AL KUT JOURNAL OF ECONOMIC AND ADMINISTRATIVE SCIENCES
Publisher: College of Economics and Management - Wasit University

استعمال تكاليف دورة الحياة في تقييم مشاريع الطاقة البديلة

دراسة تطبيقية في محطة نينوى للطاقة المستدامة

Using life cycle costs to evaluate alternative energy projects: An applied study at the Nineveh Sustainable Energy Plant

محمد حسين علي السبعاوي[1] **أ.م.د. مثنى فالح بدر الزيدي[2]**

mohammed.23bap103@student.uomosul.edu.iq Mothana_faleh@uomosul.edu.iq

كلية الإدارة والاقتصاد/ جامعة الموصل

المستخلص

مع تزايد النمو السكاني العالمي، تتصاعد التحديات المرتبطة بإدارة النفايات البلدية وتلبية الطلب المتزايد على الطاقة. وفي هذا السياق يهدف هذا البحث إلى توظيف مفهوم تكلفة دورة الحياة في تقييم مشاريع الطاقة البديلة لما لها من دور جوهري في تحقيق تأثيرات بيئية إيجابية؛ فضلاً عن أنَّها بديلاً مستداماً لمحطات إنتاج الطاقة التقليدية. ينطلق البحث من فرضية أساسية مفادها أن اعتماد نهج تكلفة دورة الحياة يعزز من دقة تقييم الجدوى الاقتصادية لمشاريع الطاقة البديلة، ويُسهم في دعم اتخاذ قرارات استثمارية أكثر كفاءة وفعالية. ولتحقيق أهداف الدراسة تم اعتماد منهج دراسة الحالة من خلال دراسة تطبيقية لمشروع محطة نينوى للطاقة المستدامة بهدف إبراز أثر تطبيق تكلفة دورة الحياة وقد أظهرت النتائج أن تكلفة دورة الحياة تُعد أداة فاعلة في اختيار البديل الأنسب من حيث الكلفة والكفاءة التشغيلية؛ إذ يشمل التقييم مختلف مراحل المشروع، بدءًا من التصميم، مروراً بالتشغيل والصيانة، ووصولاً إلى مرحلة الإنهاء أو التخلص. كما أسهم هذا النهج في تقديم تقدير مالي أكثر دقة وجدوى لمشروع محطة نينوى مقارنة بالمحطة التقليدية. كذلك أظهرت النتائج أن هناك مزيجاً متنوعاً من الإيرادات الناتجة عن عمليات إنتاج الطاقة إلى جانب معالجة تعقيم فرز وتدوير النفايات، وهو ما يسهم في تقليل المخاطر المرتبطة بتقلبات أسعار الطاقة أو التحديات التي قد يواجهها سوق النفايات مستقبلاً، مما يعزز من استدامة المشروع وجدواه الاقتصادية على المدى البعيد.

الكلمات المفتاحية: تكلفة دورة الحياة، مشاريع الطاقة البديلة

المقدمة

يحتاج صناع القرار إلى أساس موثوق لاتخاذ القرارات المناسبة لتطوير الأعمال وتعتبر قرارات الاستثمار التي تتخذها الشركة وخاصة في المرافق والمعدات التقنية التي تؤثر بشكل أساسي على نجاحها وتأكيدها في السوق بالغة الأهمية وتعتبر مثل هذه الاستثمارات قرارات استراتيجية لانها تمثل استثماراً مالياً كبيراً على المدى الطويل(Wieke,2024:1). وإن الزيادة السريعة في عدد السكان إلى جانب النمو الاقتصادي تشكل الأسباب الرئيسية للزيادة الحالية في توليد النفايات الصلبة البلدية على مستوى العالم، وقد أدى هذا إلى جعل إدارة النفايات قضية معقدة على مستوى العالم خاصة مع زيادة متوقعة في توليد النفايات العالمية بنسبة 70% بحلول عام 2050 إذا استمر الوضع الحالي. ومن ثم، سيكون لهذا تأثير سلبي على المعيشة المستدامة والبيئة المحلية والصحة البشرية إذا لم تتم إدارة النفايات العالمية الناتجة بشكل صحيح (Nubi, et al,2022:2). وينطبق الأمر نفسه على قطاع الكهرباء حيث زاد الطلب العالمي عليه بنسبة تزيد عن 4% سنويا بين عامي 1990 و2015 ومن المتوقع أن يزداد هذا بشكل مستمر بسبب التنمية الاقتصادية والكهرباء وتغير المناخ، ومن ثم، فإن نقص إمدادات الكهرباء قد يؤثر بشكل كبير على التنمية الاقتصادية والاجتماعية لأي دولة. ويمكن للإدارة الفعالة للنفايات الصلبة البلدية واستعمالها وتحويلها إلى طاقة مفيدة أن تمثل وسيلة محتملة لتوفير حل مستدام يُسهم في سد الفجوة بين إمدادات الكهرباء وإدارة النفايات(Ayodele, et al,2017:217). تلعب مشاريع تحويل النفايات إلى طاقة دوراً رئيسياً وحاسماً في الحد من التأثيرات البيئية المرتبطة بالتخلص من النفايات واحتراق الوقود الأحفوري، وتقليل النفايات، وتعزيز المواد، واستعادة الطاقة، وفي الوقت نفسه توفير الآلاف من فرص العمل للعمال غير المهرة، لذلك تتطلب محطة توليد الطاقة بحرق النفايات البلدية الصلبة عادةً استثماراً أولياً كبيراً وتكلفة تشغيل عالية نظراً لطول عمرها التشغيلي، لذا، يعُدّ التقييم المعقول لإدارة تكاليف نظام تحويل النفايات إلى طاقة أمراً بالغ الأهمية(Li, et al,2016:2-3). لا يقتصر دور تكلفة دورة الحياة على المساعدة في تقدير النفقات الرأسمالية فحسب، بل يشمل أيضاً تقدير النفقات المستقبلية والتحكم فيها، وهو ما يمُكنّ من إيجاد أفضل الحلول الوسطية لتحسين تكلفة أصول المشروع طوال دورة حياتها ويمكن جعل التقدير أكثر اكتمالاً ودقة باستعمال نهج تكلفة دورة الحياة(Yousfi, et al,2022:2).

مشكلة البحث

على الرغم من تنامي الاهتمام العالمي بالطاقة المستدامة والبديلة، واعتراف الشركات والدول بأهميتها في تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق التنمية المستدامة، فإنَّ قرارات الاستثمار في هذا النوع من المشاريع ما تزال تواجه تحديات كبيرة تتعلق بالمخاطرة وطول دروة الحياة وتعدد الأبعاد الاقتصادية والاجتماعية والبيئية. وتتمثل الإشكالية هل ان استعمال تكلفة دورة الحياة لها دور في تقييم مشاريع الطاقة البديلة، وهل يمكن المفاضلة بين هذه المشروعات من خلال تكلفة دورة الحياة لترشيد هذه القرارات وضمان توجيه الموارد نحو الخيارات الأكثر جدوى واستدامة.

اهداف البحث

1. يهدف هذا البحث الى التعرف على مشاريع الطاقة البديلة، أنَّها من المواضيع الجديدة ودور المعلومات المحاسبية في اتخاذ قرارات الاستثمار في مشاريع الطاقة البديلة.

2. استعمال تكلفة دورة الحياة في تقييم مشاريع الطاقة البديلة بهدف اتخاذ القرارات المناسبة؛ وذلك بسبب الدور الكبير الذي يؤديه الاستثمار في الاقتصاد الوطني والمخاطر الكبيرة التي ترافقه مما يتطلب بذل المزيد من الاهتمام واستعمال أفضل الطرق التي تساعد في اختيار الاستثمار الأفضل من ناحية البعد الاقتصادي والاجتماعي والبيئي.

3. عرض دراسة تطبيقية لتقييم جدوى الاستثمار في مشروع محطة نينوى للطاقة المستدامة والذي يُعد من المشاريع المخطط إنشاؤها في محافظة نينوى.

أهمية البحث

1. يتجلى البحث في أهميته العلمية من خلال إسهامه في تطوير منهجيات تقييم الاستثمار في مشاريع الطاقة البديلة، تحديدًا تلك المعنية بتوليد الكهرباء من النفايات. الى جانب تعزيز جودة القرار الاستثماري في مصادر الطاقة البديلة يقدم البحث اسهاماً أيضًا المكتبة العربية بدراسة حديثة تجمع بين التأصيل النظري والتطبيقي في هذا المجال الحيوي.

2. يقدم البحث رؤى عملية لصناع القرار والمستثمرين، مما يمكنهم من تقييم هذه المشاريع بكفاءة، ويسهم في حل المشكلات المتأصلة في قطاع تجهيز الطاقة الكهربائية، ويضمن أن تحظى هذه المبادرات بالاهتمام الخاص الذي تستحقه كركيزة أساسية لمستقبل الطاقة في العراق.

3. تبرز الأهمية العملية لهذا البحث من خلال تسليط الضوء على الجدوى الاقتصادية والبيئية لمشاريع توليد الكهرباء من النفايات الصلبة في البيئة العراقية؛ ولاسيما وان هذه المشاريع تُعد حديثة نسبيًا في المشهد العراقي، وتحمل إمكانات هائلة لتكون بديلاً فاعلاً لمصادر الطاقة الكهربائية التقليدية.

فرضية البحث

يستند هذا البحث إلى الفرضيات التالية، التي تشكل مرتكزات أساسية للفحص والتحليل في سياق تقييم الاستثمارات في مشاريع الطاقة البديلة:

1. تُعد تكلفة دورة الحياة أداة فعّالة في دعم وتحسين جودة القرارات الاستثمارية في مشاريع الطاقة البديلة، إذ يتم تصنيف هذه التكلفة إلى مراحل متعددة تشمل: مرحلة الاستثمار الأولي، مرحلة التشغيل، مرحلة الصيانة، ومرحلة التخلص أو التدهور.

2. تُساهم الموازنة الرأسمالية في تقليل مستوى المخاطرة المرتبط بالاستثمار في مشاريع توليد الكهرباء من النفايات.

منهجية البحث

سيتم اعتماد المنهج الوصفي في عرض الجانب النظري وصياغة فرضيات البحث عبر الاستعانة بالوثائق الرسمية والرسائل والأطاريح الجامعية والدوريات والمؤتمرات والندوات والكتب ذات العلاقة بموضوع الدراسة، ولتحديد مشكلة الدراسة واختبار الفرضيات، وأُعتمد منهج دراسة الحالة في الجانب العملي واختبار فرضيات البحث للوصول إلى النتائج المرجوة من هذه الدراسة.

1-1 الجانب النظري

1-1-1 تكلفة دورة الحياة

هي منهج اقتصادي يستعمل لتقييم جميع التكاليف المتكبدة طوال دورة حياة المشروع تأخذ هذه الطريقة في الاعتبار جميع التكاليف التي تنشأ عن مراحل البناء والتشغيل والصيانة والتخلص من مكونات المشروع تصبح هذه التكاليف الإجمالية عاملاً رئيسياً مهماً جداً في اتخاذ القرارات المتعلقة بالمشروع(Febrianti & Giatman, 2024: 626). هي طريقة لتحديد تكلفة دورة حياة المشروع بدءاً من التصميم الأولي وحتى نهاية عمر المشروع الاقتصادي الذي يمكن استهدافه بقيمة الجدوى الاستثمارية للمشروع(Mooy, et al,2024: 111). تكاليف دورة الحياة هي تقديرات التكلفة الإجمالية في التصميم والتطوير والإنتاج والتشغيل والصيانة والدعم والتخلص النهائي لنظام محدد على مدى عمره الإنتاجي المتوقع(Zakaria, et al,2020: 128). إجمالي التكاليف التي يتم إنفاقها خلال دورة حياة المشروع بالكامل وان هيكلها يتكون من تكاليف الاستثمار، وتكاليف التشغيل، وتكاليف الصيانة، تكاليف نهاية العمر الافتراضي (Heralova, 2019: 2).

يرى الباحثان أن تكلفة دورة الحياة تتضمن جميع التكاليف المرتبطة بالمشروع من البداية إلى الانتهاء، بما في ذلك التكاليف الأولية والتشغيل والصيانة والتخلص النهائي. وتعدُّ تكلفة دورة الحياة عاملاً حاسماً في القرارات المتعلقة بالمشروع، حيث تساعد في تقييم الجدوى الاقتصادية للمشروع على المدى الطويل.

تعد تحليل تكلفة دورة حياة المشروع ذات فوائد للعملاء والمشروع ككل وهي كما يلي:

1. أن تكلفة دورة الحياة تقدم تقنية واضحة مع الخيارات القائمة على المعايير المالية والبيئية وتحسن التنبؤ لأنها تسمح بتوقع أكثر دقة للنفقات المستقبلية ليتم تطبيقها على تقييم التكلفة على المدى الطويل.

2. يساعد نظام إدارة دورة حياة المشروع في تحديد التكلفة الإجمالية المتضمنة، مما يؤدي بدوره إلى سياسة استثمار فعالة واقتصادية.

3. تستعمل عادةً كطريقة لمقارنة الخيارات المختلفة في مرحلة مبكرة من عمر المشروع لتمكين اتخاذ قرار متوازن بشأن الخيار الذي يجب تفضيله وتقييم الحل الوسط بين المعايير الفنية للمشروع والتكلفة (Zakaria, et al, 2020: 129).

4. أداة لتقييم الجوانب البيئية للمشاريع الاستثمارية نظراً لأن تحليل دورة الحياة لا يتضمن أي تحليل للتكاليف الأساسية وهو المعيار الرئيسي في اتخاذ القرار.

5. إن تحليل تكلفة دورة الحياة مفيد بشكل خاص عندما تكون البدائل المتاحة للمشروع تلبي نفس متطلبات الأداء، ولكنها تختلف فيما يتعلق بالتكاليف الأولية وتكاليف التشغيل (Kulczycka, et al, 2015: 123).

6. يؤدي مفهوم دورة الحياة إلى اتخاذ إجراءات مبكرة لتوليد الإيرادات و خفض التكاليف.

إيجاد التوازن الصحيح بين تكاليف الاستثمار مقابل نفقات التشغيل (Lapašinskaitė, et al, 2006: 7).

2-1-1 مفهوم الطاقة البديلة

تمثل الطاقة البديلة اتجاها في تطوير الطاقة في العديد من بلدان العالم، وخاصة جميع الدول التي انضمت إلى أهداف التنمية المستدامة للأمم المتحدة حتى عام 2030 واتفاقية باريس بشأن تغير المناخ إن العامل الواضح في هذا التطور هو نمو سكان العالم يوما بعد يوم، وما يترتب على ذلك من استنزاف كبير لرأس المال الطبيعي، فضلا عن

التلوث البيئي، مما يؤدي إلى ظاهرة تغير المناخ بشكل عام وتشكل مصادر الطاقة البديلة ضمانة لعدم نضوبها، كما أنها تؤثر بشكل إيجابي على حالة البيئة والتنمية الاقتصادية وأمن الطاقة، فضلا عن الحد من تأثير توليد الكهرباء على البيئة (Zaynalov& Alieva,2023: 1-2). ويبرز تحويل النفايات إلى طاقة Waste to Energy (WTE) هي تقنية جديدة نسبياً مع التخلص المستدام من النفايات البلدية الصلبة بعد إعادة التدوير وهي عملية مثبتة وصديقة للبيئة، توفر تحويل النفايات الصلبة إلى طاقة كهربائية من خلال المعالجة الأولية للنفايات الصلبة البلدية تستعمل تقنية تحويل النفايات إلى طاقة في روسيا واليابان وسنغافورة وتايوان وتستعمل على نطاق واسع في أوروبا يجب اعتبار النفايات الصلبة البلدية Municipal Solid Waste (MSW) مصدراً قيماً للطاقة المتجددة وإن الفوائد من النفايات البلدية الصلبة هائلة وقد تساعد في توفير مصدر الطاقة الأساسي وتعزيز جودة البيئة من خلال استعمال تقنية (WTE) جنباً إلى جنب مع الاقتصاد الدائري، توفر تقنية (WTE) طاقة نظيفة وتنتج كهرباء ذات تأثير بيئي أقل من المصادر الأخرى من خلال تقليل الانبعاثات بشكل كبير تعد النفايات البلدية الصلبة مصدراً جيداً للوقود حيث يولد كل طن من النفايات البلدية الصلبة المحروقة 500-600كيلو واط ساعة من الكهرباء بالنسبة للوقود الأحفوري، يوفر كل طن من النفايات البلدية الصلبة برميلاً إلى برميلين من النفط(Alajmi,2022: 165).

ويترتب على تحويل النفايات إلى طاقة فوائد اقتصادية وبيئية، اهمها تقليل الاعتماد على الوقود الأحفوري فضلا عن خلق فرص العمل والشركات الجديدة، والحد من التلوث، وتحسين الصحة العامة وتحقيق الإيرادات المالية، سيؤثر نهج تحويل النفايات إلى طاقة بشكل إيجابي على الاقتصاد من خلال إيجاد مصادر جديدة للطاقة، وتوفير الأراضي، والوظائف، وفرص التدريب، كما ان هناك فوائد أخرى لتقنية تحويل النفايات إلى طاقة (Alajmi,2022: 169-170)

3-1-1 خطوات استعمال تكلفة دورة الحياة في تقييم مشاريع الطاقة البديلة

أولاً: تحديد المشروع: ويتضمن تحديد الفرص الاستثمارية التي تبدأ بتحديد مشاريع الطاقة البديلة المحتملة التي تتماشى مع الأهداف الاستراتيجية للمنظمة (تحويل النفايات إلى طاقة) **و**إجراء دراسة أولية للجدوى الفنية والاقتصادية والبيئية للمشروع للتأكد من إمكانية تنفيذه وتلبيته للمعايير الأساسية.

ثانيا: تحديد مكونات تكلفة دورة الحياة: هذه هي الخطوة الأكثر أهمية وحساسية في تقييم مشاريع الطاقة البديلة، نظراً لطول عمر هذه المشاريع والتقلبات المحتملة وتقسم التكاليف إلى مراحل زمنية رئيسية، تشمل:

أ. تكاليف مرحلة الاستثمار الأولي

تشمل هذه المرحلة عدة مكونات رئيسية ضرورية لتأسيس مشروع محطة نينوى للطاقة المستدامة. تبدأ بالأعمال المدنية مثل فحص التربة، إعداد التصاميم، تنفيذ البنى التحتية، واستحصال الموافقات الرسمية. كما تتضمن إنشاء الهياكل الأساسية وزراعة مليون شجرة ضمن الخطة البيئية. يشمل الجانب الفني توريد وتركيب المعدات الميكانيكية والكهربائية، وتجهيز محطاتRDF ، ومحطات إنتاج الطاقة الحرارية باستعمال تقنيتي الحرق الشبكي والتام، إضافة إلى تجهيز محطة توليد الطاقة البخارية والغازية، ومحطات فرز ومعالجة النفايات وإنتاج السماد العضوي والرماد.

أما التجهيزات الداخلية فتشمل الأثاث، أنظمة مكافحة الحريق، المخازن، إلى جانب تغطية التكاليف التشغيلية خلال فترة التنفيذ لحين بدء التشغيل الفعلي.

ب. تكاليف مرحلة التشغيل

تشمل التكاليف التشغيلية للمحطة استعمال المواد الأولية مثل الوقود والزيوت ومواد التعقيم، إضافة إلى تشغيل المكائن واستهلاكها، وتُقدّر عادةً كنسبة من رأس المال المستثمر. كما تشمل التأمين الشامل على المعدات خلال فترة التشغيل التجاري. وتتضمن أيضًا رواتب وأجور العاملين بمختلف تخصصاتهم، إلى جانب الحوافز والبدلات والمكافآت، والمزايا العينية مثل السكن، النقل، الوجبات، والتدريب المهني. وتشمل كذلك التأمين الصحي والضمان الاجتماعي، بهدف توفير بيئة عمل مستقرة وجاذبة تسهم في رفع كفاءة الأداء والاحتفاظ بالكوادر المؤهلة.

ت. تكاليف مرحلة الصيانة

تشمل مرحلة الصيانة أعمال الصيانة الدورية المخططة لضمان كفاءة المعدات واستمرارية العمل، وتشمل الفحص، التشحيم، التنظيف، والمعايرة للأجهزة والأنظمة المختلفة. كما تتضمن صيانة تصحيحية تُنفذ عند حدوث أعطال مفاجئة تتطلب تدخلًا فنيًا سريعًا .تنقسم التكاليف إلى صيانة قطع الغيار الحيوية مثل الصمامات والمضخات، ومواد استهلاكية كزيوت التشحيم والفلاتر والمواد الكيميائية .تُقدَّر تكاليف الصيانة السنوية بـ 1.6% من رأس المال لمحطة توليد الطاقة الكهربائية، و1.2% لمحطة معالجة وتقييم وفرز وتدوير النفايات وتُدرج ضمن هذه النسب ساعات الصيانة المحسوبة سنويًا، والتي تبلغ نحو (744)ساعة في السنة، أي ما يعادل (31) يومًا تقريبًا، يتم خلالها إيقاف بعض أو كل أجزاء المحطة لإجراء الصيانة الدورية أو الاستجابة للأعطال الطارئة. وتمثل هذه المدة حدًا تقديريًا لضمان استمرارية عمل المحطة على مدار العام بكفاءة عالية، مع تقليل فرص التوقف غير المخطط له.

ث. تكاليف مرحلة التخلص او التدهور

وفقًا لما أوضحه مدير المشروع خلال المقابلة، فإن التكاليف المحتملة في نهاية عمر المشروع سيتم تمويلها من عوائد بيع الأصول، إلا أن تقدير هذه العوائد في الوقت الحالي يُعد أمرًا صعبًا، نظرًا لأن المشروع مصمم ليستمر لفترة أطول من العمر الافتراضي للأصول الثابتة. فعند انتهاء عمر تلك الأصول، سيتم استبدالها بأخرى جديدة، مما يعني أن هذا النوع من التكاليف يُعد جزءًا من تكاليف دورة حياة المشروع. ويُفترض أن يستمر المشروع لفترة غير محددة، حيث تُعاد استثمار العوائد المتأتية منه في توسيع قدراته الإنتاجية أو إحلال الأصول القائمة، بما يضمن استدامته على المدى الطويل.

ثالثا: تقدير التدفقات النقدية لكل مرحلة: حساب جميع التكاليف المتوقعة التي ستنفقها على المشروع في كل مرحلة من مراحل عمره

رابعا: اختيار وتطبيق أدوات التقييم مثل (معايير الموازنة الرأسمالية) : تستعمل هذه الأدوات لتحليل التدفقات النقدية المقدرة واتخاذ القرار: (IASCA,2014:140-147)

1. صافي القيمة الحالية (NPV)

2. معدل العائد الداخلي (IRR)

3. مؤشر الربحية (PI)

خامسا: تحليل المخاطر والحساسية: مشاريع الطاقة البديلة غالباً ما تكون محفوفة بالمخاطر (تقلب أسعار الطاقة، التغيرات التنظيمية، التطور التكنولوجي، التغيرات المناخية، توافر المواد الخام) مما يتطلب تحليل الحساسية (Sensitivity Analysis) لدراسة كيفية تأثير التغير في متغير واحد (مثل سعر الطاقة، تكلفة التمويل، حجم الإنتاج) على NPV أو IRR للمشروع.

سادسا: اتخاذ القرار والتنفيذ والمراقبة : بناءً على نتائج التحليلات المختلفة، يتم اتخاذ قرار بقبول المشروع أو رفضه أو تأجيله أو اختيار المشروع الأفضل من بين بدائل متعددة. في مشاريع الطاقة البديلة، كما يجب أن يراعي القرار أيضاً الأهداف البيئية والاجتماعية بجانب الأهداف المالية.

2-1 دراسة الحالة في محطة نينوى للطاقة المستدامة

يعد مشروع محطة نينوى للطاقة المستدامة من مشاريع توليد الطاقة الكهربائية من النفايات وتتمثل أهمية المشروع في دوره المحوري في حماية البيئة وتحقيق التنمية المستدامة. يسهم المشروع في تقليل انبعاث غاز الميثان الناتج عن مدافن القمامة، ويعمل على موازنة معدلات الغازات الدفيئة من خلال استعمال تقنية الحرق الشبكي والتام للنفايات لإنتاج الطاقة. كما يتيح استرجاع وإعادة تدوير المواد ذات القيمة مثل المعادن والزجاج، مع إنتاج البخار والطاقة بطريقة نظيفة وموثوقة تعتمد على الحمل الأساسي، وتستهلك مساحة أقل من الأراضي مقارنة بمصادر الطاقة المتجددة الأخرى كأنظمة الطاقة الشمسية.

يعمل المشروع بنظام عمل (24) ساعة وعدد ساعات عمل المحطة المتوقعة سنويا (8000) ساعة أي (334) يوم مع تخصيص (744) ساعة للصيانة الدورية (أي (31) يوم للصيانة الدورية)، ويبلغ معدل العاملين في هذا المشروع ما يقارب (450) عامل من مهندسين واداريين وفنيين وعمال يتم تقسيمهم الى ثلاث مجاميع وبمعدل (8) ساعات للمجموعة الواحدة مع إمكانية تقليص أو زيادة هذا عدد العاملين في هذا المشروع يعود للشركة المنفذة والمستثمرة في المشروع وفق حاجتها. ويشغل مشروع محطة نينوى للطاقة المستدامة مساحة (200) دونم، وتعادل (500000 م^2) وذلك لإقامة محطة التدوير والفرز ومحطة توليد الطاقة من النفايات والمحطة الغازية المساعدة. وان العمر الاقتصادي للآلات والمكائن والمعدات (40) سنة والعمر الافتراضي من (45-50) سنة.

1-2-1 تحديد العوائد السنوية المتوقعة لمحطة نينوى للطاقة المستدامة

هناك عدة أنواع من العوائد السنوية المتوقعة الناتجة عن العمل في محطة نينوى للطاقة المستدامة منها ما يرتبط بالكهرباء ومنها ما يرتبط بمصادر أخرى وتشمل العوائد المتوقعة من محطة انتاج الطاقة والعوائد المتوقعة من محطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات

الجدول(1) العوائد السنوية المتوقعة لمحطة نينوى للطاقة المستدامة(المبالغ بألاف الدنانير)

ت	التفاصيل	المبالغ
أولا	العوائد السنوية المتوقعة من مبيعات الطاقة الكهربائية	99,517,440
ثانيا	مجموع العوائد السنوية المتوقعة لمحطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات	48,215,508
	مجموع العوائد السنوية المتوقعة لمحطة نينوى للطاقة المستدامة	147,732,948

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المشروع

يلاحظ أن الإيرادات المتوقعة من مبيعات الطاقة الكهربائية تمثل الجزء الأكبر من إجمالي الإيرادات (67%)، ان هذا لا يعني اهمال بقية الإيرادات كونها تساهم في تغطية التكاليف الثابتة للمشروع وكذلك تعزز من تنوع الإيرادات وتقلل من المخاطر التي قد يتعرض لها المشروع عند انخفاض الطلب على الطاقة مما يجعل دقة تقديرات إنتاج الطاقة وسعر البيع أمرًا بالغ الأهمية لنجاح المشروع.

2-2-1 تكلفة مرحلة الاستثمار الأولي

يوضح الجدول الاتي تكلفة الاستثمار الأولية لمحطة نينوى للطاقة المستدامة

جدول (2) تكلفة الاستثمار الاولية لمحطة نينوى للطاقة المستدامة(المبالغ بألاف الدنانير)

التفاصيل	الكلفة
تكاليف الاستثمار الاولي لمحطة انتاج الطاقة الكهربائية	650,430,000
تكاليف الاستثمار الاولي لمحطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات	155,865,600
مجموع تكلفة الاستثمار الأولية	806,295,600

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المشروع

يلاحظ من خلال الجدول (2) ان تكلفة الاستثمار الاولية لمحطة نينوى للطاقة المستدامة تتضمن مجموعة من المكونات الأساسية التي تساهم في إنجازه بشكل متكامل بدءا من البنية التحتية وحتى تشغيله الكامل تم تخصيص أرض المشروع. وتشمل المرحلة التمهيدية فحص التربة، إعداد التصاميم، الأعمال الميكانيكية والكهربائية، التطوير، واستحصال الموافقات الرسمية، إلى جانب إعداد الدراسة الفنية والاقتصادية. كذلك يتضمن المشروع تخصيص احتياط نقدي لتغطية النفقات غير المتوقعة، وتنفيذ الأعمال المدنية لمحطة إنتاج الطاقة وتجهيزها بالأجهزة والمعدات اللازمة، بالإضافة إلى الأثاث، منظومة الحريق، والمخازن، مع تغطية التكاليف خلال فترة التنفيذ.

أما محطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات، فتشمل تكاليف الاعمال المدنية، وأجهزة ومعدات متنوعة، مخازن، وتصاميم هندسية مطورة وفق المواصفات الأوروبية، إلى جانب تأمين شامل يغطي فترة الإنشاء.

3-2-1 تكلفة مرحلة التشغيل

جدول (3) تكاليف التشغيل السنوية لمحطة نينوى للطاقة المستدامة(المبالغ بألاف الدنانير)

التفاصيل	المبلغ
تكاليف التشغيل السنوية لمحطة انتاج الطاقة الكهربائية	34,939,344
تكاليف التشغيل السنوية لمحطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات	24,606,769
مجموع تكاليف التشغيل السنوية	59,546,113

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المشروع.

يلاحظ من الجدول (3) ان تكاليف التشغيل السنوية لمحطة نينوى للطاقة المستدامة تتكون من عدة عناصر رئيسية، من بينها تكاليف صيانة وتشغيل المكائن والمعدات والآلات، والتي يتم تأمينها بشكل شامل خلال فترة التشغيل التجاري. كما تشمل التكاليف أيضاً رواتب وأجور العاملين في المشروع، إضافة إلى التأمين الصحي والضمان الاجتماعي المخصص لهم، سواء في محطة انتاج الطاقة أو محطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات.

4-2-1 تكلفة مرحلة الصيانة

تشكل تكاليف الصيانة عنصراً أساسياً لضمان استدامة وكفاءة تشغيل المشروع، وتشمل هذه المرحلة تكاليف المواد الاحتياطية وأعمال الصيانة لكل من محطة إنتاج الطاقة الكهربائية بنسبة 1.6% من إجمالي رأس المال الاستثماري للمشروع، ومحطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات بنسبة 1.2% من رأس المال الاستثماري للمشروع.

الجدول (4) تكاليف مرحلة الصيانة لمحطة نينوى للطاقة المستدامة(المبالغ بألاف الدنانير)

ت	التفاصيل	مجموع الكلفة	الملاحظات
1	تكاليف مرحلة الصيانة لمحطة انتاج الطاقة الكهربائية	9,718,579	حسبت على أساس 1.6% من رأس مال المستثمر في محطة انتاج الطاقة
2	تكاليف مرحلة الصيانة لمحطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات	1,821,600	حسبت على أساس 1.2% من رأس مال المستثمر في محطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات
	مجموع تكاليف مرحلة الصيانة	11,540,179	

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المشروع.

يتضح من الجدول أن النسبة الأكبر من تكاليف الصيانة تعود لمحطة إنتاج الطاقة الكهربائية، ما يعكس حجم وتعقيد المعدات المستخدمة فيها مقارنةً بمحطة معالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات النفايات.

5-2-1 المقارنة بين تكاليف محطة توليد الكهرباء التقليدية وتكاليف محطة نينوى للطاقة المستدامة

أ. تكلفة توليد الكهرباء من محطة الموصل الغازية

تم اختيار محطة الموصل الغازية لتوليد الكهرباء بالطريقة التقليدية عن طريق استعمال مصادر الطاقة التقليدية (الغاز) كمشروع مقارن لتحديد افضلية مشروع توليد الطاقة الكهربائية التقليدية مقارنةً بتكلفة توليد الطاقة الكهربائية في محطة نينوى للمستدامة وكانت التكاليف السنوية لمحطة كهرباء الموصل الغازية 41,255,075,831 دينار تتضمن هذه التكاليف(الرواتب والأجور، المستلزمات السلعية، المستلزمات الخدمية، الاندثارات، مصروفات سنوية سابقة) وتم حساب تكلفة إنتاج الميغاواط الواحدة من الطاقة المولدة بالغاز من خلال قسمة التكاليف الكلية للمشروع على إجمالي عدد وحدات الميغاواط المولدة سنوياً حيث بلغت تكلفة الميغا واط الواحدة 100,012.30 دينار.

ب. تكاليف محطة نينوى للطاقة المستدامة

تُحدد تكلفة الميغاواط الواحدة المنتجة من محطة نينوى للطاقة المستدامة بقسمة إجمالي التكاليف المقدرة السنوية للمشروع على الكمية الإجمالية لوحدات الميغاواط المولدة حيث بلغت التكاليف الكلية 59,546,113,000 دينار وتم حساب تكلفة إنتاج الميغاواط الواحدة في محطة نينوى للطاقة المستدامة من خلال قسمة التكاليف المقدرة السنوية للمشروع على إجمالي عدد وحدات الميغاواط المولدة سنوياً حيث بلغت تكلفة الميغا واط الواحدة 97,937.68 دينار.

ان انخفاض تكلفة توليد الميغاواط الواحد من الكهرباء من المصادر المستدامة مقارنة بالطريقة التقليدية يمثل تحولاً استراتيجياً كبيراً . من الناحية المحاسبية يعزز هذا الفارق الجدوى المالية لمحطة نينوى المستدامة ويجعلها أكثر جاذبية للاستثمار ويقلل الأعباء التمويلية طويلة الأجل. ومن الناحية البيئية يوفر هذا الخفض في التكلفة حافزاً قوياً لتسريع التحول نحو الطاقة النظيفة وتقليل الانبعاثات والاستثمار في مشاريع مماثلة. اما من الناحية الاقتصادية فهو يعزز أمن الطاقة الوطني ويدعم التنمية المستدامة ويدعم أن الطاقة المستدامة لم تعد خياراً بيئياً فحسب، بل ركيزة اقتصادية محورية.

6-2-1 اعداد تقرير تحليل تكاليف دورة الحياة

الجدول(5) تحليل تكاليف دورة الحياة لمحطة نينوى للطاقة المستدامة. (المبالغ بألاف الدنانير)

التفاصيل	الإيرادات والتكاليف المقدرة	القيمة الحالية للإيرادات والتكاليف المقدرة
العوائد السنوية المتوقعة لمحطة نينوى للطاقة المستدامة	5,909,317,920	5,138,537,321
تكاليف مرحلة الاستثمار الاولي	806,295,600	701,126,608
تكاليف مرحلة التشغيل	1,920,237,360	1,669,771,617
تكاليف مرحلة الصيانة الدورية	461,607,160	401,397,530

تكاليف مرحلة التخلص او التدهور	صفر	صفر
مجموع تكاليف دورة الحياة	3,188,140,120	2,772,295,755
صافي التدفق المتوقع (النقدي)	2,721,177,800	2,366,241,566
كلفة الاستثمار الأولية	806,295,600	-
التدفقات الداخلة	147,732,948	-
التدفقات الخارجة	59,546,113	-
الربح الصافي(NP)(صافي التدفق النقدي)	88,186,835	-
صافي القيمة الحالية(NPV)	2,261,072,573	-
مؤشر الربحية(PI)	3.80427249	-
معدل العائد الداخلي(IRR)	%12.592	-

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المشروع.

يلاحظ ان تكاليف مرحلة الاستثمار الأولي تشكل نسبة 91.9% من إجمالي التكاليف، تليها تكاليف التشغيل بنسبة 6.79%، ثم تكاليف الصيانة بنسبة 1.31%. وتشير هذه النسب إلى الأهمية النسبية لعناصر التكاليف، حيث تبرز مرحلة التأسيس كأكثر المراحل تأثيراً من حيث الكلفة، ما يستدعي إيلاءها اهتماماً خاصاً في تخطيط وتنفيذ المشروع.

كما يُبرز الجدول تقييماً اقتصادياً متكاملاً لمشروع محطة نينوى للطاقة المستدامة، ويعكس مؤشرات مالية إيجابية تؤكد جدوى المشروع من الناحية الاستثمارية. ويتضح من التحليل أن العوائد السنوية المتوقعة على مدى العمر التشغيلي للمحطة تُعد مرتفعة بالمقارنة مع التكاليف الاستثمارية والتشغيلية والصيانة، وهو ما يعكس قدرة المشروع على استرداد تكاليفه وتحقيق جدوى مالية مستقبلية.

كما تُظهر المؤشرات المالية الرئيسية، مثل صافي القيمة الحالية ومؤشر الربحية، أن المشروع يُحقق قيمة اقتصادية مضافة تتجاوز التكاليف، وهو ما يدعم قرار الاستثمار فيه. ويُعزز معدل العائد الداخلي من جاذبية المشروع، كونه يشير إلى قدرة المحطة على تحقيق عوائد تتجاوز المعدلات الدنيا المقبولة للاستثمار، الأمر الذي يُطمئن المستثمرين ويزيد من ثقتهم في استدامة المشروع.

وبناءً على هذه المعطيات، يتضح أن المشروع لا يقتصر على كونه مجدياً مالياً فحسب، بل يمتلك أيضاً فرصاً استثمارية واعدة على المدى الطويل. إن التوازن بين التكاليف والعوائد، مقروناً بصلابة المؤشرات الاقتصادية، يشير إلى وجود نموذج تشغيل فعّال يُمكن الاعتماد عليه لتحقيق الأهداف المالية والبيئية المخططة.

علاوة على ذلك، فإن الطابع البيئي للمشروع المتمثل في تحويل النفايات إلى مصدر للطاقة يُمنحه بعداً تنموياً مستداماً، ويعزز من فرص حصوله على دعم حكومي أو تمويل دولي، نظراً لمساهمته في تقليل الأثر البيئي المحتمل.

7-2-1 تحليل الحساسية بزيادة او انخفاض التكاليف والايرادات

يُعد تحليل حساسية المؤشرات المالية للمشروع تجاه التغيرات في الإيرادات والتكاليف أمرًا بالغ الأهمية لتقييم مدى مرونة المشروع وقدرته على الصمود في ظل تقلبات السوق. وان قرار الاستثمار هو قرار مرتبط بالتوقعات وتقديرات للمستقبل التي قد تكون قريبة من التحقق وليست مطلقة الحدوث او التحقق مما يؤثر على دقة النتائج ولغرض التأكد من قرار الاستثمار في محطة نينوى للطاقة المستدامة وبناءً على توقعات إدارة المشروع ان اسوأ الحالات التي ممكن ان يمر بها المشروع هو ان تتغير الإيرادات والتكاليف زيادة او انخفاض بنسبة 5% نتيجة توقع تغيرات سعر الصرف، الضرائب، مخاطر السوق، كذلك الطلب على الطاقة. وفيما يلي جدول (6) يوضح تحليل الحساسية لتأثير التغيرات في الإيرادات والتكاليف على الربح الصافي لمجموعة من الحالات.

جدول(6) تحليل الحساسية لتأثير التغيرات في الإيرادات والتكاليف على الربح الصافي(المبالغ بألاف الدنانير)

التفاصيل	التقييم الأساس	الحالة الأولى انخفاض الإيرادات بنسبة 5% مع بقاء الكلف التشغيلية	الحالة الثانية ارتفاع الكلف التشغيلية بنسبة 5% مع بقاء الإيرادات	الحالة الثالثة ارتفاع الكلف التشغيلية بنسبة 5% وانخفاض الإيرادات بنسبة 5%
كلفة الاستثمار الأولية	806,295,600	806,295,600	806,295,600	806,295,600
العوائد السنوية	147,732,948	140,346,301	147,732,948	140,346,301
الكلف التشغيلية	59,546,113	59,546,113	62,523,419	62,523,419
الربح الصافي(NP)	88,186,835	80,800,188	85,209,529	77,822,882
صافي القيمة الحالية(NPV)	2,261,072,573	2,004,145,791	2,157,514,104	2,157,514,104
مؤشر الربحية(PI)	3.80427249	3.48562155	2.67583514	3.35718420
معدل العائد الداخلي(IRR)	%12.592	%11.813	%12.295	%11.458

المصدر: اعداد الباحث بالاعتماد على بيانات المشروع.

تشير النتائج إلى أن انخفاض الإيرادات، حتى بنسبة طفيفة، يؤدي إلى تقليص ملحوظ في صافي أرباح المشروع، رغم ثبات التكاليف. هذا يؤكد على أهمية الحفاظ على مستوى إيرادات مستقرة أو متصاعدة لضمان استدامة الجدوى المالية، ويعزز من ضرورة وضع استراتيجيات تسويقية وإدارية فعّالة للتقليل من المخاطر المرتبطة بتقلب الإيرادات.

إن ارتفاع التكاليف بنسبة 5%، يبقى صافي الربح إيجابيًا، مما يشير إلى أن المشروع قد يكون قادرًا على استيعاب بعض الزيادات في التكاليف. ومع ذلك، يجب مراقبة التكاليف بشكل أكبر واتخاذ التدابير لإدارتها مستقبلا.

إن انخفاض الإيرادات بنسبة 5% له تأثير سلبي أكبر على صافي الربح مقارنة بزيادة التكاليف بنفس النسبة، مما يؤكد أن الإيرادات تمثل العامل الأكثر حساسية في تحديد ربحية المشروع. يُظهر هذا التحليل أهمية وضع تقديرات دقيقة للإيرادات وضرورة وجود استراتيجيات فعالة لتعظيم الإيرادات والتحكم في التكاليف لضمان استدامة المشروع وتحقيقه للأرباح المستهدفة.

يتضح مما تقدم أن تحليل الحساسية يؤكد ان المشروع حقق نتائج إيجابية حتى في ظل وجود تغييرات بنسبة 5% وبهذا ينصح بقبول المشروع لغرض الاستثمار.

الاستنتاجات

1. أظهرت النتائج ان تقييم الاستثمار لمشاريع الطاقة البديلة يحقق نتائج إيجابية ويمكن قبول مثل هذه المشاريع اقتصاديا، بالإضافة الى القبول البيئي والاجتماعي.

2. يتضح ان النتائج المالية الإيجابية للمشروع مثل صافي القيمة الحالية ومعدل العائد الداخلي ومؤشر الربحية تؤكد ان مشاريع توليد الطاقة من النفايات مجدية اقتصاديا للغاية وتسهم في استعادة رأس المال المستثمر.

3. أظهرت النتائج مزيج منوع من الإيرادات الناتجة عن عمليات توليد وإنتاج الطاقة ومعالجة وتعقيم وفرز وتدوير النفايات مما يقلل بشكل كبير المخاطر المتعلقة بالتقلبات في أسعار الطاقة او تحديات سوق النفايات التي يواجهها مشروع محطة نينوى للطاقة المستدامة مستقبلا.

4. أظهرت النتائج ان تكلفة انتاج وحدة الطاقة مقاسة بالميغا واط لمشروع الطاقة البديلة هي اقل من تكلفة انتاج وحدة الطاقة في مشاريع توليد الطاقة التقليدية مما يدل على التفوق الاقتصادي لهذه التقنية على المدى الطويل فضلا عن الاثار البيئية الإيجابية.

5. يلحظ ان تكاليف مرحلة الاستثمار الأولي تمثل 91.9% من إجمالي التكاليف، مما يؤكد أن المرحلة التأسيسية هي الأكثر تكلفة وتطلب تخطيطًا دقيقًا لضمان كفاءة التنفيذ. وان تكاليف التشغيل تشكل 6.79% بينما تكاليف الصيانة تمثل 1.31% مما يعكس كفاءة التصميم التشغيلي للمحطة. عدم وجود تكاليف لمرحلة التخلص او التدهور بسبب سياسة إحلال الأصول المستمرة، مما يُقلل من المخاطر المالية طويلة الأجل.

6. اظهر تحليل الحساسية ان المشروع يبقى جيدا ومجدي من الناحية الاقتصادية حتى في ظل انخفاض الإيرادات او زيادة التكاليف بنسبة 5% او في حالة الجمع بينهما وهذا يشير الى قوة المشروع ومرونة المالية كما ان هذا المشروع تتأثر ربحيته بالإيرادات اكثر من التكاليف مما يتطلب إعطاء المزيد من الدقة عند التقدير.

التوصيات

1. يجب على متخذ القرار والشركات التي تتبنى الاستثمار في توليد الطاقة الكهربائية من النفايات تطوير استراتيجيات لتسويق المنتجات الناتجة عن معالجة النفايات؛ لأنها تمثل مصدرا مهما للإيرادات الى جانب إيرادات انتاج وتوليد الطاقة الكهربائية.

2. يجب على الجهات الحكومية ادراج مشاريع الطاقة البديلة ضمن خطط التنمية الوطنية واعتبارها جزء من التوجه نحو البيئة المستدامة بما يدعم تحقيق اهداف الاستدامة البيئية والاقتصادية ويفتح افاق جديدة لنمو مشاريع الطاقة.

3. ينبغي على الجهات الحكومية ومؤسسات الدولة وضع وتنفيذ استراتيجيات واضحة لدعم الاستثمار في قطاع الطاقة البديلة، من خلال تقديم حوافز ضريبية، وتسهيل إجراءات الحصول على القروض، ومنح إعفاءات جمركية لاستيراد الآلات والمعدات المخصصة لهذا القطاع.

4. تطوير برامج توعية مجتمعية حول فوائد المشروع البيئية والاقتصادية، واجراء دراسات دورية لقياس التأثير البيئي والاجتماعي.

5. من الضروري الاستثمار في تدريب وتأهيل الكوادر المحلية لتمكينها من إدارة مشاريع الطاقة البديلة بفعالية، بما في ذلك إجراء تحليلات الجدوى الاقتصادية المستدامة، وذلك لضمان استمرارية هذه المشاريع وكفاءتها على المدى البعيد.

المصادر

1. المجمع العربي للمحاسبين القانونيين(IASCA) . (2014). المحاسبة الإدارية والإدارة المالية. عمان، الأردن: المجمع العربي للمحاسبين القانونيين.

1. Nubi, O., Morse, S., & Murphy, R. J. (2022). *Prospective life cycle costing of electricity generation from municipal solid waste in Nigeria*. Sustainability, 14(20), 13293.

https://doi.org/10.3390/su142013293:contentReference[oaicite:0]{index=0}

2. Li, C., Wang, F., Zhang, D., & Ye, X. (2016). Cost management for waste to energy systems using life cycle costing approach: A case study from China. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 8(2), 025901. https://doi.org/10.1063/1.4943092

3. Yousfi, A., Poirier, E. A., & Forgues, D. (2022). Exploring the synergies between Life Cycle cost / Whole Life Cost and Building Information Modeling: A Systematic Literature

Review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 1101(5), 052011. https://doi.org/10.1088/1755-1315/1101/5/052011

4. Wieke, S. (2024). Life cycle cost analysis in investment projects – examination of case studies and risk mitigation with Monte Carlo simulation. Science Review Engineering and Environmental Sciences, 33(4). https://doi.org/10.22630/srees.9798

5. Ayodele, T., Ogunjuyigbe, A., & Alao, M. (2017). Life cycle assessment of waste-to-energy (WtE) technologies for electricity generation using municipal solid waste in Nigeria. *Applied Energy*, *201*, 200–218. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.05.058

6. Zaynalov, J. R., & Alieva, S. S. (2023). Alternative energy development in the Republic of Uzbekistan. E3S Web of Conferences, 403, 06015. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340306015

7. Alajmi, R. Gh. (2022). Waste-to-energy and electricity generation: Analysis for Saudi Arabia. Journal of Economic, Administrative and Legal Sciences, 6(24), 164–180. https://doi.org/10.26389/AJSRP.M180722

8. Zakaria, N., Ali, A. S., & Zolkafli, U. K. (2020). The implementation of life cycle costing towards private client's investment: The case of Malaysian construction projects. Journal of Building Performance, 11(1), 127–140. Retrieved from http://spaj.ukm.my/jsb/index.php/jbp/index

9. Mooy, M., Afu, M. A., Usboko, G. P., & Pattiraja, A. H. (2024). Analisis life cycle cost Dan Kelayakan Investasi pada Bangunan Rumah Tinggal Permanen Tipe 27 m2. *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, *14*(1), 111. https://doi.org/10.29103/tj.v14i1.1037

10. Febrianti, S. S., & Giatman, M. (2024). Life cycle cost analysis in flat buildings (Case study of Polresta Bukittinggi flat construction project). *CIVED*, *11*(2), 625-633. https://doi.org/10.24036/cived.v11i2.579

11. Schneiderova Heralova, R. (2019). Life cycle costing of public construction projects. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *290*(1), 012060. https://doi.org/10.1088/1755-1315/290/1/012060

12. Kulczycka, J., & Smol, M. (2015). Environmentally friendly pathways for the evaluation of investment projects using life cycle assessment (LCA) and life cycle cost analysis (LCCA). *Clean Technologies and Environmental Policy*, *18*(3), 829-842. https://doi.org/10.1007/s10098-015-1059-x

13. Lapašinskaitė, R., & Boguslauskas, V. (2006). Non-Linear Time-Cost Break Even Research in Product Lifecy. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 1(46), 1392-2785.