# تأثير بعض خواص التربة على تأكل الأنابيب المعدنية الناقلة للمياه

أمير عبد مسلم م. مهندس
ندوان مجيد علي م. مهندس
علي مهدي حنتوش مدرب فني

**الخلاصة:**

أن ظاهرة التآكل هي من المشاكل الرئيسية التي تواجه عمليات تشغيل وصيانة منظومات نقل المياه ( مياه الشرب ،مياه الصرف ) .لقد اشتمل الجزء العملي للبحث على أجراء عدة تجارب مختبرية وحقلية لتحديد الخواص التأكلية للتربة ، حيث اختيرت 6 مواقع موزعة ضمن بعض مناطق محافظة بابل ، وتضمن الفحص تحديد نسجة التربة وخواصها الفيزياوية والكيماوية والبايولوجية . لقد استعملت نماذج معدنية مختلفة (تمثل أجزاء مقطوعة من أنابيب نقل المياه ) لأغراض الفحص ( الفولاذ ، الفولاذ المغلون ،حديد أهين ، فولاذ منخفض الكاربون ) ، وتم قياس الفقدان الحاصل في وزن النماذج شهرياً وخلال سنة واحدة .

لقد أظهرت النتائج ،أن تربة منطقة الفحص ذات صفة تأكلية ،ومقدار النسبة المؤوية للفقدان في الوزن كانت للفولاذ منخفض الكاربون 14% ، حديد أهين 4%، فولاذ مغلون 3%، فولاذ9%، بينما بلغ المقدار التراكمي للفقدان خلال فترة سنة واحدة من الفحص ما مقداره 1450، 340، 250 ، 60 ملغم / سم$^2$ لنماذج فولاذ منخفض الكاربون ، حديد الاهين ،فولاذ مغلون الكاربون وفولاذ على الترتيب .

## Abstract

The corrosion phenomenon is one of the major problems facing the operation and maintenance of water (potable water, waste water) systems . Therefore , this study concentrates on this problem. The experimental work was carried out to determine the siol corrosivity . Six iocations distributed on some districts of Babylon province were selected as a case study to evaluate soil effects on water lines corrosion .

The analysis of soil involved the soil texture and their physical, chemical and biological characteristics. Different types of metal specimens(represent some parts from the water supply pipes) such as low carbon steel, cast iron, galvanized steel and stainless steel were chosen to perform these tests. The weight loss of the specimens was measured at the end of every month through the testing period. The results show that the soil can be classified as aggressive soil. The corrosion(loss) rate of the specimens are: low carbon steel 14%, cast iron 4%, galvanized steel 3%, and stainless steel 0.9%. Also the accumulative value of loss weight for the specimens through the testing period (one year) are 1450, 340, 250 and 60mg/cm$^2$ for the low carbon steel, cast iron, galvanized steel and stainless steel respectively.

## المقدمة :

تمثل عملية تأكل الأنابيب المعدنية الناقلة للمياه والوقود والسوائل بصورة عامة أحدى إفرازات ظاهرة التآكل التي تتعرض لها المعادن في الطبيعة، ولأهمية هذه الظاهرة في المجالين الاقتصادي والصناعي إضافة إلى تأثيراتها البيئية، اتجهت دراسات عديدة نحو تحليل العوامل المؤثرة في حصولها وبيان سبل الوقاية منها، إذ بينت بعض البحوث ومنها الباحث(1) اثر خواص التربة المتمثلة بوجود المركبات الكاربونية على الأنابيب المعدنية الناقلة لمياه الشرب وأخرى قامت بدراسة تأثير الأحياء المجرية في التربة على التآكل(2 و3)، كذلك قام الباحث عمران(4) بدراسة وتحليل العوامل المؤثرة والمسببة لتآكل شبكات الصرف الصحي في مدينة بغداد، ووضح عمليات التآكل الخارجي(تأثير خواص التربة) والداخلي(تأثير خواص مياه الصرف الصحي) لمختلف الأنابيب المعدنية والبلاستيكية والخرسانية مع رسم خرائط كنتورية لتوزيعات التآكل في مدينة بغداد.

أن ما تتعرض له شبكات الأنابيب المعدنية المستخدمة لنقل المياه (مياه الشرب، مياه الصرف) من عوامل مؤثرة في تآكل وتشقق جدران أنابيبها، يعتبر هدراً كبيراً لما يسببه من تلوث بيئي من خلال تسرب تلك المياه من الأنابيب المتآكلة إلى التربة والمياه الجوفية المحيطة بها أو بالعكس (infiltration & Exriltration) (5). لذا لجأ الباحثون إلى أيجاد طرق عديدة إلى وقاية الأنابيب من التآكل فأظهرت بعض الدراسات جدوى الحماية الكثودية للأنابيب المعدنية المدفونة تحت سطح التربة وأساليب حمايتها وطرق تقليل التآكل فيها.(5، 6 و7)

تتآكل الأنابيب المعدنية الناقلة للمياه على صورتين هما التآكل الداخلي وهو ناتج من تأثير خواص المياه المنقولة على السطح الداخلي للأنبوب، والتآكل الخارجي الناتج بسبب تأثير الخواص المختلفة (الفيزياوية والكيمياوية والبايلوجية) للتربة على السطح الخارجي لجدران تلك الأنابيب، ونظراً لسعة المجال البحثي لموضوع التآكل، أقتصر هدف البحث على دراسة تأثير خواص التربة في حدوث هذه الظاهرة وما تسببه من تلوث للمنطقة المحيطة بالأنابيب.
تؤثر عوامل عديدة في التآكل الخارجي لجدران الأنابيب المعدنية منها نسجة التربة، محتواها الملحي، التركيب الكيمياوي للتربة، وعدد الأحياء المهجرية آذ تعمل ايونات الكبريتات والكلوريدات الموجودة في التربة على التفاعل مع الحديد مكونة كبريتات وكلوريدات الحد يديك المسببة لتأكل الأنابيب، وكذلك تعمل هذه الايونات على تحفيز نشاط الأحياء المجهرية الموجودة في التربة وزيادة فعاليتها لتتفاعل مع معدن الحديد(1 و8).

## 2- المواد وطرائق العمل:-

### 2-1- نماذج الفحص

لقد تم اختيار النماذج المعدنية التالية(فولاذ منخفض الكاربون، فولاذ مغلون، فولاذ، حديد أهين) والتي هي عبارة عن أجزاء مقطوعة من الأنابيب المعدنية الناقلة للمياه(مياه الشرب، مياه الصرف) والمبينة أبعادها الهندسية في جدول رقم(1) لأجراء الفحوصات الحقلية والمختبرية عليها مع اعتماد التحليل الوارد في مواصفات الجهة المصنعة لها والذي يبين التركيب الكيمياوي لهذه النماذج جدول رقم(2). وكانت النماذج بأبعاد متناسبة من حيث المساحة السطحية الملامسة للتربة.

### 2-2 مواقع الفحص:-

اختيرت مواقع فحص متفرقة ضمن الرقعة الجغرافية لمحافظة بابل (المسبب، الإسكندرية، المحا ويل) لإنجاز التجارب الحقلية. وكانت ابرز مواصفات مواقع الفحص المختارة، أن تكون بعيدة عن تأثيرات الاجتهادات وأحمال وسائط النقل لأجل حصر تأثير العوامل المحددة للتآكل. لقد كان موقع الفحص عبارة عن حفرة عمقها متر واحد وبقطر0.5 متر، واختيرت ثمانية نماذج بعدد اثنان لكل نوع من المعادن ووضعت النماذج الثمانية بصورة متباعدة نسبياً داخل الحفرة، وبلغ عدد المواقع اثنان لكل مدينة، أي بمجموع ستة مواقع فحص، وبعد وضع النماذج تعاد التربة إلى الحفرة.
لقد أجري فحص شهري لهذه النماذج لتحديد الوزن المفقود من كل نموذج على إن يتم قبل قياس الوزن ،تنظف القطع المعدنية بشكل جيد من أثار الصدأ والتربة العالقة باستخدام فرشاة حديدية ناعمة أو أوراق القشط رقم 120 حيث تشير طريقة تنظيف القطع إلى غسلها بالماء ثم تجفيفها ثم غسلها بالكحول وبعد ذلك يتم إزالة الصدأ باستخدام الفرشاة أنفة الذكر أو أوراق القشط على إن ليؤثر ذلك على تركيب النموذج (9) ، ثم بعد ذلك تعاد لتدفن في نفس الموقع مره ثانية لفحصها في الشهر الذي يليه .استمرت هذه الفحوصات لمدة سنة واحدة.

### 2-3 التحليل ألحجمي والكيميائي للتربة :

تم أخذ نماذج للتربة من مواقع الفحص المختارة ،وعلى عمق 1 متر من سطح الأرض وتحليلها مختبرياً باستخدام المناخل وطريقة المكثف. معدل نسب مكونات التربة كالأتي :
الرمل 39.5 % ، الغرين 38% ، والطين 22.5 % وعلية صنفت التربة بأنها رملية غرينية وبلغ المحتوى الرطوبي للتربة 19%
لقد استخدمت الطرق القياسية (10) في أنجاز التحليل الكيمياوي للمحلول المائي للتربة وتبين بأنها تتكون من عدة عناصر كيماوية تمثلت بالايونات الموجبة : $Mg^{+2}$ ، $Na^{+}$ ، $Ca^{+2}$، $K^{+}$ وايونات سالبة :$Cl^{-}$، $So4^{-2}$، $HCo_3^{-}$، $Po_4^{-2}$ .
وبلغت معدل نسب هذه الايونات كما ورد في الجدول (3)، كذلك أوضحت الفحوصات إن الرقم الهيدوجيني للتربة قد تراوح بين 7.3-6.7 والتركيز الملحي بين 3-6 ملموز/سم .

### 2-4 الأحياء المجهرية في التربة :

تم اختبار كمية محددة من التربة وبواقع غرام واحد من كل موقع فحص ، وجري الفحص المختبري لها بخصوص أيجاد عدد البكتريا ، إذ بعد تخفيف نموذج التربة ويجاد المحلول العالق وزراعته في وسط غذائي (7،8)وحضانته لمدة أسبوع واحد ، وجد إن العدد الكلي للبكتريا هو $3.1 \times 10^{6}$ للغرام الواحد من التربة .

## 3. النتائج والمناقشة :-

لقد أوضح التحليل الكيمياوي لعناصر التربة ، احتوائها على نسبة كبيرة من ايونات الكبريتات والكلوريدات ، جدول رقم (3) واللتان تعتبران من ابرز العوامل المؤثرة في تأكل الانابيب لتكوينها كبريتات وكولوريدات الحديديك ، اذ بلغت 18.5 ،16.5 مليمكافئ /لتر على الترتيب مقارنة بالقيم القياسية لها في الترب الرملية الغرينية (0.33 مليمكافئ /لتر للكبريتات و7.60 مليمكافئ / لتر للكلوريدات )علماً إن التحليل ألحجمي للتربة اوضح بان تربة مواقع الفحص صنفت ضمن التربة الرملية الغرينية . كذلك بينت نتائج الفحص إن التركيز الملحي للتربة تراوحت بين 3-6 ملموز/ سم مما يعني توفر الظروف الملائمة للتاكل مقرنة بالقيمة القياسية البالغة 2.22 ملموز/سم .

إن زيادة تركيز ايونات الكلوريدات والكبريتات في التربة يؤدي إلى زيادة فعالية الخاصية التأكلية للتربة ،بينما يشير وجود ايونات الكالسيوم والمغنيسيوم إلى امكانية تثبيط ومقاومة حصول التأكل .كذلك يعتبر وجود ايون HCO3 مساهما في حدوث تفاعلات التربة وتحديد الرقم الهيدروجيني PH لها .

اما ما يتعلق باحتواء التربة على الاحياء المجهرية ، اوضحت المواصفات القياسية للتربة الرملية الغرينية بانها ذات اعداد قليلة لا تتجاوز عدة مئات من الاف البكتريا ، بينما اوضح التحليل المايكروبايولوجي للتربة على احتوائها اعداد كبيرة بلغت $3.1\times10^6$ / غرام واحد تربة مما يعني زيادة نشاطها وتحفيزها لتكوين مركبات التاكل .

كذلك أشار التحليل الكيميائي للتربة على نسبة قليلة من مركبات الفسفور (0.32 مليمكافئ / لتر مما يوضح دور غير نشط في مقاومة التاكل ، كذلك لوحظ بعد اخراج النماذج المعدنية خلال الاشهر الاربعة الاولى من الفحص ظهور لون قهوائي على سطحها تحول بعد ذلك إلى لون داكن ، وقد صنف اللون بانه مركب $Fe_2O_3$ والثاني مركب $Fe(OH)_3$ (8) ،والاثنان هما من نواتج التاكل .

يبين الشكل (1) نسبة الفقدان الحاصل في وزن نموذج الفحص خلال فترة سنة واحدة من تاريخ الفحص .

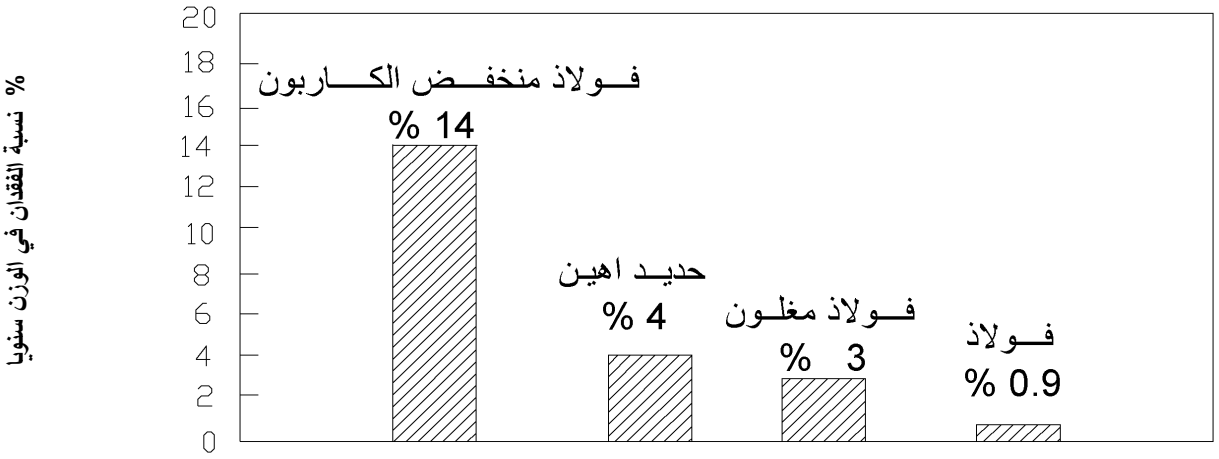
لقد لوحظ ازدياد مقدار الفقدان في الوزن مع زيادة فترة التعرض للظروف التأكلية ،وهذا ناتج بسبب التفاعل الحاصل بين سطح المعدن وبيئة التربة .

أذ بلغ المعدل السنوي لمقدار الوزن المفقود للنماذج المعدنية كالاتي 14% لمعدن فولاذ منخفض الكاربون ،4% لحديد الاهين و3% للفولاذ المغلون و0.9 % للفولاذ .

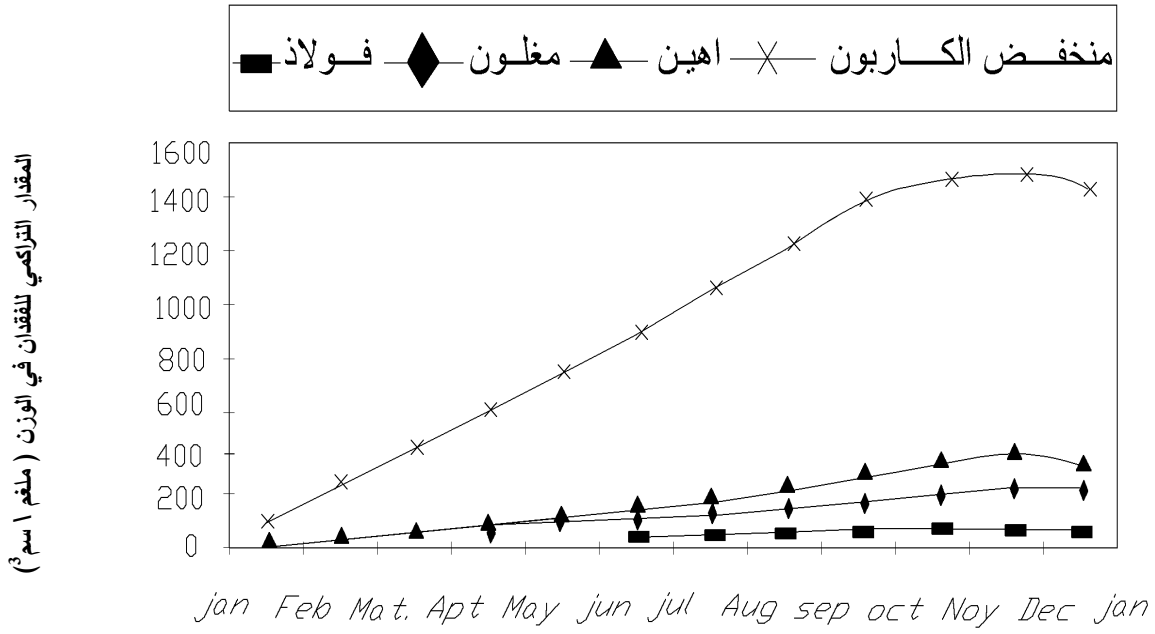
إن من الاسباب الاخرى في زيادة مقدار التاكل عند معدن الفولاذ منخفض الكاربون مقارنة بالمعادن الاخرى ،يعود إلى التركيب الكيمياوي لتلك المعادن ، حيث يشير وجود عناصر مثل الكروم والنيكل في المعدن إلى المقاومة الجيدة للتأكل ، لذا كان معدن الفولاذ منخفض الكاربون ذو مقاومة ضعيفة مقارنة بالمعادن الاخرى .

كذلك وضح الشكل (2) المقدار التراكمي للفقدان في وزن نماذج الفحص خلال فترة الفحص (سنة واحدة ) مقاسة بوحدة (ملغم/سم$^2$) حيث بلغ المقدار التراكمي بما يعادل 1450 ،340، 60،250 لكل من معادن فولاذ منخفض الكاربون ،حديد الاهين ،فولاذ مغلون، فولاذ على الترتيب .

ويلاحظ من الشكل (2) إن الزيادة الحاصلة في المقدار التراكمي كانت ثابتة نسبياً (خطية ) خلال فترة 8 شهور من الفحص بينما الثلث الأخير من الفترة أخذت الزيادة تتناقص في مقدار التأكل لتصبح بمقدار غير متغير تقريباً وهذا يعود إلى نشؤ طبقة من نواتج التآكل غير الذائبة (insoluble film of corrosion product ) على سطح نماذج الفحص مما يثبط من تفاعلات التآكل والتقليل من نسبة التأكل .




شكل ( 1 ) نسبة الفقدان في وزن نماذج الفحص




شكل ( 2 ) المقدار التراكمي للفقدان في وزن نماذج الفحص

## 4- الاستنتاجات :-

كانت ابرز النتائج المستخلصة من دراسة تأثير خواص التربة في التآكل الأنابيب الناقلة للمياه ( مياه الشرب،مياه الصرف ) كالآتي :-

1. يمكن ترتيب مقاومة معادن الأنابيب ضد تأثير التآكل الخارجي ( للتربة والمياه الجوفية ) تنازلياً كالاتي (الفولاذ، الفولاذ المغلون ،حديد الاهين ،فولاذ منخفض الكاربون ).
2. لقد بلغ المعدل التراكمي للفقدان في وزن النماذج المعدنية بسبب تأثير التآكل الخرجي هو : فولاذ منخفض الكاربون 14% ، حديد أهين 4% ، فولاذ مغلون 3%، والفولاذ .1% من وزن النموذج المفحوص .
3. تميزت التربة باحتوائها على عوامل عديدة مسببة للتآكل منها للتركيز الملحي العالي واحتوائها على نسبة عالية من ايونات الكبريتات والكلوريدات إضافة إلى أعداد كبيرة من البكتريا .
4. لقد اظهر وجود نسبة قليلة من الفسفور في التربة مما يعني ضعف تكوين مركبات مقاومة للتاكل .

جدول رقم (1) يبين تركيبي المادة الإسفلتية في طلاء الأنابيب المعدنية

| مواصفات النموذج | الوحدة | نوع النـــموذج | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | فولاذ منخفض الكاربون | حديد اهين | حديد مغلون | فولاذ |
| الأبعاد | ملم | 4×20×20 | 4.1×20×20 | 3.8×20×20 | 4.5×20×20 |
| المساحة السطحية | ملم2 | 400 | 400 | 400 | 400 |
| الوزن الصافي | غرام | 49.00 | 63.940 | 77.580 | 80.08 |

جدول رقم (2) التركيب الكيمياوي لمعدن الأنابيب

| النموذج | العناصر الكيمياوية % | | | | | | | | المتبقي |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | c | Mn | Si | P | S | Cr | Ni | Cu | |
| فولاذ منخفض الكاربون | 0.2 | 0.7 | 0.15 | 0.04 | 0.025 | 0.25 | 0.2 | 0.1 | حديد |
| حديد اهين | 2.5 | 0.6 | 0.5 | 0.03 | 0.02 | 9.5 | 7.5 | 0.15 | حديد |
| فولاذ | 0.08 | 0.95 | 0.8 | 0.03 | 0.02 | 8.41 | 8.3 | 0.19 | حديد |
| فولاذ مغلون | 0.8 | 0.4 | ---- | 0.03 | 0.02 | 8.5 | 5 | ---- | حديد |

\\

جدول رقم (3) التركيب الكيمياوي للتربة

| عمق الحفرة | درجة الحرارة | العناصر الكيمياوية مليمكافئ / لتر | | | | | | | | PH | التركيز الملحي ملموز/سم | العدد الكلي للبكتريا عدد/غرام |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ca | Mg | Na | K | CI | $So_4$ | $Po_4$ | $HCO_3$ | | | |
| 1متر | 18-21 | 60.1 | 65.1 | 23 | 02 | 16.5 | 18.5 | 0.23 | 3.9 | 6.7-7.3 | 3-6 | $3.1\times10^6$ |

**5-المصادر**

1- Collin, H. H., External Corrosion of Buried Iron Pipes Proceeding of Industry Corrosion, No. 4, 1986.
2- Argonne National Lab., Report on Microbiologically Induced Corrosion Argonne, USA, 2002.

3-Mckinney, R. E. Microbiology for Sanitary Engineers 2nd Ed ., Mc-Graw Hill Book Co,England,1962.
4-Omran, I. I., 2006. An Investigation in to Corrosion Problem of Baghdad Sewer Networks Ph. D. Thesis, Building and Construction Dept., University of Technology, Baghdad, Iraq.
5- Amstead, M. B. Manufacturing Processes 7th Ed., John-Willy Co., USA, 1984.
6-Atlas of Corrosion, Technical Reporton Corrosion Guid 14th Ed., Manufacturer of Foundation Support Products and Equipment, USA, 2000.
7- Baeckmann, W.V. Cathodic Corrosion Protection Gulf Publishing Co., 3rd Ed., 1997.
8- Schemilt, L. W. Steel Pipe Corrosion under Flow Condition Effect of Sulphate Lon Corrosion Sc. J. Vol. 20, No.3, 1980.
9- H.H. Uhlig, The Corrosion Handbook John- Wiley and sons, Inc., NewYork, USA, 1961, P: 447-466. P: 1048-1051.
10- APHA, AWWA, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 16th Ed., USA, 1985.