مجلة البحوث الإدارية والمالية والكمية
Journal of Managerial, Financial & Quantitative Research
جامعة السويس
كلية التجارة

إدارة تكلفة فاقد المواد في عمليات تصنيع وحدات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية "دراسة ميدانية"

(بحث مقبول للنشر كجزء من متطلبات الحصول على درجة دكتوراه الفلسفة في المحاسبة)

إعداد

مي أحمد حمزة محمد
مدرس مساعد بقسم المحاسبة والمراجعة – كلية التجارة – جامعة السويس

الأستاذ الدكتور
مختار اسماعيل أبو شعيشع
(رحمه الله)
أستاذ المراجعة والضرائب المتفرغ
كلية التجارة – جامعة السويس

الأستاذ الدكتور
بهاء محمد حسين منصور
أستاذ متفرغ بقسم المحاسبة والمراجعة
كلية التجارة – جامعة السويس

مجلة البحوث الإدارية والمالية والكمية
كلية التجارة – جامعة السويس
المجلد الرابع – العدد الثالث
سبتمبر 2024

رابط المجلة: https://safq.journals.ekb.eg/

إدارة تكلفة فاقد المواد في عمليات تصنيع وحدات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية- "دراسة ميدانية"

ملخص الدراسة :

تواجه شركات إنتاج الوحدات الشمسية الفوتوفلطية إحدى التقنيات الهامة النظيفة والمستدامة المستخدمة في توليد القوى الكهربائية تحديات تتعلق بتعزيز الإنتاجية واستخدام المواد وإدارة الفاقد والاستدامة التي تترجم في شكل تكلفة وآثر بيئي ضار، تعتبر محاسبة تكاليف تدفق المواد (Material Flow Cost Accounting MFCA) بمثابة أداة إدارية هامة يمكن استخدامها للتغلب على هذه التحديات. ولهذا هدفت الدراسة الى عمل دراسة ميدانية في شركات الوحدات الشمسية الفوتوفلطية الموجودة في بيئة الأعمال المصرية لاستقصاء فئات الدراسة ذات الصلة حول مدى تطبيقهم لنظام محاسبة تكاليف تدفق المواد لادارة تكلفة فاقد الإنتاج ، وقد اتفقت فئات الدراسة على تطبيقها لخطوات النظام بتحديد وتتبع تدفق المادة الخام خلال عمليات الانتاج وتحديد كمية وتكلفة فاقد المواد والبحث عن مسبباتها وفرص التحسين المختلفة وتطبيق النظام كدورة مستمرة وعمل نموذج تدفق المواد مرة اخرى لمقارنة الأنشطة المخططة بالنتائج الفعلية لتسهيل برامج التحسين المستمر.

الكلمات المفتاحية : محاسبة تكاليف تدفق المواد، وحدات الشمسية الفوتوفلطية، إدارة تكلفة الفاقد.

Abstract:

Companies that produce photovoltaic solar modules, one of the important clean and sustainable technologies used in generating electric power, face challenges related to enhancing productivity, use of materials, waste management, and sustainability, which translate into costs and harmful environmental impacts. Material Flow Cost Accounting (MFCA) is considered an important management tool. They can be used to overcome these challenges. Therefore, the study aimed to conduct a field study in photovoltaic solar module companies located in the Egyptian business environment to investigate the relevant study categories about the extent to which they apply the material flow cost accounting system to manage the cost of production loss. The study categories agreed on their application of the system's steps by identifying and tracking the flow of raw material during operations. Production, determining the quantity and cost of lost materials, searching for their causes and various improvement opportunities, applying the system as a continuous cycle, and creating a material flow model again to compare planned activities with actual results to facilitate continuous improvement programs.

Keywords: Material flow cost accounting, photovoltaic solar modules, Waste cost management.

أولآ: مشكلة الدراسة:

زاد توجه الدول نحو استخدام مصادر الطاقة المتجددة[1] وتعد بدائل الطاقة الشمسية من مصادر الطاقة المتجددة الهامة التى يمكن للانسان استغلالها في توليد الكهرباء للبيوت والمصانع ولضخ المياه والري. ومن أهم نظم تحويل الطاقة الشمسية الى قوى كهربائية وحدات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية Photovoltaic Solar Modules، والتي تعد واحدة من أسرع تقنيات الطاقة المتجددة نموًا في جميع أنحاء العالم ومن المتوقع أن تلعب دورًا رئيسيًا في مزيج توليد الكهرباء عالميا في المستقبل كمورد مستدام سيزيد أمن الطاقة مع النضوب السريع للوقود الحفري، حيث قدرت وكالة الطاقة الدولية[2] The International Energy Agency (IEA) امكانية توفير الكهرباء الشمسية بنسبة 20% من توريد الطاقة عالميا في عام 2050 وستصل الي 60% في 2100. وبالإضافة الى الأهمية السابق ذكرها، يزداد الاهتمام بوحدات الخلايا الفوتوفلطية ايضا بإعتبارها من مصادر الطاقة النظيفة التي يخفض استخدامها من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري[3] Greenhouse Gases Emissions (GHG) (بلكحل، صلاح الدين، 2015، ص 7- 8؛ Akikur et al., 2013, p.739 ؛ Chen et al.,2016, p.1025؛ Davies & Joglekar, 2013, p 1499 ؛ Dincer,2011,p.714 ؛ Guo et al,2021,p.1؛ International Renewable Energy Agency, 2012, p.؛ Jasch, 2009, P.19). ويقع إنتاج وحدات خلايا السيليكون أحادى البلورة الذي يتم تصنيعه بشكل أساسي من مادة خام السيليكون الأصلية في منتصف سلسلة الصناعة الفوتو فولطية بأكملها وذلك لتمتعه بخصائص فيزيائية وميكانيكية ممتازة تزيد من قدرته على توليد القوى الكهربائية، حيث استفادت تلك الوحدات من تاريخ طويل من التطور وقد اصبحت من أكثر التقنيات الفوتوفلطية نضجًا (ابو شريفة، 2015، ص 8؛ الوكالة الدولية للطاقة المتجددة ،2018، ص 26، صلاح الدين، 2015، ص 6-7؛ Guo & et al,2021,p.2 ؛ Ibrahim, A., 2012, p.220 ؛ Mourad & et al,2013, **P.9**؛ Wee et al, 2012, p.5453).

وعلى الرغم من استخدام وحدات خلايا السيليكون أحادى البلورة يخفض الاثر البيئي، الا ان أظهرت عدد من الدراسات حدوث خسائر إنتاجية كبيرة متمثلة في الفاقد والانبعاثات الضارة خلال انتاج وحدات خلايا

[1] الطاقة المتجددة هي الطاقة المستمدة بأشكالها المختلفة (كهرباء، حرارة) من المصادر الطبيعية المتجددة والتي لا تنفذ أبدا وتتمثل في ضوء وحرارة الشمس وقوى الرياح وطاقة المساقط المائية، غيرها...، وتستمد القوى الكهربائية من تلك المصادر من خلال الاستثمار في عدد من التقنيات التى تتمثل في الوحدات الشمسية وتوربينات الرياح وغيرها من الادوات.

[2] توفر وكالة الطاقة الدولية إحصاءات وتحليلات موثوقة وتفحص النطاق الكامل لقضايا الطاقة ، وتدعو إلى السياسات التي من شأنها تعزيز موثوقية الطاقة والقدرة على تحمل تكاليفها واستدامتها في دولها الأعضاء. وقد تمت هيكلة وكالة الطاقة الدولية على ثلاث ركائز: توسيع نطاق التزام وكالة الطاقة الدولية بأمن الطاقة بخلاف النفط والغاز الطبيعي والكهرباء. تعميق مشاركة الوكالة الدولية للطاقة مع الاقتصادات الناشئة الرئيسية ؛ وتوفير تركيز أكبر على تكنولوجيا الطاقة المتجددة ، بما في ذلك كفاءة الطاقة .https://www.iea.org/about/mission

[3] " تنتج غازات الاحتباس الحراري اكسيد النيتروجين، اول اكسيد الكربون" اثناء توليد الكهرباء من الوقود الحفري ويترتب عنه من تأثيرات بيئية سلبية متمثلة في (تغير المناخ، نضوب طبقة الأوزون ، السمية البشرية والمائية والأرضية).

السيليكون والتي تترجم في شكل تكلفة وآثر بيئي ضار[4] (Abdmouleh, 2015, p.253; Asako & Michiyasu, 2014, P.15; Evans et al, 2009; Guo & et al, 2021; Pagnoni & Roche, 2015). وقد جلب ذلك تحديات جديدة للتنمية الخضراء والمستدامة للصناعة، لقد أصبح مجتمع الأعمال ينظر إلى البيئة بجدية أكبر وبدأت الشركات تبحث عن أدوات تساعدها على تحسين فعالية استخدام الموارد ومراعاة الاعتبارات البيئية بخفض الفاقد والإنبعاثات (Nitto Denko Corporation, 2021, 47; Sahu et al.,2021,p1) والكشف عن التكاليف البيئية المستترة التي يتم التغاضي عنها في نظم محاسبة التكاليف التقليدية وبالتالي تحسين الأداء وخفض التكلفة.

ونتيجة لذلك، مع السياسات الحكومية الصارمة والضغوط المتزايدة من المجتمع بسبب تدهور الظروف المناخية بدأت الشركات تبحث عن أدوات وأطر إدارية مختلفة لإنشاء ممارسات التصنيع المستدامة لتحسين وزيادة فعالية استخدام الموارد ومراعاة الاعتبارات البيئية بخفض الفاقد والإنبعاثات ومواءمة عملياتهم التجارية لتحقيق الاستدامة (Nitto Denko Corporation, 2021, 47; Sahu et al.,2021,p1). وقد تم اعتماد العديد من أدوات الإدارة البيئية مثل؛ (منهجية الإنتاج النظيف Cleaner Production Methodology ، تكاليف دورة الحياة Lifecycle Costing، و الإدارة البيئية Environmental Management وفقا لمعيار ISO 14000) لكن القليل منها فقط يأخذ في الاعتبار الأداء البيئي والمالي لاستخدام المواد بشكل شامل. ولهذا ظهر نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد Material Flow Cost Accounting (MFCA) كتقنية للإدارة البيئية تعمل على زيادة كفاءة استخدام الموارد، وتقليل كل من بصمتها البيئية وتكلفتها. وذلك من خلال تتبع تدفق المواد من الشراء مروراً بمراحل التشغيل حتى توزيع المنتجات على العملاء وتحديد كميات وتكلفة الفاقد في كل مرحلة إنتاجية والبحث المستمر عن طرق لخفضه وتقليل التكاليف، (Asako & Michiyasu, 2014,P.16-17; Kokubu & Tachikawa, 2013, P.357; Tachikawa, H., 2014, P.12; Sahu & et al, 2021, p3; Nishitani, et al., 2021).

<u>وبناء على ما سبق توضيحه سيلخص الباحث مشكلة الدراسة إلى مجموعة من التساؤلات وهي:</u>

1) هل يساعد تطبيق نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد (MFCA) الشركات في خفض كمية وتكلفة الفاقد داخليا وخلال سلاسل التوريد؟
2) هل لنظام (MFCA) أهمية في في ادارة تكلفة الفاقد في شركات إنتاج وحدات خلايا السيليكون الشمسية؟

ثانياً: عرض وتقييم الدراسات السابقة:

[4] يتضمن تصنيع وحدات خلايا السيليكون الفوتوفلطية خلال سلسلة التوريد العديد من المواد الكيميائية السامة والقابلة للاشتعال والمتفجرة.

سيقوم الباحث فيما يلي بعرض وتقييم الدراسات السابقة التي تناولت دور نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد في تحسين فعالية الموارد وخفض الفاقد والتكلفة للتعرف على جوانب البحث التي عرضتها تلك الدراسات والنتائج التي توصلت إليها وتحديد الجوانب التي لم يتعرض لها البحث وتوجيه الدراسة إلى التكامل مع الدراسات السابقة.

1. **تطبيق نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد داخل الشركة:**

الباحث	سنة النشر	هدف الدراسة/ جمع بيانات الدراسة	النتائج والتوصيات
Schmidt et al.,	2019	**هدفت الدراسة الى؛** تحديد آثر تطبيق نظام MFCA في شركة Junker–Filter GmbH لانتاج الفلتر المنسوج	**توصلت الدراسة الى؛** أهمية نظام MFCA في تحسين فعالية استغلال الموارد وقياس فاقد المواد والطاقة للمنتجات التي بها تنوع في الأمر والطلب، استخدام معلومات النظام لتحديد القيمة المضافة من خفض الخسائر، بتحديد البصمة البيئية وانبعاثات الكربون وهكذا أصبح MFCA هو الجوهر الكمي لاستراتيجية الشركة الشاملة حيث يتم الاستمرار في تحديد احتمالات خفض التكلفة المختلفة، وبصمة الكربون.
نصير، عبد الناصر عبد اللطيف محمد	2020	**هدفت الدراسة الى؛** توسيع دور مدخل محاسبة تكاليف تدفق المواد في تحسين الأداء المالي والبيئي والإجتماعي وتحقيق الإستدامة في شركة مصر للأسمنت (قنا) وما لها من تأثير سلبي على البيئة. **ولتحقيق هدف الدراسة؛** قام الباحث باجراء دراسة تطبيقية للتحقق من قابلية نظام MFCA للتطبيق في البيئة المصرية وتوفير دليل ميداني حول قدرة هذا المدخل على تحقيق الاستدامة للشركات المصرية.	**وقد توصلت الدراسة الى؛** ان مدخل MFCA يوفر معلومات تفصيلية مالية وغير مالية يسهم في ترشيد القرارات الإدارية الاستراتيجية التي تحقق الاستدامة للشركة. **ويوصى الباحث؛** بانه اذا استطاعت الشركة اتخاذ التدابير المناسبة للتخلص من الفاقد قدر الامكان سوف تحقق أرباح وتحسن وضعها المالي وان خفض الفاقد سوف يسهم في خفض الاثار البيئية الضارة ويحسن صورة وسمعة الشركة أمام المجتمع.
Nishitani et al.,	2021	**هدفت الدراسة الى؛** تحديد مدى مساهمة محاسبة تكاليف تدفق المواد (MFCA) في الاقتصاد الدائري من خلال مساعدة الشركات على تحقيق الأهداف البيئية والاقتصادية من خلال كفاءة استخدام الموارد. وقد قامت هذه الدراسة بتحليل العلاقة الثلاثية بين MFCA والأداء البيئي والأداء الاقتصادي؛ **ولتحقيق هدف الدراسة** تم إجراء استقصاء شمل 225 شركة يابانية مدرجة في القسم الأول من بورصة طوكيو للأوراق المالية.	**توصلت الدراسة الى؛ أولا**، ان الشركات التي تنفذ MFCA هي أكثر عرضة من غيرها لتحسين أدائها البيئي من حيث استهلاك الطاقة، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، والنفايات المنتجة. **ثانيا:** يمكن ان يحسن MFCA، الإنتاجية بشكل غير مباشر (وبالتالي تقليل تكاليف الإنتاج) من خلال الكشف عن التكاليف غير المرئية التي تم التغاضي عنها وتحقيق الابتكار في الإنتاج
Kitada et al.,	2022	**هدفت الدراسة الى؛** التحقق من استمرارية استخدام	**توصلت الدراسة الى؛** إن الشركات التي تستخدم MFCA على مدى فترة

		MFCA، وتصميم أنظمة الحساب، واستخدام معلومات MFCA من قبل الإدارة. **ولتحقيق هدف الدراسة؛** تم إجراء استقصاء في 219 شركة يابانية، معظمها تلك التي قدمت MFCA بدعم من METI والهيئات الحكومية المحلية. لتوضيح مدى استمرارية استخدام النظام ، وقد تلقي الردود من 27 شركة	طويلة تعلق أهمية أكبر على تحسين صورة الشركة وتقديم التقارير إلى الإدارة واتخاذ القرارات الاستثمارية وأدركت فائدته لخفض التكاليف. اما الشركات التي توقفت عن استخدام MFCA بعد فترة قصيرة ركزت بشكل خاص على قياس تدفق المواد حيث كان نطاق الأنشطة يقتصر على تقليل التكلفة والنفايات. وقد اوصى الباحثين إن تبادل التفاهم والتعاون مع الإدارات الأخرى والتعاون مع الموردين من النقاط الاساسية للبحث في المستقبل
2. توسيع تطبيق نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد خلال سلاسل التوريد:			
Asako & Michiyasu et al.,	2014	**هدفت الدراسة الى؛** تحديد كيف يمكن تحويل سلاسل التوريد الحالية إلى سلاسل توريد موجهة بيئيًا من خلال استخدام MFCA، لتقليل استخدام الموارد والمساهمة في مجتمع منخفض الكربون. و تحديد أنواع الصناعات القابلة للإدخال السلس لـ MFCA كخطوة نحو تطوير سلاسل التوريد الموجهة بيئيًا. **ولتحقيق هدف الدراسة؛** تم ارسال الاستقصاء إلى الشركات المصنعة المدرجة في البورصة في مجالات الآلات والأجهزة الكهربائية ومعدات النقل والمعدات الدقيقة وتم التفرقة في التحليل بين شركات التجميع وغير المجمعين.	**وقد توصلت الدراسة الى ما يلي؛** تكون شركات التجميع أكثر حساسية للسعر وتشعر بالحاجة المستمرة إلى خفض أسعار الشراء بشكل أكبر، ويبحثوا في كثير من الأحيان عن آراء الموردين وتبادل المعلومات والتعاون وبناء علاقات ثقة مع الموردين لتحديد عوامل مثل المتطلبات أو التصميم كجزء من التفاوض على الأسعار. وذلك بالاضافة الى اهتمام عدد من الشركات كما في شركات الأجهزة الكهربائية بمعرفة انتاجية الموردين وخسائر المواد وأنشطة كايزن للتحسين المستمر لعمل تلك الشركات بحماس لتقليل آثارها البيئية. **وقد اوصى الباحثين الى؛** أولا: إذا كان لدى المشتري معرفة بانتاجية المواد ، فهناك احتمال أن يكون MFCA مفيدًا كأداة لتحسين الانتاجية وعمل المشترين على تحسين إنتاجية المواد للموردين. ولهذا السبب، من المهم بالنسبة للمشتري أن يجد الطريق للحصول على معلومات إنتاجية المواد من أجل تقديم MFCA إلى سلسلة التوريد وإرساء الأساس لإدخال MFCA بسلاسة إلى سلسلة التوريد. ثانيا: ضرورة إجراء مقابلات وجها لوجه مع المشاركين في الاستبيان. للتوصل الى عدد من العوامل الدقيقة اللازمة للإدخال السلس لـ MFCA في سلسلة التوريد ذات التوجه البيئي.
Okada & Kokubu	2016	**هدفت الدراسة الى؛** تحديد منافع إدخال MFCA في سلسلة التوريد، من خلال تحليل آثار تطبيق MFCA في سلسلة التوريد على مدى ثلاث سنوات، من 2008 إلى 2010، واستخدم أمثلة لدراسات الحالة لـ 58 شركة معتمدة لمشروع تعزيز الشراكة لتوفير موارد سلسلة التوريد بتكليف من وزارة الاقتصاد والتجارة والصناعة في اليابان.	**توصلت الدراسة الى؛** أظهر تحليل آثار تطبيق الشركات داخليا الى حدوث خسارة مواد كبيرة في عمليات الإنتاج وعند عمليات إعادة التدوير .

وبإستعراض الدراسات السابقة التي تتعلق بمجال الدراسة أتضح للباحث

1. اتفقت دراسة كلا من (نصير، عبد الناصر عبد اللطيف محمد،2020؛ Kitada et al.,2022؛ Nishitani et al., 2021؛ Schmidt et al., 2019) حول أهمية تطبيق نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد MFCA في شركات التصنيع داخليا بغرض تحسين الأداء البيئي والتشغيلي للشركات من خلال؛
   - تحسين فعالية استغلال الموارد وقياس فاقد المواد والطاقة للمنتجات.
   - ترشيد القرارات الإدارية الإستراتيجية التي تحقق الإستدامة للشركات باتخاذ التدابير المناسبة للتخلص من الفاقد وتحسين أدائها البيئي من حيث استهلاك الطاقة، وانبعاثات ثاني أكسيد الكربون، تقليل تكاليف الإنتاج من خلال الكشف عن التكاليف غير المرئية التي تم التغاضي عنها وتحقيق الابتكار في الإنتاج، تحسين الوضع المالي للشركة مع تحسين صورة وسمعة الشركة أمام المجتمع.
2. أكدت دراسة كل من (Asako & Michiyasu et al., 2014; Okada & Kokubu,2016) على أهمية التوسع في تطبيق نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد خلال سلاسل التوريد لأسباب مختلفة :
   - اهتمام الشركات بتقليل الآثار البيئية خلال سلاسل التوريد ومعرفة انتاجية الموردين وفاقد المواد والعمل المشترك لتحسين إنتاجية المواد للموردين .
   - دمج MFCA في ادارة العلاقة بين المشتري والمورد لخفض تكاليف الشراء وانبعاثات الكربون خلال سلسلة التوريد .
3. لم تتطرق الدراسات السابقة لأهمية نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد في شركات انتاج وحدات السيليكون الفوتوفلطية وخلال سلاسل التوريد، وهنا سيقوم الباحث بعمل دراسة ميدانية لتحديد أهمية استخدام نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد في ادارة فاقد المواد والتكلفة المرتبطة في شركات الوحدات الشمسية الفوتوفلطية.

ثالثا: فروض الدراسة:

1. لا توجد فروق معنوية بين فئات الدراسة حول أهمية تطبيق خطوات نظام محاسبة تكلفة تدفق المواد داخليا في شركات الوحدات الشمسية.

ثالثا: أهمية الدراسة:

لم تتطرق الدراسات السابقة لدور نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد في شركات انتاج وحدات السيليكون الفوتوفلطية. وتزداد أهمية الدراسة مع زيادة تعهد الحكومة المصرية بتحريك اقتصادها نحو التنمية المستدامة. و تصديقها على بروتوكول كيوتو "اتفاقية الأمم المتحدة بشأن تغير المناخ" (COP 3) ووضعها لعدد من السياسات الحكومية الصارمة لتقليل الآثر البيئي وتنويع مصادر الطاقة وتطوير مصادر الطاقة المتجددة وتنفيذ إجراءات كفاءة الطاقة في الشركات الخاصة وقطاع الأعمال العام والمنظمات الحكومية.

رابعآ: أهداف الدراسة:

يهدف الباحث من خلال هذه الدراسة إلى تحديد دور محاسبة تكاليف تدفق المواد في تحسين الأداء التشغيلي والبيئي لشركات انتاج وحدات خلايا السيليكون الشمسية. ولتحقيق هدف الدراسة يمكن تقسيم الهدف الرئيسي للبحث إلى الأهداف الفرعية التالية:

1) عرض منافع استخدام نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد في تحسين كفاءة استخدام الموارد وخفض كمية وتكلفة الفاقد داخليا وخلال سلاسل التوريد.
2) مدى أهمية استخدام نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد في ادارة تكلفة الفاقد في شركات وحدات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية في جمهورية مصر العربية .

خامسآ: منهجية الدراسة:

في ضوء طبيعة المشكلة وأهداف وأهمية الدراسة يعتمد الباحث على منهجين أساسيين :

1) **المنهج الاستقرائي:** يتم على أساسه استقراء وتحليل كافة الدراسات والأبحاث والتقارير التي تناولت أسلوب محاسبة تكاليف تدفق المواد وما يرتبط بهم من أبعاد مختلفة بهدف صياغة الإطار النظري لهذه الدراسة وصياغة فروض المراد اختبار صحتها والوصول إلى مجموعة من التساؤلات التي يمكن الاستناد إليها عند إجراء الدراسة الميدانية واختبار الفروض بأساليب التحليل الإحصائي.
2) **المنهج الاستنباطى:** يتم من خلاله الكشف عن النتائج المنطقية المترتبة على اختبار الفروض الأساسية للدراسة على أساس دراسة الواقع العملي لشركات الوحدات الشمسية حتى يمكن الحكم على مدى استخدامها لنظام محاسبة تكاليف تدفق المواد في ادارة الفاقد وتكلفته، ولتحقيق ذلك قام الباحث بإجراء دراسة ميدانية من خلال توزيع استمارات استقصاء مديري الإنتاج والبحوث والتطوير ومحاسبي التكاليف في شركات إنتاج وتجميع الألواح الشمسية الموجودة في بيئة الأعمال المصرية وتجميع البيانات التي يتم تحليل نتائجها إحصائيا الأمر الذي يمكن معه اتخاذ قرار بقبول أو رفض كل فرض من فروض الدراسة.

سادسآ: الاطار النظري للدراسة:

المحور الأول: ادارة الفاقد في شركات الوحدات الشمسية الفوتوفلطية (وحدات خلايا السيليكون البلوري):

تعتبر وحدات خلايا السيليكون البلوري من أقدم التقنيات الفوتوفلطية التى تتكون من شرائح (أو رقائق) من السيليكون التي يتم تصنيعها وتجميعها لإنتاج الوحدات الفوتوفلطية ، وتنقسم تقنيات الخلايا الشمسية الفوتوفلطية

القائمة على السيليكون إلى سيليكون أحادي البلورة Monocrystalline Silicon Cells (Mono c-Si) يتم تصنيعه من صهر خام السيليكون الأصلي، وسيليكون متعدد البلورات Polycrystalline Silicon Cells (Polo c-Si) ويتم تصنيعه من السيليكون أقل نقاء من خلال استخدام عدة بلورات سيليكون صغيرة. انظر الشكل (1)، (Guo et al.,2021,p.2; Hudedmani et al., 2017,p.5; International Renewable Energy Agency, 2017, p.13,18-19; Pagnoni & Roche,2015,p.108).

شكل (1) وحدات السيليكون البلوري – أحادي البلورة Mono c-Si باللون الأسود، متعددة البلورات باللون الأزرق Polo c-Si

ومن بين هذه الأنواع من الخلايا، تعد الخلايا أحادية البلورة هي الأكثر استخدامًا بسبب التوازن الجيد بين الكفاءة والتكلفة، حيث تكون خلايا السيليكون متعددة البلورات اقل فعالية في تحويل الضوء الى كهرباء مقارنة بأحادية البلورة. حيث تمنح الخلية أحادية البلورة كفاءة أعلى وأداء أفضل والتى تتوفر في الأسواق بكفاءة تتراوح من 14٪ إلى 19٪. وتصل كفاءة خلايا السيليكون المتعددة البلورات الى 12% أو اقل. وبالرغم من ميزة الكفاءة العالية التي تختص بها تلك الخلية أحادية البلورة فإن سعرها مرتفع جدا لكونها مصنعة من سليكون أحادي البلورة عالي النقاء وذلك يرجع الى طريقة صنعها وحاجتها الى عمالة ماهرة (بلكحل، صلاح الدين، 2015، ص19- 20؛ Dhilipan et al., 2022, p.3؛ Guo et al,2021,p.2 ؛ Hudedmani et al., 2017,p.5,6-7 ؛ International Renewable Energy Agency, 2017, p.13,18-19؛ Pagnoni & Roche,2015,p.108؛ International Renewable Energy Agency 2012, p.28,31 .

ويتم تصنيع وحدات خلايا السيليكون أحادي البلورة من خلال دمج العديد من الخلايا في وحدات شمسية ووضعهم على شكل طبقات نظيفة وفي شكل شريطي ويتم ربطهم ببعضهم البعض وتغليفهم بطبقات لحماية الوحدات وزيادة قوتها وصلابتها. ويتضمن مرحلة انتاج الوحدات خطوتين، (Davies & Joglekar, 2013, p 1499; Goodrich et al., 2013, p. 130; Horbach et al.,2013, p.477; Ibrahim,2012, p.233; Ludin et al., 2018, p.14):

الخطوة الاولى: تبدأ العملية بلحام الخلايا الضوئية معًا في مجموعات في عملية تسمى توتير الخلية؛ وبعد ذلك يتم لحام مجموعات الخلايا الكهروضوئية في "شريط ناقل" ينقل التيار الكهربائي إلى خارج الوحدة ويتم توصيل الوصلات والإطار بالوحدات.

الخطوة الثانية : بعد مرحلة اللحام يتم تغطية الوحدات بعدة طبقات بوليمر عالية الشفافية (بلاستيكية) من أسيتات فينيل الإيثيل Ethylene-vinyl Acetate EVA وتغليفها وتثبيتها في مكانها بطريقة اللصق او الراتنج لحمايته من الماء والرطوبة والحرارة والسقوط، ويتم دعمها ايضا بصفيحة زجاجية أمامية و خلفية لزيادة قوتها وصلابتها. وتأطير محيط النموذج بهيكل من الألومنيوم لحماية حواف الوحدة وتوفير نقطة اتصال للسلك الكهربائي. أخيرًا، يتم إغلاق الوحدة واختبارها من أجل الكفاءة وبعد القياس يتم تعبئتها. وهنا تكون الوحدات جاهزة للتثبيت.

وقد اهتمت احدى شركات إنتاج وتجميع الألواح الشمسية التابعة لمجموعة CHINT في الصين وهي شركة Astronergy [5] ، المتخصصة في إنتاج خلايا السيليكون الشمسية الفوتوفلطية بتتبع وخفض الفاقد وادارة تكلفته وتقليل الانبعاثات الضارة [6] من خلال تسليم الفاقد التقني الناتج من عمليات الإنتاج إلى شركات متخصصة في عمليات إعادة التدوير لتلك المنتجات، يتم فرز ونقل النفايات العامة الناتجة عن العمليات الصناعية مثل مواد التغليف والكرتون والفوم وغيرها إلى غرف التخزين المؤقتة، والاستعانة بمصادر خارجية للتخلص منها بعد الوصول لكمية معينة (Chint New Energy Technology Co., Ltd., 2022, p.46)، في عام 2022 حققت وفورات تكاليف في نفقات الإنتاج التراكمي تزيد عن 573,172 دولارًا أمريكيًا لاستبدال الألوح الخشبية المستخدمة لتعبئة الوحدات التى تتعرض للتاكل السريع وتبديلها بألواح حديدية أو الزجاج لضمان مدة خدمة أطول. ولهذا ساهمت الوفورات المجمعة في تكاليف الشراء وتكاليف التآكل في خفض التكاليف والتنمية المستدامة للمشروع ككل. (Chint New Energy Technology Co., Ltd., 2022, p.46; Chint New Energy Technology .Co., Ltd., 2024b)

[5] شركة Astronergy ، شركة تصنيع ذكية تركز على انتاج وتجميع الوحدات الفوتوفلطية. تأسست في عام 2006، وهي واحدة من أوائل الشركات الرائدة في انتاج وحدات الألواح الفوتو فولطية في الصين. مع وجود أعمالها في أكثر من 140 دولة ومنطقة، وتبني أول مصنع يعتمد على "التصنيع الذكي ، كما تتيح Astronergy المراقبة والتتبع في عملية الإنتاج بدءًا من المواد الخام وحتى المنتجات النهائية وتحافظ على مكانتها الرائدة في التصنيع الذكي (Chint New .Energy Technology Co., Ltd., 2024a)

[6] تساهم عمليات تصنيع الوحدات الشمسية بنسبة 20% في التاثير البيئي ولا ترتبط التأثيرات البيئية فقط بصورة مباشرة باستهلاك الطاقة حيث انها ترتبط ايضا بالفاقد المتخلف من عمليات التصنيع من الرقائق المشتراه والألمنيوم والحديد المستخدم في الدعم والإطار (InnoEnergy, 2015, P.23,26; Muteri et al., .2020,p.26)

كما وضعت الشركة خطة للتطوير في عام 2028، ان تكون 50% من الكهرباء المستخدمة هي طاقة متجددة، تخفيض بنسبة 50% في انبعاثات الكربون ، 0 % فاقد مواد صلبة وسائلة (Chint New Energy Technology Co., Ltd., 2024b). كما اعلنت الشركة في أغسطس 2023 استراتيجيتها المستدامة وعقدت منتدى في الخامس من سبتمبر حول تحسين سلسلة التوريد الخضراء والارتقاء بها مع مورديها، الى أن يصبحوا موردين مؤهلين للبيئة طبقا لآلية Astronergy الخضراء (Chint New Energy Technology Co., Ltd,2023b).

المحور الثاني: ماهية نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد:

ترجع بداية ظهور نظام MFCA الى اليابان والمانيا منذ عام 1990 ومع نجاح عملية التطبيق في اليابان أصبحت محفز لمنظمة المعايير الدولية لإصدار معيار ISO 14051[7] في عام 2011 بعنوان Environmental Management- Material Flow Cost Accounting- General Framework لتوضيح إجراءات ومبادئ تطبيق النظام؛ الذي عرف بأنه ""أداة لقياس تدفقات ومخزون المواد خلال عمليات التشغيل أو خطوط الإنتاج في شكل وحدات مادية ونقدية. حيث يمثل MFCA أداة رئيسية لنهج الإدارة المشار إليه باسم إدارة التدفق، التي تهدف الى إدارة عمليات التصنيع فيما يتعلق بتدفقات المواد والطاقة بحيث يمكن لعملية التصنيع المضي قدمًا بكفاءة وبما يتوافق مع أي أهداف محددة. في إدارة التدفق، يصور نظام MFCA عمليات الإنتاج في شكل تدفقات للمواد. فمن ناحية، يحتوي هذا النظام على تدفق المواد المتعلق بتوليد القيمة المضافة (من شراء مواد المدخلات مروراً بمراحل المعالجة حتى توزيع المنتجات على العملاء). ومن ناحية أخرى، يكون هناك جزء من التدفقات في شكل خسائر للمواد التي حدثت أثناء عمليات التشغيل والمعالجة والتي قد تتمثل في المنتجات المعيبة ذات الجودة المنخفضة، والخردة، والنفايات، والمنتجات التالفة، والمنتجات التي انتهت مدة استهلاكها، وما إلى ذلك) وهذا يعني أن المواد تترك المؤسسة على شكل بقايا غير مرغوب فيها من الناحيتين الاقتصادية والبيئية. ولتعامل مديرين الشركة ومديري الرقابة مع المعلومات الكمية والمالية يتم تقييم التكاليف المرتبطة بتدفقات المواد هذه وتسليط الضوء على مقارنة التكاليف المرتبطة بالمنتجات والتكاليف المرتبطة بالفاقد وتقييم خسارة المواد كخسارة اقتصادية. وبالتالي يمكن إعتبار تلك المعلومات الناتجة بمثابة حافز للمديرين للبحث عن طرق لتقليل استخدام المواد و / أو خسائر المواد ، تحسين الاستخدامات الفعالة للمواد والطاقة، وتقليل الآثار البيئية السلبية والتكاليف المرتبطة بها، (Asako & Michiyasu, 2014,P.15-16; Christ et al, 2015, p.1380; Hyršlová et al., 2011,p.5-6; International Organization for Standardization ISO 14051, 2011, P.v,3 Jasch, 2011,

[7]الدول المشاركة في تطوير معيار ISO 14051 (اليابان، المانيا، البرازيل، المملكة المتحدة، فينلاندا، ماليزيا، المكسيك، جنوب افريقيا).

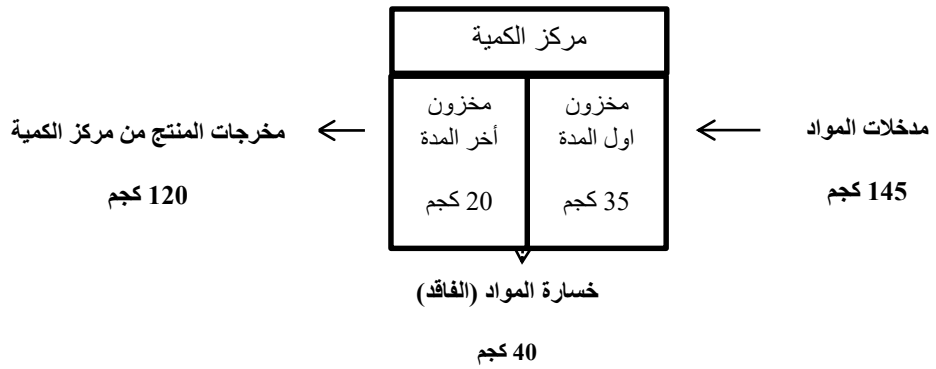
p.259; Sahu et al.,2021,p2; Rieckhof et al., 2015, P.1263; Tachikawa, H., 2014, . P.3;)

المحور الثالث: المبادئ الأساسية التي يقوم عليها نظام MFCA:

يزيد نظام MFCA من الشفافية لممارسات استخدام المواد والطاقة وتحديد الفاقد، إلى جانب تحديد التكاليف المرتبطة، دعم القرارات التنظيمية من خلال المعلومات التي يتم الحصول عليها من خلال MFCA باتباع أربع مبادئ أساسية تم وضعها بواسطة منظمة المعايير الدولية في معيار ISO 14051, 2011،

1) فهم تدفق المواد واستخدام الطاقة Understanding Material Flow and Energy Use:

يتم هنا تقسيم عمليات الإنتاج داخل الشركة الى مراكز كمية (Quantity Centers (QCs وهي عبارة عن المناطق التى يتم فيها تخزين المواد وإستخدامها ومعالجتها حتى نقاط الشحن والتسليم، ويتم هنا تحديد كمية المدخلات (المواد والطاقة والمياه والمدخلات الأخرى) والمخرجات (المنتجات الأولية / المنتجات الثانوية والنفايات ومياه الصرف الصحي والانبعاثات) ضمن إطار مركز الكمية، من خلال مفهوم "ميزانية المواد" وفيها يجب أن تتساوى كمية المدخلات من المواد مع كمية المخرجات ، حيث تترك المادة التي تدخل مركز الكمية في النهاية على شكل منتج نهائي محول و/ أو في شكل خسارة المواد (الفاقد) وذلك من خلال معادلة ميزانية المدخلات والمخرجات[8]، انظر الشكل (2) (Christ & Burritt, 2015, P.4; International Organization for Standardization ISO 14051, 2011, P.V,4-5; Kokubu & Tachikawa, 2013, P.356) :



شكل (2) ميزانية المدخلات والمخرجات لمركز الكمية (Tachikawa, H., 2014, P.9)

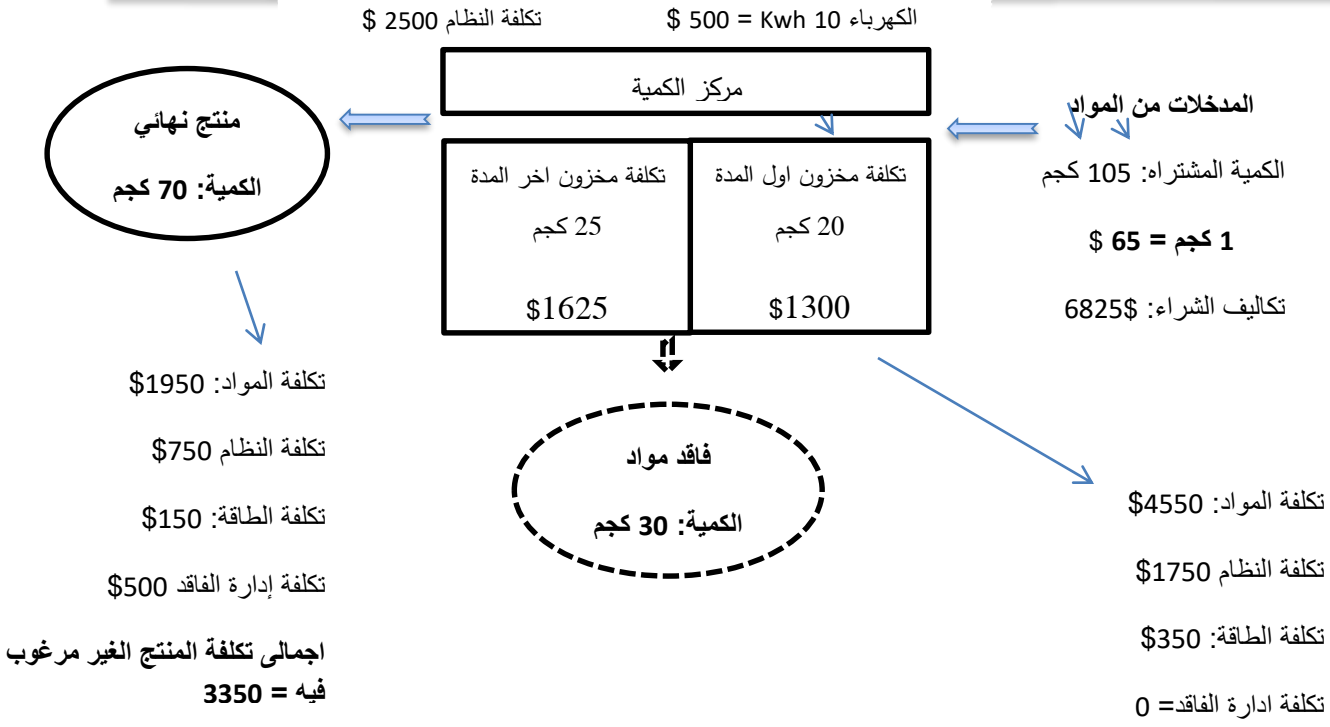
[8] مدخلات المواد+التغير في المخزون (مخزون اول-مخزون اخر)= مخرجات منتج +مخرجات فاقد مواد.

2) ربط البيانات المادية والنقدية Link Physical and Monetary Data :

لا تساعد المعلومات الكمية في اتخاذ القرارات المناسبة لخفض استهلاك الموارد والفاقد لتعامل مديرين الشركة ومديري الرقابة مع المعلومات المادية والمالية ولهذا يجب دمج هذين النوعين من البيانات بشكل واضح عبر نموذج التدفق الذي يوفر فهمًا أفضل للتكاليف الحقيقية لاستخدام المواد والطاقة في كل مركز كمية ويساعد في عملية صنع القرار، انظر الشكل (3) . وهنا يعمل نظام MFCA على تقدير تكاليف تدفق المواد لكل مركز كمية بالتفاصيل والتي تتمثل في (تكاليف المواد، تكاليف الطاقة، تكاليف النظام المتمثلة في تكلفة العمالة والإهلاك والنقل والصيانة)، وفي حال عدم القدرة على تحديد تكاليف الطاقة والنظام بصورة مباشرة لمركز الكمية يتم تحديد أساس تخصيص مناسب (International Organization for Standardization ISO 14051, 2011, P.5; Strobel Redmann, 2002, p.74; Sygulla et al., 2011, p.3; Wagner, 2015, p. 1257).

3) ضمان دقة البيانات المادية واكتمالها وقابليتها للمقارنة Ensure Accuracy, :Completeness, and Comparability of Physical Data

يتطلب MFCA التحقق من جميع البيانات وتحديد جميع المدخلات والمخرجات وقياسها. حيث يوصى بتحويل جميع البيانات إلى وحدة قياس مشتركة مثل الاعداد ، الكجم، المتر المكعب ، الكيلووات كل ساعة، وغيرها. ويعد استخدام بيانات دقيقة وكاملة أمر بالغ الأهمية لتحديد سبب ومصدر أي فجوة بين المدخلات والمخرجات. وذلك يتم من خلال قواعد بيانات مناسبة ذات جودة عالية كأساس لحساب كميات وقيم وتكاليف المواد والفاقد التى تدخل في نموذج التدفق (International Organization for Standardization ISO 14051, 2011, P.4-5; Tachikawa, H., 2014, P.7; Strobel & Redmann, 2002 , p.72).



شكل (3) تحديد تكلفة التدفق في مركز الكمية طبقا لنظام محاسبة تكلفة تدفق المواد يفترض ثبات سعر الوحدة

(Guenther & et al., 2017, p.7; Kokubu & Tachikawa, 2013, P.354)

4) تقدير وتوزيع التكاليف على خسائر المواد Estimate and Assign Costs to Material Losses :

بالنسبة للمعلومات المستخلصة من محاسبة التكاليف والمحاسبة والادارة البيئية التقليدية يكون من الصعب استخلاص التكلفة الفعلية لخسارة المواد والتكاليف المرتبطة بها بتفاصيل كافية ، حيث لا يتطلب النظام التقليدي تحديد ما إذا كانت المادة ستتحول إلى منتجات ، أو يتم التخلص منها كنفايات. حيث يتم تجاهل تكلفة فاقد المواد وتكون مستترة في المنتج او التكاليف الغير مباشرة ولا يتم الافصاح عنها بصورة منفصلة ، انظر الجدول (1) ، ولهذا سيوسع MFCA نطاق المحاسبة التقليدية ليشمل البيئة العملية وكذلك الاثار الاقتصادية لمفاهيم استدامة الشركات والكفاءة البيئية ، وسيسمح بتحديد التكاليف المرتبطة "بالمنتجات" و "خسارة المواد " لكل مركز كمية والتمييز بينها، انظر الشكل (3) (International Organization for Standardization ISO 14051, 2011, P.v; Kasemset et al.,2015, p.1343; Tachikawa, H., 2014, P.3; Rieckhof et al., 2015, P.1263; Zhou & et al.,2017,p. 110)

- تكلفة المنتج الايجابي هي تكلفة دخول المادة الخام لعملية الانتاج والتحول الى العملية التالية +تخصيص تكلفة العمالة ، طاقة ، الات.
- تكلفة خسارة المواد هي تكاليف الفاقد من المواد +تخصيص تكلفة العمالة،طاقة،الات+ ادارة فاقد.

جدول (1) الاختلاف بين نظام محاسبة تكلفة تدفق المواد ونظام محاسبة التكاليف التقليدي(Tachikawa, H., 2014, P.3)

نظام MFCA		نظام محاسبة التكاليف التقليدي	
المبيعات	15000000	المبيعات	15000000
تكلفة المنتج	3000000	تكلفة المبيعات	4500000
تكلفة خسارة المواد	1500000		
مجمل الربح	10500000	مجمل الربح	10500000
مصاريف إدارية وتمويلية	8000000	مصاريف إدارية وتمويلية	8000000
الربح التشغيلي	2500000	الربح التشغيلي	2500000

المحور الثالث: منافع تطبيق نظام MFCA:

1) تحسين كفاءة استخدام الموارد وخفض كمية وتكلفة الفاقد:

شوهد آثار إيجابية من تطبيق نظام MFCA في عدد من الشركات ودراسات الحالة المختلفة، بداية من شركة Kunert Clothes (Leg Wear) لإنتاج الشرابات الحريمي والتي تعتبر من اولى الشركات مناداة بتطوير ميزانية المدخلات والمخرجات ومعرفة مدى توازن المدخلات من المواد خلال العمليات التشغيلية في مقابل المخرجات وتحديد موقع الفاقد لتحسين الفعالية. وقد نشرت الشركة تقارير بيئية مرتكزة على ميزانية للمدخلات والمخرجات من المواد لعام 1989-1990 وقد اظهرت كمية وقيم المدخلات من المواد في مقابل المخرجات من المنتجات والمواد الأخرى التي سيعاد تدويرها او الفاقد والانبعاثات والسوائل المتدفقة وكان حدث عظيم بمثابة قنبلة في التقارير البيئية للشركات. وقد اكتشف من تطبيق نظام MFCA تحت مصطلح تقييم تدفق المواد لإنتاج المصنع في بنود مادية وقيمية Assessing Material Flows to Industrial Production in Physical and Value Terms وجود جزء بسيط من مخرجات زيت الغزل المستخدم في صناعة النسيج في صورة مواد مناسبة للاستخدام مرة أخرى اما الباقي قد يتبخر منه جزء في الهواء او يتم اخراجها في صورة تسرب او مخلفات من منتج النسيج، وايضا يتم هدر نصف القيمة المستخدمة من الماء وببعض التحريات وجد تسرب تحت الأرض غير معلوم (Wagner, 2015, p. 1255-1256)، وقد طورت شركة Nitto Denko اليابانية لإنتاج الأشرطة اللاصقة من نظام MFCA وطبقته بشكل كامل حيث وضعت نظام لرقابة المعاملات يوميا من استلام الاوامر الى تسليم المنتجات وادارة عمليات تدفق المواد خلال وحدة عملية رقابة الانتاج الأساسية لذلك النظام. وقد اسفر عن تطبيق النظام وجود فاقد مواد في خطوة الطلاء والتجفيف للاصق واثناء عملية القطع (Kokubu & Tachikawa, 2013,p.361-362; Tachikawa, H., 2014, P.17)، قد قامت الشركة بتطبيق تحليل الفاقد/ الخسارة ومقاييس التحسين اعتمادا على النتائج وتم مراجعة الجانب المالي لعمليات الانتاج وتقديم الاستثمار

المالي للتحسين كقرار مستقبلي وقد اهتمت الشركة حينها بتحقيق ما يلي (Kokubu & Tachikawa, 2013,p.364):

- معالجة الغازات المنبعثة وتحسين ازالة الروائح الكريهة داخلي وخارجي.
- التسليم والتخلص خارجيا.
- اعادة التدوير داخلي وخارجي.

وقد أصبحت مسئولية تقليل التأثير البيئي جزءً لا يتجزأ من عملية التصنيع للشركة ولهذا قامت الشركة بانشاء اللجنة الخضراء التى تعمل على تقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عن طريق توفير الطاقة وإعادة تدويرها واستعادتها ؛ ضمان الاستخدام الفعال للموارد ومنع التلوث والحد من استخدام المواد الكيميائية وانبعاث المواد الخطرة. وقد نجحت الشركة في تحقيق تحسين وخفض تكلفة المنتجات السلبية في عملية التشكيل للمنتج بنسبة 10٪ تقريبًا. وقد بلغ إجمالي النفايات التي تم التخلص منها من Nitto Group إلى 128000 طن، وهو أقل من هدف التخفيض بنسبة 0.3٪ بسبب انخفاض الإنتاجية بسبب التقلبات في الطلبات الناتجة عن إطلاق منتج جديد والاضطرابات التي أحدثها COVID-19 (Nitto Denko Corporation, 2021, 47-50) .

وقد أظهرت دراسة الحالة التي تمت في مصنع صغير للمنسوجات وانتاج الملابس في تايلاند في خط انتاج Traditional T-shirt وجود اكبر تكلفة للفاقد في عملية قص القماش ويليها عملية الخياطة . وقد تعددت حلول التحسين المقترحة، وكان الحل الخامس هو الامثل الذي سيخفض تكلفة المنتج السلبي بنسبة 10.74%. 1) بخفض المسافات بين قطع القماش وخفض مدخلات المواد وادخال اكثر من نموذج وليس نموذج واحد، 2) خفض عرض الأطراف لكل عملية قص في النموذج بعد عملية الخياطة من 0.8 الى 0.3 CM. 3) زيادة حجم الطاولة وشراء طاولة قص ملابس جديدة تزيد من كفاءة القص وخفض بواقي القماش بعد عملية القص. وللتحسين قصير المدى يكون الحل رقم 1 هو الامثل والذي يمكن تطبيقه بدون اي استثمار ولكن فقط وتعديل في بعض عمليات الاعمال (Kasemset, et al., 2015, p.1344-1350) .

وبالتالي نلاحظ مما سبق ان نظام MFCA لا يساعد في تحديد تأثير المنتجات المعيبة على الشركة، ولكن أيضًا من حيث التكلفة الإجمالية. ويعزز دقة تقييم تكلفة المنتج من خلال تتبع وتقدير تكلفة استخدام المواد وخسائر المواد. كما يوفر MFCA إمكانية التحسين المتكامل للعمليات والمنتجات، مما قد يؤدي إلى توفير التكاليف بالإضافة إلى تقليل التأثيرات البيئية وبالتالي زيادة القدرة التنافسية من خلال زيادة جودة المنتج وتقليل الآثار البيئية الضارة لعملية إنتاج الشركة، وتوفير التكاليف وتحسين قدرتها التنافسية (Nakajima & et al, 2015, p.1303; Rieckhof & et al., 2015, p.1270; Walz & Guenther, 2021, p.600, ..606-608)

2) تحديد القيمة المضافة من خفض الفاقد بتقييم دورة حياة

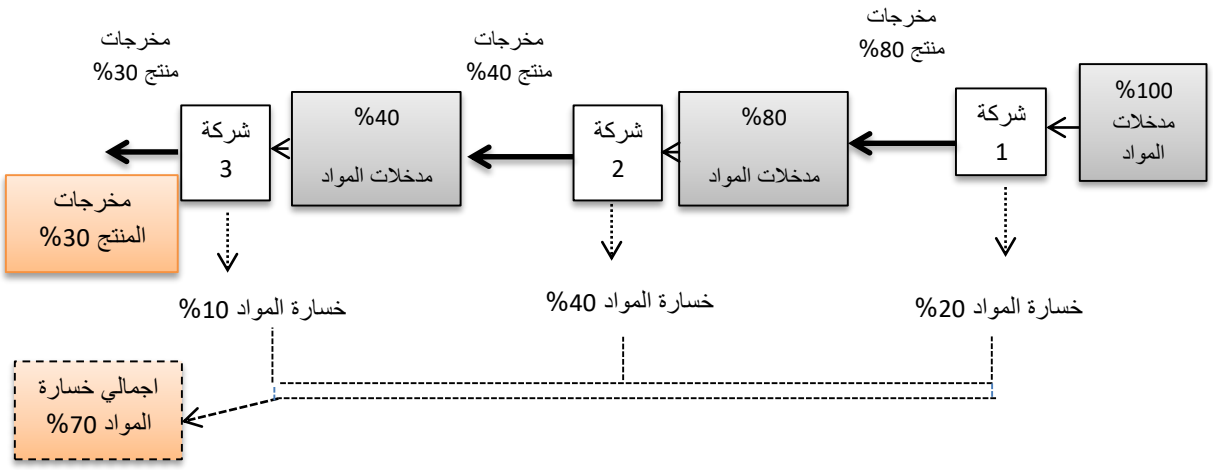
المنتج طبقا لمعلومات MFCA:

بالاضافة الى ما سبق ذكرة؛ فإن لمعلومات MFCA أهمية كبيرة في تطبيق نظام تقييم دورة حياة المنتج Life Cycle Assessment (LCA) الذي يعمل على حساب الأثر المناخي والبيئي للمنتجات والسلع خلال دورة حياة المنتج، فهو نهج فعال يعمل على تحليل التأثير البيئي الناتج عن منتج ما من خلال تحديد وقياس تأثير المواد المستخدمة وتدفقات الطاقة على البيئة. (Chen & et al,2016, p.1026)، قد استخدمت شركات المجموعة السويدية SCA Graphic Laakrishen[9] لإنتاج الورق معلومات MFCA عن فاقد المواد ومعالجتها لتقييم دورة حياة المنتج الذي اظهر أن لمنتجات SCA بالفعل بصمة كربونية صغيرة لقيام الشركة بإعادة تدوير جميع النفايات تقريبًا بنسبة 96٪ واستخدامها كمواد خام في عمليات أخرى ، كمواد بناء أو لاستعادة الطاقة مثل الرماد الحيوي والحمأة والنفايات العضوية والبلاستيك ويتم ارسال كمية صغيرة منها إلى المكب أو تعامل كنفايات خطرة 4٪ (Jasch, 2009,p.92,94,96, SCA Graphic Laakrishen, 2021,p.151,153)، كما اكد عملية تطبيق نظام MFCA في شركة Junker-Filter GmbH لانتاج الفلتر المنسوج الذي يعمل على فصل المواد الصلبة عن السوائل أو الغازات لتنقية المنتج في تحسين فعالية الموارد وقياس فاقد المواد والطاقة للمنتجات التي بها تنوع في الأمر والطلب. وايضا استخدام معلومات النظام بتحديد القيمة المضافة من خفض الخسائر، بتحديد البصمة البيئية وانبعاثات الكربون، وهكذا أصبح MFCA هو الجوهر الكمي لاستراتيجية الشركة الشاملة حيث يتم الاستمرار في تحديد احتمالات خفض التكلفة المختلفة، وبصمة الكربون. وقد حددت الشركة وجود تكلفة منتج سلبي بنسبة 39.8% ، ويعمل خط الانابيب المسئول عن انتاج جسم الفلتر الدور الكبير لحدوث الخسارة وخاصة مع تغيير حجم الانتاج بسبب تكلفة المواد المرتفعة، وهناك امكانية استخدام النفايات مرة اخرى ولكنها عملية غير مجدية ولهذا يجب ادارة الفاقد (Schmidt & et al.,2019, p.128)، كما حددت دراسة Zeng & et al,2021 اهمية معلومات نظام MFCA في توفير معلومات لتقييم دورة حياة المنتج وقياس معامل الضرر البيئي للمخلفات المتخلفة من عمليات التشغيل خلال دورة الحياة وتحليل المنفعة والتكلفة بتتبع عمليات التصنيع داخليا لمنتج الفخار الاصلي، والفخار المحسن وتدفق المنتج ودورانه داخل حدود المدينة في الصين ، وقد توصلت الدراسة الى ان عمليات الفخار المحسن أفضل من الأصلي لخفض الاعباء البيئية وتحسين المنفعة الاقتصادية، حيث يخفض تكلفة المواد ولكن تكون تكلفة النظام أعلى من اي تكاليف اخرى ومن الصعب فصلها، ولوحظ خفض طفيف ف تكلفة الطاقة لخفض استهلاك القوى بواسطة ٥,٩ لكل وات ف الساعة وانخفاض الانبعاثات ٤٢ جرام مقارنة بالأصلي. وانخفضت الاضرار البيئية بنسبة ٧% من خلال استخدام الفاقد المعاد تدويره وادخار تكلفة المواد الخام وخفض الضرر البيئي المتسبب بواسطة فاقد المنتج (Zeng & et al., 2021, P6.7).

3) خفض خسائر المواد التراكمية في سلسلة التوريد:

[9]من أولى الشركات تطبيقا لاساليب وادوات المحاسبة الادارية البيئية واهتماما بمتطلبات المسئولية البيئية بالإضافة الى معايير الجودة في الإنتاج ومن الأنظمة التي اهتمت الشركة بتطبيقها نظام إدارة الموارد Resources Management System RMS الذي يعمل على مراقبة استهلاك الموارد والأثر البيئي لمنشآت الإنتاج (Jasch, 2009,p.92).

في بعض الحالات، قد تكون خسائر المواد التراكمية التى تسببها المنظمات المترابطة في سلسلة التوريد كبيرة، فعلى الرغم من حدوث خسائر للمواد في شركات التجميع، إلا ان تصنيع المواد والاجزاء في المواقع قد يولد خسائر هائلة. ولذلك فان خفض الخسارة على مستوى المنظمة الواحدة غير فعال ولذلك يجب ان يكون الهدف لكل وحدة في سلسلة التوريد (International Organization for Standardization ISO 14052, 2017, P.3; Kokubu & Tachikawa, 2013, p.364). ويوضح الشكل (4) مثالاً لسلسلة توريد مبسطة بإجمالي فاقد المواد والطاقة بنسبة 70٪ من المدخلات الأصلية. وهنا يمكن توسيع نطاق تطبيق نظام محاسبة تكلفة تدفق المواد MFCA ليشمل المنظمات الأخرى في سلسلة التوريد، سواء في المراحل الأولية أو النهائية مما يساعد على تطوير أسلوب متكامل لتحسين كفاءة استخدام المواد والطاقة في سلسلة التوريد وإيجاد طرق مبتكرة لخفض التأثيرات البيئية عبر سلاسل التوريد، هذا يعزز أن التعاون بين أعضاء سلاسل التوريد المشاركة في التطبيق لديه القدرة على تقليل خسائر المواد والطاقة الإجمالية لصالح العديد من المنظمات (International Organization for Standardization ISO 14052, 2017, P.3: Nakajima et al., 2015, p.1305).



شكل (4) خسارة سلاسل التوريد التراكمية (International Organization for Standardization ISO 14052 2017, P.3)

سادساً: الدراسة الميدانية:

قام الباحث بعمل مسح ميداني لاستقصاء فئات الدراسة ذات الصلة بموضوع البحث من مديري الإنتاج والبحوث والتطوير ومحاسبي التكاليف في شركات إنتاج وتجميع الألواح الشمسية الموجودة في بيئة الأعمال المصرية حول مدى تطبيقهم لنظام محاسبة تكاليف تدفق المواد لادارة فاقد الإنتاج وتكلفته، لاختبار مدى صحة الفرض التالي بإستخدام اختبار **(T-Test)** لمعرفة الفروق بين مفردات عينة الدراسة،

الفرض: لا توجد فروق معنوية بين فئات الدراسة حول أهمية تطبيق خطوات نظام محاسبة تكلفة تدفق المواد داخليا في شركات الوحدات الشمسية.

1. منهجية الدراسة الميدانية:

أ. تحديد مجتمع الدراسة:

استخدمت الدراسة شركات انتاج وتجميع الالواح الشمسية في جمهورية مصر العربية كوحدة للتحليل، وتتمتع شركات انتاج الوحدات الشمسية المتواجدة في مصر باحدث تكنولوجيا التصنيع ويتراوح القدرة الكهربائية للوح الواحد من 400 الى 1500 وات مع امكانية التحديث الدائم وتعتمد علي اختبار الالواح اثناء مراحل تصنيعه وتطبق أدوات ترشيد الفاقد ومراقبة الوقت والانشطة الغير مضيفة للقيمة وتزويد العملاء بأفضل سعر ممكن للمنتج إلى جانب أعلى معايير الجودة والأداء. وقد تم تحديد تلك الشركات من قاعدة بيانات جوجل وعدد من مواقع الويب الرسمية وغير الرسمية مثل هيئة الطاقة الجديدة والمتجددة وموقع سوق الطاقة الشمسية وبزيارة عدد من مواقع الويب الخاصة ببعض شركات تصنيع الالواح الشمسية. وقد حددت الباحثة فئة مجتمع الدراسة وهم محاسبي التكاليف ومديري الانتاج والبحوث والتطوير العاملين في شركات انتاج الالواح الشمسية لصلتهم بموضوع البحث وقد قدر الباحث مجتمع الدراسة طبقا لعدد من المواقع 150 محاسب ومدير انتاج والبحوث والتطوير لانخفاض عدد شركات انتاج الالواح الشمسية في مصر.

ب. تحديد حجم العينة الإحصائية والفعلية:

- تحديد حجم العينة:

لكي تكون عينة الدراسة ممثلة لمجتمع الدراسة تمثيلاً جيداً، فقد كان أنسب اختيار لنوع المعاينة هو المعاينة العشوائية البسيطة Simple Random Sampling المتناسبة مع مجتمع البحث. تم تحديد حجم العينة التي تم إجراء الدراسة الميدانية عليها؛ استنادا إلى المعادلة الآتية:

عند مستوى معنوية (5 %)، وحدود ثقة (95 %) .

$$\text{ن} = \frac{\text{ح}(1-\text{ح})}{\frac{\text{ح}(1-\text{ح})}{\text{ن}} + \text{أ}^2}$$

حيث إن:

ن = حجم العينة المطلوب.

ح = (50 %) للحصول علي أكبر للعينة.

أ = ب ÷ 1.96، حيث ب = أقصي خطأ مسموح به: (الفرق بين النسبة في مجتمع البحث والنسبة في العينة عند مستوس ثقة (0.95).

بتطبيق المعادلة:

$$\text{ن} = \frac{0.50\ (1 - 0.50)}{\frac{0.50\ (1 - 0.50)}{150} + \left[\frac{0.05}{1.96}\right]^2}$$

اذاً حجم العينة (ن) = 109 مفردة

- العينة الفعلية :

قام الباحث بتوزيع عدد 120 إستمارة إستقصاء رغبة في رفع درجة التمثيل عن طريق طرح اسئلة الإستقصاء على موقع جوجل مع إتاحة رابط القائمة على العديد من المواقع الإلكترونية وقد تم تفريغ إلكترونياً من خلال جوجل ، لقد تلقينا ردًا نشطًا قدره 100، منهم 86 يمكن اخضاعها للتحليل وقد بلغ عدد المستقصي من الفئات محاسبين التكاليف (24) مفردة بنسبة (27.91%) ، إدارات الإنتاج والبحوث والتطوير (62) مفردة بنسبة (72.09%). ويوضح الجدول التالي نسب الاستجابة للاستقصاء.

جدول (2) نسب الاستجابة للاستقصاء

عدد الاستمارات الموزعة	عدد الاستمارات المستردة	عدد الاستمارات غير الصالحة للتحليل	عدد الاستمارات التي تم إخضاعها للتحليل الإحصائي
محاسبين التكاليف	28	4	**24**
إدارات الإنتاج والبحوث والتطوير	72	10	**62**
120	**100**	**14**	**86**

2. اختبار الفروض الاحصائية :

قياس درجة الفروق المعنوية بين فئات الدراسة حول تطبيق نظام MFCA:

إختبار الفرض: لا توجد فروق معنوية بين فئات الدراسة حول أهمية تطبيق خطوات نظام محاسبة تكلفة تدفق المواد داخليا في شركات الوحدات الشمسية.

ولاختبار مدى صحة الفرض أجرت الباحثة اختبار **(T–Test)** لمعرفة الفروق بين مفردات عينة الدراسة

جدول (3) الفروق بين آراء عينة الدراسة حول متغيرات الدراسة (نظام محاسبة تكلفة تدفق المواد،ممارسات محاسبة السجلات المفتوحة خلال سلاسل التوريد)

الأبعاد	المسمى الوظيفي	العدد	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة الاختبار T	Sig. مستوي المعنوية	القرار
نظام محاسبة تكلفة تدفق	**محاسبين**	**24**	**3.6326**	**1.24777**	**.608**	**.545**	**غير**

الأبعاد	المسمى الوظيفي	العدد	الوسط الحسابي	الانحراف المعياري	قيمة الاختبار T	Sig. مستوي المعنوية	القرار
المواد	التكاليف						معنوي
	إدارات الإنتاج والبحوث والتطوير	62	3.4700	1.05539			

*** دالاً عند مستوى معنوية (0.001) ** عند مستوى معنوية (0.01) * عند مستوى معنوية (0.05)

المصدر: إعداد الباحثة من نتائج التحليل الإحصائي

بتحليل البيانات الموجودة في الجدول رقم (1-14) يتبين الآتي:

- لا يوجد فرق معنوي بين آراء عينة الدراسة حول أهمية تطبيق شركات انتاج الالواح الشمسية لنظام محاسبة تكلفة تدفق المواد عند مستوى معنوية 5% حيث ان قيم T اكبر من مستوى المعنوية .

ومما سبق فانه يتم قبول فرض العدم وهو: لا توجد فروق معنوية بين فئات الدراسة حول أهمية تطبيق خطوات نظام محاسبة تكلفة تدفق المواد داخليا في شركات الوحدات الشمسية.

سابعآ: النتائج والتوصيات:

1) يتتبع نظام محاسبة تكاليف تدفق المواد تدفقات المواد الخام والمواد المساعدة المشتراه ومخزون المواد داخل المنظمة وخلال عمليات الانتاج المختلفة وتحديد كمية وتكلفة المواد المستخدمة والمحولة الى منتجات و/أو فاقد، يساعد تطبيق النظام هنا على خفض التكاليف من خلال تقليل كمية المواد التشغيلية المشتراة، خفض الفاقد، تقليل عمليات التشغيل مع توفير معلومات لنظام تقييم دورة حياة المنتج الذي يعمل على حساب الأثر المناخي والبيئي للمنتجات والسلع .

2) يعزز نظام MFCA عملية تقدير تكلفة المنتج حيث يعمل على تقدير تكاليف تدفق المواد لكل مركز كمية (المناطق التى يتم فيها تخزين المواد وإستخدامها ومعالجتها في وحدات الانتاج، حتى نقاط الشحن والتسليم) بالتفاصيل والتي تتمثل في (تكاليف المواد، تكاليف الطاقة، تكاليف النظام المتمثلة في تكلفة العمالة والإهلاك والنقل والصيانة)، ويتم بعد ذلك تخصيص تكاليف التدفق الى التكاليف المرتبطة "بالمنتجات" و "خسارة المواد، وبذلك سيوسع MFCA نطاق محاسبة التكاليف التقليدية والتي تكون فيه التكاليف المرتبطة بالفاقد مستترة في المنتج او التكاليف الغير مباشرة ولا يتم الافصاح عنها بصورة منفصلة.

3) أكدت فئات عينة الدراسة على أهمية تطبيقها لنظام محاسبة تكلفة تدفق المواد وتحديد وتتبع تدفق المادة الخام خلال عمليات الانتاج بغرض تحديد كمية وتكلفة فاقد المواد والبحث عن مسبباتها وفرص التحسين المختلفة والتي قد تتضمن (إعادة هيكلة عمليات إنتاج، استبدال مواد، تغيير مواصفات منتج)، تطبيق النظام كدورة مستمرة من خلال إعادة تقييم تدفق المواد والمخزون والتكاليف بعد التحسين بأساس منظم من خلال

عمل نموذج تدفق المواد مرة اخرى لمقارنة الأنشطة المخططة بالنتائج الفعلية لتسهيل برامج التحسين المستمر.

قائمة المراجع

أولا: الكتب:

الكتب الأجنبية:

1. Pagnoni, G. A., & Roche, S. (2015). ***The renaissance of renewable energy***. Cambridge University Press.

ثانيا: الدوريات العلمية:

أ. الدوريات العربية:

1) نصير، عبد الناصر عبد اللطيف محمد، 2020. **دور مدخل محاسبة تكاليف تدفق المواد في تحقيق الاستدامة للشركات المصرية: دراسة حالة في شركة مصر للأسمنت (قنا).** مجلة البحوث المالية والتجارية، (4)، ص ص 203-264.

ب. الدوريات الأجنبية:

1) Abdmouleh, Z., Alammari, R. A., & Gastli, A. (2015). Review of policies encouraging renewable energy integration & best practices. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, *45*, 249-262.
2) Akikur, R. K., Saidur, R., Ping, H. W., & Ullah, K. R. (2013). Comparative study of stand-alone and hybrid solar energy systems suitable for off-grid rural electrification: A review. ***Renewable and sustainable energy reviews***, 27, 738-752.
3) Asako, K., & Michiyasu, N. (2014). The Potential for MFCA Spread in Supply Chains Through Information Sharing. ***Kansai University Review of Business and Commerce***, 15–35.
4) Chen, W., Hong, J., Yuan, X., & Liu, J. (2016). Environmental impact assessment of monocrystalline silicon solar photovoltaic cell production: a case study in China. ***Journal of Cleaner Production***, *112*, 1025-1032.
5) Christ, K. L., & Burritt, R. L. (2015). Material flow cost accounting: a review and agenda for future research. ***Journal of Cleaner Production***, *108*, 1378-1389
6) Davies, J., & Joglekar, N. (2013). Supply chain integration, product modularity, and market valuation: Evidence from the solar energy industry. ***Production and Operations Management***, 22(6), 1494-1508.

7) Dhilipan, J., Vijayalakshmi, N., Shanmugam, D. B., Ganesh, R. J., Kodeeswaran, S., & Muralidharan, S. (2022). Performance and efficiency of different types of solar cell material–A review. ***Materials Today: Proceedings***, *66*, 1295-1302.

8) Dincer, F. (2011). The analysis on photovoltaic electricity generation status, potential and policies of the leading countries in solar energy. ***Renewable and sustainable energy reviews***, 15(1), 713-720.

9) Evans, A., Strezov, V. and Evans, T.J. (2009). Assessment of Sustainability Indicators for Renewable Energy Technologies. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews,*** 13, 1082-1088.

10) Goodrich, A., Hacke, P., Wang, Q., Sopori, B., Margolis, R., James, T.L. and Woodhouse, M. (2013). A Wafer-based Monocrystalline Silicon Photovoltaics Road Map: Utilizing Known Technology Improvement Opportunities for Further Reductions in Manufacturing Costs. ***Solar Energy Materials and Solar Cells***, 114,110-135.

11) Guo, J., Liu, X., Yu, J., Xu, C., Wu, Y., & Senthil, R. A. (2021). An overview of the comprehensive utilization of silicon-based solid waste related to PV industry. ***Resources, conservation and recycling***, 169, 105450.

12) Hudedmani, M. G., Soppimath, V., & Jambotkar, C. (2017). A study of materials for solar PV technology and challenges. ***European Journal of Applied Engineering and Scientific Research***, *5*(1), 1-13.

13) Hyršlová, J., Vágner, M., & Palásek, J. (2011). Material flow cost accounting (Mfca)–tool for the optimization of corporate production processes. *Business, **Management and Economics Engineering***, *9*(1), 5-18.

14) Ibrahim, A. (2012). " Renewable Energy Sources in the Egyptian Electricity Market: A Review", ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, 16, 216– 230.

15) Jasch, C. (2011). Environmental Management Accounting: Comparing and Linking Requirements at Micro and Macro Levels e a Practitioner's View. In: Burritt, R.L., Schaltegger, S., Bennett, M., Pohjola, T., Csutora, M. (Eds.), ***Environmental Management Accounting and Supply Chain Management*.** Springer, 255-277.

16) Kasemset, C., Chernsupornchai, J., & Pala-ud, W. (2015). Application of MFCA in waste reduction: case study on a small textile factory in Thailand. ***Journal of Cleaner Production***, *108*, 1342-1351.

17) Kitada, H., Tennojiya, T., Kim, J. and Higashida, A. (2022). Management practice of material flow cost accounting and its discontinuance. ***Cleaner Environmental Systems***, *6*, p.100089.

18) Kokubu, K., Tachikawa, H., 2013. Material Flow Cost Accounting: Significance and Practical Approach. In: Kauffman, J., Lee, K.-M. (Eds.), ***Handbook of Sustainable Engineering***. Springer, Netherlands, pp. 351-369 .

19) Ludin, N.A., Mustafa, N.I., Hanafiah, M.M., Ibrahim, M.A., Teridi, M.A.M., Sepeai, S., Zaharim, A. and Sopian, K. (2018). Prospects of Life Cycle Assessment of Renewable Energy from Solar Photovoltaic Technologies: A Review. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, 96,11-28.

20) Muteri, V., Cellura, M., Curto, D., Franzitta, V., Longo, S., Mistretta, M. and Parisi, M.L. (2020). Review on Life Cycle Assessment of Solar Photovoltaic Panels. ***Energies***, 13(1), 252.

21) Nakajima, M., Kimura, A. and Wagner, B. (2015). Introduction of Material Flow Cost Accounting (MFCA) to the Supply Chain: a Questionnaire Study on the Challenges of Constructing a Low-Carbon Supply Chain to Promote Resource Efficiency. ***Journal of Cleaner Production***, 108, pp.1302-1309.

22) Nishitani, K., Kokubu, K., Wu, Q., Kitada, H., Guenther, E. and Guenther, T. (2022). Material flow cost accounting (MFCA) for the circular economy: An empirical study of the triadic relationship between MFCA, environmental performance, and the economic performance of Japanese companies. ***Journal of Environmental Management***, *303*, p.114219.

23) Rieckhof, R., Bergmann, A., & Guenther, E. (2015). Interrelating material flow cost accounting with management control systems to introduce resource efficiency into strategy. ***Journal of cleaner production,*** *108*, 1262-1278.

24) Sahu, A. K., Padhy, R. K., Das, D., & Gautam, A. (2021). Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. ***Journal of cleaner production***, *279*, 123751.

25) Schmidt, M., Spieth, H., Haubach, C., Kühne, C. (2019). Material flow cost accounting in variant production. ***100 Pioneers in Efficient Resource Management: Best practice cases from producing companies***, pp.126-129.

26) Strobel, M., Redmann, C. (2002). Flow Cost Accounting, an Accounting Approach Based on the Actual Flows of Materials. In: Bennett, M., Bouma, J.J., Walters, T. (Eds.), ***Environmental Management Accounting: Informational and Institutional Developments.*** Kluwer, Dordrecht, pp. 67-82.

27) Wagner, B. (2015). A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. ***Journal of Cleaner Production***, *108*, 1255-1261.

28) Walz, M. and Guenther, E. (2021). What effects does material flow cost accounting have for companies?: Evidence from a case studies analysis. ***Journal of Industrial Ecology***, *25* (3), pp.593-613.

29) Wee, H.M, Yang, W.H, Chou C.W and Padilan M.V, 2012. Renewable Energy Supply Chains, Performance, Application Barriers, and Strategies for Further Development. ***Renewable and Sustainable Energy Reviews***, Vol. 16, pp 5451–5465.

30) Zeng, H., Zhou, Z. and Xiao, X. (2021). MFCA extension from a life cycle perspective: Methodical refinements and use case. ***Resources Policy***, 74, p.101507.

31) Zhou, Z., Zhao, W., Chen, X., & Zeng, H. (2017). MFCA extension from a circular economy perspective: Model modifications and case study. ***Journal of Cleaner Production***, *149*, 110-125.

ثالثا: المؤتمرات:

1) Sygulla, R., Bierer, A., Gotze, U. (2011). ***Material Flow Cost Accounting- Proposal for Improving the Evaluation of Monetary Effects of Resource Saving Process Designs***. In Proceeding of the 44th CIRP Conference on Manufacturing Systems, 1-3 June 2011, Madison, Wisconsin, USA.

رابعآ: الرسائل العلمية:

الرسائل العربية:

1. ابو شريفة، هـ.س.ع، 2015. ***إستخدام الطاقة البديلة فلسطينيا بين الاتجاهات والجاهزية المؤسسية: دراسة تقييمية***. رسالة ماجستير، جامعة القدس المفتوحة، معهد التنمية المستدامة.
2. بلكحل، صلاح الدين شريف بلقاسم . (2015). ***دراسة تكلفة مشروع نظام ضخ يعمل بالطاقة الشمسية في الجنوب الشرقي***. رسالة ماجستير، كلية العلوم التطبيقية قسم الهندسة الميكانيكية.جامعة قاصدي مرباح–ورقلة– الجزائر.

خامسآ: المؤتمرات:

المؤتمرات الأجنبية:

1. Horbach, S., Schaarschmidt, F., Schulze, R., Ackermann, J. and Müller, E. (2013). ***Planning of Flow of Material and Energy for Photovoltaics Industry***. 7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management & control, Saint Petersburg, Russia.
2. Okada, K. and Kokubu, K. (2016). ***Impact of Introducing Material Flow Cost Accounting: A Comparative Review of Supply Chains and Individual Companies***. In *Proceedings-International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Kuala Lumpur, Malaysia*.

3. Mourad, M.M., Abdel-Rahman, A.K. and Ali, A.H.H. (2013). Renewable Energy Technologies Utilization in Egyptian Desert Cities, **The Seventh Annual Conference of Futuristic Studies,** Assiut, Egypt.

سادساً: المعايير والتقارير والقوانين :

1) الوكالة الدولية للطاقة المتجددة، 2018. **أفاق الطاقة المتجددة:مصر**، الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، أبو ظبي.

2) Chint New Energy Technology Co., Ltd (Astronergy),2022. ***Environmental, social and governance (ESG) Report***, Astronergy.

3) International Organization for Standardization. (2011). ***Environmental Management-Material Flow Cost Accounting-General Framework***. ISO 14051.

4) InnoEnergy, K.I.C. (2015). ***Future Renewable Energy Costs: Solar Photovoltaics. How Technology Innovation is Anticipated to Reduce the Cost of Energy from European Photovoltaic installations***, BVG Associates & KIC InnoEnergy.

5) International Renewable Energy Agency. (2012). ***Renewable Energy Technologies Cost Analysis Series: Solar Photovoltaic***, International Renewable Energy Agency IRENA , Abu Dhabi.

6) International Renewable Energy Agency. (2017). ***Renewable Energy Benefits: Leveraging Local Capacity for solar PV***, International Renewable Energy Agency IRENA , Abu Dhabi.

7) Tachikawa, H., 2014. ***Manual on Material Flow Cost Accounting: ISO 14051***. Tokyo: Asian Productivity Organization.

8) Nitto Denko Corporation. (2021). ***Nitto Group Integrated Report 2021***. Nitto Denko Corporation, Taiwan .

9) SCA Graphic Laakrishen. (2021), ***Annual and sustainability report***, SCA Graphic Laakrishen, Sweden.

سابعاً: أخرى :

1) Chint New Energy Technology Co., Ltd., 2023b, Astronergy partners with its suppliers to improve green supply chain, Retrived from **https://www.astronergy.com/astronergy-partners-with-its-suppliers-to-improve-green-supply-chain/**

2) Chint New Energy Technology Co., Ltd., 2024a, **https://www.astronergy.com/about-astronergy/**

3) Chint New Energy Technology Co., Ltd., 2024b, Retrived from https://www.astronergy.com/sustainability/environmental/