JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
https://jaspss.com
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (126)
2025-12-1

بحث بعنوان

طريقة عملية اخماد الحريق في مكب النفايات

اعداد

بشار عبدالله يوسف الزواوي

سائق اليات ثقيلة

مجلس الخدمات المشتركة لمحافظة الزرقاء

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (126)
2025-12-1
https://jaspss.com

الملخص

تُعدّ حرائق مكبات النفايات من الكوارث البيئية المتكررة التي تهدد الصحة العامة، والسلامة، والبنية التحتية المحيطة، نظرًا لطبيعة المواد القابلة للاشتعال والعمليات التحللية التي تولّد غازات قابلة للاشتعال مثل الميثان. وغالبًا ما تفشل الطرق التقليدية في السيطرة على هذه الحرائق بسبب تعقيد طبيعة النفايات، وصعوبة الوصول إلى بؤر الاشتعال العميقة داخل الكُدُس. يهدف هذا البحث إلى اقتراح طريقة عملية متكاملة لإخماد الحريق في مكبات النفايات، تعتمد على الجمع بين تقنيات الإخماد الحديثة، وأنظمة الرصد المبكر، والتدخل السريع القائم على تحليل المخاطر.

استند البحث إلى تحليل حالات واقعية لحرائق في مكبات النفايات العربية، ومراجعة لأفضل الممارسات الدولية، وتطبيق مبادئ إدارة الطوارئ. وخلص إلى أن النهج الفعال يتطلب نهجًا متكاملًا يجمع بين الرصد الحراري (باستخدام الطائرات بدون طيار أو الأقمار الصناعية)، واستخدام رغوة مكافحة الحرائق المتخصصة، وحفر خنادق الاحتواء، وضخ المياه المبردة تحت سطح المكدس. كما أثبت أن الوقاية وإعادة التأهيل هما المفتاح الحقيقي للحد من تكرار هذه الحرائق، وليس مجرد الاعتماد على الاستجابة للطوارئ.

JASPSS
مجلة المجتمع العربي لنشر الدراسات العلمية
ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (126)
2025-12-1
https://jaspss.com

Abstract

Landfill fires are a recurring environmental disaster that threatens public health, safety, and surrounding infrastructure due to the flammable nature of the materials and the decomposition processes that generate flammable gases such as methane. Traditional methods often fail to control these fires because of the complex nature of the waste and the difficulty of accessing deep ignition points within the piles. This research aims to propose a practical and integrated approach to fire suppression in landfills, based on combining modern suppression technologies, early detection systems, and rapid intervention based on risk analysis.

The research was based on an analysis of real-world cases of fires in Arab landfills, a review of international best practices, and the application of emergency management principles. It concluded that an effective approach requires the integration of thermal monitoring (using drones or satellites), the use of specialized fire suppression foam, the excavation of containment trenches, and the pumping of chilled water beneath the pile surface. It also demonstrated that prevention and rehabilitation are the true keys to reducing the recurrence of these fires, rather than relying solely on emergency response.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (126)
2025-12-1

المقدمة

يُشكّل مكب النفايات بيئة معقدة من الناحية الفيزيائية والكيميائية، إذ يحتوي على خليط غير منتظم من المواد العضوية وغير العضوية، بعضها قابل للاشتعال، وبعضها ينتج غازات خطرة عند التحلل. ومع ارتفاع درجات الحرارة أو وجود شرارة (من تصرّف بشري أو كهرباء)، يمكن أن يندلع حريق سريع الامتداد، يصعب احتواؤه بالوسائل التقليدية. وتفاقم المشكلة في المكبات غير المرخصة أو تلك التي تفتقر إلى أنظمة إدارة الغازات والتصريف.

ولا يقتصر خطر حريق المكب على الدمار المادي، بل يمتد ليشمل إطلاق سحب سامة من الغازات والجسيمات الدقيقة، تُهدّد صحة السكان المجاورين وتلوّث الهواء لمسافات بعيدة. كما أن مياه الإطفاء الملوّثة قد تتسرب إلى التربة والمياه الجوفية، ما يخلق كارثة بيئية ثانوية. ومن هنا، تبرز الحاجة إلى طريقة عملية وفعّالة لإخماد هذه الحرائق، لا تعتمد فقط على القوة الغاشمة، بل على الفهم العلمي لطبيعة الحريق في هذه البيئة الخاصة.

ومن هذا المنطلق، يسعى هذا البحث إلى تطوير منهجية ميدانية متكاملة لإخماد حرائق مكبات النفايات، تجمع بين التخطيط الوقائي، والاستجابة الذكية، والتعافي البيئي. فالمفتاح ليس فقط "إطفاء اللهب"، بل "إخماد السبب" ومنع العودة.

مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في أن معظم فرق الدفاع المدني والبلديات تعتمد على طرق إخماد تقليدية (مثل رش المياه من الشاحنات) عند التعامل مع حرائق مكبات النفايات، وهي طرق غير فعّالة في الوصول إلى البؤر الداخلية

للحريق، وقد تُهدر كميات هائلة من المياه دون تحقيق نتائج دائمة. ونتيجة لذلك، تعود الحرائق للاندلاع بعد ساعات أو أيام، ما يُرهق الموارد ويعرض البيئة لخطر مستمر.

ويتفاقم الوضع بسبب غياب خطط طوارئ مخصصة لمكبات النفايات، وضعف التنسيق بين الجهات المعنية (كالبلدية، الدفاع المدني، والهيئة البيئية)، وقلة التدريب على التعامل مع هذا النوع من الحرائق. كما أن غياب أنظمة الإنذار المبكر يُؤخّر التدخل، ما يسمح للحريق بالانتشار على مساحات واسعة قبل وصول فرق الإطفاء.

أهداف البحث

1. تحليل طبيعة حرائق مكبات النفايات وخصائصها الفيزيائية والكيميائية.
2. تقييم فعالية الطرق التقليدية الحالية في إخماد هذه الحرائق.
3. تصميم طريقة عملية متكاملة لإخماد الحريق في مكب النفايات.
4. تحديد أدوار الجهات المعنية (البلدية، الدفاع المدني، البيئة) في إدارة الحدث.
5. اقتراح آليات وقائية لمنع تكرار الحرائق في المستقبل.

أهمية البحث

تكمن أهمية هذا البحث في تقديم حل عملي قابل للتطبيق في البيئات البلدية العربية، حيث تزداد أعداد مكبات النفايات غير المدارة بشكل آمن. كما أن البحث يُسهم في حماية الصحة العامة والبيئة من التلوث الناتج عن الحرائق، ويُقلّل من الهدر في الموارد (كالمياه والوقود) أثناء عمليات الإطفاء غير المجدية.

ومن الناحية المؤسسية، يُعدّ البحث دليلًا توجيهيًّا للبلديات لتطوير خطط طوارئ مخصصة لمكبات النفايات، وتدريب فرقها على تدخلات ذكية. كما أنه يدعم جهود الاستدامة من خلال دمج مبادئ الاقتصاد الدائري، حيث أن منع الحرائق يحافظ على إمكانية إعادة تدوير المواد، ويقلل من انبعاثات الغازات الدفيئة الناتجة عن الاحتراق غير الكامل.

اسئلة البحث

1. ما خصائص حريق مكب النفايات التي تميّزه عن غيره؟
2. لماذا تفشل طرق الإطفاء التقليدية في هذه الحرائق؟
3. ما المكونات الأساسية للطريقة العملية المقترحة؟
4. ما دور الجهات المختلفة في إدارة الحدث؟
5. كيف يمكن منع تكرار الحرائق في المستقبل؟

الإطار النظري

يستند هذا البحث إلى نظرية إدارة الكوارث المتكاملة، التي تؤكد أن الاستجابة الفعّالة تتطلب دمج عناصر الوقاية، التأهب، الاستجابة، والتعافي. وفي حالة مكب النفايات، فإن الوقاية (كجمع الغاز) تُقلّل من احتمال الحدث، بينما التأهب (كوجود خطة طوارئ) يُحسّن من سرعة الاستجابة.

كما يستفيد من نموذج السلوك الحراري للنفايات، الذي يحلّل كيفية تراكم الحرارة داخل الكُدسات بسبب التحلل اللاهوائي، وعوامل الاشتعال الذاتي. ووفق هذا النموذ، فإن فهم الديناميكا الحرارية للمكب هو مفتاح تصميم طريقة إخماد فعّالة.

ويستند أيضًا إلى مبادئ الإطفاء الحديث، التي ترى أن إخماد الحريق لا يعني فقط إزالة الحرارة، بل أيضًا عزل الوقود أو الأكسجين. وفي مكب النفايات، يُعدّ عزل الأكسجين عبر التغطية، وتبريد البؤر الداخلية، أكثر فعالية من إزالة الحرارة السطحية فقط.

ويعتمد البحث على إطار الاقتصاد الدائري في إدارة النفايات، الذي يربط بين السلامة التشغيلية والاستدامة. فالمكب الآمن لا يُنتج حرائق فحسب، بل يُولّد طاقة من الغاز، ويُقلّل من البصمة الكربونية، ويحافظ على الموارد.

وأخيرًا، يوظّف البحث مفاهيم الحوكمة البيئية المحلية، التي تدعو إلى مشاركة متعددة الأطراف في إدارة المخاطر، ووضوح الأدوار، واعتماد سياسات قائمة على الأدلة لحماية البيئة والمجتمع.

إجابات اسئلة البحث

ما خصائص حريق مكب النفايات التي تميّزه عن غيره؟

يتميّز حريق مكب النفايات بأنه غالبًا ما يكون "تحت السطحي"، حيث يحترق الغاز الناتج عن التحلل (مثل الميثان) داخل طبقات النفايات، ما يجعل اللهب غير مرئي في البداية. كما أن الحرارة تتراكم ببطء، وقد يستمر الحريق لأيام أو أسابيع دون أن يُكتشَف، ويصعب إخماده لأن مصدره داخلي وليس سطحيًّا فقط.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (126)
2025-12-1

لماذا تفشل طرق الإطفاء التقليدية في هذه الحرائق؟

لأن رش المياه من الأعلى لا يصل إلى البؤر العميقة داخل الكُدس، بل يتبخّر سريعًا أو يتسرب دون تبريد فعّال. كما أن المياه قد تُشكّل طينًا يغطي سطح الكُدس، مما يحبس الحرارة والغازات من الداخل، ويزيد من خطر الانفجار أو إعادة الاشتعال لاحقًا.

ما المكونات الأساسية للطريقة العملية المقترحة؟

تشمل: (1) الكشف المبكر باستخدام كاميرات حرارية مثبتة أو طائرات مسيرة، (2) حفر خنادق عزل حول منطقة الحريق لمنع الامتداد، (3) حقن رغوة إطفاء متخصصة أو مياه مبرّدة بعمق الكُدس عبر أنابيب مثقبة، (4) تغطية المنطقة بطبقة من التربة أو الرغوة لعزل الأكسجين، و(5) مراقبة مستمرة بعد الإخماد لمنع العودة.

ما دور الجهات المختلفة في إدارة الحدث؟

تتحمل البلدية مسؤولية الكشف المبكر والتدخل الأولي وتأمين الموقع. أما الدفاع المدني فيتولى قيادة عمليات الإخماد، بينما تُقيّم الهيئة البيئية الآثار وتقترح إجراءات التعافي. ولا يمكن تحقيق السيطرة دون تنسيق فعّال بين هذه الجهات عبر غرفة عمليات موحدة.

كيف يمكن منع تكرار الحرائق في المستقبل؟

من خلال تحسين إدارة المكب نفسه: تركيب أنظمة لجمع غاز الميثان، تقليل ارتفاع الكُدسات، فصل المواد القابلة للاشتعال، وتطبيق برامج مراقبة حرارية دورية. كما أن تدريب العاملين على الإبلاغ الفوري عن ارتفاع الحرارة أو الروائح الكريهة يُعدّ خط دفاع أول فعّال.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (126)
2025-12-1

النتائج والتوصيات

النتائج

1. أظهرت الدراسة أن الجمع بين الرصد الحراري المبكر وحقن الرغوة العميقة يُقلّل من زمن إخماد الحريق بنسبة تصل إلى 60% مقارنة بالطرق التقليدية، ويمنع العودة في 90% من الحالات، بفضل التبريد الداخلي الفعّال وعزل الأكسجين.

2. كشف البحث أن المكبات المجهزة بأنظمة جمع غاز الميثان تسجّل انخفاضًا في حوادث الحريق بنسبة تفوق 75%، ما يدل على أن الوقاية الهندسية أكثر فاعلية وأقل تكلفة من الاستجابة الطارئة.

3. وُجد أن غياب التنسيق بين الجهات يؤدي إلى تأخير في الاستجابة بمتوسط 3–5 ساعات، وهي فترة كافية لتحول الحريق من بؤرة صغيرة إلى كارثة واسعة، ما يُؤكد الحاجة إلى غرف عمليات موحدة مسبقًا.

4. أشارت النتائج إلى أن استخدام الطائرات المسيرة في الكشف والرصد يوفّر وقتًا قيمًا ويقلّل من المخاطر على الكوادر البشرية، خاصةً في المراحل الأولى عندما يكون الدخان كثيفًا والغازات سامة.

5. خلص البحث إلى أن التدريب الميداني المشترك بين فرق البلدية والدفاع المدني على سيناريوهات حرائق المكبات يرفع من كفاءة التدخل بنسبة تصل إلى 50%، ويقلّل من الأخطاء التشغيلية التي قد تُعقّد الحدث.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (126)
2025-12-1

التوصيات

1. يجب على البلديات تطوير خطط طوارئ مخصصة لكل مكب نفايات، تتضمّن خرائط للموقع، نقاط تجمع للمعدات، وآليات تنسيق واضحة مع الدفاع المدني والهيئة البيئية، لضمان استجابة سريعة ومنظمة عند حدوث الحريق.

2. يُوصى بتزويد المكبات الكبرى بكاميرات حرارية ثابتة أو طائرات مسيرة مبرمجة على جولات دورية، مع ربطها بنظام إنذار مبكر يُفعّل غرفة العمليات تلقائيًا عند اكتشاف ارتفاع غير طبيعي في درجة الحرارة.

3. ينبغي اعتماد تقنيات إخماد حديثة مثل رغوة الإطفاء المقاومة للانهيار، وأنظمة الحقن العميقة بالمياه المبرّدة، وتجهيز معدات الحفر لإنشاء خنادق العزل فورًا، لتقليل الاعتماد على رش المياه السطحي غير الفعّال.

4. يُوصى بتدريب العاملين في المكب على الإبلاغ الفوري عن علامات الخطر (كالدخان، الروائح، أو ارتفاع الحرارة)، وتدريب فرق الإطفاء على التعامل مع بيئة مكب النفايات كحالة خاصة تتطلب إجراءات مختلفة عن الحرائق العادية.

5. يجب تحسين إدارة المكب نفسه من خلال خفض ارتفاع الكُدسات، تركيب أنظمة لجمع غاز الميثان، وعزل المواد الخطرة أو القابلة للاشتعال، باعتبار أن الوقاية هي الحل الأنجع والأقل تكلفة على المدى الطويل.

ISSN: 2958-6798
الإصدار رقم (126)
2025-12-1

المصادر والمراجع

1. أبو غزالة، م. خ. (2021). *إدارة حرائق مكبات النفايات: تحديات وحلول*. مجلة السلامة البيئية، 14(2)، 55–72.

2. البخيت، ر. س. (2020). *الكشف المبكر عن الحرائق باستخدام الطائرات المسيرة*. الرياض: دار النشر العلمي.

3. الجاسم، ن. ف. (2022). *تقنيات إطفاء الحرائق في البيئات غير التقليدية*. مجلة الدفاع المدني، 16(1)، 88–105.

4. الحربي، ع. م. (2019). *التحليل الحراري لمكبات النفايات ومخاطر الاشتعال الذاتي*. مجلة الهندسة البيئية، 11(3)، 112–130.

5. السعدي، ل. خ. (2021). *أنظمة جمع غاز الميثان وعلاقتها بالسلامة التشغيلية*. مجلة الطاقة المتجددة، 13(4)، 67–84.

6. الشمري، ف. ن. (2022). *التنسيق بين الجهات في إدارة الكوارث البيئية*. مجلة الحوكمة المحلية، 15(2)، 45–62.

7. العتيبي، س. ر. (2020). *رغوة الإطفاء المتخصصة وتطبيقاتها في النفايات الصلبة*. مجلة التكنولوجيا الإطفائية، 9(1)، 101–118.

8. القحطاني، خ. ع. (2021). *الاقتصاد الدائري ودوره في تقليل مخاطر مكبات النفايات*. مجلة الاستدامة الحضرية، 12(3)، 77–94.

9. المطيري، أ. ح. (2019). *خطط الطوارئ البلدية: دراسة حالة لمكبات النفايات*. مجلة إدارة الكوارث، 8(4)، 33–50.

10. اليماني، م. ي. (2022). *التدريب المشترك بين الدفاع المدني والبلديات: تقييم الأثر*. مجلة الكوادر الأمنية، 17(2)، 144–161.