International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 1 المجلد
http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

Received	2024/12/18	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2025/01/15	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2025/01/17	تم نشر الورقة العلمية في

تأثير استخدام الأغشية البلاستيكية من البوليمرات الأوليفينية في تبطين آبار الصرف الصحي المنزلية على العزل والحفاظ على البيئة

أ. عبد الباسط سالم عمار هويدي
المعهد العالي لشؤون تقنيات المياه
العجيلات– ليبيا

أ. د. عبد الحميد المبروك الدجن
الهيئة الليبية للبحث العلمي
طرابلس – ليبيا

bast22392@gmail.com

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم فعالية المواد البوليمرية المستخدمة في تصنيع الأغشية البلاستيكية الرقيقة كبطانات لآبار مياه الصرف الصحي المنزلية (الآبار السوداء) كحل مؤقت لحين اكتمال البنية التحتية لشبكات التصريف. استندت منهجية البحث إلى نهج تجريبي شمل تحليل الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد المستخدمة، واختبار أدائها في ظروف بيئية تحاكي الواقع. كما تم تقييم قدرة هذه المواد على العزل ومنع تسرب السوائل والروائح، مع دراسة تحملها للضغوط والتحديات البيئية.تضمنت الدراسة حالتين رئيسيتين: الأولى، استخدام غشاء جيوبلاستيكي من عديد الإثيلين عالي الكثافة لعزل السوائل القمامية الناتجة عن مكبات مطاعم الوجبات السريعة، لما يتميز به من مقاومة عالية للأحماض المتطايرة. الثانية، تطبيق بطانات بلاستيكية مركبة من عديد الإثيلين منخفض الكثافة مع نسب مدروسة من عديد الإثيلين منخفض الكثافة الخطي لعزل آبار الصرف الصحي المنزلية.أظهرت نتائج البحث فعالية هذه المواد في منع تسرب المياه الملوثة إلى التربة، والحد من الروائح الكريهة، مع ضمان استقرار واستدامة البطانة تحت الظروف البيئية الصعبة. تبرز هذه النتائج أهمية استخدام المواد البوليمرية كحل مبتكر وفعال لتحسين إدارة مياه الصرف الصحي والحد من تأثيرها البيئي، مع إمكانية تطوير تطبيقات مستقبلية أكثر استدامة.

كلمات مفتاحية: مواد بوليمرية، الأغطية البلاستيكية، الآبار السوداء، العزل الفعال.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

International Science and Technology Journal
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
Volume 36 العدد
Part 1 المجلد
المجلة الدولية للعلوم والتقنية
International Science and Technology Journal
ISTJ
http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

The impact of using plastic membranes made from olefinic polymers in lining household sewage wells on insulation and environmental protection

Abdulbaset Salem Huwaidy
Advanced Institute for Water Technologies, Al-Ajaylat, Libya

Abdulhamid Mabruk Dajan
Libyan Establishment for Scientific Research, Tripoli, Libya

bast22392@gmail.com

Abstract

This study aimed to evaluate the effectiveness of polymeric materials used in the manufacture of thin plastic membranes as liners for domestic wastewater wells (black wells) as a temporary solution until the completion of sewerage infrastructure. The research methodology was based on an experimental approach that included analyzing the physical and chemical properties of the materials used and testing their performance under realistic environmental conditions. The study also assessed these materials' insulation capability, their ability to prevent fluid and odor leakage, and their resilience to environmental stresses and challenges. The study focused on two main applications: first, the use of a geoplastic membrane made of high-density polyethylene to isolate leachate generated from fast-food restaurant waste sites, due to its high resistance to volatile acids. Second, the application of composite plastic liners made of low-density polyethylene with carefully measured proportions of linear low-density polyethylene to line domestic wastewater wells. The results demonstrated the effectiveness of these materials in preventing contaminated water from leaking into the soil, reducing unpleasant odors, and ensuring the stability and durability of the liner under harsh environmental conditions. These findings highlight the importance of using polymeric materials as an innovative and effective solution to improve wastewater management and mitigate its environmental impact, with potential for developing more sustainable applications in the future.

Keywords: Polymeric materials, plastic covers, black wells, effective isolation.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

1. المقدمة

تعدّ ظاهرة استخدام "الآبار السوداء" (أو الحفر الامتصاصية) لتصريف مياه الصرف الصحي مشكلة شائعة في العديد من المناطق حول العالم، خصوصاً في المناطق الحضرية ذات البنية التحتية الضعيفة أو غير المتوفرة لمعالجة المياه المستعملة. تمثل هذه الآبار حلاً مؤقتاً ولكنها تُشكّل خطراً صحياً وبيئياً كبيراً نتيجة لاختلاط الملوثات مع المياه الجوفية والموارد المائية المستخدمة للشرب. حيث تُستخدم الآبار السوداء في كثير من الأحيان كإجراء مؤقت لتخزين مياه الصرف الصحي المنزلية لحين بناء شبكات معالجة مياه الصرف الصحي. لكن هذه الآبار تساهم في تلوث البيئة، حيث يمكن أن تتسرب الملوثات مثل المواد العضوية، والعوامل الممرضة، والمعادن الثقيلة إلى المياه الجوفية، مما يؤدي إلى تلوث مصادر المياه التي تُستخدم للشرب أو الري. هذه المشكلة تزداد تعقيداً في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية حيث لا تتوازى سرعة النمو السكاني مع تطور البنية التحتية اللازمة لإدارة مياه الصرف [1] .

تشكل هذه الآبار السوداء تهديداً كبيراً للصحة العامة، حيث يمكن أن يؤدي تسرب المياه الملوثة إلى تلوث المياه الجوفية، التي تُعتبر مصدراً أساسياً للمياه الصالحة للشرب في العديد من المناطق. كما أن المواد العضوية الموجودة في المياه القذرة قد تنتج غازات ضارة مثل الميثان وكبريتيد الهيدروجين، مما يهدد البيئة والصحة العامة. لذلك، من الضروري إيجاد حلول فعّالة للحد من هذه المخاطر. أحد الحلول المقترحة هو استخدام المواد البلاستيكية في خلق أنظمة عزل تمنع تسرب الملوثات. أظهرت المواد البلاستيكية مثل بوليمر البولي إيثيلين منخفض الكثافة وعالي الكثافة فعالية كبيرة في عزل مياه الصرف الصحي ومنع انتقال الملوثات إلى البيئة. تُستخدم هذه المواد في العديد من التطبيقات البيئية، مثل الأغطية البلاستيكية في مكبات النفايات البلدية، حيث تمنع تسرب السائل القمامي إلى المياه الجوفية من خلال طبقات التربة. أظهرت دراسات عدة مثل [2] أن هذه المواد توفر حماية فعالة ضد التسربات السائلة وتُعدّ مثالية في الاستخدامات البيئية.

تتميز المواد البلاستيكية، وخاصة تلك التي تنتمي إلى مجموعة البوليمرات الأوليفينية، بخصائص استقرار كيميائي وحراري ممتازة، مما يجعلها مادة مثالية للاستخدام في الظروف البيئية القاسية. كما أنها تتمتع بقدرة على تحمل الضغوط البيئية المختلفة، مثل الرطوبة والأشعة فوق البنفسجية، مما يزيد من عمر استخدامها في التطبيقات البيئية. هذه الخصائص تجعلها خياراً مناسباً لمنع تسرب الملوثات من الآبار السوداء إلى التربة

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

والمياه الجوفية. بناءً على ذلك، تكمن القيمة العلمية لهذه الورقة في دقة تقييم الأبعاد الصحية والبيئية لظاهرة لجوء الأهالي إلى التصريف الصحي في آبار سوداء كنتيجة حتمية لطبيعة غياب البُنية التحتية لشبكات عامة للصرف والمُعالجة، وخطط لمواجهة التغير في مُعدل النمو السكاني، وبرامج توعية تهتم بمخاطر تغلغل الملوثات نحو آبار المياه الجوفية وإنشاءات مياه الري وخزانات مياه الشرب.تعتمد منهجية هذه الدراسة على تطبيق نظام عزل فعال للحد من تلوث المياه الجوفية والتربة بالمياه السوداء الناتجة عن آبار الصرف الصحي، باستخدام غشاء بلاستيكي من بوليمر عديد الإثيلين منخفض الكثافة .تم تصميم هذا النظام لحجز المياه السوداء داخل البئر ومنع تسرب الملوثات إلى البيئة المحيطة. تبدأ العملية باختيار مادة الإثيلين منخفض الكثافة نظرًا لخصائصها الميكانيكية والكيميائية الممتازة التي توفر مقاومة عالية للتآكل وتحمل التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة. ثم يتم تثبيت الغشاء في بيئات محاكاة تمثل التحديات البيئية الحقيقية، مثل التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة العالية، مع التعرض للمواد الكيميائية المحتمل وجودها في المياه الملوثة. يتم تقييم فعالية النظام من خلال قياس قدرة الغشاء على منع تسرب السوائل وتحليل فعاليته في الحد من الروائح الكريهة. أظهرت النتائج أن الغشاء البلاستيكي من الإثيلين منخفض الكثافة يمنع بشكل فعال تسرب المياه السوداء ويضمن حماية طويلة الأمد ضد التلوث، مما يوفر حلاً مؤقتًا مناسبًا لحين الانتهاء من شبكة الصرف العامة.

أهداف الورقة البحثية تتمثل في تقييم فعالية المواد البوليمرية، وخاصة الغشاء البلاستيكي المصنوع من بوليمر عديد الإثيلين منخفض الكثافة، كحل مؤقت لعزل آبار مياه الصرف الصحي المنزلية ومنع تسرب الملوثات إلى البيئة. تتضمن الدراسة فحص الخصائص الفيزيائية والكيميائية للغشاء البلاستيكي من حيث مقاومته للتآكل وتحمله للظروف البيئية المختلفة، بالإضافة إلى تقييم قدرته على عزل المياه السوداء وحجزها داخل البئر لحين اكتمال شبكة الصرف الصحي العامة. كما تهدف الدراسة إلى اختبار هذه المواد في بيئات محاكاة واقعية، بما في ذلك تعرضها للمواد الكيميائية والروائح الكريهة الناتجة عن المياه الملوثة. من خلال هذه الأهداف، تسعى الورقة إلى تقديم حلول مبتكرة وفعّالة لتحسين إدارة مياه الصرف الصحي وتقليل تأثيرها البيئي في المناطق التي تفتقر إلى بنية تحتية متطورة.

إضافة إلى ذلك، تبرز أهمية اختيار المواد البلاستيكية المؤهلة للعمل كبطانة تأمين تتصدى لمجموعة من الملوثات الخطرة بأداء مادي يستوفي متطلبات الاستقرار

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

الكيميائي والحراري، إلى جانب الخصائص الديناميكية والميكانيكية المطلوبة. بناءً على ذلك، ينحصر السرد الدراسي في هذه الورقة ضمن ثلاثة محاور أساسية هي:

- ❖ مجموعة البوليمرات الأوليفينية (Polyolefins) التي تجمع بين سهولة الإنتاج كميزة اقتصادية وأفضلية في الاستقرار الكيميائي والخصائص الديناميكية والميكانيكية.
- ❖ الأغطية البلاستيكية الأرضية (Landfill Plastic Covers) المستخدمة في تغطية القاعدة الترابية لمكبات النفايات البلدية الصلبة (Municipal Solid Wastes – MSW) كعوازل لمنع تسرب السائل القمامي (Leachate) نحو المياه الجوفية.
- ❖ أداء البطانات البلاستيكية في آبار مياه الصرف الصحي المعروفة بالآبار السوداء (Black-Wells).

2. الدراسات السابقة حول استخدام المواد البوليمرية في عزل مياه الصرف الصحي

المواد البوليمرية، مثل عديد الإثيلين عالي الكثافة وعديد الإثيلين منخفض الكثافة، تمثل تقدمًا كبيرًا في مجال التكنولوجيا البيئية لعزل السوائل ومنع تسربها إلى التربة والمياه الجوفية. هذه المواد تُستخدم بشكل شائع كأغشية أرضية (Geomembranes) نظرًا لخصائصها الفيزيائية والكيميائية المتميزة التي تشمل المقاومة العالية للتآكل والتحلل الكيميائي، مما يجعلها خيارًا مثاليًا في العديد من التطبيقات البيئية والصناعية. وفقًا لدراسة [3]، تُعد أغشية الإثيلين منخفض الكثافة فعالة للغاية في منع تسرب السوائل القمامية (Leachate) الناتجة عن مكبات النفايات. هذا النوع من السوائل يُعتبر من أكثر المواد تلويثًا بسبب احتوائه على تركيزات عالية من المواد العضوية والمركبات الكيميائية السامة. أكدت الدراسة أن استخدام هذه الأغشية قلل بشكل كبير من تأثير هذه السوائل على البيئة المحيطة.

فيما يتعلق بمياه الصرف الصحي، أظهرت دراسة [4] أن المواد البوليمرية، خصوصاً الإثيلين منخفض الكثافة، تُسهم بشكل كبير في منع تسرب المياه السوداءإلى التربة والمياه الجوفية. هذه المياه تحتوي على ملوثات بيولوجية وكيميائية تشكل خطرًا بيئيًا وصحيًا كبيرًا. أكدت الدراسة أن استخدام الأغشية الأرضية المصنوعة من الإثيلين منخفض الكثافة حقق فعالية تتجاوز 99% في منع التسرب، مما يضمن الحفاظ على

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

جودة التربة والمياه الجوفية. كما أثبتت أن هذه المواد قادرة على الصمود لفترات زمنية طويلة دون أن تتعرض للتآكل أو فقدان خواصها الفيزيائية.

تتمتع البوليمرات الأوليفينية مثل الإثيلين منخفض الكثافة و الإثيلين منخفض الكثافة بخصائص فريدة تجعلها الخيار الأمثل في العديد من التطبيقات البيئية. يتميز تركيبها الكيميائي المبسط، المكون فقط من الكربون والهيدروجين، بمقاومته العالية للتآكل والتحلل الكيميائي. وفقًا لدراسة [5]، هذه الخاصية تجعل المواد البوليمرية فعالة في البيئات القاسية التي تتعرض لتغيرات كبيرة في درجات الحرارة والرطوبة. كما أن مرونتها وخفة وزنها تعزز سهولة استخدامها في تطبيقات مختلفة، بما في ذلك عزل مكبات النفايات وآبار الصرف الصحي.

تشير الأدبيات إلى العديد من التطبيقات الناجحة لهذه المواد في مناطق مختلفة من العالم. على سبيل المثال، أظهرت دراسة [6] أن استخدام أغشية الإثيلين منخفض الكثافة في الهند أدى إلى تحسين إدارة النفايات الصلبة في المناطق الحضرية، مما ساهم في تقليل التلوث البيئي الناتج عن تسرب السوائل القمامية. وفي منطقة الشرق الأوسط، أظهرت دراسة [7]

أن استخدام الأغشية البوليمرية في عزل مياه الصرف الصحي كان حلاً فعالًا في المناطق ذات البيئات الجافة، حيث ساعدت هذه الأغشية في حماية الموارد المائية والتربة من التلوث.

3. المنهجية

اعتمدت الدراسة على تصميم تجارب بيئية لمحاكاة الظروف الواقعية التي تتعرض لها الآبار السوداء. تم اختيار نوعين من المواد البوليمرية بناءً على خواصها الكيميائية والفيزيائية:

- غشاء جيوبلاستيكي من عديد الإثيلين عالي الكثافة :استُخدم لعزل السوائل القمامية (Leachate)الناتجة عن مكبات مطاعم الوجبات السريعة، نظراً لقدرته على تحمل الأحماض التفاعلية المتطايرة بتركيز .TVFA = 19134 mg/L
- بطانات بلاستيكية من عديد الإثيلين منخفض الكثافة(LDPE) مع إضافة نسبة قليلة من عديد الإثيلين منخفض الكثافة الخطي :(LLDPE) استُخدمت لعزل آبار الصرف الصحي المنزلية، بهدف تحقيق استقرار مادي وكيميائي في ظل الظروف البيئية المختلفة.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

تم تحضير المواد اللازمة لاستخدامها في نظام العزل وفقًا للطريقة المتبعة في هذه الدراسة من خلال اختيار بوليمر عديد الإثيلين منخفض الكثافة (LDPE) كالمادة الرئيسية، نظرًا لمقاومته العالية للتآكل والظروف البيئية المتقلبة. كما تم دمج نسبة معينة من عديد الإثيلين منخفض الكثافة الخطي (LLDPE) لتكوين مركب بوليمري يوفر مرونة إضافية وقوة مقاومة للتمزق. بعد ذلك، تم تشكيل الأغشية البلاستيكية عن طريق عملية التشكيل الحراري لضمان تحقيق التماسك المثالي مع جدران البئر. تم اختبار المواد في بيئات محاكاة، مثل التغيرات في درجات الحرارة والرطوبة، بالإضافة إلى تعرضها للمواد الكيميائية الموجودة في المياه الملوثة. تم تركيب الغشاء البلاستيكي في الآبار بعناية لضمان عدم تسرب المياه السوداء إلى التربة المحيطة، وتم مراقبة فعالية النظام على مدار فترة زمنية للتحقق من استقراره وقدرته على منع التسرب وتقليل الروائح. أظهرت النتائج قدرة النظام على توفير حل فعال للحد من التلوث وحماية البيئة.

4. مجموعة البوليمرات الأوليفينية Polyolefins

المجموعة الأوليفينية تتضمن مواد بوليمرية مثل عديد الإثيلين منخفض الكثافة (LDPE)، عديد الإثيلين منخفض الكثافة الخطي(LLDPE) ، عديد الإثيلين عالي الكثافة، وكثير البروبيلين. هذه المجموعة تتميز بتركيب كيميائي بسيط يتكون من الكربون والهيدروجين فقط، مما يميزها عن بوليمرات مثلPVCو PU [8]. تم اكتشاف أول بوليمر في هذه المجموعة، وهوLDPE، في 1933، وتم إنتاجه تجاريًا في 1939 باستخدام عملية بلمرة الإثيلين عند درجات حرارة وضغط عالية [9]. بعد ذلك، تم تطوير الإثيلين عالي الكثافة في 1953 باستخدام حفازات زيغلر [9]، وفي 1954 تم اكتشاف بوليمر PP البلوري. أما آخر اكتشاف في المجموعة كان LLDPE في 1977 من شركة يونيون كربايد.

البوليمرات تُستخدم في الصناعة تحت مسمى البلاستيك، حيث يُعتبر البوليمر المادة الخام التي يتم تحويلها إلى البلاستيك عبر عمليات تعزيز بمُضافات كيميائية مثل مُضادات الأكسدة والمُلدنات [10، 11]. هذه المُضافات تحسن الخواص البوليمرية أو تساعد في تقليل السُمية وتخفيض تكاليف الإنتاج [12]. البلاستيك يُصنف إلى نوعين رئيسيين: البلاستيك الإنصهاري والبلاستيك اللاإنصهاري. البوليمرات القابلة للإنصهار تُقسم إلى بلاستيك بلوري مُتراصف وبلاستيك شفاف، ويتميز الإثيلين بدرجة تبلوربين

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

60–70% [13]، مما يؤثر على خصائصه مثل درجة حرارة الانصهار والمرونة والنفاذية.

5. الأغطية البلاستيكية الأرضية Landfill Plastic Covers

الأهمية الدراسية في هذا الجزء من الورقة تتمحور في نتائج لاختبارات غير مسبوقة تم إنجازها في جامعة كوينز لاند الأسترالية [14، 15] كمُساهمات أصيلة للمعرفة العلمية في مجال عزل مخاطر التلوث بتغلغل السائل القمامي من المكبات البلدية العامة التي تستقبل أيضاً مُخلفات مطاعم الوجبات السريعة. الإختبار الحقيقي لأهمية توظيف المواد البوليمرية في عملية العزل بدأ بتعريض غطاء أرضي من بلاستيكالإثيلين عالي الكثافة بسُمك 1.5 mm في المدى القياسي $0.15 \leq \delta \leq 1.5$ mm لسائل قمامي مُركز بأحماض تفاعلية مُتطايرة كما في الجدول 1.

نوعية التربة وحامضية التربة (pH) يمكن أن تؤثران بشكل كبير على كفاءة البوليميرات المستخدمة في عمليات العزل. التربة الحمضية أو القاعدية تؤثر على استقرار البوليمير وقدرته على مقاومة التحلل الكيميائي. ففي التربة ذات الحموضة العالية pH منخفض، قد تتفاعل الأحماض مع البوليميرات، مما يؤدي إلى تدهور أدائها مع مرور الوقت. من جهة أخرى، التربة ذاتpH محايد أو قريب من المحايد تساعد على الحفاظ على استقرار البوليمير وتزيد من كفاءته. كما أن نوعية التربة تلعب دورًا مهمًا في فعالية العزل، حيث يمكن للتربة الطينية ذات الحبيبات الدقيقة أن تعزز من قدرة البوليمير على منع التسرب، بينما قد تكون التربة الرملية أقل قدرة على ذلك. في الاختبار الذي تعرض فيه غطاء بلاستيكي منHDPE لسائل قمامي يحتوي على أحماض تفاعلية، يعتبر تأثيرpHوالتربة عاملًا مهمًا لفحص قدرة البوليمير على تحمل البيئات القاسية والحفاظ على كفاءته في العزل لفترات طويلة.

الجدول 1: توزيع مُتوسط نسب تركيز الأحماض التفاعلية المُتطايرة في السائل القمامي المُركز [15].

Average Percentage Distribution of Acids in Total Volatile Fatty Acids (TVFA) TVFA = 19134 [mg/L]							
Acid in Pure Leachate	Acetic	Propionic	iso–Butyric	Butyric	iso–Valeric	Valeric	Hexanoic
% in TVFA	67.49	6.67	0.416	22.91	0.947	1.43	0.142

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

الشكل 1 يصف إعدادات مرحلة العمل الميداني التجريبي الذي تم إنجازه في دراسة أصبحت مرجع هام للمُهتمين بتصميم مكبات المُخلفات البلدية الصلبة [14].

العمل الدراسي المطلوب لتحقيق الأهداف المرجوة من هذه التجربة استغرق ثمانية أشهر بتجهيزات هندسية تُحاكي واقع الحال القائم في المكبات العامة.

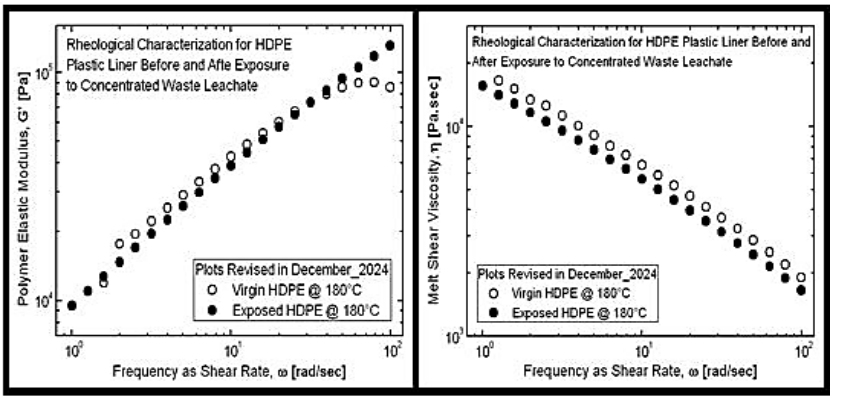
الشكل 1: وصف تجربة هضم المُخلفات البروتينية الصلبة وحالة تصلب غشاء العزل بعد تفريغ العبوة.

الشكل 2 يعرض نتائج الخصائص الكيموديناميكية للغشاء الأرضي قبل وبعد التعرض للسائل القمامي. تم إجراء اختبارات قياسية على عينات التجربة من خلال قياس عدة خصائص لتقييم أداء المواد البوليمرية في العزل. تم التركيز بشكل خاص على قياس لزوجة القص (Shear Viscosity – ηs) التي تعتبر من المؤشرات الأساسية لقياس قدرة المادة على مقاومة التدفق تحت تأثير الضغط. أظهرت نتائج الاختبارات انخفاضًا في مستوى اللزوجة، مما يعكس تغيرات في خواص المادة نتيجة لتفاعل الغشاء مع السائل القمامي. هذا الهبوط في اللزوجة يدل على تأثر المادة بالسوائل القمامية وتفاعلاتها الكيميائية، مما يساعد في تقييم مدى كفاءة البوليمير في التعامل مع البيئة السائلة المحيطة به. بالإضافة إلى ذلك، قد تكون هناك اختبارات أخرى قد تم إجراؤها لتقييم استقرار المادة، مثل قياس المتانة، التحلل الكيميائي، واختبارات القوة الميكانيكية لمراقبة الأداء على المدى الطويل.هذا السلوك يظهر بأكثر وضوح في نتائج مُعامل المرونة (Elastic Modulus – G') عند مُعدلات القص العالية (ω) حيث تستمر قيمةG' في التزايد بنمط خطي. أي بمعني أن التفاعلاتبين الغشاء البلاستيكي والسائل

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

القمامي تبدأ بتحوير مُتنقل بين روابط سلسلة البوليمر المُتعرض لظروف قاسية وتنتهي بحالة تشابك(Crosslinking) في مُركب شبكي يتصدى لعوامل التدهور المادي.



الشكل 2: نتائج مُحددات السلوك الكيموديناميكي للغشاء البلاستيكي قبل و بعد التعرض للسائل القمامي [14]

نختتم هذا الجزء من الورقة بالعودة إلى الشكل 2 للإضاءة على نتائج لزوجة المادة المُتعرضة (η_s) التي فقدت نسبة كبيرة من مؤهلات مادة الجودة الصناعية بتأثيرات من السائل القمامي والتي يشترطها قطاع تشكيل المُنتجات البلاستيكية. هذه الحالة تطرح التفسير العلمي لقلة إستخدام المواد البوليمرية الناتجة عن عمليات تدوير البلاستيك. السبب في ذلك يرجع إلى دور دالة الذاكرة($\mu^{\circ}(t-t')$MemoryFunction في ربط تأثير آخر إجهادات كما في الشكل 2 بماضي درجة تحوير سلسلة البوليمر (t') التي حدثت بفعل التعرض للسائل القمامي [16].

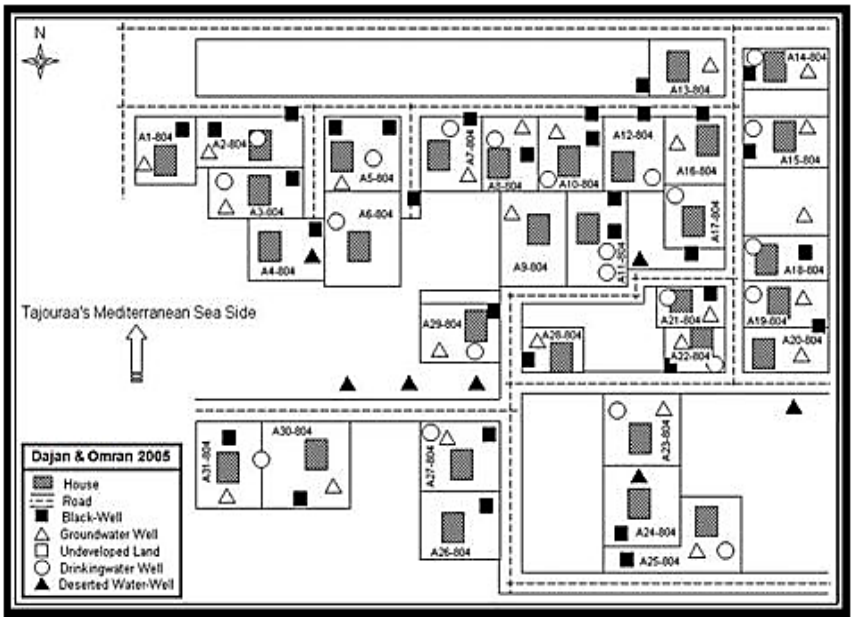
6. أداء البطانات البلاستيكية Performance of Plastic Liners

في العام 2005م برزت ورقة بحثية تم نشرها في مؤتمر يهتم بمُعالجة مياه الصرف الصحي تحت العنوان "تخريط جيوكيميائي لتغلغل مياه الآبار السوداء في الأراضي السكنية و العامة بمدينة تاجوراء" كدراسة علمية مرت عليها مُدة طويلة وصلت إلى 20عام وحالة تلوث المياه الجوفية بمُكونات الصرف الصحي تستمر وتتحول الآن من الشُبهة إلى الأكيدة. هذه النتيجة يُعززها الشكل 3 الذي يعرض الصورة الهندسية لازدحام المُنشآت المائية في جزء صغير من مساحة حي في مدينة تاجوراء حيث تُحاصر الآبار السوداء المياه الجوفية وإنشاءات مياه الشرب من جميع الاتجاهات. هذا

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

الواقع أدى إلى أن كل مجموعة من 31 منزل سكني في مساحة العمل الدراسي تطفو فوق بُحيرة من مياه صرف صحي مساحتها 553 متر مُربع (A_{BW} = 553 m^2) [17].



الشكل 3: مُخطط توزيع مواضع الآبار السوداء بجوار آبار المياه الجوفية وإنشاءات مياه الشرب [17].

تتمثل حصيلة توزيع الإنشاءات المائية في الشكل 3 في النقاط التالية: (1) مواضع الآبار السوداء لا تعتمد على الاتجاهات القطبية المتعلقة بعمليات تغلغل الملوثات نحو المحيط، (2) عوامل تكدس الإنشاءات في التجمعات السكانية تُظهر غياب خطط متابعة للنمو العمراني كقاعدة لتنفيذ مشاريع البنية التحتية في المجتمع، (3) استخدام ضغط المياه في الآبار السوداء المغلقة يؤدي إلى توجيه الملوثات نحو الإنشاءات المائية المجاورة، وهي ممارسة خاطئة يلجأ إليها السكان لإطالة عمر البئر الأسود، و(4) زيادة مساحة الأرض المشغولة بالآبار السوداء تؤدي إلى زيادة معدلات التلوث بشكل متسارع كنتيجة غير متحكم فيها.

كل ما تقدم يفرض الإنتباه لحاجة المُجتمع للحماية من مخاطر تُهدد سلامة الصحة العامة في التجمُعات السكنية وخصوصاً سلامة الأطفال كفئة عمرية تتميز بسرعة تأثرها بالمياه المُلوثة في المنازل والمدارس المُحاصرة بعشرات من الآبار السوداء. أقل ما تم

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

المُساهمة به من إجراءات حماية موضعية بدأ بتجربة بيئية يصفها الشكل 4 كأساس لحل مؤقت يضمن الوقاية إلى أن يبدأ العمل بشبكة عامة للصرف الصحي [18].

الشكل 4: وصف تجربة تُحاكي عزل حجم من مياه الصرف في بئر أسود مُبطن بغشاء جيوبلاستيكي.

التجربة البيئية إستغرقت 224 يوم بإعدادات تُحاكي تدخل وقائي مؤقت يهدف إلى تجميع نتائج يُمكن بها تطوير أُسس فنية وقانونية للحد من التلوث المائي القائم حالياً. الشكل 5 يوفر مُشاهدات لنتائج مُصورة تؤكد على أن الأفضلية المادية تبقى لبطانات بلاستيكية من مجموعة البوليمرات الأوليفينية كخيار لمواد تشتهر بتعاملها مع ظروف التعرض للأحمال المائية والكيمياء التفاعلية في الإنشاءات الخاصة بتصريف المجاري. نتائج التجربة البيئية تستند على فحص عيني لحالة الغشاء البوليمري في الشكل 5 بعد تفريغ حجم عبوة مياه الصرف الصحي المنزلية تتلخص في التالي:

- ❖ جفاف القاعدة الأرضية للبئر الأسود كدليل على توقف عملية تغلغل المياه السوداء أو إختفاء آثارها أثناء الفترة الزمنية للتجربة البيئية.
- ❖ التغير الملحوظ في ملمس البطانة خاصةً في العمق التُرابي الحاوي للماء الأسود كنتيجة لإكتساب العازل البوليمري حالة الصلابة اللازمة لتحقيق مُتطلبات الحماية والوقاية.
- ❖ إحتفاظ التُربة المُلاصقة لجدران البطانة بحالة الإستقرار التُرابي المُتميزة بالتراصف الطبيعي.
- ❖ عدم وجود أية تبلل في طبقات التربة المُلامسة لجدران البطانة البلاستيكية المُتعرضة مُباشرةً لكيمياء الماء الأسود المعروفة بتأثيرها التآكلي.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

- ❖ نجاح مادة البطانة في فرض حالة الإستقرار الكيموحيوي على عملية الهضم من حيث إنعدام الروائح الكريهة بآليات تخفيف تأثير تراكيز مُكونات المياه السوداء على مُقاومة العازل للتآكل وبالتالي التصدي لثقلها العمودي في البئر.
- ❖ التغير الكيموحيوي داخل بئر التجربة أدى إلى تراكم مُترسبات سوداء لزجة وعوالق مُصاحبة لمياه الصرف الصحي على قاعدة البئر المُبطنة بالغشاء البلاستيكي.
- ❖ التغير في لون غشاء التبطين المُلامس للمياه السوداء من الأصفر الليموني إلى الأصفر الباهت.

الشكل 5: الفحص العيني لأداء الغشاء الجيوبلاستيكي في بئر التجربة بعد تفريغ عبوة المياه السوداء.

نختتم هذا الجزء من الورقة بالإشارة إلى أن نجاح هذه التجربة البيئية النادرة في مجال التصريف الصحي المنزلي يعكس فعالية استخدام أغشية بوليمرية مصنوعة من مادة إيثيلين منخفض الكثافة مع بوليمر LLDPE كمادة مساعدة، وذلك استنادًا إلى الأُسس الفنية في التصميم الهندسي لعمليات النفخ البوليمري التي تتيح إنتاج رقائق لأغطية بلاستيكية بسمك $\delta = 200\ \mu m$. كما توثق دراسة تقييم الأثر البيئي في المرجع [19] المتطلبات البيئية التي تشترطها الهيئة العامة للبيئة(EGA) . الشكل 6 يبين خط إنتاج شركة الوفاق في جنزور لرقائق أغطية بلاستيكية بسُمك $\delta = 200\ \mu m$.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

الشكل 6: خط إنتاج شركة الوفاق في جنزور لرقائق أغطية بلاستيكية بسُمك $\delta = 200$ µm[19].

7. الاستنتاجات

- **فعالية المواد البوليمرية في العزل البيئي** :أكدت الدراسة أن المواد البوليمرية مثل عديد الإثيلين منخفض الكثافة (LDPE) و LLDPEفعّالة في منع تسرب الملوثات من الآبار السوداء إلى البيئة، مما يحسن من السلامة البيئية في مناطق تجمع مياه الصرف الصحي.
- **الاستقرار تحت ظروف بيئية قاسية** :أظهرت الأغشية البلاستيكية المستعملة في العزل قدرة عالية على الحفاظ على استقرارها وتوفير الحماية تحت ظروف بيئية صعبة، مما يجعلها حلاً موثوقًا في حلول العزل المؤقتة.
- **أهمية المواد البوليمرية في حماية التربة والمياه الجوفية** :تبين أن المواد البوليمرية تساعد بشكل كبير في منع تسرب السوائل الملوثة إلى التربة والمياه الجوفية، وهو ما يقلل من التأثيرات السلبية على البيئة والمجتمعات المجاورة.
- **دور العوامل البيئية في تحديد كفاءة المواد** :من الضروري أخذ تأثير العوامل البيئية، مثل الحموضة في التربة، بعين الاعتبار عند تقييم كفاءة المواد البوليمرية، مما يساعد على تحسين الأداء في المستقبل.
- **فرص تحسين الأداء وتقليل التكاليف** :تبين الدراسة أن هناك إمكانيات كبيرة لتحسين تكوين المواد البوليمرية، مما قد يؤدي إلى زيادة كفاءتها وتقليل التكاليف، وبالتالي توفير حلول مستدامة على المدى الطويل.
- **مستقبل تطبيقات العزل في إدارة مياه الصرف الصحي** :توضح الدراسة الحاجة إلى حلول مبتكرة في العزل والتغطية المؤقتة للآبار السوداء، خاصة في المناطق ذات الكثافة السكانية المرتفعة، مما يعزز من استدامة إدارة مياه الصرف الصحي.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

8. الخاتمة

يتناول هذا البحث تقييم فعالية المواد البوليمرية المستخدمة في تصنيع الأغطية البلاستيكية الرقيقة لآبار مياه الصرف الصحي، المعروفة بالآبار السوداء، والتي تُستخدم كإجراء وقائي مؤقت إلى حين اكتمال البنية التحتية لشبكات التصريف. من خلال تطبيق نظام العزل الفعال في حالتين محددتين، تم الوصول إلى نتائج إيجابية أبرزها قدرة المواد البلاستيكية على منع تسرب المياه الملوثة إلى التربة، القضاء على الروائح الكريهة، وضمان استقرار البطانة في ظل الظروف البيئية المختلفة. تعكس هذه النتائج أهمية استخدام المواد البوليمرية في تحسين إدارة مياه الصرف الصحي والحد من تأثيراتها البيئية والصحية، مما يسهم في توفير حلول مستدامة لتحسين الظروف البيئية في المناطق السكنية.تشير نتائج هذا العمل إلى فعالية استخدام المواد البوليمرية مثل بوليمر البولي إيثيلين منخفض الكثافة وعالي الكثافة في تحسين إدارة مياه الصرف الصحي في المناطق التي تفتقر إلى بنية تحتية ملائمة لمعالجة المياه المستعملة. من خلال تطبيق نظام العزل الفعال باستخدام الأغطية البلاستيكية، يمكن تقليل التلوث في التربة والمياه الجوفية، والحد من المخاطر الصحية الناجمة عن تسرب مياه الصرف الصحي. كما أظهرت التجارب أن البطانات البلاستيكية تمنع تسرب المياه، تحافظ على استقرار البنية، وتزيل الروائح الكريهة، مما يسهم في حماية البيئة وحفظ الموارد المائية.تظهر أهمية اختيار المواد المناسبة في قدرتها على مقاومة التآكل والتهشم وتحمل الظروف البيئية القاسية. تؤكد هذه النتائج أن هذه الطريقة تعتبر حلاً مؤقتًا وفعالًا في غياب شبكات التصريف العامة، مع إمكانية تحسين إدارة مياه الصرف الصحي بشكل مستدام في المستقبل. في الختام، تسهم هذه الدراسة في تقديم حلول مبتكرة لتقليل التأثيرات البيئية والصحية، وتعزز من استخدام العزل الفعال في معالجة مياه الصرف الصحي.

9. التوصيات

نختتم هذه الورقة بعدد هام من التوصيات تهتم بالحلول العملية لمسألة تصريف المجاري في آبار سوداء مُلحقة بالمنازل كنتيجة حتمية لغياب بُنية تحتية تُساهم في تقليص أو توقف هذه المُمارسة. الحل المؤقت الذي نختصر نتائجه في التالي يستند على نهج

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

علمي يضمن الحد من تغلغل المُلوثات في آبار مياه الصرف الصحي نحو آبار المياه الجوفية وإنشاءات مياه الشرب المعروفة بالماجن:

- ❖ تحقيق فعالية العزل :تؤكد نتائج اختبارات أداء العزل باستخدام المواد البوليمرية الأوليفينية على فعالية العزل في الحد من تغلغل الملوثات من آبار التصريف الصحي نحو المياه الجوفية وإنشاءات مياه الشرب، وذلك باستخدام أغشية بوليمر الإثيلين عالي الكثافة وبطانات بوليمر الإثيلين منخفض الكثافة.
- ❖ جودة المواد البوليمرية :يجب استخدام التكوينات البوليمرية البكر في إنتاج العوازل البلاستيكية لضمان عدم تأثر جودتها بعوامل إجهاد مسبقة قد تؤثر على أدائها بعد إعادة التدوير.
- ❖ ملاحظات هامة من التجربة :تم التوثيق الفعلي لجفاف التربة أسفل بئر التجربة بعد فترة من التعرض للمياه القذرة، ما يشير إلى عدم تسرب الملوثات، بالإضافة إلى عدم حدوث أي تشوهات نتيجة للتدهور الكيموفيزيائي.
- ❖ دقة تكوين المركب البوليمري: ساهمت النسب الدقيقة لتكوين المركب البوليمري في تطوير رقائق بلاستيكية تتميز بالصلابة، مما يجعلها مناسبة لتطبيقات العزل في الآبار والمكبات البلدية.
- ❖ إمكانية استبدال العوازل بسهولة :تتيح العوازل البلاستيكية سهولة استبدالها في الآبار السوداء حسب النماذج الرياضية التي تحدد العمر التشغيلي للغشاء البلاستيكي.
- ❖ التشريع المؤقت :يُوصى بوضع تشريع مؤقت ينظم إنشاء آبار سوداء بما يشمل حجم البناء ونوع مادة البطانة الداخلية، على أن تتكفل الدولة بتكاليف إنشاء هذه الآبار في غياب البنية التحتية اللازمة.

المراجع

[1] Faust, K. M., Abraham, D. M., &McElmurry, S. P. (2016). Water and wastewater infrastructure management in shrinking cities. Public Works Management & Policy, 21(2), 128-156.
[2] Bhowmik, R., Shahu, J. T., &Datta, M. (2018). Failure analysis of a geomembrane lined reservoir embankment. *Geotextiles and Geomembranes*, *46*(1), 52-65.
[3] Bacas, B. M., Cañizal, J., &Konietzky, H. (2015). Shear strength behavior of geotextile/geomembrane

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

interfaces. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, *7*(6), 638-645.

[4] Lavoie, F. L., Kobelnik, M., Valentin, C. A., & Silva, J. L. D. (2020). Durability of HDPE geomembranes: An overview. Química Nova, 43(5), 656-667.

[5] Al Qurishee, M. (2017). Application of geosynthetics in pavement design. *Int Res J EngTechnol*, *4*(7), 1-7.

[6] Ikpe, A. E., Ndon, A. E., &Adoh, A. U. (2019). Modelling and simulation of high-density polyethylene liner installation in engineered landfill for optimum performance. *Journal of applied sciences and environmental management*, *23*(3), 449-456.

[7] Ng, C. W. W., Guo, H., Ni, J., Chen, R., Xue, Q., Zhang, Y., ... & Zhang, Q. (2022). Long-term field performance of non-vegetated and vegetated three-layer landfill cover systems using construction waste without geomembrane. *Géotechnique*, *74*(2), 155-173.

[8] Fathia A. Lahmer, Manal A. Algadi, Rajab A. Abuajela, and Abdulhamid M. Dajan. (2005) "Assessment of Polyolefin Plastic Sheets Used in Agricultural Row–Cover Applications", Conference on the Role of Scientific Research in the Utilization of Polymers for the Arab Industry, Tripoli, Libya,28–30.

[9] Marlene J. Cran. (2004) "Characterization and Optimization of Polyethylene Blends", PhD Thesis, School of Molecular Sciences, Victoria University, Australia.

[10] Abdulhamid M. Dajan, Ghozlan Al–Hemmali, Manal A. Algadi, Abdulbaset S. Huwaidi, and Fathia A. Lahmer. (2006) "Fundamental Sciences and Technologies in the Field of Semi–Green Polymers", Ind–05, 1st Chemical Conference of Sebha University, Sebha, Libya.

[11] Michael Tolinski, "Additives for Polyolefins", 2nd Edition Book 2015, Elsevier Inc., MA, USA.

[12] Abdulhamid M. Dajan, Rasha J. Hassan, and Hesham S. Fituri. (2008) "Optimization of the Calcium Carbonate Fraction for a Tubular Blowing Process of High Density Polyethylene Films", Internal Research Report, Polymer Research Branch at Tajouraa, Center for Research and Technological Studies, Tripoli, Libya.

[13] I. Groves, T. Lever, and N. Hawkins. (1997) "Determination of Polymer Crystallinity by DSC", Thermal Analysis Application Brief No. TA–123, TA Instruments Ltd. (U.K).

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية

http://www.doi.org/10.62341/abmd1928

[14] Bethany Forde and Abdulhamid M. Dajan.(2000) "The Effect of Waste Leachate on the Mechanical and Rheological Properties of Landfill Plastic Liners", Research Report, Department of Chemical Engineering, University of Queensland, Brisbane, Queensland, Australia.

[15] Abdulhamid Dajan, Gary Asmussen, Marion Dunstan, Bill Clarke, and Victor Rudolph.(2001) "Simulation of a Fast Food Chain Landfill in a Static Bed Bioreactor for the Natural Anaerobic Digestion of Solid Protein Waste (SPW)", 6th World Congress of Chemical Engineering, Melbourne, Australia.

[16] A. M. Dajan and M. E. Mackay. (1994) "Elongation Rheology of Polymer Melts", Proc. of the 7th National Conference on Rheology, p. 37, Brisbane, Australia.

[17] Abdulhamid M. Dajan and Abdulazziz M. Omran, (2005) "Geochemical Mapping of the Infiltration of Blackwell Waters in the Residential and Public Lands in Tajouraa City", 1st National Conference on the Technologies of Wastewater Treatment, Environment General Authority and World Health Organization (WHO), Benghazi, Libya.

[18] Abdulhamid M. Dajan and Osama M. Khalifa Al–Hessnawy, (2016) "ICCPGE–OL130: Determination of the Safe Design Life of LDPE Membranes Operating as Geo–Plastic Liners in Household Wastewater Wells", 1st International Conference on Chemical, Petroleum, and Gas Engineering (ICCPGE 2016), Al–Mergeb University, Al–Khumus, Libya.

[19] Abdulhamid M. Dajan, (2009) "Environmental Impact Assessment (EIA) of Elwefaq Company for Manufacturing of Plastic Covers", Environment General Authority (EGA), Janzour, Tripoli, Libya.

Copyright © ISTJ
حقوق الطبع محفوظة
للمجلة الدولية للعلوم والتقنية