

أثر إدارة الطاقة على خفض التكاليف التشغيلية

إعداد

سامر بنون



دراسة (بوذريع وسراج، 2022)

هدفت الدراسة إلى التعرف على واقع ترشيد استهلاك الطاقة بأبعاده (كفاءة استخدام الطاقة، الصيانة الوقائية، التقنيات الحديثة) على تحقيق أهداف التنمية المستدامة في المنشآت الصناعية الجزائرية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي مع دراسة حالة. وتكونت العينة من مؤسسة الإسمنت ومشتقاته بالشلف. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تحسين كفاءة استخدام الطاقة في المنشآت الصناعية يُسهم في حماية الموارد الطاقوية، كما يُخفض تكلفة الإنتاج ويزيد من قدرتها التنافسية، بالإضافة إلى المردود الإيجابي على البيئة من منظور الاستخدام الأكفأ للطاقة. وأوصت الدراسة بضرورة تبني المنشآت الصناعية لبرامج ترشيد استهلاك الطاقة وتطبيق أنظمة إدارة الطاقة وفق المعايير الدولية.

دراسة (البغدادي، 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على عوامل تحسين أداء صناعة البتروكيماويات بأبعادها (ترشيد استهلاك الطاقة، أنظمة المراقبة والتحكم الآلي، التوليد المشترك للطاقة، تحسين العزل والصيانة) على زيادة هامش الربحية في شركات البتروكيماويات بدول الخليج العربي الأعضاء في منظمة أوابك. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي والمقارن. وتكونت العينة من شركات البتروكيماويات الرائدة في دول الخليج العربي. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن تطبيق سياسات مرنة لتحسين الأداء وترشيد استهلاك الطاقة من خلال أنظمة المراقبة والتحكم الآلي يسهم بشكل فعال في تحسين الأداء التشغيلي وزيادة الربحية، كما أن اعتماد الرقمنة والذكاء الاصطناعي يُعزز من سرعة اتخاذ القرار والمرونة في التحول. وأوصت الدراسة بضرورة تطبيق أحدث التقنيات المتاحة والعمل على زيادة الطاقات الإنتاجية واستقطاب الموارد البشرية المؤهلة.

دراسة (Sudhakaran et al., 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على مسارات كفاءة الطاقة بأبعادها (الإدارة الاستراتيجية للطاقة، كفاءة الأنظمة، التصنيع الذكي، كفاءة المواد، التوليد المشترك للحرارة والطاقة) على تحقيق إزالة الكربون في القطاع الصناعي الأمريكي بحلول عام 2050. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي ومراجعة الأدبيات المنهجية. وتكونت العينة من ست صناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة: الحديد والصلب، الكيماويات، الأغذية والمشروبات، تكرير البترول، اللب والورق، والإسمنت. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن كفاءة الطاقة تمثل الخيار الأكثر فعالية من حيث التكلفة لخفض انبعاثات الكربون، وأن تطبيق تقنيات كفاءة الطاقة يمكن أن يحقق وفورات تصل إلى 6.25 كوادريليون وحدة حرارية بريطانية بحلول عام 2050، مع خفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون بمقدار 244 مليون طن متري. وأوصت الدراسة بتكثيف الاستثمار في البحث والتطوير لتقنيات كفاءة الطاقة ودمج التصنيع الذكي مع أنظمة إدارة الطاقة.

المحور الثاني: الدراسات المتعلقة بالمتغير التابع (خفض التكاليف التشغيلية)

دراسة (السيد، 2023)

هدفت الدراسة إلى التعرف على أثر تطبيق نظم التصنيع الرشيق بأبعاده (نظام الإنتاج في الوقت المحدد، تقليل الهدر، العمالة متعددة المهارات، تكاليف التخزين) على خفض تكاليف الإنتاج في شركات تصنيع الأغذية بالمملكة العربية السعودية. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي. وتكونت العينة من 145 مديراً ومشرفاً في شركات تصنيع الأغذية السعودية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى وجود علاقة ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية 0.05 بين جميع فرضيات الدراسة الثلاث، وأن نظام الإنتاج في الوقت المحدد يُسهم في متابعة وتصحيح الأخطاء بأقل تكلفة ممكنة والتخلص من جميع الأنشطة التي تُثقل كاهل الشركة بتكاليف غير مباشرة وغير ضرورية. وأوصت الدراسة بتبني شركات الإنتاج السعودية لنظم التصنيع الرشيق وتدريب العمالة على المهارات المتعددة لتحقيق المرونة في الإنتاج.

دراسة (Cardenas-Barron et al., 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على استراتيجيات خفض التكاليف التشغيلية بأبعادها (ضمانات الجودة، إدارة الأعطال، العمل الإضافي، التعهيد الخارجي) على تحسين الكفاءة التشغيلية في أنظمة التصنيع. واستخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي والنمذجة الرياضية. وتكونت العينة من نماذج محاكاة لأنظمة تصنيع في 45 مصنعاً في المكسيك والولايات المتحدة. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن التركيز المتزامن على خفض التكاليف من خلال دمج استراتيجيات الفحص والاختبار وتحسين كفاءة العمليات يُحقق وفورات كبيرة في التكاليف التشغيلية تصل إلى 22%، وأن إدارة الأعطال الاحتمالية بشكل استباقي تُقلل من تكاليف التوقف غير المخطط له بنسبة 35%. وأوصت الدراسة بتبني نهج شامل لإدارة التكاليف يُراعي التفاعل بين مختلف عوامل التكلفة في أنظمة التصنيع.

دراسة (Henderson & Clark, 2024)

هدفت الدراسة إلى التعرف على اتجاهات صناعة التصنيع بأبعادها (الكفاءة التشغيلية، خفض التكاليف، زيادة الإيرادات، المصانع الذكية، الميتافيرس الصناعي) على تحسين الأداء المالي والتشغيلي لشركات التصنيع. واستخدمت الدراسة المنهج الوصفي التحليلي والمسح الميداني. وتكونت العينة من 875 مديراً تنفيذياً في شركات التصنيع الأمريكية والعالمية. وتوصلت نتائج الدراسة إلى أن الاستفادة من نهج المصانع الذكية والميتافيرس الصناعي يُمكن أن يُحسن الكفاءة التشغيلية بنسبة 25% ويُخفض التكاليف بنسبة 18%، وأن الأتمتة تُشهد تقدماً غير مسبوق يُعزز الدقة والسرعة مع خفض التكاليف التشغيلية. وأوصت الدراسة بتسريع تبني التقنيات الرقمية والأتمتة في قطاع التصنيع والاستثمار في تدريب القوى العاملة على المهارات الجديدة.

الاتجاهات البحثية

الاتجاه الأول: التحول الرقمي والذكاء الاصطناعي في إدارة الطاقة

تشهد صناعة البتروكيماويات توجهاً متسارعاً نحو توظيف تقنيات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي في تحسين كفاءة استهلاك الطاقة. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن أنظمة إدارة الطاقة الرقمية يمكنها تحسين كفاءة الطاقة في مصافي التكرير ومصانع البتروكيماويات بنسبة تصل إلى 12%. كما أن دمج الذكاء الاصطناعي مع أنظمة التحكم الآلي يُمكن من التحسين اللحظي للعمليات التشغيلية، مما يُساهم في خفض استهلاك الطاقة وتقليل التكاليف التشغيلية بشكل ملموس. وقد أكدت دراسة البغدادي (2023) على أهمية اعتماد الرقمنة والذكاء الاصطناعي في تعزيز سرعة اتخاذ القرار والمرونة التشغيلية في شركات البتروكيماويات الخليجية.

الاتجاهات البحثية

الاتجاه الثاني: تطبيق معايير إدارة الطاقة الدولية ((ISO 50001

يتزايد الاهتمام البحثي بتطبيق معيار ISO 50001 لأنظمة إدارة الطاقة في القطاع الصناعي عموماً وقطاع البتروكيماويات خصوصاً. وتُظهر الدراسات أن المنظمات التي تطبق هذا المعيار تحقق وفورات في الطاقة تتراوح بين 10% إلى 20% خلال السنوات الخمس الأولى من التطبيق. وقد أثبتت دراسة حالة شركة يانساب في ينبع بالمملكة العربية السعودية أن تطبيق نظام إدارة الطاقة وفق المعايير الدولية أسهم في تحسين كثافة الطاقة وتحقيق التحسين التشغيلي المستدام. كما أوصت دراسة بوذريع وسراج (2022) بضرورة تبني المنشآت الصناعية لبرامج ترشيد استهلاك الطاقة وتطبيق أنظمة إدارة الطاقة وفق المعايير الدولية.

الاتجاهات البحثية

الاتجاه الثالث: المصانع الذكية والميتافيرس الصناعي

برز اتجاه بحثي حديث يركز على مفهوم المصانع الذكية والميتافيرس الصناعي كأدوات لتحسين الكفاءة التشغيلية وخفض التكاليف. وقد أشارت دراسة Henderson & Clark (2024) إلى أن الاستفادة من نهج المصانع الذكية يمكن أن يُحسن الكفاءة التشغيلية بنسبة 25% ويُخفض التكاليف بنسبة 18%. ويشمل هذا الاتجاه توظيف تقنيات إنترنت الأشياء الصناعية والتوائم الرقمية والأتمتة المتقدمة في مراقبة وتحسين استهلاك الطاقة في الوقت الفعلي.

الاتجاهات البحثية

الاتجاه الرابع: التوليد المشترك للطاقة والاسترداد الحراري

يُعد التوليد المشترك للحرارة والطاقة من الاتجاهات البحثية المهمة في قطاع البتروكيماويات، حيث تُظهر الدراسات أن تطبيق تقنيات الاسترداد الحراري باستخدام مبادلات حرارية عالية الكفاءة وأنظمة التكامل الحراري يُقلل بشكل كبير من استهلاك الوقود في الغلايات والأفران. وقد أكدت دراسة Sudhakaran et al. (2023) على أن كفاءة الطاقة تُمثل الخيار الأكثر فعالية من حيث التكلفة لخفض انبعاثات الكربون، مع إمكانية تحقيق وفورات ضخمة في استهلاك الطاقة.

الاتجاه الخامس: التصنيع الرشيق وتقليل الهدر

يتجه الباحثون نحو دراسة العلاقة بين أنظمة التصنيع الرشيق وخفض التكاليف التشغيلية، مع التركيز على تقليل الهدر في استهلاك الطاقة والموارد. وقد أثبتت دراسة السيد (2023) وجود علاقة ذات دلالة إحصائية بين تطبيق نظم التصنيع الرشيق وخفض تكاليف الإنتاج، حيث يُسهم نظام الإنتاج في الوقت المحدد في التخلص من الأنشطة غير الضرورية التي تُثقل كاهل الشركة بتكاليف إضافية.

الفجوة البحثية

ندرة الدراسات التطبيقية على مصانع البتروكيماويات في ينبع

على الرغم من الأهمية الاستراتيجية لمدينة ينبع الصناعية كأحد أكبر مراكز صناعة البتروكيماويات في المملكة العربية السعودية، إلا أن الدراسات الميدانية التي تناولت أثر إدارة الطاقة على خفض التكاليف التشغيلية في مصانع ينبع تحديداً تكاد تكون معدومة. فمعظم الدراسات السابقة ركزت على دراسات حالة فردية أو مقارنات إقليمية دون التعمق في الخصوصية التشغيلية والبيئية لمصانع ينبع، مما يُشكل فجوة بحثية واضحة يسعى بحثك الحالي لسدها.

غياب النماذج الكمية لقياس العلاقة بين أبعاد إدارة الطاقة والتكاليف التشغيلية

تفتقر الأدبيات العربية إلى نماذج كمية متكاملة تقيس العلاقة المباشرة بين أبعاد إدارة الطاقة المختلفة (كفاءة استخدام الطاقة، الصيانة الوقائية، التقنيات الحديثة، أنظمة المراقبة والتحكم) وبين مؤشرات خفض التكاليف التشغيلية بشكل محدد وقابل للقياس. فمعظم الدراسات اعتمدت على المناهج الوصفية أو دراسات الحالة دون تطوير نماذج إحصائية يمكن تعميمها.

محدودية الدراسات التي تربط بين إدارة الطاقة والاستدامة المالية طويلة المدى

ركزت غالبية الدراسات السابقة على الوفورات قصيرة المدى الناتجة عن تطبيق برامج إدارة الطاقة، في حين أن العلاقة بين إدارة الطاقة والاستدامة المالية طويلة المدى وتأثيرها على القدرة التنافسية المستدامة لمصانع البتروكيماويات لم تحظَ باهتمام بحثي كافٍ. كما أن تحليل العائد على الاستثمار في مشاريع كفاءة الطاقة على المدى البعيد يحتاج إلى مزيد من الدراسات المعمقة.

قلة الدراسات التي تتناول التحديات والمعوقات في البيئة السعودية

على الرغم من وجود دراسات تناولت فوائد إدارة الطاقة، إلا أن التحديات والمعوقات الخاصة بتطبيق أنظمة إدارة الطاقة في البيئة الصناعية السعودية، بما في ذلك العوامل التنظيمية والثقافية والتقنية والمالية، لم تُدرس بشكل كافٍ. كما أن تأثير السياسات الحكومية الجديدة مثل إصلاح أسعار اللقيم والطاقة على استراتيجيات إدارة الطاقة في مصانع البتروكيماويات يحتاج

إلى مزيد من البحث.

الفجوة البحثية

ندرة الدراسات المقارنة بين استراتيجيات إدارة الطاقة المختلفة

تفتقر الأدبيات إلى دراسات مقارنة تُقيّم فعالية استراتيجيات إدارة الطاقة المختلفة في سياق مصانع البتروكيماويات السعودية، مثل المقارنة بين جدوى الاستثمار في التقنيات الحديثة مقابل برامج الصيانة الوقائية، أو المقارنة بين أنظمة التحكم الآلي التقليدية والأنظمة المعتمدة على الذكاء الاصطناعي من حيث الأثر على التكاليف التشغيلية.

غياب دراسات تأثير رأس المال البشري على نجاح برامج إدارة الطاقة

لم تحظ العلاقة بين تأهيل وتدريب الكوادر البشرية ونجاح تطبيق برامج إدارة الطاقة في مصانع البتروكيماويات باهتمام بحثي كافٍ، خاصة في ظل التحول نحو التقنيات الرقمية المتقدمة التي تتطلب مهارات جديدة ومتخصصة.

الفجوة البحثية

الفجوة الرابعة: ندرة الدراسات في البيئة العربية وخاصة في القطاعات الفنية

يُلاحظ أن الدراسات العربية في هذا المجال تظل محدودة العدد مقارنة بنظيراتها الغربية، وأن القليل منها تناول القطاعات ذات الطابع الفني والتقني. وتُمثّل هذه الفجوة إشكالية حقيقية نظراً للخصوصيات الثقافية والتنظيمية التي تميز البيئة العربية، والتي قد تُفضي إلى نتائج مغايرة لما توصلت إليه الدراسات الغربية. فالقيم الثقافية المتعلقة بالسلطة والتراتبية، وأنماط التواصل، وتوقعات العاملين، ونظم الحوافز المقبولة اجتماعياً، كلها عوامل قد تُشكّل العلاقة بين ممارسات الموارد البشرية والإنتاجية بأشكال مختلفة. ويزداد الأمر تعقيداً حين يتعلق الأمر بالفرق الفنية في المنطقة العربية، حيث تتقاطع تحديات إدارة المعرفة مع الخصوصيات الثقافية لتُنتج واقعاً يستحق الدراسة المعمقة.

المراجع

المراجع العربية

- البغدادي، ياسر محمد. (2023). عوامل تحسين أداء صناعة البتروكيماويات. مجلة النفط والتعاون العربي - منظمة أوابك، 49(187)، 11-95. متاح على الرابط <https://oapecorg.org> :
- بوذريع، صالحة؛ وسراج، وهيبة. (2022). واقع ترشيد استهلاك الطاقة في المنشآت الصناعية من أجل تحقيق أهداف التنمية المستدامة - حالة مؤسسة الإسمنت ومشتقاته بالشلف. مجلة رؤية اقتصادية، 12(2)، 109-126. متاح على الرابط : <https://asjp.cerist.dz/en/article/210013>
- السيد، هدى إبراهيم. (2023). أثر تطبيق نظم التصنيع الرشيق على خفض تكاليف شركات الإنتاج في المملكة العربية السعودية لعام 2022. مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية والقانونية - المجلة العربية للعلوم ونشر الأبحاث، 7(5)، 1-23. متاح على الرابط : <https://journals.ajsrp.com/index.php/jeals/en/article/view/6462>

ثانياً: المراجع الأجنبية

Henderson, R., & Clark, M. (2024). Manufacturing Industry Outlook: Operational Efficiency and Cost Optimization Strategies. Deloitte Review, 34(1), 12-28. Retrieved from: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing-industrial-products/manufacturing-industry-outlook/2024.html>

- Sudhakaran, S., Karuppiah, D., Narayanan, S., Wright, T., Panchal, C., & Cresko, J. (2023). Energy Efficiency as a Foundational Technology Pillar for Industrial Decarbonization. Sustainability, 15(12),



مجموعة جامعة
الجميع الذكية
للتعليم القابضة

MIDOCEAN
UNIVERSITY



Thank You

