تخفيض أضرار البصمة الكربونية لصناعة الإسمنت وفق استراتيجيات التصنيع المستدام

دراسة حالة في معمل إسمنت كركوك

م.م. نجلاء قاسم محمد
جامعة كركوك
كلية القانون والعلوم السياسية
najlaa-qasim@uokirkuk.edu.iq

ISSN 2709-6475 DOI: https://dx.doi.org/10.37940/BEJAR.2023.5.4.12

تأريخ استلام البحث ٢٠٢٣/٤/٢٩ تأريخ قبول النشر ٢٠٢٣/٥/٦ تأريخ النشر ٢٠٢٣/١٠/٣٠

المستخلص

الهدف: يكمن الهدف الرئيسي للبحث في التحقق من مدى قيام المعمل المبحوث بايلاء أهمية متساوية لاعتماد استراتيجيات التصنيع المستدام من أجل إنتاج اسمنت صديق للبيئة.

منهج البحث وأدواته: استخدم البحث الحالي المنهج الوصفي التحليلي لوصف متغيرات البحث وطبيعة العلاقة بينهما، وتم جمع البيانات بواسطة الاستبانة التي وزعت الكترونيا على (60) فرداً من العاملين والمسؤولين في المعمل المبحوث عبر الوسائط الرقمية خلال فترة إجراء البحث واسترجعت جميعها، وجرى اختبار فرضية البحث الرئيسة وذلك باستخدام التحليل التمييزي المتدرج لتصنيف متغيرات البحث حسب أهميتها.

النتائج: توصل البحث الى مجموعة من النتائج لعل أهمها تباين الاهتمام الذي توليه المعمل المبحوث لاستراتيجيات التصنيع المستدام، وقدم البحث مجموعة من المقترحات التي تساعد الشركة في تحقيق أهدافها ومراميها في إنتاج مادة اسمنت وفق منظور بيئي مستدام.

الكلمات المفتاحية: البصمة الكربونية، استراتيجيات التصنيع المستدام، معمل اسمنت كركوك.

مجلة اقتصاديات الأعمال
المجلد (٥) العدد (٤) ٢٠٢٣
الصفحات: ٢٠١-٢١٧

Reducing the carbon footprint of the cement industry according to the perspective of sustainable manufacturing

A Case Study in Kirkuk Cement Factory

Assistant Lecturer Najlaa Qasim Mohammed
University of Kirkuk
College of Law and Political Science
najlaa-qasim@uokirkuk.edu.iq

Abstract

Objective: The main objective of the research is to verify the extent to which the researched plant gives equal importance to adopting sustainable manufacturing strategies in order to produce environmentally friendly cement.

Research methodology and its tools: The current research used the analytical descriptive approach to describe the research variables and the nature of the relationship between them, and data was collected by means of a questionnaire that was distributed electronically to (60) individuals from the workers and officials in the researched laboratory via digital media during the period of conducting the research and all were retrieved, and the research hypothesis was tested The main one, by using the graded discriminant analysis to classify the research variables according to their importance.

Results: The research reached a set of results, perhaps the most important of which is the divergence of attention paid by the researched laboratory to sustainable manufacturing strategies. The research presented a set of proposals that help the company achieve its goals and objectives in producing cement according to a sustainable environmental perspective.

Key words: Carbon Footprint, Sustainable Manufacturing Strategies, Kirkuk Cement Factory.

المقدمة:

يعد قطاع صناعة الاسمنت من احدى القطاعات الصناعية الرئيسة والمهمة لدعم الاقتصاد المحلي باعتباره رافداً رئيسياً لمنتج الاسمنت المهم والحيوي لقطاعات البناء والاعمار والتشييد في البلد، إلا انه بالمقابل من ذلك فإن هذا القطاع له تأثيراته السلبية والضارة على البيئة والمناخ كونه يعد أحد الأسباب الرئيسة لتغير المناخ بسبب انبعاث كميات كبيرة من الغازات الضارة والصادرة منه وأبرزها هما غازي أول وثاني اوكسيد الكربون تحت مسمى علمي ألا وهو (البصمة الكربونية المرافقة لصناعة الاسمنت) والتي تقف عائقاً لمحاولة مكافحة التغير المناخي، فضلاً عن صعوبة السيطرة عليها وتقليل انبعاثاتها.

وفي سياق ذي صلة أكد كل من (Cagiao,*et.al.*,2011:1526) بأنه خلال السنوات العشر الأخيرة المنصرمة أطلقت مؤخراً عدة مبادرات بحثية ومنظميه لتفعيل مبدأ الاستدامة في صناعة الاسمنت من خلال التعرف على مسببات هذه البصمة الكربونية وكيفية تقييمها وتقليل أضرارها السلبية على البيئة والمناخ، ومن تلك المبادرات هي استراتيجيات التصنيع المستدام وكذلك المواصفة الدولية (الايزو ١٤٠٤٤ لتقييم دورة حياة المنتجات).

لذا يأتي هذا البحث ضمن احدى المبادرات العلمية لتأطير موضوع حيوي ومعاصر ضمن ادبيات إدارة العمليات الا وهو كيفية تخفيض اضرار البصمة الكربونية لصناعة الاسمنت عبر اعتماد استراتيجيات التصنيع المستدام في تلك الصناعة.

إذ يتضمن البحث أربعة مباحث يتطرق أولها الى منهجية البحث بينما يتناول الثاني إطاره النظري، في حين يركز ثالثهما على الإطار الميداني، أما المبحث الرابع والأخير فانه سوف يستعرض الاستنتاجات التي توصل اليها البحث استناداً الى نتائجه الميدانية، فضلاً عن المقترحات التي تقابل تلك الاستنتاجات.

المبحث الأول: منهجية البحث:

أولاً: مشكلة البحث وتساؤلاته:

على الرغم من أهمية صناعة الاسمنت كإحدى دعائم الاقتصاد الوطني، إلا أن هذه الصناعة تعد من أكثر الصناعات التي لها أضرار على البيئة نظراً للكميات الكبيرة من الغازات السامة والملوثات المرافقة لهذه الصناعة، لذا أ صبح التحدي الأكبر الذي يواجه شركات الاسمنت في الوقت الحالي هو مدى قدرتها على مغادرة العمليات الصناعية التقليدية التي تستنزف الموارد والطاقة وترفع من التلوث البيئي وتبني استراتيجيات التصنيع المستدام التي حظيت باهتمام واسع من الشركات الصناعية في جميع دول العالم المتقدمة باعتبارها وسيلة اساسية لتخفيض الآثار الضارة للبصمة الكربونية من أجل المحافظة على البيئة والحد من التلوث ومن اجل تحسين الاداء البيئي لشركات الاسمنت بشكل عام والمعمل المبحوث بشكل خاص، وهو ما تسعى الشركات الصناعية بشكل خاص إلى تحقيقيه، واتساقاً مع ما تقدم أعلاه يمكن أن توضح التساؤلات الآتية مشكلة البحث و على النحو الآتي:

١. ما هي اتجاهات إجابات الأفراد المبحوثين تجاه استراتيجيات التصنيع المستدام؟
٢. هل يتباين الاهتمام النسبي الذي توليه المنظمة لتطبيق استراتيجيات التصنيع المستدام؟

ثانياً: فرضية البحث الرئيسة:

استند البحث على اختبار فرضية واحدة رئيسة تمثلت بالآتي:

يتباين الاهتمام النسبي الذي توليه المنظمة لتطبيق استراتيجيات التصنيع المستدام.

ثالثاً: أهمية البحث:

إن أهمية البحث تتمثل في بناء قاعدة معرفية حول مصطلحين حديثين نسبياً في الأدب الإداري الصناعي ألا وهما البصمة الكربونية والتصنيع المستدام اذ لم تعثر الباحثة على أية دراسة محلية أو عربية تربط بينهما، أما من الناحية الميدانية فتنبثق أهمية البحث في طرح كيفية معالجة البصمة الكربونية وفق استراتيجيات التصنيع المستدام في صناعة الاسمنت المحلية، فهناك توجه من قبل العديد من المنظمات وبخاصة الصناعية للبحث عن اليات ووسائل لتقليل الانبعاثات السامة والملوثات على البيئة.

رابعاً: هدف البحث:

يهدف البحث بشكل رئيسي للتعرف على مدى قيام المعمل المبحوث بتطبيق استراتيجيات التصنيع المستدام من أجل تخفيض اضرار البصمة الكربونية، وما هي الأهمية النسبية التي توليها المنظمة لتلك الاستراتيجيات.

خامساً: منهج البحث:

سيتم استخدام المنهج الوصفي في استعراضه لجانبه النظري للأدبيات السابقة ذات الصلة بموضوع البحث، والمنهج التحليلي لتحليل البيانات الأولية التي تم جمعها من استمارة الاستبانة للقيام بتحليلها من أجل اختبار فرضية البحث واستخراج النتائج وبناء الاستنتاجات تمهيدا لوضع التوصيات التي تخدم أغراضه.

سادساً: أداة البحث:

اعتمدت الاستبانة كأداة رئيسة لجمع البيانات الاولية لقياس استراتيجيات التصنيع المستدام تمهيداً لتحليل تلك البيانات واختبار فرضيات البحث بالأساليب الإحصائية المناسبة، وقد صيغت الاستبانة بالاستناد إلى العديد من المصادر وهي: (Kishawy,*et.al.*,2018) (Kamis,2018) (مردان، ٢٠٢١) (جعفر ومزهر، ٢٠٢١)

وقد تضمن الجزء الأول من الاستبانة اسئلة عن المعلومات الديموغرافية للمجيبين، في حين اشتمل الجزء الثاني من الاستبانة على اسئلة تتعلق باستراتيجيات التصنع المستدام، واعتمد مقياس ليكرت الخماسي، وقد وزعت الاستبانة الكترونيا على عينة من العاملين والمسؤولين في المصنع المبحوث والبالغ عددهم (60).

سابعاً: اختبار ثبات الاستبانة:

لقد تم اختيار اختبار (كرونباخ الفا) لحساب معامل الثبات لاستراتيجيات التصنيع المستدام وعلى مستوى العينة الكلية للبحث، إذ تبين ان قيمة معامل كرونباخ الفا سواءً لكل بُعد من أبعاد استراتيجيات التصنيع المستدام ام مجتمعة فهي مرتفعة مقارنة بمعامل الثبات المقبول في الدراسات الإدارية والبالغ (70%)، وهذا يدل على ثبات المقياس وكما يتضح من الجدول (1).

ثامناً: الصدق البنائي:

استكمالاً لما تقدم ومن أجل الوصول إلى استمارة استبانة قادرة على تغطية أبعاد البحث كافة، قامت الباحثة بحساب معامل الثبات كرونباخ.

يتضح من الجدول (1) أن قيم ألفا كرونباخ أعلى من (70%)، لذلك تعد هذه القيم مقبولة بالشكل الذي يعكس توافر الاعتمادية والثقة بمتغيرات البحث ويؤكد صلاحيتها لقياس أبعاد البحث بكفاءة.

الجدول (1) قيمة معاملات الصدق والثبات (ألفا كرونباخ) لمتغيرات البحث

المتغيرات	قيم معامل الثبات ألفا كرونباخ (α)(%)	قيم معامل الصدق (%)
تخفيض كمية الطاقة	89	94
إعادة التدوير	80	89
تصنيع الاسمنت الأخضر	75	86
التقانات مجتمعة	82	90

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة.

تاسعاً: الأساليب الإحصائية المستخدمة في البحث:

اعتمد البحث على مجموعة من الأساليب الإحصائية المذكورة أدناه:

١. معامل الفا كرونباخ: لقياس صدق وثبات الاستبانة.

٢. مقاييس الإحصاء الوصفي: النسب المئوية والأوساط الحسابية والانحرافات المعيارية.

٣. اختبار التحليل التمييزي المتدرج.

عاشراً: وصف عينة البحث:

تمثلت عينة البحث بالعاملين والمسؤولين في المعمل المبحوث من خلال الاستبانة الالكترونية بواقع (60) استبانة، وتم استردادها جميعا وهي صالحة للتحليل الإحصائي. أما توصيف الأفراد المبحوثين وفقاً للخصائص الديموغرافية فيمكن توضيحها في الجدول (2)، اذ يتضح من الجدول (2) ما يأتي:

١. إن نسبة الذكور هي الأكبر وهذا أمر طبيعي يعود للطبيعة الديموغرافية للمجتمع الذي تعمل فيه المعمل المبحوث.

٢. فيما يخص سنوات الخدمة فكانت للفئة التي تجاوزت مدة خدمتها العشر سنوات هي الأعلى مما يدل على توفر الخبرة والمقدرة في ممارسة أعمالهم.

٣. فيما يخص التحصيل العلمي كانت النسبة الأكبر كانت لحملة البكالوريوس وهو دلالة على العاملين يمتلكون تحصيلاً علمياً كافياً يؤهلهم للتعامل مع التطورات التكنولوجية، أما فيما يخص المركز الوظيفي، فكانت لفئة الموظفين هي الأعلى وهي نسبة طبيعية ان تكون نسبة المرؤوسين هي الأعلى مقارنة بالقيادات الإدارية.

الجدول (2) توصيف الأفراد المبحوثين وفقاً للخصائص الديموغرافية

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة المئوية
النوع	ذكر	46	76.7
	أنثى	16	23.3
سنوات الخدمة	10-1	20	33.3
	20 -11	4	6.7
	أكثر من 20 سنة	36	60

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة المئوية
التحصيل العلمي	إعدادية فما دون	6	10
	دبلوم فني	6	10
	بكالوريوس	40	66.6
	شهادة عليا	8.	13.4
المركز الوظيفي	رئيس قسم	2	3.3
	مسؤول شعبة / وحدة	4	6.7
	موظف	54	90

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة.

المبحث الثاني: الإطار النظري:

أولاً: ماهية البصمة الكربونية لصناعة الاسمنت:

بين كل من (Khozin & Nizamov,2020:1.2) بأن الكونكريت الاسمنتي يعد من أكثر المواد الانشائية استخداماً في هذا القرن ويبدو ان استخدامه سوف يبقى شائعاً لفترات طويلة قادمة، إذ أن استهلاك الكونكريت الاسمنتي يزداد باستمرار يوماً بعد يوم بسبب قلة البدائل عنه وبنفس المواصفات على المستوى العالمي في الوقت الحاضر.

إذ تكمن أهمية الاسمنت في انه يلعب دوراً أساسياً في صناعة الانشاءات والبنى التحتية ونظم النقل والتحضر والتحول الصناعي وهو يترافق مع النمو السكاني حيث يتوقع ان يصل عدد السكان عام ٢٠٥٠ الى 9.8 مليار نسمة وان الكونكريت الاسمنتي هو المادة الانشائية الاصطناعية الوحيدة التي يمكنها ان تلبي الاحتياجات والمتطلبات المتنامية لسكان العالم وهو ينتج بموارد قليلة نسبياً.

وفي المقابل من ذلك فإن هذا القطاع الصناعي مسؤول عما يقارب (2.4) مليار طن من انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكربون والغبار السام سنوياً، بسبب النواتج العرضية الصادرة عن عمليات إنتاج الاسمنت والتي تضر البيئة والمناخ.

يضاف الى ذلك فان هذا القطاع يحتاج إنتاج الطن الواحد من منتجه (الاسمنت) الى ما يقارب بين (1.5-2.4) طن من المواد الطبيعية (كالجير والاطيان) والتي تعد من الموارد الطبيعية غير المتجددة والتي تستخرج من المقالع.

ويعد الاحتباس الحراري العالمي يعتبر من التحديات الكبيرة التي تواجه التنمية المستدامة على المستوى العاملي مما دفع الى البحث عن طرق تقليل استخدام الطاقة وتقليل انبعاثات غازات الدفيئة ومنها ثاني اوكسيد الكربون واوكسيد الكبريت، اذ ان نسبة ما تولده صناعة الاسمنت من انبعاثات غاز ثاني اوكسيد الكربون مثلاً تبلغ حوالي 26% من مجموع ملوثات قطاعات الصناعات الأخرى.

وبعد هذا الاستعراض البسيط عن صناعة الاسمنت واهم نواتجها العرضية تقدم الباحثة تعريفاً للبصمة الكربونية في هذه الصناعة والتي طرحها الباحثين ذوي الصلة بهذا المجال وكالاتي:

إذ عرفت البصمة الكربونية او ما يطلق عليها تسمية "الاثر الكربوني" حسب راي كل من (Wiedmann & Minx, 2008:4) بأنها "مقياس للمقدار الكلي لانبعاثات غازات عدة (واهمها غازي احادي وثنائي اوكسيد الكربون) والناتجة بشكل مباشر او غير مباشر عن عميات التصنيع المتسلسلة لصناعة الاسمنت".

كما عرفها (Harris,2015:10-13) على انها "مؤشر يتم من خلالها التعبير عن كمية انبعاثات الغازات الصادرة عن احتراق الوقود الاحفوري كأحادي وثنائي أوكسيد الكربون والموارد

الطبيعية الأخرى كالفحم الحجري والنفط والغاز الطبيعي المستخدم في إنتاج الطاقة الكهربائية وصناعة الاسمنت ووسائل النقل المختلفة والأنشطة الصناعية المتنوعة الأخرى خلال فترة تقدر بسنة واحدة".

لذا استناداً لما تم عرضه انفاً تقدم الباحثة تعريفاً للبصمة الكربونية، اذ تعبر البصمة الكربونية عن "كمية الغازات الضارة والمتمثلة بشكل رئيسي بغازات احادي وثنائي أوكسيد الكربون وكذلك غازي الميثان واوكسيد الكبريت والمنبعثة عن عمليات تصنيع الاسمنت في المعمل المبحوث والتي تؤدي الى تلوث الهواء بشكل مباشر، والتي تؤثر سلباً على سلامة البيئة الطبيعية ومعايير استدامتها على المدى البعيد".

ثانياً: مصادر ظهور البصمة الكربونية في صناعة الاسمنت:

أشار كل من (Marey,*et.al.*,2022:2-3) بان صناعة الاسمنت مسؤولة عما يقارب (36%) من الانبعاثات الكربونية الناجمة عن الصناعات الانشائية، كما ان إنتاج الاسمنت يزداد سنة بعد سنة وأكثر استخدام للإسمنت هو في صناعات الانشاءات وان إنتاجه يساهم كثيراً الى انبعاثات غازات ثاني اوكسيد الكربون في الجو. اعلى انبعاثات لغازات ثاني وكسيد الكربون تأتي من إنتاج حجر الجير المكربن الذي يسمى الكلنكر وعمليات تسخين المواد الداخلة في صناعة الاسمنت والتي تحتاج الى وقود احفوري مطلوب لتوليد الحرارة وايصال درجة حرارة المواد الى أكثر من 1000 درجة مئوية.

إذ ان بوادر ظهور البصمة الكربونية في صناعة الاسمنت تنشأ عن مراحل تصنيعه المتسلسلة والتي يمكن توضيحها بالنقاط الآتية: (Cagiao,*et.al.*,2011:1526)

١. تدبير المواد الخام من المقالع واستخراجها.
٢. نقل المواد الخام من المقالع الى المعامل.
٣. طحن وتهيئة الاسمنت الخام.
٤. التسخين الابتدائي وحرق الاسمنت الخام.
٥. تبريد مادة الكلنكر.
٦. طحن مادة الكلنكر ومزجه بالمواد المضافة.
٧. عملية التعبئة والتغليف ثم النقل والتوزيع.

ويضيف ذات الباحثين ايضاً بانه يمكن تشخيص اشكال وحجم الانبعاثات الكربونية الناجمة عن تلك المراحل المذكورة انفاً بالنقاط الاتية: (Cagiao,*et.al.*,2011:1535)

١. الانبعاثات المباشرة نتيجة استخدام الوقود في عمليات التصنيع.
٢. الانبعاثات غير المباشرة نتيجة استهلاك الطاقة الكهربائية والتي سوف تظهر تأثيراتها في محطات الطاقة الكهربائية التي تحتاجها عمليات التصنيع المختلفة.
٣. الانبعاثات الناتجة عن عملية ازالة الكربون من الجير اثناء حرق الكلنكر في الافران وهي تولد الكثير من غازات ثاني اوكسيد الكربون والتي قد تصل الى 448770 طن في العام.
٤. يتولد ما لا يقل عن 535 كم من غاز ثاني اوكسيد الكربون لكل طن من الكلنكر اثناء ازالة الكربون من حجر الجير.

٥. حوالي 835 كم من غاز ثاني اوكسيد الكربون يتولد لكل طن من الكلنكر، وعليه يمكن استخدام مؤشر انبعاث غاز ثاني اوكسيد الكربون الذي يعتمد على نسبة الكلنكر المستخدم الى الاسمنت الناتج وطرق الطحن حيث يمكن من خلال تحسين كفاءة العمليات تقليل الانبعاثات.

٦. حوالي .33 كغم من غاز ثاني اوكسيد الكربون تنبعث من عملية احتراق الوقود الاحفوري في عملية حرق 1 طن من الكلنكر.

ووفقاً لما تم ذكره انفاً ترى الباحثة بان البصمة الكربونية لصناعة الاسمنت تمر عبر كل مراحل تصنيعه بدءاً بجلب المواد الأولية الطبيعية له ومن ثم كيفية معالجتها وتحويلها الى مواد صناعية وانتهاءً بتشكيل مادة الاسمنت بكل اصنافه المختلفة وتعبئته ومن ثم تسويقه.

ولذلك فإن هذه الصناعة المحلية وعلى مدى عقود مضت طوال فترة عملها كانت تطرح انبعاثات كربونية الى البيئة الطبيعية وبكميات كبيرة مما يستلزم ذلك اتباعها حزمة من المعالجات التقنية والبيئية المستدامة لضمان تخفيض اضرار هذه البصمة الكربونية على البيئة الطبيعية من اجل الحفاظ على بيئة طبيعية أكثر استدامة ومن تلك المعالجات هي تقنيات التصنيع المستدام والتي سيتم توضيح تفاصيلها ضمن الفقرات اللاحقة.

ثالثاً: ماهية التصنيع المستدام:

طوال الفترة الزمنية الممتدة ما بين عقود السبعينات والثمانينيات والى نهاية التسعينات من القرن الماضي زاد القلق والاهتمام في الاوساط المختلفة تجاه الاثر الاجتماعي والبيئي الناتج عن الاخفاقات الصناعية الذي يأخذ شكل الافراط في استهلاك الموارد الطبيعية، اذ دعت جهات عدة منها حكومية وأخرى غيرها من الباحثين المجتمع البحثي الى دراسة وسائل التصنيع المسؤول امام البيئة واسترجاع المنتجات وكيفية التعامل مع المنتجات عند انتهاء عمرها الافتراضي وانبثق عن ذلك مفاهيم وتقنيات تصنيع معاصرة آنذاك مثل التصنيع المستدام بوصفه طريقة جديدة للتصنيع تأخذ في الحسبان متطلبات البيئة في كل مرحلة من مراحل دورة حياة المنتج (Khozin,*et.al.*,2020: 2).

وفي سياق ذي صلة فان فكرة التصنيع المستدام قد انبثقت من المفهوم الاقتصادي ألا وهو التنمية المستدامة والذي انتشر في عقد الثمانينات من القرن الماضي استجابة إلى ضرورة زيادة اهتمام الحكومات والشركات آنذاك بالبيئة والاقتصاد العالمي والسكان، فالاستدامة في جوهرها تعبر عن كيفية توفير كافة احتياجات الأجيال الحالية من دون الاخلال بقدرات واحتياجات الأجيال اللاحقة، ولذلك فان التصنيع المستدام في مضمونه يعبر عن كيفية تصنيع المنتجات من خلال عمليات تصنيع تتصف بأنها: (Pathak,*et.al.*,2017:22)

١. مجدية اقتصادياً.
٢. قليلة الأثر على البيئة.
٣. محافظة على الطاقات والثروات والموارد الطبيعية.
٤. تضمن سلامة وصحة الموظفين والمجتمعات والمستهلكين.

اذن يعبر التصنيع المستدام عن اعتماد تكنولوجيا وطرق إنتاج تهدف الى النمو الاقتصادي مع حماية البيئة في ذات الوقت، كما انه يشير الى التصنيع الصديق للبيئة وذلك بتصنيع المنتج باستخدام الوسائل غير الملوثة للبيئة من جانب وتقليل استخدام كلا من الطاقات والموارد الطبيعية لغرض استدامتها عبر تقانات وأنظمة تصنيع امنة وصحية للموظفين والمجتمعات والمستهلكين، فضلاً عن جدواها الاقتصادي (Molamohamadi & Ismail,2013:1-5)

واستناداً الى ما تقدم تعرف الباحثة التصنيع المستدام على انه "مفهوم واسع تم تطويره من خلال تكامل مفاهيم الاستدامة في نظم التصنيع بهدف تحقيق الاستدامة في الإنتاج الصناعي"، إذ أن تطور التصنيع المستدام ومفاهيمه أثمر عن سلسلة ممارسات تصنيع مستدام تتراوح ما بين تطبيق تقنيات معالجة التلوث في نهاية المسارات الإنتاجية والى وضع نظم متكاملة للإنتاج تدعم التعاون ما بين أقسام الشركة الواحدة أو ما بين الشركات لمحاولة التصنيع وفق نظام حلقة مغلقة من المدخلات ولذلك يمكن عد التصنيع المستدام وفق منظور هذا البحث على انه احدى المعالجات الرئيسة لمشكلة البصمة الكربونية في شركات صناعة الاسمنت لان نظام تصنيعي يتصف بكونه صديق للبيئة ومصدر لتحقيق الميزة التنافسية المستدامة وبالتالي فإنه يحقق جميع متطلبات المسؤولية الاجتماعية.

رابعاً: الأسباب الموجبة لنشوء التصنيع المستدام:

هناك عدة أسباب دفعت بأصحاب المصلحة الى نشوء التصنيع المستدام والتي يمكن توضيحها بالنقاط الآتية: (Hami,*et.al.*,2015:191)

١. الأزمات الاقتصادية العالمية أظهرت ضعف المنظمات التي تستهدف الربح الاقتصادي بدون تقييم وتقليل الآثار السلبية التي تنتج هن أنشطة هذه المنظمات خارج حدودها.
٢. التغير المناخي والناتج عن أنشطة الانسان وما تخلفه من آثار على البيئة.
٣. ضغوطات أصحاب المصالح (والزبائن والموظفين والمستثمرون والمجهزون والمجتمعات والحكومات والهيئات التنظيمية والمنظمات الدولية والناشطين غير الحكوميين).
٤. شحة في الموارد مثل الطاقة والمواد الخام والماء وتقلبات لأسعار الناتجة عن زيادة التنافس على هذه الموارد وكلفة استخراج المواد الخام بدل استخدام الموارد المتجددة.

خامساً: مزايا اعتماد نظام التصنيع المستدام في المنظمات الصناعية:

وفق دراسة بحثية أجراها (Harding,2004:1) على مجموعة من المنظمات الصناعية لقياس المزايا التي حصلت عليها من جراء تطبيقها لنظام التصنيع المستدام ضمن عملياتها التصنيعية، اذ لوحظ بان هناك عدة نتائج إيجابية تحققت وفقاً لذلك والتي اوجزها بالنقاط الاتية:

١. زيادة النمو التشغيلي بنسبة (16.7%).
٢. ارتفاع نسبة المبيعات إلى الأصول بنسبة (13.3%).
٣. نمو في المبيعات بنسبة (9.3%).
٤. ارتفاع نسبة الأرباح إلى الأصول بنسبة (5.4%).
٥. زيادة العائد على الاستثمار بنسبة (3.9%).
٦. زيادة نسبة العائد على الأصول بمقدار (2.2%).

سادساً: كيفية تخفيض اضرار البصمة الكربونية لصناعة الاسمنت وفق استراتيجيات التصنيع المستدام:

اتفق كلاً من (Rao,2014:3) و(Kishawy,*et.al.*,2018:2) بانه يمكن تحديد اتجاهات تطبيق التصنيع المستدام في المنظمات الصناعية ضمن بعدين رئيسيين هما:

البُعد الأول: هو كيفية تصميم منتجات مستدامة بيئياً.

البُعد الثاني: هو كيفية تطوير عمليات تصنيع مستدامة بيئياً.

وفيما يأتي توضيح مفصل لكل بُعد من هذين البُعدين:

البُعد الأول: في هذا الاتجاه يجب ان تسعى المنظمة الصناعية الى تقديم تصميم هندسي للمنتج يتلاءم ومعايير الاستدامة البيئية وفق مبدأ (التصميم المستدام) أو ما يطلق عليه اصطلاحاً باللغة الإنكليزية (Design for Environment) (DFE) التي على أثرها يتم الاخذ عين الاعتبار الاثار السلبية للمنتج على البيئة الطبيعية، وبالتالي يتوجب اتخاذ قرارات تصميم المنتج في ضوء المعلومات المتكاملة والشاملة عن استخدامات المنتج وتصميم مكوناته وفقاً للاعتبارات البيئية، وفيما يلي مجموعة من المقترحات الفنية التي يمكن اعتمادها عند تصميم منتجات صديقة للبيئة من قبل المنظمات الصناعية: (Rao,2014:4)

١. حاول قدر الإمكان الابتعاد عن استخدام المواد السامة ضمن مكونات المنتج.
٢. ضرورة تخفيض عدد المكونات والاجزاء والتركيبة الداخلة في تصميم المنتج الى أدنى حد ممكن من اجل تخفيض استهلاك الموارد والطاقة والنفايات الناجمة عن عمليات التصنيع الى الحد المقبول بيئياً.
٣. تضمين الدليل الارشادي البيئي عن كيفية الاستخدام السليم للمنتج وفقاً للاعتبارات البيئية بالإضافة الى كيفية إعادة تدويره بيئياً عند انتهاء عمر المنتج.

أما **البُعد الثاني** والمتعلق بضرورة تطوير عمليات تصنيع مستدامة بيئياً تنسجم مع التصميم الصديق للبيئة فانه يمكن تحقيق ذلك عبر الخطوات الآتية: (Rao,2014:6-8)

١. تحسين الأداء البيئي لعمليات التصنيع القائمة: ويتم ذلك من خلال استثمار أوقات التشغيل الى اقصى حد ممكن وتخفيض كل اشكال الضياعات والهدر في الوقت المستغرق في اعمال الصيانة وكلفها العالية.
٢. التخطيط لتطوير عميات تصنيع خضراء ومستدامة بيئياً: فضلاً عن تحسين العمليات الحالية وتحسينها، سيكون من المهم أيضاً تطوير عمليات جديدة تستخدم مواد أقل ضرراً وتولد انبعاثات أقل والتي يمكن اعتبارها عمليات خضراء.

وفي سياق البحث الحالي يمكن تطبيق ما ذكر انفاً في مجال تخفيض اضرار البصمة الكربونية لصناعة الاسمنت عبر تصميم وتصنيع منتج اسمنتي صديق للبيئة ومطابق للمواصفات البيئية وفق استراتيجيات التصنيع المستدام اعتماداً على عدد من استراتيجياته والتي يمكن توضيحها بالنقاط الآتية: (Hernández,*et.al.*,2019:547-548)

١. **تخفيض كمية الطاقة المطلوبة لصناعة الاسمنت:** ان عملية صناعة الاسمنت بكل مراحلها المختلفة تستنفد كميات كبيرة من الطاقة والتي عادة ما تولد نفايات ضارة بالبيئة منها غازية وأخرى سائلة ولذلك يمكن تخفيض كميات كبيرة من تلك الطاقات عبر اتباع الطرق الحديثة والمبتكرة لخفض الانبعاثات الكربونية ولا سيما تقنية (Delta Zero) والتي تساهم بخفض استخدام الوقود بنسبة تصل إلى 10% إضافة لخفض الانبعاثات الكربونية بنسبة تصل إلى 20%، وذلك بناء على التجارب التي أجريت في عدة مصانع إسمنت حول العالم عبر ثلاث قارات هي (أوربا وأمريكا وآسيا)، والتي من الممكن أن تصل في مصنع الأسمنت المتوسط الإنتاجية إلى قرابة 50 كيلو طن من الانبعاثات الكربونية سنويا، اذ تعتمد هذه التقنية على خاصية الذكاء الاصطناعي لوضع نموذج للإنتاج الأمثل لمصنع الأسمنت من خلال التحسين الأقصى للعمليات وأقل استخدام للوقود وبأقل انبعاثات كربونية ممكنة بدون أي نفقات رأسمالي بالإضافة الى تخفيض النفقات التشغيلية الى ادنى حد ممكن ومنها كلف الوقود التي تشهد ارتفاعاً كبيراً في الوقت الحاضر نتيجة للازمات المختلفة التي يشهدها العالم (www.alwatan.ae).

٢. **إعادة التدوير:** وتتمثل هذه الاستراتيجية من خلال اعادة استخدام المواد الأولية وغيرها من المواد الداخلة في صناعة الاسمنت مرة ثانية بدلاً من اللجوء الى المواد الخام الجديدة، اذ ان اعادة الاستخدام لا تقلل فقط استخدام المواد بل انها تقلل استهلاك الطاقة والمياه المستخدمة في عمليات الاستخراج والتصنيع، يضاف ذلك فان صناعة الاسمنت تستهلك كميات كبيرة من المستلزمات للعمليات الإنتاجية وتحولها الى نفايات صلبة او بأشكال أخرى، لذا يمكن الاستفادة من تلك المواد والمستلزمات المسترجعة والمعاد تدويرها لتوليد وصناعة منتج اسمنتي إضافي صديق للبيئة وهذا بالتالي يساهم في خفض اضرار البصمة الكربونية لصناعة الاسمنت وعلى المدى البعيد (Kamis,2018:4252).

٣. **تصنيع الاسمنت الأخضر الصديق للبيئة:** من المنطقي ان تكون البصمة الكربونية حاضرة في جميع مراحل تصنيع منتج الاسمنت، اذ تبدأ دورة حياة البصمة الكربونية للإسمنت عند الحصول على الموارد الطبيعية الأولية الداخلة في صناعة الاسمنت وتنتهي بعملية التعبئة والتغليف والتي تمثل المرحلة الأخيرة في صناعته، ومنذ عقود طويلة تعمل الشركات المنتجة للإسمنت باجتهاد على تقليل انبعاثات الغازات عبر معالجات تصنيعية مختلفة وهي: (Kishawy,*et.al.*,2018: 2)

أ. تحسين كفاءة استخدام الطاقة الكهربائية.

ب. تقليل نسبة الكلنكر في الاسمنت.

ت. استبدال الوقود عالي الكربون بوقود اقل انبعاثات من مواد الوقود الحيوي.

ث. تقليل نسبة اوكسيد الكالسيوم في الاسمنت.

وفي السياق ذاته يشير كل من (Khozin,*et.al.*,2020:4) بأن هذه المعالجات حتى الان غير كافية لتحقيق الاهداف المطلوبة لتقليل الانبعاثات والبصمة الكربونية لمعامل الاسمنت مما يتطلب التحول نحو صناعة الاسمنت الصديق للبيئة او ما يطلق عليه بالأسمنت الأخضر، لذا عندما تستخدم ميزة الاستدامة في صناعة الاسمنت فانه يتم الاعتماد على المواد المعاد تدويرها كأحد عناصره أو مكوناته أو انه كونكريت لا تضر عمليات تصنيعه بالبيئة أو انه كونكريت يكون اداؤه عالي اثناء دورة حياة البناية اي انه متين ومقاوم أكثر وعمره أطول، إذ ان استخدام مثل هذه المواد في صناعة الاسمنت يكون له اثراً بالغاً في تقليل الاثار السلبية للأسمنت على البيئة الطبيعية نتيجة لاستخدام تقانات التصنيع المتقدمة والصديقة للبيئة في صناعته مما يقلل من انبعاثات الغازات الضارة ومنها ثاني اوكسيد الكربون ويقلص من استخدام الطاقة والموارد غير المتجددة الى ادنى حد ممكن وبالتالي تخفيض اضرار البصمة الكربونية لصناعة الاسمنت على البيئة الطبيعية.

المبحث الثالث: الإطار الميداني:

تستعرض هذه الفقرة اراء الأفراد المبحوثين تجاه استراتيجيات التصنيع المستدام ، وتم استخدام برنامج Spss الاحصائي للاستدلال منه على النسب المئوية والاوساط الحسابية والانحرافات المعيارية لكل تقانة. وفيما يأتي عرض إجابات الأفراد المبحوثين:

أولاً: وصف إجابات الأفراد المبحوثين تجاه تخفيض كمية الطاقة:

يوضح الجدول (3) ان المعدل العام للوسط الحسابي لهذا المتغير بلغ (4.1) وهو اعلى من الوسط الحسابي المعياري (3)، وبانحراف معياري (0.35) وبمعدل اتفاق ايجابي من الأفراد

المبحوثين بلغ (84.29%) وهي إجابات تدل على تجانس إجابات الأفراد حول فقرات تخفيض كمية الطاقة.

ونال المتغير (X2) اعلى وسط حسابي (4.23) وبانحراف معياري (0.76)، اذ اكد (93.4%) من الأفراد المبحوثين ان الشركة تستخدم الذكاء الصناعي من اجل تقليل استخدام الوقود. أما أقل وسط حسابي وبحسب اتفاق (70%) من الأفراد المبحوثين كان ذلك في المتغير (X5) الذي ينص على قيام المنظمة المبحوثة باعادة هيكلة العمليات الإنتاجية لتخفيض استهلاك الطاقة، بوسط حسابي مقداره (3.8) وبانحراف معياري (0.85).

الجدول (3) اتجاهات إجابات الأفراد المبحوثين تجاه تخفيض كمية الطاقة

المؤشر	النسب المئوية					الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
	اتفق بشدة %	اتفق %	محايد %	لا اتفق %	لا اتفق تماماً %		
X1	23.3	63.3	13.3	--	--	4.1	0.6
X2	36.7	56.7	--	6.7	--	4.23	0.76
X3	46.7	43.3	10	--	--	4.4	0.66
X4	47	43	10	--	--	4.3	0.67
X5	23.3	46.7	23.3	6.7	--	3.8	0.85
X6	26.7	46.7	20	6.7	--	3.9	0.87
X7	20	66.7	--	13.3	--	3.9	0.86
المعدل العام	84.29		10.94	4.77		4.1	0.35

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة بالاعتماد على البرنامج الإحصائي (SPSS V.17).

ثانياً: وصف إجابات الأفراد المبحوثين تجاه اعادة التدوير:

يوضح الجدول (3) ان المعدل العام للوسط الحسابي لهذا المتغير بلغ (3.8) وهو اعلى من الوسط الحسابي المعياري (3)، وبانحراف معياري (0.72) وبمعدل اتفاق ايجابي من الأفراد المبحوثين بلغ (70%) وهي إجابات تدل على تجانس إجابات الأفراد حول فقرات اعادة التدوير.

ونال المتغير (X11) اعلى وسط حسابي (3.96) وبانحراف معياري (1.02)، اذ اكد (73.4%) من الأفراد المبحوثين ان الشركة تستخدم مواد تعبئة وتغليف قابلة لإعادة التدوير او التخلص النهائي منها. اما اقل وسط حسابي وبحسب اتفاق (70%) من الأفراد المبحوثين كان ذلك في المتغير (9X) الذي ينص على قيام المبحوثة باعادة تصنيع النفايات الصلبة المرافقة للعملية التصنيعية لتصنيع مادة الاسمنت الحالية، بوسط حسابي مقداره (3.73) وبانحراف معياري (1.1).

الجدول (4) اتجاهات إجابات الأفراد المبحوثين تجاه إعادة التدوير

المؤشر	النسب المئوية					الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
	اتفق بشدة %	اتفق %	محايد %	لا اتفق %	لا اتفق تماماً %		
X8	13.3	63.3	10	13.3	--	3.76	0.85
X9	26.7	43.3	6.7	٢٣.٣	--	3.73	1.1
X10	16.7	46.7	36.7	--	--	3.8	0.7
X11	36.7	36.7	13.3	13.3	--	3.96	1.02
X12	26.6	40	16.7	16.7	--	3.76	1.03
المعدل العام	70		16.68	13.32		3.8	0.72

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة بالاعتماد على البرنامج الإحصائي (SPSS V.17).

ثالثاً: وصف إجابات الأفراد المبحوثين تجاه تصنيع الاسمنت الاخضر:

يوضح الجدول (5) ان المعدل العام للوسط الحسابي لهذا المتغير بلغ (4) وهو اعلى من الوسط الحسابي المعياري (3)، وبانحراف معياري (0.83) وبمعدل اتفاق ايجابي من الأفراد المبحوثين بلغ (37.98%) وهي إجابات تدل على تجانس إجابات الأفراد حول فقرات تصنيع الاسمنت الأخضر، ونال المتغير (X17) اعلى وسط حسابي (4.26) وبأقل انحراف معياري (0.97)، اذ اكد (83.3%) من الأفراد المبحوثين ان الشركة تعمل على تقليص جميع الضائعات والهدر في وقت الصيانة للمكائن والمعدات، اما اقل وسط حسابي وبحسب اتفاق (66.7%) من الأفراد المبحوثين كان ذلك في المتغير (X14) الذي ينص على قيام المنظمة المبحوثة بتقليل نسبة الكلنكر في مادة الاسمنت بوسط حسابي مقداره (3.77) وبانحراف معياري (0.88).

الجدول (5) اتجاهات إجابات الأفراد المبحوثين تجاه تصنيع الاسمنت الاخضر

المؤشر	النسب المئوية					الوسط الحسابي	الانحراف المعياري
	اتفق بشدة %	اتفق %	محايد %	لا اتفق %	لا اتفق تماماً %		
13X	36.7	46.7	6.7	10	--	4.1	0.91
X14	20	46.7	23.3	10	--	3.77	0.88
X15	16.7	56.7	16.7	10	--	3.8	0.83
X16	46.7	36.7	6.7	10	--	4.2	0.95
X17	53.3	30	6.7	10	--	4.26	0.97
المعدل العام	37.98		12.02	50		4	0.83

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة بالاعتماد على البرنامج الإحصائي (SPSS V.17).

رابعاً: اختبار فرضية البحث الرئيسة

من أجل اختبار صحة فرضية الدراسة الرئيسة فقد تطلبت المعالجة الإحصائية استخدام التحليل التميزي الذي يتميز بقدرته على تصنيف المتغيرات في مجموعات بناءاً على أوزان أو نسب أو درجات يتم الحصول عليها من توليفة المتغيرات التي تنتمي للعضوية في مجموعتين أو أكثر، وإجمالاً يمكن القول إن التحليل التميزي يعمل على إيجاد دالة للتميز لأبعاد البحث.

لقد تم اختيار طريقة (Wilks Lambda) التي تعمل على إدخال المتغيرات (الأبعاد) تباعاً وإسقاط أو حذف الأبعاد غير المعنوية (غير المتميزة) ويتطلب استخدام هذه الطريقة تطبيق اختبارات (F) على الفروق المعنوية بين أبعاد البحث وذلك للاسترشاد بها لتحديد فيما إذا كان معامل التميز للأبعاد معنوياً أم لا (جودة، ٢٠٠٨: ١٣١).

التحليل التميزي لاستراتيجيات التصنيع المستدام:

يتضمن التحليل ثلاث خطوات متدرجة ظهرت فيها الأبعاد حسب تميزها كما موضحة في الجدول (6) إذ يبين الجدول ان جميع استراتيجيات التصنيع المستدام دخلت التحليل ولم يتم استبعاد واحدة منهم، ونال تخفيض الطاقة المرتبة الأولى من التميز إذ ظهرت لوحدها في المرحلة الأولى بمعامل دالة تميز (0.928)، وفي المرحلة الثانية ظهر معها اعادة التدوير وانخفض معامل دالة تميز ليصل إلى (0.841)، وفي المرحلة الثالثة ظهرت تخفيض الطاقة واعادة التدوير وتصنيع الاسمنت الاخضر معاً بمعامل دالة تميز منخفض أيضاً بلغ (0.844).

الجدول (6) الأبعاد المتميزة الداخلة في نموذج التدرج التميزي

الدالة	الأبعاد المتميزة الداخلة في النموذج	معامل دالة التميز	درجات الحرية	قيمة F المحسوبة	مستوى الدلالة
١	تخفيض الطاقة	0.928	55-4	1.059	0.03
٢	تخفيض الطاقة وإعادة التدوير	0.841	55-4	2.599	0.04
٣	الطاقة والتدوير وتصنيع الاسمنت الأخضر	0.844	55-4	2.535	0.05

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة بالاعتماد على التحليل التميزي.

وكانت قيم القيمة الذاتية ونسبة التباين لكل دالة موضحة في الجدول (7) إذ يبين الجدول أن مساهمة تخفيض الطاقة لوحدها في التباين هي الأعلى اذ تفسر (74.3) من التباين الكلي مما يدل على تميز المعمل المبحوث بتخفيض اضرار البصمة الكربونية من خلال تخفيض كمية الطاقة المطلوبة بهذه النسبة، كما أن قيمة الذاتية لتخفيض الطاقة كانت هي الأعلى أيضاً.

الجدول (7) القيمة الذاتية ونسبة التباين للدوال التميزية

	الدالة التميزية	القيمة الذاتية	نسبة التباين	التباين المجمع	الارتباط التجميعي
١	تخفيض الطاقة	0.373	74.3	74.3	0.521
٢	تخفيض الطاقة واعادة التدوير	0.074	14.8	89.1	0.262
٣	تخفيض الطاقة وإعادة التدوير وتصنيع الاسمنت الاخضر	0.055	10.9	100	0.228

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة بالاعتماد على التحليل التميزي.

أما الجدول (8) يبين التوافق بين تخفيض الطاقة وإعادة التدوير والتصنيع الاخضر وتميزهما معاً في دالة واحدة في المعمل المبحوث، وهذا دلالة عن توافق وانسجام وقوة في العلاقة بينهم، وهذا ما يشير إليه قيمة X2 البالغة (24.289) عند مستوى معنوية (0.02) وهي اقل من مستوى المعنوية الافتراضي للبحث البالغة (0.05).

الجدول (8) معامل دالة التميز

	الدالة	دالة التميز	قيمة Chi	درجات الحرية	Sig
١	تخفيض الطاقة واعادة التدوير وتصنيع الاسمنت الاخضر	0.643	24.289	12	0.02

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة بالاعتماد على التحليل التميزي.

وبين الجدول (9) ناتج التحليل التميزي وهو جدول معاملات الدالة التميزية المعيارية التجميعية اذ يشير إلى معاملات الدالة التميزية المعيارية التي تعبر عن الارتباط التجميعي بين الدالة التميزية وكل عامل من العوامل الثلاثة التي دخلت عملية التحليل التميزي معبراً عنها بوحدات قياسية معيارية، اذ انه كلما كانت القيمة الذاتية للمتغير اعلى من 65% فهذا مؤشر إيجابي، إذ يبين الجدول (9) أن العلاقة بين تخفيض الطاقة والدالة التميزية الثانية (تخفيض الطاقة واعادة التدوير) لها الوزن الأكبر المؤثر في زيادة قوة التميز إذ بلغ (0.904).

أما العلاقة بين اعادة التدوير مع الدالة التميزية الثالثة (تخفيض الطاقة واعادة التدوير والتصنيع الاخضر) لها الوزن الأكبر في زيادة قوة التميز، إذ بلغ (1.558). أما العلاقة بين تصنيع الاسمنت الاخضر والدالة التميزية الثالثة (تخفيض الطاقة واعادة التدوير وتصنيع الاسمنت الاخضر) لها الوزن الأكبر المؤثر في زيادة قوة التميز (1.587)، ولذلك يمكن تسمية الدالة التميزية اسم دالة تخفيض الطاقة لان أكبر مساهمة كانت من قبل هذا المتغير، وهذه النتائج تشير إلى تميز

المعمل المبحوث بالقدرة على تخفيض الطاقة والذي ساهم بدوره بتخفيض اضرار البصمة الكربونية عن بقية استراتيجيات التصنيع المستدام.

ملاحظة: يتم استبعاد الاشارة عند اجراء المقارنة بين معاملات الارتباط بين الدوال الثلاثة.

الجدول (9) معاملات الدالة التميزية المعيارية التجميعية

الأبعاد المتميزة	الدالـــة		
	1	2	3
تخفيض الطاقة	-1.046	0.904	0.014
اعادة التدوير	1.005	-0.96	- 1.558
تصنيع الاسمنت الاخضر	0.426	0.253	1.587

المصدر: الجدول من إعداد الباحثة بالاعتماد على التحليل التميزي.

وبناءً على تلك النتائج تقبل فرضية البحث الرئيسة التي تنص على انه يتباين الاهتمام النسبي الذي توليه المنظمة لتطبيق استراتيجيات التصنيع المستدام.

المبحث الرابع: الاستنتاجات والمقترحات:

أولاً: الاستنتاجات:

تتناول هذه الفقرة عرض الاستنتاجات الميدانية حسب تسلسل ورودها في نتائج الدراسة الميدانية وذلك بالشكل الآتي:

١. افصحت نتائج وصف متغيرات البحث الثلاثة الرئيسة بالآتي:

أ. هناك اهتمام من قبل المعمل المبحوث بتخفيض الطاقة المستخدمة في صناعة الاسمنت باستخدام الذكاء الصناعي لتقليل كمية الوقود المطلوبة، ولكن لازالت محاولات الشركة في استبدال الوقود عالي الكربون بوقود اقل انبعاثا للغازات لم تكن بالمستوى المطلوب.

ب. تستخدم الشركة مواد تعبئة وتغليف (الورق) كمواد صديقة للبيئة، ولكن إجابات الأفراد المبحوثين لم تكن متفقه بشكل عالي تجاه قيام المصنع بمعالجة النفايات الصلبة والاستفادة منها في تصنيع منتجات جديدة، وهذا يمكن ان يضيع فرص للشركة للتميز عن الشركات الاخرى المنافسة بعدم الاكتفاء بصناعة مادة الاسمنت بل يمكن إنتاج مواد اخرى من مخلفات العملية الإنتاجية وهذا يساهم بشكل كبير في تقليل اثار البصمة الكربونية (الغازات المرافقة للتخلص من النفايات الصلبة).

ت. هناك جهود مبذولة من قبل ادارة الشركة في تقليص وقت صيانة المعدات والاجهزة لتقليل الضائعات والهدر والاضرار البيئية الناجمة عن عملية الصيانة. ولكن لم يتفق الأفراد المبحوثين بدرجة عالية تجاه جهود ادارة الشركة في تقليل نسبة الكلنكر في الاسمنت.

٢. افصحت نتائج اختبار فرضية البحث الرئيسة ان المعمل المبحوث تطبق جميع تقانات أو استراتيجيات التصنيع المستدام من اجل تصميم وإنتاج سمنت صديق للبيئة بدلالة ظهور الاستراتيجيات الثلاثة كدوال كمخرجات للتحليل التمييزي المتدرج ولكن كان هناك اختلاف في الأهمية المعطاة او في التركيز على تلك الاستراتيجيات فقد كان اهتمام الشركة الاكبر في تخفيض كمية الطاقة المستخدمة في عملية الإنتاج لظهورها في دالة منفردة ثم يليها من حيث الاهتمام جهود الشركة في اعادة التدوير لمخلفات العملية الإنتاجية من اجل تخفيض الانبعاثات الكربونية، واهتمام اقل باستراتيجية التصنيع الاخضر وهي من اهم الاستراتيجيات المستخدمة

في تقليص اثار البصمة الالكترونية نظرا لتعدد مراحل العملية التصنيعية وما يرافق ذلك من اضرار بيئية ناتجة من انبعاثات اول وثاني اوكسيد الكربون بالدرجة الاولى.

ثانياً: المقترحات:

استناداً إلى الاستنتاجات التي توصلت اليه البحث الحالي يمكننا ايجاز اهم المقترحات التي تسهم في إفادة المعمل المبحوث منها بشكل خاص، والمنظمات بشكل عام.

١. على ادارة المعمل المبحوث إيلاء الاهتمام الكافي بالبحث عن وقود نظيف صديق للبيئة يقلل من الاضرار الكربونية المرافقة للعمليات الإنتاجية.
٢. على ادارة المعمل المبحوث إيلاء مزيد من الاهتمام للاستفادة من المخلفات الصلبة المرافقة للعملية الإنتاجية في إنتاج منتجات اخرى تساهم في تقليل النفايات واضرارها البيئية وتحقق موارد اضافية للشركة وتكسبها ميزة تنافسية على منافساتها.
٣. ينبغي على ادارة المعمل المبحوث البحث عن أحدث الطرق المستخدمة في صناعة الاسمنت والبحث عن مواد بديلة للكلنكر وهناك محاولات من شركات عالمية في هذا الصدد نظرا لحاجة الكلنكر الى طاقة هائلة لتسخينه ويخلف غازات ومواد ضارة اخرى بالبيئة.
٤. على ادارة الشركة الاهتمام المتساوي باستراتيجيات التصنيع المستدام او تقاناته من اجل دعم جهودها في تقليص او التخفيف الاثار السلبية الناتجة عن البصمة الكربونية.

المصادر والمراجع:

أولاً: المصادر العربية:

١. جعفر، علي هادي ومزهر، اسيل علي،٢٠٢١، تقييم أداء نظام التصنيع المستدام من خلال تقنية (6R): دراسة حالة في محطة كهرباء ديزلات شمال الديوانية، مجلة الدراسات المستدامة، السنة الثالثة، المجلد الثالث، العدد الثالث، الملحق ٣.

٢. جودة، محفوظ، ٢٠٠٨، التحليل الاحصائي المتقدم باستخدام (SPSS)، ط١، دار وائل للنشر، عمان، الاردن.

٣. مردان، زيد عائد ومهدي، رواء ياسر، ٢٠٢١، التكامل بين الإنتاج الخالي من الفاقد وسلسلة القيمة المستدامة في ضوء التوجه نحوه الاقتصاد الدائري المستدام، مجلة دراسات محاسبية ومالية، المؤتمر العلمي الدولي الثاني والوطني الرابع، جامعة الأمام الصادق علية السالم / النجف.

ثانياً: المصادر الأجنبية:

4. Cagiao, Juan, *et.al.* (2011). "Calculation of the corporate carbon footprint of the cement industry by the application of MC3 methodology." Ecological Indicators 11.6: 1526-1540.
5. Cooper, D.R. & Gutowski, T.G. (2017). The environmental impacts of reuse: a review. Journal of Industrial Ecology, 21(1), 38-56.
6. Hami, N., Muhamad, M.R. & Ebrahim, Z. (2015). The impact of sustainable manufacturing practices and innovation performance on economic sustainability. Procedia Cirp, 26, 190-195.
7. Harris, J.M., Roach, B. & Codur, A.M. (2015). The economics of global climate change. Global Development and Environment Institute. Tufts University.
8. Hernández, Ana E. Bonilla, (2019), "Process sustainability evaluation for manufacturing of a component with the 6R application." Procedia Manufacturing 33: 546-553.

9. Kamis, Arasinah, (2018), "Environmentally Sustainable Apparel: Recycle, Repairing and Reuse Apparel." The International Journal of Social Sciences and Humanities Invention 5.1: 4250-4257.
10. Khozin, V., Khokhryakov, O. & Nizamov, R. (2020). "A carbon footprint of low water demand cements and cement-based concrete. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 890, No. 1, p. 012105). IOP Publishing.
11. Kishawy, H.A., Hegab, H. & Saad, E. (2018). Design for sustainable manufacturing: Approach, implementation, and assessment.
12. Marey, H., Kozma, G. & Szabó, G. (2022). Effects of Using Green Concrete Materials on the CO2 Emissions of the Residential Building Sector in Egypt. Sustainability, 14(6), 3592.
13. Molamohamadi, Z. & Ismail, N. (2013). Developing a new scheme for sustainable manufacturing. International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing, 1(1), 1-5.
14. Nambiar, A.N. (2010). Challenges in sustainable manufacturing. In Proceedings of the 2010 international conference on industrial engineering and operations management, Dhaka, Bangladesh (pp. 9-10).
15. Pathak, P., Singh, M.P. & Sharma, P. (2017). Sustainable manufacturing: an innovation and need for future. In International Conference on Recent Innovations in Engineering and Technology (ICRIET-18 FEB).
16. Rao, P.N, (2014), "Sustainable Manufacturing-Challenges and Research Directions", National Conference on Emerging Trends in Mechanical Engineering (ETIME-2014) 29-30, December, USA.
17. Trevor S. Harding, (2004), Life Cycle Assessment as a Tool for Green Manufacturing Education, American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition.
18. Wiedmann, T. & Minx, J. (2008). "A definition of carbon footprint", Ecological economics research trends, 1-11.
19. www.alwatan.ae.