في المئة مقارنة بالمتوسط العالمي و 24 في المئة مقارنة بأحدث التقنيات. وقد فاقت صناعة الإسمنت في اليابان أحدث التقنيات حيث بلغ الاستهلاك النوعي للطاقة 87 كجم م.ن./طن.

5- إن المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الحديد 570 كجم م.ن./طن ولكنه بلغ في جمهورية مصر العربية 744 كجم م.ن./طن أي 1,3 أضعاف المتوسط العالمي مما يتيح فرصة لترشيد استهلاك أكثر من 23,3 في المئة من الاستهلاك النوعي للطاقة في مصر، مقارنة بالاستهلاك العالمي.

6- إن المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الألمونيا 941 كجم م.ن./طن ولكنه بلغ 1186 كجم م.ن./طن في جمهورية مصر العربية مما يتيح فرصة ترشيد 21 في المئة من كمية الاستهلاك النوعي للطاقة مقارنة بأفضل التقنيات في حين أن صناعة الألمونيا في أوروبا قد سبقت المتوسط العالمي إذ أصبح الاستهلاك النوعي للطاقة في هذه الصناعة 860 كجم م.ن./طن.

7- إن المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة اليوريا 660 كجم م.ن./طن في حين أنه بلغ في الجمهورية العربية السورية 1494 كجم م.ن./طن أي 2,26 أضعاف المتوسط العالمي، مما يتيح فرصة لترشيد استهلاك 60 في المئة من الاستهلاك النوعي للطاقة مقارنة بالمتوسط العالمي وأكثر من 69 في المئة مقارنة بأحدث التقنيات، في حين أن هذه الصناعة في أوروبا قد سبقت المتوسط العالمي إذ أصبح الاستهلاك النوعي 528 كجم م.ن./طن.

8- إن المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج 400 كجم م.ن./طن في حين أنه بلغ في الجمهورية العربية السورية 557 كجم م.ن./طن أي ما

يعادل 1,39 أضعاف المتوسط العالمي مما يتيح فرصة لترشيد استهلاك 28,2 في المئة من الاستهلاك النوعي للطاقة في سوريا مقارنة بالمتوسط العالمي كما بلغ هذا الاستهلاك النوعي في جمهورية مصر العربية 500 كجم م.ن./طن، أي 1,25 أضعاف المتوسط العالمي مما يتيح فرصة لترشيد 20 في المئة من الاستهلاك النوعي للطاقة مقارنة بالمتوسط العالمي.

9- إن المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الأنسجة 1725 كجم م.ن./طن وبلغ في جمهورية مصر العربية 2270 كجم م.ن./طن مما يتيح فرصة لترشيد استهلاك 24 في المئة من الاستهلاك النوعي للطاقة.

10- إن المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة السكر 95 كجم م.ن./طن وبلغ في جمهورية مصر العربية 152 كجم م.ن./طن مما يتيح فرصة لترشيد 37,5 في المائة من الاستهلاك النوعي للطاقة.

4-8- إجراءات تحسين كفاءة استخدام الطاقة وتقنياته في قطاع الصناعات التحويلية

4-8-1- الإجراءات اللازمة لبرامج تحسين كفاءة استخدام الطاقة

إن التخطيط لبرامج تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في العمليات الصناعية المختلفة لا يرتبط فقط باستخدام التقنيات المتطورة لتحسين كفاءة العمليات الصناعية وخفض الاستهلاك النوعي للطاقة لوحدة المنتج وإنما يتوقف أيضا على مجموعة من الإجراءات التنظيمية والإدارية والتشريعات التي تساهم في تمكين المنشأة الصناعية من تحديد فرص ترشيد استهلاك الطاقة ووضعها موضع التنفيذ ومن هذه الإجراءات:

1- إحداث دائرة مستقلة في كل منشأة صناعية تعنى بمتابعة الأمور المتعلقة باستهلاك الطاقة كافة ضمن المنشأة، بما في ذلك المؤشرات النوعية ومطابقتها مع القيم التصميمية، وتحليل أسباب الانحرافات وإجراء المقارنات مع المؤشرات العالمية واقتراح برنامج متكامل لتحسين كفاءة الاستخدام.

- 2- اقتراح التشريعات اللازمة لتحقيق الأهداف الأساسية لترشيد الطاقة ومنها: تسعير خدمات الطاقة، اقتراح الضرائب والرسوم، واعتماد المواصفات القياسية والأدلة اللازمة لتحقيق الترشيده.
- 3- وضع الخطط والبرامج اللازمة لترشيده وتحسين كفاءة الطاقة ومتابعة تنفيذها وتقييمها.
- 4- إعداد وتدريب الكوادر الفنية القادرة على تقييم الفرص المتاحة لترشيده وتحسين كفاءة الطاقة والعمل على استثمارها.
- 5- إقامة الدورات التدريبية وندوات التوعية لزيادة وعي العاملين ومعرفةهم بالإجراءات التي تحقق كفاءة أعلى في استخدام الطاقة والجدرى الاقتصادية والفنية لذلك.

- 6- ربط أنظمة الحوافز والعلاوات للعاملين بتحقيق كفاءة أعلى في استخدام الطاقة.
- 8-4-2-التقنيات الموائمة لترشيده وتحسين كفاءة الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية

1- يعتمد استهلاك الطاقة في القطاع الصناعي في الدول العربية بشكل رئيسي على استهلاك المشتقات النفطية بنسبة 51 في المئة، والغاز الطبيعي بنسبة 41,5 في المئة والكهرباء بنسبة 7,3 في المئة. لذا يجب التركيز، عند وضع برامج ترشيده كفاءة الطاقة وتحسينها في القطاع الصناعي، على ترشيده استهلاك المشتقات النفطية، والغاز الطبيعي، والكهرباء، وذلك بتحديد الطرق الإنتاجية وخطوط الإنتاج المناسبة للاستفادة من الطاقة القصوى للمنتجات الطاقية المستخدمة في العمليات الإنتاجية، وتصميمها لتكون أقل استهلاكاً للطاقة. وإجراء دراسة دقيقة ومفصلة لتسلسل مراحل الإنتاج، وتقنية كل مرحلة، مع تحديد مدخلاتها ومخرجاتها، وصولاً إلى ميزان طاقة للعمليات المختلفة يحقق ترشيده استخدام الطاقة في كل عملية من العمليات الإنتاجية.

- 2- يجب إجراء دراسة دقيقة لتخزين المواد الأولية الداخلة في العمليات الصناعية مع التأكد من سهولة انسيابيتها للدخول إلى خطوط الإنتاج، وتخزين المواد البترولية

اللازمة للإنتاج والمواد المصنعة الجاهزة، مع التأكد من سهولة تحميلها ونقلها بأقل استهلاك ممكن للطاقة.

3-دراسة الشبكة الكهربائية ذات الجهد المتوسط للمنشأة الصناعية وتوزيع الأحمال على مراكز التحويل داخل المنشأة بشكل دقيق ودراسة الشبكة ذات الجهد المنخفض وتوزيع الأحمال على الأطوار، والتأكد من عدم انخفاض معامل القدرة الكهربائية في المنشأة الصناعية عن 0,9. وأن لا يقل حمل المحركات الكهربائية المستخدمة ومراكز التحويل عن 80 في المئة من الحمل الاسمي. وتحقيق تهوية طبيعية أو ذاتية للكابلات والمحركات الكهربائية. والاستفادة من الإنارة الطبيعية قدر الإمكان.

4- وضع برامج صيانة دورية للآلات والأجهزة المستخدمة في خطوط الإنتاج ومراقبة استهلاكها من الطاقة والتأكد من حسن أدائها. وصيانة المراجل والمبادلات الحرارية لمنع ترسب الأملاح والرماد داخلها.

5- إجراء تدقيق طاقة دوري ومطابقة النتائج مع المؤشرات التصميمية وتدارك الانحرافات.

وقد بينت الخبرات المكتسبة في مجال تحسين كفاءة استخدام الطاقة توافر تقنيات وتطبيقات أثبتت نجاحها في تحقيق كفاءة عالية لاستخدام الطاقة في قطاع الصناعات التحويلية، يصلح بعضها للتطبيق في صناعة محددة في حين يغطي البعض الآخر مجالاً واسعاً من الصناعات وهذه التقنيات هي (33):

أ- التوليد المشترك للحرارة والكهرباء (Cogeneration): تعمل محطات التوليد الكهربائية التقليدية بكفاءة لا تتجاوز 35 في المئة مما يؤدي إلى ضياع حوالي 65 في المئة من الطاقة الكامنة في الوقود كحرارة لا يستفاد منها. وقد توصلت التقنيات الحديثة إلى استخدام محطات التوليد الكهربائية ذات الدورة المركبة بكفاءة تصل إلى 55 في المئة، وكذلك التوليد المشترك للحرارة والكهرباء في مواقع الاستهلاك

³³ UN-ESCWA, Efficient Use of Energy in the Industrial Sector: An Analysis of Options for Selected ESCWA Member States, New York, 2001.

وخاصة في الصناعات التي تحتاج إلى الحرارة والكهرباء، مما يساهم في تحقيق كفاءة تصل إلى حوالي 90 في المئة. وقد حقق التوليد المشترك نتائج اقتصادية كبيرة في صناعات الإسمنت والحديد والصلب وتكرير النفط والصناعات الغذائية والنسجية وصناعة الورق والزجاج.

وتساهم محطات التوليد المشترك بحوالي 10 في المئة من الطاقة الكهربائية المنتجة في أوروبا. وقد وضعت المفوضية الأوروبية هدفاً للوصول إلى نسبة مساهمة لا تقل عن 18 في المئة لغاية عام 2010.⁽³⁴⁾

ب- استرجاع الحرارة الضائعة (Waste Heat Recovery): يعد استرجاع الحرارة الضائعة أحد أهم الفرص المتاحة لترشيد الطاقة في المنشآت الصناعية ومحطات توليد الكهرباء. وتتوافر فرص استرجاع الحرارة الضائعة في صناعات التعدين والزجاج والأسمدة والصناعات الغذائية وتكرير النفط والصناعات النسيجية، ويفترض قبل دراسة إمكانيات استرجاع الحرارة الضائعة أن يتم تحسين الكفاءة الحرارية للتجهيزات إلى أكبر قدر ممكن، ثم تحديد كميات الحرارة الضائعة التي يمكن استرجاعها مقارنة بالكلفة.

وقد أصبحت مشاريع استرجاع الحرارة تحظى باهتمام كبير إلا أن ذلك يخضع لعدد من المعايير، أهمها توافر كمية كافية من الحرارة الضائعة، ودرجات حرارة ملائمة، مع إمكانية استخدامها.

ج- تحسين كفاءة الاحتراق: تتحقق الكفاءة الأمثل للاحتراق عندما يتم حرق الوقود مع الكمية المناسبة من الهواء لتأمين الاحتراق الكامل، ويتم التحكم بهواء الاحتراق وتنظيم درجة الحرارة والضغط ونسبة الهواء إلى الوقود باستخدام أنظمة التحكم الإلكترونية، ومخللات الغازات المحمولة، مما يساهم في تحسين كفاءة الأفران والمراجل.

³⁴ Cogen Europe- Manifesto for the New European Parliament, How to Achieve Cogeneration's Potential in Europe, 19 May 1999. website: www.cogen.org

د- التحكم بالعمليات الصناعية: إن تطوير نظم للتحكم بمدخلات الطاقة والمدخلات الأخرى باستخدام الحواسيب الإلكترونية (الميكروبروسيسر) يساهم في تحسين كفاءة المنشأة. وقد أثبت استخدام هذه النظم المتطورة فعالية كبيرة في صناعة الإسمنت والصناعات الكيماوية والمعدنية، ويمكن لها أن تساهم في تحقيق وفر يتراوح بين 10-5 في المئة من إجمالي الطاقة المستهلكة⁽³⁵⁾.

هـ- استخدام نظم إدارة الطاقة (Energy Management Systems): إن التحكم بالاستخدام الأمثل لمصادر الطاقة بالتوافق مع نظم تشغيل وصيانة جيدة يؤدي إلى تحقيق كفاءة طاقة عالية، وذلك ببرمجة أوقات التشغيل والإيقاف للتجهيزات والتحكم في استهلاك الطاقة الكهربائية للاستفادة من الأسعار المخفضة خارج أوقات الذروة وتجنب الغرامات. كما أن التحكم بإدارة المباني وأنظمة التدفئة والتهوية والتكييف يؤدي إلى ترشيد جيد للطاقة. إن استخدام نظام فعال لإدارة الطاقة عموماً يمكن أن يحقق وفراً في استهلاك الطاقة يتراوح بين 7-20 في المئة في صناعات الإسمنت والنسيج ومواد البناء والصناعات الكيماوية.

و- تحسين معامل القدرة (عامل الاستطاعة): تشترط معظم الأنظمة المعمول بها في المؤسسات الكهربائية ألا يقل معامل القدرة الكهربائية (عامل الاستطاعة) عن 0,9 وتلزم المصانع بتزويد مكثفات لتحسين معامل القدرة مما يساهم بتوفير من 5-15 في المئة في فاتورة الكهرباء ويجنب المنشأة الصناعية فرض الغرامات.

ز- استخدام أجهزة إنارة عالية الكفاءة: يمثل استهلاك الإنارة حوالي 10-15 في المئة من استهلاك الطاقة الكهربائية في المنشأة الصناعية، ويمكن تحقيق وفراً كبيراً في هذا الاستهلاك عبر تحسين نظم الإنارة واستخدام أجهزة الإنارة عالية الكفاءة.

ح- استخدام المحركات ذات الكفاءة العالية: تساهم التقنيات الحديثة في صناعة المحركات في تحسين كفاءة تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية عبر تخفيض

³⁵ UN-ESCWA, Efficient Use of energy in the Industrial Sector: An Analysis of Options for Selected ESCWA Member States, New York, 2001.

الضباغات الناجمة عن الاحتكاك في أجزاء المحرك المختلفة، كما أن اختيار قدرات المحركات بحيث تكون قريبة من القدرة الاسمية المطلوبة ألا يقل حملها عن 80 في المئة من قدرتها الاسمية يساهم في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة بمعدلات تصل إلى 10-5 في المئة.

ط-العزل والتبطين: تتوافر حالياً مواد عزل متطورة ذات ناقلية حرارية منخفضة تستخدم لعزل أنابيب المياه الساخنة وأنابيب البخار وجدران الأفران والمراجل مما يقلل من الضباغات الحرارية وتوفير الطاقة. ويمكن لإجراءات العزل توفير من 5-20 في المئة من الطاقة الحرارية المستهلكة.

5-8- التجارب العالمية في مجال ترشيده كفاءة الطاقة وتحسينها في القطاع الصناعي
حظي قطاع الصناعة، الذي يستهلك حوالي ثلث مصادر الطاقة الأولية في العالم، باهتمام خاص في برامج تحسين كفاءة استخدام الطاقة عالمياً، وقد حققت برامج تحسين الكفاءة نتائج مهمة في العديد من الدول الصناعية، إذ انخفض معدل الاستهلاك النوعي للطاقة في القطاع الصناعي بنسبة 3,5 في المئة سنوياً في الفترة 1973-1986، كما انخفضت كثافة الطاقة بشكل مستمر منذ ثلاثة عقود، حيث تشير سجلات وكالة الطاقة العالمية إلى معدل انخفاض سنوي ومسطي في كثافة الطاقة وصل إلى حوالي 2,5 في المئة في الفترة 1973-1982 وإلى حوالي 1,5 في المئة لغاية عام 1990 و 0,7 في المئة سنوياً ما بعد عام 1990⁽³⁶⁾. وقد حققت الدول الأوروبية نتائج متقدمة خلال الفترة 1980-1990 حيث تحسنت الكفاءة في القطاع الصناعي بنسبة 28 في المئة في النمسا و 34 في المئة في ألمانيا و 28 في المئة في إيطاليا⁽³⁷⁾، وفي اليابان تم تحسين كفاءة الطاقة لغاية عام 1991، بحوالي 35 في المائة بالمقارنة مع عام 1973. وتشير معظم الدراسات إلى أنه على الرغم من الجهود المبذولة خلال العقود

³⁶OECD Observer, Healthier Energy Use, July 21, 2004. Website: www.oecdobserver.org/news/full_story.php/a/129/Healthier_energy_use.html

³⁷ World Energy Council, Energy Efficiency Policies and Indicators, Progress Achieved, www.worldenergy.org/wec-geic

الثلاثة الأخيرة في مجال تحسين كفاءة استخدام الطاقة ما زالت تتوفر إمكانات كبيرة لتخفيض الاستهلاك النوعي للطاقة في مناطق العالم كافة.

ففي أمريكا اللاتينية: استهلك القطاع الصناعي حوالي 30 في المائة من الاستهلاك النهائي للطاقة وتتوفر إمكانات فنية لتخفيض الاستهلاك النوعي الواسطي للطاقة في عدد من الصناعات التحويلية تصل إلى 13 في المئة في صناعة الفولاذ، و 15 في المئة في صناعة الألمنيوم، و 20 في المئة في صناعة الزجاج، و 25 في المئة في صناعة الأسمدة، و 30 في المئة في صناعة الإسمنت⁽³⁸⁾.

وفي الولايات المتحدة الأمريكية يستهلك القطاع الصناعي حوالي ثلث الاستهلاك النهائي للطاقة. وبينت الدراسات إمكانية تحقيق وفورات في صناعة الإسمنت بحدود 11 في المئة وصناعة الفولاذ بحدود 19 في المئة. عة الورق بحدود 37 في المئة.

وفي أوروبا الغربية تعد الصناعة الأوروبية ذات كفاءة جيدة، ومع ذلك فقد أشارت عدة دراسات إلى توفر إمكانات لتحسين كفاءة الطاقة تتراوح بين 2,2 و 5,3 في المئة سنوياً⁽³⁹⁾. وإلى إمكانية تخفيض الاستهلاك النوعي للطاقة في الصناعات المختلفة في بريطانيا في الفترة 1990-2010، بنسبة تتراوح بين 32 و 45 في المئة. وفي ألمانيا بين 16 و 20 في المئة.

وفي اليابان بشكل استهلاك القطاع الصناعي من الطاقة نصف الاستهلاك النهائي وتعتبر اليابان في مقدمة الدول التي تستخدم الطاقة بكفاءة عالية في صناعاتها، وبالرغم من ذلك تتوفر إمكانات لتحقيق وفورات إضافية تقدر بـ 10-12 في المئة في صناعة الحديد والصلب و 8 في المئة في صناعة الإسمنت و 10 في المئة في الصناعات الكيماوية.

³⁸ Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2001: Working Group III: Mitigation, www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg3/113.htm

³⁹ World Energy Council, Energy Efficiency Policies and Indicators, Progress Achieved, www.worldenergy.org/wec-geic

وفي الدول النامية اعتمدت برامج متعددة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في الصناعة ففي ماليزيا تم تنفيذ برنامج لتحسين كفاءة الطاقة في ثمان قطاعات صناعية رئيسية كثيفة الاستهلاك للطاقة خلال الفترة 1999-2004 بهدف تخفيض استهلاك الطاقة بنسبة لا تقل عن 10 في المئة، من خلال تنفيذ مجموعة من الإجراءات والبرامج، أهمها⁽⁴⁰⁾:

- (1) التدقيق الطاقوي الأولي والتفصيلي في المنشآت الصناعية؛ (2) اعتماد لصاقات ومعايير كفاءة الطاقة؛ (3) دعم شركات خدمات الطاقة وتقديم تسهيلات ضريبية لها؛ (4) دعم المصنعين المحليين للتجهيزات الموفرة للطاقة؛ (5) تنفيذ المشاريع الريادية باستخدام التكنولوجيات الموفرة للطاقة.

وفي الصين فقد اعتبر تحسين كفاءة الطاقة مركزياً في الخطة الخمسية الحادية عشرة 2006-2010 حيث تلحظ الخطة تنفيذ عشرة برامج رئيسية للحفاظ على الطاقة وترشيد استهلاكها تشتمل على تحسين كفاءة المراحل والتوليد المشترك للحرارة والكهرباء وتحسين كفاءة المحركات⁽⁴¹⁾.

6-8- ترشيد كفاءة استخدام الطاقة وتحسينها في عدد من الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة⁽⁴²⁾

لقد أجريت دراسة في الإسكوا حول تحسين كفاءة الطاقة في الصناعات الكثيفة الاستهلاك للطاقة في نهاية عام 2005، وتضمنت هذه الدراسة أربعاً من الصناعات التحويلية التي جرى اعتمادها، صناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، وفقاً لأحد عشر مؤشراً ومعيّراً منها:

- النسبة بين كلفة الطاقة في الصناعة المختارة والكلفة الكلية للإنتاج،
- الاستهلاك النوعي للطاقة في الصناعة المختارة،

⁴⁰ Malaysia Industrial Energy Efficiency Improvement Project.htm, 17/12/2005

⁴¹ www.energybulletin.net/3566.html

⁴² تحسين كفاءة الطاقة واستخدام الوقود الأحفوري الأنظف في قطاعات مختارة في بعض بلدان الإسكوا، الجزء الأول: تحسين كفاءة الطاقة في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة (F/ESCWA/SDPD/2005/1 (Part I)).

- نسبة استهلاك هذه الصناعة من الطاقة إلى إجمالي الطلب على الطاقة في القطاع الصناعي،
- الآثار البيئية الناجمة عن استخدام الوقود وعن المواد الأولية المستخدمة،
- الإمكانيات المتاحة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في الصناعة المختارة،
- إمكانية استخدام مصادر الطاقة البديلة في تأمين الطاقة الأولية اللازمة لعملية الإنتاج.

وتتم تصنيف الصناعات التحويلية من خلال تنقيط كل مؤشر من المؤشرات وفقاً لأهميته. ولدى تحليل نتائج هذه المؤشرات حققت صناعات الحديد والصلب، والإسمنت، والأسمدة، والزجاج، والألمنيوم، وتكرير البترول، والصناعات البتروكيميائية أعلى المؤشرات.

وجرت دراسة الصناعات الأربع الأولى منها، وهي صناعة الإسمنت، والحديد والصلب، والأسمدة، والزجاج كصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة فهي تستهلك ما يزيد عن 25 في المئة من الاستهلاك النهائي للطاقة في قطاع الصناعات التحويلية في الدول العربية، وتلاحظ نمواً وتطوراً متزايداً بما يتوافق مع خطط التنمية الاقتصادية والاجتماعية، والنهضة الصناعية التي تشهدها الدول العربية. وفيما يلي عرض مختصر لكل منها والإجراءات المقترحة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة فيها.

8-6-1 صناعة الإسمنت

1- استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت

بلغ عدد شركات الإسمنت في عام 2002 في الدول العربية 125 شركة، 48 في المائة منها يملكها القطاع الخاص الوطني، و36 في المئة يملكها القطاع العام و 16 في المئة تملكها الشركات العالمية. وبلغت الطاقة التصميمية لمصانع إنتاج الإسمنت 142 مليون طن في السنة، وبلغ الإنتاج الفعلي حوالي 107 مليون طن، شكل حوالي 2,6 في المئة من الإنتاج العالمي.

ويتباين استهلاك مصانع الإسمنت من الطاقة حسب التقنيات المستخدمة، وطريقة التصنيع، وعمر التجهيزات، والملكية. وقدر إجمالي استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت في الدول العربية في عام 2002 أكثر من 9,13 مليون طن م.ن.، مثلت 9,3 في المئة من إجمالي استهلاك الطاقة الأولية و 9,14 في المئة من استهلاك قطاع الصناعات التحويلية العربية.

2- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الإسمنت

يتنامى الطلب على مصادر الطاقة في صناعة الإسمنت مترافقاً مع تطور الطلب على هذه المادة في الأسواق العالمية. وانطلاقاً من ارتفاع أسعار مصادر الطاقة، فقد ازداد الاهتمام العالمي بتخفيض معدلات الاستهلاك النوعي للطاقة في هذه الصناعة، وذلك بتحسين كفاءة الاستخدام واستخدام تجهيزات أكثر كفاءة للطاقة، والسعي لزيادة مساهمة المصادر البديلة للوقود والرخيصة الثمن في مكونات الطاقة المستخدمة، وتركز الإجراءات المتعلقة بترشيد استهلاك الطاقة في صناعة الإسمنت بالاتجاهات التالية:

(أ) تحسين كفاءة استخدام الطاقة في عمليات التصنيع

يساهم التحول من الطريقة الرطبة إلى الطريقة الجافة، واستخدام المسخنات المسبقة متعددة المراحل، والمكلسات المسبقة، واستخدام محركات كهربائية ومطاحن ذات كفاءة عالية، في تحقيق وفر في استهلاك الطاقة الحرارية والطاقة الكهربائية اللازمة لصناعة الإسمنت. وفيما يلي الإجراءات الأكثر استخداماً في هذه الصناعة:

1. تطوير نظم التحكم في العمليات الإنتاجية واستخدام الحاسوب.
2. استخدام المحركات الكهربائية عالية الكفاءة، ووحدات التصوير ذات السرعة المتغيرة (variable or adjustable speed drive).
3. تطوير تقنيات طحن المواد الخام وطحن الإسمنت واستخدام فارزات ديناميكية عالية الكفاءة.

4. استخدام المواد المساعدة لعملية الطحن مثل (Mono Ethylene Glycol) لتقليل كثافة المواد اللازم طحنها وزيادة قابلية التوصيل وبالتالي تقليل الاستهلاك النوعي للطاقة.
5. استخدام طرق التصنيع الحديثة التي تعتمد على استخدام المسخن والمكلس المسبق.
6. تحسين كفاءة استخدام الطاقة في الأنظمة المساعدة المستخدمة في هذه الصناعة.

(ب) تخفيض نسبة الكلنكر/الإسمنت وإنتاج الإسمنت المخلوط

يتشكل الإسمنت نتيجة طحن الكلنكر بعد مزجه بإضافات تختلف أنواعها ونسبها حسب نوع الإسمنت المطلوب. وينتشر على نطاق واسع استخدام الإسمنت البورتلاندي العادي الذي تبلغ نسبة الكلنكر/إسمنت فيه حوالي 95 في المئة إذ يضاف إلى الكلنكر نسبة 5 في المئة من مادة الجبصين (Gypsum). مما يؤدي إلى تخفيض الاستهلاك النوعي للطاقة الحرارية اللازمة. وتجدر الإشارة إلى أن نسبة المواد المضافة إلى الكلنكر في اليابان تشكل 19 في المئة وفي فرنسا تشكل 15 في المئة.

(ج) استخدام الوقود البديل في صناعة الإسمنت

نظراً من الاعتبارات الاقتصادية والبيئية، فقد ازداد الاهتمام لدى مصنعي الإسمنت لاستخدام مصادر الوقود البديل مثل النفايات (Wastes) بأنواعها (الصلبة والسائلة والخطرة)، والكوك البترولي (Petro Coke)، والسجيل الزيتي (Shale Oil) كمصادر رخيصة للطاقة تؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة التقليدية المستخدمة في هذه الصناعة، ويحظى استخدام النفايات باهتمام متزايد حيث ساهم حرق النفايات بنسبة 27 في المئة في فرنسا ونسبة 8 في المئة في الولايات المتحدة الأمريكية من إجمالي مصادر الطاقة اللازمة لصناعة الإسمنت في عام 2000، وتستخدم شركة الإسمنت الوطنية في دولة الإمارات العربية المتحدة حرق إطارات السيارات في الأفران بجانب زيت الوقود، كما تستخدم شركة مصانع الإسمنت الأردنية جفت الزيتون بنسبة 5 في المئة ضمن مزيج الوقود المستهلك لتصنيع الكلنكر.

وقد حظي الكوك البترولي كمصدر للطاقة باهتمام مصنعي الإسمنت نظراً لرخص ثمنه وارتفاع قيمته الحرارية. وينتج الكوك البترولي، في عدد من الدول العربية منها

جمهورية مصر العربية والجمهورية العربية السورية ودولة الكويت، ويصدر معظم الإنتاج، في حين يستخدم بشكل فعلي في شركة هولسيم لبنان لصناعة الإسمنت إذ يعد المصدر الرئيسي للطاقة الحرارية اللازمة لإنتاج الإسمنت. وتتوافر إمكانية استخدام السجيل الزيتي كمصدر للمواد الخام في صناعة الإسمنت، فقد بينت تجربة منطقة دوتر هاوسن الألمانية أن استخدام هذه المادة في الأفران الدوارة لصناعة الكلنكر يساهم بتأمين حوالي 10 في المئة من المواد الخام، و 15 في المئة من الطاقة الحرارية المستهلكة. ويتوافر السجيل الزيتي في المملكة الأردنية الهاشمية حيث تقدر كمية الاحتياطي الجيولوجي بحوالي 6,5 بليون طن ويستخدم بشكل محدود في مزيج المواد الأولية الداخلة في صناعة الكلنكر في مصنع الرشيدية التابع لشركة مصانع الإسمنت الأردنية، كما تتوفر احتياطيات للسجيل الزيتي في الجمهورية العربية السورية وتقدر بحوالي 700 مليون طن.

2-6-8- صناعة الحديد والصلب

1- استهلاك الطاقة في صناعة الحديد والصلب

تعتمد الدول العربية في تصنيع المنتجات الحديدية والفولاذية على المواد الخام والمواد نصف المصنعة المستوردة، ولم تتجاوز إنتاج خامات الحديد في العالم العربي 15,5 مليون طن في عام 2002، وأنتجت موريتانيا نسبة 67 في المئة منه وأعادت تصديره بالكامل، وأنتجت مصر 16,6 في المئة، وأنتجت بلدان المغرب العربي النسبة الباقية. وأنتجت مملكة البحرين حوالي 3,5 مليون طن من مكورات الحديد في نفس العام صدرت 80 في المئة منها إلى دولة قطر والمملكة العربية السعودية. وقد بلغ استهلاك الدول العربية من المنتجات الحديدية والفولاذية أكثر من 21 مليون طن أنتج منها 11,2 مليون طن. ويختلف استهلاك الطاقة في إنتاج الحديد والفولاذ حسب الطريقة المستخدمة إذ تراوحت الطاقة النوعية في البلدان الصناعية، في الطريقة التي تعتمد الأفران العالية، بين 480 و 620 كيلوجرام م.ن./طن، وفي الطريقة الثانوية، التي

تستخدم الأفران الكهربائية لصهر الخرقة وتحويلها إلى فولاذ، تراوحت الطاقة النوعية بين 144 و 186 كجم م.ن./طن.

2- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الحديد

انطلاقاً من الاستهلاك الكثيف للطاقة في هذه الصناعة فقد أولت الدول الصناعية المتقدمة اهتماماً بالغاً في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة في مراحل الإنتاج المختلفة، وقد تركزت الجهود في عدة مجالات اشتملت على تطوير كفاءة التصنيع وتحسينه بشكل عام والاستخدام الأمثل للموارد بما في ذلك إعادة تدوير المنتجات الحديدية المستعملة وكذلك على الطرق التكنولوجية المستخدمة وفيما يلي عدد من الإجراءات التي حققت وفورات ملموسة في استهلاك الطاقة:

- 1- اعتماد أنظمة الصيانة الوقائية، وتأهيل العناصر وتدريبها على هذه الأنظمة،
- 2- وضع برامج لإدارة الطاقة بما في ذلك استرجاع الطاقة الضائعة.
- 3- تحسين كفاءة أفران الصهر.
- 4- منع تسرب الحرارة من داخل الفرن باستعمال مواد سيراميكية عازلة للحرارة.
- 5- إعادة استعمال الطاقة الحرارية التي تتسرب من الأفران مع الغازات.
- 6- تحسين كفاءة الاحتراق بالتحكم بكمية الهواء اللازمة لعملية الصهر داخل الأفران، والتسخين المسبق للهواء المستعمل في الاحتراق باستخدام غازات العادم.
- 7- التحكم بمستوى ضغط الهواء داخل الأفران.
- 8- تحسين أداء أجهزة مراقبة عملية الصهر التي تؤدي إلى خفض استهلاك الطاقة.

3-6-8 صناعة الأسمدة

1- استهلاك الطاقة في صناعة الأسمدة

تساهم البلدان العربية بنسب مختلفة من أنواع الأسمدة في الإنتاج العالمي. فقد أنتجت 8,62 مليون طن أمونيا مثلت 7 في المئة من إنتاج الأمونيا العالمي و 9,9 مليون طن يوريا مثلت 9 في المئة من إنتاج اليوريا العالمي، وبحودود 3 مليون طن سوبر فوسفات بنسبة 5 في المئة من الإنتاج العالمي وبحودود 2 مليون طن بوتاس مثلت 4 في المائة

من إنتاج اليوتاس العالمي ويعطي الجدول التالي رقم (4-8) الاستهلاك النوعي لأنواع الأسمدة في عدد من شركات صناعة الأسمدة في بعض الدول العربية. مقارنة مع الوسطي العالمي والاتحاد الأوروبي والتقنيات الحديثة. الجدول (4-8) الاستهلاك النوعي للطاقة لبعض أنواع الأسمدة عالمياً وفي بعض شركات صناعة الأسمدة في عدد من الدول العربية

كلورية البوتاسيوم		الأسمدة فوسفاتية				شوربا		الأمونيا		
كجم جول / م.ت. / طن	جيجا جول / طن	ثلاثية		أحادية		كجم جول / م.ت. / طن	جيجا جول / طن	كجم جول / م.ت. / طن	جيجا جول / طن	
		كجم جول / م.ت. / طن	جيجا جول / طن	كجم جول / م.ت. / طن	جيجا جول / طن					
144	6,02	80	3,36	-	-	660	27,6	941	39,4	الوسطي العالمي ⁽¹⁾
71	2,97	60	2,5	7,2	0,3	528	22,1	860	36	الاتحاد الأوروبي ⁽²⁾
60	2,52	69-	2,9 -	19-	0,8-	458	19,2	685	28,7	التكنولوجيا الحديثة ⁽³⁾

شركات دول الإسكوا⁽⁴⁾

89	3,72									شركة يوتاس العربية (الأردنية)
								900	37,8	الريوس (الإمارات)
		167	7			1494	62,5			الأسمدة السورية
				12	0,5					المغربية والصناعية المصرية
						757	31,7			غوبلر (مصر)
				42	1,75					أوزون

المصدر: 1 - G.Kong Shung, Hydro Agri Europe Norway. Energy Consumption and Greenhouse Gas:

<http://www.Fertilizer.org/jfu/publicate>

2- مستبيانات الشركات المصنعة للأسمدة في الدول العربية الوارد ذكرها في الجدول

ملاحظة: افتراض مردود تحويل الكهرباء بنسبة 35 في المئة والقيمة الحرارية للغاز الطبيعي في مصر 9300 كيلو كالوري/م³

2- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الأسمدة

يمكن ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في صناعة الأسمدة عبر محورين أساسيين:

- أ- تخفيض الاستهلاك النوعي للطاقة عبر تحسين كفاءة التقنيات المستخدمة واستخدام تقنيات حديثة والاستفادة من الحرارة الضائعة واسترجاع الهيدروجين، وتقليل الفاقد في الطاقة الكهربائية المستهلكة وتحسين معامل القدرة (عامل الاستطاعة).
- ب- ترشيد استهلاك الأسمدة لدى المستهلك النهائي، حيث تساهم الإجراءات المتخذة في هذا المجال في تخفيض كمية الطاقة الإجمالية اللازمة لتصنيع الأسمدة.

3- حالة عدد من شركات تصنيع الأسمدة في الدول العربية

يوجد عدد كبير من شركات صناعة الأسمدة في الدول العربية منها 24 شركة في دول الإسكوا (الدول العربية في عربي آسيا)، يمتلك نصفها القطاع الخاص أو يخضع للملكية المشتركة. وينتج القسم الأكبر من هذه الشركات الأمونيا واليوريا، ومن هذه الشركات:

أ- شركة الرويس لصناعة الأسمدة في دولة الإمارات العربية، وتملك منها شركة نفط أبو ظبي الثلثين وشركة توتال فيينا ألف الثلث. وهي تنتج الأمونيا واليوريا وتستخدم تجهيزات ذات كفاءة عالية. وتعمل على إدخال التقنيات التي تساعد في تحسين كفاءة عمل المنشأة.

ب- الشركة المالية والصناعية المصرية وهي شركة مساهمة تابعة للقطاع الخاص تنتج حمض الكبريت، والسماذ السوبر فوسفات وتبلغ كلفة الطاقة المستهلكة 7 في المئة من إجمالي كلفة الإنتاج. وقد أنشأت الشركة لجنة مراقبة لتحسين كفاءة الطاقة بإجراء تدقيق شهري للطاقة، والاستفادة القصوى من البخار المفقود، والتأكد من عزل خطوط البخار والمياه الساخنة وتقليل الفاقد في الطاقة الكهربائية بتطوير نظم الإنارة وتحسينها، والاستهلاك الأمثل للمحركات الكهربائية وتحسين معامل القدرة الكهربائية.

ج- شركة قطر للأسمدة "قافكو"، تنتج الأمونيا واليوريا، وتعمل على توسيع هذه الصناعة وزيادة كفاءة المنشأة، وتعتمد الشركة برامج صيانة دورية ووقائية متطورة وتستخدم أحدث التقنيات العالمية.

د- الشركة العامة للأسمدة في سوريا، تنتج اليوريا والكالنتر والسوبر فوسفات الثلاثي. وتستخدم الغاز الطبيعي كوقود ومادة مغذية للصناعة، وتستهلك الشركة 3 أضعاف المعدل العالمي لاستهلاك الطاقة في إنتاج اليوريا وضعف المتوسط العالمي لإنتاج السوبر فوسفات، مما يتطلب إجراءات فعالة لتحسين كفاءة الطاقة في هذه الشركة.

هـ- شركة أبو قير للأسمدة والصناعات الكيماوية المصرية، تنتج اليوريا والنترات مستخدمة الغاز الطبيعي كوقود ومادة مغذية، وتستهلك الطاقة بكفاءة قليلة ويعزى ذلك إلى عدم وجود تشريعات لترشيد الطاقة، كما يساهم انخفاض سعر الغاز الطبيعي المستخدم في عزوف الشركة عن إجراءات تحسين كفاءة الطاقة.

و- شركة البوناس العربية في الأردن، تنتج الشركة كلوريد البوتاسيوم، وتستخدم الطاقة الشمسية للتبخير، وتستخدم الوقود الثقيل والديزل والكهرباء، وتقدر كلفة الطاقة 27 في المائة من الكلفة الكلية للإنتاج. ولا تتوفر معلومات عن إجراءات لترشيد.

ز- شركة أبو زعبل للأسمدة والكيماويات، تنتج الأسمدة الفوسفاتية وحمض الكبريت، وتعتمد على الكهرباء بنسبة 95 في المئة و 5 في المئة على الغاز الطبيعي.

4-6-8 - صناعة الزجاج

1- استهلاك الطاقة في صناعة الزجاج

ينتج الزجاج على شكل مسطح وزجاج مستوعبات. وتستهلك صناعة الزجاج كميات كبيرة من الطاقة، ويتراوح متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة بين 300 كجم م.ن./طن في زجاج المستوعبات و 454 كجم م.ن./طن من الزجاج المسطح. وقدر المتوسط العالمي للاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج بحدود 400 كجم م.ن./طن، بينما تشير التقديرات إلى أن متوسط الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج في الدول العربية بحدود 500 كجم م.ن./طن. ويقدر مجموع استهلاك الطاقة في صناعة

الزجاج بحدود مليون طن م.ن. سنوياً. وتتباين نسبة كلفة الطاقة إلى الكلفة الكلية للإنتاج وفقاً لنوعية الزجاج وتبلغ هذه النسبة 30 في المئة في مصنع سوليفر لبنان، و 14 في المئة في صناعة الزجاج في سورية (حيث أسعار الطاقة مدعومة) بينما تساوي 12 في المئة في صناعة الزجاج الأمريكية.

2- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في صناعة الزجاج

تشير التجارب والدراسات المختلفة إلى توافر إمكانيات وفرص كبيرة لتحقيق وفرة ملموس في الاستهلاك النوعي للطاقة في صناعة الزجاج وتركز الإجراءات في هذا المجال على:

أ- زيادة كفاءة الصهر في الأفران عبر استرجاع الحرارة الضائعة والتحكم في كمية الهواء الزائد وتحسين العزل الحراري وخفض معدل استهلاك البخار المستخدم في تسخين الوقود السائل الثقيل؛

ب- زيادة نسبة الكوليت (حطام الزجاج المستعمل) في مزيج المواد الأولية حيث بينت الدراسات الفنية أن استعمال حطام الزجاج بمعدل 10 في المئة في مزيج المواد الأولية يؤدي إلى خفض في استهلاك الطاقة بحوالي 3 في المئة. وتصل نسبة الكوليت في صناعة الزجاج الأوروبية والأمريكية إلى حوالي 50 في المئة⁽⁴³⁾

ج- استخدام التقنيات المتطورة ومن ذلك: التسخين الكهربائي الداعم (electric boosting) في مرحلة الصهر واستخدام هواء مشبع بالأوكسجين (Oxy-fuel firing) في عمليات الاحتراق والتسخين المسبق للكوليت وكذلك التسخين المسبق للمزيج وذلك باستخدام حرارة الغازات المنطلقة في الجو.

د- تحسين معامل القدرة واستخدام المحركات وأجهزة الإنارة عالية الكفاءة.

⁴³ Ruud G.C. Beerkers Johannes Vanlimpt. *Energy Efficiency Benchmarking of Glass Industry*, Netherlands.

3- حالة عدد من شركات صناعة الزجاج في بعض الدول العربية

(أ) الشركة اللبنانية لصنع الزجاج والبورسلان المساهمة (سوليفر)⁽⁴⁴⁾

شركة يملكها القطاع الخاص، تنتج 34 ألف طن من المستوعبات الزجاجية سنوياً وتستخدم غاز البترول المسال والديزل والكهرباء كمصادر للطاقة، ويبلغ الاستهلاك النوعي للطاقة حوالي 284 كجم م.ن. و 360 ك.و.س. لكل طن منتج، وتبلغ كلفة الطاقة المستهلكة 30 في المائة من كلفة الإنتاج وذلك لارتفاع تسعيرة الكهرباء وارتفاع كلفة تشغيل المولدات الخاصة وقد اتخذت الشركة الإجراءات الممكنة لترشيد الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها. وأهم عوائق تحسين الكفاءة هو عدم توفر رأس المال اللازم لتحديث أجهزة وأنظمة الإنتاج.

(ب) الشركة العامة للصناعات الزجاجية والخزفية، دمشق، سورية⁽⁴⁵⁾

شركة يملكها القطاع العام، تنتج 35 ألف طن من الزجاج المسطح، السادة والمحجر و 12 ألف طن من زجاج القوارير (المستوعبات) و 6 آلاف طن من السيليكات. وتستخدم الشركة غاز البترول المسال والكهرباء والديزل، ويبلغ الاستهلاك النوعي 800 كجم م.ن./طن من الزجاج السادة، و 578 كجم م.ن./طن من زجاج القوارير. وتشكل كلفة الطاقة 14 في المئة من كلفة الإنتاج. وتعتمد الشركة عدداً من الإجراءات والتقنيات في ترشيد استهلاك الطاقة.

(ج) شركة مصر للزجاج

تنتج الشركة بحدود 48 ألف طن من زجاج القوارير وتستهلك الغاز الطبيعي كمصدر للطاقة ويعد الاستهلاك النوعي 500 كجم م.ن./طن وهو معدل مرتفع بالمقارنة مع المتوسط العالمي والمعدلات العالمية. مما يشير إلى وجود فرص لتحسين كفاءة الاستخدام وترشيد الاستهلاك.

⁴⁴ استبيان شركة سوليفر.

⁴⁵ استبيان طلبته الإسكوا من الشركة العامة للصناعات الزجاجية والخزفية.

الفصل التاسع

تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها في قطاع الأبنية⁴⁶

⁴⁶ المصدر الأساسي لهذا الفصل دراسة أعدت في اللدغة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) تحسين كفاءة الطاقة في قطاع الأبنية. E/ESCWA/SDPD/2003



يعد قطاع الأبنية بشقيه (الأبنية السكنية والأبنية التجارية) قطاعاً مستهلكاً للطاقة بشكل كبير، وخاصة الطاقة الكهربائية، إلا أن الاستهلاك فيه عشوائي، الأمر الذي يجعل التحكم والتنبؤ بمتطلباته من الصعوبة بمكان بسبب اختلاف هذه المتطلبات وارتباطها بالعوامل الجغرافية، والمناخية، والعوامل الاقتصادية، والاجتماعية، والبنية السكانية، والمستويات المعيشية، ومدى توفر مصادر الطاقة وإمكانية استخدامها.

ويتأثر استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية بعدة عوامل أهمها:

- المناخ المسيطر على موقع البناء، وما يتبع ذلك من كون فصل الشتاء بارداً أم دافئاً، وفصل الصيف حاراً أم معتدلاً، وارتباط ذلك بتصميم البناء وتحديد نظم استثماره أو إشغاله وبالتالي باستهلاك الطاقة اللازمة لأغراض التدفئة والتكييف فيه.
- الوضع الطبوغرافي ومدى ارتفاع مكان البناء عن سطح البحر، وموقعه على جبل أو تلة أو هضبة أو في السهل، وارتباط ذلك بمتوسط درجة حرارة الجو المحيط والتيارات الهوائية المسيطرة، الذي بدوره يؤثر على تصميم البناء، ويحدد نظم استثماره أو إشغاله، وبالتالي يؤثر على استهلاك الطاقة اللازمة لأغراض التدفئة أو التكييف فيه.
- الظروف البيئية المحيطة بالبناء، وما يجاوره من أبنية، أو أشجار تظله، أو طرقات أو شوارع، ومدى تعرضه للأشعة الشمسية، وتأثير ذلك على استهلاك الطاقة اللازمة أثناء استخدام البناء وإشغاله.
- العوامل الاجتماعية، ومنها متوسط حجم الأسرة/الأسر التي تقطن البناء، ومعدل نمو عدد السكان، ووجود البناء في الريف أم في المدينة، وارتباط البناء بالشبكة الكهربائية الوطنية الذي يسمح بتوفر الأجهزة الكهربائية المنزلية، كل ذلك يؤثر على نوع البناء، وحجمه، ونظام إشغاله، وبالتالي على استهلاك الطاقة فيه.
- العوامل الاقتصادية إذ يتأثر استهلاك الطاقة كما ونوعاً بمتوسط دخل الأسرة، وقدرتها على تحمل أعباء استهلاك الطاقة، ومقدرتها على الشراء واقتناء التجهيزات والأدوات الكهربائية المنزلية بمختلف أنواعها وخدماتها.

ومع ارتفاع كلفة توفر مصادر الطاقة وتقنياتها وإنتاجها ونقلها وتوزيعها، بدأ يتصاعد الوعي للحاجة إلى ترشيد استهلاكها وتحسين كفاءة استخدامها، وخاصة في قطاع الأبنية المستهلك الأكبر للطاقة. ومن أجل تحقيق الهدف الكامل من ترشيد استهلاك الطاقة في الأبنية، فإنه من المهم عد البناء، (المسكن)، نظام طاقة متكاملًا يجب تحقيق ترشيد الطاقة في مختلف عناصره. إذ إن جزءاً من حمل التكيف في بناء غير كفوء للطاقة يحصل من الكسب الحراري الشمسي ومن نظام الإنارة غير الكفوء. لذا لا بد من معالجة مصدر الكسب الحراري والأحمال الناتجة عن الإنارة قبل شراء تجهيزات التكيف الجديدة أو قبل معالجة كفاءة تجهيزات التكيف القائمة. وعندها تتعاضد إجراءات ترشيد الطاقة إلى نسب عالية في النظام المتكامل (المسكن).

إن التصميم الأفضل للبناء واستخدام التجهيزات الكفوءة فيه يؤديان إلى تحسين أداء البناء وتحقيق الارتياح المطلوب وزيادة الإنتاجية. من ناحية أخرى، يعتمد تعظيم كفاءة استخدام الطاقة في الأبنية على الإجراءات والتصرفات التي يقوم بها مستخدمو هذه الأبنية، وعلى إدارة الطاقة فيها. من كل ما تقدم ذكره تظهر أهمية البحث عن الفرص المناسبة لترشيد استهلاك هذه الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في هذا القطاع التي يمكن تصنيفها وفق ثلاثة محاور هي:

9-1- فرص تحسين الكفاءة وترشيد استهلاك الطاقة مرتبطة بالبناء نفسه

يتم ذلك من خلال تصميم وتنفيذ الأبنية وفق أساليب التصميم المعماري البيئي (التصميم المعماري المناخي) حيث يراعى في ذلك مواعمة البناء للظروف البيئية، والطبوغرافية، والمناخية المحيطة ومتغيرات الطاقة الشمسية، بما يرفع كفاءته الحرارية.

9-1-1- تصميم البناء، ويتم ذلك من خلال:

- تحديد موقع البناء ودراسة تأثير كل ما يحيط به من خلال دراسة مخطط التظليل.
- تحديد شكل البناء (المقطع الأفقي، والارتفاع الطائقي، وعدد الطوابق).

• توجيه البناء بالشكل المناسب لرفع كفاءته الحرارية صيفاً وشتاءً، ففي حال كون مقطعه الأفقي مستطيلاً، يفضل توجيهه بحيث تكون واجهته الطويلة باتجاه الجنوب (أو جنوب-شرق أو جنوب-غرب بزاوية 20 درجة) في البلدان التي تحتاج للتدفئة لفترات طويلة من السنة، كما يفضل توجيه البناء بحيث تكون واجهته القصيرة باتجاه الجنوب (أو جنوب-شرق أو جنوب-غرب بزاوية 20 درجة) في البلدان التي تحتاج للتكييف لفترات طويلة من السنة. وبصورة عامة يفرض موقع البناء التوجيه مسبقاً وقد لا يكون للمصمم الخيار في ذلك.

• الاختيار المناسب لحجم الفتحات (الأبواب والنوافذ) ومواقعها في واجهات البناء وخاصة في الواجهات الغربية والجنوبية في البلدان العربية التي تحتاج إلى تكييف وفي الواجهات الشمالية والغربية للبلدان العربية التي تحتاج للتدفئة.

9-1-2- تنفيذ الغلاف الخارجي للبناء، ويتم ذلك من خلال:

• الاختيار المناسب للمواد المستخدمة في البناء وخاصة غلافه الخارجي، ومراعاة الدقة في التنفيذ لرفع كفاءته الحرارية.

• الاختيار المناسب لمواد الفتحات (الأبواب والنوافذ)، واستخدام الزجاج المضاعف فيها، ومراعاة الدقة في التنفيذ.

• استخدام عناصر التظليل بالشكل المناسب.

• الاختيار المناسب لألوان الجدران الخارجية، والسطح الأخير من أجل رفع الكفاءة الحرارية للمبنى صيفاً وشتاءً (يفضل طلاء الجدران باللون الفاتح في المناطق التي تحتاج إلى تكييف لفترات طويلة من أيام السنة وباللون الغامق في المناطق التي تحتاج إلى تدفئة لفترات طويلة من أيام السنة).

• استخدام العزل الحراري المناسب لعناصر البناء (جدرانه الخارجية، سقفه أو سقف طابقه الأخير، إذا كان متعدد الطوابق، وأرض طابقه السفلي). ويمكن أن يتم عزل الجدران من الداخل أو من الخارج. ويؤدي استخدام العزل الحراري في الأبنية

إلى توفير مهم لاستهلاك الطاقة إذا طبق بشكل صحيح حيث يزيد الوفر الاقتصادي في بعض الحالات عن 60 في المئة من فاتورة الطاقة الكهربائية اللازمة للتكييف.

9-2- فرص تحسين الكفاءة وترشيد استهلاك الطاقة تتعلق بالأجهزة والنظم المستهلكة للطاقة في البناء

يبين الجدول (9-1) الأجهزة والنظم المستهلكة للطاقة والمستخدم في الأبنية والتقنيات المقترحة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة فيها :

الجدول (9-1) أنواع الأجهزة والنظم المستخدمة في الأبنية والتقنيات المقترحة

لتحسين كفاءة استخدامها

أنواع الأجهزة والنظم	التقنيات المقترحة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة فيها
* أجهزة الإنارة	
- أجهزة الإنارة الداخلية	- استبدال مصابيح الإنارة المتوهجة بأجهزة الإنارة الفلوريسانية عالية الكفاءة ورفع عامل القدرة الكهربائية فيها واستخدام تقنيات الملفات الخائفة الإلكترونية (البلاست الإلكترونية)
- أجهزة الإنارة الخارجية	- استخدام المصابيح الزئبقية عالية الكفاءة، واستخدام عاكسات الضوء
- أجهزة الإنارة الموجهة (الموضعية)	- استخدام نظم تحكم متطورة بأجهزة الإنارة، تعتمد على ضوء النهار وإشغال المبنى
	- لدى اختيار جهاز الإنارة يجب الموازنة بين حجم الغرفة وكمية الإضاءة، واستخدام المصابيح ذات الاستطاعة الدنيا في الأماكن التي لا تتطلب إنارة عالية.

* نظم التدفئة	
- نظام التدفئة المركزية - أجهزة التدفئة الفردية (المدافئ)	- التصميم والاختيار الصحيح والمناسب لنظام التدفئة - استخدام مبادلات حرارية متطورة وعالية الكفاءة - إدارة التدفئة - استخدام المضخات الحرارية المتطورة للتدفئة المركزية - عدم استخدام المقاومات الكهربائية للتدفئة - عزل الأنابيب وتحسين الأداء - اختيار أجهزة التدفئة الفردية (المدافئ) عالية الكفاءة
* نظم التكييف والتهوية	
- نظم التكييف المركزي - نظم التهوية المركزية - أجهزة التكييف الفردية * أجهزة التكييف نوع النافذة * أجهزة التكييف ذات الضاغط والمبخر المنفصلين	- التصميم والاختيار الصحيح والمناسب لنظام التكييف والتهوية. - التنفيذ الجيد لنظام التكييف مع الحرص على عدم تسرب الهواء من وإلى المبنى المكيف. - عزل داكنات الهواء البارد واستخدام محركات دفع ذات كفاءة عالية، استخدام مبادلات حرارية متطورة، واختيار درجات حرارة أعلى للمبخرات، ومواد تبريد متطورة ومحركات أكثر كفاءة وضواغط متغيرة السرعة واستخدام حساسات أكثر دقة. - تشغيل المضخات والمراوح بسرعات متفاوتة ومتوافقة مع الأحمال الحرارية

* أجهزة تسخين مياه الاستخدام	- استخدام أجهزة التسخين الشمسي للمياه - استخدام تقنية المضخة الحرارية الكهربائية لتسخين المياه - فصل نظام التدفئة عن نظام تسخين المياه - تغيير ترموستات سخان المياه الكهربائي عند درجة حرارة 4.5° (مئوية). - استخدام تقنية المضخة الحرارية التي تعمل على الهواء العادم الخارج من البناء.
* أجهزة التبريد والتجميد	- استخدام عوازل حرارية أفضل، وضواغط متطورة أكثر وأجهزة تحكم أكثر دقة في صناعة التبريد والتجميد
* أجهزة الغسيل والتجفيف	- تغيير تقنية آلة الغسيل، وتحويل محورها من شاقولي إلى أفقي - استخدام المجففات التي تعمل بالمضخة الحرارية بدلاً من آلات التجفيف التقليدية - تجفيف الغسيل بالأشعة الشمسية
* أجهزة الطبخ	- استخدام أفران الغاز المطورة ذات كفاءة احتراق عالية - استخدام أفران الطبخ الكهربائية السريعة (ميكروويف)

* المحركات الكهربائية	
- استخدام محركات كهربائية متغيرة السرعة وباستطاعات مدروسة تتناسب مع الأحمال. - تحسين عامل الاستطاعة (القدرة) الكهربائية وتحسين نوعية التغذية بالطاقة الكهربائية. - استعمال المحركات المتواقتة (المتزامنة).	- محركات متغيرة السرعة - محركات متواقتة
* الأدوات الكهربائية المنزلية	
- التأكد، عند شرائها، من وجود اللوحة الإسمية التي توضح مواصفات الجهاز، واختيار الأجهزة عالية الكفاءة والجودة والموفرة للطاقة الكهربائية	- المكانس، المراوح، أجهزة التلغزيون والفيديو والستيريو، والعصارات، والخلاطات الكهربائية
* التجهيزات الكهربائية المكتبية	
- اختيار التجهيزات عالية الكفاءة والجودة والموفرة للطاقة الكهربائية	- الحاسبات الآلية - الطابعات - آلات تصوير الممستندات - آلات الفاكس - أجهزة مراقبة البناء

9-3- فرص ترشيد استهلاك الطاقة المرتبطة بالإنسان الذي يستثمر أو يقطن ائبناء
يتم ذلك من خلال الإجراءات الواجب إتباعها من قبل قاطني الأبنية أو مستخدميها
وتحديد السبل والوسائل المناسبة لتعميم مفاهيم الترشيح وتحسين الكفاءة وذلك تجنباً
للإسراف في استهلاك الطاقة في الأبنية من خلال:

• اعتماد التدابير والتعليمات والنصائح اللازمة من أجل إدارة أفضل للطاقة في الأبنية.

• وضع برامج توعية موجهة إلى جميع فئات المستهلكين من خلال جميع وسائل الإعلام المسموعة والمرئية والمقروءة.

• رفع مستوى تأهيل الفنيين ومتخذي القرار في مجال ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الأبنية من خلال إجراء الدورات التدريبية المناسبة لكل مستوى فني.

• اعتماد التمويل اللازم لتطبيق برامج التوعية لتوصيل هذه التدابير والتعليمات والنصائح إلى المستهلكين، وإقناعهم بها عند ذلك استثمار في مجال الطاقة أكثر أهمية من الاستثمار في مجالات أخرى.

• إصدار التشريعات المناسبة سواء القانونية منها (من قبل المؤسسات الحكومية المعنية) أو المالية (من قبل صناديق التمويل والبنوك) للتمكن من إجراءات الترشيد وتحسين كفاءة الطاقة.

• النظر إلى موضوع "تحسين كفاءة استخدام الطاقة" على أنه مجال للاستثمار لذا يجب تشجيع المستثمرين للاستثمار في هذا المجال من جهة ورصد الأموال اللازمة له من قبل الجهات المعنية بإنتاج الطاقة من ناحية أخرى. إذ إنه أصبح هو الخيار الأهم بالمقارنة مع إقامة منشآت جديدة لإنتاج الطاقة، لأن الاستثمار في مجال الترشيد أقل كلفة بكثير على الاقتصاد من إقامة هذه المنشآت الجديدة.

4-9- تحديد أولويات خيارات ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في قطاع الأبنية

لقد جرى عرض فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في قطاع الأبنية وقد ضمت كل فرصة من هذه الفرص عدداً من الخيارات، التي باستخدامها يتحقق ترشيد كفاءة استخدام الطاقة وتحسينها في هذا القطاع. وقد تم اختيار أولوية مهمة واحدة من كل فرصة من الفرص الثلاث السابقة لدراستها وذلك لأهميتها النسبية بالنسبة لاستهلاك الطاقة في هذا القطاع من جهة، إذ تبينت أهمية العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية من أجل تخفيض الحمل الحراري اللازم للتكييف والتدفئة فيها. كما تم التأكيد

على أهمية استهلاك الطاقة في الإنارة، بالإضافة إلى خدمات الطاقة الكهربائية المنزلية والتجارية والمكتبية المطلوبة. وبناء على ذلك فقد تم تحديد الأولويات الثلاث التالية:

- العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية
 - استخدام أجهزة إنارة ذات كفاءة عالية
 - الإدارة الكفوءة لاستهلاك الطاقة في الأبنية
- 9-4-1. العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية

يزداد الاهتمام بترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية وذلك مع تزايد معدلات استهلاك الطاقة في هذا القطاع الذي يترافق مع نمو حاجة للناس في حياتهم العصرية إلى استعمال وسائل للتدفئة وتكييف الهواء، وأجهزة الإنارة الحديثة والتجهيزات المنزلية والمكتبية للحصول على بيوت للسكن وأماكن للعمل تتوفر فيها أجواء مريحة وصحية. ويعد استعمال المواد العازلة للحرارة لعزل الأبنية والمنشآت من أهم الوسائل الاقتصادية المتبعة لتخفيض الاستهلاك المتنامي للطاقة في هذا المجال. إذ يتم توفير ما يقرب من نصف كمية الطاقة اللازمة لأغراض تدفئة وتكييف هذه الأبنية إضافة لتأمين شروط الراحة الحرارية الضرورية للإقامة والعمل طيلة أيام السنة. لذا لا بد من توعية الناس لاستعمال المواد العازلة للحرارة لعزل بيوتهم لتخفيض كمية الطاقة المستهلكة فيها وخاصة تلك التي تحتاج للتدفئة والتكييف، وبالتالي تخفيض قيمة فاتورة الطاقة التي باتت تشكل عبئاً متزايداً على المواطن.

ولا بد من التنويه إلى أن التوجه باتجاه استخدام العزل الحراري في الأبنية سوف يؤدي على الصعيد الوطني إلى نشوء صناعات وطنية تنتج أنواعاً مختلفة من المواد العازلة للحرارة المستعملة في شتى المجالات الإنشائية والصناعية وذلك لتلبية الطلب على هذه المواد كما يقود إلى خلق فرص عمل جديدة.

وقد تم اعتماد هذا الخيار لترشيد استهلاك الطاقة نظراً لما يعكسه من تخفيض للحمل الحراري اللازم سواء لتكييف وتهوية الأبنية أو لتدفئتها ورفع كفاءتها الحرارية

لتحقيق الراحة في استخدامها. كما أنه خيار يمكن تطبيقه على جميع الأبنية، القائم منها الذي يبنى حديثاً. ويعد استعمال المواد العازلة للحرارة لعزل الأبنية والمنشآت من أهم الوسائل الاقتصادية المتبعة لتخفيض الاستهلاك المتنامي للطاقة في هذا المجال. إذ يتم توفير ما يقرب من نصف كمية الطاقة اللازمة لأغراض تدفئة وتكييف هذه الأبنية إضافة لتأمين شروط الراحة الحرارية الضرورية للإقامة والعمل طيلة أيام السنة، وبالتالي تخفيض قيمة فاتورة الطاقة التي باتت تشكل عبئاً متزايداً على المواطن .

كما أن الفوائد الاقتصادية التي يمكن تحقيقها باستعمال المواد العازلة للحرارة في عزل الأبنية تدفع إلى إصدار التشريعات والقوانين اللازمة للتقيد بشروط ومتطلبات عزل حراري محددة في الأبنية، وتتمثل بإصدار واعتماد المواصفات القياسية والأدلة المناسبة للعزل الحراري للأبنية وتضمينها في قوانين البناء، لتكون الخطوة الأولى باتجاه تحديد الأدلة الخاصة بالأبنية الكفوءة للطاقة، ولا بد من التنويه إلى أن التوجه باتجاه استخدام العزل الحراري في الأبنية سوف يؤدي على الصعيد الوطني إلى نشوء صناعات وطنية تنتج أنواعاً مختلفة من المواد العازلة للحرارة المستعملة في عتني المجالات الإنشائية والصناعية وذلك لتلبية الطلب على هذه المواد كما يقود إلى خلق فرص عمل جديدة.

لقد أصبحت متطلبات البناء الحديث تحتم على المهندسين العاملين في مجال الأبنية أن يكونوا على دراية ومعرفة تامة بخصائص جميع المواد المستعملة في الأبنية وخاصة المواد العازلة للحرارة ليتسنى استعمالها بطرق علمية صحيحة.

إن نظرة عبر التاريخ تقود إلى استعمال الإنسان منذ بدء الخليقة المواد والوسائل المختلفة لتوفير الظروف الملائمة لحياته في السكن والإقامة بمعزل عن تأثير الأجواء الحارة أو الباردة المحيطة به. فاللبن المصنوع من الطين المجفف والمخلوط بالقش يعد أسلوباً نمطياً للمواد المستعملة في بناء وعزل البيوت والأكواخ حرارياً.

وعرف الإنسان أن الصخور والحجارة السميكة تمتاز بصعوبة تسخينها الأمر الذي دعا الإنسان الأول لاستعمال الكهوف الحجرية والصخرية ليجد فيها مأوى يبقى فيه شدة الحر. وكذلك لجأ سكان حوض البحر الأبيض المتوسط إلى بناء بيوتهم من حجارة سميكة تضفي عليها أجواء باردة ومريحة طيلة ساعات النهار في فصل الصيف.

كما عرف الإنسان أن الصخور والحجارة التي يضعها حاجزاً أمام النار التي يوقدها تبقى ساخنة لمدة طويلة من الزمن بعد انطفاء النار وتمنحه الراحة وتشتع دفناً حول المكان. كما أدرك الناس منذ القدم أن ألوان السطوح البيضاء والزاهية تقلل من تأثير أشعة الشمس على الجدران الخارجية للمباني مما جعل السكان يستعملون الحجر الجيري الأبيض في تشييد أبنيتهم وطلاء بيوتهم من الخارج باللون الأبيض. كما لجأ الناس في كثير من بقاع الأرض منذ قرون حتى عهد قريب إلى استعمال المواد الطبيعية العازلة للحرارة كالأخشاب والنباتات ومشتقاتها.

وظهرت صناعة المواد العازلة للحرارة في أوائل القرن العشرين حين بدأت عمليات عزل الأبنية حرارياً تنفذ بطريقة منظمة ومدروسة بهدف الحد من فقدان الحرارة أو كسبها، إلى جانب تحقيق الراحة السكنية داخل الأبنية. وقد كان الصوف الصخري والصوف المعنني المصنوع من خبث البراكين من أوائل المواد العازلة للحرارة والمنتجة صناعياً. أما صناعة الصوف الزجاجي، فقد بدأت بالظهور منذ عام 1930 وتطورت بعد ذلك على مراحل متعددة، وبوشر بإنتاج المواد اللدائنية (البلاستيكية) العازلة للحرارة تجارياً في أواسط الأربعينات ابتداء بصناعة البوليسترين. ثم تبع ذلك إنتاج البوليورينين الرغوي في نهاية الخمسينات ومادة الفورمالديهايد. أما الفينول الرغوي فقد بدأت صناعته منذ الخمسينيات.

9-4-2- انتقال الحرارة في العناصر الإنشائية للأبنية واختزانها فيها

تنتقل الحرارة في المواد تبعاً لقوانين فيزيائية وذلك بتأثير فرق درجات الحرارة حيث تنتقل من الجزء الأعلى حرارة إلى الجزء الأدنى حرارة ويتم انتقال الحرارة في العناصر والمواد الإنشائية بثلاث طرق مختلفة هي:

(1) انتقال الحرارة بالنقل أو بالتوصيل Heat Transfer by Conduction تتعلق كمية الحرارة المنتقلة بالناقلية النوعية (الموصلية) الحرارية (Thermal Conductivity) فتزداد الناقلية الحرارية للمادة كلما زادت كثافتها وتجانس تركيب جزيئاتها (كالحجارة الطبيعية والخرسانة الثقيلة) وتقل في المواد الخفيفة كأنواع الخرسانة الخفيفة المسامية وفي اللدائن والمواد العازلة للحرارة. ويعبر عادة عن مقدرة المادة على عزل الحرارة بمقاومتها الحرارية (Thermal Resistance) ويرمز لها بالرمز $(R=d/k)$ وتقاس بالمتر مربع درجة مئوية لكل واط، وتعتمد على سماكة المادة العازلة (d) ، والناقلية النوعية (الموصلية) الحرارية (k) التي تقاس بـ (واط/م.°س)،

(2) انتقال الحرارة بالحمل Heat Transfer by Convection

يتم في الغازات والسوائل المتحركة حيث تحمل جزيئات هذه الغازات والسوائل الحرارة أثناء حركتها من المكان الحار إلى المكان البارد،

(3) انتقال الحرارة بالإشعاع Heat Transfer by Radiation يمكن أن يحدث هذا الانتقال في الفراغ أو في الهواء فتزداد كمية الحرارة التي يشعها الجسم كلما زادت درجة حرارته.

ويصاحب انتقال الحرارة الذي يتم بالإشعاع في العناصر الإنشائية في الأبنية انتقال للحرارة بالحمل بواسطة الهواء. ويهدف العزل الحراري في البناء إلى التقليل من انتقال الحرارة خلال أجزاء البناء وعناصره الخارجية سواء أكان من داخل البناء إلى خارجه كما هو الحال في فصل الشتاء (فقد حراري) أو من الخارج إلى الداخل كما هو الحال في فصل الصيف (كسب حراري). وتتعلق كمية الحرارة المنتقلة خلال

العناصر الإنشائية الخارجية للمبنى وقدرة هذه العناصر على عزل الحرارة بالعوامل التالية :

- الانتقالية الحرارية (Thermal Transmittance) أو ما يعرف بـ U-Value لكافة العناصر الخارجية للبناء .

- نوع المواد المكونة لجدران وسقف البناء، وتركيب طبقاته، وتوزيعها، وسمكاتها، وقدرة هذه الطبقات على عزل الحرارة واختزانها.

- نوع النوافذ الخارجية المستعملة، ومساحتها، واتجاهها الجغرافي، ومدى إحكامها لتسرب الهواء، وقدرتها على توصيل الحرارة، (زجاج مفرد أو مزدوج) والوسائل المستخدمة لتخفيض تأثير الإشعاع الشمسي أو تأثير الرياح كالمتائر والأباجورات والمظلات.

- نوع التهوية المستعملة في الداخل (تهوية طبيعية أو ميكانيكية)

-- الموقع الطبوغرافي للمبنى ودرجة تعرضه للعوامل الجوية.

وبعد العزل الحراري في الأبنية استثماراً اقتصادياً مربحاً إذ إنه يؤدي إلى توفير الطاقة، وتخفيض استهلاك الأجهزة، وتكاليف الصيانة، إضافة إلى ما يحققه من متطلبات ضرورية للسكن الصحي المريح وحماية البناء من التأثيرات الضارة مما يرفع من القيمة السكنية للبناء ويزيد من عمره.

وتتعلق كمية الطاقة الحرارية المخزنة في المادة بكثافتها وسعتها الحرارية وحجمها وفرق درجات الحرارة المؤثرة عليها. لذا فانه من المهم في تصميم الأبنية، مراعاة خاصية اختزان المواد المستعملة في الجدران الخارجية والأسقف للحرارة واختيار المواد المناسبة في تركيبة هذه الأجزاء للحصول على الحد الأقصى من الوقاية الحرارية. ففي الجدران التقليدية ذات الواجهات الحجرية يمكن اختيار الطبقة الداخلية من مادة جيدة الاختزان للحرارة والطبقة المتوسطة من مادة عازلة (خفيفة) مما سيؤدي إلى تأمين أجواء سكنية مريحة في فصول السنة المختلفة. ففي فصل الشتاء تقوم الطبقة الداخلية باختزان حرارة الغرفة المدفأة والاحتفاظ بها طويلاً حتى في حالة

توقف أو انقطاع التدفئة. إذ تعيق الطبقة العازلة، التي تلي الطبقة الداخلية، انتقال الحرارة إلى خارج البناء. أما في فصل الصيف، فإن حرارة الجو الخارجي المرتفعة لا تنفذ بسهولة إلى داخل البناء بفضل الطبقة العازلة المتوسطة في حين تعمل الطبقة الداخلية كمنظم طبيعي للحرارة يمتص ويخمد الحرارة الداخلة إلى البناء من خلال النوافذ وفتح الأبواب خلال النهار مما يؤمن أجواء داخلية معتدلة الحرارة ومريحة للإقامة والسكن طيلة اليوم. لو جعلها بحاجة إلى تعديل طفيف في درجة حرارتها يمكن تأمينه من نظام خاص للتكييف ليصبح الجو فيها مريحاً.

3-4-9. مجال الراحة في البناء (Comfort Zone)

بعد تأمين الجو السكني المريح داخل البناء من المزايا الهامة التي يمكن تحقيقها عن طريق العزل الحراري لأجزاء البناء الخارجية (العلاف الخارجي للمبنى). فالشعور بالراحة - سواء أكان ذلك في فصل الشتاء أو في فصل الصيف - لا يتعلق فقط بدرجة حرارة المكان المخصص للإقامة أو العمل بل أيضاً بدرجة حرارة الجدران المحيطة بمكان الأشغال. إذ إنه عندما تكون درجة حرارة الهواء الداخلي لمبنى تساوي 20°س تكون درجة حرارة السطح الداخلي للجدران المعزولة بعازل حراري سماكته 3 سم تساوي 18,5°س في حين تكون درجة حرارة السطح الداخلي 14,9°س لذلك الجدران عندما تكون غير معزولة. فالجدران الباردة التي تقل درجة حرارتها كثيراً عن درجة حرارة الغرفة المدفأة في الشتاء (كما هو الحال في الابنية غير المعزولة) تجعل الإقامة فيها غير مريحة، وذلك بسبب ازدياد الإشعاع الحراري بين جسم الإنسان والجدران المحيطة الباردة. وتتطلب هذه الحالة رفع درجة حرارة الغرفة أكثر مما هو مألوف في الابنية المعزولة حرارياً فتحافظ على درجة حرارة عالية نسبياً وقريبة من درجة حرارة هواء الغرفة مما يساعد على توفير الجو المريح داخل البناء. ومن جهة أخرى إن ارتفاع درجات حرارة السطوح الداخلية لجدران ومقفب البناء في فصل الصيف، بسبب عدم عزلها أو عزلها بشكل غير مناسب، يؤدي إلى الشعور بالضيق الشديد وعدم الراحة في السكن. لذا من المهم جداً في تصميم المباني وعزلها

حرارياً مراعاة خاصية اختزان الحرارة في المواد المكونة للغلاف الخارجي للبناء والاختيار المناسب لوضع طبقة العازل الحراري فيها بهدف التوصل إلى وقاية حرارية عالية وتأمين أجواء سكنية مريحة في الصيف والشتاء على حد سواء.

الجدول (2-9) المقاومة الحرارية للسطوح الداخلية والخارجية في الظروف الاعتيادية

اتجاه انتقال الحرارة في العنصر الإنشائي	سطوح العناصر الإنشائية		
	للأعلى	للأسفل	أفقياً
المقاومة الحرارية للسطوح ($m^2 \cdot ^\circ C / \text{واط}$)			
الداخلية (Ri)	0,10	0,17	13,0
الخارجية (Ro)	0,04	0,04	0,40
المجموع (Ri+Ro)	0,14	0,21	17,0

المصدر: دليل مواد العزل الحراري للمباني، الجمعية العلمية الملكية، مركز بحوث البناء، الأردن

الجدول (3-9): المقاومة الحرارية للسطوح الداخلية للعناصر الإنشائية حسب انبعاثيتها

العنصر الإنشائي	اتجاه انتقال الحرارة	انبعاثية سطح العنصر	المقاومة الحرارية للسطوح الداخلية ($m^2 \cdot ^\circ C / \text{واط}$)
الجدران	أفقياً	عالية (0,9)	0,12
		منخفضة (0,2)	0,31
السقوف والأرضيات	للأعلى	عالية (0,9)	10,0
		منخفضة (0,2)	0,21
	للأسفل	عالية (0,9)	0,15

المصدر: نفس مصدر الجدول السابق

4-4-9- المواد العازلة للحرارة التي تستخدم في عزل الأبنية

تتميز المواد العازلة للحرارة بكثافة ظاهرية منخفضة وتوصيل حراري متدني (قدرة عالية على عزل الحرارة)، وذلك بسبب احتوائها على عدد كبير جداً من الفراغات المملوءة بالهواء أو الغاز والموزعة بأحجام وبأشكال مختلفة في المادة.

الجدول (4-9) المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية للعناصر الإنشائية حسب

انبعاثيتها وسرعة الرياح التي تتعرض لها

درجة التعرض		سطوح محمية	سطوح معتدلة التعرض	سطوح شديدة التعرض
سرعة الرياح (م/س)		أقل من 0,5	0,5	أكبر من 0,5
العنصر الإنشائي	الانبعائية سطح العنصر	المقاومة الحرارية للسطوح الخارجية		
الجدران	عالية (0,9)	0,08	0,06	0,03
	منخفضة (0,2)	0,10	0,07	0,03
السقوف	عالية (90)	0,07	0,04	0,02
	منخفضة (0,2)	0,09	0,05	0,02
الأرضيات والأجزاء السفلية المعرضة للهواء	عالية (0,9)	0,09		

المصدر: نفس مصدر الجدول السابق

ويتم انتقال الحرارة في المواد العازلة خلال الغازات وخلال المادة الصلبة فيها. وينتقل الجزء الرئيسي من الحرارة خلال الغازات ومن ضمنها الهواء بواسطة الحمل (Convection)، في حين ينتقل جزء آخر خلال المادة الصلبة عن طريق التوصيل (Conduction)، وتتوفر المواد العازلة على شكل مواد عضوية أو غير عضوية ومنها:

1- البوليسترين

ينتج البوليسترين ببلورة مادة "ستايرين" الخام وينتج عنها حبيبات البوليسترين الخام، اللازمة لتصنيع مادة البوليسترين الرغوي بطريقتين مختلفتين ينتج عنهما نوعان هما

البوليسترين المشكل بالقولبة (ويعرف أيضا بالبوليسترين الممدد (Expanded Polystyrene) وأو البوليسترين المشكل بالبتق بكثافة تتراوح بين 30 و 35 كغ/م³ (Extruded Polystyrene).

وينصح بحماية ألواح البوليسترين داخل العناصر الإنشائية للبناء بين طبقات غير قابلة للاحتراق. تتراوح الموصلية الحرارية للألواح البوليسترين الممدد بين (0,033) و (0,041) واط/م.°س، ولألواح البوليسترين المبثوق بين (0,032) و (0,037) واط/م.°س.

2- البوليوريثين

يوجد نوعان من البوليوريثين الرغوي يستخدمان في العزل الحراري هما "البوليوريثين الجاسي" و "البوليوريثين المرن". ويتم إنتاج البوليوريثين إما بطريقة القولبة، أو بطريقة الألواح المغلفة، أو بطريقة الحقن، أو بطريقة الرش بالموقع. الموصلية الحرارية للبوليوريثين بحدود 0,017 واط/م.°س (عند درجة حرارة 10°س) وقت الإنتاج تصبح 0,023 واط/م.°س بعد مرور عام على الإنتاج، و 0,026 بعد عامين و 0,027 بعد خمسة أعوام.

ويحترق البوليوريثين بسرعة وتتولد غازات سامة ويستعمل البوليوريثين المرن في بعض تطبيقات العزل الحراري كمزل أنابيب التدفئة والتبريد والعزل الصوتي.

3- الصوف الصخري Rock wool

يتم إنتاج الصوف الصخري من صخور البازلت ومواد أولية أخرى كالركام الجير بحيث يتم صهرها في فرن عند درجة حرارة 1450°س، ويجري معالجة الألياف الناتجة برابطة راتنجية تعمل على تماسك الألياف. تكون المادة المنتجة بشكل نهائي على شكل ألواح أو لفائف أو فرشاة أو مقاطع مغلفة للأنيبيب.

وحددت المواصفات القياسية أن تحتوي ألواح الأسقف العازلة للحرارة على مادة راتنجية رابطة وأن يجري تغليف أحد سطوحها خلال التصنيع بغلاف مناسب لأغراض التطبيق على الأسقف المغطاة بالإسفلت أو القار الفحمي.

وتستعمل لفائف على السطوح الحارة كافة حتى 204 °س والباردة وأجهزة التبريد وهناك لفائف يغلف احد سطوحها أو كليهما بشبك معدني من الأسلاك المعدنية ويمكن أن يستخدم بعض أنواعها حتى درجة حرارة 455 °س، وأنواع أخرى حتى 650 °س.

ومن ناحية أخرى لا بد من اخذ محتوى الرطوبة في الألياف وامتصاص الرطوبة من الهواء بعين الاعتبار

4- الصوف الزجاجي

يتم إنتاج الصوف الزجاجي من الرمل والصودا وبعض المكونات الأخرى التي يتم صهرها في فرن الصهر عند درجة حرارة 1400 °س. وتجرى معالجة الألياف بمادة رابطة راتنجية (راتنج فينول الفورمالديهايد) تعمل على تماسك الألياف. وتكون المادة المنتجة بشكل نهائي على شكل لفائف أو فرشاة. وتتم عمليات الإنهاء في المصنع (تغليف السطوح، والتجميع والتعبئة) حسب الصنف والشكل المنتج.

وتتراوح الكثافة المنتجة للصوف الزجاجي من 12-24 كغ/م³ للأصناف المنتجة على شكل لفائف إلى 300 كغ/م³ للألواح الجاسنة وشبه الجاسنة المستعملة في العزل الحراري والصوتي في المباني. وتختلف الموصلية الحرارية للصوف الزجاجي باختلاف الأصناف والكثافات حيث تتراوح بين 0,035 و 0,045 وات/م. °س عند درجات الحرارة العادية.

وفيما يلي بعض الاقتراحات الواجب أخذها بعين الاعتبار عند استخدام الصوف الصخري والصوف الزجاجي.

(1)- يوصى بمعرفة نوع وخصائص المادة العازلة المستعملة من الصوف الصخري أو الصوف الزجاجي ومكوناتها من المواد الرابطة وغيرها، قبل الاستعمال وذلك لضمان التطبيق السليم للمادة في المكان المناسب.

(2)- يوصى في حالة عزل الأسطح بالألواح الصوف الصخري أو الصوف الزجاجي بمعرفة خصائصها المتعلقة بامتصاص الماء بالإضافة إلى الخصائص الأخرى،

وتجنب خطورة دخول الماء إلى الألواح بتغليفها ؟ من البولي اثيلين أو أية مادة أخرى مانعة لدخول الرطوبة، مع عدم تطبيق أغشية مانعة للبخار من الأعلى لأن ذلك يؤدي إلى مشاكل تتعلق بنفاذ بخار الماء وتكتفه في العازل الحراري.

(3)- يجب مراعاة المحافظة على سمك العازل الحراري الأصلي وعدم تعريضه للانضغاط خلال عملية التطبيق في الموقع، وفي حال تعرض اللفائف للبدائية أو الألواح اللينة إلى الانضغاط حسب وضعها في الجدران، فيجب اعتماد السماكة النهائية للعازل بعد التركيب وذلك حتى إجراء الحسابات التصحيحية.

5- الخرسانة الخفيفة

تنتج بطرق ووسائل متنوعة وتستعمل في الأغراض الإنشائية كما في العزل الحراري وتتراوح كثافة الخرسانة الخفيفة المستعملة في العزل " بي بين 240 و 1440 كغ/م³ والموصلية الحرارية لها بين 0,065 و 1,43 ر.م.م. °س. وتتراوح كثافة الخرسانة الخفيفة المستعملة للأغراض الإنشائية بين 1400 و 1920 كغ/م³، في حين تكون كثافة الخرسانة العادية بين 2240 و 2500 كغ/م³.

وتقسم الخرسانة الخفيفة العازلة للحرارة إلى مجموعتين: الخرسانة الخلوية (أو الخرسانة الغازية أو للخرسانة المسامية) وخرسانة الركام الخفيف.

تمتاز جميع أنواع الخرسانة الخفيفة بخصائص عزل حراري جيدة ، وتزداد خاصية العزل كلما قلت كثافة الخرسانة.

6- الزجاج الرغوي

يعد من المواد العازلة للحرارة التي تمتاز بمقاومة كسر مميزة وعالية كما تمتاز المادة بتركيب خلوي مغلق الخلايا. ويتم إنتاج الزجاج الرغوي بسحب الزجاج من نوع سيليكات إلى سلائق أفبوية ثم تهشيمها وخلطها بالكربون ومعالجة المخلوط بالحرارة وينتج الزجاج الرغوي على شكل ألواح عازلة للحرارة مستعملة في عزل الأسقف والجدران أو على شكل مقاطع مناسبة لعزل الأنابيب.

وتبلغ كثافة الزجاج الرغوي بحدود 140 كغ/م³ وتبلغ موصليته الحرارية 0,055 واط/م. °س عند درجة حرارة 20 °س. ويتصف الزجاج الرغوي بأنه صلب، هش، وغير قابل لامتصاص الماء والرطوبة، وغير قابل للاحتراق.

7- المواد العاكسة للحرارة

تقوم المواد العاكسة للحرارة بإعاقة انتقال الحرارة ؟ من خلال عناصر البناء حيث إن السطوح اللامعة تعكس الجزء الأكبر من الأشعة الحرارية الساقطة عليها. ومن المواد العاكسة للأشعة والمستعملة في الأبنية شرائح الألمنيوم، التي تقوم بتخفيض انتقال الحرارة بالإشعاع عبر هذه السطوح من وإلى الهواء المحيط. فإذا كان الجسم الأسود قادراً على امتصاص كامل الأشعة الحرارية الساقطة عليه وإصدارها (وانبعاثها) ثانية بالإسقاط بمعدل 100 في المئة فإن انبعاثية شرائح الألمنيوم الجديدة والملساء 4 في المئة، وتلك المعرضة لهواء البحر لمدة سنتين 10 في المئة والشرائح المستعملة في الأسقف لمدة ثماني سنوات، 8,3 في المئة والشرائح المؤكسدة كيميائياً 9 في المئة.

جدول (5-9) معامل الامتصاص الحراري والانبعاثية عند 35 °س لسطوح المواد المختلفة بفعل أشعة الشمس. (واط/م. °س)

سطح المادة	معامل الامتصاص واط/م. °س	الانبعاثية عند 35 °س واط/م. °س
المجر الجيري	0,53	
الرخام الأبيض	0,44	0,93
الخرسانة والقضبان (الطينية)	0,65	0,91
المونة أو الملاط	0,73	
حجر الجرانيت	0,55	
خصى (زلط)	0,29	
الزجاج	0,83	0,92
الرمال الطينية	0,76	
الطوب الطيني المشوي (أمدار يرتقلى)	0,55	93,0

0,60	بلاط الأجر/الفرميد (الحمير)
0,78 (تأعم السطوح)	الخشب
0,83 - 0,92 (حسب النوع)	الرصفة الإسفلتية
0,96	طلاء الألمنيوم
0,92	الطلاء الأبيض
0,90	الخزف (اللامع)
0,94	الزئبق اللامع مع سطح مغلف
0,04	الفولاذ اللامع
0,06	الفولاذ السدئ
0,63	النحاس اللامع
0,04	النحاس الصدئ
0,78	النحاس الأصفر اللامع
0,05	النحاس الأصفر الصدئ
0,97	التيار الأسود
0,97	الماء والجفيد

8- البورينا - فورمالديهايد الرشوي

تستخدم في عزل الجدران الخارجية بواسطة حقنها في التجاويف المخصصة لمثلها بالمادة العازلة بعد إتمام عملية البناء، وتتراوح موصليتها الحرارية بين 0,035 و 0,041 وات/م.°س، وتتراوح كثافتها بين 141,8 كغ/م³، ويمكن تطبيقها حتى درجة حرارة 120°س دون تلف.

9- الفينول الرشوي

تنتج على شكل ألواح جاسنة، وتحمى من الجانبين بطبقات من مواد أخرى مقاومة للاشتعال، موصليتها الحرارية تتراوح بين 0,031 و 0,041 وات/م.°س، قليلة الامتصاص الماء. وتستخدم في عزل الأسقف وتديدات التدفئة وتشتمل بعض الأنواع بلاطاً عازلاً للواجهات.

10- الفينيل الرغوي (Pvc foam)

هي مادة عازلة تنتج على شكل ألواح أو صفائح تكون جاسنة أو مرنة، تتراوح كثافتها بين 35 و 90 كغ/م³ قليلة الامتصاص للماء (3 في المئة إلى 3,8 في المئة من الحجم)، وتتراوح موصليتها الحرارية بين 0,035 و 0,043 وات/م²س. وتتصف بخصائص ميكانيكية عالية تزيد عن خصائص البوليستيرين الممدد، ويتم استعمالها في التطبيقات التي لا تزيد فيها درجة الحرارة عن 65 °س.

الجدول: (6-9) خواص عدد من العوازل الحرارية

البيوتون العازل الخفيف الوزن	البوليوريشين المنفذ بالقرش	البوليوريشين	البوليسترين	الألياف الزجاجية	الصفوف الصخري	الوصف
بلاطة خرسانية مسلحة قياسية	رغوة تنفذ بالموقع (*)	ألواح بنية مصفوفة	ألواح بيضاء	ألواح أو فرشات أو لفائف	ألواح أو فرشات نسيجية	
7,1-0,84	42-27	50-31	33-25	32-16	28-20	المقاومة الحرارية ⁽¹⁾ م.م/س.وات
1440-440	40-15	64-25	35-15	150-10	200-100 للألواح 130-30 للفرشات	الكثافة، (كغ/م ³)
0,04-0,02	0,006-0,003	0,0073-0,0016	0,006-0,002	0,19	0,19	تفادية بخار الماء (غرام.متر/ مقفا تيوتن ثانية)

30% من الحجم	10% من الحجم	4% من الحجم	2-5% من الحجم	عالي	2+% من الوزن	امتصاص الماء (%)
0.5-2 وترد في حالة المعالجة بالبخر	0.05-0.2 غمد الضغط 10%	0.1-0.3 غمد الضغط 10%	0.2 غمد الضغط 10% لكثافة 28	0.00-0.5 غمد الضغط 10%	0.00-0.2 غمد الضغط 10%	مقاومة الكسر بالضغط (تيونين إم ²)
لا تتأثر بالعوامل الجوية	تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية ويجب حمايتها من التعرض لأشعة الشمس مباشرة	تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية ويجب حمايتها من التعرض لأشعة الشمس مباشرة	تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية وتتأكل عند تعرضها لأعلى من درجة حرارة التشغيل القصوى	تتأثر بالأشعة فوق البنفسجية	تتأثر المادة الرابطة بالأشعة فوق البنفسجية	تأثير العوامل الجوية
غير قابلة للاحتراق	قابلة للاحتراق وتولد دخلاً ساماً	قابلة للاحتراق وتولد دخلاً ساماً	قابلة للاحتراق وتولد دخلاً ساماً	المواد اللاصقة الراتنجية قابلة للاحتراق	المواد اللاصقة الراتنجية قابلة للاحتراق	الاحتراق

أقصى درجة حرارة تشغيل فهرس	800-370	130	75	100	100	500
ملاحظات:	- يمكن تصفيحها من أحد أو كلا الوجهين - لا تتفاعل كيميائياً أو كهربائياً - مضادة للقوارض والتطبيقات	- يمكن تصفيحها من أحد أو كلا الوجهين - لا تتفاعل كيميائياً أو كهربائياً - مضادة للقوارض والتطبيقات	- تذوب في المذيبات العضوية - يجب طلائها بسادة وبغاية جيل استخدامها - تتجاهلها للقوارض والحشرات	- تذوب في المذيبات العضوية - تتفاعل كيميائياً	- تذوب في المذيبات العضوية - تتفاعل كيميائياً	

المصطلح: مستطيد من المساحة الأربعةเหลี่ยม، وذو الأضلاع العامة والإسكان، يحيط البناء الوطني لأرضي، كجودة العزل الحراري.

(*) تحتوي على مائتي أسيل عند حقيهما معاً داخل تجويف أو زائهما معاً على سطح من يتفاعل ليكرنا زغرة تأخذ شكل التجويف أو شكل السطح وتتصلب في ما بعد التثبيت بفترة قصيرة.

(1) المقاومة الحرارية أو (المقاومة النوعية الحرارية) وهي يمكن التوصيفية الحرارية.

5-9. تطبيقات استخدام مواد العزل الحراري في الأبنية

تصنف الأبنية التي يمكن تطبيق العزل الحراري فيها إلى أبنية ستقام حديثاً وأبنية قديمة قائمة. ففي الأبنية التي ستقام حديثاً، يمكن أن نتعاطم كفاءة العزل الحراري في الأبنية من خلال نكاملها مع الإجراءات الأخرى كافة التي يمكن تحقيقها في البناء، مثل التخطيط السليم للمنطقة التي سيقام البناء فيها والذي يمكن أن يسمى التخطيط البيئي للمنطقة السكنية، حيث يتم توزيع مواقع الأبنية، ويراعى فيها الحد الأقصى للارتفاع، والبعد فيما بينها، وعرض الشوارع واتجاهاتها، بما يحقق التوجيه المناسب للأبنية. يلي ذلك التصميم المعماري المناسب الذي يحقق أقل كمية من الإشعاع الشمسي الساقط على واجهاته صيفاً، وأكبر كمية إشعاع شمسي شتاءً، والذي يشمل اختيار أماكن وأبعاد النوافذ والفتحات (النوافذ والأبواب والشرفات)، وتصميم الواجهات، واستخدام الجدران المزدوجة التي تستخدم فيها مواد العزل الحراري. ويتم تحقيق العزل الحراري في جدران وسقوف الأبنية الحديثة وفق دراسات تصميمية، ولضابير تنفيذية مناسبة سواء بتطبيق العزل الحراري من الداخل أو من الخارج أو في الوسط حسب الضرورة التصميمية وطبيعة البناء.

أما في الأبنية القائمة يمكن تحقيق عزل الجدران من الخارج بإكسائها بمواد إكساء عازلة للحرارة مثل البلاط المكون من الإيوكسي والبوليستيرين، أو من الرخام والبوليستيرين، أو من الحجر الصناعي والبوليستيرين، أو باستخدام رقائق ألومنيوم عاكسة، أو باستخدام أنواع من الخرسانة الخلوية. ويمكن تطبيق العزل الحراري في وسط الجدران الخارجية مكونة من طبقتين بينها فراغ من الهواء فيتم عندها حقن مادة عازلة من البوليوريثين أو حبيبات البوليستيرين في الفراغ لملئه وتحسين الأداء الحراري للبناء. كما يمكن تطبيق العزل الحراري لهذا النوع من الأبنية من الداخل وذلك بتليس جدران الغلاف الخارجي للبناء من جهة الداخل بطبقة عازلة من البوليستيرين أو البوليوريثين التي يجب حمايتها من الاخل بالأسلوب المناسب.

9-6- الوفّر في الطاقة المحقق من جراء العزل الحراري للأبنية

يعدّ العزل الحراري في الأبنية (حديثة أم قديمة) استثماراً اقتصادياً مربحاً، إذ إنّه يؤدي إلى توفير الطاقة، وتخفيض استهلاك الأجهزة، وتكاليف الصيانة، إضافة إلى ما يحققه من متطلبات ضرورية للسكن الصحي المريح، وحماية البناء من التأثيرات الضارة مما يرفع من قيمة البناء ويزيد من عمره. ويعتمد الوفّر في الطاقة الحرارية المكتسبة أو الممتصة عبر أي عنصر إنشائي على الفرق بين درجات حرارة الجانب الدافئ والبارد لهذا العنصر الذي يعبر عنه بالدرجة يوم (DD) Degree Day المطلوبة للتدفئة أو للتكييف خلال فترة زمنية محددة.

$$DD = \sum (T_b - T_o) \text{ daily} \\ 24 \text{ hours}$$

T_b درجة الحرارة التصميمية لحساب (الدرجة يوم) (DD) وهي 18,3 °س للتكييف.
 T_o المتوسط اليومي لدرجات الحرارة.

وتحسب كمية الوفّر في الطاقة الحرارية المكتسبة أو الممتصة عبر العناصر الإنشائية المختلفة التي يمكن توفيرها سنوياً كما يلي :

الوفّر (ك.و.س./م²/سنة) = (الفرق بين الانتقالية الحرارية قبل العزل وبعده $DDX \times 10 \times 24$).

وفيما يلي عدد من الأمثلة التي تبين الوفّر في استهلاك الطاقة مسن جراء استخدام العزل الحراري :

9-6-1- تحسين الوضع الحراري للعناصر الإنشائية باستخدام العزل الحراري

يبين الجدول (9-7) الانتقالية الحرارية لعدد من الجدران والسقوف غير المعزولة، والمعزولة بأنواع وسماكات مختلفة من العوازل الحرارية. إذ يتكون كل جدار من طبقة داخلية وخارجية من المونة الإسمنتية سماكة كل منها 2 سم، وطبقة داخلية وخارجية من الحجر أو الطوب (البلوك) سماكة كل منها 12 سم، وطبقة عازلة في الوسط.

الجدار (1) من الحجر الكلسي
والجدار (2) من البلوك القرميدي المفرغ
والجدار (3) من البلوك الإسمنتي المصمت
والجدار (4) من البلوك الإسمنتي المفرغ
والجدار (5) من البلوك الرملي (البلوك الإسمنتي المفرغ والممزوج برمل أسود
بركاني).

الجدول (9-7) الانتقالية الحرارية للجدران والسقوف غير المعزولة والمعزولة حسب
نوع الحجر أو الطوب (البلوك) والعازل المستخدم ($U \text{ Value} = \text{وات/م}^2 \text{ س}$)

نوع المادة العازلة	سماعة العزل	جدار (1)	جدار (2)	جدار (3)	جدار (4)	جدار (5)	السقف (6)
بدون عزل	0	2,85	1,57	2,65	2,49	2,37	2,52
العازل فراغ من الهواء وسماعة 5 سم	5	1,52	1,24	1,83	1,75	1,69	—
نسبة الانتقالية منها بدون عزل		% 74	% 79	% 69	% 70	% 71	
بوليستيرين ممدد	2,5	0,86	0,76	0,95	0,92	0,91	0,93
نسبة الانتقالية منها بدون عزل		% 42	% 48	% 36	% 37	% 38,4	% 37

بولستيرين ممدد	5	0,54	0,49	0,58	0,57	0,56	0,57
نسبة الانتقالية منها بدون عزل		% 26	% 31	% 22	% 23	% 23,6	% 22,6
بولستيرين مبثوق سماعة	2,5	0,76	0,68	0,83	0,81	0,84	0,81
بولستيرين مبثوق سماعة	5	0,47	0,44	0,49	0,48	0,49	0,48
بوليوريثين سماعة	2,5	0,71	0,64	0,77	0,75	0,8	0,75
نسبة الانتقالية منها بدون عزل		% 34,6	% 40,8	% 29	% 30	% 33,8	% 30
بوليوريثين سماعة	5	0,55	0,39	0,45	0,45	0,48	0,44
نسبة الانتقالية منها بدون عزل		% 26,8	% 25	% 17	% 18	% 20	% 17,5

المصدر: مستطد من: جمهورية مصر العربية، وزارة الإسكان والمرافق والمجمعات العمرانية،
مركز بحوث الإسكان والبناء، مواصفات بنود أعمال العزل الحراري (اشتراطات أسس، التصميم
والنقود)

يتبين من هذا الجدول :

1- إن أفضل مادة للجدار غير المعزول هي الطوب القرميدي المفرغ يليها الحجر الجيري.

2- تنخفض الانتقالية الحرارية في الجدار المكون من طبقتين بينهما فراغ من الهواء بسماكة 5 سم عنها عندما لا يحوي الجدار طبقة الهواء، إلى 74 في المئة في الجدار ذي الحجر الكلسي، وإلى 79 في المئة في الجدار ذو البلوك القرميدي المفرغ. وإلى 70 في المئة في الجدار ذي البلوك الاسمنتي المفرغ، وإلى 71 في المئة في الجدار ذو البلوك الرملي، وإلى 69 في المئة في الجدار ذي البلوك الإسمنتي المصمت.

3- تنخفض الانتقالية الحرارية، في الجدار المكون من طبقتين بينهما عازل حراري من البوليستيرين الممدد الذي سماكته 2,5 أو 5 سم عنها عندما يكون الجدار غير معزول وذلك على الترتيب، إلى 42 في المئة و 26 في المئة في الجدار ذي الحجر الكلسي، وإلى 48 في المئة و 31 في المئة في الجدار ذي الطوب القرميدي المفرغ، وإلى 36 في المئة و 22 في المئة في الجدار ذي البلوك الإسمنتي المصمت، وإلى 37 في المئة و 23 في المئة في الجدار ذي البلوك الاسمنتي المفرغ، وإلى 38,4 في المئة و 23,6 في المئة في الجدار ذي البلوك الرملي.

4- تنخفض الانتقالية الحرارية عند استخدام البوليستيرين الميثوق إلى 85 - 88 في المائة من قيمتها عندما يكون البوليستيرين ممدداً أي كان نوع البلوك المستخدم في الجدار المكون من طبقتين.

5- تنخفض الانتقالية الحرارية، في الجدار المكون من طبقتين فيهما عازل حراري من البوليستيرين الممدد الذي سماكته 2,5 سم أو 5 سم عنها عندما يكون العازل فراغاً من الهواء سماكته 5 سم وذلك على الترتيب، إلى 56 في المئة أو 35,5 في المئة في الجدار ذي الحجر الكلسي، وإلى 61 في المئة و 39,5 في المئة عندما يكون الجدار من البلوك القرميدي المفرغ، وإلى 52 في المئة و 31,7 في المئة في الجدار ذي

البلوك الإسمنتي المصمت وإلى 52,9 في المئة و 32,6 في المئة في الجدار ذي البلوك الاسمنتي المفرغ، وإلى 53,8 في المئة و 33 في المئة في الجدار ذي البلوك الرملي. 6-تتخفيض الانتقالية الحرارية للسقف المعزول حرارياً عنها في السقف غير المعزول إلى 37 في المئة و 22,6 في المئة عندما يكون العازل 2,5 سم و 5 سم من البوليستيرين الممدد، وإلى 32 في المئة و 19 في المئة عندما يكون العازل 2,5 سم و 5 سم من البوليستيرين المبثوق، وإلى 30 في المئة و 17,5 في المئة عندما يكون العازل 2,5 سم و 5 سم من البوليوريثين.

9-6-2- الوفرة في الطاقة الحرارية المكتسبة والمتسربة من شقة سكنية مكونة من طابق واحد

يفرض وجود شقة سكنية مكونة من طابق واحد أبعادها 12م × 8 م، وارتفاعها 3 م ودرجة الحرارة الخارجية 37 °س والداخلية 25 °س، وأن الجدران الخارجية مبنية بطبقة من البلوك سماكتها 25سم، مطبقة من الخارج والداخل بطبقة طينية سماكتها 2 سم، والسقف من البيتون المسلح سماكته 12سم، للشقة 8 نوافذ، كل منها ذات إطار خشبي وزجاج مفرد مساحتها 1 م²، وانتقالياتها الحرارية 3,3 وات/م². °س، ولها باب مساحته 2 م² وانتقاليته الحرارية (3,5 وات/م². °س)، ومساحة السطح المعرض للجو الخارجي 86 م². يراد تحسين الوضع الحراري لهذه الشقة السكنية فيتم عزل جدرانها الخارجية بسماكة 3 سم، وسقفها بسماكة 5سم من مادة عازلة موصليتها الحرارية (0,026 وات/م. °س). ويستخدم زجاج مضاعف للنوافذ لتصبح انتقالياتها الحرارية (2,5 وات/م². °س). يبين الجدول (8-9) نتائج الحسابات الحرارية لهذه الشقة السكنية والمتمثلة بالانتقالية الحرارية للعناصر الإنشائية للشقة والقدرة الحرارية اللازمة لها قبل العزل وبعده.

الجدول (8-9): نتائج الحسابات الحرارية لحال شقة سكنية مساحتها 96م² قبل وبعد العزل

الانتقالية الحرارية الكلية للجدران وات/م ² س	الانتقالية الحرارية الكلية للسقف وات/م ² س	الانتقالية الحرارية للنوافذ وات/م ² س	الانتقالية الحرارية الكلية وات/م ² س	الانتقالية الحرارية الكلية للجدران وات/م ² س	الانتقالية الحرارية الكلية للسقف وات/م ² س	القدرة الحرارية اللازمة للشقة كيلو وات
2,65	3,70	4,3	3,5	3,122	9,5	قبل العزل
653,0	456,0	5,2	5,3	669,0	1,49	بعد العزل
75,4	87,7	41,9	0	78,6	83,5	نسبة الانخفاض بعد للعزل في %

المصدر: مستنبط من: جمهورية مصر العربية، وزارة الإسكان والمرافق والمجمعات العمرانية، مركز بحوث الإسكان والبناء، مواصفات بنود أعمال العزل الجداري (اشتراطات أسس التصميم والتنفيذ).

يتضح من الجدول أن الانتقالية الحرارية تنخفض في الجدران بنسبة 75,4 في المائة وفي السقف بنسبة 87,7 في المئة وفي النوافذ بنسبة 41,9 في المئة. وتنخفض الانتقالية الحرارية الكلية للشقة السكنية بعد العزل بنسبة 78,6 في المئة والوفر المحقق في القدرة الحرارية اللازمة للشقة السكنية يساوي 83,5 في المئة.

الفصل العاشر

دور تحسين كفاءة نظم الإنارة في ترشيد
استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية⁴⁷

⁴⁷ نفس المرجع 46



للإنارة الموفرة للطاقة دور أساسي ومهم يمكن أن تؤديه في ترشيد الطلب على الطاقة الكهربائية في القطر العربي السوري. وذلك من خلال تخفيض استهلاك الطاقة الكهربائية اللازمة للإنارة باستخدام أجهزة إنارة موفرة للطاقة من ناحية، وتحسين الإدارة والتحكم بالإنارة من ناحية أخرى. إضافة إلى تخفيض حمل التكييف الناتج عن الإنارة الزائدة. ويمكن أن يتم ذلك من خلال زيادة المعرفة والوعي حول تقنيات ونظم الإنارة الموفرة للطاقة والإدارة الجيدة والاستخدام الأمثل لها واستخدام المواصفات المعيارية العالمية المعتمدة في هذا المجال.

لقد استخدمت الإنارة حتى عقد التسعينيات من القرن الماضي المصابيح المتوهجة ومصابيح الفلوريسنت العادية، ودخل خيار أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة وأدوات التحكم بتشغيلها مثل مصابيح الفلوريسنت المدمجة، ومصابيح الفلوريسنت الأنبوبية والمصابيح كثيفة الإنارة، وتحسنت كفاءة أجهزة الإنارة وانخفضت تكاليفها. إضافة إلى التطورات التي طرأت على كفاءة المتمات المساعدة لها كالملف الخائق (البلاست). وأجهزة التثبيت (Fixtures) وأدوات خفض شدة الإنارة (Dimmers).

وفيما يلي عرض للتعابير والمصطلحات الأساسية التي يستخدمها أخصائيو الإنارة :

1- الفيض الضوئي Luminous flux : وهو كمية الضوء التي يعطيها منبع ضوئي في الثانية ويقاس باللومن.

2- الشدة الضوئية Luminous Intensity : وهي مقدرة المنبع الضوئي على إشعاع الضوء في وحدة الزوايا المجسمة في اتجاه معين وتقاس بالكانديلا.

3- شدة الإنارة Illuminance : وهي قياس درجة تركيز الضوء الساقط على سطح ما وتقاس باللوكس.

4- الوضوح Luminance : وهو كثافة الشدة الضوئية في اتجاه معين ويقاس بالكانديلا لكل م².

5- مؤشر استرجاع الألوان (CRI) Color Rendering Index : وهو مؤشر يقيم بشكل رياضي كيفية مقاومة منبع ضوئي لبعض الألوان بمقارنتها بمنبع ضوئي مرجعي

له نفس درجة حرارة اللون. فمثلاً يكون المصدر المرجعي لدرجات حرارة اللون بين 2000-5000 كلفن. هو الجسم الأسود وفوق ذلك هو ضوء النهار وعندما لا يظهر تغيير بالألوان بين المنبع المجرب والمنبع المرجعي يكون (CRI) يساوي 100.

6- درجة حرارة لون الضوء وتعطى بالكلفن وتستخدم لوصف لون الضوء بمقارنته مع لون الجسم الأسود والذي هو نظرياً "جسم مشع كامل" إذ يغير الجسم الأسود لونه عند ارتفاع درجة حرارته فيبدأ لونه بالأحمر الباهت ثم الأحمر اللامع. ثم البرتقالي. والأصفر. وأخيراً الأبيض. والأبيض المزرقي ثم الأزرق. لذا إن درجة حرارة لون الضوء ليست درجة حرارة طبيعية بل درجة اصطلاحية تحدد اللون فقط.

10-1- المصابيح المستخدمة في الإنارة

10-1-1- المصابيح الكهربائية العادية

- المصابيح المتوهجة Incandescent Lamp :

تعمل هذه المصابيح على التيار المتناوب والمستمر معاً. وعمرها بحدود 1000 ساعة. ويتراوح مردودها الضوئي بين 10-15 لومن/وات. ولا تحتاج هذه المصابيح إلى متممات مساعدة. وتستخدم في الإنارة المنزلية والأدراج ودورات المياه والحمامات وغرف التصوير وتتراوح درجة حرارة اللون بين 1500-3000 كلفن. لون الضوء الناتج عن هذه المصابيح أصفر ضارب إلى الحمرة. ولا يسبب أي تداخلات مع الأمواج الراديوية.

- مصابيح التنغستين هالوجين Tungsten Halogen Lamp :

يتراوح عمر هذه المصابيح بين 1000-2000 ساعة. ويتراوح مردودها الضوئي بين 22-33 لومن/وات. لون الضوء الناتج عنها أبيض دافئ وطيفه مستمر. وتتراوح درجة حرارة اللون بين 3100-3200 كلفن. وتكثر استخداماتها في الإنارة للفائضة والتزيينية والإنارة الخارجية وإنارة الصالات الرياضية.

- مصابيح الفلوريسنت Fluorescent Lamp

يتألف المصباح من أنبوب مطلّي من الداخل بمادة فوسفورية تصدر ضوءاً مرئياً عند تعرضها للإشعاعات فوق البنفسجية. ويبلغ العمر الطبيعي للمصباح 6000-7500 ساعة. ويتأثر بانخفاض تكرار وارتفاع التواتر (الجهد) وتتابع عمليات التشغيل. ويعطى متوسط العمر عند اشتغاله ثلاث ساعات متواصلة لكل عملية تشغيل. ولهذه المصابيح ألوان ضوء مختلفة حسب خليط الغاز والمواد المضافة فهي: إما مصابيح ذات لون أبيض دافئ. ولون أبيض ديلوكس. ولون أبيض ديلوكس دافئ وله درجة حرارة لون تساوي 3000 كلفن وتستخدم هذه المصابيح في إنارة المكتبات والمدارس والمكاتب والأسواق والمحلات والمطاعم. والأماكن التي تتطلب إنارة هادئة. أو مصابيح ذات لون ضوء النهار وله درجة حرارة تتراوح بين 5000-7500 كلفن وتستخدم في الأماكن التي تحتاج إلى مقارنة ألوان مثل مخازن الأقمشة. والصناعة. وتتوافر على شكل مصابيح فلوريسنت أنبوبية عادية (معيارية) ويرمز لها بـ TL أو T12 قطرها 38 مم. وأطولها 60 سم. أو 120 سم. أو 150 سم. وقدراتها 20 وات. و40 وات. و65 وات على الترتيب. تستخدم مصابيح الفلوريسنت بشكل عام في الأماكن التي تحتاج إلى جو عمل ذي إضاءة بارد (في المناطق الحارة). ويوجد أنواع خاصة منها تستخدم في لوحات الإعلانات. والأغراض التزيينية. تتراوح الكفاءة الضوئية لهذه المصابيح بين 50-60 لومن/وات. وتحتاج إلى متممات مساعدة مثل الملف الخائق (كابح التيار) Ballast. والمقلع (بادئ التشغيل) Starter. والمكثف Capacitor لتحسين عامل القدرة. والعاكس لتثبيت المصباح ومتمماته من جهة ولزيادة كفاءة الإنارة من جهة أخرى.

- مصابيح بخار الزئبق ذات الضغط العالي High Pressure Lamp

يتألف المصباح من حبة من الزجاج القاسي. المغطى من الداخل بطبقة فلوريسنتية. وتحوي بداخلها على أنبوبة انفراغ مصنوعة من زجاج الكوارتز. وتتملأ بكمية من بخار الزئبق وغاز حامل مثل الأرجون. أو النيون. لون الضوء في الحبة أبيض.

يميل إلى الزرقة وله درجة حرارة بين 3800-5900 كلفن. يحتاج المصباح إلى زمن إقلاع 2-4 دقائق حتى يصل فيضه الاسمي. والمردود الضوئي لهذا النوع يتراوح بين 40-60 لومن/وات. ومتوسط العمر التشغيلي للمصباح بحدود 8000-9000 ساعة. ويحتاج المصباح إلى ملف خانق ومكثف لتحسين عامل القدرة ولا يحتاج إلى مقمع (بادئ تشغيل). وتستخدم هذه المصابيح في إنارة الشوارع والمساحات والورشات ذات السقوف العالية. وخطوط السكك الحديدية. والمطارات ومراكز البيع. وعند استخدامها في الإنارة الداخلية يجب العمل على تقليل ظاهرة الارتعاش قدر الإمكان.

- المصابيح المختلطة Blended Lamp

تحتوي على مكونات مصباح بخار الزئبق عدا المتممات وعلى مكونات المصباح المتوهج. مردودها الضوئي يتراوح بين 17-28 لومن/وات. ولون الضوء الناتج عنها أبيض دافئ. درجة حرارته 4000 كلفن. ومتوسط العمر التشغيلي لها يتراوح بين 5000-6000 ساعة. ولا تحتاج هذه المصابيح إلى متممات ولا إلى تحسين عامل القدرة. وتكثر استخداماتها في إنارة الحدائق والمنازل بديلة عن المصابيح المتوهجة.

- مصابيح الهاليد المعدني Metal Halide Lamp

المصباح على شكل حبة بيضوية بشكل أنبوبي تغطي من الداخل بمادة فوسفورية أو فلوريسنتية ناشرة للضوء تحتوي على أملاح الهاليد مع الزئبق ذي الضغط العالي. مردوده الضوئي 65-100 لومن/وات. ويصل عمره التشغيلي إلى 7500 ساعة. ويستخدم في إنارة المساحات والملاعب وعقد السير والأماكن التي تحتاج إلى مستويات إنارة عالية.

- مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط المنخفض

- Low Pressure Sodium Lamp

شكل المصباح من الخارج أنبوبي ومن الداخل على شكل U تشكل ضمن أنبوب الإقراغ حجيرات (Dimples) تحتوي على بخار الصوديوم تحت ضغط (5 نيوتن/م²). عمره التشغيلي حوالي 8000 ساعة. ومردوده الضوئي يتراوح بين

100-183 لومن/وات، ويستخدم في إنارة الشوارع والمساحات والأماكن الأثرية والمناطق التي يكثر فيها الضباب.

- مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط العالي

- High Pressure Sodium Lamp

يتألف المصباح من حيازة أنبوبية الشكل أو بيضوية من الزجاج القاسي. تغطي من الداخل بمادة فلوريسنتية ويحتوي على أنبوبة إنفراغ. تملأ بخليط من بخار الصوديوم والزنك وغاز حامل. المردود الضوئي للمصباح 70-130 لومن/وات. وعمره التشغيلي 20000-24000 ساعة. يستخدم في إنارة الأنفاق والمساحات والشوارع وأماكن تواجد الضباب.

10-1-2- المصابيح الكهربائية الموفرة للطاقة (Energy Saving Lamp)

لقد ظهرت في الأسواق أجهزة إنارة موفرة للطاقة مع حفاظها على مستوى الإنارة المطلوب. وقد تم تطويرها لتعطي أثراً ضوئياً محبباً وأهم هذه الأجهزة :

- مصابيح الفلوريسنت المدمجة :

وهي مصابيح ذات كفاءة ممتازة ويمكن أن تكون بديلاً للمصابيح المتوهجة ذات الكفاءة المنخفضة. وصممت لتكون صغيرة ووضاءة بحيث تأخذ مكان المصابيح المتوهجة دون أي تغيير. وتعمل إما بملف خائق تقليدي وإما بملف خائق إلكتروني. وتحتاج هذه المصابيح إلى حوالي ربع القدرة الكهربائية التي تحتاجها المصابيح المتوهجة التي تصدر نفس الفيض الضوئي. وتخفض هذه الحاجة إلى الخمس عند استخدام ملفات خائقة إلكترونية. وينتج العديد من أنواعها ضوءاً دافئاً وهدناً مماثلاً لما ينتجه المصباح المتوهج. ومتوسط عمرها يصل إلى 10 أضعاف عمر المصباح المتوهج. لذا سينعكس استخدامها بالفائدة على البيئة إذ إن كل مصباح يمكن أن يخفف من انبعاث ما يقرب من 600 كغ من ثاني أكسيد الكربون خلال فترة عمره. وتتوافر مصابيح الفلوريسنت المدمجة النظامية وذات الملف الخائق الإلكتروني في الأسواق بقدرات مختلفة منها 9 وات. و 11 وات. و 15 وات. و 18 وات. و 23 وات. كما

تتوافر مصابيح الفلوريسنت المدمجة بقاعدة نحيفة. لتلائم مصابيح الشمعة المتوجهة المستخدمة في الثريات التي تستخدم في غرف الاستقبال أو صالات العرض. ويقدرات مختلفة منها 6 وات. و 9 وات. و 11 وات. وهي تكافئ مصابيح الشمعة المتوجهة ذات القدرات 25 وات. و 40 وات. و 60 وات. إن الكهرباء الموفرة والعمر الأطول لمصابيح الفلوريسنت المدمجة إلى جانب تخفيض انبعاث غازات الدفينة تعد أكثر مبررات استخدامها حتى لو كانت أسعارها أعلى من المصابيح المتوجهة.

~ مصابيح الفلوريسنت الأنبوبية الموفرة للطاقة :

تتوافر مصابيح الفلوريسنت في الأسواق التجارية وفق عدة أنواع (الجدول 1-10) :

أ- مصابيح فلوريسنت أنبوبية موفرة للطاقة. قطرها 26 مم. وأطوالها مختلفة وقدراتها مختلفة.

ب- مصابيح فلوريسنت أنبوبية ذات كفاءة عالية. قطرها 8/5 إنش. وأطوالها مختلفة وقدراتها مختلفة.

ج- مصابيح فلوريسنت دائرية موفرة للطاقة قطرها الخارجي مختلف وفيها قطر الأنبوب 30 مم. وقدراتها مختلفة.

د- مصابيح فلوريسنت على شكل حرف U

هـ- مصابيح فلوريسنت مستقيمة نحيفة بقطر 16 مم أو 7 مم وتوفر 25 في المئة من الطاقة مقارنة بالطاقة المستهلكة في مصباح الفلوريسنت الموفر للطاقة بقطر 26 مم.

الجدول (10-1) بعض أنواع المصابيح الكهربائية الموفرة للطاقة المتوفرة في الأسواق

نوع المصباح	قدرة المصباح (وات)	الفيض الضوئي للمصباح (لومن)	فعالية المصباح (لومن/وات)	متوسط عمر المصباح ⁽¹⁾ (ساعة)
مصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة (شك)	9	600	75	6000
	11	900	82	6000
	18	1200	67	6000
مصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة (تولب)	11	600	54	6000
	15	900	60	12000
	18	1200	60	6000
	20	1200	60	12000
	23	1500	65	12000
مصابيح فلوريسنت مدمجة لحيفة (تولب) موفرة للطاقة نوع - Slim Line	6	200	33	6000
	9	400	44	6000
	11	600	54	6000
مصابيح فلوريسنت متأخرة TLD Standard	15	960	64	6000
	18	1150	64	6000
	36	2850	79	6000
مصابيح فلوريسنت TLD Super	15	100	66	11000
	18	1350	75	11000
	36	3350	93	11000
مصابيح فلوريسنت ⁽²⁾ ذات كفاءة عالية	14	1350	96	16000
	21	2100	100	16000
	28	2900	104	16000
	35	3650	104	16000
مصابيح بخار ذات الضغط العالي	100	10500	105	
	250	32000	128	
	400	55000	138	

المصدر: 1999-2000. Indoor and Outdoor Lighting 2001/2002 OSRAM Philips Lighting Catalogue.

- (1) متوسط عمر المصباح الذي يبدأ بعده 50 في المئة من المصابيح بالتعطيل.
- (2) جيل جديد لمصابيح الفلوريسنت الموفرة للطاقة يستخدم في المصابيح الحديثة إذ إنها لا تستبدل من مصابيح الفلوريسنت القديمة بسبب اختلاف أطوالها عنها.

10-1-3- مصابيح الإنفراغ ذات الكفاءة العالية (HID)

تتميز هذه المصابيح بإمكانيتها على توليد كمية من الضوء في غلاف صغير، مما يجعلها مناسبة للإنارة النقطية، والإنارة الصناعية، وإنارة الشوارع وتطبيقات أخرى تتطلب تركيزاً للإنارة، وهذه المصابيح لها عمر طويل وتحتاج إلى ملف خانق (Ballast) لتعمل بشكل جيد. ويوجد ثلاثة أنواع منها :

- مصابيح هاليد المعدنية المدمجة
- مصابيح بخار الصوديوم ذات الضغط العالي
- مصابيح بخار الزئبق الذي يعد أقل الأنواع كفاءة

وتقدم مصابيح هاليد المعدنية أفضل كفاءة وقدرتها بين 30 وات إلى 150 وات مصابيح مدمجة. وتتراوح كفاءتها بين 50 و 80 لومن/وات.

10-1-4- الملفات الخانقة (كابحات التيار) الموفرة للطاقة (Ballast)

تحتاج جميع مصابيح الفلوريسنت، ومصابيح الإنفراغ عالية الكثافة إلى ملفات خانقة لتعمل بشكل جيد. والملف الخانق هو أداة كهربائية تنظم الاستهلاك الكهربائي للمصباح وتستهلك بعضاً من الطاقة الكهربائية أيضاً. ويؤثر اختيار الملف الخانق على زمن بدء إشعال المصباح وتشغيله وخصائص استهلاك الطاقة الكهربائية فيه. ويتوافر في الأسواق العديد من الملفات الخانقة التي تستخدم مع كل نوع من مصابيح الفلوريسنت ومصابيح الإنفراغ ذي الكثافة العالية ومنها ما يلي:

- الملفات الخانقة الكهرومغناطيسية

يتكون الملف الخانق التقليدي من قلب حديدي وملف. ويمكن استخدام ملف خانق واحد لمصباحي فلوريسنت ويستهلك قدرة مقدارها 7 وات. ولقد تطورت صناعة هذه الملفات مما أدى إلى نقصان ضياعاتها وزيادة عمرها التشغيلي إلى حوالي 15 عاماً. ويحتاج الملف الخانق عالي الكفاءة إلى 10 في المئة من قدرة المصباح في حين يحتاج الملف الخانق التقليدي 20 في المئة .

- الملفات الخائفة الإلكترونية

تعمل الملفات الخائفة الكهرومغناطيسية عند تردد يساوي 50-60 هرتز، في حين تعمل الملفات الخائفة الإلكترونية عند تردد 25-35 كيلو هرتز. ويؤدي التشغيل عند الترددات العالية إلى تحسين أداء المصباح وارتفاع معدل قدرته وتقليل أو انعدام الارتعاش وزيادة الفيض الضوئي. إضافة إلى إمكانية استخدامه مع مصدر تيار مستمر أو متناوب. كما أنه لا يحدث طنيناً أو أزيزاً. ويستهلك الملف الخائف الإلكتروني قدرة قليلة، ويحوي على مرشح لإخماد التداخل مع أمواج الراديو ومزود ببادئ إشعال. إضافة إلى أن وزنه أقل من نصف وزن الملف الخائف الكهرومغناطيسي وتعمل الملفات الخائفة الإلكترونية بدون ضجيج (أزيز) ودرجة حرارتها أقل من الملفات الخائفة الكهرومغناطيسية العادية بس 30°س وأقل من الملفات الخائفة الكهرومغناطيسية الموفرة للطاقة بـ 12°س.

10-1-5- العواكس اللمعة

إن استخدام العواكس اللمعة يزيد من كفاءة أجهزة الإنارة النمطية بأكثر من 10 في المئة وذلك من جراء انعكاس إنارة إضافية إلى الفراغ المضاء. مما يسمح بإعادة النظر في تخفيض عدد نقاط الإنارة اللازمة من جراء ذلك.

10-2- استخدام الإنارة الموفرة للطاقة في الأبنية الحديثة

لدى تصميم الإنارة في الأبنية الحديثة يتم اختيار أجهزة الإنارة، وتوزيعها حسب طبيعة ووظيفة المكان الذي سوف تتركب فيه هذه الأجهزة. وهناك اعتبارات كثيرة في تصميم إنارة الأبنية. بعضها اعتبارات وظيفية وبعضها اعتبارات تزيينية من أجل خلق الأجواء المناسبة. إلا أن لكل بناء هويته الخاصة التي يعالج على ضوءها. إنما أهم ما يجب أخذه في الاعتبار أثناء تصميم الإنارة ما يلي :

10-2-1- شدة الإنارة

تقاس شدة الإنارة عند سطح العمل (أي السطح الأفقي على ارتفاع 85 سم فوق مستوى الأرض) وتعتمد على نوع العمل (دقيق أو عادي) وفترته. وجودة الإنتاج

السلطوية. وعمر الأشخاص الذين تصمم لهم الإنارة. إذ إن الأكبر سناً يحتاجون إلى شدة إنارة أعلى.

يبين الجدول (10-2) شدة الإنارة المقترحة في عدد من الأبنية السكنية والتجارية والصناعية إذ يمكن انطلاقاً من هذا الجدول تحديد شدة الإنارة للمكان المطلوب دراسته. ثم اختيار نوع/أنواع أجهزة الإنارة وفق ما ورد سابقاً وطرق تثبيتها وتركيبها.

10-2-2- توزيع الضوء

الغرض من ذلك الحصول على إنارة كافية مع الإحساس بالراحة وعدم الإحساس بالبهير. ويعتمد ذلك على نوع جهاز الإنارة (أي مصدر الضوء) وموضع تركيبه وطريقة تثبيته. ويختلف توزيع الضوء على طريقة الإنارة المعتمدة أي إنارة مباشرة أو غير مباشرة، أو إنارة مختلطة.

10-2-3- اختيار أجهزة الإنارة

يتم اختيار أجهزة الإنارة تبعاً لطبيعة النشاط. وفيما يلي نصائح عامة لاختيار نوع المصابيح وفقاً لنوع الإنارة وذلك لتحقيق الكفاءة الاقتصادية وكفاءة استهلاك الطاقة.

- للإنارة العامة: يفضل استخدام مصابيح فلوريسنت موفرة للطاقة مع بالاست إلكتروني عندما يكون السقف منخفضاً، وعندما يكون السقف عالياً يستخدم مصابيح HID.

- للإنارة الهادئة : يفضل استخدام مصابيح فلوريسنت مدمجة وفلوريسنت موفرة للطاقة مع بالاست إلكتروني.

- لإنارة الساحات الواسعة الداخلية أو الخارجية يستخدم مصابيح هاليد معدنية إذا كان اللون أهمية أو مصابيح بخار الصوديوم ذو الضغط العالي إذا لم يكن اللون أهمية.

- لإنارة صالات العرض والموير ماركت يستخدم مصابيح فلوريسنت موفرة للطاقة ومصابيح هاليد معدنية مع استخدام أجهزة تحكم كالموقتات الزمنية. أو حساسات الإشغال.

- لإضاءة أبنية المؤسسات والخدمات يستخدم مصابيح فلوريسنت موفرة للطاقة. ومصابيح فلوريسنت مدمجة أو مصابيح HID حسبما هو مناسب. مع استخدام أجهزة تحكم ذات مؤقتات زمنية أو حساسات الإشغال (Occupancy Sensor) لكل القاعات. ما عدا غرف التجهيزات الميكانيكية.

إن مصابيح HID غير مناسبة لصالات الخدمات حيث يجب أن تتم الإضاءة أو إعادة الإضاءة بسرعة. ومن المهم توزيع أجهزة الإضاءة في المكان المراد إنارته توزيعاً سليماً لتحقيق كفاءة عالية للإضاءة. إذ يفضل أن تكون المسافة بين نقطة الإضاءة والجدار بمقدار نصف المسافة بين نقطتي إنارة متجاورتين. التي تساوي عادة المسافة بين نقطة تعليق جهاز الإضاءة وسطح مكان العمل.

الجدول (2-10): شدة الإضاءة المقترحة في الأبنية السكنية والتجارية والصناعية (لوكس)

شدة الإضاءة (لوكس)	نوع الأبنية	شدة الإضاءة (لوكس)	نوع الأبنية	
	المكاتب		الأبنية السكنية	
500	مكاتب عامة، مكاتب نسخ، غرف حاسبات	200-500	- غرف النوم - الحمامات	الأبنية السكنية والتجارية
750	مكاتب عامة مخططات دقيقة، مكاتب رسم	100	- الحديقة، والمايكاج	
500	... قاعات محاضرات	500	- غرف الجلوس العامة	
		100	- غرف جلوس للقراءة والحديقة	
		500	... المطبخ	
		300	المطبخ (مكان العمل)	
		500		
	المستشفيات			
150	أماكن عامة			
750	- أماكن العمل، وأماكن استعراض العمليات			
20000	- غرف العمليات			

المحلات، المخازن، محلات العرض	الغلاف		
300 500 750 500	- قاعات الاستقبال، أماكن التزيين - المطاعم، غرف النوم - المطبخ - باقي الأماكن	300 200 500 150	
الأبنية العامة	المدارس		
50 150 100 200 300-15	- غرف الصف، مدرجات المتحاضرات - المخابر، المكتبات، غرف القراءة - السبورة - صالة العرض	300 500 500 150	
مصانع بخ الدهانات	مصانع الجلد		
300 500 750 1000	- صالة النباغة - صالة النحضر/التلميع - صالة تجهيزات الخياطة	300 750 1000	الأبنية الصناعية
أعمال الطباعة	مصانع الحديد والصلب		
500 750 1000 500	- صالة الإنتاج الأكي - صالة الإنتاج الموقت - صالة الإنتاج الدائم - صالة التحكم والاختيار والمراقبة	100 150 300 500	

	مصانع المنسوجات		مصانع الملابس	
150	- صالات خلط وتصنيف البالات	750	- صالة الخياطة	
500	- صالات للغزل (الرسم واللف على البكرات)	1000	- صالة الفحص والمراقبة	
1000	- صالات الخياطة والنقش	500	- صالة الكوي	
	محطات القدرة الكهربائية		ورش النجارة والمفروشات	
150	- صالات المراحل.	300-200	- طاولة التفصيل	
	صالة التوربينات	500-200	- طاولة التجميع	
350	- صالة التحكم الصغيرة	750-500	- طاولة الإنهاءات	
500	- صالة التحكم الكبيرة			

المصادر: High Energy Efficiency, Energy Conservation and Efficiency Project Program Tabbin Institute for Metallurgical Studies; Egypt, 1990 وكاميليا يوسف محمد. "الإضاءة وتوفير الطاقة" - شركة توزيع كهرباء الإسكندرية. جمهورية مصر العربية (الطبعة الثالثة 2001).

10-3-3 تحسين كفاءة طاقة الإنارة في الأبنية القائمة

10-3-3-1 تدقيق طاقة الإنارة

إن أول خطوة لتحسين كفاءة طاقة الإنارة في الأبنية القائمة هي إجراء تدقيق لطاقة الإنارة وذلك بهدف تحديد مجالات وفر الطاقة الممكنة فيها، ويتضمن تدقيق طاقة الإنارة، إجراء مسح للإنارة (عدد نقاط الإنارة وقياس مستوياتها). وإجراء موازنات الطاقة. ومقارنة ذلك مع المعايير القياسية. ثم تحديد الوفرة في طاقة الإنارة ووضع التوصيات اللازمة لذلك، ويؤدي تنفيذ توصيات تدقيق طاقة الإنارة إلى تحقيق الوفرة في الطاقة والمال، وتحسين وضع الإنارة، وجو المكان أو العمل وزيادة الإنتاجية في الأبنية التجارية والإدارية والصناعية.

وتتوافر فرص جيدة لتحقيق الوفرة في استهلاك الطاقة في الأبنية القائمة في الدول العربية من خلال إجراء تدقيق لطاقة الإنارة في هذه الأبنية. إذ إن نسبة كبيرة من

الأبنية القائمة قديمة. وقد تم تصميم نظم الإنارة فيها بأيد غير أخصائية. وعندما كانت أسعار الطاقة المستخدمة في الإنارة رخيصة. كما استخدمت فيها مصابيح إنارة رخيصة وغير كفوءة. وقام العمال الكهربائيون بتنفيذ معظمها دون سخططات مدروسة للإنارة. كما يمكن أن يكون تدقيق طاقة الإنارة بسيطاً (كما في المساكن العادية) أو معقداً حسب طبيعة البناء واستخدامه. كما يمكن أن يتم التدقيق من قبل صاحب البناء نفسه أو من قبل أخصائيين ويشمل الخطوات التالية:

- دراسة الفواتير السابقة للإنارة :

بهدف حساب الكلفة السنوية المصروفة على الإنارة في البناء (أو الممكن) مما يعطي مؤشراً حول ما يجب بذله من جهود لتحسين كفاءة طاقة الإنارة. وعند عدم توافر الفواتير الخاصة بالإنارة. يتم تقدير ذلك بافتراض أن طاقة الإنارة تمثل 30-40 في المئة من الطاقة الكهربائية المستهلكة في الأبنية التي فيها تكييف. و 50-70 في المئة في الأبنية التي لا تكييف فيها. مع الإحاطة بأن هذه نسب عامة يجب التأكد منها على الواقع عند إجراء المسح.

- إجراء مسح للإنارة : يشمل

- أ- نوع الغرف والمساحات. والأبعاد. والاستخدام الأساسي لها.
- ب- عدد نقاط الإنارة ونوع الأجهزة وطريقة تثبيتها (عدد المصابيح في كل نقطة. وقدرة كل مصباح ونوع الملفات الخازنة المستخدمة).
- ج- قياس مستوى شدة الإنارة.
- د- معرفة عدد ساعات العمل السنوية.
- هـ- تفحص الوضع الراهن لأجهزة الإنارة (نظافة المصابيح. والعاكس. وعدد المصابيح المحروقة) واستيضاح طريقة التحكم بالإنارة. ومواقع المفاتيح وعدد نقاط الإنارة المتصلة مع كل مفتاح. ومن يقوم بالإضاءة والإطفاء.

و - أخيراً القياسات الكهربائية التي تشمل القيمة الأتية للتوتر والتيار، وعامل القدرة الكهربائية والقدرة الكهربائية الفعلية (Kw) . والطاقة الكهربائية المستهلكة (Kwh) خلال فترة محددة من الزمن.

- إجراء موازنة لطاقة الإنارة :

وذلك بحساب الاستهلاك السنوي بحيث يتوافق المجموع السنوي الناتج مع المجموع السنوي لاستهلاك الإنارة الذي تم تقديره سابقاً، بفارق 10-15 في المئة فقط.

- تحديد فرص ترشيد طاقة الإنارة : ويتم ذلك إما

أ- بتعديل مستوى شدة الإنارة بعد قياسها، ومقارنة ذلك مع شدة الإنارة المطلوبة مع الإفادة من ضوء النهار المتوافر،

ب- بتخفيض ساعات عمل أجهزة الإنارة: اعتماداً على موازنة الطاقة والحاجات المحددة.

ج- بتحسين مستوى التحكم بإضاءة أجهزة الإنارة وإطفائها.

د- استبدال أجهزة الإنارة العادية بأجهزة إنارة موفرة للطاقة، واستخدام عواكس لامعة وملفات خائقة كفاءة.

يتم بعد ذلك تحديد أولويات الإجراءات اللازمة، وإجراء حسابات مبدئية للتكلفة والوفور لكل أولوية تم وضع رؤية واضحة لخطوات التنفيذ.

- إجراء تحليل للتكلفة وتحديد فترة استرداد رأس المال :

يمكن لفرص وفر استهلاك الطاقة التي تم تحديدها أعلاه أن تكون جذابة إذا قدمت عائداً مفيداً للاستثمارات المطلوبة. إذ يجب تحديد التكلفة الإجمالية والوفور السنوي الإجمالي وتحديد فترة استرداد رأس المال التي تمثل حاصل قسمة التكلفة الإجمالية على الوفر الإجمالي السنوي.

- التقرير والتوصيات :

اعتماداً على النتائج والتكاليف وفترة استرداد رأس المال، يتم وضع تقرير لفرص ترشيد الطاقة في الإنارة التي تم تدقيقها بحيث يتضمن وصفاً للمشروع، والوفور الذي

يمكن تحقيقه، وتقديراً لتكاليف التنفيذ، وتقييم الأخطار التي يمكن أن تصادف أثناء التنفيذ، إضافة إلى التوصيات والاقتراحات.

10-3-2 تنفيذ التوصيات

لا قيمة لتدقيق طاقة الإنارة ما لم يتم تنفيذ توصياتها واقتراحاتها، ومن المهم الأخذ بعين الاعتبار مشاكل التنفيذ، ويفضل عادة الاعتماد على الكادر المحلي في تنفيذ الأعمال التي أوصى بها تقرير تدقيق الطاقة، مع الاستعانة باختصاصيين لتركيبة التجهيزات المعقدة والإلكترونية الدقيقة، مما يتيح إجراء الصيانة والمتابعة من قبل نفس الكادر أثناء التشغيل.

10-3-3 إدارة طاقة الإنارة

إن تدقيق طاقة الإنارة يحدد المشاكل ويقترح الحلول، وإن تنفيذ هذه المقترحات يجب أن يحقق وفراً مباشراً في استهلاك الطاقة، وإدارة الطاقة هي التي تؤكد تحقيق هذا الوفرة في الاستهلاك من خلال برنامج لإدارة الطاقة في البناء أو المنشأة يتضمن :
- المراقبة Monitoring التي تتم بشكل شهري لاستهلاك الطاقة الكهربائية في الإنارة.
- وضع برنامج محدد للصيانة Maintenance بإجراء التغيير المنتظم للمصابيح المحروقة، والتنظيف المنتظم لأجهزة الإنارة وتوافر المصابيح اللازمة للغيار، وقطع الغيار المناسبة.

- الاستفادة من التطور الحديث في نوعية وكفاءة أجهزة الإنارة والعمل على استخدامها.

10-4-1 اقتصاديات الإنارة (Lighting Economics)

من أجل تقييم وتوضيح أهمية استخدام أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة للمستهلك وإظهار جاذبية ذلك يجب أن تكون الطريقة المستخدمة :

- بسيطة نسبياً وسهلة الحساب.
- أن تكون سريعة الفائدة بالمقارنة مع فرص الاستثمارات الأخرى أمام المستثمر.
- أن تأخذ بالاعتبار حساب الفرق في عمر التجهيزات، خاصة عند تغيير أجهزة الإنارة القديمة قصيرة العمر بأجهزة حديثة طويلة العمر.

تعتمد طريقة تحديد الأهمية الاقتصادية لمشاريع تغيير أجهزة الإنارة العادية بأجهزة موفرة للطاقة على فترة استرداد رأس المال Payback Period وما دامت هذه الفترة قصيرة لمعظم هذه المشاريع فليس هناك ضرورة لإجراء تحليل مفصل للكلفة مثل إجراء حساب القيمة الصافية الحالية. أو حسابات معدل العائد الداخلي Internal Return (IRR). كما أن الجانب المهم من اقتصاد الإنارة هو العلاقة بين الكلفة التأسيسية (السعر وأجور التركيب) وكلفة التشغيل (نمن الطاقة والصيانة). ومع أن الكلفة التأسيسية للمصابيح الموفرة للطاقة عالية إلا أن كلفة التشغيل منخفضة، ما يؤدي إلى فترة قصيرة لاسترداد رأس المال وبالتالي إلى عائد اقتصادي جيد.

ولا بد من الإشارة إلى تأثير الإنارة على حمل التهوئة والتكييف إذ يصاحب تشغيل مصابيح الإنارة إصدار كمية من الحرارة تعتمد على قدرة هذه المصابيح. وتحسب القدرة المستهلكة في الحرارة المحسوبة للمصباح بضرب إجمالي قدرة نقاط الإنارة بعامل الانتفاع (النسبة بين قدرة نقاط الإنارة المضاعة والقدرة الكلية لنقاط الإنارة في المنزل أو البناء أو المنشأة) ثم بعامل حمل التبريد (ويساوي 1 إذا كانت فترة الإنارة 10 ساعات في اليوم أو إذا كان نظام التكييف يعمل خلال فترة الإنارة. أو يساوي بين 0,5 و 0,8 إذا كان غير ذلك).

10-5- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة الأبنية السكنية

10-5-1- تغيير مصابيح الإنارة العادية بمصابيح موفرة للطاقة

يبين الجدول (10-3) أمثلة للوفر المحقق من جراء تغيير مصابيح الإنارة العادية بمصابيح موفرة للطاقة. بفرض أن عدد ساعات التشغيل السنوية 2500 ساعة وأن تعرفه الكهرباء 5 سنت/ك.و.س. يتضح أن فترة استرداد رأس المال تتراوح بين أقل من سنتين ونصف. عند استبدال مصباح بخار زئبق 250 وات قدرته الفعلية 288 وات بمصباح بخار صوديوم ضغط منخفض 90 وات قدرته الفعلية 106 وات. ويحتود نصف سنة عند استبدال 10 مصابيح متوهجة 200 وات بـ 14 مصباح فلوريسنت أنبوبي موفر للطاقة قدرته الفعلية 44 وات. وتساوي سنة عند استبدال 10

مصباحين متوهجين 200 وات بمصباح بخار صوديوم ضغط عالي 70 وات قدرته الفعالية 85 وات. وتساوي سنة وخمسة شهور عند استبدال مصباح متوهج 60 وات بمصباح فلوريسنت منمج 15 وات عمره ثلاث سنوات.

الجدول (3-10): أمثلة للوفر المحقق من جراء تغير المصابيح العادية بمصابيح موفرة للطاقة (عدد ساعات العمل السنوية 2500 ساعة. وكلفة الكهرباء 5 سنت/ك.و.س.)

عدد المصابيح الحالية	نوع وكفاءة المصباح الحالي	كفاءة المصابيح (الومن)	نوع وكفاءة المصباح الجديد	كفاءة المصابيح (الومن)	مدة المصباح الجديدة (ساعات)	عدد المصابيح الجديدة	مقدار توفير الطاقة (ك.و.س.)	توفير مالي سنوي (ل.ل.س.)	فترة استرداد راس المال (سنة)
1	متوهج 60	920	فلوريسنت 15 وات	900	8	1	112.5	62.5	1.42
10	متوهج 200	3450	فلوريسنت 44 وات	2500	6	14	3460	173	0.49
2	متوهج 200	3450	بخار صوديوم ضغط عالي 70 وات	6000	48	1	787.5	39.4	1.81
2	زئبق ممتلئ	5500	بخار صوديوم ضغط عالي 150 وات	1350	57	1	812.5	40.63	1.4
3	زئبق ممتلئ	3100	بخار صوديوم ضغط عالي 35 وات	4800	32	2	985	49.25	1.3
1	زئبق ممتلئ 250	11750	بخار صوديوم ضغط عالي 106 وات	1350	57	1	455	32.75	2.5

(1) و (2) مصباح بخار الصوديوم ضغط عالي يعطي فيضاً شديداً يعادل مصباحين متوهجين تقريباً وأكثر من مصباحين زئبق مختلف.

10-5-2- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة شقة سكنية

تتكون هذه الشقة من ثلاث غرف للنوم وغرفة جلوس وغرفة استقبال (صالون للضيوف) وغرفة طعام ومطبخ وحمامين وموزع (ممر)، ويتوافر خياران لإنارة هذه الشقة السكنية النموذجية. يستخدم في أحدهما المصابيح المتوهجة وفي الثاني مصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة وفق الجدول (10-4) ما يلي:

الجدول (10-4) خيارات إنارة شقة سكنية

نوع الغرفة	الخيار الأول	الخيار الثاني
كل من غرفة الاستقبال وغرفة الطعام	ثريا ذات خمس مصابيح شمعة نحيفة متوهجة 60 وات	ثريا ذات خمس مصابيح موفرة للطاقة نحيفة 11 وات
كل من غرف النوم وغرفة الجلوس والمطبخ	مصباح متوهج 100 وات	مصباح فلوريسنت مدمج موفر للطاقة 18 وات
في كل حمام	مصباح متوهج 75 وات	مصباح فلوريسنت مدمج موفر للطاقة 14 وات
في الممر (الموزع)	مصباح متوهج 60 وات	مصباح فلوريسنت مدمج موفر للطاقة 11 وات

افترض أن فترة العمل اليومي للإنارة 4 ساعات في كل من غرفة الاستقبال والطعام، و 6 ساعات في غرفة الجلوس، و 3 ساعات في كل من غرف النوم والحمامات، و 8 ساعات في الموزع (الممر)، وأن فترة المقارنة للخيارين 4 سنوات، وأن تعرفة الكهرباء المطبقة هي 5 سنت/ك.و.س، فتبين أن مجموع كلف إنارة هذه الشقة السكنية خلال فترة المقارنة 444,12 دولاراً في الخيار الأول، و 275 دولاراً في الخيار الثاني الموفر للطاقة، مما يعني أن وفراً مالياً يساوي 187,12 دولاراً. أي تتخفض الكلفة إلى 57,9 في المئة، من قيمتها. ونسبة الوفر 42,13 في المئة. إضافة إلى أن العطاسة

الكهربائية الموفرة سنوياً تساوي 1627 ك.و.س/سنة وتمثل 82 في المئة من طاقة الإنارة اللازمة في الخيار الأول كما يتضح ذلك من الجدول (5-10).

الجدول (5-10) يوفر المحقق في طاقة إنارة شقة سكنية ذات ثلاث غرف باستخدام

أجهزة إنارة موفرة للطاقة

الخيار الأول	الخيار الثاني	
1982	355	كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة سنوياً ك.و.س/سنة
7928	1420	كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة خلال فترة المقارنة (ك.و.س.)
396	71	أ- كلفة الطاقة الكهربائية خلال فترة المقارنة (دولار)
7,64	168	ب- الكلفة الأساسية (ثمن المصابيح) (دولار)
40,48	18	ج- كلفة تغيير المصابيح خلال فترة المقارنة (دولار)
444,12	275	مجموع التكاليف (دولار)
187,12		الوفر المحقق خلال أربع سنوات (دولار)
6508		كمية الطاقة الكهربائية الموفرة خلال فترة المقارنة

3-5-10 دراسة مقارنة لترشيد طاقة الإنارة في الأبنية السكنية

تعرض هذه الدراسة ستة نماذج لوحدة سكنية : النموذجان الأول والثاني هما نموذجان لوحدة سكنية شعبية، والنموذجان الثالث والرابع هما نموذجان لوحدة سكنية طباقية عالية الجودة. والنموذجان الخامس والسادس هما نموذجان لسكن إفرادي عالي الجودة (فيلات).

يتكون النموذج الأول من غرفة نوم وصالون ومطبخ وحمام وموزع.
ويتكون النموذج الثاني من غرفتي نوم وصالون ومطبخ وحمام وموزع.
والنموذج الثالث من غرفتي نوم وصالون وغرفة طعام ومطبخ وحمامين وموزع.
والنموذج الرابع من غرفتي نوم وغرفة جلوس وصالون وغرفة طعام ومطبخ
وحمامين وموزع. والنموذج الخامس من ثلاث غرف نوم وغرفة جلوس وصالونين
وغرفة طعام ومطبخ وحمامين وموزع.
والنموذج السادس من أربع غرف نوم وغرفة جلوس وصالونين وغرفة طعام ومطبخ
و3 حمامات وموزع.

تعتمد هذه الدراسة نوعين من الإنارة: النوع الأول يعتمد الإنارة العادية ويستخدم فيه
مصابيح إنارة متوهجة في غرف النوم والجلوس والمطبخ والحمامات والموزع. في
حين يستخدم مصابيح شمعة متوهجة في الصالونات وغرف الطعام. العمر التشغيلي
لهذه المصابيح 1000 ساعة. ويعتمد النوع الثاني الإنارة الموفرة للطاقة حيث يستخدم
مصابيح فلوريسنت مدمجة بدلاً من المصابيح المتوهجة. ومصابيح فلوريسنت نحيفة
مدمجة بدلاً من مصابيح الشمعة المتوهجة. والعمر التشغيلي لهذه المصابيح 6000-
7000 ساعة. واستخدم في السكن الشعبي مصابيح متوهجة 75 وات لغرف النوم
والمطبخ، و 60 وات للحمام والممر و 5 مصابيح شمعة متوهجة 40 وات في الصالون.
يقابلها مصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة 14 وات، و 11 وات. و 5 مصابيح
فلوريسنت نحيفة مدمجة موفرة للطاقة 11 وات على الترتيب.

واستخدم في السكن عالي الجودة الطائفي أو الإفرادي (فيلات). مصابيح متوهجة
100 وات لغرف النوم والمطبخ و 75 وات للحمام، و 60 وات للموزع. و 5 مصابيح
شمعة متوهجة 60 وات في الصالونات وغرف الطعام يقابلها مصابيح فلوريسنت
مدمجة 18 وات، و 14 وات و 11 وات ومصابيح فلوريسنت نحيفة مدمجة 11 وات
على الترتيب. وافترض أن تكلفة المصباح المتوهج 33,0 دولار. ومصباح الشمعة
المتوهج 0,5 دولار، ومصباح الفلوريسنت المدمج 6 دولارات. ومصباح الفلوريسنت

النحيف المدمج 12 دولار. وإن فترة المقارنة 4 سنوات. وإن تعرفه الكهرباء هي 5 سنت أمريكي/ك.و.س.

يوضح الجدول (6-10) نتائج مقارنة الإنارة العادية والإنارة الموفرة للطاقة في نماذج السكن الستة. إذ يتبين أن الوفرة السنوي لاستهلاك طاقة الإنارة الكهربائية. باستخدام أجهزة إنارة موفرة للطاقة تساوي 77,6 و 78,1 في المئة في نماذج أبنية السكن الشعبي. و 81,7 في نماذج أبنية السكن عالي الجودة ونماذج السكن الإفرادي عالي الجودة. وأن الوفرة المحقق في إجمالي التكاليف خلال فترة المقارنة (4 سنوات) تساوي 30,2 و 31,5 في المئة في أبنية السكن الشعبي. و 40,5 و 42,3 في المئة في نماذج السكن عالي الجودة. و 35,6 و 42,1 في المئة في نماذج السكن الإفرادي (فيلايت). وإن فترة استرداد كلف التأسيس تساوي 28 و 27,3 شهراً في نماذج السكن الشعبي. وتساوي 23,4 و 22 شهراً تقريباً في نماذج السكن الطائفي عالي الجودة. وتساوي 26 و 22,44 شهراً في الأبنية الإفرادية عالية الجودة.

الجدول (6-10) نتائج مقارنة الإنارة العادية الموفرة للطاقة في نماذج السكن الشعبي والسكن الطائفي عالي الجودة والسكن الإفرادي عالي الجودة (فيلايت)

نوع تشييد السكنية	النموذج الأول		النموذج الثاني		النموذج الثالث		النموذج الرابع		النموذج الخامس		النموذج السادس	
	نموذج عادي	نموذج موفرة	نموذج عادي	نموذج موفرة	نموذج عادي	نموذج موفرة	نموذج عادي	نموذج موفرة	نموذج عادي	نموذج موفرة	نموذج عادي	نموذج موفرة
1- فترة الأثر (أرث)	478	105	545	119	1110	103	1210	221	1640	294	1785	326
2- متوسط ساعات عمل السنوي (ساعة)	1752	1752	1643	1643	1551	1551	1622	1622	1560	1560	1408	1408
3- الطاقة الكهربائية سنوية المستهلكة (ك.و.س.)	832	184	895	196	1722	315	1063	385	2512	459	2656	485
4- وفرة في استهلاك الطاقة %	77,6		78,1		81,7		81,8		81,7		81,7	
5- الطاقة المستهلكة خلال فترة المقارنة (ك.و.س.)	3292	736	3580	784	6886	1260	7851	1432	10048	1836	10624	1940

6 - مقدار توفير في الطاقة المستهلكة	2556		2796	5020	6420	8212	4944		
7 - نسبة التوفير (%)	3,82	84	4,15	90	6,98	356	7,31	168	240
8 - تكلفة توفير لمصابيح خلال فترة الدراسة (دولار)	32,71	12	23,06	12	16,88	42	30,52	28	40,34
9 - تكلفة الطاقة المستهلكة خلال فترة الدراسة (دولار)	161,16	16,8	179	39,2	348,3	63	392,6	71,6	502,4
10 - مجموع التكاليف (7+8+9)	193,86	132,8	206,31	148,2	388,2	233	439,43	253,6	555,88
11 - نسبة توفير المعدل في التكاليف خلال فترة الدراسة %	30,2		31,5		40,5		42,1		38,6
12 - فترة استرداد رأس المال (سنة)	2,33		18,2		1,96		3,83		2,17
(متوسط)	28		17,2		23,4		21,95		26,04
									22,44

(12) حسب فترة استرداد رأس المال بتضمين فرق التكلفة التأسيسية على إجمالي التوفير بالسنة (توفير استهلاك الطاقة وتوفير استبدال مصابيح الإنارة خلال السنة).

6-10- تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة الأبنية التجارية

تستهلك الإنارة في الأبنية التجارية ما بين 40 و 50 في المئة من الطاقة الكهربائية المستهلكة فيها. وأن معظم هذه الإنارة فائضة وتؤدي إلى ارتفاع الحرارة في المكان المنار. وبالتالي زيادة طاقة التكييف وارتفاع فاتورة الكهرباء إضافة إلى تلوث الهواء. ويمكن توفير كميات كبيرة من الطاقة في الأماكن التي فيها إنارة فائضة. وذلك بالتحويل من أجهزة الإنارة ذات مصابيح الفلوريسنت المعيارية إلى أجهزة ذات كفاءة عالية. إضافة إلى استخدام عواكس خاصة. تركيب للإفادة من توزيع الإنارة الناتجة من جهاز الإنارة بشكل أفضل.

تتار عادة، معظم الواجهات في المحلات التجارية بمصابيح إنارة نقطية متوهجة قدرة كل منها 150 وات. في حين يمكن استخدام المصابيح الهالوجينية منخفضة الطاقة والوضاءة، إذ إن استخدام مصباح هالوجين بقدرة 60 وات بدلاً من المصباح المتوهج السابق 150 وات يؤدي إلى وفر مقداره 60 في المئة. ومع أن المصباح الهالوجيني مكلف أكثر من المصباح المتوهج إلا أن عمره ضعف عمر المتوهج ويوفر أكثر من قيمته من خلال انخفاض فاتورة الطاقة. فإذا قامت آلاف الأبنية التجارية باستخدام أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة سيؤدي إلى خفض طاقة الإنارة بشكل كبير، فمثلاً قام أحد المراكز الطبية باستبدال أجهزة الإنارة ذات مصابيح الفلوريسنت العادية مع بالاست كهرومغناطيسي بأجهزة إنارة فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة وأجهزة إنارة ذات عواكس جديدة ومصابيح فلوريسنت موفرة للطاقة وبالاست إلكتروني، مما أدى إلى خفض فاتورة الإنارة إلى النصف محققاً عائداً سنوياً مقداره 45 في المئة على الاستثمارات المستخدمة في عملية الاستبدال.

إضافة إلى ما تقدم هناك فوائد جمة من جراء استخدام أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة في الأبنية التجارية فهي تخفض من الوهج (البهير) الذي يؤثر على عيون العاملين ويخفض إنتاجيتهم. كما أن استخدام الملفات الخائقة (البالاست) الإلكترونية يحسن من أداء جهاز الإنارة فلا ينتج وميضاً أو رعشات (no flicker) ولا ضجيجاً (no hum) كما أن مصابيح الفلوريسنت الرفيعة الموفرة للطاقة تنتج ضوءاً طبيعياً أكثر. مما يزيد من إمكانية وضوح الواجهات التجارية. إضافة إلى الآثار البيئية الإيجابية الناتجة من تخفيض كمية الطاقة الكهربائية المستهلكة.

10-7 حراسة حالة تحسين كفاءة استخدام الطاقة في إنارة مجمع تجاري بشكل عام
يتكون المجمع التجاري من ثلاثة طوابق : طابق أرضي فيه مدخل رئيسي وطابق أول وطابق ثاني مساحته بحدود 6000 م² ويحتوي على أقسام: للألبسة الجاهزة، والأدوات المنزلية. والألبسة الداخلية، والألعاب، والمفروشات إضافة إلى سوبر ماركت. يستخدم في كل من المدخل الرئيسي وكل طابق من الطوابق الثلاثة ثريات كبيرة (نجفات).

ويستخدم للإضاءة مصابيح متوهجة، ومصابيح فلوريسنت ذات ملفات خائقة (كابحات تيار Ballasts) كهرومغناطيسية، ومصابيح بخار الصوديوم.

10-7-1 تجهيزات الإضاءة المستخدمة في المجمع التجاري :

تستخدم في الإضاءة المصابيح الكهربائية التالية :

مصباح	مصباح متوهجة بقدرة 100 وات
مصباح	مصباح فلوريسنت 18 وات
700 مصباح 3× طوابق	2100 مصباح
مصباح شمع متوهجة (Candle Lamps) للثريات 40 وات	
3×100 طوابق	300 مصباح
مصباح بخار صوديوم 250 وات	10 مصباح
العمر التشغيلي للمصابيح المتوهجة ومصباح الشمعة	1000 ساعة وسطيا
الفيض الضوئي من مصباح الإضاءة المتوهج 100 وات	1360 لومن
فعالية مصباح الشمعة المتوهج	13,6 لومن/وات
الفيض الضوئي من مصباح الشمعة المتوهج 40 وات	720 لومن -
فعالية مصباح الشمعة المتوهج	12,2 لومن/ وات
إجمالي القدرة الكهربائية للإضاءة	72,3 ك.و.

10-7-2 فرص ترشيد استهلاك طاقة الإضاءة في المجمع التجاري :

(أ) يمكن تحقيق ترشيد في استهلاك الطاقة في إضاءة المجمع التجاري من خلال استبدال أجهزة الإضاءة : ويتم ذلك باستبدال مصابيح الإضاءة المتوهجة بمصابيح إنارة موفرة للطاقة (مصابيح فلوريسنت مدمجة) واستخدام عواكس مناسبة. وكذلك استبدال الملفات الخائقة (كابحات التيار) الكهرومغناطيسية بملفات خائقة إلكترونية ذات تردد عال. لقد افترض أن عدد ساعات العمل اليومي في المجمع 10 ساعات، وأن عدد أيام العمل السنوية 313 يوما، وأن تعريفة الكهرباء المطبقة 5 سنت/ك.و.س.

يوضح الجدول (10-7) إمكانية ترشيح استهلاك الطاقة بتبديل مصابيح الإنارة في المجمع التجاري. إذ يتضح أن تبديل مصابيح الإنارة المتوهجة ومصابيح الفلوريسنت العادية بمصابيح فلوريسنت مدمجة ومصابيح فلوريسنت حديثة موفرة للطاقة تحقق وفراً كبيراً في استهلاك الطاقة، فبعد أن كان استهلاك الطاقة في الإنارة 218474 ك.و.س/ سنوياً، أصبح 102664 ك.و.س. أي تم تحقيق وفر مقداره 115810 ك.و.س/ سنوياً، أي ما نسبته 53 في المئة مما كان عليه الاستهلاك قبل تبديل المصابيح. وتختلف فترة استرداد رأس المال المستثمر في المصابيح الجديدة حسب نوع المصباح الحالي والمصباح الجديد المقترح.

إذ تبين أن فترة استرداد رأس المال لدى تغيير المصابيح المتوهجة التي قدرته 100 وات بأخرى فلوريسنت مدمجة قدرتها 23 وات تساوي 10 أشهر (أي أقل من سنة). في حين تصبح فترة استرداد رأس المال 3 سنوات لدى تغيير مصابيح الشمعة المتوهجة 40 وات بمصابيح فلوريسنت مدمجة 15 وات. وتصبح فترة استرداد رأس المال 4,5 سنوات ولدى تغيير مصابيح الفلوريسنت العادية التي قدرتها 18 وات بمصابيح فلوريسنت ذات كفاءة عالية قدرتها 14 وات. إلا إذا عد المشروع متكافئاً يكون الوفر المحقق من توفير الطاقة الكهربائية في الإنارة يساوي 5397 دولاراً في السنة وأن إجمالي تكاليف المصابيح الجديدة المطلوب تغييرها يساوي 11465 دولاراً تكون فترة استرداد هذا المبلغ أكثر من سنتين بقليل.

الجدول (7-10) ترشيح استهلاك الطاقة بتعديل مصابيح الإنارة العادية في المجموع

التجاري بمصابيح موفرة للطاقة

المصابيح العالية	المصابيح الجديدة	المصابيح الحالية	المصابيح الجديدة	المصابيح الحالية	المصابيح الجديدة	المصابيح العالية
مصباح متوهجة	مصباح فلوريسنت متوهجة	مصباح شعاع متوهجة نخيفة	مصباح فلوريسنت نخيفة متوهجة	مصباح فلوريسنت متوهجة	مصباح فلوريسنت ذات كفاءة عالية	التوقع
200	180	300	240	2100	1790	1- العدد
100	23	40	15	18	14	2- القدرة (وات)
1360	1500	720	900	1150	1350	3- الفيض الضوئي (لومن)
13,6	65	12,2	60	64	96	4- الكفاءة (لومن/وات)
1000	12000	1000	6000	5000	16000	5- العمر التشغيلي
62600	12958	37560	11286	118314	78438	6- الطاقة المستهلكة سنوياً (ك.و.س. ساعة)
240000	49680	144000	43200	604800	40048	7- الطاقة المستهلكة خلال لفترة المقارنة (ك.و.س.)
12000	2484	7200	2160	30240	20048	8- كلفة الطاقة المستهلكة (دولار)
0,3	10,25	0,3	10,25	0,8	4	9- كلفة المصباح (دولار)
200×12	180×1	300×6	240×1	2100×3	1790×1	10- عدد المصابيح اللازمة للفترة المقارنة (دولار)
720	1845	540	2460	5040	7160	11- كلفة المصباح المثبتة (دولار)
12720	4329	7740	4620	35280	27200	12- إجمالي التكلفة (دولار) (10+7)
8391	3120	8080	13- توفير المحقق خلال فترة المقارنة (دولار)			
2189	814	1580	14- التوفير السنوي (دولار)			
0,84 سنة - 10 أشهر	3 سنوات	4,5 سنوات	15- فترة استرداد رأس المال (10-13)			

(أ) اعتماد عدد المصابيح الجديدة لإعطي نفس الفيض الضوئي الذي تعطيه المصابيح

القديمة زيادة أم نقصاناً حسب مواصفة المصابيح الجديدة.

(5) تعطي الشركة الصانعة العمر التشغيلي للمصباح للفترة التي تبدأ بعدها نسبة 50 في المئة من المصابيح بالانتهاء مما يعني أن 50 في المئة من المصابيح يمكن أن تستمر لفترة أطول من العمر المقترح وهذا يعتمد على عدد مرات استعمال المصباح وفترة استمرار الاشتغال.

(6) اعتمدت فترة المقارنة وهي مدة العمر التشغيلي للمصباح الحديث.

(7) افترض أن سعر الكهرباء = 5 سنت/ك.و.س. وسوف يتم الحساب فيما بعد وفق التعرف الكهربائي في كل دولة.

(13) بحسب الوفرة السنوي بتقسيم الوفرة المحقق على عدد أيام عمل المصباح (العمر التشغيلي ÷ 10 ساعات في اليوم. ثم ضرب النتيجة بـ عدد أيام العمل السنوي 313 يوماً.

(ب) استخدام ملفات خانقة (كابحات تيار) الكترونية لمصابيح الفلوريسنت الموفرة للطاقة : إن استخدام ملفات خانقة الكترونية لمصابيح الفلوريسنت يؤدي إلى تحسين عوامل القدرة وتقليل التوافقية الكلية بنسبة 20 في المئة مما يحقق وفراً في استهلاك الطاقة. ففي المثال السابق تصبح القدرة الفعلية لمصباح الفلوريسنت 25 وات مع الملف الخائق الالكتروميغناطيسي (18 وات للمصباح و 7 وات للملف الخائق) وتصبح مع الملف الخائق الالكتروني 18 وات (16,25 وات للمصباح و 1,75 للملف الخائق). فإذا علمنا أن كل ملف خائق الكتروميغناطيسي يعمل مع مصباحي فلوريسنت. وأن الملف الخائق الالكتروني يعمل مع أربعة مصابيح فلوريسنت وأن عدد المصابيح 2100 مصباح لكان عدد الملفات الخانقة الالكترونية 525 ملفاً كلفتها 6825 دولاراً (17 دولاراً للملف الخائق). وبحساب الوفرة في استهلاك الطاقة الكهربائية سنويا، يبين أنه يساوي 46011 ك.و.س. كلفتها 2300,55 دولار مما يعني أن فترة استرداد تكاليف الملفات الخانقة الالكترونية تساوي 2,96 سنة أي أقل من 3 سنوات.

(جـ) استخدام عواكس جديدة لامعة لا تلتصق عليها الملوثات أو الغبار. إذ يمكن تقليل عدد المصابيح التي يمكن استعمالها لتحقيق نفس مستوى شدة الإنارة المطلوب:

1- فإذا أدى استخدام هذه العواكس إلى تقليل 40 في المئة من عدد المصابيح. يكون عدد المصابيح اللازمة 1260 مصباحاً. وبمعرفة أن كل 4 مصابيح تستخدم مع عاكس سعره 20 دولاراً يكون عدد العواكس اللازمة 315 عاكساً تكلفتها 6300 دولار. وبحساب الوفر الناتج في استهلاك الكهرباء سنوياً من جراء ذلك يتبين أنه يساوي 65730 ك.و.س تكلفتها 3286,2 دولاراً وتكون فترة استرداد تكلفة العواكس 1,92 سنة أي أقل من سنتين.

2- وإذا أدى استخدام العواكس الجديدة إلى تقليل 25 في المئة من عدد المصابيح تصبح المصابيح اللازمة 1575 مصباحاً ويكون عدد العواكس اللازمة 394 عاكساً تكلفتها 7875 دولاراً والوفر الناتج في استهلاك الكهرباء يساوي 41081 ك.و.س تكلفتها 2054 دولاراً وبالتالي تكون فترة استرداد تكلفة العواكس 3,83 سنوات.

3- استخدام عواكس جديدة لامعة إضافة إلى ملفات خانقة إلكترونية مع مصابيح الفلوريسنت الموفرة للطاقة ويكون الوفر في استهلاك الطاقة الكهربائية في هذه الحالة 111741 ك.و.س تكلفتها 5587 دولاراً. وبمعرفة تكلفة الملفات الخانقة الإلكترونية والعواكس الجديدة من الحالة (1) التي تساوي 13125 دولاراً تكون فترة استرداد هذه التكلفة تساوي 2,35 سنة. وتكلفة الملفات الخانقة والعواكس من الحالة (2) تساوي 14700 دولار وإن الوفر الناتج في استهلاك الكهرباء يساوي 4355 دولاراً مما يعني أن فترة استرداد وتكلفة العواكس والملفات الخانقة 3,4 سنوات.



الفصل الحادي عشر

تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد
استهلاكها في قطاع النقل⁴⁸

⁴⁸ الإسكوا، تحسين كفاءة استخدام الطاقة من منظور إقليمي في دول الإسكوا، E/ESCWA/ENR/1997/13



ترتبط الطاقة المستخدمة في قطاع النقل بعدد من المشاكل الاجتماعية والبيئية المعقدة، ومن بينها تلوث الهواء، وانخفاض الإنتاجية بسبب الاختناقات المرورية، والوفاة والعجز الناجمان عن حوادث المرور، وتلوث المياه بسبب المخلفات البترولية، وظاهرة الدفينة الناجمة عن انطلاق الغازات العادمة من وسائل النقل المختلفة، مما يؤدي إلى استنتاج أن ترشيد استهلاك الطاقة في مجال النقل سينعكس إيجاباً على مجموعة هذه المشاكل الاجتماعية والبيئية.

إلا أنه ليس من السهل التحكم بترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النقل، بسبب تعدد أنواع النقل ووسائله في هذا القطاع، وتعدد المسؤوليات في استخدام هذه الوسائل. فوسائل النقل الطرقي تشمل السيارات السياحية الخاصة والعامة، وحافلات النقل الجماعي، وسيارات الشحن الثقيلة والخفيفة، ومسؤولية ترشيد استهلاك الطاقة فيها هي مسؤولية أفراد عددهم بعدد هذه السيارات والحافلات والشاحنات، لا مسؤولية مؤسسات. لذا يحتاج ترشيد استهلاك الطاقة في هذا النوع من وسائل النقل إلى تركيز إعلامي متواصل للاقتناع بضرورة وأهمية إتباع الإرشادات اللازمة لترشيد استهلاك الطاقة في هذا الأسطول الضخم والكبير، وخاصة السيارات السياحية المستهلكة للبنزين (الغازولين).

إذن يتركز ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النقل الطرقي، على ترشيد استهلاك الغازولين في السيارات السياحية وترشيد استهلاك المازوت في السيارات الشاحنة. ويمكن تقسيم هذا الترشيح إلى قسمين :

- إجراءات وإرشادات ينصح بأن يتقيد بها سائق سيارة سياحية، وتتمثل بما يلي:
 - 1- إجراءات عامة يومية أثناء استخدام السيارة.
 - 2- الصيانة الدورية الوقائية لمحرك السيارة.
 - 3- الفحص الدوري لإطارات السيارة.
- إجراءات ينصح بالتقيد بها عند اختيار وشراء سيارة جديدة

1-11- ترشيد استهلاك الوقود في وسائل النقل الطرقي

1-11-1- طرق وإجراءات ترشيد استهلاك الوقود في وسائل النقل الطرقي المستعملة

1) إجراءات عامة في ترشيد استهلاك الوقود

فيما يلي عدد من الإجراءات المرشدة لاستهلاك الوقود في وسائل النقل الطرقي :

أ- ينصح بتجنب العنف و"التشفيط" عند تحريك السيارة وعند توقيفها، إذ أن إقلاع السيارة بهدوء وتوقيفها بهدوء يؤديان إلى توفير استهلاك الوقود ويحمي أجهزة السيارة من التلف السريع.

ب- ينصح بعدم الوصول إلى السرعة القصوى منذ اللحظة الأولى لتشغيل السيارة، ولا بد من التسارع المنتظم ووضع الغيار المناسب بنعومة وهدوء للمحافظة على أجهزة السيارة والتوفير في كمية الوقود المستهلكة فيها.

ج- عدم ترك محرك السيارة في حالة دوران لأكثر من دقيقة عند التوقف لأمر ما، فتشغيله مرة أخرى أفضل من بقاءه يعمل لمدة طويلة، إذ إن كمية الوقود المستهلكة عند التوقف مع ترك المحرك يعمل لمدة ثلاث دقائق تكافئ الكمية المستهلكة عند السير مسافة كيلومتر واحد.

د- عدم ترك القدم على القابض (الدورياج)، والكابح (الفرامل) بهدف إراحتهما لأن ذلك يزيد من معدل استهلاك الوقود كما يؤدي إلى تلف هذه الأجهزة بشكل سريع.

هـ- ينصح باستخدام الكابح (الفرامل) لإيقاف السيارة على المرتفعات بدلاً من استخدام دواستي القابض والبنزين.

و- إن بقاء النوافذ مفتوحة أثناء قيادة السيارة على الطرق الخارجية يؤدي إلى زيادة مقاومة الهواء للسيارة، وبالتالي إلى زيادة استهلاكها للوقود.

ز- ينصح بالتخلص من الوزن الزائد وغير الضروري في السيارة بهدف توفير استهلاك الوقود.

- ح- ينصح بتجنب السرعات العالية أثناء القيادة والتفقد بالسرعات المثالية التي تستهلك وقوداً أقل. وتعطي الشركات الصانعة للسيارات معدل معياري استهلاك السيارة من الوقود لكل 100 كم عند سرعة محددة في الساعة في أغلب الأحيان.
- ط- التفكير في أفضل الطرق المؤدية إلى المكان المقصود، والابتعاد عن الاختناقات المرورية قدر الإمكان، فإن ذلك سيوفر استهلاك الوقود.
- ي- ينصح بتجنب الدخول إلى وسط المدينة حيث ازدحام السير، فقد يكون توقيف السيارة على الأطراف واستخدام النقل الجماعي أو سيارة الأجرة أخف عبئاً من البحث عن موقف لسيارتك وسط المدينة وضيق الوقت والوقود.
- ك- محاولة عدم استخدام السيارة أثناء ساعات الذروة (ساعات توجه الجميع إلى الدوا أو العودة من الدوام).
- ل- قد يكون نقل الأطفال في حافلات المدارس من البيت إلى المدرسة، والعكس، أخف عبئاً وأوفر من نقلهم بالسيارة الخاصة.
- 2) الصيانة الدورية الوقائية للسيارة من أجل ترشيد استهلاك الوقود
- إن فحص محرك السيارة بشكل دوري هو من أيسر السبل إلى تحقيق أداء جيد واستهلاك طبيعي للوقود. ويتم أثناء فحص المحرك ما يلي :
- أ- فحص نظام الاشتعال بالسيارة (البوغي والبلاطين).
 - ب- فحص نظام الوقود (الكربوريتر) وتنظيفه من الداخل، ومعايرة نسبة الهواء.
 - ج- عيار توقيت الاشتعال (الأفنس).
 - د- عيار الصمامات.
 - هـ- تنظيف مرشح الهواء (فلتر الهواء).
 - و- غيار زيت المحرك وفلتر الزيت في المواعيد المحددة، واستخدام الزيت الذي تنصح به الشركة الصانعة.
 - ز - الحفاظ على نظافة المشع الحراري (الرادياتور) والمحرك بإزالة الأوساخ والترسبات عنهما.

وإن إجراء الصيانة الدورية لما سبق من الأجهزة ومراقبة عملها يؤديان إلى خفض معدل استهلاك الوقود بنسبة لا تقل عن 10 في المئة، وإلى إطالة عمر المحرك.

3) الفحص الدوري لإطارات السيارة وسيلة لترشيد استهلاك الوقود

أ- إن نقصان الهواء من إطارات السيارة يؤدي إلى زيادة مقاومة التدرج الدوراني وبالتالي زيادة استهلاك الوقود والتلف السريع للإطارات. لذا ينصح بفحص ضغط الهواء في إطارات السيارة بشكل دوري والتفقد بتعليمات الشركة الصانعة للسيارة في هذا المجال.

ب- استخدام الإطارات الشعاعية (رادبال)، لأنها توفر من كمية الوقود المستهلك وتخدم مدة أطول.

ج- إن موازنة الإطارات وتوجيهها بالشكل الصحيح يؤديان إلى إطالة عمرها وتقليل استهلاك الوقود بنسبة لا تقل عن 10 في المئة، وإلى المحافظة على السلامة.

11-1-2- ترشيد استهلاك الطاقة في وسائل النقل الطرقي الجديدة (اقتراحات اختيار سيارة جديدة وشرائها)

يفضل وضع أسس ومعايير ضرورية وهامة عند شراء أي سيارة جديدة، وخاصة السيارات السياحية الجديدة، إذ إن من المسلم به أنه يلزم اختيار نوع معروف وموثوق ومجرب، ولكن بين هذه الأنواع المعروفة والمجربة والموثوقة يمكن تحديد المعايير التالية:

1) تحديد الهدف بشكل واضح من شراء السيارة.

2) ثمن السيارة، طرازها، مظهرها الخارجي.

3) معدل استهلاكها للوقود (لتر/100 كيلومتر).

4) تحديد وزن السيارة وهي فارغة، لأن ذلك يعد من العوامل الرئيسية التي تؤثر على استهلاك الوقود. فالسيارة ذات الوزن 2200 كغم تستهلك ضعف الوقود الذي تستهلكه سيارة وزنها 910 كغم.

(5) تحديد سعة المحرك (سم³)، إذ إن استهلاك السيارة للوقود يزداد بازدياد سعة المحرك، ومعدل استهلاك السيارة للوقود يزداد بمقدار 0,36 لتر/100 كم عند زيادة سعة المحرك 100 سم³.

(6) تحديد عدد الغيارات في علب السرعة. فالسيارة التي لها علب سرعة بخمس غيارات أفضل من السيارة التي لها علب سرعة بأربع غيارات من ناحية استهلاك الوقود وإطالة عمر المحرك.

(7) انسيابية السيارة (الشكل الانسيابي للسيارة)، إذ إن ذلك مهم جداً بالنسبة إلى توفير الوقود والراحة أثناء السفر، لأن مقاومة الهواء للسيارة تتعلق بشكلها ونقل المقاومة بالشكل الانسيابي.

11-2- ترشيد استهلاك الطاقة في وسائل النقل الجوي والبحري والقطارات

قد يفتح ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع المسك الحديدية وقطاع النقل الجوي والبحري مجالاً أوسع للسيطرة عليه أو التحكم به أو تحقيقه، إذ إن لهذه القطاعات مؤسسات وإدارات فنية تقدر أهمية استهلاك الطاقة ويمكن أن تخطط أو تضع برامج لترشيد استهلاك الطاقة، كما يمكن أن تنفذ برامج الترشيح في حال وجودها.

11-3- الوضع الراهن والآفاق التقنية لترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النقل

11-3-1- الوضع الراهن

ازداد الاستهلاك العالمي للطاقة في قطاع النقل، منذ عام 1971، بمعدل أسرع من معدل إجمالي الاستهلاك العالمي للطاقة الأولية، ويكاد يكون قد تضاعف، إذ قفز من 37 إ.ج في عام 1971 إلى 63 إ.ج في عام 1992. وكان معدل زيادة استهلاك الطاقة في الدول النامية أسرع خلال تلك الفترة، ويساوي 4,7 في المئة، في حين كان أكثر اعتدالاً في الدول الصناعية (2,1 في المئة)، حسب تقرير مجلس الطاقة العالمي لعام 1995 (WEC, 1995).

ويقسم استهلاك الطاقة في قطاع النقل إلى قسمين : قسم في نقل الركاب والآخر في نقل البضائع، وكل منهما يشمل أنواعاً مختلفة من وسائل النقل مثل : سيارات

الركوب، وسيارات الشحن، والقطارات، والبواخر، والطائرات. وتعد سيارات النقل الطرقي (أي سيارات الركوب والشحن) الأكثر استهلاكاً للطاقة، إذ إنها تستهلك 73 في المئة من مجمل استهلاك الطاقة في قطاع النقل، في حين يستهلك النقل الجوي 12 في المئة، والنقل بالسكك الحديدية (القطارات) 6 في المئة، والباقي تستهلكه الوسائل الأخرى.

11-3-2- التوجه العالمي لترشيد استهلاك الطاقة في قطاع النقل

يمكن تخفيض استهلاك الطاقة في قطاع النقل من خلال الإجراءات التالية :

- تحسين كفاءة تقنيات النقل (مثل تطوير أليات سوفرة للوقود).
- ... التحول بوسائل النقل إلى نظم نقل أقل تركيزاً على استهلاك الطاقة، مع تقديم نفس خدمات النقل (مثل التحول من سيارات الركاب إلى حافلات النقل الجماعي).
- تحسين نوعية المرافق العامة لقطاع النقل (مثل الطرق والسكك الحديدية).
- تغيير نسبة مزج الوقود المستخدمة في نظم النقل.

11-3-3- تحسين كفاءة تقنيات النقل

هناك فرص حقيقية لتحسين كفاءة تقنيات النقل في جميع أنواع النقل تقريباً. والإجراءات التي تخفض استخدام الطاقة في وسائل النقل التقليدية تتضمن تحسين تقنيات المحرك، وتحسين أجهزة نقل الحركة، وتخفيض الحمل على المركبة. كما أن تحسين كفاءة الطائرات يتركز حول إجراءات مماثلة، وذلك بتحسين كفاءة الدفع، وتخفيض الإعاقة الأيروديناميكية، وتخفيض وزن المحرك. وفيما يلي تقنيات وإجراءات منقارة لتحسين كفاءة استخدام الطاقة في أليات النقل البري، ومنها سيارات النقل، وحافلات الركاب، وسيارات الشحن الخفيف والشحن الثقيل، والقطارات :

(1) آلات النقل الطرقي

- أ- تحسين كفاءة المحرك (Improve engine efficiency) وفق ما يلي :
 - استخدام صمام يتحكم متغير (Variable valve control).
 - استخدام نسبة انضغاط متزايدة (Increasing Compression Ratio).

- تخفيض الاحتكاك (Friction reduction).
- استخدام محاور كامات عنوي (Overhead camshaft).
- بخاخ وقود متعدد النقاط (Multipoint fuel injection).
- استخدام أربع صمامات لكل أسطوانة (Four valves per cylinder).
- استخدام محركات بعزم كبير/ودوران قليل (سيارات الشحن الثقيلة) (High torque/low rpm engines).
- إقفال رادياتور بترموستات (سيارات الشحن) (Thermostatic radiator shutters).
- استخدام محركات ديزل (Diesel engines).
- استخدام تقنيات متطورة مثل محركات ديزل أدياباتيكية (Adiabatic diesel engines).
- آليات تستخدم خلايا الوقود (تقنية متطورة) (Fuelcell vehicles).
- ب- تحسين كفاءة نقل الحركة (Improve transmission efficiency)
 - نقل الحركة بخمس سرعات (Five speed transmission).
 - نقل حركة متغير باستمرار (Continuously variable transmission).
 - نقل حركة يتحكم أمثل (Optimized transmission control).
 - نقل حركة ينوي أمثل (Optimized manual transmission).
 - تحسينات في جهاز قيادة السيارة (Drive train improvements).
- ج- تخفيض الحمل، وقوى الجر (Reduce load and tractive forces)
 - استخدام إطارات ذات مقاومة دوران منخفضة (Lower rolling resistance tires).
 - تحسين الوضع الانسيابي للسيارة (Aerodynamic improvements).
 - تخفيض الوزن.
 - تحسينات الإكسسوارات (اللوازم الإضافية).
 - تحسين أنواع الشحوم والزيوت.

د- تحسينات النظام (system Improvements)

النظم الذكية لوسائل النقل على الطرق ذات الاتجاهين (Intelligent highway vehicle system) .

- حركة سير مثالية (Routing operations optimization) .

(2) القطارات

أ- تحسين العمل أثناء الإقلاع والتوقف (Improved handling during start-up and braking) .

ب- استخدام طاقة الفرامل للتدفئة (Use brake energy for space heating) .

ج- استخدام الدوالب المعدل لتخزين الطاقة (Flywheel energy storage) .

د- استخدام تقنيات أفضل لتحويل الطاقة (Better energy conversion technology) .

هـ- تخفيض آثار الهواء على العربات (شكل انسيابي محسن، بخفض الوزن) (Reduce air drag) .

وإن كثافة استهلاك الوقود في الدول النامية أعلى بكثير منها في الدول الصناعية، ولذلك توجد فرص لإجراء المزيد من التحسين في الكفاءة. يتأثر استهلاك الوقود في وسائل النقل بنوع الطرق والبنية التحتية والصيانة الدورية لها بعمر وسيلة النقل المستعملة. وبالإضافة إلى التحسينات في التقنيات القائمة يمكن إجراء التحسينات في التقنيات المتطورة، وخاصة في مجال الآليات، إذ تظهر الدراسات وجود إمكانية لتطوير الآليات الحالية التي تستهلك وسطياً 8,5 ليترات/100 كم، بحيث تستهلك 4,7 ليترات/100 كم في عام 2015، دون إجراء تغييرات جوهرية في جهاز قيادة السيارة. وإذا تمت تعديلات على جهاز القيادة، يصبح بالإمكان تحقيق كفاءة أعلى، وفي التقنيات التي تتطور حديثاً، مثل المركبات الكهربائية والمركبات الكهربائية الهجينة والمركبات ذات خلايا الطاقة، تبقى الكلفة هي العامل الحاسم في التسويق. ومع وجود

عدد من الحكومات التي تلح على تسويق المركبات الكهربائية، فإن إدخال هذه التقنية على الآليات ذات الكلفة التأسيسية العالية (مثل الحافلات) يمكن أن يجعل بانتشار هذه التقنية.

(ب) مركبات النقل الكهربائية

توفر المركبات الكهربائية إمكانية كبيرة لتخفيض الانبعاثات الملوثة للهواء والتوفير في استهلاك الوقود في آن واحد، إذ إن هذه المركبات تعمل بمحركات كهربائية لدفع العجلات واستمداد الطاقة من حركة السيارة عن طريق "الكبح بالتوليد المعاكس" عندما تخفض المركبة سرعتها.

(ج) مركبات النقل الهجينة

إن خيار المركبة الهجينة، التي تجمع بين محرك الاحتراق الداخلي والمولد الكهربائي لتوفير طاقة "الحمل الأساسي الكهربائية" بمدخنة كهربائية صغيرة أو بدولاب معدل (حداقة)، هو خيار جذاب.

كما تعد خلايا الوقود خيارات مغرية للمركبات الكهربائية. وينصب الاهتمام حالياً على خلايا الوقود العاملة بأغشية التبادل البروتوني، إذ إن تكاليف المركبات العاملة بهذه الخلايا ستكون أقل إذا أنتجت بكميات كبيرة. وتعمل هذه المركبات لمسافات أطول من تلك التي تقطعها المركبات المزودة بمدخنة كهربائية قبل تزويدها بالوقود.

(د) التحول في وسائل النقل (Modal Shift)

يمكن تحقيق وفر في استخدام الطاقة بتشجيع التوجه إلى وسائل النقل ذات الطاقة الأقل كثافة. ويعطي الجدول (1-11) تقدير كثافة الطاقة لأنواع مختلفة من وسائل النقل.

الجدول (1-11) كثافة الطاقة حسب نوع النقل ونوع وسائل النقل

النوع	كثافة الطاقة (ميغا جول/راكب - كم)		
1- نقل الركاب	الولايات المتحدة	أوروبا	اليابان
- سيارات	2,6	1,7	2,7
- حافلات	0,9	0,7	0,7
- قطارات	2,1	0,5	0,4
- طائرات	2,6	3,0	2,3
2- نقل البضائع	أمريكا الشمالية	أوروبا	دول المحيط الهادئ
- شاحنات	2,5	4,0	5,0
- قطارات	0,3	0,4	0,4
- طائرات	20,0	16,0	16,0

فالانتقال من ركوب السيارات الخاصة إلى النقل بالحافلات يخفض الكثافة النسبية بمقدار 200 في المئة. وهناك حقيقة أن كثافة الطاقة في النقل الطرقي هي أكثر بـ 4 مرات منها في النقل بالسكك الحديدية، كما أن الانتقال بدون محركات، (بالدراجات الهوائية أو سيراً على الأقدام) يمكن أن يلعب دوراً في النقل المختلط، وقد كان في نيوزيلندا 47 في المئة وفي الولايات المتحدة 12,3 في المئة.

(هـ) تحسين نوعية المرافق العامة لقطاع النقل

وتشمل عدداً من الإجراءات، يذكر منها :

(1) تفحص الوسائل التي تؤدي إلى الاستخدام الأفضل للمرافق العامة النقل القائمة حالياً.

(2) تحسين المرافق العامة بهدف تخفيض الطلب على الطاقة من قبل وسائل النقل، ويتمثل ذلك في عدد من الإجراءات مثل :

أ- تخصيص مسارات خاصة على الطريق للسيارات ذات الإشغال العالي، مما يؤدي إلى تقليل استهلاك الوقود بزيادة عامل الحمل للطريق من ناحية وبتقليل التوقف والإقلاع من ناحية أخرى. ويعرف ذلك بالمركبة السريعة أو النظم الذكية لوسائل النقل على الطرق (وسائل النقل الطرقي).

ب- استخدام شاخصات الطرق التي توجه السائقين للوصول إلى مواقعهم من خلال الطرق الأقصر والأقل ازدحاماً.

ج- زيادة الطرق ذات الاتجاهين.

د- تنظيم إشارات المرور الضوئية على الطرق بحيث تحقق خط السير الأخضر (أي عدم التوقف والإقلاع).

هـ- استخدام خطوط السكك الحديدية الخفيفة.

و- وضع سياسات تشجع التحول إلى استخدام نظم النقل الجماعي في المواقع المأهولة والمزدحمة، مما يؤدي إلى تخفيض الطلب على الطاقة في مجال النقل. فمثلاً في مدينة قريظبة في البرازيل، تشكل خطوط النقل بالباصات 70 في المئة من مجمل وسائل النقل، والطاقة التي تستهلك في قريظبة لكل فرد هي أقل بـ 30 في المئة منها في أي مدينة أخرى مماثلة من مدن البرازيل.

(و) تغيير نسبة مزج الوقود المستخدمة في نظم النقل

يعتمد نظام النقل حالياً على المنتجات النفطية كمصدر للوقود. إلا أن الأمن الطاقوي والمتطلبات البيئية وجهت العالم نحو الإفادة من بدائل الوقود في النقل، بما فيها مزج الوقود (مثل الغاز الطبيعي، والميثانول، والإيثانول، والهيدروجين، والكهرباء، والديزل البيولوجي)، حيث يؤدي التحول من وقود إلى آخر إلى توفير في استهلاك الطاقة. فمثلاً: الانتقال من استهلاك البنزين (الغازولين) إلى استهلاك الديزل (المازوت) يوفر طاقة لسبيين :

1) لأن محركات الاحتراق بالانضغاط، التي تستخدم الديزل (المازوت)، هي أكثر كفاءة من محركات الاحتراق بالشرارة، التي تستخدم البنزين (الغازولين).

2) لأن إنتاج وقود الديزل من النفط يتطلب طاقة أقل في مصافي التكرير من الطاقة اللازمة لإنتاج وقود الغازولين.

إلا أن متطلبات الطاقة اللازمة في المصافي لتصفية كلا الوقودين تزداد نتيجة لتطبيق القواعد الجديدة الناعمة لنوعية الهواء في بعض المناطق التي تتطلب استخدام البنزين المحسن الخالي من الرصاص والديزل قليل المحتوى من الكبريت. والحالة الأكثر شيوعاً في موضوع التحول من وقود إلى آخر هي حالة برنامج الوقود الكحولي في البرازيل الذي بدأ في عام 1975. وعلى أي حال، يؤثر التحول إلى الوقود الممزوج على كفاءة الوقود.

وثمة اهتمام متزايد ببدائل وقود النقل نظراً للصعوبات التي تواجه تحقيق أهداف تحسين نوعية الهواء في إطار استخدام الوقود النفطي والحاجة، على المدى البعيد، إلى إيجاد بدائل للنفط لاستخدامها في قطاع النقل. ومن البدائل التي تستحق الدراسة البنزين المحسن، والغاز الطبيعي المضغوط، والكحول (الإيثانول والميثانول)، والهيدروجين.

وتتركز الجهود في إنتاج الوقود البيولوجي لأغراض النقل على الإيثانول المستخرج من الذرة والقمح وقصب السكر والزيوت النباتية (زيت بزر اللفت). وقد يكون الإيثانول المستخرج من قصب السكر أقوى حظاً في المنافسة بأسعار النفط العالمية في الوقت الراهن.

ويتيح للهيدروجين إمكانيات كبيرة للتصدي للتحديات المتعددة التي تواجه نظام الطاقة. فهو مادة مخزنة للطاقة تتميز بنظافتها وتعدد استعمالاتها وسهولتها وإمكانية استخدامها بصورة مأمونة.

الفصل الثاني عشر

تحسين كفاءة استخدام الطاقة وترشيد
استهلاكها في قطاع الزراعة⁴⁹

⁴⁹ نفس المرجع 48



يحتل قطاع الزراعة مكانة هامة في الاقتصاد السوري، ويسهم في توفير فرص العمل لنسبة عالية من القوى العاملة البشرية، ويعتمد عليه في تأمين الغذاء اللازم لأفراد المجتمع وتوفير المواد الخام التي تحتاجها الصناعات الزراعية. وقد شملت الثورة التقنية التي يشهدها العالم المعاصر القطاع الزراعي مثل غيظه من القطاعات، الأمر الذي جعل التحول من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الآلية المتطورة ضرورة حتمية تليها مقتضيات عملية التنمية الاقتصادية الزراعية.

وتكمن أهمية المكننة في القطاع الزراعي في تحسين مستوى أداء العمليات الزراعية التي تتطلبها المحاصيل الزراعية المختلفة، ثم المساهمة في تحسين الكفاءة الإنتاجية الزراعية. وقد أدى التقدم التقني وزيادة استخدام الآليات في الزراعة إلى زيادة الاحتياجات من المنتجات النفطية اللازمة لها، سواء في ذلك الآليات المستخدمة في العمليات الزراعية وآليات استصلاح الأراضي الزراعية. وتزايدت الاحتياجات أيضاً نتيجة للتوسع في الإنتاج الحيواني والمداخن والاعتماد على المكننة في عملية الري.

ومع التسليم بجوهرية مكننة الزراعة اقتصادياً، فإن زيادة الطلب على استهلاك المنتجات النفطية هي نتيجة طبيعية لهذه المكننة الهادفة إلى تنمية القطاع الزراعي، الأمر الذي يلزم معه ترشيد استهلاك هذه المنتجات وتحسين كفاءة استخدامها في هذا القطاع بما يضمن زيادة الدخل المتحقق من القطاع الزراعي.

إن قطاع الزراعة قطاع قليل الاستهلاك للطاقة ويقسم استهلاك الطاقة في هذا القطاع إلى استهلاك مباشر في الحقل : في الجرارات الزراعية وآليات استصلاح الأراضي، وآلات الري وآلات العزق ورش المبيدات الحشرية، واستهلاك غير مباشر : في صناعة الأسمدة والمبيدات. ويتأثر الاستهلاك المباشر للطاقة في الأعمال الحقلية بعوامل عديدة منها : المناخ، ونوع التربة، وعمق أعمال الحراثة، وحجم الحقل، ودرجة المكننة، والإدارة وتنظيم الأعمال.

1-12- تقنيات الاستهلاك المباشر للطاقة في قطاع الزراعة

1-1-12- الجرارات الزراعية

يتوفر منها في سورية أنواع مختلفة، وتتراوح قدرتها بين 29 إلى 125 حصاناً للجرارات الكبيرة.

وبصرف النظر عن الطراز والقدرة، يقدر المعدل الوسطي لاستهلاك الجرار الزراعي من المنتجات النفطية، بصورة عامة، بـ 3,5 كغم ديزل/ساعة، و 0,15 كغم زيت/ساعة، و 0,007 كغم شحوم/ساعة. فإذا عمل الجرار طوال العام 1000 ساعة، يكون متوسط استهلاكه السنوي 3500 كغم ديزل/سنة و 150 كغم زيت/سنة و 7 كغم شحوم/سنة.

2-1-12- آلات الري

تتوفر منها أنواع مختلفة، وتتراوح قدراتها بين 3 أحصنة و 28 حصاناً، وتعمل بالديزل، ومنها ما يعمل بالكهرباء، وتتراوح قدراتها بين 2,5 و 6 أحصنة. وبصرف النظر عن الطراز والقدرة، يقدر استهلاك آلة الري بـ 0,98 كغم ديزل (سولار)/ساعة، أو نحو 0,82 كغم كيروسين/ساعة و 0,07 كغم زيت/ساعة ونحو 0,007 كغم شحوم/ساعة.

3-1-12- الآلات الزراعية الأخرى

(آلات رش المبيدات، آلات العزق، آلات الدراس والتزرية). تتراوح قدرة آلات الرش بين حصان و 7 أحصنة، وتعمل على الديزل بالإضافة إلى الشحوم والزيت. ويقدر استهلاك آلة رش المبيدات في السنة، إذا عملت 800 ساعة سنوياً، بمقدار 424 كغم ديزل، و 16 كغم زيت، و 0,8 كغم شحوم. ويقدر معدل استهلاك آلة العزق، إذا عملت 142 ساعة سنوياً، بـ 129 كغم ديزل (سولار)، و 11 كغم زيت، و 38 كغم شحوم.

12-4-1- آلات استصلاح الأراضي

تستخدم لتحويل الأراضي غير الزراعية إلى أراضٍ صالحة للزراعة بعد إجراء عدد من العمليات التي يذكر منها التسوية الأولية للأرض، ونقل الحجارة أو الأتربة، ونقسيـم الأرض، والحـرث العميق ثم التسوية النهائية، وحفر وشق الترع وحفر وشق القنوات وتبطينها (في حالة الأراضي المروية)، وإنشاء المصارف العامة والفرعية، وإنشاء الطرق، وإقامة شبكات الري. ويقدر استهلاك المنتجات النفطية في آلات استصلاح الأراضي بالكمية المستهلكة لكل دونم مستصلاح. وتتراوح كمية الوقود المستهلكة لاستصلاح الفدان الواحد في الأراضي الصحراوية المصرية، مثلاً، كما يلي :

- ديزل : من 47 كغم/دونم إلى 106 كغم/دونم. متوسط 60 كغم/دونم .
 - زيت : من 1 كغم/دونم إلى 2 كغم/دونم. وسي المتوسط 1,7 كغم/دونم .
 - شحوم : من 0,5 كغم/دونم إلى 1,6 كغم/دونم. وفي المتوسط 0,8 كغم/دونم.
- ويمكن أخذ هذه الأرقام كمؤشرات فقط في دول الإسكوا الأخرى.

12-2- الاستهلاك غير المباشر للطاقة

- إنتاج الأسمدة والأدوية والمبيدات

تستخدم الطاقة في إنتاج الأسمدة الكيماوية والمبيدات، وتعد الطاقة مدخلاً أساسياً في إنتاج الأسمدة، إذ تمثل قيمة الطاقة المستخدمة في إنتاج السماد الأزوتي (اليوريا 46,5 في المئة) 67,4 في المئة من إجمالي قيمة المواد الخام المستخدمة في هذا الإنتاج، وتمثل بقيمة الغاز الطبيعي. وتمثل قيمة الطاقة المستخدمة في إنتاج السماد الأزوتي (نترات الكالسيوم 31 في المئة - 33,5 في المائة) 87 في المئة من إجمالي قيمة المواد الخام المستخدمة في هذا الإنتاج، وتمثل بقيمة الكهرباء. وبشكل عام، تقدر كميات الطاقة اللازمة لإنتاج طن واحد من منتجات الأسمدة كما يلي :

- 1,5 طن مكافئ نـفـط لإنتاج طن من النترات الخام.
- 0,27 طن مكافئ نـفـط لإنتاج طن بوتاسيوم أو طن فوسفات.

12-3- طرق ترشيد استهلاك الطاقة في القطاع الزراعي

تتحقق الكفاءة الاقتصادية عند الحصول على أقصى ما يمكن من الإنتاج من نفس كميات عناصر الإنتاج المستخدمة أو عند استخدام أقل معدل ممكن من عناصر الإنتاج والحصول على نفس معدل الإنتاج.

12-3-1- ترشيد استهلاك الطاقة في العمليات الزراعية

إن تحسين أداء العمليات الزراعية المختلفة وتحقيقها بأقل كلفة ممكنة يؤدي إلى ترشيد استخدام المنتجات النفطية في مجال الإنتاج الزراعي، وذلك من خلال تشغيل الآلات الزراعية (الجرارات والآلات الري والرش والعزق...)، بحيث تحقق استهلاكاً نوعياً للتوقود مماثلاً للاستهلاك النوعي العالمي. وتحقيق الفلاجات السطحية، واستخدام طرق الري المتطورة والحديثة، وخاصة الري بالتنقيط حيثما كان ذلك ممكناً واقتصادياً، لما لهذا الأسلوب من فوائد أهمها توفير في استخدام مياه الري. وإلى تقليل عمليات الخدمة الزراعية (فلاحة وعزق وتعشيب...)، وتحسين طرق تجفيف المنتجات الزراعية، وتحسين الإنتاج الحيواني والنباتي. وإلى استخدام الطاقات المتجددة (الطاقة الشمسية بشكل خاص) في الخدمات الزراعية المختلفة للمساهمة في توفير الطاقات التقليدية.

12-3-2- ترشيد استهلاك الأسمدة الكيماوية

يؤدي استخدام الأسمدة الكيماوية إلى زيادة إنتاجية الأرض الزراعية. إلا أن هذه الأسمدة تمثل عبئاً اقتصادياً على المجتمع في تصنيعها واستيرادها، إذ أن زيادة معدلات التسميد تؤدي إلى تزايد معدل الفاقد منه وانخفاض كفاءة استخدام السماد نفسه.

ويعزى الإنفاق في معدلات التسميد، في جانب كبير منه، إلى دعم أسعار الأسمدة. وتعد الطاقة الفاز الطبيعي والكهرباء أحد المدخلات الرئيسية المستخدمة في إنتاج الأسمدة الأثر وثبة. ويتمثل ترشيد استخدام الأسمدة الكيماوية، الذي يعني ترشيد استهلاك الطاقة، بما يلي :

أ- التقيد بكميات الأسمدة الأزوتية و الفوسفاتية الموصى بها فنياً لوحدة المساحة ولكل محصول ، وعدم الإسراف في استخدامها.

ب- استخدام الأسمدة العضوية، لاحتوائها على نسبة كبيرة من العناصر السمادية الكبرى.

ت- استخدام الأسمدة الخضراء في حرث المحاصيل البقولية، وخاصة البرسيم، في التربة، مما يترتب عليه تخفيض أكلاب الأسمدة الكيماوية وتوفير استهلاك الطاقة الداخلة في صنعها.

ث- ترشيد عمليات ري المحاصيل الزراعية، من خلال التقيد بالمقننات المائية الموصى بها فنياً لعدد ساعات الري لوحدة المساحة ولكل محصول، إذ ينعكس ذلك على ترشيد كمية المنتجات النفطية المستخدمة في عمليات الري بحيث يمكن الاستفادة منها لتلبية احتياجات أخرى.

ج- الاستفادة من المخلفات الزراعية في الحصول على الأسماد العضوية المتخمر العالي الجودة، وفي الحصول على الطاقة من خلال الغاز الحيوي الناتج (البيوجاز) من تخمر المخلفات العضوية في وحدات مغلقة غير مسامية بعيداً عن الهواء وعن وجود الأكسجين. وفي نفس الوقت الحصول على بيئة نظيفة.

12-3-3- تحسين كفاءة عمل الجرارات وتصنيعها

أ- تحسين الاستهلاك النوعي للجرار،

ب- استخدام السرعة الأعلى تحت شروط حمل خفيف.

ت- التحكم الآلي بالسرعة.

ث- التشغيل الملائم واستخدام معلومات التغذية الراجعة.

ج- تطوير محركات الديزل المستخدمة في الجرارات.

ح- تخفيض الاحتكاك في الآلة.

خ- حيار بطارات الجرار بشكل دوري وصحيح.

د- استخدام أحمال إضافية لتقليل الانزلاق.

ذ- تجنب عمل المحرك غير الضروري.

ر- اختيار الاستطاعة الصحيحة للجرار.

12-3-4 الفلاحات السطحية

إن استخدام الفلاحة السطحية يوفر من استهلاك الوقود، ويخفف من تآكل المكوك، ويزيد مخزون الرطوبة في التربة، ويوفر اليد العاملة والتكاليف الإضافية، ويعطي الفرصة لزيادة المحصول، ويحسن تكوين التربة على المدى الطويل. إلا أن هناك خطورة ظهور أعشاب ضارة لا بد من تعشيبها، مما يسبب استخداماً إضافياً غير مباشر للطاقة وظهور آثار بيئية. وقد يكون الخيار الأفضل هو الحل الوسط بين فلاحة تقليدية ثقيلة، حيث نلزم طاقة إضافية، والفلاحة السطحية، التي تتطلب تعشيباً إضافياً.

12-3-5 تحسين نظم الري

أ- يمكن تحقيق وفر في استهلاك الطاقة في مجال الري باستخدام أفضل الخيارات المستخدمة لنظم الري وباستخدام تجهيزات ري أكثر كفاءة.

ب- اعتماد التوقيت الصحيح للري عند حاجة المحصول للماء، والري خلال الطقس المناسب

ج- التصميم الصحيح والتركيب الصحيح للمضخات.

د- تعديل نظم الضخ القائمة (فقد أجريت تعديلات على 500 مضخة في الهند وتم الحصول على تحسين في الكفاءة بين 23 و 29 في المئة).

هـ- رفع كفاءة مجموعات الضخ الزراعية غير الكفوءة (تم ذلك في أفريقيا، حيث رفعت الكفاءة بين 30 و 50 في المئة، واسترجع رأس المال المستثمر خلال أربعة أشهر فقط).

12-3-6 اختيار نظم التجفيف الأكفأ

أ- تتطلب المجففات ذات الحرارة العالية والسريعة طاقة أكثر من المجففات ذات الحرارة المنخفضة.

ب- التجفيف المختلط (حرارة عالية/حرارة منخفضة)، بدلاً من التجفيف بحرارة عالية، يؤدي إلى توفير طاقة بحدود 20 في المئة.

ج- التشغيل للمراوح في نظام التجفيف، بدلاً من التشغيل المستمر، يؤدي إلى وفر بحدود 20 إلى 50 في المئة.

د- إعادة استخدام الحرارة الضائعة يؤدي إلى وفر بحدود 10 إلى 18 في المئة.

هـ- النظم الأفضل للتجفيف هي نظم التجفيف الشمسي في الحقل (إذا كان الطقس مناسباً).

12-3-7- تحقيق كفاءة أفضل في مجال الإنتاج الحيواني

ويمكن أن يتم ذلك باستخدام تقنيات الطاقات المتجددة.

أ- استخدام نظم التسخين الشمسي لمياه الاستخدام اللازمة في محطات تربية أبقار الحليب.

ب- استخدام وحدات إنتاج الغاز الحيوي لإنتاج الغاز الذي يحتاج إليه لتغذية الطاقة اللازمة لمحطات الإنتاج الحيواني، إضافة إلى الحصول على سماد عضوي متخمّر وبيئة نظيفة.

ج- التحكم بالشروط المناخية المناسبة لمحطات الإنتاج الحيواني، واستخدام العزل الحراري المناسب، واستخدام وحدات التدفئة أو تكييف ذات كفاءة عالية.

12-3-8- تحسين وضع الزراعة المحمية

أ- تنظيم الشروط المناخية أوتوماتيكياً.

ب- استخدام الدريئة المعزولة.

ج- استخدام نظام العزل الحراري.

د- استخدام مبادلات حرارية أرضية.

هـ- استخدام المضخات الحرارية العاملة على مياه الآبار الجوفية.

و- استخدام تدفئة البيوت الزراعية المحمية بالطاقة الشمسية.



الفصل الثالث عشر

دراسة حالة تحسين كفاءة
استخدام الطاقة وترشيد استهلاكها
في الجمهورية العربية السورية



1-13- تقدير توزيع استهلاك الطاقة الكهربائية في القطاع المنزلي السوري على

مختلف الخدمات

سوف يجري تقدير توزيع استهلاك الكهرباء في الوحدة السكنية النموذجية في الريف وفي الحضر بفرض أن عدد الوحدات السكنية في الحضر 2,2 مليون وحدة سكنية وفي الريف 1,8 مليون وحدة سكنية :

1-1-13- الإنارة :

يفترض أن قدرة الإنارة في الوحدة السكنية الحضرية تساوي 500 وات وفترة استخدامها 1800 ساعة في السنة، وفي الوحدة السكنية الريفية تساوي 350 وات وفترة استخدامها 1300 ساعة في السنة، وأن جميع الوحدات السكنية الحضرية، و 95 في المئة من الوحدات السكنية الريفية مزودة بالكهرباء، والباقي 5 في المئة من الوحدات السكنية غير مزودة بالكهرباء. وبناء على ذلك فإن الطاقة الكهربائية التي تستخدم في إنارة الوحدة السكنية الحضرية تساوي 900 ك.و.س/ السنة، والتي تستخدم في إنارة الوحدة السكنية الريفية تساوي 455 ك.و.س/ السنة. ومجموع الطاقة الكهربائية المستهلكة سنوياً في الإنارة في الحضر 1980 ج.و.س وفي الريف 819 ج.و.س، وبالتالي يكون متوسط استهلاك الإنارة في الوحدة السكنية في الجمهورية العربية السورية 700 ك.و.س/ سنة لكل وحدة سكنية.

1-2-13- تسخين المياه :

يفترض أن 60 في المئة من الوحدات السكنية الحضرية وأن 20 في المئة من الوحدات السكنية الريفية تستخدم سخان مياه كهربائي قدرته 1500 وات، وأن الباقي يستخدم سخان مياه يعمل على الديزل (المازوت) أو غاز البترول المسال (LPG)، وأن فترة الاستخدام تساوي 1100 ساعة في السنة في الحضر، و 900 ساعة في السنة في الريف. أي أن الطاقة الكهربائية التي تستهلك في تسخين مياه الخدمات في الوحدة السكنية الحضرية تساوي 1650 ك.و.س/ السنة، وذلك التي تستهلك في الوحدات السكنية الريفية 1350 ك.و.س/ السنة. ومجموع الطاقة الكهربائية المستهلكة

سنوياً لتسخين المياه في الحضر 2178 ج.و.س. وفي الريف 486 ج.و.س. ويكون بالتالي متوسط استهلاك تسخين مياه الاستخدام في الوحدة السكنية في الجمهورية العربية السورية 666 ك.و.س/ سنة / وحدة سكنية.

13-1-3 التدفئة بالكهرباء:

يفترض أن 60 في المئة من الوحدات السكنية الحضرية وأن 20 في المئة من الوحدات السكنية الريفية فقط تستخدم دفايات كهربائية قدرة كل منها 1500 وات، وأن فترة استخدامها 400 ساعة في السنة في الحضر و 200 ساعة في السنة في الريف، والباقي يستخدم التدفئة بالمازوت، أي أن الطاقة الكهربائية التي تستخدم في الوحدة السكنية الحضرية للتدفئة 600 ك.و.س. في السنة، وفي الوحدة السكنية الريفية 300 ك.و.س. في السنة. ومجموع الطاقة الكهربائية المستهلكة سنوياً للتدفئة بالكهرباء في الحضر 792 ج.و.س. وفي الريف 108 ج.و.س.، ويكون بالتالي متوسط استهلاك التدفئة بالكهرباء في الوحدة السكنية في الجمهورية العربية السورية 225 ك.و.س/ سنة وحدة سكنية.

13-1-4 التكييف:

بدأت أجهزة التكييف تنتشر في الأبنية السكنية في سورية بسبب التغير المناخي الذي بدأ بظلاله في السنوات الأخيرة على مناخ صيف المدن السورية وخاصة مدينة دمشق. ويتوقع أن يزداد الاستخدام سنة بعد سنة. ومن المفيد العمل على تخفيض الحمل الحراري للوحدات السكنية وخاصة ذلك الذي ينشأ حديثاً، وذلك بتخفيض الكسب الحراري خلال الصيف، من خلال عزل العتاف الخارجي للبناء والعمل على منع تسرب الهواء من النوافذ والأبواب. ويفترض أن 20 في المئة من الوحدات السكنية الحضرية تستخدم جهاز تكييف قدرته 3000 وات، وأن فترة الاستخدام السنوي 500 ساعة، ولا يعتمد استخدام التكييف في الوحدات السكنية الريفية. أي أن الطاقة الكهربائية التي تستخدم في التكييف 1500 ك.و.س/ السنة. ومجموع الطاقة الكهربائية المستهلكة سنوياً للتكييف في الحضر 660 ج.و.س. وفي الريف لا شيء. ويكون

بالتالي متوسط استهلاك التكييف في الوحدة السكنية في الجمهورية العربية السورية 165 ك.و.س/ سنة وحدة سكنية.

13-1-5- التلّاجات والمجمدات :

يفترض وجود ثلاجة كهربائية في كل وحدة سكنية حضرية وفي 60 في المئة من الوحدات السكنية الريفية، قدرتها 250 وات وأن فترة العمل السنوي لها 2200 ساعة/السنة. أي أن الطاقة الكهربائية التي تستهلكها 550 ك.و.س/ السنة. وأن 40 في المئة من الوحدات السكنية الحضرية تستخدم إلى جانب الثلاجة مجمدة كهربائية قدرتها 375 وات وأن فترة عملها 1000 ساعة/ السنة، تكون الطاقة الكهربائية التي تستهلكها 375 ك.و.س/ السنة ويفترض عدم وجود مجمدات في الوحدات السكنية الريفية. تكون الطاقة الكهربائية التي تستهلكها الوحدة السكنية في الحضر 550 ك.و.س. للثلاجة و 375 ك.و.س. للمجمدة وفي الريف 550 ك.و.س. للثلاجة وعليه فإنه مجموع الطاقة الكهربائية المستهلكة سنوياً في التلّاجات والمجمدات في الحضر 1540 ج.و.س. وفي الريف 544 ج.و.س. ويكون بالتالي متوسط استهلاك التلّاجات والمجمدات في الوحدة السكنية في الجمهورية العربية السورية 534 ك.و.س/ سنة وحدة سكنية.

13-1-6- المراوح :

يفترض أن في كل وحدة سكنية حضرية مروحتين، وأن 50 في المئة من الوحدات السكنية الريفية تستخدم مروحة قدرة كل منها 50 وات وأن فترة استخدامها السنوي 800 ساعة في السنة في الحضر، و 400 ساعة في السنة في الريف. أي أن الطاقة الكهربائية التي تستخدمها المراوح في الوحدة السكنية الحضرية 40 ك.و.س/ السنة وفي الوحدات السكنية الريفية 20 ك.و.س/ السنة. ويكون متوسط استهلاك التهوية في الوحدة السكنية في الجمهورية العربية السورية 48 ك.و.س/ سنة وحدة سكنية.

13-1-7-الطباخات الكهربائية :

يفترض أن 10 في المئة من الوحدات الحضرية تستخدم طباخاً كهربائياً قدرته 2000 وات، وأن فترة عمله 500 ساعة في السنة. ويفترض عدم استخدام الطباخ الكهربائي في الأرياف، وبالتالي فإن الطاقة الكهربائية المستهلكة للطباخ تساوي 1000 ك.و.س/السنة. ويكون متوسط استهلاك الوحدة السكنية في الجمهورية العربية السورية للطبخ على الكهرباء 54 ك.و.س/ سنة وحدة سكنية.

13-1-8-التلفاز :

يفترض أن في جميع الوحدات السكنية الحضرية يوجد تلفاز قدرته 80 وات وأن فترة عمله 2500 ساعة في السنة، تكون الطاقة الكهربائية التي يستهلكها التلفاز في كل وحدة سكنية حضرية 200 ك.و.س م السنة، وأن مثل ذلك في 80 في المئة من الوحدات السكنية في الريف، ويكون متوسط استهلاك التلفاز في الوحدة السكنية في الجمهورية العربية السورية 182 ك.و.س/سنة وحدة سكنية.

13-1-9-التجهيزات الكهربائية الأخرى :

إجمالي ما تستهلكه سنوياً يساوي 1156,7 ج.و.س ويمثل ذلك 15,01 في المئة من إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية القطاعي. ومتوسط استهلاك الوحدة السكنية السورية يساوي 448 ك.و.س/ سنة وحدة سكنية.

الجدول (1-13) تكملة توزيع استهلاك الطاقة الكهربائية في الأبنية السكنية على مختلف الخدمات سنوياً

نوع الخدمات	الأبنية السكنية الحضرية			الأبنية السكنية الريفية			متوسط استهلاك الوحدة السكنية
	نسبة الطاقة المستهلكة في المنطقة السكنية (ك.و.س)	نسبة الطاقة المستهلكة في المنطقة السكنية (ك.و.س)	نسبة الطاقة المستهلكة في المنطقة السكنية (ك.و.س)	نسبة الطاقة المستهلكة في المنطقة السكنية (ك.و.س)	نسبة الطاقة المستهلكة في المنطقة السكنية (ك.و.س)	نسبة الطاقة المستهلكة في المنطقة السكنية (ك.و.س)	
الإدارة	100	1980	455	95	514,4	700	
تسخين مياه الخدمات	68	2178	1350	20	321,3	666	
الدفليات الكهربائية	68	792	300	20	71,4	225	
التكييف	26	1500	-	-	-	162	

48	11,9	50	20	111,2	200	40	المراوح الكهربائية
534	594	60	550	1540	100	550	الثلاجات والمجمدات
54	-	-	-	139	10	1000	مضخات كهربائية
182	190,4	80	200	278	100	200	تلفاز
448	531,3	-	448	623,2	-	448	خدمات أخرى
2988	2035,5	-	1323	5668,8	-	7711	المجموع

يتضح أن نسب توزيع استهلاك الطاقة على مختلف الخدمات يأتي كما يلي :

الخدمة	الإدارة	تسخين مياه الخدمات	التطبيقات الكهربائية	التكييف	المراوح الكهربائية	الثلاجات والمجمدات	مضخات كهربائية	تلفاز	خدمات أخرى
النسبة (%)	22,91	22,03	7,42	3,41	1,6	17,73	1,8	6,08	15,01
رقم الأفضلية	1	2	4	6	8	3	7	5	

يتبين أن تسلسل الخدمات الثلاث الأولى الأكثر استهلاكاً للطاقة الكهربائية هو: الإنارة، وتسخين مياه الخدمات، والثلاجات والمجمدات. وسوف تدرس الأفاق الممكنة لترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في كل من هذه الخدمات.

13-2 فرص ترشيد استهلاك الطاقة وإمكاناته في الإنارة في الجمهورية العربية السورية :

13-2-1 فرص وإمكانات ترشيد استهلاك الطاقة في إنارة الأبنية السكنية :

يفترض أن قدرة الإنارة في الحدة السكنية الحضرية التي تساوي 500 وات، موزعة على:

(أ) 5 مصابيح شمع متوهجة قدرة كل منها 40 وات وعمره التشغيلي 1000 ساعة وقيضه 720 لومن.

(ب) 5 مصابيح متوهجة عالية قدرة كل منها 60 وات وعمره التشغيلي 1000 ساعة وقيضه 920 لومن، يمكن استبدال مصباح الشمعة المتوهج بمصباح فلوريسنت مدمج

نحيف قدرته 11 واط وعمره التشغيلي 6000 ساعة وفيضه 600 لومن، كما يمكن استبدال المصباح المتوهج 60 واط بمصباح فلوريسنت مدمج 15 واط وعمره التشغيلي 12000 ساعة، وفيضه الضوئي 900 لومن. يبين الجدول (2-13) مقدار الوفرة الذي يمكن تحقيقه من جراء هذا التبديل.

الجدول (2-13) الوفرة المحقق من جراء استبدال أجهزة الإنارة التقليدية بأجهزة إنارة موفرة للطاقة في الوحدة السكنية النموذجية

الوحدة السكنية في المخطط	العدد	المصباح القديم					المصباح الجديد				
		نوعه	فترة (ساعات)	فيضه (لومن)	عمره (ساعات)	مقداره (واط)	نوعه	فترة (ساعات)	فيضه (لومن)	عمره (ساعات)	مقداره (واط)
أ	5	لمبة متوهج	40	120	1000	0,5	فلوريسنت مدمج	11	600	6000	9
ب	5	متوهج	60	940	1000	0,15	فلوريسنت مدمج	15	900	12000	10,25
الوحدة السكنية في المخطط ج	6	مصابيح متوهج	60	920	3000	0,15	فلوريسنت مدمج	15	900	12000	10,25

فترة التشغيل المسوية (ساعة)	الاستهلاك السنوي للمصابيح القديمة (ك.و.س.)	الاستهلاك السنوي للمصابيح الجديدة (ك.و.س.)	الوفرة السنوية في استهلاك الطاقة (ك.و.س.)	مجموع الوفرة السنوية (ك.و.س.)	فترة المعادلة (سنة)	كلفة المصابيح القديمة خلال فترة المعادلة (دولار)	كلفة المصابيح الجديدة (دولار)	الفارق في الكلفة (دولار)	توفير في استهلاك الطاقة خلال فترة المعادلة (ك.و.س.)
أ- 1800	360	99	261	666	3	$0,33 \times 6 \times 10 = 5$	45	35	783
ب- 1800	540	135	405	351	6	$0,33 \times 12 \times 20 = 5$	51,25	31,25	2438
ج- 1300	468	117	351	351	6	$0,33 \times 12 \times 24 = 6$	61,5	37,5	2106

ولما كانت قيمة الطاقة الموفرة وفترة استرداد رأس المال تعتمد على تعرفه الكهرباء لذا يظهر في الجدول التالي رقم (13-3) فترة استرداد رأس المال حسب تعرفه الكهرباء المطبقة أو التي يمكن تطبيقها في الجمهورية العربية السورية.

الجدول (13-3) قيمة الطاقة الموفرة وفترة استرداد رأس المال نتيجة استخدام أجهزة إنارة موفرة للطاقة في القطاع المنزلي في الجمهورية العربية السورية

تعريف الشريحة (مئتي/ك.و.س)	1.01	1.5	3	4	4.5	5
أ	7,91	11,75	23,5	31,32	35,24	39,15
ب	24,54	36,45	72,9	97,2	109,35	121,5
ج	21,27	31,59	63,18	84,24	94,77	105,3
أ	4,42	2,98	1,49	1,12	0,99	0,89
ب	1,27	0,86	0,42	0,32	0,29	0,26
ج	1,76	1,03	0,59	0,45	0,39	0,36

يتضح من ذلك انه :

(1) يمكن توفير 666 ك.و.س. سنوياً، في الوحدة السكنية الحضرية، و351 ك.و.س. سنوياً في الوحدة السكنية الريفية أي بمتوسط 525 ك.و.س/ سنة من كل وحدة سكنية في الجمهورية العربية السورية.

(2) ولا مصلحة لمستهلكي الشريحة الأولى والثانية في تغيير مصابيح الشمعة النخيفة المتوهجة بمصابيح فلوريسنت نخيفة مدمجة موفرة للطاقة، لأن فترة استرداد ثمنها أقل من فترة عمرها التشغيلي. فيما عدا ذلك فإن لجميع مستهلكي شرائح الكهرباء، بما فيهم الشريحة الدنيا في المدن والريف، مصلحة بتغيير المصابيح المتوهجة بمصابيح فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة حتى لو كان سعرها غالياً لأن فترة استرداد رأس المال قصيرة تبدأ بسنة وربع تقريباً في الحضر، وستين إلا ربع في الريف بالنسبة

لتعريف الشريحة الدنيا، وتنتهي برربع سنة أو ثلث سنة في الشريحة المفترضة التي فيها التعريف تساوي 5 سنت / ك.و.س.

من جهة أخرى يمكن تحقيق وفر في استهلاك الطاقة الكهربائية من جراء تغيير مصابيح الإنارة العادية المتهوجة بمصابيح إنارة فلوريسنت مدمجة موفرة للطاقة، مقداره في الوحدات السكنية الحضرية 925,75 ج.و.س.، وفي الوحدات السكنية الريفية 396,8 ج.و.س. وبالتالي فإن إجمالي الوفر في طاقة الإنارة في الأبنية السكنية يساوي 1322,55 ج.و.س. ويمثل ذلك ما نسبته 6,81 في المئة من إجمالي الاستهلاك القطاعي للكهرباء في الجمهورية العربية السورية، كما يمثل 14,9 في المئة من الطاقة الكهربائية المستهلكة في قطاع الأبنية، و 17,17 في المئة من الطاقة الكهربائية المستهلكة في قطاع الأبنية السكنية كما يمثل 75 في المئة من الطاقة المستهلكة في الإنارة.

يتضح من هذا العرض أن :

- لشركات توليد الطاقة الكهربائية ونقلها ولشركات توزيع واستثمار الطاقة الكهربائية مصلحة في استخدام المواطنين للمصابيح الموفرة للطاقة في الإنارة بدلاً من المصابيح المتهوجة وذلك ترشيداً لاستهلاك الطاقة الكهربائية وتخفيضاً للطلب عليها في ساعات الذروة.

- للاقتصاد الوطني مصلحة في استخدام المواطن أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة، وذلك بسبب الدعم الذي تقدمه الدولة لاستهلاك الكهرباء. إذ إن الكلفة المالية لتوليد الطاقة الكهربائية تساوي 5 سنت أمريكي/ ك.و.س. في حين يباع إلى المستهلك وفق أعلى شريحة بـ 3 سنت/ ك.و.س. أي تساهم الدولة بـ 40 في المئة على الأقل من كلفة الطاقة المستهلكة. فترشيد الاستهلاك يخفف العبء، عن ميزانية الدولة، الناتج عن الدعم.

- للمواطن (المستهلك) مصلحة في توفير استهلاك هذه الطاقة في الإنارة إذ تنخفض قيمة الفاتورة التي يدفعها حتى لو كانت مدعومة، إذ قد تنتقل شريحة استهلاكه إلى الشريحة الأخفض التي فيها التعريفة 1,5 سنت/ك.و.س.

13-2-2- اقتراح خطة ترشيد استهلاك الطاقة في إنارة الأبنية السكنية من خلال استبدال مصابيح الإنارة

لا يمكن تحقيق الترشيد في استهلاك الطاقة الكهربائية في الإنارة دفعة واحدة أو خلال فترة زمنية قصيرة. إذ أن ذلك يتطلب جهوداً متعددة الجوانب، سواء من جهة المستهلك وتوافر القناعة لديه من جدوى التغيير من المصابيح الكهربائية الحالية التي يستخدمها، التي تعتبر نسبياً رخيصة حتى لو كان عمرها قصيراً، إلى المصابيح الموفرة للطاقة، التي سعرها مرتفع مما لا يسهل عليه دفعها. أو من جهة توافر طلب المصابيح في السوق المحلية إذ إن زيادة الطلب عليها سيدفع البائعين بالتدريج إلى توفيرها، وقد يكون ازدياد الطلب سبباً في ترخيص أسعارها. ومن جهة الدولة والمؤسسات الكهربائية صاحبة المصلحة في ذلك التي لا بد لها من تسهيل حصول المستهلك على هذه المصابيح، وذلك بالسعي لدى الجهات الجمركية بتخفيض الضرائب الجمركية عليها (حتى قد يكون إعفاؤها من الجمارك خطوة مشجعة لترخيص أسعارها)، والسعي لدى المصارف بتقديم القروض الميسرة للمستهلك للتمكن من التحول إلى هذا النوع من المصابيح، إن لم تكن نفس المؤسسات قادرة على تقديم هذه المصابيح بالتقسيط، وإضافة أسعارها على فاتورة الكهرباء التي تحصل من المواطن كل شهرين. فإذا تم أخذ جميع العوامل السابقة بعين الاعتبار أمكن وضع خطة لإدخال أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة في حياة المستهلكين في الحضر والريف. فإذا كان عدد المصابيح الموفرة للطاقة اللازمة للمدن 6,95 ملايين مصباح فلوريسنت مدمج رفيع، ونفس العدد لمصابيح فلوريسنت وكان عدد المصابيح اللازمة للريف 7,14 ملايين مصباح فلوريسنت مدمج. فإذا تمت عملية الاستبدال خلال فترة عشر سنوات، بحيث يتم كل سنة استبدال مصابيح الإنارة المتوهجة بمصابيح موفرة للطاقة في 220 ألف

وحدة سكنية في المدن وفي 180 ألف وحدة سكنية في الريف ستؤدي إلى توفير طاقة كهربائية مقدارها 268,6 ج.و.س. ويمكن أن تتم عملية الاستبدال وفق أحد السيناريوهات التالية:

السيناريو الأول أن تقوم شركات الكهرباء التابعة للمؤسسة العامة لتوزيع واستثمار الطاقة الكهربائية بشراء المصابيح الموفرة للطاقة وتوزيعها على الوحدات السكنية المقرر استبدال مصابيحها، واستمرار تقاضي نفس قيمة فاتورة الكهرباء التي كانت متوجبة قبل التبدل حتى تستوفي قيمة هذه المصابيح (وهذا ما تقوم به شركة كهرباء الإسكندرية في جمهورية مصر العربية) تشجيعاً لتعميم استخدام أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة لدى مشتركيها. أو تضاف قيمة 500 ليرة سورية / شهر في الحضر وقيمة 300 ليرة سورية / شهر في الريف على الفاتورة الثانية التي تلي التركيب، فاسحة المجال أمام المستهلك ليعرف أن فاتورته الأولى بعد التركيب قد انخفضت قيمتها وأنه سيدفع الفرق، خلال سنة خمس مرات فقط في الحضر و 6 مرات في الريف، وتجدر الإشارة إلى أن المستهلك يزداد ثقة بالمؤسسات عندما يجد شركة الكهرباء هي التي تتبنى العملية.

السيناريو الثاني هو تشجيع المستهلك، الذي لا يملك قيمة تغيير المصابيح بنفسه، باقتراض ثمنها من أحد المصارف المخصصة لذلك وتسديده الأقساط بشكل منفصل عن فاتورة الكهرباء، وهذا لا بد من تكليف مصرف معني بذلك، وتخفيف الأعباء المترتبة عن معاملة القرض إلى أقل حد ممكن.

السيناريو الثالث أن تقوم شركات خاصة بالاستثمار في هذا المجال وتسمى " شركات خدمات الطاقة " باستبدال المصابيح على نفقتها الخاصة وتتقاضى نسبة من التكاليف لقاء أتعابها وفق الأسلوب الذي يرضى به المستهلك والشركة. ويحتاج أي من هذه السيناريوهات إلى وضع الضوابط اللازمة للتأكد من سلامة وصحة التنفيذ.

13-3- إمكانات ترشيد استهلاك الطاقة وفرصه في تسخين مياه الخدمات

إن 60 في المئة من مساكن المدن على الأقل تستخدم سخان مياه كهربائي، والباقي يستخدم التسخين بالمازوت، أو بالغاز، إما من خلال جهاز تسخين خاص بذلك أو من خلال دائرة التدفئة المركزية. كما أن 10 في المئة من مساكن الريف تستخدم سخان مياه يدوي، والباقي يستخدم المازوت أو الكيروسين أو الغاز للتسخين مباشرة. رتبين أو تسخين مياه الخدمات هو المستهلك الأكبر الثاني للطاقة الكهربائية في الأبنية السكنية بعد الإنارة ويمكن إجراء ترشيد الاستهلاك من خلال تحقيق تخفيض في استهلاك الطاقة الكهربائية، إلا أن استخدام جهاز التسخين الشمسي لمياه الاستخدام يلغي استهلاك الكهرباء والمازوت والغاز لتسخين المياه ويستعاض عنها بالطاقة الشمسية المتوافرة خلال 330 يوماً في السنة، أي خلال 90 في المئة من أيام السنة، في جميع المحافظات السورية حضراً وريفاً.

إلا أن العوائق التي تقف أمام استخدام أجهزة التسخين الشمسي في سورية متعددة منها:

- ارتفاع تكاليف التأسيس اللازمة لجهاز التسخين الشمسي.
- عدم وجود الحوافز المشجعة للمستهلك لاستخدامها.
- رخص تعريف البدائل سواء الكهرباء أو المازوت المدعومين من الدولة بنسب كبيرة.
- عدم تمكن العديد من القاطنين في الأبنية القائمة المتعددة الطوابق من تركيب أجهزة التسخين الشمسي بسبب عدم توافر مكان على سطح البناء، إما بسبب الملكية الخاصة للسطح الأخير من البناء أو عدم تنظيم استخدامه، إذا كان ذا ملكية مشتركة، أو بسبب انتشار صحنون الاستقبال التلفزيوني للبث الفضائي.

13-4- فرص ترشيد استهلاك الطاقة من خلال تحسين كفاءة التلاجات (البرادات)

إن متوسط الطاقة الكهربائية المستهلكة في التلاجة 550 ج.و.س./ سنة للتلاجة وفي دراسة أولية قام بها مشروع تخطيط حفظ الطاقة افترض أن استهلاك التلاجة يساوي (650 ك.و.س./ سنة) وأنه يمكن تحسين كفاءة التلاجة وتخفض استهلاكها إلى 450

ك.و.س./ سنة ويعتمد استهلاك الطاقة في التلّاجة على نمط استخدامها. ويفرض إمكانية تحقيق توفير في استهلاك الطاقة المستخدمة في التلّاجة مقداره 100 ك.و.س./ سنة تلّاجة هذا يعني إمكانية توفير 139 ج.و.س في التلّاجات في الحضر و 71,4 ج.و.س. في التلّاجات في الريف أي ما مجموعه 210,4 ج.و.س./ سنة وهذا يمثل 18,18 في المئة من الطاقة الكهربائية المستهلكة في التلّاجات في الجمهورية العربية السورية، ويمثل 2,73 في المئة من إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية في الأبنية السكنية. وأشار إلى أن تحسين صناعة البرادات، وتحسين سبل استثمارها واعتماد أنظمة اللصاقات والمعايير المستخدمة في العديد من الدول سيساهم في تحسن الكفاءة وتحقيق وفر لا يقل عن 2,5 في المئة من إجمالي الطلب على الطاقة في عام 2020. ويحتاج تحقيق ذلك بشكل أساسي إلى تحفيز المصانع المنتجة للتلّاجات لتحسين منتجاتها ليصبح منافساً لمثيله في السوق العالمية، وإلى برنامج توعية مركز يقع أفراد الأسرة بإتباع جميع التعليمات بدقة، وإيجاد ما يحفزها للقيام بذلك وتبنيه كل من يرغب بشراء تلّاجة جديدة أن يهتم لمميزاتها الموفرة للطاقة.

13-5 إجراءات التحفيز على ترشيد كفاءة استهلاك الطاقة وتحسينها

13-5-1 في مجال السياسات والتشريعات

أ- تأكيد أهمية إنشاء هيئات وطنية مستقلة ومخصصة بترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها، ووضع استراتيجية متكاملة لذلك وإجراء الدراسات ووضع وتنفيذ الخطط والبرامج المتعلقة بذلك.

ب- إصدار التشريعات القانونية والمالية والضريبية والجمركية المناسبة لتحقيق البرامج وتسهيل تنفيذ الخطط الموضوعية في هذا المجال.

ج- وضع سياسات مناسبة لتسعير الطاقة وفق الكلفة الفعلية، للحد من الهدر في الاستهلاك،

ووضع التشريعات اللازمة وتطبيقها لاعتماد عدادات كهربائية متعددة الأغراض، وإدخال التعريفة الليلية والنهارية وأخرى عند الذروة.

13-5-2- في مجال مواصفات وأدلة العزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية وتخفيض

حمل التدفئة والتكييف

أ- وضع المواصفات القياسية وإصدارها للعزل الحراري للغلاف الخارجي للأبنية، والأدلة المناسبة لذلك وجعلها إلزامية للتطبيق في الأبنية الحديثة، والتشجيع والتحفيز على تطبيقها في الأبنية القائمة، وتضمينها في قوانين البناء، وتحديد الشروط المتعلقة بالعزل الحراري في التصميم والتنفيذ.

ب- وضع المواصفات القياسية الوطنية وإصدارها، لنظم التدفئة والتكييف والتهوية المركزية، ولأجهزة التدفئة والتكييف الفردية التي تحقق الأداء الأمثل والاستهلاك الأقل للطاقة، مع التأكيد على معدل كفاءة طاقة عالٍ، وجعلها إلزامية للتطبيق. ووضع المواصفات القياسية وإصدارها المتعلقة بأجهزة تسخين مياه الاستخدام بأنواعها وجعلها إلزامية.

13-5-3- في مجال مواصفات أجهزة الإنارة الموفرة للطاقة والأجهزة الكهربائية المنزلية

أ- وضع المواصفات القياسية وإصدارها المتعلقة بأجهزة الإنارة الموفرة للطاقة، ومتمماتها (الملفات الخائقة والعواكس والمقلمات) والتجهيزات والمعدات الكهربائية المنزلية.

ب- وضع المواصفات القياسية وإصدارها التي تنظم إلصاق اللوحات الاسمية على الأجهزة، ووضع كتيبات الإرشاد المناسبة للتشغيل والصيانة.

13-5-4- في مجال السلوك اليومي للأسرة

العمل على إدخال مفهوم ترشيد استهلاك الطاقة ضمن السلوك اليومي للأسرة من خلال:

أ- تعويد أفراد الأسرة (وخاصة الأطفال) على اتباع أساليب ترشيد استهلاك الطاقة، وجعل هذه الأساليب جزءاً من الحياة اليومية، وخاصة إطفاء أجهزة التكييف أو التدفئة

عند مغادرة الغرف أو المكان المنار أو المكيف، وإطفاء الأجهزة المكتبية عند الانتهاء من استخدامها.

ب- توعية الموظفين وتوعيمهم على إطفاء أجهزة الإنارة وأجهزة التكييف أو التفتة والأجهزة الكهربائية الأخرى عند انتهاء العمل، والتعود على استخدام الإنارة الموضوعية الموجهة وعدم استخدام الإنارة إذا كان ضوء الشمس كافياً.

4.3-5- في مجال التوعية والتدريب

اعتماد برنامج للتوعية والتأهيل المتكامل حول ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها يتضمن :

أ- جزء فنياً يتمثل في :

- تحديد التدابير والتدابير الفنية والنصائح اللازمة من أجل تحقيق ترشيد استهلاك الطاقة في قطاع الأبنية.

- نشر ثقافة ترشيد استهلاك الطاقة في المجتمع بدءاً من المرحلة الابتدائية والإعدادية وصولاً إلى الجامعة، وتشجيع الطلاب على إعداد مواضيع ودراسات ميدانية نموذجية حول ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها.

- رفع مستوى تأهيل الفنيين ومخذي القرار حول تحسين كفاءة استخدام الطاقة من خلال برامج تأهيل مناسبة لكل مستوى فني.

ب- جزءاً إعلامياً يتمثل بوضع برنامج توعية إعلامي يشمل :

- القيام بحملات إعلامية منظمة ودورية حول ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها في جميع وسائل الإعلام المقروءة والمسموعة والمرئية.

- إشراك الكتاب في وضع سيناريوهات، والاستعانة بالفنانين لترجمتها إلى أقطاعات تلفزيونية تعرض لفترات قصيرة في المحطات التلفزيونية الوطنية مرات متعددة يومياً وبأوقات مناسبة، أو إلى تمثيليات ومسلسلات تلفزيونية تحض على ترشيد استهلاك الطاقة من خلال الممارسات اليومية، ودفع الأنعاب والتكاليف المترتبة على ذلك.

ج- جزءاً مالياً يتمثل برصد الأموال اللازمة لتنفيذ برنامج التوعية المشار إليه،
ولتغطية التكاليف المطلوبة للمراحل المختلفة له، وانظر إلى ترشيح استهلاك الطاقة
وتحسين كفاءة استخدامها على أنه مجال مهم للاستثمار.





القسم التطبيقي

تطبيقات عملية ميدانية في إدارة الطاقة
وتحسين كفاءة استخدامها



سيتم في هذا القسم استعراض الإجراءات التطبيقية للاستفادة من ترشيد استهلاك الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها وذلك في المنشآت الاقتصادية في القطر سواء منها الصناعية أم الخدمية أو السياحية حيث سيتم عرض نموذج لاستمارة نملاً من قبل الفريق الفني الذي يقوم بعمليات المسح والتدقيق لكل منشأة براد. إجراء تدقيق طاقي لها والذي يمكن أن يتم بطريقتين :

أ- تدقيق طاقي أولي (walk throw way) وهو كشف أولي على واقع استهلاك الطاقة في المنشأة وتحديد المواقع والأماكن والمفاصل التي يمكن أن يجري فيها ترشيد للاستهلاك أو تحسين لكفاءة استخدام الطاقة .

ب- تدقيق طاقي تفصيلي يتم بعد إجراء التدقيق الأول المذكور أعلاه حيث يجري تدقيق طاقي تفصيلي لكل مفصل من المفاصل (قسم من الأقسام) ولكل نوع من أنواع الطاقة المستخدمة في المنشأة المراد إجراء تدقيق تفصيلي لها ويستنتج في نهاية هذا التدقيق الإجراءات الواجب اتخاذها لتحسين كفاءة استخدام الطاقة والدراسة الاقتصادية التي تبين مدة استرداد رأس المال لكل تطبيق أو إجراء متخذ والمقترحات والتوصيات.

لقد تم اعتماد نماذج استمارات المسح وتدقيق الطاقة الأولي والتفصيلي المعتمدة من قبل المركز الوطني لبحوث الطاقة في الجمهورية العربية السورية التابع لوزارة الكهرباء الذي أحدث على أثر تنفيذ مشروع تخطيط وحفظ الطاقة بالتعاون مع عدة وكالات ومنظمات دولية مختصة منها : برنامج الأمم المتحدة الإنمائي UNDP ومرفق البيئة العالمي GEF بدءاً من عام 1999 ، والذي شارك فيه العديد من الزملاء الأساتذة في الجامعات السورية المختلفة، وتم إثر ذلك وضع ونشر برنامج كفاءة الطاقة الوطني NEEP ومن ثم جرى استحداث دائرة أو مديرية مختصة في كل منشأة حسب كبر أو صغر المنشأة تعنى بمسائل ترشيد وكفاءة الطاقة في تلك المنشأة.

إن مفهوم ترشيد الاستهلاك لا يعني التقليل أو التوقف عن الاستهلاك وإنما إزالة -ظواهر الهدر في الاستخدامات اليومية للطاقة. لذلك جاء هذا التطبيق العملي

ليشير ويركز على مناطق الخلل والهدر (إن وجدت) بغية تلاقيها وتجاوزها وطرح البدائل بهدف ترشيد وتحسين كفاءة استخدام الطاقة.

ويجب أن تحتوي استمارة التدقيق الطاقوي بشكل عام على الملخص التنفيذي للعمل المراد القيام به من حيث الوصف العام للمنشأة وموقعها، ووصف الشبكة الكهربائية المغذية لها، وطبيعة الأحمال والتجهيزات واستطاعاتها ومصدر التغذية، ونظام الإضاءة، والقياسات التي تمت (الخاصة بالإضاءة وقياسات الأحمال الكهربائية في المنشأة)، وفرص ترشيد كفاءة استخدام الطاقة ورفعها (الاستفادة من الإضاءة الطبيعية، تحسين عامل الاستطاعة) وتوصيات عامة، وتحسين كفاءة الطاقة والتأثير على البيئة، والحسابات التفصيلية لفرص ترشيد ورفع كفاءة استخدام الطاقة، إضافة إلى المقترحات والتوصيات

1- نماذج استثمارات تدقيق الطاقة الأولي والتفصيلي المعتمدة في المركز الوطني لبحوث الطاقة

1-1- نموذج استمارة تدقيق طاقة أولي⁽⁵⁰⁾

1-1-1- وصف المنشأة:

- موقع المنشأة.... - المحافظة - المنطقة....
- تبعية المنشأة لوزارة..../المؤسسة العامة, - وتنتج.....

1-1-2- استهلاك الطاقة في المنشأة :

الجدول (A 1) كميات استهلاك الطاقة وتكاليفها في المنشأة لعام 2006

مصدر الطاقة	الوحدة	الكمية	القيمة
كهرباء (من الشبكة)	ك.و.س		
كهرباء (توليد ذاتي)	ك.و.س		
مازوت	ليتر		
فحم (وقود ثقيل)	طن		

⁵⁰ وزارة الكهرباء، المركز الوطني لبحوث الطاقة، تقرير تدقيق طاقة أولي لمنشأة/شركة

1-1-3- وصف الشبكة الكهربائية

- تغذي الشبكة الكهربائية من الشبكة العامة على التوتر المنخفض (أو المتوسط) من خلال محولات كهربائية موضوعة بياناتها في الجدول (A 2).
 - يوجد مجموعة (مجموعات) توليد احتياطية باستطاعة إجمالية () ك. فار وهي بحالة فنية (جيدة/غير جاهزة) للعمل في حال انقطاع التيار الكهربائي.
 - هل المنشأة مزودة بعداد ردي؟
 - ما قيمة عامل الاستطاعة الوسطي في المنشأة؟
 - كم تدفع الشركة نتيجة انخفاض عامل الاستطاعة غرامة مالية؟
- الجدول (A 2) بيانات المحولات الكهربائية المغذية للشركة.

#	اسم المحولة	استطاعة المحولة	استطاعة لوحة المكثفات	الوضع الفني للمكثفات
1				
2				
3				
4				
5				

1-1-4- نظام توزيع البخار

- كيف يتم توليد البخار؟ ما هو ضغط تشغيل مراحل () واستطاعة إنتاجية إجمالية () طن/ساعة وتستهلك المراحل سنوياً () طن /وقود. وفق الجدول (A 3)

الجدول (3 أ) بيانات المراحل

#	اسم المرحل	الضغط بار	نوع الوقود مازوت/قبول	أساسي/احتياط
1				
2				
3				
4				
5				

- هل يتم توزيع البخار بواسطة شبكة أنابيب؟ وهل هي طويلة/قصيرة؟ وهل هي معزولة/غير معزولة؟ وهل عزلها جيد/سيء؟ وهل يوجد تسريبات كثيرة/قليلة في أنابيب البخار؟

- هل يتم استخدام البخار في الآلات والعمليات الإنتاجية بشكل مباشر/غير مباشر -- هل يتم/لا يتم تجميع البخار المستخدم بشكل غير مباشر في خزان متكاثف والاستفادة منه وإعادةه إلى السرجل عند درجة حرارة

هل يتم إجراء صيانة دورية (كل ؟ شهر/سنة) لنظام السرجل؟ يتم فيه -- صيانة الفلات واستبدال الفائف منها-- تنظيف المرحل من الداخل من مخلفات عملية الاحتراق، -- إزالة الترسبات الكلسية الموجودة داخل السرجل). كما يتم بشكل دوري تنفيذ عملية التفوير لتصريف المياه زائدة الملوحة من داخل المرحل منعاً لاحتراق ترسبات داخل المرحل، وتتم عملية التفوير بمعدل () مرة كل يوم.

1-1-5-نظام الإنارة :

- تستخدم المصابيح (الفلوريسانتية -- المتوهجة -- بخار زئبق -....) لإنارة صالات الإنتاج وتستخدم مصابيح (بخار زئبق، -- صوديوم،....) لإنارة الساحات في الشركة.

ويوضح الجدول (A 4) بيانات نظام الإنارة. ويبلغ الحمل الكلي للإنارة () ك. واط تقريباً.

الجدول (A 4) بيانات نظام الإنارة

#	مصابيح متوجة	مصابيح فلوريسانت	مصابيح بخار زئبق
العدد			

- من خلال الجولة الميدانية لوحظ:

1. وجود عدد من المصابيح تعمل في النهار دون الحاجة لها،
2. وجود عدد من المصابيح في حالة تشغيل دون وجود أشخاص في المكان،
3. وجود عدد (كبير / قليل) من المصابيح المعطلة موصولة للتغذية الكهربائية.
4.

6-1-1- نظام المحركات الكهربائية

- تستخدم المحركات الكهربائية بشكل رئيس لأغراض (التهوية / ضخ المياه / خطوط إنتاج) وتشكل نسبة () % من الحمل الكهربائي الإجمالي. وفق الجدول (A5)

الجدول (A 5) بيانات المحركات

رقم	الاستطاعة الاسمية (ك.وات)	عدد المحركات المشابهة	الكفاءة الاسمية %	نمط الحمل إنتاج، مضخات، مراوح، ...
1				
2				
3				
4				

1-1-7- أنظمة أخرى:

يوجد في الشركة العديد من الأنظمة المستهلكة للطاقة والمساعدة في العملية الإنتاجية،

5	4	3	2	1	
					اسم الضاغط
					أساسي/احتياط
					ضغط التشغيل (بار)
					الضغط الأعظمي (بار)
					الاستطاعة الكهربائية (ك.وات)
					- اسم المبرد
					أساسي/احتياط
					السعة (طن تبريد)
					استطاعة المحرك (ك.وات)

ويبين الجدول (A 5) بيانات نظام ضواغط الهواء ووحدات التبريد

الجدول (A 6) بيانات نظام ضواغط الهواء ووحدات التبريد

1-1-8- إجراءات ترشيده استهلاك الطاقة التي نفذتها الشركة سابقاً

-- قامت الشركة بتنفيذ عدد من الإجراءات في مجال ترشيده استهلاك الطاقة خلال

الدرجعة السابقة وهي:

- 1.
- 2.
- 3.

1-1-9- التوصيات والمقترحات:

- تبين من خلال الزيارة الميدانية وجود العديد من الملاحظات أهمها:

- 1.
- 2.

ويقترح على الشركة أن تقوم بتنفيذ الإجراءات الآتية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة:

- 1.
- 2.

1-2- نموذج استثمار تدقيق الطاقة تفصيلي (51)

1-2-1- معلومات عامة:

- اسم المنشأة.....
- اسم المؤسسة العامة.....
- العنوان.....
- رقم الهاتف.....
- رقم الفاكس.....
- البريد الإلكتروني.....
- موقع الإنترنت.....
- اسم مدير المنشأة.....
- اسم المسؤول عن الصيانة في المنشأة.....
- المكلف من المنشأة للتعاون مع فريق تدقيق الطاقة.....

⁵¹ وزارة الكهرباء/ المركز الوطني لبحوث الطاقة، نموذج استثمار تدقيق الطاقة تفصيلي

2-2-1- بين نوع النشاط في المنشأة حسب تصنيفها، و اذكر أهم المنتجات التي تنتجها.

1-2-3- متى تم البدء بتشغيل المنشأة وفي حال تم إجراء توسيع أو تحديث على المنشأة يرجى ذكره مع التاريخ؟

1-2-4- ما هو عدد العاملين في المنشأة حسب الاختصاص (اكتسب السرقم فسي المربع)؟

- ما هو عدد الموظفين الإداريين؟

- ما هو عدد المهندسين السيكانيكيين؟

- ما هو عدد المهندسين الكهربائيين؟

- ما هو عدد المجازين في الكيمياء؟

- ما هو عدد مهندسي الإلكترونيات؟

- ما هو عدد خريجي المساهد الفنية؟

- ما هو عدد العمال المهنيين؟

- ما هو عدد حملة الثانوية؟

3-2-3- أوقات العمل في المنشأة:

وقت بدء العمل	
وقت انتهاء العمل	
عدد ورديات العمل	
عدد أيام العمل أسبوعياً	
هل تعمل المنشأة أثناء العطلة الرسمية	

1-2-6- يرجى تقديم مخطط يوضح الموقع العام للمنشأة وتوضع الأبنية ضمن المنشأة.

1-2-7- يرجى تقديم مخطط صندوقي يوضح مراحل العملية الإنتاجية في المنشأة.

1-2-8- بيانات الإنتاج في المنشأة لعام :

بيانات عام ()	1	2	3	4
اسم المادة المنتجة				
وحدة القياس				
كمية الإنتاج				
قيمة الإنتاج (مليون ل.س)				

1-2-9- بيانات استهلاك الطاقة والمياه

أ- إجمالي استهلاك الطاقة

مصدر الطاقة	الوحدة	الكمية	القيمة
كهرباء (من الشبكة)	ك.و.س		
كهرباء (توليد ذاتي)	ك.و.س		
مازوت	ليتر		
فول (وقود ثقيل)	طن		
غاز طبيعي	م ³		
غاز مسال	كغ		
أخرى (حدد)			

ب- تفصيل استهلاك الوقود خلال أشهر السنة

علم ()	مازوت ليتر	الكلفة ل.س	فيل (وقود ثقيل) طن	الكلفة ل.س	غاز طبيعي م ³	الكلفة ل.س
كانون 2						
شباط						
آذار						
نيسان						
أيار						
حزيران						
تموز						
أب						
أيلول						
تشرين 1						
تشرين 2						
كانون أول						

ج- تفصيل استهلاك الطاقة الكهربائية خلال أشهر السنة

عام ()	الاستهلاك الطبيعي ل. م. م.	الكلفة ل. م.	عام الاستخدام ل. م.	غرامة ل. م.	حجم ل. م.	إجمالي الطاقة ل. م.	الاستهلاك وفقاً للخدمة التالية ل. م.		
							نهار	ليرة	ليرة
كانون 7									
شباط									
آذار									
نيسان									
ايار									
حزيران									
تموز									
أب									
ايلول									
أغسطس									
تشرين 1									
تشرين 2									
كانون 1									

يرجى إكمال:

- نسخة عن آخر فاتورة كهربائية.
- أسعار وكلفة الطاقة.

د- توزيع استهلاك الطاقة حسب تجهيزات الاستخدام النهائي

الاستخدام النهائي	الكهرباء %	الغاز %	المازوت %	الغاز الطبيعي %
المراجل والمسخنات				
الأفران				
المجففات				
المحركات والمضخات				
المولدات الكهربائية				
وحدات التبريد				
الإضاءة				
نظم التكييف				
النقل (ضمن المنشأة)				

هـ- استهلاك المياه

العام ()	الاستهلاك (م ³)	التكاليف لـ...
كانون 2		
شباط		
أذار		
نيسان		
أيار		
حزيران		
تموز		
آب		
أيلول		
تشرين 1		
تشرين 2		
كانون أول		

هل هناك محطة معالجة المياه ؟ ☐ نعم / ☐ لا

هل هناك عملية إعادة استخدام للمياه المستعملة ؟ ☐ نعم / ☐ لا

1-2-10- بيانات النظم الكهربائية

أ- بيانات المحولات الكهربائية

رقم المحولة	محولة 1	محولة 2	محولة 3	محولة 4	محولة 5
الاستطاعة (ك.ف.أ) .					
أساسية/احتياط					
الجهد العالي (ك.فولت)					
الجهد المنخفض (فولت)					
الممالة (Z) %					
وضعية المبدل					
استطاعة لوحة المكثفات (ك.فار)					
استطاعة كل مرحلة					

يرجى تقديم

- منحني الحمل اليومي في حال وجوده.
- مخطط الشبكة الكهربائية.

ب- بيانات مجموعات التوليد

4	3	2	1	
				اسم مجموعة التوليد
				الاستطاعة الاسمية (ك.ف.أ)
				الاستطاعة الفعلية (ك.وات)
				أساسية/احتياط
				مردود المجموعة (%)
				عدد ساعات التشغيل سنوياً
				تكلفة تشغيل المجموعة (ل.س)
				الكهرباء المنتجة (ك.و.س)

ج- بيانات نظام التجارة

عدد ساعات التصوير الفوتوغرافية	المخاطبة لسلطات التشريع (رات)	المخاطبة للصياح الرافعة (رات)	عدد التصاريح مكن هنا	عدد الأخيرة	نوع التصريح	نوع التوقيع	#
							1
							2
							3
							4
							5
							6
							7
							8
							9
							10

هـ- بيانات الآلات الكهربائية

عدد ساعات التشغيل السنوية	طبيعة العمل	الاستطاعة الاسمية لكوات	اسم الآلة	اسم الموقع	#
					1
					2
					3
					4
					5
					6
					7
					8
					9
					10

11-2-1- بيانات نظام توليد وتوزيع البخار

أ- بيانات المراجع البخارية:

عدد ساعات التشغيل السنوية	حالة التشغيل احتياطي/ دائم	استهلاك الوقود كغ/ساعة	وقود التشغيل	الضغط بار	الإنتاجية طن بخار/ ساعة	تاريخ تركيبه	النوع (أنابيب لبيب أو ماء)	اسم المرجل	#
									1
									2
									3
									4
									5

أ- بيانات التقوير (تصريف المياه زائدة الملوحة من المرجل)

#	اسم المرجل	معدل التقوير (مرة / يوم)	مدة التقوير دقيقة	معدل تصريف المياه م ³ /م ²	درجة حرارة المياه درجة مئوية	قياس نسبة الأملاح TDS لمياه التقوير
1						
2						
3						
4						
5						

ج- بيانات الآلات المستهلكة للبخار

عدد ساعات التشغيل السنوية	إمكانية التحويل إلى بخار غير مباشر؟ نعم/لا	هل يتم الاستفادة من المرجع (نعم/لا)	نظام استخدام البخار (مباشر/غير مباشر)	قطر أنبوب التغذية بالبخار سم	درجة حرارته درجة مئوية	ضغط البخار بار	العدد	اسم الآلة	اسم الموقع	#
										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
										8

د- بيانات نظام توزيع البخار

الوصلات والأنواع		الوصلات		مصادك البخار			عدد الألات	حالة الغزل	درجة حرارة سطح الأنبوب درجة مئوية	الضغط بار	الطول م	الفطر سم	اسم الخط	#
الحالة	العدد	الحالة	العدد	الحالة	العدد	العدد								
														1
														2
														3
														4
														5
														6
														7
														8
														9
														10

هـ بيانات مصائد البخار

الثقب الداخلي للمصيدة (أورفس) (سم)	قطر أنبوب البخار المركبة عليه المصيدة (سم)	حالة المصيدة تعمل/لا تعمل	نوع مصيدة البخار	اسم الموقع	#
					1
					2
					3
					4
					5
					6
					7
					8
					9
					10
					11
					12
					13
					14

12-2-1- بيانات نظام الأقراص والهواء المضغوط ووحدات التبريد

لـ بيانات الأقراص

حالة الحمل	حالة التشغيل	استهلاك الوقود طن / سنة	نوع الوقود	السعة الإنشائية طن / سا	عدد الحركات	تاريخ آخر صيانة	تاريخ بدء التشغيل	الأبعاد طول - عرض - ارتفاع (م)	اسم القرن	#
										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7

ب- بيانات نظام ضواغط الهواء (يرجى تكليم مخطط النظام بتحديد وتوزيع الهواء المضغوط)

4	3	2	1	
				اسم الضاغط
				الصالع
				رقم الموديل
				تاريخ وضعه بالخدمة
				أساسي/ احتياطي
				الطاقة الإنتاجية (م ³ /دقيقة)
				ضغط التشغيل (بار)
				الضغط الأعظمي (بار)
				الامتطاعة الكهربائية (ك. و. ل. ت)
				عدد ساعات التشغيل السنوية
				كفاءة المحرك الاسمية (%)

توصيف عمل نظام ضواغط الهواء (يرجى ذكر وصف آلية عمل الضاغط أو مجموعة الضواغط وتوصيف نظام التحكم الذي يتحكم بتشغيل مصدر قوة لضواغط حل وجوده)

ج- بيانات وحدات التبريد (chiller) :

رقم المبرد	1	2	3	4
الصانع				
نوع المبرد				
أساسي/احتياط				
تاريخ وضعه بالخدمة				
السعة (طن)				
استطاعة المحرك (ك.و.ات)				
الاستطاعة الإجمالية (ك.و.ات)				
درجة حرارة المياه الداخلة للمبرد				
درجة حرارة المياه الخارجة من المبرد				
نظام التكييف				
عدد ساعات التشغيل اليومية				

د- بيانات المضخات والمراوح المركبة على نظام التبريد

عدد ساعات التشغيل	الإنتاجية م ³ /دقيقة	أساسي/احتياط	الكفاءة الاسمية (%)	الاستطاعة (ك.وات)	اسم المضخة أو المروحة

2- دراسات حالة تدقيق طاقة أولي وتفصيلي

فيما يلي بعض الدراسات التي تم إنجازها من قبل مهندسي المركز الوطني لبحوث الطاقة (برنامج ترشيد استهلاك الطاقة) وبمشاركة بعض الزملاء الأساتذة في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق .

2-1- تقرير حالة تدقيق طاقة أولي للشركة الأهلية للغزل والنسيج معمل 2/ تشرين أول 2007

2-1-1- وصف الشركة: الشركة الأهلية للغزل والنسيج معمل 2

تقع الشركة في محافظة حلب في منطقة طريق اليرمون جانب مستشفى شيدان العمالي، وتتبع لوزارة الصناعة/ للمؤسسة العامة للصناعات النسيجية وتنتج غزل الخيوط القطنية والأقمشة وصباغتها.

2-1-2- استهلاك الطاقة في المنشأة :

الجدول (A 1) كميات استهلاك الطاقة وتكاليفها في المنشأة لعام 2006

مصدر الطاقة	الوحدة	الكمية	القيمة
كهرباء (من الشبكة)	ك.و.س	2515400	30795040 ل.س
كهرباء (توليد ذاتي)	ك.و.س	—	—
مازوت	طن	116152	797799,74 ل.س
فول (وقود ثقيل)	طن	35367	1991356,45 ل.س

3-1-2- استهلاك الطاقة في المنشأة :

تتغذى الشبكة الكهربائية من الشبكة العامة على الجهد المتوسط 20 K.V

الجدول (A 2) بيانات المحولات الكهربائية المغذية للشبكة

#	اسم المحولة	استطاعة المحولة	استطاعة لوحة التكتيفات	الوضع الفني للتكتيفات
1	محولة/1	500	250	ممتازة
2	محولة/2	500	250	ممتازة
3	محولة/3	630	—	—

يوجد ثلاث مجموعات توابل احتياطية باستطاعة إجمالية 2700 ك.فار وهي بحالة فنية جيدة للعمل في حال انقطاع التيار الكهربائي. المنشأة مزودة بعدد ردي وتبلغ قيمة عامل الاستطاعة الوسطي في المنشأة 0,93.

2-4-1- نظام توزيع البخار :

يتم توابل البخار عن طريق ثلاث مراحل بضغط تشغيل (10 ، و 5 ، و 3,5 بار) واستطاعة إنتاجية إجمالية 20 طن/ساعة وتستهلك المراحل سنوياً 116152 ليتر مازوت و 353670 طن فيول. يبين الجدول (A 3) بيانات المراحل.

الجدول (A 3) بيانات المراحل

#	اسم المراحل	الضغط بار	نوع الوقود مازوت/فيول	أساسي/احتياطي
1	فـ 1	10	فيول	دائم
2	تومبسون	5	فيول	احتياطي
3	تومبسون	3,5	فيول	احتياطي

ويتم توزيع البخار من خلال شبكة أنابيب طويلة معزولة وعزلها متوسط ولوحظ وجود تسريبات قليلة في أنابيب البخار، ويتم استخدام البخار في الآلات والعمليات الإنتاجية بشكل رئيس مباشر.

يتم دورياً كل سنة إجراء صيانة دورية لنظام للمراجل يتم فيه صيانة الفلات واستبدال التالف منها، تنظيف المرجل من الداخل من مخلفات عملية الاحتراق، إزالة الترسبات الكلسية الموجودة داخل المرجل. كما يتم بشكل دوري تنفيذ عملية التفوير لتصريف المياه زائدة الملوحة من داخل المرجل منعاً لحدوث ترسبات داخل المرجل، وتتم عملية التفوير يومياً بمعدل 5-6 مرات كل يوم.

2-1-5- نظام الإنارة :

تستخدم المصابيح الفلوريسانتية - الموهجة لإنارة صالات الإنتاج وتستخدم مصابيح موهجة لإنارة الساحات في الشركة. ويبلغ الحمل الكلي للإنارة 54,737 ك. واط

الجدول (A 4) بيانات نظام الإنارة

#	مصباح موهجة	مصباح فلوريسانت	مصباح بخار زئبق
العدد	38	536	_____

ولوحظ من خلال الجولة الميدانية:

أن المصابيح تعمل في النهار دون الحاجة لها، هناك عدد من المصابيح في حالة تشغيل دون وجود أشخاص في المكان.

2-1-6- نظام المحركات الكهربائية

تستخدم المحركات الكهربائية بشكل رئيس لأغراض خطوط الإنتاج وتشكل نسبة 90% من الحمل الكهربائي الإجمالي. ويبين الجدول (A5) بيانات المحركات الكهربائية ذات الاستطاعة الكبيرة في المنشأة

الجدول (A5) بيانات المحركات الكهربائية ذات الاستطاعة الكبيرة في المنشأة

رقم	الاستطاعة الاسمية (ك.وات)	عدد المحركات المشابهة	الكفاءة الاسمية %	نمط الحمل إنتاج، مضخات، مراوح، ...
1	98	/1/	72%	خط إنتاج فلتر
2	20	/8/	73%	النهائية خط إنتاج
3	75	/1/	75%	الترطيب خط إنتاج
4	37,5	/1/	80%	التدويرات SAVIO
5	29	/2/	82%	التحضير البرم

2-1-7- إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة التي نفذتها الشركة سابقاً:

قامت الشركة بتنفيذ عدد من إجراءات ترشيد استهلاك الطاقة خلال المرحلة السابقة

1. تركيب مكثفات عدد 2 للمحولة (1 و 2)

2. صيانة أنابيب البخار بشكل متوسط .

2-1-8- النتيجة والمقترحات:

من خلال الزيارة الميدانية تبين وجود العديد من الملاحظات أهمها:

1. عدم وجود دارة ربط بين وحدات التكيف والتحكم فيها.

2. عزل الخطوط بشكل متوسط.

3. عدم الاستفادة من الراجع في حال البخار بشكل غير مباشر

ويقترح على الشركة أن تقوم بتنفيذ الإجراءات الآتية لتحسين كفاءة استخدام الطاقة:

1. دارة ربط بين وحدات التكيف والتحكم فيها.

2. عزل الخطوط بشكل جيد.

3. محاولة الاستفادة من الراجع ما أمكن.

4. ربط المحولات مع بعضها حسب الحمولة.

2-2-2- تدقيق طاقة تفصيلي الشركة العربية السورية للألبان ومشتقاتها/معمل دمشق (50)

2-2-1- الوصف العام للمنشأة:

أنشأت الشركة العربية السورية للألبان ومشتقاتها (معمل دمشق) في عام 1958 وتقع في الجهة الشرقية لمدينة دمشق منطقة باب شرقي أول طريق الغوطة - دمشق. تتبع الشركة إدارياً للمؤسسة العامة للصناعات الغذائية في وزارة الصناعة. تعمل الشركة بنظام الوردية الواحدة (8 ساعات) باستثناء قسم إنتاج الحليب المعقم الذي يعمل بنظام ورديتان (8 ساعات الوردية الواحدة). ويوضح الجدول رقم (A6) عدد أيام العمل السنوية في كل قسم من أقسام الشركة.

الجدول (A6) عدد أيام العمل في الأقسام المختلفة للشركة.

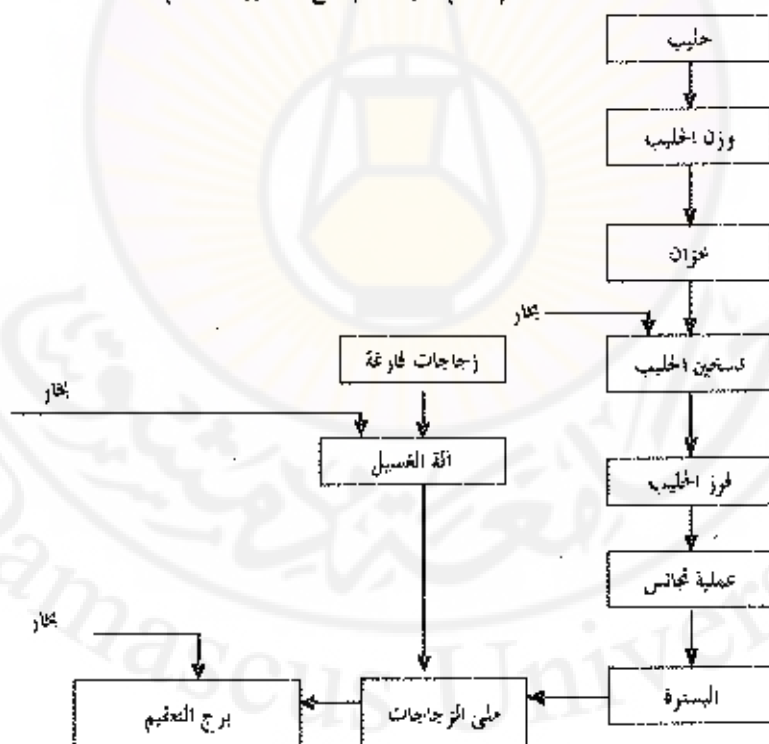
الاسم القسم	عدد أيام العمل يوم/سنة
الحليب المعقم	298
اللبن الرائب	309
اللبن المعب	288
اللبن المصفي	258
الجبن الأبيض	108
جبن قشقوان	192
سمنة	84
الزبدة المقطعة	56

⁵⁰ مصدر هذا الجزء رسالة ماجستير؛ تطبيقات عملية ميدانية في إدارة الطاقة وتحسين كفاءة استخدامها؛ المهندس أيمن إدريس؛ 2008

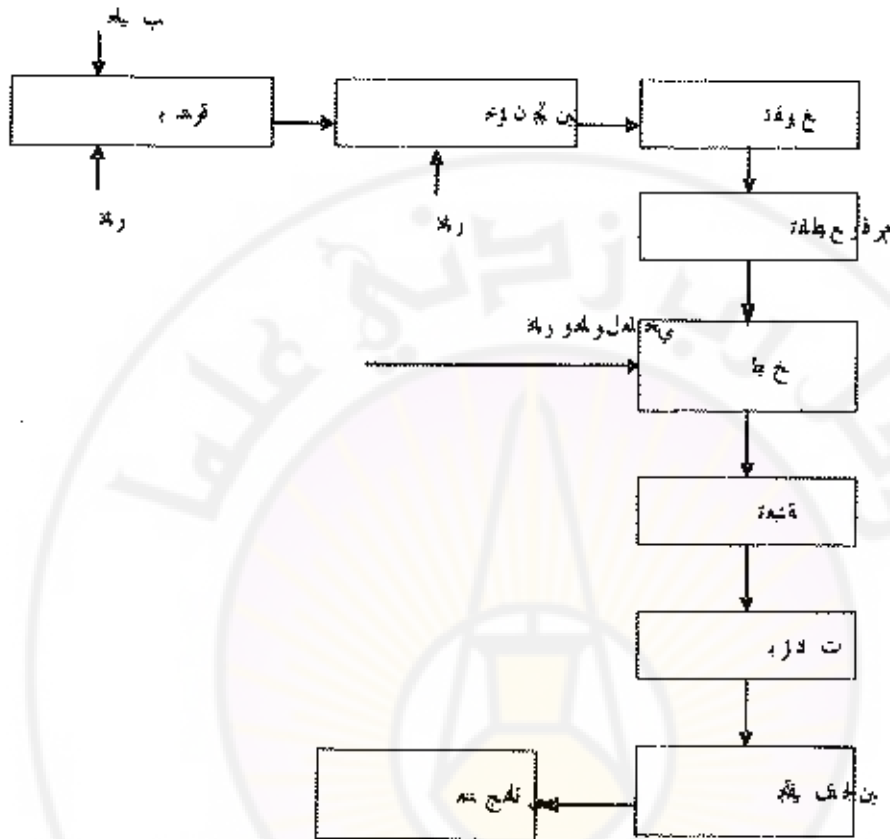
تنتج الشركة أنواعاً مختلفة من منتجات الحليب ومشتقاته (حليب معقم، لبن معلب، لبن رائب، لبن مصفى، جبن أبيض، جبن قشقوان، سمينة، زبدة مقطعة)، تختلف مراحل عمليات الإنتاج حسب نوعية المنتج إلا أنها تشترك جميعها تقريباً باستخدامها للبخار لأغراض مختلفة (تسخين أو تعقيم أو بسترة أو غميل...) ففي قسم الحليب يجري استلام الحليب، ووزنه ثم يُرحّل إلى خزانات للحفظ، ثم تتم عملية البسترة باستخدام البخار، وبعد ذلك يذهب الحليب إلى آلة التعبئة حيث تتم تعبئته في زجاجات خاصة، ترسل الزجاجات بعد ذلك إلى برج التعقيم ومنه إلى التغليف.

يبين الشكل (T1) مراحل إنتاج الحليب المبستر، والشكل (T2) مراحل إنتاج جبن القشقوان.

الشكل (T 1) مراحل إنتاج الحليب المعقم



الشكل (T 2) مراحل إنتاج القشقوان



2-2-2- استهلاك الطاقة في المنشأة:

أ- الطلب على الطاقة

تستخدم الشركة الكهرباء والفيول أويل (Heavy fuel oil) والمازوت (Diesel Oil) كمصادر رئيسة للطاقة اللازمة للعملية الإنتاجية. تُستخدم الكهرباء بشكل رئيس لتشغيل الضواغط في وحدات التبريد، ولأغراض الإنارة أيضاً، بالإضافة إلى استخدامها في المحركات. بلغ الاستهلاك السنوي من الكهرباء (1521530 kWh) عام 2004 وبكلفة مالية مقدارها 3803825 ليرة سورية. يستخدم الفيول أويل كوقود للمراحل حيث بلغ إجمالي استهلاك الشركة 741 طن في سنة 2004 بقيمة 4446480 ل.س.

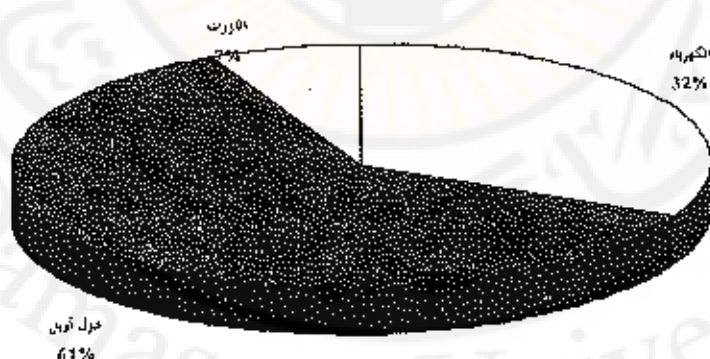
أما المازوت فيستخدم في عمليات تنظيف الحراقات والأنابيب عند عملية تشغيل وفصل المراجل التي تستخدم الفيول أويل، وقد بلغت كمية استهلاك الشركة من المازوت 96251 ليتر عام 2004 بكلفة 673757 ليرة سورية.

الجدول (7 أ) إجمالي استهلاك الطاقة وتكاليفها في عام 2004

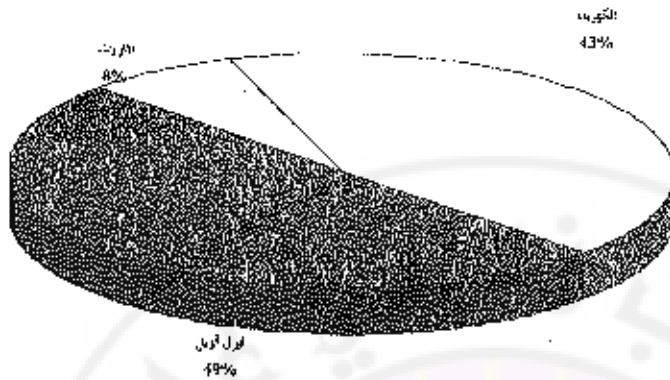
رقم	مصدر الطاقة	الوحدة	الاستهلاك	طاقة مكافئة		تكاليف	
				ط.م.م	%	الف.ل.م	%
1	الكهرباء	ك.و.س	1521530	380,4	32	3804	43
2	فيول أويل	طن	741	711,4	61	4446	49
3	المازوت	لتر	96251	82,3	7	674	8
الإجمالي				1154,6	100%	8729	100%

يبين المخططان (T3) و (T4) توزيع نسب استهلاك مصادر الطاقة ونسب تكاليفها على التوالي في عام 2004.

المخطط (T3) : توزيع نسب استهلاك مصادر الطاقة

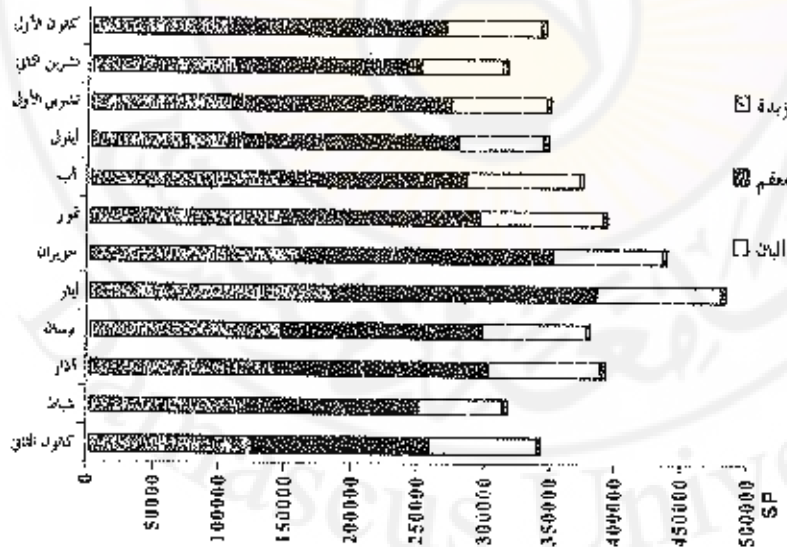


المخطط (T4) : توزيع نسب تكاليف مصادر الطاقة

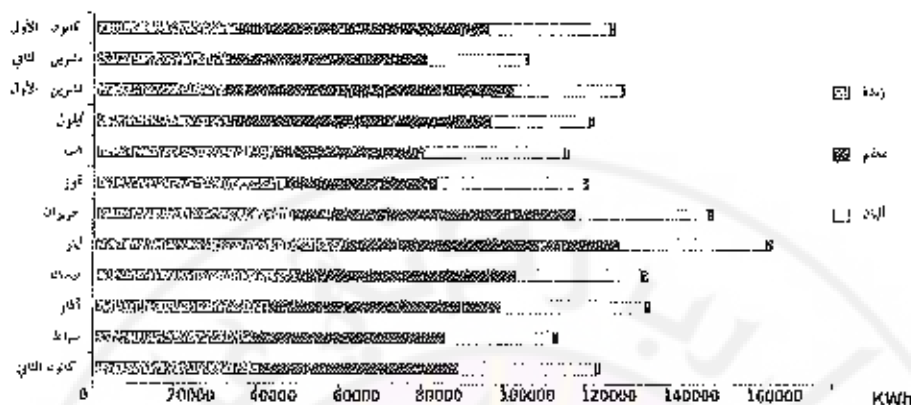


يبين المخطط (T5) والمخطط (T6) كميات الاستهلاك الشهري من الطاقة الكهربائية وتكاليفها حسب الفواتير.

المخطط (T5) : كميات الاستهلاك الشهري من الطاقة الكهربائية لعام 2004.

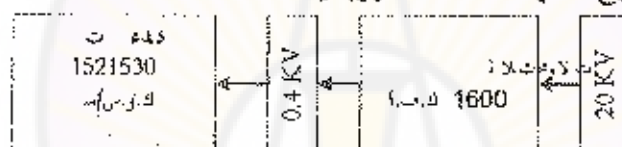


المخطط (T6) كلفة استهلاك الطاقة الكهربائية لعام 2004



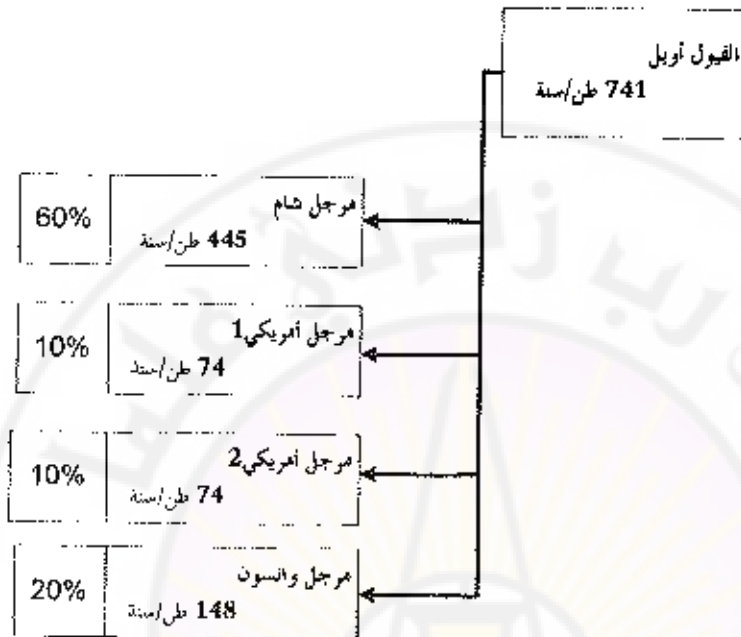
ب- توزيع نسب استهلاك الطاقة

1. توزيع استهلاك الطاقة الكهربائية:

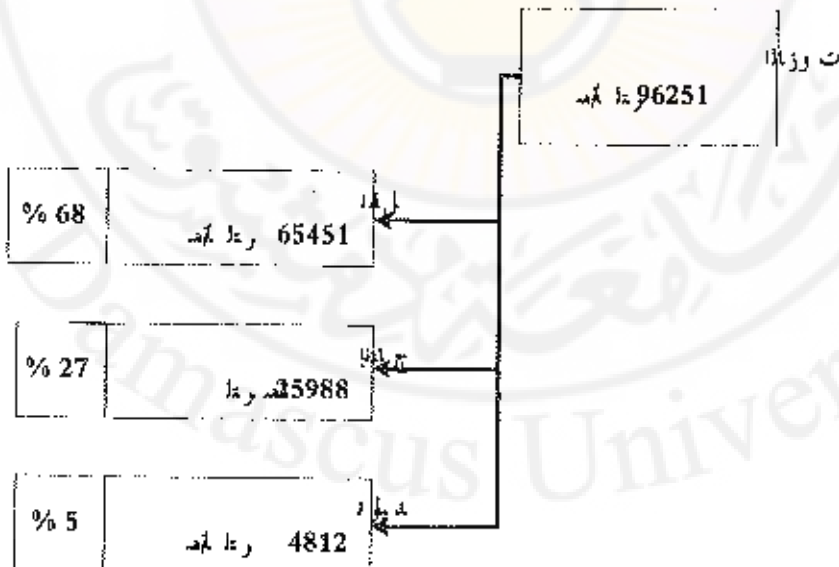


30 %	456459 ك.و.س.أ.م	1141148 ك.و.س.أ.م	القطاع الأول
10 %	152153 ك.و.س.أ.م	380383 ك.و.س.أ.م	القطاع الثاني
5 %	76077 ك.و.س.أ.م	190191 ك.و.س.أ.م	القطاع الثالث
17 %	258660 ك.و.س.أ.م	646650 ك.و.س.أ.م	القطاع الرابع
35 %	532536 ك.و.س.أ.م	1331339 ك.و.س.أ.م	القطاع الخامس
3 %	45646 ك.و.س.أ.م	114115 ك.و.س.أ.م	القطاع السادس

2. توزيع استهلاك القبول أويل:



3. توزيع استهلاك المازوت



2-2-3- مؤشر استهلاك الطاقة :

بلغ إجمالي إنتاج الشركة من المنتجات المختلفة عام 2004 (8021) طن، وبلغ إجمالي استهلاك الطاقة عام 2004 (1174) طن.م.ن بكلفة إجمالية مقدارها (9594625) ل.س. وبناءً على هذه الأرقام يمكن حساب مؤشر الاستهلاك النوعي للطاقة (Specific Energy Consumption) ومؤشر كلفة الطاقة (Energy Cost Index) وفق العلاقتين الآتيتين. ويوضح الجدول (A8) قيمة المؤشرين.

$$\text{Specific Energy Consumption} = \frac{\text{Energy Consumption in given time}}{\text{Production in Same Time}}$$

$$\text{ECI} = \frac{\text{Total Annual Energy Cost}}{\text{Total Nu. of Occupied Squaremeter (or Production)}}$$

الجدول (A8) : مؤشرات استهلاك الطاقة

رقم	البيان	الوحدة	الكمية
1	استهلاك الطاقة	طن.م.ن	1174
2	كلفة الطاقة	ل.س	9594625
3	إجمالي الإنتاج	طن	8021
4	مؤشر استهلاك الطاقة	طن.م.ن/طن منتج	0,146
5	مؤشر استهلاك الطاقة	كغ.م.ن/طن منتج	146
6	مؤشر كلفة الطاقة	ل.س/طن	1196

1. نظم الطاقة في المنشأة:

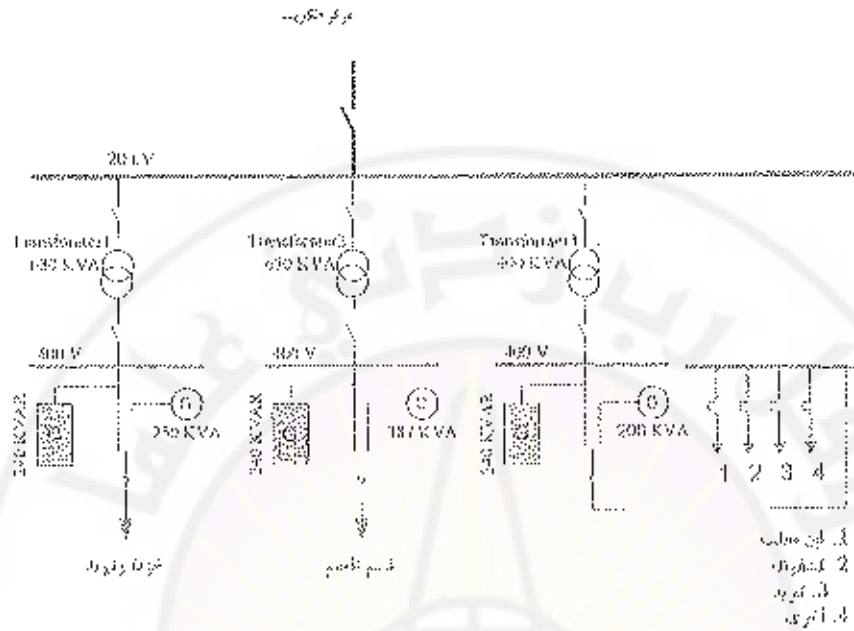
(1) الشبكة الكهربائية المغذية للشركة:

تتغذى الشركة من شبكة الجهد المتوسط من مركز يدعى "مركز الكبريت". وتتغذى الأحمال من شبكة الجهد المنخفض عن طريق ثلاث محولات الأولى باستطاعة (630 ك.ف.أ.)، وتتغذى هذه المحولة وحدة التخزين والتبريد، والمحولة الثانية باستطاعة (630 ك.ف.أ.)، وتتغذى قسم إنتاج الحليب المعقم بالإضافة إلى بعض الأحمال الأخرى. والمحولة الثالثة باستطاعة (400 ك.ف.أ.)، وتتغذى قسم إنتاج اللبن المبعب وقسم القشوان ووحدات التبريد الخاصة بهذا القسم. يُربط إلى كل محولة مجموعة قوارب احتياطية وكذلك لوحدة مكثفات باستطاعة (240 ك.ف.أ.)، وجميع هذه المكثفات بحالة جيدة مهيئة. يوضح الجدول رقم (A9) بيانات المحولات.

الجدول (A9) : بيانات المحولات المغذية لشركة الأكلين

رقم المحول	التغذية	الاستطاعة ك.ف.أ.	المكثفات ك.ف.أ.	رقم الإشراف	مجموعة توليد
1	وحدة التخزين والتبريد	630	6 × 40	598788	250
2	الحليب المعقم	630	6 × 40	173199	387
3	مبعب، قشوان، برادات	400	6 × 40	359421	200

الشكل (T7) مخطط الشبكة الكهربائية المغذية للمنشأة.



(2) نظام الإنارة:

يتم إدارة الشركة عن طريق مصابيح الفلوريسنت 43 واط (استطاعة المصباح 36 واط، استطاعة الملف الخلفي 7 واط)، ومصابيح مدمجة (60 واط). كما يوجد عدد من مصابيح (التيق) باستطاعة (150 واط). يوجد الجدول (A10) يوافك نظام الإنارة في المواقع المختلفة في الشركة.

الجدول (A10) : بيانات الإنارة في الشركة

#	القسم	نوع المصباح	استطاعة المصباح watt	استطاعة الملف الخلفي watt	استطاعة المصباح watt	الاستطاعة الكلية watt
1	المخبر	فلوريسنت	36	7	146	6278
2	إدارة	فلوريسنت	36	7	12	516
3	المخبر	فلوريسنت	36	7	4	172

4	المعالب	فلوريسنت	36	7	3	129
5	المعالب	متوهجة	100		19	1900
6	التزينة والجينة	فلوريسنت	36	7	43	1849
7	الإدارة	فلوريسنت	36	7	60	2580
8	وحدات التبريد	غازي	150	12	12	1944
9	وحدات التبريد	فلوريسنت	36	7	10	430
10	إجمالي فرعي	فلوريسنت	36	7	208	8944
		متوهجة	100	0	19	1900
		غازي	150	12	12	1944
11	الإجمالي					12788

(3) نظام توليد البخار:

يتم توليد البخار في الشركة العربية السورية للألبان ومشتقاتها عن طريق أربعة مراحل أنابيب لهب أحدها يعمل بشكل رئيس وهو مرجل الشام باستطاعة (8 طن بخار /ساعة) عند ضغط تشغيل 8 بار بؤمن بخار بدرجة حرارة 170 درجة مئوية، ويستخدم وقود الفيوول أويل، والمرجل الثاني هو وانسون الذي يعمل وقت ذروة الطلب على البخار أما المرجلان الآخران فهما في وضع احتياطي وهما (أمريكي 1 وأمريكي 2) وفق الجدول (A11).

الجدول (A11) : بيانات المراجل البخارية

#	1	2	3	4
اسم المرحل	شلم	واتسون	أمريكي 1	أمريكي 2
نوع المرحل	أنابيب لهب	أنابيب لهب	أنابيب لهب	أنابيب لهب
بلد الصنع	سورية	فرنسا	أمريكا	أمريكا
نوع الحراق	أحادي	أحادي	أحادي	أحادي
المسعة (طن بخار/ساعة)	8	3	1,5	1,5
الضغط (بار)	8	8	8	8
درجة الحرارة (°C)	170	170	170	170
نوع الوقود	فيول	فيول	فيول	فيول
حالة التشغيل	دائم	دائم	احتياط	احتياط

(4) نظام توزيع البخار:

يتم توزيع البخار المتولد عن المراجل بواسطة شبكة أنابيب تعمل عند ضغط (8 بار) وقد لوحظ أثناء الجولة أن معظم أنابيب البخار غير معزولة حتى إن الأنابيب المعزولة ذات عزل سيئ ومن المعلوم أن الفقد الحراري من خلال الأنابيب غير المعزولة يشكل نسبة كبيرة من كمية الحرارة المتولدة وبالتالي سيؤدي عزل الأنابيب وفراً كبيراً. يستخدم البخار بشكل غير مباشر في بعض العمليات الإنتاجية كعملية البسترة، ويستخدم بصورة مباشرة في بعض العمليات الإنتاجية الأخرى كعملية غسيل الزجاجات قبل ملئها بالحليب وكذلك تسخين المياه الموجودة في برج التعقيم، ويستخدم لعمليات غسيل معدات الإنتاج بالإضافة إلى استخدامات العمال الشخصية.

وقد وجد أن نسبة (56 %) من استهلاك البخار يتركز في قسم الخليب المعقم، و (16 %) من البخار يستهلك في آلة غسل الزجاجات. و (24 %) من البخار المستهلك في برج التعقيم النهائي. وقد لوحظ أيضاً وجود نسبة تسريب بخار مرتفعة من خلال وجود بعض الثقوب في خطوط البخار بالإضافة إلى التسريب الناتج عن الصمامات وقذرت نسبة الهدر الحاصل نتيجة هذه التسريبات بحدود (1 %) وإن هذا التسريب يؤدي إلى فقد كميات إضافية من الطاقة الحرارية التي تتمكن بصورة فقد في كمية استهلاك الوقود. كما يمكن الإشارة إلى أن نظام استرجاع الميثانول نظام قديم جداً وتالف. وبذلك يتم طرح البخار المستخدم بعد استخدامه ولوحظ أن درجة حرارته أعلى من (80) درجة مئوية.

(5) نظام وحدات التبريد

أدى الشركة وحدة تخزين وتبريد تُستخدم لحزن منتجات الشركة. تتألف الوحدة من ثماني غرف تبريد. تستهلك وحدة التخزين والتبريد حوالي 35 % من إجمالي استهلاك الكهرباء في المنشأة. إن نظام التبريد المتوفر نظام قديم يعمل بغاز الأمونيا. في دائرة التبريد ثلاثة محركات كهربائية اثنتان منها في العمل باستطاعة 45 ك.و.ات لكل محرك. لا يوجد أي نظام تحكم للتحكم بدارة التبريد حيث يعمل المحركان بشكل مستمر.

بـ القياسات

(1) قياسات مستوى شدة الإضاءة

أستخدم جهاز قياس مستوى شدة الإضاءة (Lux meter) لقياس مستوى شدة الإضاءة في المواقع المختلفة وفق الجدول (A12) .

الجدول (A12) : نتائج قياسات شدة الإضاءة.

#	القسم	نوع الإضاءة	القياس (لوكن)		القيم النموذجية لوكن
			بدون إضاءة	مع إضاءة	
1	المحرم	فلوريسنت	200 - 100	300 - 150	500 - 250
2	اللجنة	فلوريسنت	240 - 60	280 - 70	500 - 250
3	الشفقوان	فلوريسنت	300 - 400	840 - 400	500 - 250
4	المطبخ	فلوريسنت	140 - 100	250 - 150	500 - 250
5	المطبخ	مترجمة	140 - 100	250 - 150	500 - 250
6	الزينة والجينة	فلوريسنت	400 - 70	440 - 80	500 - 250

(2) قياسات كفاءة احتراق المرجل

تم قياس كفاءة الاحتراق ونسب تركيز غازات الاحتراق للمرجل الأربعة باستخدام جهاز تحليل غازات العادم (Flue Gas Analyzer). يوضح الجدول (A13) نتائج قياسات مرجل شام، أمريكي 1، أمريكي 2، وواتسون.

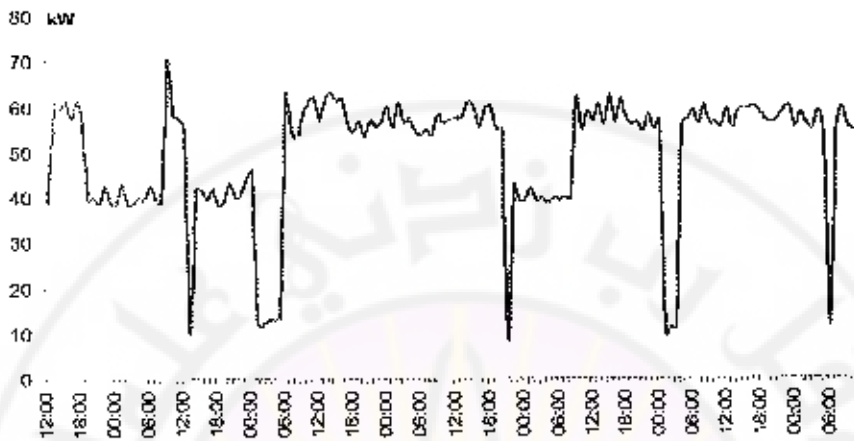
الجدول (A13) : نتائج قياسات تحليل غازات العادم للمراحل

#	البند	الوحدة	شام	أمريكي 1	أمريكي 2	واتسون
1	كفاءة الاحتراق	%	85	72,4	75,6	80,1
2	المفقودات	%	15	27,6	24,4	19,9
3	درجة حرارة العادم	C°	196,5	308	293	224
4	درجة حرارة المحيط	C°	22	21	23	22
5	نسبة CO2	%	14	15,2	15,4	14,2
6	نسبة O2	%	6,5	11,4	8,2	6,7
7	محتوى CO	ppm	11	31	33	12

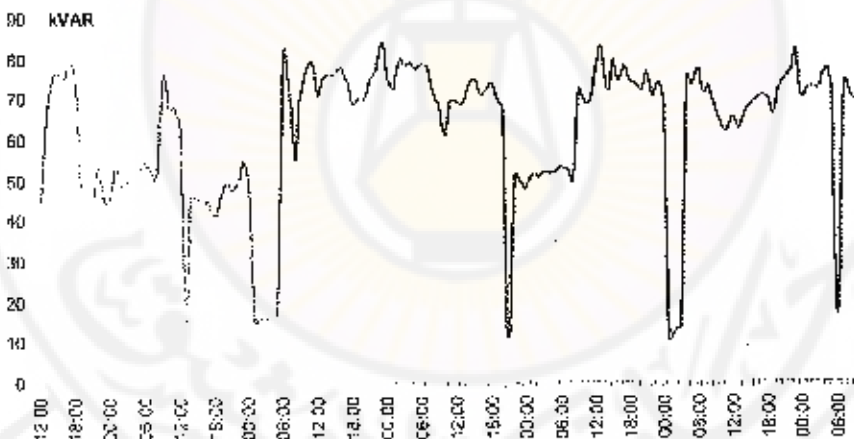
(3) قياسات أحمال المحولات الكهربائية:

تم قياس المتغيرات الكهربائية لأحمال الشركة (جهة التوتر المنخفض) باستخدام أجهزة تحليل الطاقة في مواضع القياس الموضحة في الشكل () وهذه المتغيرات هي : الجهد (V)، التيار (A)، القدرة الفعالة (kW)، القدرة غير الفعالة (kVAR)، معامل القدرة (P.F)، التوافقيات الكلية في الجهد % (VTHD)، وتنويه التوافقيات الكلية في التيار. توضح الأشكال (T8)، (T9)، (T10)، (T11)، (T12)، (T13)، (T14)، (T15)، (T16) التغير في الاستطاعة الفعلية والاستطاعة الردية وعامل الاستطاعة لمحولات الخزن والتبريد، والحليب المعقم، واللبن المعلب على التوالي.

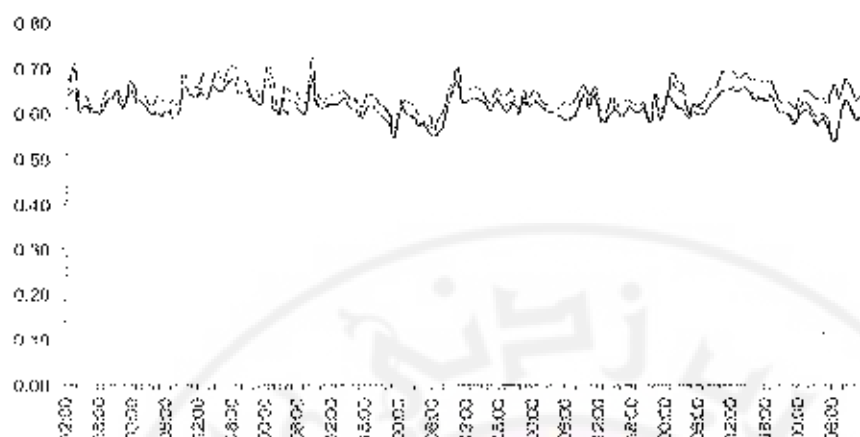
أ- محولة الخزن والتبريد :



الشكل (T8): التغير في الاستطاعة الفعالة مع الزمن لمحولة الخزن والتبريد

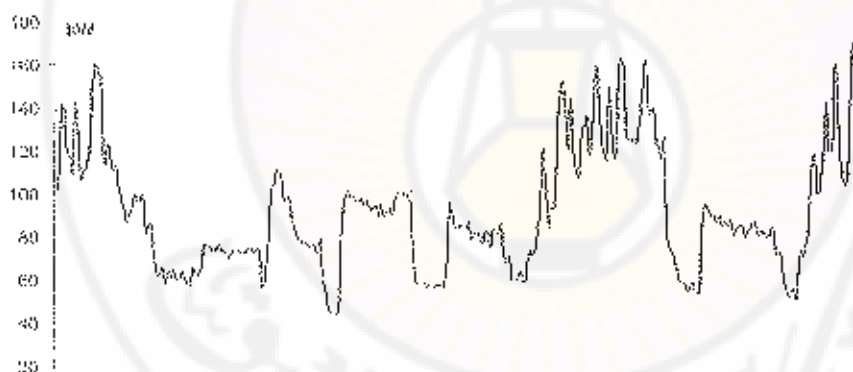


الشكل (T9): التغير في الاستطاعة الردية مع الزمن لمحولة الخزن والتبريد

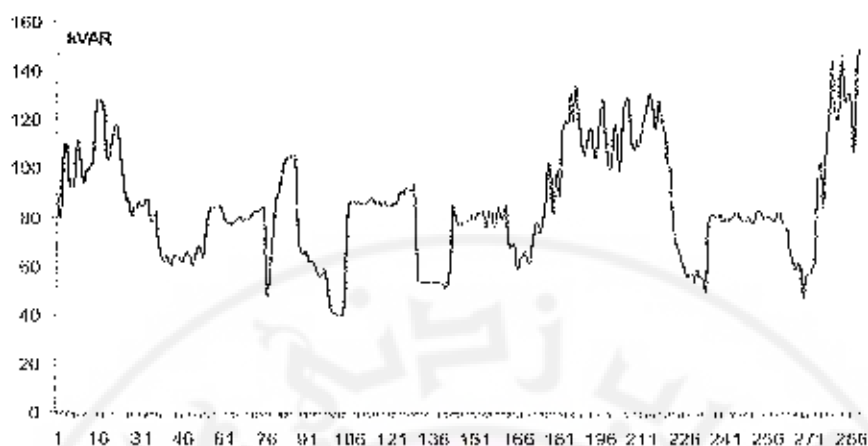


الشكل (10): التغير في عامل الامتصاص مع الزمن لمحوثة التردد والتغير

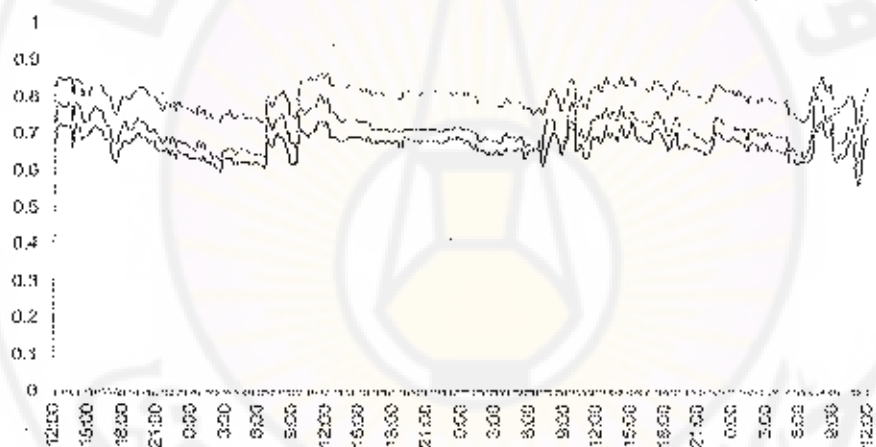
ب- محوثة التلويح المعظم :



الشكل (11): التغير في عامل الامتصاص مع الزمن لمحوثة التلويح المعظم

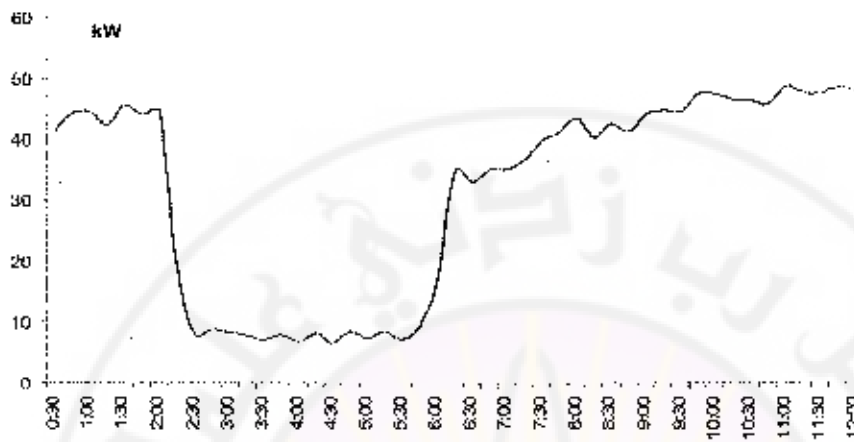


الشكل (T12): التغير في الاستطاعة الردية مع الزمن لمحولة الحليب المعقم

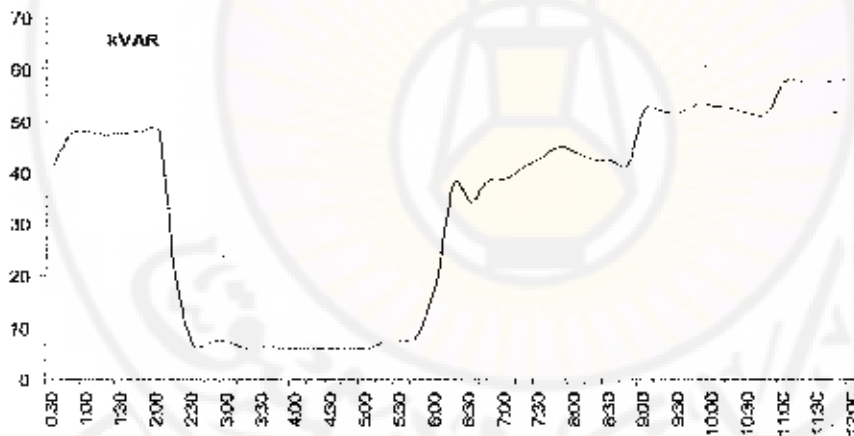


الشكل (T13): التغير في عامل الاستطاعة مع الزمن لمحولة الحليب المعقم

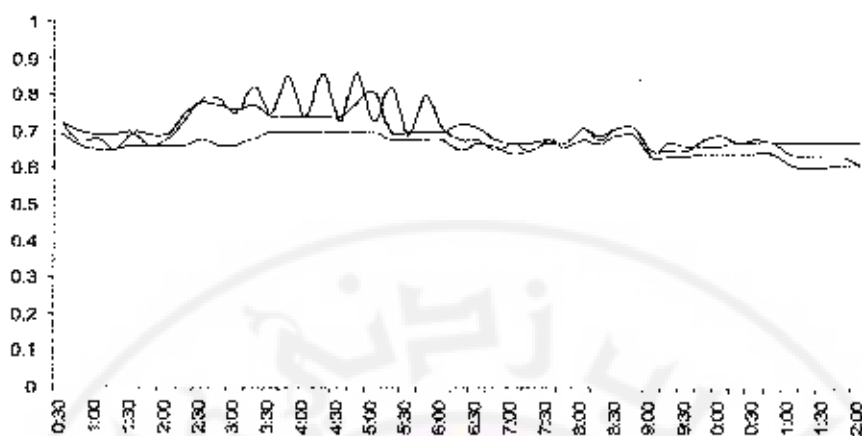
ج- محولة اللين المعطب:



الشكل (T14): التغير في الاستطاعة الفعالة مع الزمن لمحولة اللين المعطب



الشكل (T15): التغير في الاستطاعة الردية مع الزمن لمحولة اللين المعطب



الشكل (T16): التغير في عامل الاستطاعة مع الزمن لمحولة التين المعلب

الجدول (A14): مؤشرات القياس الكهربائية

المحولة	الوحدة	الخزن والتبريد	الحليب المعقم	المعلب	
1	الاستطاعة الفعالة العظمى	ك.وات	70	172	49
2	التيار الأعظمي	أمبير	165	236	125
3	عامل الاستطاعة الوسطي	%	62	72	69
4	الاستطاعة الردية العظمى	ك.فار	84	149	58
5	وتشويه التوافقيات الكلي في التيار	%	6,74	5,3	4,8
6	وتشويه التوافقيات الكلي في الجهد	%	3,3	2,4	2,3
7	نسبة التحميل	%	16	23	20
8	عامل الحمل اليومي	%	79	54	65

يلاحظ من خلال القراءة الأولية لمؤشرات القياس الكهربائية انخفاض نسبة تحميل المحولات الثلاثة وكذلك انخفاض قيمة عامل الاستطاعة دون (0,90) مما يرتب على الشركة دفع غرامات مالية كبيرة.

2-2-4- فرص ترشيد استهلاك الطاقة:

(أ) تحسين كفاءة الاحتراق (Combustion Efficiency Improvement):

اعتماداً على نتائج تحليل غازات العادم (flue gas analysis) تبين وجود إمكانية لتحسين كفاءة الاحتراق لمراحل شام و أمريكي 1 و أمريكي 2 و واسبون، وذلك من خلال ضبط كمية هواء الاحتراق اللازم لعملية الاحتراق بما يتوافق مع كمية الوقود. يوضح الجدول (A15) ملخص نتائج تحسين كفاءة الاحتراق لمرجلي شام و واسبون في حين يوضح الجدول (A16) ملخص نتائج تحسين كفاءة الاحتراق لمرجلي أمريكي 1 و أمريكي 2 حيث نجد أن ضبط نسبة الهواء إلى الوقود يحقق وفراً في الوقود مقداره (26,4) طن فيول أويل سنوياً بقيمة مالية مقدارها (158567) ل.س. مع الإشارة إلى أن هذا الإجراء لا يتطلب توظيف أية استثمارات مالية.

الجدول (A15): الوفرة نتيجة تحسين كفاءة احتراق مرجلي شام وواتسون

رقم	البيان	الوحدة	القيمة	القيمة
1	بيانات أساسية			
1.1	كفاءة الاحتراق قبل الضبط	%	85	80,1
2.1	كفاءة الاحتراق بعد الضبط	%	86	86
3.1	استهلاك الوقود	طن/سنة	445	148
4.1	درجة حرارة غازات العادم	درجة مئوية	196,5	224
5.1	درجة حرارة المحيط	درجة مئوية	21	22
6.1	القيمة الحرارية للوقود	ك.كالوري/كغ	9600	9600
7.1	سعر الوقود	ل.س/طن	6000	6000
2	الوفرة			
1.2	الوفرة في الوقود	طن/سنة	5,2	10,2
2.2	الوفرة في الوقود	ل.س/سنة	31047	60921
3.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	0	0
4.2	فترة الاسترداد البسيطة	سنة	حالا	حالا

الجدول (A16): الوفرة نتيجة تحسين كفاءة احتراق المرجلين أمريكي 2 وأمريكي 2

رقم	البيان	الوحدة	القيمة	القيمة
1	بيانات أساسية			
1.1	كفاءة الاحتراق قبل الضبط	%	72,4	75,6
2.1	كفاءة الاحتراق بعد الضبط	%	80	80
3.1	استهلاك الوقود	طن/سنة	74	74
4.1	درجة حرارة غازات العادم	درجة مئوية	311,2	293
5.1	درجة حرارة المحيط	درجة مئوية	22,5	22
6.1	القيمة الحرارية للوقود	ك.كالوري/كغ	9600	9600
7.1	سعر الوقود	ل.س/طن	6000	6000
2	الوفرة			
1.2	الوفرة في الوقود	طن/سنة	7,03	4,07
2.2	الوفرة في الوقود	ل.س/سنة	42180	24420
3.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	0	0
4.2	فترة الاسترداد البسيطة	سنة	حالا	حالا

حيث يتم استخدام العلاقة الآتية في حساب الوفر السنوي:

$$AFS = Q \left(1 - \frac{\eta_1}{\eta_2} \right)$$

AFS : الوفر السنوي في الوقود (طن/سنة).

Q : استهلاك المرجل من الوقود (طن/سنة).

η_1 : كفاءة الاحتراق قبل الضبط.

η_2 : كفاءة الاحتراق بعد الضبط.

(ب) استعادة المتكاثف (Condensate Recovery)

يستهلك البخار في العمليات الإنتاجية بشكل غير مباشر (indirect method). حيث يمرر من خلال مبادلات حرارية للاستفادة من حرارته ثم يتم التخلص منه. لا يتم الاستفادة من المتكاثف (البخار المتحول إلى مياه بعد أن يفقد جزءاً من حرارته) الذي يتصف بدرجة حرارة حوالي 80 درجة مئوية (بالمقياس). إن الاستفادة من البخار المتكاثف عن طريق تركيب نظام استعادة المتكاثف condensate recovery (system) يساهم في تحقيق وفر في الوقود مقداره (15) طن وقود سنوياً، بقيمة (92512) ل.س، كما أنه يحقق وفراً في المياه يبلغ (1936) متر مكعب سنوياً بقيمة مالية مقداره (9678) ل.س / سنة. إن تنفيذ هذا الاقتراح يتطلب توظيف استثمارات تقدر قيمتها بحوالي (126500) ل.س، وبالتالي تكون فترة الاسترداد البسيطة (simple payback period) بحدود (15) شهر. يوضح الجدول (A17) ملخص النتائج.

الجدول (A17) : الوفّر نتيجة استخدام نظام استعادة المتكاثف

رقم	البيان	الوحدات	القيمة
1	بيانات أساسية		
1.1	مقدار المتكاثف	م ³ /سنة	1963
2.1	درجة حرارة المتكاثف	درجة مئوية	80
3.1	درجة حرارة المياه العادية	درجة مئوية	15
4.1	المحتوى الحراري للوقود	ك.كالوري/كغ	9600
5.1	سعر الوقود	ل.س/طن	6000
6.1	سعر المياه	ل.س/م ³	5
2	الوفّر		
1.2	الوفّر في الوقود	طن/سنة	15
2.2	الوفّر في الوقود	ل.س/سنة	62512
3.2	الوفّر في المياه	م ³ /سنة	1936
4.2	الوفّر في المياه	ل.س/سنة	9678
5.2	الوفّر الكلي	ل.س/سنة	102190
6.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	126500
7.2	فترة الاسترداد البسيطة	شهر	15

يتم حساب الوفّر الناجم عن استعادة المتكاثف وفق تسلسل الخطوات الآتية:

1- يتم تحديد الآلات التي تستخدم البخار بشكل غير مباشر والذي يمكن استعادته والاستفادة منه.

2- يتم تحديد أقطار أنابيب البخار الداخلة لهذه الآلات ودرجة حرارة البخار.

3- يتم استخدام العلاقة الآتية لحساب استهلاك الآلة من البخار خلال ساعة:

$$Q_g = 3600 \times v \times S \times A$$

Q_g : كمية استهلاك الآلة من البخار (كغ/ساعة)

v : سرعة تنفق البخار (16 م/ثانية).

A : مساحة مقطع الأنبوب (م²).

S : الكتلة الحجمية للبخار (4.17 كغ/م³).

- أ- يتم تحديد عدد ساعات عمل كل آلة خلال سنة.
 ب- يتم احتساب استهلاك الآلة من البخار وإجمالي استهلاك البخار.
 ت- يتم حساب المحتوى الحراري للبخار المتكاثف من خلال العلاقة الآتية:

$$Q = Q_1 \times C_p \times \Delta T$$

Q : كمية الحرارة (ك.كالوري)

Q_1 : إجمالي استهلاك البخار (كغ/سنة).

C_p : الحرارة النوعية للمياه (1 ك.كالوري/كغ.درجة مئوية).

ΔT : الفرق بين درجة حرارة المتكاثف ودرجة حرارة مياه التعويض

للمرجل.

يتم حساب الوفرة في الوقود من خلال العلاقة الآتية:

$$AFS = \frac{Q}{H_v \times EFF}$$

AFS : الوفرة السنوي من الوقود (كغ)

Q : كمية الحرارة (ك.كالوري)

H_v : المحتوى الحراري للوقود (ك.كالوري/كغ).

EFF : كفاءة المرجل.

يتم تطبيق الخطوات السابقة على آلة (جهاز التعقيم البدائي) كنموذج، وبقيّة الآلات بنفس الأسلوب؛ يستخدم جهاز التعقيم البدائي البخار بشكل غير مباشر بحيث يمكن استعادته والاستفادة منه، يبلغ قطر أنبوب البخار الداخل إلى الجهاز 25 مم وعند درجة حرارة 170 درجة مئوية (الكثافة الحجمية للبخار 4.17 كغ/م³). بالاعتماد على العلاقة $Q_h = 3600 \times v \times S \times A$ نجد أن $Q_h = 118$ كغ بخار/ساعة. تعمل الآلة بمعدل 4116 ساعة عمل سنوية وبالتالي تستهلك الآلة (485100) كغ/سنة، الذي يكافئ 31531500 ك.كالوري/سنة. وبالتالي يكون الوفرة السنوي من الوقود

$$AFS = \frac{31531500}{9600 \times 0.85}$$

$$AFS = 5376 \text{ kg fuel/year}$$

الجدول (A.18) إجمالي استهلاك البخار لبقية الآلات والمستخدم بشكل غير مباشر

الترتيب	اسم الآلة	العدد	القطر سم	استهلاك البخار كغ/ساعة	ساعات التشغيل ساعة/سنة	استهلاك البخار كغ/سنة
1	جهاز تعقيم يداني	1	25	118	4116	485100
2	جهاز تعقيم شعوي	1	25	118	4116	485100
3	آلة الغسيل	1	25	118	4116	485100
4	آلة المسترة	2	19	68	2352	320224
5	سخن الحليب	1	19	68	2352	160111
إجمالي استهلاك البخار (كغ/سنة)		1935632				

بعد أن يتم احتساب إجمالي استهلاك البخار الذي يمكن استعادته نقوم بحساب المحتوى الحراري للبخار أي:

$$Q = Q_t \times C_p \times \Delta T$$

$$Q = 1935632 \times 1 \times (80 - 15)$$

$$Q = 125816090 \text{ kCal/year}$$

وبالتالي الوفرة في الوقود:

$$AFS = \frac{125816090}{9600 \times 0.85}$$

$$AFS = 15418 \text{ kg/year}$$

الوفرة في الوقود = 15,418 طن سنوياً وقود بقيمة مالية مقدارها (92508) ل.س/سنة. وكذلك فإن استعادة المتكاثف توفر كمية من المياه تساوي (1936) م³ سنوياً. يحتاج تنفيذ نظام استعادة المتكاثف إلى تكاليف إجمالية تقدر بحوالي (126500) ل.س

الجدول (A19): تكاليف تنفيذ نظام استعادة المتكاثف

الرقم	البند	القيمة ل.س.
1	أنابيب	90000
2	مضخة مياه	10000
3	خزان	15000
4	تكاليف تركيب	11500
	الإجمالي	126500

(ج) تحسين عامل الاستطاعة (Power Factor Improvement)

أظهرت نتائج قياس المؤشرات الكهربائية باستخدام جهاز محلل الطاقة الكهربائية (power analyzer) انخفاض قيمة عامل الاستطاعة (power factor) للمحولات الكهربائية الثلاثة دون قيمة 0,9. إن انخفاض قيمة عامل الاستطاعة يترتب عليه دفع غرامة مالية (penalty) إلى شركة الكهرباء تتناسب مع قيمة عامل الاستطاعة ومع كمية الاستهلاك الفعلي من الكهرباء يمكن التغلب على انخفاض قيمة عامل الاستطاعة من خلال تركيب لوحة مكثفات (capacitors) تحسين عامل الاستطاعة ورفع قيمته إلى قيمة أعلى من 0,92. إن تركيب لوحة مكثفات تحسين عامل الاستطاعة يؤدي إلى التخلص من قيمة الغرامة المالية التي تدفعها الشركة على فاتورة الكهرباء، التي بلغت عام 2004 قيمة (743808) ل.س. إن تنفيذ هذا الاقتراح يتطلب مبلغاً مالياً مقداره (340000) ل.س، وبالتالي تكون فترة الاسترداد البسيطة (5) أشهر. ملخص نتائج الوفورات موضح بالجدول (A20).

الجدول (A20): الوفّر نتيجة تركيب مكثفات تحسين عامل الاستطاعة

رقم	البيان	الوحدة	T ₁	T ₂	T ₃	إجمالي
1	بيانات أساسية					
1.1	عامل الاستطاعة المقاس	%	62	72	69	68
2.1	عامل الاستطاعة المقترح	%	92	92	92	92
3.1	استهلاك الكهرباء	ك.و.س/سنة	497400	654080	370050	1521530
4.1	استطاعة ردية لمعظمي	ك.ف.أ.و	84	149	58	291
5.1	استطاعة المكثفات	ك.ف.أ.و	100	160	80	340
2	الوفّر					
1.2	الوفّر العالي	ل.س/سنة	383806	311041	48962	743809
2.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	100000	160000	80000	340000
2.3	فترة الاسترداد البسيطة	شهر	3	6	20	5

$$Q = P \Delta \varphi$$

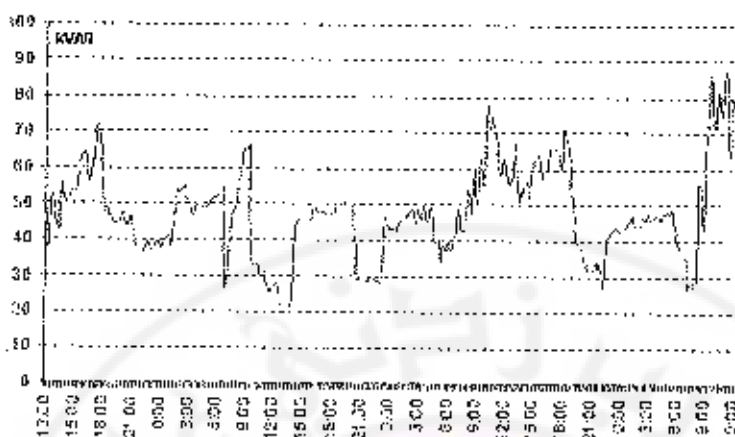
$$Q = P (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$$

حيث أن:

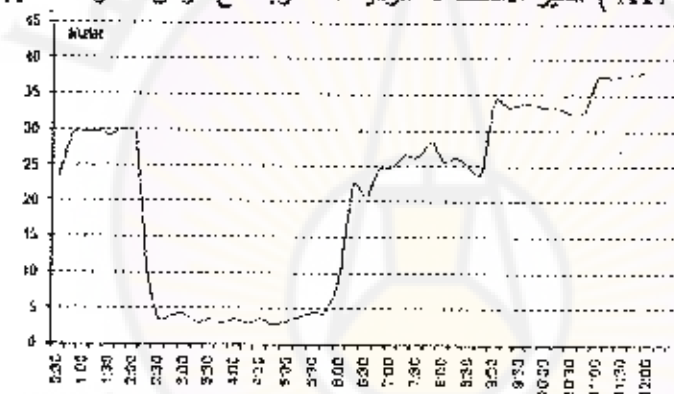
Q : استطاعة المكثفات اللازمة. φ_1 : زاوية عامل الاستطاعة المقاس.

φ_2 : زاوية عامل الاستطاعة المطلوب. P : الاستطاعة الفعلية المقاسة.

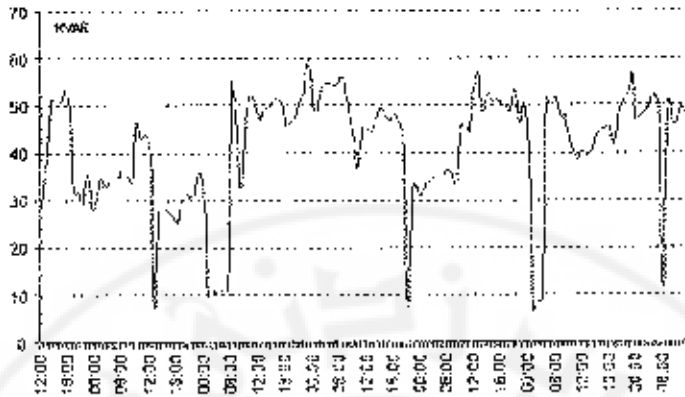
يتم حساب هذه العلاقة لكل قيمة من القيم المقاسة ويتم رسم منحني يمثل قيم الاستطاعة الردية المطلوبة للمحولات الثلاثة. توضح الأشكال (T17) و (A18) و (A19) تغيير الاستطاعة الردية المطلوبة مع الزمن لمحولات الحليب المعقم والمعلب ووحدة التخزين والتبريد على التوالي.



الشكل (A17) :تغير الاستطاعة الردية المطلوبة مع الزمن لمحولة الحليب المعقم



الشكل (A18) :تغير الاستطاعة الردية المطلوبة مع الزمن لمحولة المعلب



الشكل (A19) :تغير الاستطاعة الردية المطلوبة مع الزمن لمحولة الخزن والتبريد.

من خلال قراءة المذعنات السابقة نجد أن أكبر استطاعة ردية مطلوبة هي (89) ك.فار لمحولة الحليب المعقم، و (38) ك.فار لمحولة المعطب، و (60) ك.فار لمحولة وحدة الخزن والتبريد. ولكن عملياً يتم زيادة استطاعة المكثفات عن القيمة النظرية المحسوبة بحيث تغطي كامل الاستطاعة الردية، ومن جهة أخرى تكون الوحدات المزودة وكأنها قطع احتياطية.

من خلال ما تقدم نجد أن استطاعة المكثفات اللازمة لمحولة الحليب المعقم تساوي (160) ك.فار موزعة على ثماني مراحل، واستطاعة المكثفات اللازمة لمحولة الخزن والتبريد (100) ك.فار موزعة على ست مراحل، واستطاعة مكثفات محولة اللبن المعطب (80) ك.فار موزعة على ست مراحل. يوضح الجدول (A21) بيانات المكثفات وتكاليف تنفيذها.

الجدول (A21) : بيانات المكثفات المطلوبة

المحولة	استطاعة المكثفات ك.ف.أ.ر.	توزيع المراحل عدد المراحل × استطاعة المرحلة	الوهر العالي ل.س/سنة	تكلفة التنفيذ ل.س.	الفترة الاسترداد شهر
الخزن والتبريد	100	$40 \times 1 + 20 \times 1 + 10 \times 4$	383806	100000	3
الحليب المعقم	160	$40 \times 2 + 20 \times 2 + 10 \times 4$	311041	160000	6
المعلب	80	$20 \times 2 + 10 \times 4$	48962	80000	20

د- تحسين كفاءة نظام الإضاءة (Lighting System Efficiency Improvement)

د-1- الاستفادة من الإضاءة الطبيعية (use daylight)

لوحظ أثناء الجولة الميدانية ومن خلال قياس شدة الإضاءة في الأقسام المختلفة أنها لا تحتاج إلى إنارة خلال النهار، وخصوصاً بعد القيام بعمليات تنظيف دوري للزجاج وللمصابيح نفسها. إن قسم الحليب المعقم يحتوي على العدد الأكبر من المصابيح، ولوحظ أن هذه المصابيح مضاءة نهاراً رغم عدم الحاجة لها. إن الاستغناء عن استخدام المصابيح نهاراً سيحقق وفراً في استهلاك الطاقة الكهربائية مقداره (14766) ك.و.س/سنة بقيمة مالية مقدارها (35438) ل.س/سنة. يمكن أن يتم تحقيق ذلك من خلال إضافة دارة تحكم تعمل على فصل/وصل المصابيح اعتماداً على قيمة شدة الإضاءة المقاسة. ويبين الجدول (A22) ملخص النتائج.

الجدول (A22): الوفرة نتيجة الاستفادة من الإضاءة الطبيعية

رقم	البيان	الوحدة	المقدار
1	بيانات أساسية		
1.1	عدد المصابيح	مصباح	146
2.1	استطاعة المصباح	وات	43
3.1	عدد أيام العمل السوية	يوم/سنة	294
4.1	عدد ساعات إطفاء المصابيح	ساعة/يوم	8
2	الوفرة		
1.2	الوفرة في الكهرباء	ك.و.س/سنة	14766
2.2	قيمة وفر الكهرباء	ل.س/سنة	35438
3.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	0
4.2	فترة الاسترداد البسيطة	سنة	حالا

د-2- استخدام المصابيح الموفرة للطاقة:

ضمن قسم المقلب هناك 19 مصباحاً متوهجاً باستطاعة 100 لكل مصباح. إن استبدال هذه المصابيح بالمصابيح الموفرة للطاقة ذات الاستطاعة 20 وات يحقق وفراً في الكهرباء (3502) ك.و.س/سنة، بقيمة مالية (8405) ل.س/سنة، وتقدر تكاليف تنفيذ هذا المقترح بـ (4750) ل.س بفترة استرداد (2) سنة. يوضح الجدول (A23) ملخص هذه النتائج.

الجدول (A23): الوفّر نتيجة استخدام المصباح الموفرة للطاقة

رقم	البيان	الوحدة	المقدار
1	بيانات أساسية		
1.1	عدد المصابيح	مصباح	19
2.1	استطاعة المصباح المتوهج	وات	100
3.1	استطاعة المصباح الموفر	وات	20
4.1	عدد أيام العمل السنوية	يوم/سنة	288
5.1	عدد ساعات العمل	ساعة/يوم	8
2	الوفّر		
1.2	الوفّر في الكهرباء	ك.و.س/سنة	3502
2.2	قيمة وفّر الكهرباء	ل.س/سنة	8405
3.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	4750
4.2	فترة الاسترداد البسيطة	سنة	2

هـ العزل الحراري لأبواب البخار:

معظم أبواب البخار التي تقوم بنقل وتوزيع البخار إلى مختلف أنحاء الشركة غير معزولة، مما يتسبب في حدوث فقد حراري وبالتالي ازدياد في استهلاك الوقود. إن عزل أبواب البخار يحقق وفراً سنوياً في استهلاك الوقود مقداره (62) دلو فيول أو بـل بقيمة مالية (374745) ل.س/سنة، ويحتاج تنفيذ هذا الاقتراح إلى استثمارات مالية بقيمة (245740) موضحة في الجدول (A24)

الجدول (A24): الوفّر نتيجة العزل الحراري للأبواب

رقم	البيان	الوحدة	المقدار
1	بيانات أساسية		
1.1	درجة حرارة البخار	درجة مئوية	170
2.1	درجة حرارة الوسط المحيط	درجة مئوية	20
3.1	معامل انتقال الحرارة المكافئ	kCRm2.Ko	14,65
4.1	المحتوى الحراري للوقود	ك.كالوري/كغ	9600
5.1	سعر الوقود	ل.س/طن	6000
2	الوفّر		
1.2	الوفّر في الوقود	طن/سنة	62
2.2	الوفّر في الوقود	ل.س/سنة	374754
3.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	245740
4.2	فترة الاسترداد البسيطة	شهر	8

تعطى معادلة الفقد الحراري الناتج عن عدم وجود عزل أنابيب البخار وفقاً للعلاقة الآتية:

$$Q_f = h \times A \times (T_2 - T_1)$$

Q_f : كمية الفقد الحراري (kCal/hr).

h : معامل انتقال الحرارة المكافئ (kCal/m2.h.Ko).

A : مساحة سطح الفقد الحراري.

T_2 : درجة حرارة السطح الخارجي.

T_1 : درجة حرارة الوسط المحيط.

ونتيجة القياسات التي تمت فقد وجد أن:

$$\left. \begin{array}{l} T_2 = 443 \text{ } ^\circ\text{K} \\ T_1 = 293 \text{ } ^\circ\text{K} \end{array} \right\} \Rightarrow T_2 - T_1 = 443 - 293 = 150$$

$$h = 14.65 \text{ kCal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{K}^\circ$$

$$A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l = \pi \cdot D \cdot l$$

حيث إن D قطر الأنبوب غير المعزول و l طول الأنبوب. بتطبيق العلاقات والقيم السابقة على الأنابيب غير المعزولة نخلص إلى النتائج الموضحة في الجدول (A25).

الجدول (A25)

الفقد الحراري KCal \ year	الفقد الحراري KCal \ h	T2- T1	H m2,h,Ko KCal	مساحة M2	القطر m	طول الأنبوب m	م
203929569,6	81572	150	14,65	37	0,076	155	1
82229665,18	32892	150	14,65	15	0,064	75	2
39470239,29	15788	150	14,65	7	0,051	45	3
54819776,79	21928	150	14,65	10	0,032	100	4
48241403,57	19297	150	14,65	9	0,025	110	5
23072651,25	9229	150	14,65	4	0,019	70	6
26313492,86	10525	150	14,65	5	0,127	12	7
31576191,43	12630	150	14,65	6	0,152	12	8
509652990	203861						
الإجمالي							

يتضح مما سبق أن الفقد الحراري السنوي الناتج عن سوء عزل أنابيب البخار يبلغ (509652990) ك.كالوري. مع الأخذ بعين الاعتبار أن المحتوى الحراري للفيول أوليل هو (9600) ك.كالوري لكل كغ فيول أوليل، وكفاءة الاحتراق للمراجل المولدة للبخار هي 0.85 نجد أن كمية الوقود الممكن توفيره نتيجة عزل الأنابيب بحسب كالآتي :

$$FAS = \frac{Q}{H \times Eff}$$

FAS : الوفرة السنوي في الوقود.

Q : كمية الفقد الحراري.

H : المحتوى الحراري للوقود.

Eff : كفاءة نظام الاحتراق المولد للبخار.

ومنه فإن كمية الوقود :

$$FAS = \frac{509652990}{9600 \times 0.85} = 62457 \text{ kg}$$

وقيمة الوفرة المادي المحقق هي 374745 ل.س، وتكاليف التنفيذ (245740) ل.س.

و- منع تسريب البخار :

من خلال الجولة الميدانية تبين وجود نقاط عديدة لتسريب البخار في شبكة البخار حيث يتم التسريب من الصمامات ومن التوصيلات ومن أنابيب البخار القديمة والمهترنة. قدرت نسبة تسريب البخار بحدود (1 %) من إجمالي كمية البخار المنتجة. إن القيام بالصيانة اللازمة وإصلاح نقاط التسريب يحقق وفراً في الوقود مقداره (7) طن/سنة بقيمة مالية (44460) ل.س/سنة، وكذلك يحقق وفراً في المياه (90) م³/سنة بقيمة مالية مقداره (452). ويحتاج تنفيذ هذا الاقتراح إلى استثمارات مالية بقيمة (10000) يوضح الجدول (A26) ملخص نتائج هذا الاقتراح.

الجدول (A.26): الوفير نتيجة منع تسريب البخار

رقم	البيان	الوحدة	المقدار
1	بيانات أساسية		
1.1	نسبة التسريب	%	1
2.1	كمية البخار المستهلك	طن/سنة	9047
3.1	درجة حرارة البخار	درجة مئوية	170
	الانتالي	ك.كالوري/كغ	668
4.1	المحتوى الحراري للوقود	ك.كالوري/كغ	9600
5.1	سعر الوقود	ل.س/طن	6000
6.1	سعر المياه	ل.س/م ³	5
2	الوفير		
1.2	الوفير في الوقود	طن/سنة	7
2.2	الوفير في الوقود	ل.س/سنة	44460
3.2	الوفير في المياه	م ³ /سنة	90
4.2	الوفير في المياه	ل.س/سنة	452
5.2	الوفير الكلي	ل.س/سنة	44912
6.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	10000
7.2	فترة الاسترداد البسيطة	شهر	3

تعطى كمية البخار المتولد سنوياً (S_G) وفقاً للعلاقة الآتية:

$$S_G = \frac{Q \times H_v \times \eta}{H}$$

حيث إن :

S_G : كمية البخار المنتجة سنوياً (طن بخار/سنة).

Q : كمية الوقود المستهلكة (طن وقود/سنة).

H_v : المحتوى الحراري للوقود (ك.كالوري/سنة).

η : كفاءة الاحتراق.

وبالنتالي تكون كمية البخار المتولدة هي :

$$S_G = \frac{741 \times 9600 \times 0.85}{668.33}$$

$$S_G = 9047.27 \text{ ton/year}$$

تقدر نسبة البخار المتسرب (1 %) وبالتالي تكون البخار المتسرب سنوياً:

$$S_K = 0.01 \times S_G$$

$$S_K = 0.01 \times 9047.27$$

$$S_K = 90.47 \text{ ton/year}$$

يعطى الوفر في الوقود وفقاً للمعادلة:

$$AFS = \frac{S_K \times H}{H_v \times \eta}$$

$$AFS = \frac{90.47 \times 9600}{668.33 \times 0.85}$$

$$AFS = 7.41 \text{ ton/year}$$

الوفر في المياه يساوي كمية البخار المتسربة أي أن الوفر السنوي من المياه هو (90.47) م³.

بحاج تنفيذ هذه المقترحات إلى مبلغ (10000) ل.س وبالتالي تكون فترة الاسترداد بحدود ثلاثة أشهر فقط.

ز- استخدام محركات ذات كفاءة عالية :

في دائرة التبريد في وحدة الخزن محركان يعملان بشكل مستمر استطاعة كل منهما (45) كيلووات. واعتماداً على نتائج القياسات التي نفذت في الشركة باستخدام أجهزة قياس الطاقة الكهربائية، وأجهزة قياس سرعة دوران المحرك، وُجد أن المحركين يعملان عند نسبة تحميل منخفضة، وبكفاءة متدنية (مردود سيء). لذا نقترح استبدال المحركين الحاليين بمحركين ذي استطاعة (35) كيلووات وبكفاءة عالية (85 %) على الأقل.

إن عملية استبدال المحركين تحقق وفرا في الكهرباء مقداره (11384.3) ك.و.س/سنة بقيمة مالية (284608) ل.س/سنة، ويحتاج تنفيذ هذا الاقتراح إلى استثمارات مالية بقيمة (100000) يوضح الجدول (A27) ملخص نتائج هذا الاقتراح.

الجدول (A27) : الوفرة نتيجة استخدام محركات عالية الكفاءة

رقم	البيان	الوحدة	محرك 1	محرك 2
1	بيانات أساسية			
1.1	الاستطاعة الاسمية	ك.واط	45	45
2.1	السرعة الاسمية	دورة/دقيقة	735	735
3.1	السرعة المقاسة	دورة/دقيقة	7-	740
4.1	السرعة التزامنية	دورة/دقيقة	750	750
5.1	استهلاك الكهرباء	ك.و.س/سنة	280000	146000
6.1	نسبة التحميل	%	60.00	66.67
7.1	استطاعة الخرج الفعلية	ك.واط	27	30
8.1	استطاعة الدخل	ك.واط	35	37
9.1	المردود	%	77.14	81.08
10.1	استطاعة المحرك المقترح	ك.واط	35	35
11.1	مردود المحرك المقترح	%	85	85
2	الوفرة			
1.2	الوفرة	ك.و.س/سنة	82353	31490
2.2	الوفرة	ل.س/سنة	205882	78725
3.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	50000	50000
4.2	فترة الاسترداد	شهر	3	8

طريقة الحساب:

• تحديد السرعة التزامنية:

$$r_s = \frac{60 f}{2P}$$

$$r_s = \frac{3000}{2P}$$

r_s : السرعة التزامنية (r.p.m).

$2P$: عدد أزواج أقطاب المحرك.

$$r_s = \frac{3000}{4} = 750$$

• تحديد نسبة تحميل المحرك:

$$\text{load \%} = 100 \times \frac{r_s - r_m}{r_s - r_n}$$

$\text{load \%}$: نسبة التحميل.

r_s : السرعة التزامنية (r.p.m).

r_n : السرعة المقاسة (r.p.m).

r_m : السرعة الاسمية (r.p.m).

$$\text{load \%} = 100 \times \frac{750 - 741}{750 - 735}$$

$$\text{load \%} = 60 \%$$

• تحديد استطاعة الخرج:

$$P_{out} = P_n \times \text{load}$$

$$P_{out} = 45 \times 0.60$$

$$P_{out} = 27 \text{ kw}$$

• تحديد استطاعة الدخل

يتم تحديد استطاعة الدخل عن طريق القياس ($P_{inp} = 35 \text{ kW}$).

• تحديد كفاءة المحرك

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{inp}}$$

$$\eta = \frac{27}{35}$$

$$\eta = 77.14$$

باعتبار أن كفاءة المحرك المقترح استخدامه هو (85 %) نجد أن الوفر المحقق هو:

$$Saving = Electrical\ Consumption \times (1 - \frac{\eta_1}{\eta_2})$$

$$Saving = 280000 \times (1 - \frac{77.14}{85})$$

$$Saving = 82353 \text{ kWh/ year}$$

وهذا هو الوفر لمحرك واحد ونقوم بعملية الحساب من أجل المحرك الثاني فنجد أن الوفر الإجمالي المحقق من ذلك (113843) ك.و.س/سنة.

ج- استخدام مسامات الشحن بدرجعة حرارة البخار في برج التبريد:

في قسم الحاديب السعقم تجهيزة تدعى برج التبريد، حيث تدخل زجاجات الحاديب بعد أن يتم ملؤها و(غسلها) إلى البرج ليتم تبريدها بشكل نهائي، في برج التبريد أربع مناطق بدرجات حرارة مختلفة (90، 120، 65، 40) درجة مئوية. يتم تسخين تلك المناطق باستخدام البخار. يمكن أن يتم استخدام مسامات التحكم الآلي التي تقوم بالتحكم بكمية البخار الداخلة إلى برج التبريد بحيث تحافظ على درجة الحرارة المطلوبة، تعطى عادة مقدار الوفر الذي يحققه صمام التحكم الآلي كنسبة مئوية من إجمالي استهلاك الآلة البخار وتتراوح عادة بين (8% - 10 %).

إن استخدام صمام التحكم الآلي بالبخار يحقق وفراً في الوقود مقداره (11) طن/سنة بقيمة سنوية (63934) ل.س/سنة، ويحتاج تنفيذ هذا الاقتراح إلى استثمارات مالية بقيمة (40000) يوضح الجدول (A28) ملخص نتائج هذا الاقتراح.

40 C°	٢
65 C°	٢
120 C°	٢
90 C°	٢

برج التعقيم

الجدول (A28): الوفر نتيجة استخدام صمامات التحكم الآلي بالبخار

رقم	البيان	الوحدة	المقدار
1	بيانات أساسية		
1.1	استهلاك البخار	م ³ /سنة	1531
2.1	نسبة الوفر	%	10
3.1	الانتالي	ك.كالوري/كغ	668
4.1	سعر الوقود	ل.س/طن	6000
4.1	سعر المياه	ل.س/م ³	5
2	الوفر		
1.2	الوفر في الوقود	طن/سنة	11
2.2	الوفر في الوقود	ل.س/سنة	63934
3.2	الوفر في المياه	م ³ /سنة	1531
4.2	الوفر في المياه	ل.س/سنة	7653
5.2	الوفر الكلي	ل.س/سنة	71587
6.2	تكاليف التنفيذ	ل.س	40000
7.2	فترة الاسترداد البسيطة	شهر	7

ويوضح الجدول (A29) بيانات مقاطع أنابيب البخار ومقدار الاستهلاك السنوي من البخار لكل جزء من أجزاء برج التعقيم :

الجدول (A29) : استهلاك برج التعقيم من البخار

الرقم	اسم الآلة	العدد	القطر مم	استهلاك البخار كغ/ساعة	ساعات التشغيل ساعة/سنة	استهلاك البخار كغ/سنة
1	حزيران 60	1	25	118	4116	485100
2	حزيران 90	1	25	118	4116	485100
3	حزيران 120	1	19	68	4116	280194
4	حزيران 40	1	19	68	4116	280194
إجمالي استهلاك البخار (كغ/سنة)						1530588

3-2- دراسة وضع استهلاك الطاقة الكهربائية في الشركة السورية للألبسة الجاهزة (وسيم)¹

3-2-1- الملخص:

من خلال دراسة وضع الشبكة الكهربائية المغذية لشركة الألبسة الجاهزة (وسيم) تبين وجود ضرورة لتركيب لوحة مكثفات تحسين عامل الاستطاعة، وكذلك تبين وجود خلل في الموقت الزمني الخاص بالعداد الفعلي، ونتيجة هذا الخلل فإن العداد الفعلي يقوم بتسجيل حوالي 30% من قيمة الاستحراق في وقت الذروة الكهربائية على الرغم من توقف العمل تماماً خلال هذه الفترة، ويوضح الجدول (A30) الآتي ملخص فرص ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المتعلقة بالشبكة الكهربائية.

¹ المركز الوطني لبحوث الطاقة، دراسة الشبكة الكهربائية في شركة الألبسة الجاهزة، 2007،

الجدول (4.30) مخصص فرص ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المتعلقة بالشبكة الكهربائية

فترة الاسترداد سنة	كلفة التطبيق ل.س	الوفر السنوي ل.س/سنة	
1,8	275000	154863	تحسين عامل الاستطاعة
حالا	0	359160	ضبط عداد التعرفة الثلاثية
0,53	275000	514023	الإجمالي

2-3-2- الوصف العام للشركة السورية للألبسة الجاهزة (وسيم):

تقع الشركة في منطقة المليحة في الغوطة الشرقية في محافظة ريف دمشق، وقد تأسست الشركة عام 1977، وتنتج أنواع مختلفة من الألبسة الجاهزة (بدلات عمل متنوعة، قميص، رداء...) وكذلك تنتج الثراشوف واللحف. وتعمل الشركة بنظام الوردية الواحدة بدءاً من الساعة السابعة صباحاً وحتى الثالثة ظهراً، لمدة 6 أيام في الأسبوع.

2-3-3- وصف الشبكة الكهربائية المملوكة للشركة:

يتم تغذية الشركة بالطاقة الكهربائية عن طريق خط جهد متوسط (20 كيلو فولت)، وتتغذى الأحمال من شبكة الجهد المنخفض عن طريق محولتين استطاعة كل منهما (1600) ك.ف.أ. إحداهما في الخدمة والأخرى احتياط. في الشركة لوحات مكثفات قديمة جداً تم تركيبها منذ تأسيس الشركة عام 1977 وهي خارج الخدمة نظراً لانتهاء عمرها الزمني. يوجد عداد فعلي ثلاثي التعرفة وعداد ردي متوقف عن العمل منذ عام 2005.

2-3-4- استهلاك الطاقة الكهربائية في الشركة:

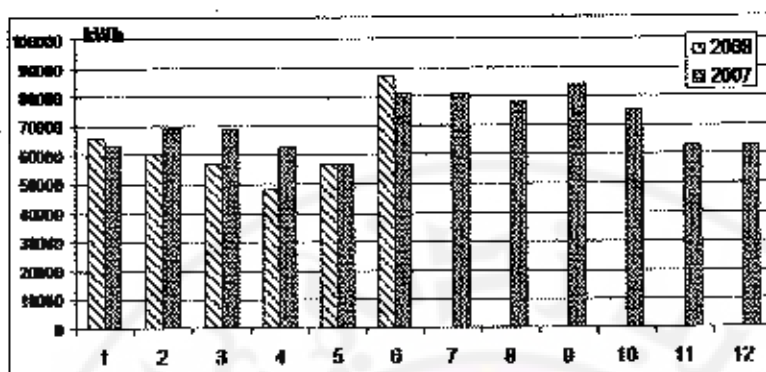
تستهلك الشركة الكهرباء لأغراض متعددة أهمها نظام التهوية لصالات الإنتاج، ولأغراض الإنارة وكذلك هناك عدد كبير من المحركات ذات الاستطاعة الصغيرة تشكل جزءاً مهماً من الحمل الكهربائي إضافة إلى تشغيل الأنظمة المساعدة كضواغط الهواء ومضخات المياه والمراجل. يبين الجدول (A31) بيانات استهلاك الطاقة الكهربائية في الشركة لعام 2007 والجدول (A32) بيانات النصف الأول لعام 2008، والمخطط (T20) استهلاك الطاقة خلال عامي 2007 و 2008.

الجدول (A31) بيانات استهلاك الطاقة الكهربائية خلال عام 2007

عام	شهر	استهلاك فعلي (ك.و.س)				استهلاك ردي	قيمة الفائرة
		نهار	ذروة	ليل	إجمالي		
2007	1	36000	21000	6000	63000	0	192133
	2	39000	24000	6000	69000	0	211655
	3	39000	24000	6000	69000	0	211655
	4	36000	21000	6000	63000	0	192133
	5	36000	15000	6000	57000	0	169678
	6	48000	27000	6000	81000	0	247760
	7	57000	21000	3000	81000	0	243203
	8	40000	24000	6000	70000	0	236540
	9	57000	21000	6000	84000	0	317769
	10	54000	18000	3000	75000	0	284894
	11	33000	10000	6000	49000	0	271586
	12	36000	24000	6000	66000	0	277244
	الاجملي	525000	255000	66000	846000	0	2956338

الجدول (A32) بيانات استهلاك الطاقة الكهربائية خلال النصف الأول لعام 2008

عام	شهر	استهلاك فعلي (ك.و.س)				استهلاك ردي	قيمة الفائرة
		نهار	ذروة	ليل	إجمالي		
2008	1	39000	24000	6000	69000	0	341992
	2	33000	21000	6000	60000	0	268241
	3	30000	21000	6000	57000	0	258521
	4	30000	15000	3000	48000	0	237344
	5	33000	18000	6000	57000	0	283756
	6	54000	27000	6000	87000	0	485045
	الاجملي	218000	126000	33000	375000	0	1772899



المخطط (T20) بيانات استهلاك الطاقة الكهربائية لعامي 2007 و 2008

من خلال قراءة البيانات الواردة في فواتير استهلاك الطاقة الكهربائية يلاحظ :

- 1- بلغ إجمالي استهلاك الطاقة الكهربائية عام 2007 مقدار 846000 ك.و.س.
- 2- لا يوجد تسجيل لاستهلاك الاستطاعة الردية نظراً لتوقف العداد الردي عن العمل.
- 3- بلغت نسبة استهلاك الطاقة الكهربائية الفعلية وقت الذروة حوالي (30,14 %) من إجمالي الاستهلاك رغم أن الشركة لا تعمل أثناء وقت الذروة.

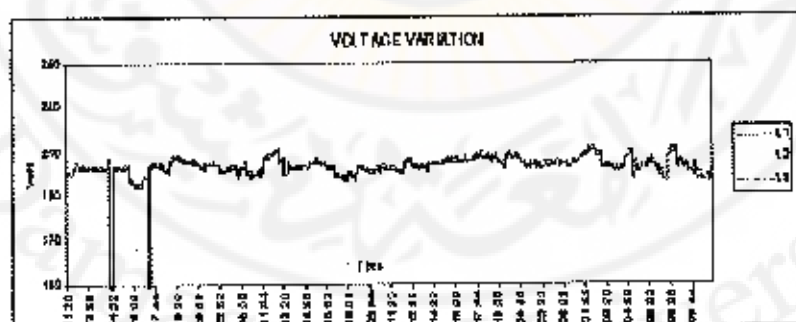
2-3-5- القياسات الكهربائية :

تم قياس الأحمال الكهربائية لأحمال الشركة باستخدام جهاز تحليل الطاقة الكهربائية، ويوضح الجدول (A33) ملخص نتائج القياس وتوضح الأشكال (T21)، (T22)، (T23)، (T24)، (T25)، (T26) تغيرات الجهد والتيار والاستطاعة الفعلية والاستطاعة الظاهرية والاستطاعة الردية وعامل الاستطاعة مع الزمن.

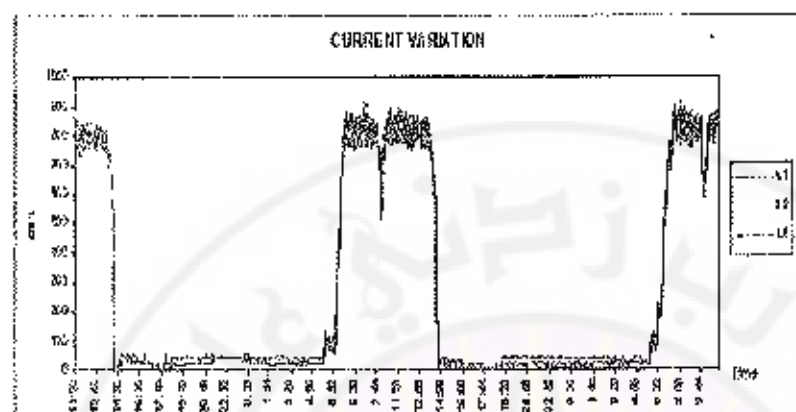
الجدول (A33) ملخص نتائج قياس الأحمال الكهربائية.

البيان	الوحدة	القيمة
التيار الأعظمي	أمبير	919,8
الجهد الكهربائي الأعظمي	فولت	212,6
الاستطاعة الفعلية العظمى	ك. واط	482
الاستطاعة الردية العظمى	ك. ف. أ. ر.	282,5
الاستطاعة الظاهرية العظمى	ك. ف. أ.	557
متوسط عامل الاستطاعة	%	88

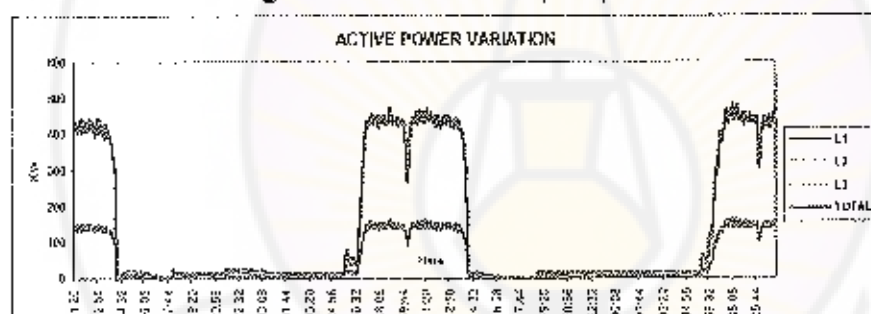
الشكل (T21) تغيرات الجهد مع الزمن



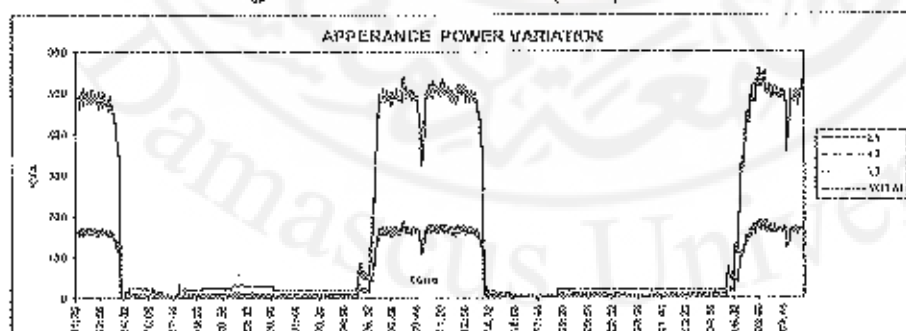
الشكل (T22) تغير التيار مع الزمن



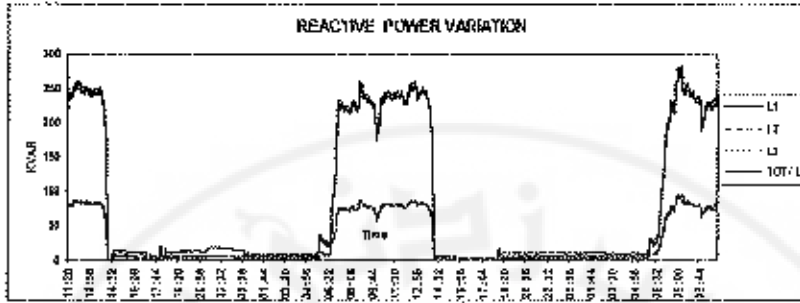
الشكل (T23) تغير الاستطاعة الفعلية مع الزمن



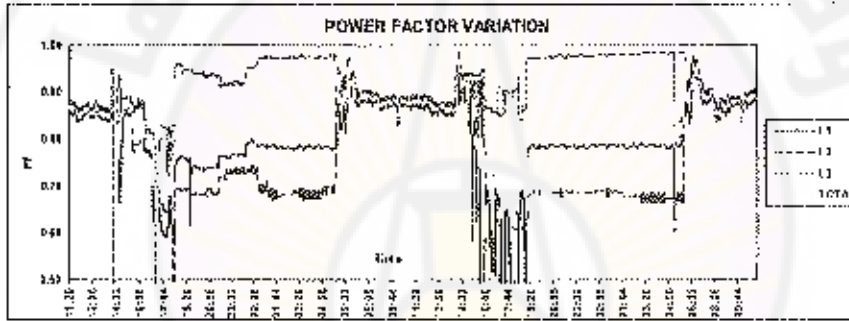
الشكل (T24) تغير الاستطاعة الظاهرية مع الزمن



الشكل (125) تغير الاستطاعة الردية مع الزمن



الشكل (126) تغير قيمة عامل الاستطاعة مع الزمن



من خلال نتائج القياسات يلاحظ :

- انخفاض قيمة الجهد الكهربائي إلى قيمة أدنى من 210 فولت.
- انخفاض قيمة عامل الاستطاعة عن القيمة 0,9 المسموح بها من قبل شركة الكهرباء وهذا يرتب على الشركة دفع غرامة مالية على فائورتها الكهربائية، إلا أن العداد الردي معطل حالياً وبالتالي لا يوجد محاسبة على انخفاض عامل الاستطاعة.

6-3-2- تحسين عامل الاستطاعة

بناءً على تحليل نتائج قياس المتغيرات الكهربائية، يقترح أن يتم تركيب لوحات مكثفات على المحولة الكهربائية في الشركة جهة التوتر المنخفض لتحسين قيمة عامل الاستطاعة ورفعها إلى الحدود المقبولة، حيث تستفيد الشركة جراء ذلك من عدم دفع غرامة انخفاض قيمة عامل الاستطاعة والاستفادة من الحسومات المالية المقدمة من

شركة الكهرباء. إضافة لذلك يساعد تركيب المكثفات الشركة على تحسين مستوى الجهد، والتقليل من الضياعات، وزيادة سعة المحولات وخطوط النقل، وبالتالي تحسين أداء الشبكة عموماً.

وتحتوي على :

- لوحة المكثفات
- وحدات المكثفات.
- جهاز تحكم.
- كونتاكتور ثلاثي الأطوار لكل مرحلة من مراحل المكثفات.
- منصهرات ذات سعة قطع عالية لكل مرحلة من مراحل المكثفات.
- قاطع رئيس.

يبين الجدول (A34) استطاعة لوحة المكثفات المقترح تركيبها:

الجدول (A34) استطاعة لوحة المكثفات المقترح تركيبها

استطاعة المرحلة × عدد المراحل ك.ف.أ.ر	استطاعة لوحة المكثفات ك.ف.أ.ر
$3 \times 50 + 5 \times 25 + 2 \times 12,5$	300

2-3-7-التقييم المالي لتركيب المكثفات:

إن تركيب لوحة مكثفات تحسين عامل الاستطاعة يضمن وصول عامل الاستطاعة إلى القيمة 0,96 على الأقل وبالتالي تستفيد الشركة من ضمان عدم دفع غرامة انخفاض عامل الاستطاعة، وكذلك تستفيد من حسم على الفاتورة نتيجة رفع عامل الاستطاعة " . قيمة أعلى من 0,93 ويوضح الجدول (A35) ملخص النتائج:

الجدول (A35) التقييم المالي لمشروع تركيب مكثفات تحسين عامل الاستطاعة

البيان	الواحدة	القيمة
استهلاك الكهرباء الفعلي	ك.و.س/سنة	846000
متوسط عامل الاستطاعة الحالي	%	88
متوسط عامل الاستطاعة المقترح	%	96
الغرامة المالية	ل.س	63168
الخصم	ل.س	91695
الوفر الإجمالي	ل.س	154863
تكلفة تركيب لوحة المكثفات	ل.س	275000
فترة استرداد رأس المال	سنة	1,8

2-3-8- التعرف الثلاثية:

بالاعتماد على قيمة التأشير الكهربائية ومقارنتها مع مؤشرات القياس يلاحظ وجود اختلاف كبير في مقدار الاستهلاك الحقيقي خلال فترة الذروة بناءً على القياس وذلك الواردة في الفواتير حيث لا يزيد وسطي الحمل الكهربائي أثناء فترة الذروة عن 20 ك.و. وبالتالي مع اعتبار فترة الذروة 5 ساعات يوضح الجدول (A36) المبالغ التي تخسرها الشركة نتيجة خطأ العداد:

الجدول (A36) الوفر المالي نتيجة ضبط عداد التعرفة الثلاثية بالشكل الصحيح

البيان	الوحدة	القيمة
وسطي الحمل أثناء الذروة	ك.و	20
الاستهلاك السنوي بالقياس	ك.و.س	36000
الاستهلاك السنوي حسب الفواتير	ك.و.س	255000
فرق الاستهلاك	ك.و.س	219000
فرق التعرفة	ل.س	1,64
الوفر المحقق	ل.س/سنة	359160

وبالتالي ستحقق الشركة وفراً مالياً سنوياً مقداره 359160 ل.س في حال تم ضبط العداد بشكل دقيق.

2-4- دراسة تركيب مكثفات تحسين عامل الاستطاعة في مستشفى دمشق²

2-4-1- الملخص:

من خلال دراسة وضع الشبكة الكهربائية المغذية لمستشفى دمشق تبين وجود ضرورة لتركيب لوحة مكثفات تحسين عامل الاستطاعة على محولتين كما هو موضح بالجدول (A37) الآتي الذي يبين ملخص فرص ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المتعلقة بالشبكة الكهربائية.

² المركز الوطني لبحوث الطاقة، دراسة تحسين عامل الامتطاعة في مشفى دمشق، 2009،

الجدول (A37) ملخص فرص ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المتعلقة بالشبكة الكهربائية.

البيان	الواحدة	محوّلة 491277	محوّلة 491278	الإجمالي
الوفر المالي	ل.س / سنة	416289	1231291	1647580
تكاليف تركيب لوحة المكنثات	ل.س	300000	200000	500000
فترة استرداد رأس المال	شهر	9	2	4

ملخص فرص ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية المتعلقة بالشبكة الكهربائية

2-4-2- الوصف العام لمستشفى دمشق:

تم إنشاء المستشفى عام 1954 وتقع في منطقة المجتهد. يصنف المستشفى ضمن المنشآت الخدمية التي تعمل على مدار سبعة أيام في الأسبوع على مدار الساعة. ويعد أحد المستشفيات المركزية الهامة على مستوى مدينة دمشق.

تتكون المستشفى من 4 طوابق وفيه 12 غرفة عمليات إضافة لغرفتي إسعاف. يحوي على عدة أجهزة أشعة من أهمها جهاز التصوير الطبقي المحوري متعدد الشرائح باستطاعة (120) ك.ف.أ تم تركيبه في الشهر الثامن عام 2008، وجهاز أشعة تصوير بالانطراح رقمي تم تركيبه بالشهر الأول عام 2009.

2-4-3- وصف الشبكة الكهربائية المغذية للمستشفى:

تتغذى المستشفى بالطاقة الكهربائية عن طريق محطتين هما: محطة الميدان ومحطة البيطرة الاحتياطية.

وتتغذى الأحمال من شبكة الجهد المنخفض عن طريق 3 محولات استطاعة كل منها (1000) ك.ف.أ. في المستشفى لوحات مكثفات قديمة جداً لا تعمل كما أنه لا يمكن إصلاحها.

2-4-4- استهلاك الطاقة الكهربائية في المستشفى:

تستهلك المستشفى الكهرباء لأغراض متعددة أهمها في قسم الأشعة، وأقسام العمليات وقسم الإسعاف وقسم العيادات، ولأغراض الإنارة. وكذلك هناك عدد كبير من الأقسام المختلفة منها المطبخ والتعقيم والغسيل والتوليد والأطفال والجراحة تشكل جزءاً مهماً من الحمل الكهربائي إضافة إلى عدد من الأجهزة الأخرى.

تبين الجدول (A38 و A39 و A40) التالية بيانات استهلاك الطاقة الكهربائية للمحولة ذات الاشتراك 795645 خلال الأعوام 2006 و 2007 و 2008 على التوالي.

الجدول (A38 و A39 و A40)

استهلاك ردي KVAR	استهلاك فعلي kWh			شهر	عام
	اجمالي	ليل	نهارى		
27600	93000		93000	1	2006
22800	72000		72000	2	
24000	70200		70200	3	
25200	74100		74100	4	
34500	98100		98100	5	
34500	99300		99300	6	
46800	124500		124500	7	
53400	137100		137100	8	
48000	120600		120600	9	
43800	103500		103500	10	
360600	992400		992400	الإجمالي	

استهلاك ردي kVAR	استهلاك فني kWh				شهر	عام
	إجمالي	ليل	نيرة	نهاري		
0	0			0	1	2008
0	0			0	2	
30000	75900			75900	3	
501000	125400			125400	4	
45300	115200			115200	5	
47400	129900			129900	6	
44400	123000			123000	7	
51300	143100			143100	8	
42900	114900			114900	9	
31200	87300			87300	10	
793500	914700			914700	الإجمالي	

عداد ميكانيكي

استهلاك ردي KVAR	استهلاك فعلي kWh				شهر	عام
	إجمالي	ليل	نروة	نهاري		
32700	102300	عداد ميكانيكي			1	2007
36300	111300				2	
35100	103500				3	
54300	151500				4	
45000	116400				5	
56700	155100				6	
48000	134400				7	
43200	119700				8	
42300	113700				9	
54000	132900				10	
447600	1240800				الإجمالي	
					1240800	

وتبين الجداول (A41 و A42 و A43) التالية بيانات استهلاك الطاقة الكهربائية للمحولة ذات الاشتراك 491278 خلال الأعوام 2006 و 2007 و 2008 على التوالي.

الجدول (A41 و A42 و A43)

استهلاك ردي KVAR	استهلاك فطفي KWh				شهر	عام
	إجمالي	ليل	نروة	نهارى		
44000	50000	18000	14000	18000	1	2006
70000	34000	10000	10000	14000	2	
56000	36000	10000	10000	16000	3	
58000	38000	12000	12000	14000	4	
108000	92000	28000	28000	36000	5	
106000	96000	30000	30000	36000	6	
116000	112000	36000	36000	40000	7	
118000	110000	34000	34000	42000	8	
108000	102000	32000	32000	38000	9	
70000	60000	18000	18000	24000	10	
854000	730000	228000	224000	278000	الإجمالي	

استهلاك ردي KVAR	استهلاك فعلي KWh				شهر	عام
	إجمالي	ليل	نروية	نهاري		
44000	46000	16000	12000	18000	1	2007
44000	44000	16000	12000	16000	2	
46000	48000	16000	14000	18000	3	
94000	90000	32000	24000	34000	4	
112000	110000	40000	32000	38000	5	
146000	156000	60000	42000	54000	6	
154000	180000	68000	50000	62000	7	
130000	142000	56000	40000	46000	8	
112000	114000	42000	30000	42000	9	
94000	98000	36000	26000	36000	10	
976000	1028000	382000	282000	364000	الإجمالي	

استهلاك ردي kVAR	استهلاك فعلي KWh				شهر	عام
	إجمالي	ليل	فروقة	نهاري		
66000	62000	22000	16000	24000	1	2008
110000	110000	38000	28000	44000	2	
23068	21952	7795	4789	9368	3	
114189	109452	35665	23898	49889	4	
117864	121607	36672	26349	58586	5	
195637	207780	62802	45424	99554	6	
192595	195973	60040	42896	93037	7	
210712	229814	73362	50268	106184	8	
117839	144860	47334	30862	66664	9	
62700	77325	25486	16312	35527	10	
1210604	1280763	409156	284798	586809	الإجمالي	

وتبين الجداول (A44 و A45 و A46) التالية بيانات استهلاك الطاقة الكهربائية للمحولة ذات الاشتراك 491277 خلال الأعوام 2006 و 2007 و 2008 و 2009 على التوالي.

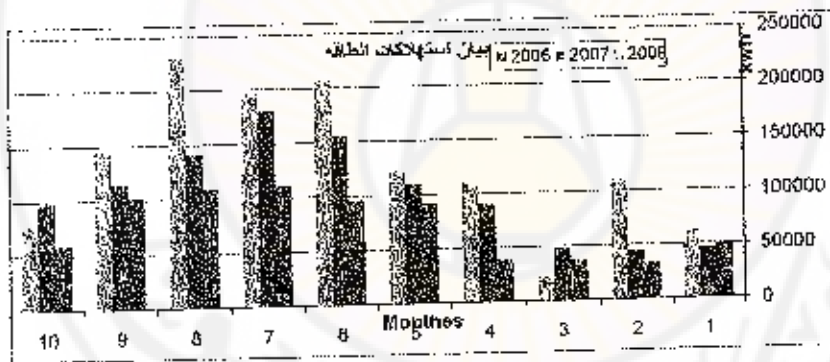
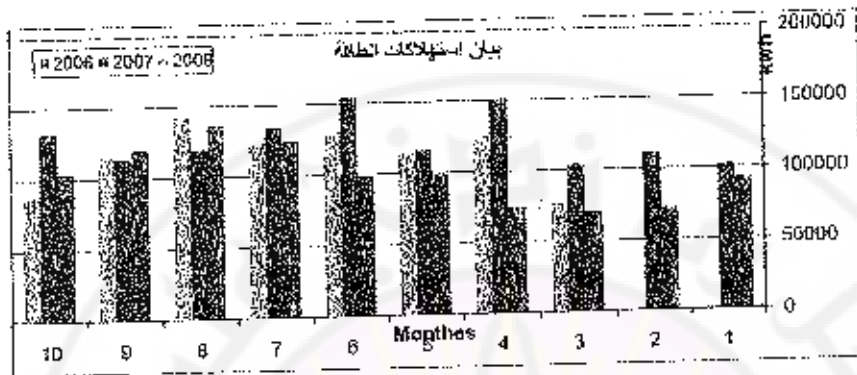
الجدول (A44 و A45 و A46)

استهلاك ردي KVAR	استهلاك فعلي KWh				شهر	عام
	إجمالي	لين	ثروة	نهري		
112000	174000	58000	56000	60000	1	2006
86000	134000	44000	44000	46000	2	
86000	130000	44000	42000	44000	3	
92000	132000	42000	44000	46000	4	
110000	154000	50000	54000	50000	5	
100000	140000	44000	50000	46000	6	
110000	158000	50000	58000	50000	7	
118000	170000	54000	62000	54000	8	
106000	150000	50000	52000	48000	9	
94000	132000	44000	44000	44000	10	
1014000	1474000	480000	506000	488000	الإجمالي	

استهلاك ردي KVAR	استهلاك فعلي KWh				شهر	عام
	إجمالي	ليل	نروية	نهاري		
82000	134000	46000	42000	46000	1	2007
90000	146000	50000	46000	50000	2	
86000	138003	48000	44000	46000	3	
116000	182000	60000	60000	62000	4	
98000	146000	52000	48000	46000	5	
120000	184000	62000	64000	58000	6	
116000	180000	64000	60000	56000	7	
112000	170000	62000	56000	52000	8	
116000	172000	58000	54000	60000	9	
116000	170000	60000	52000	58000	10	
1052000	1622003	562000	526000	534000	الإجمالي	

استهلاك ردي KVAR	استهلاك فعلي KWh				شهر	عام
	اجمالي	ليل	نروء	نهاري		
90000	152000	56000	44000	52000	1	2008
158000	230000	82000	62000	86000	2	
32960	47933	16203	9938	21792	3	
82981	115989	37512	23752	54725	4	
92050	131502	41189	26607	63706	5	
148106	220257	70233	44842	105182	6	
127812	191355	60744	38813	91798	7	
143608	213130	68101	43972	101057	8	
127222	159848	52710	33823	73315	9	
76612	96549	31795	19979	44775	10	
1079351	1558563	516487	347726	694350	الإجمالي	

وتبين المخططات التالية استهلاك الطاقة الكهربائية للمحولات ذوات أرقام الاشتراك على 491277 و 491278 و 795645 وذلك لعام 2006 و 2007 و 2008



2-4-5- القياسات الكهربائية :

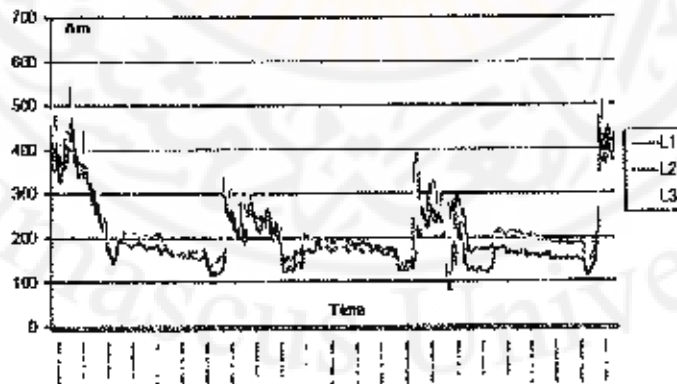
تم قياس الأحمال الكهربائية لأحمال المستشفى باستخدام جهاز تحليل الطاقة الكهربائية، كما في الجدول (A.47)

الجدول (A47)

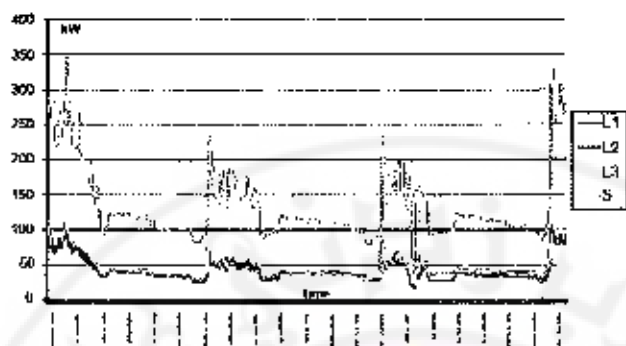
البيان	الواحدة	محولة 795645	محولة 491278	محولة 491277
التيار الأعظمي	أمبير	581	220	566
الجهد الكهربائي الأعظمي	فولت	388	409	404
الاستطاعة الفعلية العظمى	ك.وات	346	99	311
الاستطاعة الردية العظمى	ك.ف.أ.ر	97	90	195
الاستطاعة الظاهرية العظمى	ك.ف.أ.	359	133	367
متوسط عامل الاستطاعة	%	93	70	83

من خلال نتائج القياسات يلاحظ انخفاض قيمة عامل الاستطاعة عن القيمة 0,9 المسموح بها من قبل شركات الكهرباء على المحولة ذات الاشتراك (491277) وعلى المحولة ذات الاشتراك (491278) وهذا يرتب على المستشفي دفع غرامة مالية كبيرة على فاتورتها الكهربائية. توضح الأشكال تغيرات التيار والاستطاعة الفعلية والاستطاعة الردية وعامل الاستطاعة

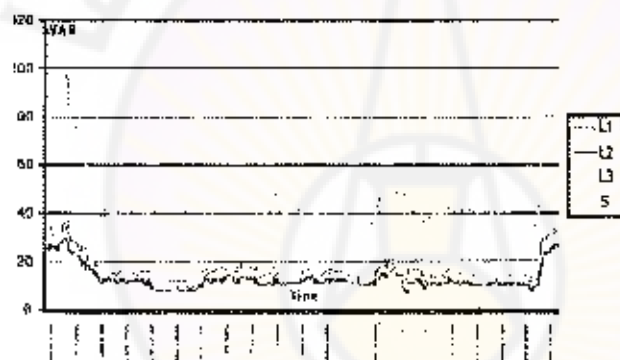
تغير التيار مع الزمن



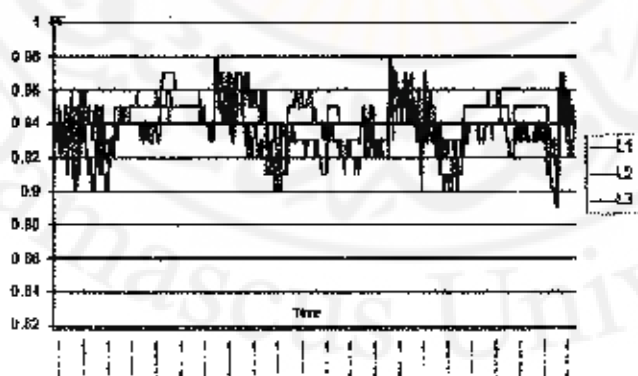
تغير الاستطاعة الفعلية مع الزمن



تغير الاستطاعة الرتبة مع الزمن



تغير قيمة عامل الاستطاعة مع الزمن



2-4-6- تحسين عامل الاستطاعة

بناءً على تحليل نتائج قياس المتغيرات الكهربائية نفترح أن يتم تركيب لوحات مكثفات على المحولتين (491277) و (491278) في المستشفى من جهة التوتر المنخفض لتحسين قيمة عامل الاستطاعة ورفعها إلى الحدود المقبولة، حيث تستفيد المستشفى جراء ذلك من التخلص من دفع غرامة انخفاض قيمة عامل الاستطاعة والاستفادة من الخصومات المالية المقدمة من شركة الكهرباء. إضافة لذلك يساعد تركيب المكثفات المستشفى على تحسين مستوى الجهد، والتقليل من الضياعات، وزيادة سعة المحولات وخطوط النقل، وبالتالي تحسين أداء الشبكة عموماً.

وتحتوى على :

- لوحة المكثفات
- وحدات المكثفات.
- جهاز تحكم.
- كونتاكتور ثلاثي الأطوار لكل مرحلة من مراحل المكثفات.
- منصهرات ذات سعة قطع عالية لكل مرحلة من مراحل المكثفات.
- قاطع رئيس.

يبين الجدول (A48) استطاعة لوحة المكثفات المقترح تركيبها:

الجدول (A48) استطاعة لوحة المكثفات المقترح تركيبها

رقم المحولة	استطاعة لوحة المكثفات ك.ف.أ.ر
491277	350
491278	350

2-4-7- التقييم المالي لتركيب المكثفات:

إن تركيب لوحة مكثفات تحسين عامل الاستطاعة يضمن وصول عامل الاستطاعة إلى القيمة 0,95 على الأقل وبالتالي تستفيد المستشفى من ضمان عدم دفع غرامة انخفاض

عامل الاستطاعة، وكذلك تستفيد من حسم على الفاتورة نتيجة رفع عامل الاستطاعة إلى قيمة أعلى من 0,93

ويوضح الجدول (A49) ملخص النتائج :

الجدول (A49) التقييم المالي لمشروع تركيب مكثفات - تحسين عامل الاستطاعة

البيان	الواحدة	مخولة 491277	مخولة 491278	الإجمالي
متوسط استهلاك الكهرباء	ك.و.س/سنة	1870276	1536951	3407227
متوسط عامل الاستطاعة الحالي	%	83	73	-
متوسط عامل الاستطاعة المقترح	%	95	95	-
الغرامة المالية	ل.س	416289	1231291	1647580
تكاليف تركيب لوحة المكثفات	ل.س	300000	200000	500000
مدة استرداد رأس المال	شهر	9	2	4

2-5- دراسة حالة - الجامع الأموي

تم تنفيذ مشروع تجريبي قام به المركز الوطني لبحوث الطاقة بالتعاون مع وزارة الأوقاف في مجال تحسين كفاءة الإنارة حيث تم اختيار جامع بني أمية الكبير في دمشق كنموذج عملي لاستبدال أجهزة الإنارة التي كانت موجودة بأخرى موفرة للطاقة حيث تم حصر عدد المصابيح الواجب استبدالها وإجراء القياسات وتحليل البيانات الكهربائية قبل استبدال المصابيح وبعد إنهاء عملية الاستبدال. تم تركيب أجهزة تحليل الطاقة الكهربائية وتحليل البيانات لإجراء عملية المقارنة قبل وبعد الاستبدال. يوضح

الجدول (A50) الآتي مواصفات المصابيح التي كانت مركبة (القديمة) والمصابيح التي ركبت (الجديدة) :

الجدول (A50) مواصفات المصابيح التي كانت مركبة (القديمة) والمصابيح التي ركبت (الجديدة)

المصابيح القديمة التي تم استبدالها			المصابيح الجديدة التي تم تركيبها		
النوع	الاستطاعة / وات	العدد	النوع	الاستطاعة / وات	العدد
متوهجة علوية	60	800	موفرة E27	20	800
متوهجة فلام	40	895	موفرة E14	11	985

و قد تم الحصول على النتائج الآتية :

المتغيرات الكهربائية		حدود القياس
التوتر	قبل التركيب	بعد التركيب
	219,8 - 198	226,9 - 201,2
عامل الاستطاعة	0,874	0,923
وسطى الحمل الفعلي kw	31	10,4
التوافقية الكلية في التوتر	3,2 - 0,3	2,8 - 0,2

2-5-1- تحليل النتائج و حساب الوفر

أظهرت النتائج انخفاضاً ملموساً في الاستطاعة المستجرة مترافقاً مع تحسين قيمة عامل الاستطاعة الوسطي من 0,87 إلى 0,923 كما نلاحظ أن قيمة التيار الأعظمي المستجر قد انخفضت بنسبة 34% الأمر الذي ينعكس على الناحية التصميمية للشبكة حيث إن، انخفاض التيار يساعد أيضاً على تصغير مقاطع كابلات التغذية أجهزة الإنارة ويساهم في تخفيض الفاقد الفني المتمثل في ضياعات التيار الحرارية.

2-5-2- حسابات الوفّر :

تم حساب الوفّر بعد الأخذ بعين الاعتبار الأمور الآتية :

- 1- عمر التشغيل للمصابيح المتوهجة /1000/ ساعة عمل .
- 2- عمر التشغيل للمصابيح الموفرة للطاقة /10000/ ساعة عمل حسب المواصفات الفنية لها .
- 3- ثمن المصباح المتوهج العادي /15/ ل.س و المصباح الفلام /20/ ل.س .
- 4- ثمن المصباح الموفر للطاقة ذي الاستطاعة 20 واط /130/ ل.س و ذي الاستطاعة 11 واط /120/ ل.س .
- 5- فترة المقارنة التي سيتم حساب الوفّر على أساسها /10000/ ساعة .
- 6- الحمل الوسطي الفعلي المقاس قبل تركيب المصابيح الموفرة 31 كيلو واط .
- 7- الحمل الوسطي الفعلي المقاس بعد تركيب المصابيح الموفرة 10,4 كيلو واط .
- 8- للتعرف المطبقة آنذاك 2,5 ل.س . والجدول (A51) الآتي يبين نتائج الحسابات

الجدول (A51)

المصابيح المتوهجة	المصابيح الموفرة	
10000×31 310000	$10000 \times 10,4$ 104000	الاستهلاك خلال /10000/ ساعة (ك.و.س)
$2,5 \times 310000$ 775000	$2,5 \times 104000$ 260000	قيمة الاستهلاك (ل.س)
$10 \times (15 \times 800 + 20 \times 895)$ 229000 =	$130 \times 800 = 120 \times 895$ 211400	ثمن المصابيح خلال /10000/ ساعة (ل.س)
1074000	471400	قيمة الاستهلاك خلال /10000/ ساعة (ل.س)

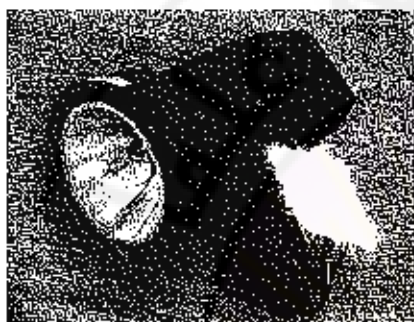
وعليه فإن :

- 1- الوفّر الكلي الناتج : $602600 = 471400 - 1074000$ ل.س .
- 2- مدة الاسترداد $= (602600 / 211400) \times (10000 / 8760) = 0,3$ سنة .

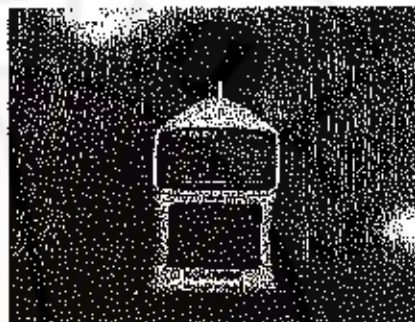
مما تقدم يتضح أن عملية استبدال المصابيح المتوهجة بمصابيح موفرة للطاقة ذات جنوى اقتصادية عالية وخاصة في الأماكن التي تحتوي عدداً كبيراً من مصابيح المتوهجة التي تعمل لساعات طويلة ..

ملاحظة: لم يتم الأخذ بعين الاعتبار أجور اليد العاملة التي قامت بعملية الاستبدال للمصابيح.

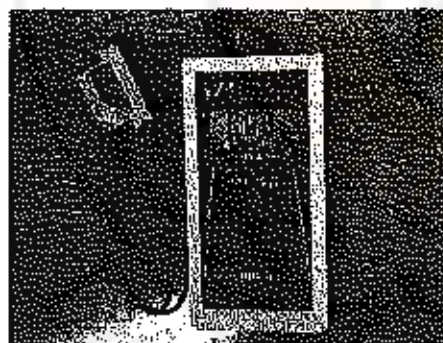
3- التجهيزات الخاصة بقياس مؤشرات استهلاك الطاقة في المنشآت



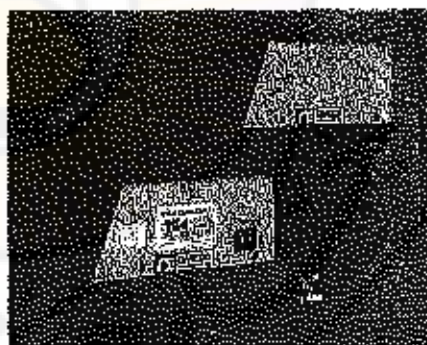
جهاز قياس سرعة دوران المحركات



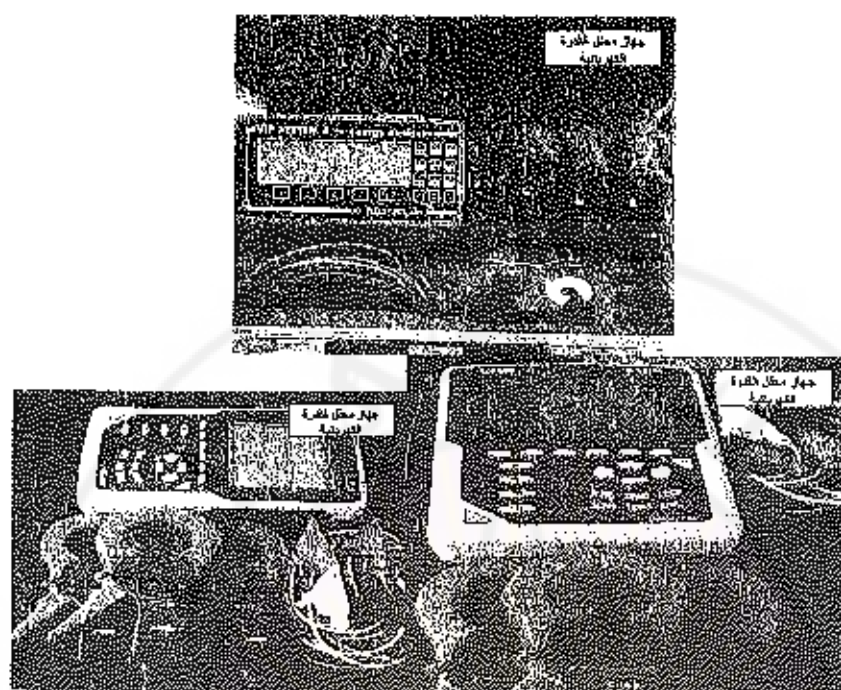
جهاز قياس الضجيج



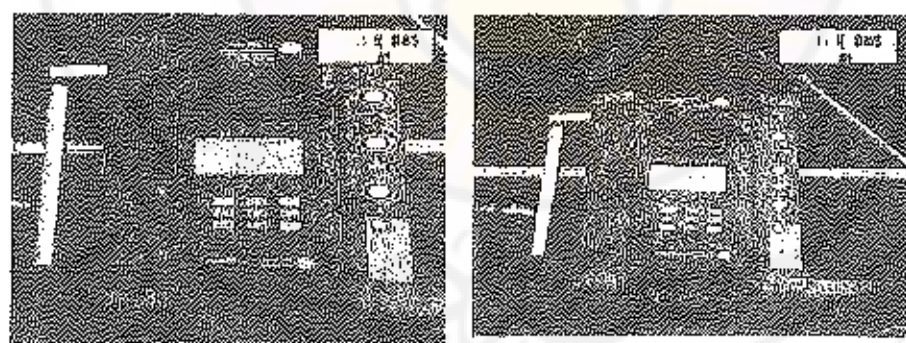
جهاز قياس سرعة تدفق السوائل



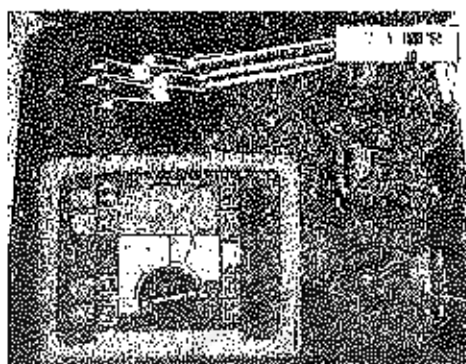
جهاز قياس الحرارة



جهاز تحليل القدرة الكهربائية



جهاز تحليل شوائب الغازات



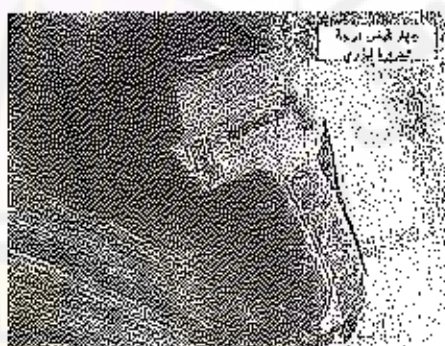
جهاز قياس مقاومة الأرضي



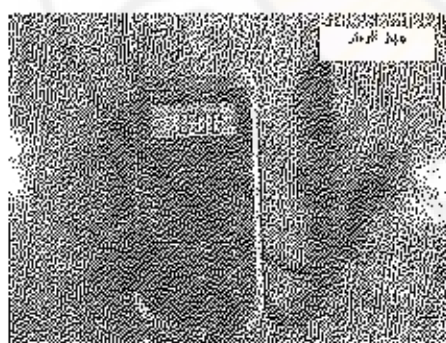
جهاز قياس سوية الإنارة



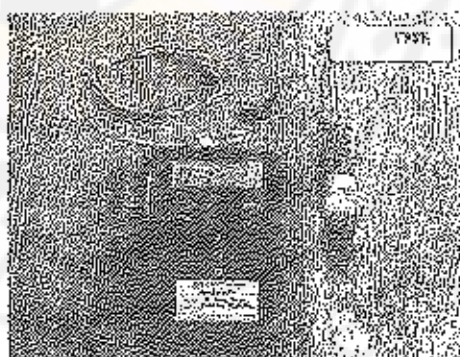
جهاز قياس معامل التحويل حراري رطوبة سرعة تدفق



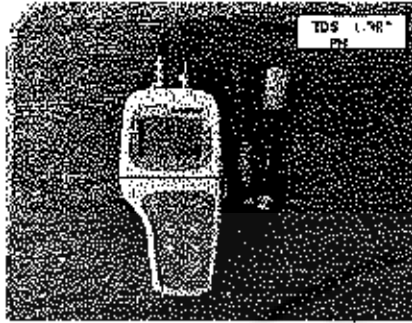
جهاز قياس درجة الحرارة ليزري



جهاز التورنر



جهاز قياس حرارة



جهاز قياس TDS و قياس PH

جهاز لوغر مسجل زمن الاستخدام

الجهاز المستخدم	الشرح والمعاملات التي يقوم الجهاز بقياسها
جهاز قياس الضجيج	يستخدم لقياس الضجيج الناجم من مختلف التجهيزات وخاصة الميكانيكية وذات الأجزاء الدوارة بواحدات الديسيبل.
جهاز قياس سرعة دوران المحركات	يستخدم لقياس سرعة دوران الأجزاء الدوارة.
جهاز قياس الحرارة	يستخدم لقياس الحرارة الناجم والنتيجة من مختلف التجهيزات.
جهاز قياس سرعة تدفق السوائل	يعتبر هذا الجهاز ضرورياً في دراسة نظام التدفئة والسوائل والمراجل حيث يقوم بقياس سرعة تدفقها ضمن الأنابيب.
جهاز تحليل القدرة الكهربائية Power Analyzer	يعتبر هذا الجهاز ضرورياً في دراسة نظام التغذية الكهربائية حيث يقوم بإعطاء وصف دقيق لمعظم المتغيرات ومعاملات الشبكة الكهربائية المغذية للمنشأة المراد اخذ قياسات لها من أجل إجراء حسابات التدقيق الطاقى و المتغيرات هي :

التوتر، التيار، القدرة الفعالة، القدرة الرد فعلية، عامل الاستطاعة، التوافقيات الكلية في التوتر %، التوافقيات الكلية في التيار %، التوافقيات المنفصلة لموجتي التوتر والتيار %.	
يستخدم لقياس وتحليل غازات العادم حيث يقوم بقياس المعاملات الآتية : درجة حرارة الهواء المحيط T_{amb} ، درجة حرارة غازات العادم T_{Fe} ، كفاءة الاحتراق (المربود) η . النسب الحجمية لكل من الغازات الآتية : $CO, CO_2, SO_2, NO, NO_2, NO_x,$ $O_2, C_xH_xH_2$ Excess Air	جهاز تحليل غازات العادم Flue Gas Analyzer
يستخدم لقياس مقاومة الأرضي والذي يعتبر من المؤشرات والمعاملات الهامة لضمان عمل المنشأة بشكل جيد وآمن.	جهاز قياس مقاومة الأرضي
يستخدم لقياس سويات الإنارة في المواقع المختلفة للمنشأة ويسمح بتحليل مباشر لنظام الإنارة من خلال مقارنة نتائج القياس مع القيم المعيارية المعتمدة وفق النورمات العالمية.	جهاز قياس سوية الإنارة Lux Meter
يستخدم لقياس الحرارة الناجم والناجمة من مختلف التجهيزات.	جهاز قياس درجة الحرارة ليزري
يستخدم لقياس معاملات التكيف: حرارة، رطوبة، سرعة تدفق.	جهاز قياس معاملات التكيف حرارة، رطوبة، سرعة تدفق
يستخدم لقياس قيم التوتر والتيار والمقاومة .. الخ	جهاز أومتر

يستخدم لتسجيل زمن الاستخدام	جهاز لوغر مسجل زمن الاستخدام
يستخدم لقياس درجة الحموضة ونسبة الأملاح الذائبة.	جهاز قياس TDS و قياس PH

