

معالجة الملوثات العضوية الكلورة باستخدام تقنية الحديد النانوي صفري التكافؤ

أحمد خضير حسان حسن فاضل محمد عيسى عبد صالح ليث محمد عباس

وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة البيئة والمياه

بغداد - العراق

الخلاصة

حضرت دقائق الحديد النانوي صفري التكافؤ لغرض استخدامه في معالجة أحد المركبات العضوية الكلورة وهو ثلاثي كلورواتلين ، حيث وجد ان مادة ثلاثي كلورواتلين تمتز على سطح هذه الدقائق ومن ثم يعقبه تفاعل أكسدة - اختزال وبذلك يتم تحويل الثلاثي كلورواتلين الى مركب عضوي خالي من الكلورايد مما يقلل من تأثيره السمي على البيئة ، حيث أظهرت النتائج نقصان بتركيز الثلاثي كلورواتلين في المحاليل غير المائية بعد المعالجة بالحديد النانوي وصلت إلى 77%. كذلك أظهر الحديد النانوي نتائج فعالة عند استخدامه في إزالة الثلاثي كلورواتلين من التربة الملوثة وصلت إلى 82%. في هذا البحث تمت مناقشة استخدام أوزان مختلفة من الحديد النانوي وقيم pH متغيرة للمحلول المائي للتربة الملوثة.

الكلمات المفتاحية: معالجة، ملوثات عضوية وتقنية الدقائق النانوية

Treatment of Chlorinated Organic Pollutants Using Zero –valent Iron Nanoparticles Technique

Ahmed Khudhair Hassan Hasan Fadhil Mohammed Essa Abid Salih Laith Mohammed

Ministry of Science and Technology / Environment and Water Directorate

Baghdad - Iraq

E – mail: ahmedkhh71@yahoo.com

Abstract

Iron nanoscale zero valent (n-ZVI) was prepared for use in the treatment of Trichloroethylene (TCE) which is one of organochlorine compounds. The results showed that (TCE) was adsorbed on the surface of (n-ZVI), then followed by oxidation reduction reaction, these processes leads to convert (TCE) to the organic compound free from chloride, and then reducing the effect of environmental toxicity. Results showed that the concentration of (TCE) was decreased in the non-aqueous solutions after treatment with iron nanoscale and the removing percentage reached to 77%. As well as nanoscale iron showed significant effect when used to remove (TCE) from contaminated soil, reaching to 82%. In this research we are discussing different weights of (n- ZVI), and pH value of the aqueous solution of contaminated soil.

Keyword: Treatment, Organic Pollutants and Nanoparticals Technique

والتشتت. أن مركب ثلاثي كلورواثيلين عامل مؤكسد قوي أي بالأمكان أن يُختزل بسهولة بوجود عامل مختزل كما انه لا يمتص الأشعة فوق البنفسجية عند الطول الموجي الأقل من (290 نانومتر) ولن يتحلل ضوئياً بصورة مباشرة في الجو او في الماء بينما تحصل له أكسده ضوئية في الطور الغازي بمساعدة الجذور الحرة (OH) (Jacoby.,et al., 1998). أن الـ (TCE) يتجمع في الأنسجة الدهنية لجسم الإنسان و يغادر الجسم عن طريق الهواء دون أي تغيير بتركيبه الكيميائي، وبدرجة اقل في الغائط والعرق واللعاب حيث يعاني عمليات أيضية عديدة في الكبد مما تؤدي إلى تغير كبير بتركيبه الكيميائي ونتيجة لذلك قد تظهر مشاكل عديدة في النظام العصبي المركزي ومن أعراضها الصداع والخمول، وازدياد كبير في نبضات القلب وفي الحالات الحادة قد تحصل غيبوبة وفقدان الوعي. أن التعرض والاستنشاق المباشر لأبخرة (TCE) وبمقدار (1000 ملغم /لتر) أي (5400 ملغم/ م³) ولمدة ساعتين متواصلة في موقع العمل سيؤدي الى ضعف في التنفس و هيجان بالعين ، أما الجرعة العالية منه (200-300 مل) تكون سامة على الكبد والكلى، حيث تبلغ الجرعة القاتلة للشخص البالغ عموماً ب(7000 ملغم/كغم) من وزن الجسم (WHO, 1991). ان العمليات الفيزيائية المستخدمه في معالجة التلوث بتـCـE عن طريق تقليب التربة وتنقيتها وسحب المياه الجوفية وتعرضها للهواء غير كفؤة وذات كلفة عالية و بطيئة ولم تتخلص كلياً من هذه المادة المسرطنة (Bankston.,et al., 2002). لذا من ابرز الحلول لازالة الملوثات من التربة والمياه الجوفية هو استخدام الحديد النانوي

استعملت المركبات العضوية الكلورة على مدى واسع ككواشف ومذيبات في العديد من المجالات التطبيقية الصناعية والزراعية والصحية ، كما أن الاستعمال غير الدقيق لها سوف يسبب تلوثاً بيئياً كبيراً في التربة والمياه السطحية والجوفية (Parker,et al.,2004). يعتبر مركب ثلاثي كلورواثيلين TCE من أهم المركبات العضوية الملوثة للبيئة وهو عبارة عن سائل متطاير، عديم اللون ذي رائحة مشابهة للكلورفورم عديم الذوبان نسبياً في الماء. حيث يصنف الـ(TCE) عموماً كمركب كاره للماء. أن الصيغة الجزيئية لـ (TCE) هي (C₂HCl₃). لقد حددت وكالة حماية البيئة الامريكية (EPA) النسب المسموح بها كحد اعلى لـ (TCE) في المياه الصالحة للشرب (5 مايكروغرام/ لتر)(WHO.,1991). إن سبب التلوث الحاصل في المياه الجوفية هو النفايات الصناعية وكذلك التسرب الحاصل في مواقع طمر النفايات (Khodabakhshi., 2011). سجلت نسب تلوث عالية جداً لـ (TCE) في عام 1982 في المياه الجوفية في الولايات المتحدة الامريكية بلغت ما بين (10 - 100 مايكروغرام). ان مركب ثلاثي كلورواثيلين في الطور الغازي مستقر نسبياً لكن يتفكك في الضوء او الرطوبة وهو مركب نشط كيميائياً مع المعادن مثل الباريوم والليثيوم والتيتانيوم والبيريليوم (EPA, 2001). كثافة الـ (TCE) اكبر من كثافة الماء في الحالة النقية وبالتالي تحصل له هجرة خلال التربة ويستقر أسفل طبقة الماء بسبب قوة الجاذبية مكوناً طبقة كثيفة غير مائية فضلاً عن تلويثه للطبقة المائية عن طريق التمدوب والانتشار

وتحليل الـ TCE فهو:-
Thermal Program

150°C (0.5min), 150-200°C (50°C/min),
200°C -230°C (7.5°C/min), 230-
300°C(20°C /min).

ب - المجهر الالكتروني الماسح (SEM)

تم استخدام جهاز المجهر الالكتروني الماسح
(Scanning Electron Microscope) نوع
TESCAN VEGA 3 بلجيكي المنشأ في
تشخيص الحديد النانوي صفري التكافؤ.

ج- حمام مائي Ultrasonic Path يعمل بالموجات
فوق الصوتية نوع Cole-Parmer أمريكي الصنع.

د- جهاز قياس الدالة الحامضية pH للمحاليل نوع
(pH meter WTW) 720/7200 ألماني المنشأ.

هـ- محرك ميكانيكي نوع (Heidolph (RZR1
ألماني المنشأ.

المواد التي استعملت في هذا البحث مجهزه بنقاوه
عاليه والجدول (1) يظهر هذه المواد والشركات
المجهزه لها ازاء كل منها. كما يوضح الجدول (2)
بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية للـ TCE.

صفري التكافؤ (n-ZVI) حيث نشرت العديد من
البحوث في هذا المجال منها ازالة سمية المركب
ثلاثي نايتروريسورسينول من المياه الجوفية
(Chang, et al., 1997). واستخدم حجر الجير
المدعم بالـ (n-ZVI) لازالة الزرنيخ من المياه
الجوفية (Gibert, et al., 2010). أما الجهود
المتضمنه معالجة (TCE) فهي ايضا عديدة ومنها
التحلل المائي لأكسيد الكالسيوم CaO في التربة
الذي يلعب دور مهم في معالجة المركبات العضوية
المكلوره (JaeHac, et al., 2011). واستخدام
خلات السليلوز المدعمة بالحديد النانوي لتقليل
تراكيز الـ (TCE) الملوثة للمياه
(Shamsuzzoha, et al., 2005) إضافة إلى
استخدام الأكسدة بالأوزون

O₃ (Popiel, et al., 2008) وثاني أكسيد
التيتانيوم (Demeestere, et al., 2005) وكاشف
الفينتون (Pignatello, et al., 2006) .

تهدف الدراسة الحالية إلى تحضير الحديد النانوي
صفري التكافؤ (n-ZVI) واستخدامه في معالجة
ثلاثي كلورواثيلين (TCE) في المحاليل غير المائية
والتربة الملوثة.

المواد وطرائق العمل

الاجهزه المستخدمه

أ- جهاز كروماتغرافيا الغاز

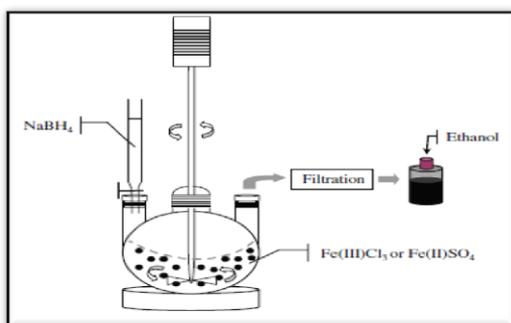
استخدم جهاز GC من نوع GC-MOD2010
Shimadzu ياباني الصنع حيث تم استخدام غاز
He كطور ناقل وعمود من نوع ZB-5 اما حجم
النموذج فهو (1 مايكروليتر) وكاشف الأسر
الالكتروني (Electron Capture) ECD
Detector وضغط غاز النتروجين المستعمل هو
100 pas أما البرنامج الحراري المستخدم في فصل

لمركب الـ (TCE)(Rathbun.,2000)

Chemical name	Molecular formula	Purity, %	Company
Trichloro ethylene (TCE)	C ₂ HCl ₃	99	BDH
Ferrous sulfate heptahydrate	FeSO ₄ .7 H ₂ O	99	Riedel
Sodium borohydride	NaBH ₄	95	BDH
Methanol	CH ₃ OH	99.8	BDH
Ethanol	C ₂ H ₅ OH	99.8	BDH
n-Hexane	C ₆ H ₁₄	99.8	BDH

Description	Symbol	Common value
Molecular Weight (g/mol)	MW	131.5
Liquid density at 25 Degree (g/ml)	d	1.46
Water Solubility (mg/L)	S	1000
Melting Point (°C)	Tm	-86.5
Boiling Point (°C)	Tb	87.3
Vapor Pressure / Pa	VP	9700
Octanol Water	Kow	320
Sorption Coefficient	Koc	2.42
Diffusion Coefficient in Pure air (m ² / day)	Dair	0.68
Diffusion Coefficient in Pure water (m ² / day)	Dwater	9x10 ⁻⁵

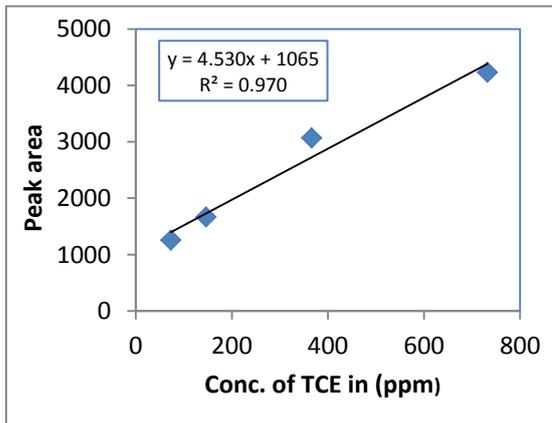
تحضير الحديد النانوي صفري التكافؤ



شكل (1) مخطط توضيحي للجهاز المستخدم

يذاب (1.39 غرام) من FeSO₄.7H₂O في (50 مل) من الماء الخالي من الايونات ثم يكمل إلى حد العلامة في قنينة حجميه سعة (100 مل)، إي بتركيز 0.05 مولاري. يوضع هذا المحلول في دورق دائري ثلاثي الفتحات سعة (500 مل) ويضبط الأس الهيدروجيني للمحلول عند pH=3. يذاب (0.7565 غرام) من بوروهيدريد الصوديوم

معالجة الـTCE في المحاليل غير المائية
تحضير محاليل ثلاثي كلورواتيلين في الميثانول
يؤخذ 100 مايكرولتر من المحلول المائي
للـTCE ويذوب في الميثانول في قنينة حجمه سعة
100 مل ويكمل لحد العلامة بالميثانول ليعطي
تركيزا 1464ppm من المحلول الأم للـTCE.
يحضر من هذا التركيز تراكيز متعددة لغرض إعداد
منحني المعايرة بين التركيز ومساحة القمة (Peak
Area) التي يتم الحصول عليها من جهاز
كروموتغرافيا الغاز وحسب ما موضح في (الشكل 2).



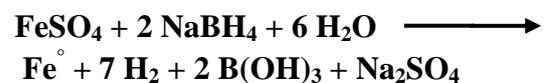
شكل (2) منحني المعايرة للـTCE

معالجة الـTCE بواسطة الـn-ZVI

يضاف 0.1 غرام من الحديد النانوي الجاف
وبشكل مسحوق إلى 10 مل من محلول الـTCE
تركيزه 732 ppm في بيكر زجاجي سعة (50 مل)
وباستخدام محرك مغناطيسي ولمدة ساعة. بعد ذلك
يتم ترشيح الخليط ويوضع في قنينة حجمه سعة
(10 مل) ويكمل إلى حد العلامة بالميثانول ومن ثم
يحقق هذا النموذج في جهاز الـGC ويسجل تركيز
الـTCE بعد المعالجة. كررت التجربة أعلاه

في (50 مل) من الماء الخالي من
الايونات ثم يكمل إلى العلامة في قنينة حجمه سعة
(100 مل)، إي بتركيز 0.2 مولاري ويوضع هذا
المحلول في قمع فصل سعة (100 مل) يثبت القمع
على احد الفتحات الطرفيه للدورق الدائري. يثبت
المحرك الميكانيكي في الفتحة الوسطى من الدورق
ويوضع انبوب مطاط في الفتحة الثالثة لايصال غاز
N₂ الى داخل الدورق وبنفس الوقت يوضع انبوب
مطاط في الفتحة الوسطى مع المحرك الميكانيكي
لخروج غاز النتروجين، (الشكل 1). يوضع الدورق
الدائري ثلاثي الفتحة مع ملحقاته في الحمام المائي
الذي يعمل بالموجات فوق الصوتيه. ثم نبدأ باضافة
بوروهيدريد الصوديوم الى كبريتات الحديدوز المائيه
قطره قطره مع مراعاة استعمال المحرك الميكانيكي
والموجات فوق الصوتيه، نلاحظ تكون الحديد النانوي
بمجرد التقاء المحلولين وتستمر الاضافه لمدة
نصف ساعه تقريبا إلى أن تتكون ماده شديدة السواد
التي تبدأ بالتكتل في قعر الدورق. نتخلص من
المحلول مع مراعاة الدقه بعدم خسارة الماده المتكونه
وتغسل بالماء المقطر جيدا ثم بالكحول الايثيلي
ويحفظ الحديد النانوي بالايثانول أو الميثانول ويفضل
استخدامه بعد تجفيفه مباشرة بالمعالجه لانه يحتاج
الى مكان معتم ودرجات حرارة دون (4) م° لحفظه
من التاكسد.

والمعادلة التاليه توضح اختزال الحديدوز إلى الحديد
صفري التكافؤ بواسطة بوروهيدريد الصوديوم .



تغيير ظروف المعالجة

استخدمت فترات زمنية مختلفة لعملية مزج n- ZVI مع التربة الملوثة ما بين (2-8) ساعة مع استخدام Shaker و دراسة تأثير pH على عملية إزالة TCE مع بقاء فترة المزج والرج المناسبة حيث استخدم pH (2، 4، 5 و 8) مع بقاء وزن الحديد النانوي صفري التكافؤ المستخدم (0.5 غم) ثابتاً بعد معرفة pH المناسب لعملية الازالة و الوقت المناسب للمزج والرج تم تغيير وزن الحديد النانوي المستخدم، حيث استخدم الأوزان (0.05، 0.1، 0.25، 0.5 غم) لمعرفة أفضل وزن للحديد النانوي المستخدم لإزالة الـ TCE من التربة الملوثة.

النتائج والمناقشة

معالجة الـ TCE المحضر في المحاليل غير المائية (الميثانول)

بعد تحضير الحديد النانوي صفري التكافؤ وحسب طريقة العمل الموضحة في الجزء العملي تم تشخيصه باستخدام المجهر الالكتروني الماسح (SEM) (شكل 3). حيث كان معدل أقطار الدقائق النانوية بحدود 165.6 نانومتر . وكان عدد قليل من الدقائق لها أحجام اكبر من 250 نانومتر بينما معظم الدقائق أي حوالي أكثر من 70% لها أقطار اقل من 200 نانومتر. وحسب ما موضح في الشكل (4) باستخدام مجهر القوة الذرية ،استخدم في هذا البحث الموجات فوق الصوتية في تحضير الحديد النانوي صفري التكافؤ لأنها تعمل على زيادة المساحة السطحية للدقائق النانوية مما يزيد فعاليتها بانتزاع الكلورايد من الثلاثي كلورو اثلين.

وباستخدام (0.2,0.3,0.4,0.5,0.6,0.7,0.8)غم إلى نفس التركيز السابق.

معالجة الـ TCE في التربة الملوثة النمذجة (تحضير التربة الملوثة)

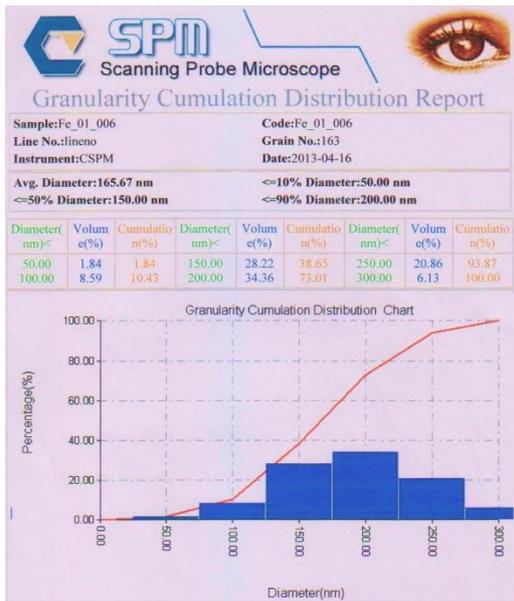
تم أخذ كميته من التربة من أماكن مختلفة من داخل وخارج وزارة العلوم والتكنولوجيا بحدود (1 كغم) لكل نموذج وبعد ذلك تم غريلة كل نموذج ثم طحنه جيداً داخل المختبر باستخدام مطحنه كهربائية خاصة لهذا الغرض ثم أخذ وزن (1غم) من هذه التربة ويضاف له (100 مايكرو لتر) من محلول معلوم التركيز من الـ TCE (100ppm) ويضاف له بعد ذلك (10 مل) من الماء الخالي من الايونات.

طريقة الاستخلاص

بعد تلووث التربة بـ TCE وضع النموذج على جهاز الرجاج shaker ولمدة ساعتين ثم عزل المحلول عن الراسب بالترشيح ، وأجريت عملية الاستخلاص باستخدام قمع فصل وإضافة (10 مل) من الهكسان، ثم رج جيداً لمدة 15دقيقة حيث انفصلت طبقتين كانت العليا هي الهكسان التي تحتوي على مادة الـ TCE. أخذ المستخلص الحاوي على الطبقة العضوية إلى جهاز GC كروموتغرافيا الغاز لقياس تركيز الـ TCE وكمية استرجاعه بعد تلووث التربة بالـ TCE.

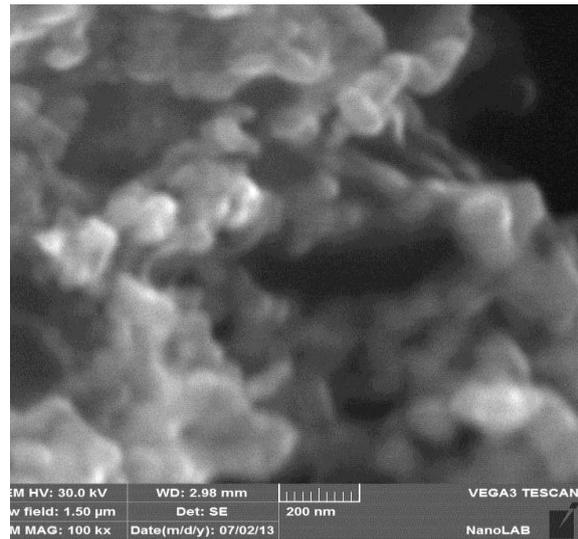
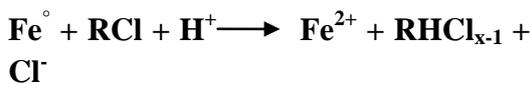
استخدام n-ZVI في معالجة التربة الملوثة

أضيف وزن معلوم من n-ZVI إلى التربة الملوثة ووضع النموذج على جهاز الـ Shaker ولمدة ساعتين بعد ذلك أجريت عملية الاستخلاص باستخدام 10مل من الهكسان بعد الرج لمدة 15 دقيقة ثم اخذ المستخلص ذي الطبقة العضوية إلى جهاز الـ GC كروموتغرافيا الغاز لقياس تركيز الـ TCE المتبقي.

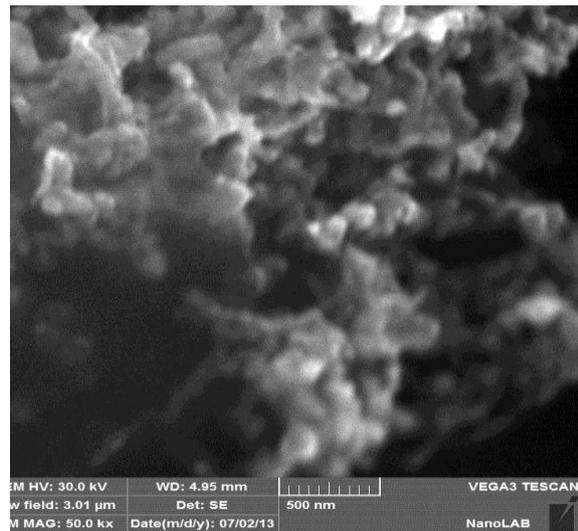


شكل (4) منحنى يوضح معدل اقطار الدقائق النانوية المحضرة في المختبر .

تم إضافة أوزان مختلفة من الحديد النانوي صفري التكافؤ للمحاليل غير المائية وتركيز معلوم من الـ TCE ولمدة ساعتين على الرجّاج Shaker حيث تكمن ميكانيكية المعالجة بامتزاز المادة الملوثة على سطح دقائق الحديد النانوية ومن ثم تحصل عملية انتزاع ايون الكلورايد من جزيئة الـ TCE. ومن خلال النتائج المستحصلة والموضحة في الجدول (3) والشكل (5) نلاحظ حصول تغير واضح في تركيز الـ TCE نتيجة إضافة زيادة من الحديد النانوي صفري التكافؤ nZVI حيث إن nZVI هو واهب للالكترونات وبفعالية عالية سيعطي الكتروناته إلى الـ TCE لإزالة الكلورايد من تركيبه كمستقبل للالكترونات وكما موضح في المعادلة أدناه:-



a- قوة تكبير 100.0 Kx



b- قوة تكبير 50.0 Kx

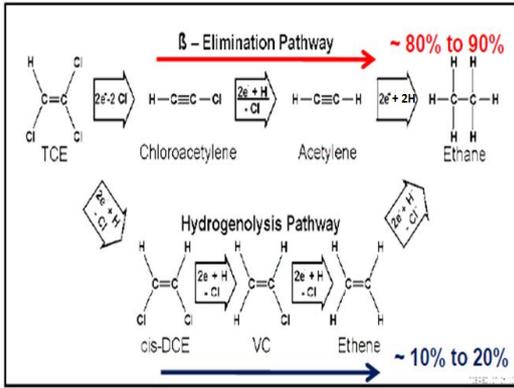
شكل (3) صور للحديد النانوي بواسطة المجهر

الالكتروني الماسح SEM

a- قوة تكبير 100.0 Kx

b- قوة تكبير 50.0 Kx

الشكل(6). ففي المرحلة الأولى من التفاعل يحصل امتزاز لمادة الـ TCE على سطح دقيقة الحديد النانوي ثم يعقبه تفاعل أكسده - اختزال وتحويل ثلاثي كلورو اتليبين إلى مركب عضوي خال من الكلورايد وهو الايثان وبالتالي تقليل تأثيره السمي على البيئة (Wang , et al.,1997) .



شكل (6) ميكانيكية انتزاع الكلورايد من TCE وتحويله إلى مركب الإيثان.

لقد تم حساب النسبة المئوية لإزالة الكلورايد من الـ TCE وتغير تركيزه قبل وبعد المعالجة وفقاً للعلاقة التالية:

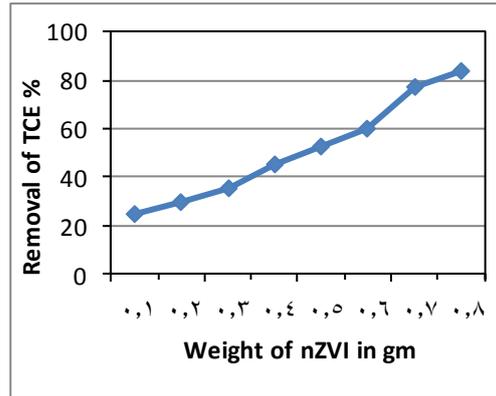
$$\frac{\text{النسبة المئوية للإزالة}}{\text{(التركيز قبل المعالجة)}} = \frac{\text{التركيز بعد المعالجة}}{\text{(التركيز قبل المعالجة)}} \times 100$$

معالجة الـ TCE في التربة الملوثة

حسبت نسبة استرجاع الـ TCE من التربة الملوثة والتي كانت نسبته 98% عند الاستخلاص بواسطة الهكسان واعتمدت مساحة القمة Peak Area كقيمه لقياسه لمعرفة النسبة المئوية لإزالة TCE عند معالجة التربة الملوثة بواسطة الحديد النانوي . عند معالجة الـ TCE بواسطة 0.5 غم من الحديد النانوي ولمدة ساعتين اظهر نسبة إزالة 20% بينما عند ترك نفس المحلول ولمدة 8 ساعات تم الحصول

جدول (3) النسبة المئوية لإزالة الـ TCE عند تركيز 732ppm في الوسط غير المائي (الميثانول) مع تغير وزن الـ nZVI

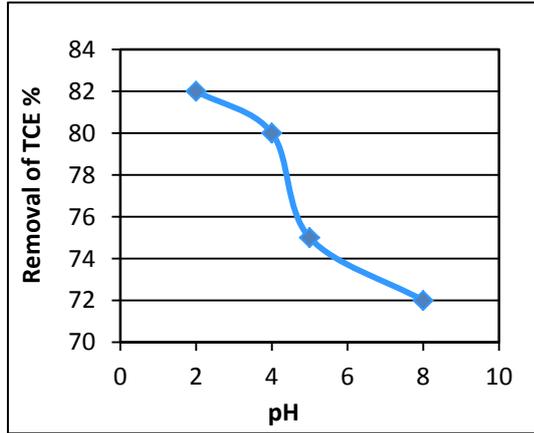
تركيز TCE (ppm) بعد المعالجة	وزن nZVI المستخدم بالغرام	النسبة المئوية لإزالة TCE
550	0.1	24.8
515	0.2	29.6
470	0.3	35.8
400	0.4	45.4
345	0.5	52.8
290	0.6	60.4
168	0.7	77
120	0.8	83.6



شكل (5) منحنى يوضح العلاقة بين النسبة المئوية لإزالة الـ TCE ووزن nZVI المضاف أن عملية التخلص من الكلورايد من مركب الـ TCE والتحول إلى مادة آمنة غير مضره بالبيئة موضحة في

أما فيما يخص pH التربة الملوثة فهناك تغير واضح عند زيادة الـ pH حيث تقل نسبة إزالة الـ TCE وكما موضح في الشكل (8) إن أفضل نسبة إزالة وهي 82% تظهر عند $pH=2$.

شكل (8) النسبة المئوية لإزالة الـ TCE



مع تغير pH التربة الملوثة.

بينما يبين الجدول (5) والشكل (9) زيادة نسبة إزالة المادة الملوثة بازياد الفترة الزمنية للرج وخاصة عند الزمن 8 ساعة. كما يوضح الشكل (10) كروموتوغرام لـ TCE في جهاز الـ GC قبل وبعد عملية المعالجة وعند الظروف المثلى من دالة حامضية ووزن للحديد النانوي صفري التكافؤ.

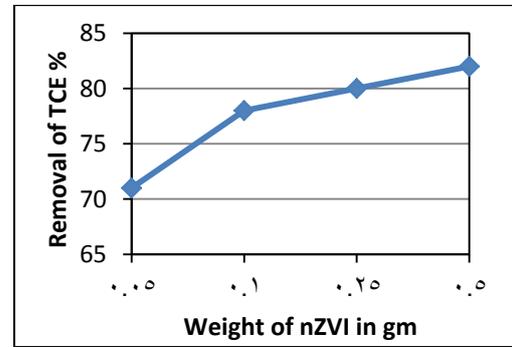
جدول (5) النسبة المئوية لإزالة الـ TCE مع تغير زمن الرج بالساعة .

ت	النسبة المئوية لإزالة الـ TCE	زمن الرج /ساعة
1	20	2
2	35	4
3	55	6
4	82	8

على نسبة إزالة 82% وعند $pH=2$. حيث يظهر الجدول (4) والشكل (7) إن وزن الحديد النانوي المضاف له تأثير على نسبة الازالة والعلاقة الطردية ما بين وزن الحديد المضاف ونسبة الازالة من التربة الملوثة.

جدول (4) النسبة المئوية لإزالة TCE عند تركيز 100ppm مع n-ZVI المضاف للتربة الملوثة

ت	النسبة المئوية لإزالة الـ TCE	وزن n-ZVI بالغم
1	71	0.05
2	78	0.10
3	80	0.25
4	82	0.50



شكل (7) العلاقة بين النسبة المئوية لإزالة الـ TCE ووزن الـ nZVI المضاف للتربة الملوثة.

نسبة الازالة حيث كانت نسبة الازالة عند $pH = 2$ و 7 هي 82% و 73% على التوالي وحسب ما موضح في الشكل (8) والشكل (10) مع بقاء الظروف الأخرى ثابتة.

References

Bankston, J.; Sola, D.; Komer, A. and Dwyer, D. (2002). Degradation of Trichloro ethylene Water and Microcosms Containing Broad-leaved Cattail and Eastern Cotton-wood . Water Research, 36, 1539-1546.

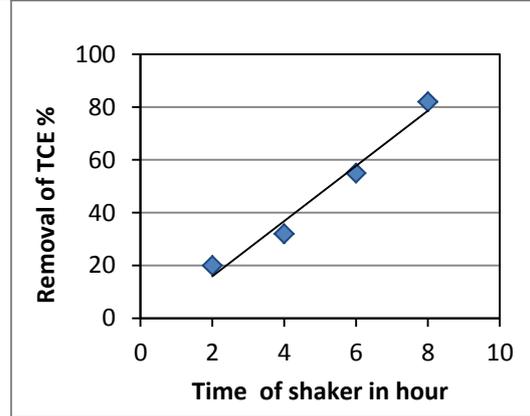
Chang, H. and Alvares-Cohen, L. (1997). Two-stage Methanotrophic Bioreactor for the Treatment of Chlorinated Organic. Water Research, 31, 2026-2036.

Demeestere, K.; Dewulf, J. and Ohno, T. (2005). Visible Light Mediated Photo catalytic Degradation of Gaseous Trichloroethylene and Dimethyl Sulfide on Modified Titanium Dioxide. Appl.Catal. B: Environ. 61, 140 -149.

Environmental Protection Agency (EPA).Sources, Emission and Exposure for Trichloroethylene and Related Chemicals.EPA/600/R-00/099.March, 2001.National Center for Environmental Assessment- Washington Office.

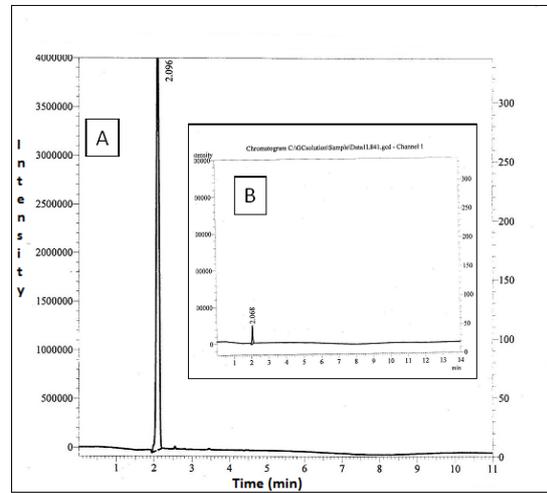
Gibert, O.; Pablo, J. and Cortina, J. (2010). In Situ Removal of Arsenic from Groundwater by Using Permeable Reactive Barriers of Organic Matter/Limestone/Zero-valent Iron Mixtures, J. Environ. Geo. Chem Health.32, 373-378.

Jacoby, W.; Blake, D. and Watt, A. (1998). Remediation of Trichloroethylene. In: Encyclopedia



شكل (9) النسبة المئوية لإزالة الـ TCE مع

تغير زمن الرج بالساعة.



شكل (10) كروماتوغرام للـ TCE قبل وبعد عملية

المعالجة وعند الظروف المثلى $pH=2$ و $nZVI=0.5$ و 8 ساعات رج.

A- قبل عملية المعالجة

B- بعد عملية المعالجة

الاستنتاجات

من خلال ما تقدم إن أفضل الظروف لمعالجة تربه ملوثة بمادة الـ TCE هو وسط حامضي قوي يستخدم وزن من الحديد النانوي 0.5غم وبقاء المادة المعالجة مع التربة الملوثة على shaker لمدة 8 ساعة ومن النتائج التي تم الحصول عليها ايضا يفضل أن تتم المعالجة بدون إضافة حامض الكبريتيك وان تتم المعالجة في محيط متعادل لان الفرق ليس واسعا في

Trichloroethylene in Water. Journal of Nanoparticle Research.7, 469 – 476.

Wang, C. and **Zhang, W.** (1997). Synthesizing Nanoscale Iron Particles for Rapid and Complete Dechlorination of TCE and PCBs. Environ.Sci.Technol. 31, 2154-2156.

Series in Environmental Sciences: Environmental Analysis and Remediation Wiley Blackwell, (4847-4873).

Jaehac, St. and **Timothy, T.** (2011) Removal of Trichloroethylene from Soil using the Hydration of Calcium Oxide. J. Environmental Management. 92, 1767-1773.

Khodabakshi, A. (2011). Synthesis Magnite Nano Particle and Evaluation of Its Efficiency for Arsenic Removal from Simulated Industrial Waste Water, Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng. 8, 189-200.

Parker, B. L.; **Cherry, J. A.** and **Chapman, S. W.** (2004). Field Study of TCE Diffusion Profiles Below DNAPL to Assess Aquitard Integrity. Journal of Contaminant Hydrology 74, 197–230 .

Pignatello, M. and **Darab, J.** (2006). Advanced Oxidation Processes for Organic Contaminant Destruction Based on the Fenton Reaction and Related Chemistry Crit. Rev. Environ, Sci. Technol. 36 , 1– 84

Popiel, S.; **Darab, J.** and **Mallouk, T.** (2008). Effect of Temperature and Initial Dibutyl Sulfide Concentration in Chloroform on its Oxidation Rate by Ozone, J. Hazard. Mater .157, 155-169.

Rathbun, R. (2000). Transport, Behavior, and Fate of Volatile Organic Compounds in Streams. Critical Reviews in Environmental Science and Technology.30, 129-295.

Shamsuzzoha, L. W. and **Ritchie, S. M. C.** (2005). Preparation of Cellulose Acetate Supported Zero-valent Iron Nanoparticles for the Dechlorination of