ISSN E.2958-6941 ,ISSN P.1818-1074 Vol. 22 issue 87 March. 2026

http://journals.uokerbala.edu.iq/index.php/ijas/index
Iraqi Journal for Administrative Sciences
المجلة العراقية للعلوم الإدارية

The Role of An Agile Manufacturing Strategy in Managing Environmental Costs According to Sustainability Accounting Standards

Sadiq Hadi Mohi Hassoun Al-Mansouri[1*] Salah Mahdi Jawad Al-Kawaz [2]
Jasim Aidan Barak Al-Mamouri [3]

دور استراتيجية التصنيع الفعال في إدارة التكلفة البيئية وفق معايير محاسبة الاستدامة[1]

صادق هادي محي المنصوري[1]* صلاح مهدي جواد الكواز[2] جاسم عيدان براك المعموري[3]

1.قسم المحاسبة، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة كربلاء، كربلاء، العراق. * **المؤلف المراسل**
3.2 كلية الإدارة والاقتصاد، قسم المحاسبة، جامعة كربـــلاء، العراق.

1.College of Administration and Economics, Department of Accounting, University of Karbala, Iraq, sadeq.h@uokerbala.edu.iq ***Corresponding Author**
2. College of Administration and Economics, Department of Accounting, University of Karbala, Iraq. Salah.m@uokerbala.edu.iq
3. College of Administration and Economics, Department of Accounting, University of Karbala, Iraq. jasim.i@uokerbala.edu.iq

CC BY NC ND

Article information

Article History: DD/MM/YY
Received: 16/01/2026
Accepted: 18/02/2026
Available online: 24/03/2026

Keywords:
agile Manufacturing, Sustainability Accounting, Environmental Cost Management, Sustainability Standards

تاريخ الاستلام:2026/01/16
تاريخ قبول النشر: 2026/02/18
تاريخ النشر: 2026/03/24

الكلمات المفتاحية
التصنيع الفعّال، محاسبة الاستدامة، إدارة التكلفة البيئية، معايير الاستدامة

Abstract

This study aims to analyze the potential role of agile manufacturing strategy in improving environmental cost management in light of sustainability accounting standards. Three techniques—Environmental Life Cycle Costing, Time-Driven Environmental Activity-Based Costing, and Green Target Costing—were applied to actual data from Al-Noura Factory in Karbala for the year 2024. Analytical results indicate the possibility of reducing production costs by 22,687 IQD per ton and decreasing emissions by 37.9% if proposed improvements in fuel mix and raw materials are adopted. The study proposes an integrated model that helps industrial firms balance profitability and sustainability, transforming environmental costs from a financial burden into a strategic investment. The findings confirm that integrating environmental accounting techniques with sustainability standards provides a robust informational foundation to support the transition toward agile manufacturing.

DOI: https://doi.org/10.71207/ijas.v22i87.5840

Citation: Hadi Mohi Hassoun Al-Mansouri, Sadiq, Mahdi Jawad Al-Kawaz, Salah, & Aidan Barak Al-Mamouri, Jasim . (2026). The Role of An Agile Manufacturing Strategy in Managing Environmental Costs According to Sustainability Accounting Standards. *Iraqi Journal for Administrative Sciences*, *22*(87), 572–590.

الاقتباس: هادي محي المنصوري صادق، مهدي جواد الكواز، صلاح، & عيدان براك المعموري، جاسم. (2026). دور استراتيجية التصنيع الفعال في إدارة التكلفة البيئية وفق معايير محاسبة الاستدامة. *المجلة العراقية للعلوم الادارية*, 22(87) , 572–590.

المستخلص Abstract

يهدف البحث إلى تحليل الدور المحتمل لاستراتيجية التصنيع الفعّال في تحسين إدارة التكلفة البيئية في ضوء معايير محاسبة الاستدامة، وذلك من خلال تطبيق تقنيات (دورة حياة المنتج البيئية، والتكلفة على أساس النشاط الموجه بالوقت، والتكلفة المستهدفة الخضراء) على بيانات فعلية لمعمل النورة في كربلاء لعام 2024. أظهرت النتائج التحليلية إمكانية خفض تكلفة الإنتاج بمقدار 22,687 دينار/طن وتقليل الانبعاثات بنسبة 37.9% عند تبني تحسينات مقترحة في مزيج الوقود والمواد الخام. يقدم البحث نموذجاً متكاملاً يساعد المنشآت الصناعية على تحقيق التوازن بين الربحية والاستدامة، وتحويل التكاليف البيئية من عبء مالي إلى استثمار استراتيجي. تؤكد الاستنتاجات أن تكامل التقنيات المحاسبية البيئية مع معايير الاستدامة يوفر أساساً معلوماتياً قوياً لدعم التحول نحو التصنيع الفعّال

[1] **بحث مستل من اطروحة دكتوراه (تبني استراتيجية التصنيع الفعال بالتوافق مع معايير محاسبة الاستدامة في ادارة التكلفة البيئية وانعكاسه في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة) 1***

المقدمة Introduction

في ظل التحولات العالمية المتسارعة نحو الاقتصاد الأخضر والضغوط التنظيمية المتزايدة، لم يعد الأداء المالي التقليدي هو المقياس الحصري لنجاح الوحدات الاقتصادية، ولاسيما في القطاعات الصناعية ذات الأثر البيئي المرتفع. فقد فرضت متطلبات الاستدامة نفسها على جميع القطاعات الإنتاجية، مما استلزم تبني نماذج أعمال متكاملة توازن بين الربحية والحفاظ على البيئة. في هذا السياق، تبرز إدارة التكلفة البيئية كأداة محورية تهدف إلى تحويل النفقات البيئية من عبء مالي إلى استثمار استراتيجي، خاصة في الوحدات الاقتصادية الصناعية التي تعتمد تقنيات إنتاج تقليدية وتواجه ارتفاعًا في الهدر والتكاليف البيئية.

وتأتي استراتيجية التصنيع الفعّال كمدخل عملي مناسب لمعالجة هذه التحديات، إذ لا يقتصر دورها على رفع الكفاءة الإنتاجية، بل يمتد ليشمل الاستخدام الأمثل للمواد والطاقة والتقليل من الانبعاثات، وهو ما يجعلها ملائمة للتطبيق في الوحدات الاقتصادية الصناعية المتقادمة تقنيًا التي تسعى إلى تحسين أدائها البيئي دون الحاجة إلى استثمارات رأسمالية كبيرة. وتشير مراجعة (Abulafia et al. 2020) النقدية إلى أن ممارسات التصنيع الفعال ترتبط ارتباطًا وثيقًا بتحقيق الاستدامة البيئية، إلا أن فعالية هذا الارتباط تعتمد على أنظمة القياس والمحاسبة المتبعة، وهو ما يدعمه (الزامل والأعاجيبي، 2021) في دراستهما التي بينت أن تحليل التكاليف البيئية على أساس الأنشطة يؤدي إلى تحسين ملحوظ في الأداء البيئي للوحدات الاقتصادية.

غير أن تحقيق التكامل الفعّال بين استراتيجيات التصنيع وإدارة التكاليف البيئية يتطلب إطارًا قياسيًا قادرًا على ترجمة التحسينات التشغيلية إلى نتائج بيئية واقتصادية قابلة للقياس. وهنا تبرز معايير محاسبة الاستدامة كعامل وسيط حاسم، إذ تشير دراسة (Juliani et al. 2025) إلى أن تطبيق تقنيات إدارة التكلفة البيئية في ظل هذه المعايير يسهم في تعزيز الأداء البيئي ودعم تحقيق التنمية المستدامة، ولاسيما في البيئات الصناعية التي تعاني من ضعف نظم القياس التقليدية.

وعليه، تتمحور الإشكالية الرئيسة لهذا البحث حول دور استراتيجية التصنيع الفعّال (المتغير المستقل) في تحسين إدارة التكلفة البيئية (المتغير التابع)، مع اعتبار معايير محاسبة الاستدامة متغيرًا وسيطًا يفسّر طبيعة هذه العلاقة ويعزز أثرها التطبيقي. ويسعى البحث للإجابة عن التساؤل الرئيس الآتي: ما دور استراتيجية التصنيع الفعّال في تحسين إدارة التكلفة البيئية للمنشآت الصناعية في ضوء تطبيق معايير محاسبة الاستدامة؟

ويهدف هذا البحث إلى تحليل العلاقات بين هذه المتغيرات بالاعتماد على المنهج الوصفي-التحليلي، من خلال المراجعة المنهجية للأدبيات والدراسات السابقة، إلى جانب دراسة حالة تطبيقية على معمل النورة في قطاع الصناعات التحويلية، بوصفه نموذجًا لمنشأة صناعية تقليدية تواجه تحديات بيئية وتكلفية متزايدة، وذلك لاختبار الفرضية الرئيسة وتحديد آليات تأثير استراتيجية التصنيع الفعّال في خفض التكاليف البيئية، وتحليل الدور الوسيط لمعايير محاسبة الاستدامة في تعزيز هذا الأثر.

1. منهجية البحث Research Methodology

1.2.مشكلة البحث Research Problem يمكن صياغة مشكلة البحث من خلال التساؤلات الآتية:

1. هل يمكن تطبيق استراتيجية التصنيع الفعال لتحسين عمليات إدارة التكلفة البيئية في الوحدات الاقتصادية، باستخدام أطر محاسبة الاستدامة كمنهج قياس وتقييم؟
2. ما هو الدور الذي يمكن أن تلعبه معايير محاسبة الاستدامة في تعزيز فعالية التكامل بين استراتيجية التصنيع الفعال ومتطلبات إدارة التكلفة البيئية، لتحقيق أهداف الاستدامة التشغيلية والمالية؟

2.2. اهمية البحث Importance of the Research

تتمثل أهمية هذا البحث في كونه يجمع بين الأبعاد النظرية والتطبيقية لمجالين حيويين يكتسبان أهمية متزايدة في القطاع الصناعي. فمن الناحية النظرية، يساهم البحث في سد فجوة معرفية ملحوظة من خلال ربط حقول معرفية غالباً ما تتم دراستها بمعزل عن بعضها، وهي استراتيجيات التصنيع الفعال، وإدارة التكلفة البيئية، ومحاسبة الاستدامة. كما يقدم إطاراً مفاهيمياً متكاملاً يوضح كيفية تحويل المبادئ التشغيلية للتصنيع الفعال إلى مكاسب مالية وبيئية قابلة للقياس، مما يثري الأدبيات المحلية والعربية في هذا المجال الناشئ. فيقدم هذا البحث أدوات قابلة للتطبيق لصناع القرار في المنشآت الصناعية، حيث يوضح كيف يمكن توظيف منهجيات التصنيع الفعال كمدخل استباقي لإدارة التكاليف البيئية وتحسين الأداء الاستدامي بشكل عام. كما يسلط الضوء على الدور المحوري لأخصائي المحاسبة والتمويل من خلال توفير أطر قياسية (كمعايير محاسبة الاستدامة) لرصد وتقييم وتبليغ الأداء البيئي والاقتصادي بشكل متكامل. وهذا لا يدعم فقط عملية اتخاذ القرارات الاستثمارية والتشغيلية الأكثر رشادة، بل يعزز أيضاً قدرة المنشأة على تحقيق الامتثال التنظيمي، وتحسين صورتها الذهنية، والاستفادة من الفرص المرتبطة بالتمويل والاستثمار المستدام. وبذلك، يقدم البحث نموذجاً

عملياً يمكن أن يكون مرشداً للمنشآت التي تسعى إلى المواءمة بين كفاءتها التشغيلية ومسؤوليتها البيئية في إطار مالي واضح ومحاسبي.

3.2. اهداف البحث Research Objectives

يهدف هذا البحث بشكل أساسي إلى تحليل الدور الذي يمكن أن تلعبه استراتيجية التصنيع الفعال في تحسين عمليات إدارة التكلفة البيئية، مستنداً في ذلك إلى الأطر والمعايير التي تقدمها محاسبة الاستدامة. ويتفرع عن هذا الهدف العام مجموعة من الأهداف المحددة التي يمكن إجمالها فيما يلي:

1. تحديد الأسس النظرية والمنهجية التي تربط بين مفاهيم وممارسات استراتيجية التصنيع الفعال، وإدارة التكلفة البيئية، ومحاسبة الاستدامة، وبناء إطار مفاهيمي متكامل يجمع بين هذه الحقول المعرفية.
2. تحليل وتقييم الدور المحوري الذي يمكن أن تؤديه استراتيجية التصنيع الفعال في تقليل التكاليف البيئية المباشرة وغير المباشرة داخل البيئة الصناعية.
3. استكشاف الكيفية التي توفر بها معايير ومبادئ محاسبة الاستدامة (كمبادئ مبادرة التقارير العالميةGRI ، أو إطار مجلس معايير محاسبة الاستدامة SSAB) النظام المحاسبي والقواعد القياسية اللازمة لقياس، وتتبّع، وإعداد التقارير عن التكاليف البيئية والمنافع الناتجة عن تطبيق استراتيجيات التصنيع الفعال.
4. تطوير مقترح إجرائي (نموذج تطبيقي) يوضح الخطوات العملية للتكامل بين استراتيجية التصنيع الفعال وإدارة التكلفة البيئية، وكيفية استثمار اطر محاسبة الاستدامة لرصد وتقييم نتائج هذا التكامل، بهدف تقديم قيمة مضافة للإدارة في صنع القرارات التشغيلية والاستراتيجية.

4.2. فرضية البحث Research Hypothesis

تفترض هذه الدراسة وجود علاقة ارتباطية وتأثيرية إيجابية ذي اتجاهين بين متغيرات البحث الرئيسية. وتتمثل الفرضية الأساسية في أن:

" دور استراتيجية التصنيع الفعال في ادارة التكلفة البيئية وفق معايير الاستدامة بما يتلاءم مع متطلبات بيئة الأعمال المعاصرة "

5.2. حدود البحث Boundaries of the Research

الحدود المكانية: تتمثل حدود البحث المكانية في معمل النورة - كربلاء وهو من تشكيلات وزارة الصناعة والمعادن/الشركة العامة للسمنت العراقية.

الحدود الزمانية: تم اعتماد الكشوفات والتقارير المالية الخاصة بمعمل النورة - كربلاء لعام/ 2024 م التي تمثل أحدث البيانات بالنسبة لأداء المعمل ويمكن الاعتماد عليها في تحقيق أهداف البحث.

6.2. منهج البحث Research Approach

لتحقيق اهداف البحث ومعالجة مشكلته سوف نعتمد على المناهج الاتية: -

المنهج الاستنباطي " اعتمد الباحث على المنهج الاستنباطي من خلال الاستدلال على المعلومات من المصادر والابحاث والدراسات والادبيات التي تتعلق بموضوع البحث، اضافة الى مواقع شبكات الانترنت"

المنهج الوصفي التحليلي" اعتماد المنهج الوصفي التحليلي بهدف تحليل البيانات والتقارير التي يتم جمعها والحصول عليها من الوحدة الاقتصادية لتقييم الخدمات المقدمة محل البحث"

3. الجانب النظري للبحث Theoretical side

المبحث الأول: الإطار المعرفي لاستراتيجية التصنيع الفعال

1.3. مفهوم استراتيجية التصنيع الفعال The Concept of Agile Manufacturing Strategy

يشير (Lemohang & Bhekithemba, 2015: 36) إلى أن التصنيع الفعّال يمثّل إطارًا عمليًا يعتمد على تحقيق التكامل بين تكنولوجيا الإنتاج المرنة وقوة العمل القادرة على التعلم المستمر، بما يمكّن الوحدات الاقتصادية من تلبية متطلبات الزبائن المتغيرة بسرعة وتحقيق مستويات أعلى من المرونة التشغيلية. كما تُعرف بأنها "القدرة على الازدهار في بيئة تتسم بالتغيير المستمر من خلال التكيف السريع والاستجابة الفعالة لمتطلبات السوق المتغيرة " (Gunasekaran et al., 2018: 2). ويرى (خليل وعبيدة، 2018) أن التصنيع الفعال يمثل تطوراً للجودة الشاملة يركز على القضاء على الهدر في جميع العمليات.

1.1.3. اهمية استراتيجية التصنيع الفعال The Importance of Agile Manufacturing Strategy

تنبع أهميتها من دورها في تمكين الوحدات الاقتصادية من التعامل مع ديناميكية بيئة الأعمال المعاصرة التي تتسم بشدة المنافسة والتغير التكنولوجي السريع، إذ تسهم في تعزيز قدرتها على الاستجابة السريعة والمرنة وتحسين وضعها التنافسي (الجابري، 2021: 15)، (Thomas et al., 2018: 1). وتزداد هذه الأهمية عندما تسعى الوحدات إلى بناء

بنية تحتية تمكّنها من الاستفادة من مزاياه التشغيلية والاستراتيجية، مما ينعكس إيجابًا على قدرتها التنافسية (Kumar, 2020: 127). وقد أكدت دراسات حديثة مثل (Bai et al., 2025) و (Chen et al., 2020) على الأثر الإيجابي لممارسات التصنيع الفعال والأخضر على الأداء التشغيلي والبيئي للشركات.

2.1.3. أبعاد استراتيجية التصنيع الفعال Dimensions of the Agile Manufacturing Strategy

تشمل عشرة أبعاد مترابطة: الاستراتيجي، التشغيلي، البشري، التكنولوجي، البيئي، المالي، الزمني، الجودة، الثقافي، والاجتماعي.(Thomas et al., 2018: 6)

1. **البعد الاستراتيجي** :يتعلق بدمج فلسفة التصنيع الفعال في رؤية وأهداف الوحدة الاقتصادية.
2. **البعد التشغيلي** :يركز على تحسين تدفق العمليات وتقليل وقت التوقف.
3. **البعد البشري** :يتمثل في تمكين الموظفين وتدريبهم وخلق ثقافة التحسين المستمر.
4. **البعد التكنولوجي** :يعتمد على استخدام التكنولوجيا الحديثة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء.
5. **البعد البيئي** :يهدف إلى تقليل النفايات والانبعاثات وترشيد استخدام الموارد.
6. **البعد المالي** :يسعى لخفض التكاليف وتحسين الربحية من خلال القضاء على الهدر.
7. **البعد الزمني** :يركز على تقليل وقت دورة الإنتاج وتحسين وقت التسليم.
8. **بعد الجودة** :يهدف إلى التحسين المستمر للجودة ورضا الزبائن.
9. **البعد الثقافي** :يعزز قيم العمل الجماعي والثقة والشفافية.
10. **البعد الاجتماعي** :يرتبط بالمسؤولية الاجتماعية تجاه العاملين والمجتمع.

3.1.3. مكونات استراتيجية التصنيع الفعال Components of the Agile Manufacturing Strategy

تعتمد فعالية هذه الاستراتيجية على ثلاث مكونات أساسية:

- تقانة المعلومات (IT): تشكل العمود الفقري للاتصالات وتبادل البيانات في الوقت الفعلي (Shahin et al., 2023: 112).
- العاملون الأذكياء (IW): وهم الموارد البشرية القادرة على التعلم والابتكار (حسين، 2022: 26).
- الشركاء المتحدون (UP): ويشمل التحالفات الاستراتيجية مع الموردين والعملاء لتعزيز سلاسل التوريد المرنة (Kumar, 2020: 160).

4.1.3. مزايا وتحديات التطبيق Advantages and Challenges of Implementation

من أبرز مزايا تبني استراتيجية التصنيع الفعال: تخفيض التكاليف، سرعة تطوير المنتجات، زيادة رضا الزبائن، وتحسين الكفاءة التشغيلية (Gunasekaran et al., 2018). أما التحديات فتتمثل في الحاجة إلى استثمارات كبيرة في البنية التحتية التكنولوجية، وتغيير الثقافة التنظيمية، وتأهيل الكوادر البشرية. وتشير مراجعة (Abualfaraa et al., 2020) إلى أن التكامل بين مبادئ التصنيع الفعال والاستدامة يمكن أن يحقق فوائد مضاعفة، لكنه يتطلب إدارة متكاملة.

5.1.3. التكامل بين التصنيع الفعال ومحاسبة الاستدامة

لا يمكن النظر إلى استراتيجية التصنيع الفعال بوصفها مجرد فلسفة تشغيلية لتحسين الكفاءة وخفض الهدر، بل هي مدخل استراتيجي لإعادة تصميم نظم المعلومات المحاسبية ذاتها. فالتحول من الإنتاج للمخزون إلى الإنتاج المرتكز على طلب الزبون يستلزم نظم تكلفة قادرة على تتبع التكاليف في الوقت الفعلي، وتخصيص الموارد بدقة، وهو ما لا يتوفر في النظم التقليدية. هنا يبرز دور محاسبة الاستدامة، ليس كأداة رقابية لاحقة، بل كممكن استباقي لاستراتيجية التصنيع الفعال، من خلال توفير معلومات كمية ونقدية عن الآثار البيئية والاقتصادية للأنشطة الإنتاجية. وبذلك تتحول المحاسبة من مسجل للتاريخ إلى موجه للقرار، وتتحول استراتيجية التصنيع من مجرد أدوات إلى نظام متكامل تقوده المعلومات.

2.3. الإطار النظري لمعايير محاسبة الاستدامة

1.2.3. تطور مفهوم الاستدامة The Evolution of the Concept of Sustainability

شهد مفهوم الاستدامة تطوراً تدريجياً من التركيز البيئي البحت في ستينيات وسبعينيات القرن الماضي (كمؤتمر ستوكهولم 1972) إلى مفهوم ثلاثي الأبعاد يجمع بين البيئة، والاقتصاد، والمجتمع، كما ظهر في تقرير برونتلاند "مستقبلنا المشترك" (1987). ثم تبلور في أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة (SDGs) عام 2015، والتي تشكل إطاراً عالمياً للعمل حتى عام 2030.(United Nations, 2015: 12) . غير أن السياق التاريخي لتطور الاستدامة، رغم أهميته التأصيلية، لم يعد كافيًا لفهم تعقيدات العلاقة بين التصنيع الفعال والمحاسبة البيئية في العصر الرقمي. فقد فرضت ثورة الصناعة 4.0 و5.0 نموذجًا جديدًا للربط بين الكفاءة التشغيلية والأداء المستدام، يقوم على توظيف تقنيات

الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والتوأم الرقمي في قياس وإدارة التكاليف البيئية آنيًا، وهو ما سيتم تناوله بالتفصيل في الفقرة (5.2.3).

2.2.3. تعريف محاسبة الاستدامة Definition of Sustainability Accounting

يعرف الجليحاوي محاسبة الاستدامة بأنها "النظام المحاسبي المتكامل الذي يهدف إلى قياس وتحليل والإفصاح عن الآثار الاقتصادية والبيئية والاجتماعية لأنشطة الوحدة الاقتصادية، لتوفير معلومات شاملة تدعم صنع القرارات المستدامة ومساءلة الإدارة أمام جميع أصحاب المصلحة" (الجليحاوي، 2020: 93).

3.2.3. معايير محاسبة الاستدامة الرئيسة Sustainability Accounting Standards

أصبحت معايير الإبلاغ عن الاستدامة ضرورية لضمان الشفافية والمقارنة. وأبرز هذه المعايير:

- معايير المبادرة العالمية لإعداد التقارير (GRI): تُعد الأكثر انتشاراً عالمياً، وتوفر إطاراً شاملاً للإبلاغ عن الأداء الاقتصادي، البيئي، والاجتماعي. تم تحديثها في 2021 لتعزيز الجودة والتطابق مع أهداف التنمية المستدامة (GRI Standards, 2021).
- مجلس معايير محاسبة الاستدامة (SASB): يركز على توفير معلومات مالية ذات صلة بقرارات المستثمرين، ويصنّف المعايير حسب القطاعات الصناعية.(SASB, 2020)

4.2.3. دور محاسبة الاستدامة في دعم التصنيع الفعال

The Role of Sustainability Accounting in Supporting Agile Manufacturing

تسهم محاسبة الاستدامة في نجاح استراتيجية التصنيع الفعال من خلال توفير معلومات دقيقة عن التكاليف البيئية، وقياس الأداء غير المالي، وتعزيز الشفافية وثقة أصحاب المصلحة، ودعم القرارات الاستراتيجية الطويلة الأمد (Burritt & Schaltegger, 2017).

5.2.3. النماذج الحديثة لربط التصنيع الفعال بالاستدامة: من الصناعة 4.0 إلى الصناعة 5.0

شهدت السنوات الأخيرة تحولاً جذرياً في العلاقة بين التصنيع الفعال ومحاسبة الاستدامة بفضل تقنيات الثورة الصناعية. ففي سياق الصناعة 4.0، أسهمت تقنيات إنترنت الأشياء والذكاء الاصطناعي والتوأم الرقمي في تمكين المراقبة اللحظية للأداء البيئي، وتوفير بيانات دقيقة لمحاسبة الاستدامة، والانتقال من القياس الدوري إلى القياس المستمر، ومن الإفصاح التاريخي إلى التقارير التنبؤية .(Pant et al., 2025, p. 10) وقد أظهرت الدراسات أن دمج التقنيات الرقمية المتطورة مثل الذكاء الاصطناعي وإنترنت الأشياء والأنظمة السيبرانية-الفيزيائية في منهجيات التصنيع الفعال يُحسّن مرونة الإنتاج واستجابته وتخصيصه.(Pant et al., 2025, p. 15)

أما مع الصناعة 5.0، فقد تطور النموذج ليتجاوز الأتمتة نحو التكامل الإنساني-التقني والاستدامة الشاملة، استناداً إلى ركائز :البشرية، المرونة، والاستدامة .(Breque et al., 2021, p. 12; Xu et al., 2021, p. 532) وتُصنّف أنواع التصنيع الفعال والمرن وقابلية إعادة التشكيل والذكية ضمن الإطار الجديد للصناعة 5.0، حيث تستفيد هذه الأنظمة من تقنيات الثورة الصناعية الرابعة مع التركيز على المركزية البشرية .(Turner & Oyekan, 2023, p. 10169)ويتجلى التكامل الحديث في توظيف الذكاء الاصطناعي لتحليل البيانات البيئية الضخمة، واستخدام التوأم الرقمي المعرفي لمحاكاة الأثر البيئي قبل التصنيع ودعم تحقيق أهداف التنمية المستدامة (Sharma & Gupta, 2024, p. 141364; Assad et al., 2024, p. 678)، وتتبع البصمة الكربونية عبر سلسلة القيمة بأنترنت الأشياء. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن أنظمة التصنيع القابلة لإعادة التشكيل والمرنة والذكية تشكل الأساس التقني لتحقيق التصنيع المستدام في عصر الصناعة 5.0 (Ghobakhloo et al., 2023, p. 138023) (Turner & Oyekan, 2023, p. 10170). كما يُستخدم تحليل دورة الحياة (LCA) كإطار توجيهي مركزي، لقرارات التصنيع التي يمكن عرض نتائجها للإنسان عبر بيئة التوأم الرقمي .(Turner & Oyekan, 2023, p. 10172) وقد بدأت معايير محاسبة الاستدامة بدمج مؤشرات أداء رقمية تعكس هذا التطور، مما يحول محاسبة الاستدامة من وظيفة رقابية لاحقة إلى شريك استراتيجي في تصميم العمليات وتطوير المنتجات.(Lu et al., 2022, p. 620)

6.2.3. محاسبة الاستدامة كآلية لتفعيل التصنيع الفعال

لا تقتصر وظيفة معايير محاسبة الاستدامة كـ (GRI و (SASB) على الإفصاح الخارجي، بل تمتد لتشكل أداة إدارة داخلية تدعم التحول نحو التصنيع الفعال. فمعيار (GRI 301 المواد) يوفر إطارًا لقياس كفاءة استخدام المواد الأولية، وهو ما يلتقي مباشرة مع هدف التصنيع الفعال في تقليل الهدر .ومعيار (GRI 302 الطاقة) يزود الإدارة ببيانات دقيقة عن كثافة الطاقة، مما يمكنها من تحديد فرص التحسين في أنشطة الأفران والمكائن الثقيلة. أما معيار (GRI 306 المخلفات) فيخلق لغة مشتركة بين المهندسين والمحاسبين لقياس كفاءة العمليات البيئية. بهذا المعنى، تصبح معايير محاسبة الاستدامة البعد القياسي لاستراتيجية التصنيع الفعال، وليست مجرد التزام تنظيمي إضافي.

3.3. الإطار النظري لإدارة التكلفة البيئية

1.3.3. مفهوم وأهمية إدارة التكلفة البيئية

Concept and Importance of Environmental Cost Management

تشير إدارة التكلفة البيئية إلى "عملية تحديد، تجميع، تحليل، وإدارة التكاليف المرتبطة بالآثار البيئية لأنشطة الوحدة الاقتصادية، بهدف تحقيق الكفاءة التشغيلية والامتثال التنظيمي والمسؤولية الاجتماعية .(IFAC, 2019) "وقد ازدادت أهميتها نتيجة للتشريعات البيئية المشددة، وزيادة وعي المستهلكين، وضغوط المستثمرين نحو الاستدامة.

2.3.3. تقنيات إدارة التكلفة البيئية Techniques of Environmental Cost Management

1) دورة حياة المنتج البيئية:(Environmental Life Cycle Costing-ELCC)

تقنية تحليلية تهدف إلى تقييم مجموع التكاليف المرتبطة بمنتج ما خلال جميع مراحل دورة حياته، من استخراج المواد الخام حتى التخلص النهائي، مع التركيز على التكاليف البيئية الخارجية والداخلية. تساعد في اتخاذ قرارات التصميم والتطوير التي تقلل الأثر البيئي الكلي (الزملي والأعاجيبي، 2021).

2) التكلفة على أساس الأنشطة الموجهة بالوقت البيئية (TD-EABC)

تطوير لنظام التكلفة على أساس الأنشطة(ABC) ، حيث يتم تخصيص التكاليف البيئية للأنشطة بناءً على الوقت الفعلي المستهلك في تنفيذ كل نشاط. توفر هذه التقنية دقة أكبر في تحديد تكلفة العمليات البيئية (مثل معالجة المياه، إدارة النفايات) وتساعد في تحسين كفاءة تلك العمليات.(Kaplan & Anderson, 2017)

3) التكلفة المستهدفة الخضراء:(Green Target Costing - GTC)

يذكر عايش التكلفة المستهدفة الخضراء بانها تقنية إدارية تبدأ بتحديد سعر البيع المستهدف للمنتج الصديق للبيئة في السوق، ثم طرح هامش الربح المطلوب لتحديد التكلفة المستهدفة المسموح بها. بعد ذلك، يتم العمل على تصميم وتصنيع المنتج بحيث لا تتجاوز تكلفته التكلفة المستهدفة، مع الالتزام بالمواصفات البيئية المطلوبة (عايش، 2022: 29). تبدأ بتحديد سعر البيع المستهدف للمنتج الصديق للبيئة في السوق، ثم طرح هامش الربح المطلوب لتحديد التكلفة المستهدفة، والعمل على تصميم المنتج بما يحقق المتطلبات البيئية ضمن حدود التكلفة (Cooper & Slagmulder, 2017)، مع دمج المتطلبات البيئية والتشريعية لتلبية توقعات الزبائن والحفاظ على البيئة.(Zhang et al., 2020: 214)

3.3.3. التكامل بين التقنيات واستراتيجية التصنيع الفعال

يشكل تطبيق هذه التقنيات نظاماً متكاملاً لدعم التصنيع الفعال. وقد أظهرت دراسات تطبيقية مثل (Saribu et al., 2023و (Marota, 2024: 43–56) أهمية تبني المحاسبة الإدارية البيئية والممارسات المحاسبية المبتكرة لتحقيق استدامة منظمات التصنيع، خاصةً المشاريع الصغيرة والمتوسطة (Innovative management accounting practices..., 2021). كما أن تقييم الفوائد البيئية للممارسات الفعالة (Assessment of environmental benefits..., 2025)يساعد في تبرير الاستثمارات الموجهة نحو الاستدامة.

4.3.3. إطار تكاملي مقترح: من التقنيات المنفردة إلى المنظومة المتكاملة

يكمن جوهر هذه الدراسة في الانتقال من النظر إلى تقنيات إدارة التكلفة البيئية كأدوات منفصلة، إلى توظيفها كمنظومة متكاملة تُترجم استراتيجية التصنيع الفعال إلى نتائج ملموسة. يقوم هذا الإطار على ثلاث مراحل مترابطة:

المرحلة الأولى (التشخيص): ويتم فيها استخدام تقنية دورة حياة المنتج البيئية (EPLCA) لتحديد مراحل الهدر البيئي والتكلفة، من استخراج المواد الخام إلى التخلص النهائي. توفر هذه المرحلة خريطة لنقاط الضغط البيئي.

المرحلة الثانية (القياس): ويتم فيها توظيف تقنية التكلفة على أساس النشاط الموجه بالوقت (TD-EABC) لتخصيص التكاليف البيئية بدقة أعلى، وكشف التكلفة الخفية للوقت في العمليات الإنتاجية. تمكن هذه المرحلة من تحويل المهدر الزمني إلى قيمة مالية قابلة للقياس والتحسين.

المرحلة الثالثة (التحسين): ويتم فيها استخدام تقنية التكلفة المستهدفة الخضراء (GTC) لوضع أهداف كلفوية طموحة للمنتج الأخضر، وتحقيقها عبر أدوات مثل الهندسة العكسية وتحليل القيمة .تعمل هذه المرحلة على غلق فجوة التكلفة بين الواقع الحالي والمستهدف. يشكل هذا الإطار الثلاثي الدورة المتكاملة لتحويل استراتيجية التصنيع الفعال من فلسفة إلى ممارسة، ومحاسبة الاستدامة من إفصاح إلى إدارة، والتكاليف البيئية من عبء إلى استثمار .وهو ما تم اختباره تطبيقيًا في الجانب العملي من هذا البحث.

4. الجانب العملي للبحث Research Practical Side

1.3. تعريف مجتمع وعينة البحث Definition of the Research Population and Sample

1.1.4. التعريف بالشركة العامة للإسمنت الجنوبية

تأسست الشركة العامة للإسمنت الجنوبية عام 1995 وتتبع وزارة الصناعة والمعادن العراقية، وتُعد من أهم شركات صناعة الإسمنت في العراق، إذ حققت المرتبة الأولى في تقييم عام 1997 بين 60 شركة صناعية. تتميز بتمويل ذاتي واستقلال مالي وإداري، وحصلت على درجة الامتياز لعدة سنوات متتالية. تضم الشركة ثمانية معامل موزعة على عدد من المحافظات لإنتاج الإسمنت البورتلاندي والنورة بأنواعها المختلفة. أسهمت الشركة في إعادة تأهيل وتشغيل عدد من المعامل المتوقفة، وإنشاء محطات كهربائية وصيانة مرسبات الغبار. وتهدف إلى تعزيز الاقتصاد الوطني عبر زيادة الإنتاج وتحسين الجودة وحماية البيئة بما ينسجم مع خطط التنمية.

2.1.4. وصف معمل النورة

يُعد معمل النورة أحد معامل الشركة العامة للإسمنت الجنوبية، ويقع في محافظة كربلاء المقدسة، وقد تأسس عام 1983 بطاقة تصميمية تبلغ 200,000 طن سنوياً ويعمل بالطريقة الجافة لإنتاج النورة. ينتج المعمل ثلاثة أنواع رئيسية هي النورة الحية، والنورة المطفأة، والفلر، وتُستخدم في المجالات الصناعية والإنشائية والبيئية والزراعية. حصل المعمل على شهادتي الجودة العراقية والدولية، وتم استثماره من قبل شركة زين دجلة والفرات عام 2019 لمدة 25 سنة بطاقة تصميمية (180,000) طن سنوياً. ورغم جودة المنتج، شهدت الطاقة الإنتاجية انخفاضاً بسبب تقادم المعدات ونقص الوقود والمنافسة السعرية. وقد تم اختيار المعمل عينةً للبحث، مع اعتماد الفترة (2021–2024) للتحليل والتركيز على عام 2024.

جدول (1) الطاقات الإنتاجية لمنتج النورة للمدة 2021 - 2024 /وحدة القياس الطن

السنة	الطاقة التصميمة	الطاقة المتاحة	الإنتاج المخطط	الإنتاج الفعلي	نسبة المتحقق %		
					الطاقة التصميمية	الطاقة المتاحة	الإنتاج المخطط
2021	200,000	180,000	144,000	20,400	%10.20	%11.33	%14.17
2023	200,000	180,000	144,000	21,348	%10.67	%11.86	%14.83
2024	200,000	180,000	144,000	11600	%5.80	%6.44	%8.06

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على تقارير قسم الإنتاج.

3.1.4. تحديد نظام التكلفة والية التسعير المطبقة في معمل النورة:

يعتمد معمل النورة في نظام التكاليف على النظام المحاسبي الموحد، الذي يقوم بتبويب الحسابات إلى موجودات، مطلوبات، استخدامات (مصروفات)، وموارد، بما يوفر معلومات داعمة للتخطيط والرقابة واتخاذ القرارات. ويستند النظام إلى تقسيم مراكز التكلفة إلى مراكز إنتاج ومراكز خدمات إنتاج دون فصل مستقل للتكاليف البيئية، إذ تُضمَّن ضمن بنود التكاليف الأخرى. أما تسعير منتج النورة فيتم من خلال لجنة مختصة تدرس تكاليف الإنتاج وظروف السوق وتقترح سعر البيع لمصادقة الإدارة العليا. ويعتمد التسعير على أساس تحميل جميع التكاليف مع إضافة هامش ربح يتراوح بين (1%–10%)، وقد يكون السعر أحياناً أقل من التكلفة.

جدول (2) احتساب تكلفة الطن الواحد من النورة في معمل كربلاء لعام /2024

البند	المبلغ (دينار)	التكلفة/للطن (دينار) [2]
التكاليف المتغيرة		
المواد الخام (حجر الكلس)[3]	391,500,000	33,750
الوقود والزيوت	415860000	35850
نقل وإيفادات واتصالات	19,349,140	1,668
المياه والكهرباء	72,000,000	6,207
الأدوات الاحتياطية	23,064,300	1,988
المتنوعات	22,235,650	1,917
مصاريف تحويلية	11,000,000	948
خدمات صيانة	22,344,000	1,926

[2] احتسبت تكلفة الطن الواحد من منتج النورة بقسمة المبلغ الاجمالي لأي فقرة من فقرات التكلفة التي يتضمنها الجدول على كمية الانتاج خلال عام 2024 والبالغة 11600 طن منتج من مادة النورة.

[3] كل طن من منتج النورة يحتاج الى 2.7 طن من مادة حجر الكلس، سعر طن الحجر 12500 دينار وعليه تكون تكلفة الحجر للطن الواحد من منج النورة هي 33750 دينار احتسبت كالاتي (2.7طن حجر× 12500سعر الطن= 33750) وبهذا تكون كلفة انتاج 11600 طن من المنتج 11600 ×33750= 391500000 دينار.

مصاريف خدمات متنوعة	5,551,500	479
تجهيزات العاملين	813,000	70
إجمالي التكاليف المتغيرة	983,717,590	84,803
التكاليف الثابتة		
الرواتب والأجور	503,178,000	43,377
الاندثارات	7,566,350	652
دعاية وطبع وضيافة	5,168,620	446
خدمات أبحاث واستشارات	10,000,000	862
إجمالي التكاليف الثابتة	525,912,970	45,337
إجمالي التكاليف وتكلفة الطن	1,509,630,560	130,140

المصدر: اعداد الباحثين بالاعتماد على بيات شعبة التكاليف

يمثل الجدول اعلاه ملخص لإجمالي تكلفة مراحل دورة حياة المنتج البيئية لعام 2024 حسب تسلسل تلك المراحل والتي هي ذات صلة بمنتج النورة، كما ان هذه التكلفة تتطابق مع التكلفة الحالية لمنتج النورة في المعمل عينة البحث الموضحة تفاصيلها في الجدول (2) من هذا المبحث.

4.1.4. واقع تطبيق استراتيجيات التصنيع، تقنيات ادارة التكلفة البيئية ومعايير محاسبة الاستدامة في المعمل عينة البحث

يتبين أن المعمل يعمل حاليًا ضمن أنظمة تقليدية تؤثر سلبًا على أدائه التنافسي. فهو يطبق استراتيجية تصنيع تقليدية تركز على الإنتاج للمخزون دون مراعاة لمتطلبات السوق أو الزبون المباشرة، مما يؤدي إلى ارتفاع التكاليف التخزينية وهدر في الموارد وعدم قدرة على التكيف مع التغيرات السوقية. الحل الأمثل هو التحول نحو استراتيجية التصنيع الفعال المرتكزة على تلبية طلب الزبون بالجودة والتوقيت المناسبين، لكن المعمل يفتقر للبنية التقنية والكفاءات البشرية والشبكات التعاونية اللازمة لذلك. على صعيد إدارة التكلفة البيئية، يفتقر النظام المحاسبي إلى آلية منفصلة لقياس التكاليف البيئية، خاصة تلك المرتبطة بالانبعاثات الناتجة عن عمليات الحرق والتكلس، مما يحجب الصورة الحقيقية للتأثير البيئي ويعيق اتخاذ القرارات الدقيقة. ولتعزيز الكفاءة والامتثال البيئي، يقترح البحث اعتماد تقنيات حديثة مثل تحليل دورة حياة المنتج والتكلفة المستهدفة الخضراء. أما فيما يخص معايير محاسبة الاستدامة، فيتم تطبيقها بشكل محدود وغير منهجي. فالجانب الاقتصادي يعاني من ضعف في الأداء، والجانب البيئي يظهر قصورًا في إدارة الموارد الطبيعية والطاقة والمياه والتحكم في الانبعاثات، بينما يحتاج الجانب الاجتماعي إلى تعزيز في مجالات الصحة والسلامة والتدريب. يُعد دمج هذه المعايير مع استراتيجية التصنيع الفعال وتقنيات إدارة التكلفة البيئية نموذجًا متكاملاً لتحقيق كفاءة اقتصادية ومسؤولية بيئية واجتماعية، مما يخلق أساسًا متينًا لميزة تنافسية مستدامة.

2.2. تطبيق تقنيات ادارة التكلفة البيئية في المَعمل عينةِ البحث

1.2.4. منهجية التطبيق وجمع البيانات

لاختبار فرضية البحث، تم اتباع الخطوات التالية:

1. **تقييم الجاهزية :تم** تقييم البنية التحتية الحالية للمعمل، وأنظمة المعلومات، والقدرات البشرية، في ضوء متطلبات تبني استراتيجية التصنيع الفعّال ومعايير محاسبة الاستدامة، وذلك من خلال تحليل وصفي للوضع القائم بالاعتماد على السجلات الفنية والمحاسبية والتقارير الداخلية للمعمل، دون استخدام أدوات مسح ميداني.
2. **جمع البيانات :تم** جمع البيانات المالية والتشغيلية والبيئية للسنة المالية 2024 من السجلات المحاسبية، وتقارير الإنتاج، وقياسات الانبعاثات، واستخدامها في التحليل التطبيقي لإدارة التكلفة البيئية.

2.2.4. طبيعة التطبيق في هذا البحث

يدرك الباحثون أن التطبيق الكامل لاستراتيجية التصنيع الفعال يستلزم تدخلات هندسية وتنظيمية واستثمارية تشمل إعادة تصميم خطوط الإنتاج، وتطبيق نظام الإنتاج في الوقت المحدد(JIT) ، وإنشاء خلايا إنتاجية مرنة، وتقليل الهدر الحركي والزمني. وهذه التدخلات تقع ضمن اختصاص الهندسة الصناعية وإدارة العمليات، وتتطلب تخصيص موارد ضخمة وفترة زمنية طويلة، وتخرج عن نطاق دراسة حالة أكاديمية محدودة الإمكانات والزمان.

غير أن التحول الناجح نحو التصنيع الفعال لا يبدأ بالتغيير الهندسي، بل يبدأ ببناء نظام معلوماتي محاسبي قادر على قياس التكاليف البيئية بدقة، وتحديد مصادر الهدر، وتقدير وفورات التحسين، وتبرير قرارات الاستثمار .فكيف يمكن للإدارة أن تقرر التحول إلى JIT وهي لا تعلم كم تكلفها أوقات التعطل؟ وكيف يمكنها الاستثمار في تكنولوجيا نظيفة وهي لا تملك بيانات دقيقة عن تكلفة الانبعاثات الحالية؟

ما يقدمه هذا البحث هو تطبيق متكامل لنظام محاسبة التكاليف البيئية الاستباقي، الذي يمثل البنية التحتية المعلوماتية لاستراتيجية التصنيع الفعال. لقد قمنا بتشخيص الوضع الراهن، وأعدنا احتساب التكاليف بثلاث تقنيات

حديثة، وحددنا فجوات التكلفة بدقة، وقدمنا تقديرات كمية للأثر البيئي والاقتصادي والاجتماعي للتحسينات المقترحة. هذا هو العمل المحاسبي – الاستراتيجي الذي يسبق العمل الهندسي ويمهد له ويرشده.

وعليه، فإن عنوان البحث يعكس بدقة دوره :استراتيجية التصنيع الفعال هي الهدف الاستراتيجي، وتقنيات إدارة التكلفة البيئية هي الأداة المحاسبية التي تم تطبيقها فعلياً لتمكين هذه الاستراتيجية. وليس من الدقة المنهجية اعتبار ما تم إنجازه "مجرد إعادة احتساب تكاليف"، بل هو إعادة هندسة لنظام المعلومات المحاسبية لدعم التحول الاستراتيجي".

3.2.4. تطبيق الجانب النظري مع الجانب العملي:

1. تطبيق دورة حياة المنتج البيئية Application of the Environmental Product Life Cycle

تم تحليل التكاليف البيئية لمنتج النورة عبر خمس مراحل رئيسة: البحث والتطوير والتصميم البيئي، الإنتاج البيئي، التسويق والتوزيع البيئي، الخدمات البيئية، وأخيراً إعادة التدوير أو التخلص النهائي البيئي. أظهر التحليل الوارد في جدول (3)أن التكلفة الإجمالية للأنشطة البيئية بلغت (1,509,630,560) لعام 2024، وأن مرحلة الإنتاج البيئي استحوذت على الحصة الأكبر من هذه التكاليف (بنسبة تقارب 76%)، مما يعكس التركيز العالي لتكاليف الطاقة والانبعاثات والمناولة داخل هذه المرحلة الحيوية. ويوضح الجدول التوزيع التفصيلي لهذه التكاليف على الأنشطة الفرعية ضمن كل مرحلة، مما يسلط الضوء على مجالات التكلفة الحرجة التي تحتاج إلى تحسين.

جدول (3) التكلفة الاجمالية لأنشطة دورة حياة المنتج البيئية في المعمل لعام 2024

المرحلة	الانشطة	اسم الحساب						
		الرواتب والأجور	مستلزمات سلعية	مستلزمات خدمية	الاندثارات	مصاريف تحويلية	مصاريف أخرى	المجموع
مرحلة البحث والتطوير والتصميم الاخضر	نشاط التخطيط والمتابعة	6,250,000	4,077,050	97,000	0	0	410,000	10,834,050
	نشاط التدريب	7,785,260	40,000	10,356,000	0	0	520,000	18,701,260
	نشاط التصميم	6,450,000	3,870,500	920,000	0	0	0	11,240,500
	نشاط الفحص الهندسي	6,500,000	1,000,000	570,000	0	0	660,500	8,730,500
	مجموع تكلفة المرحلة							49,506,310
مرحلة التصنيع الاخضر	نشاط مقلع الحجر	41,433,200	93,043,215	39,500,000	1,285,000		8,800,000	184,061,415
	نشاط الكسارة الأولية	45,100,920	48,457,785	47,500,000	370,285	12,345,000	7,100,000	160,873,990
	نشاط الكسارة الثانوية	42,272,470	64,500,000	53,800,000	285,000		6,200,000	167,057,470
	نشاط الأفران	78,856,888	177,030,338	65,000,000	5,212,000	13,112,000	14,700,000	353,911,226
	نشاط التبريد والطحن	52,834,512	62,447,322	52,500,000	128,000		10,199,100	178,108,934
	نشاط التعبئة والتجهيز	25,158,410	53,800,184	17,890,000	286,065		5,584,580	102,719,239
	مجموع تكلفة المرحلة							1,146,732,274
مرحلة التسويق والتوزيع الاخضر		67,659,321	21,000,000	4,820,000	0	37,642	0	93,516,963
	مجموع تكلفة المرحلة							93,516,963
مرحلة الخدمات		94,135,109	68,083,151	13,021,626	0	83,815	0	175,323,701

الخضراء								
مجموع تكلفة المرحلة								175,323,701
مرحلة اعادة التدوير او التخلص النهائي الاخضر		28,741,910	12,129,263	3,680,139	0	0	0	44,551,312
مجموع تكلفة المرحلة								44,551,312
اجمالي تكلفة المراحل								1,509,630,560

المصدر: اعداد الباحثين

تحليل توزيع تكاليف أنشطة دورة حياة المنتج البيئية في معمل النورة لعام 2024

يُلاحظ من الجدول أعلاه أن إجمالي تكلفة أنشطة دورة حياة المنتج البيئية في معمل النورة لعام 2024 بلغ (1,509,630,560) دينار، وهو ما يعكس الحجم الحقيقي للأعباء البيئية المرتبطة بمختلف مراحل دورة الحياة. ويمكن تحليل هذا الإجمالي وفق المراحل والأنشطة الرئيسة على النحو الآتي:

1) التحليل الشامل لتوزيع التكلفة على مراحل دورة الحياة البيئية

- مرحلة التصنيع الأخضر (الإنتاج)

بلغت تكلفة هذه المرحلة (1,146,732,274)دينار، وبنسبة 76.0%من إجمالي تكاليف دورة الحياة البيئية. وتشير هذه النسبة المرتفعة إلى أن مرحلة التصنيع تُعد المحرك الرئيس للتكلفة البيئية، والأكثر استهلاكًا للموارد والطاقة، مما يجعلها المجال الأهم لتطبيق إجراءات التحسين البيئي ورفع الكفاءة التشغيلية.

- مرحلة الخدمات الخضراء

بلغت تكلفتها (175,323,701)دينار، وبنسبة 11.6%من الإجمالي، لتحتل المرتبة الثانية بعد التصنيع. ويعكس ذلك وجود أعباء تشغيلية وإدارية وخدمية مستمرة مرتبطة بدعم العملية الإنتاجية والمحافظة على متطلبات الاستدامة البيئية.

- مرحلة التسويق والتوزيع الأخضر

سجلت هذه المرحلة تكلفة قدرها (93,516,963)دينار، وبنسبة 6.2%من الإجمالي، وهي تمثل التكاليف البيئية المرتبطة بالنقل والتغليف والترويج، والتي وإن كانت أقل من الإنتاج، إلا أنها لا يمكن إغفال أثرها البيئي.

- مرحلة البحث والتطوير والتصميم الأخضر

بلغت تكلفتها (49,506,310)دينار، وبنسبة 3.3%من إجمالي التكاليف. وتشير هذه النسبة المحدودة إلى أن الاستثمار في المراحل المبكرة من دورة الحياة ما يزال منخفضًا نسبيًا، رغم دورها الوقائي في تقليل التكاليف البيئية المستقبلية.

- مرحلة إعادة التدوير أو التخلص النهائي الأخضر

بلغت تكلفة هذه المرحلة (44,551,312)دينار، وبنسبة 3.0%من الإجمالي، وهي تمثل الأعباء البيئية في نهاية دورة الحياة، سواء من خلال إعادة التدوير أو المعالجة النهائية للنفايات.

2) تحليل التكاليف داخل كل مرحلة

1.2. مرحلة التصنيع الأخضر (الإنتاج) – مركز التكلفة الرئيس توزعت تكاليف هذه المرحلة كما يأتي:

تُظهر بيانات الجدول أن تكاليف هذه المرحلة تتركز في عدد محدود من الأنشطة كثيفة الطاقة والمعالجة الميكانيكية، على النحو الآتي:

- نشاط الأفران: بلغ (353,911,226)دينار، بما يعادل 30.7%من تكلفة التصنيع و 23.3%من إجمالي تكلفة دورة الحياة، ليُعد النشاط الأعلى تكلفة في المعمل ككل، نظرًا لاعتماده المكثف على الطاقة والوقود.
- نشاط التبريد والطحن: بلغت تكلفته (178,108,934)دينار، وبنسبة 15.5%من تكلفة التصنيع.
- نشاط مقلع الحجر: بلغت تكلفته (184,061,415)دينار، وبنسبة 16.1%من تكلفة التصنيع، نتيجة أعمال الاستخراج والنقل الأولي.
- نشاط الكسارة الأولية: بلغت تكلفته (160,873,990)دينار، وبنسبة 14.0%من التصنيع.
- نشاط الكسارة الثانوية: بلغت تكلفته (167,057,470)دينار، وبنسبة 14.6%من التصنيع.

- نشاط التعبئة والتجهيز: بلغت تكلفته (102,719,239)دينار، وبنسبة 9.0%من التصنيع.

ويُلاحظ من ذلك أن ما يزيد على 90%من تكاليف مرحلة التصنيع تتركز في أنشطة مرتبطة مباشرة باستهلاك الطاقة والمعالجة الميكانيكية، وهو ما يبرز بوضوح نقاط الضغط البيئي والتكلفي داخل المعمل.

2.2. مرحلة البحث والتطوير والتصميم الأخضر توزعت تكاليف هذه المرحلة كما يأتي:

- نشاط التدريب: بلغ (18,701,260)دينار، وبنسبة 37.8%من تكلفة المرحلة، ما يشير إلى اهتمام المعمل ببناء القدرات البشرية المرتبطة بالجودة والامتثال البيئي.
- نشاط التخطيط والمتابعة: بلغت تكلفته (10,834,050)دينار، وبنسبة .21.9%
- نشاط التصميم: بلغت تكلفته (11,240,500)دينار، وبنسبة .22.7%
- نشاط الفحص الهندسي: بلغت تكلفته (8,730,500)دينار، وبنسبة .17.6%

وتشير هذه النتائج إلى توزيع متوازن نسبيًا للتكاليف داخل المرحلة، مع ميل واضح نحو الأنشطة ذات الطابع الوقائي والتطويري.

3.2. مرحلة إعادة التدوير أو التخلص النهائي الأخضر

يتبين من الجدول أن هيكل تكلفة هذه المرحلة يتسم بما يأتي:

- الرواتب والأجور :تشكل ما يقارب 65%من تكلفة المرحلة، مما يدل على أنها مرحلة كثيفة العمل البشري.
- المستلزمات السلعية :تشكل نحو 27%من التكلفة.
- المستلزمات الخدمية :تمثل حوالي 8%من التكلفة.

ويعكس ذلك اعتماد هذه المرحلة على الجهد البشري المباشر في عمليات الفرز والمعالجة والنقل.

من التحليل اعلاه يستنتج تُظهر نتائج التحليل أن مرحلة التصنيع الأخضر، ولاسيما نشاط الأفران، تمثل نقطة التحكم الحرجة في إدارة التكلفة البيئية، إذ تستحوذ على أكثر من ثلاثة أرباع إجمالي التكاليف البيئية، الأمر الذي يعكس ارتفاع مستوى استهلاك الطاقة وكثافة التأثيرات البيئية في هذه المرحلة مقارنة بالمراحل الأخرى. كما يبيّن التحليل وضوح هيكل التكلفة البيئية، من خلال توفيره قاعدة كمية دقيقة تمكّن الإدارة من توجيه الاستثمارات نحو الأنشطة الأعلى حساسية للتكلفة، وبخاصة ما يتعلق بتبني تقنيات كفاءة الطاقة، وتعزيز برامج الصيانة الوقائية، واستخدام التقنيات النظيفة. وفي هذا السياق، يدعم التوزيع غير المتكافئ للتكاليف فرضية البحث التي تنطلق من أن تطبيق تقنيات إدارة التكلفة البيئية، ولاسيما تحليل دورة حياة المنتج البيئية، يُعد تطبيقًا عمليًا لمعايير محاسبة الاستدامة، ولا سيما معايير GRI 300 المتعلقة بالمواد والطاقة والانبعاثات، إذ يسهم في تحديد نقاط التركيز بدقة وقياس الأداء البيئي بصورة كمية.

2. تطبيق تقنية التكلفة على أساس الأنشطة البيئية الموجهة بالوقت: (TD-EABC)

تم تطبيق هذه التقنية كجزء من منهج متكامل يهدف إلى تحديد التكاليف البيئية الدقيقة وتحسينها، دعماً للتحول إلى استراتيجية تصنيع فعال. يوضح الجدول التالي الإطار العام لتطبيق التقنية من خلال ربطها بمراحل دورة حياة المنتج.

يوضح هذا الجدول الإطار النظري لتكامل تقنية TD-EABC مع تحليل دورة حياة المنتج البيئي(EPLCA) ، حيث يتم تخصيص التكاليف البيئية لأنشطة محددة في كل مرحلة من حياة المنتج.

جدول (4) موائمة تقنية التكلفة على اساس النشاط البيئي الموجه بالوقت على وفق مراحل دورة حياة منتج النورة للمعمل عينة البحث

مراحل دورة حياة منتج النورة	مرحلة ما قبل الإنتاج	مرحلة الإنتاج	مرحلة ما بعد الإنتاج		
أنشطة مراحل دورة حياة المنتج البيئي	انشطة ما قبل الإنتاج	انشطة التصنيع	انشطة ما بعد الإنتاج		
	مرحلة البحث والتطوير البيئي	مرحلة الانتاج البيئي	مرحلة التسويق والتوزيع البيئي	مرحلة الخدمات البيئية	مرحلة اعادة التدوير او التخلص النهائي
التكلفة على اساس النشاط البيئي الموجه بالوقت	تكلفة ما قبل الإنتاج	تكلفة الإنتاج	تكلفة ما بعد الانتاج		

المصدر: اعداد الباحثين

يؤسس هذا الجدول لنهج تحليلي يربط بين التكلفة والوقت والنشاط البيئي عبر المراحل المختلفة، مما يتيح تتبع التكاليف البيئية بدقة أكبر من النظام التقليدي.

خطوات تطبيق تقنية TD-EABC

- **تحديد مجموعات الموارد:**

تشمل مجموعات الموارد جميع الأقسام والشعب المرتبطة بمراحل دورة حياة منتج النورة في المعمل عينة البحث.

- **تحديد إجمالي تكلفة كل مجموعة موارد:**

تم تحديد إجمالي التكلفة لكل مجموعة موارد من خلال حصر عناصر التكلفة المباشرة وغير المباشرة المرتبطة بأداء الأنشطة، حيث تمثلت التكاليف المباشرة برواتب العاملين، في حين شملت التكاليف غير المباشرة باقي عناصر الكلفة الصناعية عدا المواد والعمل المباشر.

- **تحديد الطاقة العملية لكل مجموعة موارد:**

تم اعتماد الطاقة العملية بنسبة (80%) من الطاقة النظرية، بوصفها معيارًا مستخدمًا في الدراسات التطبيقية، وتم احتساب الطاقة العملية السنوية للأنشطة البيئية ذات العلاقة بمنتج النورة كما موضح في الجدول (5).

جدول (5) الطاقة العملية السنوية للأنشطة البيئية ذات العلاقة بمنتج النورة لعام 2024

ت	الأنشطة	عدد العاملين	الطاقة العملية لكل عامل سنويا بالدقيقة	الطاقة العملية لكل نشاط 2×3
1	نشاط مقلع الحجر	5	88,704	443,520
2	نشاط الكسارة الأولية	4	88,704	354,816
3	نشاط الكسارة الثانوية	5	88,704	443,520
4	نشاط الأفران	9	88,704	798,336
5	نشاط التبريد والطحن	5	88,704	443,520
6	نشاط التعبئة والتجهيز	4	88,704	354,816
	المجموع	32	532,224	2,838,528

المصدر: اعداد الباحثين بالاعتماد على شعبة التكلفة.

يلاحظ من الجدول اعلاه انه تم احتساب الطاقة العملية السنوية لكل عامل وفق الاتي:

الطاقة العملية = (7 ساعات[4]عمل يومياً في المعمل × 22 يوم عمل شهرياً باستبعاد العطل× 12شهر× 60 دقيقة /ساعة) × 80% = 88704 دقيقة

- **تحديد تكلفة وحدة الوقت:**

تم احتساب تكلفة وحدة الوقت (الدقيقة الواحدة) لكل نشاط من خلال قسمة إجمالي تكلفة التشغيل على الطاقة العملية، كما موضح في الجدول (6).

جدول (6) تكلفة وحدة الوقت للدقيقة الواحدة للعمليات ذات الصلة بمنتج النورة لعام 2024

ت	الأنشطة	تكلفة النشاط دينار (1)	الطاقة العملية دقيقة (2)	تكلفة وحدة الوقت دينار/دقيقة = 2÷3
1	نشاط مقلع الحجر	41,433,200	443,520	93.419
2	نشاط الكسارة الأولية	45,100,920	354,816	127.111
3	نشاط الكسارة الثانوية	42,272,470	443,520	95.311
4	نشاط الأفران	78,856,888	798,336	98.777
5	نشاط التبريد والطحن	52,834,512	443,520	119.125
6	نشاط التعبئة والتجهيز	25,158,410	354,816	70.906
	المجموع	285,656,400	2,838,528	604.649

المصدر: اعداد الباحثين بالاعتماد على شعبة التكلفة.

يكشف الجدول عن التكلفة الخفية للوقت في كل عملية إنتاجية، مما يسلط الضوء على مراكز التكلفة الأكثر تأثيراً (مثل الأفران) ويوفر أساساً موضوعياً لقياس كفاءة استغلال الوقت وتحسينه.

- **تحديد الأنشطة ووقت أداء أحداثها:**

جرى تحديد وتجميع الأنشطة المرتبطة بمرحلة الإنتاج البيئي وقياس أوقات أدائها اعتمادًا على معادلات الوقت، تمهيدًا لاحتساب تكلفة التشغيل لكل نشاط. فمعادلة الوقت لنشاط تهيئة وتكسير المواد الأولية تكون كالآتي:

وقت نشاط التهيئة والتكسير لمقلع الحجر (بالدقائق) = استلام امر العمل (2) + القلع (2) + التجفيف (0.5) + التصنيف (0.5) تغذية الكسارات (1) + التكسير (0.9) + التنعيم (0.8) + النخل (1.3) + صيانة الآلات والمكاسر (0.1) نقل المواد الأولية بواسطة الناقل المطاطي (0.9)

- **احتساب تكلفة التشغيل:**

تم احتساب تكلفة التشغيل لكل نشاط من خلال ضرب تكلفة وحدة الوقت في وقت أداء النشاط، فمثلا يتم احتساب تكلفة التشغيل لنشاط التهيئة والتكسير كالآتي:

[4] يمثل هذا الرقم ساعات العمل الفعلية لليوم الواحد وهي مساوية لساعات العمل المخططة وذلك حسب المقابلة مع مدير المعمل

تكلفة تشغيل نشاط التهيئة والتكسير للطن الواحد = تكلفة وحدة الوقت للنشاط دينار / دقيقة * وقت حدث النشاط دقيقة
93.419 دينار / دقيقة × 10 دقيقة = 934.19

ويمكن اعداد معادلة تكلفة التشغيل لبقية الانشطة بالطريقة نفسها. كما موضح في الجدول (7).

جدول (7) تحديد كلف تشغيل الأنشطة ذات العلاقة بمنتج النورة

الانشطة	وقت اداء النشاط / دقيقة (1)	تكلفة وحدة الوقت دينار/دقيقة (2)	تكلفة التشغيل دينار (3) = 1×2
نشاط مقلع الحجر	10.00	93.42	934.19
نشاط الكسارة الاولية	12	127.11	1,525.33
نشاط الكسارة الثانوية	9.50	95.31	905.46
نشاط الأفران	12	98.78	1,185.32
نشاط التبريد والطحن	6.00	119.13	714.75
نشاط التعبئة والتجهيز	3.80	70.91	269.44
المجموع	53	604.65	5,534.49

المصدر: اعداد الباحثين

يحول هذا الجدول البيانات الزمنية إلى قيم مالية دقيقة، مقدّماً صورة واضحة عن تكلفة الموارد المستنفدة (العمل والتكاليف الصناعية) في كل مرحلة.

- **احتساب التكلفة الإجمالية للأنشطة البيئية:**

تم تحديد التكلفة الإجمالية لكل نشاط من أنشطة مرحلة الإنتاج البيئي من خلال إضافة تكلفة المواد المباشرة إلى تكلفة التشغيل، فضلًا عن تحميل التكاليف الإدارية والتسويقية والخدمية الخضراء، كما موضح في الجدول (8).

جدول (8) تحديد الكلف الإجمالية للأنشطة البيئية ذات العلاقة بمنتج النورة

الأنشطة	تكلفة التشغيل (1)	تكلفة المواد (2)	تكلفة الصنع (3) = 1+2	التكاليف الإدارية والتسويقية والخدمية الخضراء لمراحل ما قبل وما بعد الإنتاج (4) 40%	المجموع (5) = 3+4
نشاط مقلع الحجر	934	12,296	13,230	5,292	18,522
نشاط الكسارة الأولية	1,525	9,980	11,506	4,602	16,108
نشاط الكسارة الثانوية	905	10,757	11,663	4,665	16,328
نشاط الأفران	1,185	23,712	24,897	9,959	34,856
نشاط التبريد والطحن	715	10,800	11,514	4,606	16,120
نشاط التعبئة والتجهيز	269	6,686	6,956	2,332	9,288
المجموع	5,534	74,231	79,765	31,456	111,221

المصدر: اعداد الباحثين

تشير نتائج الجدول (8) إلى انخفاض التكلفة الإجمالية لمرحلة الإنتاج البيئي لمنتج النورة في المعمل عينة البحث إلى (111,221 دينار/طن) مقارنة بالتكلفة الفعلية المعتمدة في المعمل والبالغة (130,140 دينار/طن)، أي بانخفاض قدره (18,918 دينار/طن). ويعكس هذا الانخفاض كفاءة تطبيق منهج التكامل بين تقنيتي دورة حياة المنتج البيئية وتقنيةTD-EABC، ولاسيما في إدارة الوقت وربط التكاليف بالأنشطة البيئية بدقة أعلى، بما يسهم في تحسين قياس التكلفة البيئية وتوفير معلومات محاسبية أكثر ملاءمة لدعم متطلبات الاستدامة، ويؤكد هذا الانخفاض قدرة التقنية على تحسين كفاءة استغلال الوقت والموارد، مما يدعم أهداف التصنيع الفعال (كالمرونة وتقليل الهدر). كما يخلق هذا التحسين المالي أثراً إيجابياً على مؤشرات الاستدامة الاقتصادية. يبقى هذا التطبيق خطوة ضمن رحلة التحسين، ليتم استكمالها بتقنيات مثل التكلفة المستهدفة الخضراء (GTC) لتحقيق أهداف بيئية واقتصادية أوسع.

3. تطبيق تقنية الكلفة المستهدفة الخضراء في المعمل عينة البحث

تهدف هذه الفقرة إلى تطبيق خطوات تقنية التكلفة المستهدفة الخضراء (Green Target Costing) في المعمل عينة البحث، بغرض تحسين كفاءة العمليات الإنتاجية وترشيد التكاليف، مع مراعاة المتطلبات البيئية المرتبطة بالمنتج. وقد جرى التطبيق وفق الخطوات الآتية:

- **تحديد السعر المستهدف**

تم تحديد السعر المستهدف لمنتج النورة بالاعتماد على نتائج المسح الميداني للأسواق المحلية، من خلال حصر أسعار المنتجات المماثلة والمنافسة، كما موضح في الجدول (9). وبالاعتماد على متوسط أسعار هذه المنتجات، تم احتساب سعر البيع المستهدف لمنتج النورة بمقدار (111,250 دينار/طن)، ليُعتمد أساسًا لتطبيق تقنية التكلفة المستهدفة.

جدول (9) اسعار بيع المنتجات المنافسة لمنتج معمل النورة لسنة 2024

المنتج المنافس لمنتج المعمل عينة البحث	السعر للطن الواحد
منتج ايراني	121000
منتج تركي	124000
منتج هندي	90000
منتج صيني	110000

المصدر: اعداد الباحثين بالاعتماد على المسح الميداني للأسواق

وبناءً على ذلك، يتم حساب سعر البيع المستهدف كالآتي:

سعر البيع المستهدف = (121,000 + 124,000 + 90,000 + 110,000) / 4 = 111,250 دينار/طن

- **تحديد الربح المستهدف**

تم اعتماد هامش ربح بنسبة (10%) من سعر البيع المستهدف، بوصفه هامشًا محافظًا يتلاءم مع طبيعة السوق، وعليه بلغ الربح المستهدف (11,125 دينار/طن).

الربح المستهدف = 111,250 × 10% = 11,125 دينار/طن

- **تحديد الكلفة المستهدفة**

تم تحديد التكلفة المستهدفة من خلال طرح الربح المستهدف من سعر البيع المستهدف، وبلغت (100,125 دينار/طن).

الكلفة المستهدفة = سعر البيع المستهدف – الربح المستهدف

الكلفة المستهدفة = 111,250 – 11,125 = 100,125 دينار/طن

- **تحديد السعر المستهدف الأخضر**

نظرًا لتوجه المعمل نحو تقديم منتج ذي خصائص بيئية محسنة، تم اعتماد علاوة سعرية خضراء بنسبة (12%) من سعر البيع المستهدف، وبذلك بلغ السعر المستهدف الأخضر (124,600 دينار/طن).

السعر المستهدف الأخضر = 111,250 + (111,250 × 12%) = 124,600 دينار/طن

- **تحديد هامش الربح الأخضر**

تم احتساب هامش الربح الأخضر بنسبة (14%) من السعر المستهدف الأخضر، استنادًا إلى هامش الربح الاعتيادي مضافًا إليه نسبة إضافية لمواجهة مخاطر طرح منتج أخضر جديد، وبلغ هامش الربح الأخضر (17,444 دينار/طن).

هامش الربح الأخضر = 124,600 × 14% = 17,444 دينار/طن

- **تحديد الكلفة المستهدفة الخضراء**

تم تحديد التكلفة المستهدفة الخضراء بطرح هامش الربح الأخضر من السعر المستهدف الأخضر، حيث بلغت (107,156 دينار/طن).

الكلفة المستهدفة الخضراء = السعر المستهدف الأخضر – هامش الربح الأخضر

الكلفة المستهدفة الخضراء = 124,600 – 17,444 = 107,156 دينار/طن

- **تحديد الكلفة الحالية**

بلغت الكلفة الحالية لمنتج النورة والمحسوبة بتقنيتي دورة حياة المنتج البيئي والتكلفة على أساس النشاط البيئي (111,221)دينار/طن.

- **تحديد مقدار التخفيض المستهدف (فجوة الكلفة)**

تم احتساب فجوة التكلفة من خلال الفرق بين التكلفة الحالية والتكلفة المستهدفة الخضراء، والتي بلغت (4,065 دينار/طن)، وتمثل مقدار التخفيض المطلوب تحقيقه.

مقدار التخفيض المستهدف = الكلفة المستهدفة الخضراء – الكلفة الحالية

مقدار التخفيض المستهدف = 107,156 - 111,221 = -4,065 دينار/طن (فجوة تحتاج للتخفيض) .

- **تحقيق التخفيض المستهدف في الكلفة (باستخدام الهندسة العكسية)**

لغرض تقليص فجوة التكلفة، جرى اعتماد أداة الهندسة العكسية (التحليل المفكك) بوصفها إحدى الأدوات الرئيسة لتقنية التكلفة المستهدفة، من خلال مقارنة مكونات منتج المعمل مع منتج منافس عالي النقاوة. وقد أسفر التحليل عن إمكانية تخفيض تكلفة المواد المباشرة عبر تعديل بعض مكونات ومعدلات الصرف، كما موضح في الجدولين (10) و(11) .

جدول (10) تحديد الفروقات في مكونات المنتج المحلي والمنتج الإيراني المنافس

التفاصيل	منتج النورة معمل كربلاء		المنتج المنافس (النورة الايراني)	
ت	نوع المادة	المادة المستخدمة	معدل الصرف	المادة المستخدمة	معدل الصرف
1	حجر	حجر الجيري[5]	2.7 طن	حجر	2.2طن
2	الطين الطمي	تراب الطين	-	الطين الطمي	0.10كغم
3	الوقود	نفط اسود	345 لتر	----	---
4	الوقود	كاز وبنزين	3 لتر	----	---
5	وقود وزيوت	غاز	----	غاز	210

المصدر: إعداد الباحثين بالاعتماد على آراء المختصين.

يبيّن الجدول (10) الاختلافات الرئيسية التالية:

1. الطين الطمي :لا يستخدم في منتج المعمل، بينما يُضاف بنسبة 0.10 طن في المنتج الإيراني لتحسين التماسك والنعومة وضبط التفاعل.
2. نوع الوقود :يستخدم المعمل النفط الأسود والجازولين، بينما يعتمد المنتج المنافس على الغاز (وهو غالباً أقل كلفة وأكثر نظافة) .
3. معدلات الصرف :هناك تفاوت في كميات المواد المستخدمة، مثل كمية حجر الجيري (2.7 طن مقابل 2.2 طن).

فرضت هذه الفروق ضرورة تعديل مواصفات منتج المعمل لتحقيق الجودة المنافسة وتخفيض الكلفة. ويوضح الجدول (11)الأثر الكلفوي لهذه التعديلات عند محاكاة مواصفات المنتج المنافس.

جدول (11) مقارنة تكلفة المواد الأولية المباشرة وفرق التكلفة بعد التعدي

ت	التفاصيل	منتج النورة التابع للمعمل عينة البحث			منتج النورة المنافس			مقدار التخفيض في التكلفة بعد اجراء التعديل وفقاً لمواصفات المنتج المنافس
		الكمية	السعر	التكلفة	الكمية	السعر	التكلفة	
1	حجر الجيري	2.7	12500	33750	2.2	14500	31900	1850
2	الطين الطمي			0	0.15	5400	810	810-
3	نفط اسود	345	100	34500				34500
4	كاز وبنزين	3	450	1350				1350
5	غاز	_	_		250	135	33750	33750-
المجموع				69600	المجموع		66,460.00	3140

المصدر: اعداد الباحثين بالاعتماد على بيانات شعبة التكاليف في المعمل عينة البحث وبيانات الإنتاج

أظهرت النتائج تحقيق تخفيض في تكلفة المواد المباشرة بمقدار (3,140 دينار/طن). وبسبب عدم كفاية هذا التخفيض لسد فجوة التكلفة بالكامل، تم إجراء تخفيض إضافي في التكاليف التسويقية والإدارية والخدمية الخضراء بنسبة (2%) من إجماليها، مما أسهم في تخفيض إضافي مقداره (629 دينار/طن). وبلغ إجمالي التخفيض المتحقق (3,769 دينار/طن)، أي ما يعادل (93%) من فجوة التكلفة المستهدفة.

وقد أظهر التكامل بين التقنيات الكلفوية البيئية المستخدمة في البحث (دورة حياة المنتج، والتكلفة على أساس النشاط، والكلفة المستهدفة الخضراء) تحقيق تخفيض إجمالي في تكلفة الطن الواحد، كما هو ملخص في الجدول (12).

جدول (12) تحقيق تخفيض التكلفة نتيجة تطبيق تقنيات إدارة التكلفة البيئية

عناصر التكاليف الخاصة بمنتج النورة	تكاليف العناصر قبل التخفيض (دينار)	تكاليف العناصر بعد التخفيض (الدينار)	الفرق (دينار)
تكلفة المواد المباشرة	69,600.00	66460	3,140.00
تكلفة العمل المباشر	24,453.44	5,534.49	18,918.95
التكاليف الصناعية غير مباشرة	4,630.29	4,630.29	0
التكاليف التسويقية والإدارية	31,456	30,827	629
اجمالي التكاليف	130,140.00	107452.0453	22,687.95

المصدر اعداد الباحث بالاعتماد على الجداول (11)، (8)

[5] تم الحصول على كمية المواد الداخلة في عملية انتاج النورة من شعبة الانتاج وبالرجوع الى الجداول المثبتة في الملحق جدول رقم, 7,8

ساهم التطبيق بتحديد الفجوة من خلال مقارنة الكلفة الحالية المحتسبة وفقا لتقنية لتصنيع الفعال والكلفة المستهدفة الخضراء بدعم من أداة الهندسة العكسية في تحقيق 98% من التخفيض المستهدف (فجوة الكلفة)، مما يمكن المعمل من تحسين مواصفات المنتج بناءً على معايير المنافس، والجمع بين رفع الجودة وتخفيض التكاليف، وتعظيم القيمة من منظور الزبون والمُنشأة. ويفتح المجال أمام بحوث مستقبلية لتطبيق تقنيات كلفوية حديثة أخرى لتحقيق التخفيضات المتبقية ودفع عجلة التنافسية. وبشكل أوسع، يُجسّد هذا المبحث التطبيق العملي المتكامل لتقنيات إدارة التكلفة البيئية :دورة حياة المنتج البيئية(EPLCA) ، والتكلفة على أساس النشاط البيئي(TD-EABC) ، والكلفة المستهدفة الخضراء .(GTC) وقد أثبت هذا التكامل فاعليته في ترجمة استراتيجية التصنيع الفعال المستدام إلى نتائج ملموسة، حيث حقق نقلة نوعية في كفاءة استخدام الموارد والطاقة وتقليل الأثر البيئي، ما انعكس في النهاية على تخفيض إجمالي كبير في تكاليف الإنتاج بلغ (22,687.95 (دينار للطن.

5. المناقشة Discussion

يبرز هذا التكامل الاستراتيجي سعي الوحدات الاقتصادية الصناعية لتحقيق فاعلية التصنيع ومسؤوليتها تجاه تحقيق أبعاد الاستدامة الثلاثة: الاقتصادية والبيئية والاجتماعية. وقد تحققت هذه الغاية من خلال تبني وتطبيق حزمة متكاملة من تقنيات ادارة التكلفة البيئية التي تمثلت في:

1.5. تقييم دورة الحياة البيئية :(EPLCA) والتي وفرت رؤية شمولية للأثر البيئي للمنتج منذ استخراج المواد الخام حتى التخلص النهائي، مما مكّن من تحديد مراحل الهدر والتلوث ومعالجتها في تصميم المنتج وعمليات الإنتاج.

2.5. التكلفة على أساس النشاط البيئي الموجه بالوقت :(TD-EABC) والتي كشفت عن التكاليف الحقيقية للأنشطة البيئية (مثل معالجة النفايات، ترشيد الاستهلاك)، وساعدت في قياس كفاءة هذه الأنشطة وتوجيه القرارات لتحسينها، مما رفع من فعالية العمليات.

3.5. الكلفة المستهدفة الخضراء :(GTC) والتي وضعت أطراً مالية صارمة وطموحة للتكلفة منذ مرحلة التصميم، مُراعيةً فيها متطلبات الجودة والسوق بالإضافة إلى المعايير البيئية، مما دفع نحو الابتكار في التصميم واختيار المواد والعمليات لتحقيق الأهداف بكفاءة.

لقد أثبت التطبيق بين هذه التقنيات فعاليته كأداة قوية لتحويل مفهوم" التصنيع الفعال "من إطار نظري إلى واقع عملي قياسي. فمن الناحية الاقتصادية (فاعلية التصنيع)، تحققت وفورات تكلفوية كبيرة (22,687.95 (دينار للطن نتيجة ترشيد استخدام الموارد والطاقة والقضاء على الهدر في الأنشطة. ومن الناحية البيئية (الاستدامة البيئية)، تم تقليل البصمة البيئية للمنتج من خلال تحسين كفاءة العمليات وتقليل الانبعاثات والنفايات. كما أسهم النهج في بعده الاجتماعي غير المباشر، من خلال تحسين صحة وسلامة بيئة العمل والمجتمع المحيط، وتقديم منتج صديق للبيئة للمستهلك. أظهرت نتائج البحث أن تبنّي تقنيات إدارة التكلفة البيئية أسهم في تحقيق تحسّن كمي ملموس في مؤشرات محاسبة الاستدامة بأبعادها الثلاثة: البيئي والاقتصادي والاجتماعي وكما يلي:

1. **البعد البيئي:** تحقق خفض جوهري في الانبعاثات الكربونية نتيجة التحول من النفط إلى الغاز الطبيعي، إذ انخفض معامل الانبعاث من (3.15 كغم CO_2/كغم وقود) إلى (2.7 كغم CO_2/كغم وقود). ومع استهلاك بلغ (345 لتر نفط/طن) قبل التحول و(250 كغم غاز/طن) بعده، وحجم إنتاج سنوي قدره (11,600 طن)، بلغت نسبة التخفيض في الانبعاثات (37.9%) من إجمالي الانبعاثات السابقة، بما يعزز تقليل البصمة الكربونية.

كما أسهم تطبيق نظام إعادة تدوير المياه في ترشيد الاستهلاك بنسبة (30%)، إذ انخفض الاستهلاك السنوي من (5,800 م³) إلى توفير مقداره (1,740 م³/سنة). وفي مجال المخلفات الصلبة، انخفضت الكمية المتولدة من (6,264 طن/سنة) إلى (3,132 طن/سنة) بنسبة تخفيض بلغت (50%) نتيجة تحسين العمليات وإعادة الاستخدام، الأمر الذي عزز كفاءة استخدام المواد الأولية وخفّض الأعباء البيئية.

2. **البعد الاقتصادي:** أسفر التطبيق عن توفير في التكاليف المباشرة والتسويقية والإدارية بلغ (22,923.95 دينار/طن)، أي ما يعادل (265,917,820 دينار/سنة). كما تحقق توفير إضافي في تكاليف الوقود بلغ (197,200,000 دينار/سنة) نتيجة التحول من النفط إلى الغاز الطبيعي.

وعلى صعيد الكفاءة الإنتاجية، بلغ معدل استغلال الطاقة التصميمية قبل التطبيق (5.8%) فقط من طاقة مقدارها (200,000 طن/سنة)، في حين أظهر التطبيق إمكانية رفع الاستغلال إلى (75–90%)، أي ما بين (150,000–180,000 طن/سنة)، بما يعزز الاستدامة الاقتصادية طويلة الأجل.

3. **البعد الاجتماعي:** أدى تطبيق إجراءات التحكم بالغبار والتهوية إلى تحسين جودة الهواء داخل بيئة العمل، إذ انخفض تركيز الغبار من (15 ملغ/م³) إلى (8 ملغ/م³)، بنسبة تحسن بلغت (46.7%)، وهو ما يُتوقع أن يساهم في

خفض أمراض الجهاز التنفسي بين العاملين بنحو (30%). كما ارتفع مؤشر رضا العاملين عن بيئة العمل من (70–72%) إلى نحو (85%)، بما يعكس تحسن البيئة المؤسسية وتعزيز ثقافة السلامة والمسؤولية البيئية.

4. **التوافق مع معايير محاسبة الاستدامة (GRI):** بيّن التقويم تحسنًا واضحًا في مؤشرات GRI، إذ ارتفعت كفاءة الطاقة من (65%) إلى (83%) وفق GRI 302، مع تحسن استهلاك الطاقة بنسبة (27.7%) وانخفاض كثافة الطاقة بنسبة (22.8%). كما انخفضت الانبعاثات وفق GRI 305 بنسبة (28%)، وانخفضت كثافتها بنسبة (32%). وفي مجال المخلفات (GRI 306) ارتفعت نسبة إعادة التدوير من (30%) إلى (55%)، مع تخفيض المخلفات بنسبة (50%). أما في التوظيف (GRI 401) فقد ارتفع مؤشر رضا العاملين إلى (85%).

وتراوحت نسب التحسن الكمي في مؤشرات الأداء المستدام بين (17.6%) و(1,450%)، في حين تراوحت مستويات الامتثال لمتطلبات GRI بين (28%) و(83%). وتشير هذه النتائج إلى أن تطبيق تقنيات إدارة التكلفة البيئية وفّر بيانات كمية ونقدية دقيقة عن الآثار البيئية والاقتصادية والاجتماعية، وأسهم في سد الفجوات المعلوماتية ودعم اتخاذ القرار. كما مكّن المعمل من تحقيق تحسن متزامن في الأبعاد الثلاثة للاستدامة، بما يؤكد فاعلية المنهج المطبق وقدرته على مواءمة الأداء مع متطلبات معايير محاسبة الاستدامة الدولية.

ومن خلال ما توصل اليه الباحثون تؤكد نتائج البحث صحة الفرضية الأساسية التي افترضت وجود **"علاقة ارتباطية وتأثيرية إيجابية ذي اتجاهين بين تطبيق استراتيجية التصنيع الفعال، والاعتماد على أطر ومعايير محاسبة الاستدامة، وتحسين فاعلية وكفاءة إدارة التكلفة البيئية".** فقد أظهر التطبيق العملي في معمل النورة - كربلاء أن:

1. التحول نحو استراتيجية التصنيع الفعال) من خلال تطبيق تقنيات إدارة التكلفة البيئية) أسهم في خفض التكاليف الإجمالية للإنتاج بمقدار 22,687.95 دينار/طن، وهو ما يمثل تحسناً اقتصادياً ملموساً.
2. توفير نظام متكامل للقياس والمتابعة من خلال معايير محاسبة الاستدامة (خاصة معايير (GRI مكّن من تحويل المكاسب التشغيلية (كترشيد الطاقة والمواد) إلى مؤشرات أداء قابلة للقياس والمقارنة، حيث تحسنت نسبة استغلال الطاقة التصميمية من 5.8% إلى مستويات تصل إلى 75-90% محتملة.
3. تحويل التكلفة البيئية من عبء إلى استثمار من خلال تطبيق تقنيات مثل التكلفة المستهدفة الخضراء ودورة حياة المنتج البيئي، حيث حقق المعمل وفورات مالية سنوية تقدر بـ 265,917,820 دينار مع تحسين الأداء البيئي.
4. تحقيق التكامل بين الأبعاد الثلاثة للاستدامة:

- اقتصادياً :خفض التكاليف وزيادة الكفاءة الإنتاجية.
- بيئياً :تخفيض الانبعاثات الكربونية بنسبة 37.9% وتقليل المخلفات الصلبة بنسبة 50.%.
- اجتماعياً :تحسين بيئة العمل ورفع مؤشر رضا العاملين إلى 85.%.

6. **الاستنتاجات Conclusions**

- استراتيجية التصنيع الفعال كمدخل استباقي :تمثل استراتيجية التصنيع الفعال إطاراً عملياً متكاملاً لتحقيق المرونة التشغيلية والاستجابة لمتطلبات السوق، مع دمج الاعتبارات البيئية في صميم العمليات الإنتاجية.
- محاسبة الاستدامة كأداة قياس وتقييم :توفّر معايير محاسبة الاستدامة (كمعايير GRI و SASB)النظام المحاسبي والقواعد القياسية اللازمة لقياس وتتبّع والإفصاح عن التكاليف والمنافع البيئية، مما يجعل الأداء البيئي قابلاً للإدارة الفعالة.
- التكامل بين تقنيات ادارة التكلفة البيئية: أظهر البحث أن التطبيق لتقنيات إدارة التكلفة البيئية (دورة حياة المنتج، التكلفة على أساس الأنشطة الموجهة بالوقت، التكلفة المستهدفة الخضراء) يحقق نتائج تفوق بكثير تطبيق كل تقنية على حدة.
- الدور التحويلي للمعلومات المحاسبية: تحوّلت المعلومات المحاسبية من مجرد أداة لقياس التكاليف التاريخية إلى نظام معلوماتي استراتيجي يدعم اتخاذ القرارات التشغيلية والاستثمارية المستدامة.
- المكاسب المزدوجة :يحقق التكامل بين استراتيجية التصنيع الفعال وإدارة التكلفة البيئية وفورات مزدوجة: اقتصادية من خلال خفض التكاليف، وبيئية من خلال ترشيد استخدام الموارد وتقليل الانبعاثات والنفايات.
- التحديات القائمة :رغم النتائج الإيجابية، يواجه تطبيق هذا النموذج تحديات تتعلق بالبنية التحتية التكنولوجية، وتأهيل الكوادر البشرية، والتغيير الثقافي التنظيمي، والحاجة إلى استثمارات أولية.

شكر وتقدير: يتقدم المؤلفين بالشكر والعرفان لكادر معمل النورة في كربلاء متمثلا بأدارة المعمل والعاملين لتعاونهم في انجاز متطلبات الجانب العملي وتقديم البيانات الخاصة بالمعمل لسنة الدراسة.
التمويل: لم تقوم اية جهةٍ بتقديم تمويل لدعم هذا البحث.
الذكاء الاصطناعي التوليدي والتقنيات المدعومة بالذكاء الاصطناعي في عملية الكتابة: لم يعتمد الباحثين على برامج الذكاء الصناعي في انجاز بحثهم.
تضارب المصالح: يُقرّ المؤلفون بعدم وجود تضارب مصالح يتعلق بالمضمون أو التأليف أو نشر هذا البحث.
نبذة قصيرة عن كل مؤلف:
المؤلف الأول: م. صادق هادي محي المنصوري حاصل على شهادة الماجستير في مجال المحاسبة وهو الان في مرحلة أعداد أطروحة الدكتوراه في مجال المحاسبة المالية.
المؤلف الثاني: أ. د. صلاح مهدي جواد الكواز حاصل على شهادة الماجستير والدكتوراه في مجال المحاسبة كلفة وادارية.
المؤلف الثالث: أ. م. د. جاسم عيدان براك المعموري حاصل على شهادة الماجستير والدكتوراه في مجال المحاسبة المالية.
الاهتمامات البحثية:
1. المحاسبة في عصر التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي.
2. المحاسبة المستدامة والمساءلة البيئية والاجتماعية والحوكمة (ESG).

المصادر References

1. الجابري، م. (2021). استراتيجية التصنيع الفعال وتأثيرها في الأداء التنافسي. *مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية*،(2) 25، 33-50.
2. الجليحاوي، ع. (2020) *استعمال تقنيات المحاسبة الإدارية البيئية بالتوافق مع معايير محاسبة الاستدامة لتحقيق استدامة المنتج* أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد.
3. حسين، ح. ع. (2022) *تطبيق تقنيات إدارة التكلفة الاستراتيجية لدعم استراتيجية التصنيع الفعّال وأثرها في تحقيق الميزة التنافسية المستدامة* رسالة ماجستير، جامعة كربلاء.
4. خليل، م.، &عبيدة، ن. (2018). التصنيع الفعال والجودة الشاملة. *مجلة الإدارة والاقتصاد*(1) 30، 161-180.
5. الزاملي، ر.، & الأعاجيبي، ع. (2021). تحليل التكاليف البيئية على أساس الأنشطة ودوره في تحسين الأداء البيئي للوحدات الاقتصادية. *مجلة المحاسبة والتدقيق*،(3) 18، 120-135 .
6. Abualfaraa, W., Salonitis, K., Al-Ashaab, A., & Ala'raj, M. (2020). Lean green manufacturing practices and their link with sustainability: A critical review. *Sustainability*, 12 (3), 981.
7. Assad, F., Patsavellas, J., & Salonitis, K. (2024). Enhancing sustainability in manufacturing through cognitive digital twins powered by generative artificial intelligence. *Procedia CIRP*, 130, 677–682.
8. Bai, C., et al. (2025). Effects of lean and green supply chain management practices on the performance of Hungarian manufacturing companies. *Discover Sustainability*, 6, 45.
9. Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. European Commission.
10. Burritt, R. L., & Schaltegger, S. (2017). Sustainability accounting and reporting: Fad or trend? *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 30 (7), 1526–1551.
11. Chen, P.-K., et al. (2020). Lean manufacturing and environmental sustainability. *Sustainability*, 12 (18), 7258.
12. Cooper, R., & Slagmulder, R. (2017). *Target costing and value engineering* (2nd ed.). Productivity Press.
13. European Proceedings. (2023). Environmental management accounting practices. *European Proceedings of Social and Behavioural Sciences*,128, 215–230.
14. Ghobakhloo, M., et al. (2023). Industry 5.0 implications. *Journal of Cleaner Production*, 417, 138023.

15. Global Reporting Initiative. (2021). *GRI Standards*.
16. Gunasekaran, A., et al. (2018). Agile manufacturing. *International Journal of Production Research*, 57 (15–16), 5154–5174.
17. IFAC. (2019). *Environmental management accounting: International guidance document*.
18. Innovative management accounting practices. (2021). *Environment, Development and Sustainability*, 24, 4567–4590.
19. Journal of Cleaner Production. (2015). Material flow cost accounting. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1378–1389.
20. Juliani, D., et al. (2025). Green accounting impact. *Performance: Jurnal Bisnis & Akuntansi*, 15 (1), 1–18.
21. Kamble, S. S., et al. (2020). Industry 4.0 and lean manufacturing. *International Journal of Production Research*, 58 (5), 1319–1337.
22. Kanoa, M. O., & Sorour, M. J. (2020). Material flow cost accounting. *Tikrit Journal of Administrative and Economic Sciences*, 16 (52), 115–131.
23. Kaplan, R. S., & Anderson, S. R. (2017). *Time-driven activity-based costing*.
24. Kumar, V. (2020). *Agile manufacturing: A supply chain approach*.
25. Lemohang, M., & Bhekithemba, M. (2015). Agile manufacturing framework. *International Journal of Production Research*, 53 (10), 3032–3050.
26. Lu, Y., et al. (2022). Human-centric manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, 62, 612–627.
27. Marota, R. (2024). Material flow cost accounting. *Indonesian Journal of Business and Entrepreneurship*, 3 (1), 43–56.
28. Miseldra Gil-Marín, et al. (2022). Sustainability accounting studies. *Sustainability*, 14 (15), 9533.
29. Pant, R., et al. (2025). Industry 5.0 technologies. *Operations Research Forum*, 6 (1), 29.
30. Saribu, A. D., et al. (2023). Environmental management accounting. *Indonesian Interdisciplinary Journal of Sharia Economics*, 6 (3), 3371–3385.
31. Shahin, M., et al. (2023). IT in agile manufacturing. *Computers & Industrial Engineering*, 175, 108120.
32. Sharma, R., & Gupta, H. (2024). Digital twins in Industry 5.0. *Journal of Cleaner Production*, 448, 141364.
33. Sustainability Accounting Standards Board. (2020). *SASB Standards*.
34. Thomas, A., et al. (2018). Agile manufacturing concepts. *International Journal of Operations & Production Management*, 38 (1), 6–25.
35. Turner, C., & Oyekan, J. (2023). Industry 5.0 manufacturing systems. *Sustainability*, 15 (13), 10169.
36. United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda*.
37. Xu, X., et al. (2021). Industry 4.0 and 5.0. *Journal of Manufacturing Systems*, 61, 530–535.
38. Yli-Ojanperä, M., et al. (2019). Agile manufacturing and Industry 4.0. *Journal of Industrial Information Integration*, 15, 147–160.
39. Zhang, Y., et al. (2020). Green and lean development. *Resources, Conservation and Recycling*, 156, 104714.