مقدمة:

باكتشاف النفط في أراضي الجمهورية العربية السورية ولضرورة نقله إلى المصافي (حمص وبانياس) وإلى مرفأ التصدير في طرطوس. تم بناء خط لنقل النفط الخام يمتد من محطة تل عدس الواقعة في أقصى الشمال الشرقي للقطر إلى مصب النفط في طرطوس على الساحل السوري، ماراً بعدة محافظات وبعدة أنهر وبالتالي عبر أنواع مختلفة من التربة.

مراحل إنشاء الخط:

المرحلة الأولى:

قامت بإنشاء هذا الخط الشركة الإيطالية Snam Progetti، عام 1966 ووضع بالخدمة عام 1968، وما يزال في الخدمة حتى الآن، حيث يتم عبره نقل النفط من الحقول إلى محطة تل عدس حتى حمص ومن ثم إلى مصب طرطوس ودون توقف.

وقد صمم الخط لضخ /6.1/ مليون متر مكعب سنوياً" كمزيج من النفط الخام بنسبة 15% من خام كراتشوك و85% من خام السويدية (الوزن النوعي لهذا الخام يتراوح بين 0.903–0.933g/cm3)، من محطة تل عدس إلى حمص منها /4/ مليون متر مكعب لمصفاة حمص و/2.1/ مليون متر مكعب إلى مصب طرطوس للتصدير.

ركب على الخط ثلاث محطات ضخ هي: تل عدس- الرقة- حمص وكانت هذه المحطات كافية لتأمين وصول النفط إلى مصفاة حمص والى مصب طرطوس حيث تجري بعدها عملية تعبئة السفن بواسطة المانيفولد الموجود قرب خزانات الشاطئ عبر خط بري وبحري بطول /5/كم (تدفق بالثقالة). جميع أنابيب الخط مصنعة من فولاذ كربوني (API 5 LX-52) من النوع الملحوم طولانياً ويبلغ طول الخط /645.46/كم.

المرحلة الثانية:

نتيجة زيادة كميات إنتاج الحقول تم إنشاء محطتي ضخ في كل من الحسكة وأثرية عام 1973، حيث وضع في كل منهما أربع مضخات كهربائية، وتم استبدال مجموعتي الضخ في حمص بخمس مضخات وبالتالي أمكن زيادة كميات التصدير.

المرحلة الثالثة:

في عام 1974 – 1975 تمت إقامة محطات ضخ جديدة في كل من: تل براك– صباح الخير– الرصافة– سلمية كل محطة تحوي أربع مضخات، كما أضيفت مضخات جديدة في كل من محطتي /تل عدس والرقة/ وتمت إضافة قطع موازية للخط الرئيسي بقطر (22 انشاً) وبطول /87.2/كم من تل عدس وحتى حمص، إضافة إلى بناء خط جديد بقطر (18 انشاً) من حمص إلى مصب طرطوس وهكذا أصبح على الخط تسع محطات ضخ. وأصبح باستطاعة الخط ضخ بحدود /13/ مليون متر مكعب من النفط السوري الثقيل.

الجدول رقم 1 التالي يبين مواقع محطات الضخ وارتفاعها عن سطح البحر ووضع التشغيل لكل محطة، إضافة إلى ضغوط الطرد والسحب مع تبيان بسماكة جدران الأنابيب بين كل محطة وأخرى:

الجدول رقم 1. الحالة التشغيلية والتصميمية لخط النفط

اسم المحطة	النقطة الكيلومترية	ارتفاع عن سطح البحر	ضغط السحب ($كغ/سم^2$)	ضغط الطرد ($كغ/سم^2$)	سماكة الأنبوب إلى المحطة التالية (مم)
تل عدس	0	478	3	45	6,35
تل براك	89	335	متوقفة		---
الحسكة	156	383	3	60	6,35
صباح الخير	223	335	متوقفة		---
الرقة	300	360	4	70	7,14
الرصافة	367	365	متوقفة		6,35
اثرية	424	450	3	65	8,74–6,35
صلبا	483	605	متوقفة		7,92–6,35
حمص	559	491	2	45	7,92
طرطوس	645	120	---	---	---

ويبين الجدول رقم 2 التالي مواقع الوصلات وأطوالها:

الجدول رقم 2. مواقع الوصلات وأطوالها على الخط

الوصلة	من النقطة الكيلومترية	إلى النقطة الكيلومترية	طول الوصلة (كم)
الأولى	62,8	67,8	5
الثانية	76,7	86	9,3
الثالثة	89,8	104,6	14,8
الرابعة	126,345	126,945	0,6 تقع هذه الوصلة على نهر الخابور
الخامسة	224,3	229,7	5,4
السادسة	254,2	271,4	17,2
السابعة	290,187	294,61	4,432 تمر هذه الوصلة عبر نهر الفرات في منطقة الرقة
الثامنة	376,7	383,4	6,7
التاسعة	440	448,8	8,8
العاشرة	531,15	550,85	19,7

وبالتالي يمكن تقسيم الخط بوضعه الحالي إلى قسمين:

أ- القسم الأول:

يمتد من محطة تل عدس وحتى محطة الضخ في حمص وبطول إجمالي /559.13/كم وبقطر 22 انشاً (حوالي 56 سم)، وبهدف رفع الضغط وزيادة الاستطاعة فقد أنشئ على الخط عدة محطات قسم منها يعمل وقسم آخر لا يعمل نظراً لعدم الحاجة الحالية لوضعها في الخدمة (حسب رأي الفنيين في شركة نقل النفط الخام السوري) والمحطات العاملة هي على الشكل التالي:

تل عدس (كراتشوك)، تل البيضا (الحسكة)، العكيرشة (الرقة)، أثرية، حمص.

والمحطات المتوقفة هي على الشكل التالي:

تل براك، صباح الخير، الرصافة، صلبا.

في هذا القسم يتصل مع الخط أربع تفريعات تصب النفط فيه وهي:

- حقل تشرين بين محطة تل براك و الحسكة بطول 121 كم وقطر 6 انشاً (15 سم).
- حقل جبسة بين محطة تل براك و الحسكة بطول 156 كم وقطر 12 انشاً (30 سم).
- حقل شركة توتال ويتم الضخ منه إلى محطة العكيرشة (الرقة) بقطر 10 انشاً (25 سم).
- حقل الثورة يتم الضخ منه إلى محطة الرصافة بقطر 10 انشاً (25 سم).

ب- القسم الثاني:

يمتد من محطة حمص حتى مصب طرطوس خطان متوازيان بطول إجمالي لكل منهما /86.33/ كم وقطر 18 انشاً (حوالي 46 سم) الخط الأول أنشئ عام 1968 ووضع الخط الثاني بالخدمة عام 1976.

حماية الخط:

يمر الخط بأنواع مختلفة من التربة لكونه مدفوناً تحت التراب ومن هذه الأنواع: الرملية- الملحية- الغضارية- الكلسية، وبالتالي فإن معدن الخط يتعرض لعمليات مختلفة من التآكل لذلك تم إجراء ما يلي:

1- تغليف الخط:

أ- استخدم في عزل الخط وتغليفه مادة البيتومين الحارة والمقواة بألياف زجاجية بعد طلاء المعدن بمادة أساس (البرايمر) وذلك لزيادة التصاق طبقة العزل مع المعدن. وبهذا تم عزل معدن الخط عن التماس المباشر مع التربة ومع المحاليل المنتشرة فيها وبالتالي إيقاف عمليات الأكسدة والإرجاع (التآكل الخارجي).

ب- نظراً لاهتراء قسم من التغليف فقد تم استبدال جزء من التغليف بطبقات من لفائف من P.V.C ومن P.E بولي إتيلين.

2- الحماية المهبطية:

بما أن للتغليف عمراً محدداً يبدأ بعدها بفقدان عازليته شيئاً" فشيئاً" فقد تمت الاستعانة بالحماية المهبطية وذلك بربط خط النفط بالقطب السالب لتيار كهربائي خارجي مستمر بحيث يصبح الخط مهبطاً، وربط القطب الموجب للكهرباء بأقطاب أخرى مزروعة حول الخط لتشكل المصعد في الدارة التآكلية. وللعلم فإنه يوجد على الخط من تل عدس وحتى طرطوس /30/ محطة حماية موزعة حسب الحاجة للحماية.

دراسة الوضع التآكلي للخط:

بعد مرور حوالي 30 سنة من عمر الخط فقد لوحظ وجود تسربات نفطية نتيجة وجود نقاط متآكلة وهذا ناتج عن وجود الخط في أوساط أكالة بالإضافة لنقله لمواد تسبب له التآكل (بحدود تسربين إلى ثلاثة سنوياً) لهذا وجدنا ضرورة دراسة أسباب هذه التآكلات وإذا أمكن وضع الحلول المناسبة لها.

نعتمد في دراستنا لتآكل الخط على ثلاثة محاور:

المحور الأول:

دراسة نتائج سبر الخط التي قامت به شركة H. Rosen Engineering GmbH الهولندية[1] حيث قامت بفحص الخط بطريقة التدفق المغناطيسي Magnetic flux inspection الثلاثي الأبعاد عام 1993.

نتيجة السبر تم تحديد النقاط التآكلية الداخلية والخارجية وموقعها بالنسبة للخط وبالنسبة لمحيط الأنبوب (معبراً عنها بالساعة على أساس أن الساعة 12.00 هي أعلى نقطة على الأنبوب).

يمكن تلخيص نتائج السبر حسب التالي:

- نتائج للتآكل الخارجي.
- نتائج للتآكل الداخلي.

لكل من النوعين تم تحديد:

أ – تآكل بين 15 – 20% من سماكة الخط.

ب – تآكل بين 20 – 50% من سماكة الخط.

ج – تآكل أكبر من 50% من سماكة الخط.

كما تم تقسيم الخط إلى 8 مقاطع وهي:

(كرانشوك– تل براك)، (تل براك– صباح الخير)، (صباح الخير– الرقة)، (الرقة– الرصافة)، (الرصافة– صلبا)، (صلبا– حمص)، و(حمص– طرطوس) لكل من الخطين الجديد والقديم وبشكل منفرد.

يبين الجدول رقم 3 التالي عدد النقاط التآكلية حسب سبر شركة روزن H. Rosen Engineering.

الجدول رقم 3. عدد النقاط التآكلية والحالة التآكلية للخط حسب سبر شركة روزن

المقطع	التآكل الداخلي			التآكل الخارجي			طول المقطع (كم)
	15-20%	20-50%	أكبر من 50%	15-20%	20-50%	أكبر من 50%	
كراتشوك-تل براك	22	15	-	1331	1576	187	87
تل براك-صباح الخير	156	95	19	415	510	69	140
صباح الخير-الرقة	84	183	21	2124	2850	359	65
الرقة- الرصافة	90	50	4	977	1264	155	67.5
الرصافة -صلبا	1303	1580	87	208	148	4	112
صلبا -حمص	720	1808	247	593	606	56	76
حمص-طرطوس (قديم)	22	14	-	171	86	1	84
حمص-طرطوس (جديد)	-	1	-	79	55	2	81
المجموع	2397	3746	378	5898	7095	833	
النسبة المئوية لنفس الدرجة	28.897	34.554	32.049	71.103	65.446	67.951	

النسبة المئوية في الجدول تمثل نسبة توزع التآكل الداخلي أو الخارجي عند درجة التآكل نفسها.

من هذه النتائج نجد:

- أنّ معظم التآكل هو من النوع الخارجي، وعند جميع معدلات التآكل والسبب يعود لنوعية التربة التي يمر منها الخط من جهة وانخفاض كفاءة العزل (أو الحماية) مع الزمن من جهة أخرى.

- أن التآكل الداخلي يختلف بكثافته من منطقة إلى أخرى، حيث نجد أنه يساوي (0.425 نقطة/كم) مقطع كراتشوك- تل براك، ويساوي (36.513 نقطة/كم) مقطع صلبا- حمص.

وبسبب أن موضوع الدراسة يتمحور حول (دراسة أسباب الحالة التآكلية لخط نقل النفط/رميلان–طرطوس/ الناجمة عن تأثير جريان النفط الخام السوري الثقيل وإيجاد طرق المعالجة) فقد تم التركيز على التآكل الداخلي وترك أمر التآكل الخارجي لبحث آخر لكونه يعود لأسباب لا علاقة لجريان النفط فيها ونظراً لأهمية النقاط التي يزيد فيها عمق التآكل على 50% من سماكة الخط فقد ظهرت ضرورة دراسة توزع هذه التآكلات على محيط الأنبوب، والجدول رقم 4 التالي يعرض نتائج هذه الدراسة:

الجدول رقم 4. ملخص نتائج دراسة شركة روزن

موقع التآكل	العدد	النسبة المئوية
تآكل واقع ضمن المنطقة السفلى من الساعة 5 إلى الساعة 7	315	70,156
تآكل واقع ضمن المنطقة المحصورة بين الساعة 4–5 والساعة 7–8	121	26,949
تآكل واقع في الجوانب بين الساعة 2–4 والساعة 8–10	11	2,450
تآكل واقع ضمن المنطقة العلوية من الساعة 2–10	2	0,445
مجموع النقاط	**449**	

يبين الجدول رقم 3 أن كثافة عدد النقاط التآكلية بالنسبة للكيلو متر الواحد قبل مقطع صلبا– حمص 36.513 نقطة/كم وفي مقطع حمص– طرطوس الخط القديم 0.428 نقطة/كم. أما الجدول رقم 4 فيبين أن 97.105% من نقاط التآكل تقع في أسفل الخط.

المحور الثاني:

كانت التقديرات الأولية لأسباب التآكل الداخلي لخط نقل النفط الخام هو احتواء النفط على المياه والأملاح وغاز H_2S. ولهذا ظهرت ضرورة تحديد كمية هذه المياه المرافقة للنفط من خلال دراسة نتائج التحاليل التي تجرى بشكل يومي وبمعدل تحليل كل ساعتين في شركة نقل النفط الخام في حمص ولعدة سنوات من عام 1990 وحتى عام 1997. والجدول رقم 5 التالي يظهر المعدلات الوسطى للتحاليل مع العلم أن نسبة المياه في النفط المرسل إلى مصفاة

حمص تمثل نسبة المياه في النفط الخارج من محطة حمص بعد ترقيدها وفصل المياه منها في خزانات محطة حمص.

الجدول رقم 5. المعدلات الوسطى لتحاليل المياه المرافقة للنفط الخام في محطة حمص

العام	نسبة المياه الداخلة % حجماً	نسبة المياه المرسلة إلى مصفاة حمص % حجماً	المياه المفصولة % حجماً	نسبة الأملاح ppm	نسبة H2S ppm
1990	0.483	0.0668	0.4162	562	263
1991	0.651	0.1296	0.5208	921	249
1992	0.973	0.2000	0.7730	1089	261
1993	0.651	0.0760	0.5750	815.	248
1994	0.631	0.0530	0.5778	667	244
1995	0.746	0.1262	0.6196	791	255
1996	0.518	0.2061	0.3114	556	242
1997	0.693	0.2575	0.4358	697	246

وبما أن كمية النفط المنقولة عبر الخط /10/ مليون متر مكعب فسوف يلاحظ أن كمية المياه المنقولة مع النفط تتراوح بين 48300-97300 طن سنوياً علماً أن التركيب الكيميائي لهذه المياه يشابه تركيب مياه البحر حيث يحوي شوارد (الصوديوم، المغنيزيوم، الكالسيوم، الكلور، الكبريتات و البيكربونات). يتراوح تركيز شوارد الصوديوم 48093 - 82430 ppm. وبالنسبة لتركيز شوارد الكلور 90600 - 140656 ppm.

المحور الثالث:

إن المعطيات السابقة تشير إلى ضرورة إجراء تجارب مخبرية بهدف تقدير نسبة التآكل. تمت هذه التجارب المخبرية على مرحلتين:

المرحلة الأولى:

أجريت التجارب في مخابر كلية الهندسة الكيميائية والبترولية. في هذه المرحلة تم وضع عينات من فولاذ كربوني نوع (API 5 LX-52) وهو من نوعية الفولاذ نفسه المستخدم لأنابيب النفط بالأبعاد 140 × 20 × 8 مم بمساحة سطح تماس تعادل 81.6 سم^2.

تحضير العينات:

تم تنظيف العينات الفولاذية بواسطة فرشاة شريط معدني ثم غسلت بمحلول قلوي تبعه غسيل جيد بالماء ومن ثم بمحلول حمضي تبعه غسيل جيد بالماء،(وبهذا تكون حالة سطح العينات مماثلة للحالة الفعلية للأنابيب). ثم وضعت في الوعاء بحيث يصبح الوسط ملامسا" لجميع أجزاء القطعة المدروسة وعند الشروط التالية:

1- وسط نفطي: القطع المعدنية مغمورة بشكل كلي في النفط.

2- وسط نفطي: القطع المعدنية مغمورة بشكل جزئي في النفط.

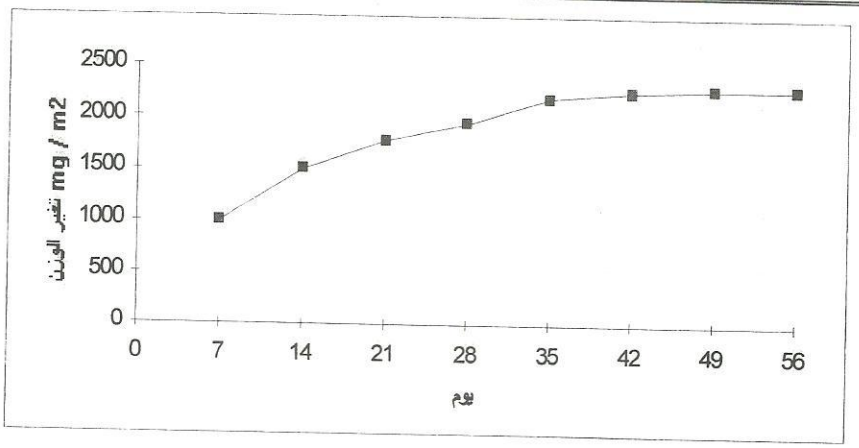
3- وسط مائي: القطع المعدنية مغمورة بشكل كلي في الماء.

4- وسط مائي: القطع المعدنية مغمورة بشكل جزئي في الماء.

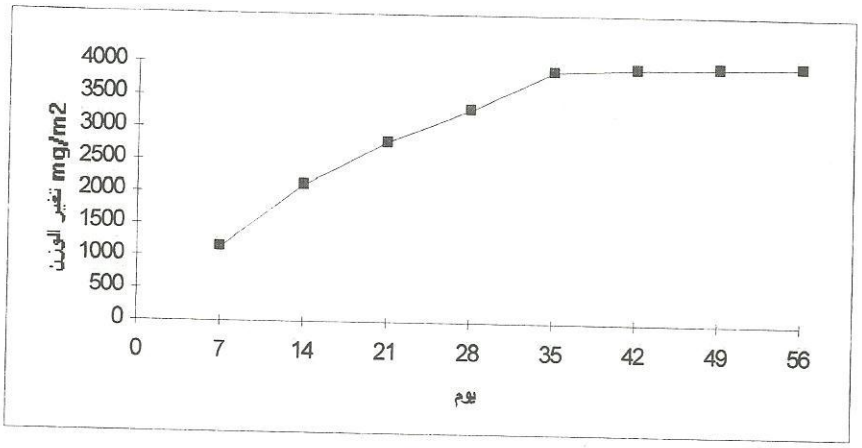
(المياه عبارة عن المياه المرافقة المفصولة عن النفط الخام مباشرة من خزانات النفط في حمص)، وعند كل وسط تم تحضير /8/ ثمانية أوعية في كل وعاء ثلاث عينات بحيث تسحب العينات الثلاث كل أسبوع وتوزن بعد التنظيف لمتابعة تغير الوزن مع الزمن ويؤخذ متوسط تغير الوزن ليعبر عن نقطة واحدة علماً أن الغسيل يكون على الشكل التالي:

- غسيل بمذيب عضوي لإزالة آثار النفط.
- غسيل قلوي.
- غسيل حمضي لإزالة منتجات التآكل (علماً أن سرعة تآكل معدن العينات في المحلول الحمضي mg0.1 كل 70 دقيقة وأن عملية الغسيل الحمضي لا تستغرق أكثر من 5 دقائق [4]).
- تجفيف جيد للعينة ثم وزنها.

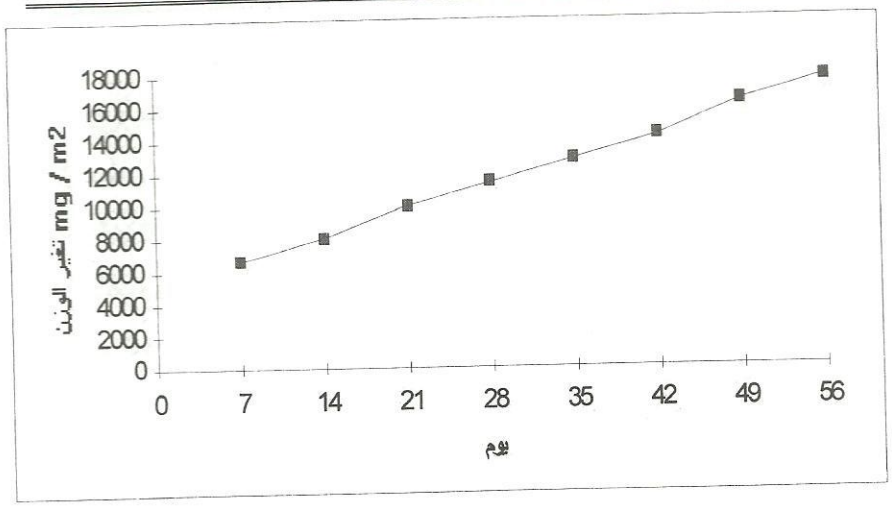
وفي نهاية هذه التجارب تم الحصول على الخطوط البيانية الموضحة في الأشكال 1-4 التالية:



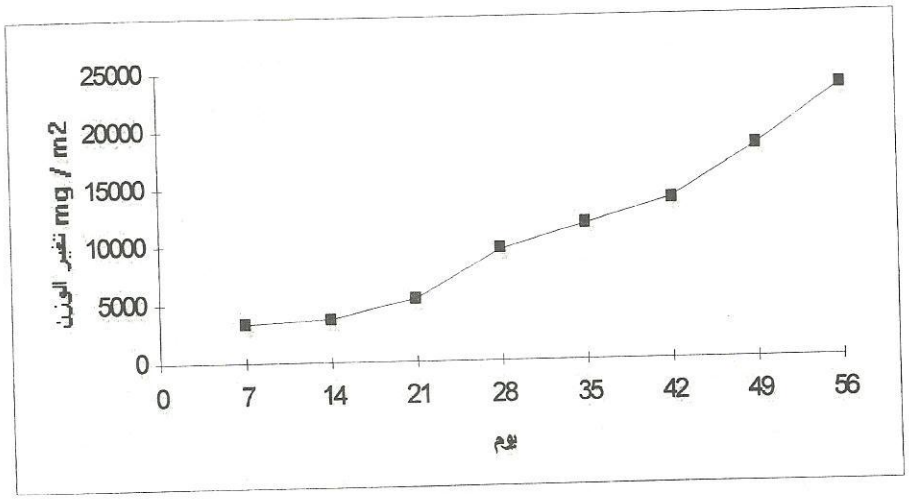
الشكل 1 تغير وزن القطع المعدنية والمغمورة كليا" في النفط



الشكل 2 تغير وزن القطع المعدنية والمغمورة جزئيا" في النفط



الشكل 3 تغير وزن القطع المعدنية والمغمورة كليا" في الماء المرافق للنفط



الشكل 4 تغير وزن القطع المعدنية والمغمورة جزئيا" في الماء المرافق للنفط

من الخطوط البيانية يلاحظ ما يلي:

1- إن معدل التآكل عند الغمر الجزئي أعلى من معدل التآكل عند الغمر الكلي وعند جميع الحالات.

2- يلاحظ من ترتيب معدلات التآكل بالنسبة للأوساط أن أعلى قيمة للتآكل تكون عند المياه المرافقة للنفط ثم في النفط (عند حالتي الغمر الكلي والغمر الجزئي).

المرحلة الثانية:

أجريت في مخابر كلية العلوم بجامعة حلب- مخبر المعادن- وفيها استخدم جهاز قياس الكمون الساكن Potentiostat من نوع Voltalab 21 Système d'Electrochimie صنع شركة Radiometer- Copenhagen مع استخدام حديد كربوني نوع (API 5 LX-52) أي نفس نوعية الفولاذ المستخدم لأنابيب النفط، بالشروط المخبرية التالية:

1- عينة في حالة سكون في ماء مرافق للنفط فقط.

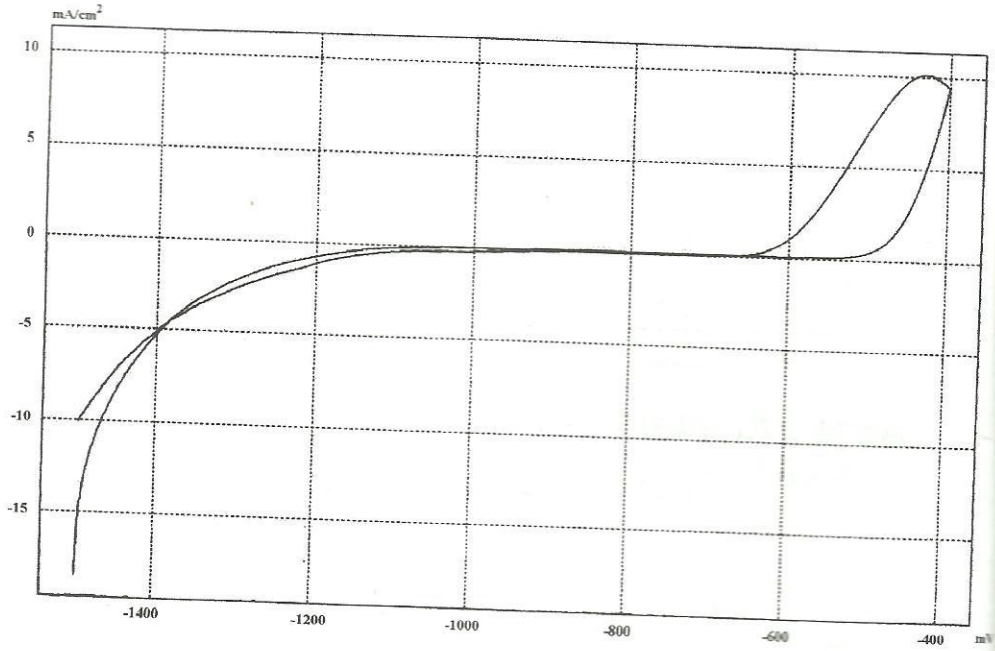
2- عينة في حالة الحركة في ماء مرافق للنفط فقط.

حضرت العينات عن طريق تغليفها بمادة بلاستيكية خاصة والجزء المعرض للاختبار محدد بشكل دقيق، حيث درس في البداية تغير فرق الكمون بالنسبة للزمن، وبعد /15/ دقيقة تمت دراسة تغير فرق الكمون بالنسبة لشدة التيار، وتظهر المنحنيات الموضحة في الأشكال 5 و6 نتائج هذه الدراسة، وبتطبيق معادلة تافل تم حساب معدل التآكل فكانت النتائج التالية:

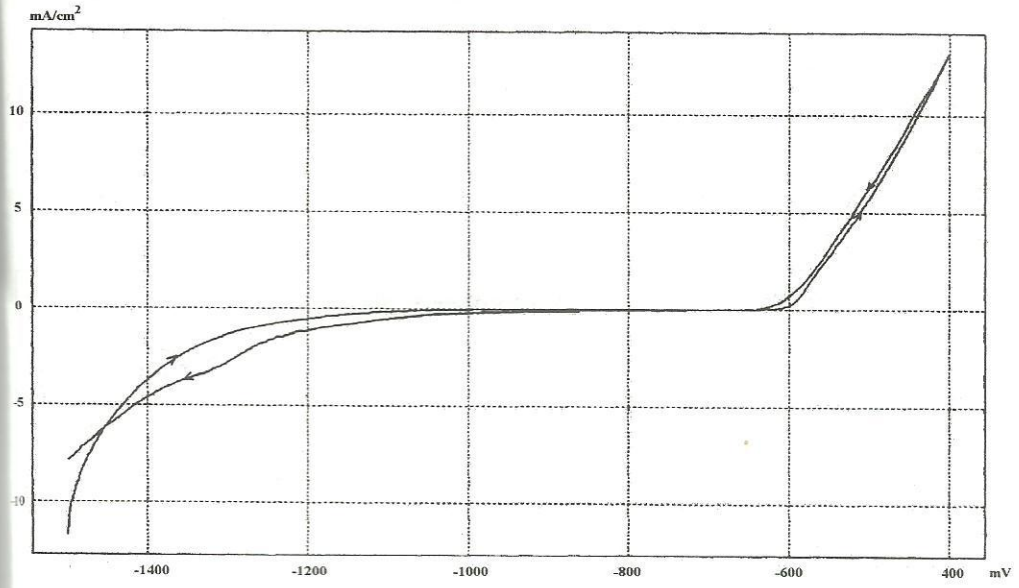
يشير الجدول 6 أن العينات الفولاذية في وسط مائي في حالة السكون اكثر نبلاً و نسبة التآكل مهملة نظراً لتشكل طبقة من منتجات التآكل على سطح المعدن تقوم بعزل السطح المعدني عن الوسط الأكال مما يشكل استقطاب كاتودي [2,3,4] . وتزال هذه الطبقة أثناء الحركة، وهذا ما يتضح على العينة ويتطابق مع المخططات في الأشكال 5 و6، مما يسمح بالتوقع بأن وجود هذه النقاط مرتبط بوجود مناطق فصل للمياه المرافقة ووجود طورمائي فيها وهذا التآكل يتم منطقة الطور المائي، كما أن طبوغرافية الخط يمكن أن تسمح بوجود مثل هذه المناطق.

الجدول رقْم 6. معدلات التآكل المحسوبة بمعادلة تافل

الوسط	كمون الاستقرار mV	كمون التآكل mV	سرعة التآكل mm/year
ماء مرافق – حالة السكون	-665	-1049	0.231
ماء مرافق –حالة الحركة	-650	-898	0.06



الشكل رقم 5. المنحني البياني للعلاقة: I = f (E) لعينة فولاذية في الماء المرافق للنفط في حالة السكون (أبعاد العينة $1x2\ cm^2$)



الشكل رقم 6. المنحني البيانيْ للعلاقة I = f (E) لعينة فولاذية في ماء مرافق للنفط في حالة التحريك (أبعاد العينة $1x2\ cm^2$)

الدراسة الهيدروليكية:

يتطلب تقويم الوضع الهيدروليكي لخط الأنابيب حل المسائل التالية:

1- تحديد الحمولة الحالية والحمولة العظمى لأنابيب النفط.

2- تحديد درجة الحرارة الحسابية صيفاً وشتاءً.

3- تحديد الكثافة واللزوجة الحسابيتين للنفط.

4- تحديد ضياع الضغط بالاحتكاك بين كل محطتي ضخ وذلك للحمولتين الحالية والعظمى وذلك عند درجتي الحرارة الحسابيتين.

5- تحديد ضغط التشغيل الفعلي لمحطات الضخ.

6- رسم الميول الهيدروليكية على المخطط المصغر لمسار الأنابيب.

7- تحديد ضغط الطرد لمحطات الضخ في حال تشغيل المحطات المتوقفة إضافة إلى العاملة.

8- حساب الضغط الأعظمي الذي تتحمله الأنابيب في وضعها الحالي.

9- تحليل منحنيات الضغوط واستخلاص النتائج.

10- اقتراح الحلول المناسبة.

إن معدن الأنابيب مصنع من نوع (API 5 LX-52) ويتصف بأن قيمة الإجهاد الانقطاع الحدي σ_b =46.4 kgf/mm² وإجهاد الانسياب الحدي σ_y=41 kgf/mm²، والخط مدفون في خندق عمقه 1.2 متراً وعرضه 0.85 متراً. الأنابيب الممتدة من تل عدس حتى طرطوس من نوع اللحام الطولاني بينما الخطوط الموازية لخط الأنابيب والتي أنشأت عام 1974 تتميز باللحام الحلزوني أما تفريعة الفرات فهي من أنابيب ذات لحام طولاني.

يعدّ خط الأنابيب رميلان- طرطوس من خطوط النفط المعقدة نظراً لدخول كميات مختلفة من النفط على الخط الرئيسي وبلزوجات مختلفة، الأمر الذي يغّير من اللزوجة الكلية وبالتالي من معدل تغير الضغط، لذلك لابد من أخذ هذه المتغيرات بالحسبان عند الحسابات الهيدروليكية.

أجريت الحسابات الهيدروليكية بهدف حساب ضياع الضغط بين كل محطتي ضخ وذلك للمحطات العاملة حاليا" مع الأخذ بالحسبان الحمولة واللزوجة وذلك من أجل الحمولة الحالية والحمولة القصوى عند درجتي الحرارة الحسابيتين، واعتمدت درجة الحرارة الحسابية شتاء" 12 درجة مئوية ودرجة الحرارة الحسابية صيفاً 28 درجة مئوية. تبين الجداول (7، 8) الحسابات الهيدروليكية عند الحمولتين العظمى والحالية [5,6,7].

الجدول (7). نتائج حسابات ضياع الضغط بالاحتكاك عند الحمولة العظمى للأنابيب

المجال	الحمولة M^3/ day	القطر الداخلي mm	الطول Km	ضياع الضغط عند الدرجة (m) 12°C	ضياع الضغط عند الدرجة (m) 28°C
1-من محطة تل عدس حتى نقطة دخول نفط تشرين	2100	546.1	121	317.7	242.4
2-من نقطة دخول نفط تشرين حتى محطة الحسكة	22500	546.1	66	217.7	205
3-من محطة الحسكة إلى محطة الرقة	24500	546.1	144	698.2	650.78
4-من محطة الرقة إلى نقطة نفط الثورة	24500	546.1	67	340.5	292.7
5-من نقطة دخول نفط الثورة إلى محطة أثرية	25700	546.1	57	400.1	394.4
6-من محطة أثرية وحتى محطة حمص	25700	546.1	135	787.33	669
7-من محطة حمص وحتى طرطوس	15600	7.92	11.12	120.7	116

ملاحظة: تم اعتبار أن الحمولة العظمى تمثل قيمة التدفق عندما يرتفع معدل الضخ لفترة قصيرة وذلك على مدار العام.

الجدول (8). نتائج حسابات ضياع الضغط بالاحتكاك عند الحمولة الحالية للأنابيب

المجال	الحمولة M^3/ day	القطر الداخلي mm	الطول Km	ضياع الضغط عند الدرجة (m) 12°C	ضياع الضغط عند الدرجة (m) 28°C
1–من محطة تل عدس حتى نقطة دخول نفط تشرين	20250	546.1	121	293	220.9
2–من نقطة دخول نفط تشرين حتى محطة الحسكة	21604	546.1	66	208.8	186.3
3–من محطة الحسكة إلى محطة الرقة	23520	546.1	144	293	270.8
4–من محطة الرقة إلى نقطة نفط الثورة	23520	546.1	67	321.3	270
5–من نقطة دخول نفط الثورة إلى محطة أثرية	24445	546.1	57	366.4	325.7
6–من محطة أثرية وحتى محطة حمص	24445	546.1	135	660.5	561.5
7–من محطة حمص وحتى طرطوس	15600	7.92	11.12	120.7	116

وبسبب التآكل الكبير في معدن الأنبوب كان لابد من إعادة حساب الضغط الأعظمي الذي يتحمله الأنبوب في وضعه الحالي، حيث تم تقسيم الخط إلى أجزاء قصيرة بمعدل 500 متر للجزء الواحد حيث روعيت تعليمات ASME في حساب ضغط التحمل للسطوح المتآكلة. في أثناء حسابات الضغط الأعظمي الذي يتحمله الأنبوب أخذت بالحسبان مجموعة من العوامل أهمها سماكة الأنبوب، وقد استخدمت في الحسابات علاقة ASMEB 31,4- 1992 الخاصة بحساب قدرة المعدن المتآكل على تحمل الضغط[5]:

$$P_d = 1.1P_i\left[\frac{1-0.67\left(\frac{c}{t_n}\right)}{1-\frac{0.67C}{t_n\sqrt{G^2+1}}}\right]$$

حيث:

$G = 0.893L\sqrt{Dt_n}$ وهي قيمة حدية يجب ألا تتعدى 4.

Pd – الضغط الداخلي الأعظمي المقاس (psi).

Pi – الضغط الداخلي الأعظمي التصميمي محسوب على أساس سماكة الأنبوب (psi).

C – العمق الأعظمي للمنطقة المتآكلة (mm).

L – طول المنطقة المتآكلة (mm).

D – القطر الاسمي الخارجي للأنبوب (mm).

من أجل قيمة G أكبر من 4 تستخدم العلاقة التالية في تقدير Pd:

$$P_d = 1.1P_i\left(1-C/t_n\right)$$

حيث: Pd يجب ألا تتعدى Pi

t_n –سماكة الجدار الاسمية الأولية (التصميمية) (mm).

بلغ عدد القطع 750 قطعة. وفي محاولة للتخفيف من حوادث انفجار الخط وبهدف دراسة إمكانية تشغيل خط الأنابيب عند ضغوط منخفضة وهو حل إجباري في مثل هذه الحالات، فقد درست حالة تشغيل المحطات المتوقفة ولكن بضغوط منخفضة نسبياً قياساً مع الضغوط الحالية (الجدول رقم 9).

الجدول (9). نتائج الحسابات الهيدروليكية عند تشغيل جميع محطات الضخ عند الحمولة الحالية t = 12 °C

المجال	الطول (Km)	ضياع الضغط بالاحتكاك (m)	ضغط الطرد المقترح (at)	ضغط طرد محطات الضخ الحالي (at)
محطة تل عدس–محطة تل براك	89	219.7	19,8	45
محطة تل براك–محطة الحسكة	67	342.5	37.9	–
محطة الحسكة–محطة صباح الخير	77	346.9	31.3	60
محطة صباح الخير– محطة الرقة	67	398.8	36	–
محطة الرقة–محطة الرصافة	67	354.6	32	70
محطة الرصافة–محطة اثرية	57	354	37	–
محطة اثرية–محطة صلبا	59	428.4	38.6	65
محطة صلبا–محطة حمص	76	286.2	25.8	–
محطة حمص–طرطوس	86	120.7	10.89	45

يتبين نتيجة هذه الحسابات أنه يمكن أن يعمل الخط وفق معطيات هذه الدراسة بضغط أخفض من الضغط الذي يتحمله الأنبوب في الظروف الحالية بكثير، وهذا بدوره سيؤدي إلى انخفاض احتمال حوادث التسرب الهيدروليكي للنفط من الخط في حال تشغيل محطات الضخ على الخط وفق الحسابات الهيدروليكية المجراة أعلاه (الجدول رقم 9).

إن تحليل نتائج اختبارات التآكل على عينات فولاذية من الخط والدراسة الهيدروليكية التي أجريت عليه يسمح باستنتاج ما يلي:

1- ضرورة الفصل الجيد للمياه المرافقة للنفط في الحقول النفطية.

2- ظهور أسباب موضوعية أثناء جريان النفط داخل الخط تؤدي إلى فصل الماء عن النفط واستبعاد وجود الحالات الشبيهة التي تسبب تآكلاً واضحاً وبالتالي لابد من اتخاذ الإجراءات الهيدروليكية والفيزيائية- الكيميائية اللازمة لتلافي وجود مثل هذه الحالة.

3- إن الوضع الحالي للتشغيل لا يتفق مع قدرة تحمل خط الأنابيب للضغط.

4- إن الوضع الحالي لخط الأنابيب لا يسمح باستدراك ضعف تحمل الخط للضغط عن طريق تركيب صمامات أمان على الخط.

5- إن القسم حمص- طرطوس هو القسم الوحيد من الأنابيب الذي يمكن أن يعمل في ظروفه الحالية.

6- لقد دلت الحسابات الهيدروليكية أن إعادة تشغيل المحطات المتوقفة وفق الخطة المقترحة يؤدي إلى تخفيض الضغوط داخل الخط بنسبة 50% تقريباً الأمر الذي يقود إلى الإقلال من خطر الانفجار بنسبة كبيرة عن معدله الحالي ويقلل من معدل التآكل في االخط.

7- لقد دلت قراءات نتائج التآكل على وجود نسبة تآكل خارجي الأمر الذي يشير إلى عدم كفاءة الحماية المهبطيّة الحالية مما يستدعي إجراء الدراسة المناسبة.

8- إن تجمع المياه في الانحناءات السفلية للأنبوب يؤدي إلى تسريع عملية التآكل وهذا ما يلاحظ على كامل طول الخط.

9- إن التقويم الحالي لوضع خط الأنابيب لا يحميه كلياً وإنما يعطي الحل الأمثل لاستثمار الخط في وضعه الحالي ريثما يتم تشييد خط جديد.

The study of the reasons of corrosion of the Romailan –Tartous pipeline of Syrian Heavy Crude Oil, and the Methods of their Treating

Dr.Eng. M. K. Karfoul
Dr.Eng. M.Saadey & Dr. Eng. H. Hamed
Fac. of Chemical & Petroleum Eng.
Al- Ba'th University

Abstract:

By the provided global inspection of the Romailan-Tartous pipe line of heavy Syrian crude oil, a huge corroded zones were found on the wall inside the pipe, which caused and will cause leakage and failures to the line. This problem was studied, and was found, that the salt water, which combines the running crude oil, causes such corrosion. The result of the hydraulic provided study, clearly shows that putting all pump stations in work, including now not working stations, reduces the pressure of the running crude oil in pipe line. Such procedure gives the pipeline the ability to work for a long time before it can be replaced.

المراجع

1-تقرير شركة H. Rosen Engineering GmbH. الهولندية المقدم لشركة نقل النفط الخام -1والمتضمن نتائج سبر خط نقل النفط رميلان - طرطوس

2- An Introduction to Metallic Corrosion, Ulick R. EVANS, Third Edition, Edward Arnold. 1981

3- Corrosion Engineering, Mars G. FONTANA, Third Edition, Mc GRAW-HILL, 1988.

4-Corrosion Handbook, Herbert H. UHLIG, The electrochemical Society, 1948.

5- Liquid Transportation system for hydrocarbon, liquid petroleum gas, anhydrous ammonia and Alcohols, ASME, B31.4, 1994 Edition, Newyork.

6- Petroleum transportation Handbook, McGRAW- HILL book, Newyork 1989.

7- Modern Petroleum Technology, G.D. HOBSON, W.Pohb, london 1990.

دراسة أسباب الحالة التآكلية لخط نقل النفط /رميلان – طرطوس/ الناجمة عن تأثير جريان النفط الخام السوري الثقيل وإيجاد طرق معالجته

د.محمد كمال قرفول & د.ماهر سعادة
د.حسان حامد
كلية الهندسة الكيميائية والبترولية
جامعة البعث

الملخص:

بينت القياسات التي أجريت على خط نقل النفط السوري الثقيل من الرميلان إلى طرطوس وجود عدد كبير من المواقع التي تبدو متعرضة لتآكل شديد. تضمن هذا البحث دراسة تجريبية ونظرية غايتها بيان أسباب هذا التآكل، ومن ثم استنباط العوامل الهيدروليكية المناسبة لاستثمار الخط بواقعه الراهن ريثما يتم استبداله.

وبالفعل فقد بينت التجارب التآكلية المختلفة بأن مناطق السكون في الخط والتي تسمح بفصل المياه المرافقة للنفط عن النفط هي الأكثر تآكلاً، مما دعا إلى توجيه الدراسة الهيدروليكية التي أجريت في هذا المنحى. وبينت هذه الدراسة أن تشغيل كل محطات الضخ على الخط ضمن نظام هيدروليكي محدد من شأنه أن يضع نظاماً تشغيلياً آمناً يقي الخط من حوادث الانهيار المحتملة لحين استكمال عملية الاستبدال المناسبة.