المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات
ijeit.misuratau.edu.ly

دراسة الأثر البيئي والاقتصادي للتحول الكامل في الوقود من الزيت الثقيل الى الغاز الطبيعي بمصانع الشركة الليبية للحديد والصلب

يوسف عبد النبي الأسود[1,*]، فتحي حسين الأمين[2]
[1]قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة مصراتة، مصراتة، ليبيا، h2416205@eng.misuratau.edu.ly
[2] قسم الهندسة الميكانيكية، كلية الهندسة، جامعة مصراتة، مصراتة، ليبيا، f.elamin@Eng.Misuratau.edu.ly
* المؤلف المراسل

تاريخ الورقة
استلمت الورقة بالكامل في: 22 فبراير 2026
وروجعت في: 21 ابريل 2026
وقبلت للنشر في: 20 يونيو 2026
ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في: 24 يونيو 2026

DOI:
https://doi.org/10.36602/ijeit.v14i2.618

الكلمات المفتاحية
الزيت الثقيل - الغاز الطبيعي - أنواع الوقود الصناعي - انبعاثات الاحتراق - الشركة الليبية للحديد والصلب.

الملخص

تتناول هذه الورقة التعريف بالغاز الطبيعي والزيت الثقيل كوقود مستخدم في عمليات الاحتراق لتشغيل الافران والغلايات بالمصانع ووحدات الإنتاج وتوليد الكهرباء بالشركة الليبية للحديد والصلب، وتهدف إلى حصر الكميات المستخدمة بالشركة والوقوف على واقع الاستخدام سواء الغاز الطبيعي أو الزيت الثقيل وبيان الافضل من حيث التكلفة والانبعاثات والوقوف على جهود وامكانيات الشركة في التحول الكامل للغاز بكونه الافضل لعمليات التشغيل والصيانة وتحقيق معدلات أكبر من الانتاج والاقل في انبعاث الملوثات وانخفاض التكلفة، ووضحت الورقة مشاكل ومعوقات امدادات الغاز المحلية واقتراح التوصيات التي تساعد في تحقيق هذا التحول وتم الاعتماد فيها على المنهج الوصفي والتحليلي من خلال جمع وحصر البيانات والمعلومات المرتبطة بموضوع الدراسة وترتيبها واجراء عمليات الاحتساب والمقارنة للوصول الى النتائج المطلوبة. وقد تم الوقوف على تجربة فعلية في التحول الكامل للغاز بمصنع الجير والدولميت وأثر هذا التحول على التكلفة والانتاج. كما تم احتساب اجمالي كميات الغاز التي تحتاجها الشركة سنويا للتحول الكامل في استخدامه كوقود والوفر الواضح في التكلفة السنوية حيث قدرت بأجمالي **1.832** مليار متر مكعب سنويا. بحيث تحقق معه الشركة وفر في الانفاق السنوي على الوقود بما يقارب 23 مليون دينار وتحقيق نسب كبيرة في تخفيض الانبعاثات مع انتظام الاحتراق باستخدام الغاز وتخفيض الترسبات الكربونية في الغلايات والافران مما يقلل عدد مرات التوقف ويخفض من تكاليف الصيانة ويرفع من معدلات الإنتاج.

Environmental and Economic Impact Study of a Complete Fuel Switch from Heavy Oil to Natural Gas at Libyan Iron and Steel Company Plants

Yousef A. Alaswad [1, *], h2416205@eng.misuratau.edu.ly, Fathi H. Elamin [2], f.elamin@Eng.Misuratau.edu.ly
[1,2] Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, Misurata University, Misurata, Libya
* Corresponding author

Abstract

This paper investigates the utilization of natural gas and heavy fuel oil in the combustion processes of furnaces and boilers across various production facilities and power generation units at the Libyan Iron and Steel Company. The study aims to quantify fuel consumption, assess current utilization patterns, and evaluate comparative efficiency regarding operational costs and environmental emissions. Furthermore, it explores the company's strategic efforts and technical capabilities to transition fully to natural gas, highlighting its benefits in optimizing operation and maintenance, maximizing production rates, and minimizing both pollutant emissions and expenditures. Additionally, the paper addresses local supply-chain constraints and proposes actionable recommendations to facilitate this energy transition. To achieve these objectives, a descriptive-analytical methodology was employed, involving systematic data collection, quantitative calculations, and comparative evaluations. Concurrently, a pilot case study was implemented on the full conversion to natural gas within the lime and dolomite plant to examine its direct impact on cost and productivity. The findings estimate the company's total annual natural gas requirement at 1.832 billion cubic meters, which would yield an estimated financial saving in annual fuel expenditure of approximately 23 million Libyan Dinars. Moreover, the transition demonstrates a significant reduction in pollutant emissions, enhanced combustion stability, and a mitigation of carbon deposits within boilers and furnaces—thereby minimizing operational downtime, lowering maintenance costs, and increasing production rates.

Index Terms

Heavy fuel oil, Natural gas, Industrial fuels, Combustion emissions, Libyan Iron and Steel Company.

1. مقدمة

يعتبر الغاز الطبيعي أكثر كفاءة من الزيت الثقيل في تشغيل الافران والغلايات لتميزه بخاصية الاحتراق الكامل والنظيف وعدم تسببه بانبعاثات عالية من الملوثات، ولا يتسبب في انتاج أي مخلفات صلبة كالرماد مما ينتج عنه صيانة سهلة وغير مكلفة ولا يحتاج الى معالجات معقدة او أي إضافات مكلفة عند الاستخدام إضافة الى رخص وسهولة العمليات اللازمة له في الشحن والنقل والامداد، وهو مركب طبيعي يشابه البترول في تكوينه الا انه في الحالة الغازية لا لون له ولا رائحة.

أما الزيت الثقيل هو أحد المكونات الناتجة عن عملية التكرير للنفط الخام ويستخدم كوقود في العمليات الصناعية، الا أنه يسبب في انبعاثات عالية من الملوثات والمخلفات الصلبة مقارنة بالغاز، ويحتاج الى معالجات واضافات عند الاستخدام، إضافة الى تسببه في اعطال متكررة للمعدات وزيادة في التوقفات وزمن الصيانة واستهلاك في قطع الغيار، مما ينتج عنه هدر في معدلات الانتاج و ارتفاع تكاليف التشغيل والصيانة، ولهذا تتجه معظم المؤسسات الصناعية ومحطات الانتاج الى استخدام الغاز الطبيعي في تشغيل الغلايات والافران ووحدات الانتاج لتحسين الكفاءة وتقليل التكلفة وتخفيض الانبعاثات.

والشركة الليبية للحديد والصلب ليست استثناء من هذا التوجه، فبقدر ما تواجه عملياتها الصناعية والانتاجية من تحديات صعبة في توفير المواد الخام وكميات كافية من الغاز والزيت وضمان الجودة في الانتاج، إلا أنها لا تدخر الجهد في اتباع طرق مثالية في التشغيل والصيانة وتبني سبل التطوير والتحسين الحديثة والمناسبة للرفع من مستوى عملياتها وتحقيق الكفاءة في الإنتاج وتخفيض الانبعاثات.

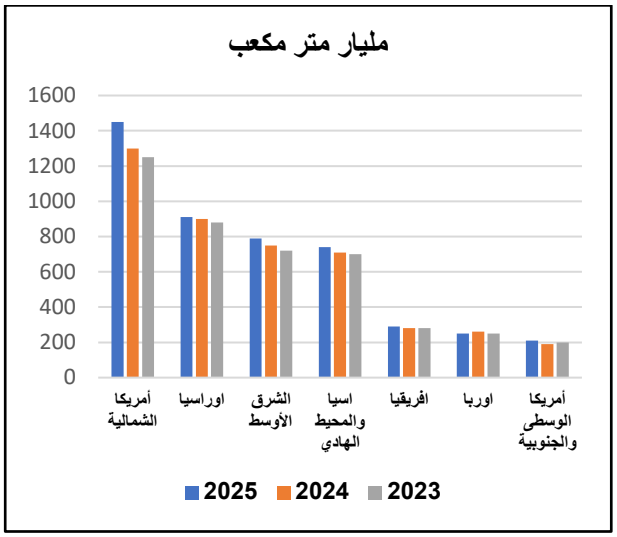
2. أسعار الغاز الطبيعي

تعتمد أسعار بيع الوقود على عوامل عدة منها نسبة العرض والطلب، التنافس مع مصادر الطاقة الأخرى، والعوامل البيئية وتضاريس الإنتاج والامداد، نوع وتكلفة تقنيات الاستكشاف والتنقيب والتصنيع والنقل المستخدمة والمؤثرات الاقتصادية والسياسية المحيطة بعمليات الإنتاج والامداد، وقد بلغ متوسط سعر الغاز الطبيعي في السوق الفورية لمؤشر Henry Hub هنري هاب الأمريكي 4.62 دولار لكل مليون وحدة حرارية بريطانية MMBtu، وحسب توقعات إدارة معلومات الطاقة الأمريكية فإن متوسط السعر في هنري هاب لسنة 2026 يتوقع له انخفاض إلى قيمة 4.2 دولار لكل مليون وحدة حرارية، مقارنة بـ 2.7 دولارًا في عام 2023، وبزيادة 45 % عن مستوياتها المسجلة بين 2016 و2020، بحسب تقديرات وكالة الطاقة الدولية، وكانت أسعار الغاز في الولايات المتحدة قد ارتفعت إلى أكثر من 6 دولارات لكل مليون وحدة حرارية بريطانية في عام 2022، وهو أعلى مستوى لها منذ عام 2008، بحسب ما رصدته وحدة أبحاث الطاقة **[1]**.

3. انتاج العالم من الغاز الطبيعي

تُعد مناطق أميركا الشمالية وبوراسيا من أعلى المناطق إنتاجًا، وفي مقدمتها الولايات المتحدة وروسيا، وقد شهد إنتاج الغاز الطبيعي عالميًا ارتفاعا ليصل إلى 4.14 تريليون متر مكعب خلال عام 2024، مقارنة بنحو 4.08 تريليون متر مكعب في عام 2023، و4.09 تريليون متر مكعب في عام 2022 **[2]**، وانتاج ليبيا من الغاز خلال العام 2024 قدر بكمية **13.98** مليار متر مكعب. **[3]**

ويصل متوسط انتاج ليبيا السنوي من الغاز الطبيعي خلال السنوات الأخيرة إلى 14.3 مليار متر مكعب بعد أن كانت تنتج ما متوسطه 15 مليار متر مكعب قبل 2011.



شكل 1. انتاج العالم من الغاز الطبيعي خلال الفترة 2023-2025.[4]

4. السياسة الاقتصادية المتعلقة بالزيت الثقيل والغاز الطبيعي

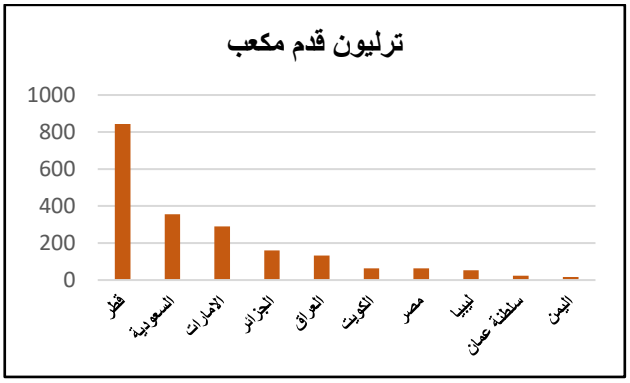
نظرا لسهولة التنقيب والإنتاج والمناولة والامداد للغاز الطبيعي وكذلك الطلب العالمي لهذا الوقود النظيف فان الدول المنتجة تتجه الى تخصيص الغاز للتصدير وتخصيص الزيت الثقيل للاستخدام المحلي وخاصة دول العالم الثالث نظرا للطلب المتزايد للغاز خاصة من الدول الاوربية والتي تنادي بتبني الطاقات المتجددة لدى دول المصدر والتي اغلبها في افريقيا واسيا لتتوفر لها الامدادات من النفط والغاز الطبيعي وأيضا لتوفر مصادر الطاقات المتجددة عند دول المصدر واهمها الطاقة الشمسية، الا أن عدد كبير من الخبراء في المنطقة العربية ينادون بتبني سياسة اقتصادية تمنح الغاز الطبيعي أولوية في استخدامه محليا وعدم تصديره **[5]**.

5. استخدام الزيت الثقيل والغاز عالميا

نظرا لتميز الغاز الطبيعي بسرعة الاشتعال والنظافة وضآلة ما يساهم به في تلويث البيئة فإنه يعتبر وقودا مثاليا من الناحية البيئية، ويتفوق الغاز أيضا من حيث كفاءة الاستخدام في توليد الكهرباء، إذ يستعمل كوقود في الدورة المركبة التي يمكن باستخدامها رفع كفاءة التوليد بما يزيد على ثلث الكفاءة العادية لتوليد الكهرباء. وفى السنوات الأخيرة أمكن استخدام الغاز كوقود للسيارات **[5]**، وقد شهدت أوربا في الثلاث عقود الأخيرة تدني ملحوظ في استخدامات الزيت الثقيل وقد تبنت سياسة مشددة في استخدامه كوقود صناعي او في وسائل النقل البحري حيث اثرت هذه السياسة على أسواق الزيت باوربا من حيث الإنتاج والتصدير والاستيراد ومعظم الاستخدام حاليا يتركز كوقود لسفن الشحن**[6]** .

6. احتياطي الغاز ومعوقات الإنتاج والإمدادات محليا

وفق بيانات حديثة جمعتها وحدة أبحاث الطاقة، تأتي ليبيا في الترتيب الثامن عربيا العام 2023 في قائمة الدول العربية الأكثر احتياطي من الغاز الطبيعي حيث تصدّرت كل من قطر والسعودية والإمارات القائمة، في ظل تنافس الدول على كشف المزيد من الغاز، الذي يزداد الاهتمام به عالميًا بصفته الأقل انبعاثًا من بين أنواع الوقود الأحفوري الأخرى.



شكل 2. أكثر 10 عشر دول عربية في احتياطي الغاز الطبيعي لسنة 2023 [4]

وتحتاج الدولة الليبية إلى عدة عوامل للرفع من عمليات اكتشاف المزيد من الاحتياطي وكذلك في الامدادات والحفاظ على استقرار معدلات التشغيل والإنتاج وتتمثل في:

- حاجة الحقول ووحدات تكرير الى الصيانة وقطع الغيار والخبرات الأجنبية المساعدة في التشغيل والصيانة والتنقيب والاكتشاف بصفة مستمرة.
- تحسين الحالة الفنية لخطوط الامداد، ومكوناتها، بالصيانة المستمرة والاحلال.
- رفع الكفاءة والمهارة في الموارد البشرية بالتأهيل والتدريب المكثف في مجال التشغيل، والصيانة، والحفر، والتنقيب.
- أهمية استقرار الأوضاع الحالية للبلاد التي تشهد تغيرات منذ العام 2011.

7. استخدامات الغاز الطبيعي والزيت الثقيل كوقود بمصانع الشركة الليبية للحديد والصلب

تستهلك الشركة الليبية للحديد والصلب في كافة مصانعها كمية تقارب من 80الى 120 مليون قدم مكعب يوميا من الغاز الطبيعي يتم امدادها للشركة عن طريق خط الغاز الساحلي.

وتستهلك كميات من الزيت الثقيل في كافة مصانعها يتم توريدها للشركة عن طريق النقل البحري وأفضلها الموردة من مصافي التكرير المحلية الثلاثة بالحريقة طبرق والبريقة راس لانوف والزاوية وذلك لتميز المنتجات المحلية بانخفاض نسبة الكبريت والشوائب مقارنة بالمستورد.

ويتم استخدام الغاز والزيت كوقود اما بصورة أحادية كما هو حادث بوحدات الاختزال المباشر ومصنع الجير ومحطة تحلية المياه والتي تستخدم في عملياتها الغاز الطبيعي فقط، او بعمليات حرق مشتركة في نفس الوقت بالإثنين، كما هو حادث بمحطة توليد الكهرباء حيث يتم تشغيل كل غلاية من الغلايات الموجودة بالمحطة بمحارق لحرق الزيت والغاز بصورة متزامنة وهذا فقط في حال توفر الغاز بالكميات الكافية وهذا ما تعاني منه الشركة حاليا فخلال الفترة الأخيرة تناقصت كميات الغاز مما أدى الى تشغيل وحدات توليد الكهرباء بالزيت الثقيل فقط.

1.7- الاستخدام بمحطة التحلية وتوليد الكهرباء Power (PDP)Desalination Plant

- **محطة توليد الكهرباء**

القدرة الإنتاجية التصميمية لهذه المحطة: 508 ميغاوات **[7]**، وتوجد بالمحطة عدد 6 وحدات لتوليد الكهرباء من توربينات بخارية بكل وحدة 12 محرقة، ويتم تشغيل 4 وحدات وواحدة احتياط وواحدة صيانة.

يستخدم الغاز والزيت في عمليات الاحتراق داخل الوحدات بصورة متزامنة وفق الطرق التالية بكل غلاية: 4 محارق غاز + 8 محارق زيت ثقيل أو 8 غاز + 4 زيت أو 12 غاز + 0 زيت أو 0 غاز + 12 زيت.

وبالرغم من أن التشغيل الكامل بالغاز يعتبر الأفضل من ناحية الكفاءة والتكلفة وتدني الملوثات المنبعثة وسهولة الصيانة ومتطلبات التشغيل، الا أن الشركة تقوم بتشغيل وحدات توليد الكهرباء بالخيار الأول 4 غاز + 8 زيت لضمان ثبات تشغيل الغلايات والحفاظ على استمرارية وثبات التشغيل لعدم كفاية كميات الغاز الموردة للشركة.
ونظرا لعدم امداد كميات الغاز الكافية فيتم التشغيل بالزيت الثقيل خلال الفترة الأخيرة حيث يتم استهلاك ما معدله 550 $م^3$ يوميا للوحدة الواحدة إضافة الى استهلاك افران التسخين لكمية 150 $م^3$ يوميا وعادة ما يتم بصورة طبيعية تشغيل الوحدات الثلاثة لتوليد الكهرباء مع افران التسخين ليصل اجمالي الكمية المستهلكة من الزيت الثقيل 1800 $م^3$ يومياً.

- **محطة تحلية المياه**

الطاقة الإنتاجية التصميمية للوحدة الواحدة (10,000 $م^3$ في اليوم) **[7]**، توجد بالمحطة 3 وحدات، 2 تشتغل وواحدة صيانة، ولا يوجد استخدام للزيت الثقيل بمحطة التحلية حيث يقتصر الاحتراق على الغاز الطبيعي فقط.
وحاليا يتم تشغيل 3 غلايات فعليا وكل واحدة تستهلك ما يقارب من 3الى 4.5 مليون قدم مكعب من الغاز يوميا (من 85,000 متر مكعب الى 127,350متر مكعب يوميا).، أي ما يقارب 9 الى 14 مليون قدم مكعب يوميا من الغاز للثلاثة غلايات (من 355,000 متر مكعب الى 397,000 متر مكعب يوميا) **[8]**.

جدول 1. اجمالي الكميات المتوقع استهلاكها من الوقود بالمحطتين خلال العام 2025 [9]

المخطط للغاز 2025 (متر مكعب)	المخطط للزيت 2025 (متر مكعب)
779,387,000	503,000

2.7- وحدات الاختزال المباشر

توجد عدد 3 وحدات اختزال مباشر تشتغل باستهلاك يومي من الغاز الطبيعي فقط يقارب من 16 الى 18 مليون قدم مكعب لكل وحدة، أي باستهلاك يومي لعدد 3 وحدات اختزال بمعدل 48 الى 54 مليون قدم مكعب، ولا يوجد استخدام للزيت الثقيل وفق آلية التشغيل المصممة لوحدات المصنع الثلاثة. كما يوجد استخدام كامل للزيت الثقيل في تشغيل افران مصانع الدرفلة الطولية والدرفلة المسطحة مبينة بالجدول رقم (2) مع باقي الوحدات **[8]**.

3.7- مصنع الجير والدولميت -حالة تحول من الزيت الى الغاز كوقود

توجد عدد 3 افران لمعالجة الحجر الجيري والدولميت بمصنع الجير كان في السابق يتم تشغيلها الثلاثة باستخدام الزيت الثقيل كوقود في عملية الاحتراق وإنتاج اللهب والحرارة داخل هذه الافران، اثنان منها عمودية بارتفاع 44 متر تستخدم لمعالجة الحجر الجيري عند درجة حرارة 950 درجة مئوية لا نتاج "الجير الحي" المستخدم في إضافات افران القوس الكهربائي بمصانع الصلب لفصل الشوائب وتكوين الخبث، وواحد أسطواني افقي دوار لمعالجة الدولميت عند درجة حرارة 1500 درجة مئوية لا نتاج الدولميت المحروق لتبطين الحراريات بقاع أفران الصلب واطالة عمرها.

وقد تم مؤخرا في العامين 2023 و2024 التحول الكامل الى الغاز الطبيعي كوقود في الأفران العمودية وذلك بعد الاطلاع على هذه التجربة في أحد مصانع "دولة الهند" من طرف العاملين خلال زيارة لهم لاحد المصانع المشابهة وفق الزيارات التي تدعم بها الشركة عمليات التطوير ورفع الكفاءة المستمرة للعاملين التابعين لها.

وبسبب المشاكل التي كانت تواجه المشغلين وافراد الصيانة نتيجة استخدام الزيت تم التوجه للاستفادة من هذه التجربة والعمل على استبدال الزيت بالغاز الطبيعي ومن هذه المشاكل:

- ضرورة تسخين الزيت بالبخار في الافران قبل التشغيل لتخفيض اللزوجة بعد التوقف وتقدر كمية البخار اللازمة لعمليات التسخين 36 ألف متر مكعب يوميا.
- الحاجة الى 3 مضخات لضخ الزيت للمحارق والتي تتعرض الى اعطال مستمرة بسبب تجمد الزيت بها بعد توقف التشغيل لأي سبب وبالتالي ارتفاع تكاليف الصيانة واستهلاك قطع الغيار وزيادة زمن التوقفات.
- تكلس الحجر الجيري بالأفران لتعرضه للرطوبة نتيجة تسرب البخار الى الفرن من خلال المحارق بعد عملية تسريح مجاري هذه المحارق بالبخار للتخلص من رواسب الزيت، مما يتطلب زمن للتوقف لإزالة هذه التكلسات بالأفران.
- في حال توقف البخار المستخدم في تسخين الزيت بالمضخات وكذلك داخل انابيب الافران فان ذلك يسبب عطل بالمحارق وعددها 24 بكل فرن الامر الذي يجبر على استبدالها بالكامل واضافة تكلفة ووقت للتوقف.
- انخفاض معدلات الإنتاج بسبب زمن التوقفات.

وقد تم تحوير منظومة الاحتراق بالأفران العمودية وشرع في تشغيل الفرن الأول بتاريخ 2023.08.02 واستكمال التجارب بالفرنين خلال الربع الأول من العام 2024 وقد سجلت النتائج مميزات واضحة لهذا التحول تمثلت في التالي:

- ارتفاع معدلات الإنتاج لكل فرن بعد التطوير الى وقود الغاز من 130 طن / يومي الى 180 طن يومي من الجير الحي ومستهدف الوصول الى 200 طن / يومي.
- متوسط كمية الغاز المستهلكة خلال العامين 2024 و2025 قدرت بقيمة: 5,413,864 متر مكعب.
- معدل الإنتاج الأسبوعي في السابق بحرق الزيت كان بمعدل 890 طن اسبوعي وارتفع الى 1250 طن اسبوعي بعد التشغيل بالغاز ومخطط الوصول الى انتاج 1300 الى 1400 طن اسبوعي لكل فرن.
- انخفاض زمن التوقفات لنقص الأعطال بسبب الاستغناء عن بعض المعدات الحرجة ودائمة الأعطال مثل المضخات إضافة الى التخلص من مشكلة التكلس لعدم الحاجة للتسريح بالبخار عند استخدام الغاز.
- الاستغناء عن منظومة التسخين بالبخار سواء بداية التشغيل او في عمليات تسريح المحارق.
- سهولة عمليات التشغيل باستخدام الغاز كوقود لانخفاض مراحل المعالجة والتجهيز والمعايرة وعمليات الاحتساب المختلفة لمواد التشغيل وعملية الاحتراق مقارنة باستخدام الزيت **[8]**.

8- كميات الاستهلاك للوقود بنوعيه خلال السنوات من 2006 الى 2025

يبين الجدول 2 اجمالي الاستهلاك السنوي بالشركة من الغاز والزيت الثقيل ويبين الجدول 3 الاستهلاك السنوي م³ للغاز والزيت بجميع مصانع الشركة ووحداتها الإنتاجية عدا محطتي التحلية وتوليد الكهرباء:

جدول 2. المتوسط السنوي لسنتي 2024 و2025 لكميات الغاز والزيت الثقيل بمصانع الشركة عدا محطتي التحلية وتوليد الكهرباء. [10]

البيان	الوقود	الكمية (م³)
متوسط استهلاك سنتين من 2024 الى 2025	غاز	518,413,826
متوسط استهلاك سنتين من 2024 الى 2025	زيت ثقيل	27,716

جدول 3. تفصيل الاستهلاك السنوي بالشركة خلال الفترة من 2006 الى 2025 عدا محطتي التحلية وتوليد الكهرباء [10]

البيان	الغاز الطبيعي (م³)	الزيت الثقيل (م³)
مصانع الاختزال 2&1	3,957,573,029	0
مصنع الاختزال 3 (القولبة)	2,162,677,999	0
الصلب 1	3,653,295	0
الصلب 2	7,243,329	0
مصانع القضبان 2&1	80,783,851 القضبان 2 فقط	312,798 قضبان 2&1
الخط المزدوج A&B	61,492,110	0
مصنع القطاعات	0	56,392
مصنع الدرفلة على الساخن	0	295,293
المعالجة الكيميائية	2,689,603	0
مصنع الجير والدولميت	11,828,796	45,355
الاجمالي	**6,287,942,013**	**709,838**

9. تكلفة الوقود المستهلك بنوعيه

وتقدر تكلفة المتر المكعب من **الزيت** الثقيل (المتر المكعب يعادل طن من الزيت تقريبا) بسعر 36 د.ل للطن + 14 د.ل مقابل النقل البحري (بأجمالي 50 د.ل للمتر المكعب).

وسعر المتر المكعب من الغاز الطبيعي تقدر بما يعادل 208 درهم لكل مليون وحدة حرارية MMBtu، حسب تسعيرة شركة سرت في تعاملاتها مع الشركة الليبية للحديد والصلب أي ما يعادل (7.5 درهم للمتر مكعب غاز) ($m^3$1 = MMBtu 0.036) **[8]**.

والاستهلاك المتوقع لسنة 2026 من الزيت والغاز يمكن احتسابه بناءا على الكميات من الغاز والزيت المتوقع استهلاكها بسنة 2026 بمحطة التوليد والتحلية وفق الجدول 1، ومتوسطات الاستهلاك بسنتي 2024 و2025 وفق الجدول 2، تكون الكميات الاجمالية المستهلكة تقريبا: -

للزيت = 531 ألف م³ والغاز = 1.3 مليار م³ سنويا

وبالتالي فان تكلفة الزيت والغاز المتوقعة لسنة 2026: تكلفة الزيت: 26,550,000 د.ل وتكلفة الغاز: 9,750,000 د.ل

- اجمالي التكلفة الحالية للغاز والزيت تقريبا: 36.5 مليون د.ل سنويا

10. الكمية المكافئة والتكلفة المالية لتحول الشركة الكامل الى الغاز

يتم احتساب كمية الغاز المكافئة للزيت الثقيل المستخدم بالشركة عن طريق احتساب معامل تحويل الطاقة ***ECF*** اعتمادا على القيمة الحرارية للمتر مكعب للزيت مقسومة على القيمة الحرارية للغاز ويضرب الناتج في كثافة الزيت الثقيل وفق المعادلة التالية [11]:

ECF= Energy conversion Factor

$= (43095.2\ kJ/kg \div 39195\ KJ/Nm^3) \boldsymbol{X}\ 911.7\ kg/m^3$

$= 1002.4\ Nm^3/m^3\ of\ NG.$

ويضرب هذ المعامل في كمية الزيت المستهلكة فعلا لتحويلها الى كمية مكافئة من الغاز وبالتالي فان كمية الغاز المكافئة لمتوسط استهلاك 531 ألف م³ من الزيت = 531,000 X 1002.4

= 532,274,400 م³ من الغاز سنويا

ويتم احتساب اجمالي الكمية من الغاز التي تحتاجها الشركة (متر مكعب) = الغاز المستهلك + الغاز المكافئ للزيت:

=1,300,000,000 + 532,274,400 = 1.832 مليار م³

ومن خلال أسعار الغاز المبينة بالفقرة 9 يتبين أن اجمالي كمية الغاز التي تحتاجها الشركة تقدر بتكلفة اجمالية = 13,740,000 د.ل سنويا

- وبالمقارنة بالتكلفة الحالية نتيجة استهلاك الغاز والزيت يتبين **تحقيق وفر** في الانفاق السنوي على الوقود بما يقارب **23 مليون دينار.**

11. انبعاثات حرق الوقود والاثر البيئي المتوقع للتحول الى الغاز بالكامل

تنبعث مركبات كيميائية نتيجة احتراق الغاز والزيت بمعاملات تقدر بوحدة كيلوجرام / متر مكعب وهي متفاوتة ومبينة بالجدول 4:

جدول 4. معاملات الانبعاث للمركبات الملوثة كيلو جرام لكل متر مكعب من الوقود kg/m³ [12]

المركب الكيميائي	رمز المركب	للغاز kg/m³	للزيت kg/m³
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	1.96	3,041
ثاني أكسيد الكبريت	SO_2	0.00003	45.5
الميثان	CH_4	0.00004	0.118
أكسيد النيتروز	N_2O	0.000004	0.024

ملاحظة: تم الحصول على عوامل الانبعاثات لوقود الغاز من إرشادات الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ لعام 2006 بشأن قوائم جرد غازات الدفيئة الوطنية، المجلد 2 (الطاقة): بالنسبة لثاني أكسيد الكربون والميثان وأكسيد النيتروز: تستند القيم إلى عوامل الانبعاثات الافتراضية في الفصل 1 (التوجيهات العامة والإبلاغ) والفصل 2 (الاحتراق الثابت)، الجدول 2.2.

وبالنسبة لثاني أكسيد الكبريت: تم حسابه بناءً على منهجيات محتوى الكبريت في الوقود الافتراضية في الفصل 1، القسم 1.4.3.[12]

وبناءا على كميات الغاز المكافئة لكميات الزيت المستهلكة والتي تم احتسابها بالفقرة 10 يحدث تغير في كميات انبعاثات المركبات الكيميائية ويلاحظ انخفاض كبير في هذه الكميات بنسب مئوية كبيرة كما هو مبين بالجدول 5.
والقيم المبينة بالجدول 5 تم احتسابها بضرب كمية الغاز المكافئة وكمية الزيت الثقيل المستهلكة فعلا بمعاملات كل مركب ناتج من احتراق كليهما والمبينة بالجدول 4 أعلاه.

جدول 5. النسب المئوية لمقدار التغير في نسب المركبات المنبعثة للكميات المكافئة من الغاز للزيت سنويا [13]

المركب الكيميائي	كمية الانبعاثات *Kg* للزيت *HFO* لكمية **531 ألف م³** محروقة حاليا	كمية الانبعاثات *Kg* للغاز *NG* لكمية **532 مليون م³** مكافئة	نسبة التخفيض %
CO_2	1,614,771,000	1,042,720,000	35
SO_2	24,160,500	15,960	99.9
CH_4	62,658	21,280	66
N_2O	12,744	2,128	83

الخلاصة

تمتلك ليبيا مخزونا احتياطيا هائلا من الثروات الطبيعية وتعدّ الأولى عربيا والخامسة عالميا من حيث احتياطي النفط الصخري، وتحتل المرتبة الثانية أفريقيا، والثامنة عالميا في احتياطي الغاز بحيث يقدر احتياطي الغاز الطبيعي محليا بـ 1,539,000,000,000 متر مكعب (1.539 ترليون متر مكعب)، وقد انتجت ليبيا ما يقارب (13.9) مليار متر مكعب في العام 2025مقابل (12.1) مليار متر مكعب في.2020، ونظرا لجدوى التحول من الزيت الثقيل الى الغاز الطبيعي في تشغيل المصانع والوحدات بالشركة الليبية للحديد والصلب لتأثير ذلك على تخفيض الانبعاثات وتقليل المشاكل المصاحبة لعمليات التشغيل والصيانة وتقليل زمن التوقفات، فان الامر يتطلب توفير كميات كبيرة من الغاز الطبيعي لسد احتياجات هذه المصانع والتي تقدر بأجمالي 1.832 مليار متر مكعب سنويا، وتحقق معه الشركة وفر في الانفاق السنوي على الوقود بما يقارب 23 مليون دينار وتخفيض بنسب كبيرة من الانبعاثات مع انتظام الاحتراق باستخدام الغاز وتخفيض الترسبات الكربونية في الغلايات والافران مما يقلل عدد مرات التوقف ويخفض من تكاليف الصيانة ويرفع من معدلات الإنتاج.

الا ان امدادت الغاز غير كافية بحيث تشجع في اتخاذ قرار التحول الى التشغيل بالغاز الطبيعي بالكامل، مما يتطلب توفير بدائل أخرى بالتزامن مع الغاز الطبيعي لضمان استقرار التشغيل ومن هذه البدائل الزيت الثقيل بالرغم من مشاكل استخدامه ومن المعوقات والعراقيل التي تمنع توفر امدادت الغاز الطبيعي بصورة كافية الأسباب التالية:

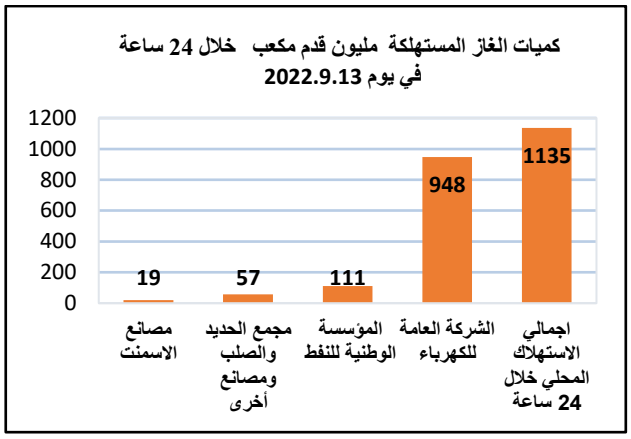
- التأثير السلبي للوضع الحالي للبلاد على عمليات الانتاج والتشغيل والصيانة لحقول الغاز وخطوط الامداد وعدم التوسع في عمليات جديدة للاستكشاف والتنقيب لزيادة الاحتياطي

بالتزامن مع مشاكل الصيانة والفواقد في حقول انتاج الغاز الحالية وخطوط الامداد.

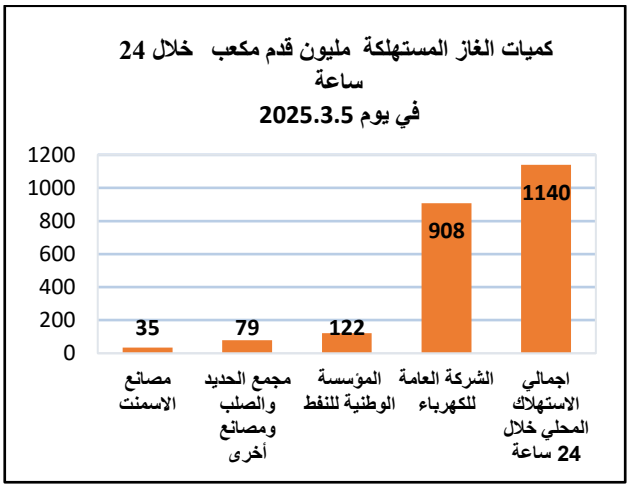
- الطلب المتزايد على الغاز الطبيعي من شركة الكهرباء والتي تعطى لها الأولية في الامداد وتستهلك ما يقارب 600 قدم مكعب من الغاز الطبيعي يومي كحد أدنى، (وتخصص لها مؤسسة النفط 897 مليون قدم مكعب من الغاز يوميا من الاستهلاك المحلي المقدر بمليار و 140مليون قدم مكعب من الغاز يومي) إضافة للكميات المصدرة خارج البلاد.

وحسب البيانات الصادرة من المؤسسة الوطنية للنفط، تأتي المؤسسة الوطنية للنفط في المرتبة الثانية بعد الشركة العامة للكهرباء للاستهلاك اليومي ثم مجمع الحديد والصلب ومصانع أخرى فيما تأتي مصانع الإسمنت في المرتبة الرابعة في استهلاك الغاز.

ويتبين من الشكلين 4 و5 ترتيب الاستهلاك بهذه الجهات مع بيان ارتفاع استهلاك الشركة الليبية للحديد والصلب من الغاز بالعام 2025 مقارنة بالعام 2022.



شكل 4. كميات الغاز المستهلكة حسب الشركات والمصانع في 2022 [3].



شكل 5. كميات الغاز المستهلكة حسب الشركات والمصانع في 2025 [3].

ولكي تضمن الشركة الليبية للحديد والصلب تحول آمن لاستخدام الغاز الطبيعي بصورة كاملة وضمان الثبات في تشغيل مصانعها ووحداتها الصناعية يؤخذ في الاعتبار النقاط التالية:

- دعم الشركة الليبية للحديد والصلب بتوفير أمدادات كافية ورخيصة من الغاز الطبيعي لتشغيل مصانعها بدلا من الزيت الثقيل وخاصة بمحطة توليد الكهرباء والتحلية لأهميتها في دعم الشبكة العامة وضمان عمليات تشغيل آمنة ونظيفة وصديقة للبيئة.
- ترشيد استهلاك الغاز الطبيعي من طرف المؤسسات المنافسة في استخدامه واهمها شركة الكهرباء وذلك عن طريق تبنيها للطرق الحديثة في التشغيل والصيانة وترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية ورفع كفاءة عملياتها التشغيلية والإنتاجية لتقليل الفواقد قدر الإمكان .
- اتخاذ الدولة ما يلزم للرفع من مستوى احتياطيات الغاز الطبيعي عن طريق تفعيل عمليات الاستكشاف والتنقيب المستمرة.
- صيانة خطوط الامداد للغاز وايلائها أهمية أكبر لضمان امدادت مستقرة.
- تخفيض الهدر في كميات الغاز المنتجة بالحقول والمنقولة بخطوط الامداد.
- التوسع في انشاء محطات توليد الكهرباء عن طريق الطاقة الشمسية والرياح بديلا عن استهلاك الغاز للحفاظ على احتياطاته.
- تبني الدولة الليبية سياسات اقتصادية مناسبة توازن بين التصدير والاستهلاك المحلي للغاز بحيث يكون تصدير الغاز في اضيق الحدود من الفائض بعد الاستخدام المحلي وان يتم الاستفادة من إيراداته في الرفع من كفاءة المشاريع التنموية بالبلاد لصالح الأجيال القادمة.

كما نوصي:

- تقليل الفواقد الحرارية بمصانع الشركة الليبية للحديد والصلب من خلال تبني عمرات دورية وطرق علمية للصيانة والاحلال لمكونات الغلايات والمنظومات المساعدة في التشغيل لرفع كفاءة عمليات التشغيل وإنتاج الطاقة الحرارية وتقنين الفاقد في استهلاك الغاز.
- تبني الطرق السليمة في التشغيل وفق المواصفات المحددة لعمليات الاحتراق لتجنب زيادة الانبعاثات الضارة من ثاني أكسيد الكربون واكاسيد الكبريت والنيتروجين والمخلفات الصلبة.
- تكثيف عمليات التدريب للعاملين ذوي العلاقة بتشغيل وصيانة الغلايات بصفة مستمرة وفق الطرق الصحيحة للتشغيل والصيانة.

وفي الختام لا يسعنا إلا نتقدم بالشكر والتقدير للسادة الفنيين والمهندسين والقياديين بإدارة تخطيط ومراقبة الانتاج وإدارة تشغيل محطة الكهرباء والتحلية وإدارة خدمات المياه والغاز وإدارة الوقاية الصناعية وإدارة التدريب بالشركة الليبية للحديد والصلب على ما قدموه من تعاون في سبيل اعداد هذه الورقة.

المراجع

[1] وكالة الطاقة الدولية (IEA)، الموقع الرسمي لوكالة الطاقة الدولية: https://www.iea.org. تاريخ الاطلاع: 2025.
[2] شركة بلومبرج (Bloomberg L.P.)، منصة بلومبرج للمعلومات المالية وأخبار الطاقة: https://www.bloomberg.com. تاريخ الاطلاع: 2025.
[3] المؤسسة الوطنية للنفط (NOC)، ليبيا، الموقع الرسمي للمؤسسة الوطنية للنفط: https://noc.ly. تاريخ الاطلاع: 2025.
[4] شبكة الطاقة (Attaqa)، منصة إخبارية وتحليلية متخصصة في شؤون الطاقة: https://attaqa.net. تاريخ الاطلاع: 2025.
[5] عبد الله، حسين، مستقبل النفط العربي، مكتبة كتب العرب: https://books4arabs.com. تاريخ الاطلاع: 2025.

[6] مؤسسة بيلونا (BELLONA)، مؤسسة دولية متخصصة في مواجهة تحديات تغيّر المناخ وسياسات الطاقة: https://bellona.org. تاريخ الاطلاع: 2025.
[7] الشركة الليبية للحديد والصلب، دليل معايير ومؤشرات الأداء، طبعة 2019، مصراتة، ليبيا.
[8] الشركة الليبية للحديد والصلب، معلومات فنية داخلية مستقاة مباشرة من مهندسي وفنيي التشغيل والصيانة، مصراتة، ليبيا 2025.
[9] الشركة الليبية للحديد والصلب، خطة الإنتاج السنوية لعام 2025، مصراتة، ليبيا، 2025.
[10] الشركة الليبية للحديد والصلب، مستندات التشغيل والصيانة والمواصفات الفنية للمصانع والوحدات الإنتاجية، مستندات داخلية، مصراتة، ليبيا 2025.
[11] ابولويفة، حسين لامين، ورقة عمل بعنوان مفارقة بين استخدام الوقود الزيتي والغاز الطبيعي من الجوانب البيئية والاقتصادية بالشركة الليبية للحديد والصلب، كتيب اعمال ورشة عمل البيئة 2018.7.7 تاريخ الاطلاع 2025
[12] 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2: Energy. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T. and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan. Available at: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/2_Volume2/V2_2_Ch2_Stationary_Combustion.pdf
[13] *Canada Energy* Regulator، https://apps.cer-rec.gc.ca/Conversion/conversion-tables.aspx .