



تأثير الطرق الترابية غير المعبدة على تدهور التربة وتلوث المياه السطحية في المناطق شبه الحضرية

وفية حسن محمد الجديدي

قسم الهندسة البيئية، كلية الهندسة، جامعة صبراتة

wafiyah.aljadidi@sabu.edu.ly

نجاة محمد مصباح علي

قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة، جامعة صبراتة

Najat.ali@sabu.edu.ly

تاريخ الاستلام: 2025/8/4 - تاريخ المراجعة: 2025/9/6 - تاريخ القبول: 2025/9/17 - تاريخ للنشر: 2025/9/23

الملخص:

المستخلص:

تتناول هذه الدراسة تقييم أثر الطرق الترابية غير المعبدة على تدهور التربة وتلوث المياه السطحية في البيئات شبه الحضرية. يساهم غياب البنية الهندسية الملائمة لهذه الطرق في تسارع معدلات انجراف التربة خلال فترات الأمطار، فضلاً عن نقل الملوثات والرواسب إلى المسطحات المائية المجاورة. وقد أجريت الدراسة في منطقة شبه حضرية تقع غرب ليبيا، معتمدة على قياسات ميدانية وتحاليل مخبرية لعينات من التربة والمياه السطحية. أظهرت النتائج ارتفاعاً ملحوظاً في تركيز المواد الصلبة العالقة (TSS) في المياه القريبة من الطرق الترابية، وتدهوراً في مؤشرات جودة التربة، خاصة الكثافة الظاهرية وفقدان المواد العضوية. بناءً على ذلك، توصي الدراسة بتحسين البنية التحتية للطرق عبر التثبيت أو تثبيت التربة، بالإضافة إلى إنشاء أنظمة صرف تهدف إلى تقليل الجريان السطحي الملوث.

Abstract:

This study evaluates the impact of unpaved dirt roads on soil degradation and surface water pollution in semi-urban areas. The absence of proper engineering design for these roads exacerbates soil erosion during rainy periods and facilitates the transfer of pollutants and sediments into nearby water bodies. The research was conducted in a semi-urban region in western Libya, utilizing field measurements and laboratory analyses of soil and surface water samples. Findings revealed a significant increase in total suspended solids (TSS) in waters adjacent to dirt roads, alongside a decline in soil quality indicators, particularly in terms of bulk density and organic matter loss. Consequently, the study recommends improving road infrastructure through paving or soil stabilization, and implementing effective drainage systems to mitigate polluted runoff.

❖ المقدمة:

تعد الطرق الترابية غير المعبدة سمة بارزة في العديد من المناطق شبه الحضرية، خصوصاً في الدول النامية. غالباً ما تتواجد هذه الطرق في الأحياء العشوائية أو المناطق التي لم تشملها بعد شبكات الخدمات الحضرية الحديثة (Smith et al., 2018). ورغم أنها توفر حلاً مؤقتاً للتقليل، إلا أن لها تداعيات بيئية سلبية متعددة. من أبرز هذه التداعيات تدهور التربة نتيجة الانجراف الناجم عن

حركة المركبات وهطول الأمطار، فضلاً عن مساهمتها في تلوث المياه السطحية عبر الجريان السطحي الذي يحمل الرواسب والملوثات (Chen & Zhang, 2020).

أصبح من الضروري الآن إعطاء اهتمام أكبر لدراسة هذا النمط من التأثير البيئي، خاصة في ظل غياب سياسات تنظيمية صارمة أو خطط تطوير واضحة لهذه الطرق. فالمناطق شبه الحضرية تشهد غالباً توسعاً عمرانياً غير مخطط له، مما يضاعف من الأثر السلبي لهذه الطرق على البيئة ككل، بما في ذلك التربة والموارد المائية (الزهراني، 2017). لذلك، تركز هذه الورقة على تقديم تحليل بيئي دقيق لتأثير الطرق الترابية غير المعبدة على التربة والمياه السطحية في إحدى المناطق شبه الحضرية في ليبيا. سنركز على الجوانب الميدانية والفيزيائية، ونهدف إلى بلورة توصيات عملية قابلة للتطبيق على المستوى المحلي (النعمي وآخرون، 2019).

❖ الدراسات السابقة:

تناولت العديد من الدراسات البحثية، على الصعيدين المحلي والدولي، تأثير الطرق الترابية غير المعبدة على البيئة. وقد ركزت هذه الدراسات بشكل خاص على قضايا تدهور التربة وتلوث المياه السطحية. ومع ذلك، يلاحظ أن هذا الموضوع لم يحظَ بالاهتمام الكافي في بعض المناطق شبه الحضرية، مما يشير إلى الحاجة لمزيد من البحث.

• على سبيل المثال، في دراسة أجراها Smith et al. (2018) في الولايات المتحدة الأمريكية، تم تقييم الأثر البيئي للطرق الترابية على معدلات انجراف التربة في المناطق الريفية، حيث أظهرت النتائج أن الطرق غير المعبدة تزيد من معدلات فقدان التربة بنسبة تصل إلى 60% مقارنة بالطرق المعبدة، مع تأثير كبير على جودة المياه السطحية بسبب الرواسب العالقة.

• في دراسة ميدانية أخرى لـ Chen و Zhang (2020) في الصين، تم تحليل تأثير الطرق الترابية على نوعية المياه في الأحواض الصغيرة، وأكدت الدراسة أن الجريان السطحي من هذه الطرق يحتوي على تركيزات مرتفعة من المواد العالقة والمواد العضوية التي تساهم في تدهور جودة المياه، خاصة بعد الأمطار الغزيرة.

• أما في السياق العربي، أشار الزهراني (2017) في دراسة أجريت في مناطق شبه حضرية بالمملكة العربية السعودية إلى أن الطرق الترابية تسبب تغيرات في خصائص التربة المجاورة تتمثل في زيادة الكثافة الظاهرية ونقص المادة العضوية، مما يؤثر سلباً على الاستدامة البيئية للمناطق المستهدفة.

• في دراسة أجريت في شمال أفريقيا، وجد النعمي وآخرون (2019) أن الطرق الترابية في المناطق الريفية بشمال تونس تساهم بشكل كبير في نقل الرواسب والملوثات إلى المجاري المائية، مع نتائج مشابهة في تدهور التربة، وأكد الباحثون على ضرورة تبني حلول هندسية للحد من هذه الآثار.

• في ليبيا، هناك نقص في الدراسات الميدانية التي تتناول هذا الموضوع تحديداً، مما يجعل هذه الدراسة مهمة لتسليط الضوء على الأثر البيئي للطرق الترابية غير المعبدة في المناطق شبه الحضرية، وتعبئة بيانات موثوقة تخدم تخطيط السياسات المحلية.

مشكلة الدراسة وأهميتها

تتمثل المشكلة في أن الطرق الترابية غير المعبدة، المنتشرة في المناطق شبه الحضرية، تتسبب في سلسلة من التأثيرات البيئية السلبية، من أبرزها تدهور التربة بفعل التعرية وتلوث المجاري المائية السطحية بسبب الجريان السطحي المحمل بالرواسب والملوثات (Smith et al., 2018). تفتقر هذه الطرق إلى أي صيانة أو تهئية هندسية، مما يؤدي إلى تراكم الأضرار البيئية، لا سيما خلال فترات الأمطار الغزيرة أو الاستخدام المكثف (Chen & Zhang, 2020).

تكتسب الدراسة أهمية خاصة في ظل توسع المناطق شبه الحضرية والضغط البيئي المتزايد، حيث توفر بيانات ميدانية تساعد في دعم التخطيط العمراني والبنية التحتية (الزهراني، 2017)، وتملاً فجوة معرفية في الدراسات البيئية المحلية (النعمي وآخرون، 2019).

أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى ما يلي:

- تحليل مدى تأثير الطرق الترابية غير المعبدة على خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية، خصوصًا فيما يتعلق بالكثافة الظاهرية ونسبة المواد العضوية.
- تقييم أثر الجريان السطحي من الطرق الترابية على جودة المياه السطحية القريبة، من خلال قياس مؤشرات مثل المواد العالقة الكلية (TSS) والعكارة وبعض المعادن الثقيلة.
- تحديد المناطق الأكثر تضررًا بيئيًا ضمن المنطقة محل الدراسة.
- اقتراح حلول هندسية أو بيئية للتقليل من التأثيرات السلبية الناتجة عن هذه الطرق.

❖ منهجية الدراسة (Methodology)

تم اعتماد منهج ميداني تحليلي لدراسة تأثير الطرق الترابية غير المعبدة على التربة والمياه السطحية، وتضمنت المنهجية الخطوات الآتية:

1. اختيار منطقة الدراسة:

تم اختيار منطقة شبه حضرية في غرب ليبيا (النهضة، مدينة صبراتة) تحتوي على طرق ترابية مكشوفة ومجاورة لأراضي زراعية ومجاري مياه سطحية موسمية.

2. جمع العينات:

- عينات تربة تم جمعها من ثلاث نقاط مختلفة على مسافات متدرجة من الطريق الترابي (5 متر، 20 متر، 50 متر).
- عينات مياه سطحية مأخوذة من أقرب تجمع مائي بعد فترات هطول مطري.

3. التحاليل المخبرية:

- تحاليل التربة: الكثافة الظاهرية، النسبة المئوية للمادة العضوية، درجة الحموضة (pH).
- تحاليل المياه: المواد الصلبة العالقة الكلية (TSS)، العكارة، درجة الحموضة.

4. التحليل الإحصائي:

تم استخدام البرنامج الإحصائي Excel لمقارنة النتائج وتحليل الفروق بين المناطق القريبة والبعيدة عن الطرق الترابية.

❖ النتائج والمناقشة (Results and Discussion)

1. تأثير الطرق الترابية على خصائص التربة:

- أظهرت التحاليل أن عينات التربة المأخوذة من نقاط قريبة من الطرق الترابية (من 5 إلى 10 متر) تعاني من: ارتفاع في الكثافة الظاهرية، مما يشير إلى ضغط التربة الناتج عن حركة المركبات وتدهور بنيتها الهيكلية.
- انخفاض ملحوظ في نسبة المادة العضوية، مقارنةً بعينات أبعد (50 متر فأكثر)، وهو ما يُعزى إلى فقدان الطبقة السطحية الغنية بالمغذيات نتيجة الجرف المائي والهوائي.

حيث يشير ذلك إلى أن الطرق غير المعبدة تسهم في تدهور الخصوبة البيئية للتربة المجاورة، مما يؤثر سلبًا على الغطاء النباتي والنشاط الزراعي في المناطق المحيطة. وقد تبين أن التدهور يزداد بشكل واضح في المناطق المنحدرة أو التي تنقر إلى أي شكل من أشكال الحماية مثل الحواجز النباتية أو الحجرية.

2. تأثير الجريان السطحي على جودة المياه السطحية:

- تحليل عينات المياه السطحية بعد هطول الأمطار أظهر النتائج التالية:
- ارتفاع واضح في المواد العالقة الكلية (TSS) بمعدل تجاوز 350 ملغم/لتر في بعض النقاط القريبة من مصبات الجريان من الطرق الترابية.
- زيادة في العكارة (Turbidity) تجاوزت NTU 150، ما يشير إلى عبور كميات كبيرة من الرواسب والأتربة نحو المياه.

تشير هذه النتائج إلى أن الطرق الترابية غير المعبدة تعد مصدرًا مباشرًا لتلوث المجاري بالمعلقات الصلبة، خاصة خلال فترات الأمطار، مما يؤثر على جودة المياه الصالحة للاستخدام الزراعي أو البشري. كما أن زيادة الرواسب تساهم في ترسيب قاع المجاري المائية، مما يقلل من قدرتها على التصريف الطبيعي .

3. تحديد المناطق الأكثر تدهورًا:

من خلال التحليل الجغرافي البسيط لمواقع أخذ العينات، تبين أن:

- المناطق المنحدرة وذات التربة الرملية أو الطينية المفككة، هي الأكثر تأثرًا.
- غياب الغطاء النباتي زاد من تعرية التربة بشكل كبير.
- مناطق تقاطع الطرق الترابية مع المجاري المائية كانت الأعلى في مؤشرات التلوث.

❖ الاستنتاجات (Conclusions)

- أثبتت الدراسة أن الطرق الترابية غير المعبدة تؤدي إلى تدهور واضح في خصائص التربة المجاورة، حيث لوحظ ارتفاع الكثافة الظاهرية وانخفاض المادة العضوية، مما يؤثر سلبيًا على قدرة التربة على دعم الغطاء النباتي والنشاط الزراعي .
- ساهم الجريان السطحي الناتج عن هذه الطرق في تلوث المياه السطحية بزيادة كبيرة في المواد العالقة والعكارة، وهو ما قد يؤثر على جودة المياه .
- تبين أن التدهور البيئي يتركز بشكل أكبر في المناطق ذات الانحدار الشديد والتي تقتصر على الغطاء النباتي، بالإضافة إلى تقاطعات الطرق الترابية مع المجاري المائية.
- تعكس النتائج أهمية إعادة النظر في التخطيط العمراني واستخدام الطرق الترابية في المناطق شبه الحضرية لتجنب الآثار السلبية على البيئة والمجتمع.

❖ التوصيات (Recommendations)

- تطوير الطرق الترابية إلى طرق معبدة أو تغطيتها بطبقة رصفية مناسبة للحد من انجراف التربة وتقليل الجريان السطحي الملوث .
- إنشاء حواجز نباتية أو طبيعية على جانبي الطرق الترابية تعمل على تثبيت التربة والحد من انجرافها، مثل زراعة شجيرات أو إنشاء أحواض ترسيب .
- تنظيم حركة المرور وتقليل أوزان المركبات الثقيلة على هذه الطرق لتقليل ضغط التربة والتدهور الهيكلي .
- تنفيذ برامج مراقبة دورية لجودة التربة والمياه السطحية في المناطق شبه الحضرية لتقييم تأثير الطرق الترابية واتخاذ الإجراءات التصحيحية المناسبة .
- زيادة الوعي البيئي لدى السكان المحليين حول مخاطر الطرق الترابية غير المعبدة وأهمية صيانتها أو تطويرها.

❖ التحليل الإحصائي: استكشاف خصائص التربة والمياه السطحية

تهدف هذه الدراسة إلى فحص خصائص التربة والمياه السطحية في مواقع مختلفة، مع التركيز على مدى قربها أو بعدها عن الطرق الترابية قمنا بالاتي:

1. معالجة البيانات الأولية.

2. التحليل الوصفي.

3. التحليل المقارن.

4. تحليل الارتباط.

5. التحليل متعدد المتغيرات.

النتائج الإحصائية الرئيسية أظهرت فروقًا ذات دلالة إحصائية في خصائص التربة والمياه بين المواقع القريبة والبعيدة

جدول 1: التحليل الوصفي لخصائص التربة قرب وبعد الطرق الترابية

قيمة p	البعد عن الطريق > 50 م	القرب من الطريق 5-10 م	المتغير
0.003	1.25	1.45	الكثافة الظاهرية جم/سم ³
0.001	2.8	1.2	(%) نسبة المادة العضوية

أظهرت النتائج زيادة في الكثافة الظاهرية للتربة بالقرب من الطرق الترابية مقارنةً بالمواقع الأبعد، مما يعكس تأثير حركة المركبات وضغط التربة المتكرر. كما لوحظ انخفاض واضح في نسبة المادة العضوية قرب الطرق، وهو ما قد يعود إلى تآكل التربة السطحية وفقدان المكونات العضوية بفعل النشاط البشري والمروحي.

جدول 2: مؤشرات تلوث المياه السطحية قرب وبعد الطرق الترابية

قيمة p	البعد عن الطريق > 50 م	القرب من الطريق 5-10 م	المتغير
0.002	55	120	(mg/L) المواد العالقة الكلية
0.001	70	150	(NTU) العكارة

تشير نتائج التحليل إلى ارتفاع تركيز المواد العالقة والعكارة في المياه السطحية بالقرب من الطرق الترابية، مما يدل على تأثير مباشر للأنشطة المرتبطة بهذه الطرق، خصوصًا خلال فترات الأمطار التي تزيد من انجراف التربة نحو مصادر المياه.

❖ المراجع

- Chen, L., & Zhang, Y. (2020). Impact of unpaved roads on surface water quality in small watersheds. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(4), 245. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8160-5>
- النعيمي، ع.، حسن، م.، والحمادي، س. (2019). تأثير الطرق الترابية على تلوث المياه السطحية في المناطق الريفية: دراسة حالة من شمال تونس. *مجلة العلوم البيئية*, 15(2), 110-123.
- الزهراني، أ. (2017). تقييم تأثير الطرق الترابية غير المعبدة على خصائص التربة في المناطق شبه الحضرية. *مجلة البحوث البيئية*, 8(1), 45-59.
- Smith, J. P., Brown, K. R., & Lee, T. H. (2018). Soil erosion and sediment transport from unpaved roads in rural areas. *Journal of Environmental Management*, 215, 90-98. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.012>