

مقاييس كفاءة أداء الصيانة في الشركات الصناعية

دراسة حالة: مصنع زيتين للإسمنت (2016)

م. هيثم عبدالله الفطيسي
شركة اماطين للأعمال الهندسية
Emmateen2012@gmail.com

د. منصور سالم زغبين
كلية التقنية الصناعية- مصراتة - ليبيا
manszn@yahoo.co.uk

د. مصطفى أحمد بن حكومة
الأكاديمية الليبية - طرابلس-ليبيا
libya218218@gmail.com

الصيانة هو من الاستراتيجيات الهامة التي صارت ركيزة من ركائز العمل في جُلّ المؤسسات بمختلف نشاطاتها^[1].

الملخص:

وتعد عملية قياس كفاءة أداء الصيانة من الأمور التي تدعم أي مؤسسة صناعية لتحقيق أهدافها، حيث يعتبر الهدف الأساس من عملية قياس الأداء للألات، هو تزويد الإدارة العليا للمؤسسة والإدارات المختلفة بما فيها إدارة الصيانة بالواقع العملي لأداء الوحدات الإنتاجية.

2. مشكلة البحث

إن مقاييس الأداء التقليدية أصبحت غير قادرة على إعطاء صورة متكاملة عن الأداء، فالبينة التي كانت ملائمة لمؤشرات تقييم الأداء التقليدية لم تعد قائمة، فقد ظهرت ظروف جديدة تستدعي التطوير في النظام المستخدم لتقييم الأداء، لتتناسب مع بيئة التصنيع الحديثة. ومن هنا تطلب الأمر ضرورة استحداث مؤشرات أداء تعكس مدى النجاح في تحقيق الأهداف كالجودة الشاملة والتطوير والابتكار، والمرونة الإنتاجية، وتخفيض التكلفة.

3. أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في أهمية الدور الفعال الذي تلعبه إدارة الصيانة في الحفاظ على التجهيزات الإنتاجية والخدمية من خلال كشف أوجه القصور والضعف بمخططات الإنتاج. ويعد قياس كفاءة أداء إدارة الصيانة من الأمور التي تدعم أي مؤسسة لتحقيق أهدافها.

4. أهداف البحث

تهدف الدراسة إلى الآتي:

1. التعرف على المؤشرات التقليدية المستخدمة بالمصنع موضوع الدراسة لقياس كفاءة أداء عمليات الصيانة ومدى ملائمتها لبنية التصنيع الحديثة.
2. تطبيق مؤشرات الأداء بشكل متكامل لقياس كفاءة أداء عمليات الصيانة لتفسير وتحليل الوضعية الحقيقية للصيانة وإدارتها.

5. منهجية البحث

لتحقيق أهداف الدراسة تم اتباع المنهج الوصفي التحليلي لقياس أداء الصيانة بالاعتماد على مجموعة مؤشرات تشكل هيكلًا للقياس.

6. المراجعة النظرية

أولاً- تطور مفهوم الصيانة

توارثت المؤسسات الصناعية لفترة طويلة من الزمن أعمال الصيانة كوظيفة ثانوية سيطر عليها طابع الإصلاح، وانحصر مفهومها في الحفاظ والعناية بالألات والمعدات عن طريق التشحيم، التزييت،

يعد قطاع الإسمنت من أهم القطاعات الإستراتيجية التي تسهم بشكل فعال في بناء الإقتصاد الوطني وتطوره، ونظرًا لأهمية الصيانة وارتباطها الوثيق بالإنتاج والجودة، تم اختيار مصنع زيتين للإسمنت، مركزًا على مشكلة يمكن تحديدها بأن مقاييس الأداء التقليدية لإدارة الصيانة أصبحت غير قادرة على إعطاء صورة متكاملة عن الأداء، مما تتطلب ضرورة استحداث مؤشرات أداء تقيس الأداء بشكل متكامل يعكس مدى النجاح في تحقيق أهداف الشركة.

إن أهمية البحث نابعة من أهمية الدور الفعال الذي تلعبه إدارة الصيانة، في الحفاظ على ممتلكات المؤسسة إنتاجية كانت أم خدمية. كما أن قياس كفاءة أداء إدارة الصيانة يدعم المؤسسة لتحقيق أهدافها، وتحقيق فعالية كفاءة الصيانة في الشركات الصناعية بقدرتها على تحقيق إتاحة موثوقة عالية للألات، وقدرة على التحكم في تكاليف الصيانة.

وعليه فإن هذه الدراسة تهدف لتطبيق مؤشرات قياس كفاءة أداء عمليات الصيانة لتفسير وتحليل الوضعية الحقيقية للصيانة وإدارتها. ولتحقيق هدف الدراسة، تم اتباع المنهج الوصفي التحليلي لقياس أداء الصيانة تعتمد على مجموعة مؤشرات تشكل هيكلًا للقياس.

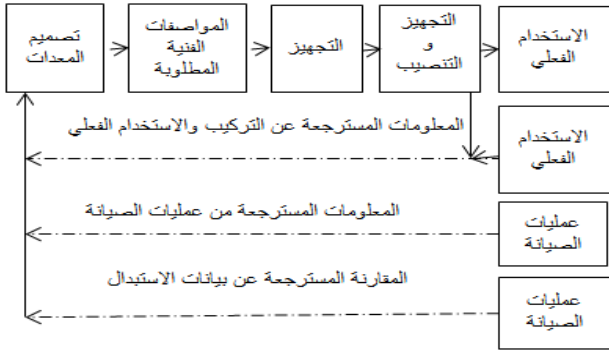
وقد توصلت الدراسة لمجموعة من النتائج أهمها: أن مؤشر متوسط الوقت بين عطلين متتاليين يعتبر مؤشراً هاماً لقياس أداء كفاءة الصيانة، وأن وقت الإصلاح يعد مؤشراً أساسياً لقياس أداء الصيانة ومقياساً للقدرة على الصيانة، بالإضافة إلى أن تقييم أداء عمليات الصيانة يؤدي إلى مراقبة الصيانة وبالتالي تحسين أداءها، وأن مؤشرات كفاءة أداء الصيانة المستخدمة غير صالحة في كثير من الأحيان لكونها تعتمد في حساباتها على ساعات التوقف المبرمجة وزمن المستغرق لأداء الصيانة.

الكلمات المفتاحية: إدارة الصيانة، مقاييس الأداء، تحليل الأعطال، الشركات الصناعية، مصنع زيتين للإسمنت.

1. المقدمة

لقد بات واضحاً أن استمرار عمل المؤسسات الصناعية أصبح مرهون بكفاءة تشغيلها للألات والمعدات والأدوات، ويهدف الوصول للكفاءة التشغيلية المرجوة، لا بد من الاعتماد على أعمال الصيانة التي تشمل جميع الأنشطة التي تحتاجها المؤسسات، بحيث تكون مطابقة لحالة الاشتغال القياسية الصناعية، للمحافظة على الامكانيات المختلفة.

إدارة الصيانة عملية دقيقة ومحددة إذا ما قورنت بالعمليات الإنتاجية والخدمية الأخرى، فهي تهدف أساساً إلى المحافظة على صحة وسلامة العاملين بالمؤسسة من خلال البرامج المعدة سلفاً، إلى جانب استخدام الألات والمعدات بالشكل الصحيح والسليم. كما أنها ليست مجرد مصاريف وتكاليف تتحملها المؤسسة بدون عائد، بل تهدف أيضاً للمحافظة على مستوى أفضل وعالٍ للإنتاجية. وقياس كفاءة إدارة



شكل 1. نظام التيروتكنولوجي

3. وضع برامج التحويل والاحلال، وتنفيذها وفقاً لمواصفات معيارية تستهدف تحسين تلك المعدات ومستوى السلامة الصناعية.
4. متابعة دورة الحياة الاقتصادية للموجودات الإنتاجية والسيطرة على تكاليف صيانتها خلال عمرها الإنتاجي.
5. اعتماد نظام متكامل للسيطرة بالتغذية العكسية على أنشطة وفعاليات تركيب واستخدام وتشغيل المعدات، ومن ثم صيانتها.
6. إدخال أساليب تكنولوجية متطورة لإنجاز أعمال الصيانة.

ونظراً لأهمية أعمال الصيانة، والاعتراف بهذه الأهمية فإن الإدارة العليا تتطلب من إدارة الصيانة أن تكون على نفس مستوى الكفاءة للإدارات الأخرى في المؤسسة، ولكي تتمكن إدارة أنشطة الصيانة من القيام بمهامها بطريقة سليمة تضمن تحقيق الأهداف المحددة لها، يجب أن تضع مبادئ تنظيم سليمة للقسم وأن تلتزم بمبادئ التخطيط والرقابة على أعماله. فقد ذكر جابز **Gather** أن كفاءة نظام الصيانة في النظام الإنتاجي، له تأثير على أهمية أداء عناصر النظام الإنتاجي للأسباب التالية^[5]:

1. الطاقة: حيث تتخفف طاقة النظام الإنتاجي نتيجة لحدوث الأعطال، أو فشل في التجهيزات الإنتاجية.
2. انخفاض كمية الإنتاج: بسبب التوقفات المترتبة عن الأعطال من جهة ونقص مردود الآلات والمعدات المعطوبة حتى بعد إصلاحها من جهة ثانية.
3. جودة السلع والخدمات: تؤثر كثرة الأعطال وكثرة عمليات الإصلاح، وتركيب الأجزاء وقطع الغيار على دقة ضبط الآلات والمعدات، مما يؤدي إلى وجود تفاوت في مواصفات المنتج، كما أن الأعطال في حد ذاتها قد تؤدي إلى تلف المنتجات تحت التشغيل، لاسيما بالنسبة للمنتجات سريعة التلف.
4. أمان العاملين وسلامتهم: إن الآلات التي يتم صيانتها بطريقة غير سليمة، قد تفشل في أي وقت أثناء التشغيل وقد يؤدي هذا الفشل لحدوث حوادث قد تهدد سلامة العاملين.

ثانياً - قياس كفاءة أداء إدارة الصيانة

أولت الدراسات والأدبيات السابقة موضوع الصيانة جل اهتمامها، حتى أصبحت عنصرًا جوهريًا في مختلف المؤسسات الصناعية، لتشمل كافة فعاليات العمليات الإنتاجية بغية المساهمة في تحقيق ميزتها التنافسية، وأهدافها الإستراتيجية، حيث ظهرت جلياً أهمية أنشطة الصيانة للآلات والمعدات، ولاسيما في المؤسسات الصناعية الكبيرة، إذ أن استعمال أعمالها مرهون باستمرارية عمل الآلات، فضلاً عن التزام هذه المنظمات بمعدات إنتاج مخطط لها وبمستوى جودة عال، لذا فالآلات التي تعد القلب النابض للعمليات الإنتاجية تستدعي اهتماماً خاصاً لصيانتها لضمان استمرارية التشغيل وتجنب حدوث حالات الفشل

التنظيف وانتظار وقوع الأعطال لتصلحها، كما كان الاعتقاد السائد آنذاك أن المعرفة الميدانية بالآلات كافية لتجنب العطل.

ففي بداية القرن العشرين، أدت الأخطار الناجمة عن بعض الآلات في حالة عطلها كالانفجارات والحرائق إلى تنظيم دورات للمراقبة المنتظمة عرفت فيما بعد بالصيانة الوقائية، وحتى نهاية الحرب العالمية الثانية لم تولى وظيفة الصيانة الأهمية الكافية، بل بقيت مرادفة للتصليح من جهة، وعملية تبذير للأموال من جهة أخرى^[1].

وقد اكب مفهوم الصيانة التطورات التقنية المتسارعة، التي دخلت في مجالات الإنتاج الصناعي وغير الصناعي، وتزايد الاهتمام بوظيفة الصيانة كونها المسؤولة عن استمرار العملية الإنتاجية بشكل دائم وبكفاءة إنتاجية عالية.

وتتجلى الأهمية الإستراتيجية للصيانة في وقاية المؤسسات من عطل الآلات والمعدات، التي تؤثر على عملياتها وسمعتها وربحيتها، إذ يؤدي حدوث العطل إلى إخفاق كبير في جودة وكميات الإنتاج، وتدهور العملية الإنتاجية عندما يضعف أداء الصيانة، والذي يؤثر سلباً في استغلال الطاقات المتاحة، وتساهم الصيانة الجيدة في ضمان تدفق المسار الإنتاجي، وتحقيق المخرجات بالمواصفات المطلوبة والتميز في أداء الشركة. وعلى هذا الأساس، تحقق الصيانة جملة منافع منها^[2]:

1. تؤدي الصيانة الجيدة إلى ضمان سلامة مستخدمي الآلات من خلال الحد من المخاطر الناتجة عنها.
2. زيادة معلية النظام أو الآلات، وذلك عن طريق تقليل الوقت الضائع في مسار خط الإنتاج وتقليل الأعطال وتخفيض الانحرافات في معدلات الإنتاج.
3. خلق الجودة العالية، إذ تؤدي الصيانة الضعيفة للمعدات إلى تخفيض الأداء وفقاً للمعايير المحددة.
4. تخفيض تكاليف التشغيل، عن طريق زيادة مستوى كفاءة الآلات والمعدات وتقليل أوقات التوقف بسبب الأعطال ومعالجتها.
5. إطالة عمر الموجودات عن طريق تقليل المشاكل والاختناقات التي تحدث في العمليات والمحافظة عليها من التقادم.
6. زيادة الدقة في تحديد جدولة الإنتاج والعمليات الإنتاجية.

وفي ضوء الاستثمار المتزايد في الموجودات وارتفاع تكاليفها وظهور معدات إنتاجية ذات تقنية عالية، زاد الاهتمام بالصيانة من قبل مراكز الأبحاث. إذ طوّرت مركز الصيانة الوطنية **National Maintenance Centre (N.M.C)** مفهوم الصيانة وأطلق عليها مصطلح التيروتكنولوجي **Terotechnology** وهو "مزيج من التطبيقات الإدارية والمالية والهندسية التي تطبق على الموجودات المادية وتتعبق دورة حياتها الاقتصادية وتهتم بمواصفات وتصميم المصنع والمعدات والمباني للتأكد من إمكانية الاعتماد عليها وإجراء الصيانة اللازمة لها. فضلاً عن الاهتمام بنصبها وتركيبها والتأكد من صلاحية استعمالها وإجراء التحويلات عليها واستبدالها بالاعتماد على البيانات التي يحصل عليها بالتغذية العكسية عن تصميمها وإنجازها وتكاليفها"^{[1][3]}. يبين شكل (1) نظام **Terotechnology** أو الهندسة الشاملة للمنظمة وهو مفهوم جديد ومتطور بشأن الصيانة ويعرف بأنه " الترابط ما بين الوظائف الإدارية والمالية والهندسية مع بقية الآلات الموجودة التي تشكل جزءاً عاماً في إدامة إنتاج المنظمة والعناية بها منذ بداية التصميم وصولاً إلى الإنتاج المطلوب من خلال الحفاظ على سلامة هذه الآلات"^[4].

وبموجب هذا المفهوم أصبحت الصيانة تشمل النشاطات التالية:

1. الاهتمام بتصميم المصنع والمعدات والمباني من حيث تسهيلات الصيانة.
2. الاهتمام بنصب وتركيب الآلات والمعدات وأساليب تشغيلها.

ويمكن أن نعبر عن الإتاحة بأنها نسبة وقت التشغيل للمنظومة إلى الوقت الكلي للخدمة، والوقت الكلي هنا، والمحدد ضمن أي فترة زمنية، يتضمن بالتأكيد فترات التصليح والصيانة بالإضافة إلى فترة التشغيل. كما تعرف الإتاحة بمقدار الاستعداد واحتمالية إتاحتها للعمل تحت الطلب، ومفهوم الإتاحة يجمع ما بين الموثوقية وقابلية الصيانة حيث يعبر عنها بالمعادلة التالية^[11].

$$A(t) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \dots\dots\dots (3)$$

حيث إن:

MTBF: متوسط الزمن بين الأعطال (ال فشل)

MTTR: متوسط الزمن للإصلاح.

7. الجانب العملي

يتناول هذا الجانب التعريف بعمليات الصيانة والإنتاج بمصنع زلزين للإسمنت محل الدراسة، طرق استخدام قياس كفاءة أداء الصيانة بالمصنع، بالإضافة لنتائج تطبيق مؤشرات قياس كفاءة أداء عمليات الصيانة والمؤشرات التقليدية لقياس أداء الصيانة ومدى ملائمتها لبيئة التصنيع الحديثة.

■ عمليات الصيانة والإنتاج بالمصنع

يتولى قسم الدراسة وبرمجة الصيانة بالمصنع أعمال التخطيط وبرمجة عمليات الصيانة الوقائية على مدار السنة. وتتم عملية التخطيط وبرمجة أعمال الصيانة وفق نظام معلوماتي متاح لإدارة الصيانة، يعتمد على قاعدة معطيات تسمح بتخطيط وبرمجة أعمال الصيانة بأبعادها التقنية والمالية والتنظيمية. حيث أمكن الاطلاع على التقارير الفنية المعدة بقسم الدراسة وبرمجة الصيانة بالمصنع، وحصر كل أوامر العمل لسنة 2015-2016. وتشمل عمليات الصيانة جميع الوحدات الإنتاجية وفقاً للمراحل الإنتاجية للمصنع، وهي: تكسير المواد الخام، خلط وتخزين المواد الخام، طحن المواد الخام، حرق المواد الخام، طحن الكلنكر والجبس، وحدة تعبئة الإسمنت. وفي ذات السياق وجب التعريف بالوحدات الإنتاجية المكونة للمصنع لغرض صيانتها والمحافظة عليها والتي تتمثل في: الكسارة الرئيسية، طاحونة المواد الخام، الفرن، طاحونة الإسمنت رقم (1)، طاحونة الإسمنت رقم (2)، التعبئة الآلية رقم (1)، التعبئة الآلية رقم (2)، التعبئة الآلية رقم (3)، التعبئة الآلية رقم (4).^[12]

تقوم إدارتي الصيانة والإنتاج بإعداد التقارير الفنية اليومية والنصف شهرية والسنوية وإرسالها إلى قسم الدراسات والبرمجة المنوط به مسؤولية تخطيط وبرمجة التوقفات، ودراسة حالة المعدات الإنتاجية، ومن تم اقتراح الخطط اللازمة لتنفيذ عمليات الإصلاح أو إجراء العمرات السنوية أو إيجاد حل لبعض المشاكل خصوصاً فيما يتعلق بطاحونة الكلنكر محور دراستنا باعتبارها الجزء المهم من عمليات التصنيع، والذي يحتاج إلى عناية ومتابعة كافية، للحد من أعطاله المتكررة، حفاظاً على أداء وفعالية المصنع والوصول إلى معدلات إنتاجية عالية. والجدول رقم (1) يبين ساعات التشغيل والتوقف للوحدات الإنتاجية والتي تم الحصول عليها من التقارير الفنية لعمليات الصيانة. حيث يلاحظ من الجدول رقم (1) أن نسبة التشغيل الإجمالي للكسارة الرئيسية بلغ 39% في حين أن نسبة التوقف الإجمالي للوحدة الإنتاجية ذاتها بلغ 61%، وأن نسبة التوقف لباقي الوحدات الإنتاجية تراوح ما بين (38%-56%) باستثناء طاحونة الإسمنت رقم (1) بسبب مغادرة المقاول المنفذ وعدم استكمال المشروع بسبب الأوضاع الأمنية في البلاد، وكذلك الأمر للتعبئة رقم (1) بسبب تعرضها للدمار أثناء فترة السابع عشر من فبراير.

المفاجئ، والعمل على تخفيض احتمال حدوثها وفقاً لبرامج صيانة فاعلة تقدم نتائج ملموسة مقرونة بأقل كلفة ممكنة.

إن الاستخدام الواسع للألات والمعدات يتطلب وضع برامج فاعلة لصيانتها، وذلك للحفاظ عليها من حدوث حالات الفشل التي تنعكس سلباً على الإنتاج كما ونوعاً^[6].

وتساهم الصيانة في تحقيق أعلى مستوى ممكن من جودة المنتج أو الخدمة، التي تمكن من تلبية حاجات ورغبات الزبائن، حيث تستجيب جودة أداء الصيانة إلى حاجات الأنظمة التشغيلية، التي تركز على الوظائف العالية للألات والمعدات، عن طريق زيادة إتاحتها Availability وموثوقيتها Reliability تمثل بمجملا أبعاد أساسية لتحقيق جودة أداء الصيانة التي تساهم في زيادة الوقت التشغيلي المتاح للألات والمعدات^[7]. لذا لا بد من الاعتماد على عدة مؤشرات لقياس أداء جودة الصيانة وأهمها^[8]:

✚ مؤشر قياس متوسط الوقت بين عطلين

Mean Time Between Failures (MTBF)

يعد (MTBF) مؤشراً مهماً لقياس كفاءة أداء الصيانة، حيث يقيس متوسط الوقت بين الأعطال التي تحدث في الآلة أو أحد أجزائها القابلة للتصليح، ويحتسب وفقاً للصيغة الآتية^[9]:

$$MTBF = \frac{A_{actual} \cdot O_{perating} \cdot H_{ours}}{No.of.F_{ailures}} \dots\dots\dots (1)$$

حيث أن:

A.O.H: عدد ساعات العمل الفعلية

No. of. F: عدد الأعطال في الآلة

✚ مؤشر قياس متوسط وقت التصليح

Mean Time To Repair (MTTR)

يعد (MTTR) مقياساً للقدرة على الصيانة (Maintainability) وعامل مهم لأداء المسار الإنتاجي، وهو متوسط الوقت اللازم لتصليح الآلة أو أجزائها بعد حدوث العطل، ويقاس وفقاً للمعادلة الآتية^[10].

$$MTTR = \frac{Sum.Of.R_{repair}.T_{ime}}{No.of.R_{repair}Cases} \dots\dots\dots (2)$$

حيث أن:

Sum of Repair .Time: مجموع وقت الإصلاح

No of Repair Cases: عدد حالات الإصلاح

✚ مؤشر إتاحة المكانن والمعدات (Availability)

فهو مقياس شامل يقيس فاعلية المعدات الإنتاجية، وتعتمد زيادة هذا المؤشر على خيارين هما: زيادة متوسط الوقت بين الأعطال، تخفيض وقت متوسط التصليح. وتعتمد الإتاحة على مقدار موثوقية المعدة أو الجزء للعمل، ومقدار الزمن المطلوب للقيام بالإصلاح.

وتقدر بنسبة إتاحة الآلات إلى 100% كلما يكن (MTBF) أطول، أو كلما تسرع إدارة الصيانة في إصلاح الآلات أو ينخفض مؤشر (MTTF). عليه تعتمد زيادة إتاحة الآلات والمعدات على: معالجة الأعطال وتعني إطالة الوقت التشغيلي بين عطل وأخر، السرعة التي تعاد فيها الماكنة للعمل، تخفيض وقت متوسط التصليح.

توقف عمليات الإنتاج وبالتالي يؤثر سلبيًا على الإنتاج ككل وعمليات الصيانة المبرمجة.

جدول 2. ساعات التوقف لطاحونة الإسمنت لعام 2016

نوع العطل	ساعات التوقف	نسبة التوقف للإجمالي %
أعطال ميكانيكية	1246.25	37.6
أعطال كهربائية	97	2.9
أعطال إلكترونية	23.25	0.7
أعطال إنشائية	302	9.1
أعطال انسدادات	359.4	10.8
أعطال مبرمجة	767.1	23.1
أعطال فصل	41.1	1.2
أعطال أخرى	362.55	10.9
مختبر	3.45	0.1
امتلاء (مخازن- صوامع)	82	2.5
نقص المواد	31.2	0.9
الإجمالي	3,315.3	

■ تطبيق مؤشرات قياس كفاءة أداء عمليات الصيانة بالمصنع

بعد الإطلاع على البيانات والتقارير الفنية الصادرة عن قسم الدراسة وبرمجة الصيانة بالمصنع ومن ثم تحليلها، تم حساب ساعات التشغيل والتوقف للوحدات الإنتاجية، ونسبتي التشغيل والتوقف للإجمالي باستخدام برنامج الجداول الإلكترونية (الإكسل). والجدول رقم (4) يوضح كيفية تطبيق هذه المؤشرات من خلال معالجة البيانات الواردة في الجداول السابقة.

يلاحظ من الجدول رقم (4) أن إجمالي أوقات التوقف لجميع الوحدات الإنتاجية بلغ 35,770.3 ساعة، في حين أن إجمالي ساعات الإشتغال بلغ 20,118.7 ساعة، وأن مجموع ساعات إصلاح الآلات بلغ 20,854.5 ساعة، كما يلاحظ أن الوحدات الإنتاجية لطاحونة الإسمنت رقم (1) والتعبئة الآلية رقم (1 و4) كانت خارجة عن الخدمة. ويبين الجدول رقم (5) باقي بيانات الجدول الخاصة بمؤشرات قياس كفاءة عمليات الصيانة بالمصنع.

يلاحظ من الجدولين (4 ، 5) تزايد عدد الأعطال بشكل كبير، وهذا واضح تقريبًا في كل الوحدات الإنتاجية باستثناء بعض الوحدات الخارجة عن الخدمة بسبب توقفها من مدة طويلة، وتعد صيانتها لأسباب مختلفة. كما يلاحظ ارتفاع ساعات التوقف لطاحونة الإسمنت رقم (2) حيث بلغت (3,315.3) ساعة إذا ما استثنينا الوحدات الخارجة عن الخدمة. في حين بلغت ساعات التوقف لجميع الوحدات الإنتاجية بالمصنع (35,770.3). أما ساعات الإشتغال لكافة الوحدات الإنتاجية فقد بلغت (20,118.7) ساعة، مما تطلب وقت إصلاح (20,854.5) ساعة كما أدى الأخير وتزايد عدد الأعطال على انخفاض مؤشر متوسط الوقت بين العطلتين (MTBF)، كما يظهر أن أعلى متوسط لوقت الإصلاح (MTTR) كانت للكسارة الرئيسية حيث بلغ (3.05) ساعة. أما نتائج تحليل مؤشرات قياس كفاءة أداء عمليات الصيانة بالمصنع فقد بينت أن إتاحة المكائن تراوحت ما بين (12% - 84%)، هذه النسب تعد حقيقية بسبب ارتفاع مجموع أوقات توقفات هذه الوحدات الإنتاجية فضلاً عن ارتفاع أوقات إصلاحها وصيانتها. حيث تظهر النتائج أن إتاحة الكسارة الرئيسية بلغ أعلى إتاحة بنسبة 84%، تليها طاحونة المواد الخام بنسبة 61% في حين بلغت نسبة الإتاحة لطاحونة الإسمنت رقم (2) 59% فقط، وهذا يعكس تدني الإنتاج بالمصنع مقارنة بالسنوات السابقة.

جدول 1. ساعات التشغيل والتوقف للوحدات الإنتاجية لعام 2016

الإنتاجية	التوقف ساعات	التشغيل ساعات	التوقف ساعات	التشغيل ساعات	الإجمالي ساعات
الكسارة الرئيسية	1,424	2,226	3,650	39	61
طاحونة المواد	3,895.5	4,864.1	8,760	44	56
الفرن	4,543.3	4,216.3	8,760	52	48
طاحونة 1	0.000	8,760	8,760	0.0	100
طاحونة 2	5,444.3	3,315.3	8,760	62	38
التعبئة 1	0.000	4,944	4,994	0.0	100
التعبئة 2	2,918.3	2,075.3	4,994	58	42
التعبئة 3	2,904.3	2,089.3	4,994	58	42
التعبئة 4	0.000	4,994	4,994	0.0	100

ولمعرفة نوع العطل وساعات التوقف أمكن حصر ساعات التوقف لطاحونة الإسمنت رقم (2) كما هو مبين بالجدول رقم (2)، حيث تشير البيانات أن إجمالي ساعات التوقف لطاحونة الإسمنت لعام 2016 بلغ (3,315.3) ساعة، وأن أعلى نسبة توقف لإجمالي ساعات التوقف كانت للأعطال الميكانيكية بنسبة 37.6%، في حين بلغت أقل نسبة توقف لإجمالي المشاكل تتعلق بالمختبر بنسبة 0.1%. وأن ساعات التوقف المبرمجة لطاحونة الإسمنت بلغت نسبتها 23% من إجمالي ساعات التوقف.

■ طرق استخدام قياس كفاءة أداء الصيانة بالمصنع

يعتمد حساب قياس كفاءة أداء الصيانة بالمصنع على برمجة الصيانة، الذي تقوم بها مجموعة من المهندسين بقسم الدراسات والبرمجة معتمدين بشكل كبير على الخبرة التراكمية، والمعرفة الجيدة للوحدات الإنتاجية، ويعتمد أسلوب قياس عملية برمجة الصيانة التي تستخدم عمياً بالمصنع موضوع الدراسة، كما مبين بالجدول رقم (3) على المعادلة التالية:

$$(MEI) = \frac{\text{Maintenance_Hours}}{\text{Pr ogra min g_Ma intenance_Hours}} \dots\dots\dots (4)$$

وتحدد معيار الكفاءة بنسبة (85% ≥)، وهذا يعتمد بشكل كبير على دقة عمليات البرمجة، ولكن قد لا يبدو هذا المقياس سليم في كل الظروف. فمثلاً لو افترضنا أن مبرمجي الصيانة قدروا عمليات الصيانة المبرمجة للكسارة الرئيسية بـ 200 ساعات، واستغرقت عمليات الصيانة لهذه الوحدة 150 ساعة فقط، فهذا يعني أن 75% فقط حاصل حساب المعادلة رقم (4) مما يعطي مؤشراً بأن 25% وهو ما يعني (-10%) حيود. ولكن ألا يعني في نفس الوقت أن الصيانة تمت بشكل وكفاءة جيدة، فالمنطق العلمي يقول لو استغرقت عمليات الصيانة أقل من التوقفات المبرمجة لكان أجدر وأكفاً عملياً.

ومن جهة أخرى نرى أن لو استبدلت المتغيرات من الساعات إلى أوامر العمل لكان أجدر وأنجع، بمعنى لو حدد قياس كفاءة الصيانة بناء على أوامر العمل فعلى سبيل المثال لو طبقنا المعادلة بنفس المقاييس مع استبدال أوامر العمل بدلاً من الساعات فيكون الناتج 25% من أوامر العمل لم يتم إنجازها، وهذا بالتالي يعطي مؤشراً لعدم كفاءة الصيانة حال وجود توقفات قد تكون الـ 25% التي لم يتم إنجازها سبباً في

جدول 3. قياس عملية برمجة الصيانة

م	القياس	قياس عملية برمجة الصيانة ع(9/7) خلال شهر يناير لسنة 2015 م			
		أسلوب القياس	المعيار	القياس	الحيود
1.	الكسارة الرئيسية	$\frac{150}{200} \times 100 = 75\%$	$\geq 85\%$	شهري	10%-
				تراكمي	10%-
2.	طاحونة المواد الخام	$\frac{480}{504} \times 100 = 95.23\%$	$\geq 85\%$	شهري	10.23%
				تراكمي	10.23%
3.	طاحونة الإسمنت رقم 2	$\frac{25.15}{96} \times 100 = 95.23\%$	$\geq 85\%$	شهري	15%
				تراكمي	15%
3.	الفرن الدوار	$\frac{480}{480} \times 100 = 100\%$	$\geq 85\%$	شهري	100%
				تراكمي	100%

جدول 4. تحليل التوقفات والأعطال للوحدات الإنتاجية بالمصنع

الوحدة الإنتاجية	مجموع ساعات التوقف	عدد الأعطال	مجموع ساعات التشغيل	مجموع أوقات اصلاح الآلات
الكسارة الرئيسية	512	712	413	1560
طاحونة المواد الخام	4864.1	4659	3895.5	5994.5
الفرن	4216.3	2657	4543.3	4568
طاحونة 1	8760	0.00	0.00	0.00
طاحونة 2	3315.3	5316	5444.3	7819
التعبئة 1	4944	0.00	0.00	0.00
التعبئة 2	2075.3	1597	2918.3	412
التعبئة 3	2089.3	113	2904.3	501
التعبئة 4	4994	0.00	0.00	0.00
الإجمالي	35770.3	15054	20118.7	20854.5

جدول 5. تحليل مؤشرات قياس كفاءة أداء عمليات الصيانة بالمصنع

Availability	MTBF+MTTR	MTTR	MTBF
84%	3.63	3.05	0.58
61%	2.12	1.29	0.84
50%	3.43	1.72	1.71
0%	0.00	0.00	0.00
59%	2.49	1.47	1.02
0%	0.00	0.00	0.00
12%	2.09	0.26	1.83
15%	30.14	4.43	25.70
0%	0.00	0.00	0.00

8. الاستنتاجات

- تعتبر مؤشرات كفاءة أداء الصيانة المستخدمة غير مناسبة في كثير من الأحيان، لكونها تعتمد في حساباتها على ساعات التوقف المبرمجة والزمن المستغرق لأداء الصيانة، وبالتالي لا يؤخذ في الاعتبار سرعة إنجاز الصيانة، بل يشترط أن تكون ساعات التوقف المبرمجة تساوي الساعات المستغرقة لوقت الإصلاح.
- إن البيئة التي كانت ملائمة لمؤشرات تقييم الأداء التقليدية لم تعد قائمة، بل سادت ظروف جديدة تستدعي التطوير في النظام المستخدم، لتقييم الأداء. الأمر الذي يتناسب مع بيئة التصنيع الحديثة.
- إن مقاييس الأداء التقليدية أصبحت غير قادرة على إعطاء صورة متكاملة عن الأداء، مما تطلب ضرورة استحداث مؤشرات للأداء بشكل متكامل، وتعكس مدى النجاح في تحقيق الأهداف مثل الجودة الشاملة والتطوير والابتكار، والمرونة الإنتاجية، وتخفيض التكلفة.
- إن مؤشر متوسط الوقت بين عطلين متتاليين يعتبر مؤشرًا هامًا لقياس أداء كفاءة الصيانة.
- إن وقت الإصلاح يعد مؤشرًا أساسيًا لقياس أداء الصيانة، ومقياسًا للقدرة على الصيانة، وأن تقييم أداء عمليات الصيانة يؤدي إلى مراقبة الصيانة وبالتالي تحسين أداء الصيانة.
- تزود عملية قياس الأداء للآلات، الإدارة العليا للشركات ومدراء المصانع، ومدراء إدارة الصيانة بالمواقع الصناعية المختلفة بالمواقع العملي لأداء الوحدات الإنتاجية، وبالتالي المساعدة في اتخاذ القرار السليم نحو عمليات الصيانة والإنتاج.
- أدت زيادة عدد الأعطال وساعات التوقف إلى إنخفاض نسب الإنتاجية لعدد من الوحدات الإنتاجية الأساسية في المصنع، إذ انخفضت الأوقات فيما بين حدوث الأعطال لهذه الوحدات

10. Mann, Lawrence, Jr, "Maintenance Management", Heath and Company, USA, Revised ed, (2001).
11. Ireson, W., Grant, "Reliability Handbook" Executive head Department of Industrial Engineering, McGraw. Whil Book Companies, 1999.

- الإنتاجية، وتزايد فترات إصلاحها، مما تشير إلى ضعف عمليات الصيانة وبشكل خاص الفرن، وطاحونة المواد الخام التي تعد أساسية في المسار الإنتاجي للمصنع.
8. بلغت نسب إتاحة الوحدات الإنتاجية أقل من الحالة المثالية المطلوبة إذ تراوحت بين (12% - 84%).
9. إن تزايد عدد الأعطال أدى إلى انخفاض نسب الانتفاع من الطاقات الإنتاجية لعدد من وحدات الإنتاج، مما تشير إلى عدم تحقيق المصنع لمؤشرات الأداء المطلوب لعمليات الصيانة.
10. هناك أثر كبير لساعات التوقف للوحدات الإنتاجية على ساعات التشغيل حيث بلغ إجمالي التوقفات (35,770.3) ساعة.
11. بلغت أعلى أوقات التوقف (4,864.1) ساعة لطاحونة المواد الخام، يليها الفرن (4,216.3)، ثم طاحونة الإسمنت رقم (2) بإجمالي توقف بلغ (3,315.3)، والذي تطلب أوقات أطول لإصلاحها.

9. التوصيات

1. الاستفادة من الأساليب العلمية الحديثة في تخطيط وبرمجة أعمال الصيانة.
2. استخدام مؤشرات كفاءة إدارة الصيانة لمساعدة القائمين على الوحدات الإنتاجية وأعمال الصيانة وقسم الدراسات والبرمجة، في تقييم الأداء الفعلي للآلات وبالتالي اتخاذ القرار اللازم بشأنها.
3. اعتماد منهجية قياس الأداء وفق هيكل يشمل سياسة وأعمال الصيانة وعلاقتها بالأنشطة الأخرى.
4. تطبيق نظام معلومات خاص لعمليات الصيانة في المصنع والشركة يعتمد على تسجيل وتحليل البيانات الخاصة بتوقفات الوحدات الإنتاجية والقطع التي يتم استبدالها أو إصلاحها، ولكل معدة إنتاجية بطاقة معلومات الاستفادة منها في معالجة الأعطال وتقويم سير نشاط الصيانة وجودتها.
5. الاهتمام بالتدريب بشكل عام، والتدريب العملي بشكل خاص في عمليات الإنتاج والصيانة.

المراجع

1. بن حكومة، مصطفى أحمد، "إدارة الصيانة"، طرابلس: دار الوليد للطباعة والنشر، 2012.
2. عبدالغفور، يونس، "التنظيم الصناعي وإدارة الإنتاج"، الإسكندرية: المكتب العربي الحديث، 2001.
3. اللامي، غسان، وآخرون، "إدارة الإنتاج والعمليات - مرتكزات معرفية وكمية"، عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع، 2008.
4. الحديثي، حكمت رامي فؤاد وآخرون، "الاتجاهات الحديثة في إدارة الصيانة المبرمجة" عمان: دار وائل للنشر والتوزيع، عمان، 2004.
5. R. Keith Mobley, An Introduction to Predictive Maintenance". Elsevier Inc. 2004.
6. Byron J. Finch, Operations Now: Supply Chain Profitability and Performance. McGraw-Hill, Irwin, Higher Education. 3rd Edition. 2008.
7. العلي، عبدالستار محمد، "إدارة الإنتاج والعمليات: مدخل كمي"، عمان: دار وائل للنشر، 2006.
8. Heizer , Jay & Rander , Barry . Operations Management , Sixth ed , New York , Prentic Hall, 2001.
9. Hill , Terry . Operations Management, Micmillan , London, 2000.