الاستدامة ودورة حياة وحدات الإضاءة الصناعية
Sustainability and Life Cycle of Artificial Lighting Units

د/ محمد شهدي أحمد
أستاذ مساعد نظم تصميم الإضاءة بقسم المنتجات المعدنية والحلي – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان، shohdy.kb@hotmail.com
تقى خالد محمد حسين
معيدة بقسم المنتجات المعدنية والحلي – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوانK toka.khaled22@outlook.com

ملخص البحث Abstract:
قدم التصنيع مساهمات كبيرة في التنمية العالمية، كما يتسبب التصنيع أيضًا في إهدار كميات كبيرة من الطاقة والموارد، فضلاً عن تلوث بيئي خطير، ولذلك وجب دراسة دورة حياة المنتجات مما يسهل فهم التأثير والبصمة البيئية التي تتجاوز أداء المنتج، لما يمثله مفهوم الاستدامة من توجه عام وضرورة ملحة وجب تحقيقها ومراعاتها في التصميم لدورة حياة المنتجات، ومن هنا وُجدت مشكلة البحث التي تختص بمعرفة نطاق تأثير المصمم في مراحل التصميم لدورة حياة المنتجات وعلاقتها بالاستدامة، وخاصة في تصميم وحدات الإضاءة الصناعية لشدة أهميتها، حيث يهدف البحث إلى تبني مفهوم الاستدامة من خلال التصميم لدورة الحياة للمنتجات عامة، وفي حالة وحدات الإضاءة الصناعية خاصةً، ويكمن أهمية البحث في توضيح أهمية التصميم لدورة الحياة وعلاقته بالاستدامة، والتأكيد على أهمية دور المصمم في التصميم لدورة حياة المنتجات عامة، والتركيز على مراحل دورة حياة وحدات الإضاءة وتقييمها، وعليه يطرح البحث في إطاره النظري دور إدارة دورة الحياة، ودورة حياة المنتج وتقييمها، ونهج التصميم لدورة المنتج، وما يعود من فوائد منها للصناعات، وللحكومات، وللمستهلكين، ويليه نطاق تأثير المصمم في استدامة دورة حياة المنتج من خلال إعادة التدوير، وإعادة التصنيع، وتحويل المنتجات لخدمات، ثم طرح مؤشرات تقييم استدامة المنتج، والتي تتكون من مؤشر الطاقة، والمؤشر البيئي، ومؤشر الموارد، والمؤشر الفني أو التقني، والمؤشر الاقتصادي، ثم التركيز على مراحل دورة الحياة لوحدات الإضاءة، وتقييمها من حيث المدخلات والمخرجات.

كلمات دالة Keywords:
دورة حياة المنتج
Product Life Cycle
الاستدامة
Sustainability
وحدات الإضاءة الصناعية
Artificial Lighting Units
التصميم لدورة الحياة
Design for Life Cycle

Paper received 4th May 2022, Accepted 20th June 2022, Published 1st of July 2022

المقدمة Introduction
يحسب تحليل دورة الحياة التأثير البيئي الحالي والمستقبلي من المهد إلى اللحد على مدى دورة حياة مادة أو منتج، حيث يوفر معلومات للمصممين لاتخاذ قرارات سليمة ومسؤولة بشأن منتج أو مادة، مما يسهل فهم التأثير والبصمة البيئية التي تتجاوز أداء المنتج، ولا يوجد معيار واحد لمنهجية تقييم دورة الحياة.
يأخذ تقييم دورة الحياة للاستدامة في الاعتبار التأثير البيئي والاجتماعي والاقتصادي لكل ما يدخل في منتج أو مادة: العمالة والطاقة والمواد والانبعاثات في جميع مراحل حياة المنتج أو المواد، والتي تشمل: تصميم وتصنيع المواد، والمواد الخام: المشتريات والتجهيز، وتصنيع المنتج بما في ذلك استهلاك الطاقة واستخدام المواد المعاد تدويرها أو الخام، والتغليف والتوزيع، واستخدام المنتج واستهلاكه، وفي النهاية التخلص منه أو إعادة الاستخدام بعد الاستهلاك.
وحدات الإضاءة الصناعية لا غنى عنها في كل المباني بمختلف أنواعها، ونتيجة لاستخدامها بكثرة وجب التركيز على دورة حياتها، ولما تمثله الاستدامة من أهمية وجب الأخذ في عين الاعتبار التأثير البيئي والاجتماعي والاقتصادي.

مشكلة البحث Statement of the problem
في الوقت الحالي والمستقبلي أصبحت الموائمة البيئية المستدامة هي التي يتم من خلالها المنافسة الحقيقية للمنتجات، وعليه أصبح هناك احتياج ضروري لمعرفة نطاق تأثير المصمم في مراحل التصميم لدورة حياة المنتجات، ويختص البحث بتصميم وحدات الإضاءة الصناعية.

الأهداف Objectives
يهدف البحث إلى تبني مفهوم الاستدامة من خلال التصميم لدورة الحياة للمنتجات عامة، وفي حالة وحدات الإضاءة الصناعية خاصةً.

منهج البحث Methodology
المنهج الوصفي التحليلي

أهمية البحث Significance of the study
- توضيح أهمية التصميم لدورة الحياة وعلاقته بالاستدامة.
- التأكيد على أهمية دور المصمم في التصميم لدورة حياة المنتجات عامة.
- التركيز على مراحل دورة حياة وحدات الإضاءة وتقييمها.

الإطار النظري Theoretical Framework
1- دور إدارة دورة الحياة
تهدف إدارة دورة الحياة إلى التفكير للوصول لتكامل منهجي في دورة الحياة في ممارسات الأعمال الحديثة بهدف تزويد المجتمعات بسلع وخدمات أكثر استدامة وإدارة دورة الحياة الإجمالية للمنتجات المختلفة نحو إنتاج واستهلاك أكثر استدامة، ولقد تم طرح إدارة دورة الحياة للنقاش لأول مرة في المؤتمر الدولي الأول الرائد حول إدارة دورة الحياة الذي نظمه Allan Astrup Jensen عام 2001، ثم قدمه رسميًا David Hunkeler عام 2004، وتم تعزيزه لاحقًا بواسطة Matthias Finkbeiner عام 2011 نحو إدارة استدامة دورة الحياة، التي تأتي من خلال:
- توسيع النطاق ليشمل أيضًا أنشطة المنبع (سلسلة التوريد) والأنشطة النهائية (العملاء وعملائهم ومنتجاتهم).
- معالجة ليس فقط الجوانب البيئية ولكن أيضًا الجوانب الاجتماعية والاقتصادية طوال دورة حياة المنتجات والخدمات.
- ربط إدارة الاستدامة وأداء المؤسسات والمنتجات بقيمة

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الأعمال وخلق القيمة.

2- دورة حياة المنتج

يدور التفكير في دورة الحياة Life cycle thinking (LCT) حول تجاوز التركيز التقليدي على موقع الإنتاج وعمليات التصنيع ليشمل التأثيرات البيئية والاجتماعية والاقتصادية للمنتج على مدار دورة حياته بأكملها، وتتمثل الأهداف الرئيسية للتفكير في دورة الحياة في تقليل استخدام موارد المنتج والانبعاثات في البيئة بالإضافة إلى تحسين أدائه الاجتماعي والاقتصادي من خلال دورة حياته، وقد يسهل هذا الربط بين أبعاد الاستدامة (الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية) داخل المنظمة.

عند استخدام نهج دورة الحياة، يمكن تصميم المنتجات بحيث يكون لها تأثير أقل على البيئة والمجتمع أثناء التصنيع والاستخدام والتخلص منها، حيث أن طريقة تفكير دورة الحياة لا تعد مجرد منهجية للتحليل، بل يمكن اعتبارها فلسفة وطريقة للمراقبة والتفكر، مما يؤدي إلى حلول فعالة للتحسين الشامل لاستدامة المنتجات والخدمات والأنظمة.

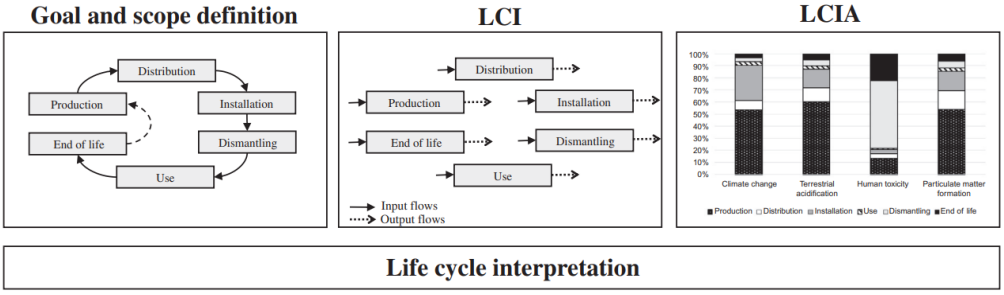
كما هو موضح بالشكل 1 يمكن أن تبدأ دورة حياة المنتج باستخراج المواد الخام من الموارد الطبيعية في الأرض وتوليد الطاقة، حيث تصبح المواد والطاقة جزءًا من الإنتاج والتعبئة والتوزيع والاستخدام والصيانة، وفي النهاية إعادة التدوير أو إعادة الاستخدام أو الاستعادة أو التخلص النهائي، وهناك إمكانية لتقليل استهلاك الموارد وتحسين أداء المنتجات في كل مرحلة من مراحل دورة الحياة.

3- تقييم دورة حياة المنتج

التعريف المقبول حاليًا لتقييم دورة حياة المنتج هو "تجميع وتقييم المدخلات والمخرجات والتأثيرات البيئية المحتملة لنظام منتج طوال دورة حياته"، والذي يحدث عادةً في أربع خطوات:

- المرحلة الأولى هي وصف الهدف والنطاق، والذي يتضمن تحديد أهداف الدراسة وتحديد حدود النظام.
- المرحلة الثانية، تسمى تحليل المخزون، تجمع المدخلات والمخرجات لكل عملية في دورة الحياة وتجمعها عبر النظام بأكمله، وعادة يتم قياس العديد من الانبعاثات والموارد.
- المرحلة الثالثة، المعروفة بتقييم تأثير دورة الحياة Life-cycle impact assessment (LCIA)، يتم تجميع الانبعاثات والموارد وفقًا لفئات تأثيرها وتحويلها إلى وحدات تأثير مشتركة لجعلها قابلة للمقارنة.
- المرحلة الرابعة والنهائية، هي تفسير نتائج الجرد وتقييم الأثر للإجابة على أهداف الدراسة.

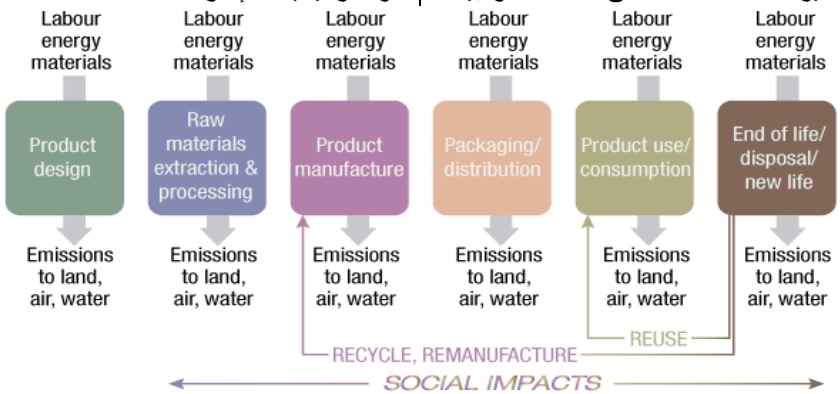
شكل 1 يوضح مخطط دورة حياة المنتج النموذجي



شكل 2 يوضح المراحل المنهجية لتقييم دورة الحياة

4- نهج التصميم لدورة حياة المنتج

يساعد نهج دورة الحياة في اتخاذ الخيارات، وهذا يعني أن كل فرد في السلسلة الكاملة لدورة حياة المنتج لديه مسؤولية ودور مهم يقوم به، مع مراعاة جميع التأثيرات ذات الصلة على الاقتصاد والبيئة والمجتمع، ويجب النظر في تأثيرات جميع مراحل دورة الحياة بشكل شامل من قبل المواطنين والشركات والحكومات، عندما يتخذون قرارات بشأن أنماط الاستهلاك والإنتاج والسياسات واستراتيجيات الإدارة.



شكل 3 يوضح دورة حياة المنتج

4-1- فوائد نهج دورة الحياة

يُمكّن نهج دورة الحياة مصممي المنتجات ومقدمي الخدمات والوكلاء الحكوميين والأفراد من اتخاذ خيارات على المدى الطويل مع مراعاة جميع الوسائط البيئية (مثل الهواء والماء والأرض)، وتتجنب مناهج دورة الحياة تحويل المشكلات من مرحلة دورة حياة إلى أخرى، ومن منطقة جغرافية إلى أخرى ومن وسط بيئي (على سبيل المثال جودة الهواء) إلى آخر (على سبيل المثال، الماء أو الأرض)، وبشكل عام يمكن أن تحقق مناهج دورة الحياة العديد من الفوائد:

4-1-1- فوائد للصناعات

من خلال دمج منظور دورة الحياة في الإدارة الشاملة وتقديم تطوير المنتجات والعمليات في اتجاه أكثر استدامة، يمكن للمنظمة جني فوائد البيئة والصحة والسلامة المهنية وإدارة المخاطر والجودة، بالإضافة إلى تطوير وتطبيق خدمات ومنتجات أنظف، وسيؤدي دمج دورة الحياة وإدارة الاستدامة إلى تحسين الصورة وقيمة العلامة التجارية لكل من المنافسين في السوق العالمية وكذلك الموردين والمنتجين الأصغر.

4-1-2- الفوائد التي تعود على الحكومات

ستتمكن المبادرات الحكومية من تقوية مكانة القطاعات الصناعية والخدمية في الأسواق الإقليمية والعالمية، وستضمن أيضًا الفوائد البيئية الشاملة للمجتمع (متوازنة مع الجوانب الاقتصادية والاجتماعية)، ومن خلال الانخراط في البرامج والمبادرات الداعمة وتنفيذ نهج دورة الحياة، يمكن للحكومات إظهار المسؤولية والحكمة العالمية من خلال تبادل ونشر خيارات الاستدامة في جميع أنحاء العالم.

4-1-3- فوائد للمستهلكين

ستساعد نهج دورة الحياة في توجيه الاستهلاك في اتجاه أكثر استدامة من خلال تقديم معلومات أفضل للشراء وأنظمة النقل ومصادر الطاقة لتوجيه المستهلكين، حيث أن نهج دورة الحياة يوفر منصة للحوار بين أصحاب المصلحة المتعددين والمشاركة العامة مع الصناعات والحكومات، والانتقال من الأجندة المحلية إلى الاستراتيجيات الوطنية والدولية للتنمية المستدامة.

4-2- متطلبات تصميم دورة الحياة

يتمثل نهج تصميم دورة الحياة في تصميم طريقة عامة أولاً يمكن تعديلها وفقًا لاحتياجات الصناعات أو الأعمال التجارية المحددة في المستقبل، مثال لذلك تشتري الشركة المصنعة للمعدات الأصلية Original equipment manufacturer (OEM) أجزاء أو وحدات من الموردين لتضمينها في منتجاتها، ولذلك فإن الشركة المصنعة للمعدات الأصلية على اتصال بالعميل وهي مسؤولة عن القدرة الوظيفية وسلامة المنتج، ومن ثم فإن الشركة المصنعة للمعدات الأصلية هي الطرف الوحيد القادر على إدارة دورة الحياة الكاملة للمنتج من الإنتاج حتى التخلص منه.

يجب تصنيف مقاييس دورة الحياة، وتنشأ متطلبات هذا التصنيف من استخدامه للتمييز بين مجالات العمل المختلفة لعملية إنشاء الفكرة، وعلى الرغم من أن مجالات العمل هذه يجب أن تحدد عن كثب المجال الذي يجب إنشاء الأفكار الجديدة من أجله، إلا أنه لا ينبغي أن تكون مفصلة للغاية لأن هذا من شأنه أن يعيق عملية توليد الفكرة، ولذلك يمثل كل مجال من مجالات العمل مفهومًا أو فكرة أساسية بدلاً من فقدان نفسه في تعريفات مفصلة.

لجعل مفاهيم دورة الحياة "دليل على المستقبل"، من الضروري تضمين تنبؤات المستقبل في تصميم عملية دورات الحياة، ومع ذلك بما أنه من المستحيل التنبؤ بالتطورات المستقبلية على وجه اليقين، فمن الخطر للغاية الاعتماد على توقع واحد، وعليه لتقليل هذه المخاطر يتم أخذ سيناريوهات متعددة للعقود الآجلة المحتملة في الاعتبار.

من الضروري التفكير "خارج الصندوق" لصياغة مفاهيم جديدة لدورة الحياة غير مقيدة بأنظمة التفكير الراسخة لصناعة معينة أو فئة مهنية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال استخدام تقنيات الإبداع ومشاركة الآخرين في عملية تكوين الفكرة، ولتحقيق شمول مفهوم دورة حياة المنتج، يجب تضمين الخبراء من العديد من المهن المختلفة في المراحل الأولى من عملية التطوير، حيث أن إنشاء مفهوم دورة حياة متماسك وناجح يستخدم الترابط بين المراحل المختلفة لدورة الحياة لصالح النجاح الشامل للمفهوم، إلا إذا تم أخذ العديد من وجهات النظر في الاعتبار، ومن خلال تضمين جميع الإدارات منذ البداية، ليس من الممكن فقط التغلب على صراعات السلطة ولكن أيضًا لمنعها من الحدوث على الإطلاق.

4-3- مفهوم دورة الحياة

الهدف من تطبيق مفهوم دورة الحياة هو وصف دورة حياة المنتج المادي، ولا يتم التخطيط لدورة حياة الوحدة الفردية فقط، بل أيضًا دورة حياة جيل منتج كامل، ويتم تضمين جميع مراحل دورة الحياة من بداية عملية التطوير حتى التخلص من آخر منتج متبقي، ويتم وصف تدفقات المواد والمعلومات على أنها خدمات يتم تقديمها مع المنتج المادي، يجب أن تفي عملية إنشاء المفهوم بالمتطلبات المذكورة أعلاه من أجل تحويل المتطلبات إلى مفاهيم المنتج.

5- نطاق التأثير في تصميم دورة الحياة

عند النظر في دورة حياة المنتج، يتضح لنا وجود مراحل تمتاز بكونها نطاق التأثير الذي يجب على المصمم التفكير فيه ومراعاته لإغلاق حلقات دورة الحياة المفتوحة، ويمكن للمصمم وضع السيناريوهات المختلفة لدورة حياة المنتج لتحليل تأثيرها وبناءً عليه اتخاذ القرارات الهامة في العملية التصميمية، ويمكن استخدام السيناريوهات لتحديد الأسئلة اللازم الإجابة عليها كمدخل للإبداع للمصمم، ولتحديد نطاق التأثير في تصميم دورة الحياة تم تطوير التصنيف التالي مع وضع هذه الأفكار في الاعتبار، وقد تم تحديد نطاق التأثير في أحد مجالات العمل الرئيسية الثلاثة التالية:

5-1- إعادة تدوير المواد

يمكن تعريف إعادة تدوير المواد على أنها العملية التي يتم من خلالها جمع المواد المخصصة للتخلص منها ومعالجتها واستخدامها لتصنيع منتجات جديدة يتم خلالها تفكك الشكل الأصلي للمادة، ويمكن التمييز بين نوعين من حلقات إعادة تدوير المواد:

- نفايات إعادة تدوير الإنتاج: تتميز هذه النفايات بأنها نظيفة في الغالب ولا تختلط بمواد أخرى، لهذه الأسباب فهو منتشر تقليديا.
- إعادة تدوير المواد عند انتهاء عمرها الافتراضي: توجد هنا مشكلة تتمثل في أن المواد الخام ليست نظيفة ومختلطة.

ويتطلب كلا شكلي إعادة تدوير المواد تفكك الشكل الأصلي للجزء أو المادة، وتتطلب هذه العمليات طاقة ومواد غير مخلوطة في الغالب، ومن الممكن توفير الطاقة والوقت والجهد اللذين ينطوي عليهما التفكيك الكامل إذا تم الحفاظ على الشكل، على سبيل المثال، من خلال إعادة التصنيع.

5-2- إعادة التصنيع

إعادة التصنيع هي إعادة التدوير عن طريق تصنيع منتجات من المنتجات المستعملة، حيث إعادة بناء منتج وفقًا لمواصفات المنتج الأصلي المصنَّع باستخدام مزيج من قطع الغيار المُعاد استخدامها والجديدة، ولقد أصبح المصطلح "إعادة التصنيع" يُستخدم لعملية إعادة المنتجات المعمرة المستخدمة إلى حالة شبه جديدة، وقد تختلف حالة "مثل الجديدة" التي تتحقق من خلال إعادة التصنيع، حيث يمكن أن تكون الحالة الأصلية بعد تصنيع الماكينة أو حالة جديدة نتيجة لتحديث بمكونات معينة، وحالة التحديث تلك يطلق عليها الترقية "up-cycling" أو "Upgrade" ويشمل هذا المجال أيضًا إعادة الاستخدام وتفكيك المكونات، والتي يمكن فهمها على أنها استخدام المكونات أو الأجزاء التي تم استخراجها

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

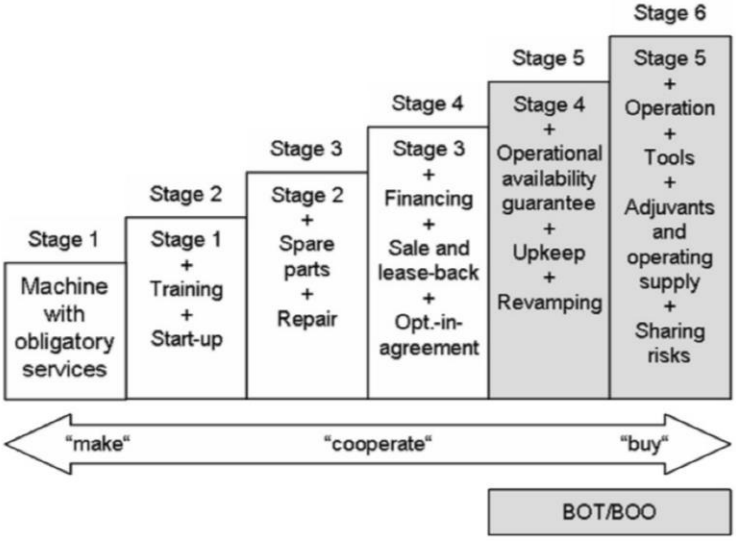
من المنتجات بعد دورة حياة واحدة على الأقل كقطع غيار أو في منتجات مصنعة حديثًا، والمصطلحات الأخرى المدرجة في مجال العمل هذا هي إعادة التهيئة أو التجديد، وإعادة التصنيع مربحة وعملية في ظل ظروف معينة:

- منتج عالي القيمة (متطلب تقنيًا، معقد).
- يحتوي على مكونات قيمة.
- تلف المنتج ليس شديد.
- التلوث ليس شديد الخطورة.
- لا يصبح المنتج قديمًا تقنيًا خلال دورة حياة واحدة.
- لا يوجد اعتماد قوي على الموضة.
- جودة القدرة على استخدام المواد أو الحصول عليها في نهاية دورة الحياة.
- يفضل استخدام أو تضمين وحدة أو وحدات كأساس للتصميم.

يجب مراعاة هذه القيود عند التخطيط لتدابير إعادة التصنيع، وبينما يحاول كل من إعادة تدوير المواد وإعادة التصنيع إغلاق الحلقات المفتوحة في تدفق المواد، لا يمكن تحقيق إزالة المواد إلا من خلال إنشاء خدمات جديدة.

3-5- الخدمات

يؤدي إنشاء الخدمات وتوسيعها إلى منع الضرر البيئي من خلال إزالة الطابع المادي وتحقيق أرباح إضافية للشركة المصنعة، ويمكن أيضًا أن يدعم الأنشطة من مجالات عمل الآخرين، من خلال البقاء على اتصال مع المستخدم أثناء تقديم الخدمات، تكون الشركة المصنعة حاضرة كجهة اتصال في وقت التخلص، وهو أمر مهم للغاية لإعادة تدوير المواد أو إعادة التصنيع، حيث أنه إذا كانت الصيانة المستمرة جزءًا من الخدمة، فسيتم إبلاغ الشركة المصنعة بكامل "قصة حياة" المنتج، ويمكن أن يكون هذا أمرًا حاسمًا لنجاح إعادة التصنيع، ولقد طور "ماير" النموذج التالي لمستويات مختلفة من الخدمات ونماذج الأعمال المرتبطة بها كما هو موضح في الشكل 4، وعلى الرغم من أن هذا النموذج قد تم تطويره في الأصل لأنظمة التصنيع وهندسة المصانع، إلا أنه يقدم أيضًا رؤى قيمة لمنتجي السلع التقنية الأخرى.



شكل 4 يوضح نموذج "ماير" لمراحل الخدمات المقدمة مع المنتجات المادية

وفقًا ل"ماير"، تشمل المرحلة الأولى الخدمات الإلزامية المقدمة مع المنتج مثل الوثائق والضمان، وفي المرحلة الثانية يتم تقديم خدمات اختيارية تمكن العميل من استخدام المنتج، وخلال المرحلة الثالثة الخدمات المقدمة تؤمن جودة القدرة التشغيلية للمنتج، ومن المرحلة الرابعة وما بعدها يتم تقديم التمويل ونماذج التأجير، ويتم تضمين مقدمي الخدمات المالية الخارجية من خلال البيع وإعادة التأجير، ويمكن أيضًا توفير خدمات التمويل من قبل الشركة المصنعة، أحد الأمثلة على ذلك هو صناعة السيارات حيث وجد كبار المصنّعين بنوكهم الخاصة، على سبيل المثال بنك مرسيدس بنز Mercedes-Benz Bank AG، وفي المرحلة الخامسة يتم دمج الشركة المصنعة في العمليات التجارية للعميل من خلال تقديم الصيانة وتحسين وسائل الإنتاج، وفي المرحلة السادسة توفر الشركة المصنعة الموظفين لتشغيل الماكينة، وإذا كان العميل يوفر فقط المواد لعملية الإنتاج، يتحول مورد المعدات التقنية إلى مقاول من الباطن أو مورد مواد، وقد يضمن المورد أيضًا حجمًا معينًا من المبيعات للعميل، وبالتالي يشارك في مخاطر فشل السوق.

هذه التدابير لإعادة تدوير المواد وإعادة التصنيع والخدمات هي وحدها مجرد خيارات للعمل في المستقبل، ولتحديد التدابير التي تكون منطقية في سياق منظمة معينة، من الضروري إلقاء نظرة على المستقبل.

6- مؤشرات تقييم استدامة المنتج

يتم التعرف على مؤشرات استدامة المنتج بشكل متزايد كأداة مفيدة لتقييم استدامة المنتج، والتي دائمًا ما تكون دور الشركات في تلك المجالات، مثل الطاقة والبيئة والموارد والتحسين الفني والاقتصادي، والمنتج دائمًا مكون معقد يتم تقييمه من خلال مستويات متعددة ومؤشرات متعددة، ومن أجل التعامل معها تكمن المشكلة الأساسية في تطوير نظام علمي وشامل لتقييم استدامة المنتج، وعليه يجب أن يختار تقييم استدامة المنتج المؤشرات الرئيسية للتقييم، والتي هي مؤشرات الطاقة والبيئة والموارد والتقنية والاقتصادية.

1-6- مؤشر الطاقة

يتضمن مؤشر الطاقة كفاءة الطاقة، واستخدام الطاقة، ومعدل استخدام الطاقة النظيفة، واستهلاك الطاقة أيضًا، حيث يستهلك المنتج كميات كبيرة من الطاقة في دورة حياته، لذلك من الضروري تحسين كفاءة الطاقة، واستخدام الطاقة، والاستفادة من الطاقة النظيفة قدر الإمكان.

2-6- المؤشر البيئي

يهدف المؤشر البيئي إلى تقليل تدمير البيئة البيئية في دورة حياة المنتج، حيث انه يأخذ في عين الاعتبار بشكل أساسي المؤشرات المتعلقة بالبيئة في دورة حياة المنتج، بما في ذلك انبعاثات غاز العادم وانبعاثات مياه الصرف وانبعاثات النفايات الصلبة.

3-6- مؤشر الموارد

يدرس مؤشر الموارد بشكل أساسي الموارد المادية وموارد

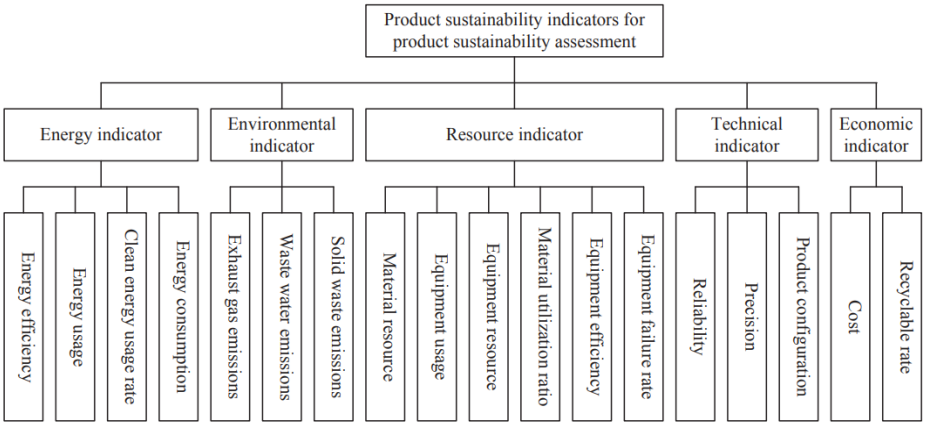
المعدات في دورة حياة المنتج، وتشمل مؤشرات التقييم الرئيسية الموارد المادية واستخدام المعدات وموارد المعدات ونسبة استخدام المواد وكفاءة المعدات ومعدل فشل المعدات.

6-4- المؤشر الفني أو التقني

يعكس المؤشر الفني موثوقية المنتج ودقته وتكوينه، حيث تتمثل المشكلة الأساسية في فحص الخصائص التقنية الأساسية التي تصف الوظائف الأساسية للمنتج لتلبية المؤشر الفني، مثل موثوقية المنتج ودقته عند تقييم الأداء الفني للمنتج، ويمكن أن يكون تكوين المنتج دائمًا عاملاً في الابتكار التقني للمنتج.

6-5- المؤشر الاقتصادي

يتضمن المؤشر الاقتصادي بشكل أساسي التكلفة ومعدل إعادة التدوير، ولا يشير المؤشر الاقتصادي إلى التكلفة العامة للمنتج فحسب، بل يشير أيضًا إلى تأثير البيئة الاجتماعية في دورة حياته، وتقييم استدامة المنتج هو اعتبار شامل مع مستويات ومؤشرات متعددة، وبالتالي فإن مؤشرات تقييم استدامة المنتج مطلوبة في عملية التقييم، كما هو موضح في الشكل 5.

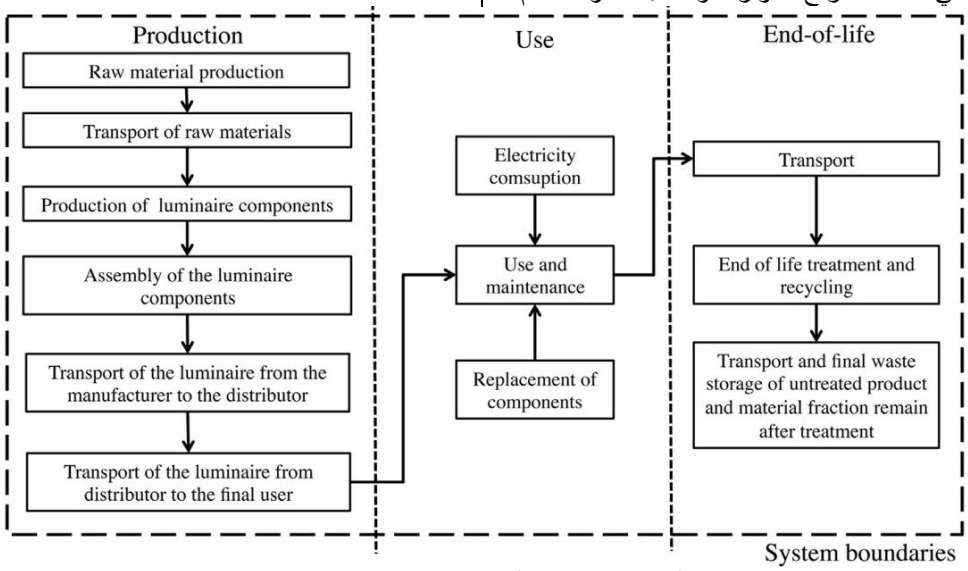


شكل 5 يوضح مؤشرات تقييم استدامة المنتج

7- مراحل دورة الحياة لوحدات الإضاءة

دورة حياة وحدات الإضاءة تعني المراحل المتتالية والمترابطة وكل المساهمات والنواتج الهامة المرتبطة مباشرة من تصميم الوحدات للتخلص منها، حيث يتم تقييم الطاقة والتدفقات الجماعية والأثر البيئي من إنتاج المواد الخام إلى التخلص من المنتج النهائي، مراحل دورة الحياة التي تم تحديدها هي:

- الإنتاج (بما في ذلك استخراج الموارد، ومعالجة المواد الخام، ونقل المواد الخام والمنتجات شبه المصنعة، وإنتاج المكونات الإلكترونية وغير الإلكترونية والتعبئة والتغليف).
- النقل من أجل التوزيع (من المصنع إلى البائع أو الموزع ومن البائع أو الموزع إلى المستخدم النهائي).
- الاستخدام والصيانة (استهلاك الكهرباء واستبدال المكونات).
- نهاية العمر (النقل والتخلص).



شكل 6 يوضح مراحل دورة حياة وحدات الإضاءة

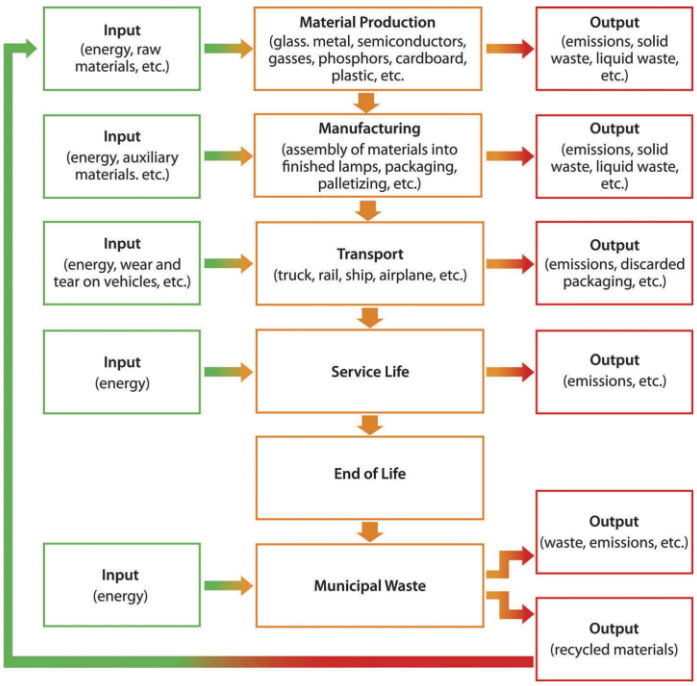
8- تقييم دورة حياة وحدات الإضاءة

يتضمن النهج الأساسي لتقييم المنتجات الفردية فيما يتعلق بالاستدامة تقنية تُعرف باسم تقييم دورة الحياة Life Cycle Assessment (LCA)، ويقوم تقييم دورة الحياة بتقييم الأثر التراكمي للمنتج على البيئة طوال حياته أو أي فترة زمنية أخرى، والتي تتم معالجتها من خلال مراحل دورة الحياة الأربع التالية:

- المواد الخام واقتنائها
- التصنيع والنقل
- التركيب والصيانة والتشغيل
- التخلص وإعادة التدوير

في كل مرحلة من هذه المراحل، يتم النظر في مدخلات الطاقة والمواد الخام، جنبًا إلى جنب مع المخرجات التي تشمل المنتج المطلوب إلى جانب الانبعاثات الجوية، والمخلفات المنقولة بالماء والنفايات الصلبة، وغيرها من المنتجات الثانوية (انظر الشكل 7)، ويتم تصنيف هذه الانبعاثات وفقًا لقدرتها على التسبب في العديد من التأثيرات البيئية مثل الاحتباس الحراري، ونضوب طبقة الأوزون، والتحمض، من بين أمور أخرى، ويتم تطبيق تقييم دورة الحياة لمقارنة الحلول أو المنتجات البديلة لتحديد أيها يقدم أقل تأثير على البيئة.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



شكل 7 يوضح مدخلات ومخرجات تحليل دورة الحياة، حيث يأخذ تقييم دورة الحياة في الاعتبار الآثار الاجتماعية والبيئية والاقتصادية لإنتاج وتشغيل والتخلص من المواد المستخدمة في نظام أو منتج، ويتناول هذا المخطط الانسيابي الجوانب المختلفة لدورة حياة المنتج التي يمكن معالجتها في تقييم دورة الحياة

يتوفر عدد من أدوات البرامج المختلفة لمعالجة تقييم دورة الحياة لمواد البناء والمنتجات والمشاريع؛ ومع ذلك، لا يحتوي أي منها حاليًا على معلومات مفصلة عن أنظمة أو معدات الإضاءة. ومن ثم، فإن القدرة على إجراء تقييم دورة الحياة الكامل على نظام الإضاءة ليست عملية لمصمم الإضاءة، من المرجح أن يتمكن المصنعون من الوصول إلى المعلومات المطلوبة لتقييم قرارات المنتجات أو المواد البديلة وقد أجرى البعض مثل هذه التحليلات في سبيل تحسين منتجاتهم لجعلها أكثر استدامة.

في كثير من الحالات، يتم تطبيق مقاييس مبسطة لا تتناول سوى مجموعة فرعية من الكميات التي تم النظر فيها في تقييم دورة الحياة الكامل، أحد الأمثلة على ذلك هو الطاقة المجسدة - إجمالي الطاقة اللازمة لصنع منتج وتركيبه والتخلص منه - أظهر تقييم المصابيح أن الطاقة التشغيلية من المحتمل أن تكون أضعاف الطاقة المطلوبة لإنتاج منتج ما، وهو ما يفسر أهمية استهلاك الطاقة في قياس استدامة أنظمة إضاءة المباني، وفي الشكل 8 يتم عرض الطاقة الأساسية اللازمة لتصنيع وتشغيل ثلاثة أنواع من المصابيح على مدى 25000 ساعة لمصباح الخدمة العامة ذو الفتيل بقدرة 40 وات (GSL – General service lamp)، ومصباح الفلورسنت المدمج (CFL – Compact fluorescent lamp) بقدرة 8 وات ومصباح (LED – Light-emitting diode) بقدرة 8 وات، حيث تبلغ طاقة التشغيل 60 مرة أكثر من طاقة التصنيع للمصابيح منخفضة القوة الكهربائية و200 مرة أكثر لمصباح الخدمة العامة ذو الفتيل.

مقياس مماثل هو البصمة الكربونية، والتي تتكون من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لمنتج أو نظام طوال دورة حياته، لا يتم تطبيق البصمة الكربونية على المنتجات فحسب، بل يمكن تطبيقها على كيانات أكبر مثل منشأة كاملة، أو حتى على دولة بأكملها، ويرتبط استهلاك الطاقة ارتباطًا مباشرًا بالبصمة الكربونية، والتي تتكون إلى حد كبير من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من توليد الكهرباء.

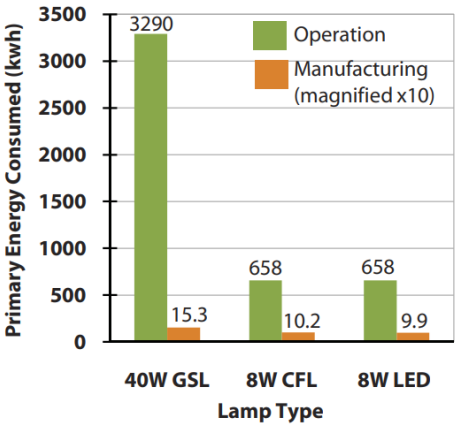
Results النتائج

1- التعرف على نهج التصميم لدورة حياة المنتج.

2- عرض نطاق تأثير المصمم على استدامة دورة حياة المنتج من خلال إعادة التدوير وإعادة التصنيع وتحويل المنتجات إلى خدمات.

3- رصد مؤشرات تقييم استدامة المنتج (مؤشر الطاقة – المؤشر البيئي – مؤشر الموارد – المؤشر الفني أو التقني – المؤشر الاقتصادي).

4- تحديد مراحل دورة حياة وحدات الإضاءة، وتقييمها من حيث مدخلات ومخرجات.



شكل 8 يوضح استهلاك الطاقة الأساسي لاستخدام المصباح مقابل تصنيع المصباح

References المراجع

1) Jaffe, S. B., Fleming, R., Karlen, M., & Roberts, S. H. (2020). Sustainable design basics. John Wiley & Sons., p. 230-231.
2) Rebitzer, G. (2015). Introduction: Life cycle management. In *Life cycle management* (pp. 3-6), p.4. Springer, Dordrecht.
3) Mazzi, A. (2020). Introduction. Life cycle thinking. In *Life cycle sustainability*

2022.
8) Colledani, M., Iovane, F., Tolio, T. A. M., & Urgo, M. (2009). Design of sustainable product life cycles, p. 147-151.
9) Principi, P., & Fioretti, R. (2014). A comparative life cycle assessment of luminaires for general lighting for the office–compact fluorescent (CFL) vs Light Emitting Diode (LED)–a case study. Journal of Cleaner Production, 83, 96-107, p.99.
10) He, B., Luo, T., & Huang, S. (2019). Product sustainability assessment for product life cycle. Journal of cleaner production, 206, 238-250, p. 239-240.
11) In DiLaura, D. L., & Illuminating Engineering Society of North America. (2011). *The lighting handbook: Reference and application*, page 19.9.

assessment for decision-making (pp. 1-19), p. 2-4, Elsevier.
4) ISO, 2006a. ISO 14040:2006. Environmental Management—Life Cycle Assessment—Principles and Framework. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
5) ISO, 2006b. ISO 14044:2006. Environmental Management—Life Cycle Assessment—Requirements and Guidelines. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
6) Toniolo, S., Tosato, R. C., Gambaro, F., & Ren, J. (2020). Life cycle thinking tools: Life cycle assessment, life cycle costing and social life cycle assessment. In Life Cycle Sustainability Assessment for Decision-Making (pp. 39-56), p.41. Elsevier.
7) https://www.lifecycleinitiative.org/starting-life-cycle-thinking/benefits/, accessed 15 May

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License