IRAQI Academic Scientific Journals
Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ) Vol.27, No.1, March 2022, pp. 25-35

النفايات الصناعية وتأثيراها على الخصائص الهندسية للتربة: مراجعة

عبدالرحمن هاني الداود * abdulrahman.aldaood@uomosul.edu.iq
إبراهيم محمود الكيكي** i.alkiki@uomosul.edu.iq
محمد ظافر عبد النافع*** mohammed1979eng@uomosul.edu.iq

* جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم الهندسة المدنية
** جامعة الموصل - كلية الهندسة - قسم هندسة السدود والموارد المائية
*** جامعة الموصل - كلية الهندسة – قسم الهندسة البيئية

تاريخ الاستلام: 3/8/2021 تاريخ القبول: 4/10/2021

الخلاصة

تستعرض هذه المراجعة الفضلات الصناعية: تعريفها، مكوناتها وأنواعها ومن ثم تأثيرها على التربة بعد أن شهدت الصناعة تطوراً ملحوظاً في الآونة الأخيرة وتقدمها إلى الأمام مما أدى إلى المزيد من النواتج الثانوية والتي أخذت تشكل في الوقت الحاضر إحدى اهم المشاكل التي تواجه العالم، ومن ثم مناقشة مدى إمكانية استخدامها في تثبيت التربة من خلال مراجعة اغلب البحوث والدراسات حول الفضلات الصناعية والتربة، إضافة إلى إيجابيات وسلبيات استخدامها في معالجة مشاكل التربة وبأقل كلفة ممكنة دون اللجوء إلى البدائل الأخرى. كما تقدم هذه الورقة دور المجتمع في تقليل إضرارها البيئية من خلال مراجعة البحوث والدراسات حول المواد القابلة لإعادة التدوير والأكثر قابلية للتطبيق في الوقت الحالي من قبل الصناعة والتي هي فكرة نبيلة لإدماج أفضل المواد المعاد تدويرها في إنشاء الطرق والمنشئات الهندسية بعد أن اتخذت عمليات تدوير وإعادة استخدام الفضلات الصناعية عدة أشكال وأساليب وحسب طبيعة ونوع الفضلات والغاية من إعادة استخدامها إضافةً إلى حالة وطبيعة المادة المستخدم معها هذه الفضلات.

الكلمات الدالة: *التربة والبيئة، التربة الملوثة، الفضلات الصناعية، إعادة التدوير، الطمر الصحي.*

*This is an open access article under the CC BY 4.0 license (*http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/*).*
https://rengj.mosuljournals.com

==========

1. المقدمة

إن الفضلات المعامل الصناعية أخذت تشكل في الوقت الحاضر إحدى اهم المشاكل التي تواجه العالم، فهي المصدر الرئيس لتلوث البيئة، وخاصةً في السنوات الأخيرة عندما ازداد إنتاج المخلفات الصناعية من مختلف المعامل وبكميات كبيرة بعد التطور الحاصل في الثورة الصناعية، إن هذه الفضلات قد تكون في الحالة الصلبة أو السائلة أو الغازية. إن من الطرائق التقليدية القديمة والبسيطة لمعالجة الفضلات الصناعية في العالم (خاصة في الدول النامية والتي تفتقر صناعاتها إلى وحدات معالجة متقدمة) هي طرح هذه الفضلات (خاصةً الصلبة والسائلة) في التربة وبطرائق مختلفة، حيث تعمل التربة كمرشح في تنقية هذه الفضلات (السائلة منها) وتقليل ضررها على المياه الجوفية والأنهر القريبة منها، و تعمل التربة كمقابر (طمر صحي) لهذه الفضلات (الصلبة منها) [1-2].

إن طرح الفضلات المعامل في التربة تؤثر على خصائصها الهندسية والتي بدورها تنعكس على المنشآت المقامة عليها إذ تعاني قسم من المنشآت في المعامل الصناعية مشكلات هندسية، لذا فان التغيرات التي تحدثها الفضلات الصناعية في التربة يجب أن تكون معروفة لدى المهندس لكي يؤدي عمله بشكل سليم [3].

إن تدوير وإعادة استخدام الفضلات الصناعية أصبح الشغل الشاغل لكثير من المهندسين والاقتصاديين إضافةً إلى جمعيات المحافظة على البيئة. إذ اتخذت عمليات تدوير وإعادة استخدام الفضلات الصناعية عدة أشكال وأساليب حسب طبيعة ونوع الفضلات، الغاية من إعادة استخدامها بالإضافة إلى حالة وطبيعة المادة المستخدمة مع هذه الفضلات [4]. فيما يتعلق بموضوع استخدام المخلفات الصناعية في هندسة الجيوتكنيك، قام عدة باحثين ومهندسين سواء من الناحية النظرية أو العملية بدراسة تأثير الفضلات الصناعية على الخصائص الهندسية للتربة إضافةً إلى دراسة إمكانية استخدام هذه الفضلات في تحسين الخصائص الهندسية للتربة كمحاولة لإعادة تدوير هذه المخلفات.

ومن هذا المنطلق تكتسب هذه الدراسة (المراجعة) أهميتها العلمية والعملية باعتبارها تمثل الخطوة الأولى لحل عدة مشاكل منها مشكلة كيفية التخلص من الفضلات الصناعية بأفضل الطرائق من دون الأضرار بالبيئة المحيطة، والهدف الأخر هو استخدام هذه الفضلات (كمثبتات كيميائية) في معالجة مشاكل الترب الرخوة وبأقل كلفة ممكنة دون اللجوء إلى البدائل الأخرى وخاصة في حالة كون التربة الرديئة قريبة من موقع العمل.

2. الفضلات الصناعية وأنواعها

كما هو معروف أن تحول المواد الخام إلى منتجات صناعية كاملة أو نصف كاملة تنتج عنه نواتج ثانوية، وحينما لا تجد هذه النواتج الثانوية قدراً من النفع على المستوى الاقتصادي فإنها تلقى بها على الأرض أو الماء أو الهواء. إن تطور الصناعة وتقدمها أدى إلى المزيد من النواتج الثانوية. وعليه يقصد بالفضلات الصناعية هي تلك المواد الناتجة عن الأنشطة الصناعية المختلفة كالصناعات الغذائية والكيمياوية والتعدين وصناعات مواد البناء وغيرها [5]. كما يشمل مصطلح الفضلات (المخلفات او النفايات) كل تلك المواد التي يتم تجاهلها من قبل المجتمع. وان الإدارة غير السليمة للفضلات يسبب أثاراً ضارة على البيئة والمجتمع التي قد تؤدي في كثير من الأحيان إلى الأوبئة والأمراض والمشاكل الهندسية [6].

1.2 أنواع الفضلات الصناعية

تصنف الفضلات من حيث مصدرها على نطاق واسع إلى ثلاث مجاميع رئيسية: الفضلات الصناعية، الفضلات الزراعية وفضلات البلدية [6]. بالنسبة للفضلات الصناعية يمكن تصنيفها إما حسب خطورتها أو حسب حالتها [7-8]، وفيما يلي شرح بسيط عن أنواع الفضلات الصناعية.

أ- تصنيف الفضلات الصناعية من حيث خطورتها:

1- الفضلات الحميدة (غير الخطرة): ويقصد بها مجموعة المواد التي لا يصاحب وجودها مشاكل بيئية خطيرة، ويسهل في الوقت ذاته

التخلص منها بطريقة آمنة بيئياً، وهي تشمل نفايات المصانع غير الخطرة.

2- الفضلات الخطرة: عبارة عن فضلات لها تأثير سلبي على الصحة والبيئة والتي تشتمل مكوناتها على مركبات معدنية ثقيلة أو إشعاعية أو مركبات فسفورية عضوية أو مركبات السيانيد العضوية أو الفينول أو غيرها. وتتولد معظم الفضلات الخطرة من محطات توليد الكهرباء بالطاقة النووية التي تعتبر من أكثر مصادر المخلفات النووية.

ب-تصنيف الفضلات الصناعية من حيث حالتها:

1- الفضلات الصناعية الصلبة: هي المواد التي تنتج أثناء مراحل التصنيع وفق حلقة تهدف إلى تحويل المواد الأولية إلى مواد جاهزة، كلما زادت مراحل التحويل اتسعت الحلقة وزادت كمية الفضلات. يتغير تركيز هذه الفضلات حسب نوع الصناعة. أو هي المواد القابلة للنقل والتي يرغب مالكها بالتخلص منها. أهم الفضلات الناتجة عن الصناعة هي الأوحال الزيتية من عمليات إنتاج البترول.

2- الفضلات الصناعية السائلة: وتسمى أحياناً بالمياه الصناعية وهي نواتج سائلة تتكون من استخدام المياه في العمليات المختلفة للتصنيع أو بقايا مواد مصنعة مثل الزيوت، مياه الصرف الصناعية وتلقى في المصبات المائية سواء في الأنهار أو البحار أو المحيطات [9].

3- الفضلات الصناعية الغازية: هي الغازات أو الأبخرة الناتجة عن عمليات التصنيع والتي تنفث في الهواء الجوي من خلال المداخن الخاصة بالمصانع، ومن بين تلك الغازات اكاسيد الكربون، أكاسيد الكبريت، واكاسيد النيتروجين، والجسيمات الصلبة العالقة في الهواء كالأتربة وبعض ذرات المعادن المختلفة.

بالإضافة إلى هذه الأنواع هنالك الفضلات المشعة وهي المواد التي تحتوي على بعض النظائر المشعة الناتجة عن استخدام الطاقة النووية.

2.2 مصادر الفضلات الصناعية:

إن تنوع النشاط الصناعي يؤدي إلى تنوع أشكال وأنواع الفضلات الصناعية، ولا يمكن إعطاء مواصفات عامة لجميع أنواع الصناعات إذ أن لكل صناعة خصائصها ومكوناتها [7]. والجدول (1) يمثل بعض انواع الفضلات الصناعية لبعض المصانع فعلى سبيل المثال نجد أن الفضلات الناتجة عن مصانع المعلبات ومدابغ الجلود ومصانع الغزل والنسيج وصناعة الورق تحتوي على تركيز عال جداً من المواد العالقة العضوية بينما نجد أن فضلات الأصباغ تنتج من مصانع النسيج والكيمياويات بينما الفضلات الكيمياويات السامة مثل المعادن الثقيلة (الزئبق والرصاص) تنتج من مصانع الصلب والطلاء بالمعادن بينما الفضلات المسببة للرغوة تنتج من مصانع الصابون والأصباغ في حين إن الغازات السامة مثل الميثان تنتج من مصانع تكرير البترول والإسمنت بينما نجد ان المياه المستعملة في التبريد تكون خالية من الشوائب. لذلك ولأجل التعرف الصحيح لأنواع الفضلات التي تطرحها المصانع يجب دراسة كافة المسارات في المصنع والتي تجمع النفايات وتطرحها سواء للجو أو للمياه أو للتربة [10].

جدول رقم (1) يمثل بعض من مصادر الفضلات الصناعية لأنواع محددة من المصانع [10]

ت	النفايات	المصدر الصناعي
1	مواد صلبة وسائلة	مصانع تكرير البترول
2	أصباغ	مصانع النسيج والكيمياويات
3	مواد عضوية	مصانع المعلبات ومدابغ الجلود ومصانع الغزل والنسيج
4	كيمياويات سامة مثل المعادن الثقيلة (الزئبق والرصاص)	مصانع الصلب والطلاء بالمعادن
5	مواد مسببة للرغوة	مصانع الصابون والأصباغ
6	إشعاعات	مصانع الطاقة النووية
7	غازات سامة مثل الميثان	مصانع تكرير البترول والإسمنت

بصورة عامة تحتوي اغلب الفضلات الصناعية على الملوثات الآتية [11]:

- الأملاح غير العضوية (Inorganic salt)
- الحوامض والقواعد المختلفة (Acid or / and Alkaline)
- المواد العضوية (Organic matters)
- المواد العالقة (Suspended solids)
- المواد والسوائل الطافية (Floating solids and Liquids)
- المياه الحارة (Hot water)
- المياه الملونة بالأصباغ (Colored water)
- الكيمياويات السامة (Toxic chemicals)
- الكائنات الحية المجهرية (Microorganisms)
- المواد المشعة (Radioactive materials)
- المواد الرغوية (Foam - producing matter).

3. الفضلات الصناعية والتربة:

بسبب احتواء اغلب الفضلات على مواد كيميائية سواء كانت حامضية أو قاعدية أو أملاح مختلفة، ففي حالة تعرض التربة لمثل هذه المركبات سيؤثر ذلك على الخصائص الهندسية للتربة سواء كان ذلك سلباً أو إيجاباً بسبب تغير الخصائص الفيزيائية أو الكيميائية أو كليهما معاً [1] و [3]، وان التغيرات التي تحدث في التربة نتيجة لتعرضها للمخلفات الصناعية تحدث بسبب واحد أو أكثر من التأثيرات الآتية:

- تأثيرات فيزيائية مثل الوزن النوعي للتربة أو حدود أتربيك.
- تأثيرات كيميائية مثل سعة التبادل الأيوني أو نسبة الأملاح لذائبة الكلية.
- تأثيرات هندسية (ميكانيكية وهيدرو-ميكانيكية) مثل الرص أو معاملات قص التربة أو الانضمام.

إن التأثير الكيميائي للفضلات الصناعية في التربة ينتج من خلال سلسلة من التفاعلات الكيمائية واغلب هذه التفاعلات ينتج عنها أملاح الكبريتات، الكلوريدات والكربونات فضلاً عن النترات. وأدناه بعض التفاعلات التي يمكن أن تحدث في المياه الصناعية والمواد الناتجة عنها[1] و [3]:

- أملاح الكبريتات Sulphate Salts

$2NaOH + H_2SO_4 \longrightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$ …… (1)
هيدروكسيد الصوديوم حامض الكبريتيك كبريتات الصوديوم

$2NH_3 + H_2SO_4 \longrightarrow (NH_4)_2SO_4 \longrightarrow 2NH_4^+ + SO_4^{2-}$ ..... (2)
أمونيا كبريتات الأمونيوم

$CaCO_3 + H_2SO_4 \longrightarrow CaSO_4 + CO_2 + H_2O$ ……. (3)
كاربونات الكالسيوم كبريتات الكالسيوم

- أملاح الكلوريدات Chloride Salts

$NaOH + HCl \longrightarrow NaCl + H_2O$ ……. (4)
حامض الهيدروكلوريك كلوريد الصوديوم

$NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$ …… (5)
كلوريد الأمونيوم

$NaCl + NH_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow NH_4Cl + NaHCO_3$ ..…(6)
بيكاربونات الصوديوم

- أملاح الكاربونات Carbonate Salts

$2NH_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow (NH4)_2CO_3$ ……. (7)
كاربونات الأمونيوم

إن تكـوين كربونــات الأمونيــوم يعمــل علــى رفــع قيمــة الــرقم الهيدروجيني (pH) إلـى أكثـر من (9)، وان قيمـة (pH) هذه تسـاعد فـي عمليـة امتصـاص أيونـات الكالسـيوم والمغنيسـيوم مـن قبـل الطـين. إن هـذا المركـب سـرعان مـا يتحلـل ليكـون هيدروكسـيد الأمونيـوم وبيكربونــات الأمونيوم وكما يأتي:

$(NH_4)_2CO_3 + H_2O \longrightarrow NH_4OH + NH_4HCO_3$ ..... (8)

كما تنتج بيكربونات الأمونيوم كما يأتي :

$NH_3 + H_2O + CO_2 \longrightarrow NH_4HCO_3$ …….. (9)
بيكربونات الأمونيوم

كما ينتج كربونات الكالسيوم من :

$CaSO_4 + 2NH_3 + CO_2 + H_2O \longrightarrow (NH4)_2SO_4 + CaCO_3$ ……... (10)
كبريتات الكالسيوم كاربونات الكالسيوم

- أملاح النترات Nitrate Salts

$CaCO_3 + 2HNO_3 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2$ …… (11)
(من التربة) نترات الكالسيوم

$NH_3 + HNO_3 \longrightarrow NH_4NO_3$ ……. (12)
حامض النتريك نترات الأمونيوم

$NaOH + HNO_3 \longrightarrow NaNO_3 + H_2O$ …….. (13)
نترات الصوديوم

قد تحدث تفاعلات تبادل جذور بين الأملاح الناتجة من التفاعلات السابقة، وكما يأتي:

$(NH_4)2SO_4 + 2NaCl \longrightarrow Na_2SO_4 + 2HN_4Cl$ …… (14)
كلوريد الأمونيوم

كما قد ينتج من تحلل المواد العضوية عدد من العناصر وكما وضح أدناه:

$Organic\text{-}C \longrightarrow CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3$ …… (15)
حامض الكربونيك

$H_2CO_3 + CaCO_3 \rightleftharpoons Ca^{++} + 2HCO_3^-$ …… (16)
عملية غسل الكالسيوم

$Organic\text{-}N \longrightarrow NH_3 + 2O_2 \longrightarrow H^+ + H_2O + NO_3^-$ .... (17)
(تحلل الأمونيا)

Or $NH_3 + H_2O \longrightarrow NH_4^+ + OH^-$ ……. (18)

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightleftharpoons NO_3^- + 2H^+ + H_2O \quad \text{.. ….. (19)}$$

أمونيوم

$$\text{Organic-S} \longrightarrow H_2S + 2O_2 \longrightarrow H_2SO_4 \quad 2H^+ + SO_4 \quad \text{…. ….. (20)}$$

فضلاً عن عناصر أخرى مثل غاز الميثان (CH_4) وحامض الخليك (CH_3COOH) وغيرها، كما إن الأمونيا (NH_3) تنتج من تحلل الكارباميد المركب (سماد اليوريا) في التربة وبوجود الماء بأحد الطرائق التالية:

$$NH_2CONH_2 + H_2O \longrightarrow 2NH_3 + CO_2 \quad \text{……. (21)}$$

$$NH_2CONH_2 + 2H_2O \longrightarrow (NH_4)_2CO_3 \longrightarrow 2NH_3 + CO_2 + H_2O \quad \text{…. (22)}$$

أما ما يخص التربة الغنية بكربونات الكالسيوم ($CaCO_3$)، فأن ذوبان كربونات الكالسيوم في الماء يحرر أيون الكالسيوم Ca) ($^{2+}$) الذي يشترك مع مركبات المياه الصناعية في تفاعلات كيمياوية أهمها تفاعلات إحلال الأيونات (NH_4^+ , H^+) محل أيون الكالسيوم، وتنتج عن هذه التفاعلات أملاح وكما يأتي :

$$H_2SO_4 + [\text{ تربة }]\,Ca^{2+} \longrightarrow CaSO_4 + [\text{ تربة }] \begin{matrix} H^+ \\ H^+ \end{matrix}{}_4 \quad \text{..… (23)}$$

$$2HCl + [\text{ تربة }]\,Ca^{2+} \longrightarrow CaCl_2 + [\text{ تربة }] \begin{matrix} H^+ \\ H^+ \end{matrix} \quad \text{…… (24)}$$

$$(NH_4)_2SO_4 + [\text{ تربة }]\,Ca^{2+} \longrightarrow CaSO_4 + [\text{ تربة }] \begin{matrix} NH_4^+ \\ NH_4^+ \end{matrix} \quad \text{…… (25)}$$

$$NH_4Cl + [\text{ تربة }]\,Ca^{2+} \longrightarrow CaCl_2 + [\text{ تربة }] \begin{matrix} NH_4^+ \\ NH_4^+ \end{matrix} \quad \text{…..… (26)}$$

$$2NaCl + [\text{ تربة }]\,Ca^{2+} \longrightarrow CaCl_2 + [\text{ تربة }] \begin{matrix} Na^+ \\ Na^+ \end{matrix} \quad \text{…… (27)}$$

كما قد تشترك نواتج التفاعلات السابقة مع مركبات المياه الصناعية بتفاعلات جديدة ينتج عنها مركبات (أملاح) وكما يأتي:

$$2NH_3 + CaCl_2 + CO_2 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{كلوريد الكالسيوم}}{CaCO_3} + \underset{\text{كلوريد الأمونيوم}}{2NH_4Cl} \quad \text{…… (28)}$$

كما قد يحل أيون الفوسفات محل أيون الهيدروكسيل في معدن الطين وكما يأتي:

$$H_2PO_4^{3-} + [\text{ تربة }]\,OH^- \longrightarrow OH^- + [\text{ تربة }]\,H_2PO_4^{3-} \quad \text{……(29)}$$

4. استعراض الدراسات السابقة

إن البحوث والدراسات التي أجريت لمعرفة تأثير المخلفات الصناعية على الخواص الهندسية للتربة أو إمكانية استخدام الفضلات الصناعية في تثبيت وتحسين خواص التربة محدودة جداً، إذا لم تكن معدومة في بعض المناطق فهي قليلة جداً ومن بعض هذه الدراسات يمكن إدراجها كما يلي:

درس (Al-Ashou and Al – Khashab, 1994) [12] تأثير الحوامض على الخواص الهندسية للتربة الطينية إذ تمت معاملة نماذج من الطين الذي يغطي مساحة واسعة من مدينة الموصل بتراكيز مختلفة من حامض الكبريتيك (H_2SO_4) والذي ينتج بكثرة من معمل المشراق للكبريت. وقد وجد أن قيم حد السيولة ودليل اللدونة والوزن النوعي تزداد مع زيادة تركيز الحامض في حين يقل الانكماش الطولي، كما أظهرت الدراسة تناقصا في دليل الانضغاط ومعامل الانضمام ودليل الانتفاخ وزيادة ملحوظة في قوة الانضغاط غير المحصور مع زيادة تركيز الحامض .

بين (الكيكي 2002، 2006) [3] و[13] تأثير فضلات خمس معامل من مدينة الموصل على الخصائص الهندسية للتربة الطينية. واستنتج بان لهذه الفضلات تأثيرات إيجابية على الخصائص الهندسية للتربة فقد حسنت خواص الرص للتربة بالإضافة إلى تحسين قوة تحملها كما استنتج أن لهذه الفضلات تأثيرات سلبية أيضا حيث أدت إلى زيادة نسبة وضغط الانتفاخ في التربة فضلاً عن زيادة دليل الانضغاط. كما واستنتج بان تأثير هذه الفضلات يزداد مع زيادة تركيزها في التربة.

درس (Al-Shalhomi, 2000) [14] تأثير فضلات صناعة حامض الفوسفوريك المستخرج من مادة الفوسفوجبسم على

الخصائص الهندسية للتربة الطينية والمأخوذة من منطقة حي الحدباء في الموصل، واستنتج أن هذه الفضلات تعمل على تحسين جميع الخواص الهندسية للتربة المعاملة بها ولقد لخصت الدراسة إلى إمكانية استخدام تلك الفضلات في الإعمال الترابية للطرق وبشكل خاص للطرق الرخيصة التكاليف والطرق المؤقتة مع إمكانية استخدامها في الإملائيات الترابية للمباني.

بينما أشار (الصفار 2000) [1] إلى تأثير فضلات الشركة العامة لصناعة الأسمدة–المنطقة الشمالية، على الخواص الهندسية للتربة الجبسية واستنتج بان هذه الفضلات عند وصولها إلى التربة تعمل على تحسين جميع خواصها الهندسية عن طريق سلسلة من التفاعلات الكيميائية في التربة والمياه الصناعية ينتج منها عدة أنواع من الأملاح التي تعمل بدورها على زيادة الكثافة الجافة العظمى وقوة الضغط غير المحصور ومعاملي قص التربة (ć ، ǿ). في حين ذكر أن منتوج الشركة من مادة الكاربامايد المركب (اليوريا) يعمل عكس ذلك أي يؤثر سلباً على اغلب الخواص الهندسية للتربة الجبسية وخاصة بعد إجراء عملية الغسل للتربة المعاملة به، كما أنها إحدى العوامل الرئيسية التي تسبب التكهفات تحت أبراج الشركة .

وقد ذكر (الكيكي 2006) [15] تأثير الفضلات الصلبة للنورة والناتجة من معمل السكر والخميرة المبين تحليلها الكيميائي في الجدول رقم (2) على الخصائص الهندسية للتربة الطينية على الخصائص الهندسية للتربة الطينية. إذ استنتج بان لهذه الفضلات تأثيرات إيجابية على الخصائص الهندسية للتربة فقد انخفضت نسبة الانتفاخ في التربة بشكل كبير جدا بحيث أصبحت التربة غير انتفاخية مع زيادة تركيز الفضلات في التربة. أيضاً بزيادة هذه المخلفات ازدادت مقاومة الانضغاط غير المحصور ومعاملات قص التربة الفعالة(ć ، ǿ)، وانخفضت قيم كل من سعة التبادل الأيوني وقيمة حد السيولة.

جدول رقم (2) التركيب الكيميائي للمخلفات (النورة) المستخدمة في البحث [15]

Composition	$Ca(OH)_2$	CaO	$CaCO_3$	AL_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	MgO	H_2O
Waste lime	43.6	8.19	12.74	14.9	0.42	16.9	3.13	0.1

درس (الصفار وأخرون 2014) [16] إمكانية الاستفادة من فضلات معمل السكر لتحسين الخصائص الهندسية للتربة الجبسية والمأخوذة من منطقة بيجي. استنتجوا بان لهذه المخلفات تأثيرات ايجابية على الخصائص الهندسية للتربة، فقد أظهرت الدراسة أن الفضلات الصناعية تقلل من دليل اللدونة وتحولها إلى تربة عديمة اللدونة عند نسبة (5%) من هذه الفضلات. كما إن استخدام هذه المخلفات يعمل على زيادة في مقاومة الانضغاط غير المحصور للتربة إضافةً إلى زيادة معاملات قص التربة الفعالة. أظهرت نتائج فحص الانضمام ان معاملة التربة بالفضلات الصناعية يؤدي إلى نقصان في انضغاطية التربة حيث قل كل من دليل الانضغاط ومعامل الانضمام.

قارن (Khattab et al. 2006) [17] بين تأثير النورة (كمادة صافية) وبين فضلات النورة (الناتجة من معمل السكر والخميرة) على المقاومة والديمومة والخصائص الهيدروليكية لتربة طينية. أظهرت النتائج انخفاض في لدونة التربة، نسب وضغط الانتفاخ للتربة المعاملة، حيث أصبحت التربة عديمة اللدونة عند نسب التثبيت المثلى للنورة والمخلفات (6،4)%على التوالي. أما مقاومة الانضغاط غير المحصور فقد ازدادت مع زيادة كل من فترة الإنضاج، نسبة النورة والفضلات بحيث تصل إلى أعلى قيمة عند نسب التثبيت المثلى للنورة والفضلات. نتائج فحص الديمومة أظهرت انخفاض مقاومة الانضغاط للتربة المعاملة وكانت بمقدار اكبر منه للتربة المعاملة بالفضلات نتيجة الغمر. كما وجد أن نفاذية التربة المعاملة بالفضلات أعلى منها للتربة المعاملة بالنورة عند فترات الإنضاج المختلفة. أخيراً ومن منحنيات خاصية التربة-الماء وجد أن قابلية التربة للاحتفاظ بالرطوبة تزداد مع زيادة النورة وفضلات النورة، لكن قابلية التربة المعاملة بالفضلات النورة للاحتفاظ بالرطوبة اقل منها للتربة المعاملة بالنورة وهذا يعود إلى الاختلاف في مقدار التفاعل بين فضلات النورة أو النورة والتربة طينية. وهذا يعود إلى الاختلاف في مقدار التفاعل بين الفضلات الصلبة أو النورة والتربة طينية وكما موضح في الشكل رقم (1).

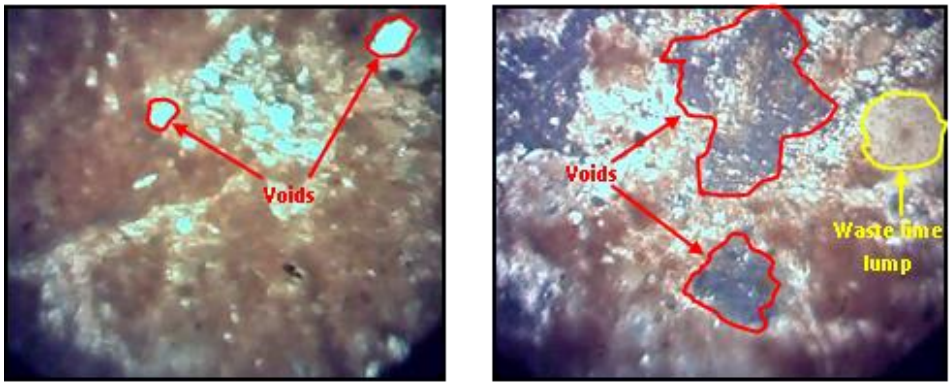

Figure (1) Optical microscopic photos for treated soil [17]

في حين أشار (Al-Obaydi et al. 2010) [18] إلى إمكانية الاستفادة من الفضلات الصلبة لمعمل السكر والخميرة في تقليل نسبة الإسمنت المستخدمة في تحسين الخصائص الهندسية للتربة الجبسية، وبين تأثير كلا المادتين معاً على المقاومة والديمومة للتربة الجبسية. أظهرت نتائج التثبيت تحسن في الخصائص الدليلية للتربة وكما موضح في الجدول رقم (3) كذلك تحسن كبير في مقاومة الانضغاط غير المحصور ومقاومة الشد للتربة. أيضاً أصبحت التربة أكثر ديمومة عند تثبيتها بالإسمنت والمضافات المركبة (مخلفات النورة + السمنت) وكما موضح في الشكل رقم (2). في حين لم تعطي نماذج التربة بفضلات النورة أي ديمومة، إذ فشلت خلال تعرضها لدورات الترطيب والتجفيف. أعطت نسب تثبيت المركب (8:4 و 8:6 مخلفات : سمنت) نتائج مقاربة لنسبة الإسمنت (16%)،

وهذا بدوره يعتبر عامل مهم من الناحية الاقتصادية، إذ قلت نسبة الإسمنت من (16%) إلى (8%) باستخدام مخلفات النورة.

جدول رقم (3) الخصائص الدليلية والرقم الهيدروجيني للتربة الطبيعية والتربة المعاملة [18]

Type of treated material		Natural soil	Waste lime treated soil				Cement stabilized soil			
%Adding			2	4	6	8	4	8	12	16
Atterberge limit (%)	L.L	41	37	35	33	NP	39	38	36	NP
	P.L	16	22	24	26	NP	28	31	33	NP
	P.I	25	15	11	7	-----	13	6	3	-----
Linear shrinkage		10.7	7.3	6.0	4.0	-----	7.2	5.5	3.0	-----
Classification		CL	CL	CL - ML	ML	-----	ML	ML	ML	-----
pH-value		8.43	9.88	11.20	11.99	12.14	9.95	11.33	11.54	11.63

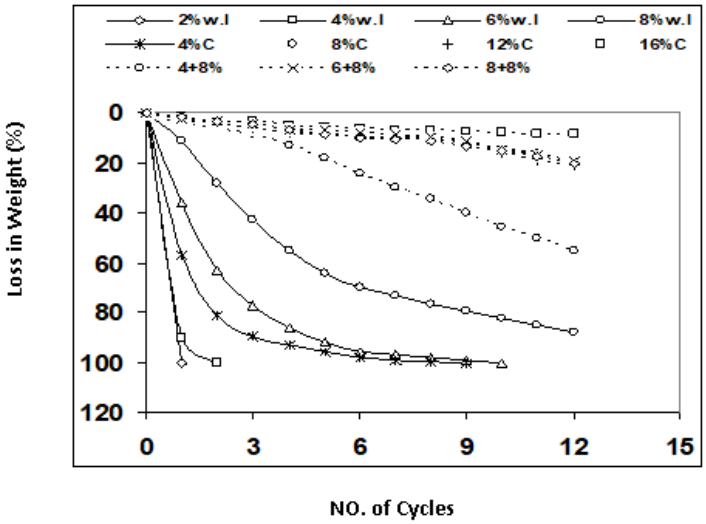

Figure. (2) Loss in weight (%) with wetting and drying cycle [18]

درس (Karkush and Abdul Kareem 2017) [19] تأثير ملوث زيت الوقود (MFO) الناتج من محطة توليد الكهرباء في حرم جامعة بغداد على الخصائص الجيوتكنيكية للتربة المتماسكة. حيث أظهرت الدراسة إن لهذا الملوث تأثير كبير على الخصائص الميكانيكية للتربة بينما كان له تأثير طفيف على الخصائص الفيزيائية والكيميائية، فعند زيادة نسبة الملوث في التربة انخفض حد السيولة بشكل طفيف إضافةً لتغير بسيط في التوزيع الحبيبي للتربة في حين انخفضت معاملات قص التربة بشكل كبير وزيادة ملحوظة في معامل الانضمام للتربة الملوثة وكما موضح في الجدول رقم (4).

جدول رقم (4) الخصائص الجيوتكنيكية للتربة الطبيعية والتربة المعاملة بالملوث [19]

Soil Sample	1-D Consolidation							UUT	UCT	DST	
	e_o	e_f	Cc	Cs	$m_v \times 10^{-3}$ m^2/kN	$k \times 10^{-9}$ cm/s	$c_v \times 10^{-7}$ cm^2/s	c_u kPa	c_u kPa	c kPa	φ degree
MFO0	0.54	0.49	0.274	0.054	0.501	5.76	2.800	22	35	66	37
MFO1	0.64	0.50	0.283	0.055	0.531	5.93	4.335	21	29.5	37	29.5
MFO2	0.74	0.53	0.320	0.066	0.970	6.77	4.660	18.5	25	22	25

كما توصل (Karkush and Abdul Kareem 2016) [20] إلى نفس النتائج السابقة مع الاختلاف في القيم عند دراسته لتأثير النفايات الملوثة السائلة المطروحة كناتج عرضي من محطة كهرباء المسيب الحرارية في بابل، والذي يتضمن مواد حامضية وقاعدية وهيدروكربونيه على الخصائص الجيوتكنيكية للتربة الطينية.

كما درس (Karkush and Resol 2016) [21] تأثير مياه الصرف الصناعية لمحطة توليد الكهرباء الحرارية في مدينة الكوفة على الخصائص الجيوتكنيكية للتربة الرملية ولاحظ بان زيادة نسبة الملوث في التربة يؤدي الى زيادة المحتوى الرطوبي الامثل يقابله انخفاض كبير في قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي، نفاذة التربة والكثافة الجافة العظمى.

في حين توصل (Karkush and Jihad 2020) [22] إلى ان ملوث الكيروسن له تأثيرات مختلفة على الخصائص الجيوتكنيكية والكيميائية لتربة طينية وان نسبة (10%) او اقل امن هذا الملوث له تأثيرات طفيفة.

بين (العبد ربه وآخرون 2016) [23] تأثير المخلفات الصناعية السائلة لمعمل الألبان في كركوك على خصائص التربة الجبسية وكذلك التغاير في خصائص تلك الفضلات. حيث أظهرت الدراسة

بعد غمر التربة بهذه لمخلفات وجود تأثيرات بعضها سلبي والبعض الأخر إيجابي على الخصائص لهندسية للتربة المغمورة، فقد لوحظ عند زيادة فترة غمر التربة بالفضلات انخفضت قيمة التماسك للتربة وازدادت قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة كذلك حدثت زيادة في دليل الانضغاط وفي قابلية التربة على التداعي.

استعرض (Chetia and Sridharan 2016) [24] تـأثير غبار الحجر الصخري الناتج كنفايات صلبة خلال سحق الصخور على الخصائص الجيوتكنيكية للترب المختلفة. فقد أشارت الدراسة إلـى أن لهـذه الفضـلات تـأثيرات اغلبهـا مفيـدة وإيجابيـة علـى الخصائص الجيوتكنيكية للتربة (قوام التربة، معاملات قص التربة، النفاذية، انتفاخ وانضغاطية التربة، التحمل الكليفورني CBR) وكما موضح في الشكل رقم (3).

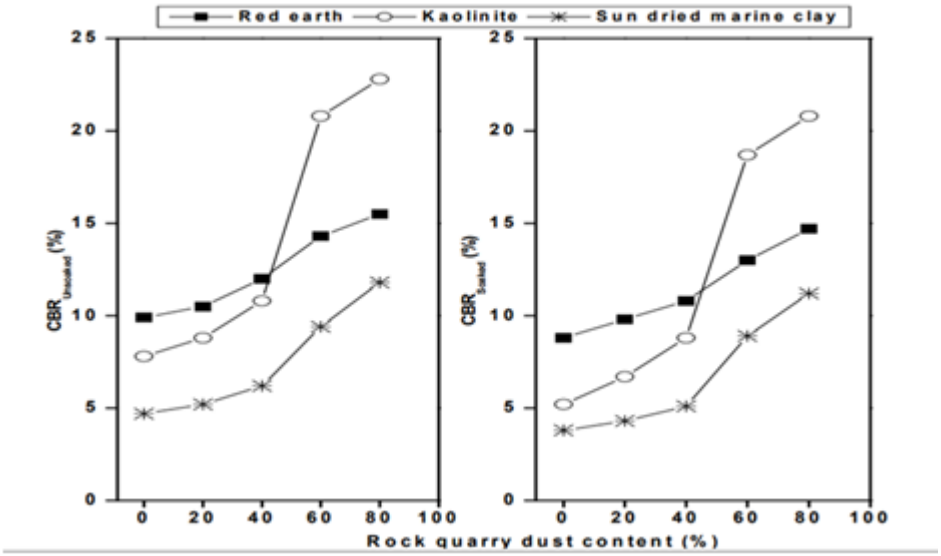

Figure. (3) Effect of Rock Quarry Dust on CBR value [24]

كما درس (Shalabi et al. 2017) [25] تأثير خبث الحديد كمنتج ثانوي على الخصائص الهندسية للتربة الطينية. واستنتج انه بزيادة خبث الحديد في التربة يحدث انخفاض في دليل اللدونة، نسبة الانتفاخ وقيمة التماسك في حين ازدادت كثافة التربة الجافة، قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة وقيمة التحمل الكاليفورني وكما موضح في الشكل رقم (4).

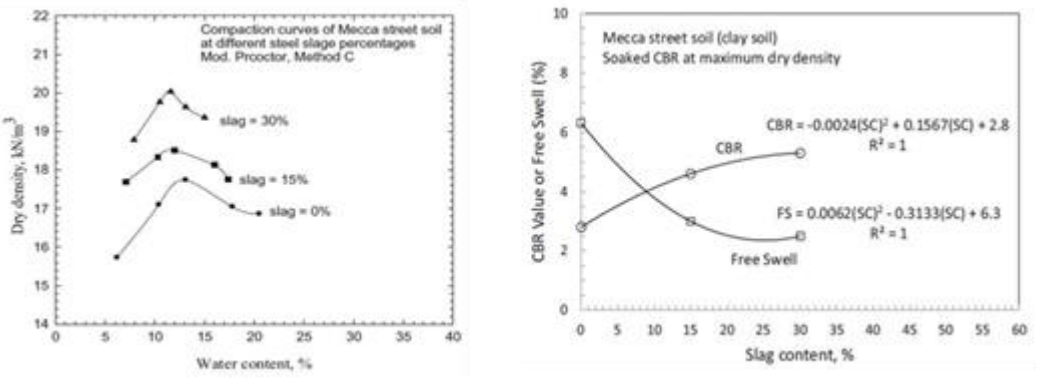

Figure. (4) Effect of steel slag on dry density and CBR value [25]

لاحظ (Irfan et al. 2018) [26] تلوث وتدهور كبير في خصائص تربة المصانع والأبنية، لذلك درسوا تأثير نوعين من النفايات الصناعية السائلة غير المعالجة هما فضلات الصبغ (الحامضية) وفضلات المدابغ (القاعدية) على نوعين من التربة الطينية احدهما واطئة اللدونة(CL) والأخرى عالية اللدونة(CH)، وقد لاحظوا إن لكل نوع من النفايات تأثير يختلف عن الأخر من حيث القيمة والاتجاه إضافة إلى اختلاف التأثير باختلاف نوع التربة المستخدمة في الدراسة. فمثلاً لوحظ أن تعرض التربة لـ (20%) من للفضلات القاعدية يؤدي إلى انخفاض قوة الضغط غير المحصور بنسبة (60%) بينما كان للفضلات الحامضية تأثير اقل وتبدأ التربة باستعادة قوتها مع الوقت وكما موضح في الشكل رقم (5).

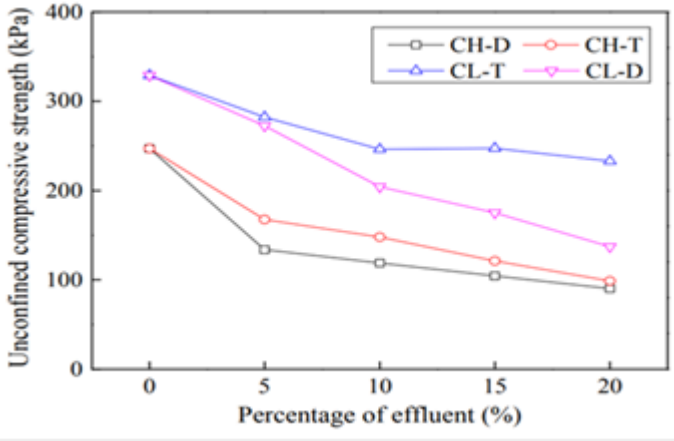

Figure. (5) Effects of industrial effluents on unconfined compressive strength [26]

بين (Nnochiri et al. 2017) [27] انه يمكن الاستفادة من نشارة الخشب (التي تنتج كفضلات في كثير من معامل الخشب) كعامل تسليح رخيص الثمن، فقط لوحظ انه يمكن تحسين الخصائص الجيوتكنيكية للتربة وخاصة المقاومة بعد مزج التربة بخليط من النورة وفضلات الخشب (النشارة).

درس (Daud 2018) [28] تحسين تربة الطرق أو أكتافها باستخدام فضلات الإطارات، وان الهدف الأساسي من الدراسة هو إنتاج مواد ذا فائدة اقتصادية من الفضلات (التي عادةً تكون غير مفيدة)، فقد استنتج من خلال مزج التربة الرملية، والرملية الغرينية بنسب مختلفة من الفضلات (رقائق الإطارات) أن هذه الفضلات تزيد من مقاومة القص للتربة من خلال زيادة زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة كذلك نقصان في انضغاطية التربة من خلال نقصان في دليل الانضغاطية وكما موضح في الشكل رقم (6).

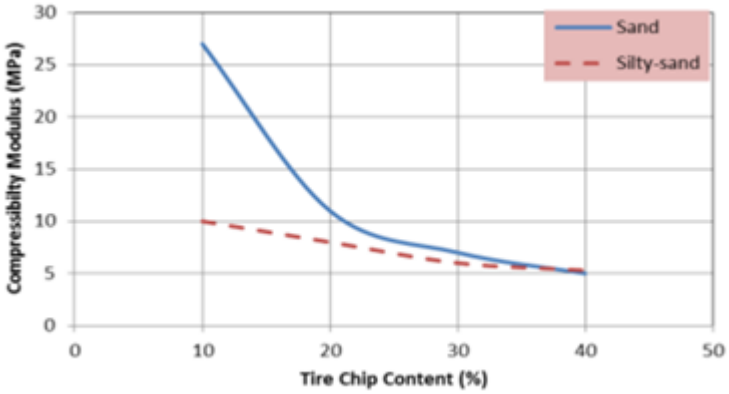

Figure. (6) Compressibility modulus variation with tire chips content at 100 kPa [28]

أشار (Arichandran et al. 2017) [29] إلى أن تثبيت التربة باستخدام قطع من المواد البلاستيكية كأحد أنواع الفضلات الصناعية يحسن بعض خصائصها الهندسية، وقد بينت الدراسة أن للمواد البلاستيكية فوائد عدة عند معاملة التربة بها حيث ازدادت قوة التربة مع زيادة نسبة هذه المواد وان نسبة (8%) منها أعطت زيادة في نسبة التحمل الكالفورني بمقدار (66%).

كما درس (Sharma and Sivapullaiah 2011) [30] استقرارية التربة الانتفاخية باستخدام نوعين من الفضلات هما (الرماد المتطاير و/أو نفايات الأفران GGBS) واستنتج بان هذه الفضلات تزيد من قوة التربة من خلال زيادة المواد الإسمنتية الرابطة بين حبيبات التربة وعلية يمكن الاستفادة من هذه المخلفات في بناء الطرق السريعة.

لخص (Jan et al. 2015) [31] في مراجعتهم لاستخدام مخلفات إطارات السيارات في تحسين خصائص التربة، أن استخدام هذه الفضلات يقلل من تأثيرها على البيئة إضافةً إلى تقليل تكلفة إنشاء الطرق مقارنةً بطرق التحسين لأخرى، حيث عملت هذه الفضلات على تقليل الانتفاخ والانضغاطية وزيادة في نسبة التحمل الكاليفورني.

درس (Kumar et al. 2015) [32] تحسين الخصائص الجيوتكنيكية للتربة الانتفاخية باستخدام مخلفات مسحوق الحديد. حيث وجد أن هذه الفضلات بزيادة نسبتها في التربة تقلل من حد السيولة ودليل اللدونة مع زيادة في الكثافة الجافة العظمى وزيادة كبيرة في نسبة التحمل الكاليفورني.

تحرى (Kulkarni et al. 2014) [33] عن تأثير مخلفات الخبث والألياف الزجاجية على التربة، فوجد أن خلط التربة بنسب مختلفة من هذه الفضلات يؤدي إلى نقصان في المحتوى الرطوبي الأمثل ودليل الانتفاخ مع زيادة في الكثافة الجافة العظمى ونسبة التحمل الكاليفورني.

بين (Jafari and Esna-ashari 2012) [34] إمكانية الاستفادة من أسلاك فضلات الإطارات في تسليح التربة الطينية الممزوجة بنسب مختلفة من النورة وأسلاك الإطارات فقد لاحظ تحسين في ديمومة التربة الطينية من خلال زيادة في قوة الانضغاط غير المحصور للدورات التجميد والذوبان كما أن هذه المادة غير مكلفة بالمقارنة مع غيرها من مواد التسليح وغير قابلة للتحلل على المدى القصير.

5. المجتمع والفضلات الصناعية

في السنوات الأخيرة ازدادت إنتاج الفضلات الصناعية من مختلف المعامل، فهي المصدر الرئيسي لتلوث البيئة. لذا كان على عاتق الحكومات إيجاد طريقة للتخلص من هذه المخلفات بطرق سليمة وصديقة للبيئة وغير مكلفة. إن التعاون بين الأوساط الأكاديمية والصناعية وتثقيف الناس الذين هم في روتينية العمل والتفاعل مع الأنشطة الصناعية سوف يحل ويعالج العديد من المشكلات وخاصة الصناعية، البيئية والهندسية منها. كما ان زيادة الوعي البيئي لدى المجتمع من خلال برامج متخصصة ومتنوعة يساهم في تقليل التلوث [35].

تلعب الحكومات وخاصةً في الدول المتقدمة دوراً رئيسياً في معالجة النفايات وفضلات المعامل الصناعية حيث لوحظ بسبب التقدم الصناعي زيادة في نسبة الفضلات يقابلها نقصان في مساحة مدافن البلديات (الطمر الصحي) وهذا لا يتماشى مع استراتيجية تلك البلدان الذي يتطلب حماية البيئة والمواد الطبيعية فان هنالك قلقاً من أن تستنفذ في وقت مبكر من خلال استخدام المواد الخام في أعمال الطرق والإنشاء، بناءً على هذه الضغوط أخذت هذه الحكومات بإجراء البحوث والدراسات لاستخدام المواد الثانوية (المعاد تدويرها) بدلاً من المواد الأولية (الخام) يساعد في التخفيف من إنشاء مواقع الطمر الصحي والحد من الطلب على استخراج المواد الأولية وتقليل الإضرار البيئية بما يعرف ب(الأبنية المستدامة) [35-36]. كما أن المواد الطبيعية الجيدة لطبقات ما تحت الأسس والطرق مصيره النفاذ لذا يجب إيجاد البديل الأنسب والأكثر اقتصاديا، وان استخدام الفضلات الصناعية في مجال إنشاء الطرق هي إحدى السبل والبدائل في مجال إنشاء الطرق ذات الكلفة القليلة (Low cost Road) بالإضافة إلى تخليص البلد من ألاف الأطنان من النفايات المتراكمة أي حماية البيئة [37] وكما موضح في الشكل رقم (7) الذي يوضح استخدام احد المواد المعاد تدويرها (Plastic Fibers) في تحسين خصائص التربة الضعيفة [4].

Figure. (7) Recycled plastic fiber [35]

بعد التطور الذي حدث في بلدنا من حيث إنشاء مصانع ومعامل مختلفة فان دراسة تأثير فضلات هذه المعامل بدأ يزداد وعلى عدة مسارات، وبما أن عدد كبير من هذه المعامل اخذ يطرح فضلاته في التربة وبأساليب مختلفة لذا فقد أصبحت دراسة تأثير هذه الفضلات على التربة واجباً من الناحية البحثية والأكاديمية وذلك لأن تغير خواص التربة مع تغير الظروف المحيطة بها من الأمور المهمة التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار للمحافظة على استقرارية المنشآت الهندسية المقامة عليها عند القيام بتصميم المنشآت الهندسية وان إهمال مثل هذه الأمور قد يؤدي إلى مشاكل عدة تحد من عمل هذه المنشآت فضلا عن الأضرار الاقتصادية التي تنجم عنها.

6. شروط وعوائق استخدام الفضلات الصناعية

عند استخدام الفضلات الصناعية مع التربة يجب دراسة الظروف وتحديدها بشكل مناسب يهدف إلى تحقيق الامثلية في استخدام مثل هذه الفضلات في تحسين التربة ومنها:

1- نوع الخلط.
2- حجم جسيمات التربة والمخلفات وخاصةً الصلبة منها.
3- معدل الاستبدال.
4- طبيعة وتقنية المعالجة.

كما هنالك عوائق تواجه استخدام المخلفات أهمها:

1- تكلفة المخلفات.
2- تكلفة التدوير.
3- تكلفة المعالجة.
4- ملائمة نوع التربة مع نوع المخلف الصناعي.
5- سلامة المواد وتأثيراتها الصحية.
6- تأثيرها الإيجابي على الأداء طويل الأجل.

7. الاستنتاجات

مما سبق يمكن استنتاج أهم النقاط التالية:

1- الفضلات متعددة في طبيعتها وبالتالي يمكن استخدام اغلبها وحسب تأثيرها في تحسين وتثبيت التربة، بعد إجراء سلسلة من الدراسات عليها.
2- يختلف تأثير الفضلات من نوع إلى أخر في الخصائص الهندسية للتربة فبعضها له تأثير إيجابي وللبعض الأخر تأثير سلبي، كما إن بعض أنواع الفضلات مزدوجة التأثير أي لها تثير إيجابي في بعض لخصائص وسلبي في الخصائص الأخرى.
3- بعض مواد الفضلات قابلة للاستفادة منها في استقرار التربة لذلك يجب التحقيق في بقية الفضلات.
4- باستخدام الفضلات الصناعية فأننا لا نحمي البيئة وحسب أنما نحقق التنمية المستدامة للبلد من خلال أحلال المواد الثانوية (الفضلات) محل الموارد الأولية (الطبيعية).
5- يجب أن تلعب الحكومات والمجتمع ومراكز لبحوث والدراسات والكوادر العلمية وخاصةً في الدول النامية دوراً اكبر وأكثر فعالية في معالجة مشاكل الفضلات الصناعية.
6- على الرغم من جميع الأبحاث والدراسات حول تأثير واستخدام الفضلات الصناعية والمواد المعاد تدويرها في إنشاء الطرق والأبنية الهندسية، إلا انه مازال هنالك مخاوف جسيمة وحقائق غير معروفة والتي تتطلب التحقيق والتقييم المكثف لمعرفة مدى تأثير الفضلات

7- الصناعية وما نوع التأثير وهل بالإمكان الاستعانة بها لتحل محل الموارد الطبيعية.

8. المصادر

[1] Q.N. Al-Saffar, "Study of the effect of the waste and product of the General Company for Fertilizer Industry - Northern Region - on the engineering properties of gypsum soil", *Msc. Thesis, Department of Civil Engineering*, University of Mosul, 2000.(thesis in arabic)

[2] J. James, and P. K. Pandian, "Industrial Wastes as Auxiliary Additives to Cement/Lime Stabilization of Soils", *Advances in Civil Engineering.* 2016 Feb 18, 2016.

[3] I. M. Al-Kiki, "Studying the effect of industrial waste (industrial water) on the engineering properties of bulging clay soils", *Msc. Thesis, Department of Civil Engineering*, University of Mosul, 2002. (thesis in arabic)

[4] N. M. Salim, K. Y. H. AL-Soudany, and A. A. Ahmed, "The Impact of Using Recycled Plastic Fibres on the Geotechnical Properties of Soft Iraqi Soils*", 2nd International Conference on Engineering Sciences, Materials Science and Engineering*, 2018.

[5] R. M. Hamid, "Factors Affecting Industrial Pollution", *Diyala Journal for humanities*, Diyala University, No. 40, 2009.

[6] M. Singh, and A. Mitta,"A Review On The Soil Stabilization With Waste Materials", *International Journal of Engineering Research and Applications* (IJERA) ISSN: 2248-9622 *National Conference on Advances in Engineering and Technology* (AET- 29th March 2014),2014.

[7] I. I. Imran, and R. H. Anbari, "Industrial Waste Treatment", first edition, Dar Al-Safa Publishing and Distribution, Amman, Jordan. (book in Arabic), 2008.

[8] M. I. Al-Daghiri, "Industrial waste: its definition - types and methods of treatment", Saudi Arabia, King Saud University, *the Saudi Geographical Society, a cultural-geographical series (3)*, 2008. (topic in arabic)

[9] K. J. Shallal, "The effect of industrial west water on environmental pollution and land degradation at baiji nitorgen fertilizers factory" *Mesopotamia Journal of Agriculture*, vol. 35, Issue4, pp. 31-38,2007.

[10] J. Issa, "Environmental Pollution Causes in Duhok City and Styles to Limit Its Effects (or Truces)". *Tanmiyat al-rafidain*, Vol. 33, Issue 105, pp. 164-186, 2011. doi: 10.33899/tanra.2011.161928

[11] N. L. Nemerow, "Industrial Water Pollution, Origins, Characteristics, and Treatment ", *Addison-Wesley Publishing Company Inc*., New York, 1978.

[12] M. O. Al-Ashou, and M. N. Al-Khashab, " Effect of Acid Rain on the Engineering Properties of Clay Soil ", *Al-Rafidain Engineering Journal*, Vol.2, No.2, pp. 2-15 , 1994.

[13] I. M. Al-kiki. "A study of the effect of dyes waste water of textileon the engineering properties of clayey soil", *Al-Rafidain Engineering Journal (AREJ)*, Vol.14, No. 1, 2006. 14-26. doi: 10.33899/rengj.2006.46296.

[14] A. y. Al-Shalhomi," Effect of Phospho-Gypsum on the engineering Characteristics of the Clayey Soil", *M.Sc. Thesis, Civil Engineering Department*, University of Mosul, 2000.

[15] I. M. Al-kiki, "Improvement of Expansive Clayey Soil with Lime Waste", *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, Vol. 13, No. 3: pp.42-61, 2006.

[16] K.N. Al-safaar, A. F.Kashad, and A.M. Ialkiki. "Study The Effect of Al-Sugar Factory's Waste on The Engineering Properties of Gypseous Soil". *Engineering and Technology Journal*, Vol.32, No.8, pp.292-303, 2014.

[17] S. A. A. Khattab, I. M. A. Al-KiKi, and K. A. K. Al-Juari " Strength, Durability and Hydraulic Properties of Clayey Soil Stabilized with Lime and Industrial Waste Lime" *Journal of Al-Rafidain Engg*., Vol.16, No.1, pp.102-116. 2006.

[18] A. M. Al-Obaydi, I. M. A. Al-KiKi, and A. H. Al-Zubaydi, "Strength and Durability of Gypseous Soil Treated with Waste Lime and Cement." *Journal of Al-Rafidain Engg*., Vol.18, No.1, 2010.

[19] M. O. Karkush, and Z. Abdul Kareem , "Investigation the Impacts of Fuel Oil on the Geotechnical Properties of Cohesive Soil", *Engineering Journal*, Volume 21, Issue 4, 2017.

[20] M. O. Karkush, and Z. Abdul Kareem, "Effect of Industrial Waste on Geotechnical Properties of Clayey Soil ", *Journal of Babylon University*, 2016.

[21] M. O. Karkush, and A. G. Jihad, " Studying the Geotechnical Properties of Clayey Soil Contaminated by Kerosene", *Key Engineering Materials*, Volume 857, pp.383-393، 2020.

[22] M. O. Karkush, and D. A. Resol, "Remediation of Sandy Soil Contaminated with Industrial Wastewater", *Int J Civ Eng*, published online: 05 April, 2017.

[23] F. M. Muhauwiss, and M. N. Mahdi, W. M. S. Alabdraba. "Studying the Effect of Dairy Wastewater on the Properties of Gypsum Soil and the Variation in the Wastewater Characteristi". *Kirkuk University Journal-Scientific Studies*, Vol. 11, No. 4, pp. 84-1002016. doi: 10.32894/kujss.2016.131065

[24] M. Chetia, and A. Sridharan, "A Review on the Influence of Rock Quarry Dust on Geotechnical Properties of Soil", *Geo-Chicago*, GSP 272, 2016.

[25] F. I. Shalabi, I. M. Asi, and H. Y. Qasrawi, "Effect of by-product steel slag on the engineering properties of clay soils", *Journal of King Saud University – Engineering Sciences*, Vol. 29, pp. 394–399, 2017.

[26] M. Irfan, Y. Chen, M. Ali, M. Abrar, A. Qadri, and O. Bhutta, "Geotechnical Properties of

International Journal of Engineering Research and General Science Volume 3, Issue 4, July-August, 2015.

[33] Kulkarni, V. R. and et al., "Experimental Study of Stabilization of Black Cotton Soil by Using Slag and Glass Fibers", *Journal of Civil Engineering and Environmental Technology*, Volume 1, Number 2; August, pp. 107-112, 2014.

[34] M. Jafari, and M. Esna-ashari, " Effect of waste tire cord reinforcement on unconfined compressive strength of lime stabilized clayey soil under freeze–thaw condition ".*Cold Regions Science and Technology* 82, pp. 21–29, 2012.

[35] H. H. Issa, "Evaluation of the treatment of various industrial wastes in private pharmaceutical laboratories in Iraq", *Diyala Journal for humanities*, University of Diyala, No. 31,2008.

[36] A. Lage, P. Kumawat, and K. Sayyad," A Review Paper on Expansive soil stabilization By Using Bagasse ash and isehuskash", *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*, Vol. 7, No 4, 2018.

[37] T. Sen, and U. Mishra," Usage of Industrial Waste Products in Village Road Construction", *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 1, No. 2, 2010.

Effluent-Contaminated Cohesive Soils and Their Stabilization Using Industrial By-Products", *Processes Journal*, Vol.6, No. 203, 2018.

[27] E. S. Nnochiri, H. O. Emeka, and M. Tanimola," Geotechnical Characteristics of Lateritic Soil Stabilized with Sawdust Ash-Lime Mixtures", *The Civil Engineering Journal Article*, no. 7, 2017.

[28] K. A. Daud, "Soil Improvement Using Waste Tire Chips ", *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, Volume 9, Issue 8, August, pp. 1338–1345, 2018.

[29] M. Arichandran, S. M. K. Harikrishna, and k. Mahendran,"Stabilization Of Soft Soil Using Shredded Rubber an Industrial Waste ", *SSRG International Journal of Civil Engineering-(ICRTCETM-2017)* - Special Issue, April 2017.

[30] A. K. Sharma, and P.V. Sivapullaiah," Soil Stabilization With Waste Materials Based Binder ", *Proceedings of Indian Geotechnical Conference* December 15-17, Kochi (Paper No. H-119), 2011.

[31] U. Jan, V. K. Sonthwal, and V. Kerni," Soil Stabilization Using Shredded Rubber Tyre: A Review ", *International Journal of Civil and Structural* Engineering Research ISSN 2348-7607 (Online), Vol. 3, Issue 1, pp. 57-60, Month: April 2015 - September 2015.

[32] M. Kumar, S. Rupas,S. Manasa, and Sk. Asiya, "Soil Stabilization using Iron powder",

Industrial Waste and its Impacts on the Engineering Properties of Soil: a Review

Abdulrahman Aldaood* Ibrahim M. Alkiki** Mohammed D. Abdulnafaa***

abdulrahman.aldaood@uomosul.edu.iq i.alkiki@uomosul.edu.iq mohammed1979eng@uomosul.edu.iq

Civil Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul*
Dams and Water Resources Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul**
Environmental Engineering Department, Collage of Engineering, University of Mosul***

Abstract

This review evaluates industrial waste: its definition, components and types, and then its impact on the soil. the remarkable development in industry in recent times and its progression forward led to more secondary products, which at present constitute one of the most important problems facing the scientist. The researchers discuss the extent to which they can be used in soil stabilization by reviewing most of the research and studies on industrial waste and soil. In addition, the advantages and disadvantages of using industrial waste in treating soil problems at the lowest possible cost without resorting to other alternatives. This paper also presents the role of society in reducing its environmental damage by reviewing researches and studies on recyclable materials and the most applicable at present by the industry, which is a suitable idea to incorporate the best-recycled materials in the construction of roads and engineering facilities. These steps came after taking the processes of recycling and reusing industrial waste in many forms and methods, and according to the nature and type of waste and the purpose of its reuse, in addition to the state and nature of the material with which these wastes are used.

Keywords:

Soil and environmental, soil contamination, industrial waste, recycling, Sanitary landfill.