مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (6) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (6) 2018

تطبيق منهج تقييم دورة الحياة في معالجة النفايات البلدية الصلبة في مدينة اللاذقية

الدكتورة هناء سلمان*

الدكتور أحمد وزان**

مادونا رستم***

(تاريخ الإيداع 7 / 8 / 2018. قُبِل للنشر في 21/ 11 / 2018)

□ ملخّص □

تولّدُ مدينةُ اللاذقيّة ما يقارب 800 طن من النفايات البلديّة الصلبة يوميّاً. ويتمّ التخلُّص من النفايات الصلبة في مكبّ البصّة العشوائي دون جمع الرشاحة أو الغاز المتولِّد. لذلك تمّ استخدام منهجيّة تقييم دورة الحياة Life Cycle Assessment (LCA) لتحديد استراتيجيّة إدارة النفايات البلديّة الصلبة الأمثل. من أجل إيجاد السيناريو الأفضل بيئيّاً، تضمّنت الدراسة أوّلاً تحديد التركيب النوعي للنفايات البلديّة الصلبة في اللاذقيّة، ليتمّ استخدام نتائج هذه الخطوة كمصدرِ بياناتٍ موثوقٍ به في إنشاءِ صورةٍ كاملة للأداء البيئيّ لأنظمة إدارة النفايات البلديّة الصلبة من منظور دورة الحياة. تمّ اختيار الوحدة الوظيفيّة للدراسة بـ 1 طن من النفايات البلديّة الصلبة المتولِّدة في اللاذقيّة. وشملت حدود النظام معالجة النفايات والتخلُّص منها باستخدام عدة سيناريوهات وهي: التخلّص من النفايات في المكبّ العشوائي، أو بالطمر الصحّيّ مع استرداد الغاز المتولّد، أو بوجود منشأة فرز واسترداد المواد قبل الطمر الصحّيّ واسترداد الغاز. وجُمِعت البيانات لهذه السيناريوهات من دراسةٍ ميدانيّة أُجريت في اللاذقية، ومن المراجع وبيانات المكتبات الموجودة في برنامج SimaPro 8.3.0. وتمّ تقييم البيانات بمنهجية IMPACT 2002+ على فئات الضرر المتمثّلة بالتغيُّر المناخي وصحّة الإنسان وجودة النظام البيئي، واستنفاذ الموارد. ووفقاً للنتائج، تم التأكيد على أنّ مكبّات النفايات العشوائيّة هي أسوأ طُرُق التخلُّص النهائي، وأظهرت عمليّة استرداد المواد أداءً أفضل مع الطمر الصحي والاستفادة من الغاز المتولِّد، إذ يُعتبَر السيناريو الثالث بمثابة حلٍّ نحو تحسين الاستدامة للتغلُّب على مشكلة إدارة النفايات الحاليّة.

الكلمات المفتاحية: النفايات البلدية الصلبة، تقييم دورة الحياة، مكب عشوائي، مطمر صحي.

* **أستاذ مساعد – قسم الهندسة البيئيّة– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

** **أستاذ – قسم الهندسة البيئيّة– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

*** **طالبة ماجستير – قسم الهندسة البيئيّة– كلية الهندسة المدنية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (40) العدد (6) 2018
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (40) No. (6) 2018

Application of Life Cycle Assessment approach for municipal solid waste treatment in Latakia city

Dr. Hana Salman*
Dr. Ahmad Wazzan **
Madonna Rustom ***

(Received 7 / 8 / 2018. Accepted 21 / 11 / 2018)

□ ABSTRACT □

Latakia is a Syrian city that generates approximately 800 tons per day of municipal solid waste MSW, and the final disposal of MSW is in Al-Bassa open dump with no biogas capturing or leachate collection systems. Thus, a life cycle assessment approach LCA was used to determine the optimal strategy of municipal solid waste management. to find the most eco-friendly scenario, first, the composition study of MSW was conducted in Latakia. The results of first step are to be utilized as a reliable data source in establishing a complete picture of the environmental performances of municipal solid waste management systems with a life cycle perspective. The functional unit of the study was selected as one ton of MSW generated in Latakia. System boundaries included treatment and disposal of MSW using different scenarios: the open dump of waste, sanitary landfilling with gas recovery, and a material recovery facility MRF combined with a sanitary landfill and gas recovery. Data on the process was gathered from a field study conducted in Latakia, and from SimaPro 8.3.0 literature and libraries. The data was evaluated with IMPACT 2002+ methodology and the assessed environmental impact categories were climate change, human health, ecosystem quality, and resources. According to the results, while open dumping has been confirmed as the worst waste final disposal method, landfilling with gas recovery and material recovery facility showed better performance and is considered as a solution towards improved sustainability to overcome the existing waste management problem.

Keywords: Municipal solid waste, Life cycle assessment, open dump, sanitary landfill.

* **Associate professor, Environmental Engineering Department, Faculty Of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.**
** **Professor, Environmental Engineering Department, Faculty Of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria.**
*** **Postgraduate student, Environmental Engineering Department, Faculty Of Civil Engineering, Tishreen University, Latakia, Syria. E-mail: madonna.rus48@gmail.com**

مقدّمة:

أصبحت الإدارة المستدامة للكميّات المتزايدة من النفايات البلدية الصلبة حاجةً أساسيّةً للمجتمع والبيئة، إذ تؤدّي الإدارة الخاطئة للنفايات إلى آثار سلبيّة كبيرة على البيئة تتضمّنُ تلوُّثَ الهواء وتلوُّثَ التربة والماء؛ إضافةً إلى مشاكل الصحّة والسلامة مثل الأمراض الّتي تنتشر عن طريق الحشرات والقوارض التي تنجذب إلى أكوام القمامة والأمراض المرتبطة بأشكالٍ مختلفة من التلوث (Suna,2015). تمثّل إدارة النفايات الصلبة إحدى المشاكل المتفاقمة التي تواجه الوحدات الادارية والبلدية في الجمهورية العربية السورية كما الحال في معظم الدول، وقد أولت وزارة الإدارة المحلية والبيئة بصفتها الجهة المسؤولة عن إدارة النفايات الصلبة في سوريا الاهتمام اللازم والكبير بإدارة النفايات الصلبة، والتي تعتبر من أولويات الاستراتيجية البيئية، وتندرج ضمن بنود استراتيجية التخطيط الاقليمي. ونظراً لضعف التخطيط العمراني والتنظيمي والتوزُّع السكانيّ غير المقبول ضمن المدن أو على أطرافها الذي أثّر على الكثير من الجوانب البيئية والنظافة داخل المدن، وانطلاقاً من أسس التخطيط العمراني الشامل وإدراكاً لأهميّة النظافة وحماية البيئة، كان لابدّ من تسليط الضوء على التلازم بين عملية التخطيط العمراني والاستراتيجية البيئية وآلية تنفيذ المخطط التوجيهي لإدارة النفايات الصلبة.

إنّ الإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة التي تهدف إلى التخلُّص الآمن من النفايات الصلبة هي واحدةٌ من أكبر التحدّيات للإدارة المستدامة، وتقترح حلّاً لمشكلة النفايات من خلال التأكيد على مسؤولية إدارتها من "المهد إلى اللحد". تضمّ الإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة مجالاً واسعاً من الطرق الملائمة والقابلة للتطبيق، وعلى تقنيات ومناهج إدارية مرتبطة بتحقيق الهدف المطلوب. من الممكن عمليّاً أن تساعد في عمليّة صنع القرار للإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة مثل استخدام أدوات تحليل النظم البيئية كتقييم دورة الحياة Life Cycle Assessment وهو نهجٌ شموليٌّ يحدِّدُ مقدار كلّ الأعباء البيئيّة وبالتالي كلّ الآثار البيئية في دورة حياة المنتجات أو عمليّاتها (Rebitzer et al., 2004) وهو تحديداً ليس أداةً علميّة، إنّما منهجيّة تقييم ذات أساس علميّ لآثار منتجٍ أو نظامٍ ما على البيئة (Winkler & Bilitewski, 2007)، ويستخدم بشكل متزايد لنظم إدارة النفايات الصلبة وخاصّة في عملية صنع القرار واستراتيجية التخطيط. وقد بدأت الدراسات على نمذجة أنظمة إدارة النفايات الصلبة في السبعينيّات من القرن الماضي، وزادت مع تطوير نماذج الحاسوب في الثمانينيّات، ومع أنّ النماذج في الثمانينيات كانت تستند بشكلٍ عام إلى منظور اقتصادي (Gottinger,1988) فقد تم تطوير نماذج تشمل إعادة التدوير وطُرُق إدارة النفايات الأخرى لتخطيط أنظمة إدارة النفايات الصلبة البلدية في التسعينيّات (MacDonald,1996) وقد اتّخذت النماذج التي تمّ تطويرها في السنوات الأخيرة نهجاً متكاملاً لإدارة النفايات الصلبة، وشملت تحليلاتٍ اقتصاديّة وبيئيّة على حدٍّ سواء. واستُخدِم منهج تقييم دورة الحياة للإدارة المتكاملة للنفايات الصلبة منذ عام 1995 (Güereca et al., 2006) وهو أداةٌ مثاليّة لتطبيقها في إدارة النفايات الصلبة بسبب الاختلاف الكبير في المواقع الجغرافية، وخصائص النفايات، ومصادر الطاقة، والخيارات المتوفّرة للتخلّص من النفايات وحجم الأسواق للمنتجات المُستَرَدّة من النفايات (Mendes et al.,2004). وتوجد نماذج عدّة لتقييم دورة الحياة أشهرُها GaBi و SimaPro و IWM-1 وغيرها، أمّا هذه الدراسة فاعتمدت في تقييمها على برنامج SimaPro 8.3.0 الذي يحتوي على أحدث قواعد البيانات والطُرُق ذات الأساس العلميّ لاتّخاذ القرار الأمثل المُعتمِد على الاستدامة.

لقد استُخدِم نهج تقييم دورة الحياة في العديد من الدراسات كأداةٍ للإدارة الفعّالة للنفايات البلديّة ليساعد في التقييمات البيئيّة لنظم إدارة النفايات البلدية، على سبيل المثال، تمّ استخدامه لمقارنة تأثيرات تقنيّات المعالجة المختلفة للنفايات

على البيئة وتطوير وتحديد التكنولوجيا الأكثر ملاءمةً للبيئة والأثر البيئي لنظام إدارة النفايات الصلبة كالمقارنة بين الأسْمَدَة، الهضم الحيوي، الطمر الصحّيّ والحرق سواء مع طمر الرماد المتبقّي أو بدونه (Mendes et al., 2003) و (Hong et al., 2006) و (Morris, 2010) و (Miliūtė & Staniškis, 2010) و(Ozeler et al., 2006) و (Abduli et al., 2010)، كما تمّ استخدام منهج تقييم دورة الحياة لمقارنة تقنيّات تحويل النفايات والغازات المنبعثة إلى طاقة وإمكانيّة الاستفادة من طاقة الحرق وإعادة التدوير (Liamsanguan & Gheewala.,2008) و (Cherubini et al., 2009) و(Fruergaard & Astrup,2011) وقامت عدّة دراسات لإدارة النفايات باستخدام LCA بالمقارنة بين طرق جمع النفايات سواء منفصلة أو غير منفصلة وطرق نقلها، مع الأخذ بعين الاعتبار الطاقة المُستهلَكة لذلك والوقود اللازم وبعضها تضمّنت مسافات النقل والحاويات اللازمة (Beigl & Salhofer. 2004) و(Iriarte et al. 2009) و(Rives et al., 2010).

عادة ما تكون دراسات تقييم دورة الحياة لنظم إدارة النفايات البلدية الصلبة خاصّة بكلّ حالةٍ على حدة، وذلك وفقًا لهدف الدراسة والظروف والميّزات المحليّة. ومع ذلك، فإن الغرض من معظم دراسات تقييم دورة الحياة هو المقارنة بين مختلف خيارات إدارة ومعالجة النفايات الصلبة (Liikanen et al.,2017). وفي حالتنا سيتمُّ تطبيق تقييم دورة الحياة لإدارة النفايات البلديّة الصلبة ومعالجتها في مدينة اللاذقيّة اعتماداً على التركيب النوعي للنفايات في هذه المدينة مع الأخذ بعين الاعتبار عدّة سيناريوهات يمكن تطبيقها ومقارنتها لاختيار السيناريو الأفضل بيئيّاً لإدارة النفايات البلديّة الصلبة.

أهمّيّة البحث وأهدافه:

تُعَدُّ الإدارة المتكاملة للنفايات البلديّة الصلبة التي تهدف إلى التخلُّص الآمن من النفايات واحدةً من أكبر التحدّيات للإدارة المُستدامة، ويُمثِّلُ منهج تقييم دورة الحياة أحد أهمّ الأدوات لدعم القرار في هذا المجال، وبما أنّهُ لا توجد طريقة سليمة بيئيّاً مُتّبَعة لإدارة النفايات البلديّة الصلبة في مدينة اللاذقيّة وإنّما تُلقى في مكبّ البصّة العشوائيّ في موقعٍ يتمتّع بمزايا سياحيّة معطّلة، كان الهدفُ من هذا البحث تقييم ضرر الوضع الحالي لمكبّ البصّة العشوائيّ ومقارنته مع خيارات بديلة لمعالجة النفايات البلدية الصلبة التي يمكن تطبيقها في مدينة اللاذقية وذلك باتّباع منهج تقييم دورة الحياة لاختيار السيناريو الأفضل لمعالجة النفايات من حيث تأثيره على فئاتٍ متضرّرة متمثّلة بالتغيُّر المناخي وصحّة الإنسان وجودة النظام البيئي واستنفاذ الموارد.

طرائق البحث ومواده:

1- منطقة الدراسة:

تعدّ مدينة اللاذقيّة من أكثر المدن توليداً للنفايات، في السنوات القليلة الماضية ونتيجةً لزيادة عدد السكّان فيها والنازحين إليها، ازدادت كميّة النفايات المتولّدة بشكلٍ ملحوظ حتّى وصلت كميّتها إلى 875-850 طن/ يوم لتعودَ وتنخفض في عام 2017 إلى 850-800 طن/ يوم وذلك بعد عودة قسمٍ من النازحين إلى مدنهم (دائرة النظافة في اللاذقيّة، 2017). ومع ذلك، تُلقَى كلُّ هذه الكمّيّات دون أيّة معالجة في مكبّ البصّة العشوائيّ الذي يقع على مسافة 12 كم جنوب شرق مركز مدينة اللاذقيّة، وعلى امتداد شاطئ البحر بطول 3 كم، ويصل ارتفاع أكوام النفايات فيه إلى 10 م. بدأ استخدام مكبّ البصّة منذ بداية السبعينيّات من القرن الماضي، حيث كانت ولا تزال النفايات تُلقى دون

تغطيتها بالتربة ودون قيام بلديّة المنطقة بأيّ عملٍ منظّم في هذا المجال، وقد تمّ إغلاق جزءٍ من المكب ولايزال الجزء الآخر في منطقة الحكر يستقبلُ أكوام النفايات حتى يومنا هذا (مديرية الخدمات الفنية في اللاذقية) ويبيّن الشكل (1) صورةً جويّة للمكبّ.

الشكل (1) صورة جويّة لمكبّ البصّة في منطقة الحكر

2- التركيب النوعيّ للنفايات البلدية الصلبة في مدينة اللاذقيّة:

النفايات البلديّة الصلبة هي النفايات الّتي يتمّ جمعُها من قبل البلديّات أو لأجلها، وتشمل نفايات المنازل، ونفايات مباني المكاتب والمؤسسات التجارية الصغيرة ومخلّفات البساتين والحدائق وكذلك النفايات الناجمة عن كنس الشوارع ومحتويات حاويات القمامة، ويستثني التعريف مخلّفات شبكات الصرف الصحي البلدية ومعالجتها، وكذلك نفايات أنشطة البناء والهدم (OECD,2017). ولتحديد النسب المئويّة لمكوّنات النفايات التي ترتبط بشكل أساسي باقتصاد البلدان ومناخها (Yadav & samadder,2017)، تمّ أخذ عيّنات تمثيليّة لأماكن مختلفة من المدينة (حسب مستويات الدخل: منخفضة، متوسطة، عالية) للحصول على عيّنات ذات طبيعة مشابهة لإجمالي النفايات البلدية التي تنتهي في المكب. ومن أجل تحديد التغيُّر الموسمي في النفايات، تم تطبيق الدراسة خلال موسمَين (رطب، وجاف) لعام 2017. وتمّ الفرز يدوياً وأُخِذ الوزن الرطب لكلّ مكوّن من مكوّنات النفايات للحصول على التركيب النوعي النهائي بأخذ المتوسّط الحسابيّ لنتائج الفرز في كلٍّ العيّنات المدروسة.

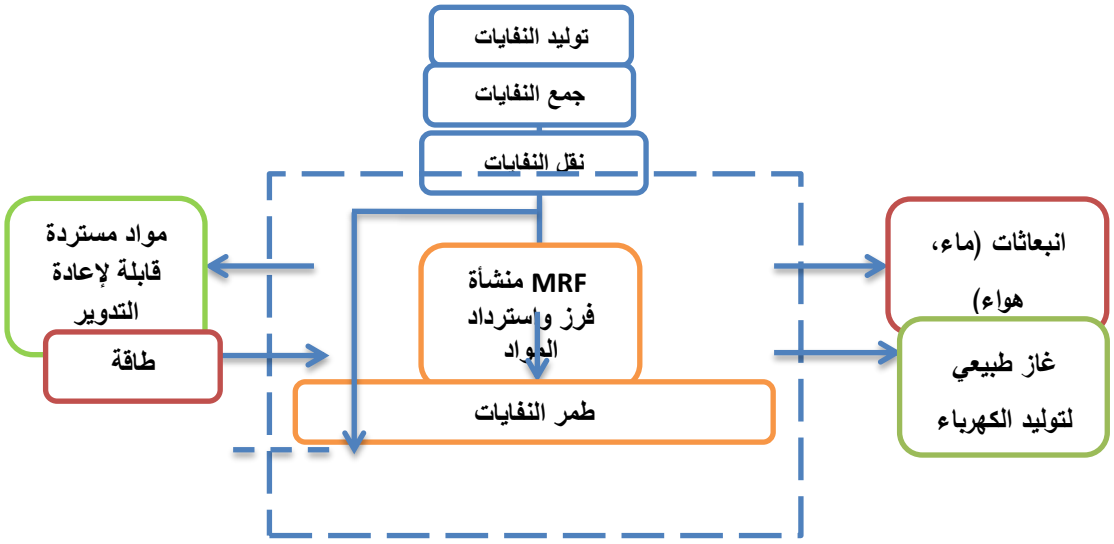
3- منهج تقييم دورة الحياة (Life Cycle Assessment):

هو أداة لقياس الأداء البيئي للمنتجات مع مراعاة كامل دورة حياتها، بدءاً من استخراج ومعالجة المواد الخام وحتى التخلُّص النهائي منها، وهو أحد أهم المنهجيّات المُتّبعة لدعم اتّخاذ القرار البيئي الأمثل، وعندما تُدرَس دورة حياة النفايات فإنّ الدراسة تبدأ من لحظة تولّد النفايات وحتى التخلّص النهائي منها. ويمكن وصف منهجيّة تقييم دورة الحياة LCA من خلال أربع مراحل مترابطة، وهي تحديد الهدف والنطاق، وتحليل قوائم الجرد للبيانات، وتقييم الأثر ثمّ تفسيره (ISO 14040, 2006) .

3-1- تعريف الهدف والنطاق (Goal and scope definition):

الهدف من هذه الدراسة هو مقارنة بدائل مختلفة لإدارة النفايات البلديّة الصلبة من منظور دورة الحياة، مع تقييم الواقع الحالي للتخلُّص من النفايات في مدينة اللاذقيّة، الوحدة الوظيفيّة للدراسة هي 1 طن من النفايات الصلبة المتولّدة في اللاذقيّة. كما يتبيّن من الشكل 2، فإنّ حدود النظام system boundaries الخاصّة بالدراسة هي التي تحدّد ما تتضمّنُهُ الدراسة، والهدف الرئيسي من حدود النظام هو تغطية التأثيرات البيئيّة الموجودة ضمنه (Bong et al., 2017).

في دراستنا تمَّ استبعاد عمليَّتَي جمع ونقل النفايات من المقارنة باعتبارهما موحّدتان بين جميع السيناريوهات ولم تدخل الآثار الناتجة عن تأسيس المطمر الصحّيّ وعن احتراق الوقود في شاحنات النفايات وآليّات الرصّ ضمن المكبّ والمطمر الصحّيّ. وتمّ اقتراح بدائل معالجة النفايات التالية التي ستتمُّ مقارنة آثارها البيئية:



الشكل (2) حدود النظام التي تحدّد نطاق الدراسة

السيناريو الأوّل: المكبّ العشوائيّ:

يتمثّل الوضع الراهن للتخلّص من النفايات في اللاذقيّة برميها في مكبّ البصّة العشوائي دون أيّة إجراءات تحدّ من الضرر البيئي الناتج، تمّت نمذجة هذا السيناريو بتقدير وحساب الانبعاثات الناجمة عن المكب وذلك وفقاً للتركيب النوعي للنفايات الذي تمّ حسابُهُ في هذه الدراسة، وكذلك بأخذ عيّنات من رشاحة المكبّ وتحليلها مخبريّاً لمعرفة ما تحتويه من عناصر تؤثّر على جودة النظام البيئي.

السيناريو الثاني: المطمر الصحّيّ مع الاستفادة من الغاز المتولّد:

يتكوّن المطمر الصحّيّ من حُفَر أو خلايا مُبطّنة بمادّة عازلة تمنع الرشاحة الناتجة عن النفايات من التسرُّب إلى مصادر المياه المجاورة (سطحيّة وجوفيّة) ويتمّ جمع الرشاحة بأنابيب خاصّة ويمكن إعادة قسمٍ منها إلى النفايات لتسريع تحلّلها أمّا القسم المتبقّي فيُعالَج قبل طرحه إلى المصادر المائيّة. تُضاف النفايات إلى المطمر بشكل طبقات منظّمة (طبقات من النفايات بالتناوب مع طبقات التربة)، وذلك للقضاء على أيّة روائح كريهة وتسريع عملية التحلُّل، وينتج عن عمليّة التحلّل هذه غاز الميتان الذي يمكن جمعه للاستخدام في توليد الكهرباء (Cherubini et al.,2009).

السيناريو الثالث: منشأة فرز النفايات واسترداد المواد القابلة لإعادة التدوير ثمّ طمر المتبقّي في المطمر الصحّيّ مع الاستفادة من الغاز المتولّد:

في هذا السيناريو، سيُضاف إلى النظام منشأة فرز واسترداد المواد Material Recovery Facility (MRF) ثم طمر النفايات المتبقّية مع الاستفادة من غاز المطمر لتوليد الطاقة، وبافتراض استرجاع المعادن والورق والكرتون والزجاج والبلاستيك بنسبة 80% في منشأة الفرز.

3-2- قوائم بيانات دورة الحياة Life Cycle Inventory:

تمّ جمعُ البيانات لدورة الحياة من دراسة خصائص النفايات في مدينة اللاذقيّة (التركيب النوعي) وتقدير الانبعاثات الغازيّة باستخدام نماذج مختلفة (IPCC default method) ونموذج (LandGem 3.02) ومن التحاليل المخبريّة،

وبيانات لحالات مشابهة لدراستنا كمعمل وادي الهدّة لإدارة النفايات البلديّة الصلبة في طرطوس، ومن المراجع وقاعدة بيانات برنامج SimaPro 8.3.0 وهو أداة لجمع وتحليل ومراقبة أداء الاستدامة للمنتجات والخدمات ومن أكثر البرامج المُستخدَمَة عالميّاً في دراسات تقييم دورة الحياة في مجال إدارة النفايات البلدية الصلبة (Harshit et al.,2018) ويحتوي على العديد من قواعد البيانات كقاعدة بيانات Ecoinvent database التي توفّر البيانات العمليّة لآلاف المنتجات في العديد من المجالات مثل إمدادات الطاقة والزراعة والنقل والوقود الحيوي والمواد الكيميائية المتخصصة ومواد البناء والخشب، ومعالجة النفايات، مما يساعد على اتخاذ خيارات مدروسة حول تأثيرها على البيئة.

- **بيانات السيناريو الأوّل (المكبّ العشوائيّ):**

تمّ تقدير انبعاثات غاز الميتان من مكبّ البصّة باستخدام الطريقة الافتراضيّة للفريق الحكومي الدولي المعنيّ بتغير المناخ (IPCC)، التي تستند على معادلة المستوى الأوّل ونهج توازن الكتلة (IPCC, 2006). تم حساب الانبعاثات الغازيّة باستخدام المعادلة (1) و (2) (RTI International,2010)، حيث تعبّر MSW_T عن إجمالي النفايات البلدية الصلبة الناتجة و DOC هو الكربون العضوي القابل للتحلُّل.

$$CH_4\ emissions(kg/ton\ of\ MSW) = (MSW_T \times MSW_F) \times MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times (16/12 - R) \times (1 - OX) \quad (1)$$

$$CO_2\ emissions(kg/ton\ of\ MSW) = CH_4\ emissions(kg/ton\ of\ MSW) \times ((1 - F/F) + OX) \times 44/16 \quad (2)$$

حيث:

MSW_F جزء الفضلات الصلبة التي تُرَحّل إلى مكب الفضلات الصلبة، وبما أنّ دراستنا تعتمد على حساب الانبعاثات من طن واحد من النفايات البلدية الصلبة (الوحدة الوظيفيّة للدراسة) فسنأخذ $MSW_T \times MSW_f = 1$ MCF هو عامل تصحيح الميتان وتؤخذ قيمتُهُ بحسب تصنيف مواقع التخلُّص النهائي من النفايات الصلبة وفقاً للخطوط التوجيهية للفريق الدولي المعني بتغير المناخ (IPCC) وفي حالة المكبّ العشوائيّ تساوي (0.6). DOC الكربون العضوي القابل للتفكك واعتماداً على مكوّنات نفايات مدينة اللاذقيّة يساوي (0.158) وذلك بتطبيق المعادلة: $DOC = \sum_i DOCi * Wi$ إذ تمثّل $DOCi$ جزء الكربون العضوي القابل للتحلُّل في المكوِّن i من النفايات، تؤخذ قيم هذا الجزء لكلّ مكوّن من مكوّنات النفايات البلدية الصلبة (كنسبة من الوزن الرطب) من الجدول الوارد في دليل الهيئة الحكومية المعنية بتغيُّر المناخ، وهي40% للورق والكرتون – 24% للمنسوجات – 15% لبقايا الأغذية – 43% للخشب – 20% لنفايات الحدائق – 24% للحفّاضات، و Wi هي نسبة الجزء الممثّل للمكوّن i في التركيب النوعي للنفايات المدروسة. DOC_F جزء الكربون الذي تفكّك فعلاً قيمته الافتراضيّة (0.77) وهي القيمة التي استُخدِمت سابقاً للنفايات البلديّة الصلبة في سوريا (شاهين،2016) (خرفان،2005). F جزء غاز الميتان في الغاز المتولد (القيمة القياسية default factor هي 50%)، R غاز الميتان المسترجع مساوٍ إلى الصفر، OX عامل الأكسدة لغاز الميتان (القيمة القياسية default factor تساوي الصفر).

إنّ هذه المعادلة تفترض أنّ كامل عمليّة التحلُّل للنفايات تحدث خلال عامٍ واحد من لحظة التخلُّص من النفايات، ولذلك نرى في العديد من المراجع (Akanksha et al.,2015) مبالغة في تقدير الكميّة المنبعثة من الميتان خلال عامٍ

واحد عند مقارنتها مع نماذجَ أخرى تأخذ بعين الاعتبار التحلّل التدريجي للنفايات، لذلك قمنا باستخدام نموذج 3.02 LandGem الذي يستند على معادلة معدّل التحلّل من الدرجة الأولى لقياس الانبعاثات الناتجة عن تحلُّل النفايات في مكبّات النفايات البلديّة الصلبة وقمنا بإدخال كميّة النفايات في مدينة اللاذقيّة لعام 2017 ومعدّل توليد الميتان K الذي يؤخذ من الجدول (1) للقيم الافتراضيّة لمعدّل توليد الميتان الموصى بها بحسب المنطقة المناخيّة ومكوّنات النفايات البلديّة الصلبة (IPCC,2006)، وقيمة قدرة توليد الميتان المُحتمَلة L_0 التي تُحسَب من المعادلة التالية: $L_0 = MCF \times DOC \times DOC_f \times F \times {}^{16}/_{12}$، فأعطانا النموذج قيم انبعاثات الميتان وثاني أوكسيد الكربون الناجمة عن هذه الكميّة على مدى سنواتٍ عدّة.

الجدول (1) القيم الافتراضيّة لمعدّل توليد الميتان K بحسب المنطقة المناخيّة المعتدلة الرطبة

نوع النفايات	k الافتراضية
نفايات الطعام	0.185
الورق	0.06
الخشب	0.03
المنسوجات	0.06
الحفّاضات	0.1

ولمعرفة تأثير المكبّ على المصادر المائيّة والمياه الجوفيّة، قمنا بأخذ عيّنات من رشاحة المكبّ خلال فصل الصيف من العام 2017 وشتاء العام 2018 وحُلِّلت بعض البارامترات كالنترات والطلب البيوكيميائي للأوكسجين BOD_5 وبعض المعادن الثقيلة في مخبرِ قسم الكيمياء التحليليّة في كليّة العلوم في جامعة تشرين وفي مخبر مرفأ مدينة اللاذقيّة، لإدخال نتائج هذه التحاليل كبيانات جرد الأعباء البيئيّة في البرنامج أيضاً.

- **بيانات السيناريو الثاني (المطمر الصحّيّ مع الاستفادة من الغاز المتولِّد):**

يتكوّن نموذج المخزون الإجمالي لدورة حياة مطمر النفايات من قائمة جرد استهلاك الطاقة والانبعاثات الهوائيّة وانبعاثات المياه خلال مرحلة تشغيل مطمر النفايات، استُخدِمت المعادلة الافتراضيّة (1) في تقدير غاز الميتان المنبعث، على غرار الطريقة المستخدمة في سيناريو المكب العشوائي، لكن مع أخذ قيمة معامل تصحيح الميتان في مطمر النفايات الصحّيّ مساوية إلى 1، وهي القيمة الافتراضية من الفريق الحكومي الدولي المعني بتغيُّر المناخ (2006)، تمّ افتراض أنّ 60% من غاز المطمر يتم جمعه ويُستخدَم لتوليد الكهرباء؛ ويتمُّ إطلاق القسم المتبقّي في الغلاف الجوي ويسهم في انبعاثات الغازات الدفيئة، وأنّ 80% من رشاحة المطمر يتمّ جمعها ونقلها للمعالجة خارج الموقع والرشاحة المتبقّية تتسرّب للبيئات المائيّة وبأنّ خصائص رشاحة المطمر هي ذاتها في المكبّ العشوائيّ، ولم تدخل الأعباء البيئية الناتجة عن معالجة الرشاحة في نطاق هذه الدراسة.

- **بيانات السيناريو الثالث (منشأة فرز واسترداد المواد ثمّ طمر المتبقّي مع الاستفادة من الغاز المتولّد):**

إنّ فرز النفايات قبل طمرِها يُساهمُ في تقليل كميّة النفايات المُراد التخلُّص منها، وبالتالي سنحتاجُ لمساحاتٍ أقلّ للطمر، فضلاً عن توفير استخراج ومعالجة المواد الأوليّة التي سنستردُّ قسماً منها عند فرز النفايات ويمكن فيما بعد إعادة تدويرها واستخدامها مجدّداً (كالبلاستيك، والمعادن، والورق والكرتون، والزجاج)، وينتج عن منشأة استرداد المواد أيضاً ما يُسمّى بالوقود المشتق من المرفوضات Refuse Derived Fuel (RDF) الذي له قيمة حراريّة عالية بسبب

ارتفاع محتوى الورق والبلاستيك فيه، إذ أنّه يحتوي كميات كبيرة من مكونات قابلة للاحتراق موجودة في النفايات، مثل البلاستيك غير القابل للتدوير والورق والكرتون وغيرها (Cherubini et al., 2009). إنّ منشأة الفرز ستحتاج إلى كهرباء ووقود من أجل تشغيل الآليات الخاصّة بالفرز والمكابس الخاصّة بضغط المواد المُستَرَدّة في بالات ليتمّ بيعها وإعادة تدويرها في المعامل المختصّة، تحتاج منشأة الفرز عندما تعمل بطاقتها القصوى إلى طاقة كهربائيّة تقارب 300 kwh (معمل وادي الهدّة، 2017)، مع الأخذ بالاعتبار لإنتاج المؤسسة العامة لتوليد الكهرباء في القطر العربي السوري والتي تعتمد في 25% من الإنتاج على (الفيول) النفط أو المازوت، و 75% من الإنتاج على الغاز الطبيعي (التقرير الإحصائي السنوي لمؤسسة الكهرباء السورية، 2015) وبإدخال هذه القيم في برنامج simaPro يمكننا حساب الانبعاثات الناتجة عن توليد الكهرباء في سوريا وتحديد ما سيسبّبه من انبعاثات ناتجة عن استهلاك المنشأة للكهرباء إذ أنّ البرنامج يحتوي قاعدة بيانات بالانبعاثات التي تنتج عن حرق الفيول والغاز الطبيعي لإنتاج الكهرباء، أمّا بالنسبة للوقود المُستَهلَك في المنشأة فقُدِّرت كميّتُهُ بـ 2.887 kg/ton (معمل وادي الهدّة، 2017) وأُخِذت معاملات الانبعاث الناتجة عن احتراقه المبيّنة في الجدول (2) (PCBS, 2013). وتمّت نمذجة هذا السيناريو بافتراض أنّ نسبة استرداد المواد القابلة لإعادة التدوير تصل إلى 80% ، وكل ما تبقّى ينتهي في المطمر الصحّي، وأمّا نسبة استرداد الغاز المتولّد في المطمر فتساوي 60%.

الجدول (2) معاملات الانبعاث حسب نوع الوقود (PCBS: Emissions to Air, 2011)

نوع الوقود	طن CO_2/ طن وقود	طن CH_4/ طن وقود	طن N_2O / طن وقود	طن NOx/ طن وقود	طن CO/طن وقود	طن NMVOC/طن وقود	طن SO_2/ طن وقود
الغازولين (البنزين)	3.047	0.000132	0.000026	0.002344	0.951555	0.541051	0.001011
الكيروسين	3.107	0.00013	0.000026	0	0	0	0
الديزل	3.149	0.000128	0.000026	0	0.008075	0	0.003987

3-3- تقييم أثر دورة الحياة Life Cycle Impact assessment:

في مرحلة تقييم أثر دورة الحياة Life Cycle Impact Assessment (LCIA)، تمّ تقييم الآثار البيئية للنظام باستخدام مجموعة من النتائج من تحليل المقايضات البيئية (الأعباء والأرباح البيئية) – بشكل أساسي قوائم بيانات الجرد– وذلك في إطار هدف ونطاق الدراسة. استناداً إلى تعليمات ISO 14042، يمكن تنفيذ LCIA باستخدام أربع خطوات: 1) اختيار فئات التأثير والتصنيف Classification ؛ 2) التوصيف Characterization ؛ 3) التقييس أو التطبيع Normalization و 4) التثقيل Weighting. حيث أنّ أوّل خطوتين إلزاميّتَين، أمّا باقي الخطوات فهي اختيارية، لذلك تم إجراء الخطوات الثلاث الأولى فقط في الدراسة الحاليّة.

هناك عدد من منهجيات وطُرُق تقييم الأثر المستخدمة مثل Ecoindicator 99 و ReCiPe 2008 و CML2001 التي تمّ تطويرها في هولندا، وطريقة EPS2000 التي تم تطويرها في السويد، و EcoPoints في سويسرا والكثير غيرها، ومن بين هذه الطرق تمّ استخدام طريقة Impact 2002+ بسبب كونها أكثر النماذج المستخدمة في تحليل دورة الحياة للنفايات البلدية الصلبة (Rajaeifar et al., 2015). طريقة تقييم الأثر هذه هي مزيج من أربع طرق: Ecoindicator99، و CML، و IMPACT 2002، و IPCC، وتتضمّن 15 نقطة من نقاط التأثير التي تمّ تنظيمها في أربع فئات ضرر وهي صحة الإنسان، وجودة النظام البيئي، وتغيُّر المناخ، واستنفاذ الموارد (Jolliet O et al., 2003).

3-4- التفسير interpretation:

وهي آخر خطوة في منهجيّة تقييم دورة الحياة إذ يتمّ فيها معايرة نتائج مؤشّر الفئات المدروسة للمساعدة في فهم أفضل للأهمية النسبية وحجم النتائج لكل نظامٍ تتمّ دراسته، وبالتالي اختيار النظام الأفضل لتحسين وتطوير استراتيجيّات التخطيط بعد تفسير النتائج.

النتائج والمناقشة:

تظهرُ نتائج التركيب النوعي للنفايات في مدينة اللاذقيّة في الجدول (3) كمتوسّط سنة واحدة. وكما هو موضّح، فإنّ النفايات العضويّة (نفايات الطعام ، والخبز ، والخضار ، والفاكهة ، إلخ) تحتلّ النسبة الأكبر من المجموع الكلّيّ للنفايات إذ تصلُ نسبتها إلى 67.7%، أمّا البلاستيك بكافّة أنواعه فتصل نسبته إلى 10.64%، أمّا الخشب فكانت نسبته هي الأقلّ بين المكوّنات ووصلت إلى 0.73% فقط.

الجدول (3)التركيب النوعي للنفايات البلديّة الصلبة في مدينة اللاذقيّة لعام 2017

المكوّن	النسبة
نفايات عضوية	67.77%
عبوات بلاستيك PET	2.42%
أكياس بلاستيك	7.38%
بلاستيك HDPE	0.84%
معدن	1.185%
ورق وكرتون	7.37%
منسوجات وأحذية	3.21%
حفاضات ومحارم	6.84%
زجاج	2.26%
خشب	0.73%

وبناءً على نتائج التركيب النوعي قُدّرت الانبعاثات الغازيّة في الجدول (4) بحسب النماذج المُشار إليها سابقاً وذلك بالنسبة للسيناريوهين الأوّل والثاني.

الجدول (4) تقدير الانبعاثات الغازيّة بالطن لكل طن من النفايات الصلبة في المكب والمطمر بحسب نماذج مختلفة

ton/ton of waste	المكب العشوائي	
	طريقة IPCC الافتراضية	القيم التراكمية لنموذج LandGem
CH_4	0.048664	0.04568206
CO_2	0.133826	0.125677741
	المطمر الصحيّ*	
	طريقة IPCC الافتراضية	القيم التراكمية لنموذج LandGem
CH_4	0.081107	0.0763
CO_2	0.22304425	0.209

*: تمثّل قيم الانبعاثات من المطمر الصحي هنا القيم قبل استرداد قسمٍ من الغاز

نلاحظ من الجدول السابق أنّ كميّة الميتان المتولّد من تفكُّك طن واحد من النفايات في المكبّ العشوائيّ مساوية إلى 0.0486 طن أمّا في المطمر الصحّي حيث تكون الظروف لاهوائيّة وصلت كميّة الميتان إلى 0.0811 طن وقورِنت أيضاً مع القيم التراكميّة للتفكُّك لمدة 100 عام في نموذج LandGem فلاحظنا أنّه عند قسمة المجموع التراكمي لهذه الانبعاثات على كمّيّة النفايات المدروسة بالطن حصلنا على قيمةٍ مساوية تقريباً لقيمة انبعاث CH_4 الناتجة عن المعادلة (1) الافتراضيّة كما يُظهر الجدول. تمّ افتراض أن 60% من غاز المطمر يتم جمعه ويُستخدَم لتوليد الكهرباء؛ ويتمُّ إطلاق الباقي (0.0324) طن في الغلاف الجوي ويسهم في انبعاثات الغازات الدفيئة.

وبناءً على التركيب النوعي أيضاً ونسبة الاسترداد 80% في السيناريو الثالث قُدّرت الكمّيّات المُستَرَدّة في الجدول (5).

الجدول (5) كميّة المواد المُستردّة في منشأة الفرز لكل طن من نفايات مدينة اللاذقيّة بحسب السيناريو الثالث

المكوّن	الكمية المستردة (kg) لكل طن من النفايات	الكمية المتبقّية (kg) لكل طن من النفايات
PET	19.36	4.84
HDPE	6.72	1.68
الحديد	5.213	1.304
الألمنيوم	4.265	1.066
ورق وكرتون	58.96	14.74
زجاج	18.064	4.516

وبذلك تكون نسبة المواد المُستَرَدّة الكليّة تساوي إلى 11.26% وبإضافة المواد ذات المحتوى الحراري المرتفع كالخشب إلى الكمّيّة المتبقّية من البلاستيك والورق نحصل على وقود مشتق من المرفوضات بنسبة 18.20% ونسبة المتبقّي للطمر تساوي 70.51%، وبالنسبة للانبعاثات الغازيّة في السيناريو الثالث فتنتج عن منشأة استرداد المواد وتأتي من احتراق الوقود وتوليد الكهرباء بحسب الإنتاج الكهربائي للقطر العربي السوري الذي ذكرناه سابقاً ويُضاف إليها كميّة الانبعاثات الغازيّة من المطمر الصحيّ كما في السيناريو الثاني بعد استرداد قسمٍ من الغاز.

أمّا الانبعاثات المائيّة الناتجة عن رشاحة النفايات في مكبّ البصّة، فكانت نتائج تحليل العيّنات كالتالي:

الجدول (6) تحليل عيّنات رشاحة مكبّ البصّة في فصل الصيف 2017

NO_3 (mg/l)	BOD_5 (mg/l)	Fluoride (mg/l)	EC (mS/cm)	PH	TDS (ppm)	*عينات الصيف*
83	1200	0.212	35.467	8.2	24200	1
160.5	800	0.204	38.27	8.3	26333	2
162.5	600	0.086	6.09	8.1	3890	3
116	800	0.106	38.27	8.3	26000	4
	Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)	*عينات الصيف*
	7.4575	12.2825	376.59	0.02	*_	1
	13.58	25.105	505.8975	0.04	*_	2
	0.6975	0.4225	21.3025	0.055	*_	3
	11.285	2.55	36.7125	0.05	*_	4

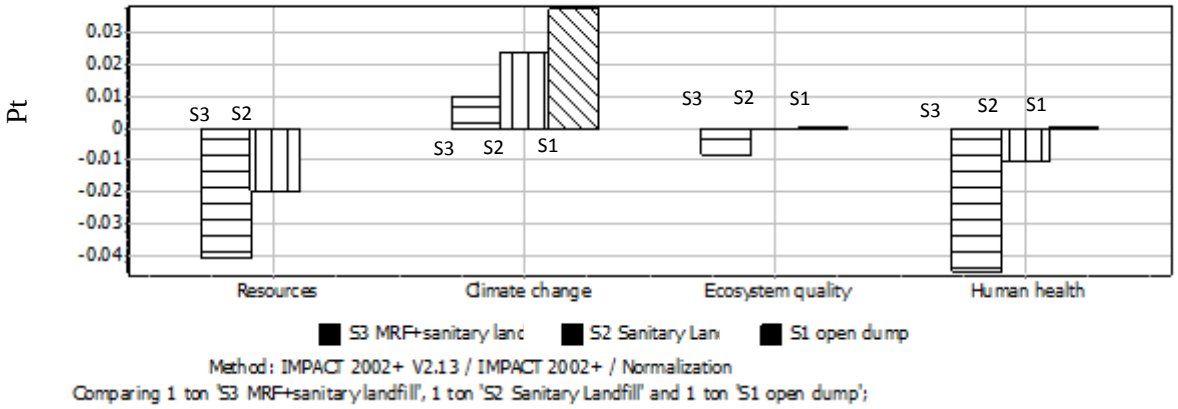
*: دون حد الكشف

الجدول (7) تحليل عيّنات رشاحة مكبّ البصّة في فصل الشتاء 2018

NO_3 (mg/l)	BOD_5 (mg/l)	EC (mS)/cm	PH	TDS (ppm)	*عينات الشتاء*
62.1	4350	16.43	7.73	11400	1
35.46	13050	18.3	6.5	12700	2
41.3	6525	16.8	4.76	11700	3
16.9	2175	5.3	5.6	3700	4
Cu (mg/l)	Zn (mg/l)	Fe (mg/l)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)	*عينات الشتاء*
5.02	9.6425	89.81	0.01	1.04	1
1.045	12.975	999.0975	0.03	1.0025	2
1.1025	4.9475	308.085	0.1075	0.615	3
0.5215	5.55	431.7575	0.0125	0.845	4

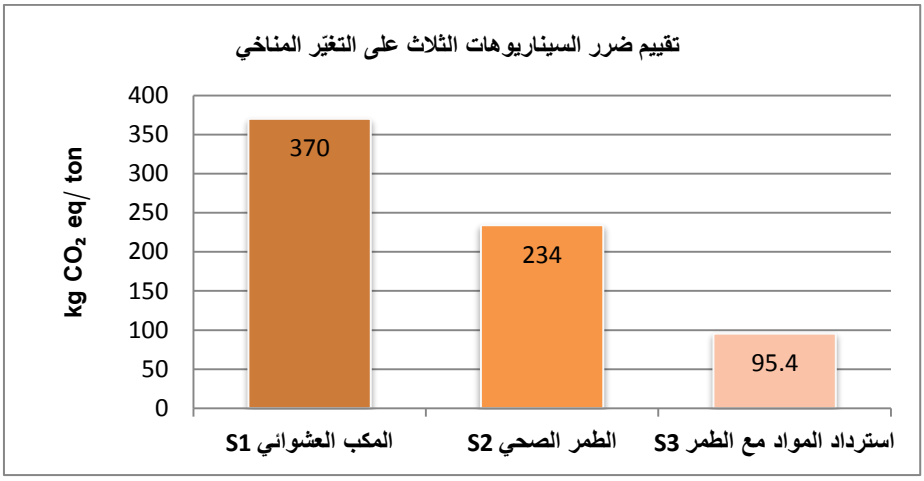
وبعد إدخال البيانات في برنامج SimaPro 8.3.0 للمقارنة بين السيناريوهات الثلاث كانت النتائج كالتالي:

يُظهر الشكل (3) نتائج المقارنة بين السيناريوهات الثلاثة بحسب ضررها على الفئات المدروسة عند تطبيق خطوة التقييس أو التطبيع Normalization التي تتمثّل في تحليل الحصّة الخاصّة بكل تأثير على الضرر الكلّي للفئة المدروسة ليسهل بذلك تفسير النتائج بمقارنة الفئات المختلفة على نفس الرسم البياني وبواحدة قياس مُوَحَّدة وهي نقطة مؤشِّر بيئي (Pt).



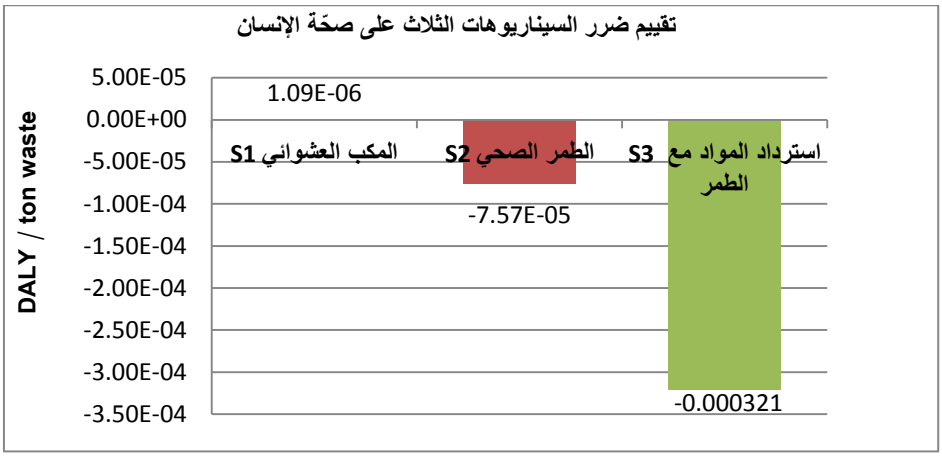
الشكل (3) المقارنة بين الفئات المتضرّرة لتقييم أثر دورة حياة طن واحد من النفايات باستخدام السيناريوهات الثلاث

وتبيّن الأشكال التالية مقارنة بين السيناريوهات الثلاث بحسب ضرر كلٍّ منها على الفئات الأربعة المدروسة:



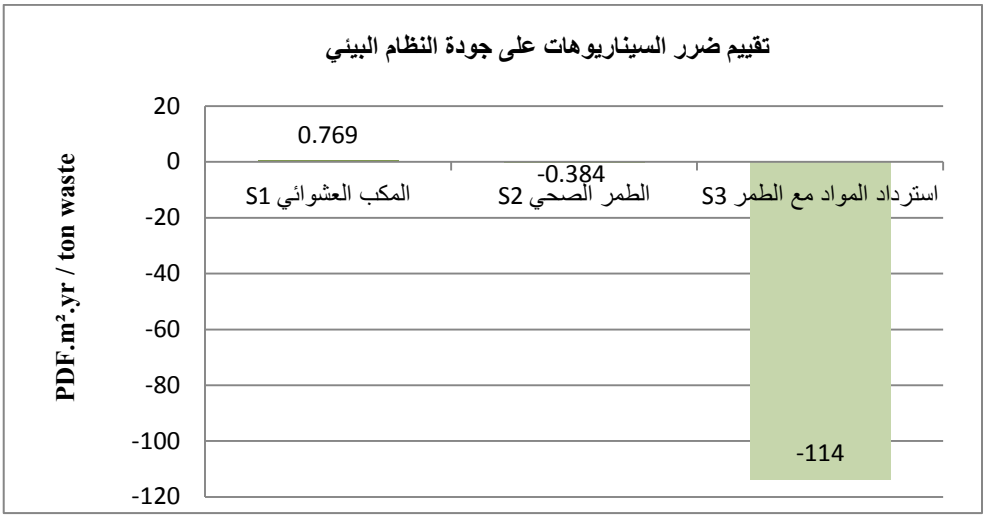
الشكل (4) تقييم ضرر السيناريوهات الثلاث على التغيّر المناخي بواحدة kg CO_2 eq/ ton waste

تمثّل الواحدة **kg CO_2 eq/ ton waste** إجمالي الانبعاثات الغازيّة الناتجة عن التخلُّص من طن واحد من النفايات البلدية الصلبة بقيمة مكافئة لقيمة انبعاث غاز ثاني أوكسيد الكربون في الهواء (Jolliet et al. 2003) .



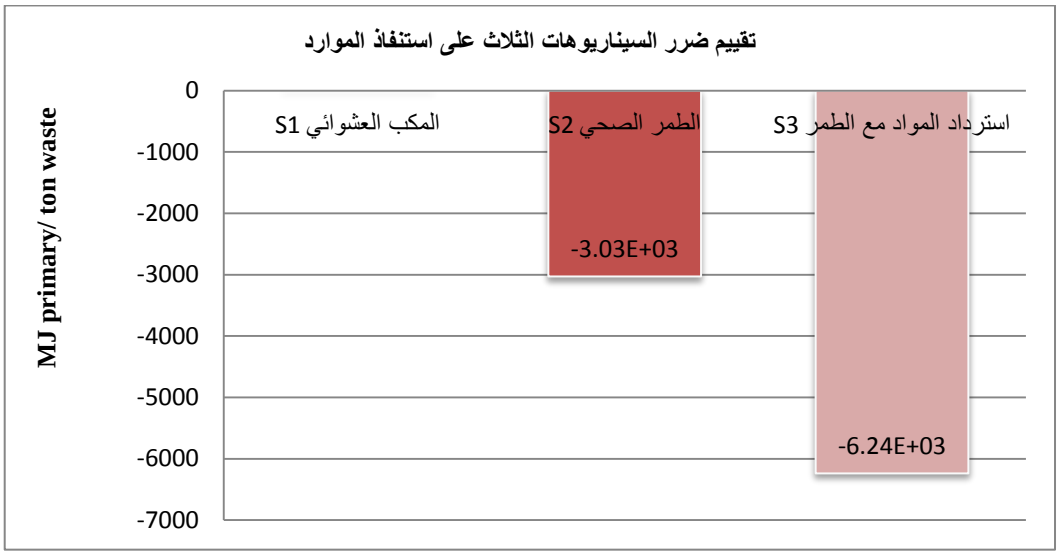
الشكل (5) تقييم ضرر السيناريوهات الثلاث على صحة الإنسان بواحدة DALY/ton waste

تمثّل الواحدة **DALY/ton waste** (Disability-Adjusted Life Year) عدد السنوات المفقودة بسبب اعتلال الصحّة أو العجز أو الوفاة المبكّرة التي تسبّبها انبعاثات التخلّص من طن واحد من النفايات بحسب السيناريوهات السابقة (Jolliet et al., 2003).



الشكل (6) تقييم ضرر السيناريوهات الثلاث على جودة النظام البيئي بواحدة PDF.m².yr/ton waste

تمثّل الواحدة **PDF.m².yr/ton waste** (Potentially Disappeared Fraction of species): احتمال اختفاء جزء من الأنواع الحيّة على مساحة متر مربع من سطح الأرض وخلال سنة واحدة نتيجة التخلُّص من طن واحد من النفايات بحسب السيناريوهات المدروسة (Jolliet et al., 2003) .



الشكل (7) تقييم ضرر السيناريوهات الثلاث على استنفاذ الموارد بواحدة MJ primary/ ton waste

تمثّل الواحدة **MJ primary/ ton waste** كميّة الطاقة الأوليّة بالميغا جول المستخرَجة أو اللازمة لاستخراج الموارد عند التخلّص من طن من النفايات بحسب السيناريوهات المدروسة (Jolliet et al., 2003) .

واستناداً إلى النتائج السابقة، أظهر التحليل البيئي أنّ جميع السيناريوهات المدروسة كانت أكثر مساهمةً في تضرُّر فئة التغيُّر المناخي، وكان السيناريو الثالث (منشأة الفرز مع الطمر الصحي) أقلّ ضرراً على هذه الفئة من السيناريوهات الأخرى، كما نرى الربح البيئي الذي يقدّمهُ هذا السيناريو إلى باقي الفئات (صحّة الإنسان، وجودة النظام البيئي، واستنفاذ الموارد) إذ أنّه ساهم في الحماية من تضرّر هذه الفئات، بينما كان السيناريو الأوّل (المكبّ العشوائي) الذي

يمثّل الواقع الحالي للتخلّص من النفايات في اللاذقيّة أكثر السيناريوهات ضرراً على فئة التغيُّر المناخي بقيمة 370 eq $kg\ CO_2$ لكلّ طن من النفايات التي يتمّ التخلُّصُ منها في المكبّ.

الاستنتاجات والتوصيات:

1. بلغت نسبة النفايات العضويّة في النفايات البلديّة الصلبة لمدينة اللاذقيّة 67.7% وهي نسبة مرتفعة والتخلُّص منها في المكبّات العشوائيّة سيؤدّي إلى تزايد انبعاثات غاز الميتان، أمّا استغلال هذه الانبعاثات في مطامر صحيّة منظّمة عن طريق جمع الغاز والاستفادة منه سيؤدّي إلى مكاسب بيئيّة واضحة.

2. كشفت هذه الدراسة عن الضرر البيئي الكبير الذي يسبّبه النظام الحالي للتخلّص من النفايات في اللاذقيّة، وينبغي العمل على إجراء تحسينات في هذا النظام، كفرز النفايات وإعادة التدوير وتجميع الغاز والرشاحة من المكب.

3. أوضح البحث أنّ تقييم دورة الحياة هي أداةٌ قيّمة يمكن أن تساعد على التخطيط لاستراتيجية الإدارة المتكاملة للنفايات البلديّة الصلبة التي توفِّر نتائجَ بيئيّة أكثر جودة لاتّخاذ القرارات الأفضل.

4. قارنت هذه الدراسة بين السيناريوهات على أساس التحليل البيئيّ فقط ولم تُدخل الجانب الاقتصادي في عمليّة المقارنة، لذلك يُحبَّذ القيام بدراسة تحليل اقتصاديّة تدعم النتائج السابقة قبل اختيار السيناريو المُراد تنفيذه مستقبلاً.

المراجع:

ABDULI, M.A.; NAGHIB, A.; YONESI, M.;& AKBARI, A. *Life cycle assessment (LCA) of solid waste management strategies in Tehran: landfill and composting plus landfill*. Environ. Monit. Assess, 2010, DOI: 10.1007/s10661-010-1707-x

AKANKSHA, K.; & SHARMA, M.P. *Methane Emission from Panki Open Dump Site of Kanpur, India*. Procedia Environmental Sciences 35, 2016, 337 – 347.

BEIGEL, P. & SALHOFER,S. *Comparison of ecological effects and costs of communal waste management systems*. Resources, Conservation and Recycling , 2004, 41, 83-102.

Bong, C.P., Lim, L.Y., Ho, W.S., Lim, J.S., Kleme_s, J.J., Towprayoon, S., Ho, C.S., Lee, C.T.,. *A review on the global warming potential of cleaner composting and mitigation strategies*. J. Clean. Prod., 2017, 146, 149e157

CHERUBINI, F., BARGIGLI, S., & ULGIATI, S. *Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration*. Energy, 2009,. 34,2116-2123

FRUERGAARD, T., & ASTRUP.T.; *Optimal utilization of waste-to-energy in an LCA perspective*. Waste Management, 2011, 31, 572-582

GOTTINGER H.W. *A computational model for solid waste Management with application*. Eur. J. Oper. Res., 1988, 35, 350

GüERECA, L.P., GASSó, S., BALADSANO, J.M., & JIMéNEZ-GUERRERO, P. *Life cycle assessment of two biowaste management systems for Barcelona*, Spain. Resources,Conservation and Recycling, 2006, 49, 32-48

HARSHIT KHANDELWAL, HIYA DHAR, ARUN KUMAR THALLA, SUNIL KUMAR, *Application of Life Cycle Assessment in Municipal Solid Waste Management: A Worldwide Critical Review*, Journal of Cleaner Production, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.10.233

HONG, R.J., WANG, G.F., GUO, R.Z., CHENG X., LIU Q., ZHANG P.J. & QIAN G.R. *Lifecycle assessment of BMT-based integrated municipal solid waste management: Case study in Pudong*, China. Resources, Conservation and Recycling, 2006, 49, 129-146

IPCC Reference document on waste disposal. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* ,2006.

IRIARTE, A., GABARELL, X., & RIERADEVALL, J. *LCA of selective waste collection systems in dense urban areas*. Waste Management, 2009 *t*, 29, 903-914

ISO 14040 *Environmental management-life cycle assessment-requirements and guidelines.* International Organisation for Standardisation (ISO), Geneva, 2006.

JOLLIET, O.; BRENT A, GOEDKOOP, M.; ITSUBO, N.; MUELLER- WENK, R.;Peña C, et al. *The LCIA Framework. SETAC-UNEP, Life Cycle Initialive*, 2003, Lausanne . retrieved from: 10.6.2017 http://www.uneptieorg/sustain/lca/lcahtm

LIAMSANGUANG, C., & GHEEWALA, S.H. *LCA: A decision support tool for environmental assessment of MSW management systems*. Journal of Environmental Management, 2008, 87,132–138

LIIKANEN, M., HAVUKAINEN, J., HUPPONEN, M., HORTTANAINEN,M. *Influence of different factors in the life cycle assessment of mixed municipal solid waste management systems : A comparison of case studies in Finland and China*. Journal of Cleaner Production 154, 2017, 389-400

MAC DONALD M. Solid waste management models: *a state of the art review*. Journal of SolidWaste Technology and Management. , 1996, 23, (2), 73

MENDES, M.R., ARMAKI, T., & HANAKI, K. *Comparison of the environmental impact of incineration and landfilling in Sao Paulo city as determined by LCA*. Resources, Conservation and Recycling, 2004, 41, 47-63

MILIUTE J., & STANISKIS, J. K.. *Application of life-cycle assessment in optimisation of municipal waste management systems: the case of Lithuania*. Waste Management & Research, 2010, 28, 298-308

MORRIS J. *Bury or Burn North America MSW? LCAs Provide Answers for Climate Impacts & Carbon Neutral Power Potential*. Environ. Sci. Technol , 2010, 44, 7944-7949
OECD. OECD Environment Data. Municipal Waste.< http://stats.oecd.org/#> (accessed 20.02.2017.).

OZELER, D., YETIS, ., & DEMIRER, G.N. *Life cycle assessment of municipal solid waste management methods: Ankara case study*. Environment International, 2006, 32, 405-411

PCBS Palestinian Central Bureau of Statistics, 2013, *Emissions to Air, 2011.* Ramallah - Palestine.

RAJAEIFAR, M.A.; TABATABEI, M.; GHANAVATI, H.; KHOSHENVISAN, B.; RAFIEE S *Comparative life cycle assessment of different municipal solid waste management scenarios in Iran*. Renew Sust Energ Rev, 2015,1:886–898

REBITZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G., RYDBERG, T.; SCHMIDT,W.T, Suh S.; WEIDEMA, B.P.; & PENNINGTON, A.W. *Life cycle assessment – Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications.* Environment International, 2004, 30, 701-720

RIVES, J. RIERADEVALL, J., & GABARELL, X. LCA *comparison of container systems in municipal solid waste management*. Waste Management, 2010, 30, 949-957

RTI International, GHG emissions estimation methodology for selected biogenic source categories,2010, Available at <http://www.epa.gov/ttnchie1/efpac/ghg/GHG_Biogenic_Report_draft_Dec1410.pdf > (accessed March 2017)

SUNA Erses Y.A. *Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya.* Journal of Cleaner Production 94, 2015, 284e293

WINKLER, J.; & Bilitewski, B. *Comparative evaluation of life cycle assessment models for solid waste management*. Waste Management, 2007, 27, 1021-1031

Yadav, P., Samadder, S.R. *A global prospective of income distribution and its effect on life cycle assessment of municipal solid waste management: a review*. Environ. Sci. Pollut,2017, Res. 24, 1e19.

المؤسّسة العامّة لتوليد الكهرباء، التقرير الإحصائي السنوي،2015.

خرفان، سعد الدين. *تقويم انبعاث غاز الميثان من الفضلات الصلبة المطروحة في سورية*، الجامعة العربية الخاصة للعلوم والتكنولوجيا، حماه – سورية،2005, 13.

دائرة النظافة في اللاذقية، معلومات موثقة غير منشورة.

شاهين، هيثم. حربا، كوكب. حسن، ريما. *تخفيض انبعاث الميتان من مطامر النفايات البلدية الصلبة باستخدام المعالجة الميكانيكية البيولوجية (حالة الدراسة: معمل وادي الهدة، طرطوس)*، مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية، سلسلة العلوم الهندسية، المجلد (38) العدد (3) 2016, 554.

مديريّة النفايات الصلبة، معمل وادي الهدة، طرطوس .معلومات موثقة غير منشورة.

مديريّة الخدمات الفنيّة في اللاذقيّة، شعبة النفايات الصلبة .الأرشيف، معلومات موثقة.