تأثير إستراتيجيات التصميم الصديق للبيئة فى تحسين دورة حياة المنتج الصناعى

The impact of Eco-Design strategies in improving Industrial Product Lifecycle

محمود أحمد جودة الجزار

أستاذ مساعد بقسم التصميم الصناعى، كلية الفنون التطبيقية، جامعة بنها، mahmoud.algazar@fapa.bu.edu.eg

ملخص البحث: Abstract

فى عالم اليوم، حيث أصبحت الإستدامة والحفاظ على البيئة ذات أهمية متزايدة، مع إكتساب مفهوم التصميم البيئى إهتماماً كبيراً، يركز التصميم البيئى على دمج معايير الإستدامة فى عملية تطوير المنتج، ولتقليل التأثير البيئى للمنتج طوال دورة حياته بأكملها، وذلك من خلال تنفيذ إستراتيجيات التصميم الإيكولوجى، ولا يمكن للصناعات المساهمة فى الحفاظ على البيئة فقط، بل يمكنها أيضاً الإستفادة من توفير التكاليف على المدى الطويل وتحسين الأداء الإقتصادى، كما تهدف هذه الدراسة إلى دراسة تأثير إستراتيجيات التصميم البيئى على تحسين دورة حياة المنتج الصناعى وإستدامته بشكل عام، وسيحلل البحث المبادئ الأساسية للتصميم البيئى وكيف يمكن تنفيذها فى مراحل مختلفة من تطوير المنتجات وتصنيعها لتقليل التأثير البيئى وتعزيز عامل الإستدامة، وستستكشف الدراسة أيضاً الفوائد والتحديات المحتملة المرتبطة بتبنى إستراتيجيات التصميم البيئى، بما فى ذلك كفاءة التكلفة، والحفاظ على الموارد، والحد من توليد النفايات، علاوة على ذلك، سيتم استخدام دراسات الحالة والبيانات من الأبحاث الحديثة فى ذات المجال لتقديم دليل تجريبى على فعالية التصميم البيئى فى تعزيز الإستدامة الشاملة للمنتجات الصناعية، وستحدد الدراسة أى ثغرات أو حواجز حرجة تعيق دمج مبادئ التصميم البيئى فى عمليات التصنيع المستدامة، كما تقترح توصيات للتغلب على هذه التحديات، أيضاً ستساهم هذه الإستراتيجيات فى دورة حياة منتج صناعى أكثر إستدامة، وتقليل التأثير البيئى، ومنها تعزيز الإستدامة الشاملة داخل الصناعة.

كلمات دالة: Keywords

التصميم البيئى Eco-Design، التصنيع المستدام Sustainable Manufacturing، تطوير المنتجات Product Development، تحليل دورة الحياة Lifecycle Analysis، معايير التصميم البيئى Eco-Design Standards، الأثر البيئى Environmental Impact

Paper received August 15, 2023, Accepted November 27, 2023, Published on line January 1, 2024

المقدمة: Introduction

التصميم البيئى هو مبدأ أو نهج يهدف إلى دمج معايير حماية البيئة طوال دورة الحياة الكاملة للمنتجات والخدمات، الغرض الرئيسى من التصميم البيئى هو تحديد وتقليل الآثار السلبية للمنتجات والخدمات أثناء التصنيع والاستخدام والتخلص منه، مع ضمان الجودة القياسية للمنتجات والخدمات، يسعى التصميم البيئى إلى تقليل الضرر البيئى وتعزيز الإستدامة من خلال مراعاة عوامل مثل كفاءة الطاقة والمواد، وتقليل النفايات، وتقليل الإنبعاثات السامة، يدرك التصميم الصديق للبيئة أنه لا يمكن معالجة الآثار البيئية بشكل فعال بمجرد طرح المنتج فى السوق، بدلاً من ذلك، فإنه يؤكد على الحاجة إلى دمج معايير الإستدامة من المراحل الأولى لتطوير وتصميم المنتج.

من خلال دمج إستراتيجيات التصميم البيئى فى دورة حياة المنتج الصناعى، من الممكن تحسين الإستدامة بشكل كبير وتقليل التأثير البيئى، يمكن أن يؤدى تنفيذ مبادئ التصميم البيئى فى مراحل مختلفة من تطوير المنتج وتصنيعه إلى العديد من الفوائد مثل تقليل إستهلاك الموارد، وتقليل توليد النفايات، وتحسين كفاءة التكلفة، علاوة على ذلك، يمكن أن يخلق التصميم الصديق للبيئة فرصاً للابتكار والتمايز فى السوق من خلال تقديم منتجات صديقة للبيئة تلبى الطلب المتزايد من المستخدمين الواعين، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يساهم التصميم البيئى فى الإستدامة الشاملة للمنتجات الصناعية من خلال النظر فى مرحلة إنتهاء عمرها الإفتراضى والتأكد من وجود إستراتيجيات مناسبة لإعادة التدوير أو إعادة الاستخدام أو التخلص بشكل مسؤول من المنتجات بعد إنتهاء عمرها الإنتاجى.

فى هذه البحث، سوف ندرس العقبات التى ينطوى عليها دمج مبادئ التصميم البيئى فى إجراءات التصنيع المستدام ونطرح إقتراحات للتغلب على هذه العقبات، تستلزم مثل هذه التوصيات تعزيز تدفق معلومات دورة الحياة وكذلك البيئة، كما سيتم فحص الصعوبات التى تواجه دمج مفاهيم التصميم البيئى فى عمليات الإنتاج الصناعى المستدام، كما يقترح حلولاً عملية لمعالجة هذه المشكلات مثل تعزيز التواصل الأفضل لبيانات دورة الحياة ومعايير التصميم البيئى، ودمج العوامل البيئية فى إجراءات التصنيع، وإشراك أصحاب المصلحة المعنيين فى آليات المراقبة لمزيد من الإستراتيجيات المعززة نحو تصميم منتج مسؤول بيئياً يمكن أن يساهم فى مستقبل أكثر إستدامة، لا يمكن إنكار أن التصميم الصديق للبيئة هو جانب متكامل من أساليب التصنيع الصديقة للبيئة لأنه يهدف إلى تقليل الأضرار البيئية مع الحفاظ على جودة المنتجات والخدمات الفعالة.

مشكلة البحث: Statement of the Problem

دائماً ما يكون للقطاع الصناعى تأثير كبير على البيئة، حيث يساهم فى إستنفاد الموارد والتلوث وتوليد النفايات، غالباً ما تتجاهل عملية التصنيع التقليدية الإعتبارات البيئية، مما يؤدى إلى ممارسات إنتاج غير مستدامة، لذلك، هناك حاجة لدمج مبادئ التصميم البيئى فى دورة حياة المنتج الصناعى لتعزيز الإستدامة وتقليل التأثير البيئى، ومع ذلك، هناك عقبات فى دمج مبادئ التصميم البيئى فى إجراءات التصنيع المستدامة، مما يعوق التبنى الواسع للتصميم البيئى.

كما يلعب القطاع الصناعى دوراً مهماً فى إستنزاف الموارد الطبيعية والتلوث وتوليد النفايات، مما يؤدى إلى عواقب بيئية وخيمة، ولسوء الحظ، تعطى ممارسات التصنيع التقليدية الأولوية للربح والكفاءة على الإستدامة البيئية، مما يؤدى إلى أساليب إنتاج غير مستدامة، لمعالجة هذه المشكلة، يعد دمج مبادئ التصميم البيئى فى دورة حياة المنتج الصناعى ضرورياً لتعزيز الإستدامة وتقليل التأثير البيئى، يمكن أن تؤدى إستراتيجيات التصميم البيئى التى تأخذ بعين الإعتبار العوامل البيئية فى تطوير المنتجات وتصنيعها إلى تقليل إستهلاك الموارد وتحسين فعالية التكلفة وممارسات الإنتاج المستدامة.

أهداف البحث: Research Objectives

الهدف الأساسى من هذه الورقة البحثية هو دراسة تأثير إستراتيجيات التصميم البيئى على تحسين إستدامة المنتجات الصناعية ودورة حياتها، وتهدف الدراسة إلى تحقيق الأهداف التالية:

1- تحليل المبادئ الأساسية للتصميم البيئى وكيف يمكن تنفيذها فى مختلف مراحل تطوير المنتجات وتصنيعها لتقليل التأثير البيئى وتعزيز الإستدامة.
2- إكتشاف الفوائد والتحديات المحتملة المرتبطة بتبنى إستراتيجيات التصميم البيئى، بما فى ذلك كفاءة الإنتاج والتكلفة الإجمالية، والحفاظ على الموارد، والحد من توليد النفايات.

3- تحديد الثغرات أو الحواجز الحرجة التى تعيق دمج مبادئ التصميم الإيكولوجى فى عمليات التصنيع المستدامة وإقتراح توصيات للتغلب على هذه التحديات.
4- تقديم أدلة تجريبية على فعالية التصميم البيئى فى تعزيز الإستدامة الشاملة للمنتجات الصناعية من خلال دراسات الحالة وبيانات من البحوث والدراسات السابقة.

أهمية البحث: Research Significance

تساهم نتائج الدراسة بشكل مباشر فى فهم أفضل لتأثير إستراتيجيات التصميم البيئى، والعمل من خلالها على تحسين إستدامة المنتجات الصناعية بكامل دورة حياتها، سيوفر رؤى حول الفوائد والتحديات المرتبطة بتبنى مبادئ التصميم البيئى وتحديد الفجوات أو الحواجز الحرجة التى تعيق دمج التصميم البيئى فى عمليات التصنيع المستدامة، ستوفر توصيات الدراسة حلولاً عملية للتغلب على هذه التحديات وتعزيز التبنى الواسع لمبادئ التصميم البيئى فى القطاع الصناعى، مما يؤدى إلى مستقبل أكثر إستدامة.

منهج البحث: Research Methodology

يحقق البحث فى التحديات التى تواجه دمج مبادئ التصميم البيئى فى عمليات التصنيع المستدامة وتقديم إقتراحات للتغلب على هذه العقبات، كذلك يستكشف البحث دور إستراتيجيات التصميم البيئى فى تطوير المنتجات وتصنيعها، بالإضافة إلى الفوائد المحتملة لتنفيذ هذه المبادئ، مثل تقليل إستهلاك الموارد وتحسين فعالية التكلفة، ستتم أيضاً مناقشة أهمية النظر فى دورة حياة المنتج بالكامل وتنفيذ إستراتيجيات نهاية العمر الإفتراضى لتقليل التأثير البيئى من خلال طرق التصنيع، سيتم إقتراح حلول عملية لمعالجة هذه القضايا، مثل تعزيز التواصل الأفضل لبيانات دورة الحياة ومعايير التصميم البيئى ودمج العوامل البيئية، وإعتمد البحث فى ذلك على المنهج الإستقرائى لدراسة المشكلة، وتحقيق فرض البحث، وبيان أهميته ، كما يتم تقديم مزيد من المعلومات حول هذه الأهداف فى الأقسام التالية.

فروض البحث: Hypothesis of Study

يمكن أن يؤدى دمج مبادئ التصميم البيئى فى تطوير المنتجات الصناعية وعمليات التصنيع إلى تحسين إستدامة المنتجات الصناعية بشكل كبير عن طريق تقليل إستهلاك الموارد وتوليد النفايات والتأثير البيئى، علاوة على ذلك، يمكن أن يخلق التصميم البيئى فرصاً للابتكار والتمايز فى السوق، مما يؤدى إلى توفير التكاليف على المدى الطويل وتحسين الأداء الوظيفى للمنتج، وتحقيق الإكتفاء الإقتصادى.

الإطار النظري: Theoretical Framework

1- مقدمة عامة لمبادئ التصميم البيئى للمنتجات الصناعية:

يعد دمج الإستدامة البيئية فى مرحلة التصميم والتطوير جانباً مهماً من مبادئ التصميم البيئى، من خلال دمج هذه المبادئ، يتم تطوير منتجات وخدمات جديدة مع التركيز على تقليل تأثيرها على البيئة طوال دورة حياتها بأكملها، من الإستخراج إلى التخلص أو إعادة التدوير، لتحقيق هذا الهدف، يجب مراعاة العديد من مبادئ التصميم البيئى الرئيسية، وتشمل هذه تقليل استخدام الطاقة أثناء عمليات الإنتاج والنقل؛ التقليل من توليد النفايات من خلال طرق التصنيع الفعالة؛ التصميم للفك والتركيب بحيث يمكن إعادة استخدام مكونات المنتج أو إعادة تدويرها عندما تصل إلى مرحلة نهاية العمر الإفتراضى بالإضافة إلى تشجيع مشاركة المستخدمين فى خيارات التخلص المسؤولة، تساعد تقنيات هندسة دورة الحياة مثل التصميم البيئى وتقييم دورة الحياة وطرق التصميم من أجل البيئة فى تقييم التأثيرات البيئية فى مراحل مختلفة من عمر المنتج، علاوة على ذلك، قدم Brezet و van Hemel بيانات حول المنتجات الخضراء جنباً إلى جنب مع ممارسات الصناعة المستدامة من خلال تحديد كيفية مساهمة المصممين الصناعيين فى الإعتبارات البيئية [3]، وبالمثل، رامانى وآخرون، مراجعة أدوات تصميم دورة الحياة المختلفة وتصنيفها وفقاً للأهداف نظراً لأن شاشات الكريستال السائل LCD تشمل تقنيات متعددة تركز بشكل أساسى على تقليل الآثار البيئية السلبية من خلال الإختيار المناسب بين الحلول التقنية على سبيل المثال، تحسين الخيارات المادية، فى الختام، يجب أن تهدف إستراتيجيات التصميم نحو نهج الإستدامة التى تشمل بدائل مثل الإستبدال، والإستهلاك المسؤول، فيما يلى بعض المبادئ الأساسية التى يجب مراعاتها:

1-1- التفكير فى دورة الحياة: فى هندسة دورة الحياة، من الأهمية بمكان مراعاة دورة الحياة الكاملة للمنتج بدءاً من اقتناء المواد الخام وعملية التصنيع ومرحلة الاستخدام ومرحلة التخلص، من خلال تقييم التأثير البيئى لكل مرحلة على رحلة دورة حياة المنتج، يمكن اتخاذ قرارات مستنيرة أثناء عملية التصميم التى من شأنها تحسين أداء الإستدامة، لتحقيق أهداف التصميم البيئى الموجهة نحو ضمان تصميم منتجات/خدمات جديدة لإحداث ضرر بيئى أقل طوال فترة حياتها كما أكد رامانى وآخرون، تقدم العديد من منهجيات التصميم البيئى الدعم [2]، تضمن منهجية Eco-Design Wheel أو Wheel LIDS إستراتيجيات أكثر إستدامة لتحسين التصورات مع تعزيز القدرة التنافسية بين منتجات السوق الحالية التى درسها Brezet و Van Hemel و Nielsen فى قيادة أهداف دورة حياة المنتج الطويلة التى تتماشى مع تعريف مفهوم Zeng لتوسيع محاذاة المشروع مع الإستدامة والممارسات حول إحتياجات المستخدم.

1-2- إختيار المواد: أحد الجوانب المهمة التى يجب مراعاتها أثناء عملية التصميم هو إختيار المواد الصديقة للبيئة، يمكن أن يشمل ذلك إختيار مصادر الطاقة المتجددة مثل الخيزران أو القطن، والخيارات القابلة لإعادة التدوير مثل الزجاج والألمنيوم، والبدائل القابلة للتحلل الحيوى مثل المنتجات القائمة على الألياف الخشبية أو البلاستيك القابل للتسميد، أو تلك التى لها تأثير بيئى منخفض [1]، من خلال القيام بذلك، يمكننا تقليل إستهلاكنا الإجمالى للموارد مع تقليل توليد النفايات أيضاً طوال دورة حياة المنتج، من خلال ممارسات إختيار المواد وإدارتها المناسبة، من الممكن ليس فقط إنشاء حلول مستدامة ولكن تقليل الآثار السلبية على البيئة أيضاً.

1-3- كفاءة الطاقة: للمساهمة فى الإستدامة، يتمثل أحد الأساليب الفعالة فى تصميم المنتجات والعمليات التى لا تفى بالأغراض المقصودة فحسب، بل تستهلك أيضاً طاقة أقل أو تستخدم مصادر الطاقة المتجددة، ونتيجة لذلك، فإن هذا يقلل من إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى، ويشجع على استخدام مصادر الطاقة النظيفة ويقلل فى النهاية من التأثير البيئى والتكاليف، من خلال دمج منهجيات التصميم البيئى مثل تصميم دورة الحياة أو تصميم مناهج البيئة أثناء عملية تطوير المنتج، يمكن للشركات تحديد الفرص لتحسين الكفاءة فى مراحل مختلفة من دورة حياة المنتج مع مراعاة البصمة البيئية الشاملة، يعد هذا السعى الاستباقى للتوصل إلى حلول أكثر إستدامة أمراً بالغ الأهمية نظراً لمحدودية الموارد الطبيعية لكوكبنا والحاجة الملحة لمكافحة مخاوف تغير المناخ فى جميع أنحاء العالم [24].

1-4- الحد من النفايات: يهدف التصميم البيئى إلى إدخال معايير الإستدامة فى عملية تطوير المنتج، لتحقيق ذلك، يتمثل أحد أهدافها فى تقليل توليد النفايات طوال دورة حياة المنتج من خلال تصميم المتانة وقابلية الإصلاح وقابلية إعادة التدوير والترقية، على سبيل المثال، منهجيات التصميم البيئى مثل Wheel LIDS تسمح للمصممين بتطوير إستراتيجيات أكثر إستدامة من المنتجات الأخرى الموجودة فى السوق، بالإضافة إلى ذلك، تستكشف تقنيات هندسة دورة الحياة المختلفة مثل تصميم البيئة طرقاً فعالة لـ SPD، مع التركيز على الفجوات الحرجة التى تمنع دمجها فى ممارسات التصنيع المستدامة، علاوة على ذلك، يوفر Brezet و van Hemel بيانات عن المنتجات الخضراء التى تشير إلى أن التصاميم

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

الصديقة للبيئة هى مكونات أساسية للتصميم الصناعى المستدام، يوسع المفهوم الكامن وراءه تعريف Zeng لتصميم المنتجات البيئية - كنهج شامل يربط بين مشاريع الإنتاج والإدارة البيئية - حيث يستعرضان كيفية دمج الإستدامة فى سياق صناعى، وأشاروا أيضاً إلى أن متابعة التصميم البيئى له فوائد محتملة كبيرة [11]، مثل تقليل إستهلاك الطاقة وتدفقات النفايات واستخدام المواد الخام مع إضافة قيمة إقتصادية؛ أخيراً، يسلط نيلسون الضوء على أن دمج الجوانب البيئية أثناء عمليات تصميم المنتج يضمن دورات حياة أطول ويقلل من التكاليف الإجمالية ويعزز القدرة التنافسية، وبالتالى، فإن قيادة الشركات نحو فرص كسب ربح طويلة الأجل ومن ثم ذكر، فإن التنفيذ الفعال لوجهات نظر النظام البيئى سيضمن التوازن بين الأهداف الإقتصادية.

1-5- تصميم للفك وإعادة التدوير: أحد المبادئ الرئيسية للتصميم البيئى هو إنشاء منتجات ليست وظيفية وممتعة من الناحية الجمالية فحسب، بل أيضاً مستدامة، مع الحد الأدنى من التأثير على البيئة طوال دورة حياتها بأكملها، لتحقيق ذلك، يجب على المصممين التفكير فى دمج الميزات التى تمكن من استعادة المواد وتقليل النفايات فى نهاية عمر المنتج، يمكن أن يشمل ذلك تصميماً للفك أو إعادة التدوير عن طريق تبسيط عمليات التجميع وتسهيل فصل المكونات المختلفة إلى تيارات مواد مختلفة، من خلال القيام بذلك، يمكن استرداد الموارد الثمينة من المنتجات المهملة بدلاً من أن ينتهى بها المطاف فى مدافن القمامة أو المحارق، تم إقتراح منهجيات مختلفة لدعم جهود التصميم البيئى مثل Wheel LIDS الذى يسمح بتطوير إستراتيجيات أكثر إستدامة مقارنة بالمنتجات التقليدية الموجودة فى السوق، باستخدام تقنيات هندسة دورة الحياة مثل التصميم للبيئة، يمكن دمج نهج صديق للبيئة خلال المراحل المبكرة من تطوير المنتج لضمان عمر أطول مع الحفاظ على الموارد الطبيعية، تمتد الفكرة وفقاً لـ Brezet & Van Hemel إلى ما هو أبعد من ممارسات التصميم الأخضر فحسب، بل تشمل إختيار المواد الخام - جنباً إلى جنب مع العوامل البشرية - المستخدمة فى جميع مراحل التصنيع، يؤدى دمج المعايير البيئية من خلال إنشاء الخدمة/المنتج فى النهاية إلى تقليل التأثيرات السلبية المستوحاة من الاختلافات المتعلقة بأساليب حياة الأشخاص، وبالتالى، تعزيز رضا العملاء بمرور الوقت [19]، أخيراً، المعرفة المتعمقة التى قدمتها شركة Nielsen حددت المناهج التى تستخدم جوانب الإستدامة وسط المخاوف البيئية التى تهدف إلى فترة تشغيل طويلة.

1-6- منع التلوث: يتضمن التصميم البيئى تطوير منتجات وعمليات تقلل من إطلاق الملوثات والمواد الخطرة فى البيئة طوال دورة حياتها بأكملها، من الإنتاج إلى التخلص منها، يدمج هذا النهج معايير الإستدامة البيئية فى جميع مراحل تصميم المنتج، بهدف ضمان أن المنتجات الجديدة أقل ضرراً بالبيئة، لتحقيق هذا الهدف، توجد منهجيات مختلفة للتصميم البيئى مثل تصميم دورة الحياة، والتصميم للبيئة، وعجلة التصميم البيئى أو أغطية العجلات، من خلال إعتماد هذه التقنيات، يمكن للمصنعين تحسين قدرتهم التنافسية من خلال تصميم منتجات أكثر إستدامة مع تقليل الآثار السلبية على الموارد الطبيعية وصحة الإنسان مع ضمان دورة حياة طويلة الأمد للمنتج [10]، بإختصار، أهداف التصميم الإيكولوجى تقليل مستويات التلوث الناتجة عن ممارسات التصنيع من خلال التركيز على التصاميم الصديقة للبيئة أثناء إجراءات التصنيع؛ وبالتالى تعزيز الحفاظ على التوازن البيئى مع تلبية الاحتياجات الإقتصادية للنمو والتوسع فى الصناعات عبر مختلف القطاعات على مستوى العالم.

1-7- الحفاظ على المياه: لإنشاء منتجات مستدامة بيئياً، يحتاج المصممون والمهندسون إلى التفكير فى منهجيات مختلفة للتصميم البيئى، إحدى هذه المنهجيات هى دمج كفاءة استخدام المياه فى تصميم المنتج، يتضمن ذلك التأكيد على تقليل إستهلاك المياه أثناء مرحلتى الإنتاج والاستخدام لدورة حياة المنتج، من خلال تنفيذ هذا النهج، يمكن للمصنعين تقليل تأثيرهم البيئى بشكل كبير من خلال الحفاظ على هذا المورد الثمين، علاوة على ذلك، فإن تصميم المنتجات مع التركيز على كفاءة استخدام المياه له فوائد إضافية تتجاوز تقليل الضرر البيئى، على سبيل المثال، قد تواجه الشركات وفورات فى التكاليف لأنها تصبح أكثر وعياً بشأن مقدار استخدامها خلال كل مرحلة من مراحل التطوير مع تحسين الجودة الإجمالية لسلعها النهائية، تدعم الأبحاث التى أجراها خبراء مثل Brezet و van Hemel هذه الادعاءات حول قيمة إستراتيجيات التصميم البيئى نظراً لآثارها الإيجابية على أنشطة الإنتاج الصناعى التى يمكن أن تؤدى إلى تحقيق هدفنا فى عالم أكثر إستدامة، مع المعلومات المستمدة من الدراسات التى أكملها Ramani et al، و Nielsen و Zeng فى الإعتبار أيضاً؛ لدى صانعى الأساليب المتاحة لتطبيق التخفيضات فى التبذير فيما يتعلق بأى نوع من البضائع أو الخدمات التى يمكن تخيلها.

1-8- إدارة سلسلة التوريد الخضراء: لضمان إستدامة المنتجات طوال دورة حياتها بأكملها، من المهم تنفيذ منهجيات التصميم البيئى التى تأخذ فى الإعتبار الآثار البيئية من التصميم إلى التخلص، تتمثل إحدى طرق تحقيق ذلك فى العمل عن كثب مع الموردين وتشجيعهم على الالتزام بالممارسات المستدامة، وهذا يشمل الحصول على المواد الخام والمكونات الصديقة للبيئة، وكذلك تقييم التأثير العام لعمليات الموردين على البيئة، توجد تقنيات مختلفة لتنفيذ أساليب التصميم البيئى فى أدبيات أبحاث هندسة دورة الحياة وتطوير المنتجات، على سبيل المثال، أبلغ بريزيت وفان هيميل عن بيانات حول المنتجات الخضراء، مؤكدين على أن دمج معايير الإستدامة فى تصميم المنتج يمكن أن يساعد فى تقليل الآثار البيئية السلبية عبر مجموعة واسعة من العمليات مثل إختيار المواد أو إدارة النفايات، علاوة على ذلك، درس رامانى وزملاؤه الطرق التى يمكن أن تدمج بها الصناعات الإعتبارات البيئية فى وقت سابق فى عملية تصور المنتجات الخاصة بهم والتى ستساعد المصنّعين على التعامل بفعالية مع اللوائح الصارمة المتزايدة مع زيادة الأرباح [11]، وبالتالى فإن التعاون بشكل هادف مع الموردين يلعب دوراً أساسياً فى تحقيق الأهداف المتعلقة ليس فقط فيما يتعلق بالعملاء ولكن أيضاً احتياجات المجتمع من خلال المساعدة فى تقليل البصمة الكربونية مع تعزيز قيم المسؤولية الإجتماعية للشركات بشكل أفضل جنباً إلى جنب مع المزايا الإقتصادية بمرور الوقت.

1-9- التصميم الذى يركز على المستخدم: التوسع فى مبادئ التصميم الإيكولوجى، من المهم تطوير منتجات لا تلبى احتياجات المستخدمين فحسب، بل تعزز أيضاً الإستهلاك المسؤول والمستدام، يتضمن ذلك توعية المستخدمين بالتأثير البيئى لإختياراتهم وتشجيعهم على اتخاذ قرارات مستنيرة عند إختيار المنتجات أو الخدمات، من خلال دمج معايير الإستدامة فى عملية تطوير المنتج، يمكن للشركات تقليل آثارها البيئية على دورة حياة المنتج بأكملها، يتضمن ذلك التصميم من أجل السلامة فى عمليات الإنتاج من خلال تجنب المواد الخطرة أثناء مرحلة التصميم حيث يمكن أن تؤدى إلى مخاطر التعرض، مما يؤثر سلباً على صحة العمال ورفاههم بينما يتسبب فى أضرار محتملة لبيئتنا أيضاً، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدى التعاون مع الموردين فى وقت مبكر إلى فرص أكبر لإنشاء المزيد من التصاميم الصديقة للبيئة التى تتجاوز مجرد تقديم صورة خضراء نحو تعزيز الجهود الهادفة نحو أهداف الإستدامة [9]، يُظهر البحث الذى أجراه بريزيت وفان هيميل كيف أن تبنى إستراتيجيات التصميم البيئى يخلق فرصة للإنتاج الصناعى المستدام؛ واحد يأخذ فى الإعتبار الممارسات الأخلاقية الموجهة لتقليل الضرر البيئى طوال كل مرحلة من مراحل دورة حياة كل عنصر مصمم - من إستخراج المواد الخام إلى التخلص أو إعادة التدوير بعد توقف الاستخدام، لذلك، يجب على المصممين اتخاذ كل الإجراءات الضرورية الممكنة حتى يستفيد جميع المعنيين: ضمان دورات حياة طويلة حيثما كان ذلك ممكناً، والاستجابة والتفكير

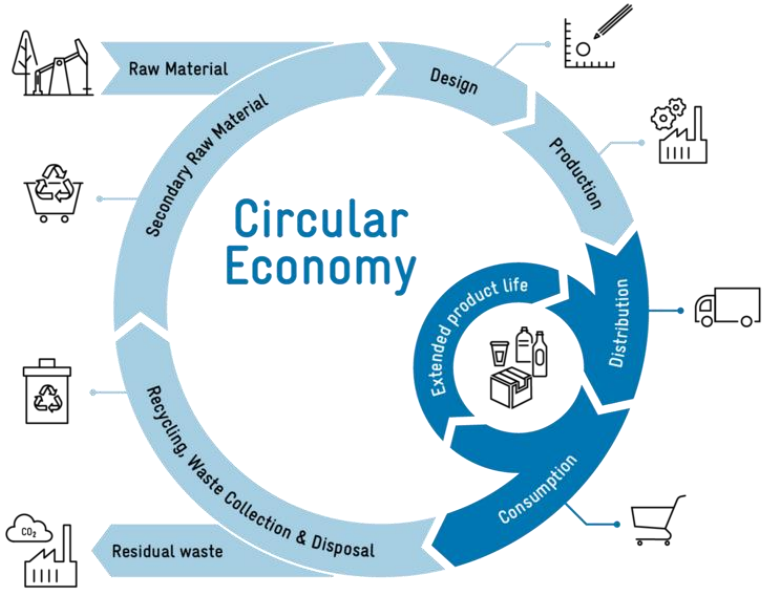
الفعال فى الفجوات الحرجة التى تمنع التكامل، بشكل عام، لا يتم إنشاء سلع صديقة للبيئة بين عشية وضحاها دون التعاون مع الموردين والعملاء لضمان أن تكون عملية تطوير المنتج مسؤولة بيئياً وآمنة ومستدامة.

1-10- تكامل أهداف الإستدامة: يعتبر دمج الأهداف البيئية والإجتماعية فى عملية التصميم خطوة حاسمة فى إنشاء منتجات مستدامة، كما يتضح من Wittstruck و Teuteberg، يمكن للموردين تقديم منتجات صديقة للبيئة مع صورة خضراء لتحقيق هذه الأهداف، يضمن التصميم الصديق للبيئة أن السلع أو الخدمات الجديدة مصممة لإحداث ضرر بيئى أقل خلال دورة حياتها وفقاً لدراسة Ramani et al حول فهم المنتج المستدام، علاوة على ذلك، أكد بريزيت وفان هيميل كيف أن تصميم العناصر الصناعية باستخدام أساليب صديقة للبيئة يمكن أن يحقق أهداف الإستدامة من خلال مبادرات مثل التغليف البيئى، يتطلب دمج هذه المعايير خلال جميع مراحل الإنتاج أن يقوم المصممون بدمج الإعتبارات البيئية فى وقت مبكر عند العمل مع المواد الخام كما هو موضح فى شرح Zeng للمفهوم الواسع وراء التصميمات البيئية للمنتج لعمليات التصنيع، لمزيد من التأكيد على تكامل الممارسات الواعية فى كل مرحلة من مصادر المواد الخام إلى إعادة تدوير النفايات، ينبغى النظر فى اتباع تحليل Nielsen حول تكامل المبادئ البيئية لإطالة دورات حياة العناصر المصنعة، من شأن المشاركة بين المشترين والبائعين تجنب التناقضات فى مراحل لاحقة إذا قامت المنظمات بدمج أفكار توافر الموارد ذات الصلة بناءً على مشاركة المعرفة الكافية فيما بينها وفقاً لسيناريوهات حالة استخدام المشترين المقدمة مسبقاً فى وثائق متطلبات المنتج، وبالتالى تتضمن تعاون الموردين مما يؤدى إلى ظروف بيئة عمل أكثر أماناً أيضاً ضمان التصنيع المستمر السلس دون تعامل العمال مع مكونات المواد الخطرة [34].

من خلال إعتماد مبادئ التصميم البيئى المذكورة أعلاه، يصبح من الواضح أن التصميم الإيكولوجى هو مفهوم واسع يشمل تطوير المنتج المستدام، والمواءمة مع الإعتبارات البيئية طوال دورة حياة المنتج بالكامل وضمان دمج معايير الإستدامة فى عمليات التصميم، المبادئ المتضمنة تسهل الأعمال التجارية فى تعزيز إستدامة منتجاتها مع تقليل الآثار السلبية على البيئة، سلطت الدراسات التى أجراها رامانى وآخرون الضوء على الثغرات الحرجة التى تمنع دمج التصميم البيئى لتحقيق أهداف التصنيع المستدامة، ومن ثم التأكيد على سبب وجوب إهتمام اللاعبين الصناعيين بهذه المخاوف لأنها تساعد فى تحقيق توازن فعال بين إنتاج سلع عالية الجودة مع تقليل إنتاج النفايات المنسوبة إلى الطاقة الضارة، الإستهلاك أو التخلص أو إعادة التدوير، كما يدعم نتائج بحث Brezet و Van Hemel جنباً إلى جنب مع وجهات نظر Zeng، فإن إعطاء الأولوية للمنتجات الخضراء من خلال عمليات تكامل منهجية تتوافق مع أهداف المشروع مع ما يناسب نظامنا بشكل أفضل؛ وبالتالى التخفيف من الضرر المحتمل الناجم عن عدة عوامل مثل التلوث والكوارث البيئية الأخرى - والتى كان من الممكن تجنبها من خلال الأساليب الواعية بالبيئة عند تصميم مواد/منتجات صناعية جديدة [6]، بالإضافة إلى ذلك، يؤكد Wittstruck و Teuteberg على أن الموردين يساهمون بشكل كبير فى توفير الموارد ذات الصلة فى مرحلة مبكرة حيث يشارك المشترون أثناء تصميم التصاميم مما يؤدى إلى الإغراءات المسبقة، مثل ..، التحديات الناتجة عن الأمراض المهنية المزمنة التى يساهم بها هذا النهج.

2- إستراتيجيات التصميم البيئى فى تطوير المنتجات والأنظمة:

تلعب إستراتيجيات التصميم البيئى دوراً حيوياً فى إنشاء منتجات صديقة للبيئة ومستدامة طوال دورة حياتها، من خلال دمج معايير الإستدامة فى المرحلة المبكرة من تطوير المنتج، يمكن للشركات تقليل الآثار السلبية على البيئة وإنشاء منتجات تتوافق مع الإعتبارات البيئية لنظامنا [8]، يتضمن ذلك مراعاة عوامل مثل تقليل إنتاج النفايات، وتقليل إستهلاك الطاقة أثناء استخدام المنتج وعمليات التخلص/إعادة التدوير، وضمان دورات حياة طويلة للمنتج تساهم فى إقتصاد دائرى مستدام، كما فى شكل (1).



شكل (1) الإقتصاد الدائرى للمنتجات الصناعية

أثبتت إستراتيجيات التصميم البيئى أنها أداة قيمة فى التخفيف من الأثر البيئى لعمليات التصنيع وضمان الإستدامة على المدى الطويل، لتحقيق ذلك، يجب أخذ العديد من الجوانب الحاسمة فى الإعتبار فى مراحل الإنتاج المختلفة، أولاً، من الضرورى مواءمة كل من المشروع والمنتج مع البيئة من المفهوم إلى الإنتاج باستخدام مبادئ التصميم البيئى، يتضمن ذلك دمج معايير المنتجات الخضراء التى تقلل من استخدام الموارد مع تقليل المواد الضارة التى يتم إطلاقها خلال جميع مراحل دورة الحياة، علاوة على ذلك، فإن دمج الإعتبارات البيئية فى جميع مراحل تطوير التصميم يسمح بمنتجات مسؤولة بيئياً، يمكن أن يضمن هذا التكامل أيضاً طول عمر الاستخدام مع جعلها قادرة على المنافسة داخل الصناعات المعنية على طول مسار دورة حياتها كما تم تحليلها بواسطة دراسة Nielsen حول ممارسات التصميم الصناعى المستدام، جلب الابتكار طرقاً جديدة لحماية كوكبنا؛ وبالتالى، فإن تبنى الابتكار

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

البيئى مثل الابتكار الأخضر يخدم دوراً مهماً فى تعزيز جهود التنمية المستدامة إلى حد كبير [30]، تسلط الأساليب المبتكرة البيئية الضوء على خلق قيمة الأعمال التى تهدف إلى الحد من الآثار البيئية التى لا تترجم فقط الميزة النقدية ولكن أيضاً بناء الهياكل الإجتماعية المرنة المحيطة بإجراءات تنفيذ الحد من الإنبعاثات الموضحة فى إطار فريق العمل المعنى بالإفصاح المالى المتعلق بالمناخ، تؤكد الأبحاث الحديثة الآن على الثقافات المخضرمة مثل Wise group مما يمنحنا نظرة ثاقبة لما يجب أن نضعه فى الإعتبار حول الإدماج الإجتماعى عند تصميم مساحات المعيشة أو المرافق الموجهة نحو كبار السن من السكان - مع الأخذ بنهج تصاميم شامل، فيما يلى بعض الجوانب الرئيسية التى يجب مراعاتها:

2-1- إختيار المواد: أحد المبادئ الأساسية للابتكار البيئى والتصميم المستدام هو إختيار مواد صديقة للبيئة، أو قابلة لإعادة التدوير، أو قابلة للتحلل الحيوى للمكونات، تهدف هذه الإستراتيجية إلى تقليل إستهلاك الموارد وتوليد النفايات عبر دورة الحياة الكاملة للمنتج، نظراً لأن Brezet و van Hemel قدموا بيانات حول المنتجات الخضراء التى أكدت على مفهوم التصميم البيئى، فإن إختيار المواد التى تستخدم موارد طبيعية أقل مع كونها أقل ضرراً على البيئة يمكن أن يساهم بشكل كبير فى الإستدامة، عرّف Zeng "التصميم البيئى للمنتج" على أنه مواءمة المشاريع مع الإعتبارات البيئية خلال مراحل الإنتاج، لذلك، فإن دمج خيارات المواد السليمة بيئياً من مراحل تطوير المنتج المبكرة يمكن أن يساعد فى تجنب الضرر البيئى المحتمل لاحقاً فى دورة حياتها، علاوة على ذلك، حللت شركة Nielsen كيف يمكن أن يؤدى دمج الجوانب البيئية فى عمليات التصميم إلى تعزيز القدرة التنافسية من خلال ضمان منتجات تدوم طويلاً من خلال تحسين المتانة ضد التآكل والتلف بمرور الوقت، عند إختيار المواد الخام أثناء عمليات التصنيع أو تطوير تصميمات جديدة تركز على أهداف الإستدامة، يجب أن تكون مصحوبة بإطار تقييم يستند إلى أبعاد أوسع تؤثر على المجتمع ككل بما يتجاوز مجرد مقترحات القيمة الإقتصادية لتوليد الأرباح، كشفت الأبحاث الحديثة التى تركز على فهم أفضل لقضايا جودة الحياة لكبار السن أن تبنى مثل هذه الأساليب الشاملة - مع الأخذ فى الإعتبار هياكل الدعم الإجتماعى/النظم البيئية (مثل الوصول إلى المجتمع/استخدام الخدمة)[4]، والحدود الإقليمية/ممارسات الثقافة الإقليمية (السيارات الكهربائية) داعمة إجتماعياً السكن.

2-2- كفاءة الطاقة: أكدت الأبحاث الحديثة على أهمية دمج الممارسات المستدامة فى عمليات التصنيع لتقليل استخدام الطاقة وتعزيز الرفاهية البيئية، يتضمن أحد هذه الأساليب تنفيذ عمليات تصنيع موفرة للطاقة تقلل من الإستهلاك الكلى للطاقة أثناء الإنتاج، هناك إستراتيجية أخرى تتمثل فى استخدام مصادر الطاقة المتجددة، مما يقلل الإعتماد على الموارد غير المتجددة مثل النفط والغاز مع تقليل إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى، علاوة على ذلك، يشتمل أحد الجوانب الرئيسية فى تعزيز الإستدامة فى الصناعة على تنفيذ أنظمة لاستعادة الطاقة حيثما أمكن ذلك؛ قد يتضمن ذلك استخدام تقنيات استعادة الحرارة أو التقاط النفايات كمصدر بديل للوقود [14]، من خلال تعزيز الكفاءة من خلال دمج هذه الإستراتيجيات فى خطط التصميم، لا يمكن للشركات تحقيق وفورات فى التكاليف فحسب، بل يمكنها أيضاً التأثير بشكل إيجابى على الرفاهية البيئية من خلال تقليل إنبعاثات الكربون، بشكل عام، يمكن أن يساهم دمج الممارسات المستدامة فى العمليات الصناعية فى تحقيق نتائج إيجابية لكل من المجتمع وازدهار الأعمال التجارية مع تعزيز أهداف التنمية الإقتصادية الأوسع بما يتفق مع مبادئ الابتكار البيئى.

2-3- تقليل النفايات: لتقليل التأثير السلبى للإنتاج الصناعى على البيئة، من المهم تنفيذ إستراتيجيات الحد من النفايات، تشير العديد من المصادر إلى أنه ينبغى تطبيق تقنيات التصنيع الخالى من الهدر ومبادئ التصميم المستدام فى عمليات تطوير المنتج حتى لا تولد نفايات غير ضرورية أو استخدام مواد خام أكثر مما هو مطلوب[5]، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تساعد مبادرات إعادة التدوير فى تقليل منتجات النفايات عن طريق إعادة استخدام المواد كلما أمكن ذلك مع إعادة استخدام العناصر المهملة لاستخدامات بديلة ذات قيمة أعلى مما يدعم نموذج الإقتصاد الدائرى، وفقاً لعمل Brezet و van Hemel حول مفاهيم التصميم البيئى فى تطوير المنتجات الصناعية المعنية بحماية الموارد الطبيعية، تهدف مبادئ التصميم المستدام إلى تقليل الآثار البيئية على تقييمات دورة الحياة من خلال القرارات المسؤولة بيئياً التى يتم اتخاذها فى جميع مراحل وجود المنتج من المفهوم المرحلة حتى مرحلة التخلص، يعمل هذا النهج على مواءمة نتائج المشروع وأهدافه مع تلك التى تركز على تعزيز مقاييس الأداء البيئى مثل توفير إستهلاك الطاقة من خلال إختيار المواد المحسنة داخل التصاميم نفسها من بين السمات المحددة الأخرى التى تسفر عن نتائج مفيدة على حد سواء نحو تقييمات رضا العملاء [13]، علاوة على ذلك، يعرّف Zeng "التصميم البيئى للمنتج" على أنه إستراتيجية لا غنى عنها عبر الصناعات التى تدمج الإستدامة بشكل كلى فى كل جانب منها بهدف استخدام تدابير التحسين البيئى التى تهدف إلى توصيف سلاسل التوريد خارج مجرد التحليل الظاهرى البحت مثل مستويات القياس الكمى فيما يتعلق بمعدلات إستهلاك الطاقة فقط باستخدام هذا النطاق الأوسع حيث يكمن التركيز أيضاً فى كيفية القيام بذلك.

2-4- تصميم للتفكيك وإعادة التدوير: للتقدم نحو إقتصاد دائرى، يجب على الصناعة التحويلية أن توسع تركيزها إلى ما وراء تدابير الكفاءة فقط وتضمين محاسبة الموارد فيما يتعلق بقدرة النظام البيئى وكذلك الأبعاد الإجتماعية، تتمثل إحدى الطرق التى يمكن من خلالها تحقيق ذلك فى تصميم منتجات يسهل تفكيكها وإعادة تدويرها، مما يسمح بفصل أسهل للمكونات واستعادة المواد فى نهاية دورة حياتها، يساعد دمج المحتوى المعاد تدويره فى عمليات الإنتاج أيضاً فى تقليل استخدام الموارد الطبيعية غير المتجددة، علاوة على ذلك، فإن تعزيز تحليل دورات حياة المنتج من خلال معايير التصميم الإيكولوجى يسهل التطبيق الفعال لمبادئ التسلسل الهرمى للنفايات مثل المنع وإعادة الاستخدام وإعادة التدوير مع تفضيل الأشكال المبتكرة للإستهلاك المستدام مثل الخدمات أو المنتجات المستدامة، يمكن أن يوفر النهج المتكامل من أعلى إلى أسفل جنباً إلى جنب مع الأساليب التصاعدية التى تركز على الآثار البيئية حلولاً قابلة للتطبيق تهدف إلى فصل النمو الإقتصادى عن الآثار الصناعية السلبية على النظم البيئية [12]، وبالتالى تعزيز الإستدامة البيئية، لعبت التقنيات البيئية المبتكرة دوراً أساسياً خلال مراحل تنفيذها، حيث قامت بتغيير الهياكل من تقنيات إنتاج الطاقة الأقل كفاءة إلى تقنيات عالية الكفاءة فى استخدام الطاقة مما يجعل من الممكن زيادة الآثار الإيجابية البيئية الناتجة عن التطورات الجديدة فى الابتكار التكنولوجى، يجب أن يمكّن الترويج والدعم المُقرض من أجل التنمية المالية الشركات أو الحكومات على حد سواء من الإستثمار بشكل أكثر كفاءة فيما يتعلق بالإستراتيجيات الصديقة للبيئة مثل الابتكار الإيكولوجى المقترن بمبادرات كفاءة الطاقة التى تبلغ ذروتها فى تحقيق منافع طويلة الأجل من الناحية المالية.

2-5- إدارة سلسلة التوريد الخضراء: أحد الجوانب الرئيسية لتعزيز الإستدامة داخل المنظمة هو العمل بشكل تعاونى مع الموردين، من خلال القيام بذلك، يمكن للشركات التأكد من أنها توفر المنتجات والمكونات بمسؤولية مع فرض ممارسات صديقة للبيئة فى جميع أنحاء سلسلة التوريد الخاصة بهم، وفقاً لأبحاث بريزيت وفان هيميل حول التصميم المستدام، فإن الوعى بالبيئة يمتد إلى ما هو أبعد من مجرد تصميم منتجات صديقة للبيئة ولكنه يتضمن محاذاة المشاريع بحيث تتلاءم بسلاسة مع محيطها المادى باستخدام المواد دون المساهمة بشكل كبير فى التدهور البيئى، علاوة على ذلك، يؤكد Zeng أن التصميم البيئى للمنتج يجب أن يُنظر إليه على أنه مفهوم أوسع من مجرد إنشاء سلع خضراء؛ يشمل النظر فى

دورة الحياة الكاملة للمواد المصنعة - من إستخراج المواد الخام إلى التخلص منها - مع الهدف النهائى هو الصيانة بدلاً من الإغراق أو الإستبدال بمجرد التآكل، تضيف Nielsen نظرة ثاقبة من خلال الإشارة إلى كيف أن التركيز على دمج الجوانب المسؤولة بيئياً فى عمليات التصنيع لا يميل فقط إلى تحسين النتائج البيئية ولكنه يزيد من القدرة التنافسية فى السوق بسبب دورات حياة المنتج الممتدة الناتجة عن تدابير تجنب النفايات من خلال إعادة التدوير وكذلك قرارات أفضل لإدارة الموارد على طول القيمة السلاسل [17]، سيتطلب التحول نحو إقتصادات الحلقة المغلقة حيث يذهب القليل من النفايات إعتماد مبادئ الإقتصاد الدائرى لعمليات الصناعة مثل تقليل استخدام المواد أثناء الإنتاج (تقليل المدخلات) وتوسيع التطبيقات إلى ما هو أبعد من الاستخدامات الأولية من خلال مبادرات إعادة الاستخدام والإصلاح (إعادة الاستخدام).

2-6- الحد من نفايات التغليف: التوسع فى أهمية الابتكار البيئى وإدارة سلسلة التوريد الخضراء، تتحمل الشركات مسؤولية تقليل تأثيرها البيئى فى كل مرحلة، بما فى ذلك التعبئة والتغليف، يجب على الشركات إعطاء الأولوية لطرق التعبئة المستدامة عن طريق تقليل استخدام المواد مع إختيار خيارات قابلة للتجديد أو قابلة لإعادة التدوير أو قابلة للتحلل الحيوى والتى لا تساهم فى تراكم النفايات فى مدافن النفايات أو تضر بالموائل الطبيعية [15]، إن اتخاذ هذه الخيارات الواعية يدعم بشكل فعال الإستدامة البيئية طويلة الأجل ويحسن السمعة العامة للشركة مع العملاء الذين يزدادون وعياً بالبيئة، من خلال تنفيذ ممارسات مسؤولة مثل تصميم المنتج المستدام، وتحديد مصادر المواد، وإجراءات الإنتاج جنباً إلى جنب مع أنظمة التسليم الفعالة التى تأخذ فى الإعتبار مناهج إدارة نهاية العمر [16]؛ يمكننا ضمان مساهمة الشركات بشكل إيجابى فى خلق إقتصاد أكثر تنافسية مع الحد الأدنى من إنبعاثات التلوث.

2-7- الحفاظ على المياه: لتعزيز جهود الإستدامة فى التصنيع، من المهم ليس فقط تحسين استخدام المياه أثناء عمليات الإنتاج، ولكن أيضاً تنفيذ أنظمة فعالة لمعالجة المياه وإعادة تدويرها، من خلال تقليل كمية المياه المهدرة، يمكن للشركات التوسع: يعد تحسين استخدام المياه فى عمليات التصنيع أمراً بالغ الأهمية للتصميم المستدام للمنتجات الصناعية وتقليل الآثار البيئية، وفقاً لبريزيت وفان هيميل، فإن دمج مفاهيم التصميم البيئى يمكن أن يساعد فى مواءمة المشاريع والمنتجات مع البيئة المحيطة بها، بما فى ذلك ممارسات إدارة المياه الفعالة، بالإضافة إلى ذلك، قد يؤدى تطبيق تقنيات معالجة مياه الصرف الصحى إلى تقليل تصريف الملوثات فى البيئة، تماشياً مع إطار الإقتصاد الدائرى الذى دعت إليه شركة Nielsen، فإن تصميم النفايات لا يجب أن يأخذ فى الإعتبار تدفق المواد فحسب [18]، بل أيضاً محاسبة الموارد فيما يتعلق بقدرة النظام البيئى فى نهج متكامل يتضمن الأبعاد الإجتماعية أيضاً، يمكن أن يؤدى إعتماد أنظمة تهدف إلى الحفاظ على الموارد مثل إعادة التدوير إلى تجنب الإفراط فى استغلال الموارد الطبيعية مع ضمان الوصول الكافى إلى مصادر المياه العذبة النظيفة، تؤكد مسألة تحسين كفاءة استخدام المياه على أهمية التعاون متعدد التخصصات بين أصحاب المصلحة المشاركين فى صنع القرار المتعلق بتقييم دورة حياة المنتج من تطوير المفهوم إلى الإنتاج إلى التخلص أو إعادة التدوير، من شأن تعاون أصحاب المصلحة هذا أن يتيح فرصاً تعليمية شاملة حول مبادئ الإستدامة لمختلف الوكلاء عبر القطاعات الإقتصادية من أصحاب الأعمال المهتمين بالإشراف البيئى إلى المستخدمين المتجهين شرقاً المهتمين بخيارات الإستهلاك المسؤولة التى تؤثر على قدرة المجتمع على الحفاظ على السلامة البيئية فى الحاضر والمستقبل ورفاهية الجيل داخل حدود الكوكب التى وضعتها الطبيعة [7].

2-8- مكافحة التلوث: لمعالجة مخاوف الإستدامة البيئية بشكل فعال، من المهم التوسع إلى أبعد من مجرد تقليل إنبعاثات التلوث من خلال أساليب الإنتاج الأنظف، يجب أن تركز الصناعة التحويلية أيضاً على ممارسة محاسبة الموارد فيما يتعلق بقدرة النظام البيئى وتضمين الأبعاد الإجتماعية فى عملياتها، يمكن لنهج متكامل من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى يأخذ فى الإعتبار الآثار البيئية وتجنب النفايات والفوائد الإقتصادية فى وقت واحد أن يساعد فى تنفيذ إستراتيجيات التدوير فى القطاع، تتمثل إحدى الإستراتيجيات الفعالة لتحقيق الممارسات الصناعية المستدامة فى تبنى مبادئ من إطار الإقتصاد الدائرى، يسعى هذا النهج إلى فصل التأثيرات البيئية عن النمو الإقتصادى من خلال تصميم النفايات وإطالة دورات الحياة عن طريق الاحتفاظ بالمواد قيد الاستخدام لفترات أطول وكذلك تجديد النظم الطبيعية، تدعم المصادر المتعددة هذه الفكرة: يوفر Brezet و van Hemel بيانات عن المنتجات الخضراء ويؤكدان على تقنيات التصميم البيئى جنباً إلى جنب مع أطر التصميم المستدامة التى تهدف إلى إنتاج سلع صناعية صديقة للبيئة، يعرّف Zeng التصميم البيئى للمنتج على نطاق واسع بأنه طريقة تتوافق مع الإعتبارات البيئية، تناقش شركة Nielsen كيف يمكن لدمج منهجية واعية بالبيئة فى عملية تصميم الأعمال أن يؤدى ليس فقط إلى منتجات أكثر تدوماً ولكن إلى قدرة تنافسية أكبر بشكل عام، علاوة على ذلك [22]، يجب الاعتراف بأن العديد من مجالات المعرفة حيوية فيما يتعلق بالإدارة التشغيلية نحو التنمية المستدامة لأن العمليات المختلفة تولد تأثيراً فى جميع الجوانب البيئية والإجتماعية والمالية للمنظمات، وبالتالى، ينبغى إيلاء الإعتبار الواجب قبل وضع أى سياسة [23].

2-9- تقييم دورة الحياة: يجب أن توسع الصناعة التحويلية جهودها لمعالجة الإهتمامات البيئية بما يتجاوز مجرد إجراءات الكفاءة، لتعزيز الممارسات المستدامة، يجب تضمين محاسبة الموارد حول قدرة النظام البيئى والأبعاد الإجتماعية فى عمليات صنع القرار، يمكن للنهج المتكامل من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى أن يأخذ فى الإعتبار تجنب النفايات والفوائد الإقتصادية والآثار البيئية فى وقت واحد أثناء تنفيذ إستراتيجيات التدوير، أحد الحلول المقترحة هو استخدام إطار الإقتصاد الدائرى الذى يعزز فصل التأثير البيئى عن النمو الإقتصادى من خلال استخدام مبادئ مثل تصميم النفايات وإطالة دورات حياة المواد من خلال الأساليب القائمة على الاستخدام المستمر أو تقنيات التجديد على النظم الطبيعية، بالإضافة إلى هذه الأطر، اقترح الخبراء أيضاً استخدام منهجيات تقييم دورة الحياة لتحليل نظام المنتج [20]، فى حين أنه يتطلب مستويات عالية من الخبرة لعمليات صنع القرار الفعالة، فإن إختيار البدائل ذات الكفاءة البيئية عند تقييم الآثار البيئية للإنتاج أمر بالغ الأهمية أثناء مراحل تنفيذ التصميم الصناعى، تناقش العديد من الدراسات السابقة أفكاراً مماثلة حول دمج الجوانب البيئية فى التصاميم لتحقيق إستدامة أفضل عبر مجموعة من المنتجات داخل صناعات مثل اتجاهات إنشاء المنتجات الخضراء التى حددها Brezet & Van Hemel جنباً إلى جنب مع تركيز Nielsens على زيادة القدرة التنافسية عبر دورات حياة المنتج الطويلة، تتيح الأدوات المفيدة المتعددة مثل التصميم من أجل البيئة وأساليب هندسة دورة الحياة بما فى ذلك التصميم البيئى والإستفادة من التأثيرات الأخرى المختلفة للمصنعين فرصة ليس فقط لتحسين كفاءاتهم التشغيلية ولكن أيضاً لدمج الممارسات المستدامة التى تفيد الإقتصاد والمجتمع والبيئة، كما فى شكل (2).

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

شكل (2) التصميم الدائرى لتقييم دورة الحياة للمنتج الصناعى

2-10- تدريب الموظفين وتوعيتهم: يجب أن توسع الصناعة التحويلية تركيزها إلى ما بعد تدابير الكفاءة وتشمل الأبعاد الإجتماعية أثناء ممارسة محاسبة الموارد فيما يتعلق بقدرة النظام الإيكولوجى، يمكن تحقيق التنفيذ الفعال لإستراتيجيات التدوير فى هذا القطاع من خلال إعتماد نهج متكامل من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى يأخذ فى الإعتبار الآثار البيئية وتجنب النفايات والفوائد الإقتصادية فى وقت واحد، لتحقيق أهداف الإستدامة، يجب على الشركات توفير التدريب والموارد لتثقيف الموظفين حول مبادئ التصميم البيئى الضرورية لعملية التصميم الصناعى [28]، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدى تعزيز الثقافة الملتزمة بالإستدامة إلى تعزيز الوعى بين أصحاب المصلحة حول طرق الكفاءة البيئية المختلفة أثناء تصنيع المنتج مثل تصميم النفايات أو الاحتفاظ بالمواد قيد الاستخدام من خلال إطالة دورات الحياة من خلال تقنيات هندسة دورة الحياة مثل تصميم دورة الحياة أو تصميم البيئة، تتماشى هذه الإجراءات مع مفهوم التصميم البيئى للمنتج الذى يهدف إلى مواءمة المشاريع/المنتجات مع متطلبات الطبيعة - كما حددها Brezet & van Hemel - وتمكين تكامل أفضل للمنتجات الخضراء داخل الصناعات مع ضمان القدرة التنافسية على المدى الطويل - وفقاً لشركة Nielsen [27].

من خلال دمج تقنيات التصميم البيئى فى عمليات التصنيع الخاصة بهم، فإن الشركات لديها القدرة ليس فقط على تحسين العمر الإجمالى لمنتجاتها ولكن أيضاً لإحداث تأثير إيجابى على البيئة، تحتاج الشركات إلى إعطاء الأولوية للإستدامة خلال كل مرحلة من مراحل تطوير المنتجات وتنفيذها لتقليل الضرر البيئى، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدى دمج إستراتيجيات التدوير التى تركز على تقليل إنتاج النفايات مع الحفاظ على الجدوى الإقتصادية إلى زيادة تعزيز جهود الصداقة البيئية داخل البيئات الصناعية، من خلال الحفاظ على هذه المبادئ فى الإعتبار عند اتخاذ قرارات التصميم، قد يتمكن المصنعون من إنشاء منتجات أكثر إستدامة وزيادة القدرة التنافسية فى سوق اليوم الواعى بيئياً [29]، ومع ذلك، فإن هذا يتطلب خبرة عالية المستوى من مهندسى دورة الحياة وتعاوناً إستراتيجياً متعدد الوظائف بين الإدارات المختلفة داخل المنظمة المشاركة عبر مراحل مختلفة سواء كانت تقوم بتصميم منتج جديد أو تحسين منتج موجود.

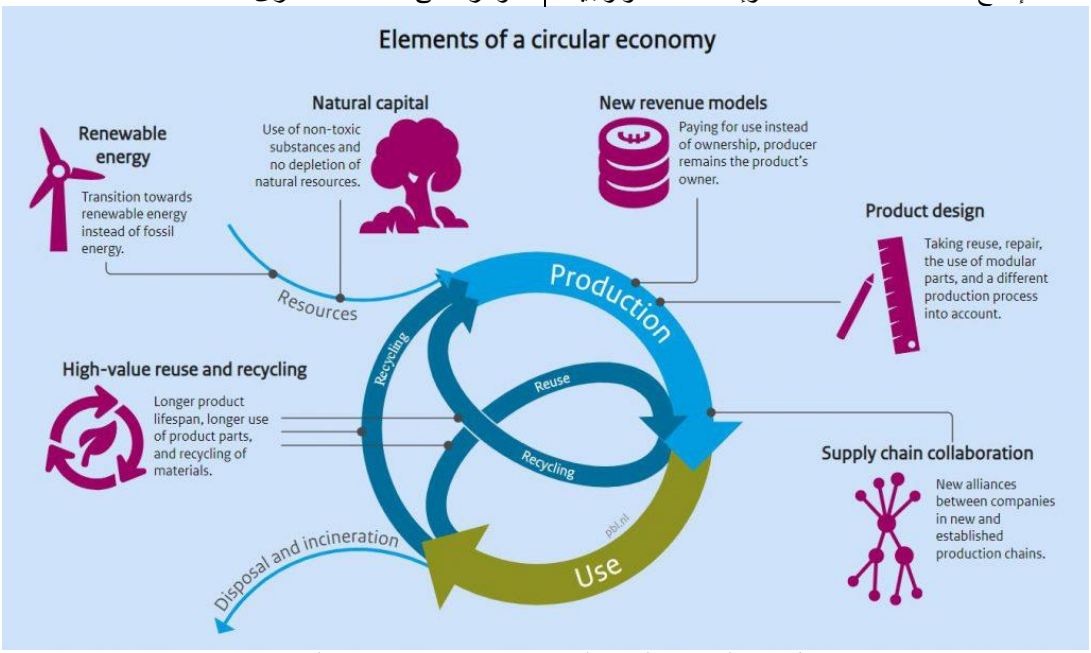
3- تقليل الأثر البيئى للمنتجات من خلال طرق التصنيع:

شركات التصنيع لها تأثير كبير على البيئة، ومع ذلك، يمكنهم التخفيف من ذلك من خلال تنفيذ ممارسات وأساليب تصنيع مستدامة عبر عملية الإنتاج بأكملها - من مصادر المواد إلى تسليم المنتج النهائى، يحتاج المصنّعون إلى النظر إلى الإستدامة ليس كفكرة متأخرة بل دمج تقنيات التصميم البيئى فى التصميم الصناعى فى وقت مبكر من مرحلة التطوير، سيتطلب هذا التكامل تعزيز ثقافة ملتزمة بالإستدامة حيث يتم اتخاذ القرارات بناءً على العوامل البيئية مع مراعاة الجدوى الإقتصادية فى نفس الوقت، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يكون دمج إستراتيجيات التدوير التى تركز على تقليل إنتاج النفايات دون التضحية بالمكاسب التجارية مثمراً، يهدف هذا النهج إلى إبقاء المواد قيد الاستخدام من خلال إطالة دورات حياة المنتجات وتجديد الأنظمة الطبيعية، علاوة على ذلك، فإن تطبيق مناهج من أعلى إلى أسفل والتى تأخذ فى الإعتبار التأثيرات البيئية وتدابير تجنب النفايات جنباً إلى جنب مع الفوائد الإقتصادية المحتملة من شأنه أن يضمن التنفيذ الناجح لأطر الإقتصاد الدائرى التى تعزز فصل التأثيرات البيئية عن النمو الإقتصادى من خلال تكييف مبادئ اللوالب المختلفة مثل التصميم التخلص من الهدر غير الضرورى عبر سلاسل التجميع فى قطاعات مختلفة بما فى ذلك الصناعات الرئيسية مثل التصنيع بمعنى إدارة إنبعاثات الطاقة لا تزال مهملة تماماً على الرغم من توفير الأسس النظرية وفقاً لتقليل مدخلات الموارد وتدفقات الطاقة المتتالية باستخدام الموارد المتاحة بسهولة والتى تم تقليلها بشكل صحيح أثناء استيعاب النفايات بشكل فعال داخل سلاسل التوريد المغلقة الحلقات، يمكن أن يشمل ذلك دمج تقنيات التصميم البيئى فى عملية التصميم الصناعى، وتعزيز ثقافة ملتزمة بالإستدامة، ودمج إستراتيجيات دائرية تركز على تقليل إنتاج النفايات مع الحفاظ على الجدوى الإقتصادية.

لتقليل تأثيرها على البيئة، يحتاج المصنعون إلى تطبيق ممارسات وأساليب تصنيع مستدامة طوال عملية الإنتاج بأكملها - من مصادر المواد إلى تسليم المنتج النهائى [33]، سيتطلب هذا تحولاً ثقافياً نحو الإستدامة حيث يتم أخذ العوامل البيئية فى الإعتبار عند اتخاذ القرار جنباً إلى جنب مع الجدوى الإقتصادية، يمكن أن يساعد إعتماد إستراتيجيات دائرية فى الصناعة التحويلية فى هذا التحول، حيث يهدف إلى إبقاء المواد قيد الاستخدام من خلال إطالة دورات حياة المنتج وتجديد الأنظمة الطبيعية، لتحقيق النجاح مع أطر الإقتصاد الدائرى، من الضرورى دمج كل من النهجين من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى، والذى من شأنه أن يأخذ فى الإعتبار التأثيرات البيئية، وتجنب النفايات، والفوائد الإقتصادية، علاوة على ذلك، يمكن لمبادرات الصانع أيضاً أن تلعب دوراً مهماً فى تعزيز وتعظيم فوائد إطار الإقتصاد الدائرى.

فى عملية التصنيع، من المهم مراعاة دورة الحياة الكاملة للمنتج، من مراحل ما قبل التصنيع إلى مرحلة ما بعد الاستخدام، يمكن أن يشمل ذلك تنفيذ أنظمة الإنتاج ذات الحلقة المغلقة حيث يتم تقليل النفايات المتولدة أثناء الإنتاج وإعادة استخدامها، بالإضافة إلى إختيار تكنولوجيا موفرة للطاقة لتقليل آثار الكربون [31]، من خلال إعتماد

مبادئ الإقتصاد الدائرى فى التصنيع، يمكن للشركات إنشاء عملية إنتاج أكثر إستدامة ووعياً بالبيئة تعطى الأولوية للحد من النفايات، وكفاءة الموارد، والجدوى الإقتصادية طويلة الأجل، هناك العديد من التقنيات والإستراتيجيات المتاحة للمصنعين، بما فى ذلك التصميم البيئى وأنظمة الإنتاج ذات الحلقة المغلقة وإعتماد التكنولوجيا الموفرة للطاقة وإستراتيجيات الدوران، من خلال تنفيذ هذه الإستراتيجيات، يمكن للمصنعين تعظيم الفوائد المحتملة للإقتصاد الدائرى وتقليل تأثيرهم البيئى بشكل فعال مع الحفاظ على الجدوى الاقتصادية، كما فى شكل (3) والذى يوضح أهم الجوانب الواجب توافرها فى الاقتصاد الدائرى.



شكل (3) الجوانب الهامة الواجب توافرها فى الإقتصاد الدائرى

3-1- أنظمة الإنتاج ذات الحلقة المغلقة: تعد أنظمة الإنتاج ذات الحلقة المغلقة مكوناً حيوياً للإقتصاد الدائرى حيث تهدف إلى تقليل النفايات الناتجة أثناء التصنيع من خلال معاملتها كمورد قيم يمكن إعادة استخدامه بطرق مختلفة، يتضمن هذا النهج إنشاء حلقة مغلقة حيث يتم باستمرار تداول المنتجات والمكونات والمواد مرة أخرى فى النظام بدلاً من التخلص منها بعد الاستخدام، من خلال استخدام هذه الطريقة، يمكن للشركات أن تقلل بشكل كبير من كمية النفايات التى ينتهى بها المطاف فى مدافن النفايات مع تعزيز الحفاظ على الموارد، تتطلب هذه العملية من المنظمات إعتماد تقنيات ونماذج أعمال مبتكرة تهدف إلى تصميم منتجات متينة باستخدام مواد خام أقل مع دورات حياة أطول، بالإضافة إلى ذلك، يجب أن تركز الشركات على تحسين كفاءة سلاسل التوريد الخاصة بها مع مراعاة جميع مراحل دورة الحياة من مرحلة ما قبل التصنيع إلى إدارة ما بعد الاستخدام [15]، سيؤدى إعتماد مثل هذه الممارسات إلى تخفيضات كبيرة فى إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى من خلال تقليل إستهلاك الطاقة وانخفاض إنبعاثات الكربون طوال دورة حياة المنتج بأكملها، قد يتطلب التغيير التحويلى المطلوب للتنفيذ الناجح الانتقال من طرق الإنتاج الخطية التقليدية إلى مناهج أكثر مرونة مثل التكنولوجيا الرقمية المزدوجة أو تقنيات التصنيع المضافة المستخدمة لأغراض النماذج الأولية السريعة.

3-2- كفاءة استخدام الموارد: نظراً لأن شركات التصنيع تقوم بدور أكثر نشاطاً فى تنفيذ الإقتصاد الدائرى، فيمكنها تحويل أعمالها من خلال إعادة تشكيل نماذج الأعمال الحالية أو إنشاء نماذج جديدة تماماً، من خلال إعتماد تقنيات مبتكرة وإجراءات تشغيل فى جميع مراحل عملية التصنيع، يمكن لهذه الشركات أن تولد قيمة مستدامة مع التغلب على "المخاطر الدائرية" التى تأتى مع الانتقال بعيداً عن أساليب الإنتاج الخطية التقليدية، علاوة على ذلك، يجب أن تراعى ممارسات التصنيع المستدامة كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج - بما فى ذلك مرحلة ما قبل التصنيع والتجميع الفعلى أو التصنيع والتخلص بعد الاستخدام - لتحقيق أهداف خالية من النفايات، يضمن هذا النهج الشامل لإجراء العمليات التجارية بناءً على الإعتبارات البيئية فى كل مرحلة مشاركة كفاءة المواد التى تساعد على تقليل تيارات النفايات المتولدة أثناء العمليات الصناعية، علاوة على ذلك، فإن توسيع النطاق إلى ما هو أبعد من الشركات المصنعة ليشمل مشاريع البناء هو مجال آخر يقدم فيه تطبيق المبادئ التى وضعها الإقتصاد الدائرى فوائد كبيرة [32]، إن تنفيذ خطط التفكيك فى مرحلة مبكرة من تصميم وبناء الهياكل الجديدة سيوفر فرصاً كبيرة لإعادة استخدام المواد مما يجعلها أكثر إقتصادا مع إحداث تأثيرات إجتماعية إيجابية مثل خلق فرص العمل من خلال برامج إعادة التدوير وغيرها.

3-3- الحد من النفايات: نهج الإقتصاد الدائرى هو نموذج مستدام يعطى الأولوية للحد من النفايات ويعزز الحفاظ على الموارد من خلال تنفيذ ممارسات مثل إعادة التدوير وتجديد وإعادة استخدام المواد، يضيف هذا النهج المبتكر للإنتاج قيمة من خلال الاحتفاظ بالمواد قيد الاستخدام لفترة أطول مما يقلل من كمية النفايات الناتجة أثناء عمليات التصنيع، يشجع المفهوم أيضاً المنتجين على دراسة طرق تقليل بصمتهم الكربونية من خلال إستراتيجيات تقليل الإنبعاثات، من خلال إعتماد هذه العملية على المستوى الصناعى، يمكن للمصنعين الحفاظ على الموارد الطبيعية وتقليل كمية النفايات التى ينتهى بها المطاف فى مدافن النفايات أو المحيطات، مما يؤدى إلى فوائد بيئية كبيرة، علاوة على ذلك، يمكن أن تؤدى إعادة تشكيل نماذج الأعمال الحالية أو إنشاء نماذج جديدة موجهة نحو الإستدامة إلى توفير التكاليف للشركات لأنها تتعلم كيفية إستخراج المزيد من المواد الخام التى تم الحصول عليها بالفعل قبل شراء أخرى جديدة، لكن؛ يتضمن الانتقال إلى ثقافة تنظيمية دائرية موجهة نحو الإقتصاد تطوير تقنيات مبتكرة مع مراعاة جميع مراحل دورة الحياة بشكل شامل مع خطة التنفيذ التى تدمج التخطيط قبل التصنيع حتى إدارة ما بعد الاستخدام بما فى ذلك إجراءات التفكيك عند الاقتضاء بدلاً من التركيز فقط على طرق الإنتاج الخطية التى تواجه بعض التحديات خاصة بالنسبة للمؤسسات الصغيرة والمتوسطة الحجم، ويرجع ذلك أساساً إلى افتقارها إلى الموارد الكافية مما يؤدى إلى عوائق من المحتمل أن تعيق التنفيذ الكامل للتبنى على الرغم من أن الشركات الصغيرة والمتوسطة تساهم بشكل كبير على الصعيدين الإقتصادى والإجتماعى فى أى مكان [32].

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

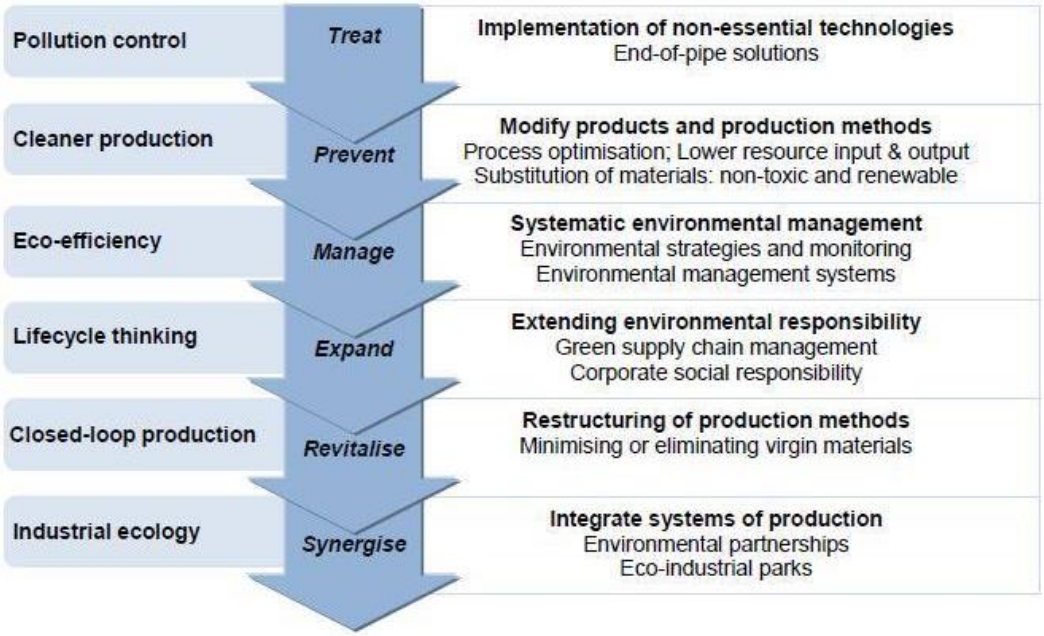
3-4- التكنولوجيا الموفرة للطاقة: يساعد إختيار التكنولوجيا الموفرة للطاقة على إختيار التكنولوجيا الموفرة للطاقة وهو قرار ضرورى يتعين على كل شركة اتخاذه اليوم، يساعد فى تقليل البصمة الكربونية للشركة، مما يؤدى إلى عمليات إنتاج أكثر إستدامة وتحقيق الفوائد البيئية فى النهاية، إحدى الطرق المهمة التى يمكن أن تتحمل بها الشركات مسؤولية بيئية فى هذا الصدد هى استخدام مصادر الطاقة المتجددة مثل الطاقة الشمسية أو طاقة الرياح فى عملياتها، يتضمن ذلك الإستثمار فى إنشاء أنظمة توليد الطاقة النظيفة داخل مبانى الشركات، والتى توفر الكهرباء اللازمة للأنشطة اليومية، بالإضافة إلى استخدام الموارد المتجددة، فإن تنفيذ إجراءات التصنيع الفعالة يساهم أيضاً بشكل كبير فى بيئة أكثر اخضراراً، قد يؤدى استخدام طرق أقل تبديداً أثناء عمليات الإنتاج [24]، لا سيما تلك التى تعتمد على استخدام الغاز الطبيعى والوقود الأحفورى، إلى انخفاض إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى المنبعثة فى الغلاف الجوى، قد يبدو الإستثمار المطلوب نحو تبنى تقنيات جديدة مرتفعاً فى البداية ولكنه سيثبت أنه مفيد للغاية فى المستقبل فيما يتعلق بتدابير توفير التكاليف بمرور الوقت مع الاحتفاظ فى نفس الوقت بمزايا إضافية مثل سهولة الحصول على المصادر عبر مجموعات متنوعة من الموردين، علاوة على ذلك، تعمل مواءمة الإستراتيجية فى كثير من الأحيان على تعزيز السياسات المترابطة المحيطة بأهداف العمل المناخى بما فى ذلك الشركة بأكملها مما يسمح بإمكانية إستدامة المنظمة المحققة فى جميع الإدارات التشغيلية الموجهة نحو الممارسات الصديقة للبيئة المذكورة أعلاه بعناية مع الحرص على عدم إهمال أى إدارات من استيعاب مبادئ الواجب المجتمعى للشركة، لذلك، من نافلة القول أن إدخال التغييرات التى تعزز نهج الإستدامة أمر ضرورى إذا كنا نأمل أن يكون أكثر إشراقاً.

3-5- الجدوى الإقتصادية على المدى الطويل: يعد إعتماد مبادئ الإقتصاد الدائرى خطوة حاسمة نحو تحقيق الجدوى الإقتصادية طويلة الأجل للمصنعين، من خلال دمج هذه المبادئ فى عملياتها، يمكن للشركات تقليل النفايات بشكل كبير واستخدام الموارد بكفاءة؛ وهذا بدوره يسمح لهم بتخفيض تكاليف الإنتاج مع ضمان إنشاء منتجات تجذب المستخدمين المهتمين بالبيئة، أظهرت الدراسات الحديثة أن تبنى ممارسات الإستدامة الخضراء لا يفيد البيئة فحسب، بل يمكن أيضاً أن يحسن القدرة التنافسية للأعمال، من المرجح أن يظل المصنعون الذين يبقون على اطلاع دائم على التقنيات والعمليات البيئية الناشئة قادرين على المنافسة فى سوق اليوم سريع التغير من خلال الشراكة مع موردى التكنولوجيا البيئية والمستخدمين وأصحاب المصلحة وكذلك الإستثمار فى مهارات التكنولوجيا المستدامة، عندما يفضل العملاء المنتجات/الخدمات من الشركات الصديقة للبيئة على البدائل التقليدية - المعروفة باسم "سلوك الشراء الأخضر" - يمكن أن تتأثر عوائد التكلفة بشكل إيجابى، علاوة على ذلك، فإن اتخاذ تدابير استباقية مثل التعامل مع العقبات المحتملة التى تسببها العوامل المختلفة داخل مدخلات الشركة المصنعة يضمن الحد الأدنى من الإنفاق الإستثمارى [25]، غالباً ما تؤدى الأساليب الصديقة للبيئة إلى ابتكارات تمنح الشركات ميزة على الأقل عند النظر إليها من خلال عدسة تسويقية لأن المعايير الأخلاقية تروق بشدة، بالإضافة إلى ذلك، تُظهر البيانات ارتباطاً إيجابياً بين الأداء البيئى الأفضل بين المنظمات وزيادة الربحية بصرف النظر عن المدخرات التشغيلية الكبيرة المدفوعة أساساً بالكفاءات البيئية، فإن الشركات التى تنفذ ممارسات خضراء مبتكرة تستمد العديد من المزايا مثل القدرة على إنتاج مخرجات عالية الجودة بمستويات كفاءة أعلى.

3-6- الإستعانة بالمصادر المستدامة: يمكن للمصنعين استخدام ممارسات الإستعانة بالمصادر المستدامة كإستراتيجية رئيسية ليس فقط لتقليل بصمتهم البيئية ولكن أيضاً لتحسين جودة المواد المستخدمة فى الإنتاج، من خلال البحث الاستباقى عن الموردين الذين يعملون فى مصادر الطاقة المتجددة ويمارسون الزراعة أو التعدين المستدام والشراكة معهم، يمكن للشركات التأكد من أنها تستخدم موارد منتجة بطريقة مسؤولة لها تأثير ضئيل على البيئة، قد تؤدى مناهج إدارة سلسلة التوريد الخضراء هذه أيضاً إلى ابتكارات توفر مزايا البداية من وجهة نظر تسويقية مع تقليل الإستثمار إلى الحد الأدنى من خلال التعامل مع المعلمات البيئية التى يحتمل أن تكون مزعجة، يمكن أن يؤثر تنفيذ هذه الأنواع من الأساليب الصديقة للبيئة بشكل إيجابى على مقاييس العائد على التكلفة، مما يجذب العملاء الذين يفضلون المنتجات/الخدمات الواعية بالبيئة وبالتالى ضمان القدرة التنافسية المستدامة للمؤسسات، تؤكد كل من التغطية الصحفية الشعبية والأدبيات العلمية باستمرار على أهمية تبنى مثل هذه النماذج التجارية التى تركز على الإستدامة حيث يجب على الشركات أن تكيف بشكل متزايد إجراءاتها التشغيلية الداخلية على جميع المستويات (بما فى ذلك سلسلة التوريد) لمعالجة القضايا البيئية الملحة الناشئة عن تأثيرات الصناعة النظامية التى تؤدى إلى تحديات تغير المناخ التى تواجه أنظمتنا الإقتصادية العالمية & # 8211؛ فى الواقع أكثر من أى وقت مضى موثق فى تحليل سابق لمستوى المنحة الدراسية للأعمال التجارية "، وهذا يدل على كيف لا يمكننا إنكار الاعتراف بمثل هذه الاتجاهات الحالية المتزايدة فى السوق التى تسيطر على البيئات التى تشكلت عالمياً من خلال تفضيلات المستخدمين المتغيرة تجاه الإقتصادات الأخلاقية القائمة على الإستهلاك [21].

3-7- التصميم للفك: يعد تصميم المنتجات للفك ممارسة مسؤولة بيئياً يمكن أن يكون لها فوائد متعددة للشركة، لا يؤدى هذا النهج فقط إلى تسهيل إعادة تدوير المواد وإعادة استخدامها فى نهاية دورة حياتها، ولكنه يؤثر أيضاً بشكل إيجابى على العوائد المالية على التكلفة من خلال تقليل الإستثمار من خلال الإدارة الاستباقية للمعايير البيئية، لا تعزز الأساليب الصديقة للبيئة، مثل تصميم المنتجات ذات الأجزاء القابلة للفصل بسهولة، قابلية إعادة التدوير فحسب، بل قد تؤدى أيضاً إلى ابتكارات توفر ميزة البدء المسبق من منظور التسويق، من المرجح أن تزيد الشركات التى تركز على المنتجات والعمليات والابتكارات الإدارية من مدخراتها وكفاءتها وإنتاجيتها مع تقليل تكاليف التشغيل من خلال الإستفادة من الكفاءات البيئية، بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يساعد تحسين الابتكار البيئى فى تقليل البصمة الكربونية لأن هذه الأساليب المبتكرة تسمح للشركات بالانتقال من تقنيات إنتاج الطاقة الأقل كفاءة إلى البدائل عالية الكفاءة فى استخدام الطاقة والتى تمكنهم من تحسين ممارسات الإستدامة البيئية، وبالتالى فإن النمو المالى للشركات يسمح بمزيد من الإستثمارات فى تطوير الابتكار الإيكولوجى مما يضيف بشكل كبير [35]، علاوة على ذلك، أصبحت ممارسات الأعمال المستدامة ذات أهمية متزايدة بسبب تحديات الإستدامة المتزايدة التى تواجه العالم، مما يجبر إجراءات إعادة التصميم فى الوقت المناسب داخلياً داخل المنظمات مما يؤدى إلى تقليل التأثير الإجتماعى والبيئى من خلال إعتماد مبادئ الإقتصاد الدائرى التى تقلل الضرر الذى تتعرض له المجتمعات المحلية المتصلة طوعاً أو لا إرادياً فى جميع أنحاء العالم.

3-8- إطالة عمر المنتج: يمكن للمصنعين اتخاذ ممارسات تجارية مستدامة إلى أبعد من ذلك من خلال إطالة عمر منتجاتهم من خلال تصميمات متينة وقابلة للإصلاح، لا يعالج هذا النهج الاستباقى احتياجات المستخدم فحسب، بل يقلل أيضاً بشكل كبير من توليد النفايات مع الحفاظ على الموارد الطبيعية على المدى الطويل، قد تقلل الشركات التى تعطى الأولوية لقابلية التحمل والإصلاح بشكل ملحوظ من حاجة المستخدمين لإستبدال المنتجات بشكل متكرر - وبالتالى تقديم مساهمة كبيرة فى عمليات الإنتاج المستدامة، بالإضافة إلى ذلك، فإن مثل هذه التدابير البيئية المبتكرة تمكن الشركات من إنشاء نماذج إقتصاد دائرى مبتكرة ذات تأثيرات إيجابية على كل من نتائج الإستدامة الإجتماعية والبيئية - مما يعود بالفائدة على المجتمعات ككل، ويوضح شكل (4) تطور مفاهيم وممارسات التصنيع المستدام.



شكل (4) تطور مفاهيم وممارسات التصنيع المستدام

3-9- المنتج كخدمة: نموذج المنتج كخدمة هو نهج مبتكر لتقديم المنتجات للعملاء، إنه ينطوى على تقديم المنتجات كخدمة بدلاً من بيعها مباشرة، إكتسب نموذج العمل هذا شعبية فى السنوات الأخيرة لأنه يحفز الشركات المصنعة على تصميم وإنشاء عناصر طويلة الأمد ومتينة يمكن إصلاحها بسهولة طوال دورة حياتها بأكملها، يساهم هذا النهج الصديق للبيئة بشكل كبير فى تحقيق الإستدامة البيئية حيث سيكون هناك عدد أقل من السلع المهملة والمتقادمة التى تشغل مساحة فى مدافن النفايات أو تلوث البيئة بسبب ممارسات التخلص غير المسؤولة، من خلال تبنى هذا النوع من الممارسة، يمكن للشركات توفير المال عن طريق تجنب الإنفاق من إنشاء مخزونات جديدة بمرور الوقت مع تقليل التكاليف العامة مثل نفقات مرافق التخزين أو تكاليف النقل لنقل كميات كبيرة من السلع المنتجة حديثاً، علاوة على ذلك، قد يؤدى إدخال مفهوم المنتج كخدمة إلى استخدام أكثر كفاءة للموارد مما يؤدى عادة إلى إدارة سلسلة التوريد المستدامة [32]؛ ومن ثم الحد من تأثير المجتمع على المجتمعات المحلية من خلال الإشراف الذى يهدف إلى حماية النظم البيئية الطبيعية، فى جوهرها، لا تساعد الشركات التى تركز على الابتكار البيئى فى معالجة قضايا تغير المناخ فحسب، بل تتكيف أيضاً وفقاً للاتجاهات الناشئة من خلال تدابير مستدامة تؤدى إلى نمو أرباح إقتصادية إيجابية على الصعيدين المحلى والعالمى.

3-10- التعاون: يتطلب إعتماد مبادئ الإقتصاد الدائرى جهداً تعاونياً بين المصنعين والموردين والمستخدمين لتحقيق الهدف المشترك المتمثل فى الإستدامة، يتضمن هذا النهج العمل معاً عبر سلسلة التوريد بأكملها ليس فقط لتطوير عمليات إنتاج أكثر إستدامة ولكن أيضاً لإنشاء طرق مبتكرة لتقليل الفاقد وتعزيز كفاءة الموارد، لتحقيق وفورات الحجم المستدامة هذه، يجب على الشركات أن تبدأ فى إعادة تصميم إجراءات عملياتها الداخلية أثناء البحث عن أساليب الابتكار البيئى التى تساهم فى تقليل التأثير الإجتماعى والبيئى فى المجتمع، سيساعد تبنى مبادرة التصميم الصديق للبيئة لتصميم المنتجات/الخدمات الجديدة على ضمان أنها تسبب ضرراً بيئياً أقل على مدار دورة حياتها، توضح كل من وسائل الإعلام والأدبيات العلمية مدى أهمية تبنى ممارسات الأعمال المستدامة أن تصبح ضرورية نظراً للتحديات المتزايدة نحو تحقيق أهداف الإستدامة العالمية وسط قضايا تغير المناخ، مع هذه الحاجة، يمكن للمنظمات التى تقترب بسرعة أن تجد الفرص من خلال تطوير مزايا تنافسية من خلال إنشاء منتجات تهدف إلى مواجهة التحديات البيئية بشكل فعال دون المساس بقيمة العملاء أو الأعمال، فى نهاية المطاف، من خلال تعزيز التعاون داخل قطاعات مختلفة من الصناعة مثل الصناعات التحويلية مع التركيز على بدء الابتكارات الخضراء مثل أنظمة الحلقة المغلقة الموجهة نحو إدارة الموارد المادية لضمان الإقتصاد؛ تشمل المبادرات الدائرية الأخرى إنشاء أسواق مستعملة حيث يبيع تجار التجزئة العناصر المملوكة مسبقاً التى تم التخلص منها أثناء عوائد البيع بالتجزئة مع إشراك العملاء بنشاط حول إعادة التدوير - فهى تميل إلى تقديم حلول مربحة جنباً إلى جنب مع الفوائد المجتمعية عند تنفيذها بشكل صحيح.

لدمج مبادئ الإقتصاد الدائرى فى عمليات التصنيع الخاصة بهم، يجب على الشركات اتباع نهج شامل لدورة الحياة الكاملة للمنتجات من مرحلة ما قبل التصنيع إلى ما بعد الاستخدام، تؤكد هذه الإستراتيجية على تقليل النفايات، وزيادة كفاءة الموارد إلى أقصى حد، وضمان الجدوى الإقتصادية على المدى الطويل من خلال ممارسات مثل أنظمة الإنتاج ذات الحلقة المغلقة، واستخدام التكنولوجيا الموفرة للطاقة والمصادر المستدامة، بالإضافة إلى ذلك، فإن التصميم من أجل التفكيك وإطالة عمر المنتج جنباً إلى جنب مع تعزيز التعاون يكمل هذه العملية بشكل أكبر، مع وضع هذه المبادئ، يمكن للمصنعين بناء عمليات صديقة للبيئة تحمى الموارد الطبيعية مع تقليل النفايات مع المساهمة أيضاً فى الإقتصادات المستدامة على المدى الطويل.

4- دراسات فى تنفيذ التصميم البيئى وتحسين دورة حياة المنتج الصناعى:

يمكن أن يكون تنفيذ الممارسات المستدامة تحدياً للشركات بسبب عوامل مختلفة مثل التكلفة ونقص الموارد ومقاومة التغيير، ومع ذلك، يمكن للشركات التغلب على هذه التحديات بالطرق التالية:

وضع إستراتيجية إستدامة واضحة: يجب على الشركات تطوير إستراتيجية إستدامة واضحة تتوافق مع أهداف وقيم أعمالها، يجب أن تتضمن الإستراتيجية أهدافاً وغايات محددة، بما فى ذلك الجداول الزمنية والميزانيات، لتوجيه تنفيذ الممارسات المستدامة.

إشراك أصحاب المصلحة: يجب على الشركات إشراك جميع أصحاب المصلحة، بما فى ذلك الموظفين والعملاء والموردين والمستثمرين، فى تطوير وتنفيذ إستراتيجية الإستدامة الخاصة بهم، سيساعد هذا النهج على ضمان أن تكون الإستراتيجية ملائمة وقابلة للتنفيذ ومدعومة على نطاق واسع.

الإستثمار فى التدريب والتعليم: يجب على الشركات الإستثمار فى برامج التدريب والتعليم لمساعدة الموظفين على فهم أهمية الإستدامة وكيفية تنفيذ الممارسات المستدامة بفعالية، يجب ألا يقتصر التعليم

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

على الفوائد البيئية للممارسات المستدامة فحسب، بل يشمل أيضاً الفوائد المالية، بما فى ذلك توفير التكاليف وتحسين سمعة العلامة التجارية.

التعاون مع الشركاء الفعليين: يمكن للشركات التعاون مع الموردين والعملاء والشركاء الآخرين لتنفيذ الممارسات المستدامة عبر سلسلة التوريد، يمكن أن يساعد هذا النهج فى مشاركة المعرفة والموارد وأفضل الممارسات، مما يسهل تنفيذ الممارسات المستدامة فى جميع أنحاء المنظمة.

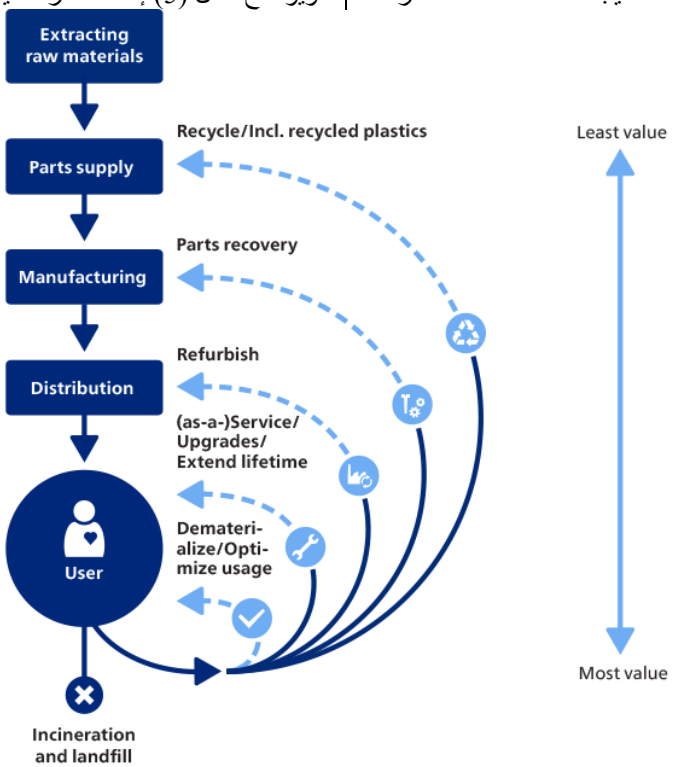
قياس التقدم المُحقق والإبلاغ عنه: يجب على الشركات قياس التقدم المُحقق نحو أهداف وغايات الإستدامة والإبلاغ عنها بإنتظام، يمكن أن يساعد هذا النهج فى تحديد مجالات التحسين ويوفر فرصة للإحتفال بالنجاحات وتحسين الحافز وزيادة المساءلة.

بإختصار، يمكن للشركات التغلب على تحديات تنفيذ الممارسات المستدامة من خلال تطوير إستراتيجية إستدامة واضحة، وإشراك أصحاب المصلحة، والإستثمار فى التدريب والتعليم، والتعاون مع الشركاء، وقياس التقدم المُحقق والإبلاغ عنه، كما نجحت العديد من الشركات فى تنفيذ مبادئ التصميم البيئى فى عمليات التصنيع الخاصة بها لتقليل التأثير البيئى مع الإستفادة فى النهاية من أعمالها مالياً، فيما يلى أربع دراسات حالة تسلط الضوء على النجاحات فى تنفيذ التصميم البيئى وتحسين دورة حياة المنتج الصناعى:

4-1- إنترفيس Interface هى شركة تصنيع بلاط السجاد التى طبقت بنجاح مبادئ التصميم البيئى فى عملية الإنتاج، طورت الشركة نظام إنتاج ذو حلقة مغلقة يعيد تدوير بلاط السجاد المهمل إلى بلاط جديد، تستخدم الواجهة أيضاً مصادر الطاقة المتجددة ونفذت عمليات تصنيع موفرة للطاقة، نتيجة لذلك، خفضت الشركة إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بنسبة 96٪.

يتم التعرف على شركة إنترفيس كنموذج رئيسى للتصنيع المستدام، والتى نفذت بشكل فعال مبادئ التصميم البيئى فى عملية الإنتاج الخاصة بها، يقلل نظام الحلقة المغلقة المبتكر للغاية للشركة بشكل كبير من توليد النفايات ويحافظ على الموارد الطبيعية عن طريق إعادة تدوير المواد، وبالتالى تعزيز الإستدامة من مهد المنتج كفكرة إلى التخلص منه، إن تبنى المصادر المتجددة وإدخال ممارسات كفاءة الطاقة فى جميع مراحل التصنيع يخفف من المخاوف البيئية بشكل أكبر، نجحت Interface فى تقليل إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بشكل كبير من خلال النشر الأمثل لحلول التكنولوجيا الخضراء للعمليات المستدامة، يشهد هذا العمل الفذ المثير للإعجاب على التزامهم بتنفيذ استجابات عملية لتأثيرات تغير المناخ من خلال التنفيذ الفعال للتطبيقات الصديقة للبيئة، أدى تحديد أولويات التصميم الإيكولوجى إلى تسهيل اتباع نهج متكامل امتد إلى ما هو أبعد من مجرد تقليل الآثار البيئية إلى إنشاء أنظمة مجدية إقتصادياً عبر جميع مستويات التصنيع داخل المنظمة مع التأثير بشكل إيجابى على البيئة الإقتصادية الكلية للمجتمعات المحيطة - مما يدل على أن التبنى الناجح يمكن أن يفيد الإقتصاد والبيئة على حد سواء [16].

4-2- فيليبس Philips هى شركة إلكترونيات إستهلاكية إتبعت نهج إطالة عمر المنتج لتحسين دورة حياة المنتج الصناعى، صممت الشركة منتجاتها لتكون قابلة للإصلاح بسهولة وأنشأت برنامج استرجاع يشجع المستخدمين على العودة وإعادة تدوير أجهزتهم الإلكترونية القديمة، نفذت Philips أيضاً عمليات تصنيع موفرة للطاقة وخفضت إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بنسبة 40٪، ويوضح شكل (5) إستفادة شركة فيليبس من الاقتصاد الدائرى.



شكل (5) مخطط شركة فيليبس للإستفادة من ممارسة الإقتصاد الدائرى

تشتهر شركة فيليبس Philips على نطاق واسع بتنفيذها الناجح لـ Philips وهى معروفة على نطاق واسع بأنها رائدة فى الممارسات المستدامة، حيث إستفادت من الإستراتيجيات المبتكرة لتقليل تأثيرها البيئى خلال عملية الإنتاج، تتضمن إحدى هذه الإستراتيجيات إعطاء الأولوية لإطالة عمر المنتج من خلال التصميم الذى يتيح سهولة الإصلاح والصيانة، من خلال القيام بذلك، لم تعمل Philips على إطالة عمر منتجاتها بشكل كبير فحسب، بل قللت أيضاً من الحالات التى تتطلب منتجات جديدة، وبالتالى تقليل عمليات التصنيع غير الضرورية، علاوة على ذلك، يمتد نهج Philip الصديق للبيئة إلى ما هو أبعد من تصميم المنتجات المستدامة من خلال برنامج استرجاع يتم تنفيذه على الصعيد الوطنى لتعزيز إعادة التدوير والتخلص المناسب أو إعادة استخدام الإلكترونيات القديمة من قبل المستخدمين، وبالتالى، يحدث الحد من النفايات جنباً إلى جنب مع الحفاظ على الموارد مع تعزيز قيم المسؤولية الإجتماعية القوية للشركات، يركز جانب آخر بارز من محفظة فيليبس للإستدامة على تقنيات التصنيع الموفرة للطاقة والتى ساعدت فى خفض إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بشكل كبير - مما أدى إلى خفض التكاليف مع توفير موارد الطاقة فى وقت واحد، دمج هذه

الإجراءات الواعية بيئياً فى عملياتها اليومية [21]؛ علاوة على ذلك، فإن إنشاء وسيلة مجدية إقتصادياً نحو نظام إنتاج مستدام أثر بشكل إيجابى على إنجازات الحفاظ على البيئة وكذلك ضمان المكاسب المالية عبر كل جانب من جوانب خلق القيمة داخل خطوط الصناعة حول القطاعات المتخصصة التى تحقق عوائد بيئية تعود بالفائدة على جميع أصحاب المصلحة المعنيين إما بشكل مباشر أو غير مباشر بطريقة عالمية دون المساس بمصالح الأجيال القادمة بمرور الوقت مما يساهم فى نهاية المطاف فى مكافحة تغير المناخ مع الدعوة إلى مستويات الإستهلاك المسؤول على مستوى العالم.

4-3- إتش بى Hewlett Packard (HP) وهى شركة تكنولوجية طبقت أنظمة إنتاج ذات حلقة مغلقة وممارسات توريد مستدامة لتحسين دورة حياة منتجها الصناعى، طورت HP برنامج إعادة تدوير البلاستيك ذى الحلقة المغلقة والذى يعيد تدوير خراطيش الطابعة المهملة إلى خراطيش جديدة، كما طبقت الشركة ممارسات التوريد المستدامة من خلال استخدام البلاستيك المعاد تدويره والورق فى منتجاتها، نتيجة لذلك، خفضت HP إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بنسبة 40٪.

تبرز شركة إتش بى Hewlett-Packard كمثال رئيسى على كيف يمكن للشركات أن تقود أنظمة الإنتاج ذات الحلقة المغلقة وممارسات التوريد المستدامة للتخفيف من تأثيرها البيئى، حققت HP تقدماً كبيراً فى تطوير برنامج شامل لإعادة تدوير البلاستيك يستعيد خراطيش الطابعة المهملة لإعادة استخدامها، مما يدل على تفانيها فى تقليل النفايات والحفاظ على الموارد الطبيعية، بالإضافة إلى ذلك، تفخر الشركة بتبنى مبادئ التصميم البيئى من خلال تضمين المواد المعاد تدويرها مثل البلاستيك والورق فى خطوط إنتاجها من خلال تدابير المصادر المستدامة، نتيجة لهذه السياسات المؤيدة للبيئة، حققت HP انخفاضاً مذهلاً فى إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى مع تقليل بصمتها البيئية بشكل كبير، أكثر من مجرد كونك مسؤولاً بيئياً، فهذه الخطوة تعزز الكفاءة التشغيلية والربحية مع توفير فوائد الإستدامة طويلة الأجل، إن التزام الشركة بدمج البرامج الصديقة للبيئة لا يؤكد فقط رغبتهم فى الحفاظ على الكوكب، بل يحسن أيضاً ولاء العملاء تجاه العلامات التجارية التى أثبتت كفاءتها فى الحفاظ على البيئة مثل تلك الخاصة بهم، فى الواقع، تضع Hewlett Packard معاييراً للشركات الأخرى فى جميع أنحاء العالم حول كيفية تبنى مبادرات مماثلة فى عملية الإنتاج دون المساس بالجودة أو الإنتاجية - مما يلهم العديد من الشركات عبر الصناعات على مستوى العالم والتى تهدف إلى أن تصبح أكثر صداقة للبيئة وسط دعوات متزايدة من المستخدمين لمنتجات صديقة للبيئة/الخدمات/مقدمو الخدمات على حد سواء [26].

4-4- باتاغونيا Patagonia وهى شركة ملابس خارجية إتبعت نهج إطالة عمر المنتج لتحسين دورة حياة منتجها الصناعى، صممت الشركة منتجاتها لتكون متينة ونفذت برنامج إصلاح وإعادة استخدام يشجع العملاء على إصلاح ملابسهم وإعادة استخدامها، نفذت باتاغونيا أيضاً ممارسات التوريد المستدامة باستخدام المواد المعاد تدويرها فى منتجاتها، نتيجة لذلك، خفضت الشركة إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بنسبة 68٪.

تبرز باتاغونيا Patagonia كرائدة فى ممارسة عمليات الأعمال المستدامة، إن التزامهم بالإستدامة واضح، وخلق نهج يركز على إطالة عمر المنتج من خلال تصميم منتجات متينة وطويلة الأمد، من خلال تقليل الحاجة إلى تصنيع جديد، فقد قللوا بشكل كبير من بصمتهم الكربونية مع المساهمة فى تقليل النفايات، لقد أثبت تبنى إعادة الاستخدام كجزء من إستراتيجيتهم أنه مثمر مع تنفيذ برامج الإصلاح وإعادة الاستخدام التى تعزز هذه الفلسفة بين العملاء الذين يبحثون عن طرق ميسورة التكلفة للحفاظ على الملابس لفترة أطول، تتوافق سياسات التوريد فى باتاغونيا تماماً مع المواد الصديقة للبيئة مثل البوليستر المعاد تدويره؛ وبالتالى تأكيد أهدافها الخالية من النفايات، تمتد أولويات التصميم البيئى الخاصة بهم إلى ما هو أبعد من إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى، ولكنها تشمل أيضاً الإنتاج المسؤول إجتماعياً الذى يسلط الضوء على عدالة ممارسات العمل فى جميع المجالات من تعويض العمال - ضمان الأجور العادلة بين الجنسين على مستوى العالم - إلى تدابير سلامة الموظفين، من بين أمور أخرى، على الرغم من هذه الممارسات البيئية التى يتم تبنيها بشكل متزايد فى العديد من الشركات فى جميع أنحاء العالم الملتزمة باتجاهات الحياة الخضراء - لا تزال الشركات متخوفة بسبب التكاليف العالية المرتبطة بها عند تنفيذ مثل هذه التغييرات داخل أنظمة المنظمات إلى جانب عوامل محدودية الموارد الناتجة عن التوافر المحدود فى بعض الحالات مما يجعلها عالية تحدى التحول الكامل إلى كيانات مستدامة بنسبة 100٪ مثل باتاغونيا [36]، حقق ذلك بشكل لا تشوبه شائبة بمرور الوقت من خلال الابتكار المستمر حول آليات حل المشكلات البيئية التى تهدف إلى الحفاظ على الموارد الطبيعية للأرض بشكل كلى.

الجانب الأكثر تأثيراً فى ممارسات الأعمال المستدامة التى تنفذها أى شركة هو التزامها بإطالة عمر المنتج من خلال تصميمات دائمة وطويلة الأمد، هذا يقلل من الحاجة إلى تصنيع جديد ويقلل بشكل كبير من البصمة الكربونية مع المساهمة فى تقليل النفايات، لا يفيد هذا النهج تجاه ممارسات الأعمال المستدامة البيئة فحسب، بل يعزز أيضاً سمعة الشركة وولاء العملاء من خلال توفير منتجات عالية الجودة تدوم لفترة أطول.

تسلط دراسات الحالة هذه الضوء على التنفيذ الناجح لمبادئ التصميم البيئى والممارسات المستدامة فى عمليات التصنيع بواسطة إنترفيس Interface وفيليبس Philips وإتش بى HP وباتاغونيا Patagonia قامت Interface بتطوير نظام إنتاج ذو حلقة مغلقة يعيد تدوير بلاط السجاد المهمل إلى بلاطات جديدة، ويستخدم مصادر الطاقة المتجددة، ويقلل من إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بنسبة 96٪، إتبعت Philips نهج إطالة عمر المنتج من خلال تصميم منتجات يمكن إصلاحها بسهولة، كما أنشأت برنامج استرجاع يشجع المستخدمين على إعادة أجهزتهم الإلكترونية القديمة وإعادة تدويرها، مما يقلل من النفايات وإنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بنسبة 40٪، طبقت HP أنظمة إنتاج ذات حلقة مغلقة وممارسات مستدامة للتوريد، بما فى ذلك برنامج إعادة التدوير الذى يعيد تدوير خراطيش الطابعة المهملة فى خراطيش جديدة ويستخدم البلاستيك والورق المعاد تدويره فى منتجاتها، مما يقلل إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بنسبة 40٪، إتبعت باتاغونيا أيضاً نهجاً لإطالة عمر المنتج من خلال تصميم منتجات متينة، وتنفيذ برنامج الإصلاح وإعادة الاستخدام، واستخدام المواد المعاد تدويرها فى منتجاتها، مما يقلل إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى بنسبة 68٪، إن إعطاء الأولوية للتصميم البيئى والممارسات المستدامة لا يفيد البيئة فحسب، بل يعزز أيضاً سمعة الشركة وولاء العملاء من خلال توفير منتجات عالية الجودة تدوم لفترة أطول.

النتائج: Results

- يمكن أن يعزز هذا النهج أيضاً سمعة الشركة وولاء العملاء من خلال توفير منتجات متينة وعالية الجودة، نجحت العديد من الشركات مثل إنترفيس Interface وفيليبس Philips وإتش بى HP وباتاغونيا Patagonia فى تنفيذ ممارسات مستدامة فى عمليات التصنيع الخاصة بها، لم تقم هذه الشركات بتخفيض إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى فحسب، بل نفذت أيضاً أنظمة إنتاج ذات حلقة مغلقة وممارسات مستدامة للتوريد، مما أدى إلى توفير التكاليف وتقليل النفايات.
- لا يفيد تنفيذ ممارسات الأعمال المستدامة البيئة فحسب، بل يؤدى أيضاً إلى توفير التكاليف وتقليل النفايات للشركات، تُظهر جهودهم أن التصميم البيئى والممارسات المستدامة يمكن دمجها فى العمليات التجارية، مما يؤدى إلى فوائد طويلة الأجل لكل من البيئة وخط الشركة الأساسى.

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

- يعد تنفيذ أنظمة الإنتاج ذات الحلقة المغلقة، وبرامج الاسترداد، وتصميم المنتجات المعمرة التى يمكن إصلاحها بسهولة أو تصنيعها باستخدام مواد معاد تدويرها، بعض الطرق التى يمكن للشركات من خلالها دمج الممارسات المستدامة فى عملياتها، مما يقلل من النفايات وإنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى مع توفير العملاء بمنتجات عالية الجودة تدوم لفترة أطول.
- يمكن أن تؤدى الممارسات المستدامة أيضاً إلى زيادة مشاركة الموظفين والعملاء، حيث يميل الناس إلى الانجذاب أكثر إلى الشركات التى تعطى الأولوية للمسؤولية البيئية، بشكل عام، يعد إعتماد ممارسات الأعمال المستدامة بمثابة وضع مربح للجانبين لكل من الشركات والبيئة.
- يمكن أن تساهم الممارسات الصديقة للبيئة فى خفض التكاليف وزيادة كفاءة العمليات وتحسين السمعة، بالإضافة إلى ذلك، فهو يوضح التزام الشركة بالمسؤولية الإجتماعية للشركات ويعزز التأثير الإجتماعى الإيجابى، بشكل عام، يمكن أن تؤدى ممارسات الأعمال المستدامة إلى تحسين الأداء المالى وتقليل التكاليف التشغيلية وتعزيز السمعة وولاء العملاء وزيادة مشاركة الموظفين والتأثير الإجتماعى الإيجابى.
- من المهم للشركات أن تنظم بشكل إستراتيجى موارد وقدرات فريدة لتنفيذ ممارسات الأعمال المستدامة بنجاح والتى تتوافق مع خطتها الإستراتيجية الشاملة، إذا فشلت الشركات فى تبنى ممارسات تجارية مستدامة، فقد تواجه عواقب سلبية مثل زيادة التكاليف والعقوبات التنظيمية والإضرار بالسمعة وفقدان الحصة السوقية.
- يمكن للشركات والمصممين تنفيذ ممارسات التصميم المستدامة من خلال إعتماد نهج تصميم دائرى، ودمج المواد البيئية، واستخدام الطاقة المتجددة، وتنفيذ ممارسات التوريد المستدامة، والمشاركة مع أصحاب المصلحة، وقياس التقدم المُحقق والإبلاغ عنه، يمكن أن تساعد هذه الممارسات فى ضمان أن المنتجات مستدامة وصديقة للبيئة ومنتجة بشكل أخلاقى مع تحسين الإستدامة الشاملة لدورة حياة المنتج.

التوصيات: Recommendations

فيما يلى نستعرض بعض التوصيات للشركات والمصممين لتنفيذ ممارسات التصميم المستدام:

- إعتماد نهج تصميم دائرى: يجب على الشركات والمصممين إعتماد نهج تصميم دائرى، والذى يعطى الأولوية لاستخدام المواد المستدامة ويطيل عمر المنتجات من خلال برامج الإصلاح وإعادة الاستخدام، يمكن أن يساعد هذا النهج فى تقليل الفاقد والحفاظ على الموارد الطبيعية وتحسين الإستدامة الشاملة لدورة حياة المنتج.
- دمج المواد البيئية: يجب على الشركات والمصممين إعطاء الأولوية لاستخدام المواد الصديقة للبيئة، مثل البلاستيك المعاد تدويره والقطن العضوى والبدائل المستدامة الأخرى، يمكن أن يساعد هذا النهج فى تقليل التأثير البيئى لعملية الإنتاج والتأكد من أن المنتجات صديقة للبيئة.
- استخدام الطاقة المتجددة: يجب على الشركات إعطاء الأولوية لاستخدام مصادر الطاقة المتجددة فى عمليات الإنتاج لتقليل إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى والحفاظ على الموارد الطبيعية.
- تنفيذ ممارسات التوريد المستدامة: يجب على الشركات إعطاء الأولوية لممارسات التوريد المستدامة، مثل استخدام المواد من مصادر محلية، وتنفيذ سياسات التجارة العادلة، وضمان ممارسات العمل المسؤولة لضمان إنتاج منتجاتها بشكل أخلاقى ومستدام.
- الإنخراط مع أصحاب المصلحة: يجب على الشركات والمصممين التعامل مع أصحاب المصلحة، بما فى ذلك الموظفين والعملاء والموردين والمستثمرين، للتأكد من أن جهود الإستدامة الخاصة بهم ذات صلة وفعالة ومدعومة على نطاق واسع.
- قياس التقدم المُحقق والإبلاغ عنه: يجب على الشركات والمصممين قياس تقدم الإستدامة والإبلاغ عنه بإنتظام لتحديد مجالات التحسين والإحتفال بالنجاحات، يمكن أن يساعد هذا النهج فى تحسين الدافع والمساءلة مع ضمان أن تظل الإستدامة أولوية داخل المنظمة.

الخلاصة: Conclusion

لم تعد الإستدامة المبنية على التصميم البيئى مجرد مبادرة إختيارية للمسؤولية الإجتماعية للشركات، ولكنها عنصر حاسم لتحقيق النجاح المالى والإستراتيجى على المدى الطويل، الشركات التى تتجاهل الإستدامة تخاطر بتأثيرات سلبية على أرباحها النهائية، بما فى ذلك زيادة التكاليف والعقوبات التنظيمية، يعد تكامل الممارسات المستدامة عبر سلاسل التوريد أمراً ضرورياً للمصنعين لتقليل تأثيرهم البيئى، ويمكن أن تزيد إستراتيجيات الإقتصاد الدائرى من الربحية مع تقليل النفايات والإنبعاثات، وبالتالى، يجب على الشركات تبنى الإستدامة ودمج تدابير للحد من تأثيرها البيئى من المراحل المبكرة لتطوير المنتج، لتحقيق ذلك، يجب أن يتم تضمين تحول ثقافى كبير نحو تبنى الإستدامة فى قيم وعمليات الشركات، يتعمق هذا البحث فى الجانب الحاسم المتمثل فى إعتماد ممارسات مستدامة ليس فقط فى التصنيع ولكن أيضاً عبر سلاسل التوريد لتقليل التأثير البيئى، يسلط الضوء على أنه من الضرورى للمصنعين دمج إعتبارات الإستدامة فى وقت مبكر أثناء تطوير المنتج باستخدام تقنيات التصميم البيئى لضمان أن الجوانب البيئية جزء لا يتجزأ من قرارات الجدوى الإقتصادية الخاصة بهم بدلاً من إعتبارها أفكاراً لاحقة غير ذات صلة، لتحقيق ذلك، يجب أن يتم تضمين تحول ثقافى كبير نحو تبنى الإستدامة فى قيم وعمليات الشركات، يجب على المصنّعين إعطاء الأولوية لتطبيق إستراتيجيات الإقتصاد الدائرى التى ستساعد فى تقليل النفايات مع زيادة الربحية من خلال إطالة دورات حياة المنتج وتجديد الأنظمة الطبيعية، تتضمن الأساليب الرئيسية التى تم تحديدها فى الدراسة الجمع بين أساليب من أعلى إلى أسفل ومن أسفل إلى أعلى، وفصل النمو الإقتصادى عن الأثر البيئى، وإستكشاف تحسينات التصميم عبر عمليات سلسلة التوريد بأكملها، سيساهم إعتماد هذه التدابير الحاسمة بشكل كبير فى تقليل المخاطر النظامية الناشئة عن إنبعاثات غازات الإحتباس الحرارى مع ضمان الأرباح الأخلاقية عبر الشركات الملتزمة بمعايير الإستدامة العالية المتوافقة مع التوقعات المجتمعية حول سياسات أفضل الممارسات فيما يتعلق بمخاوف حماية البيئة على نطاق واسع، هناك أيضاً تركيز على الإدارة الفعالة لإنبعاثات الطاقة فى التصنيع، غير مستغلة على الرغم من قدرتها على تقليل مدخلات الموارد واستيعاب النفايات داخل سلاسل التوريد ذات الحلقة المغلقة.

المراجع: References

1- Ahmed, ElSamany AbdElmoteleb, Dawood, Mina Eshaq Tawfilis, & Ebrahim, Omar Mohamed Ahmed. (2022). Ergonomics For Upgrading User Experience and Improve Usability. Alqulzum Scientific Journal, 13. Article 5. 93-110.

2- Amer, Ayman Mouhamed Afifi, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2020). Robot Ergonomics: A cognitive scenario of the new Behavioral Objects. International Design

design implemented through a product-based environmental management system. Journal of Cleaner Production, 14(15-16), 1357-1367.

14- Elfar, Mayssa Ahmad Ali, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2023). Using Artificial Intelligence for enhancing Human Creativity. Journal of Art, Design and Music, 2(2). Article 3. 106-120. DOI: https://doi.org/10.55554/2785-9649.1017.

15- Elgazzar, Mahmoud Ahmed Gouda, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2023). Usability: Improving UI/UX in Design by challenges of Materials Innovations. International Design Journal, 13(1). Article 3. 37-56. DOI: 10.21608/IDJ.2023.276010.

16- Elgazzar, Mahmoud Ahmed Gouda, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2023). The impact of the Design Experimental Testing Process in improving Product Life-cycle. مجلة العمارة و الفنون و العلوم الإنسانية. journal of architecture, arts and humanistic science. DOI: 10.21608/MJAF.2023.210298.3105.

17- Fargnoli, M., & Kimura, F. (2007). The optimization of the design process for an effective use in eco-design. In Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Businesses: Proceedings of the 14th CIRP Conference on Life Cycle Engineering, Waseda University, Tokyo, Japan, June 11th–13th, 2007 (pp. 59-64). Springer London.

18- Knight, P., & Jenkins, J. O. (2009). Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. Journal of cleaner production, 17(5), 549-558.

19- Kobayashi, H. (2006). A systematic approach to eco-innovative product design based on life cycle planning. Advanced engineering informatics, 20(2), 113-125.

20- Kobayashi, Y., Kobayashi, H., Hongu, A., & Sanehira, K. (2005). A practical method for quantifying eco-efficiency using eco-design support tools. Journal of Industrial Ecology, 9(4), 131-144.

21- Kong, L., Wang, L., Li, F., Tian, G., Li, J., Cai, Z., ... & Fu, Y. (2022). A life-cycle integrated model for product eco-design in the conceptual design phase. Journal of Cleaner Production, 363, 132516.

22- Marconi, M., & Favi, C. (2020). Eco-design teaching initiative within a manufacturing company based on LCA analysis of company product portfolio. Journal of Cleaner Production, 242, 118424.

23- Monticelli, C., & Zanelli, A. (2016). Life Cycle Design and efficiency principles for membrane architecture: towards a new set of Journal, 10 (3). Article 26. 319-331. DOI: 10.21608/idj.2020.96353

3- Andriankaja, H., Vallet, F., Le Duigou, J., & Eynard, B. (2015). A method to ecodesign structural parts in the transport sector based on product life cycle management. Journal of Cleaner Production, 94, 165-176.

4- Chiu, M. C., & Chu, C. H. (2012). Review of sustainable product design from life cycle perspectives. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 13, 1259-1272.

5- Cicconi, P. (2020). Eco-design and Eco-materials: An interactive and collaborative approach. Sustainable Materials and Technologies, 23, e00135.

6- Cluzel, F. (2012). Eco-design implementation for complex industrial system: From scenario-based LCA to the definition of an eco-innovative R&D projects portfolio (Doctoral dissertation, Ecole Centrale Paris).

7- Dahmani, N., Belhadi, A., Benhida, K., Elfezazi, S., Touriki, F. E., & Azougagh, Y. (2022). Integrating lean design and eco-design to improve product design: From literature review to an operational framework. Energy & Environment, 33(1), 189-219.

8- Dahmani, N., Benhida, K., Belhadi, A., Kamble, S., Elfezazi, S., & Jauhar, S. K. (2021). Smart circular product design strategies towards eco-effective production systems: A lean eco-design industry 4.0 framework. Journal of Cleaner Production, 320, 128847.

9- Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2017). 4D Ergonomics Modeling in the Interaction Design field. Unpublished Master Thesis. Arab Republic of Egypt: Faculty of Applied Arts, Helwan University.

10- Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2021a). The Impact of Interaction Design in Innovating a Scenario of Robot Ergonomics. Unpublished Ph.D. Thesis. Arab Republic of Egypt: Faculty of Applied Arts, Damietta University.

11- Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2021b). Robot Ergonomics: Giving the Behavioral Objects a dynamic presence. International Design Journal, 11(5). Article 23. 293-304. DOI: 10.21608/idj.2021.191705.

12- Del Borghi, A., Strazza, C., Magrassi, F., Taramasso, A. C., & Gallo, M. (2018). Life Cycle Assessment for eco-design of product–package systems in the food industry—The case of legumes. Sustainable Production and Consumption, 13, 24-36.

13- Donnelly, K., Beckett-Furnell, Z., Traeger, S., Okrasinski, T., & Holman, S. (2006). Eco-

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

30- Schischke, K., Hagelüken, M., & Steffenhagen, G. (2005). An introduction to ecodesign strategies–why, what and how?. Fraunhofer IZM, Berlin, Germany.
31- Staniszewska, E., Klimecka-Tatar, D., & Obrecht, M. (2020). Eco-design processes in the automotive industry. Production Engineering Archives, 26(4), 131-137.
32- Tischner, U., & Nickel, R. (2003). Eco-design in the printing industry Life cycle thinking: Implementation of Eco-design concepts and tools into the routine procedures of companies. The journal of sustainable product design, 3(1-2), 19-27.
33- Van der Velden, N. M., Kuusk, K., & Köhler, A. R. (2015). Life cycle assessment and eco-design of smart textiles: The importance of material selection demonstrated through e-textile product redesign. Materials & Design, 84, 313-324.
34- Yang, Q. Z., & Song, B. (2006, August). Eco-design for product lifecycle sustainability. In 2006 4th IEEE International Conference on Industrial Informatics (pp. 548-553). IEEE.
35- Yung, W. K., Chan, H. K., So, J. H., Wong, D. W., Choi, A. C., & Yue, T. M. (2011). A life-cycle assessment for eco-redesign of a consumer electronic product. Journal of Engineering Design, 22(2), 69-85.
36- Zeng, D., Cao, H., Jafar, S., Tan, Y., & Su, S. (2018). A life cycle ecological sensitivity analysis method for eco-design decision making of machine tool. Procedia Cirp, 69, 698-703.
eco-design strategies. Procedia Engineering, 155, 416-425.
24- Nada, Osama Ali ElSayed, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2022). Digital Twin: Methodologies for modeling the Work Environment during the Design and Development processes. International Design Journal, 12(5). Article 22. 225-242. DOI: 10.21608/IDJ.2022.260602.
25- Nada, Osama Ali ElSayed, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2023). Designing an adjustable electricity extension plug board to enhance the concept of Usability. Journal of Heritage and Design, 3(14). Article 1. 1-23. DOI: 10.21608/JSOS.2022.131531.1195.
26- Nada, Osama Ali ElSayed, & Dawood, Mina Eshaq Tawfilis. (2023). Usability: A proposed framework to verify the effectiveness of GUIs design. International Design Journal, 13(5). Article 26. 383-400. DOI: 10.21608/idj.2023.312648.
27- Navajas, A., Uriarte, L., & Gandía, L. M. (2017). Application of eco-design and life cycle assessment standards for environmental impact reduction of an industrial product. Sustainability, 9(10), 1724.
28- Ramani, K., Ramanujan, D., Bernstein, W. Z., Zhao, F., Sutherland, J., Handwerker, C., ... & Thurston, D. (2010). Integrated sustainable life cycle design: a review.
29- Romli, A., Prickett, P., Setchi, R., & Soe, S. (2015). Integrated eco-design decision-making for sustainable product development. International Journal of Production Research, 53(2), 549-571.