SHIHAB JOURNAL OF HUMANITIES
Volume (2), Issue (4) (October, 2026)
ISSN: 3136-2958

مجلة الشهاب للعلوم الإنسانية
المجلد (2) العدد(4) اكتوبر 2026
عدد خاص بالمؤتمر الدولي الأول لسلاسل الامداد والتوريد والإدارة اللوجستية في ليبيا
26-27 أغسطس 2026

مخاطر بيئة العمل ذات الحرارة العالية وتأثيرها على إمداد السوق الليبي بمادة الاسمنت (دراسة حالة الفرن الدوار لخط الإنتاج بمجمع سوق الخميس)

م/سالم افحيج محمد البئر- :م/اريج محمود السوري
لشركة الاهلية للإسمنت المساهمة

Occupational Hazards in High-Temperature Work Environments and Their Impact on Cement Supply to the Libyan Market: A Case Study of the Rotary Kiln in the Production Line at Souq Al-Khamis Cement Complex

Eng. Salem Afhaij Mohammed Al-Beir- Eng. Areej Mahmoud Al-Souri

Affiliation: National Cement Company (Joint Stock Company)

Email: salemalbeer636@gmail.com

Email: Roreta72@gmail.com

تاريخ الاستلام: 2026/06/30 تاريخ المراجعة 7/08/ 2025 تاريخ القبول:2026/8/05- تاريخ النشر:10/05/ 2026

الملخص

تتناول هذه الدراسة تأثير الاجهاد الحراري على صحة العاملين وسلامتهم المهنية في بيئات العمل ذات الحرارة العالية بالصناعات الثقيلة. وتركز الدراسة بشكل مكثف على أفران صناعة الإسمنت كنموذج تطبيقي، وعلى الفرن الدوار بمجمع سوق الخميس للإسمنت كحالة خاصة، نظراً لما تفرضه ظروف التشغيل المستمر تحت درجات حرارة عالية مما يستدعي تقييم دقيق للإجراءات الوقائية المطبقة لضمان استدامة الإنتاج وكفاءة الأداء البشري.

وقد اعتمدت الدراسة على منهجية تحليلية استكشافية باستخدام أسلوب دراسة الحالة، من خلال أداة بحثية ميدانية موحدة (استبيان الدراسة) وُجّهت إلى المهندسين، والفنيين، والمشغلين، وجرت معالجة بياناتها إحصائياً وتحليلها عبر برنامج (SPSS)لضمان دقة المؤشرات الرقمية المستخدمة وتقاطعها مع واقع العمل.

وكشفت نتائج التحليل الإحصائي عن حزمة من المؤشرات الجوهرية لصناع القرار؛ حيث تبين أن الحوادث الفنية ترتفع احتمالية وقوعها بشكل حاد خلال فترات الصيانة المخطط لها أو عند حدوث الانسدادات الحرارية الطارئة، نظراً لتضاعف خطر التعرض للإشعاع الحراري وانهيارات المواد الملتهبة الساخنة. كما رصدت الدراسة إلى إثبات التأثير الفسيولوجي المباشر للإجهاد الحراري على الوظائف الإدراكية والذهنية للكوادر الفنية، مما يرفع من معدلات الخطأ البشري التشغيلي أثناء تنفيذ العمليات الحرجة.

وتخلص الدراسة إلى أن إدارة المشاريع الهندسية بكفاءة في مصانع الإسمنت الليبية وخاصة في مصانع الاسمنت بالشركة الاهلية للإسمنت تتطلب تحولاً من تدابير الحماية التقليدية القائمة على رد الفعل، إلى تبني استراتيجيات وقائية واستباقية متكاملة تركز على العنصر البشري

الكلمات المفتاحية

الصناعات الثقيلة، الحوادث الصناعية، إمداد الاسمنت، الفرن الدوار، مخاطر الوظيفة، الإجهاد الحراري.

المقدمة

تتعلق السلامة والصحة المهنية في العمل بحماية الأرواح ومنع الضرر وضمان قدرة كل عامل على أداء وظيفته بأمان وكرامة ,في جميع أنحاء العالم لايزال ملايين الأشخاص يواجهون ظروف عمل غير آمنة وغير صحية يمكن أن تؤذي إلى الإصابة أو المرض أو الوفاة, وكما اقرت منظمة العمل الدولية عام 2022 فإن بيئة العمل الأمنة والصحية هي مبدأ وعنصر أساسي في بناء العمل اللائق والعدالة الاجتماعية والتنمية المستدامة, *إحدى المخاطر التي يتعرض لها العمال هو الإجهاد الحراري والذي يمكن أن يؤثر على العمال بشكل فوري, ومن هذه الاضطرابات الصحية كالإنهاك الحراري وضربة الشمس وحتى الموت, كما تم رصد بالفعل في العديد من المناطق في العالم على المدى الطويل, إصابات العمال بأمراض مزمنة خطيرة ومنهكة مما يؤثر على

الجهازين القلبي الوعائي والتنفسي بالإضافة إلى الكلى, يجب أيضا مراعاة تأثيرات الصحة العقلية بالإضافة الى الحوادث والإصابات العديدة التي تحدث بسبب انخفاض الأداء المعرفي والأسطح الساخنة ومعدات الوقاية الشخصية غير المناسبة, وبحسب الإحصاءات المقدمة في التقرير تم رصد أقليم أفريقيا والأمريكيتين المؤشر الأعلى من الحوادث المهنية الناجمة عن الحرارة المرتفعة، بواقع 7.2 % و6.7% من العدد الإجمالي للأضرار المهنية على التوالي.

كما تم توثيق أن أقليم الأمريكيتين، إلى جانب أقليمي أوروبا وآسيا الوسطى، يسجلان الزيادة الأسرع نموا في معدل الاصابات المهنية الناجمة عن الحرارة المفرطة منذ عام 2000، بارتفاع بلغ 33.3 % و16.4 % على التوالي. "حيث أن نسبة 33.3 %: تخص اقليم الأمريكيتان وحده .اما 16.4 % تخص أوروبا وآسيا الوسطى

الدراسات السابقة

المقدمة:

شهدت الادبيات البحثية اهتماما متزايدا بتقييم المخاطر المهنية في المنشات الصناعية , وفيما يخص البيئة المحلية الليبية حيث تناولت العديد من الدراسات تقييم المخاطر البيئة والغبارية دون التركيز المباشر على مخاطر الاجهاد الحراري

حيث تناولت دراسة زاتوت وآخرون (2022) والمشورة في المجلة الأفريقية للعلوم البحتة والتطبيقية (المجلد 1، العدد 4، ص ص 172-177) والموسومة بعنوان: "تأثير صناعة الاسمنت على الصحة والسلامة والبيئة: دراسة حالة مصنع أسمنت الفتائح"، بيئة العمل في مصنع الفتائح بدرنة. حيث اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال استبيان موجه للموظفين مكون من 29 عبارة تمثل خمس فرضيات علمية وفقاً لمقياس ليكرت الخماسي، وتم استخدام برنامجي SPSS وExcel لتحليل البيانات. وقد أظهرت النتائج أن صناعة الاسمنت تسبب حوادث وأمراضاً مهنية وتلوثاً بيئياً كمخلفات الأفران والغازات وغبار الاسمنت، كما بينت أن بيئة العمل لم تكن آمنة بشكل كافٍ رغم توافق إجراءات السلامة والتدابير الرقابية التي اعتمدتها الإدارة إلى حدٍ ما مع الإجراءات الموصى بها. ورغم شمولية هذه الدراسة للمخاطر العامة، إلا أنها لم تتناول بأي شكل من الأشكال أضرار الإجهاد الحراري على العاملين، بل ركزت على مخاطر صناعة الاسمنت ومدى توفر معايير الأمن والسلامة بشكل عام، مما يجعلها مرجعاً مهماً للخلفية العامة لكنها لا تغطي الجانب الحراري محل البحث الحالي.

ومن جانبه ركزت دراسة الطير (2023) المنشورة في مجلة المنتدى الأكاديمي (العلوم التطبيقية، المجلد 7، العدد 2، ص ص 211-219) والمعنونة بـ "تقييم الآثار الصحية لغبار الاسمنت على عمال مصنع البرج التابع لشركة الاتحاد العربي للمقاولات والاسمنت والشركة الأهلية للإسمنت في زليتن"، بشكل حصري على مخاطر تصاعد غبار الاسمنت. واعتمدت الباحثة على المنهج الميداني باستخدام استبيان وزع على 99 عاملاً لا تقل خبرتهم عن 5 سنوات ويعملون في أقسام مختلفة كالأفران الدوارة والتعبئة والتغليف وتكسير وطحن المواد الخام. وقد أظهرت النتائج ظهور أعراض ومشاكل صحية واضحة؛ حيث ظهرت أعراض التهاب الأنف التحسسي على 35 مشاركاً من أصل 54 في مصنع البرج و7 من أصل 54 في الشركة الأهلية للإسمنت، كما تم رصد 3 حالات ربو من أصل 45 مشاركاً في مصنع البرج، بالإضافة إلى إصابة 8 مشاركين من أصل 99 بتاريخ مرضي لحساسية الجلد والأكزيما، ومعاناة 18 مشاركاً من مضاعفات أخرى كارتفاع ضغط الدم والسكري وأوجاع الظهر والصداع المزمن وحكة العين، كما تبين أن 54 مشاركاً من أصل 99 يسكنون بالقرب من مصانع تطلق غازات وغبار مما يساهم في تلوث الهواء وتفاقم المشاكل الصحية. هذه الدراسة وإن كانت معمقة في آثار الغبار، إلا أنها لم تلتفت إطلاقاً إلى مخاطر الحرارة الشديدة الصادرة عن الأفران ذاتها، مما يبرز الفجوة المعرفية التي يسدها بحثنا.

وفي اطار البرامج الوقائية اوضحت دراسة نصير (2024) المنشورة في المجلة الأفريقية للعلوم البحتة والتطبيقية (المجلد 4، العدد 4، ص ص 689-706) والموسومة بعنوان: "دور إجراءات الصحة والسلامة المهنية في التقليل من الأمراض المهنية داخل بيئة العمل مجمع سوق الخميس للإسمنت ومواد البناء نموذجاً"، فقد هدفت إلى تقييم الأثر الفعلي لبرامج الصحة والسلامة المهنية في الحد من انتشار الأمراض المهنية بين العاملين في مصنع سوق الخميس. وقد انطلقت الباحثة من مشكلة وجود تناقض واضح بين الوجود الشكلي لهذه البرامج واستمرار تسجيل حالات الأمراض والإصابات المرتبطة بالعمل. واعتمدت على مجتمع الدراسة المكون من جميع العاملين وعددهم 566 عاملاً (495 ليبي و71 غير ليبي)، وتم اعتماد عينة طبقية احتمالية بهدف تمثيل مختلف الشرائح. ومن أهم النتائج التي توصلت إليها أن نسبة من يوافقون على أن السياسات المتعلقة ببرامج الصحة والسلامة واضحة بلغت (35.71%) واللوائح والإرشادات (32.86%)، في حين بلغت نسبة من يؤيدون تشجيع الإدارة للإبلاغ عن المخاطر (17.14%) واعتبار الصحة والسلامة كأولوية إدارية (18.57%)، كما أن نسبة من يؤيدون فعالية البرامج بشكل عام لم تتجاوز (32.86%) مما يشير إلى عيوب جوهرية في النظام الحالي. والأكثر خطورة أن 27.14% من أفراد العينة تم تشخيص إصابتهم بأمراض مهنية رسمياً، حيث جاءت أوجاع الظهر والمفاصل في المرتبة الأولى بنسبة 50%، تلتها أعراض الإعياء والإرهاق الشديد والمستمر بنسبة 44.28%، ثم صعوبة التنفس والسعال المستمر 38.57%، واضطرابات النوم 35.72%، ومشاكل السمع 30%. ورغم غنى هذه الدراسة بالبيانات عن الأمراض المهنية، إلا أنها لم تركز على مخاطر الإجهاد الحراري كعامل مسبب مستقل، بل استعرضت تقييم فعالية إجراءات الصحة والسلامة بشكل عام.

كما اهتمت دراسة بالرزق وحديدان (2025) المنشورة في مجلة العلوم الشاملة (المجلد 10، العدد 38، ص ص 2018-2035) والمعنونة بـ "تقييم التعرض للسليكا الكريستالين في صناعة الاسمنت: تطبيق منهجية Six Sigma لتحسين سلامة العمال"، بتطبيق منهجية Six Sigma لتقليل الأخطاء والعيوب وبالتالي تحسين الجودة وتقليل المخاطر، وركزت على مخاطر مادة السليكا الكريستالين (Sio2) التي تسبب أمراضاً خطيرة كالسحار السيليسي وسرطان الرئة وفقاً لمنظمة الصحة العالمية (WHO,2021). واعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي من خلال استبيانات ومقابلات مع العاملين في مصنع البرج

بزليتن. وأظهرت النتائج الديموغرافية أن غالبية المشاركين لديهم شهادة بكالوريوس بنسبة (76.32%) (ليبيين 78.26% وأجانب 73.33%)، وأن معظم الخبرات تتراوح بين 10-20 سنة (52.63%)، مع ملاحظة أن غير الليبيين يتمتعون بخبرة أطول وأكثر دراية بمنهجية Six Sigma وشغل أدوار قيادية، مما يعكس حاجة ملحة للنقل المعرفي. كما تبين أن أبرز التحديات هي نقص الموارد البشرية والمالية (36.8%) وعدم كفاية التدريب (52.6%)، ومقاومة التغيير عند الليبيين (26.1%) مقابل (13.3%) لغير الليبيين. وفيما يخص إجراءات السلامة، يرى 60.53% من الليبيين أنها ضعيفة للغاية، بينما يرى 46.67% من غير الليبيين أنها جيدة، كما أن 80% من غير الليبيين مقتنعون بتأثير Six Sigma على تحسين السلامة مقابل 30.43% فقط من الليبيين. هذه الدراسة وإن كانت متقدمة منهجياً، إلا أنها ركزت حصراً على السليكا ولم تتطرق لمخاطر الحرارة.

بينما رصدت دراسة بص (2026) المنشورة في مجلة التربوي (العدد 28، ص ص 382-401) والموسومة بـ "تقييم فجوات السلامة والرعاية المهنية في مصنع الاسمنت زليتن: دراسة ميدانية لاحتياجات العاملين غير الملباة ودورها في الحد من المخاطر المهنية"، تحليل نقاط ضعف السلامة والصحة المهنية في مصنعي زليتن والاتحاد من منظور الموظفين. اعتمدت الباحثة على المنهج الوصفي التحليلي واستخدمت الاستبيان كأداة رئيسية لجمع البيانات على عينة قوامها 59 عاملاً (38 من مصنع زليتن و21 من مصنع الاتحاد) مع مقياس ليكرت. وأظهرت النتائج أن السلامة المهنية والإجراءات الوقائية جاءت بمستوى مرتفع (M=4.7) مع وجود فروق لصالح مصنع زليتن بسبب خبرة العاملين الطويلة، كما أن الاستجابة للطوارئ كانت جيدة (M=4.48) مع فروق لصالح زليتن أيضاً. لكن الدعم النفسي والاجتماعي كان متوسطاً (M=3.46) ولا يتجاوز الحدود المتوسطة. ورغم تقييمها للسلامة والاستجابة للطوارئ، إلا أنها لم تركز على مخاطر ارتفاع درجات الحرارة وتأثيرها على العاملين.

وعلى الصعيد الدولي والإقليمي , حظيت مخاطر الاجهاد الحراري باهتمام مباشر , أدى جرى كلا من Bahall & Lewis (2014) المنشورة في أبحاث مؤتمر IEM3-2014 في ترينيداد تحت شعار "تحدي هندسة المشاريع وإدارتها في عالم مستدام" (ص ص 73-78) والموسومة بـ "تقييم أرغونومي للإجهاد الحراري في بيئة العمل"، من أهم الدراسات الداعمة لموضوعنا، حيث أجريت في دولة ترينيداد وتوباغو ذات المناخ الاستوائي الحار والرطب، مما يزيد من شدة الإجهاد الحراري عند تزامنه مع حرارة الأفران الدوارة التي تصل إلى 1450 درجة مئوية. واستخدمت الدراسة مؤشر درجة حرارة البصيلة الرطبة والكرة السوداء (WBGT) لاحتساب قيم المؤشر في مناطق العمل الرئيسية (الأفران والمطاحن) خلال وردية واحدة، بالتزامن مع استبيان وزع على 20 عاملاً. وقد صنف المشاركون حسب العمر والوزن ومستوى النشاط البدني الأسبوعي وسنوات العمل، وتبين أن 75% من عمال الأفران و62.5% من عمال المطاحن لا يقومون بأي نشاط بدني، ويعانون من أعراض كتشنجات العضلات والضعف العام وقلة التناسق الحركي وجفاف الجلد وارتفاع حرارته. وقد أثبتت الدراسة أن عمال الأفران يعانون بدرجة أكبر من عمال المطاحن، وأن الإجهاد الحراري يزداد مع التقدم في السن وقلة النشاط البدني. ورغم أهمية هذه الدراسة، إلا أنها أجريت في بيئة مناخية وصناعية تختلف عن ليبيا (حيث تصمم المصانع هناك بتهوية طبيعية قصوى لمكافحة الرطوبة)، مما يستدعي دراسات محلية في البيئة الليبية، وهو ما يفعله بحثنا الحالي.

وفي اسبانيا قام Worgenchaff (2016) (رسالة ماجستير، الجامعة الدولية في لا ريوخا، إسبانيا) تحت عنوان "تقييم أداء العاملين المعرضين لدرجات حرارة عالية وضوضاء وغبار في بيئة صناعة الاسمنت"، هدفت إلى تقييم المخاطر المهنية المتعددة في مصنع إسمنت إسباني، وتميزت باستخدام قياسات بيئية ميدانية دقيقة للغبار (بأخذ عينات نشطة وانتشارية وقياس مباشر)، وأظهرت أن عمال التعبئة هم الأكثر تعرضاً للغبار والسليكا، وأن بعض القيم تجاوزت الحدود المسموح بها مما يسبب التهابات الشعب الهوائية المزمنة. وفيما يخص الإجهاد الحراري، ركزت الدراسة على قياس مؤشر WBGT ليعكس الحرارة المنبعثة من برج التبادل الحراري، وأكدت ضرورة تقسيم وقت العمل (نصف عمل ونصف راحة) وتوفير مياه الشرب، كما أثبتت أن بعض مهام تنظيف برج التبادل الحراري تعرض العمال لمستويات إجهاد حراري تتجاوز الحدود الموصى بها، وأن ارتداء معدات الحماية الشخصية يزيد من قيمة المؤشر. وفيما يخص الضوضاء، تم رصد مستوياتها في خط طحن الاسمنت وأظهرت تجاوزاً للحدود المسموحة (85 ديسيبل) في بعض المواقع. ورغم شمولية هذه الدراسة للقياسات البيئية، إلا أنها لم تقيس آراء العاملين حول الأضرار المترتبة على الحرارة، واكتفت بالرصد البيئي لمؤشر WBGT، بينما يدمج بحثنا الحالي بين القياسات الذاتية (استبيانات) والتحليل الإحصائي للتأثيرات الصحية والإدراكية.

وكذلك زرمان وموس (2017) المنشورة في المجلة الدولية لنظم الذكاء الحوسبي (المجلد 10، العدد 1، ص ص 835-850) والمعنونة بـ "نظام تحكم قائم على الإنترنت والمنطق الضبابي لفرن دوار في مصنع إنتاج الاسمنت"، هدفت إلى تطوير نظام تحكم عن بعد للفرن الدوار في مصانع الاسمنت الجزائرية باستخدام تقنية الإنترنت والمنطق الضبابي (Fuzzy Logic)، وذلك لضمان استمرارية التشغيل وتقليل التوقف المفاجئ، حيث يتم التحكم عن طريق المراقبين في غرف التحكم المركزية. وقد اعتمدت الدراسة على دمج تقنية الإنترنت مع دوائر التنظيم المتعددة ومزامنتها، وأظهرت النتائج فعالية النظام في استمرار الإنتاج وزيادة جودة الكلنكر، بالإضافة إلى تشخيص الأعطال وإجراء الصيانة إلكترونياً مما قلل من الحاجة إلى وجود الخبراء في موقع المصنع وبالتالي تقليل تكاليف السفر والصيانة، كما ساهم دمج أدوات سيمنز (Siemens) مع المنطق الضبابي في رفع كفاءة الكادر في غرف التحكم والحفاظ على سلامة العاملين في البيئات عالية الخطورة. ورغم أن هذه الدراسة لم تتناول ظروف الحرارة العالية وتأثيرها المباشر على العاملين، إلا أنها تقدم نموذجاً تقنياً مهماً يمكن الاستفادة منه في تقليل الوجود البشري المباشر في المناطق الأكثر حرارة، وهو ما نوصي به في بحثنا الحالي.

أما دراسة علي وآخرون (2022) المنشورة في الأرشيف الدولي لأبحاث مجلة العلوم والتكنولوجيا (المجلد 2، العدد 2، ص ص 16-21) والمعنونة بـ "التلوث الضوضائي والإجهاد الحراري في الأقسام المختلفة بمصنع أسمنت ربك بولاية النيل الأبيض في

السودان"، فقد تميزت بتقييم كل من الضوضاء والإجهاد الحراري معاً في مصنع رابك. حيث تم رصد درجة الحرارة المحيطة في موقعين (المختبر الكيميائي وفرن الاسمنت) باستخدام أدوات قياس دقيقة: ميزان حرارة المستودع الجاف لقياس درجة حرارة الهواء، وميزان حرارة كاتا لقياس حركة الهواء، وميزان المستودع الرطب لقياس الرطوبة، وميزان الحرارة الكروي الأسود لقياس الإشعاع، وقد أكدت النتائج وجود ارتفاع في درجات الحرارة فوق المستوى القياسي مما يؤدي إلى الإجهاد الحراري. وفيما يتعلق بالضوضاء، تم قياس المستويات في الفترة الصباحية (8 صباحاً حتى 4 مساءً) بإجراء 3 قياسات على الأقل في كل قسم، وأظهرت النتائج أن مستويات الضوضاء تجاوزت الحد الأقصى المسموح به (85 ديسيبل) في أقسام الإنتاج، بينما كانت أقل في المختبرات والمكاتب، مع وجود ارتباط إيجابي بين الإصابة بأمراض السمع والضوضاء، كما لوحظ أن أغلب العمال لا يستخدمون معدات الحماية الشخصية. ولكن مع ذلك، كان هناك تفاوت في منهجية القياس بين الضوضاء والإجهاد الحراري؛ ففي الضوضاء تم استخدام استبيانات وتقييم طبي مباشر للآثار، بينما في الإجهاد الحراري اقتصر القياس على الرصد البيئي فقط دون استبيانات أو مقابلات حول تأثيره المباشر على العاملين، وهو ما يمثل فجوة منهجية سدها بحثنا عبر الاعتماد على استبيان شامل لقياس الآثار الإدراكية والفسيولوجية للحرارة إلى جانب التحليل الإحصائي.

جدول (1-1): مقارنة بين الدراسات السابقة

الباحث والسنة	هدف الدراسة	المنهج المستخدم	أهم النتائج	أوجه الاستفادة
زاتوت وآخرون (2022)	تقييم أثر صناعة الاسمنت على الصحة والسلامة المهنية	المنهج الوصفي التحليلي واستبيان	أظهرت الدراسة وجود مخاطر مهنية وتلوث بيئي مع قصور نسبي في مستوى السلامة	تؤكد أهمية تعزيز إجراءات السلامة في مصانع الاسمنت ولكنها لم تتناول الإجهاد الحراري
الطير (2023)	تقييم الآثار الصحية لغبار الاسمنت على العاملين	دراسة ميدانية باستخدام استبيان	أكدت انتشار أمراض الجهاز التنفسي والحساسية بين العاملين نتيجة التعرض للغبار	توضح مخاطر الغبار بينما يركز البحث الحالي على مخاطر الحرارة
نصير (2024)	تقييم فعالية برامج الصحة والسلامة المهنية	المنهج الوصفي التحليلي واستبيان	كشفت عن وجود قصور في برامج السلامة واستمرار الامراض المهنية بين العاملين	تدعم أهمية تحسين وتطوير برامج السلامة، دون دراسة تأثير الإجهاد الحراري
بالرزق وحديدان (2025)	تقييم التعرض للسليكا باستخدام منهجيةSix Sigma	المنهج الوصفي التحليلي واستبيان	أوضحت أهمية Six Sigmaفي تحسين السلامة وتقليل مخاطر السليكا، مع وجود تحديات في التنفيذ	توضح دور الأساليب الإدارية في تحسين السلامة، بينما تركز دراستنا على مخاطر الإجهاد الحراري
بص (2026)	تقييم فجوات السلامة والرعاية المهنية بمصانع الاسمنت	المنهج الوصفي التحليلي	أظهرت مستوى جيدا لإجراءات السلامة مع وجود قصور في الدعم النفسي	تفيد في تقييم أنظمة السلامة، ولكن لم تبحث تأثير ارتفاع درجات الحرارة
Lewis & Bahall (2014)	تقييم الإجهاد الحراري في بيئة العمل	مؤشر WBGT واستبيان	أثبتت انتشار أعراض الإجهاد الحراري خاصة لدى عمال الأفران	تعتبر من أهم الدراسات الداعمة لموضوع البحث مع اختلاف البيئة عن ليبيا
Worgenchaff(2016)	تقييم التعرض للغبار والضوضاء والإجهاد الحراري	قياسات بيئية ميدانية	أكدت تجاوز بعض مواقع العمل الحدود المسموح بها للحرارة والضوضاء والغبار	تدعم استخدام مؤشر WBGTلتقييم الإجهاد الحراري في مصانع الاسمنت
زرمان وموس (2017)	تطوير نظام تحكم بالفرن الدوار باستخدام المنطق الضبابي	تصميم نظام وتحليل تقني	ساهم النظام في تحسين التشغيل وتقليل الأعطال وزيادة الإنتاجية	توضح دور التقنيات الحديثة في تحسين الأداء والحماية من المخاطر المختلفة دون التركيز على دراسة تأثير الحرارة على العاملين

علي وآخرون (2022)	تقييم الضوضاء والإجهاد الحراري في مصنع الاسمنت	قياسات بيئية واستبيان للضوضاء	أظهرت ارتفاع مستويات الحرارة والضوضاء عن الحدود المسموح بها	تؤكد وجود الإجهاد الحراري في مصانع الاسمنت مع تركيز محدود على آثاره الصحية المباشرة

الخلاصة:

لم يجد الباحثون أي دراسة محلية تطرقت لتأثير الحرارة والإجهاد الحراري في مصانع الاسمنت والبحث الحالي يسعى لسد هذه الفجوة وكانت كافة الدراسات الليبية ركزت على المخاطر الأخرى في هذه المصانع مثل أهمية الصحة والسلامة المهنية ومخاطر الغبار وصناعة السليكا.

أن الدراسات التي تناولت الإجهاد الحراري في مصانع الاسمنت كانت قليلة جدا ومعظمها أجنبية

المنهجية وطرق البحث

يقدم هذا الفصل عرضاً مفصلاً للمنهجية العلمية التي تم اتباعها لتحقيق أهداف الدراسة المتعلّقة بتقييم استراتيجيات الوقاية من الحوادث الهندسية وإدارة السلامة المهنية في بيئات العمل التي تتسم بالحرارة العالية والظروف التشغيلية القاسية .ويتناول الفصل بالتفصيل تصميم البحث الشامل، ومجتمع وعينة الدراسة المستهدفة، وأدوات جمع البيانات الكمية والنوعية، والأساليب الإحصائية والهندسية المتقدمة المستخدمة في تحليل البيانات، بالإضافة إلى الحدود المنهجية والاعتبارات الأخلاقية والمهنية الصارمة التي التزم بها الباحث لحفظ سرية وموثوقية المعلومات.

تصميم البحث (Research Design) لتحقيق الأهداف المرسومة في هذا البحث والوصول إلى نتائج وتوصيات ذات موثوقية وأكاديمية عالية تخدم قطاع سلامة العاملين في الصناعات الثقيلة، تم اعتماد منهجية علمية تحليلية واستكشافية متكاملة تعتمد على أسلوب دراسة الحالة (Case Study) داخل المؤسسة محل البحث مع تقييم تأثير درجات الحرارة العالية على العنصر البشري الأصول. يمثل هذا التصميم نموذجاً متميزاً للمنهج المختلط (Mixed-Methods-Approach) الذي يحقق التثليث المنهجي (Methodological-Triangulation)عبر دمج محاور الاستبيان الشامل كأداة رئيسية لجمع البيانات، وتوجيهها نحو مسارين تحليليين متكاملين:

المسار الاستكشافي والنوعي للظاهرة :ويتمثل في الجزء الأول من الاستبيان، والذي يستهدف استكشاف تصورات المهندسين، وفنيين، وإداريين حول واقع التعرض الحراري اليومي، ومستوى الوعي بمخاطر الأجهاد الحراري.

المسار التحليلي والكمي الرقمي :ويتمثل في قياس الاستجابات الرقمية وفق مقياس منظم وتحويل التقديرات الميدانية إلى بيانات رقمية قابلة للمعالجة. وقد تم الاعتماد على برنامج (SPSS) لإجراء التحليل الإحصائي؛ والتي شملت حساب التكرارات، والنسب المئوية، والمتوسطات الحسابية، والانحرافات المعيارية، بالإضافة إلى المخططات البيانية (Charts) اللازمة لتفسير العلاقات بين مستويات الحرارة ومؤشرات الأداء البشري.

مجتمع وعينة البحث(Population And Sampling)

يتكون مجتمع البحث من كافة الأطقم البشرية والكوادر الفنية والهندسية العاملة في الشركة الاهلية للإسمنت، والمهتمة بشكل مباشر أو غير مباشر بعمليات التشغيل، الصيانة، ....الخ.

ونظراً للطبيعة الاستثنائية والخطورة العالية المرتبطة بأفران صناعة الاسمنت كنموذج تطبيقي، تم اختيار من واقع مجمع سوق الخميس للإسمنت ومصنع زليتن ولبدة للإسمنت وقد شملت هذه العينة الفئات الأكثر عرضة وتعاملاً مباشراً مع المخاطر الحرارية والتشغيلية للفرن الدوار لضمان شمولية وعمق الآراء المستطلعة، وضمت التخصصات التالية:

المشغلون الفنيون ومراقبو لوحات غرف التحكم الرقمية المحيطة بالمنظومة الهندسية للفرن.

أطقم وفرق الصيانة الميكانيكية والحرارية والكهربائية الأكثر عرضة للمخاطر أثناء التوقفات والانسدادات الحرارية الطارئة

أدوات جمع البيانات الميدانية (Data Collection Tools)

بناءً على رؤية الدراسة المرتكزة على الانتقال من تدابير الحماية والتشغيل التقليدية القائمة على رد الفعل إلى استراتيجيات وقائية استباقية لحد من الاجهاد الحراري، تم تصميم وتطوير أداة بحثية ميدانية موحدة وشاملة (استبيان الدراسة)، حيث جرى تقسيمها إلى عدة محاور متكاملة تضمن الإحاطة بكافة أبعاد تأثير الحرارة على صحة العاملين وانتاجيتهم وسلامتهم في بيئة العمل. وتمت معالجة بياناتها عبر برنامج (SPSS) لتوفير المؤشرات الرقمية اللازمة.

وقد تمثلت محاور هذه الأداة وتطبيقها الميداني فيما يلي:

1. توزيع الاستبيان واستهداف مجتمع الدراسة حيث أجريت عمليات توزيع الاستبيان ميدانياً على شريحة مستهدفة تشمل (المهندسين، الفنيين، والمشغلين) في خطوط الإنتاج والمواقع الحيوية، وذلك بهدف:
2. قياس التغيرات الفسيولوجي والنفسية الناتجة عن للإجهاد الحراري على العاملين وتأثيرها المباشر في الأداء التشغيلي وسلامة اتخاذ القرارات أثناء المناوبة.
3. تحديد مواطن الخلل في تدابير الوقاية الشخصية والتهوية الحالية ومدى كفايتها في تخفيف درجات الحرارة المرتفعة.
4. تقييم فاعلية انظمة الراحة والتعويض الحراري (فترات الراحة , التبريد , تناوب المناوبات) ومدى اسهامها في تقليل الإصابات الحرارية وتحسين استمرارية الإنتاج مع الحفاظ على صحة العنصر البشري.
5.

حدود البحث (Research Limitations & Boundaries)

تم تحديد الدراسة بالحدود المنهجية التالية:

الحدود الموضوعية :تقتصر الدراسة بشكل دقيق ومكثف على تقييم تأثير الاجهاد الحراري العالية في بيئات العمل ذات الحرارة العالية، مع التركيز على أفران صناعة الإسمنت كنموذج تطبيقي متكامل نظراً لتحدياتها الاستثنائية.

الحدود المكانية :تم إجراء الجانب التطبيقي والملاحظات الميدانية داخل النطاق الجغرافي للمنشأ وهي :الشركة الاهلية للإسمنت -مجمع سوق الخميس ومصنعي زليتن ولبدة للإسمنت - ليبيا..

الاعتبارات الأخلاقية والمهنية للبحث(Ethical Considerations)

تم الحصول على الموافقات والتصاريح الرسمية المسبقة من الإدارة العليا لإدارة كل من مجمع سوق الخميس للإسمنت ومصنع زليتن ولبدة للإسمنت للسماح لنا بالدخول الميداني، والقيام بالجولات الاستكشافية.

كما نتعهد بالحفاظ على سرية الهوية الشخصية والبيانات الخاصة بكافة المشاركين في توزيع الاستبيان من مهندسين وفنيين ومقاولين، وضمان عدم استخدام آرائهم وتصريحاتهم وتفريغاها إلا لأغراض البحث العلمي الأكاديمي.

مناقشة النتائج

يعرض هذا الفصل نتائج التحليل الإحصائي للاستبيان الذي استهدف تقييم مخاطر بيئة العمل ذات الحرارة العالية في مصانع الاسمنت، مع التركيز على مستويات التعرض للإجهاد الحراري، والتأثيرات الصحية المصاحبة له، وانعكاساته على الأداء والتركيز، ومدى كفاية إجراءات السلامة والوقاية .وقد تم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS بالاعتماد على عينة مكونة من خمسين استجابة، وهي عينة ميدانية مناسبة لغرض الدراسة الوصفية التحليلية في سياق بيئة صناعية متخصصة.

تمهيد ومنهجية قراءة النتائج

يستهدف هذا التقرير تلخيص نتائج التحليل الإحصائي للاستبيان الميداني الذي جرى تطبيقه على عينة قوامها (50) مشاركاً من العاملين في مجمع الاسمنت سوق الخميس، زليـتن، لبـــدة (كما في الجدول رقم 1) .يركز الاستبيان على تقييم مخاطر بيئة العمل ذات الحرارة العالية، وتأثيراتها الصحية، وانعكاساتها على الأداء والتركيز، ومدى كفاية تدابير السلامة المتاحة.

جدول (1) يبين توزيع العينة حسب المصنع

المصنع	التكرار	النسبة%
سوق الخميس	18	36.0
زليتن	12	24.0
لبدة	16	32.0
غير معروف	4	8.0
الإجمالي	50	100

يتضح من الجدول أن النسبة الأكبر من الاستجابات جاءت من مصنع سوق الخميس بنسبة36.0% ، يليه مصنع لبدة بنسبة 32.0%، ثم مصنع زليتن بنسبة .24.0% كما وجدت أربع استجابات بنسبة 8.0% لم تحدد المصنع، ولذلك تم الاحتفاظ بها في التحليل العام واستبعادها فقط عند إجراء المقارنات بين المصانع

جدول (2) يبين توزيع العينة حسب الوظيفة

الوظيفة	التكرار	النسبة%
مهندس	21	42.0
فني	20	40.0
مشرف	6	12.0
عامل	2	4.0
أخرى	1	2.0

توضح النتائج أن المهندسين يمثلون 42.0% من العينة، يليهم الفنيون بنسبة40.0% ، ثم المشرفون بنسبة .12.0%وهذا التوزيع يعكس اعتماد الدراسة على فئات ذات معرفة عملية وتقنية ببيئة الإنتاج والصيانة، ما يعطي نتائج الاستبيان قيمة تفسيرية عالية في تشخيص المخاطر الحرارية.

جدول(3) يبين توزيع العينة حسب سنوات الخبرة والفئة العمرية والقسم

المتغير	الفئة	التكرار	النسبة%	النسبة الصالحة%
سنوات الخبرة	5=>	11	22.0	22.4
سنوات الخبرة	5-10	15	30.0	30.6
سنوات الخبرة	10-15	7	14.0	14.3
سنوات الخبرة	15-20	15	30.0	30.6
سنوات الخبرة	20=>	1	2.0	2.0
سنوات الخبرة	مفقود	1	2.0	
الفئة العمرية	25-34	25	50.0	50.0
الفئة العمرية	35-44	13	26.0	26.0
الفئة العمرية	45-54	3	6.0	6.0
الفئة العمرية	55+	9	18.0	18.0
القسم	الصيانة	35	70.0	71.4
القسم	الإنتاج	12	24.0	24.5
القسم	السلامة ومنع الخسائر	1	2.0	2.0
القسم	المختبرات ومراقبة الجودة	1	2.0	2.0
القسم	مفقود	1	2.0	

تشير نتائج الخبرة إلى وجود توزيع متنوع، إلا أن الفئتين 10-5 سنوات و 20-15سنة سجلتا أعلى نسبتين بواقع 30.0% لكل منهما .كما أن نصف العينة يقع ضمن الفئة العمرية 34-25 سنة، وهو ما يشير إلى حضور واضح للفئة الشابة العاملة في مواقع التشغيل .أما من حيث القسم، فقد شكل قسم الصيانة النسبة الأكبر بواقع 70.0% من إجمالي العينة، وهو أمر منطقي لأن أعمال الصيانة في مصانع الاسمنت تتطلب غالباً وجوداً ميدانياً بالقرب من مصادر الحرارة.

مقياس ليكرت الخماسي

اعتمدت الدراسة على مقياس ليكرت الخماسي (Likert 5-Point Scale) لتفسير اتجاهات العينة، حيث تم تقسيم المتوسطات الحسابية إلى خمس مستويات كما في الجدول(4) كالتالي:

مستوى التفسير والأهمية	مدى المتوسط الحسابي
منخفض جداً	1.00 - 1.80
منخفض	1.81 - 2.60
متوسط	2.61 - 3.40
مرتفع	3.41 - 4.20
مرتفع جداً	4.21 - 5.00

تحليل الانحدار الخطي

استخدم تحليل الانحدار الخطي لتحديد قدرة بعض المحاور على التنبؤ بالتأثيرات الصحية .واعتبر محور التأثيرات الصحية متغيراً تابعاً، بينما أدخلت محاور التعرض الحراري والسلامة والوقاية والتقييم العام كمتغيرات مستقلة.

جدول :(5) ملخص نموذج الانحدار الخطي

R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error	F	Sig.
0.827	0.683	0.662	2.532	33.054	0.000

جدول :(6) معاملات الانحدار الخطي للتنبؤ بالتأثيرات الصحية

المتغير	B	Std. Error	Beta	t	Sig.
الثابت	3.285	4.153	-	0.791	0.433
التعرض الحراري	0.768	0.104	0.817	7.353	0.000
السلامة والوقاية	0.000	0.118	0.000	-0.002	0.998
التقييم العام	0.053	0.197	0.025	0.268	0.790

تظهر نتائج النموذج أن قيمة R بلغت0.827 ، بينما بلغت قيمةR Square 0.683 ، أي أن النموذج يفسر نحو 68.3% من التباين في التأثيرات الصحية .كما أن النموذج ككل دال إحصائياً عند مستوى0.001 ، حيث بلغت قيمة.F = 33.054

أما على مستوى المتغيرات المستقلة، فقد كان التعرض الحراري هو المتغير الوحيد الدال إحصائياً في تفسير التأثيرات الصحية، إذ بلغت قيمة Beta = 0.817 وقيمة .Sig. = 0.000 وهذا يعني أن ارتفاع التعرض الحراري يعد العامل الأقوى في تفسير زيادة الأعراض الصحية لدى العاملين .في المقابل، لم يظهر لمحوري السلامة والوقاية والتقييم العام أثر تنبؤي مستقل داخل النموذج بعد إدخال التعرض الحراري.

مناقشة النتائج في ضوء أهداف الدراسة

1 :المتعلق بتقييم مستويات التعرض للإجهاد الحراري في صناعة الاسمنت، أظهرت النتائج أن متوسط محور التعرض الحراري بلغ4.248 ، وهو مستوى مرتفع جداً .وتؤكد البنود الفرعية أن ضعف التهوية وعدم كفاية التبريد وطول ساعات التعرض تمثل عناصر أساسية في تكوين المشكلة.

2 :المتعلق بتحليل التأثيرات الصحية، فقد كشفت النتائج أن التأثيرات الصحية جاءت في مستوى مرتفع بمتوسط4.156 ، وأن العلاقة بين التعرض الحراري والتأثيرات الصحية قوية ودالة إحصائياً .كما دعم تحليل الانحدار هذه النتيجة، إذ ظهر التعرض الحراري كأقوى متنبئ بالتأثيرات الصحية.

3: المتعلق باقتراح منهجية تحكم وتخفيض للمخاطر المهنية، فإن النتائج تشير إلى فجوة واضحة بين ارتفاع الخطر ودرجة كفاية إجراءات الوقاية .فمحور السلامة والوقاية سجل متوسطاً قدره 2.772 فقط، وهو مستوى متوسط، في حين سجلت محاور التعرض والأداء والتأثيرات الصحية مستويات مرتفعة أو مرتفعة جداً .هذه الفجوة تبرر الحاجة إلى نموذج تحكم استباقي يعتمد على مؤشرات متعددة، مثل درجة الحرارة، مدة التعرض، كفاية التهوية، توفر المياه، فترات الراحة، ومستوى الأعراض الصحية، وهو ما ينسجم مع فكرة استخدام منطق ضبابي لتصنيف المخاطر وتحديد الاستجابة الوقائية المناسبة

الخلاصة

- ✓ بلغ عدد الاستجابات الصالحة للتحليل العام 50 استجابة، مع وجود 4 استجابات غير محددة المصنع؛ لذلك أجريت المقارنة حسب المصنع على 46 حالة فقط.
- ✓ سجل محور التعرض للإجهاد الحراري مستوى مرتفعاً جداً بمتوسط 4.248 ، مما يدل على أن ارتفاع الحرارة يمثل مشكلة ميدانية واضحة.
- ✓ سجل محور التأثيرات الصحية مستوى مرتفعاً بمتوسط 4.156 ، وارتبط بقوة بمحور التعرض الحراري.
- ✓ كان محور الأداء والتركيز الأعلى بين المحاور تقريباً، بمتوسط 4.404 ، ما يشير إلى أن الحرارة تؤثر في الإنتاجية والتركيز وجودة العمل.
- ✓ جاء محور السلامة والوقاية بمستوى متوسط فقط، وهو ما يكشف حاجة عملية إلى تحسين إجراءات الوقاية والتوعية والتبريد والراحة.
- ✓ بلغ ثبات الاستبيان ككل0.857 ، وهو مستوى جيد جداً، بينما كان ثبات محور التقييم العام منخفضاً بسبب عدم تجانس بند اهتمام الإدارة مع بقية البنود.
- ✓ أظهرت اختبارات الفروق وجود اختلافات دالة حسب المصنع في السلامة والمتوسط العام، وحسب الوظيفة في معظم المحاور، وكان الفنيون الأكثر تعرضاً وتأثراً.
- ✓ أكد الانحدار أن التعرض الحراري هو العامل الأقوى في تفسير التأثيرات الصحية، حيث فسر النموذج 68.3% من التباين في التأثيرات الصحية.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إن نتائج الفصل تدعم الحاجة إلى الانتقال من إجراءات وقائية تقليدية إلى نظام تقييم وتحكم أكثر استباقية، قادر على دمج المؤشرات الحرارية والصحية والتنظيمية في قرار مهني واحد يساعد الإدارة على تقليل المخاطر ومخاطر العاملين

توصيات البحث

1. توسيع نطاق تقييم مخاطر الإجهاد الحراري محليا وذلك من خلال إجراء المزيد من الدراسات على الإجهاد الحراري داخل بيئة صناعة الاسمنت في مناطق جغرافية مختلفة داخل ليبيا، وأيضا بدمج طريقة المؤشرات الفيزيائية (مثل مؤشر درجة حرارة البصيلة الرطبة الكروية (WBGT) مع الأدوات الكمية والنوعية كالاستبيانات والمقابلات الشخصية وذلك للعمل على تأسيس قاعدة بيانات محلية دقيقة تساهم في تقليل المخاطر المهنية وذلك بإجراء التدابير اللازمة لحماية العاملين في هذا القطاع الحيوي.
2. تطبيق نظام العمل عن بعد لحماية العاملين من مخاطر الإجهاد الحراري وذلك باقتراح دمج المنطق الضبابي (FUZZY LOGIC) في مصانع الاسمنت الليبية ويأتي هذا المقترح استرشادا بالدراسات المطبقة في هذا المجال بالبيئات الصناعية المشابهة ونذكر هنا الدراسة الجزائرية التي تم التطرق إليها في هذا البحث والتي بحسب النتائج التي تم الحصول عليها أثبتت فعالية هذا النظام في تقليل المخاطر المختلفة التي يتعرض لها العاملين في هذا المجال بالتوازي مع فاعليتها في زيادة الإنتاج وتقليل التكلفة.

المراجع

1.بالرزق، الصادق مصطفى، وحديدان، محمد أحمد .(2025) .1.تقييم التعرض للسليكا الكريستالين وتأثيراته الصحية في صناعة الاسمنت: تطبيق منهجية Six Sigma لتحسين سلامة العمال .مجلة العلوم الشاملة، (38)10،ص ص .2035-2018

2.بص، نعيمة عمر .(2026) .تقييم فجوات السلامة والرعاية المهنية في مصنع الاسمنت بزليتن: دراسة ميدانية لاحتياجات العاملين غير الملباة ودورها في الحد من المخاطر المهنية .مجلة التربوي، (28)،ص ص .401-382

3.نصير، ملاك نوري .(2024) .دور إجراءات الصحة والسلامة المهنية في التقليل من الأمراض المهنية داخل بيئة العمل مجمع سوق الخميس للاسمنت ومواد البناء نموذجاً .المجلة الأفريقية للعلوم البحتة والتطبيقية المتقدمة، (4)4 ،ص ص.706-689

4. Flouris, A., Azzi, M., Graczyk, H., & Nafraid, B. **(2018).** Heat at work: Implications for safety and

health: A global review of the science, policy and practice. International Labour Organization (ILO).

5. Zaatout, H. I., Elhisadi, H. T., & Lairaj, M. M. (2022). Effect of cement manufacturing industry on health safety & environment: A case-study of El-Fataih cement plant. Africa Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS), 1(4), 172–177.

6. Eltair, A. A. (2023). Evaluation of the health effects of cement dust on the workers of both Al-Burj factory of the Arab Union Contracting and Cement Company at Zliten City, LIBYA. Academic Forum Journal (Applied Sciences), 7(2), 211–219.

7. Zerman, H., & Mouss, H. (2017). Internet and fuzzy based control system for rotary kiln in cement manufacturing plant. International Journal of Computational Intelligence Systems, 10(1), 835–850.

8. Worgenchaffe García, Ó. M. (2016). Evaluacion de puestos sometidos a altas temperatures, ruido y polvo en el ambiente en una industria cementera [Master's thesis, Universidad Internacional de La Rioja (UNIR)]. Repositorio Institucional UNIR.

9. Ali, M. E. A., Elhasan Bashir, M., & Ali, A. A. H. (2022). The noise pollution and heat stress in different parts of Rabak cement factory, White Nile State, Sudan. International Journal of Science and Technology Research Archive, 2(2), 16–21.

10. Bahall, A., & Winston, L. G. (2014). An ergonomic evaluation of heat stress in the work environment. The Journal of Industrial Engineering and Management, 1–12.

.