**MINAR** International Journal of Applied Sciences and Technology
ISSN: 2717-8234
Article type: Research Article

**Received:** 20/06/2022 **Accepted:** 09/07/2022 **Published:** 01/09/2022

# ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF THE RISKS OF CORROSION IN METALLIC PIPELINES

**Mohamed RMAIDA** [1]

Libyan Iron and Steel Company, Libya

## Abstract

The Libyan Iron and Steel Company (LISCO), like other major industrial companies, has a huge metallic pipelines network. This metal pipeline network is a major part of (LISCO) infrastructure that provides the basic services, such as water and gas, to the factories and the other supportive sectors in the company. Therefore, any damage or failure in the pipeline network could cause partly or totally disruption in the production process, and consequently human, economic and environmental impacts.

The network of the metal pipelines in the company experiences corrosion risks with misunderstanding of the risk assessment and detection priorities. Hence this study " Assessment and management of the risks of corrosion in metallic pipelines ", was conducted based on analytical study curried on the metallic pipelines network outside the factories of the LISCO.

During this study, the design and operational information of pipeline network are collected to determine all factors affecting the corrosion, also it has been conducting field measurements relating to corrosion, to determine how to manage and assess the risks of corrosion in a good way.

A corrosion risk matrix of 4X4 is implemented in order to manage and evaluate the corrosion risks, The matrix was applied on the pipeline network of the LISCO. The study recommended for attention to the management and assessment of the risks of corrosion by the use of corrosion risk assessment matrix duo to its simplicity and flexibility. The matrix could be used and applied on the all equipment in LISCO for the future work.

**Keywords**: Metallic Pipelines, The Libyan Iron And Steel Company (Lisco).

http://dx.doi.org/10.47832/2717-8234.12.35

[1] corr@libyansteel.com, https://orcid.org/0000-0002-1701-8034

This article has been scanned by **iThenticat** No **plagiarism** detected

# تقييم وإدارة مخاطر التآكل على الأنابيب المعدنية
# "دراسة تحليلية على شبكة الأنابيب بالشركة الليبية للحديد والصلب"

**محمد رجب رميضه**

**الملخص:**

تعتبر شبكة الأنابيب المعدنية من أهم مكونات الشركة الليبية للحديد والصلب ،تكمن أهميتها في إنها تزود مصانع ومرافق الشركة بالخدمات اللازمة للعملية الإنتاجية كالمياه والغازات، لذلك فإن أي عطل بالشبكة قد يؤدي إلى توقف جزئي أو كلي في العملية الإنتاجية ،وقد يترتب على ذلك أضرار بشرية أو اقتصادية او بيئية.

ونظراً لما لوحظ من تعرض هذه الشبكة لمخاطر التآكل ووجود ربكة في تقييم المخاطر وتحديد أولويات الكشف، قدمت هذه الرسالة "تقييم وإدارة مخاطر التآكل على الأنابيب المعدنية "دراسة تحليلية على شبكة الأنابيب بالشركة الليبية للحديد والصلب."

تم خلال هذه الدراسة تجميع المعلومات التصميمية والتشغيلية على شبكة الأنابيب وتحديد العوامل الثابتة والمتغيرة المؤثرة على التآكل، كما تم إجراء القياسات الميدانية المتعلقة بالتآكل، وذلك لوضع آلية ثابتة يمكن من خلالها إدارة وتقييم مخاطر التآكل بشكل جيد.

وقد توصلت نتائج الدراسة لتقييم وتصنيف مخاطر التآكل عن طريق مصفوفة مخاطر التآكل نوع (4×4) تم بناءها لهذا الغرض ،حيث تم تطبيق هذه المصفوفة على شبكة الأنابيب الواقعة خارج نطاق المصانع والمرافق بالشركة الليبية للحديد والصلب، ومن خلالها تم تقسيم مستويات الخطر إلى أربعة مستويات، على ضوئها تم تحديد الفترة الزمنية اللازمة للقيام بالكشف الدوري على الأنابيب باختلاف أنواعها ومواقعها، وبذلك يمكن تجنب الربكة في تحديد مخاطر التآكل وتفادي الكثير من الخسائر البشرية والاقتصادية والبيئية المتوقعة.

وأوصت الدراسة ضرورة الاهتمام بإدارة وتقييم مخاطر التآكل عن طريق استخدام مصفوفة تقييم مخاطر التآكل، وذلك للتعامل السهل والمرن معها ومن ثم دراسة إمكانية تعميم تطبيق هذه المصفوفة على جميع المعدات بالشركة الليبية للحديد والصلب.

**الكلمات المفتاحية:** معامل التآكل، تصنيف المخاطر، أضرار التآكل، درجة الخطر، مصفوفة المخاطر، درجة التأثير، الكشف الدوري.

## المقدمة

الشركة الليبية للحديد والصلب من أكبر الشركات الصناعية في ليبيا، تضم العديد من المنشآت المعدنية تنتشر على رقعة جغرافية كبيرة تبلغ (1200) هكتار بمدينة مصراته، وتعتبر شبكة الأنابيب من أهم المنشآت المعدنية بالشركة، حيث تتكون من خطوط أنابيب مختلفة الأنواع والأغراض وتمتد لعدة كيلومترات [1].

قدم هذا البحث لدراسة كيفية وضع آلية علمية لتقييم مخاطر التآكل على شبكة الأنابيب، وذلك ببناء مصفوفة تضم جميع العوامل المؤثرة على التآكل والأضرار الناتجة عنه.

ومن المسلم به إن أي تقييم غير صحيح لمخاطر التآكل قد يؤدي إلى اتخاذ قرارات تسبب كوارث بشرية أو مالية أو بيئية سيئة، فمن هذا المنطلق تم تصميم مصفوفة مخاطر التآكل، وتم تطبيق عملي للمصفوفة على شبكة الأنابيب الهوائية، وذلك لتكوين فكرة واضحة للإدارة المسئولة لاتخاذ القرار المناسب لتفادي مخاطر التآكل أو التقليل من أضرارها قدر الإمكان.

**2- مشكلة الدراسة:**

كيفية تقييم مخاطر التآكل وفترات الكشف الدوري على الأنابيب باختلاف أنواعها ومواقعها بشبكة الأنابيب بالشركة الليبية للحديد والصلب.

**3- أهداف الدراسة:**

- ✓ المساهمة في وضع خطة لإدارة وتقييم مخاطر التآكل وتقليل الأخطار الناتجة عن تآكل المعدات المنشآت والهياكل المعدنية بالشركة الليبية للحديد والصلب.
- ✓ الاستفادة المثلى من عمليات الكشف والمراقبة دون إفراط أو تفريط توفيراً للجهد والمال والوقت.
- ✓ التعريف بالمخاطر التي تتعرض لها المنشآت المعدنية نتيجة التآكل وكيفية تقليل معدلات الحوادث.
- ✓ تقديم التوصيات التي يمكن أن تسهم في ومراقبة التآكل وزيادة الاهتمام بكيفية إدارة وتقييم مخاطر التآكل بالشركة الليبية للحديد والصلب.

**4- أهمية الدراسة:**

- أهمية اقتصادية تكمن في تجنب التكاليف المباشرة والغير مباشرة نتيجة التآكل
- أهمية أمنية تكمن في تجنب الحوادث والكوارث البشرية نتيجة التآكل
- أهمية بيئية تكمن في تجنب التلوث البيئي بسبب التآكل أو نواتج التآكل

**5- حدود الدراسة:**

- **الحد الموضوعي:** إدارة وتقييم مخاطر التآكل في المنشآت المعدنية.
- **الحد المكاني:** حالة دراسية على شبكة الأنابيب بالشركة الليبية للحديد والصلب.
- **الحد الزماني:** خلال سنة2019-2021

**6-التعريف بشبكة الأنابيب الهوائية بالشركة الليبية للحديد والصلب**

**شكل(1) شبكة الأنابيب الهوائية**

وهي شبكة عملاقة تمتد فوق الأرض بطول يفوق عشرات الكيلومترات وتضم هذه الشبكة عدد كبير من الأنابيب المختلفة الأقطار والأطوال كما تختلف في مواصفاتها بناء على اختلاف استخداماتها كما هو مبين بالشكل (1) أعلاه:

أنابيب الغاز الطبيعي(N.G).
أنابيب البخار (C.S).

أنابيب الهواء المضغوط (C.A).
أنابيب الأكسجين(OX).
أنابيب النيتروجين(NI).
أنابيب الأرجون(AG).
أنابيب مياه الشرب (P.W).

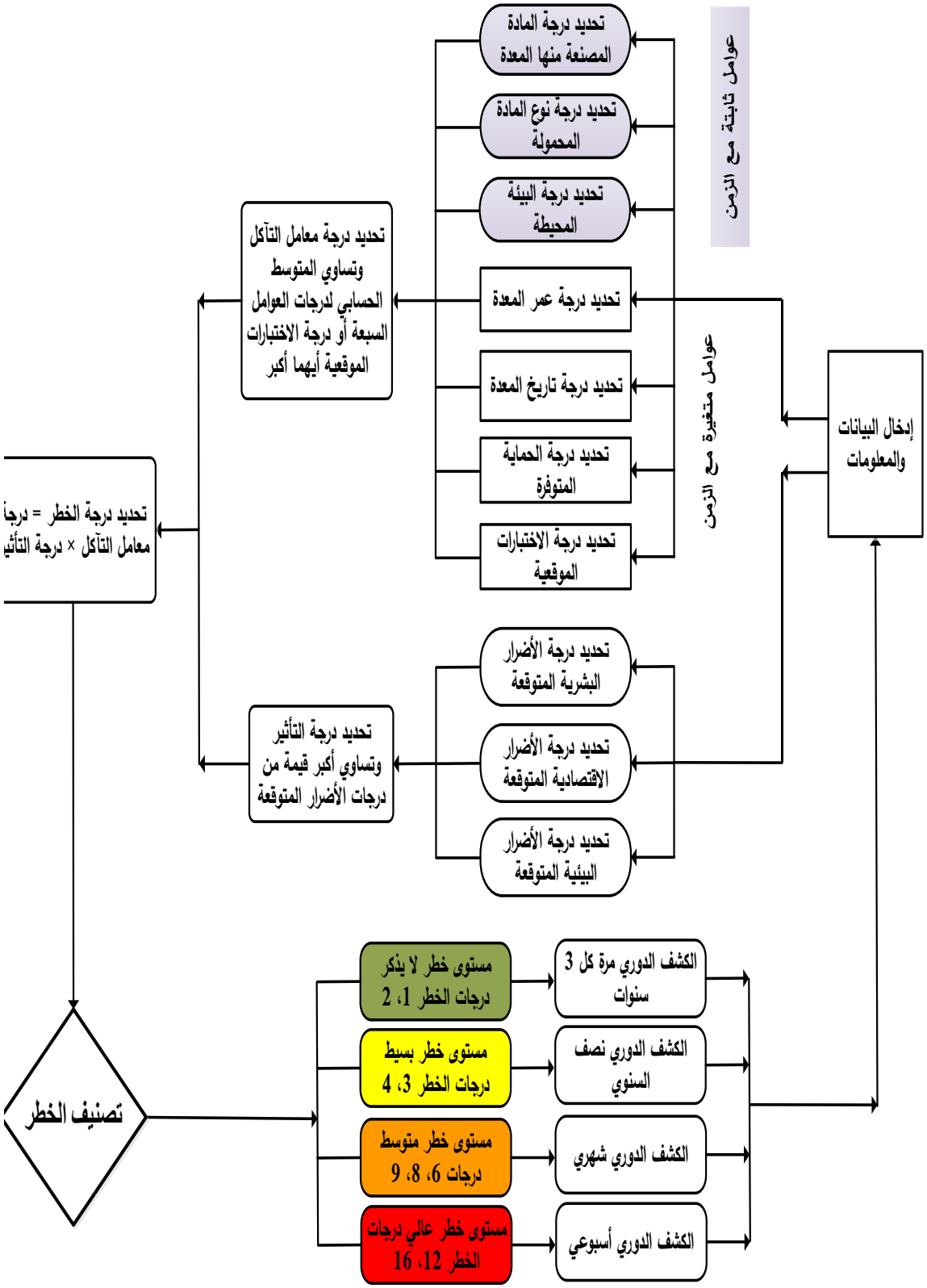
**7-تصميم مصفوفة مخاطر التآكل (4×4)**

تم تصميم المصفوفة وفق المعايير الدولية التي تحدد قياسات وأرقام معينة تتعلق بالتآكل الداخلي والخارجي وفقاً لما تحدده الجمعية العالمية للتآكل (NACE)، و جمعية الطلاءات الواقية( SSPC ) واللتان اندمجتا مؤخراً وشكلتا جمعية واحدة تعرف بجمعية حماية المواد والأداء (AMPP) .

يوضح الشكل رقم (1) مخطط فكرة عمل المصفوفة لتقييم وإدارة مخاطر التآكل التي يمكن أن تساهم في لمساعدة المهندسين في عملية إدارة التآكل وتمكين المشغلين لفهم حالة معداتهم، وحيث" أن إدارة التآكل عملية مهمة جداً خاصة عند وجود معدات ومرافق قديمة، فالحاجة إلى نظام إدارة التآكل بنظام استباقي مناسب يمكن وضعه وتنفيذه وفق الإجراءات التشغيلية الحالية والهيكل الإداري، وبالرغم من أن لكل منشأة متطلبات خاصة بها، سيكون هناك نظام مصمم خصيصاً لإدارة الفحص والتقييم استناداً إلى الوضع القائم وبطريقة منظمة، "مقاس واحد يناسب الجميع" [2]. وقد حددت هذه الدراسة مجموعة من الثوابت يجب إتباعها عند القيام بإدارة التآكل. مخطط فكرة عمل المنظومة التي تم تصميمها، بحيث تساهم في إدارة وتقييم مخاطر التآكل بشكل صحيح عن طريق وضع خطة للكشف الدوري والمتابعة والمراقبة بشكل مستمر لتقليل الخسائر قدر الإمكان. وذلك وفق المعايير

تم تصميم المصفوفة على أساس: درجة الخطر= احتمالية الحدوث × درجة التأثير

درجة خطر التآكل= احتمالية حدوث التآكل(معامل التآكل)×الضرر الذي يسببه التآكل(درجة التأثير). [3]




شكل رقم (2) مخطط فكرة عمل المصفوفة من تصميم م. محمد رميضه

## 8-طريقة عمل المصفوفة

### 8-1- إدخال البيانات العامة

يتم إدخال البيانات العامة المطلوبة على المعدة مع ملاحظة أن رقم المعدة يتم إدخاله وفق الآتي:

XX-XXX-XXXX-XXXX

رقم الجزء-أسم المعدة-أسم المادة المحمولة-موقع المعدة.

وكما هو مبين بالشكل(2) يتم إدخال الرقم من اليسار إلى اليمين

- موقع المعدة ويتكون من خانتين ويقصد به مكان تواجد المعدة مثلا أي TS (م.ف) حسب تصنيف الشركة الليبية للحديد والصلب.
- أسم المادة المحمولة ويتكون من ثلاثة خانات ويقصد بهم اهو موجود داخل المعدة مثلاGAS أوDCW مياه التبريد المباشر أو أي اختصار متعارف عليه على أن تؤخذ أول ثلاثة حروف في حال تجاوز الاختصار هذا العدد.
- نوع المعدة ويتكون من أربعة خانات ويقصد به أسم المعدة مثلا PIPE، TANK
- رقم الجزء يتكون من أربع خانات ويقصد به رقم الجزء المراد تقييمه حيث يمكن تقسيم أي معدة كبيرة لعدة أجزاء ويقيم كل جزء على حدا.

**شكل(3) إدخال البيانات العامة**

### 8-2- تقييم معامل التآكل:

معامل التآكل: يعبر عن مدى قوة أو سرعة التآكل داخليا أو خارجيا ولتحديد معامل التآكل تم حصر جميع العوامل المؤثرة على التآكل كما تم وضع أربع خيارات لكل عامل من العوامل وترتيبها تصاعدياً بحيث تصنف درجة العامل من 1 إلى 4 وذلك لتحديد قوة العامل في زيادة التآكل يمكن بصفة عامة أن نقسم العوامل المؤثرة على التآكل إلى عوامل ثابتة وعوامل متغيرة كما يلي:

**أولاً: العوامل الثابتة مع الزمن**

ونقصد بها العوامل التي لا تتغير قيمتها أو درجة معاملها مع الزمن وهذه العوامل تحسب مرة واحدة فقط عند إجراء أول تقييم للخطر على المعدة ولا نحتاج لإعادة احتسابها مرة أخرى إلا في حالة تم إعادة التصميم أو إجراء تعديل

في مواصفات المعدة أو وظيفتها ويمكن حصرها في ثلاثة عوامل وهي نوع المادة المصنوع منها المعدة ونوع المادة المحمولة والبيئة المحيطة.

✓ **نوع المادة المصنوع منها المعدة( تصنف حسب ترتيبها في السلسلة الكهروكيميائية):**

هذا العامل ثابت ولا يتغير مع الزمن إلا أن له الدور الكبير في تحديد نوع وسرعة التآكل الحادث أو المتوقع حدوته سواءً التآكل الداخلي أو التآكل الخارجي بناءً على تفاعله لذلك فأن المعادن النبيلة والمقاومة للتآكل تأخذ درجة (1) والتي تعني أن المادة مقاومة للتآكل ثم تتدرج من أعلى مقاومة للتآكل حتى تصل إلى الأقل مقاومة وهي درجة رقم (4).

✓ **نوع المادة المحمولة (تصنف حسب الرقم الهيدروجينيPH والضغط ودرجة الحرارة....الخ):**

من المسلم به أن الرقم الهيدروجيني للمادة داخل المعدة ودرجة الضغط ودرجة الحرارة وسرعة التدفق كلها عوامل لها تأثير كبير على التآكل

**شكل(3) جهاز قياس الرقم الهيدروجيني الذي تم استخدامه عند إجراء الاختبارات الموقعية**

وبناءً على المعطيات السابقة يتم تحديد نوع المادة المحمولة من حيث تأثيرها على التآكل .

✓ **البيئة المحيطة:**

الظروف البيئية المحيطة بالمعدة مثل الحرارة والرطوبة وتوفر الأكسجين وتوغل الأملاح وكذلك موقع المعدة التي قد تكون مدفونة في التربة أو مغمورة في المياه وكذلك الأجواء المحيطة بالمعدة والتي قد تكون أجواء نقية أو صناعية أو بحرية كل هذه العوامل تؤثر بشكل كبير على زيادة أو تقليل معدلات التآكل. وعلى ضوء هذه العوامل يتم تحديد درجة الظروف البيئية وتبدء من رقم (1) للبيئة الأقل تأثير في زيادة معدلات التآكل إلى (4) للبيئة الأكثر تأثير في زيادة معدلات التآكل.

**ثانياً: العوامل المتغيرة مع الزمن**

ونقصد بها جميع العوامل المؤثرة على معامل التآكل وتتغير بشكل مستمر أي تتأثر قيمتها ودرجتها بتغير الزمن وحسب المعطيات الحقلية ولذلك نحتاج لإعادة احتسابها كلما أردنا إعادة تقييم الخطر على المعدة وتشمل أربعة عوامل وهي عمر المعدة وتاريخ المعدة والاختبارات الموقعية ودرجة الحماية.

✓ **عمر المعدة (تصنف حسب عمرها بالنسبة للعمر الافتراضي عند التصميم (LT)):**

هنا نقصد بالعمر الافتراضي للمعدة بأنه المدة الزمنية المحسوبة لتبقى المعدة في العمل دون حدوث أعطال بسبب التآكل في ظل الظروف الطبيعية وقد تم تصنيف المعدات حسب مقارنة عمر المعدة الفعلي بالعمر الافتراضي. وتصنف من (1) إلى (4) وفق الآتي:

جديدة (LT ≤ 25%).
متوسطة العمر(50%≥LT> 25%).
قديمة لحد ما (75%≥LT>50% ).

قديمة جداً (LT> 75% ).

✓**تاريخ المعدة (تصنف حسب الأضرار المفاجئة الناتجة عن التآكل خلال أخر 3 سنوات):**

وهذا يتطلب وجود قاعدة بيانات تحتوي على معلومات كافية على عدد الأعطال التي حدثت خلال آخر ثلاث سنوات وتصنف حسب الدرجات أدناه من (1) إلى (4) وكلما زاد عدد الأعطال زاد مستوى درجة تاريخ المعدة.

لا يوجد أضرار مفاجئة خلال آخر3 سنوات.

عدد الأضرار المفاجئة خلال آخر 3 سنوات≥2.

عدد الأضرار المفاجئة خلال آخر 3 سنوات =3.

عدد الأضرار المفاجئة خلال آخر 3 سنوات > 3.

✓ **الاختبارات الموقعية (تصنف حسب نتائج الكشف الميداني وتشمل الفحص البصري –الصبغة النافذة-الأشعة – الفقد في السمك...):**

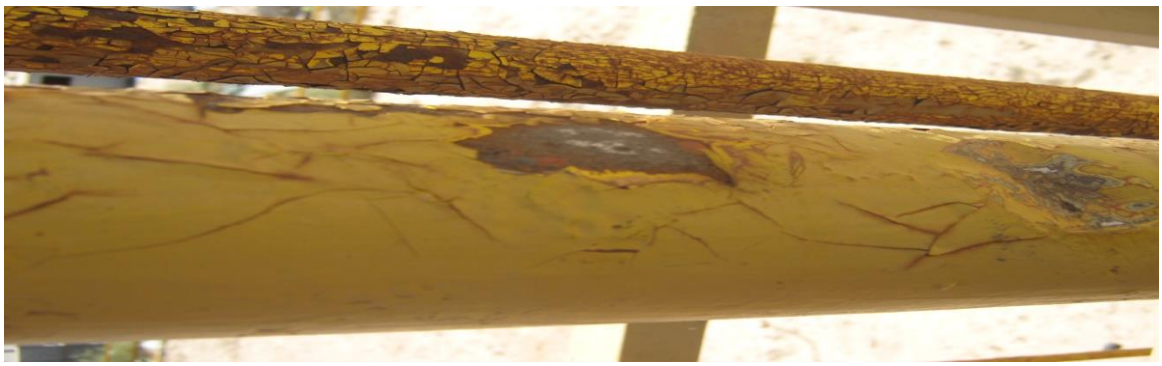
هذا العامل يعتبر أهم وأقوى عامل يتم الاعتماد عليه لتحديد معامل التآكل ويتم اختيار درجة الاختبارات الموقعية بناء على النتائج المتحصل عليها عند الكشف الميداني وبالطريقة التي يحددها الشخص المتخصص، وقد يتم استعمال اكثر من طريقة عند الكشف على نفس المعدة ولذلك دائما يتم النظر إلى النتيجة النهائية للكشف أو التقرير وعليها يتم تحديد درجة الاختبارات الموقعية من (1) إلى (4) وفق التالي:

المعدة لا يوجد بها أضرار تآكل تذكر.

المعدة يوجد بها أضرار سطحية يمكن معالجتها بسهولة.

المعدة يوجد بها أضرار متوسطة يمكن معالجتها بصعوبة.

المعدة يوجد بها أضرار كبيرة وعميقة.



**شكل (4) بعض أضرار الطلاء يمكن ملاحظتها بالعين المجردة.**

**شكل (5) جهاز قياس سمك الطلاء الذي تم استخدامه عند إجراء الاختبارات الموقعية.**

**شكل (6) جهاز قياس سمك المعدن الذي تم استخدامه عند إجراء الاختبارات الموقعية**

**شكل (7) الصبغة النافذة لتحديد شقوق التآكل السطحية**

**درجة الحماية المتوفرة (تصنف حسب وجود وفعالية الحماية من التآكل)**

تختلف درجات الحماية من التآكل المطبقة على الأنبوب أو المعدات من حيث القوة والفعالية مثلاً وجود الطلاء والتغليف والمثبطات الكيميائية والحماية المهبطية الفعالة تعني وجود حماية كافية وكلما قلت أنواع الحماية من التآكل سواء الكيميائية أو الكهربية أو كانت أحد أنواع الحماية موجودة وغير فعالة أو متهالكة مع مرور الزمن يعني أن درجة الحماية تقل نسبياً وقد لا توجد حماية أصلا.،

وحسب الحماية الموجودة يتم تحديد درجة الحماية والتي يمكن أن تتغير سلباً عند إهمال الحماية الموجودة أو إيجاباً عند تحسين أو تطوير الحماية على المعدة، وتصنف من (1) إلى (4) وفق التالي::

توجد حماية كاملة وفعالة بدرجة كبيرة.

حماية متوسطة.

حماية منخفضة.

لا توجد حماية فعالة.

-وفي النهاية على ضوء جميع العوامل السابقة يتم احتساب معامل التآكل **والذي يساوي المتوسط الحسابي للدرجات السابقة أو درجة الاختبارات الموقعية أيهما أكبر.**

ويعرف المتوسط الحسابي لمجموعة قيم $x_1, x_2, \ldots x_n$ هو مجموع هذه القيم مقسوماً على عددها ويرمز لذلك بالرمز $\bar{x}$ ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$$

$$= \frac{x_1 + x_2 + \ldots + x_n}{n} \quad \ldots\ldots\ldots (1.4)$$

حيث n في حالتنا هذه تساوي 7:

ومن الجدير بالذكر أن قيمة معامل التآكل دائماً تتراوح ما بين 1إلى 4 وفي حالة أن قيمة معامل التآكل الناتجة من المتوسط الحسابي كانت عدد كسري فإنها تقرب للعدد الأكبر وذلك زيادة في تجنب المخاطر وهذا ما تم وضعه عند تصميم المصفوفة.

مثال لو كانت قيمة المتوسط الحسابي =3.2 فإنها تقرب إلى 4 فيكون معامل التآكل = 4

**8-3- تقييم درجة التأثير:**

درجة التأثير: الضرر المتوقع عند حدوث التآكل.

يمكن اعتبار أن درجة التأثير ثابتة حيث يتم احتسابها لكن معدة من قبل متخصصين في أول مرة فقط ولا نحتاج حساب الأضرار المتوقعة في كل مرة إلا في حالة تم إجراء تعديلات في التصميم بإضافة ملاحق أخرى مرتبطة بالمعدة ويمكن تقسيم درجة التأثير أو درجة الأضرار المتوقعة إلى ثلاثة أقسام [4]كما يلي:

**8-3-1-الأضرار البشرية المتوقعة:**

نقصد بها هو دراسة ماذا يمكن أن يسبب ضرر التآكل للموظفين أو العمال في أماكن عملهم، بحيث يمكن معرفة تدابير السلامة للسيطرة على الحادث.

هناك بعض حوادث العمل ينتج عنها إصابات تتدرج في خطورتها من إصابات دائمة أو قد تؤدي إلى الوفاة إلى إصابات تكون متوسطة أو بسيطة..الخ.

وتعتبر عملية تقييم المخاطر عملية سهلة التطبيق ففي المنشئات الصغيرة لا نحتاج لشخص متخصص عكس المنشئات الكبيرة التي تتطلب وجود خبير أمن وسلامة.[5] ولذلك وضعنا في المصفوفة أربع خيارات يمكن اختيار إحداها على ضوء تقرير خبير الأمن والسلامة وهي.

لا توجد أضرار بشرية متوقعة تذكر.
يتوقع حدوث أضرار بشرية بسيطة.
يتوقع حدوث أضرار بشرية متوسطة.
يتوقع حدوث أضرار بشرية كبيرة.

**8-3-2-الأضرار الاقتصادية المتوقعة:**

ويقصد بها الخسائر المالية أو الزيادة في التكاليف سواء التكاليف المتغيرة Variable Cost أو التكاليف الثابتة Fixed Cost،[6] وقد تم تقسيم درجة الأضرار إلى أربعة أقسام هذه التقسيمات نسبيا بحيث كل مصنع أو مرفق يحدد الحدود الدنيا والعليا لكل درجة فمثلا قد تصنف خسائر بقيمة ألف دينار في مصنع معين بأنها أضرار لا تذكر بينما تصنف نفس هذه الخسائر في مصنع أخر بأنها خسائر كبيرة وذلك بالأخذ في الاعتبار جميع المعطيات الاقتصادية والمالية لكل مصنع لذلك يتوجب على الشخص المتخصص أن يحدد بدقة درجة الضرر الاقتصادي ومن ثم يتم اختيار أحد الخيارات الآتية:

لا توجد أضرار اقتصادية متوقعة تذكر.
يتوقع حدوث أضرار اقتصادية بسيطة.
يتوقع حدوث أضرار اقتصادية متوسطة.
يتوقع حدوث أضرار اقتصادية كبيرة.

**8.3.3-الأضرار البيئية المتوقعة:**

المفهوم العلمي للتلوث البيئي مرتبط بالدرجة الأولى بالنظام الإيكولوجي (يعني مصطلح النظام الإيكولوجي العناصر الفيزيائية والبيولوجية المجتمعة في البيئة). حيث أن النظام البيئي قد يختل عند حدوث تغير كمي أو نوعي فيه،.

نظراً لأهمية التلوث وشموليته – تم تقسيم درجات التلوث في هذه المصفوفة إلى أربعة درجات:

عدم وجود تلوث.

التلوث المقبول: وهو درجة التلوث التي لا يتأثر بها توازن النظام الإيكولوجي ولا يكون - مصحوبا بأي أخطار أو مشاكل بيئية رئيسية

التلوث الخطر: وهو درجة متقدمة من درجات التلوث حيث أن كمية ونوعية الملوثات تتعدى الحد الإيكولوجي الحرج والذي يبدأ معه التأثير السلبي على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية. وتتطلب هذه المرحلة إجراءات سريعة للحد من التأثيرات السلبية.

التلوث المدمر: يمثل التلوث المدمر المرحلة التي ينهار فيها النظام البيئي ويصبح غير قادر على العطاء نظرا لاختلاف مستوى الاتزان بشكل جذري. .[7]

وبناءً على ذلك يتم اختيار أحد الخيارات التالية من المصفوفة.

عدم وجود تلوث بيئي متوقع.

يتوقع حدوث تلوث بيئي مقبول.

يتوقع حدوث تلوث بيئي خطر.

يتوقع حدوث تلوث بيئي مدمر.

وعلى ضوء العوامل السابقة يتم احتساب درجة التأثير وتكون درجة التأثير تساوي أكبر قيمة من النقاط السابقة.

ونلاحظ كذلك هنا أن درجة التأثير دائما تتراوح ما بين 1 و4 حيث الدرجة 1 هي الدرجة الأدنى وتعني عدم وجود أضرار أو أضرار لا تذكر أما الدرجة 4 فهي الدرجة الأعلى من درجات الأضرار المتوقعة وتعني وجود أضرار كبيرة سواء كانت هذه الأضرار بشرية أو اقتصادية أو بيئية.

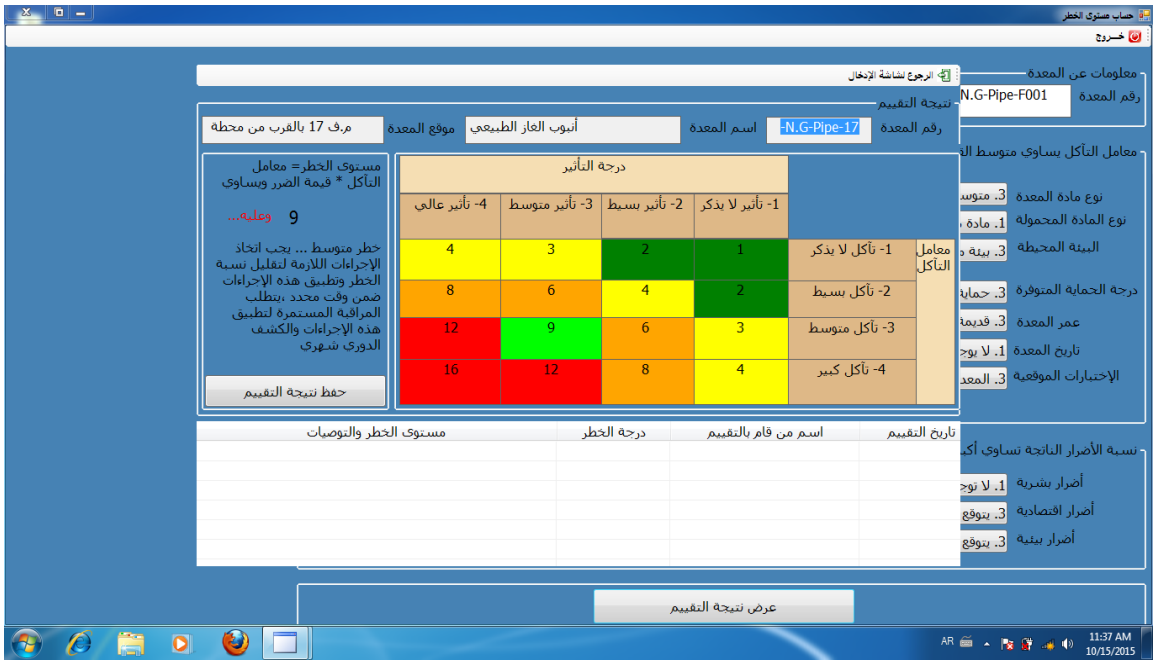
وبناءَ على ما تم اختياره من خيارات المصفوفة يتم إجراء التقييم وكما هو موضح في الشكل (8):

**شكل (8) خيارات المصفوفة**

## 9-تقييم درجة الخطر:

بعد الضغط على أيقونة إجراء التقييم تقوم المنظومة باحتساب درجة الخطر من المعادلة:

درجة الخطر = معامل التآكل * درجة التأثير، وتظهر نتيجة التقييم كما بالشكل(9) أدناه.




**شكل (9) نتيجة التقييم**

على ضوء المعطيات السابقة وطبقاً لقيمة معامل التآكل ودرجة التأثير يكون الناتج عدد معين يتراوح من أقل درجة لمعامل التآكل هي (1) وأعلى درجة هي (4) وكذلك فإن درجة التأثير لها نفس القيم، عموما حاصل ضرب القيمتين يتراوح ما بين (1) و(16) وهذه القيمة تمثل درجة الخطر.

مثلاً وكما هو موضح أعلاه إذا كانت درجة معامل التآكل تساوي(3) وكانت درجة التأثير تساوي (3) فإن ناتج حاصل ضربهما يساوي (9)، وهذه القيمة تعبر عن درجة الخطر ومنها نستنتج أن مستوى الخطر متوسط، وهذا يعني أنه يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة لتقليل نسبة الخطر وتطبيق هذه الإجراءات ضمن وقت محدد، يتطلب المراقبة المستمرة لتطبيق هذه الإجراءات والكشف الدوري سنوي. وهكذا وفق كل قيمة لمعامل التآكل تقابلها قيمة لدرجة التأثير والناتج يكون درجة الخطر ومنها نحدد مستوى الخطر.

### 10- تحديد فترات الكشف الدوري:

للإجابة على السؤال الذي يقول متى يجب إعادة الكشف على الأنبوب؟ تم تقسيم مستويات الخطر إلى أربعة مستويات تتدرج في خطورتها من القل الى الأعلى خطر، ويتبع ذلك فترات الكشف الدوري من الأطول مدة الى الأقل مدة على الترتيب (أقل خطر أطول فترة كشف دوري وكلما زاد الخطر قلت فترة الكشف الدوري)

يوضح الجدول (1) درجات ومستويات الخطر وفترات الكشف الدوري.

**جدول (1) درجات ومستويات الخطر وفترة الكشف الدوري**

| درجة الخطر | مستوى الخطر | اللون | التوصيات |
|---|---|---|---|
| 1،2 | لايوجد خطر | أخضر | لا يتطلب اتخاذ أي إجراء والكشف الدوري مرة كل ثلاثة سنوات |
| 3،4 | خطر بسيط | أصفر | يمكن اتخاذ إجراءات إضافية، يتطلب المراقبة المستمرة للتأكد من إتمام السيطرة على نسبة الخطر والكشف الدوري كل نصف سنوي |
| 6،8،9 | خطر متوسط | برتقالي | يجب اتخاذ الإجراءات اللازمة لتقليل نسبة الخطر وتطبيق هذه الإجراءات ضمن وقت محدد، يتطلب المراقبة المستمرة لتطبيق هذه الإجراءات والكشف الدوري شهري |
| 12،16 | خطر عالي | أحمر | ضرورة اتخاذ إجراء فوري لتقليل أو إزالة نسبة الخطورة، وإعادة النظر في مصدر الخطر واتخاذ القرار بشأن التغيير المطلوب أو توقف العمل والكشف الدوري أسبوعي |

**11-النتائج والاستنتاجات**

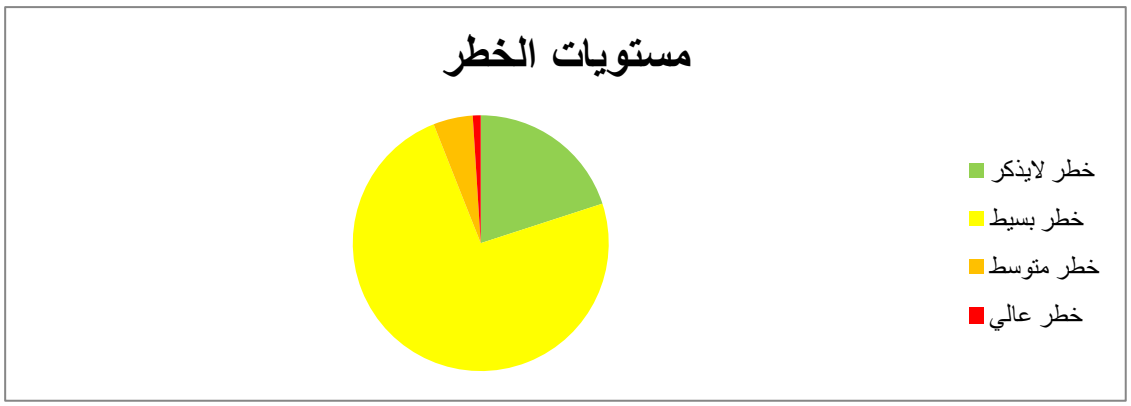
من خلال تطبيق المصفوفة عملياً على عدد (100) موضع من شبكة الأنابيب المعدنية المصنعة من الصلب الكربوني بالشركة الليبية للحديد والصلب تبين الآتي:

أولاً: ساهمت مصفوفة المخاطر التي تم ابتكارها إلى حد ما في إدارة وتقييم مخاطر التآكل كما ساعدت في وضع الخطط للكشف الدوري على الأنابيب وذلك لوجود علاقة وطيدة بين مستويات الخطر من جهة وعوامل التآكل والأضرار الناتجة عنه من جهة أخرى

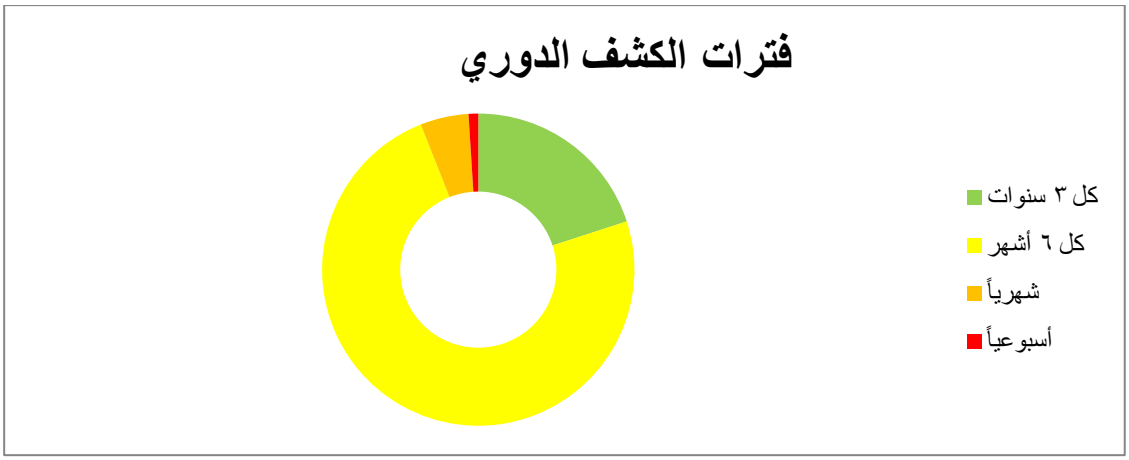
**ثانياً: يمكن تصنيف درجات خطورة التآكل على شبكة الأنابيب وفق الآتي:**

(20%) خطر لا يذكر،(74%) خطر بسيط،(5%)خطر متوسط،(1%) خطر عالي.

كما نستنتج أن أغلب الأخطار تركزت في المستويين الأول والثاني أي مستوى خطر لا يذكر أو مستوى خطر بسيط ويرجع ذلك إلى أن أغلب الأنابيب محمية بأنواع مختلفة من الحماية وهذا لا يعني عدم وجود مخاطر بل يجب الاهتمام بكافة المستويات حيث إنه في أي فترة من الفترات قد ينتقل الخطر من درجة أو مستوى اقل إلى درجة أو مستوى أعلى خطر وهذا يعتمد على استقراريه معامل التآكل من عدمه والذي مرده إلى المتابعة والمراقبة الدورية بحيث يكون الهدف الرئيسي من المراقبة والكشف هو تخفيض درجة الأخطار إلى أدنى مستوى للحفاظ على الأرواح والممتلكات.



**شكل (10) يوضح مستويات الخطر**




**شكل (11) يوضح فترات الكشف الدوري**

## 12- التوصيات

من خلال النتائج المتحصل عليها من خلال تطبيق المصفوفة نوصي بالآتي:

- استخدام المصفوفة عند وضع خطط الكشف الدوري على التآكل وذلك للتعامل السهل والمرن معها.مع ضرورة وجود تنسيق مباشر بين جميع الأقسام والإدارات بالشركة الليبية للحديد والصلب مع قسم الحماية من التآكل وذلك عند إجراء أي صيانة أو تعديل متعلق بالحماية من التآكل لأن ذلك يؤثر بشكل أو بآخر على إدارة وتقييم مخاطر التآكل بالصورة الفعلية الصحيحة.
- القيام بتحديث المصفوفة وفق عوامل وتأثيرات التآكل بحسب المستجدات وذلك كل ثلاث سنوات.

## 13- التوصيات لدراسات مستقبلية

✓ دراسة إمكانية تطبيق نظام مصفوفة مخاطر التآكل على جميع المعدات سواء المعدنية أو الخرسانية بالشركة الليبية للحديد والصلب.
✓ دراسة إمكانية وضع خارطة جغرافية لمخاطر التآكل بالشركة الليبية للحديد والصلب.

**المراجع**

1-مستندات وسجلات قسم الحماية من التآكل بالشركة الليبية للحديد والصلب.

2-Dr Kirsten Oliver، and Dr Jim Palmer، Effective Corrosion Management for Upstream Oil and Gas، جمعية التآكل الليبية، كتاب الورقات البحثية للمؤتمر الليبي السادس للتآكل،

3-SteveHodges، Yazid Shaari،Andrew Simm، Abdulbaset Ellafi Application، of Risk Based Corrosion Management to Ageing Libyan Assets جمعية التآكل الليبية، الورقات البحثية للمؤتمر الليبي الثامن للتآكـل ليبيا، طرابلس، أبريل2014.

4-Vincent T.covello،Miley W.Merkhofer"، Risk assessment methods": approaches for assessing health and environmental risks، New York -USA، 1993.

5-Capcis Limited for the Health and Safety Executive" ، Review of corrosion management for offshore oil and gas processing،" Capcis Limited for the Health and Safety Executive" Manchester-United Kingdom، Crown copyright 2001.

6-Gerhardus H. Koch، Michiel P.H Brongers، and Neil G.Thompson، Corrosion Cost and Preventive Strategies in the United States، U.S Department of Transportation Federal Highway Administration، MARCH 2002.

7-أحمد مدحت إسلام، "التلوث مشكلة العصر"، الكويت، عالم المعرفة، أغسطس 1990.

**الملحق رقم (1) النتائج المتحصل عليها من خلال تطبيق مصفوفة المخاطر**

| ر.م | رقم المعدة | درجة ومستوى الخطر |
|---|---|---|
| 1 | 17-N.G-Pipe-F001 | درجة الخطر(4) ومستوى الخطربسيط |
| 2 | 17-N.G-Pipe-F008 | درجة الخطر (6) ومستوى الخطر متوسط |
| 3 | 17-N.G-Pipe-F026 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 4 | 17-N.G-Pipe-F032 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 5 | 17-N.G-Pipe-F046 | درجة الخطر (6) ومستوى الخطر متوسط |
| 6 | 17-N.G-Pipe-F040 | درجة الخطر (6) ومستوى الخطر متوسط |
| 7 | 17-N.G-Pipe-F045 | درجة الخطر (6) ومستوى الخطر متوسط |
| 8 | 17-N.G-Pipe-F050 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 9 | 17-N.G-Pipe-F054 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 10 | 17-N.G-Pipe-F060 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 11 | 17-N.G-Pipe-F065 | درجة الخطر (6) ومستوى الخطر متوسط |
| 12 | 17-N.G-Pipe-F070 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 13 | 17-N.G-Pipe-F075 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 14 | 17-N.G-Pipe-F080 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 15 | 17-N.G-Pipe-F085 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 16 | 17-N.G-Pipe-F090 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 17 | 17-N.G-Pipe-F095 | درجة الخطر (12) ومستوى الخطر عالي |
| 18 | 17-N.G-Pipe-F100 | درجة الخطر (3) ومستوى الخطر بسيط |
| 19 | 17-N.I-Pipe-F200 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 20 | 17-N.I-Pipe-F210 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 21 | 17-N. I -Pipe-F015 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 22 | 17- N. I -Pipe-F220 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 23 | 17- N. I -Pipe-F225 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 24 | 17- N. I -Pipe-F230 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 25 | 17- N. I -Pipe-F235 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 26 | 17- N. I -Pipe-F240 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 27 | 17- N. I -Pipe-F245 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 28 | 17- N. I -Pipe-F250 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 29 | 17- N. I -Pipe-F255 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 30 | 17- N. I -Pipe-F260 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 31 | 17- N. I -Pipe-F265 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| ر.م | رقم المعدة | درجة ومستوى الخطر |
| 32 | 17- N. I -Pipe-F270 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |

| | | |
|---|---|---|
| 33 | 17- A.G -Pipe-F280 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 34 | 17- A.G -Pipe-F285 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 35 | 17-N.G-Pipe-F290 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 36 | 17- A.G -Pipe-F0295 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 37 | 17- A.G -Pipe-F0300 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 38 | 17- A.G -Pipe-F305 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 39 | 17-A.G-Pipe-F3010 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 40 | 17-O.X-Pipe-F315 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 41 | 17- O.X -Pipe-F320 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 42 | 17- O.X -Pipe-F325 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 43 | 17- O.X -Pipe-F0330 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 44 | 17- O.X -Pipe-F335 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 45 | 17- O.X -Pipe-F340 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 46 | 17- O.X -Pipe-F345 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 47 | 17- O.X -Pipe-F350 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 48 | 17- O.X -Pipe-355 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 49 | 17- O.X -Pipe-F360 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 50 | 17-DCW-Pipe-A032 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 51 | 17-DCW-Pipe-A040 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 52 | 17-DCW-Pipe-A065 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 53 | 17-DCW-Pipe-B002 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 54 | 17-DCW-Pipe-B010 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 55 | 17-DCW-Pipe-B060 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 56 | 17-DCW-Pipe-B070 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 57 | 17-DCW-Pipe-C010 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 58 | 17-DCW-Pipe-C015 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 59 | 17-DCW-Pipe-C020 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 60 | 17-DCW-Pipe-C025 | درجة الخطر (3) ومستوى الخطر بسيط |
| 61 | 17-DCW-Pipe-D005 | درجة الخطر (3) ومستوى الخطر بسيط |
| 62 | 17-DCW-Pipe-D015 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 63 | 17-DCW-Pipe-D020 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 64 | 17-DCW-Pipe-D025 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| ر.م | رقم المعدة | درجة ومستوى الخطر |
| 65 | 17-DCW-Pipe-E005 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 66 | 17-DCW-Pipe-E010 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 67 | 17-DCW-Pipe-E017 | درجة الخطر (3) ومستوى الخطر بسيط |
| 68 | 17-DCW-Pipe-E022 | درجة الخطر (3) ومستوى الخطر بسيط |
| 69 | 17-DCW-Pipe-E030 | درجة الخطر (3) ومستوى الخطر بسيط |

| | | |
|---|---|---|
| 70 | 17-E.W-Pipe-2201 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 71 | 17-E.W-Pipe-2205 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 72 | 17-E.W-Pipe-2210 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 73 | 17-E.W-Pipe-2212 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 74 | 17-E.W-Pipe-2222 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 75 | 17-E.W-Pipe-2230 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 76 | 17-E.W-Pipe-2235 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 77 | 17-E.W-Pipe-2240 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 78 | 17-E.W-Pipe-2250 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 79 | 17-E.W-Pipe-2260 | درجة الخطر (4) ومستوى الخطر بسيط |
| 80 | 17-C.A-Pipe-1805 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 81 | 17-C.A-Pipe-1810 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 82 | 17-C.A-Pipe-8002 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 83 | 17-C.A-Pipe-1010 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 84 | 17-C.A-Pipe-1201 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 85 | 17-C.A-Pipe-1220 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 86 | 17-C.A-Pipe-1503 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 87 | 17-C.A-Pipe-1507 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 88 | 17-C.A-Pipe-2604 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 89 | 17-C.A-Pipe-2608 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 90 | 17-P.W-Pipe-1901 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 91 | 17-P.W-Pipe-1902 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 92 | 17-P.W-Pipe-1920 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 93 | 17-P.W-Pipe-2001 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 94 | 17-P.W-Pipe-2010 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 95 | 17-P.W-Pipe-1601 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 96 | 17-P.W-Pipe-1610 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 97 | 17-P.W-Pipe-4002 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| ر.م | رقم المعدة | درجة ومستوى الخطر |
| 98 | 17-P.W-Pipe-4010 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 99 | 17-P.W-Pipe-7001 | درجة الخطر (2) ومستوى الخطر لا يذكر |
| 100 | 17-P.W-Pipe-8001 | درجة الخطر (3) ومستوى الخطر بسيط |