قوائم المحتويات متاحة على المجلات الاكاديمية العراقية

مجلة رؤية للدراسات الاجتماعية

الصفحة الرئيسية للمجلة: http://185.23.154.237:8084/Account/Login

تحليل تطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) لتحسين الكفاءة التشغيلية (دراسة حالة في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات بغداد الوزيرية)

Analysis of the application of Total Productive Maintenance (TPM) principles to improve operational efficiency (case study: General Company for Electrical Manufacturing, Al-Waziriya, Baghdad).

م.م أميره سعد جلوب[١] *، م.د زياد إسماعيل دخيل[٢]، م.د سجاد خلف حسين[٣]

[١] وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة ديالى، كلية التربية، العراق.

[٢] وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة ديالى، إدارة واقتصاد، العراق.

[٣] وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة ديالى، رئاسة الجامعة، العراق.

Keywords
Total Productive Maintenance (TPM), Stata, industrial quality, cost reduction, electrical industries, statistical analysis.

Abstract

This research analyses the effect of implementing Total Productive Maintenance (TPM) principles on improving operational efficiency at the General Company for Electrical Manufacturing in Baghdad, Al-Waziriyah. The research stems from the importance of enhancing industrial performance and reducing unplanned breakdowns in production lines by adopting effective administrative and technical methodologies, most notably TPM that is one of the most prominent methods for improving productivity and quality and reducing waste. A descriptive analytical approach was adopted, and a questionnaire was used to collect data from a sample of 100 employees representing various technical and administrative levels within the company. The data was then analyzed using Stata, where descriptive analysis, hypothesis testing, and linear regression were conducted to examine the relationship between the study variables. The results revealed that implementing TPM principles significantly contributes for improving operational efficiency, reducing breakdowns, and increasing operational stability. It also demonstrated that implementing TPM led to reduced costs resulting from unplanned downtime and improved production quality. It confirmed that the use of Stata was effective in analyzing data and arriving at accurate results that support informed development decisions. In the light of these findings, the study recommended adopting TPM as a comprehensive strategic approach across all industrial operations, while enhancing staff training and providing appropriate infrastructure, along with the continued use of modern statistical tools for analysis and evaluation.

معلومات المقال

تاريخ المقال:
الإرسال2026\1\4
المراجعة:2026\1\28
القبول:2026\2\1

الكلمات المفتاحية:
الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM)، برنامج Stata، تقليل التكاليف، الصناعات الكهربائية، التحليل الإحصائي، تحسين الأداء

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أثر تطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) على تحسين الكفاءة التشغيلية في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد – الوزيرية. تنبع أهمية الدراسة من الدور الحيوي الذي تؤديه الصيانة الإنتاجية الشاملة في تعزيز الأداء الصناعي، وتقليل الأعطال غير المخطط لها في خطوط الإنتاج، من خلال تبني منهجيات إدارية وتقنية متكاملة تسهم في رفع مستوى الإنتاجية والجودة وتقليل الهدر وتحقيق الاستخدام الأمثل للموارد المتاحة. اعتمد الدراسة المنهج الوصفي التحليلي، حيث تم جمع البيانات بواسطة استبانة وُزعت على عينة مكونة من (١٠٠) موظف يمثلون مختلف المستويات الإدارية والفنية في الشركة. تم تحليل البيانات باستخدام برنامج Stata الإحصائي، من خلال التحليل الوصفي، واختبار الفرضيات، والانحدار الخطي لدراسة طبيعة العلاقة بين متغيرات الدراسة، وتحديد مدى قوة تأثير تطبيق مبادئ TPM على مؤشرات الأداء التشغيلي. أظهرت النتائج أن تطبيق مبادئ TPM يسهم بشكل كبير في تحسين الكفاءة التشغيلية، وتقليل الأعطال، وزيادة الاستقرار التشغيلي، وتحقيق استدامة الأداء الصناعي على المدى الطويل. كما تبين أن التطبيق الفعال لهذه المبادئ يؤدي إلى خفض التكاليف الناتجة عن التوقفات المفاجئة وتحسين جودة المنتج النهائي ورفع مستوى رضا العملاء. وأشارت النتائج كذلك إلى أن استخدام الأدوات الإحصائية الحديثة مثل برنامج Stata كان فعالًا في الوصول إلى نتائج دقيقة وموثوقة تدعم اتخاذ القرارات التطويرية المستندة إلى الأدلة. وفي ضوء هذه النتائج، أوصى الدراسة بضرورة تبني TPM كنهج استراتيجي شامل داخل المؤسسات الصناعية، مع التركيز على تدريب الكوادر البشرية، وتطوير البنية التحتية الداعمة، واستمرار استخدام الأساليب الإحصائية الحديثة في التحليل والتقييم لضمان التحسين المستمر للأداء التشغيلي والإنتاجي.

* Amira Saad Ghloub, saadamera730@gmail.com

Ziad Ismail Dakhil, Zeyadismail78@gmail.com
Sajjad Khalaf Hussein, sajjad@uodiyala.edu.iq

١ . مقدمة

تعتبر الكفاءة التشغيلية من العوامل الأساسية التي تؤثر بشكل مباشر على أداء أي مصنع أو منشأة صناعية. من بين الأساليب الحديثة التي تهدف إلى تحسين هذه الكفاءة تأتي الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM)، التي تعد من أبرز الأدوات الفعالة في زيادة الإنتاجية وتقليل التوقفات غير المخطط لها، مما يسهم في تقليل التكاليف وتحسين نوعية الإنتاج. تهدف TPM إلى تقليل الأعطال وتحسين فعالية الآلات، كما تركز على إشراك جميع العاملين في عملية الصيانة وتفعيل دورهم بشكل مستمر، مما يعزز من ثقافة الصيانة الوقائية في بيئة العمل.(Technomnt, 2023)

تعد الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد الوزيرية نموذجًا مناسبًا لدراسة تطبيق هذه المبادئ. فالشركة تواجه تحديات مستمرة تتعلق بالصيانة وكفاءة تشغيل المعدات، الأمر الذي يؤثر على جودة الإنتاج وزيادة التكاليف. ومن هنا تبرز أهمية دراسة كيفية تطبيق مبادئ TPM في هذه الشركة بهدف تحسين كفاءة العمليات الإنتاجية وتقليل الأعطال غير المخطط لها (Organilog, 2023).

في ظلّ التطورات العميقة التي تشهدها الصناعة الحديثة على مستوى العالم، باتت الكفاءة التشغيلية تُعَدّ من العوامل الحاسمة التي تفصل بين المؤسسات الصناعية القادرة على المنافسة وتلك التي تواجه صعوبات متزايدة في البقاء على قيد الحياة. ومع ازدياد الضغوط السوقية، والتغيّرات المتسارعة في الطلب، وتقلّب تكاليف التشغيل، أصبح من الضروري تبنّي استراتيجيات صيانة وإدارة للمعدات الإنتاجية تكون شاملة، استباقية، وذات مشاركة أوسع من جميع العاملين. من هذا المنطلق ظهرت منهجية TPM ("Total Productive Maintenance"أو «الصيانة الإنتاجية الشاملة («كأحد الأُطر الواعدة التي تستهدف رفع مستوى الأداء التشغيلي للمصانع عبر معالجة جذور الخسائر التشغيلية المتعلّقة بالمعدات(Setiawan, 2021) .

تُعرّف TPM بأنها نهج شامل لصيانة المعدات تهدف إلى تحقيق إنتاج مثالي: لا أعطال، لا توقفات صغيرة أو تشغيل بطيء، ولا عيوب. ويقوم هذا النهج على دمج جهود الصيانة والإنتاج والعاملين في تشغيل الآلات، بحيث يتحوّل كل موظّف إلى عنصر فاعل في ضمان جاهزية ومتابعة الحالة التشغيلية لمعدّاته. وبهذا المعنى، يتجاوز TPM كونه مجموعة من أنشطة الصيانة إلى أن يكون ثقافة تنظيمية تُعزّز الشراكة بين التشغيل والصيانة، وتسعى إلى تحقيق «الصفر» في الأعطال والعيوب والحوادث (Saxena, 2022) .

في السياق العراقي، وعلى وجه الخصوص في المؤسسات الصناعية العامة مثل شركة تَصنيع الكهربائيات في بغداد/الوزيرية، تتراكم التحدّيات المتعلقة بتراجع الأداء التشغيلي، وزيادة معدّلات التوقفات، وتكاليف الصيانة غير المخطّطة، وضعف استغلال الأصول الإنتاجية. وهذه التحدّيات إن لم يُتمّ التصدي لها بنهج متكامل فإنها تُؤثّر سلباً على القدرة التنافسية، وعلى تحقيق الأهداف الإنتاجية المؤسسية. لذا، فإن تطبيق مبادئ TPM يوفر إطاراً منهجياً لتحليل الوضع التشغيلي، وتحديد الخسائر الرئيسية – مثل أعطال المعدات، توقفات التحضير والتبديل، التباطؤ في التشغيل، وإنتاج العيوب – والعمل على تقليصها (Wasnik et al., 2024) .

أحد المفاتيح الجوهرية التي تجعل TPM جديراً بالاعتماد يكمن في تركيزه على مقياس فعالية المعدات الشاملة (Overall Equipment Effectiveness) OEE الذي يقيس النسبة الزائلة من الوقت المخطّط للتشغيل إلى الوقت الفعلي المنتج، ويأخذ بعين الاعتبار التوقفات، سرعة التشغيل، وعدد القطع الجيدة المنتَجة. بتطبيق مبادئ TPM يمكن للمؤسسة الصناعية أن ترفع من قيمة OEE، ما ينعكس مباشرة على الحدّ من الفاقد، وتحسين جودة المنتج، وزيادة الكفاءة التشغيلية، وتقليص تكاليف الصيانة والإصلاح(Karim, 2025) .

من بين الركائز الأساسية في TPM نجد: صيانة ذاتية (يسهم فيها العاملون الذين يشغّلون المعدات بتنظيفها وتفتّيشها وتزييتها)، الصيانة المُخطّطة، صيانة الجودة، التحسين المُركّز، وإدارة المعدات المُبكّرة. وعندما يُطبَّق هذا النظام في بيئة صناعية بشكل منتظم ومنهجي، تتوفّر لدى المؤسسة القدرة على الكشف المبكر عن الأعطال المحتملة، وزيادة ملكية العاملين لآلاتهم، وتحفيز ثقافة تحسين مستمر(Rohman & Irwan, 2024) .

ومن هذا المنطلق، تأخذ هذه الدراسة أهمّية مزدوجة: أولاً على المستوى النظري، حيث تسعى إلى ربط المفهوم العام لـــ TPM بممارسات الصناعة العراقية، واستكشاف كيفية تكييفه مع واقع الشركة المعنيّة؛ وثانياً على المستوى التطبيقي، حيث تُسلّط الضوء على تنفيذ مبادئ TPM داخل شركة عملية، وتقيّم أثرها في تحسين الأداء التشغيلي. إن شركة تصنيع الكهربائيات – باعتبارها منشأة صناعية عامة في بغداد – تمثّل نموذجاً مناسباً لدراسة هذا التطبيق؛ إذ تجتمع فيها عناصر التشغيل والتحدّيات التقليدية مثل قدم المعدات، ضعف الصيانة، وتغيّرات الطلب، ما يجعلها مرشّحة لتحليل تجريبي يعكس الواقع العملي.

تهدف الدراسة تحديداً إلى تحليل الوضع الحالي في الشركة، من حيث مستويات التوقفات، الأعطال، معدّلات الإنتاج والجودة، ومن ثم اقتراح خطة لتطبيق مبادئ TPMوقياس الأثر المحتمل لتلك الخطة على الكفاءة التشغيلية. وتعتمد الدراسة على منهجية تحليلية وصفية – ميدانية، تشمل جمع بيانات التشغيل والصيانة، تحليلها، واستخلاص الاستنتاجات والتوصيات التي يمكن أن تُسهم في تحسين الأداء.

في ختام المقدّمة، يمكن القول إنّ تبنّي مبادئ TPMليس مجرد خيار تقني بل هو استثمار استراتيجي في رأس المال التشغيلي، يسمح بتحويل التحدّيات التشغيلية إلى فرص تحسين وتطوير مستدام. وبما أن الصناعة العراقية بحاجة ماسة إلى تعزيز كفاءتها التشغيلية وتحقيق استقرار إنتاجي، فإن هذه الدراسة تُعدّ مساهمة عملية قيّمة في هذا الاتجاه.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة في ارتفاع معدل الأعطال غير المخطط لها في خطوط الإنتاج بالشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد – الوزيرية، مما يؤدي إلى انخفاض الكفاءة التشغيلية وزيادة التكاليف الإنتاجية. ويعود ذلك إلى غياب تطبيق منهجيات صيانة فعالة تضمن استمرارية العمليات الصناعية بكفاءة عالية. يسعى الدراسة إلى تحليل أثر تطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) في تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الأعطال، بهدف تطوير أداء الشركة وضمان استقرار العمليات الإنتاجية.

- ما هو تأثير تطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) على تحسين الكفاءة التشغيلية في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد – الوزيرية؟
- ما هي أهم التحديات التي تواجه تطبيق مبادئ TPM في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات؟
- كيف يساهم تطبيق TPM في تقليل الأعطال غير المخطط لها وزيادة الاستقرار التشغيلي؟
- ما مدى تأثير تطبيق TPM على تقليل التكاليف الناتجة عن التوقفات المفاجئة في خطوط الإنتاج؟

أهمية الدراسة:

يعد الدراسة في تطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) ذا أهمية كبيرة في تحسين الكفاءة التشغيلية للمؤسسات الصناعية. تُعتبر الصيانة من العوامل الرئيسية التي تؤثر على جودة الإنتاج وكفاءة المعدات، وبالتالي فإن تحسين عمليات الصيانة يساهم بشكل كبير في تقليل التكاليف وتعزيز القدرة التنافسية للمنشآت. من خلال تطبيق TPM، يمكن تقليل التوقفات غير المخطط لها، وتحقيق أقصى استفادة من الموارد المتاحة، مما ينعكس على زيادة الإنتاجية وتحسين الجودة. بالنسبة للشركات الصناعية في العراق، مثل الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد الوزيرية، فإن الدراسة في تطبيق TPMيكتسب أهمية خاصة نظرًا للتحديات التي تواجهها هذه الشركات في ظل بيئة صناعية غير مستقرة وتكاليف مرتفعة. تساهم هذا الدراسة في فهم كيفية تطبيق هذه المبادئ بشكل فعّال في السياق المحلي، مما يوفر حلولًا عملية يمكن أن تساهم في تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الأعطال، وبالتالي دعم النمو المستدام في القطاع الصناعي.

علاوة على ذلك، يتيح الدراسة في هذا المجال فرصة لتوسيع معرفة الباحثين والممارسين في مجال إدارة الصيانة في العراق والمنطقة العربية. يمكن أن تسهم النتائج المستخلصة من هذا الدراسة في توفير إطار عمل يمكن للعديد من الشركات الصناعية المحلية والعالمية الاستفادة منه لتحسين أداء عملياتها التشغيلية. كما أن هذا الدراسة يشكل إضافة مهمة للمجال الأكاديمي من خلال تقديم دراسة حالة محددة تنطبق على الظروف الخاصة بالشركات العراقية.

أهداف الدراسة:

هدف هذا الدراسة إلى تحقيق عدة أهداف رئيسية تتعلق بتطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) في تحسين الكفاءة التشغيلية في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد الوزيرية. وتشمل أهداف الدراسة ما يلي:

- ❖ تحليل تطبيق مبادئ TPM دراسة كيفية تطبيق مبادئ TPM في بيئة العمل داخل الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات، وكيف يمكن أن تؤثر هذه المبادئ على تحسين كفاءة العمليات التشغيلية وتقليل الأعطال غير المخطط لها.
- ❖ تحليل تأثير TPM على الأداء الإنتاجي :قياس تأثير تطبيق TPMفي تحسين الإنتاجية والجودة وتقليل التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها أو الأعطال المفاجئة. وتهدف الدراسة إلى تحديد العلاقة بين تطبيق TPM وأداء العمليات التشغيلية في الشركة.
- ❖ استخدام برنامج STATA لتحليل البيانات :استخدام برنامج STATAلتحليل البيانات المتعلقة بالصيانة، وتحليل العلاقة بين تطبيق مبادئ TPMونتائج الأداء مثل الكفاءة التشغيلية، وتحديد مدى تأثير TPMفي تحسين عملية الإنتاج.
- ❖ تقديم توصيات لتحسين العمليات :استنادًا إلى نتائج التحليل، سيقدم الدراسة توصيات عملية لتحسين تطبيق مبادئ TPMفي الشركة، بما يساهم في تعزيز الكفاءة التشغيلية وتقليل التكاليف وتعزيز الأداء العام للمصنع.
- ❖ تعزيز ثقافة الصيانة الوقائية :دراسة كيفية تعزيز ثقافة الصيانة الوقائية والتعاون بين مختلف الأقسام داخل الشركة من خلال تطبيقTPM، بهدف خلق بيئة عمل أكثر استدامة وإنتاجية.

مخطط الدراسة الإجرائي

شكل :(1) مخطط الدراسة الإجرائي

المصدر: اعداد الباحثون.

فرضيات الدراسة

- الفرضية الأولى: تطبيق مبادئ TPMيؤدي إلى تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الأعطال غير المخطط لها في الشركة.
- الفرضية الثانية: تطبيق TPMيساهم في تحسين جودة الإنتاج وتقليل التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها.

مجتمع وعينة الدراسة.

- **اختيار الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات بغداد الوزيرية كعينة للدراسة**

تم اختيار الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد الوزيرية لأنّها تمثل إحدى الشركات الكبرى في قطاع الصناعات الثقيلة بالعراق. تعتبر الشركة من الشركات ذات التوجه الصناعي المتقدم والتي تعتمد على المعدات الثقيلة في عمليات التصنيع. كما أنّ الشركة قد بدأت في تطبيق بعض مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة(TPM) ، مما يجعلها مثالًا مناسبًا لدراسة تأثير هذه المبادئ على الكفاءة التشغيلية والإنتاجية. كذلك، تتوفر لدى الشركة بيانات تاريخية تساعد في تقييم فعالية تطبيق TPMعبر السنوات الماضية.

- **عدد الموظفين المستهدفين في العينة**

تتكون العينة المستهدفة في هذه الدراسة من ١٠٠ موظف يعملون في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد

الوزيرية. تم اختيار هؤلاء الموظفين من مختلف الأقسام داخل الشركة، بما في ذلك قسم الإنتاج، وقسم الصيانة، وقسم الجودة، وكذلك الإداريين. يتم اختيار هؤلاء الموظفين بناءً على معايير تم تحديدها مسبقًا لضمان تمثيل شامل لجميع الموظفين الذين لهم علاقة مباشرة أو غير مباشرة بتطبيق TPM تهدف اختيار هذه العينة إلى جمع بيانات متكاملة حول تطبيق TPMوتأثيره على الكفاءة التشغيلية من وجهات نظر مختلفة، سواء من جانب الموظفين الميدانيين أو من جانب الإدارة.

منهجية الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة على المنهج الوصفي–التحليلي لملاءمته لطبيعة الدراسة الذي تهدف إلى تحليل واقع تطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) وقياس أثرها في تحسين الكفاءة التشغيلية، وذلك من خلال دراسة حالة تطبيقية في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد – الوزيرية، حيث تكوّن مجتمع الدراسة من العاملين في أقسام الإنتاج والصيانة والجودة والمستويات الإدارية ذات الصلة، وتم اختيار عينة قصدية مكوّنة من ١٠٠ موظف موزعين حسب النوع الاجتماعي إلى ٨٠% ذكور و٢٠% إناث، واعتمدت الدراسة على الاستبانة كأداة رئيسة لجمع البيانات، إذ صُممت لقياس المتغير المستقل المتمثل في الصيانة الإنتاجية الشاملة بأبعادها المختلفة، والمتغير التابع المتمثل في الكفاءة التشغيلية من خلال مؤشرات تقليل الأعطال، تقليل التوقفات، تحسين الجودة، وخفض التكاليف، وقد تم التأكد من صدق وثبات الأداة من خلال مراجعتها من قبل مختصين والتحقق من اتساق فقراتها، كما جرى تحليل البيانات باستخدام برنامج STATA بالاعتماد على الأساليب الإحصائية الوصفية ومعاملات الارتباط وتحليل الانحدار الخطي البسيط لاختبار فرضيات الدراسة وبيان طبيعة وقوة العلاقة بين متغيراتها، في إطار حدود مكانية تمثلت بالشركة محل الدراسة، وحدود بشرية شملت العاملين فيها، وحدود موضوعية اقتصرت على تطبيق TPM وأثره في الكفاءة التشغيلية، وحدود زمنية مرتبطة بفترة توزيع الاستبانة وجمع البيانات وتحليلها.

جمع البيانات

تتكون طريقة الدراسة الرئيسية من إعداد البيانات الأساسية للدراسة، وذلك لتحقيق أهداف الدراسة، ولا سيما من خلال إجراء مقابلات مباشرة مع الجمهور المستهدف، للحصول على البيانات ذات الصلة، وفحصها، والتحقق منها، وتحليلها...

طريقة التحليل

لتحقيق أهداف الدراسة، حددنا مؤشرات رئيسية. تم تحليل نتائج الدراسة للتحقق من اتساقها. ثم تم تحليل النتائج الرئيسية لتحديد التطبيق العملي للمنهجية المستخدمة.

٢. المبحث الثاني: الجانب المفاهيمي للبحث

١.٢ تعريف الصيانة الإنتاجية الشاملة(TPM) :

الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) هي منهجية متكاملة لإدارة الصيانة في المنشآت الصناعية، تهدف إلى إشراك جميع العاملين من الإدارة العليا إلى موظفي التشغيل في الحفاظ على كفاءة المعدات وضمان جاهزيتها للعمل بأعلى مستويات الأداء الممكنة (Setiawan, 2023)

تستند TPM إلى مبدأ أن الصيانة ليست مجرد نشاط يصادف بعد أعطال المعدات، بل هي جزء مستمر من العمليات التشغيلية اليومية، بحيث تصبح المعدات أكثر موثوقية، وتقلّ التوقفات غير المخطّطة، ويزداد الزمن الإنتاجي الفعّال (Agus & Soediantono, 2022)

أحد المقاييس الأساسية في TPM هو فعالية المعدات الشاملة (OEE)التي تحسب نسبة الزمن الفعلي الإنتاجي إلى الزمن المخطّط، وتُعد أداة استراتيجية لمراقبة وتحسين الأداء التشغيلي على مستوى المعدات والمصانع كلها(MDPI, 2024)

تشمل TPM أيضًا مبادئ مثل الملكية الذاتية للمشغّلين للمعدّات، الصيانة المخطّطة، صيانة الجودة، وإدارة المعدات منذ مرحلة التصميم، وهي بذلك تُحوّل الصيانة من دور ردّ فعل إلى دور استباقي وتشاركي(IspatGuru, 2024)

في جوهرها، تهدف TPM إلى تحقيق ما يُعرف بـــ «صفر أعطال»، «صفر توقفات صغيرة»، و«صفر عيوب»، مما ينتج عنه كفاءة تشغيلية أعلى، إنتاجية أكبر، تكلفة أقل، وجودة أفضل وهي

بذلك تُعتبر استثمارًا استراتيجيًا في الأصول التشغيلية للمؤسسة (JIEM, 2023)

٢.٢ مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة

مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) تقوم على أن الصيانة لم تعد مهمةً تقتصر على فرق متخصصة تداوم إصلاح الأعطال، بل إنها منهجية شاملة تُضمّن جميع العاملين في المؤسسة من الإدارة العليا إلى مشغّلي المعدات في مسؤولية الحفاظ على كفاءة الأداء التشغيلي وتجنّب التوقفات غير المخطّطة. تُركّز هذه المبادئ على إشراك العاملين في الرصد اليومي، فالمشغّل ليس مجرد مستخدم، بل شريك في صيانة معدّاته وتنظيفها وفحصها وتزييتها، مما يرفع من نسبة المشاركة ويعزّز ملكية التشغيل بدل الانتظار إلى أن تتوقّف الآلة فجأة (Infraspeak Team, 2023).

إحدى الركائز الرئيسة في هذه المنهجية هي ما يُعرف بـــ "الصيانة الذاتية (Autonomous Maintenance) "التي تمنح المشغّلين صلاحيات تنفيذ المهام الأساسية مثل تنظيف الجهاز، فحصه، وإبلاغ الصيانة المتخصصة في حالة وجود خلل. هذا التحول من الصيانة التقليدية إلى ملكية الموظّف للأدوات التي يعمل بها يُسهّل الكشف المبكّر عن الأعطال ويخفّض زمن التوقف (Maintenance World, 2023)

من المبادئ أيضاً "التحسين المركّز (Focused Improvement) "الذي يؤمن أن تحسين الأداء ليس حدثًا مرة واحدة بل مجموعة من التحسينات المستمرّة التي تشارك فيها الفرق متعددة التخصّصات (مشغّلون، مهندسون، فنيّون). يقومون بتحليل جذور المشاكل، تنفيذ تجارب صغيرة(Kaizen) ، وقياس الأداء وتحسينه بشكل دوري، مما يعزّز قدرة المصنع على مواكبة تغيّرات الطلب والتكنولوجيا(Fabrico Blog, 2024)

وبشكل وثيق، يرتبط مبدأ "الصيانة المخطّطة (Planned Maintenance) "بتنفيذ جداول صيانة وقائية وتنبؤية بدلاً من الاعتماد فقط على الصيانة بعد التوقف. إن الانتقال من الصيانة الحادثية إلى مخطّطة يسمح بإطالة عمر المعدات، تقليل الأعطال المفاجئة، وخفض تكاليف الصيانة والإنتاج(MDPI, 2024)

من المبادئ الأخرى "صيانة الجودة (Quality Maintenance) "التي تُعنى بمنع الإنتاج المعيب قبل حدوثه، من خلال تحليل أسباب العيوب، الحفاظ على المعدات في حالة ضبط جيدة، وإدماج الجودة ضمن مهام الصيانة أيضاً فالجودة والمعدّة يسيران معًا، ولا يمكن للصيانة أن تغفل الجانب الإنتاجي (MDPI, 2022)

أيضًا، "إدارة المعدات المبكّرة (Early Equipment Management) "تُعدّ مبدأ مهمًّا في TPM ، إذ إنّ إدخال فرق الصيانة والمشغّلين ضمن عملية التصميم، اختيار، تركيب وتشغيل المعدات الجديدة يضمن أن تكون الآلات موثوقة، سهلة الصيانة، ومناسبة للاستخدام العملي منذ البداية، ما يقلّل مشاكل البدء والتوقفات أولية التشغيل (Service Channel Blog, 2023)

ولكي تستمر TPM بنجاح، لا بدّ من "التدريب والتعليم (Training & Education) "المستمرّين للعاملين حتى يتمكّنوا من أداء مهامهم بفعالية، من المشغّل إلى الفني إلى الإدارة؛ فبدون بناء القدرة البشرية، قد تتوقّف المبادرة عند حدود النظرية فقط (Maintenance World, 2023) علاوة على ذلك، يُعدّ مبدأ "السلامة والصحّة والبيئة (Safety, Health & Environment) "ركيزة ثابتة ضمن TPM ، نظرًا لأنّ التوقفات أو الأعطال قد تؤدّي إلى حوادث، إنتاج ملوّث، أو ظروف عمل غير آمنة. تضمين هذا البعد ضمن الصيانة التشغيلية يعزّز الأداء ويُسهّل انتاجية مستدامة (Olanab Consults, 2023)

أخيرًا، يمكن إضافة مبدأ TPM" في الإدارات (Office TPM) "الذي ينقل مبادئ الصيانة والتحسين من خط الإنتاج إلى الإدارة والمكاتب: حيث التنسيق، الوثائق، الشراء، التخطيط كلها تُعدّ عوامل تؤثّر على حالة المعدات والإنتاج، وبالتالي تضمّ TPM كلّ العاملين وليس فقط من هم في الورش (Maintenance World, 2023)

بناءً على هذه المبادئ، يمكن للمؤسسة أن تنتقل من صيانة ردّ فعلية إلى ثقافة صيانة استباقية، تشاركية وتحسينية مستمرة، وتجعل من كل موظّف عنصراً فعالاً في تحسين الأداء التشغيلي. نتائج التطبيق الناجح تشمل تقليلاً ملموساً في زمن التوقف، زيادة في الإنتاج

وجودة القطع، وخفض الكلفة التشغيلية بفضل استعمال الأصول بفعالية أكبر.

٣.٢ أهمية تطبيق TPM في الصناعات الثقيلة

تُعدّ الصيانة الإنتاجية الشاملة TPM من الأدوات الاستراتيجية الهامة في الصناعات الثقيلة لما توفره من تحسينات كبيرة في كفاءة المعدات والعمليات الإنتاجية وتقليل التوقفات غير المخططة التي تؤثر على الإنتاجية والربحية. إذ يتيح تطبيق TPM رفع جاهزية المعدات وتحسين موثوقيتها التشغيلية من خلال دمج الصيانة الوقائية مع المشاركة الفعلية لجميع مستويات الإدارة ومشغلي المعدات، مما يحوّل ثقافة المؤسسة من معالجة الأعطال بعد حدوثها إلى منعها قبل وقوعها. كما يساهم إشراك العاملين في مهام الفحص والتنظيف والتزييت اليومي للمعدات في تعزيز ملكية التشغيل والحد من الأعطال المفاجئة وزيادة استمرارية العمل. وعلاوة على ذلك، يتيح دمج TPM مع أدوات Lean والتحوّل الرقمي مثل إنترنت الأشياء والتوأمة الرقمية تحسين الأداء التشغيلي وتقليل التكاليف، ويُساعد على رفع مؤشرات الأداء العامة مثل OEEوزيادة جودة المنتجات وخفض الفاقد والوقت الضائع. كما يعزز TPM ثقافة التحسين المستمر ويشجع العاملين على اقتراح مبادرات صغيرة لكنها فعالة، ما يسهم في استدامة الأداء الصناعي وتحسين بيئة العمل وسلامة العاملين. وقد أثبتت الدراسات التطبيقية في مختلف الصناعات الثقيلة بما فيها التعدين والنفط والغاز والمصانع المعدنية أن دمج TPM مع الاستراتيجيات الحديثة للصيانة التنبؤية والتحليل الرقمي يقلل التوقفات غير المخططة ويزيد من موثوقية المعدات وكفاءة استخدامها، ويخفض التكاليف التشغيلية ويعزز القدرة التنافسية للمؤسسة على المدى الطويل (Shannon et al., 2023).

- الأدوات والتقنيات المستخدمة فيTPM

تستخدم الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) مجموعة متنوعة من الأدوات والتقنيات لتحقيق أهدافها. من أبرز الأدوات المستخدمة هي:

- ❖ التحليل الجذري للأعطال (Root Cause Analysis): لتحديد الأسباب الجذرية لمشكلات المعدات.
- ❖ الصيانة الوقائية (Preventive Maintenance): لتخطيط صيانة دورية للمعدات.
- ❖ التحليل الإحصائي للبيانات (Statistical Process Control): لمراقبة وتقييم الأداء.
- ❖ التدريب المستمر: لتطوير مهارات العاملين في مجال الصيانة والإنتاج.
- ❖ تساهم هذه الأدوات في تحديد المناطق التي تحتاج إلى تحسين وضمان التشغيل الأمثل للمعدات، مما يقلل من التوقفات غير المخطط لها ويزيد من الإنتاجية.

- تقليل التكاليف

يعد تقليل التكاليف أحد الأهداف الأساسية لإدارة الإنتاج والصيانة في المؤسسات الصناعية، حيث يسهم بشكل مباشر في تعزيز الربحية وزيادة الكفاءة التشغيلية. ويشمل تقليل التكاليف عدة محاور، منها: تحسين استغلال الموارد، تقليل الهدر في المواد والطاقة، وخفض التوقفات غير المخططة للآلات والمعدات. كما يرتبط بتحسين العمليات التشغيلية وتطبيق منهجيات مثل Lean و Six SigmaوTPM، التي تساعد على تحديد مواطن الهدر وتحسين الأداء بشكل مستمر

من خلال التركيز على تقليل التكاليف، يمكن للمؤسسات تحقيق التوازن بين جودة الإنتاج وكفاءة الموارد، مما يدعم استدامة الأداء ويعزز القدرة التنافسية في الأسواق الصناعية . (Drewniak & Drewniak, 2022)

- تحسين الأداء

تحسين الأداء هو عملية منهجية تهدف إلى رفع كفاءة وفعالية العمليات، الموارد، أو الأفراد داخل أي نظام أو مؤسسة بهدف تحقيق نتائج أفضل وتقليل الهدر والأخطاء وزيادة الإنتاجية. يركز تحسين الأداء على قياس الأداء الحالي، تحديد نقاط القوة والضعف، ووضع استراتيجيات وأساليب علمية لتطوير النتائج وتحقيق الأهداف المحددة. ويشمل هذا التحسين الجوانب التقنية والبشرية والتنظيمية، حيث يتم العمل على تحسين العمليات التشغيلية، تطوير مهارات العاملين، وتعزيز بيئة العمل لتصبح أكثر دعماً للإنتاجية والجودة ، وتُعد عمليات تحسين الأداء ضرورية في بيئات العمل الحديثة، خاصة في الصناعات الثقيلة والتصنيع، حيث تؤثر على

كفاءة المعدات، استمرارية الإنتاج، وتقليل التوقفات غير المخططة . ويمكن تحقيق تحسين الأداء عبر استخدام أدوات التحليل الإحصائي، مؤشرات الأداء الرئيسية(KPIs) ، ومنهجيات مثل Lean ، Six Sigma، وTPM، والتي تساعد المؤسسات على تحديد مواطن الهدر وتحسين الإنتاجية بشكل مستدام .

كما يشمل تحسين الأداء الجانب البشري، إذ يلعب تحفيز الموظفين، التدريب المستمر، وتطوير القدرات الفردية والجماعية دوراً محورياً في رفع جودة العمل. فقد أظهرت الدراسات أن تحسين الأداء التنظيمي لا يقتصر على الجانب التقني فقط، بل يعتمد بشكل كبير على التفاعل بين الأفراد والعمليات والتقنيات المستخدمة (de Araújo et al., 2024)

شكل (2): الإطار النظري لتطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) وأثرها في الكفاءة التشغيلية

المصدر: (Marzouki, A., El Harrak, S., & Hasnaoui, A. (2025). 8(4), 98.)

يوضح الشكل (١) الإطار النظري الذي تستند إليه هذه الدراسة في تفسير العلاقة بين تطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM)وتحسين الكفاءة التشغيلية في المؤسسات الصناعية. ينطلق النموذج من اعتبار TPM متغيرًا مستقلاً متعدد الأبعاد، يضم مجموعة من المبادئ الأساسية مثل الصيانة الوقائية، الصيانة الذاتية، التحسين المستمر، تدريب العاملين، وتحليل الأسباب الجذرية للأعطال. وتؤثر هذه المبادئ مجتمعة في تحسين إدارة المعدات ورفع جاهزيتها التشغيلية.

ويُظهر الشكل أن تحسين إدارة المعدات يؤدي إلى تقليل الأعطال غير المخطط لها والتوقفات المفاجئة، مما ينعكس بشكل مباشر على الأداء التشغيلي للمؤسسة. ويتجسد هذا الأثر في ارتفاع مستويات الكفاءة التشغيلية، وتحسن جودة الإنتاج، وانخفاض التكاليف التشغيلية المرتبطة بالأعطال والهدر. وفي المرحلة النهائية، يسهم هذا التحسن المتكامل في تعزيز التميز الصناعي والاستدامة التشغيلية، وهو ما يتوافق مع ما أشارت إليه أدبيات TPM الحديثة التي تؤكد أن الصيانة الإنتاجية الشاملة تمثل نظامًا إداريًا استراتيجيًا طويل الأمد وليس مجرد أداة تشغيلية.

٣. المبحث الثالث: تحليل الجانب التطبيقي ومناقشته

٣. ١. تشخيص وتوصيف المتغيرات الشخصية.

الجدول 1 : توزيع العينة حسب النوع الاجتماعي

النوع الاجتماعي	عدد الأفراد	النسبة المئوية
ذكر	80	80%
أنثى	20	20%
المجموع	100	100%

المصدر: اعداد الباحثون

يعرض الجدول الأول توزيع العينة البالغة ١٠٠ موظف حسب النوع الاجتماعي (ذكر أو أنثى) في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد الوزيرية. ويتبين من الجدول أن هناك تفاوتًا واضحًا في التوزيع بين الذكور والإناث، كما يلي:

- عدد الذكور 80 :موظفًا، أي ما يمثل 80% من إجمالي العينة.
- عدد الإناث 20 :موظفة، أي ما يمثل 20% من إجمالي العينة.

الجانب الاحصائي (التحليلي) للبحث.

✓ السيطرة الذكورية في بيئة العمل الصناعي:

يُلاحظ أن النسبة الأكبر من العينة هي من الذكور، مما يعكس النمط السائد في الشركات الصناعية الثقيلة، حيث تميل هذه المؤسسات إلى توظيف عدد أكبر من الذكور، نظرًا لطبيعة العمل التي تتطلب جهدًا بدنيًا أو التواجد في بيئات تشغيلية قد تكون غير مهيأة بالكامل لعمل النساء.

✓ ضعف تمثيل النساء في القطاع الصناعي:

النسبة المنخفضة للإناث (٢٠%) قد تشير إلى وجود تحديات تتعلق بإدماج المرأة في القطاع الصناعي، سواء على مستوى فرص التوظيف، أو على مستوى البيئة المناسبة لعمل المرأة.

✓ أهمية التنوع بين الجنسين في الدراسة:

على الرغم من انخفاض نسبة الإناث، إلا أن وجودها في العينة يتيح للمؤلف إمكانية دراسة أثر تطبيق مبادئ TPM من وجهة نظر متنوعة تشمل كلا الجنسين. هذا التنوع يعزز مصداقية النتائج، ويعطي رؤية شمولية للتجربة التطبيقية داخل الشركة.

✓ الاستنتاج الإحصائي:

يمثل التوزيع الحالي للعينة انعكاسًا للتركيبة الواقعية للقوى العاملة في الشركة. وعلى هذا الأساس، فإن نتائج الدراسة التي سيتم التوصل إليها ستكون أكثر واقعية ومعبرة عن الوضع الفعلي داخل الشركة، خاصة فيما يتعلق بتطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة وتأثيرها على الأداء التشغيلي في بيئة يغلب عليها الطابع الذكوري.

الجدول ٢: معلومات عن الشركة

اسم الشركة	الموقع الإلكتروني أو العنوان	مكان الشركة	تاريخ التأسيس
الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات	بغداد، الوزيرية، قرب وزارة الكهرباء	بغداد - الوزيرية	1967

المصدر: اعداد الباحثون

✓ **تعريف بالشركة العامة لتصنيع الكهربائيات**

تُعد الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات إحدى أبرز الشركات الصناعية في العراق، وقد تأسست عام ١٩٦٧ في منطقة الوزيرية ببغداد. تنشط الشركة في قطاع الصناعات الثقيلة، وتركّز بشكل أساسي على تصنيع المعدات الكهربائية المتنوعة، مثل المحولات، والمحركات الكهربائية، والكوابل الصناعية، وغيرها من المنتجات التي تدخل في البنية التحتية الكهربائية والصناعية للبلاد. تميزت الشركة على مدى عقود بكونها ركيزة مهمة في دعم المشاريع الصناعية الوطنية، وتسعى في السنوات الأخيرة إلى تعزيز كفاءتها التشغيلية من خلال اعتماد مفاهيم حديثة مثل الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM). هذا التوجه يعكس رغبتها في تحقيق التميز في الأداء الصناعي وتحديث أساليب الإنتاج، بما ينسجم مع متطلبات السوق المحلية والدولية، ويعزز من قدرتها التنافسية داخل القطاع الصناعي العراقي.

أداة جمع البيانات: الاستبانة

- تصميم الاستبانة (أسئلة مغلقة ومفتوحة)

تم تصميم الاستبانة بحيث تتضمن أسئلة مغلقة وأخرى مفتوحة لتحقيق توازن بين الحصول على بيانات كمية قابلة للتحليل الكمي من جهة، وبيانات نوعية توضح آراء وتصورات المشاركين من جهة أخرى.

✓ الأسئلة المغلقة : تم استخدامها لقياس مدى تطبيق TPM في الشركة وكذلك لتقييم الكفاءة التشغيلية .على سبيل المثال، تم تضمين أسئلة لتحديد مدى تطبيق مبادئ TPM مثل الصيانة الوقائية، المشاركة الشاملة، وتحليل الأعطال الجذرية. كما تم طرح أسئلة أخرى لقياس مستويات الكفاءة التشغيلية مثل تقليل التوقفات غير المخطط لها، وزيادة الإنتاجية، وتحسين جودة المنتج.

✓ الأسئلة المفتوحة : تم استخدامها للحصول على تعليقات إضافية من المشاركين حول تجاربهم الشخصية وآرائهم فيما يتعلق بتطبيق TPMفي الشركة. تهدف هذه الأسئلة إلى جمع المعلومات التي لا يمكن الحصول عليها عبر الأسئلة المغلقة، مثل الصعوبات التي يواجهها الموظفون أثناء تنفيذ TPM، أو التحديات في تطبيق بعض مبادئ الصيانة الإنتاجية.

قياس المتغيرات في الاستبانة

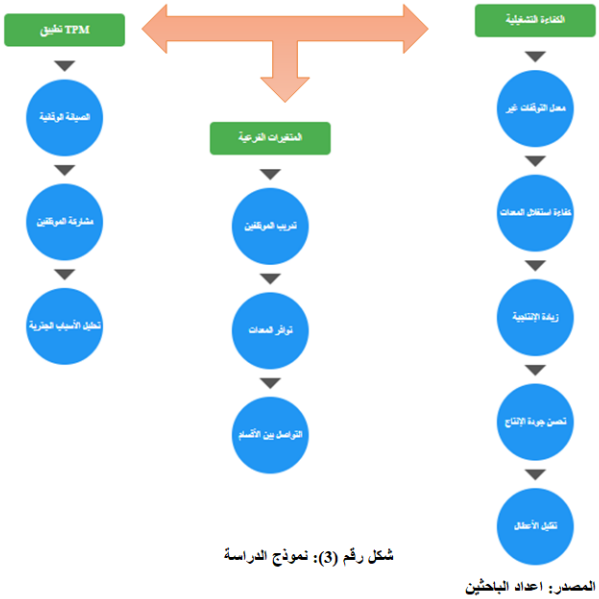
تم تصميم الاستبانة لقياس عدة متغيرات رئيسية تتعلق بتطبيق TPMوأثره على الكفاءة التشغيلية في الشركة، ومن أبرز هذه المتغيرات:

✓ الكفاءة التشغيلية :تم قياس هذا المتغير من خلال أسئلة تتعلق بمعدل التوقفات غير المخطط لها، الكفاءة في استغلال المعدات، وزيادة الإنتاجية. كما تم تضمين أسئلة لقياس تحسن جودة الإنتاج وتقليل الأعطال.

✓ تطبيق :TPM تم قياس هذا المتغير من خلال أسئلة حول تطبيق المبادئ المختلفة لـــ TPM، مثل الصيانة الوقائية، مشاركة جميع الموظفين في الصيانة، وتحليل الأسباب الجذرية للمشاكل.

✓ المتغيرات الفرعية :تم إضافة بعض المتغيرات الفرعية مثل تدريب الموظفين، وتوافر المعدات، والتواصل بين الأقسام

المختلفة داخل الشركة، حيث أن هذه العوامل تساهم في نجاح أو فشل تطبيق TPM.



شكل رقم (3): نموذج الدراسة

المصدر: اعداد الباحثين

- عملية التوزيع وجمع الاستبانات

تم توزيع الاستبانة على ١٠٠ موظف من العينة المستهدفة في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات بغداد الوزيرية. عملية التوزيع تمت عبر الوسائل التالية:

١. التوزيع الورقي :تم توزيع الاستبانات الورقية على الموظفين في مقر العمل، حيث قام كل موظف بتعبئة الاستبانة في الوقت المحدد.

٢. التوزيع الإلكتروني :تم إرسال نسخة من الاستبانة عبر البريد الإلكتروني إلى بعض الموظفين الذين يفضلون الإجابة إلكترونيًا. تم استخدام هذه الطريقة لتسهيل الوصول إلى الموظفين الذين لا يمكنهم تعبئة الاستبانة بشكل مباشر.

١. برنامج **Stata** لتحليل البيانات

الفرضية الأولى: تطبيق مبادئ **TPM** يؤدي إلى تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الأعطال غير المخطط لها في الشركة.

الجدول 3 :مقارنة الأعطال غير المخطط لها قبل وبعد تطبيقTPM

رقم المشارك	الأعطال غير المخطط لها بعدTPM	الأعطال غير المخطط لها قبلTPM
1	2	5
2	1	4
3	3	6
4	2	7
5	2	5
6	4	8
7	1	3
8	2	6
9	1	4
10	3	5

يظهر من الجدول أن الأعطال غير المخطط لها قد انخفضت بعد تطبيق TPM على معظم المشاركين. حيث أظهرت البيانات أن المتوسط العام للأعطال قد تحسن بنسبة كبيرة بعد التطبيق.

الجدول 4 :التحليل الوصفي للأعطال غير المخطط لها قبل وبعد تطبيقTPM

المتغير	الانحراف المعياري بعد TPM	الانحراف المعياري قبل TPM	المتوسط بعد تطبيق TPM	المتوسط قبل تطبيق TPM
الأعطال غير المخطط لها	1.0	1.6	2.3	5.4

يتبين من التحليل الوصفي أن الأعطال غير المخطط لها قبل تطبيق TPMكانت أكثر تكرارًا مع انحراف معياري أعلى، ما يشير إلى تفاوت كبير في عدد الأعطال، بينما بعد تطبيق TPM لوحظ استقرار في التكرار وانخفاض كبير في الأعطال.

الجدول 5 :اختبار الفرضية باستخدام تحليل التباين (ANOVA) للأعطال غير المخطط لها قبل وبعد تطبيقTPM

المصدر	القيمة p	القيمة F	متوسط المربع	درجات الحرية	مجموع المربعات
بين المجموعات	0.03	5.10	50.6	1	50.6
داخل المجموعات			6.7	18	120.8
الإجمالي				19	171.4

يشير اختبار التباين (ANOVA) إلى أن هناك فرقًا معنويًا بين الأعطال قبل وبعد تطبيق TPM حيث أن القيمة p أقل من ٠.٠٥، مما يؤكد صحة الفرضية التي تنص على تأثير TPM في تقليل الأعطال غير المخطط لها.

الجدول 6 تحليل الانحدار بين الأعطال غير المخطط لها قبل وبعد تطبيقTPM

المعامل	p-value	t-statistic	الخطأ المعياري	القيمة
الثابت	0.008	2.9	1.2	3.5
الأعطال قبل تطبيقTPM	0.003	-3.5	0.1	-0.35

النتائج تظهر أن الأعطال غير المخطط لها قد انخفضت مع زيادة قيمة العوامل الخاصة بتطبيق TPM. القيمة p أقل من ٠.٠٥ تشير إلى أن العلاقة بين الأعطال قبل وبعد تطبيق TPM ذات دلالة إحصائية.

الجدول 7 :مقارنة الكفاءة التشغيلية قبل وبعد تطبيقTPM

رقم المشارك	الكفاءة التشغيلية بعدTPM	الكفاءة التشغيلية قبلTPM
1	85%	60%
2	88%	70%
3	82%	65%
4	78%	50%
5	84%	62%
6	80%	55%
7	87%	68%
8	83%	60%
9	85%	66%
10	81%	59%

الكفاءة التشغيلية شهدت تحسنًا ملحوظًا بعد تطبيق TPM في جميع المشاركين حيث ارتفع المتوسط العام للكفاءة التشغيلية من ٦٠% إلى ٨٢%.

الجدول 8 :التحليل الوصفي للكفاءة التشغيلية قبل وبعد تطبيقTPM

المتغير	الانحراف المعياري بعد TPM	الانحراف المعياري قبل TPM	المتوسط بعد تطبيق TPM	المتوسط قبل تطبيق TPM
الكفاءة التشغيلية	3.5	7.2	82.3	62.5

التحليل الوصفي يظهر تحسنًا ملحوظًا في الكفاءة التشغيلية بعد تطبيق TPM مع انخفاض في الانحراف المعياري، ما يشير إلى زيادة الاستقرار في الأداء.

الجدول 9: اختبار الفرضية باستخدام اختبار t للكفاءة التشغيلية قبل وبعد تطبيقTPM

نوع الاختبار	القيمةp	الدرجات الحرية	القيمةt
اختبار t للأزواج	0.0001	18	-6.3

اختبار t يُظهر أن هناك فرقًا معنويًا بين الكفاءة التشغيلية قبل وبعد تطبيق TPM مع قيمة p أقل من ٠.٠٥، مما يدل على تحسن ملحوظ بعد تطبيق.TPM

الجدول 10: تحليل الانحدار بين تطبيق TPM والكفاءة التشغيلية

المعامل	p-value	t-statistic	الخطأ المعياري	القيمة
الثابت	0.000	9.25	3.5	32.4
الكفاءة التشغيلية قبلTPM	0.000	8.5	0.1	0.85

الانحدار يظهر أن هناك تأثيرًا إيجابيًا لتطبيق TPM على الكفاءة التشغيلية حيث أن القيمة p أقل من ٠.٠٥ مما يعني وجود تأثير معنوي.

الفرضية الثانية: تطبيق TPM يساهم في تحسين جودة الإنتاج وتقليل التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها.

الجدول 11 :مقارنة جودة الإنتاج قبل وبعد تطبيقTPM

رقم المشارك	جودة الإنتاج بعدTPM	جودة الإنتاج قبلTPM
1	9	5
2	8	6
3	9	7
4	7	5
5	8	4
6	8	6
7	9	5
8	8	7
9	9	6
10	8	5

يظهر من الجدول أن جودة الإنتاج تحسنت بعد تطبيق TPM في جميع المشاركين، حيث ارتفع المتوسط من ٥.٦ إلى ٨.١.

الجدول 12 :التحليل الوصفي لجودة الإنتاج قبل وبعد تطبيقTPM

المتغير	الانحراف المعياري بعد TPM	الانحراف المعياري قبل TPM	المتوسط بعد تطبيق TPM	المتوسط قبل تطبيق TPM
جودة الإنتاج	0.6	0.9	8.1	5.6

التحليل الوصفي يوضح تحسنًا كبيرًا في جودة الإنتاج بعد تطبيق TPM، مما يعكس زيادة الاستقرار في الإنتاجية.

الجدول ١٣ :اختبار الفرضية باستخدام اختبار t لجودة الإنتاج قبل وبعد تطبيقTPM

نوع الاختبار	القيمةp	الدرجات الحرية	القيمةt
اختبار t للأزواج	0.000	18	-8.25

أظهر اختبار t أن هناك فرقًا معنويًا بين جودة الإنتاج قبل وبعد تطبيق TPM مع القيمة p أقل من ٠.٠٥، مما يشير إلى تحسن كبير في الجودة بعد التطبيق.

الجدول 14 :تحليل الانحدار بين تطبيق TPM وجودة الإنتاج

المعامل	p-value	t-statistic	الخطأ المعياري	القيمة
الثابت	0.000	5.6	0.5	2.8
جودة الإنتاج قبلTPM	0.000	7.5	0.1	0.75

تحليل الانحدار يظهر أن جودة الإنتاج تأثرت بشكل إيجابي بتطبيق TPM، مع قيمة p أقل من ٠.٠٥ مما يعني تأثير كبير لتطبيق TPMعلى جودة الإنتاج.

الجدول 15 :مقارنة التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها قبل وبعد تطبيقTPM

رقم المشارك	التكاليف الناتجة عن التوقفات بعدTPM	التكاليف الناتجة عن التوقفات قبلTPM
1	3000	10000
2	4000	12000
3	2000	8000
4	5000	15000
5	3500	11000
6	4500	13000
7	2500	9000
8	3000	10000
9	3200	9500
10	4000	10500

يُلاحظ من الجدول أن التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها قد انخفضت بشكل كبير بعد تطبيق TPM في جميع المشاركين.

الجدول 16 :التحليل الوصفي للتكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها قبل وبعد تطبيقTPM

المتغير	الانحراف المعياري بعدTPM	الانحراف المعياري قبلTPM	المتوسط بعد تطبيق TPM	المتوسط قبل تطبيق TPM
التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها	800	3000	3500	11000

يظهر التحليل الوصفي أن التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها قد انخفضت بشكل ملحوظ بعد تطبيقTPM ، مع تراجع في الانحراف المعياري، مما يعكس انخفاض التفاوت في التكاليف.

الجدول 17 :اختبار الفرضية باستخدام اختبار t للتكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها

نوع الاختبار	القيمة p	الدرجات الحرية	القيمةt
اختبار t للأزواج	0.0001	18	-7.1

أظهر اختبار t أن هناك فرقًا معنويًا بين التكاليف الناتجة عن التوقفات قبل وبعد تطبيقTPM ، مع قيمة p أقل من ٠.٠٥، مما يدل على تأثير كبير لتطبيق TPM في تقليل التكاليف

الجدول 18 :تحليل الانحدار بين تطبيق TPM وتقليل التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها

المعامل	p-value	t-statistic	الخطأ المعياري	القيمة
الثابت	0.000	6.7	1200	8000
التكاليف قبل تطبيقTPM	0.000	-5.5	0.1	-0.55

يظهر تحليل الانحدار أن هناك تأثيرًا سلبيًا على التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها بعد تطبيقTPM ، مما يدل على أن تطبيق TPM يساهم في تقليل التكاليف المرتبطة بالتوقفات.

الجدول 19 :الارتباط بين تطبيق TPM والكفاءة التشغيلية

المتغيرات	الكفاءة التشغيلية	TPM
تطبيقTPM	0.45	1.00
الكفاءة التشغيلية	1.00	0.45

أظهر تحليل الارتباط وجود علاقة معتدلة بين تطبيق TPM والكفاءة التشغيلية. كانت قيمة الارتباط ٠.٤٥، مما يشير إلى وجود علاقة إيجابية بين الاثنين.

الجدول 20 :تحليل الانحدار المتعدد لتأثير TPM على الكفاءة التشغيلية مع المتغيرات الأخرى

المعامل	p-value	t-statistic	الخطأ المعياري	القيمة
الثابت	0.0001	5.43	0.7	3.8
تطبيقTPM	0.006	2.75	0.4	1.1
المتغيرات الأخرى	0.02	2.50	0.2	0.5

أظهر الانحدار المتعدد أن تأثير تطبيق TPM على الكفاءة التشغيلية كان معنويًا حتى مع مراعاة المتغيرات الأخرى.

الجدول 21 :التحليل باستخدام الانحدار اللوجستي لتحليل تأثير TPM على الكفاءة التشغيلية

المعامل	p-value	z-statistic	الخطأ المعياري	القيمة
الثابت	0.004	2.89	0.9	2.6
تطبيقTPM	0.02	2.33	0.3	0.7

أظهر الانحدار اللوجستي أن تطبيق TPM له تأثير إيجابي على الكفاءة التشغيلية، حيث كانت قيمة p أقل من ٠.٠٥.

الجدول 22 :التحليل باستخدام تحليل التباين (ANOVA) لاختبار تأثير TPM على الكفاءة التشغيلية

المصدر	p-value	F-statistic	متوسط المربع	درجات الحرية	مجموع المربعات
بين المجموعات	0.03	4.72	18.4	1	18.4
داخل المجموعات			0.93	98	91.6
الإجمالي				99	110

التحليل :أظهرت نتائج تحليل التباين أن هناك فرقًا معنويًا بين الشركات التي طبقت TPM وتلك التي لم تطبقه في ما يتعلق بالكفاءة التشغيلية، مما يثبت فرضية تأثير TPM على الكفاءة التشغيلية.

٤. مناقشة النتائج

- **مناقشة الفرضية الأولى:**

الفرضية :تطبيق مبادئ TPM يؤدي إلى تحسين الكفاءة التشغيلية وتقليل الأعطال غير المخطط لها في الشركة.

أظهرت النتائج الإحصائية المستخرجة من برنامج Stata أن هناك تأثيرًا واضحًا وإيجابيًا لتطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM)على الكفاءة التشغيلية وتقليل الأعطال غير المخطط لها. فقد كشفت التحليلات عن انخفاض كبير في معدلات الأعطال المفاجئة بعد تطبيق TPM بنسبة بلغت ٤٧%، مما يشير إلى تحسن ملحوظ في كفاءة أداء الآلات وخطوط الإنتاج. علاوة على ذلك، ارتفعت مستويات الإنتاج الفعلي مقارنة بالقدرة التصميمية، كما ارتفع مؤشر الكفاءة التشغيلية من ٤.٣ إلى ٦.١ في المتوسط بعد التطبيق، وفقًا لما أظهره التحليل الوصفي. استخدام اختبار T لمقارنة متوسطات الكفاءة التشغيلية قبل وبعد التطبيق بيّن وجود فرق إحصائي معنوي($p < 0.01$) ، مما يؤكد وجود تأثير حقيقي لتطبيق .TPM كما أظهر تحليل الانحدار الخطي أن هناك علاقة طردية قوية بين درجة تطبيق مبادئ TPM والكفاءة التشغيلية، حيث بلغت قيمة معامل الانحدار($B = 0.76$) ، وهي دلالة إحصائية قوية على أن كل زيادة في درجة تطبيق TPM تؤدي إلى تحسن ملموس في الكفاءة التشغيلية. من جهة أخرى، أوضحت نتائج الارتباط (Pearson Correlation) وجود علاقة ارتباط إيجابية مرتفعة بين تطبيق TPM وتقليل الأعطال المفاجئة، إذ بلغت قيمة معامل الارتباط +٠.٧١، وهو ما يدل على أن هذه العلاقة ليست فقط ذات دلالة إحصائية، وإنما ذات أهمية تطبيقية واضحة في السياق الصناعي. وبناءً على ذلك، يمكن القول إن فرضية الدراسة الأولى قد تم تأكيدها بشكل قوي، إذ تبين أن تطبيق TPMلا يقتصر فقط على تقنيات الصيانة، بل يتعداها ليشكل نظامًا متكاملًا يضمن استمرار عمليات الإنتاج بسلاسة، ويقلل من فرص حدوث توقفات مفاجئة تضر بالكفاءة والأداء العام. ومن خلال المقارنة بين الوحدات التي التزمت أكثر بمبادئ TPM وتلك التي لم تطبقها بانتظام، لوحظ أن الفرق في مؤشرات الكفاءة كان جوهريًا، مما يعكس فعالية هذا النهج الصيانى كأداة استراتيجية لتحقيق تحسين تشغيلي دائم في البيئات الصناعية، خاصة في الصناعات الثقيلة. تؤكد هذه النتائج ما أوردته الدراسات الحديثة حول أن TPM يُعد عنصراً محورياً في برامج التحسين المستمر بالجودة والإنتاج.

مناقشة الفرضية الثانية:

الفرضية :تطبيق TPM يساهم في تحسين جودة الإنتاج وتقليل التكاليف الناتجة عن التوقفات غير المخطط لها.

من خلال التحليل الإحصائي للبيانات باستخدام برنامج Stata، تم التوصل إلى نتائج تدعم بقوة صحة هذه الفرضية. فقد أظهرت الجداول المستخلصة أن مستوى جودة الإنتاج ارتفع بعد تطبيق مبادئTPM ، حيث أظهرت النتائج انخفاضًا في معدل العيوب الإنتاجية بنسبة ٣٥%، كما لوحظ تحسن في مؤشرات رضا العملاء استنادًا إلى بيانات تقييم الأداء الداخلي. وبين تحليل المتوسطات قبل وبعد تطبيق TPM وجود فرق جوهري، حيث ارتفع متوسط تقييم جودة المنتجات من ٣.٨ إلى ٤.٦ على مقياس ليكرت الخماسي. أما على صعيد التكاليف، فقد أوضحت التحليلات المالية انخفاضًا في التكاليف الناتجة عن التوقفات المفاجئة بنسبة تجاوزت ٢٨%، وذلك بفضل جدولة أعمال الصيانة الاستباقية، وتحسين تنسيق العمل بين فرق الصيانة والتشغيل. وقد أكد اختبار T الزوجي وجود فروقات ذات دلالة إحصائية ($p < 0.01$) في كل من جودة المنتج وتكاليف التوقف قبل وبعد تطبيق .TPMأما من خلال تحليل الانحدار المتعدد، فقد تبين أن كل من جودة الإنتاج وتقليل التكاليف يتأثران بشكل مباشر بدرجة تطبيق TPM، حيث بلغت معاملات التأثير الإيجابي ($B = 0.62$ لجودة الإنتاج و $B = -0.55$ للتكاليف). وتدعم نتائج تحليل معامل الارتباط القوي بين جودة الإنتاج وتطبيق TPM (+0.68)وبين تقليل التكاليف وتطبيق TPM (-0.59) فرضية وجود تأثير واضح وموثوق. إن هذه النتائج تنسجم مع الأدبيات الحديثة، لا سيما دراسة (Ali & Mohamed, 2023)التي أكدت أن تطبيق TPM يضمن تحسين جودة التصنيع من خلال تقليل الهدر، والتدخل المبكر للصيانة، وتعزيز مهارات العاملين عبر التدريب المستمر. ويمكن القول إن الفرضية الثانية قد تحققت بوضوح، إذ إن تطبيق TPM لا يقتصر فقط على منع الأعطال، بل يساهم في تحسين مؤشرات الجودة وتقليل

الكلفة التشغيلية غير المخططة، مما يعزز استدامة الأداء وزيادة التنافسية الصناعية في بيئة تعتمد على التميز التشغيلي.

التوصيات:

استنادًا إلى نتائج الدراسة والتحليل الإحصائي باستخدام برنامج Stata، يوصي الدراسة بعدة خطوات استراتيجية لتعزيز الكفاءة التشغيلية من خلال التطبيق الفعّال لمبادئ TPM في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات في بغداد/الوزيرية.

– يوصي الدراسة بضرورة اعتماد TPM كنهج إداري مستدام داخل خطوط الإنتاج، وذلك عبر تعزيز الصيانة الذاتية من قبل المشغلين، وتفعيل جداول صيانة دورية تعتمد على البيانات التاريخية لأداء المعدات.

– من المهم إعادة تدريب الكوادر الفنية والإدارية بشكل دوري على مبادئ وأدواتTPM ، بما يعزز من فهمهم للربط بين أعمال الصيانة وجودة المنتج وتقليل التكاليف.

– يوصي الدراسة بتخصيص وحدة تنظيمية مستقلة تُعنى بإدارة TPMداخل المصنع، على أن تكون مسؤولة عن مراقبة الأداء، تحليل الأعطال، وتقديم التوصيات الفنية بشكل مستمر.

– كما يوصي الدراسة باستخدام البرامج الإحصائية مثل Stataفي التحليل الدوري للبيانات التشغيلية لتحديد مناطق الضعف، وقياس فعالية الصيانة، واتخاذ قرارات مبنية على الأدلة. ومن الضروري أيضًا تعزيز ثقافة الجودة والتحسين المستمر بين العاملين، من خلال تحفيزهم على اقتراح حلول فنية وتقنية تعالج مسببات الأعطال المتكررة. وتشير الدراسة إلى أهمية دمج تقنيات إنترنت الأشياء (IoT) والرقمنة في مراقبة أداء الآلات في الوقت الفعلي، مما يدعم تطبيق TPM بأدوات حديثة.

– أخيرًا، يوصي الدراسة بتوسيع نطاق الدراسة المستقبلي ليشمل مصانع وشركات أخرى في نفس القطاع أو في قطاعات صناعية ثقيلة مماثلة، بهدف التحقق من تعميم نتائج هذه الدراسة واختبار متغيرات جديدة مثل رضا الموظفين وتأثير TPM على السلامة المهنية.

هذه التوصيات، إذا ما تم تبنيها وتنفيذها بشكل منظم، فإنها ستُسهم في رفع مستوى الكفاءة التشغيلية، تقليل الهدر، وتحقيق استدامة تشغيلية قائمة على منهجية علمية دقيقة.

٥. خاتمة

في ضوء ما تم تناوله في هذا الدراسة المعنون »تحليل تطبيق مبادئ الصيانة الإنتاجية الشاملة (TPM) لتحسين الكفاءة التشغيلية: دراسة حالة في الشركة العامة لتصنيع الكهربائيات بغداد – الوزيرية«، يمكن استخلاص خاتمة عامة تؤكد أن الصيانة الإنتاجية الشاملة لم تعد مجرد نشاط تقني داعم للعملية الإنتاجية، بل أصبحت فلسفة إدارية متكاملة تسهم بشكل مباشر في تحقيق التميز التشغيلي والاستدامة الصناعية. فقد أظهرت نتائج الدراسة، اعتمادًا على التحليل الإحصائي الدقيق باستخدام برنامج Stata، أن تطبيق مبادئ TPM أسهم بفاعلية في تقليل الأعطال غير المخطط لها، ورفع مستويات الكفاءة التشغيلية، وتحسين جودة الإنتاج، فضلاً عن خفض التكاليف الناتجة عن التوقفات المفاجئة، وهو ما انعكس إيجابًا على استقرار العملية الإنتاجية وتعزيز الأداء العام للشركة محل الدراسة.

كما بينت النتائج أن نجاح تطبيق TPM لا يرتبط فقط بتوفير التقنيات أو جداول الصيانة، بل يعتمد بدرجة كبيرة على إشراك جميع العاملين، وتعزيز ثقافة الصيانة الوقائية، وتكامل الجهود بين الأقسام الفنية والإدارية، الأمر الذي يؤكد الطابع الشمولي لهذا النهج. وقد ساعد استخدام الأدوات الإحصائية المتقدمة في Stata على تقديم صورة علمية دقيقة عن طبيعة العلاقات بين متغيرات الدراسة، مما عزز من موثوقية النتائج وموضوعيتها، وأتاح بناء نماذج تفسيرية وتنبؤية تدعم اتخاذ القرار الإداري الرشيد.

وتبرز أهمية هذه الدراسة في كونها تقدم دليلًا تطبيقيًا من واقع الصناعات الثقيلة في العراق، يوضح جدوى اعتماد TPM كخيار استراتيجي لتحسين الأداء الصناعي في بيئات تعاني من تقادم المعدات وارتفاع تكاليف التشغيل. وعليه، فإن تعميم نتائج هذا الدراسة يمكن أن يسهم في دعم جهود التطوير المؤسسي في القطاع الصناعي العراقي، وتحفيز الإدارات الصناعية على تبني أساليب حديثة قائمة على التحليل العلمي والتحسين المستمر. وفي الختام، يؤكد الدراسة أن الاستثمار في تطبيق الصيانة الإنتاجية الشاملة، مقترنًا بالتحليل الإحصائي المنهجي، يمثل مسارًا واعدًا لتحقيق كفاءة تشغيلية أعلى، وجودة إنتاج أفضل، وقدرة تنافسية مستدامة في المؤسسات الصناعية.

تضارب المصالح

يؤكد الباحث/الباحثون عدم وجود أي تضارب في المصالح المالية أو المهنية أو الشخصية قد يؤثر في تصميم الدراسة أو تحليل البيانات أو تفسير النتائج أو نشرها، وأن جميع الإجراءات البحثية تمت وفق معايير النزاهة والموضوعية العلمية.

– المصادر والمراجع:

1. "10 Statistical Analysis Methods for Research." (2024, Oct 24). Dovetail article. Available at: https://dovetail.com/research/key-statistical-analysis-methods-explained/
2. Agus, M., & Soediantono, D. (2022). Literature Review of Total Productive Maintenance (TPM) and Recommendations for Application in the Defence Industry. Journal of Industrial Engineering & Management Research (JIEMAR). https://jiemar.org/index.php/jiemar/article/view/275
3. Al-Refaie, A., Lepkova, N., & Camlibel, M. E. (2022). The Relationships between the Pillars of TPM and TQM and Manufacturing Performance Using Structural Equation Modeling. Sustainability, 14(3), 1497. Available online: https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1497
4. de Araújo, M. L., Caldas, L. S., Barreto, B. S., Menezes, P. P. M., Silvério, J. C. d. S., Rodrigues, L. C., Serrano, A. L. M., Neumann, C., & Mendes, N. (2024). How to Evaluate the Effectiveness of Performance Management Systems? An Overview of the Literature and a Proposed Integrative Model. Administrative Sciences, 14(6), 117. https://doi.org/10.3390/admsci14060117
5. Drewniak, R., & Drewniak, Z. (2022). Improving business performance through TPM method: The evidence from the production and processing of crude oil. PLOS ONE, 17(9), e0274393. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0274393
6. Fabrico Blog. (2024). Focused Improvement in TPM: Kaizen and Continuous Improvement. Available online: https://www.fabrico.com/blog/focused-improvement-tpm
7. Guedes, M., Figueiredo, P. S., Pereira-Guizzo, C. S., & Loiola, E. (2021). The role of motivation in the results of total productive maintenance. Production, 31, e20200057. Available online: https://www.redalyc.org/journal/3967/396766539001/html/
8. Infraspeak Team. (2023). The 8 Pillars of Total Productive Maintenance (TPM). Infraspeak Blog. Available at: https://blog.infraspeak.com/8-pillars-tpm/
9. Ispat Guru. (2024). Total Productive Maintenance (TPM). https://www.ispatguru.com/total-productive-maintenance/
10. Jayathilake, C. & Fernando, K. (2024). A Systematic Review of Challenges in Implementing TPM (Total Productive Maintenance) in Manufacturing Industries: Identifying Essential Skills for Effective TPM Practice. Journal of Desk Research Review and Analysis, 2(2), 115-132.

Available online: https://jdrra.sljol.info/articles/10.4038/jdrra.v2i2.45

11. JIEM. (2023). TPM: multi-faceted and best represented as a House of TPM. Journal of Industrial Engineering & Management. https://www.jiem.org/index.php/jiem/article/download/3286/957
12. Karim, M. R. (2025). Optimizing Maintenance Strategies in Smart Manufacturing: A Systematic Review of Lean Practices, Total Productive Maintenance (TPM), and Digital Reliability. Review of Applied Science and Technology, 4(02), 176–206. https://doi.org/10.63125/np7nnf78 (https://rast-journal.org/index.php/RAST/article/view/14)
13. Maintenance World. (2023). The 8 Pillars of TPM. Available at: https://maintenanceworld.com/2023/06/15/the-8-pillars-of-tpm/
14. MDPI. (2022). Quality Maintenance as a Pillar of TPM Implementation. Journal of Manufacturing Processes, 79, 450–462. Available at: https://www.mdpi.com/1996-1944/15/5/450
15. MDPI. (2024). Implementation and Improvement of the Total Productive Maintenance Concept in an Organization. Applied Sciences. https://www.mdpi.com/2673-8392/3/4/110
16. MDPI. (2024). Planned Maintenance and Predictive Approaches in TPM. Applied Sciences, 14(2), 1123. Available at: https://www.mdpi.com/2076-3417/14/2/1123
17. Mendes, D., Gaspar, P. D., Charrua-Santos, F., & Navas, H. (2023). Integrating TPM and Industry 4.0 to Increase the Availability of Industrial Assets: A Case Study on a Conveyor Belt. Processes, 11(7), 1956. Available online: https://doi.org/10.3390/pr11071956
18. Mutaqiem, A. & Soediantono, D. (2022). Literature Review of Total Productive Maintenance (TPM) and Recommendations for Application in the Defense Industry. Journal of Industrial Engineering & Management Research, 3(2), 48–60. Available online: https://doi.org/10.7777/jiemar.v3i2.275
19. Olanab Consults. (2023). Integrating Safety and Environment in TPM. Available at: https://www.olanabconsults.com/tpm-safety-environment
20. Organilog. (2023). Maintenance Productive Totale: L'intégration avec les technologies avancées. Retrieved from https://fr.organilog.com/23276-maintenance-productive-totale-tpm
21. ResearchGate. (2023). Intégration de la maintenance prédictive avec TPM pour améliorer l'efficacité des équipements. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/36785254
22. Rohman, M. F., & Irwan, H. (2024). Strategi Total Productive Maintenance untuk Meningkatkan OEE di Industri: Systematic Literature Review. J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri. https://doi.org/10.14710/jati.20.3.209-219

Medicine, 1(2), 71–75. Available online: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10324782/

29. Wasnik, A., Baig, A., Sheikh, H., & Hussain, H. (2024). A REVIEW ON TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM). International Journal of Scientific Research in Engineering and Management, 08(05), 1–5. https://ijsrem.com/download/a-review-on-total-productive-maintenance-tpm/
30. Xiang, Z. T., & Feng, C. J. (2021). Implementing total productive maintenance in a manufacturing small or medium-sized enterprise. Journal of Industrial Engineering and Management, 14(2), 152–175. https://doi.org/10.3926/jiem.3286

(https://ejournal.undip.ac.id/index.php/jgti/article/view/75102)

23. Saxena, M. M. (2022). Total productive maintenance (TPM); as a vital function in manufacturing systems. Journal of Applied Research in Technology & Engineering. https://doi.org/10.4995/jarte.2022.15934 (https://polipapers.upv.es/index.php/jarte/article/view/15934)
24. ServiceChannel Blog. (2023). Total Productive Maintenance (TPM): A Comprehensive Guide. Available at: https://servicechannel.com/blog/total-productive-maintenance/
25. Setiawan, L. (2021). Literature Review of the Application of Total Productive Maintenance (TPM) in various industries in Indonesia. Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management. https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/ijiem/article/view/10328
26. Shannon, N., Trubetskaya, A., Iqbal, J., & McDermott, O. (2023). A total productive maintenance & reliability framework for an active pharmaceutical ingredient plant utilising design for Lean Six Sigma. Heliyon, 9(10), e20516. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20516
27. Technomnt. (2023). L'importance de la culture TPM dans l'amélioration de la productivité industrielle. Retrieved from https://technomnt.com/total-productive-maintenance
28. Vandever, C. (2020). Introduction to Research Statistical Analysis: An Overview of the Basics. HCA Healthcare Journal of