وزارة التعليـم العالـي والبحـث العلمـي

جامعـة قاصـدي مربـاح ورقلـة

كليـة الرياضيات وعلـوم المـادة

قسـم الكيمياء

مذكـرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي

فـي الكيـمياء

التخصص: كيمياء المحيط

من إعداد: بن زين صباح، بن عيوة فاطمة الزهراء

بعنـوان

التسربات النفطية وأثرها على تلوث التربة والمياه

نوقشت علنا يوم 2022/06/06 أمام لجنة المناقشة:

منال زاوي	أستاذة محاضرة "أ"	رئيسا
علي ذوادي	أستاذ تعليم عالي	مناقشا
خولة شاوش	أستاذة محاضرة "ب"	مـقررا

السنة الجامعية: 2022/2021

شكر وعرفان

أول من يشكر ويحمد آناء الليل وأطراف النهار

هو العلي القهار الأول والآخر والظاهر والباطن،

الذي أغرقنا بنعمه التي لا تحصى وأغدق علينا برزقه الذي لا يفنى

وأنار دروبنا فله جزيل الحمد والثناء العظيم،

هو الذي أنعم علينا اذ أرسل فينا عبده ورسوله

"محمد بن عبد الله" عليه أزكى الصلوات وأطهر التسليم،

أرسله بالقرآن المبين فعلمنا ما لم نعلم وحثنا على طلب العلم أينما وجد.

لله الحمد كله والشكر كله أن وفقنا وألهمنا الصبر على المشاق

التي واجهتنا لإنجاز هذا العمل المتواضع.

والشكر موصول الى كل معلم واستاذ أفادنا

من أولى المراحل الدراسية حتى هذه اللحظة،

كما نرفع كلمة شكر الى الدكتورة المشرفة "شاوش خولة".

كذلك نشكر المشرفين عنا خلال التربص الميداني

الذين لم يبخلوا علينا بنصائحهم وارشاداتهم.

ونتوجه بالشكر الجزيل الى لجنة المناقشة الأستاذة "زاوي منال"

والأستاذ "ذوادي علي".

كما نشكر كل من مدلنا يد العون من قريب أو من بعيد،

ونشكر كل أساتذة وعمال قسم الكيمياء عامة.

وفي الأخير لا يسعنا الا أن ندعو الله عز وجل

أن يرزقنا السداد والعفاف والغنى وأن يجعلنا هداة مهتدين.

- بن زين صباح
- بن عيوة فاطمة الزهراء

إهـداء

بسم الله الرحمن الرحيم والصلاة على أشرف المرسلين أما بعد:

ما أجمل أن يجود المرء بأغلى ما لديه

والاجمل ان يهدى الغالي للأغلى.

اهدي هذا العمل المتواضع

الى روح حبيبة القلب والروح

الى روح التي رحلت وبقيت ذكراها الجميلة وكلمتها العذبة،

الى أمي الغالية التي وان طال الدهر وتمادت عليا الدنيا

ستظل شمعة القلب والحياة وسيظل لساني يلهج باسمها

وينادي ويدعو لها في كل لحظة،

عليك السلام في قبرك وعليك الرحمة والأمان الى يوم يبعثون،

اللهم ارحم أمي ورزقها الفردوس بلا حساب ولا سابقة عذاب.

كما اهديه الى روح الذي لن يأتي مثله أحد ولن يأخذ مكانه أحد،

الى الذي أحسن الي منذ يوم ولادتي حتى يوم فراقه

الى أبي الغالي رحمة الله عليك يا روح عاشت في القلب ولم تمت.

واهديه الى أخي وسندي في الحياة أدمه الله لي.

والى أختي ورفيقة وشريكة في العمل فاطمة الزهراء.

والى اللذان كانا عوضا لي بعد والديا.

والى كل من ساندني في إنجازه.

بن زين صباح

إهـدا ء

الحمد لله وكفى

والصلاة على الحبيب المصطفى

وأهله ومن وفى أما بعد:

الحمد لله الذي وفقنا

لتثمين هذه الخطوة في مسيرتنا الدراسية

بمذكرتنا هذه ثمرة الجهد والنجاح

بفضله تعالى مهداة الى

الوالدين حفظهما الله وأدمهما نورا لدربي

لكل العائلة الكريمة

التي ساندتني ولا تزال من أخوة وأخوات

الى رفيقات المشوار

والى كل عمال وعاملات قسم الكيمياء

الى كل من كان لهم أثر على حياتي

والى كل من أحبهم قلبي ونسيهم قلمي.

بن عيوة فاطمة الزهراء

قائمة الاختصارات

الاختصار	الدلالة بلغة الاختصار	الدلالة بالغة العربية
API	American Petroleum Institute	المعهد الأمريكي للبترول

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	الصفحة
01	درجة الكثافة النوعية والكثافة حسب API لمختلف أنواع المنتجات والمشتقات النفطية	08
02	أشهر حوادث النفط في العالم	18
03	بيانات التوصيف الأساسية قبل الشروع في معالجة التربة	23
04	درجة التحلل البيولوجي للملوثات	25
05	تراكيز خصائص التربة الملوثة	42
06	بعض خصائص التربة الملوثة بالنفط	50
07	خصائص المواد الخافضة للتوتر السطحي	51
08	قيم إزالة الهيدروكربونات البترولية لتقييم المواد الخافضة للتوتر السطحي المختلطة	52
09	كفاءة استعادة الزيت حسب نوع الكاشطات المستخدمة	69
10	الكائنات الحية الدقيقة الرئيسية لتقليل التسرب النفطي والبقع النفطية	73
11	مزايا وعيوب طرق المعالجة	76

قائمة الأشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	الصفحة
01	تقنية معالجة خلايا الوقود الحيوي.	27
02	نظام معالجة الأكسدة الكيميائية في الموقع	29
03	نظام معالجة الأكسدة الكيميائية خارج الموقع	30
04	صورة الموقع قبل المعالجة البيولوجية	44
05	صورة الموقع بعد شهرين من المعالجة البيولوجية	45
06	وحدة الامتصاص الحراري غير المباشر Halliburton	62
07	مخطط تدفق عملية الامتصاص الحراري غير المباشر	62
08	وحدة الامتزاز الميكانيكي الحراري TCC	63
09	مخطط تدفق عملية الامتزاز الميكانيكي الحراري TCC	64
10	وحدة الامتزاز الميكانيكي الحراري Halliburton-TCC	64
11	أنواع حواجز التطويق الطافية	69
12	رش مشتت على بقعة نفط بواسطة طائرة	71
13	ترسيخ النفط بعد معالجته بواسطة مواد صلبة	71
14	حرق بقعة نفط	72
15	ربط المشابك المعدنية وأذرع الامتصاص معا للحصول على طول إضافي	79
16	نشر الضمادات الماصة على السطح لتجميع الانسكاب	79

الـفـهـرس

المحـتوى	الصفـحة
شكر وعرفان	i
الاهداء الأول	ii
الاهداء الثاني	iii
قائمة الاختصارات	iv
قائمة الجداول	iv
قائمة الاشكال	v
مقدمة عامة	01
الفصل الأول: بحث توثيقي حول البيئة والنفط	
مقدمة	03
I.1. مفهوم البيئة	03
I.2. أثر ودور الانسان والتكنولوجي الحديثة على البيئة	04
I.3. مفهوم التلوث	04
I.4. درجات التلوث	05
I.5. أشكال التلوث	05
I.6. مصادر التلوث البيئي	06
I.7. تعريف النفط	07
I.8. أنواع النفط ومنتجاته	07
I.9. الخواص الفيزيائية والكيميائية للنفط	08
I.10. التلوث النفطي	11
الخلاصة	12
الفصل الثاني: التسربات النفطية وأثرها على تلوث المصفوفة البيئية	
مقدمة	13
II.1. تعريف التسرب النفطي	13
II.2. الأشكال المتعددة لتفاعل وانتشار النفط في الطبيعة	13
II.3. أنماط التسرب النفطي	14
II.4. أسباب حدوث التسرب النفطي	15
II.5.مصادر التلوث الناتجة عن عمليات نقل النفط	16

6.II. تأثير التسرب النفطي على البيئة	16
7.II. أشهر حوادث التسرب النفطي في العالم	18
الخلاصة	21
الفصل الثالث: طرق وتقنيات معالجة التربة الملوثة بالتسرب النفطي	
مقدمة	22
1.III دراسة نظرية	
1.1.III تأثير النفط المنسكب على الخصائص الكيميائية للتربة	22
2.1.III بيانات التوصيف المطلوبة قبل تحديد تقنية المعالجة	23
3.1.III عماليات معالجة التربة	23
1.3.1.III المعالجة البيولوجية	23
1.1.3.1.III التحلل البيولوجي والتهوية الحيوية	24
2.1.3.1.III خلية الوقود الحيوي	26
2.3.1.III المعالجة الكيميائية	28
1.2.3.1.III الأكسدة الكيميائية	28
2.2.3.1.III غسل الأرضيات في الموقع	31
3.3.1.III المعالجة الفيزيائية (التصلب/التثبيت)	34
4.3.1.III المهالجة الحرارية	36
1.4.3.1.III الامتزاز الحراري	37
2.4.3.1.III الحرق	37
3.4.3.1.III الترميد	38
4.4.3.1.III الانحلال الحراري	38
5.4.3.1.III التزجيج في الموقع	39
6.4.3.1.III التدفئة بالترددات الراديوية / التسخين بالميكروويف	39
7.4.3.1.III حقن الهواء الساخن	40
8.4.3.1.III حقن البخار	40
2.IIIدراسات تحليلية	41

3.III دراسة ميدانية (دراسة حالة مؤسسة BASP)	60
الخلاصة	66
الفصل الرابع: طرق وتقنيات معالجة المياه الملوثة بالتسرب النفطي	
مقدمة	67
1.IV دراسة نظرية	
1.1.IV خصائص النفط المتسرب	67
1.1.1.IV الخصائص الفيزيائية	67
2.1.1.IV الخصائص الكيميائية	68
2.1.IV عماليات معالجة المياه	68
1.2.1.IV المعالجة الفيزيائية	68
2.2.1.IV المعالجة الكيميائية	70
3.2.1.IV المعالجة الحرارية (الحرق في الموقع)	72
4.2.1.IV المعالجة البيولوجية	73
2.IV دراسات تحليلية	74
الخلاصة	84
الخلاصة العامة	85
المراجع	87
قائمة الملاحق	I
الملخص	VII

مقدمة
عامة

مقدمة عامة

حظي موضـوع البيئة والدراسـات البيئية باهتمام المتخصـصـين والرأي العام في العقدين الأخرين، وكثرت الموضوعات والدراسات التي تناولت القضايا البيئية، تعتبر مشكلة التلوث أحد أهم المشاكل البيئية الملحة التي بدأت تأخذ أبعاد بيئية واقتصادية واجتماعية [1]

يعتبر النفط من اهم الاستكشافات في تاريخ الانسان، ويمثل المصدر الأول لطاقة في هذا العصر، الا ان صـــناعة النفط تعتبر واحدة من الأنشــطة التي تســبب في خلق أثار ســلبية على البيئة ويظهر ذلك في التلوث الناتج من جراء الأنشــطة والعمليات المختلفة في كل مراحل الصــناعة النفطية [2]. ويعتبر النفط والصناعة النفطية بكل مراحلها أحد مصادر التلوث البيئي، ومن بين اشكال التلوث بالنفط نجد التسربات النفطية التي انتشرت في العالم وهي احدى الكوارث البيئية الخطيرة التي تشير الى وصـول النفط أو أحد مشتقاته الى مياه البحار والمحيطات وأحيانا الى اليابسة والمياه الجوفية دون قصد نتيجة لحدوث خلل ما في أماكن الاستكشاف أو في الناقلات الضخمة أو انابيب النقل [3].

وصول النفط المتسرب الى التربة يسبب تلوثها وتقليص المساحات الزراعية وانخفاض انتاجها للمحاصيل. وتعتمد درجة التلوث النفطي على نوع وكمية ومصـدر التلوث، ولحل هذه المشكلة أو تقليل اثارها السلبي على البيئة الى أقصـــى حد ممكن يتطلب جهودا كبير وكذا معرفة الاثار المترتبة على تأثير الملوثات النفطية في خصـائص التربة الكيميائية التي تؤدي الى انخفاض انتاجها هذا ما دفع عن البحث عن طرق المعالجة الممكن تطبيقها على التربة الملوثة بالتسـربات النفطية [4]. كذلك يصـل التسـرب النفطي للمياه والبحار من خلال حوادث السفن والناقلات وغرقها وحوادث بئر التنقيب عن النفط. حيث تأثر الخصـائص الفيزيائية والكيميائية للانسـكاب النفطي بشـكل كبير على الحياة البحرية والتركيب الطبيعي للمحيطات أو مصـدر المياه وبعض الأنشـطة الاقتصـادية، ويعتمد تكوين بقع الزيت بعد انسكاب النفط على العديد من العوامل المختلفة مثل الطقس وسرعة الانتشار النفط على سطح الماء والانجراف وتبخر وغيرها، حيث يتم اســـتخدام العديد من تقنيات لاســـتعادة النفط المتســـرب، يعتمد اختيار طريقة المعالجة على نوع وكمية الانسكاب النفطي وظروف الطقس والبيئة [5].

مما ســـبق نطرح التســـاؤلات التالية: ماهي الاثار الناجمة عن تســـرب النفط في التربة والمياه؟ وماهي مصـادر التسرب النفطي؟ وماهي طرق المعالجة الممكن تطبيقها في معالجة كل من التربة والمياه الملوثة بالتسرب النفطي؟ وماهي طرق المعالجة التي تعتمدها الجزائر؟

سنحاول معالجة هذه الإشكالية باستخدام المنهج الوصفي والمنهج التحليلي بالإضافة الى دراسة ميدانية وفق الفصول التالية:

الفصل الأول: قمنا بإعطاء نظرة شاملة يتعرف من خلالها القارئ على البيئة والتلوث البيئي عامة والتلوث النفطي خاصة.

- الفصل الثاني: تأثير التسربات النفطية على المصفوفة البيئية.
- الفصل الثالث: طرق والتقنيات معالجة التربة الملوثة بالتسرب النفطي.
- الفصـــل الرابع: طرق وتقنيات معالجة المياه الملوثة بالتســـرب النفطي. وفي الأخير أنهينا العمل بخلاصة عامة.

الفصل الأول:

بحث توثيقي حول البيئة والنفط

ملخص الفصل:

خلال هذا الفصل سنتطرق الى اهم المفاهيم المتعلقة بالبيئة وانواعها وعناصرها الأساسية، وكذلك أنواع التلوث البيئي ودرجاته، كذلك سنتعرف على الصناعة النفطية واثارها على تلوث البيئة.

مقدمة

حظي موضوع البيئة والدراسات البيئية باهتمام المتخصصين والرأي العام في العقدين الأخرين، وكثرت الموضوعات والدراسات التي تناولت القضايا البيئية خاصة بعد ان اخذت الموارد الطبيعية في النضوب والاستنزاف وباتت ملوثة بأنواع شتى من المواد الكيميائية والسموم.

تعتبر مشكلة التلوث أحد أهم المشاكل البيئية الملحة التي بدأت تأخذ أبعاد بيئية واقتصادية واجتماعية خصوصا بعد الثورة الصناعية في أوروبا والتوسع الصناعي الهائل المدعوم بالتكنولوجيا الحديثة، وفيما يلي بعض المفاهيم الأساسية المتعلقة بالبيئة والتلوث البيئي [1].

I .1 . مفهوم البيئة

البيئة هي اجمالي الأشياء التي تحيط بنا وتؤثر على وجود الكائنات الحية على سطح الأرض متضمنة الماء والهواء والتربة والمعادن والمناخ والكائنات أنفسهم كما يمكن وصفها بانها مجموعة من الأنظمة المتشابكة مع بعضها البعض لدرجة التعقيد والتي تؤثر وتحدد بقائنا في هذا العالم والتي نتعامل معها بشكل دوري وهي أنواع:

- **بيئة مادية:** تشمل الهواء، الماء، والأرض.
- **بيئة بيولوجية:** تشمل الحيوانات، النبات، والانسان.
- **بيئة اجتماعية:** وهي مجموعة القوانين والأنظمة التي تحكم العلاقات الداخلية للأفراد الى جانب المؤسسات والهيئات السياسية والاجتماعية.
- **بيئة صناعية:** أي التي صنعها الانسان من قرى، مزارع، مصانع، شبكات...الخ.

وتتكون البيئة من ثلاثة عناصر أساسية وهي:

- **عناصر حية:** وتضم عناصر الإنتاج مثل النبات، عناصر الاستهلاك والمتمثلة في الانسان والحيوان، وعناصر محللة مثل الفطريات والبكتريا الى جانب بعض الحشرات.
- **عناصر غير حية:** وتشمل الهواء، الماء، التربة، والشمس.
- **النشاط الإنساني:** وهي الأنشطة التي تتم ممارستها في نطاق البيئة بفعل الانسان [6].

2.I. أثر دور الانسان والتكنولوجيا الحديثة على البيئة

إذا كانت البيئة هي الإطار الذي يعيش فيه الانسان ويحصل منه على مقومات حياته من غذاء وكساء ويمارس فيه علاقاته مع اقرانه من بني البشر، فان اول ما يجب عليه تحقيقه فهم البيئة فهما صحيحا بكل عناصرها ومقومتها وتفاعلاتها المتبادلة، ثم يقوم بالعمل على تحسينها والحفاظ عليها.

يعتبر الانسان اذن اهم عامل حيوي في احدث التغير البيئي والاخلال الطبيعي البيولوجي منذ وجوده وهو يتعامل مع مكونات البيئة، وكلما توالت الأعوام ازداد تحكما في البيئة وخاصة بعد ان يسر له التقدم العلمي والتكنولوجي مزيدا من الفرص احداث التغير في البيئة، وتكمن عوامل اختلال التوازن البيئي في الأنظمة البيئية في وجود الملوثات التي ازدادت مع ازدياد دخل الفرد وما يستهلكه من الموارد الطبيعية لتشغيل المصانع وخطوط انتاجها واصبح اعتماده على تلك المنتجات لتغطية احتياجاته اليومية، مما دفع المصانع لتوفير هذه الاحتياجات من اجل الكسب المادي دون التركيز على الأثار السلبية التي قد تحدث للبيئة، واهم المشاكل البيئية الحادثة ظاهرة التلوث المتسارع خصوصا بعد الثورة الصناعية والتوسع الصناعي المدعم بالتكنولوجيا الحديثة، وهنا يبرز دور النسان في تفشي ظاهرة التلوث البيئي، وقد اهتمت دول العالم بهذه الظاهرة منذ النصف الثاني من القرن العشرين [1].

3.I. مفهوم التلوث

هو احداث تغير التي تحيط بالكائنات الحية بفعل الانسان وانشطته اليومية مما يؤدي الى ظهور بعض المواد التي لا تتلائم مع المكان الذي يعيش فيه الكائن الحي ويؤدي الى اختلاله، حيث يعتبر الانسان هو السبب الرئيسي والاساسي في عملية التلوث في البيئة وظهور الملوثات بمختلف أنواعها.

اما التلوث البيئي فيقصد بيه التأثيرات السلبية على مكونات البيئة كالهواء والماء والأرض او دخول عناصر غريبة اليها مما يؤدي الى اخلال التوازن الدقيق السائد فيها ويشكل خطر على الانسان من خلال تأثيراته الصحية المباشرة الناتجة من تلوث الهواء ومصادر الغذاء والماء، وبرزت مشكلة التلوث وتعاظم خطرها مع تقدم الصناعة وتزايد الطلب على الطاقة. ويعد التلوث الناتج عن الصناعة من اهم مصادر التلوث والذي قد يكون مباشرا من خلال الغازات والمواد الصلبة التي تنفثها المصانع في الجو او من

مخلفات الصناعة من المواد السائلة والصلبة او غير مباشرة من خلال تأثير المنتجات الكيميائية والاسمدة على التربة والماء والهواء [6].

I.4. درجات التلوث

نظرا لخطورة وشمولية التلوث فقد اشارت معظم المراجع الى تقسيمه الى ثلاث دراجات وهي:

- **التلوث المقبول:** هو درجة من درجات التلوث التي لا يتأثر بها توازن النظام الايكولوجي ولا يكون مصحوبا بأي أخطار او مشاكل بيئية رئيسية.
- **التلوث الخطر:** وتعاني منه العديد من الدول الصناعية لأنه ينتج من النشاط الصناعي، وتعتبر هذه المرحلة من المراحل المتقدمة حيث ان كمية ونوعية الملوثات تتعدى الحد الايكولوجي الحرج والذي يبدأ معه التأثير السلبي على العناصر البيئية الطبيعية والبشرية، وتتطلب هذه المرحلة إجراءات سريعة للحد من التأثيرات السلبية.
- **التلوث المدمر:** ويمثل هذا النوع المرحلة التي ينهار فيها النظام الايكولوجي ويصبح غير قادر على العطاء نظرا لاختلال مستوى التوازن بشكل جذري، ويحتاج النظام الايكولوجي في هذه الحالة الى سنوات طويلة لإعادة اتزانه بواسطة تدخل العنصر البشري وبتكلفة اقتصادية باهظة [1].

I.5. أشكال التلوث

قد أصاب التلوث كل العناصر البيئة المحيطة بالإنسان، وزادت الضجة المورقة والاشعاعات المؤذية، وفيما يلي نجد أشكال التلوث ذات الاهتمام الدولي:

- **تلوث المياه:** هو احداث خلل في نوعية المياه بحيث تصبح غير صالحة للاستخدام وغير قادرة على احتواء الجسيمات والكائنات الدقيقة والفضلات المختلفة في نظامها الايكولوجي، ولقد أصبح التلوث البحري مشكلة كثيرة الحدوث في العالم نتيجة النشاط البشري والتنمية الاقتصادية.
- **تلوث الهواء:** يتكون الغلاف الجوي من نسب دقيقة وعلى شكل طبقات لكل منها صفاتها الطبيعية التي تساهم في حفظ التوازن البيئي على الأرض بشكل محكم ودقيق ويحدث تلوث الهواء حينما

يختلط بمواد معينة مثل اكاسيد الكبريت واكاسيد الكربون، الدخان وشوائب المختلفة...وغيرها ما ينتج عنه أثار سلبية على النبات والحيوان والانسان.

- **تلوث التربة:** هو التدمير الذي يصيب طبقة التربة الرقيقة الصحية المنتجة ما ينتج عنه تدمير انتاج وقدرة التربة.
- **تلوث بالمخلفات الخطيرة:** وتتكون من المواد المطروحة التي قد تهدد صحة البشر والبيئة، وتصدر هذه المخلفات من المصانع والمستشفيات.
- **التلوث بالضجيج:** ويمكن تعريف الضجيج بأنه أي نوع من الأصوات التي تزعج الانسان او تضر به يقاس بمقياس يسمى "الديسيل Décibel".
- **التلوث الاشعاعي:** هو أخطر أنواع التلوث ومن مصادره الاشعاعات الطبيعية والصناعية للأغراض الطبية وكذلك التفجيرات النووية.
- **التلوث البيولوجي:** يحدث بسبب وجود ميكروبات وجراثيم وطفيليات في الوسط مما يؤدي الى إصابة الكائنات الحية منها الانسان بالأمراض [1].

I.6. مصادر التلوث البيئي

تنقسم حسب نوع وشكل التلوث الى:

- **مصادر تلوث الهواء:** وتصنف الى مجموعتين:

- مصادر التلوث الطبيعي وهي: لبراكين، الغبار والاتربة التي تثيرها الرياح والعواصف، حرائق الغابات والمراعي، غبار الطلع، الجراثيم والبكتيريا.

- مصادر التلوث البشري: يمكن ان تكون ثابتة كالحرائق التي تحدث في مكان ثابت كمحطات توليد الكهرباء والمصانع والمنازل وأكثر المحطات تلويثا للبيئة هي المحطات الحرارية التي تستخدم الفحم الحجري، او تكون متحركة ويقصد بها وسائل النقل.

- **مصادر تلوث المياه:** وتصنف كالتالي:

- تلوث البحار والمحيطات: ومن اهم مصادره النفط، مصبات الصرف الصحي، المبيدات، المعادن الثقيلة، المواد المشعة.

- تلوث الأنهار: واهم ملوثاتها الأســـمدة الكيميائية، النفايات الصـــناعية، التلوث الحراري، مياه المجاري.
- تلوث مياه البحيرات: واهم مصادره الملوثات الزراعية، الملوثات الصناعية، الملوثات الحضرية.
- تلوث المياه الجوفية: عدتا تمتاز بكونها خالية من الملوثات والشـــوائب ومن اهم ملوثاتها نجد: المياه المتسربة من الاستخدام الزراعي، النفايات المدفونة في باطن الأرض، حفر مياه الصرف الصحي، تسرب مياه البحر المالحة.

- **مصادر تلوث التربة:** تعتبر اهم المصادر:
  - النفايات الصلبة بأنواعها.
  - الأسمدة والمبيدات الكيماوية.
  - التسرب النفطي [2].

7.I. تعريف النفط

لابد أولا من التنويه بان استخدام مصطلح النفط ليس موحد في جميع الأوساط العلمية عامة او الجامعية منها تحديدا سواء على الصعيد العربي او الدولي، فالبلدان الغربية تستخدم كلمة بترول لان أصلها لاتيني، علما ان الكلمتين (نفط او بترول) يرمزان لنفس الشـــيء عن هذه المادة، يعرف النفط بانه ســـائل يتكون بالأســـاس من خلائط معقدة وغير متجانســـة من مركبات عضـــوية كربونية ذات تركيبات جزئية متنوعة وخواص طبيعية وكيميائية مختلفة كما يحتوي على بعض الشوائب كالكبريت والاكسجين والنتروجين والماء والاملاح وبعض المعادن [7].

8.I. أنواع النفط ومنتجاته

النفط الخام الموجود في الطبيعة رغم كونه مادة متجانســة في العناصــر المكونة له، الا انه لا يكون على نوع واحد في العالم. وفيما يلي أنواع النفط ومنتجاته، فالنفط يتباين ويختلف في نوعه من منطقة الى أخرى ومن بلد الى أخر، وحت داخل الحقل الواحد لا يوجد نفط واحد في نوعه، وهكذا قد يكون نفط بارفينيا وهو نفط يحتوي على نســـبة عالية من المركبات الهيدروكربونية البارفينية، او قد يكون نفطا نافتينيا وهو النفط المحتوي على نسبة عالية من المركبات النافتينية، او يكون من المواد الاسفلتية (العطرية–الأروماتية).

هناك نفط خفيف، ثقيل، متوسـط، وهناك نفط بحسـب درجة الكثافة (عالي او منخفض)، كما يوجد نفط حلو او مر للتدليل على مقدار ونسـبة احتوائه على المادة الكبريتية، هذا الى جانب الأوصـاف الأخرى لأنواع النفط كما يوضح الجدول (1) [7].

جدول (1): درجة الكثافة النوعية والكثافة حسب **API** لمختلف أنواع المنتجات والمشتقات النفطية.

النوع	درجة الكثافة النوعية	الكثافة حسب API
زيت الخام	0.97-0.80	12.9-45.4
بنزين الطائرات	0.78-0.80	49.9-70.6
بنزين السيارات	0.79-0.81	47.6-67.8
كيروسين	0.85-0.78	37.0-49.9
زيت الغاز	0.90-0.82	25.7-41.1
الديزل	0.92-0.82	22.3-41.1
زيت التشحيم	0.95-0.85	17.5-35.0
زيت وقود	0.99-0.92	11.4-22.3
اسفلت	1.1-1.0	10.0

والنفط الخام يتضـمن ويسـتخلص منه العديد من المنتجات النفطية المختلفة في طبيعتها واسـتعمالها وهي كالتالي:

- **المنتجات الخفيفة:** الغاز الطبيعي، بنزين الطائرات، بنزين السيارات، كيروسين.
- **المنتجات المتوسطة:** زيت الغاز، زيت الديزل، زيت التشحيم.
- **المنتجات الثقيلة:** زيت الوقود، الاسفلت، الشمع [7].

9.1. الخواص الفيزيائية والكيميائية للنفط

عند التعامل مع مزيج معقد من الهيدروكربونات الموجودة في مسـتقرات النفط تكون معرفة معدل صـفات المزيج أكثر أهمية من المعرفة الكاملة الدقيقة للتركيب الكيميائي والصـفات الفيزيائية للمكونات الموجودة، وسنورد بعض الصفات العامة التي يمكن قياسها لنواتج تكرير النفط:

- الكثافة Densité.

- معامل الانكسار Réfractive Index.
- اللزوجة Viscosité.
- التطاير Volatilité، وتعني قابلية الوقود على التبخر ويعتمد تبخر السائل على ضغطه البخاري الموجود فوقه في حالة توازن مع الضغط الجوي، وتعتبر خاصية تطاير الجازولين في الظروف المناخية المختلفة من الصفات المهمة لصلاحيته لبدء التشغيل في الجو البارد وكذلك توقف المحرك في الجو الحار بسبب انسداد المجرى الوقودي بالبخار او توقف المحرك في الشتاء على نسبة عالية من المواد الأقل تطاير.
- درجة الأنيلين Aniline Polar، وتستخدم في تعيين المحتوى البارافيني والأروماتي لبعض مشتقات الوقود وتدعى العلاقة بمعامل ديزل Diesel Index. وهي عبارة عن اقل درجة حرارية يمتزج عندها حجمان متساويات من المشتق البترولي والأنيلين. وتستخدم درجة الأنيلين لمعرفة المحتوى الأروماتي في المشتق البترولي من الكيروسين والزيوت، وتزداد درجة الأنيلين بانخفاض المحتوى الأروماتي وزيادة المحتوى البارافيني في الوقود، وتوجد علاقة عكسية بين معامل ديزل وقابلية الوقود لتوليد الدخان.
- محتوى الرماد Ash Content.
- التدامي Bleeding، ويعني قابلية انفصال المكونات السائلة عن الصلبة للمشتق البترولي الموجود بهيئة المزيج كما في زيوت التشحيم والشحوم البترولية الصلبة.
- نقطة الاحتراق Burning Point، والتي تمثل اقل درجة حرارية يستمر عندها البخار المتطاير من المشتق البترولي الموجود في وعاء مفتوح بالاحتراق عند اشتعاله بمصدر اللهب موضوع بالقرب من سطح السائل [8].
- درجة التغييم Cloud Point، وهي الدرجة الحرارية التي تتبلور عندها بعض المشتقات الشمعية والمكونات الصلبة للنفط الخام ومشتقاته ونتفصل عن المكونات السائلة عند تبريد المشتق بتشكل مفاجئ.
- درجة الانسكاب Pour Point، تمثل اقل درجة حرارة يستمر عندها المشتق البترولي بالانسياب.
- قياس اللون.
- درجة التقطر Dropping Point، وهي تمثل درجة الحرارة التي تتحول عندها الشحوم البترولية من مواد شبه صلبة الى سوائل لزجة.

- درجة الانتهاء ودرجة الجفاف، يقصد بدرجة الانتهاء هي درجة الغليان النهائية للمشتقات البترولية خلال عملية التقطير وتعتمد عليها العديد من الصـــفات الفيزيائية الأخرى كالتطاير والضـــغط البخاري وغيرها. ويقصـد بدرجة الجفاف درجة الحرارة التي تتبخر عندها اخر قطرة من السـائل الموجود في وعاء التقطير.
- حرارة الاحتراق Heat of Combustion، وهي الحرارة الاجمالية الناتجة عن احتراق وحدة وزن من المشتق البترولي حرقا تاما
- عدد الاختراق Penetration Number، يعني خاصـية التماسك عند بعض المشـتقات البترولية كالشحوم والاسفلت، ويقصد به المسافة او العمق الذي تخترقه ابرة قياسية عمودية تحت ظروف معينة في المادة المراد فحصها.
- التوتر الســـطحي Surface Tension، وهو مقياس لقوة الجذب الموجودة بين طورين مختلفين (صلب–سائل او سائل–غاز او سائل–سائل)
- الحرارة النوعية Specific Heat.
- الحرارة الكامنة Latent Heat.
- المحتوى الحراري الإجمالي.
- الرقم الأوكتيني
- عدد الســيتان Cetane Number، يســتخدم لقياس جودة زيت الوقود المســتعمل في محركات الديزل.
- عدد الأوكتان
- تعتبر مقاومة الجازولين للخبط (Knocking) اهم خاصـية للجازولين عندما يتم احراقه في محرك احتراق داخلي، فعندما يتم حقن مزيج من بخار الجازولين مع الهواء داخل أســطوانة محرك ســيارة فان المكبس سـوف يتحرك ليضـغط هذا المزيج وعندما يحصـل الانضـغاط فان المزيج سـوف يسـخن الى حد يمكن ان يجعل المزيج يشـتعل تلقائيا دون استخدام شرارة شمعة الاشـتعال، إذا حصـل ذلك قبل ان يصـل المكبس الى النهاية الشوط، فان المحرك سوف يصدر ضجيجا وخبطا [8].

I.10. التلوث النفطي

يعتبر النفط مثله مثل مصادر الطاقة الأخرى ملوثا للبيئة، برغم انه ليس أسوء من الفحم وليس أخطر من الطاقة النووية، الا انه أكبر ملوثا للبيئة لكونه أوسع مصادر الطاقة استخداما في العصر الحديث وهذا راجع الى نشاطات الصناعة النفطية بجميع أنواعها ومراحل انتاجها وكذلك بعض الحوادث الغير متوقعة او الطبيعية، وفيما يلي نجد المشاكل البيئية الناتجة عن الصناعة النفطية [2].

- **التلوث الناتج عن مرحلة المنبع:** تنشأ الأخطار الرئيسية اثناء عمليات الحفر عن النفط بالنسبة للتلوث التربة والمياه فهناك احتمال فقدان كمية من الطين في الحفر وتسرب النفط ليختلط بالمياه الجوفية القريبة من السطح الأرض التي تكون مناسبة لزراعة والسكن ويمكن التغلب على ذلك بتبطين جدران البئر في المنطقة القريبة من سطح الأرض، وبمجرد الانتهاء من حفر البئر تكون المشكلة الرئيسية هي كيفية التخلص من المياه التي تكون مختلطة بالنفط والتي تمثل نسبة كبيرة من حجم السوائل.

كما تتسبب عمليات الحفر والاستخراج النفط تلوثا في صورة غازات متسربة من الابار، كذلك تشويه المنظر الطبيعي لسطح الأرض وعدم صالحيتها بعد انتهاء البئر، كما ان النفط الذي ينساب من هذه الابار نتيجة التدفق الطبيعي يؤدي الى تسمم الحياة الإنسانية والنباتية والحيوانية.

ومن هنا يمكن ان نصنف عمليتين أساسيتين يمكن لهما التأثير على البيئة وهما التنقيب والاستخراج مقسمتين الى ثلاث فئات وهي: نفايات الحفر، المياه المنتجة، الانبعاثات الغازية.

- **التلوث الناتج عن مرحلة المصب:** أدى التوسع الهائل في تكرير النفط الخام الى زيادة المخلفات وملوثات ناجمة عن صناعة التكرير بحيث تمس عدة عناصر بيئية.

كذلك استهلاك المنتجات النفطية لها دور كبير في تلوث البيئة لما ينتج عنها استخدام النفط من ملوثات حرارية وكيمياوية ودقائق عالقة وضوضاء وغيرها.

- **التلوث الناتج عن مرحلة النقل:** خلال عملية نقل النفط هناك احتمالية حدوث تلوث للبيئة وذلك نتيجة تسرب الزيت من خطوط الانابيب التي تنقله من الابار الإنتاج الى معامل التكرير كما ان نقل النفط له دور كبير في تلوث المياه نتيجة تسرب الزيت النفطي من الابار المغمورة تحت المياه او نتيجة لحدوث اصطدام الناقلة بالصخور والاعشاب البحرية مثل حادثة "اصطدام الناقلة توري كوينون بالصخور المواجهة لشاطئ مقاطعة كونوول جنوب غرب بريطانيا سنة 1967" وعليه يمكن القول ان عملية نقل النفط لها تأثير على البيئة نتيجة التسرب النفطي [2].

الخلاصة

يعتبر النفط من اهم الاستكشافات في تاريخ الانسان، ويمثل المصدر الأول لطاقة في هذا العصر ويتم تحويل النفط والغاز الطبيعي الى منتجات بتروكيمياوية متعددة تدخل في الكثير من الاستخدامات المفيدة للإنسان، الا ان صناعة النفط تعتبر واحدة من الأنشطة التي تسبب في خلق أثار سلبية على البيئة ويظهر ذلك في التلوث الناتج من جراء الأنشطة والعمليات المختلفة في كل مراحل صناعة النفط.

الفصل الثاني:

التسربات النفطية وأثارها على تلوث المصفوفة البيئية

ملخص الفصل:

يعرف التلوث النفطي بأنه اطلاق مركبات أو مخاليط مصـــدرها النفط الى عناصـــر البيئة، ما يســبب تغير في جودتها، ويعتبر التســرب النفطي من بين أشــكال التلوث بالنفط.

من خلال هذا الفصل سنتعرف على أنماط التسرب النفطي وأسباب حدوثه واهم تأثيراته على البيئة.

مقدمة

يعرف التلوث بأنه إضافة أي مادة أو أي شكل من أشكال الطاقة الى البيئة بمعدل أسرع مما يمكن تفريقه أو تخفيفه أو تحلله أو تخزينه في شـــكل غير مؤذي، ويعتبر النفط والصـــناعة النفطية بكل مراحلها أحد مصـادر التلوث، ومن بين اشـكال التلوث بالنفط نجد التسـربات النفطية، حيث هي احدى الكوارث البيئية الخطيرة التي تشـير الى وصـول النفط أو أحد مشـتقاته الى مياه البحار والمحيطات وأحيانا الى اليابسـة والمياه الجوفية دون قصـد نتيجة لحدوث خلل ما في أماكن الاسـتكشـاف أو في الناقلات الضـخمة أو انابيب النقل [3].

II.1. تعريف التسرب النفطي

تسـرب النفط هو شـكل من أشـكال التلوث، يحدث الانسـكاب النفطي عندما يتم إطلاق النفط الخام أو المنتجات النفطية المكررة في الماء أو على الأرض، كما يمكن أن تكون الناقلات أو الشـاحنات الضـخمة سـببا رئيسـيا لانسـكاب النفط عند نقل كمية كبيرة من النفط من مكان الى أخر. يمكن ان يكون الإغراق المتعمد للنفط على الأرض أو تسرب زيت المحرك أو غيره من المنتجات النفطية في البيئة مصادر أخرى لانســـكاب النفط، حيث يمكن أن يؤدي هذا الى تلوث التربة الذي بدوره يمكن أن يؤدي الى تلوث المياه الجوفية، كما أن انسـكاب النفط ليس بالأمر السـهل كما أنه ليس نادر الحدوث والاضـرار الناجمة عنه يمكن أن تكون كبيرة وتأخذ وقت طويل للتنظيف. على الرغم من أنه من المعروف أن العوامل التي من صنع الانسان هي المسؤولة عن الانسكابات النفطية الا أن الحقيقة هي أن الانسكابات النفطية يمكن أن تحدث أيضا بسبب الاحداث التكتونية، حيث يمكن أن يتسبب كلا العاملين في الاضرار بصحة الكائنات الحية في المنطقة المحيطة [web 1].

II.2. الاشكال المتعددة لتفاعل وانتشار النفط في الطبيعة

يعرف النفط بقدرته العالية على التفاعل والانتشار بعدة أشكال والوصول الى الهواء والى التربة والى المياه العذبة والى البحار أو المحيطات وبعدة أشـــكال مختلفة تعتمد على العديد من العوامل الحيوية والفيزيائية والجوية، مع العلم بأن كافة هذه الأشـــكال هي في غاية الخطورة وقد يجتمع في موقع ما شـــكل واحد أو

أكثر أو كافة الأشكال وكلما زاد عدد تلك الأشكال زادت صعوبة التخلص منه. والأشكال المتعددة لتفاعل وانتشار النفط في الطبيعة هي:

- الانتشار Spreading.
- الانجراف Drifing.
- التبخر Evaporation.
- التفكك والتحلل الطبيعي Dispersion Natural.
- تشكله على شكل مستحلب "خليط ماء ونفط" Emulsification water in oil.
- الذوبان Dissolution.
- الأكسدة Oxidation.
- الترسب Sedimentation.
- التحلل البكتيري Biodegradation [3].

II.3. أنماط التسرب النفطي

تختلف أنماط التسرب النفطي تبعا للمواد المتسربة وطبيعتها ومكان تسربها وكميتها إضافة الى المساحة التي وصلت اليها والزمن اللازم لتفككها [web 2].

- **التسرب النفطي من النمط A:** يتضمن النفط من النمط A نفط خام خفيف عالي الجودة وبعض المواد الناتجة عن التكرير كالبنزين ووقود الطائرات النفاثة، حيث يتميز أنه مادة خفيفة وسائلة سريعة الانتشار وقوية الرائحة ويعتبر من بقية أنواع النفط الأكثر ضررا واحداثا للتلوث والأقل ثباتا واستمرارية، فان اختلاط هذا النفط مع التربة تبقى أثاره لفترة طويلة بينما يتلاشى في المياه بسرعة لكنه يؤثر على الكائنات البحرية في القسم المائي العلوي.
- **التسرب النفطي من النمط B:** يتضمن هذا النمط نفط خام خفيف ذو جودة منخفضة وبعض المشتقات النفطية مثل الكيروسين وبعض الزيوت الحرارية، كما يتميز أنه نفط غير لزج تأثيراته السامة أقل لكنه أكثر قدرة على البقاء على سطح الماء، وبالتالي يبقى التلوث الناتج عنه فترة طويلة على شكل طبقة رقيقة على سطح الماء سرعان ما تتلاشى عند تحريك الماء بقوة.

- **التســـرب النفطي من النمط C:** يتضـــمن هذا النمط مختلف أنواع النفط الخام ووقود الســـفن المستخدم من النمط Bو C والمعرض لتشكل تكتلات نفطية أو بعض المستحلبات، يتميز النفط من النمط C انه لزج القوام وثقيل إضـافة لانتشـاره البطيء فانه يسـتغرق وقتا طويلا للاختلاط مع التربة مقارنة مع النفط الخفيف اما عند انتشاره في السوائل فيبدي قدرة على الالتصـاق بالسـطح ويحتاج لوقت طويل كي يتلاشـــى ما يجعله ذو تأثير كبير على مختلف أشـــكال الحياة، حيث يؤدي الى ظهور طبقة رقيقة لزجة على السطح تسبب تلوث لمناطق المد والجزر.
- **التسرب النفطي من النمط D:** في هذه الحالة يكون النفط صـلبا وأقل سـمية، لكن تكمن خطورته في حدوث التسرب بعد تسخينه لأنه سيتصلب على سطح السائل وبتالي يستحيل التعامل معه [web 2].

II.4. أسباب حدوث التسرب النفطي

تختلف أسباب حدوث التسرب النفطي والتي يمكن تقسيمها الى:

- يحدث التسرب النفطي اثناء نقله عبر أنابيب السبر أو الفتحات المخصصة للنفط.
- يعتبر تخزين النفط ومشـتقاته في خزنات ضـخمة من أسـباب حدوث التسـرب النفطي خاصـة عند تفريغها وتعبئتها.
- كما يؤدي اسـتخدام أدوات سـيئة الصـنع ومن قبل كوادر غير مؤهلة بشـكل جيد للعمل في مجال نقل النفط الى حدوث حالات التسرب المسببة للتلوث.
- يمكن ان يحدث التسرب النفطي طبيعيا بسبب الاحداث التكتونية [web 2].

يبقى المصـدر الرئيسـي في حدوث التسـرب النفطي هو مرحلة نقل النفط خلال الصـناعة النفطية ويتم بواسطة العديد من وسائل النقل بري أو بحري ومن أهمها:

- النقل عن طريق الانابيب.
- النقل عن طريق الناقلات.
- ويتم النقل بطرق أخرى مثل النقل عن طريق سكك الحديدية أو عن طريق الشاحنات وهذه الأخيرة تستعمل اما من اجل نقل منتجات نفطية من نوع خاص أو عندما تكون المسافات قصيرة [9].

II.5. مصادر التلوث الناتجة عن عمليات نقل النفط

- **مصادر التلوث نتيجة نقل النفط بالأنابيب:** تنحصر الأثار السلبية لاستعمال الأنابيب النفطية على البيئة بحصول حوادث التسرب بسبب حدوث كسور في الانابيب النفطية والتي عادة ما تحصل نتيجة أحد الأسباب التالية [9]:
  - تأكل الأنابيب بسبب تقادمها وعدم وضع أنظمة الحماية من التآكل.
  - الحوادث بشتى أنواعها مثل اصطدام وسائل النقل بها وغيرها من الأسباب.
  - أعمال سرقة السوائل النفطية من خلال وضع فتحات في الأنابيب.
  - الأعمال العسكرية في أوقات الحروب وكذا أعمال التخريب.
- **مصادر التلوث نتيجة نقل النفط بالناقلات:** تقوم الدول المنتجة للنفط بتصديره الى الدول المستهلكة عن طريق الناقلات الضخمة، ومن مصادر التلوث نجد:
  - مياه التوازن التي تستخدمها الناقلات في مرحلة العودة.
  - التلوث بسبب التسرب من الأنابيب الناقلة التي توصل النفط الخام الى موانئ التصدير.
  - التلوث نتيجة التسرب من الموانئ.
  - التلوث نتيجة حوادث التسرب من الناقلات.
  - التلوث الناتج عن تنظيف الناقلات [9].

II.6. تأثيرات التسرب النفطي على البيئة

- **تلوث التربة:** تتلوث التربة بالانسكابات النفطية نتيجة عمليات النقل خصوصا بالطرق البرية، حيث يؤدي تشقق الأنابيب أو انكسارها الى حدوث تسربات تمتصها التربة وقد تمتد الى المياه الجوفية ملوثة إياها، كما أن نقل النفط يؤثر على التربة بسبب الأنابيب التي تدفن في بعض الحالات في التربة ناهيك عن التجهيزات الأخرى المصاحبة للأنابيب كل هذا قد يؤدي الى انضغاط التربة وفقدان خصوبتها، وتغيير تركيب التربة نفسه ومن ثم على الكائنات الدقيقة بالتربة مثل البكتيريا وكذلك جذور النباتات ذلك أن حبيبات التربة عنما تتشبع بالنفط الخام فإنها تكون طبقة تمنع التبادل الغازي بين الكائنات والجذور التي توجد تحت التربة من جهة وأكسجين الهواء من جهة أخرى لذا فانه ليس أمام الكائنات الا الموت بسبب تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون أسفل الطبقات النفطية [9].

- **تلوث المياه:** على الرغم من ان زيت النفط لا يقبل الذوبان في الماء الا أن جزءا صغيرا من طبقة الزيت التي تغطي سطح البحر يختلط بالماء ليكون معه مستحلبا تعلق به دقائق الزيت المتناهية في الصغر في ماء البحر وبمرور الوقت يختلط هذا المستحلب بالمياه تحت السطحية ويمتزج بها، وينتج من ذلك تلوث طبقات المياه العميقة في البحر. وتؤدي تلوث الماء بزيت النفط الى حدوث بعض الأضرار الأخرى الغير منظورة، ففي معظم الحالات تعمل بقعة الزيت كمذيب وتبدأ باستخلاص كثير من المواد الكيميائية الأخرى المنتشرة في مياه البحر ومن أمثلة هذه المواد بعض المبيدات الحشرية والمنظفات الصناعية وغيرها من المواد التي يلقيها الانسان في ماء البحر، وينتج من ذلك ارتفاع تركيز هذه المواد في المنطقة التي تغطت ببقعة الزيت مما يرفع كثيرا من درجة التلوث في منطقة الحادث. كذلك يقوم المستحلب الناتج من اختلاط الزيت بالماء بامتصاص بعض العناصر الثقيلة مثل الزئبق والرصاص والكاديوم من مياه البحر فيزداد بذلك تركيز هذه العناصر في المنطقة المحيطة ببقعة الزيت فتظهر بذلك أثارها السامة في منطقة الحادث. وقد تعمل الرياح وحركة الأمواج على زيادة التلوث في منطقة الحادث، فهي قد تدفع أجزاء من بقعة الزيت نحو الشواطئ المقابلة لمنطقة الحادث فتلوث رمالها وتحولها الى منطقة عديمة النفع والفائدة ولا يمكن التخلص من هذا التلوث الا بعد انقضاء زمن طويل.

وتؤثر حوادث التسربات النفطية خصوصا في المياه على صحة الانسان والحيوان أثناء حدوثها وأثناء تنظيفها، وحين استهلاك الكائنات المتسممة منها، بالإضافة الى هذا تكون لهذه الحوادث العديد من الانعكاسات الاقتصادية مثل تدمير الثروة السمكية وترحيلها الى أماكن أخرى لسنوات عديدة، بالإضافة الى انخفاض درجة ثقة المستهلكين في سلامتها الصحية.

بالإضافة الى المياه السطحية قد تتلوث المياه الجوفية أيضا نتيجة نقل النفط بالطق البرية من خلال تشقق الأنابيب أو انكسارها وتسرب النفط منها أو غير ذلك من الأسباب التي تؤدي الى نفاده الى التربة مسببا أضرار بالغة بتلك المنطقة كما قد يصل النفط الى المياه الجوفية.

- **تلوث الهواء:** خلال مراحل النقل يتم استعمال خطوط الانابيب لنقل النفط من مراكز الإنتاج الى موانئ الشحن والتصدير أو الى مصافي التكرير لتحوله. على مقربة من خطوط الأنابيب وعلى مسافات مختلفة يتم انشاء محطات لدفع النفط وكذلك لتعويض انخفاض الضغط داخل الانبوب ولضمان تدفق ثابت للنفط [9].

هذه المحطات يتم تزويدها بمضـــخات تعمل بمحركات الديزل أو مولدات كهربائية أو توربينات الغاز هذه الأخيرة تتسبب في انبعاث بعض الغازات في اهواء وان كانت الخطورة تكون أكبر عند نقل الغاز الطبيعي الذي قد يتسرب هو الاخر مسببا مشاكل يصعب التحكم فيها.

كما قد تسبب بقع الزيت في المياه تلوثا للهواء، وتتوقف الأضرار التي تنشأ عن تصاعد الأبخرة من بقعة الزيت والناتجة من تكون مســـتحلب الزيت في الماء على كثير من العوامل أهمها: خواص الزيت مثل الكثافة، درجة لزوجته، ضــغطه البخاري، كما يتدخل في ذلك بعض العوامل الطبيعية الأخرى مثل: درجة حرارة الجو، درجة حرارة مياه البحر، حركة الأمواج، نوع التيارات البحرية واتجاهها وشــدة الرياح الســائدة فوق هذه المنطقة.

وتبلغ نســبة المواد الهيدروكربونية المتطايرة التي تتصـــاعد ابخرتها الى الجو من بقعة الزيت نحو 10% على الأقل من وزن الزيت المكون للبقعة إذا كان هذا الزيت من النوع الثقيل مثل الديزل أو زيت الوقود، أما إذا كان الزيت المكون للبقعة من النوع الخفيف مثل الجازولين فان نسبة المواد المتطايرة التي تتصاعد أبخرتها الى الجو قد تصـــل الى نحو 75% من وزن الزيت الملوث لماء البحر، بالإضـــافة الى ذلك قد يتلوث الهواء نتيجة انفجار انابيب النفط [9].

II.7. أشهر حوادث التسرب النفطي في العالم

انتشرت حوادث تسرب النفط في العالم واختلفت أسباب هذه الحوادث وفيما يلي الجدول (2) يلخص أشهر حوادث التسرب النفطي في العالم [3].

الجدول (2): أشهر حوادث النفط في العالم.

التسرب النفطي	التاريخ	المكان	الضحايا	الكمية المتسربة	ملاحظات
الناقلة أم تي هيفن	11 افريل عام 1991	7 أميال عن ساحل جنوة- إيطاليا	وفاة 6 أشخاص	50 الف طن (حوالي 350 برميلا)	كانت السفينة القبرصية قد أصيبت بصاروخ أثناء الحرب بين العرق وايران، وقد وضعها مالكوها في العمل بالرغم من معرفتهم بحالتها السيئة.
الناقلة ايه بي تي سمر	28 ماي عام 1991	1300kmقبالة ساحل أنجولا	وفاة 5 اشخاص	1.21 مليون برميل (من	انفجرت الناقلة وتم انقاذ 27 من طاقمها من خلال استجابة منسقة بين 7 سفن،

				51 الى 81 مليون جالون)	غطت بقعة النفط مساحة 80 ميلا مربعا $207km^2$ وظلت النيران مشتعلة لمدة 3 أيام قبل أن تغرق السفينة.
الناقلة أموكوكاديز	16 مارس 1978	على بعد 5km من ساحل بريتاني "فرنسا"	لا يوجد	1.64 مليون برميل (69 مليون جالون)	في مسارها من الخليج الى روتردام في هولندا اشتعلت في عاصفة شتوية تسببت في اضرار في دفة السفينة وجعلتها هزيلة، جنحت الناقلة العملاقة وبدأت نزيف النفط على الفور وانقسمت الى جزأين وخلال أسبوعين انسكبت الحمولة البالغة 227 الف طن كاملة في القناة الإنجليزية لتلوث90km من الساحل.
الناقلة كاستيلو دي بيلفر	6 أوت عام 1983	80kmقبالة خليج "تابل" جنوب افريقيا	لا يوجد	1.88 مليون برميل (حوالي 79 مليون جالون)	اشتعلت النيران فيها على بعد 70 ميلا من مدينة كيب تاون في جنوب افريقيا حاملة 250 الف طن من النفط الخام الخفيف، وجنحت الحاوية حتى انقسمت الى جزأين، وسربت ما يقل قليلا عن نصف حمولتها.
الناقلة نوروز	24 جانفي 1983	الخليج العربي، ايران	11 حالة وفاة	1.9 مليون برميل (80 مليون جالون)	أثناء الحرب بين ايران والعراق، اصطدمت ناقلة نفط مع منصة بئر، مما تسبب في أضرار لأحد فوهات الآبار الذي خسر نحو 1500 برميل يوميا على مدى 9 أشهر، اما الناقلة فتسرب منها حوالي 2 مليون برميل من النفط الخام في الخليج.
خط أنابيب نهر كولفا	8سبتمبر 1994	جمهورية كومي، الاتحاد الروسي	لا يوجد	2 مليون برميل (84 مليون جالون)	سرب خط أنابيب نقل متأكل حول مدينة Usinsk الروسية لمدة 8 أشهر وتم احتواءه عن طريق سد أقيم حول موقع التسرب لكن سوء الأحوال الجوية تسبب في انهيار السد وأدى الى تراكم النفط المتسرب، تأثر 23 نوعا من النباتات والحيوانات جراء الكارثة التي أدت الى تلوث $186km^2$ العشب والمستنقعات.
النقلتان أتلانتيك	19 جويلية 1979	قبالة ساحل ترينيداد	26 حالة وفاة	2.14 مليون برميل (90 مليون جالون)	تصادمت الناقلتان أثناء عاصفة استوائية في البحر تاكاريبي واشتعلت فيهما النيران تم تهدئة النيران على أيجيان عن طريق

امبريس/ أيجيان		وتوباجو مقابل سواحل فنزولا			طاقمها اما أتلانتيك لم تكن قابلة للسيطرة وتم ابعادها عن مكان التصادم الا انها واصلت تسريب النفط الخام حتى وقعت سلسلة من الانفجارات، اسقطت السفينة في 3 أوت.
الناقلة اكستوك 1	3 جوان 1979	المكسيك	لا يوجد	3.33 مليون برميل (140 مليون جالون)	أدى انفجار بئر الى انهيار منصة الحفر التي تمتلكها شركة "بيمكس"، بدأ النفط يخرج ويتدفق من البئر في خليج المكسيك بمعدل من 10− 30 ألف برميل يوميان أثر على $2800km^2$ من المياه المفتوحة و 261km من الشاطئ.
الناقلة ديب ووتر هورايزن	22 أفريل 2010	خليج المكسيك	11 حالة وفاة	4.9 مليون برميل (206 مليون جالون)	يعد اندلاع حريق على متن منصة الحفر "ديب ووتر هورايزن" أسوء كارثة نفطية في تاريخ خليج المكسيك، وهو ما أدى الى تسرب 60 ألف برميل من النفط يوميا في الخليج.
بئر ليكفيوجاشر رقم 1	14 مارس 1910	حقل نفط ميدواي صنست، مقاطعة كيرنولاية كاليفورنيا	لا يوجد	9.4 مليون برميل (395 مليون جالون)	أكبر حادث تسرب نفطي في تاريخ البشرية حدث انفجار في بئر ليكفيو رقم 1 وبدا يتدفق بمعدل 18 ألف برميل يوميا على مدار 18 شهرا.
آبار منطقة الخليج	19 جانفي 1991	الخليج العربي والكويت، ميناء الاحمدي والجزر الصناعية الكويتية	لا يوجد	−9.05 12.4 مليون برميل (380− 520 مليون جالون)	خلال حرب الخليج الأولى فتحت القوات العراقية صمامات آبار النفط الكويتية وخطوط الأنابيب من أجل ابطاء زحف القوات الأميركية، غطى التسرب النفطي الخليج بسماكة 10 سنتيمترات على مساحة$28000km^2$.
الناقلة أكسون فالديز	24 مارس 1989	ألاسكا		10 مليون جالون	الارتطام برصيف تحت الماء.
الناقلة الإيرانية خرج 5	19 ديسمبر 1989	جزر الكناري لاس بلماس		19 مليون جالون	تلوث في المحيط الأطلسي لمسلحة قدرها 100 ميل مربع وامتدت لمسافة 100 ميل مقابل سواحل الصحراء المغربية

آبار جلفستون	8 جوان 1990	شرق ولاية هيوستن أمريكا		5.1 مليون جالون	امتد التلوث جنوب شرق جلفستون نتيجة انفجار واندلاع النار في غرفة المضخات.
الناقلة ماليتز	12 ديسمبر 1999	قبالة السواحل الفرنسية على الأطلسي		3 مليون جالون من النفط الثقيل	
أنبوب نفط شركة بتروبراس	18 فيفري 2000	بالقرب من ريو دي جانيرو، البرازيل		343.200 جالون من النفط الثقيل	

الخلاصة:

تعد عملية نقل النفط من المراحل الأساسية في سلسلة مترابطة من مراحل الصناعة النفطية، هذه الصناعة التي ظهرت كرد فعل للحاجة المتزايدة والملحة للنفط.

ان عملية نقل النفط عملية مشوبة بالمخاطر بما لها من تأثيرات سلبية على البيئة بعناصرها المختلفة من ماء هواء وتربة وكائنات حية، فكان لابد من إيجاد السبل الكفيلة بحماية البيئة خلال مراحل الصناعة النفطية بما فيها النقل من أجل تحقيق التنمية المستدامة.

الفصل الثالث:

طرق وتقنيات معالجة التربة الملوثة بالتسرب النفطي

.

ملخص الفصل:

الهدف من هذا الفصـــل هو تحديد التقنيات المتاحة لإعادة تأهيل التربة الملوثة بتســرب النفط ومشتقاته، وسيكون هناك عرض تفصيلي لتقنيات العلاج الرئيسية المتاحة في الجزائر.

مقدمة

يعد التلوث البيئي اهم المشـــاكل التي يواجها المجتمع ونظرا لتســـارع الصـــناعات وخاصـــة النفطية بكل مراحلها التي تؤثر على جودة التربة محدثتا بذلك تغير في خصائصها الكيميائية.

تعتبر حماية البيئة من الملوثات الخطرة المرتبطة بالتربة الملوثة بالنفط مصـــــدر قلق كبير في العالم الصـــناعي اليوم، وخاصـــة الدول النامية، لذلك هناك حاجة الى معالجة التربة الملوثة لتقليل التســـرب المحتمل للنفط الخام في البيئة [10].

وفي بعض الأحيان تحتاج عمليات المعالجة وإعادة التأهيل الى تكاليف يمكن أن تتجاوز قيمة الأرض المعنية، وادا كان السعر عاملا أساسيا في عملية صنع القرار فلا ينبغي اهمال البيئة والمجتمع، الهدف من هذه الدراسة هو تحديد التقنيات التي يمكن تطبيقهاالإعادة تأهيل الأرضي دوليا بصفة عامة. ومن ثم تحديد التقنيات المتبعة في الجزائر خاصة.

كذلك قبل الشـــروع في تطبيق المعالجة لابد من معرفة بيانات محددة لتحديد درجة التلوث لاختيار تقنية المعالجة المناسبة [11].

III. 1. دراسة نظرية

III.1.1. تأثير النفط المنسكب على الخصائص الكيميائية للتربة

أدى تسارع التنمية الصناعية وخاصة الصناعات النفطية الى تلوث التربة والبيئة المحيطة بها من مياه وهواء، حيث انتشـرت هذه العمليات بمختلف مراحلها بالقرب من التربة والتربة الزراعية حيث سـاعدة في تلوثها وتقليص المسـاحات الزراعية وانخفاض انتاجها للمحاصـيل. وتعتمد درجة التلوث النفطي على نوع وكمية ومصـــدر التلوث، ولحل هذه المشـكلة أو تقليل اثارها السـلبي على البيئة الى أقصـــى حد ممكن يتطلب جهودا كبير وكذا معرفة الاثار المترتبة على تأثير الملوثات النفطية في خصائص التربة الكيميائية التي تؤدي الى انخفاض انتاجها. وهذا من خلال دراســـة البعض منها مثل المادة العضـــوية وكربونات الكالسيوم وكبريتات الكالسيوم والاس الهيدروجيني للتربة وتوصيلها الكهربائي [4].

III.1.2. بيانات التوصيف المطلوبة قبل تحديد تقنية المعالجة

يشرع العديد من المستخدمين في مشاريع معالجة البيئة دون معرفة مدى التلوث الموجود، وهذا يمكن أن يؤدي الى الكثير من التكاليف وأحيانا التخلي عن المشـــروع. لهذا قبل البدء في معالجة التربة الملوثة من المهم الاســـتفادة من بيانات محددة، ســـتجعل هذه البيانات من الممكن فهم مدى التلوث وبالتالي تحديد الطريقة المناسبة للمعالجة، حيث تكون المعالجة مثالية فقط عندما تكون بيانات التوصيف الدقيقة معروفة ومتقنة من قبل خبراء في هذا المجال، ويقدم الجدول (3) البيانات المطلوبة للتوصيف البيئي [11].

الجدول (3): بيانات التوصيف الأساسية قبل الشروع في معالجة التربة.

التربة	المياه الجوفية	الملوثات
أنواع التربة (الطبقات الطبقية)	عمق المياه الجوفية	الأنواع الموجودة في التربة والمياه الجوفية
تضاريس الموقع	اتجاه تدفق المياه الجوفية	تراكيز الملوثات والعمق الذي وصلت اليه

III.1.3. عمليات معالجة التربة

قبل اختيار تقنية المعالجة من المهم معرفة الخصـــائص المحددة للموقع المعني (الجدول (3)) في الواقع، تؤثر خصائص الأرض ودرجة التلوث على فعالية العمليات المتاحة.

اعتمادا على الخصائص والمتطلبات المحددة المتعلقة بحالة المعالجة يمكن إزالة التلوث مباشرة في الموقع قيد الدراســـة دون حفر أو في الموقع بعد التنقيب أو حتى خارج الموقع في مركز معالجة معتمد، ومن المهم معرفة أن التربة المعالجة خارجة الموقع يجب اعادتها الى الموقع حيث تم التنقيب فيها أو الى مكب النفايات لأنها لا تعتبر تربة نظيفة [11].

III.1.3.1. المعالجة البيولوجية

هناك عدة طرق للمعالجة البيولوجية، من بينها حساب المفاعل الحيوي والمعالجة النباتية والتسميد وزراعة الأراضـــي والانتشـار الحيوي والتوهين الطبيعي الخاضـع للرقابة، ومع ذلك فان معظم هذه التقنيات ليسـت فعالة في معالجة التربة الملوثة بالملوثات العضـوية، أو أنها ليسـت مثيرة للاهتمام اقتصـاديا، حيث لم يتم

تطوير مستوى فعاليتها بعد، وتعتبر التهوية الحيوية والتحلل البيولوجي، وخلية الوقود الحيوي أكثر التقنيات البيولوجية تطورا والأكثر استخداما في الواقع [11].

III.1.1.3.1. التحلل البيولوجي والتهوية الحيوية

يطبق مبدأ التحلل البيولوجي للهيدروكربونات لإزالة التلوث من الحمأة الزيتية وتدفق النفط، يفسر مبدأ التحلل البيولوجي من خلال تحلل المركبات القائمة على الكربون بواسطة الكائنات الحية الدقيقة وبمعنى أخر زراعة الكائنات الحية الدقيقة في التربة الملوثة. يمكن أن يحدث عملية تحلل الملوثات في وجود أو عدم وجود الأكسجين (هوائي أو لاهوائي)، هذه التقنية قابلة للتطبيق على كومة من التربة المحفورة أو في الموقع، في غضون ذلك، يتكون مبدأ التطاير من حقن الهواء في التربة للسماح للملوثات بالتشبث بيها ويؤدي الاستخدام المتزامن أو المتسلسل لمبادئ التحلل البيولوجي والتطاير الى التهوية الحيوية.

تتضمن التهوية الحيوية نظام تهوية لنقل الأكسجين تحت الأرض حيث يتم تحفيز الكائنات الحية على استقلاب مكونات الوقود، تتطلب ظاهرة التهوية الحيوية أحيانا حقن مواد مغذية في التربة أو تعديل مستوى الرطوبة أو إضافة مركبات تطلق الأكسجين أو حتى تعديل التفاعلات الكيميائية عن طريق إضافة الكترونات، كما ذكرنا سابقا هناك نوعان من التخلل البيولوجي (هوائي ولاهوائي). يعد التحلل البيولوجي الهوائي أكثر كفاءة وأقل تعقيد في التحكم من التحلل البيولوجي اللاهوائي، لذلك فهو أكثر شيوعا. ومع ذلك يمكن أن تتحلل المركبات العضوية غير قابلة للتحلل هوائيا لاهوائيا، يمكن بعد ذلك النظر في هذا البديل الأخير.

الملوثات التي تستهدفها المعالجات البيولوجية في مركبات الكربون وخاصة الهيدروكربونات، في الواقع تستخدم تقنيات المعالجة البيولوجية (التهوية الحيوية والتحلل البيولوجي) بشكل كبير في معالجة التربة المتأثرة بالهيدروكربونات. ويفسر ذلك حقيقة ان الخصائص الكيميائية للهيدروكربونات تسمح لها بالتشبث بجزيئات الهواء (التطاير) والتحلل عند ملامستها للكائنات الحية الدقيقة (التحلل البيولوجي).

تم استخدام التهوية الحيوية على نطاق واسع كطريقة في الموقع لإعادة تأهيل التربة الملوثة بالمذيبات والبنزين والمركبات المتطايرة الأخرى، يتم عرض قابلية التحلل البيولوجي للملوثات العضوية الرئيسية في الجدول (4) أدناه [11].

الجدول (4): درجة التحلل البيولوجي للملوثات.

نوع الملوثات	درجة التحلل البيولوجي
الهيدروكربونات البترولية C6–C15	سهل جدا
الكحولات والفينولات والأمينات	سهل جدا
الأحماض والاسترات والأميدات	سهل جدا
الهيدروكربونات البترولية C12–C20	متوسط الصعوبة
الاثرات والهيدروكربونات أحادية الكلور	متوسط الصعوبة
الهيدروكربونات البترولية (<C20)	متوسط الصعوبة
الهيدروكربونات متعددة الكلور	متوسط الصعوبة
الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور ومبيدات الأفات	صعب جدا

تختلف مدة المعالجة على عدة عوامل منها كمية الملوثات الموجودة في التربة ونوع التربة والمنطقة الملوثة ونوع الملوثات، ومع ذلك فان استخدام التكنولوجيا البيولوجية يتطلب فترة زمنية مرنة للغاية لأن انشاء الثقافات البيولوجية في بيئة معينة يمكن أن يكون معقدا في بعض الأحيان. يجب ان تستفيد الكائنات الحية الدقيقة من أفضل الظروف للبقاء على قيد الحياة وبالتالي السماح بالتقدم المناسب للتحلل البيولوجي، إذا كانت المعالجة تتطلب السرعة فقد لا يكون استخدام التحلل البيولوجي أو التهوية الحيوية هو الخيار الأفضل.

إذا كانت ظروف التربة مناسبة يمكن ان تكون التهوية الحيوية تقنية ميسورة التكلفة للغاية ومع ذلك لم تثبت هذه التقنية فعاليتها عندما تكون التربة غير متجانسة أو ذات نفاذية منخفضة.

هذه التكنولوجيا لها بعض العيوب، بداء من حقيقة أنها تنطبق فقط على الملوثات القابلة للتحلل بالإضافة الى ذلك يمكن ان يؤثر وجود المعادن في التربة على أداء التحلل البيولوجي، إذا كانت الظروف التي في ظلها الكائنات الحية الدقيقة المحقونة غير كافية يمكن أن يؤدي تحلل المركبات العضوي الى تكوين منتجات وسيطة ذات سمية مكافئة أو أقل أو أعلى من الملوثات الأولية، ومن بين العوامل المؤثرة على قابلية التحلل البيولوجي للملوثات نجد:

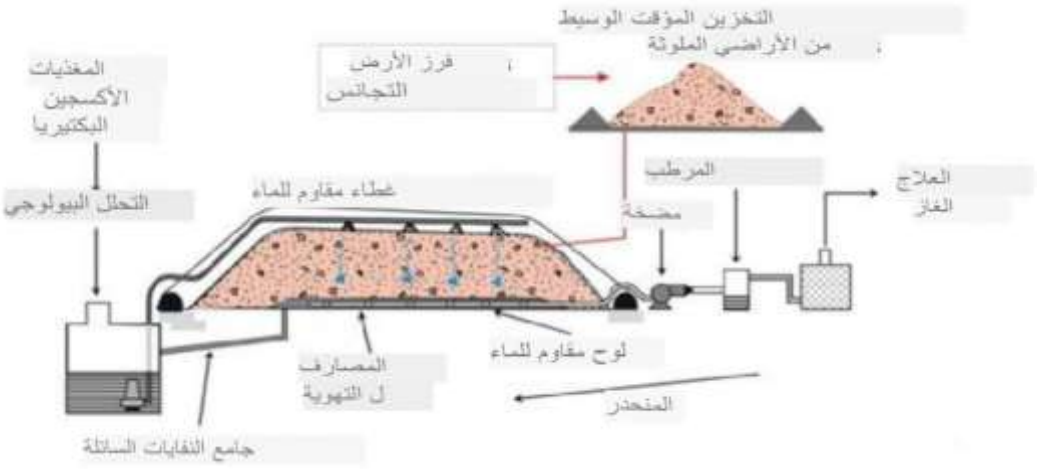
- وجود الكائنات الحية الدقيقة المختصة.

- توافر متقبلات الالكترون اللازمة للعمل الجرثومي.
- محتوى الماء.
- إمكانات الهيدروجين (درجة الحموضة).
- الحرارة.
- توافر المغذيات المعدنية.
- طبيعة الملوثات وتركيزها وإمكانية الوصول اليها بيولوجيا.

كذلك من المهم تحديد طريقة الحقن المناسبة (نقل الكائنات الحية الدقيقة الى المنطقة الملوثة) وكذلك ضمان نمو الكائنات الحية الدقيقة [11].

III.2.1.3.1. خلية الوقود الحيوي

تقنية معالجة التربة بواسطة خلية الوقود الحيوي يتكون من تكديس التربة المحفورة وترطيبها وتعديلها وتهويتها لتسريع تحلل الملوثات، تم اثبات هذه التقنيات واستخدامها في نطاق واسع في أمريكا الشمالية وأوروبا. يتم معالجة الملوثات الموجودة في التربة المحفورة بفضل تهيئة الظروف المثالية (درجة الحرارة ومستوى الرطوبة والمغذيات والأكسجين ودرجة الحموضة وما الى ذلك). تتم المعالجة في منشأة مصممة خصيصا للمعالجة. يمكن ان يكون التثبيت على الأرض نفسها أو في مركز متخصص، عادة ما يتم تغطية التربة بغشاء غير منفذ (غشاء أرضي). هذا يجعل من الممكن الحد من تسرب مياه الأمطار، للاحتفاظ بغازات الملوثات المتطايرة وكذلك الحفاظ على درجة الحرارة عند المستوى الصحيح. لزيادة كفاءة المعالجة من الممكن إضافة مغذيات في صورة صلبة أو سائلة، الأكسجين مطلوب أيضا للتحلل الهوائي يتم استعادة ومعالجة الرواسب وكذلك التصريفات الجوية الناتجة عن تحلل الملوثات قبل تصريفها في البيئة. كما هو مبين في الشكل (1)، هناك حاجة الى عدة قطع من المعدات لإجراء هذه المعالجة [11]



الشكل (1): تقنية معالجة خلايا الوقود الحيوي.

الملوثات التي يمكن معالجتها بهذه الطريقة هي بشكل أساسي الهيدروكربونات المتطايرة وشبه المتطايرة القابلة للتحلل، ويتم تطبيقها على التربة الملوثة بالمنتجات البترولية مثل الديزل وزيت الوقود والكيروسين، يمكن أيضا معالجة مركبات الهالوجين المتطايرة ومبيدات الفات وبعض قطع البترول الثقيلة (الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات والزيوت العضوية وما الى ذلك)، في ظل ظروف معينة ولكن مع عائدات تقنية أقل.

يؤدي هذا النوع من المعالجة أحيانا الى انبعاثات في الغلاف الجوي، على سبيل المثال معالجة المركبات العضوية المتطايرة يجب استعادة هذه الانبعاثات وكذلك معالجتها قبل تصريفها في البيئة. وينطبق الشيء نفسه على المادة المترشحة التي يجب استعادتها ثم معالجتها، يجب إدارة هذين المصدرين للتلوث بشكل صحيح بحيث لا يتم ازاحتهما في الفضاء فقط. يتطلب معالجة خلايا الوقود الحيوي وقتا طويلا للعلاج ومع ذلك إذا تم تحقيق الظروف المثالية ولم يكن عامل الوقت محدد يمكن ان تصل الكفاءة الى 90%. أثبتت تقنية العلاج هذه موثقة ونتائج مهمة على مر السنين. على عكس العلاجات البيولوجية في الموقع تسمح هذه العملية بالتحكم بشكل أفضل في الظروف التي تتعرض لها التربة، مما يؤدي الى زيادة المردود. القدرة على معالجة التربة خارج الموقع يضمن ظروف أفضل للمحاصيل العضوية أثناء التلوث المختلط، وهو ما يحدث غالبا، يكون من الاسهل تطبيق معالجات مختلفة على التربة المحفورة بالإضافة الى ذلك التكاليف ليست مذهلة مما يجعل عملية خلايا الوقود الحيوي منافسا رئيسيا لخيارات العلاج الأخرى. ومع ذلك فان هذه التقنية لها بعض العيوب وهي لا ينطبق في الموقع حسب قانون جودة البيئة

لا يمكن اســتخدام التربة المحفورة في موقع ثاني بعد معالجتها مما يؤدي أحيانا الى الدفن على الرغم من إعادة التأهيل التربة. على الرغم من أن الزراعة العضـــوية قد أثبتت فعاليتها في إزالة التلوث من التربة المتأثرة بالهيدروكربونات فان تطبيقها في بيئة ذات درجات حرارة منخفضـــة ينطوي على بعض القيود، بالإضافة الى ذلك فان التربة غير المتجانسة والتربة الطينية تقلل المردود لذلك يكون فرز حجم الجسيمات ضــروريا في بعض الأحيان قبل المعالجة. أخيرا المراقبة الصــارمة ضــرورية لضــمان أن ظروف التربة مثالية للمعالجة. وفيما يلي بعض المعلومات التي يجب اتباعها أثناء معالجة الوقود الحيوي:

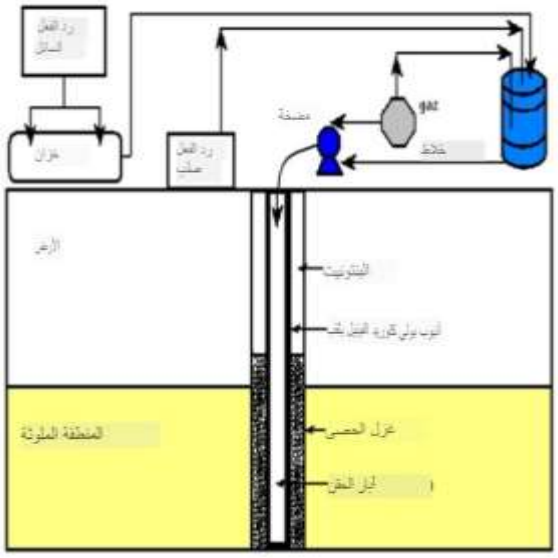
- تركيزات الملوثات في التربة وغازات التربة.
- درجة الحموضة ودرجة الحرارة والتوصيل والرطوبة.
- العدد البكتيري في التربة والمياه.
- انخفاض مستوى آبار الاستخراج [11].

III.1.3.2. المعالجة الكيميائية

يوجد تقنيتين كيميائيتين هما الأكسـدة الكيميائية وغسـيل التربة. في الواقع الاسـتخراج الكيميائي والاختزال الكيميائي هي أيضـــا تقنيات كيميائية موجودة لكن مســـتوى كفاءتها حتى الان بالإضـــافة الى التكاليف المرتبطة بها ليست تنافسية حاليا [11].

III.1.3.1.2. الأكسدة الكيميائية

تتكون هذه التقنية من ملوثات مهينة عند ملامستها للكواشف المؤكسدة المحقونة في منطقة التربة الملوثة أو خارج الموقع. في الموقع يتكون من حقن منتج مؤكسد تحت الضغط داخل مصفوفة التربة سواء كانت المنطقة مشـــبعة ام لا يمكن أن تحلل الملوثات كليا أو جزئيا. تتيح هذه المعالجة الكيميائية إمكانية توليد تفاعلات في المنطقة الملوثة لتعديل المنتجات الســامة الى منتجات لا تضــر البيئة، يوضــح الشــكل(2) تشغيل نظام معالجة الأكسدة الكيميائية في الموقع [11].



الشكل (2): نظام معالجة الأكسدة الكيميائية في الموقع.

وفيما يلي المعلومات التي يجب اتباعها أثناء الأكسدة الكيميائية في الموقع عن طريق الحقن:

- عمق الحفر.
- عمق حقن المؤكسد.
- جرعة المؤكسد والتدفق والضغط.
- قياس الضغط.
- نوعية المياه الجوفية في أعلى مجرى النهر وأسفله وعند مصدر التلوث.
- المعلمات الاكسجين، الاس الهيدروجيني، درجة الحرارة، التوصيل.
- تركيزات الملوثات في التربة والتصريفات المائية.
- تركيزات المستقلبات المحتملة.
- تركيزات المؤكسد.
- المعاملات المتعلقة بمعالجة المياه إذا لزم الأمر.
- تركيزات الملوثات في الانبعاثات الجوية إذا لزم الامر.
- توصيف الاثار الجانبية.

تساهم الخصائص البيئية وخصائص التلوث في اختيار مادة الأكسدة المراد استخدمها، والعوامل المؤكسدة الأكثر شـيوعا هي البرمنجنات والأوزون وبيروكسـيد الهيدروجين والبركبريتات، عادة ما تكون في صـورة سائلة أو غازية حيث كلما اقترب الاتصال بين المؤكسدات والملوثات كانت النتائج أكثر إيجابية.

طريقة الأكسدة الكيميائية خارج الموقع أقل شيوعا. تستخدم بشكل أساسي عندما لا تسمح نفاذية التربة بالمعالجة في الموقع، تتضمن حفر التربة وادخالها في حاوية مناسبة بحيث تنتقل من المدخل الى المخرج عن طريق نظام حلزوني، خلال هذا الوقت يتم خلط الكواشـــف مع التربة من أجل ملامســـتها للملوثات والحركة الدورانية تعزز هذا الاتصـــال. ثم يتم أحذ عينات من التربة التي تظهر عند المخرج للتحقق من فعالية المعالجة، ثم إعادة التربة المعالجة في مكانها في جيب الحفرة. يوضـــح الشـــكل (3) نظام معالجة الاكسدة الكيميائية خارج الموقع [11].

الشكل (3): نظام معالجة الأكسدة الكيميائية خارج الموقع.

تعالج الأكســـدة الكيميائية جميع الملوثات العضـــوية عمليا مثل البنزين والتولوين واثيل بنزين والزايلين والهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات والهيدروكربونات البترولية C10–C50 والمذيبات المكلورة ومركبات ثنائي الفينيل متعدد الكلور والفينولات وغيرها. تصل فعالية هذا العلاج الى 95% [11].

إذا اكتمل تفاعل الأكسدة فلا ينتج منتجات ثانوية، وإذا لم تكتمل الأكسدة فان التفاعل الكيميائي الذي يتم اجراؤه في التربة ينتج عنه نواتج ثانوية قابلة للتحلل البيولوجي أكثر من الملوثات الأولية وخاصة ثاني أكسيد الكربون والماء بحيث تكون غير ضارة للبيئة، ومن النادر أن تكون المنتجات المتولدة أكثر سمية من الملوثات الأولية ولكن يمكن أن يحدث ذلك في بعض الأحيان. وفي هذه الحالة بالذات يمكن أن يتشكل تكوين كلوريد الفينيل. يعتمد نجاح إعادة التأهيل مع عملية الاكسدة الكيميائية على عمق التوصيف واختيار نوع المؤكسد وكذلك على التخطيط الاستراتيجي للآبار الحقن في أحسن الأحوال. فان معدل النجاح إيجابي للغاية.

يمكن ان تؤدي الأكسدة الكيميائية الى تدهور جميع الملوثات العضوية، حيث تعمل إضافة المحفز على تعزيز التفاعل التأكسدي ما يتيح كفاءة معالجة أفضل. ومع ذلك فان المواد المؤكسدة لها عمر قصير جدا ما يتطلب أحيانا كمية كبيرة من هذه الكواشف الكيميائية. تخلق حقيقة حقن المنتجات السائلة والغازية تحت الضغط في الأرض مسارات تفضيلية مما يحد من إمكانية ملامسة المواد المؤكسدة مع الملوثات، بالإضافة الى ذلك من الممكن أحيانا للكواشف أن تحل محل التلوث الى وسط لم يكن ملوثا في البداية. يمكن أن تتأثر المادة العضوية الموجودة بشكل طبيعي في التربة وكذلك الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للتربة. لذلك من الضروري تحليل التفاعلات المحتملة للتربة مع الكواشف الكيميائية المستخدمة بشكل صحيح قبل الشروع في المعالجة. التطبيق في الموقع على التربة الطينية جدا يكاد يكون من المستحيل [11].

III.2.2.3.1. غسل الأرضيات في الموقع

تتكون هذه العملية من ترشيح التربة بدون حفر عن طريق حقن الماء (وتعبئة العوامل في المحلول) بما يتماشى مع مصدر التلوث بعد ذلك يتم ضخ المياه الملوثة ومعالجتها على السطح ثم يتم تصريفها في أنظمة الصرف الصحي أو في بعض الحالات يعاد حقنها في طبقة المياه الجوفية.

يكون الغسيل في الموقع بسوائل ترشيح غالبا ما تكون ماء مع مواد مضافة مثل المستخلصات لاستخراج الملوثات من خلال الامتزاز او الذوبان، يتم الحقن هيدروليكيا في المنبع او مباشرة في مصدر التلوث، تتحرك السوائل عبر المنطقة الملوثة ويتلوث السائل ثم يتم ضخ الملوثات المذابة في السوائل وجمعها في الابار الضحلة أو أجهزة الصرف الصحي تحت الأرض، ثم يتم ضخها الى السطح حيث تتم التخلص من

المستخلصات او ان أمكن إعادة تدويرها. يمكن أن يتم التسلل من الخنادق والأعمدة الرأسية والمصارف الأفقية وأنظمة الري أو البرك السطحية. يتم الاستخراج بواسطة الابار العمودية أو مصارف الأفقية الموضوعة لاستعادة كل شيء من التلوث [12].

غالبا ما يكون عامل الاستخراج هو الماء وحده أو الماء والمواد المضافة اعتمادا على الظروف المحلية. مياه الصرف الصحي يتم تنقيتها ثم إعادة حقنها في طبقة المياه الجوفية او المياه السطحية او في شبكات الصرف الصحي.

يتعلق الغسيل في الموقع بشكل أساي بالملوثات العضوية (الهيدروكربونات، المذيبات المكلورة، الهيدروكربونات البترولية ...)، يمكن استخدمها أيضا على المعادن غير المتطايرة. يتم تطبيق هذه التقنية بشكل أساسي في التربة القابلة للاختراق نسبيا (رمل أو حصى) ومتجانس في المناطق المشبعة وغير المشبعة من ناحية أخرى، فان عمق الجزء العلوي من منسوب المياه والموقع في عمق التلوث ونوع طبقة المياه الجوفية السطحية أو المحصورة ليست عقبات لاستخدامه.

الوسائل المادية اللازمة للغسيل في الموقع هي: المعدات المتعلقة بالمواد المضافة (خزان التخزين، نظام الخلط بالماء، شبكة توزيع)، معدات الحقن والاستخراج (ابار رأسية، ابار أفقية، مضخات، الأنابيب، الخنادق...)، نظام معالجة مياه الصرف الصحي المستعاد من السطح، نظام تخزين النفايات الصلبة والسائلة من المعالجة، نظام قياس الضغط لمراقبة التدفقات والجودة للمياه الجوفية.

في ظل الظروف المثلى يمكن أن يتجاوز عائد هذه العملية 50% الى 80% ومع ذلك يمكن أن يتأثر هذا المحصول بشكل كبير بعدم تجانس البيئة ووجود مواد عضوية ووجود ملوثات شبه متطايرة.

تتمثل مزايا هذه التقنية في:

- سهولة كبيرة في التطبيق على التربة القابلة للنفاذ.
- قابلية التطبيق في المنطقة المشبعة وغير المشبعة حتى في الأعماق الكبيرة.
- قابلية التطبيق على الملوثات التي تذوب في الماء أو التي يمكن أن تذوب بواسطة عامل التعبئة المستخدم (أي مجموعة واسعة من الملوثات).
- فعالة أيضا للملوثات التي يتم تعليقها جسديا (في مستحلب).

- إمكانية الاستخدام بالاقتران مع العمليات الأخرى.

أما العيوب والعوامل المحددة هي:

- انتقال الملوثات الى المياه الجوفية مع إمكانية ذلك إزاحة التلوث هذا ما يتطلب فهم جيد للجيولوجيا والهيدروجيولوجيا للتنبؤ بحركة محلول ترشيح وزرع ابار الاسترداد للسماح بالاسترداد الكامل للملوثات والمحلول الذي تم حقنه في البداية.
- توليد كمية كبيرة من المياه العادمة المراد معالجتها [12].
- التغيير المحتمل في الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية للتربة مما قد يؤدي الى ادخال المزيد من المركبات السامة في التربة.
- استخدام المحلول قد يكون أحيانا سام للبيئة.
- صعوبة تقدير وقت المعالجة.
- معالجة النفايات السائلة المطلوبة.
- غير فعال للملوثات شديدة الامتصاص.
- الاستخدام محدود في حالة التربة ذات النفاذية المنخفضة أو التقديم عدم التجانس الرأسي أو الافقي القوي.
- وقت علاج مرتفع مقارنة بالعمليات الأكثر شدة.
- الحاجة الى الدراسة الدقيقة لمصير التحلل البيولوجي للعوامل المستخلصات.
- بمجرد استخراج محلول الغسيل يصعب أحيانا فصل ماء النفايات (ملوثات واضافات وماء) هذا يمكن أن يمنع بعد ذلك إعادة تدوير محلول معدل مما يزيد من استهلاك المواد المضافة وبالتالي التكاليف ثم لم تعد العملية تنافسية من الناحية الاقتصادية.

تتمثل المعلومات التي يجب اتباعها أثناء عملية الغسيل في الموقع في: قياس الضغط، نوعية المياه الجوفية عند المنبع والمصب وعند مصدر التلوث، المعلومات (الاكسجين، الأس الهيدروجيني، درجة الحرارة، التوصيل)، تركيز الملوثات، تركيز المستقلبات المحتملة، تركيز المستخلصات، تركيز الملوثات غير الموجودة في البداية في المياه تحت الأرض ولكن يمكن تعبئتها، تراكيز الملوثات في التربة أثناء الرشح من أجل قياس فعاليتها، اذا لزم الأمر تركيز الملوثات الغازية، تركيز الملوثات في التصريفات المائية، المعلومات المتعلقة بمعالجة المياه، توصيف تأثيرات الارتداد [12].

III.3.3.1. المعالجة الفيزيائية (التصلب/التثبيت)

يوجد العديد من التقنيات الفيزيائية للاحتواء التلوث النفطي في التربة مثل الاحتواء بالتغطية أو الاحتواء العمودي وذلك بإنشاء حواجز تمنع التسرب من الانتشار في التربة لكن هذه الحلول تبقى عديمة الجودة لكونها مؤقتة ولا تمنع بعض مركبات النفط مثل المشتقات المتطايرة من التسرب لبقي عناصر المصفوفة البيئية. وتعتبر تقنية التصلب أو التثبيت أفضل طريقة فيزيائية لاحتواء التلوث النفطي في التربة الناتج عن تسرب النفط او عن باقي مراحل الصناعة النفطية.

التصلب/التثبيت هي من بين طرق المعالجة المتبعة في الجزائر لمعالجة التربة الملوثة بتسرب النفطي في حالة حدوثه أو التلوث بالنفط في مختلف مراحل الصناعة النفطية.

وفي الواقع لا تزيل هذه التقنية الملوثات من التربة ولكنها فقط تمنعها من الانتشار في البيئة المحيطة. وجدت عملية التصلب/التثبيت تطبيقات في معالجة التربة والحمأة الملوثة باستخدام مواد غير عضوية غالبا تكون الاسمنت، الرماد المتطاير والجير والفوسفات...، حيث تحتوي هذه المواد على نفس الأنواع العامة من المكونات النشطة. ونادرا ما تستخدم مواد عضوية

مجال تطبيقات تقنية التصلب/التثبيت: يتم تطبيق تقنية التصلب/التثبيت على التربة الملوثة بالنفط والنفايات الصناعية الخطرة وحتى النفايات الاشعاعية [12]. وتستخدم أيضا على المعادن والفلزات مثل الكروم والزرنيخ.

المثبتات المستخدمة في تقنية التصلب/التثبيت: تكون عضوية أو غير عضوية ويجب أن تكون آمنة من أجل البيئة، تم استخدام الجير والاسمنت بشكل تقليدي ولكن لاحقا أصبح استخدام مواد النفايات التي لها خصائص تدعيم لمعالجة التصلب/التثبيت، وأثبتت بعض الدراسات ان لتحقيق التثبيت في التربة الملوثة بالبترول إضافة 5% أسمنت و10% رماد متطاير و20% كلس يظهر أفضل قوة. ومن بين المثبتات نجد:

- غبار قمائن الاسمنت وهو ناتج عن مصانع الاسمنت التخلص منه يسبب مشكلة بيئية وبتالي استخدامه في هذه التقنية يعتبر إعادة تدير له.
- غبار فرن القوس الكهربائي يسمى أيضل غبار المنزل الكيسي ينتج من الصناعة الصلبة.

- مسحوق الحجر الجيري يتم الحصول عليه من تكسير صخور الكربونات [13].

اختبارات تقييم فعالية معالجة التصلب/التثبيت: لتقييم فاعلية معالجة التصلب/التثبيت يتطلب القياس الفيزيائي والخواص الهندسية والكيميائية للمادة المتصلبة وفيما يلي أهم اختبارات تقييم هذه التقنية:

- **اختبار قوة الضغط:** يستخدم للإشارة الى مدى جودة المادة المتحصل عليها.
- **اختبارات نسبة تحمل كاليفورنيا:** يتم هذا الاختبار عن طريق قياس الضغط المطلوب لاختراق عينة التربة باستخدام مكبس للمنطقة القياسية.
- **اختبار القابلية للتسرب:** بعد اختبار القوة العينات المأخوذة من العينات الفاشلة او المكسرة يتم اختبار قابليتها لتسريب المعادن الثقيلة باستخدام اختبار النض.
- **اختبار النفاذية:** لا يعتبر اختبار النفاذية مقياسا للقابلية للترشيح، ولإجراء اخبار النفاذية يجب مراعاة ضغط الحصر، الانحدار والسوائل النافرة التي ستعكس حالة المجال.
- **اختبارات حيود الاشعة السينية والمسح الالكتروني المجهري:** عادة يتم اجراؤه لقياس وتحديد المعادن والمركبات الجديدة المتكونة لعمل عوامل التثبيت.

مزايا تقنية التصلب/التثبيت: هناك العديد من المزايا لتقنية التصلب/التثبيت مقارنة بتقنيات المعالجة التقليدية الأخرى ومن بين مزياها نجد:

- استقرار جيد على المدى الطويل جسديا وكيميائيا.
- تأثير جيد وقوة شاملة.
- مقاومة عالية ضد التحلل البيولوجي.
- نفاذية الماء منخفضة نسبيا، ويذكر أن تلوث التربة بالنفط يقلل الكثافة.
- عدم سمية المكونات المستخدمة فيها.
- نسبة التماسك تعادل 66%، زاوية الاحتكاك الداخلي بنسبة 23%، قوة الضغط غير محصورة بنسبة 35%، زيادة حد السائل بنسبة 11%.
- تحسين المناولة والخصائص الفيزيائية للنفايات.
- تقليل ذوبان المكونات الخطرة في النفايات.

خطوات تطبيق تقنية التصلب/التثبيت في الموقع:

- جمع وتوصيف العينات.
- التنقيب عن التربة الملوثة.
- غربلة وسحق القطع كبيرة الحجم.
- التخزين المؤقت للدرجة الحموضة في التربة.
- خلط التربة الملوثة بكواشف ربط التصلب/التثبيت.
- اختبار التربة المعالجة للتحقق من نجاح المعالجة.
- استخدام التربة المعالجة كمادة أساسية فرعية للطرق والبناء والاستخدامات الأخرى [13].

III.4.3.1. المعالجة الحرارية

يمكن للتقنيات الحرارية معالجة التربة الملوثة بالبترول والمواد الهيدروكربونية بسرعة وكفاءة وغالبا ما تزيل أكثر من 99% من مجموعة واسعة من أجزاء الهيدروكربون وتركيزات الهيدروكربونات البترولية. رغم هذه المزايا فان درجات الحرارة المعالجة المرتفعة التي تتطلبها معظم التقنيات الحرارية يمكن أن تشـــكل العديد من الجوانب السلبية، أبرزها انها مكلفة نسبيا كذلك أثر الحرارة المرتفعة على النظام البيئي غير مستكشفة نسبيا [14].

حيث تعتبر المعالجة الحرارية لا مثيل لها في المعالجة الســـريعة والفعالة لمعالجة التربة الملوثة بالهيدروكربونات البترولية. ومع ذلك لن تصـــل التقنيات المادية الى هدف اســـتعادة النظام البيئي دون اعتبار شامل للتربة والنباتات وتأثيرات النظام البيئي.

تســتعمل الجزائر الطرق الحرارية (الحرق) في معالجة التربة الملوثة بالنفط والملوثة بالمخلفات الصـــناعة النفطية.

وفيما يلي أبرز تقنيات المعالجة الحرارية:

III.1.4.3.1. الامتزاز الحراري

يتضمن الامتزاز الحراري تطبيق الحرارة على التربة الملوثة بقصد تطاير وامتصاص الهيدروكربونات التي تنقل بواسطة غاز كنس أو فراغ وتدمر في نهاية المطاف عن طريق حرق أو امتصاص الكربون وينقسم الامتزاز الحراري الى منخفض الحرارة (100–300 $^{\circ}C$) وعالي الحرارة (300–550 $^{\circ}C$).

تتم عملية المعالجة بالامتزاز الحراري خارج الموقع من خلال حفر التربة وتسخينها في وحدات. يتم نقل الهيدروكربونات بعيد عن غرفة المفاعل الرئيسية بواسطة غاز مسح ويتم حرقها أو امتصاصها على الكربون المنشط للتخلص النهائي والتحكم في تلوث الهواء وقد يكون استرداد الوقود والحرارة ممكن إذا كانت رطوبة التربة منخفضة.

وتحقق المعالجة بالامتصاص الحراري في الموقع من خلال تطبيق ابار مزدوجة للتدفئة، وتعتبر سخانات التوصيل الحراري فعالة في تسخين منطقة التلوث بأكمله بشكل موحد.

يمكن ان ينتج عن الامتصاص الحراري بقسميه عالي أو منخفض الحرارة كفاءة ازالة أكبر من 99% رغم اختلاف فترة المعالجة.

III.2.4.3.1. الحرق

الاحتراق هو عملية عديمة اللهب تنشر موجة ذاتية الاستدامة من الاحتراق الطارد للحرارة إذا تم تلبية احتياجات الوقود والاكسجين. حيث يحول الاحتراق الملوثات الى حرارة وثاني أكسيد الكربون والماء وبالتالي يلغي الحاجة الى وقود إضافي للمعالجة الكاملة ويكون متوسط الحرارة (600–1100 $^{\circ}C$).

ويستخدم الاحتراق أيضا لاستخلاص الزيوت المحسنة حيث تعمل الواجهة المشتعلة على تقليل لزوجة الزيت الذي أمامها وتدفعه نحو أبار الاستخراج [14].

يتم في البداية حقن الهواء والتدفئة لبدء الاحتراق، تكون الاكسدة المشتعلة مكتفية ذاتيا طالما أن مستويات الاكسجين والوقود كافية وفقدان الحرارة ضئيل للغاية حيث تتحرك موجة الحرارة في اتجاه تدفق الهواء وتستمر تفاعلات الاحتراق عن طريق نقل الحرارة عبر مصفوفة التربة الملوثة. عادة يتم تدمير المادة العضوية عن طريق الاحتراق عندما يكون امداد الاكسجين كافيا.

ترتبط سرعة الاحتراق ومعدل إزالة الملوثات ارتباطا مباشر بمعدل تدفق الهواء.

III.1.3.4.3. الترميد

يتضـــمن الترميد التدمير الكامل للملوثات من خلال الاحتراق بدرجة حرارة عالية للتربة المتأثرة. يمكن أن يكون الحرق في الموقع بدون حفر صعبا ومكلفا وغير قابل للتنبؤ لذلك يتم عادة تطبيقه خارج الموقع.

التكنولوجيا التي تتضمن حفر التربة الملوثة والاحتراق في واحد من أربعة أنواع رئيسية من وحدات الترميد (الافران الدوارة، مفاعلات الطبقة المميعة، حقن السوائل، أو سخانات تحت الحمراء).

بعد المعالجة يجب ترطيب التربة للتحكم في الغبار قبل إعادة اسـتخدامها كردم لمشـروعات البناء وغيرها من التطبيقات غير زراعية، تتم المعالجة عند درجة حرارة (600–1600°C) مع الحفاظ على مســتويات الأكســجين المتدفق. كذلك يتم ترشـــيح غازات العادم في أجهزة تنقية الغاز ثم تحرق بعد ذلك لإزالة أي منتجات غازية لا يمكن تنفيسـها بسـبب مخاوف من تلوث الهواء، ينتج أيضـا من عملية المعالجة الرماد الذي يتم التخلص منه بشكل نموذجي في مدافن النفايات.

III.1.3.4.4. الانحلال الحراري

يمكن معالجـة الزيوت الخـام الثقيلـة والحمـأة الزيتيـة والقطران والهيدروكربونـات العطريـة متعددة الحلقات والوقود المكرر وزيوت الوقود بشـــكل فعال باســـتخدام المعالجة بالتحلل الحراري ومن المتوقع أن يكون الانحلال الحراري على نطاق الحقل تأثير طاقة مماثل وتكاليف مماثلة للامتصـاص الحراري عالي الحرارة ولكن مع تأثيرات ضارة أقل على معالجة التربة.

يتضـمن الانحلال الحراري تسـخين التربة المتأثرة بنقص الأكسـجين في الغلاف الجوي عادة الى (400– 1200°C) للنفايات الخطرة وأقل من 550 °C للهيدروكربونـات عند تطبيقه على تربـة ملوثة بخامات البترول [14].

III.1.3.4.5. التزجيج في الموقع

يســـتخدم التزجيج درجات حرارة عالية جدا (1600–2000°C) لإذابة ودمج الملوثات والتربة في مادة صلبة تشبه الزجاج. تمتلك التربة المنصهرة أو المادة الصلبة الملوثة خصائص مماثلة للسبج وهي أقوى بعشر مرات من الخرسانة عن طريق التبريد السريع للتربة المنصهرة والملوثات. يتم منع التبلور ويتكون الزجاج المستقر من مواد غير متطايرة كما هو الحال مع الامتصاص الحراري والتحلل الحراري، تمتص المواد المتطايرة وتتم معالجتها على أنها تيار غاز عادم.

عادة ما يتم تزجيج التربة في الموقع حيث يستلم الحرارة من أقطاب الموليبدينوم وغالبا ما يتم مزجها بمواد من غرافيت أو زجاجية إضـــافية لبدء عملية الانصـــهار. بعد التربة تذوب المعادن وتنطفئ الأقطاب الكهربائية مما يسمح للتربة والملوثات المحاصرة بالتبريد الى كتلة زجاجية.

على حسب حجم المنطقة المنصـهرة يمكن أن يستغرق التبريد ما يصـل الى عام ليكمل، ولأن التزجيج يتسبب في انكماش حجم التربة يجب إضافة تربة ردم إضافية.

III.1.3.4.6. التدفئة بالترددات الراديوية / التسخين بالميكروويف

تم تطوير تسخين الترددات الراديوية أي تسخين الميكروويف لتعزيز استخلاص الزيت في رمال الصخر والقطران في السبعينيات ويمكن استخدمها لإزالة الهيدروكربونات منخفضة الوزن الجزيئي ويزيل اللزوجة ويحسن التوفر البيولوجي ويسرع معدلات التحلل الميكروبي.

ينقل التســخين بالميكروويف الحرارة على المســتوى الجزيئي عن طريق فرض مجال كهربائي ثلاثي على ثنائيات الأقطاب الكهربائية (الشـــحنات غير متوازنة) في التربة والمواد الملوثة والمياه فهو يعتمد على تفاعلات العزل الجزيئي.

الماء على وجه الخصوص هو عامل رئيسي في تسخين الميكروويف نظرا لخصائصه العازلة للكهرباء وبالتالي هناك حاجة لرطوبة التربة العالية في المعالجة، عادة ما يتم تطبيق التســـخين بالميكروويف في الموقع حيث يتم توفير الحرارة عن طريق الأقطاب الكهربائية والهوائيات التي يتم تشـغيلها بواسـطة عامل

محو تردد الراديو، عادة يتم استخدامه عندما تكون درجات الحرارة أعلى من البخار أو حقن الهواء الساخن مطلوبة وعادة ما تكون ($150-200^{\circ}C$).

تكون أوقات المعالجة حسب ترتيب الأيام وتختلف وفقا للمادة الملوثة ودرجة الحرارة وما إذا كان تقنية التسخين بالميكروويف تستخدم كتقنية قائمة بذاتها أو مساعدة [14].

III.1.3.4.7. حقن الهواء الساخن

يستخدم حقن الهواء الساخن لزيادة تنقل الملوثات وكفاءة الاستخراج في معالجة استخراج بخار التربة بسبب السعة الحرارية المنخفضة للهواء ويلزم وجود كميات كبيرة من الهواء عند درجات حرارة عالية وبالتالي استخدام طاقة عالية لتسخين التربة الى المستويات المطلوبة لامتصاص الهيدروكربون.

يتم الحقن في الموقع من خلال ابار او مسارات حقن البريمة، غالبا ما يستخدم البخار جنبا الى جنب مع الهواء الساخن لنقل المواد العضوية الممتصة بشكل أكثر فاعلية الى بئر التفريغ.

يستخدم حقن الهواء الساخن عادة مع المعالجة الحيوية أو عمليات أخرى، ويمكن تطبيقه على أي ملوثات هيدروكربونية من الوقود الخفيف الى الزيوت الخام، تم العثور على حقن الهواء الساخن لزيادة كفاءة إزالة البترول بنسبة 9% عن تجنيب الهواء في درجة الحرارة المحيطة.

III.1.3.4.8. حقن البخار

تم تطوير الحقن بالبخار لتحسين استخلاص الزيت، يمكن استخدامه بمفرده أو جنبا الى جنب مع تقنيات أخرى لتعزيز كفاءة طرق المعالجة الأخرى عن طريق خفض لزوجة الملوثات أو زيادة الحركة أو تسخين التربة الباردة لتحسين معدلات التحلل البيولوجي.

للبخار سعة حرارية أعلى من الهواء الساخن، مما يوفر وسائل أكثر كفاءة لتسخين التربة عندما يسهل الوصول الى البخار. يستخدم حقن البخار فرق ضغط لتشجيع تكثيف البخار والامتصاص والتبخر الاحق.

يخلق الحقن بالبخار ثلاث مناطق معالجة متميزة الاولي "منطقة البخار" وهي شبه متساوية الحرارة بالقرب من موقع الحقن حيث تتم الازالة عن طريق التقطير بالبخار والنزع في اتجاه مجرى النهر في هذه المنطقة

يتشكل بنك ملوث، المنطقة الثانية "منطقة درجة الحرارة المتغيرة" تتشكل في اتجاه مجرى النهر حيث تبرد درجة الحرارة ويتكثف البخار والملوثات، المنطقة الثالثة "منطقة درجة الحرارة المحيطة" وتشمل تدفق المياه والملوثات المنتقلة.

بمجرد استخلاص الابخرة تتم معالجتها باستخدام الكربون المنشط والترشيح وما الى ذلك، حيث يتم احتواء الابخرة وازالتها في الموقع باستخدام نظام الاستخراج بالتفريغ كما يجب مراقبة النفايات السائلة لضمان السلامة البيئية خاصة وأن تدفق التكثيف يمكن أن يخاطر بتلوث ثانوي للمياه الجوفية.

يمكن تطبيق الحقن بالبخار بنجاح في معالجة التربة من الملوثات العضوية مثل زيوت الوقود الثقيل ويكون أكثر فعالية بنقاط غليان أقل من 250°C [14].

III.2. دراسات تحليلية

من خلال اتباعنا للمنهج التحليلي في درستنا قمنا بتحليل تسعة دراسات سابقة تتضمن موضوع معالجة التربة الملوثة بالنفط.

III.2.1. الدراسة التحليلية رقم 01

عنوان الدراسة: تأثير التلوث النفطي على الخصائص الكيميائية لتربة قضائي القرنة والمدينة [4].

الهدف من الدراسة: تبين مدى تأثير الملوثات النفطية في الخصائص الكيميائية للتربة من خلال معرفة تراكيز الملوثات في تربة منطقة الدراسة ومقارنة هذه التراكيز مع المعايير البيئية المسموح بها.

موقع الدراسة: الجزء الشمالي من محافظة البصرة – العراق (2019).

نتائج الدراسة: تتضمن الدراسة تحليل عينات مأخوذة من التربة في المنطقة الملوثة بالنفط منها مناطق مزروعة وأخرى غير مزروعة من أجل تحديد قيم الخصائص الكيميائية للتربة والمسجلة في الجدول (5)

الجدول (5): تراكيز خصائص التربة الملوثة.

الموقع	المادة العضوية g/kg		كربونات الكالسيوم g/kg		كربونات الكالسيوم g/kg		الناقلية الكهربائية dSm/m		PH	
	الموسم الشتوي	الموسم الصيفي	الموسم الشتوي	الموسم الصيفي	الموسم الشتوي	الموسم الصيفي	الموسم الشتوي	الموسم الصيفي	الموسم الشتوي	الموسم الصيفي
الترابة/ مزروعة	15.3	11.41	9.21	8.57	3.65	1.45	4.11	4.15	6.94	7.66
ام الشويج/ مزروعة	16	16.15	10.28	10.28	4.14	4.11	5.2	5.26	7.23	7.22
السدة/ مزروعة	16.5	16.75	10.16	1015	4.90	4.89	5.19	5.22	7.23	8.24
بستان سعدون/ مزروعة	17.1	16.75	7.65	7.67	3.5	3.45	4.77	4.73	7.53	7.81
الشافي/ مزروعة	13.58	14.12	7.78	7.73	4.23	4.26	12.19	12.24	7.17	7.26
السواد/ متروكة	7.13	7.47	38.15	38.14	11.55	11.33	19.1	20.64	7.69	8.69
الجري/ متروكة	6.7	6.92	36.83	36.99	17.56	15.44	15.07	16.06	7.66	8.47
الشرش/ متروكة	5.7	5.99	9.77	9.82	4.16	4.14	13.45	15.46	7.42	8.42
الجزيرة الحمراء/ متروكة	12.15	13.52	7.64	7.60	3.13	3.08	12.23	15.24	7.53	8.12
أبو غريب/ متروكة	6.6	6.9	34.01	34.01	14.67	14.16	13.68	14.76	7.53	8.5
المعدل	10.32	10.19	17.15	17.09	7.16	6.63	10.5	11.4	7.44	8.04

تحليل النتائج:

تبين من خلال دراسة الخصائص الكيميائية لتربة ان المادة العضوية تكون نسبتها أكبر في المناق المزروعة حوالي g/kg (16.5 – 11.41) بسبب وجود الغطاء النباتي وسجلت المواقع الأقرب من مصدر التلوث قيم منخفضة من المادة العضوية حيث أن النفط يؤدي الى خفض مسامية التربة ومنع التهوية وخفض النيتروجين مما يؤثر على خصوبة التربة وقد يصل الى درجة السمية.

ظهر المعدل العام لمحتوى كربونات الكالسيوم البالغ تقريبا 17.15g/kgو 17.09g/kg في الموسمين الشتوي والصيفي ما يجعل التربة شديدة الكلسية

بلغ المعدل العام لقيم كبريتات الكلسيوم في الموسمين الشتوي والصيفي 7.17g/kgو 6.63g/kgعلى التوالي

قيمة الأس الهيدروجيني سجلت تباينا في منطقة الدراسة حيث الفصل الشتوي قليل القاعدية 7.44 اما الصيفي معتدل القاعدية 8.04 ووفقا للمعايير لم تتجاوز التربة الحد الحرج الذي يقع فيه الاس الهيدروجيني

تبين النتائج ان التوصيل الكهربائي في الموسم الشتوي اقل من الموسم الصيفي مع ارتفاعه في المناطق الملوثة بالمواد النفطية

الاستنتاج:

يؤدي تلوث التربة بالمواد النفطية الى التأثير على خواصها الكيميائية وبالتالي يؤثر سلبا على إنتاجية الأراضي الزراعية.

III.2.2. الدراسة التحليلية رقم 02

عنوان الدراسة: المعالجة البيولوجية الخيار الأفضل لمعالجة التربة الملوثة [15].

الهدف من الدراسة: تناول هذا المقال تجارب نجاح الشركات التابعة لمؤسسة البترول الكويتية في استخدام المعالجة البيولوجية لتنظيف التربة الملوثة بالنفط إذا كانت تحتوي على أقل من 5% من النفط.

حيث اهتم القطاع النفطي الكويتي المتمثل في كل من شركة نفط الكويت وشركة البترول الوطنية الكويتية بتجربة تقنيات المعالجة البيولوجية في المناطق الملوثة.

مكان الدراسة: دولة الكويت أفريل 2009.

- **تجربة شركة نفط الكويت:**

في عام 2004 اخدت شـــركة نفط الكويت مســـاحة $5000m^2$ ملوثة بالنفط الخام باختيار موقع ملوث بالقطران الرطب في حقل برقان جنوب الكويت، كان الموقع ملوث بالنفط الخام الاسـفلتي البارافيني وغني بالهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات ما أدى الى انعدام الحياة البيئية والإنتاجية.

تم تحليل العينات المأخوذة من الموقع بتقنية كروماتوجرافية الغاز لتحديد تراكيز وتراكيب الملوثات، أظهرت نتائج عمليات المســح وجود مواقع ذات تركيزات مختلفة للملوثات الهيدروكربونية حيث كان النفط السـائل لايزال يطفو في المنطقة المختارة عكس مناق أخرى توجد فيها طبقة سـميكة من القطران السـائل وبســب عدم تجانس التلوث في الموقع قســم الى ثلاثة مواقع اعتمادا على درجة التلوث وتم اختيار اربع ميكروبـات لعمليـة المعـالجـة البيولوجيـة KT-Oilzapper وكـانـت التربـة في المنطقـة الأولى ملوثـة ب36000 جزء من المليون من المواد الهيدروكربونية الكلية وبعد شـــهرين من المعالجة انخفضـــت الى 900 جزء من المليون بنسبة 0.09% وهذا المعدل مسموح بيه عالميا وفيما يلي الشكل (4) والشكل (5) يمثلان صورة للموقع قبل وبعد المعالجة بشهرين على التوالي.

الشكل (4): صورة الموقع قبل المعالجة البيولوجية.

الشكل (5): صورة الموقع بعد شهرين من المعالجة البيولوجية.

- **تجربة شركة البترول الوطنية الكويتية:**

تعتمد شـركة البترول الوطنية الكويتية على التخلص من المخلفات النفطية بدفنها في حفر أرضـية كبيرة، وبمرور السنين امتلأت هذه الحفر وسببت اضرار بيئية، ما جعل الشركة تستبدل هذا الأسلوب بطرق أكثر امنا للبيئة وتطبيق تقنيات المعالجة، فتبنت الشـــركة تقنية حديثة تتكون من ثلاث مراحل حيث المرحلة الأولى تعتمد على الفرز بالطرد المركزي لفصـــل النفط عن الماء والمواد الصـــلبة. والمرحلة الثانية تعتمد على تمرير الماء المفصول لفصل المزيد من النفط والرواسب الصلبة. أما المرحلة الثالثة تتضمن استخدام التقنيات الحديثة والتكنولوجيا لمعالجة التربة من خلال الامتصـاص الحراري اللاهوائي حيث اخذت عينات من جوانب مختلفة لخفرتي حمأة النفطية طولها 180m وعرضـها 175m وعمقها 8m وبعد شـهرين من المعالجة خفت مشكلة الروائح والانبعاثات من الحفرتين وتم التخلص من المخاطر التي قد تؤثر سلبا على الانسان والبيئة.

الاستنتاج:

تعد المعالجة البيولوجية طريقة مثالية لتنظيف التربة الملوثة بالنفط وأحدي التقنيات الفعالة التي أوصـــت باسـتخدامها وكالة حماية البيئة الأمريكية وتتم بإضـافة كميات كافية من البكتيريا المناسـبة والمواد المغذية للمنطقة الملوثة. وقد تم اســـتخدام المعالجة البيولوجية بنجاح لمعالجة ملوثات عديدة منها النفط الخام

والجازولين وغيرها، وتتضمن فوائد المعالجة البيولوجية كونها اقتصادية وتحقق نتائج مع إمكانية استرجاع كميات من النفط والاستفادة منه.

Ⅲ.3.2. الدراسة التحليلية رقم 03

عنوان الدراسة: المعالجة البيولوجية لمعالجة أسوأ نفط تم تسجيله في العالم "صندوق التلوث".

Bioremediation to Treat the World's Worst Ever Recorded Oil "Contamination Case" [16].

الهدف من الدراسة: اجراء سلسلة من التجارب لاستنتاج ما إذا كانت تقنية المعالجة الحيوية المعروفة باسم "المعالجة بالديدان" فعالة في معالجة تربة الكويت الملوثة بالزيت.

مكان الدراسة: الكويت اوت 2019.

مزايا المعالجة باستخدام الديدان:

يمكن للبكتريا المضـــيفة لديدان الأرض أن تحلل المواد الكيميائية داخل أمعائها يمكن أن تكون ارتباطات ديدان الأرض بالبكتيريا يتحقق في أي نظام تربة أرضـــي تسـكنه الديدان. البكتيريا التي تنتقل عبر أمعاء دودة الأرض ببساطة تأكلها دودة الأرض للحصول على العناصر الغذائية 5kg من ديدان الأرض قادرة على تحلل 1000kg من النفايات في غضون 30 يوما فقط وتحويلها الى سماد دودي مفيد.

عند تعرضـها لتربة تحتوي على 1.5% زيت. معالجة التربة بنسبة 1.2% من زيت الخام لم تكن ضارة لبقاء الديدان الأرض لمدة 10 أيام، أيضـــا دمرت ديدان الأرض التربة الملوثة بالزيت التي تحتوي على 0.2% من اجمالي الهيدروكربونات البترولية.

تأثير أنواع ديدان الأرض على التربة التي يتم معالجتها هو تأثير إيجابي، تم اختيار المعالجة البيولوجية واختفت الهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات بشكل أسرع في التربة التي تحتوي على الديدان مقارنة بالتربة الجرداء.

منهجية المعالجة باستخدام الدودة:

- جمع عينات التربة: تم جمع ثلاث عينات بمستويات مختلفة من الهيدركربونات من حقل نفط من برقان على عمق 40cm تحت مستوى سطح الأرض لكل منها.
- فصل عينات التربة: كانت عينات التربة عبارة عن عينات خشنة تحتوي على حمأة شديدة والمعالجة باستخدام بالديدان لا يمكن تنفيذها على الجزيئات الخشنة كان لابد من تقسيم التربة الى عينات أدق، وتم ذلك عن طريق استخدام الة الكشط لسحق الجزيئات وفصلها باستخدام المناخل للحصول على أفضل عينة ممكنة. هناك أربعة مفاعلات تم انشائها في وعاء بطول وعرض وارتفاع 0.6m و0.3m و0.2m على التوالي وحفر فتحات تهوية وتصريف بقطر 1.5mm على قاعدة والحافة السفلية وغطاء كل حاوية.
- قياس اجمالي الهيدروكربونات البترولية: لم يكن الاختلاف في مستويات الهيدروكربونات البترولية في العينات التي تم جمعها فعالا للغاية، لذلك تم انشاء أربع عينات جديدة بخلط نسب مختلفة من العينات كما هو موضح في الخطوة التالية.
- تحضير العينات: أولا الخليط النقي وهو خليط يحتوي على نسب متساوية من العينات الثلاث ويحتوي على أعلى تركيز من الهيدروكربونات البترولية، الخليط الثاني يحتوي على الخليط النقي مع اضافة الرمل النظيف بنسبة 2.5 هذه العينة لها متوسط تركيز من الهيدروكربونات البترولية. الخليط الثالث يحتوي على الخليط النقي بإضافة الرمل النظيف بنسبة 5 هذه العينة لها أدنى متوسط تركيز من الهيدروكربونات البترولية، الخليط الرابع الرمال النظيفة وتم استخدمها كعنصر تحكم لمعرفة ما إذا كان نشاط الديدان قد تأثر بالتلوث الزيت ام لا.
- اختبار خصائص التربة.
- انشاء نموذج أولي مبني بشكل مناسب.
- إضافة السماد وديدان الأرض [16].

تحليل النتائج:

تم تحقيق نتائج إيجابية حيث انخفضت نسبة الهيدروكربونات البترولية في كل العينة مع اختلاف في نسبة العينات وهذا قد يرجع اما لتركيز الهيدروكربونات البترولية الاولي او لعدم إعطاء جميع العينات نفس كميات الطعام والماء والاكسجين، بالنسبة للكربون العضوي انخفض في الخليط النقي لان الديدان لم

تكن تعيش بشكل كبير في وسط ملوث اما بالنسبة للعينات الأخرى فقد زاد الكربون بشكل طبيعي بسبب وجود ديدان الأرض في وسطها. اختبار الرطوبة اعطى نسب أعلى من النسب الأولية ما يدل على انه تم الحرص على سقى العينات طول فترة التجربة وكانت البيئة صحية ومقبولة للديدان، اثبت اختبار الاس الهيدروجني انه تم الحفاظ عليه بنجاح عند مستوى محايد وهو الشرط المطلوب في التجربة، زيادة تركيز كل من اورثوفوسفاتو نترات/نتريت في التربة بسبب الطبيعة البيولوجية للديدان الأرض وهذا يحسن نوعية التربة بشكل كبير ويجعلها أكثر خصوبة. نلاحظ زيادة في تركيز المعادن ما يدل على تحسن نوعية التربة.

الاستنتاج:

نستنتج من هذه الدراسة ان تقنية المعالجة بدودة الأرض ناجحة بناء على النتائج الإيجابية المحققة، حيث تم تحقيق الهدف الرئيسي وهو خفض مستويات الهيدروكربونات البترولية في التربة الملوثة بمعدل أسرع من المتوقع، علاوة على ذلك وعلى الرغم من ارتفاع نسبة الملوحة في تربة الكويت الملوثة فقد تبن ان هذه الطريقة لا تتأثر بهذا العامل، بالإضافة الى ان التربة المعالجة تحتوي على كميات العالية من العناصر الغذائية مما يشير الى ان التربة خصبة للغاية. اذن تعد المعالجة باستخدام الدودة طريقة صديقة للبيئة يسهل تنفيذها ومفيدة للغاية من الناحية الاقتصادية.

III.4.2. الدراسة التحليلية رقم 04

عنوان الدراسة: معالجة التربة الملوثة بالنفط الخام بالأكسدة الكيميائية.

Remediation of crude oil contaminated soil by chemical oxidation (regenox technique) [17].

الهدف من الدراسة: التخلص من التلوث الناتج عن تسرب وانسكاب النفط الخام في نيجيريا باستخدام تقنية الأكسدة الكيميائية.

مكان الدراسة: داخل شركة تقع في مركز ايبوتشا للنفط ولاية ريفوز – نيجيريا أفريل 2018.

النتائج المتحصل عليها:

تم أخذ عينات التربة الملوثة بالنفط الخام، وتم تحليلها بحثا عن الملوثات ذات أهمية بما في ذلك اجمالي الهيدروكربونات البترولية عبر نطاق C6 الى C53، أيضا التولوينو البنزينوايثيل البنزين والزيلين لهيدروكربونات العطرية متعددة الحلقات تم تحليل التربة باستخدام كاشف التأين الضوئي.

بالنسبة للأكسدة الكيميائية خارج الموقع تم حفر التربة الملوثة ونقلها الى منطقة للغربلة والخلط من أجل انتاج مخزون تغذية متجانس لتجارب مختلفة، تم خلط المادة يدويا باستخدام أداة تدوير التربة ثم تم تمريرها ذهابا وإيابا بين كومتين من المخزون، تم اختيار تربة الصفوف الهوائية من مواد شبه متجانسة ووضعها على منطقة طبقة المعالجة المحضرة على مدار يومين الى 3 أيام. في البداية تم بناء ثلاث خلايا معالجة منفصلة حوالي $1m^3$ لكل صف هواء الصف الأول لم يكن أي تحكم ومعالجة، الصف الثاني كانت عبارة عن تهوية من خلال الحراثة ولم يكن هناك معالجة، والصف الثالث كان عبارة عن تهوية بالحراثة وتطبيق العلاج. تم تنفيذ العمليات في ثلاث جولات بفاصل 14 يوميا بعد كل جولة لمدة 28 يوما. فيما يتعلق بالمعالجة تم خلط المواد شبه المتجانسة في الموقع باستخدام مؤكسدات كيميائية مختلفة.

تحليل النتائج المتحصل عليها:

من النتائج نلاحظ أن استخدام تقنية Regenox أدى الى زيادة النسبة المئوية للتدهور، حيث كان تدهور سريع في أول 14 يوما وحقق بنسبة 98.91% بعد 14 و 28 يوما على التوالي. ما يدل على أن الأكسدة الكيميائية باستخدام تقنية (Regenox) تحقق تحللا سريعا لملوثات النفط الخام في التربة.

الاستنتاج:

التهوية وانشـاء الصـفائح الهوائية وتطبيق تقنية Regenox يقلل تركيز الهيدروكربونات البترولية بنسـبة 98.91% في 28 يوما، وعليه نتائج معالجة الاكسـدة الكيميائية للتربة الملوثة بالنفط الخام هي نتائج مرضية.

III.5.2. الدراسة التحليلية رقم 05

عنوان الدراسة: معالجة محسنة لغسل التربة شديدة التلوث بالنفط الخام.

Enhanced soil-washing treatment for soils which are highly contaminated with crude oil [18].

الهدف من الدراسة:

تقييم اثني عشـرة مادة خافضـة للتوتر السـطحي أيونية وغير أيونية وخلائطها في معالجة التربة شـديدة التلوث بالنفط الخام الناتج عن الانسكابات.

كان الدراسة: كامبيتشي– المكسيك 2005.

نتائج الدراسة:

تم الحصـول على التربة الرملية المسـتخدمة في العمل من مصـفاة قديمة تقع في شـمال المكسـيك الملوثة صناعيا بالنفط الخام الناتج عن بئر التثقيب (كامبيتشي، المكسيك) ويوضح الجدول (6) بعض خصائص التربة الملوثة بالنفط.

الجدول (6): بعض خصائص التربة الملوثة بالنفط.

المعامل	القيمة	الوحدة	المعامل	القيمة	الوحدة
المسامية	0.37	–	Cd	1	mg/kg
الكثافة الظاهرية	1.82	Mg/cm^3	Cr	10	mg/kg
PH , 1M KCl	6.1	يوحد	Cu	23	mg/kg

mg/kg	9085	Fe	mg/kg	272	Na
mg/kg	12	Ni	mg/kg	332	K
mg/kg	544	Pd	mg/kg	28160	Ca
–	605	Na+K	mg/kg	996	Mg
–	29246	Ca+Mg+Mn	mg/kg	90	Mn
–	48.34	Ca+Mg+Mn/Na+K	mg/kg	1444	Zn

تم استخدام اثني عشرة مادة خافضة للتوتر السطحي تجارية في غسل التربة، اختبارات بتركيز 1% من المواد الخافضة للتوتر السطحي وهي (Emulgin 600, Emulgin 1000, Tween 20, Tween 60, Tween 80, Span 80, Texapon 40, Maranillab, Brij 35, Brij 58, Brij 72, SDS)

تم استئناف خصائص المواد الخافضة للتوتر السطحي في الجدول (7)، تم تحضيرها في الماء المقطر وتخزينها عند 4 درجات مئوية لحين استخدامها، تمت اضافة كلوريد الصوديوم (0.5، 1، 2%) وسيليكات الصوديوم 10% في بعض التقييمات [18].

الجدول (7): خصائص المواد الخافضة للتوتر السطحي.

المادة	الأيونية	الاسم الكيميائي	التركيز (g/g mol)	HLB	التركيز الكتلي mg/l
SDS	أيوني	صوديوم دوديسيلسلفونات	288.4	40	400
Texapon40	أيوني	لوريلايثر الصوديوم كبريتات	442	NR	1458
Maranillab	أيوني	دوديسيل الصوديوم –سلفونات بنسين	348	NR	1392
Emulgin 600	غير أيوني	نونيل فينول (بو 6)	483	11	45.06
Emulgin 1000	غير أيوني	نونيل فينول (بو 10)	NR	13.5	NR
Brij 35	غير أيوني	أثير كحول ستيريل (بو 23)	1206	16.7	NR
Brij 58	غير أيوني	أثير كحول ستيريل (بو 20)	1122	5.6	NR
Brij 72	غير أيوني	أثير كحول ستيريل (بو 2)	358	4.9	NR
Span 20	غير أيوني	أحادي السوربيتان	214	8.6	NR
Tween 20	غير أيوني	أحادي السوربيتان (بو 20)	1226	16.7	60.74
Tween 60	غير أيوني	أحادي السوربيتان (بو 60)	1310	14.9	NR
Tween 80	غير أيوني	أحادي السوربيتان (بو 80)	1308	15	65.4

تم وضـــع 6g من التربة في قوارير ســـعتها 40mlو 20ml من ماء ثم إضـــافة محلول خافض للتوتر السـطحي مع أو بدون كلوريد الصـوديوم تم حفض القوارير في غرفة الحرارة خلال 20 سـاعة في التقليب الترددي وبعدها تترك للترسيب لمدة ساعة.

مناقشة النتائج:

أعطت إزالة الهيدروكربونات البترولية للاختبار الماء قيمة 3.52%، وتراوحت القيم من (0 الى 32.9)% لكل من Brij 58 و Emulgin 600 على التوالي، تم الحصـــول على قيم منخفضـــة أخرى لإزالة الهيـدروكربونـات البترولية لكـل من Brij 72 (0.4%), Texapon 40 (0.45%), Span 20 (2.44%).

أفضل النتائج تم الحصول عليها عند استخدام Tween 80 (14.57%), Emulgin 600 (32.9%), SDS (20.37%), Brij35 (16.86%).

اما النتائج الوسيطة عند استخدام Maranillab (10.76%), Tween 60 (12.13%), Tween 20 (13.41%), Emulgin 1000 (14.22%)

ويوضـح الجدول (8) قيم إزالة الهيدروكربونات البترولية لتقييم المواد الخافضـة للتوتر السـطحي المختلطة [18].

الجدول (8): قيم إزالة الهيدروكربونات البترولية لتقييم المواد الخافضة للتوتر السطحي المختلطة.

المادة الخافضة للتوتر السطحي	نسبة الازالة (%)
SDS	20.37
SDS+NaCl 0.5%	21.97
SDS+NaCl 1%	26.03
SDS+NaCl 2%	23.85
SDS+silicate 10%	21.9
SDS+Emulgin-600	22.5
SDS+Tween80	20.2
SDS+Brij 35	22.3

SDS+Emulgin-1000	22.4
SDS+Maranil lab	22.6
SDS+Emulgin-600+silicate	30.2

عند غسل التربة بمواد خافضة للتوتر السطحي تم الحصول على أفضل نتائج عند استخدام SDS, Brij 35, Emulgin 600

كما أعطت مخاليطNaCl + SDS و +SDSالمواد الخافضة للتوتر السطحي معادلات إزالة للهيدروكربونات أفضل من SDSفقط، حيث أعط خليطSilicaten + 600 Emulgin+ SDS أفضل معدل إزالة [18].

الاستنتاج:

من الممكن معالجة التربة شديدة التلوث بالنفط الخام باستخدام غسل التربة المعزز بالفاعل السطحي حيث اثبتت هذه التقنية أنها عالية الفعالية من حيث التكلفة.

III.6.2. الدراسة التحليلية رقم 06

عنوان المقال: باحث كويتي يطور طريقة لمعالجة التربة الملوثة بالنفط [3 web] و [4 web].

مكان الدراسة: الكويت 2019.

المصدر: موقع مرصد دبي للمستقبل & موقع الامارات اليوم.

صرح الباحث الكويتي الدكتور مشاري سعد المطيري، انه قد طور طريقة صديقة للبيئة لمعالجة التربة الملوثة بالمشتقات النفطية والمواد الهيدروكربونية البترولية. وتهدف الطريقة الجديدة الى فصل التلوث النفطي بنسبة تتجاوز 90% بكلفة منخفضة من خلال غسيل التربة. وأشرفت شركة نفط الكويت على تطبيق الطريقة الجديدة واختبارها على التربة الكويتية الملوثة بالتسرب النفطي الناجم عن حرب الخليج.

ما يميز طريقة الدكتور المطيري الجديدة تفردها بمعالجة التربة الملوثة بالنفط باستخدام المياه والموجات الصوتية من خلال معدات صديقة للبيئة دون استخدام الحرارة او المواد الكيميائية، ولا تحتاج هذه الطريقة لإضافة مواد عضوية أو كيميائية لفصل الرواسب النفطية، وتقوم على خلط التربة الملوثة مع المياه

وارسال موجات صوتية تشكل شحنات كهربائية تضطلع بمهمة فصل الرواسب النفطية عن التربة، ثم يتولى جهاز أخر فصل عناصر التربة والماء والنفط عن بعضها.

وابتكر الدكتور المطيري لتنفيذ مشروعه ثلاثة أجهزة، الأول لفصل الجزيئات الكبيرة التي يتجاوز حجمها 25mm، والثاني لغسيل التربة يفصل الملوثات باستخدام المياه، والثالث يتولى مهمة إعادة تدوير المياه وتنقيتها [web 3]

هذا المشروع هو محور رسالة الدكتوراه التي حاز عليها الدكتور مشاري سعد المطيري من جامعة بورتسموث البريطانية، وكان قد حصل على المركز الرابع في إيطاليا من بين 150 بحث دكتوراه، الى جانب فوزه بأفضل مشروع بيئي في الكويت عامي 2016 و2019. وهذا الابتكار خول الدكتور الفوز بالمركز الأول والميدالية الذهبية في المجال البيئي بمعرض سول الدولي للاختراعات سنة 2019 المقام في العاصمة الكورية الجنوبية، كما حظي أيضا على المركز الأول في معرض جنيف الدولي للاختراعات 2018 [web 4]

الاستنتاج:

تتميز طريقة الدكتور المطيري الجديدة تفردها بمعالجة التربة الملوثة بالنفط باستخدام المياه والموجات الصوتية من خلال معدات صديقة للبيئة دون استخدام الحرارة او المواد الكيميائية

III.7.2. الدراسة التحليلية رقم 07

عنوان الدراسة: تقنية التثبيت/التصلب وتطبيقاتها في المملكة العربية السعودية.

Stabilization/Solidification (S/S) Technique and its application in Saudi Arabia[10].

الهدف من الدراسة:

تهدف هذه الدراسة الى تقديم مناقشة مفصلة حول المثبتات التي تم استخدمها تقليديا لعلاج التثبيت/التصلب واختبارات لتقييم فعالية العلاج.

مكان الدراسة:

المنطقة الساحلية من الجبيل في المنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية مارس 2016.

النتائج:

المثبتات المستخدمة في تقنية التصلب/التثبيت يجب أن تكون أمنة للبيئة ومعروضة محليا وذات قيمة اقتصادية في البداية تم استخدام الجير والاسمنت بشكل تقليدي، ولكن فيما بعد أصبح استخدام مواد النفايات التي لها خصائص تدعيم للمعالجة، يمكن استخدام الاسمنت والرماد المتطاير والجير لتثبيت التربة الملوثة بالبترول وأفضل قوة تكون عند إضافة 5% اسمنت و10% رماد متطاير و20% كلس.

استخدام الاسمنت والجير والرماد المتطاير لتثبيت التربة الملوثة بالنفط، يؤدي تلوث التربة بالزيت الى تقليل الكثافة القصوى بنسبة 4% والتماسك بنسبة 66% وزاوية الاحتكاك الداخلي بمقدار 23% ومقاومة الانضغاط غير المحصورة بنسبة 35% وتزيد حد السائل بنسبة 11%.

تشير نتائج الاختبارات باستخدام تقنية التصلب/التثبيت الى أن عوامل التثبيت تعمل على تحسين الخصائص الجيوتقنية للتربة عن طريق التبادل الكاتيوني والتكتل والاسمنت. يمكن أن يعزى التحسين في قوة الانضغاط غير المحصورة والتماسك وزاوية الاحتكاك الداخلي الى التكوينات الجديدة مثل هيدرات سيليكات الكالسيوم التي تغلف وتربط جزيئات التربة.

الاستنتاج:

لا تزيل تقنية التثبيت/التصلب الملوثات من التربة انما فقط تمنع الملوثات من الوصول الى البيئة وتم استخدامها بفعالية في معالجة واستصلاح التربة الملوثة بالنفط وتعتبر تقنية معالجة راسخة وفقا لمعايير وكالة حماية البيئة.

III.8.2. الدراسة التحليلية رقم 08

عنوان الدراسة: المعالجة الحرارية للتربة الملوثة بالنفط الخام.

Pyrolytic remediation of crude oil–contaminated soil [19].

الهدف من الدراسة: معالجة التربة الملوثة بالنفط الخام من خلال التحلل الحراري وإعادة استخدمها.

مكان الدراســـة: نهر ناكدونج في الجمهورية الكورية. بالإضـــافة الى تلقي عينات التربة الملوثة من المملكة العربية السعودية وأخرى من الكويت سنة 2020.

التحقيق التجريبي:

تم جمع عينات رمال الأنهار من نهر ناكدوني (جمهورية كوريا) وصـــلصـــال عالي الجودة (بنت ونايت) لتحضير مخاليط الطين والرمال من التراكيب المختلفة.

كانت عينات التربة لتجارب الانحلال الحرار على نطاق المختبر محضـــرة بخلط الرمل والبنت ونايت بنســـب وزن مختلفة (0–20% ب 2mm) يليه عينات ملوث بالنفط الخام المتلقة من المملكة العربية السـعودية، تم تخزين المخاليط لمدة أسـبوع في ملف غطاء الدخان، أثناء التخزين تم تبخير معظم الزيوت الخفيفة ويمكن ان تكون هذه العملية تستخدم لمحاكاة تجوية الزيت. استخدمت عينتان مختلفتان من التربة الملوثة بالزيت 5%و10% وثلاث عينات من التربة الملوثة بالنفط جنوب شرق الكويت.

تم التحلل الحراري لعينات التربة الملوثة بالنفط التي تعرضـــت للعوامل الجوية التي تم جمعها من مواقع مختلفة في الكويت لتحقق من فعالية كفاءة عملية الانحلال الحراري.

على مقياس المختبر تم تحليل عينات التربة حراريا عند (350, 400, 500˚C) لمدة 20 دقيقة علاوة على ذلك فرن لولبي بطول 120cm وقطره 30cm لفحص كفاءة الانحلال الحراري العملية على نطاق تجريبي بعد المعالجة تم اجراء اختبار الانبات.

النتائج:

حدث فقدان الوزن أثناء التحلل الحراري من التربة بسبب تبخر الرطوبة عند درجات حرارة منخفضة وتحلل الهيدروكربونات عند درجات حرارة اعلى.

كانت درجة حرارة الانحلال الحراري على عكس وقت المعالجة ذات قيمة تأثير على فقدان الوزن عند 400˚C، تم تحقيق 90% من الطاقة المتجددة خلال 30 دقيقة من وقت المعالجة ومع ذلك عند 300˚C وصلت الطاقة المتجددة 70% حتى بعد 60 دقيقة من المعالجة.

زاد فقدان الوزن مع زيادة محتوى الطين، بقي زيت خفيف في عينة التربة ذات المحتوى العالي من الطين أثناء عملية التجوية المحاكية للعينة المختبرية مما أدى الى المزيد من تطاير الزيت المتبقي أثناء عملية الانحلال الحراري.

عند مقارنة عينة التربة المعالجة بالتحلل الحراري بعد 60 دقيقة من المعالجة بعينة تربة غير معالجة نلاحظ انه تم التخلص من الهيدروكربونات تقريبا [19].

وجد ان معدل انبات البذور في التربة المعالجة حراريا أكثر من التربة الملوثة وكذلك من التربة المتحللة حراريا ذات الطين العالي

مناقشة النتائج:

تمت معالجة التربة الملوثة بالنفط الخام من خلال التحليل الحراري، تتطاير الزيوت الخفيفة أثناء عملية التجوية ومع ذلك عينات التربة الغنية بالطين احتفظت بالزيت لبعد التجوية.

تم تطاير المزيد من الزيت مع درجات حرارة أعلى وأوقات تفاعل واحدة وكانت درجة الحرارة أكثر فاعلية من وقت رد الفعل.

زيادة معدل انبات البذور في التربة المعالجة يشير الى نجاح تقنية التحلل الحراري.

الاستنتاج:

التحلل الحراري علاجا قابل للتطبيق للمعالجة السريعة وتحسين قابلية إعادة استخدامه بالمقارنة مع الحرق فان استهلاك الطاقة اقل يقلل من التلوث بالإضافة الى ذلك الحرق يزيل جميع المواد العضوية اللازمة للتطبيق الزراعي بينما التحلل الحراري يزيد من معدل الانبات ونمو البذور وقدرة التربة على الحفاظ على الماء. هذه التقنية قابلة للتطبيق في البلدان التي تعاني من ندرة المياه والتربة الزراعية.

III.9.2. الدراسة التحليلية رقم 09

عنوان الدراسة: معالجة الامتزاز الحراري للتربة الملوثة بالهيدروكربون البترولي في مناطق التندرا والتايغا وسهوب الغابات.

Thermal desorption treatment of petroleum hydrocarbon contaminated soils of tundra, taiga, and forest steppe [20].

الهدف من الدراسة: تقييم وخفض التهديد البيئي الناجم عن تلوث التربة بالهيدروكربونات البترولية.

موقع الدراسة: مناطق التندرا والتايغا وسهوب الغابات في القطب الشمالي 16 جانفي 2021.

التحقيق التجريبي:

لتقييم درجة التلوث في مختلف مرافق الإنتاج تم اجراء تحقيق معقد بما في ذلك تقييم الموقع الميداني واخذ العينات والدراسات المخبرية. في المرحلة الأولى تم تحديد موقع أخذ العينات داخل النقاط الساخنة لتلوث التربة بالهيدروكربونات البترولية في مناطق التندرا والنايغا وسهوب الغابات بمعيار مستقل واحد أو أكثر،

خلو منطقة الدراسة جزئيا أو كليا من الغطاء النباتي (التقييم البصري)، التربة لها رائحة مميزة للمنتجات البترولي بكثافة مختلفة (التقييم الحسي)، كانت مرافق الإنتاج على مقربة شديدة مما زاد من احتمال حدوث تسربات (تقييم احتمالي شخصي).

بناء على المسح البيئي الذي تم اجراءه تم وضع خمسة مواقع اختبار.

تم تحديد المحتوى الإجمالي للمنتجات البترولية في عينات التربة باستخدام طريقة قياسية لقياس الكسر الكتلي للمنتجات البترولية عن طريق قياس الفلور باستخدام محلل السائل. للحصول على نتائج جديرة الثقة تم تحديد المحتوى الإجمالي للمنتجات البترولية في عينات التربة بعد استخراج المنتجات البترولية عن طريق التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء وقياس محتوى الرطوبة وتحديد اجمالي محتوى الكربون العضوي بعد اجراء سلسلة من التجارب على عينات التربة الملوثة من اجل تحديد الأنظمة المثلى للحرارة.

النتائج:

تم اجراء العلاج في ظل ظروف التسخين السريع في نطاق درجة حرارة ($25-170^{\circ}C$) عند مستوى استهلاك الاكسجين المعتدل وبعد تحليل المحتوى المتبقي من البترول لم نجد أي تخفيض للمستوى المقبول. أدت الزيادة اللاحقة في درجة الحرارة المعالجة النهائية الى $200^{\circ}C$ الى تقليل التركيز المتبقي للمنتجات البترولية بمقدار 7 مرات لكنها لم تسمح بتحقيق النتيجة المرجوة.

بعد سلسلة من التجارب تم تحديد درجة الحرارة المثلى لمعالجة الامتصاص الحراري. حيث درجة الحرارة العملية النهائية هي 250C° والتي تمثل 55% فقط من درجة حرارة الاحتراق لجميع الهزات. في نفس الوقت تركيز المنتجات البترولية في التلوث تم تقليل التربة الى تركيزات أقل بكثير من المستوى المسموح به.

من أجل تحديد محتوى الدبال لتقدير خصوبة التربة المعالجة حراريا تم تحديد كمية الكربون العضوي الذي يتراوح بين 0.4% الى 1.5%.

مناقشة النتائج:

رغم درجة حرارة المعالجة المنخفضة الحرارية الامتزاز من المنتجات البترولية يحدث بسبب أنه عند تسحين المنتجات البترولية في المخلوط قد تكون درجة امتصاص بعض مكونات هذا الخليط أقل بكثير من درجة حرارة التبخر لكل مكون.

حضور الدبال في التربة المعالجة حراريا يظهر أنه يمكن إعادة استخدام هذه التربة للاستصلاح بشرط أن تكون الكمية اللازمة من السماد مطبق [20].

تم تطبيق نظام درجة الحرارة المحدد بنجاح لتنظيف التربة من المنتجات النفطية، والمستويات المتبقية من المنتجات البترولية تفي بمتطلبات معايير الجودة وإتاحة الفرصة للاستفادة من التربة المعالجة.

الاستنتاج:

نظام درجة التشغيل الأمثل يكون بين (25–250°C) الذي يسمح بتخفيض تركيزات المنتجات البترولية الى مستوى مقبول.

III.3. دراسة ميدانية (دراسة حالة مؤسسة BASP)

مقدمة

تستخدم الجزائر طرقتين في معالجة التربة الملوثة بمخلفات الصناعة النفطية وهي تقنية التصلب/التثبيت وتقنية المعالجة الحرارية. حيث تستخدم أيضا التقنيتين في حالة حدوث تسرب نفطي والذي هو قليل الحدوث في الجزائر.

من اجل التعرف أكثر حول تقنيات المعالجة قمن بإجراء دراسة ميدانية في مؤسسة BASP والتي تختص في مجال سوائل التنقيب حيث تصنعها وتقوم بمعالجتها وإدارة النفايات الناتجة عن حفر الابار والتي تمتلك وحدة معالجة حرارية (حرق)، المؤسسة كانت تابعة لشركة Halliburton ومن ثم انتقلت ملكيتها الى مؤسسة ENSP.

وفيما يلي سيتم عرض لوحدة المعالجة الحرارية التي تمتلكها المؤسسة وتقديم شرح لها مع تحديد كفاءة المعالجة.

وحدة الامتصاص الحراري Halliburton

يستخدم هذا النظام المحمول مغلقا ومغلفا بالحرارة للتبخر الهيدروكربونات من التربة الملوثة وطين الحفر. حيث ابخرة الهيدروكربون بتم التقاطها باستخدام المكثفات.

يطبق الامتصاص الحراري غير المباشر الحرارة بطريقة تعزل اللهب عن المواد الملوثة مما يزيد درجة الحرارة فوق البخار الملوث ثم إزالة البخار الملوث للتكثيف او التدمير الحراري لمعالجة التربة الملوثة بالبنزين والديزل وزيوت التشحيم والنفط الخام وكذلك طين الحفر.

يتم تسليم المواد الملوثة الى الوحدة بواسطة محمل او حزام ناقل، يتم ترسيب المواد في مثقب التغذية ويتم نقلها الى الفرن (الفرن هو جهاز امتصاص حراري يعمل بشكل غير مباشر)، تسخن التربة وطرد الزيت كبخار، يتم تبريد التربة بواسطة رذاذ الماء في نهاية تصريف الفرن وتصريفها الى مثقب التفريغ حيث يتم تبريدها بشكل أكبر ثم تفريغها لتخلص منها في الموقع.

تخرج ابخرة الزيت من الفرن فوق مثقب التغذية وتتدفق الى الفاصل الأساسي فيتم رشح الزيت بدرجة (F 230-140) في خط النقل لتبريد الغاز وتكثيف غالبية غازات الزيت. تتدفق الابخرة غير المكثفة من

الفاصـل الأسـاسـي بعد ذلك عبر خط النقل الى الفاصـل الثانوي حيث يتم رش الماء البارد في خط النقل لتبريد الغاز بخار ويكثف الزيت الخفيف المتبقي ومعظم الماء. سائل الماء والزيت يتم فصلها عن البخار غير قابل للتكثيف في الفاصل الثانوي. يتم سحب البخار غير قابل للتكثيف من الفاصل الثانوي بواسطة منفاخ التهوية ويتم نقلها الى منطقة الفرن الامامية حيث توجد الهيدروكربونات غير قابلة للتكثيف.

تتم إزالة الزيت المستعاد في الفاصـل الأسـاسـي بواسطة مضـخة زيت التبريد ويتم نقله الى مبرد الزيت ويعود الى خط نقل البخار الفرن لتبريد بخار خروج الفرن، الزيت الفائض الذي يتم اسـترداده يتم ضـخه الى خزان تخزين الزيت.

تقوم مضـخة المياه بإزالة الماء المنتج والهيدروكربونات الخفيفة التي يتم اسـترادها في فاصـل ثانوي، يتم ضـخ الماء الى مبرد الماء حيث يتم تبريده ورسـه في خط نقل من الفاصـل الأسـاسـي، يتوجه الزيت الزائد والماء للفاصـل الزيت/الماء ويتم سـحب الزيت بشـكل دوري من أعلى هذا الفاصـل والى التخزين بينما يتم سحب المياه باستمرار من القاع وارسالها الى التخزين.

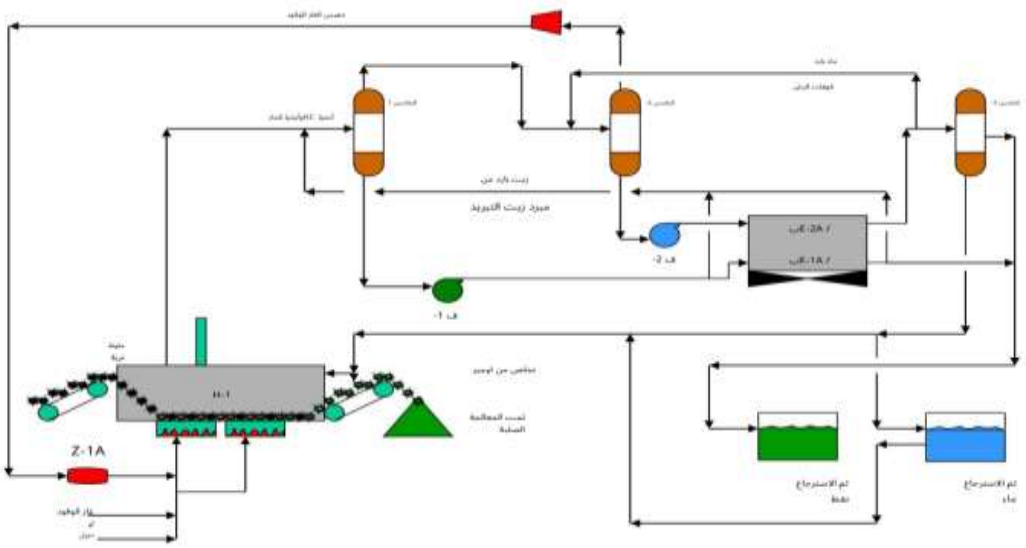
يتم تسـليم المواد الملوثة وتحميلها في وحدة الامتصـاص الحراري غير مباشـر بواسـطة مصـعد وصـول محمل، مجرفة مجنزرة، محمل أمامي. يتم اداع المواد في مثقب التغذية الذي يحرك المواد الملوثة في أسطوانة دوارة محكمة الغلق ساخنة تم تكوين هذه الأسطوانة بسلسلة من الرافعات والكاشطات التي تهيج المواد وتهويها. يتم تسـخين المادة وتفريغها من الغاز أثناء انتقالها بطول الأسـطوانة والمخارج في درجة حرارة ثابتة من خلال سـلسـلة من الأبواب محكمة الاغلاق والمزالق المغلقة لمعالجة الجفاف يليه الاختبار والتخلص.

تعتمد معدلات معالجة المواد على محتوى الماء وأنواع التربة وتركيز الملوثات ومستوى المعالجة المطلوب، يمكن الحفاظ على درجات حرارة خروج التربة ثابتة حوالي (250–1000 F) اعتماد على هدف التلوث والمعالجة. يتم تنظيم وقت عبور التربة بواسطة أسطوانة دوران والميل ومعدل تغذية المواد ويتراوح ما بين 30 و120 دقيقة.

تتميز تقنية الامتصـاص الحراري بمعالجة أنواع التربة المختلفة بارتفاع مسـتويات التلو ث منها: معالجة ناجحة لسـوائل الحفر القائمة على الزيت والطين الملوث بالزيت الخام وأيضـا ناجحة لمعالجة ملوثات

الديزل والبنزين في التربة الرملية والطينية، كذلك اســـتعادة النفط ناجحة وقابلة لإعادة الاســـتخدام، نتائج الاختبار على سوائل الحفر الزيتية أشار الى كفاءة إزالة 99.99% للهيدروكربونات البترولية.

الشكل (6): وحدة الامتصاص الحراري غير المباشر Halliburton.



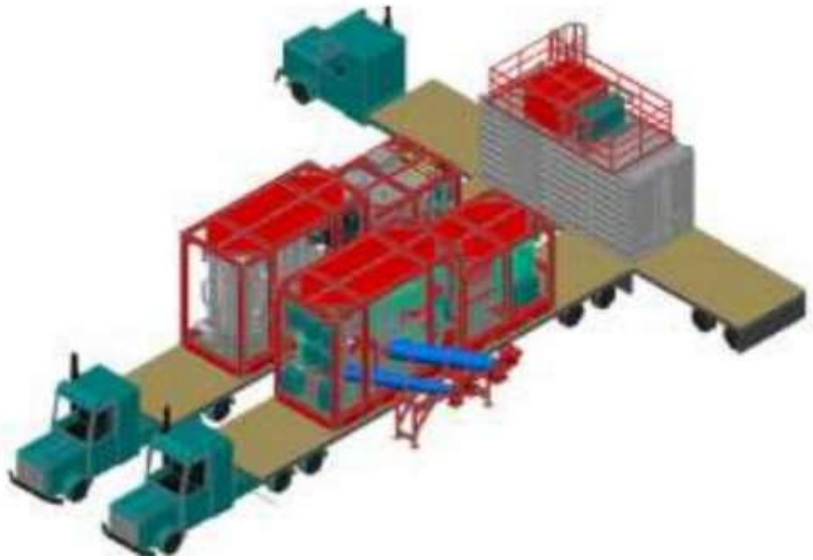
الشكل (7): مخطط تدفق عملية الامتصاص الحراري غير المباشر.

عملية الامتزاز الميكانيكي الحراري Halliburton-TCC

المبدأ هو تســـخين النفايات عن طريق تحويل الطاقة الحركية إلى حرارة عن طريق الاحتكاك إلى درجة حرارة أعلى من درجة حرارة تبخر الزيت الأســاســي .سـيتبخر الزيت والماء بعد ذلك وسـيتم تكثيفهما في مكثفات منفصلة للزيت والماء.

جوهر هذه التقنية هو غرفة على شكل أسطوانة (قطرها متر واحد وطولها متر واحد تقريبًا) يتم من خلالها تركيب عمود به سـلسـلة من أذرع المطرقة. يشـار إلى هذه الغرفة باسـم مطحنة المعالجة. يتم توصـيل محرك كهربائي أو محرك ديزل بهذا العمود.

تتميز عملية الامتزاز الميكانيكي الحراري TCC ببعض المزايا التقنية الواضحة مقارنة بأنظمة الامتصاص الحراري التقليدية. تعتمد العملية على التسخين الميكانيكي المباشر، مما يلغي الحاجة إلى أسطح تسخين كبيرة وأنظمة معقدة لتسخين بعض وسائط التسخين مثل الزيت الساخن أو البخار أو غاز العادم.المحركات أو التوربينات أو المحركات الكهربائية قابلة للتطبيق لتوليد الطاقة الميكانيكية، وهذا يجعل من الممكن تصميم أنظمة مدمجة وتفي بأعلى معايير السلامة ومنع الانفجارات ذات الصلة.



الشكل (8): وحدة الامتزاز الميكانيكي الحراري TCC.

الشكل (9): مخطط تدفق عملية الامتزاز الميكانيكي الحراري TCC.

الشكل(10): وحدة الامتزاز الميكانيكي الحراري Halliburton–TCC.

في عملية الامتصاص الميكانيكي الحراري TCC يتم إنتاج الحرارة داخلًيا في المادة بواسطة قوى الاحتكاك الناتجة عن التحريض الشديد. إن الجمع بين القص الميكانيكي العالي وتوليد الحرارة في الموقع يخلق بيئة تعزز التبخر السريع للماء والهيدروكربونات. هذا هو نتيجة الخلط المضطرب الفعال للغاية الذي يقلل من سمك طبقة بخار الزيت المحيطة بالجزيئات الزيتية. في المرحلة الغازية المضطربة خارج الطبقة الصفائحية، يعتبر بخار الماء شديد التسخين هو المكون السائد على أساس الحجم، بسبب الاختلاف

الكبير في الكتلة المولية بين الزيوت والماء. هذا يعزز التقطير البخاري الفعال للزيوت، مما يجعل من الممكن تبخير الزيوت عند درجة حرارة أقل بكثير من نقطة التبخير في الغلاف الجوي، وبالتالي القضاء على مخاطر التدهور الحراري. تعتبر مزايا هذه التقنية مقارنة بالوحدات الحرارية التقليدية:

- التسخين المباشر يؤدي إلى أقصى قدر من كفاءة الطاقة.
- الزيت الأساسي المستعاد يمكن مقارنته من حيث الجودة بالزيت الأساسي الجديد ويمكن إعادة استخدامه.
- المواد الصلبة المجففة نظيفة ومناسبة للاستخدام في التطبيقات التجارية.
- •من السهل إعادة التخصيص ومثالية للأغراض البحرية والبرية.
- عمليات آمنة وموثوقة.
- سرعة بدء التشغيل والإغلاق، مما يسهل مهام الصيانة البسيطة والمرونة التشغيلية التقليب الميكانيكي في خزان التغذية لضمان تناسق التغذية لمنع انسداد المضخة.
- وحدة تغذية مغلقة بالكامل، متوافقة مع التغذية الهوائية.
- خيارات محرك كهربائي أو ديزل. حيث وحدة BASP كهربائية.

يمكن حساب إنتاجية العملية الحرارية باستخدام معادلات توازن الطاقة. مع تركيبة تغذية مكونة من70%قصاصات 15% وزيت و15% زيت ماء على سبيل المثال، من المتوقع أنتكون المعدلات 3.5 مليون طن/ساعة. إذا تغيرت هذه التركيبة إلى 90% قصاصات/ 5% زيت / 5% ماء على سبيل المثال، تزداد معدلات المعالجة المتوقعة إلى 6مليون طن/ساعة. نتوقع أن تكون الأسعار ضمن هذا النطاق، ترتبط نسبة كبيرة من إجمالي استهلاك الطاقة بتغيير الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية، وتجدر الإشارة أيضا إلى أن التركيب الكيميائي ودرجة الحرارة المحيطة واتساق المواد سيكون لها أيضا تأثير على المعدلات.

الاستنتاج:

تعتبر المعالجة الحرارية تقنية فعالة لمعالجة التربة الملوثة بالنفط ومشـتقاته الناتج عن الصـناعة النفطية بكل مراحلها وكذلك في معالجة المخلفات الصـناعة النفطية ويمكن أن تصـل كفاءة العلاج الى أكثر من 90%، هذا بالإضافة الى إمكانية استرجاع الزيت وإعادة استخدامه.

الخلاصة:

يؤثر التسـرب النفطي على الخصـائص الكيميائية للتربة وعلى جودتها الإنتاجية، هذا ما دفع الدول المتضررة من حوادث انسكاب النفط الى تطوير تقنيات لاستعادة جودة التربة وإعادة تأهيلها وقد تم في هذا الفصـل عرض أهم الطرق التي توصـل لها الباحثون في هذا المجال وتضـم الطرق البيولوجية والطرق الكيميائية والطرق الفيزيائية والطرق الحرارية

وبما أن الجزائر من الدول المنتجة للنفط وتعتمد على الصناعة النفطية كمصدر أساسي للاقتصاد، فهي تتبع تقنيتين لإدارة مخلفات الصـناعة النفطية وتلجأ اليها أيضـا في حالة التسـرب النفطي الذي نادرا ما يحدث. وتم ادراج جزء تطبيقي يحتوي على مبدأ عمل أحد التقنيات المتبعة في الجزائر وهي تقنية المعالجة الحرارية

الفصل الرابع:

طرق وتقنيات معالجة المياه الملوثة بالتسرب النفطى

ملخص الفصل:

عادة ما يؤثر انســكاب النفط في المجاري المائية على البيئة والمخلوقات البحرية والنباتات وحياة الحيوانات الأخرى والانســان لفترة طويلة، لهذا يجب اســتخدام تقنيات متطورة ومتقدمة باستمرار لمعالجة انسكاب النفط وبقع الزيت بسرعة وكفاءة. وفي هذا الفصل قدمنا لمحة عامة عن التقنيات المستخدمة في المعالجة المياه الملوثة بالتسرب النفطي.

مقدمة

يؤثر التلوث النفطي البحري الناتج عن تسرب النفط وظهور الزيت على سطح الماء على الكائنات البحرية وتلوث بيئة الهواء وتقليل صحة الانسان، وعادة ينتج تسرب النفط من حوادث السفن والناقلات وغرقها وحوادث بئر التنقيب عن النفط. حيث تأثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للانسكاب النفطي بشكل كبير على الحياة البحرية والتركيب الطبيعي للمحيطات أو مصدر المياه وبعض الأنشطة الاقتصادية، ويعتمد تكوين بقع الزيت بعد انسكاب النفط على العديد من العوامل المختلفة مثل الطقس وسرعة الانتشار على سطح الماء والانجراف وتبخر..

تم استخدام العديد من تقنيات لاستعادة النفط المتسرب. مثل الاسترداد الميكانيكي أو الحرق، وخاصة باستخدام المعالجة الحيوية أو المواد الصلبة أو المشتتات التي اعتبرت طرقا مفيدة.

يعتمد اختيار طريقة المعالجة على نوع وكمية الانسكاب النفطي وظروف الطقس والبيئة [5].

IV.1. دراسة نظرية

IV.1.1. خصائص النفط المتسرب

للنفط المتسرب العديد من الخصائص الفيزيائية والكيميائية وفيما يلي نذكر أهم الخصائص:

IV.1.1.1. الخصائص الفيزيائية

الخصائص الفيزيائية للنفط مثل التوتر السطحي والكثافة ونقطة الانسكاب بالإضافة للذوبان في الماء واللزوجة تؤثر بشكل كبير على سرعة انتشار النفط أو بقعة الزيت، حيث يطفو النفط على سطح الماء وينتشر ويتوسع أفقيا. تؤدي انخفاض كثافة النفط الى زيادة المواد الاخف وزنا وتبقى المواد الأثقل التي تغرق عموديا في الماء وتتفاعل معه لتكوين ترسبات خطيرة.

لزوجة النفط أيضا مؤشرا لتقييم معدل انتشار النفط، كما أن ارتفاع اللزوجة يؤدي الى صعوبة التحلل أو المعالجة.

علاوة على ذلك تؤدي زيادة درجة الحرارة الى تقليل كثافة النفط ولزوجته وزيادة قدرة الانتشار الأفقي. كما أن قابلية ذوبان النفط في الماء مرتبطة بتكوين الملوثات ودرجة الحرارة أما التوتر السطحي للنفط متناسب عكسيا مع درجة الحرارة. وبالتالي ينتشر النفط بسهولة أكبر في المياه الدافئة حتى في حالة اختفاء تيارات الرياح.

IV.1.1.2. الخصائص الكيميائية

تسيطر الهيدروكربونات التي تشكل من 50% الى 98% من اجمالي مكونات النفط على الخصائص الكيميائية المعقدة للنفط، كما يحتوي النفط أيضا مركبات غير هيدروكربونية مثل الأكسجين والنتروجين والكبريت والمعادن الثقيلة.

يمكن تقسيم النفط الى هيدروكربونات مشبعة وغير مشبعة وهيدروكربونات عطرية وأسفلتين ومنتجات مكررة، حيث الهيدروكربونات المشبعة قليلة التفاعل الكيميائي وقابلة للاشتعال وصعبة الذوبان في مياه البحر كونها غير قطبية، أما الهيدروكربونات العطرية فهي ملوث خطير لأنها مسببة للسرطان [5].

IV.1.2. عماليات معالجة المياه

كان تسرب النفط وتنظيف البقع النفطية من أكثر الأمور اثارة للجدل، نظرا لاستحالة تنظيف كل النفط المفرغ والمنتشر في مياه البحر، ومن بين طرق الاسترداد الحديثة نجد: الطرق الفيزيائية، الطرق الكيميائية، الطرق الحرارية (الحرق في الموقع) والمعالجة البيولوجية [5].

IV.1.2.1. المعالجة الفيزيائية

تم استخدام الطرق الفيزيائية بشكل أساسي كحواجز للسيطرة على تسرب النفط ومنعه من الانتشار دون التغيير في الخصائص الفيزيائية والكيميائية للنفط.

تم استخدام العديد من الحواجز مثل الأذرع الرافعة والكاشطات والمواد الممتزة التي تهدف الى التحكم في انسكاب النفط.

- **الأذرع الرافعة:** وهي نوع عادي من المعدات المستخدمة لمنع التسرب النفطي من الانتشار، فاعلية الأذرع الرافعة لا تعتمد فقط على تصميمها بل يتأثر بشدة بخصائص التيارات واتجاه الرياح وسرعته وارتفاع الأمواج، وهي عبارة عن هياكل عائمة مصنوعة من مواد صلبة أو شبه صلبة حيث 60% من الحاجز تحت الماء بطول يصل الى 15m، ومن مزايا الأذرع الرافعة: مساحة صغيرة للتخزين، مقاومة للتآكل، وسهلة وفعالة في المياه الهادئة، يوضح الشكل (11) ثلاث أنواع من حواجز التطويق الطافية.

الشكل (11): أنواع حواجز التطويق الطافية.

- **الكاشطات:** بعد استخدام الأذرع الرافعة للحد من انتشار النفط المنسكب يتم استخدام معدات الكشط من أجل استعادة النفط المتسرب من على سطح مياه البحر والذي يمكن إعادة استخدامه، من بين عيوب الكاشطات اعتمادها على عوامل حالة الطقس وسمك النفط العائم، ومن مزاياها كونها ذاتية الدفع وتشغلها السفن كذلك عند مقارنتها مع حواجز التطويق الطافية تكون فعاليتها أفضل. ويوضح الجدول (9) كفاءة استعادة النفط حسب نوع الكاشطات المستخدمة.

الجدول (9): كفاءة استعادة الزيت حسب نوع الكاشطات المستخدمة.

نوع الكاشطة	مبدأ عملها	معدل استرداد النفط (m^3/h)	نسبة استرداد النفط (%)
محبة للزيت	استخدام سطح لتسرب النفط أو التصاق البقعة من اجل ازالته من على سطح الماء	50 – 0.2	95 – 75
القضبان	تعمل على أساس الجاذبية، تهدف الى تصريف الزيت الموجود على سطح الماء في خزان مغمور	100 – 0.2	90 – 20

الرفع	تستخدم الناقلات لرفع الانسكاب النفطي عن سطح الماء	20 – 1	40 – 10
الغمر	حزام مدمج مع مستوى مائل لدفع الزيت تحت السطح في خزان	80 – 0.5	95 – 70
الشفط/الفراغ	تستخدم مبدأ تغيير الضغط لأنشاء فراغ لإزالة التسرب	40 – 0.3	90 – 3
الطرد المركزي/الدوامة	يفصل النفط عن الماء بقوة دوامة بناء على فرق الكثافة	10 – 0.2	20 – 20

- **المواد الممتزة:** تم اعتبار المواد الممتزة بمثابة الفائدة لاستعادة النفط المتسرب في خطوة التنظيف النهائي بعد استخدام كاشطات ذات قدرة عالية على امتصاص الزيت وصد الماء، والغرض من استخدامها هو تحويل السائل الى نصف صلب. هناك ثلاث أنواع من المواد الممتزة وهي المنتجات العضوية الطبيعية (ألياف الخشب، ريش الطيور، الطحالب المعالجة، قشر الأرز، السليلوز، قطن خام...) والمواد الماصة غير العضوية (طباشير معالج، سيليكون معالج، مسحوق الرماد المتطاير، الجرافيت، الكربون النشط، الطين، السيليكا...) والمواد الاصطناعية (رغوة البولي اثيلين، رغوة البولي بروبلين...)، عادة يتم إزالة المادة الماصة وإعادة استخدامها أو التخلص منها بأمان [5].

IV.2.2.1. المعالجة الكيميائية

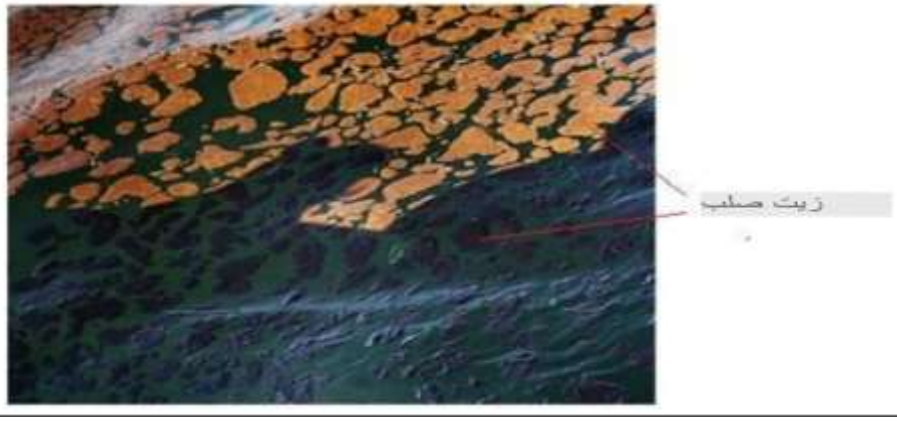
تعالج هذه الطرق التسربات النفطية نظرا لقدرتها على تغير الخواص الفيزيائية والكيميائية للنفط، والمواد الكيميائية الرئيسية للسيطرة على التسرب النفطي هي المشتتات والمصلبات.

- **المشتتات:** تستخدم في مناطق كبيرة وتتكون من مواد خافضة للتوتر السطحي، حيث يذوب جزء من المواد الخافضة للتوتر السطحي في كل من الزيت والماء ويشجع هذا على تشتت وزيادة التحلل الحيوي للزيت في الماء ورغم ذلك أظهرت بعض الدراسات آثار المشتتات على البيئة تحت المياه العميقة. ويتم رش المشتتات بواسطة الطائرات كما هو موضح في الشكل (12) وأكثرها استخدما Slickgone NS ; Corexit 9500 ; Corexit 9527 ; Corexit 9550 ; Tergo R-40 ; Ardrox 6120 ; Shell VDC

الشكل (12): رش مشتت على بقعة نفط بواسطة طائرة.

ومن مزايا المشتتات القدرة على العمل في البحار الهائجة، المعالجة السريعة، ابطاء تكوين مستحلب الماء والزيت، تسريع معدل التحلل البيولوجي الطبيعي، كفاءة التنظيف تصل الى 90%. أما عيوبها فتتمثل في احتوائها على مركبات ســـامة، غير فعالة في المياه الهادئة، صـــعبة في بقع النفط الرقيقة، باهظة الثمن [5].

- **المواد الصـلبة:** هي مواد حبيبية جافة تعمل كمواد تفاعلية مع مركبات الزيت بهدف تحويل النفط السائل الى الحالة الصلبة بحيث يسهل ازالتها ويوضح الشكل (13) ترسيخ النفط بعد معالجته بواسطة مواد صلبة. تطبيق المواد الصلبة فعال في البحار الهائجة رغم أن كفاءته تعتمد على تسرب النفط والبقعة وتكوينها وهي منخفضة مقارنة بكفاءة المشتتات، ومن بين المواد الصلبة المستخدمة نجد الشمع المنصهر والشمع المسحوق...



الشكل (13): ترسيخ النفط بعد معالجته بواسطة مواد صلبة.

IV.3.2.1. المعالجة الحرارية (الحرق في الموقع)

كانت طريقة الحرق في الموقع طريقة بسيطة وسريعة تتعلق بالتسرب النفط أو بقعة الزيت السميكة التي يتم حرقها، ويوضح الشكل (14) حرق نفط متسرب. يمكن إزالة 100 طن الى 300 طن من التسرب النفطي في ساعة واحدة بتطبيق الحرق في الموقع. حيث تطبق من خلال استخدام قاذف اللهب المعلق تحت مروحية، أو قطعة قماش مزيتة بوقود الديزل ملقات من مروحية. غير أن تطبيق هذه التقنية يتطلب أن تخضع لموافقة الجهات الحكومية [5].

الشكل (14): حرق بقعة نفط.

طريقة الحرق في الموقع تكون فعالة إذا كانت بقعة النفط واسعو وسميكة بما يكفي لحرق حجم النفط وكانت حالة البحر هادئة، وكذلك مكان البقعة النفطية بعيد عن المناطق الحساسة والمنشآت والمعدات.

رغم فاعلية تقنية الحرق في تنظيف التسرب النفطي الا أن القيود الرئيسية لها كانت القدرة على حدوث حرائق ثانوية، وتأثير المنتجات الثانوية للحرق وهي أكاسيد الكربون، أكاسيد النتروجين، الجسيمات، المركبات العضوية المتطايرة على صحة الانسان والبيئة لهذا يجب الامتثال لمسافة الأمان لطريقة الحرق في الموقع.

تقنية الحرق في الموقع لها كفاءة عالية وسريعة إذا كانت مدعومة بأجهزة متخصصة وهي مناسبة فقط في منطقة المياه المفتوحة، ومع ذلك أظهرت العديد من العيوب مثل عدم استرداد أي نفط وانبعاث العديد من الملوثات للهواء والبيئة البحرية.

IV.4.2.1. المعالجة البيولوجية

كان التحلل البيولوجي عملية طبيعية تقوم بيها الكائنات الحية الدقيقة مثل البكتيريا والخمائر والفطريات بتحليل واســـتقلاب المركبات المعقدة والمواد الكيميائية في طعامها من أجل اســـتعادة الجودة البيئية. وتم إعطاء الكائنات الحية الدقيقة الرئيسية لتقليل التسرب النفطي والبقع النفطية في الجدول (10) [5].

الجدول (10): الكائنات الحية الدقيقة الرئيسية لتقليل التسرب النفطي والبقع النفطية.

الكائنات الدقيقة		الوصف	القدرة على تحليل المركبات
البكتيريا	المفصليات	تنمو بكتيريا المفصليات على الأملاح المعدنية بشكل شائع	ميثيل ثلاثي بيوتيلايثر، الفينانثرين
	البكتيريا القصيرة	بكتيريا قصيرة العمر غير مسامية، هوائية نموها المثالي عند (30 – 37 C°)	الأسفلتين والزيوت البترولية
	ديتزيا	نظام تعزيز لتحطيم الهيدروكربونات لزيادة أنزيم الهيدروجين لتسريع تحلل الزيت	الألكانات من C12 الى C38، الألكانات المتفرعة
	الصيفرية	يستخدم كمصدر للكربون يمكنه عزل ما يصل الى 80 و 90% من زيت عند حرارة (30 – 37 C°)	الكلوروفينولات
	المتفطرة	تعمل على تحلل الهيدروكربونات بأعلى معدل بين C12 و C31	الهيدروكربونات متعددة الحلقات، بيرين، الفينانثرين، زيت الديزل
	الزائفة	ذات توع أيضي قادرة على تدمير الهيدروكربونات، وذات وفرة ومقاومة للعلاج الكيميائي	كلوروبنزوات
الفطريات	الرشاشيات	كفاءة تحليله للهيدروكربونات العطرية تصل 98%	بيرين، بنزو–بيرين
	المبيضات	ذات إمكانية عالية لتحلل الزيت وبعض الهيدروكربونات	التولوين
	الفيوزاريوم	كفاءة عالية لتحلل الهيدروكربونات حتى C31	ميثيل ثلاثي بوتيل الأثير، كحول ثلاثي بوتيل

تطبيق التحلل البيولوجي في اســـتعادة وتنظيف انســـكاب الزيت المتعلق بإعطاء الكائنات الحية الدقيقة الأصـــلية أو غير الأصـــلية هدف تســـريع عملية التحلل البيولوجي الطبيعي، وبالتالي يتســـاعد في حماية المناطق المتضـــررة من مخاطر تســـرب النفط ي ومنع المزيد من الضـــرر بالبيئة. أظهرت العديد من الكائنات الحية الدقيقة الأنزيمية قدرة على تحطيم الهيدروكربونات في البترول أو الزيت الخام أو وقود الديزل. وكذلك الألكانات والمحتويات العطرية والهيدروكربونات الأخرى. يتأثر التحلل البيولوجي الناتج عن تسرب النفط بالعديد من العوامل مثل التوافر البيولوجي للمغذيات، تركيز الزيت، درجة الحرارة.

من خلال تطبيق المعالجة البيولوجية لا يتم استرداد النفط الا أن التحلل البيولوجي يبقى مستمر [5].

IV.2. دراسات تحليلية

من خلال اتباعنا للمنهج التحليلي في درستنا قمنا بتحليل أربع دراسات سابقة تتضمن موضوع معالجة المياه الملوثة بالنفط.

IV.1. الدراسة التحليلية رقم 01

عنوان الدراسة: معالجة الانسكاب النفطي ولائحته.

Oil spill remediation and its regulation [21].

الهدف من الدراسة: مناقشة بعض طرق المعالجة لتنظيف التسرب الانسكاب النفطي في البيئة البحرية والتحكم فيه.

نتائج الدراسة:

توضح هذه الدراسة الطرق المتبعة في إزالة الانسكاب النفطي من البيئة البحرية. وتتمثل هذه الطرق في: المعالجة الفيزيائية، والكيميائية، والحرارية، والبيولوجية.

- **المعالجة الفيزيائية:** هناك خطوتان للسيطرة على الانسكاب النفطي وهما الاحتواء والاسترداد، ويتم ذلك باستخدام معدات مختلفة وتتمثل في:

- الاذرع: وهي أداة تعويم تعمل كحاجز مادي لا يسمح للنفط بالانتشار في الماء بحيث يمكن استعادته.

- الكاشطات: تساعد في استعادة النفط المنتشر حيث تحاول حبس الزيت من السطح بمساعدة الأحزمة والأقراص والسلسلة المستمرة من المواد الزيتية ثم يتم عصر الزيت في خزان الاسترداد.

- المواد الممتصة: يتم استخدامها بعد الكشط لتنظيف النفط المتبقي ويمكن أن تكون مواد طبيعية عضوية أو غير عضوية أو اصطناعية.

- **المعالجة الكيميائية:** يتم اســـتخدامها عادة بالإضـــافة الى المعالجة الفيزيائية، ويتم فيها تغيير الخصـائص الفيزيائية والكيميائية للزيت باسـتخدام مواد كيميائية والمتمثلة في: المشـتتات والمواد الصـلبة، حيث المشـتتات هي مواد كيميائية ترش فوق بقعة النفط على الماء حيث تخفف وتتحلل بسـرعة أما المواد الصلبة فهي بوليمرات كارهة للماء تتفاعل مع الزيت لتتحول الى الحالة المطاطية تزال بسهولة.
- **المعالجة الحرارية:** فعالة في المياه الهادئة والانســكابات الجديدة أو المنتجات المكررة التي تحرق بسرعة دون الضرر بالحياة البحرية.
- **المعالجة الحيوية:** هي تقنية بسيطة للغاية ورخيصـة، حيث تحلل الكائنات الحية الدقيقة وتستقلب أي مادة كيميائية. حيث التحفيز الحيوي والكمية الحيوية هما طريقتان المعالجة الحيوية.

الاستنتاج:

تتنوع تقنيات معالجة الانســـكابات النفطية في البيئة البحرية بحيث تعتبر المعالجة الفيزيائية والكيميائية والحرارية والبيولوجية أبرز الطرق لمعالجة المياه الملوثة بالانسكابات النفطية.

IV.2. الدراسة التحليلية رقم 02

عنوان الدراسة: تقنيات معالجة الانسكابات النفطية البحرية "مراجعة نقدية وتحليل مقارن".

Remediation technologies for Marine Oil spills “A Critical review and comparative analysis” [22].

الهدف من الدراســة: تقييم مزايا وعيوب مختلف طرق الاســتجابة للانســكاب النفطي البحري واجراء تحليل مقارن لها باستخدام 10معايير.

نتائج الدراسة:

- **المعالجة الفيزيائية:** تستخدم للتحكم في انسكاب الزيت في بيئة مائية وتستعمل فيها الأذرع الرافعة أو حواجز التطويق والكاشطات والمواد الماصة أو الممتزة ويوضح الجدول (11) مزايا وعيوب هذه التقنية.

- **المعالجة الكيميائية:** تستخدم مع الطرق الفيزيائية يتم فيها استخدام مواد كيميائية لها القدرة على تغيير الخواص الفيزيائية والكيميائية للنفط وهي المشتتات والمواد الصلبة، ويوضح الجدول (11) مزاياها وعيوبها.
- **المعالجة الحرارية:** وهي عملية الحرق في الموقع وتكون فعالة في ظروف الرياح الهادئة والانسكابات الحديثة أو المنتجات المكررة الخفيفة سريعة الاشتعال، تعتمد عملية الحرق على سمك البقعة النفطية وتظهر مزيا وعيوب هذه التقنية في الجدول (11).
- **المعالجة البيولوجية:** هي عملية تقوم فيها الكائنات الدقيقة بتحليل واستقلاب المواد الكيميائية واستعادة جودة البيئة، حيث يتم تلقيح المياه الملوثة بالكائنات الدقيقة المهينة للهيدروكربونات (الزيادة الحيوية) واضافة الأسمدة أو التحفيز الحيوي من أجل تسريع معدل عملية التحلل الطبيعي، ومن خلال الجدول (11) تظهر مزايا وعيوب المعالجة البيولوجية.

الجدول (11): مزايا وعيوب طرق المعالجة.

المعالجة		المزايا	العيوب
المعالجة الفيزيائية	الاذرع الرافعة	فعالة مع كل أنواع الزيت، إمكانية استعادة النفط.	مكلفة، صناعة ثقيلة، معقد، الزيت المجمع يحتاج للمعالجة، تطبق في ظروف جوية مختارة.
	الكاشطات	فعالة مع كل أنواع الزيت ما عدا سريع الاشتعال، إمكانية استعادة النفط.	مكلفة، صناعة ثقيلة، معقدة، الزيت المجمع يحتاج للمعالجة، تطبق في ظروف جوية مختارة، إمكانية الانسداد بالحطام العائم، الصيانة مطلوبة.
	المواد الممتزة	فعالة مع كل أنواع الزيت، فعالة كتنظيف نهائي، بسيط، لا يحتاج صيانة، تتميز المواد الماصة الاصطناعية المصنوعة من البولي بروبلين أو البولي بوريثين بخصائص جيدة ضد الماء والأليف.	مكلفة، صناعة ثقيلة، تطبق في أحوال جوية مختارة، تحتاج الى التخلص منها، مشكلة تحلل المواد الماصة الاصطناعية، الغرق في الماء.
المعالجة الكيميائية	المشتتات	تطبق في جميع الأحوال الجوية، سريعة، فعالة في مجموعة كبيرة من الزيوت، يسرع من تحلل الزيت بالعمليات الطبيعية، بعض التركيبات	لا يوجد استرداد للنفط، غير فعال في الزيوت شديدة اللزوجة وغير المنتشرة والشمعية، الزيادة الموضعية المؤقتة في كمية الزيت في تركيز الماء يمكن أن تأثر

		الحديثة قللت خطر السمية. أقل حاجة للعمال، أقل كلفة من طرق الفيزيائية.	على الحياة البحرية، عند تقليل تشتت الزيت تقلل فعالية الطرق الأخرى.
	المواد الصلبة	تطبق في جميع الأحوال الجوية، سريعة.	عدم التطبيق العملي، مطلوب كمية كبيرة، مكلفة، لا يوجد استرداد للنفط، غير فعالة.
المعالجة الحرارية		معالجة سريعة، فعالة من حيث التكلفة، مطلوب قوة عاملة أقل.	لا يوجد استرداد للنفط، الخوف من الحرائق الثانوية، تلويث بيئة الهواء، خطر على الحياة البحرية والبشرية والموارد المحيطة، بقايا الحرق أكثر لزوجة من المنتج الأصلي.
المعالجة البيولوجية		تطبق في جميع الأحوال الجوية، مطلوب قوة عاملة اقل، فعالة من حيث التكلفة، تمعدن الزيت الى ثاني أكسيد الكربون والماء.	لا يوجد استرداد للنفط، غير فعالة لجميع أنواع الزيت، قدرة البقاء أقل للميكروبات ضد الملوثات الزيتية، يعتمد على الكائنات الحية الدقيقة الأصلية الموجودة في الموقع، يعتمد على العناصر الغذائية المتوفرة في الموقع.

تتمثل معايير تقييم طرق معالجة الانسكاب النفطي في تحديد نسبة الفاعلية، وقت المعالجة، كلفة العلاج، التأثير على الحياة البحرية، مستوى صعوبة التطبيق، حالة الطقس، استرداد النفط، التأثير على الخصائص الفيزيائية للنفط، الحاجة لعلاج إضافي [22].

تحليل النتائج:

وبعد تقييم الدراسة للطرق المعالجة اتضح أن أغلب الطرق تعطي نتائج جيدة بحيث حصلت المعالجة الكيميائية بالمواد الصلبة على أقل تقدير أي هي الأقل كفاءة وتسجل المعالجة الحرارية والبيولوجية أعلى تقدير للمعالجة.

بناء على التحليل المقارن فان استعادة النفط بالطرق الفيزيائية وتطبيق المشتتات تليها المعالجة البيولوجية الاستجابة الأكثر فعالية لانسكاب النفط البحري.

الاستنتاج:

تتنوع طرق معالجة الانسكاب النفطي في المسطحات المائية، حيث نجد المعالجة الفيزيائية والكيميائية والحرارية والبيولوجية.

أما بالنسبة لاختيار طريقة العلاج فيجب دراسة عدة عوامل منها نوع الزيت وخصائص موقع الانسكاب والطقس وحالة البحر وكمية الانسكاب وعمقه في الماء.

IV.3. الدراسة التحليلية رقم 03

عنوان الدراسة: عملية إدارة الانسكاب النفطي في محطات المياه.

Management process of Oil Spill in Water Plants [23].

الهدف من الدراســـة: الهدف من هذه الدراســـة اتخاذ الإجراءات اللازمة لمنع تلوث المياه بالنفط المتسرب، حيث تنشط شركة مياه القاهرة برنامج إدارة في جميع أنحاء المؤسسة لتوفير التنمية المستدامة وحماية مياه الشرب من التلوث بالنفط.

موقع الدراسة: شركة مياه القاهرة، القاهرة – مصر 2017.

نتائج الدراسة:

تستند السياسة المقترحة لمكافحة أي تلوث بترولي الى المبادئ التالية:

- وقف تسرب الزيت من مصدره أو تقليل معدل التسرب.
- حماية المناطق الحساسة بيئيا حسب أهميتها واعداد خطة حماية البيئة.
- محاولة مكافحة وحبس انتشار النفط المتسرب في الماء باستخدام الطرق الفيزيائية.

تعمل شركة مياه القاهرة وفق مبدأ "يكون رد الفعل حسب مستوى الحدث" لذلك تسعى الى تطوير مستوى الاستجابة للتعامل مع جميع الحوادث على جميع المستويات.

طريقة استخدام المواد الماصة:

- قم بتوصيل المشابك المعدنية في كل قسم بقسم آخر لزيادة الطول (حيث يبلغ طول كل قسم 3 أمتار) على السطح قبل البدء في نشر الحاجز كما هو موضح في الشكل (15).

- قم بمحاذاة المادة الماصة المتصلة على سطح السفينة فيشكل متعرج.
- اربط القسمين الأول والأخير من ذراع الرافعة الماصة بحبل (طول كل منهما 15-10مترًا).
- يجب ربط الطرف المفكوك للحبل المربوط بالقســـم الأول من ذراع التطويل الماص بوعاء الدعم، ويجب ربط الطرف المفكوك للحبل بالجزء الأخير من ذراع الرافعة الماصة بالسفينة باستخدام مواد ماصة.
- يجب على وعاء الدعم سحب أذرع التطويل الماصة حول المنطقة الملوثة لاحتواء الانسكاب.
- استخدم الضمادات الماصة لتجميع الانسكاب منسطح الماء الشكل (16) [23].

الشكل (15): ربط المشابك المعدنية وأذرع الامتصاص معا للحصول على طول إضافي.

الشكل (16): نشر الضمادات الماصة على السطح لتجميع الانسكاب.

حماية المصافي:

تلعب سـرعة الماء دوًرا مهما في إزالة الزيت. لذلك، في منطقة الخلط الومضـي للمصـافي، تمنع سـرعة الماء الزيت من تكوين طبقة على سطح الماء وتنقسم طبقة الزيت إلى قطرات صغيرة وستكون إزالة الزيت صعبة في هذه المنطقة من المصفاة، في المصافي الأمريكية والتشيكية، تسمح منطقة الخلط البطيء مع سرعة الماء البطيئة للزيت بتكوين طبقة على سطح الماء ويمكن أن تنتشر بقع الزيت كطبقة على سطح الماء. علاوة على ذلك، يمكن أن تنتقل طبقة الزيت إلى منطقة الترسيب والمرشحات الرملية سوف يؤدي نثر الضمادات الماصة على سطح الماء في منطقة الخلط البطيء للمصافي إلى امتصاص طبقات الزيت ومنعها من الانتشار لمسافة أبعد).

تحتوي أجهزة التصـفية النابضـة على تصـميمات مختلفة، حيث تكون المادة الماصـة منتشـرة فوق سـطح الماء في منطقة التوزيع للتخلص من بقع الزيت، في منطقة الخلط الومضـي تمنع سـرعة الماء تراكم بقع الزيت كطبقة على سـطح الماء ويكون من الصـعب للغاية مقاومة انسـكاب الزيت. على الجانب الآخر، يمكن إزالة الانسكاب النفطي من منطقة النبض عن طريق نشر المادة الماصة على سطح الماء في هذه المنطقة التي تكون فيها سرعة الماء بطيئة نسبًيا.

حماية المرشحات الرملية:

في بعض المرشحات الرملية السريعة، كما هو الحال في التصميم التشيكي، تبدو مداخل المرشحات مثل البوابة وتكون مصارف النفايات منفصلة. في تلك الأنواع من الفلاتر، يغلق صمام الترشيح ويفتح ببساطة مدخل الماء لتدفق الماء بشكل زائد ويترك الماء الذي يحتوي على بقع الزيت لإزالة التصريف [23].

دراسة حالة حول استعادة الانسكاب النفطي:

تم كسـر خط أنابيب وقود الديزل السـائل سـنة 2008 في محطة كهرباء جنوب القاهرة حلوان، تم تحويل السائل الى مياه نهر النيل مع مجرى النيل الذي سبب بقعة نفطية بمساحة حوالي $5km^2$.

تم إعلان حالة الطوارئ، وعزل مدخل محطة المياه بمادة ماصـة للزيت، ونشـر الوسـادات الماصـة على سـطح الماء في الخلط البطيء لوحدات التصـفية أو في منطقة التوزيع، والتحكم في مخرج الرمال فلاتر وتحمل مراقبة جودة المياه كل ساعتين، وتنبيه محطات المياه الأخرى وتحذير الناس.

مناقشة النتائج:

في ضوء هذه الحادثة وضمن إطار عمل شركة مياه القاهرة لتطبيق استراتيجيات محاور الشركة القابضة لمياه الشرب والصرف الصحي من أجل التحسين المستمر للهدف من خلال رفع كفاءة شركات مياه الشرب وتقديم منهجية برامج التدريب. بالإضافة إلى جميع الاحتياطات اللازمة لمواجهة أي كارثة بترولية قد يأثر سلبا على كفاءة المحطات والمضخات، تتميز المادة الماصة المقدمة بقدرة امتصاص عالية وسهولة توصيل المادة بالماء في بضع ثوان.

نظرًا لخطورة سلامة وكفاءة محطة المياه، والتي يمكن أن تؤدي إلى إغلاقها تماما في حالة حدوث تسرب زيت بترولي في نهر النيل، فإن شركة مياه القاهرة تحصل على استجابة سريعة من قبل أفراد ومعدات محطات المياه لتأمين مياه الشرب من مخاطر التلوث واستخدام كميات محدودة من المواد الماصة دون إغلاق محطات المياه [23].

الاستنتاج:

تعتبر حماية مآخذ المياه ضرورية للغاية لضمان سلامة مياه الشرب، والجهد الآمن، والوقت، وزيادة أداء نظام تنقية المياه وإرضاء العميل. تتمثل إحدى طرق تحقيق هذا الهدف على أرض الواقع في اتخاذ إجراء لمنع تلوث المياه عن طريق النفط المنسكب.

IV.4.2. الدراسة التحليلية رقم 04

عنوان الدراسة: أفضل التقنيات المتاحة لاحتواء الانسكاب النفطي وتنظيفه في البحر الأبيض المتوسط.

Best availabe techniques for oil spill containment and clean-up in the Mediterranean Sea [24].

الهدف من الدراسة: اقتراح معايير التقييم التي تهدف الى تحديد أفضل التقنيات المتاحة عند حدوث تسرب للنفط مع الاخذ الاعتبار لبند الحفاظ على التنوع البيولوجي.

سنة النشر: 2007

نتائج الدراسة:

- **تقنيات منع الانسكاب النفطي:**

تهدف تدابير الوقاية الى تجنب تسرب النفط في البيئة وتستند الى: أنظمة الإنذار المبكر، أنظمة المراقبة عبر الأقمار الصناعية.

حيث نظام الإنذار المبكر قادر على اكتشاف انسكابات وتسريبات الزيت على الماء. يمكن أن يوفر الكشف في الوقت الحقيقي على مدار 24ساعة حتى للكميات الصغيرة من الهيدروكربونات ويمكن الاعتماد عليه في الطقس القاسي أو الظروف الليلية، عندما تكون تقنيات التفتيش التقليدية غير فعالة. يمكن الاكتشاف المبكر السلطات المستجيبة من اتخاذ إجراءات تصحيحية فورية لوقف الانسكاب واحتوائه، وبالتالي توفير وسيلة فعالة لتقليل الأثر البيئي والمالي لحدث الانسكاب.

أصبحت الأقمار الصناعية لرصد الأرض في كثير من الأحيان أداة أساسية للوقاية والسيطرة، خاصة إذا تم استخدامها جنب إلى جنب مع تقنيات المراقبة القياسية. من خلال الأقمار الصناعية، يمكن تغطية عالمية بدلاً من تغطية محلية. من أجل منع الانسكاب النفطي والسيطرة عليه، قد يكون من المفيد استخدام نظام مراقبة عبر الأقمار الصناعية، يعتمد على استخدام إحدى القنوات المتاحة في جاليليو وهو النظام الأوروبي الجديد للملاحة عبر الأقمار الصناعية. يسمح بمراقبة سريعة وفعالة واكتشاف انسكابات النفط التي لا يمكن تصورها اليوم. يمكن أن يؤدي استخدام هذه التقنية إلى تثبيط إطلاق الزيت غير القانوني ويمكن أن يسمح بتحديد دقيق للمناطق والطرق ذات المخاطر المتزايدة بشكل خاص.

- **تقنيات احتواء الانسكاب النفطي:**

من الضروري احتواء الانسكاب في أسرع وقت ممكن، من أجل تقليل الخطر على الأشخاص والبيئة والممتلكات. تستخدم تقنيات الاحتواء للحد من انتشار النفط والسماح باستعادته أو إزالته أو تشتيته وتعتمد على الاحتواء الميكانيكي أو الفيزيائي. أكثر أنواع المعدات شيوعا، المستخدمة للتحكم في انتشار النفط، هي أذرع التطويل. يتم استخدامها لتركيز الزيت في طبقات سطحية أكثر سمكا، مما يجعل استعادته أسهل وكذلك لإبقاء الزيت بعيدا عن المناطق الحساسة أو لتحويل الزيت إلى مناطق التجميع [24].

هناك أنواع عديدة من حواجز التطويق الطافية، لكن جميع أنواع حواجز التطويق الطافية تتأثر بشكل كبير بالظروف في البحر، فكلما ارتفعت الموجات كلما قلت فعالية حواجز التطويق، عادة لا تعمل أذرع

التطويل بشـــكل جيد عندما تكون الأمواج أعلى من متر واحد أو عندما تتحرك التيارات أســـرع من عقدة واحدة في الســـاعة، تســـمح التقنيات الجديدة مثل أذرع الغمر الجوية ومثبطا ت الاحتباس الحراري بالعمل بسرعات أعلى مع الاحتفاظ بمزيد من الزيت.

- **تقنيات تنظيف الانسكاب النفطي:**

بمجرد احتواء الانسكاب النفطي يمكن أنتبدأ جهود إزالة الزيت من الماء، الأنواع الرئيسية للتقنيات المتوفرة حالًيا:

- أذرع التطويل، الكاشطات، المواد الماصة تعتبر استعمالها معالجة فيزيائية.
- المشتتات وتستعمل في المعالجة الكيميائية.
- الحرق في الموقع وهي معالجة حرارية.
- المعالجة الحيوية.

- **المعايير المقترحة لاختيار أفضل التقنيات المتاحة:**

من الممكن تحديد ثلاث ســلاســل من المعايير التي يجب تطبيقها بالتســلســل، وهي: المعايير الرئيســية، المعايير الفنية، المعايير الاقتصادية والبيئية.

من بين العوامل التي تقع ضمن المعايير الرئيسية نجد: وقت التدخل، تصنيف الزيت المنسكب، الظروف في البحر، تقع ضـــمن المعايير الرئيســـية. اما العوامل التي تحدد المعايير الفنية فنجد: التوافر الفعلي، الجدوى، التوافق مع التقنيات الأخرى. في النهاية ينبغي النظر في المعايير الاقتصــادية والبيئية حيث أنها تأخذ في الاعتبار التكاليف وتأثير أفضـــل التقنيات المتاحة على صـــحة الإنســـان والبيئة ومن بين هذه المعايير ما يلي: قرب المناطق المبنية، وجود الأنشــطة الاقتصــادية كصــيد الأســماك والســياحة، وجود مناطق محمية بيئيا، وجود مواقع أثرية مغمورة، فقدان التنوع البيولوجي، تكلفة التقنية [24].

الاستنتاج:

من المؤكد أن منع الانســكاب النفطي هو أفضــل اســتراتيجية لتجنب الأضــرار المحتملة على صــحة الإنســـان والبيئة ومع ذلك عند حدوث الانســـكاب فإن أفضـــل طريقة لاحتوائه والتحكم فيه هو اتخاذ الإجراءات بسرعة وبطريقة جيدة التنظيم وفعالة.

الخلاصة:

أدت الانســـكابات النفطية إلى زيادة الوعي العام بالمخاطر التي تنتج عن تخزين النفط ونقله. منع الانســـكابات هو خط الدفاع الأول، وقد اتخذت صـــناعة النفط جنب إلى جنب مع الوكالات الفيدرالية، خطوات لتقليل مخاطر الانسكابات النفطية بمجرد حدوث الانسكاب يجب أن ينتج تنسيق الاستجابة لتكون إجراءات التنظيف أكثر ســرعة وفعالية وتقليل التأثير البيئي للتصــريف .حيث أظهرت أغلب الدراســات الاعتماد على تقنيات معالجة فيزيائية وكيميائية وحرارية وبيولوجية لاحتواء وإزالة الانسكاب النفطي.

تم تطوير تقنيات تنظيف أكثر فاعلية وأقل كثافة لليد العاملة، كما أن تكاليف أنشـطة التنظيف واسـتعادة النظام البيئي والتسويات القانونية لانسكاب النفط مرتفعة للغاية بحيث تكون أفضـل استراتيجية هي العمل على منع التسرب النفطي.

الـخلاصة
الـعـامـة

الخلاصة العامة

يعتبر التلوث بالنفط المنسكب أو الناتج عن الصناعة النفطية بمختلف مراحلها خاصة مرحلة النقل أكثر أنواع التلوث أهمية في مجال المعالجة ما دفع بالعالم للبحث عن طرق معالجة تكون ذات فعالية وبأقل تكلفة.

حيث يؤثر التسرب النفطي على الخصائص الكيميائية للتربة وعلى جودتها الإنتاجية، هذا ما دفع الدول المتضررة من حوادث انسكاب النفط الى تطوير تقنيات لاستعادة جودة التربة وإعادة تأهيلها ومن بين أهم الطرق والتقنيات المستخدمة في معالجة التربة الملوثة بالنفط نجد:

- الطرق البيولوجية والطرق الكيميائية وهتان الطريقتان ذات فعالية الا انهما يحتجان وقت طويل وتكلفة باهظة.
- الطرق الفيزيائية او التصلب/التثبيت وتعتبر بمثابة إعادة تدوير للتربة الملوثة حيث يتم حبس الملوثات على شكل مادة صلبة تستعمل في أنشطة البناء، كما أنها ذات فعالية وسريعة التطبيق وغير مكلفة، ومن خلال الدراسة الميدانية التي قمنا بيها اتضح أنها من بين الطرق التي تطبقها الجزائر.
- الطرق الحرارية وهي أثر الطرق فعالية في معالجة التسرب النفطي بنسبة تصل الى 99%، ويتم من خلالها استرجاع النفط لكن التربة يتم التخلص منها وردمها، وهذه التقنية سريعة وفعالة لكنها مكلفة، وهي أيضا من بين طرق المعالجة التي تعتمدها الجزائر.

كما يؤثر التلوث النفطي البحري الناتج عن تسرب النفط وظهور الزيت على سطح الماء على الكائنات البحرية وتلوث بيئة الهواء وتقليل صحة الانسان، وعادة ينتج تسرب النفط من حوادث السفن والناقلات وغرقها وحوادث بئر التنقيب عن النفط. حيث تأثر الخصائص الفيزيائية والكيميائية للانسكاب النفطي بشكل كبير على الحياة البحرية والتركيب الطبيعي للمحيطات أو مصدر المياه وبعض الأنشطة الاقتصادية، ويتم استخدام العديد من تقنيات لاستعادة النفط المتسرب والمتمثلة في:

- الاسترداد الميكانيكي والذي يعتبر تقنية فعالة وسريعة ويتم فيها استرجاع النفط، الا أنها مكلفة وصعبة التطبيق وتتحكم فيها العوامل الجوية.

- الحرق في الموقع وهو معالجة ســـريعة وفعالة وغير مكلفة، الا أن لها العديد من الأثار الســـلبية على البيئة البحرية كما أنه لا يمكن اســـترداد النفط وهي ممنوعة قانوينيا وتطبيقها يحتاج الى موافقة من الجهات القانونية.
- المعالجة الكيميائية هي تقنية فعالة وســـريعة ولا تتحكم فيها العوامل الجوية، أما هي مكلفة ولا يمكن استرداد النفط من خلالها.
- والمعالجة الحيوية وتعتبر تقنية فعالة وغير مكلفة ولا تتحكم فيها حالة الطقس الا أنها لا يمكن بتطبيقها استرداد النفط وكذالك ليست فعالة مع كل أنواع النفط.

يعتمد اختيار طريقة المعالجة على نوع وكمية الانسكاب النفطي وظروف الطقس والبيئة.

قائمة المراجع

المراجع العربية:

[1] خليف مصـطفى غرايبة، التلوث البيئي: مفهومه وأشـكاله وكيفية التقليل من خطورته، journal of environmental studies، 2010 june.133-121: volume3، قسم العلوم الأساسية- جامعة البلقاء التطبيقية، الأردن.

[2] سـراي أبو بكر وعماري إدريس، مخاطر الصـناعة النفطية على البيئة-حالة Enafor، مذكرة ليسانس، جامعة قاصدي مرباح -ورقلة تخصص اقتصاد وتسيير بترولي، الجزائر، 2012-2013.

[3] مديرية الدراسات الإنمائية المهندسة مها لطف جمول، الآثار البيئية للتلوث بالنفط: الواقع وخطط الطوارئ والتشريعات المطلوبة في لبنان، المركز الاستشاري للدراسات والتوثيق، العدد الرابع عشر، ط1، كانون الثاني 2019.

[4] نصر عبد السجاد الموسوي وسهى وليد مصطفى، تأثير التلوث على الخصائص الكيميائية لترب قضائي القرنة والمدينة، مجلة الخليج العربي، المجلد 47، العدد 1-2، 2019.

[6] محمد رياض قيسـي، أهمية الصـناعة النفطية وأثرها على البيئة-دراسـة حالة الجزائر، مذكرة ليسانس، جامعة قاصدي مرباح -ورقلة تخصص اقتصاد وتسيير بترولي، الجزائر، 2012-2013.

[7] عصـام محمد أحمد محجوب، مخاطر الصـناعات النفطية وأثرها على البيئة المحيطة -دراسـة حالة مستودعات الشجرة لتخزين المواد البترولية، رسالة مقدمة لنيل درجة الماجستير في الدراسات البيئية وإدارة الكوارث، جامعة الرباط الوطني، الخرطوم، 2017.

[8] المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، تخصص إنتاج كيميائي، صناعات كيميائية -نظري، طبعة 1469هـ، المملكة العربية السعودية.

[9] أمال عبد الرحمان ومحمد النهامي طواهر، تأثير النفط على البيئة خلال مرحلة النقل- حالة الجزائر، مجلة الباحث، عدد12، 2013.

[15] فاطمة الشـطي، البترول الكويتية العالمية في صـناعة النفط خارجيا، المعالجة البيولوجية الخيار الأفضل لمعالجة التربة الملوثة، مجلة عالم المؤسسة، العدد 48، أفريل 2009.

المراجع الأجنبية:

[5] Anh Tuan Hoang, Van Viet Pharm, Duang Nam Nguyen, A report of oil spill recovery technologies, international journal of applied engineer igresearch ISSN 0973-4562 volume 13, Number 7,2018. http//:www.ripublication.com.

[10] Abdulrahman hamid, stabilization/solidification (s/s) technique and its applications in Saudi Arabia, university of waterbo, international journal of environnement and sustainability, march 2016.

[11] Myriam Dufresne, Essai présenté au centre universitaire de formation en environnement en vue de l'obtention du grade de meitre en environnement (M. Env), sous la direction de monsieur Claude delisle, Maitrise en environnement université de sherbrooke, mai 2013.

[12] S. Colombano, A. saada, v. guerin, P. Batalilard, G. Bellenfant, S. Beranger, D. huba, C. blanc, C. zornig et L. Girardeau, Quelles techniques pour quelle traitement ?, analyse couts-bénéfices, Rapport final, BRGM/RP-58609-FR, juin 2010.

[13] Mohammed Salem Mubarak Ba-naimoon, a study on stabilization/solidification of oil-contaminated soils, A Thesispresented to the Deanship of graduatestudies, in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science in civil and environmental engineering, king fahd university of petroleum and minerals, dhahran, saudiarabia, december 20..313.

[14] Julia E. vidonish, Kyriacos Zygourakis, Caroline A. Marsiello, Gabriel Sabadell, Pedro. j. j Alvarez, Thermal Treatment of hydrocarbon-impacted soils: Areview of technology innovation for sustainable remediation, Engineering journal homepage: www.elsevier.com/locate/eng.2016.

[16] Abdalrahman Alsulaili, Wasan Alkhamees, Saada Alghurbah, Aisha Almershed, Shahad Alrashdan, Bioremediation to treat worst's worst ever recorded oil contamination case, department of civil engineering, kuait university, paper No.icepr 154, DOI:10.11159/icepr19.154, Portugal, 2019.

[17] Ugochukwu Okonkwo, Remediation of crude oil contaminated soil by chemical oxidation (regenox technique), electronic journal of geotechnical engeineering, april 2018.

[18] L.G.Torres, A.L.Aguirre, A.Verdejo and R.Iturbe, Enhanced soil-washing treatment for soils which are highly contaminated with crude oil, university dadnacionalautonoma, mexico, facultad de quimica, UNAM, wit transactions of ecology and the environnement, vol 81, 2005, www.witpress.com.ISSN1743-3541.

[19] Chan-ungkang, Do-Hyeon Kim, Moonis Ali Khan, Rahul Kumar, Seung-Eun Ji, Kung-Won Choi, Ki-Jung Paeng, Sungmin Park, Byong- Hun Jeon, Pyrolytic remediation of crude oil-contaminated soil, Sience of the total environment journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv, 2020

[20] Marina V. Bykova, Alexy V. Alekseenko, Maria A. Pashkevich, Carsten Drebenstedt, Termal desorption treatment of petroleum hydrocarbon contaminated soils of tudra, taiga, and forest steppe landscapes, content courtesy of springer nature, terms of use apply, rightsreserved,2021.

[21] SaurabhTewari, Oil spill remediation and itsregulation, international journal of engineering reserch and general science, october 2015.

[22] D. Dave and A. E Ghaly, Remediation Technologiers for marine oil spills: A Criticalreview and comparative analysis, american journal environemental sciences ,7 (5), faculty of engineering, Dalhousie university, canada,2011.

[23] Sadecm, Sehelmy AE, El-Tokhy TT and Allah MA, Management process of oilspill in water plants, journal of pollution effects and control, volume 5 issus4, egypt,2017.

[24] F. Cumo, F. Gugliermetti, and G. Guidi, Bestavailable techniques for oil spill containment and clean-up in the Mediterranean sea, water ressources management IV527,WIT transaction on ecology and the environment, vol 103, 2007, www.witpress.com,ISSN1743-3541.

المواقع الالكترونية:

[web 1] أشهر الحقائق حول تسرب النفط ومدى تأثيره على البيئة (2022/02/20)، https://e3arabi.com/%d8%a7%d9%84%d9%87%d9%86%d8%af%d8%b3%d8%a9/%d8%a3%d8%b4%d9%87%d8%b1-%d8%a7%d9%84%d8%ad%d9%82%d8%a7%d8%a6%d9%82-%d8%ad%d9%88%d9%84-%d8%aa%d8%b3%d8%b1%d8%a8-%d8%a7%d9%84%d9%86%d9%81%d8%b7-%d9%88%d9%85%d8%af%d9%89-%d8%aa%d8%a3%d8%ab%d9%8a%d8%b1/

[web 2] ما هو التسرب النفطي (2022/02/21)، https://www.arageek.com/l/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%88-%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%B3%D8%B1%D8%A8-%D8%A7%D9%84%D9%86%D9%81%D8%B7%D9%8A

[web 3] باحث كويتي يطور طريقة لمعالجة التربة الملوثة بالنفط (2022/03/15)، https://www.emaratalyoum.com/life/four-sides/2019-07-23-1.1235367

[web 4] باحث كويتي يحصد ذهبية معرض سول (2022/03/15)، https://www.aljazeera.net/news/science/2019/12/18/%D9%83%D9%88%D9%8A%D8%AA%D9%8A-%D9%8A%D8%AD%D8%B5%D8%AF-%D8%B0%D9%87%D8%A8%D9%8A%D8%A9-%D9%85%D8%B9%D8%B1%D8%B6-%D8%B3%D9%8A%D8%A4%D9%88%D9%84

قائمة الملاحق

تأثير التلوث على بعض الخواص الكيميائية لترب القرنة والمدينة

Impact of oil pollution on chemical properties for soil of Qurna and Medynah

Assistant Professor Dr. Nasr Abdel-Sajad Al-Mawsawi
College of Arts
The University of Basrah
Lecturer. Sadia Walid Mustafa
College of Education for Girls
The University of Basrah

Abstract:

The research focused on the investigation of impact oil pollution on the chemical properties of soil such as organic matter OM and lime (calcium carbonate) CaCO3 and gypsum (calcium sulphate) CaSO4 and the degree of soil interaction (PH) and soil salinity (electrical conductivity) EC and illustrate the contrast between the studied sites. The study included spatial variation of the properties of chemical soils through the collection and analysis of (40) samples out of (20) sites for the study area divided into two seasons (winter and summer) for each season 10 samples (20) divided into (5) samples of cultivated land and (5)) Of the abandoned land were collected systematically and distributed on the study area is (0-30cm) and (31-60 cm) deep as it represents the gathering places, spread of the roots and the area of irrigation water transfer to the soil depths, in order to determine the extent of their impact on pollutants from the waste of the petroleum industries.

The research expected that this will result in a change in soil properties (chemical and biological) causing damage to agricultural crops and their impact on hazardous chemicals that may cause many diseases to humans.

الملحق (1): Ⅲ.2. الدراسة التحليلية رقم 01.

الملحق (2): Ⅲ.2. الدراسة التحليلية 02.

Bioremediation to Treat the World's Worst Ever Recorded Oil Contamination Case

Abdulrahman Alshebli, Wesan Alkhamees, Saeda Alghurbah, Abba Alnurshed, Shahad Alrashdan

Department of Civil Engineering, Kuwait University
P.O.Box 5969, Safat 13060, Kuwait City, Kuwait
a.alshebli@ku.edu.kw; wesan.alkhamees@gmail.com; wada.alghurbah@gmail.com; abba.alnurshed@hotmail.com; shahadr@outlook.com

Abstract - The soil pollution issue in Kuwait was a result of the burning of the oil wells during the 1990 Gulf War. The contaminated soil's consequences have become more dangerous as many reports such as groundwater shortages, human and animal's health. In this research, a bio-remediating technology known as the vermi-remediation was chosen to treat the oil contaminated soil by using of earthworms. The objective of this project is to conduct a series of experiments to conclude whether this technique is effective in treating Kuwait's soil such to what extent. The treatment results were found to support the results of the currently being implemented methods by both contamination percentage drops and time of treatment. The system was found to treat up to 42% in the TPH level for highly oil-contaminated soil samples, 50% for medium oil-contaminated soil samples and 71% for low oil-contaminated soil samples within three weeks.

Keywords: Environment, Pollution, Soil, Bioremediation.

1. Introduction

Soil contamination is a problem of environmental dependence and is happened by the presence of man-made chemicals or the occurrence of changes around the natural soil environment. Contaminated soil possesses numerous effects that impact everything from water, air, vegetation and even human health as well [1]. Contamination is typically happened by manufacturing activity, improper waste disposal or agricultural chemicals.

As waste in oil is expelled into the environment, it undergoes weathering and a widespread of chemical, physical, and biological processes happen to this oil [2]. A huge quantity of oil sludge is produced during the processing and production of oil, contributing towards pollution to the environment. [3], stated that the oil sludge that is usually occur in petroleum facilities and oil processing contains different concentrations of mineral particles (3% - 45%), water oil (40% - 60%) and waste water (30% - 90%). Another form of war oil spillage could occur during war, as a result of war crimes, similar to the ones that took place during the Gulf War in 1991 when the Iraqi forces deliberately set fire to hundreds of oil wells as an act of final vengeance, completely neglecting the potential effects of that on the environment.

[4] showed that petroleum contaminated soil can be harmful to the health of animals and people, affecting the lungs, liver, kidney and nervous system. Potentially affecting the immune and reproductive system and causing cancer. Benzene is considered one of the ingredients of hydrocarbons that has a human carcinogen [5]. Additionally, the infiltration of water into a soil can be reduced by oil spills, the moisture mobility [6] and the ability of travelling through cell membranes with comfort into plants [7]. Thus, plant growth can be delayed in contaminated soil. [8], Total petroleum hydrocarbon (TPH) can also cause a layer to be formed around seeds that blocks the movement of oxygen and water, which results in a slower rate of germination [7].

The 'soil remediation' can be known as the efforts which aim to decrease or exterminate the risks joined to the contaminated soil. In-situ and ex-situ remediation technologies able to remediate petroleum-contaminated soils can be categorized depending on their treatment mechanisms (chemical, physical, electrical, biological and thermal) [9].

Physical processes can be utilized to separate contaminated from uncontaminated materials or soil to concentrate through the action of physical variations between the contaminants and soil and be treat organic and inorganic contaminants (e.g. behavior in electric field and volatility) or between their physical properties (e.g. density and particle size) and the properties of soil [10].

الملحق (3): III.2. الدراسة التحليلية 03.

remediation of crude oil contaminated soil by chemical oxidation (regenox technique)

الملحق (4): III.2. الدراسة التحليلية 04.

Enhanced soil-washing treatment for soils which are highly contaminated with crude oil

L. G. Torres[1], A. L. Aguirre[1], A. Verdejo[2] & R. Iturbe[1]
[1]*Instituto de Ingeniería, Coordinación de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico*
[2]*Facultad de Química, UNAM, Mexico*

Abstract

Soil and water contamination due to hydrocarbon spills is a frequent problem worldwide. In the case of Mexico, even when programs oriented to the diminution of these undesirable events are in progress, in the year 2000 a total of 1,518 hydrocarbon spills (6,250 tons) were reported. Surfactant enhanced washing of soils is a remediation technology, which has been shown to be a high cost-effective process. The first step in the washing process development is the selection of suitable surfactants and doses. In this work, twelve anionic and nonionic surfactants and their mixtures were assessed in the remediation of highly contaminated crude oil soils. Moreover, the use of different amounts of NaCl and Na-silicate (10%), due to the high amount of Ca, Mg and Mn in the soils is shown and discussed. The studied soil was artificially contaminated with crude oil from the *El Batab* (Campeche, Mexico) perforation well in a concentration of 108,980 mgTPH/kg soil. SDS and E-600 surfactants at 1% concentration achieved higher TPH removal rates (20.4 and 32.9%, respectively). The surfactant-salt mixture that showed a TPH removal rate higher than those obtained with the best single surfactants was SDS+ EW600+Na_2SiO_3 10% (30.2%). Using a tensiometric technique, the SDS critical micelle concentration (CMC) was measured without any salt present and with 0.5, 1 and 2% of NaCl. These data were employed together with other surfactants CMC and HLB (hydrophilic-lypophilic balance) reported values in order to explain the surfactants performance during the soil washing assessments. In general, TPH removal values were higher when high HLB values-surfactants were employed.

Keywords: crude oil, hydrocarbon spills, ionic, nonionic, soil washing, surfactants.

WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 81, © 2005 WIT Press
www.witpress.com, ISSN 1743-3541 (on-line)

الماحق (5): III .2 . الدراسة التحليلية 05.

Stabilization/Solidification (S/S) Technique and Its Applications in Saudi Arabia

الملحق (6): III.2. الدراسة التحليلية 07.

Science of the Total Environment

Pyrolytic remediation of crude oil-contaminated soil

الملحق (7): III.2. الدراسة التحليلية 08.

Thermal desorption treatment of petroleum hydrocarbon-contaminated soils of tundra, taiga, and forest steppe landscapes

الملحق (8): III.2. الدراسة التحليلية 09.

OIL SPILL REMEDIATION AND ITS REGULATION

الملحق (9): Ⅳ.2. الدراسة التحليلية 01.

Remediation Technologies for Marine Oil Spills: A Critical Review and Comparative Analysis

D Dave and A.E. Ghaly

Department of Process Engineering and Applied Science, Faculty of Engineering, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, Canada

الملحق (10): Ⅳ.2. الدراسة التحليلية 02.

Journal of Pollution Effects & Control

Review Article Open Access

Management Process of Oil Spill in Water Plants

Saleh ME*, Sahsahy AE, El-Tokhy TT and Allah MA
*Analytical Chemistry, Labs Sector Head, Cairo Water Company, Cairo University, Cairo, Egypt
Department of Environmental Chemistry, Alexandria University, Cairo, Egypt
Department of Genetic Engineering and Biotechnology, Menofia University, Cairo, Egypt
Department of Chemistry, Helwan University, Cairo, Egypt

Abstract

The protection of the water sources is very essential to insure the safety of the drinking water, safe effort, time, increase the water purification system performance and to make the customer satisfied. One of the ways to realize this aim on the land is taking an action to prevent the water pollution by spilled oil.

Cairo Water Company activated a management program throughout the institution to provide a sustainable protection of the drinking water from the contamination by oil, throughout the protection of the water intakes and moreover the action will take place if any oil spread out into the riverbins or filters. This report includes a scope on the sources of the petroleum pollution and the level of responses, also a documentation of an accident happened in 2008.

Keywords: Water pollution; Spilled oil; Level of responses; Activated program; Sources of the petroleum pollution; Sustainable protection

Introduction

Water pollution is an undesirable change in the state of water, contaminated with harmful substances. Polluted water is not only unsafe for drinking and other consumption purposes, but it is also unsuitable for agricultural and industrial uses.

With expansion of the oil business the level of environmental pollution risk is inevitably increasing. Ruptured oil pipelines, ship collisions or groundings, overfilling of gas tanks, bilge pumping from ships, leaking underground storage tanks, oil-contaminated runoff from streets and parking lots during rain storms are considered from the environmental oil pollutants [1].

"Oil and water do not mix", but when oil spills in water, toxic chemicals from the oil mix with the water and stay there for a long time. Cleanup and recovery from an oil spill is difficult and depend upon many factors, including the type of oil, the temperature of the water (affecting evaporation and biodegradation) and the types of shorelines and beaches involved [2].

So, the aims of the present work are to give a great description on the behavior of spilled oil, give a wide scope on the levels of response and to consider the oil spill management program to use it in a similar situation elsewhere.

Behavior of Oil Spill in the Marine Environment

By observing the thickness of the film of oil and its appearance on the surface of the water, it is possible to estimate the quantity of oil spilled. If the surface area of the spill is also known, the total volume of the oil can be calculated [3]. As oil moves through the marine environment, a variety of physical and chemical processes can occur that whether and alter the oil, including biodegradation, evaporation, dissolution, emulsification/dispersion, and photo-oxidation [4].

Spreading

Spreading of crude oil on water is probably the most important process following a spill. Spreading is affected by wind, waves and currents.

Under the influence of hydrostatic and surface forces, the oil spreads quickly attaining average thickness of less than 0.03 mm within 24 h the oil layer becomes fragmented by wind and waves into islands (The Basics of Marine Oil Spill Response).

Evaporation

Evaporation and dissolution are the major processes, degrading petroleum crude when spilled on water factors affect on evaporation rate are composition of oil, its surface area physical properties, wind velocity, air and sea temperature, turbulence and intensity of solar radiation, about will remove about 50% of hydrocarbons. Loss of volatile hydrocarbons increases the density and the kinematic viscosity of oil lead to breakup of slicks into smaller patches [5].

Photo-oxidation

The natural sunlight in the presence of oxygen can transform several petroleum hydrocarbons into hydroxyl compounds such as aldehydes and ketones and ultimately to low molecular weight carboxylic acids, as the products are hydrophilic, they change the solubility behavior of the spill [6].

Dispersion

Dispersion is oil-in-water emulsion resulting from the incorporation of small globules of oil into water Colum oil begins dispersing immediately on contact with water. It is important to compute the natural dispersion in order to evaluate the life time of an oil spill which depends on environmental parameters, but is also influenced by oil related parameters such as oil thickness and its properties (e.g. density, surface tension, and viscosity). Emulsification will also contribute to

*Corresponding author: Abd El-Salam Saleh, Ph D, Department of Analytical Chemistry, Cairo University, Cairo, Egypt, Tel: +201148520547; E-mail: saleh_mes@yahoo.com

Received November 15, 2017; Accepted December 06, 2017; Published December 12, 2017

Citation: Saleh ME, Sahsahy AE, El-Tokhy TT, Allah MA (2017) Management Process of Oil Spill in Water Plants. J Pollut Eff Cont 5: 206. doi: 10.4172/2375-4397.1000206

Copyright: © 2017 Saleh ME, et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

الملحق (11): IV. 2. الدراسة التحليلية 03.

Best available techniques for oil spill containment and clean-up in the Mediterranean Sea

F. Cumo[1], F. Guglielmetti[1] & G. Guidi[2]
[1]Department of Technical Physics, Sapienza University of Rome, Italy
[2]ENEA, Department of Fusion and Nuclear Technologies, Italy

Abstract

An oil spill is the accidental or intentional release of petroleum products into the environment as a result of human activity (drilling, manufacturing, storing, transporting, waste management). Oil spills are unfortunately common events in many parts of the world. A survey has been undertaken on Best Available Techniques (BATs) used both for oil spill prevention and oil spill response. Preventing oil spill is definitely the best strategy for avoiding potential damage to human health and the environment. Nevertheless, when a spill occurs, the best approach for containing and controlling the spill is to take action quickly and in a well-organized and efficient way. The aim of the paper is the proposal of evaluation criteria aiming at an optimal BAT determination when an oil spill occurs. The criteria are referred to BATs for oil spill containment and to BATs for clean up of marine habitat, with particular regard to the item of the preservation of biodiversity.
Keywords: BAT, oil spill, clean up.

1 Introduction

This work has been carried out in the framework of a research activity, concerning the marine environment defence and the loss of biodiversity as a consequence of spills in maritime oil transport, in cooperation with the Italian Ministry of Environment. An oil spill is the accidental or intentional release of petroleum products into the environment as a result of human activities (drilling, manufacturing, storing, transporting, waste management) [1]. This kind of event is not unusual and happens all over the world. Even if oil spills are actually just a

WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 103, © 2007 WIT Press
www.witpress.com, ISSN 1743-3541 (on-line)
doi:10.2495/WRM070491

الملحق (12): IV. 2. الدراسة التحليلية 04.

الـمـلـخص

الملخص

ان الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو تحديد تأثر التسرب النفطي على خصائص التربة والمياه، وتحديد تقنيات معالجة التســـرب النفطي المتاحة عالميا وفي الجزائر، ومن أجل تحقيق هذا قمنا باجراء دراســـة نظرية وأخرى تحليلية، وكذلك من أجل تحديد الطرق التي تعتمدها الجزائر قمنا بدراســـة ميدانية على مستوى مؤسسة BASP.

ومن خلال هذه الدراسة تمكنا من تحديد أربع تقنيات معالجة للتربة الملوثة بالنفط المتسرب وهي المعالجة البيولوجية، المعالجة الكيميائية، المعالجة الفيزيائية، المعالجة الحرارية، ومن خلال الدراسات السابقة تبين لنا أن أفضــل تقنية من حيث الكفاءة والســرعة هي المعالجة الحرارية الا أن تكلفتها عالية. أما من خلال الدراســـة الميدانية اتضـــح لنا أن الجزائر تعتمد على المعالجة الحرارية (الحرق) والمعالجة الفيزيائية (التصــليب/التثبيت). اما بخصــوص المعالجة الممكن تطبيقها على المياه فنجد المعالجة الفيزيائية والتي كانت مناســبة في ظروف جوية محددة، المعالجة الكيميائية ذات كفاءة ولكن لها أثار ســلبية على البيئة البحرية، المعالجة الحرارية ذات كفاءة ولكنها مقيدة قانونيا، وتبقى المعالجة البيولوجية هي الأكثر كفاءة وأمانا رغم أنها تحتاج وقت.

الكلمات المفتاحية:

التسرب النفطي، التربة الملوثة بالتسرب النفطي، طرق معالجة التسرب النفطي، تأثير التسرب النفطي على البيئة، تلوث المياه بالنفط المتسرب.

Abstract :

The main objective of this study is to determine the treatment techniques available globally and in Algeria for the treatment of oil-polluted soil and water in general, and oil spills in particular, in order a theoretical study and an analytical one also in order to determine the techniques adopted by Algeria we conducted a field study at the BASP foundation.

Through this study, we were able to identify four techniques for treating soil contaminated with spilled oil: biological treatment, chemical treatment, physical treatment thermal treatment, Through previous studies we learned that the best

technology in terms of efficiency and speed is high As for the field study it became clear to me that Algeria relies on heat treatment (burning) and physical treatment (Solidifcation/Stabiliization). As for the treatment that can be applied to water we find: physical treatment which was appropriate in specific weather conditions, chemical treatment is efficient but has negative effects on the marine environment, thermal treatment is efficient but legally beneficial, biological treatment remains the most efficient and safe although it takes time.

Key words :

Oil spill, Soil contaminated with oil spills, Oil spill treatment methods, Impact of the oil spill on the environment, Water pollution with oil spills.