

جميع حقوق الطبع محفوظة، ولا يجوز نسخ أو اقتباس اي جزء من هذه الدراسة أو ترجمتها أو إعادة طباعتها أو نشرها باي صورة دون إذن خطي مسبق من المنظمة، إلا في حالات الاقتباس القصير، مع وجوب ذكر المصدر.

2023

توجه جميع المراسلات على العنوان التالي:

منظمة الأقطار العربية المصدرة للبترول (أوابك)

ص.ب 20501 الصفاة الكوبت 13066

ھاتف: 24959000 (965+) - فاكسميلي: 24959755 (965+)

P.O Box 20501, Safat- Kuwait, 13066

Tel.: (+965) 24959000 - Fax. (+965) 24959755

البريد الإلكتروني: oapec@oapecorg.org

الموقع الإلكتروني: www.oapecorg.org



صناعة البتروكيماويات

إعداد د. ياسر محمد بغدادي خبير أول صناعات نفطية

مراجعة م. عماد ناصيف مكي مدير إدارة الشؤون الفنية

> إعتماد المهندس جمال عيسى اللوغاني الأمين العام

مقدمة

تعمل صناعة البتروكيماويات في بيئة معقدة، وتواجه العديد من التحديات، وهو ما يزيد من حالة عدم اليقين والضبابية التي تكتنف المشهد العام العالمي للصناعة، ويؤثر على مدى قدرة الشركات على التخطيط، والاستعداد المناسب لمستقبل يصعب التنبؤ به، وقد يكون مختلفاً تماماً عن الواقع الحالي. يعود ذلك إلى وجود العديد من التأثيرات الخارجة عن سيطرة الصناعة، بما في ذلك الأحداث الجيوسياسية، والتأثيرات الطارئة غير المتوقعة كجائحة كورونا "كوفيد- 19"، والظواهر الطبيعية المتكررة واضطرابات سلاسل الامداد، فضلاً عن الضغوط الدولية المتزايدة لتلبية متطلبات الاشتراطات البيئية الصارمة، وخفض الانبعاثات ضمن كافة مراحل سلسلة القيمة للصناعة وتحقيق الاستدامة، وما لذلك من انعكاسات على أداء الصناعة، وهوامش ربحية الشركات المنتحة.

تعمل شركات إنتاج البتروكيماويات الرائدة على الحفاظ على ريادتها ومكانتها في الأسواق العالمية، وزيادة ريحيتها باتخاذ عدد من الإجراءات المباشرة وغير المباشرة، ومنها انتهاج سياسات واستراتيجيات مرنة لتحسين الأداء، وترشيد استهلاك الطاقة بتطبيق أنظمة المراقبة والتحكم الآلي، وتطبيق أحدث التقنيات المتاحة، والعمل على التوسعات المستقبلية لزيادة الطاقات الإنتاجية، والاعتماد على الرقمنة والذكاء الاصطناعي، واعتماد المرونة والسرعة في التحول واتخاذ القرار المناسب في الوقت المناسب، وتحسين الأداء التشغيلي، والعمل على الاستفادة من المخلفات والانبعاثات لتحسين البيئة، وتعزيز إنتاجها من المنتجات، و اختراق الأسواق الناشئة، وبناء علاقات تعاون وثيقة مع العملاء والشركاء، وتوظيف واستقطاب الموارد البشرية المؤهلة والمميزة، والعمل على تطويرها بشكل مستمر.



تهدف الدراسة إلى استعراض أهم عوامل تحسين أداء صناعة البتروكيماويات، وزيادة هامش ربحيتها، وذلك من خلال ثلاثة فصول، اختص الفصل الأول بالتعريف بالمواد الخام الأولية اللازمة لصناعة البتروكيماويات ودورها في تحسين القيمة المضافة، مع الإشارة إلى محددات ودور المرونة، وسلاسل الإمداد في تعزيز الأداء على طول سلسلة القيمة. بينما استعرض الفصل الثاني أهم عوامل تحسين أداء صناعة البتروكيماويات، كما تناول إجراءات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك لتحسين أداء الصناعة. وتناول الفصل الثالث دور البتروكيماويات في تنويع مصادر الدخل غير النظام الاقتصادي والناتج القومي، وتدابير دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك للمحافظة على مكانتها وريادتها في الأسواق العالمية للبتروكيماويات. وانتهت الدراسة بعدد من الاستنتاجات والتوصيات.

تأمل الأمانة العامة أن يجد المختصون في هذه الدراسة ما يسعون إليه من الفائدة والمعلومات التي تمكنهم من الاسترشاد بنتائج التجارب الدولية في هذا المجال، لإعداد خطط واستراتيجيات من شأنها تحسين أداء وربحية الصناعة.

والله الموفق ،،،،،،

الأمين العام

مهندس/ جمال عيسى اللوغاني

قائمة المحتويات

رقم الصفحة	الموضوع
4	مقدمة
6	قائمة المحتويات
9	قائمة الأشكال
12	قائمة الجداول
13	المصطلحات والمختصرات
14	ملخص تنفيذي
16	الفصل الأول: تحديات صناعة البتروكيماويات
17	تمهید
18	1.1. صناعة البتروكيماويات والقيمة المضافة
19	2.1. مراحل إنتاج البتروكيماويات
27	3.1. إنتاج البتروكيماويات وسلاسل الإمداد
29	1.3.1. سلاسل الإمداد والمقايضة
30	2.3.1. الإدارة المستدامة لسلاسل الإمداد Sustainable Supply Chains management
30	3.3.1. نماذج لدور سلاسل الإمداد في نهضة صناعة البتروكيماويات
31	1.3.3.1. الولايات المتحدة الأمريكية
36	4.1. الاضطرابات الجيوسياسية
39	5.1. التحولات المستقبلية المحتملة وتأثيرها على صناعة البتروكيماويات العالمية



تابع قائمة المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الفصل الثاني: عوامل زيادة الربحية وتحسين الأداء في صناعة البتروكيماويات	43
تمهید	44
1.2. تكلفة المواد الخام الأولية	44
2.2. ترشيد استهلاك الطاقة	47
1.2.2. نماذج عملية لاستخدام المبادلات الحرارية المدمجة	51
3.2. تحسين كفاءة الطاقة Energy Efficiency	52
4.2. فرص تحسين كفاءة الطاقة في صناعة البتروكيماويات	55
5.2. أنظمة المراقبة والتحكم الآلي	58
6.2. نظام تولید بخار الماء	58
1.6.2. التوليد المشترك للطاقة في صناعة البتروكيماويات	59
7.2. تحسين التحكم في العمليات Improved Process control	60
8.2. تحسين العزل	61
9.2. الصيانة	61
10.2. الأفران والسخانات	62
11.2. المضخات في الصناعة الكيميائية	62
12.2. تعظيم الاستفادة من الانبعاثات الكربونية وزيادة ربحية الصناعة	63

تابع قائمة المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
13.2. جهود الدول الأعضاء في منظمة أوابك في مجال تحسين كفاءة الطاقة والبيئة	64
الفصل الثالث: صناعة البتروكيماويات وتنمية الناتج المحلي	69
تمهید	70
1.3. دور صناعة البتروكيماويات في تنمية الناتج المحلي	74
2.3. مساهمة صناعة البتروكيماويات في إجمالي الناتج المحلي	73
3.3. حجم تجارة الكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك	76
4.3. جحم تجارة دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك حول العالم	79
الاستنتاجات والتوصيات	83
المراجع	85
Abstract	92



قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
19	سلسلة القيمة لصناعة البتروكيماويات	الشكل (1-1):
22	نسب الاستهلاك العالمي من المواد الخام الأولية الرئيسية في صناعة البتروكيماويات في عام 2017	الشكل (1-2):
23	نسب إنتاج المنتجات النهائية تبعاً للتركيب البنائي للمواد الخام الأولية	الشكل (1-3):
24	نسب الاستهلاك العالمي من البتروكيماويات الأولية في عام 2022	الشكل (1-4):
24	نسب إنتاج المنتجات اعتمادا على نوع المادة الخام الأولية والعمليات الصناعية المطبقة	الشكل (1-5):
26	توزع نسب استهلاك أنواع البلاستيك الأساسية في القطاعات الرئيسية	الشكل (1-6):
33	مخطط مبسط لتكامل سلاسل الإمداد على طول مراحل السلسلة في الولايات المتحدة الأمريكية	الشكل (1-7):
32	تطور صادرات الولايات المتحدة من غاز الإيثان عبر الناقلات البحرية، وشبكات خطوط الانابيب خلال الفترة 2014-2022	الشكل (1-8):
35	أنواع سفن الشحن المخصصة لتصدير غاز الإيثان والإيثيلين من الولايات المتحدة الأمريكية	الشكل (1-9):
37	التقلبات الدورية لصناعة البتروكيماويات	الشكل (1-10)
40	التحولات المحتملة وانعكاساتها على صناعة البتروكيماويات في العالم	الشكل (11-11)
41	تكامل صناعتي التكرير والبتروكيماويات ومرونة تنويع المواد الخام الأولية وسلة المنتجات النهائية	الشكل (1-12)

تابع قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
46	تكلفة عمليات التكسير البخاري للإيثيلين في المناطق الرئيسية للإنتاج	الشكل (2-1):
47	تكلفة إنتاج طن البتروكيماويات عالية القيمة في المناطق الرئيسية للإنتاج عام 2017	الشكل (2-2):
49	مساحات الأراضي اللازمة لتشييد المبادلات الحرارية المدمجة، مقارنة مع المبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف	الشكل (2-3):
50	نموذج تركيب المبادلات الحرارية المدمجة في أحد شركات البتروكيماويات في اوروبا	الشكل (2-4)
51	كفاءة استعادة الحرارة وتكلفة الوحدات للمبادلات الحرارية المدمجة، مقارنةً بالمبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف	الشكل (2-5)
54	توزع نسب استخدام الطاقة في الصناعة حسب القطاع	الشكل (2-6)
61	ألياف السيراميك المستخدمة في عمليات تحسين عزل الغلايات	الشكل (2-7):
65	تكون الفحم داخل أنابيب السخانات القديمة، مزدوجة الشعلة التابعة لشركة بابكو	الشكل (2-8):
66	مشروع شركة "بابكو "لاستبدال السخانات القديمة بأخرى حديثة	الشكل (2-9):
71	حجم سوق البتروكيماويات العالمي خلال الفترة (2020-2030)	الشكل (3-1):
72	نمو إنتاج البتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الفترة (2012- 2021)	الشكل (3-2):
73	معدل النمو السنوي لأهم منتجات الكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الفترة (2012-2021)	الشكل (3-3):



تابع قائمة الأشكال

رقم الصفحة	عنوان الشكل	رقم الشكل
74	الطاقة الإنتاجية للكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك	الشكل (3-4):
75	مقارنة استهلاك مزيج المواد الخام الأولية في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوبك لعامي 2018 و2020	الشكل (3-5):
76	تقديرات مساهمة صناعة الكيماويات والبتروكيماويات في اجمالي الناتج المحلي لدول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوبك لعام 2020	الشكل (3-6):
77	نسب حجم صادرات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك، من منتجات الكيماويات والبتروكيماويات مقارنةً بإجمالي إنتاجها لعام 2021	الشكل (3-7):
77	نسب حجم واردات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك من منتجات الكيماويات والبتروكيماويات مقارنةً بإجمالي إنتاجها لعام 2021	الشكل (3-8):
78	حجم الصادرات والواردات من الكيماويات والبتروكيماويات والميزان التجاري لدول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الفترة (2012-2021)	الشكل (3-9):
80	تطور حجم تجارة دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك مع أهم الأسواق العالمية خلال الفترة (2006-2020)	الشكل (3-10):
80	أكبر الأسواق العالمية لصادرات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك لعام 2020	الشكل (3-11):
81	نسب واردات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك من أهم الدول منتجة للبتروكيماويات على مستوى العالم	الشكل (3-12):

قائمة الجداول

رقم الصفحة	عنوان الجدول	رقم الجدول
26	توزع نسب استخدامات أنواع البلاستيك الأساسية في القطاعات الرئيسية	الجدول (1-1)
55	مقارنة بين قياس كفاءة الطاقة الصناعية لبعض الصناعات التحويلية في الدول النامية والمتطورة	الجدول (2-1)
57	فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في قطاع الكيماويات والبتروكيماويات	الجدول (2-2)



الصطلحات والمفتصرات

معنى المصطلح	المصطلح بالإنجليزية	اختصار المصطلح
المقايضة أو المبادلة	an act, instance, or process of exchanging one thing for another	SWAP
إدارة سلاسل الإمداد المستدامة	Sustainable Supply Chains Management	SSCM
نزع الهيدروجين من غاز البروبان	Propane dehydrogenation	PDH
البتروكيماويات عالية القيمة	High-Value Petrochemicals	HVC
سلاسل الإمداد والتوزيع	Supply chain	SC
غاز السجيل "الصخري"	Shale gas	SG
ناقلات غاز الإيثان العملاقة	Very large ethane Carrier	VLEC
المبادل الحراري	Heat Exchanger	HE
شبكات المبادلات الحرارية	Heat Exchange Network	HEN
المبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف	Shell and Tube Heat Exchangers	STHE
استرداد " استعادة" الحرارة	Heat Recovery	HR
التكاليف الرأسمالية	capital expenditures	CAPEX
تكاليف ومصروفات التشغيل الثابتة	operating expenses	OPEX
الكفاءة الحرارية	Thermal Efficiency	TE
كفاءة الطاقة	Energy Efficiency	EE

ملخص تنفيذي

صناعة البتروكيماويات هي صناعة القيمة المضافة للمواد الخام الأولية من المشتقات النفطية والغاز الطبيعي، وتُعد من أكثر الصناعات نمواً وتطوراً على مستوى العالم، وهي قاطرة التنمية في الدول الصناعية الكبرى، حيث يمثل معدل نموها حوالي ضعف معدلات النمو الاقتصادي العام العالمي، وتصل توقعات معدلات نموها السنوي المركب إلى نحو 5.4% خلال الفترة 2020- 2030. من المتوقع أن يصل حجم سوق البتروكيماويات العالمي إلى نحو 799 مليار دولار بحلول عام 2030، مقارنة بنحو 524 مليار دولار في عام 2022.

وعلى الرغم من أن زيادة نمو الطلب العالمي على مختلف منتجات الكيماويات، والبتروكيماويات في كافة الأنشطة الحياتية الحديثة قد أدى إلى تمكين الشركات المصنعة من الوصول إلى المزيد من العملاء حول العالم، وزيادة كل من حصتها في السوق وهوامش ربحيتها. إلا أن هذا النمو، وسهولة التجارة الدولية، وعدم المرونة أحياناً في سلاسل الإمداد، نتيجة الأحداث الجيوسياسية دفع شركات البتروكيماويات إلى العمل على مواجهة تلك التحديات من خلال الحفاظ على مخزون آمن من موادها الخام الأولية والنهائية، والبحث عن مصادر بديلة للإمدادات، وتحسين إدارة سلاسل الإمداد. خاصة وأن ارتفاع تكاليف النقل والإمداد لنقل البضائع والخدمات اللوجستية أمراً بالغ الأهمية للصناعات الموجهة للتصدير، حيث أن متوسط التكلفة المرتبطة بسلاسل الإمداد يمثل حوالي 05 % من أسعار المنتجات إلى وجهتها النهائية.

من جانب آخر تواجه صناعة البتروكيماويات العالمية تحولات جذرية محتملة قد تعيد رسم مشهد الصناعة بحلول عام 2030، وتتمثل في تغير هيكل الطلب على المنتجات فضلا عن التوقعات بوجود طاقات إنتاجية زائدة وتخمة في الكميات المعروضة لبعض المنتجات، إلى جانب التوجهات الدولية المتزايدة نحو التوسع في استخدام المواد الخام الأولية المتجددة، وتبني مفهوم الاقتصاد التدويري لخفض تراكم كميات النفايات البلاستكية المتولدة، و خفض نسب انبعاثات الكربون، فضلاً عن زيادة نسب التضخم العالمية، وتأثيرها على مستقبل النمو الاقتصادي العالمي وهامش الربحية للشركات.



ولمواجهة هذه التحديات تسعى الشركات الرائدة إلى تحسين وإدارة البرامج الهادفة لزيادة كفاءة العمليات، وترشيد الطاقة، والتميز التشغيلي، مع اعتماد المرونة في كافة عملياتها التصنيعية على طول سلسلة الإنتاج، والعمل على تطويع التكنولوجيا للاستغلال الأمثل للموارد المتاحة بتكلفة تنافسية كتقنية تحويل النفط الخام على كيماويات، وتطوير عمليات الإنتاج وحل مشكلاتها، وتطبيق الاشتراطات البيئة الصارمة. فقد نجحت التكنولوجيا على سبيل المثال في تحويل مشكلة الانبعاثات الكربونية إلى فرص حقيقية لزيادة ربحية الشركات، وتحسين البصمة الكربونية، وتمكنت الشركات المنتجة للبتروكيماويات من تعزيز إنتاجها من الميثانول، والأمونيا، واليوريا، وغيرها من المنتجات ذات القيمة المضافة. والتوسع في إنتاج الهيدروجين الأزرق بتقنيات اصطياد الكربون، والذي يعول عليه الكثير في مرحلة التحول الطاقوي مستقبلاً.

وفي ظل تسارع وتيرة التغيرات التي ستطرأ على الصناعة خلال السنوات القادمة، سيصبح التعاون ضروريا للمحافظة على الميزة التنافسية لصناعة البتروكيماويات، خاصة في الدول الأعضاء في منظمة أوابك، في ظل التوقعات بأن تهيمن منطقة آسيا والمحيط الهادئ على سوق البتروكيماويات خلال العقد المقبل بفضل السياسات التنظيمية القوية التي تدعم الصناعة.





الفصل الأول

تعديات صناعة البتروكيماويات

تمهيد

يرتبط قطاع صناعة البتروكيماويات بعلاقة طردية مع مصادر الطاقة لاستخدامها كمواد خام في إنتاج البتروكيماويات، وتأثير ذلك المباشر على معدلات التشغيل وعلى مستوى أسعار وتنافسية المنتجات البتروكيماوية في الأسواق العالمية. كما أن لصناعة البتروكيماويات دوراً هاماً في تحسين القيمة المضافة للمواد الخام الأولية ذات القيمة الاقتصادية المنخفضة من المشتقات النفطية والغاز الطبيعي. وتعد أحد أهم مصادر تنويع الدخل القومي وتسهم بفعالية في تحقيق خطط التنمية المستدامة في الدول. إلا أن صناعة البتروكيماويات تواجه تحديات متزايدة، ومنها تذبذب أسعار المواد الخام الأولية، إضافة إلى ما تشهده سلاسل الإمداد العالمية من اضطرابات نتيجة لزيادة الحواجز الجيوسياسية، والتجارية، والظواهر الطبيعية المتكررة، والاشتراطات البيئة الصارمة.

ومن جانب آخر تواجه صناعة البتروكيماويات العالمية تحولات جذرية محتملة قد تعيد رسم مشهد الصناعة بحلول عام 2030، وتتمثل في تغير هيكل الطلب على المنتجات فضلاً عن التوقعات بوجود طاقات إنتاجية زائدة وتخمة في الكميات المعروضة لبعض المنتجات، إلى جانب التوجهات الدولية المتزايدة نحو التوسع في استخدام المواد الخام الأولية المتجددة، وتبني مفهوم الاقتصاد التدويري لخفض تراكم كميات النفايات البلاستكية المتولدة، وخفض نسب انبعاثات الكربون، فضلاً عن زيادة نسب التضخم العالمية، وتأثيرها على هامش الربحية للشركات. يشكل ذلك ضغوطاً متزايدة على قطاع البتروكيماويات العالمي، إلا أنه غالباً ما ينجح نوعاً ما في الحفاظ على أدائه المستقر، ويؤكد على ذلك التوقعات بارتفاع معدلات النمو في حجم إنتاجه وصادراته على المدى المتوسط والطويل وهو ما يميز صناعة البتروكيماويات بالمرونة الكافية لتتواكب مع تلك التحديات.

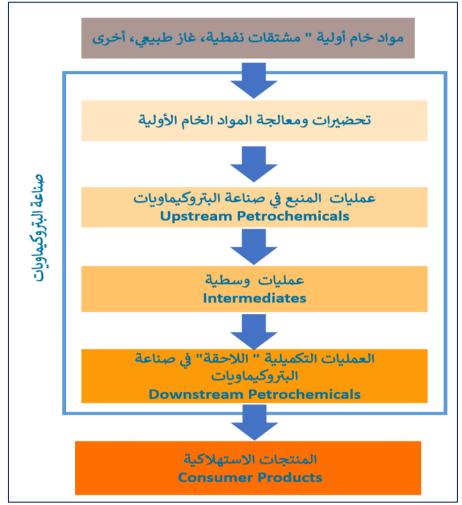
كما تتميز مجمعات البتروكيماويات المتكاملة مع مصافي التكرير مقارنة بالمشروعات القائمة بذاتها والأكثر بعداً عن النطاق الجغرافي لمصافي التكرير بالمرونة والقدرة على تجاوز صدمات تذبذب الأسعار بسبب قدرتها على توفير المواد الخام الأولية، وبدائلها اللازمة للصناعة بسهولة ويسر، مقرونة بالقدرة على تنويع المنتجات النهائية لتتلاءم مع التغيرات الطارئة في معدلات الطلب على أنواع محددة من المنتجات في الأسواق العالمية، كما تسهم مرونة الأداء على طول سلسلة القيمة، ومرونة وكفاءة إدارة سلاسل الإمداد في استقرار أداء شركات البتروكيماويات في الأسواق العالمية وزبادة وتعظيم ربحيتها.

1.1 صناعة البتروكيماويات والقيمة المضافة

تلعب صناعة البتروكيماويات دوراً هاماً في تحسين القيمة المضافة للمواد الخام الأولية منخفضة القيمة الاقتصادية من المشتقات النفطية والغاز الطبيعي. وتتميز مجمعات إنتاج البتروكيماويات عادة باستثماراتها المالية الضخمة كما تتميز بأن فترة استرداد رأس المال المدفوع طويلة نسبيا. تعتمد زيادة ريحية المشروعات على التكلفة الاستثمارية الكلية للمشروع، والتي تعد مقياساً مفضلاً لتقييم القدرة التنافسية، وتحديداً تكلفة إنتاج الإيثيلين لأنه المنتج الأكثر إنتاجاً في العالم بنسبة 22% من إجمالي إنتاج البتروكيماويات العالمي، ويستخدم كمادة وسيطة في مجموعة متنوعة من العمليات. كما تعتمد زيادة هوامش الربحية كذلك على السعات الإنتاجية المتاحة، وتقليل التعرض للمخاطر الناشئة عن التقلبات في أسعار المواد الخام الأولية والمنتجات النهائية، والتخطيط السليم لعمليات الإنتاج بشكل أكثر فعالية، وأيضاً مرونة تعديل الإنتاج بالسرعة المطلوبة وفي الوقت المناسب لتلبية الطلب المتغير على المنتجات النهائية (36). يبين الشكل (1-1) سلسلة وفي الوقت المناسب لتلبية الطلب المتغير على المنتجات النهائية (66). يبين الشكل (1-1) سلسلة القيمة لصناعة البتروكيماويات.



الشكل (1-1) سلسلة القيمة لصناعة البتروكيماويات



المصدر: Petrochemicals, Krungsri, 2020 المصدر: 1ndustry Outlook 2020-2022: Petrochemicals, Krungsri, 2020

2.1. مراحل إنتاج البتروكيماويات

تحتوي مجمعات البتروكيماويات على العديد من العمليات الصناعية المعقدة والمترابطة مع بعضها البعض بإحكام، الأمر الذي يتطلب استخدام التكنولوجيا المتقدمة لإتمامها. هذا وقد ساهم بشكل كبير التطور التكنولوجي في استمرارية نمو وتشكيل صناعة البتروكيماويات، وذلك عبر تطويع التكنولوجيا لمواجهة تحديات الصناعة، وتحقيق الاشتراطات البيئية الصارمة من خلال حل مشكلات التلوث بمختلف أنواعها السائلة والغازية، والصلبة، بالإضافة إلى قدرة الصناعة ونجاحها

في التعامل بمرونة مع مختلف أنواع المواد الخام الأولية حسب توافرها بأسعار تنافسية، مستفيدة بالتطوير المستمر للتقنيات الجديدة لاستغلال الموارد المتاحة، كتقنية تحويل النفط الخام مباشرةً إلى كيماويات، والتي ظهرت حديثاً نتيجة التغيرات العالمية الجديدة والتحول الطاقوي، وانعكاسات ذلك على تراجع معدلات الطلب على الوقود، وخاصة الغازولين. يترافق ذلك مع التطورات التكنولوجية الحديثة للتوسع في استخدام الكتلة الحيوية كمواد خام أولية متجددة لإنتاج أنواع متطورة من الكيماويات، والبلاستيك الحيوي القابل للتحلل الذاتي، والتي من المتوقع زيادة الاستثمارات المالية بها مستقبلاً، حال وصول تلك التكنولوجيات إلى المستوى القابل للتطبيق التجارى (37،36).

من جانب آخر تحتاج المواقع التي تقام عليها مجمعات البتروكيماويات إلى ربطها مع مجموعة متنوعة من المرافق، والخدمات لضمان التشغيل السلس والآمن طوال فترة عمر المشروع. كما يسهم تحديد الموقع المناسب لمنشآت الإنتاج، وانتهاج استراتيجيات مرنة لتسهيل وصول إمدادات المواد الخام الأولية، وتوزيع المنتجات النهائية إلى الأسواق المستهدفة، في خفض تكاليف النقل، وبالتالى زيادة الربحية.

بشكل عام تتكون عملية إنتاج البتروكيماويات من أربعة مراحل رئيسية تشمل:

المرحلة الأولى يتم فيها توفير المواد الخام الأولية اللازمة للصناعة من المصادر الأحفورية من مشتقات النفط الخام، والغاز الطبيعي، وسوائل الغاز الطبيعي، والمتكثفات¹، والفحم الحجري. تتميز هذه المرحلة بالمرونة والقدرة على اختيار المواد الخام الأولية طبقاً لمدى توافرها بأسعار تنافسية، وعلى مدى تطبيق التقنيات الحديثة الملائمة، واللازمة للإنتاج.

أشارت بعض الدراسات الحديثة إلى أنه تم استهلاك أكثر من 12 مليون برميل يومياً من المشتقات النفطية، بالإضافة إلى حوالي 105 مليار 6 من الغاز الطبيعي يومياً، ونحو 80 مليون طن من الفحم سنوياً في قطاع صناعة البتروكيماويات العالمي في عام 2020، كمواد خام أولية لإنتاج المنتجات الوسطية والنهائية.

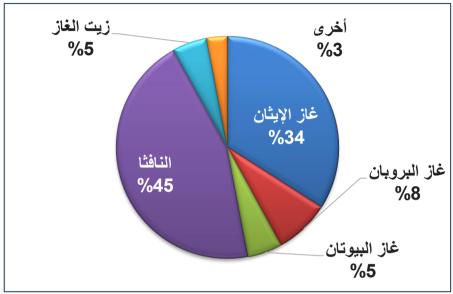
¹منتج تقطير الغاز



تشكل مشتقات النفط التي تدخل قطاع الكيماويات كمادة وسطية أكثر من 90% من إجمالي اللقائم، ويأتي معظمها على شكل غاز الإيثان أو النافثا، ليتحول إلى مواد كيميائية عالية القيمة، بينما يتم استخدام كميات صغيرة نسبياً لإنتاج الميثانول والأمونيا (39). وقد اكتسب غاز الإيثان زخماً كبيراً خلال العقدين الماضيين، بسبب وفرته في عدد من مناطق الإنتاج الرئيسية، حيث ساهم في تطوير وبناء عدد كبير من منشآت البتروكيماويات في دول منطقة الشرق الأوسط. ومن جانب آخر أحدثت طفرة إنتاج غاز السجيل "الغاز الصخري"، في أمريكا الشمالية تطوراً كبيراً في عدد المشروعات التي دخلت حيز التنفيذ والإنتاج، وإضافة طاقات جديدة من الأوليفينات والبولي أوليفينات على مستوى العالم.

وعلى الرغم من ازدياد استخدام الفحم الحجري في إنتاج المواد الكيميائية في عدد من الدول، ومنها الصين، والتي استفادت من وفرة احتياطياتها من الفحم الحجري منخفض القيمة الاقتصادية، لتقليل اعتمادها الخارجي على المواد الأولية اللازمة لصناعة الكيماويات، إلا أن الاشتراطات البيئية الصارمة، والالتزامات الدولية عملت على إلزام الصين ودول أخرى على تعديل استراتيجياتها الخاصة باستخدام وتحويل الفحم إلى مواد كيميائية. يبين (الشكل 1-2) نسب الاستهلاك العالمي من المواد الخام الأولية الرئيسية في صناعة البتروكيماويات في عام 2017.

الشكل 1- 2) نسب الاستهلاك العالمي من المواد الخام الأولية الرئيسية في صناعة البتروكيماويات في عام 2017

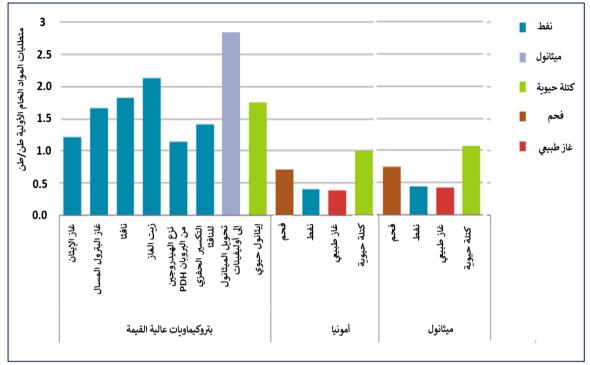


االمصدر: Industry Outlook 2020-2022: Petrochemicals, Krungsri, 2020

تكون كمية المادة الخام الأولية المستهلكة منخفضة في حال استخدام مواد خام أولية لها بنية تركيبية مشابهه لبنية المنتج النهائي، كما هو الحال في إنتاج البروبيلين بتقنية نزع الهيدروجين من غاز البروبان (Propane Dehydrogenation-PDH)، وكذلك عند إنتاج الميثانول والأمونيا من الغاز الطبيعي. ويعد غاز الإيثان أنسب المواد الخام الأولية لإنتاج الإيثيلين" وهو المنتج الأساسي لإنتاج البولي إيثيلين أحد أهم البتروكيماويات عالية القيمة"، حيث يستهلك حوالي 1.2 طن من غاز الإيثان لإنتاج 1 طن من البولي إيثيلين، بينما التكسير التحفيزي لطن النافثا ينتج فقط حوالي غاز الإيثان لإنتاج 1 طن من البولي إيثيلين، بينما التكسير التحفيزي لطن النافثا ينتج فقط حوالي جداً منها نظراً لانخفاض نسبة الكربون بها مقارنة بالمواد الخام الأولية الأحفورية، وهكذا لباقي المواد الخام الأولية المختلفة والمستخدمة في الإنتاج والعمليات الصناعية المطبقة، كما هو مبين في الشكل (3-1).



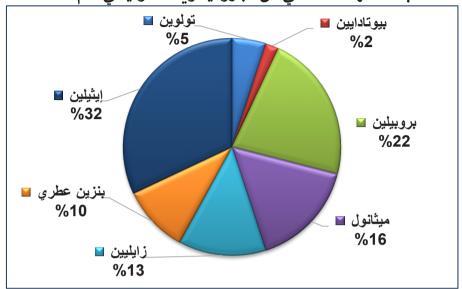
الشكل (1-3) نسب إنتاج المنتجات النهائية تبعاً للتركيب البنائي للمواد الخام الأولية



المصدر:IEA, The future of petrochemicals,2017

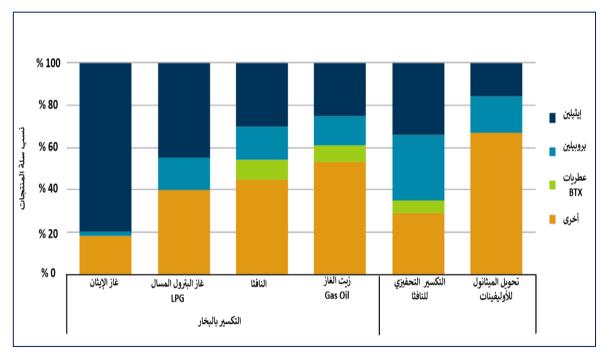
تشمل المرحلة الثانية من صناعة البتروكيماويات عدداً من العمليات الصناعية لتحويل المواد الخام الأولية إلى بتروكيماويات أولية "الإيثيلين، والبروبيلين، والبيوتادايين، والبنزين العطري، والتولوين، والزايليين، والميثانول"، والتي تعد اللبنات الأساسية للصناعة، لتستخدم كمدخلات في تصنيع البتروكيماويات الوسطية والنهائية. يبين الشكل (1-4) نسب الاستهلاك العالمي من البتروكيماويات الأولية في عام 2022. ويبين الشكل (1-5) نسب انتاج البتروكيماويات اعتماداً على نوع المادة الخام الأولية والعمليات الصناعية المطبقة (51).

الشكل (1-4) نسب الاستهلاك العالمي من البتروكيماويات الأولية في عام 2022



المصدر: S&P Petrochemical Over view outlook, Chemical Economics Handbook 2022

الشكل (1-5) نسب إنتاج المنتجات اعتماداً على نوع المادة الخام الأولية والعمليات الصناعية المطبقة



المصدر:IEA, The future of petrochemicals,2017

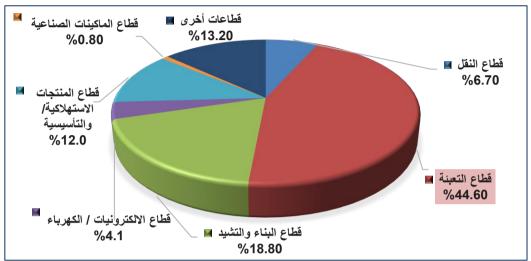


تشمل المرحلة الثالثة، إنتاج البتروكيماويات الوسطية، والبعض منها يعتبر بتروكيماويات نهائية من خلال إجراء بعض عمليات التصنيع والمعالجة، والدمج للمواد الخام الأولية مع مواد كيميائية أخرى. يستخدم حوالي 25% من الغاز الطبيعي "الميثان" لإنتاج الميثانول، وتستخدم النسبة المتبقية لإنتاج الأمونيا. في حين يتم تقسيم استخدام الفحم كمادة أولية بنسب متساوية لإنتاج كل من الميثانول والأمونيا. كما ينتج حوالي 190 مليون طن من البولي أوليفينات كمنتجات ثانوية ناتجة من عمليات المعالجة لتتحول إلى منتجات نهائية. ويعد منتج البيوتيلين أحد أهم منتجات التكرير المستخدم في إنتاج المطاط الصناعي، وتمثل كل من الأسمدة النيتروجينية والبلاستيك والألياف الصناعية والمطاط أكثر من 70% من إجمالي الإنتاج الضخم للمواد الكيميائية (50).

أما المرحلة الرابعة، وهي مرحلة إنتاج المنتجات البتروكيماوية النهائية، والتي تعتمد على المواد والمنتجات الأولية والوسطية في تصنيعها واستخدامها في مختلف القطاعات والأنشطة الحياتية. حيث سمحت الخواص المتميزة للبلاستيك باستخدامه في مختلف التطبيقات، والقطاعات كقطاع التعبئة والتغليف، والنقل، والمعدات الكهربائية والإلكترونية، والمنسوجات، والبناء والتشييد، وصناعات السيارات والماكينات الصناعية، وقطاعات أخرى.

يعد قطاع التعبئة أكثر القطاعات استهلاكاً للأنواع المختلفة من البلاستيك وبكميات بلغت حوالي 155.2 مليون طن سنوياً، وهو ما يعادل نحو 44.6 % من إجمالي استهلاك القطاعات الرئيسية الأخرى، يليه قطاع البناء والتشييد بكميات بلغت حوالي 65.4 مليون طن سنوياً، وبنسبة بلغت حوالي 18.8 % نظراً لمميزاته، وسهولة التشكيل في أشكال مختلفة ولاسيما في مجال المواد الغذائية، والمشروبات، فضلاً عن خفة الوزن، مما يسهم في سهولة النقل، والمناولة. يبين الشكل الغذائية، والمشروبات، فضلاً أنواع البلاستيك الأساسية في القطاعات الرئيسية ويبين الجدول (1-3) توزع نسب استهلاك أنواع البلاستيك في القطاعات الرئيسية (38).

شكل (1-6) توزع نسب استهلاك أنواع البلاستيك الأساسية في القطاعات الرئيسية



المصدر:2017, Production, use, and fate of all plastics ever made, Geyer, Jambeck and Law

الجدول (1-3)

توزع نسب استخدامات أنواع البلاستيك الأساسية في القطاعات الرئيسية

إجمالى الإنتاج مليون طن	إجمالي % البلاستيك المستخدم	أخرى	بولي يورثان	بولي إيثيلين تيرفيثالايت	بولي فينيل كلوريد	بولي ستيرين	بولي بروبيلين	بولي إيثيلين عالي الكثافة	بولي إيثيلين منخفض/ وخطي منخفض الكثافة	قطاع السوق
23.9	%6.70	%1.40	%1.60	%0.00	%0.30	%0.00	%2.50	%0.80	%0.10	النقل
155.2	%44.60	%0.10	%0.20	%10.10	%0.90	%2.30	%8.20	%9.30	%13.50	التعبئة
65.4	%18.80	%0.50	%2.40	%0.00	%8.10	%2.20	%1.20	%3.30	%1.10	البناء والتشييد
14.3	%4.10	%1.00	%0.50	%0.00	%0.40	%0.60	%0.90	%0.20	%0.50	الإلكترونيات والكهرباء
41.7	%12.00	%0.20	%1.00	%0.00	%0.60	%1.80	%3.80	%1.70	%2.90	المنتجات الاستهلاكية والتأسيسية
2.7	%0.80	%0.00	%0.30	%0.00	%0.00	%0.00	%0.20	%0.10	%0.20	الماكينات الصناعية
44.80	%12.90	%1.70	%2.20	%0.00	%1.50	%0.70	%4.20	%0.90	%1.70	أخرى
348.0	%100	%4.90	%8.20	%10.20	%11.80	%7.60	%21	%16.30	%20	الإجمالي

المصدر: Production, use, and fate of all plastics ever made, Geyer, Jambeck and Law ,2017



3.1. إنتاج البتروكيماويات وسلاسل الإمداد

يعد التخطيط المستقبلي والتنبؤ بالمشكلات التشغيلية والصناعية أمراً بالغ الأهمية في صناعة البتروكيماويات، وذلك نظراً لظروف العمليات التصنيعية والتشغيلية التي تعمل على مدار 24 ساعة، مما لا يتيح فرصاً كبيرة لمرونة العمليات الإنتاجية من حيث توقيفها (23). وتحتاج مشروعات البتروكيماويات إلى ضمان استمرار التشغيل طوال فترة عمر المشروع، ومن أجل ذلك تعتمد على تطبيق عدة آليات لتوفير المواد الخام الأولية، وتصريف منتجاتها النهائية، ويكون ذلك من خلال اعتماد آليات مرنة لإدارة سلاسل الإمداد والتوزيع. ويعد مفهوم إدارة سلاسل الإمداد مفهوماً قديماً تطور على مدار السنوات مع اختلاف وتطور البيئة المحيطة والتكنولوجيا، وهي ضرورية لإنجاح الأعمال، وتكمن أهميتها في دورها الفعال في خفض تكاليف التشغيل، وتحسين الوضع المالي للمؤسسة أو الشركة، وضمان كفاءة وتحسين جودة المنتجات، وتعزيز خدمة عملاء المؤسسة أو الشركة (16).

تشكل سلاسل الإمداد "والتي يشار إليها أيضاً بسلاسل التوريد أو التجهيزات"، وشبكات النقل العالمية العمود الفقري لنمو الاقتصاد العالمي، وحركة التجارة الدولية، وتعد عاملاً هاماً في اتخاذ القرارات النهائية للاستثمار في المشروعات الجديدة حول العالم، في ظل التحديات الكبيرة أمام معظم الشركات، وخاصة الناشئة منها، والتي ظهرت بوضوح مع تفاقم أزمة سلاسل الإمداد منذ بداية جائحة "كوفيد-19"، والتي أعاقت تطوير العديد من الأعمال، وتسببت في خسائر لكثير من الشركات خلال فترة الجائحة (2).

تتضمن سلاسل الإمداد مجموعة من العمليات المتكاملة، والمشتركة والتي تتكفل بإنجازها إحدى الشركات أو عدد من الجهات بهدف إنتاج المنتج النهائي ووصوله للعميل في التوقيت المناسب، وبجودة عالية دون إحداث خلل للمنظومة، ومن غير ارتباط بحدود جغرافية لدولة معينة (15). تبدأ إدارة اللوجستيات بالمواد الخام وتنتهي بتسليم المنتج النهائي، وتضمن الإدارة اللوجستية الناجحة عدم وجود ت في التسليم في أي نقطة في السلاسل وأن المنتجات والخدمات يتم تسليمها في حالة جيدة. وهذا بدوره يساعد في الحفاظ على انخفاض تكاليف الشركة، حيث يمكن أن تكون التكاليف اللوجستية أكبر من تكاليف التصنيع الفعلية (16،15).

في الوقت الراهن يخضع سوق البتروكيماويات لعملية تحول يدفع الشركات إلى تكييف أعمالها. ونتيجة لذلك، ستواجه إدارة سلاسل الإمداد تحديات جديدة، وهذا يتطلب فهم التطورات الرئيسية في سوق البتروكيماويات لتتمكن الشركات من الإعداد المناسب لمواجهة هذه التحديات، واغتنام الفرصة لخلق ميزة تنافسية طويلة الأجل (21).

وعلى الرغم من أن زيادة نمو الطلب العالمي على مختلف منتجات الكيماويات، والبتروكيماويات في كافة الأنشطة الحياتية الحديثة حول العالم قد أدى إلى تمكين الشركات المصنعة من الوصول إلى المزيد من العملاء حول العالم، وزيادة حصتها في الأسواق، وهوامش ربحيتها، إلا أن هذا النمو، وسهولة التجارة الدولية، وعدم المرونة أحياناً في سلاسل الإمداد²، وخاصة أثناء حدوث الاضطرابات السياسية في المناطق المنتجة للمواد الخام الأولية، يدفع شركات البتروكيماويات إلى العمل على مواجهة تلك التحديات من خلال الحفاظ على مخزون آمن من موادها الخام الأولية والنهائية، والبحث عن مصادر بديلة للإمدادات، وتحسين إدارة سلاسل الإمداد (17).

تعتبر سلاسل الإمداد الخاصة بصناعة البتروكيماويات معقدة للغاية مقارنة بالصناعات الأخرى، نظراً لأنها مقسمة إلى قسمين رئيسيين مختلفين، ولكنهما مترابطان ارتباطاً وثيقاً وهما سلاسل إمداد المواد الخام الأولية، وسلاسل إمداد المنتجات الوسطية والنهائية، والتي تتطلب توفير وسائل نقل محددة ومتنوعة من شبكات خطوط الأنابيب والشاحنات والسفن أو الناقلات البحرية والسكك الحديدية (8).

تتضمن سلاسل الإمداد الأولية توفير المواد الخام الرئيسية من المشتقات النفطية، والغاز الطبيعي من مختلف الموردين في الأسواق المتعددة حول العالم، أو داخل الدولة نفسها، وهذا يشمل تحديد وتخصيص كميات الطلب من المواد الخام الأولية خلال فترات زمنية قصيرة وطويلة المدى، مع الأخذ في الاعتبار ساعات التشغيل، وفترات الصيانة الدورية للمعدات، وخطط الإنتاج، وهو ما يستلزم ضرورة التخطيط السليم لجميع الأنشطة على طول شبكة سلاسل الإمداد بأكملها (13). بينما تشمل سلاسل الإمداد النهائية أنواع مختلفة من المنتجات الوسطية أو النهائية والتي قد يكون

² مع الاخذ في الاعتبار في بعض الحالات أن تكون التكاليف اللوجستية أكبر من تكاليف التصنيع



مصنع واحد قادراً على إنتاجها أو عدة مصانع، ويلزم لذلك إعداد خطط الشحن، ومراقبة حركة المخزون، ومن هنا ظهرت أهمية إدارة سلاسل الإمداد لشركات البتروكيماويات (14).

من جانب آخر تواجه سلاسل الإمداد في صناعة البتروكيماويات تحديات مختلفة، وتحديداً في مجال الخدمات اللوجستية، لما لها من تأثير كبير على تكلفة المنتجات النهائية. ومع ذلك، لا تزال هناك فرص لتحقيق وفر في التكاليف في مجال الخدمات اللوجستية، حيث تقوم شركات البتروكيماويات العملاقة بإجراء "مقايضة أو تبادل للمنتجات" SWAP فيما بينها بما يسهم في توفر ملايين الدولارات ، و تحسين وزيادة ربحيتها.

1.3.1. سلاسل الإمداد والمقايضة

تعمل شركات البتروكيماويات العملاقة على خفض تكاليف الخدمات اللوجستية لمنتجاتها ضمن سلاسل الإمداد الخاصة بها. وكانت إحدى الطرق الاستعانة بمقدمي خدمات لوجستية خارجيين، من خلال التحالف والتعاون مع المنافسين، ويشار إلى هذا الشكل من أشكال التعاون على أنه "مقايضة SWAP "، و"تسمى أيضًا بالتبادلات"، سواء للإمدادات، أو الأصول، أو الحصة السوقية بين المنافسين (17). ومن الأمثلة لعمليات المقايضة في مجال صناعة البتروكيماويات، أصبحت شركة بين المنافسية أكبر منتج للأوليفينات في عام 2001 في ألمانيا بعد مبادلة الأصول مع شركة المرافق الألمانية "E.ON"، واستحواذها على مشروعات التكرير والبتروكيماويات التابعة للشركة مما مكنها من إنتاج حوالي 2.1 مليون طن من الإيثيلين، وهو ما يمثل حوالي 40% من إنتاج ألمانيا.

كما وقعت شركة BASF في عام 2003، وشركة Honeywell اتفاقية طويلة الأجل، تقوم من خلالها شركة BASF بتزويد شركة Honeywell برقائق النايلون، بينما تزود شركة BASF من من خلالها شركة BASF بالبوليمرات المتخصصة من النايلون والبوليمرات المشتركة BASF من النايلون، وهو ما ساهم في استفادة كلا الشركتين في تخصصاتهما التجارية، حيث تتمتع شركة النايلون، وهو ما ساهم في مجال التطبيقات الكهربائية والأدوات، وساهم ايضاً في إتاحة المزيد من الفرص للشركة في التوسع في أسواق السجاد والأقمشة، والمفروشات. بينما رفعت شركة BASF من حصتها في أسواق النايلون من 9% إلى 35%، خاصةً وأن لها دور مميز في قطاع الصناعات المغذية لصناعة السيارات.

وأبرمت شركة Nova Chemicals، صفقة مقايضة مع شركة BASF في مجال إنتاج وتوريد الإستيرين، تقوم بموجبه شركة Nova بتزويد مشروعات شركة BASF في أمريكا الشمالية بكميات الإستيرين المطلوبة، ومن الجانب الآخر تقوم شركة BASF بتزويد مشروعات شركة Nova بالإستيرين المطلوب منها في أوروبا (17).

2.3.1. الإدارة المستدامة لسلاسل الإمداد

Sustainable Supply Chains Management

حظي موضوع الاستدامة في سلاسل الإمداد على اهتمام كبير في الأوساط الأكاديمية والصناعية خلال العقد الماضي، وتعرض للعديد من الضغوط من دعاة حماية البيئة والمنظمات غير الحكومية والشركات. لذا فإن صناعة البتروكيماويات تعمل على تنفيذ مبادرات لجعل سلاسل الإمداد أكثر استدامة ومرونة، خاصة في ضوء الدروس المستفادة من خطر تغير المناخ الذي لاح منذ بداية القرن الحالي، وما نتج عنه من مبادرات وتعهدات عدد من الحكومات والشركات لدعم الحياد الكربوني وتحقيق أهداف خفض الانبعاثات، وايضاً نتيجة آثار وتداعيات جائحة كورونا في بداية عام 2020. حيث لجأت الشركات الصناعية إلى زيادة الاعتماد على وسائل نقل لوجستية تعمل بالطاقات النظيفة والمتجددة، وأيضاً الاعتماد على رقمنة العمليات، والتكنولوجيا الحديثة ذات الصلة حتى تستطيع مواجهة التحديات التي قد تطرأ وتفرض حالة من عدم اليقين والاستقرار (19).

3.3.1. نماذج لدور سلاسل الإمداد في نهضة صناعة البتروكيماويات

إن تطوير البنية التحتية لسلاسل الإمداد وتنميتها يمثل أحد المجالات الهامة لنهضة الصناعة العالمية، نظراً لدورها الفعال في التخفيف من انقطاعات الإمداد المرتبطة بالخدمات اللوجستية في القطاع التجاري. كما يساعد تطوير وتحديث البنية التحتية للموائئ الواقعة على مسارات السفن العالمية الرئيسية في الحد من نقاط الاختناق البحرية حول العالم. كذلك يمكن تطوير البنية التحتية الرقمية لتسهيل العمل عن بعد. كما أن لسلاسل الامداد تأثيراً مباشراً على نمو الناتج المحلي الإجمالي، إما من خلال زيادة أو خفض معدلاته نتيجة تأثيرها على ميزان المدفوعات التجاري للدول (61).



1.3.3.1. الولايات المتحدة الامريكية

شهدت الولايات المتحدة الأمريكية نهضة في إنتاج النفط والغاز الطبيعي والصخري " غاز السجيل"، منذ بداية ثورة الإنتاج في 2010، ووفقاً لإدارة معلومات الطاقة الأمريكية (EIA)، بلغ إنتاج النفط الخام في الولايات المتحدة حوالي 11.86 مليون برميل يوميا في 2022، ومن المتوقع أن يرتفع إلى نحو 12.70 مليون برميل يوميا بحلول عام 2023، مقارنة بنحو 11.25 مليون برميل يوميا في النمو في النمو في النمو في النمو في النمو في الولايات المتحدة الأمريكية خلال العقد المقبل بزيادة تصل إلى حوالي 15 %.

كما ارتفع إنتاج الولايات المتحدة من الغاز الصخري بنسبة 1.8% في عام 2020، ليصل إلى حوالي 850 مليار قدم، مقارنة بنحو 836 مليار قدم مكعب في عام 2019، ومن المتوقع أن يسجل معدل نمو سنوي مركب يزيد عن 9.0% خلال الفترة 2021-2026.

وفي ضوء هذه الطفرات الإنتاجية من النفط الخام، ومشتقاته، والغاز الطبيعي، والتي تعد من المواد الخام الأولية واللازمة لصناعة البتروكيماويات، أعلنت الولايات المتحدة الأمريكية عن خطط توسعات، وإضافة مشروعات جديدة لزيادة الطاقات الإنتاجية من البتروكيماويات، لتلبية الطلب العالمي المتزايد، والتي من المتوقع أن تستمر في النمو خلال العقد المقبل، وأن تصل قيمتها السوقية لأكثر عن 800 مليار دولار في خلال السنوات الخمس المقبلة (28). ترافق ذلك مع تنفيذها لعدد من المشروعات الجديدة في مجال الغاز الطبيعي المسال لتعزيز مكانتها في سوق الغاز العالمي، مما يتطلب زيادة الاستثمارات المالية في المرافق والبنية التحتية للصناعة، وسلاسل الإمداد (28).

تعتمد مصافي التكرير، ومصنعي البتروكيماويات في الولايات المتحدة الأمريكية على مرافقها ضمن مكونات سلاسل الإمداد المعقدة لنقل النفط الخام، والغاز الطبيعي، وسوائل الغاز الطبيعي وغيرها من المواد الأولية، لمنشآتها من مناطق الإنتاج داخلياً، أو التصدير لمختلف الدول حول العالم. وتعمل منظومة المرافق المتعددة على تحويل المواد الخام إلى منتجات بترولية مكررة، ومنتجات بتروكيماوية أولية مثل الإيثيلين والبروبيلين، والبيوتادايين، والبنزين العطري، والتولوين والزايليين، وهي اللبنات الأساسية للعديد من البتروكيماويات الاستهلاكية. بعد عمليات الإنتاج المختلفة، يتم شحن المنتجات المكررة، والبتروكيماويات إلى الأسواق المحلية والدولية، بغرض المختلفة، يتم شحن المنتجات المكررة، والبتروكيماويات إلى الأسواق المحلية والدولية، بغرض

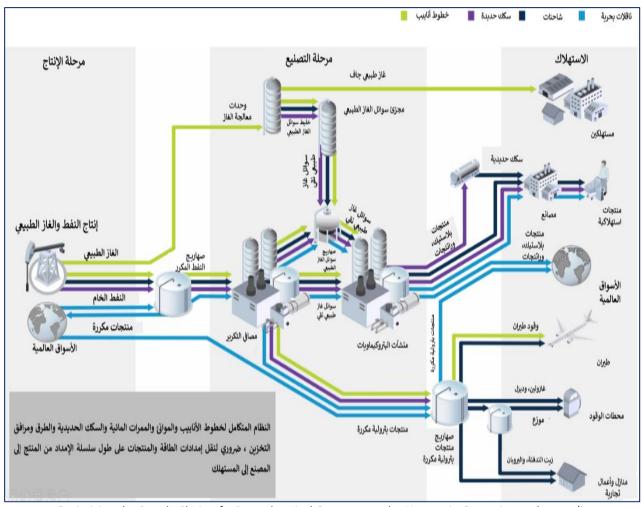
توفير استخدامات الطاقة أو استخدامها كمدخلات لإنتاج العديد من المنتجات التي يعتمد عليها المستهلكون في حياتهم اليومية (28).

وفي هذا الشأن تعتمد الولايات المتحدة على البنية التحتية الوسطى، midstream، من مختلف وسائل النقل والتي تصل لنحو 207 ألف ميل من شبكات خطوط الانابيب، وهي الوسيلة الرئيسية لنقل المنتجات داخل الولايات المتحدة، ودول أمريكا الشمالية المتاخمة، وحوالي 25 ألف ميل من الممرات المائية الداخلية، ونحو 926 ميناء داخلي على طول السواحل والبحيرات الكبرى، لتسهيل حركة الملاحة والوصول إلى الأسواق المحلية والعالمية للتصدير. وتشمل كذلك شبكات خطوط سكك حديدية يصل طولها لأكثر من 140 ألف ميل، ونحو 2 مليون عربة سكك حديدية لنقل المنتجات من كل من النفط الخام، وسوائل الغاز الطبيعي من مناطق لا تخدمها خطوط الأنابيب غير كافية.

وتعد عربات السكك الحديدية الوسيلة المناسبة لنقل المنتجات المكررة الثقيلة، مثل الأسفلت، والبتروكيماويات الصلبة. أما شبكة الطرق البرية فيصل طولها لأكثر من 4 مليون ميل، وتستخدم الشاحنات لنقل المنتجات من مواقع الإنتاج إلى مستودعات التخزين والتجزئة، والمستهلكين النهائيين. فضلاً عن عدد كبير من المستودعات، ومراكز التوزيع والتخزين الموزعة في مختلف الولايات لتسهيل عمليات النقل (33،30). يبين الشكل (1-7) مخطط مبسط لعملية تكامل سلاسل الإمداد على طول مراحل السلسلة.



الشكل (1-7) مخطط مبسط لتكامل سلاسل الإمداد على طول مراحل السلسلة في الولايات المتحدة الأمريكية

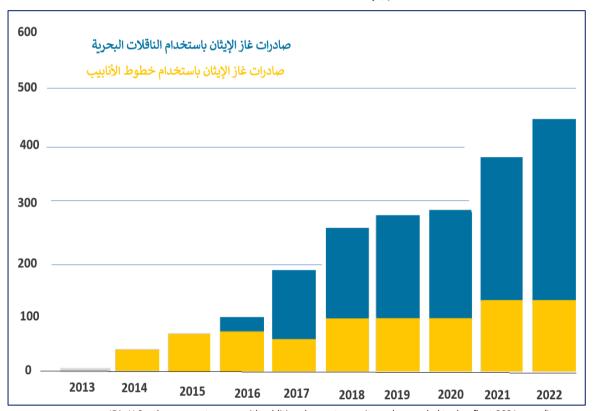


Optimizing the Supply Chain of a Petrochemical Company under Uncertain Operating and المصدر: Economic Conditions, Ind. Eng. Chem. Res. 2004.

كما ساهم وجود بنية تحتية قوية وتعدد وسائل النقل المتاحة في الولايات المتحدة وتوفر الإنتاج من الغاز الطبيعي بأسعار تنافسية في أن تصبح أكبر مورد للغاز الطبيعي المسال لقارة أوروبا في عام 2021، إذ مثلت صادراتها نحو 26% من إجمالي واردات دول الاتحاد الأوروبي والمملكة المتحدة. (29). في حين بلغت صادرات الولايات المتحدة من غاز الإيثان المخصص لقطاع البتروكيماويات في مارس 2022، ما يكافئ حوالي 447 ألف برميل يومياً، وهو أعلى مستويات التصدير

على وجه الإطلاق، مقارنة بنحو 370 ألف برميل يومياً في عام 2020 بما في ذلك أكثر من 280 ألف برميل يومياً من الصادرات بسفن الشحن البحري، وترافق ذلك مع بدء تشغيل منشأة تصدير جديدة، وتعزيز أسطول ناقلات تصدير الإيثان المسال إلى الخارج. يبين الشكل (1-8) تطور صادرات الولايات المتحدة من غاز الإيثان عبر الناقلات البحرية وشبكات خطوط الانابيب خلال الفترة 2022-2014.

الشكل (1-8) تطور صادرات الولايات المتحدة من غاز الإيثان عبر الناقلات البحرية، وشبكات خطوط الأنابيب خلال الفترة 2014-2022



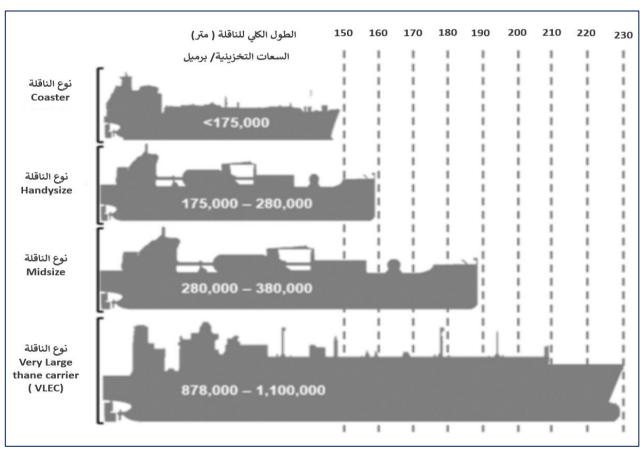
IEA, U.S. ethane exports surge with additional export capacity and expanded tanker fleet, 2021 $^{\circ}$

هذا وكانت قد بدأت الولايات المتحدة الأمريكية صادراتها من غاز الإيثان في عام 2014 إلى مصانع البتروكيماويات في كندا، بعد الانتهاء من أول شبكة خطوط أنابيب لتصدير الإيثان، بينما بدأت صادرات الولايات المتحدة من الإيثان بسفن الشحن البحرية في عام 2016، عندما بدأت محطتا تصدير عائمتين العمل، ثم توسعت بهما السعات التصديرية من 27 ألف برميل /يوم عام



2016 إلى 31 ألف برميل يوم في عام 2019، ثم تم تشغيل محطة تصدير ثالثة في Nederland، بولاية تكساس، في عام 2021، مما زاد من قدرة الولايات المتحدة على التصدير عبر البحار إلى أكثر من 170 ألف برميل مكافئ يومياً. وبالإضافة إلى زيادة الطاقات التصديرية للمحطات، نمى أيضاً وتوسع أسطول الناقلات البحرية، والتي صممت خصيصاً لنقل غاز الإيثان المسال عند درجات حرارة تصل إلى -128° ف. وتتنوع ناقلات الشحن في الولايات المتحدة، ما بين الناقلات التي تحمل الإيثان أو الإيثيلين لمسافات قصيرة إلى ناقلات الإيثان الكبيرة جدًا (VLECs)، والمصممة لحمل ما يصل إلى مليون برميل على الطرق العابرة للقارات، كما هو مبين في الشكل (1-9).

الشكل (1-9) أنواع سفن الشحن المخصصة لتصدير غاز الإيثان والإيثيلين من الولايات المتحدة الامريكية



المصدر: IEA, U.S. ethane exports surge with additional export capacity and expanded tanker fleet,2021

يبين الشكل (1-9) أن الولايات المتحدة الأمريكية تمتلك أربعة أنواع من سفن الإيثان/ الإيثيلين، والتي دخلت الخدمة في الموانئ الأمريكية منذ عام 2018، ضمن سلاسل الإمداد لخدمة

مشروعات قطاع البتروكيماويات حول العالم، وهي سفن من النوع Coaster، وتعد أصغر فئة من ناقلات غاز الإيثان، وتسلك طرقاً بحرية قصيرة، ولا تتطلب عبوراً في المياه العميقة. أما النوع الأخر فهو من النوع handysize، والنوع Midsize والذي يعد مناسباً لمناطق حوض المحيط الأطلسي، وأما النوع الأخير والذي يعد أكبر فئة من سفن الناقلات فهو ما يعرف بناقلات كلات وتصل حمولتها إلى نحو مليون برميل، وهي مخصصة للتصدير إلى دول منطقة آسيا (30).

4.1. الاضطرابات الجيوسياسية

واجهت صناعة البتروكيماويات مؤخراً بعض التغييرات الجوهرية ذات الطابع المؤثر والمدمر على الصناعة على مستوى العالم، كتفشي جائحة كورونا 19-COVID، وما نتج عنها من سياسات الإغلاق في عام 2020، وما صاحب ذلك من انخفاض في الأسعار العالمية للنفط والذي مثل أكبر انخفاض منذ حرب الخليج في عام 1991، مما زاد من التحديات التي واجهت الصناعة. كما ساهمت بشكل رئيسي حالات شبه الإغلاق الكامل لعدد من الاقتصادات الكبرى حول العالم في التأثير على مبيعات البتروكيماويات والبوليمرات وخفض هوامش ربح منتجي المواد الكيميائية، نظرا للارتباط الوثيق بين نمو الطلب على المنتجات الكيميائية والبتروكيميائية ونمو الصناعة والنشاط الاقتصادي ونمو الناتج المحلى الإجمالي، وشهدت هذه الفترة هبوطاً حاداً في معدلات الطلب على بعض المنتجات مثل البولي فينيل كلوريد، بسبب الانخفاض الكبير في أنشطة البناء والتشييد، وظل الطلب على البولي إيثيلين في بعض قطاعات التعبئة والتغليف رائجاً نتيجة زيادة طلب المستهلكين واحتياجات التعبئة والتغليف للمواد الغذائية والمنتجات الاستهلاكية الأخرى (53).

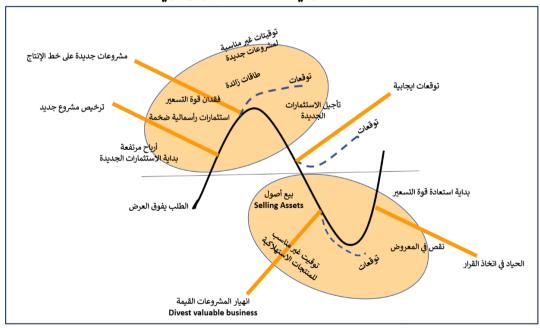
ولعل أهم ما تتميز به السلع عموما وعلى رأسها البتروكيماويات هو التقلبات الدورية "Cycle" لكل من معدلات الطلب والعرض والأسعار لهذه المنتجات. وفيها تمر الأسعار بفترات ارتفاع تستمر لفترات متفاوتة تليها فترات انخفاض وهكذا ضمن سلسلة مستمرة. وقد تكون الدورة قوية طويلة وبالعكس قد تكون قصيرة ومعتدلة، وتاريخيا لم تشهد دورة للبتروكيماويات تشابه للدورات التي سبقتها. وتتحكم عدة عوامل إقليمية وعالمية في حدوث تلك الدورات، ولعل أهمها الظروف الاقتصادية العالمية. كما يسهم إضافة طاقات إنتاجية جديدة في فترات متقاربة نسبياً نتيجة دخول توسعات شركات البتروكيماويات حول العالم حيز التشغيل إلى وجود فائض في المعروض لسنوات



عدة، مما يضطر بعض الشركات لتقليل انتاجها، ويترافق ذلك مع انخفاض الاستثمار في طاقات إنتاجية جديدة لسنوات عدة ما يتسبب لاحقا في شح للمعروض في الأسواق.

ومن جانب آخر تشجع الرغبة في استغلال معدلات الطلب المرتفعة ونقص المعروض على زيادة الاستثمارات الرأسمالية الضخمة، لتلبية نمو الطلب المتوقع والمتزايد في المستقبل. وعادة ما يتم اتخاذ قرارات توسيع المرافق القائمة أو الاستثمار في مشروعات جديدة عندما تكون أسعار منتجات البتروكيماويات الوسطية او النهائية مرتفعة، أو عندما يكون هناك نقص في الكميات المعروضة من منتجات محددة، مع الأخذ في الاعتبار أن بناء وتشغيل مجمع البتروكيماويات يستغرق عادة ما بين ثلاث إلى سبع سنوات، وإذا فشلت توقعات ونتائج دراسات الجدوى للمشروع من ناحية حجم الطلب المتوقع، وتحقيقه عند الانتهاء من تنفيذ المشروع، فسيكون هناك فائض في الأسواق مما قد يؤدي لانخفاض هوامش الربحية. يبين في الشكل (1-10) التقلبات الدوربة لصناعة البتروكيماويات.

الشكل (1-10) التقلبات الدوربة لصناعة البتروكيماوبات



المصدر: Petrochemicals, Krungsri, 2020-2020 المصدر: 1ndustry Outlook 2020-2022 Petrochemicals, Krungsri, 2020

تشير عدد من التجارب العالمية إلى أن التقلبات الدورية لصناعة البتروكيماويات قد تستمر لفترات زمنية تتراوح ما بين 4-9 سنوات، مع الأخذ في الاعتبار أن الصدمات والأزمات التي يتعرض لها الاقتصاد العالمي تؤثر بشكل مباشر على كل من اتجاهات العرض والطلب، ويصعب معها تحديد الحركات الدورية داخل الصناعة على النطاق العالمي، ومن الأمثلة التاريخية للتقلبات الدورية التي تعرضت لها صناعة البتروكيماويات:

الفترة 1994-1994: شهدت فيها صناعة البتروكيماويات ازدهارا نتيجة شح كميات العرض من منتجات البتروكيماويات بسبب عدم قيام عدد كبير من الشركات حول العالم بالاستثمار في توسعات وإضافة طاقات إنتاجية جديدة منذ الثمانينيات وحتى منتصف التسعينيات، على الرغم من أن استقرار أسعار معظم المواد الخام الأولية خلال هذه الفترة.

الفترة 1998-1999: شهدت هذه الفترة تراجعاً حاداً في أسعار البتروكيماويات بسبب تراجع معدلات الطلب نتيجة الأزمة المالية الأسيوية، والتي تسببت في تحولها إلى أزمة عالمية.

الفترة من 2000- سبتمبر 2001: شهدت هذه الفترة استقرار عند مستوى منخفض تخلله انتعاش قصير حيث بدأ الطلب العالمي في الانتعاش بعد انتهاء الأزمة المالية الآسيوية، وكان العامل المؤثر خلال هذه الفترة دخول طاقات إنتاجية جديدة بشكل كبير، ووجود تخمة وفائض من الكميات المعروضة، وارتفعت معها أسعار اللقيم من الغاز والنافثا.

الفترة سبتمبر 2001- منتصف 2003: شهدت هذه الفترة تراجعاً حاداً نتيجة الركود الاقتصادي الناتج عن أحداث سبتمبر في الولايات المتحدة الأمريكية، حيث شهدت أسعار البتروكيماويات تراجعاً حاداً، ومنيت شركات البتروكيماويات بخسائر ضخمة.

الفترة منتصف 2003- 2006: شهدت هذه الفترة ازدهاراً متدرجاً نتيجة الانتعاش الاقتصادي العالمي، وما تبعه من تحسن نسبي على طلب على البتروكيماويات، وهو ما كان كافياً لامتصاص الطاقات الزائدة، وتوازنت كفتي العرض والطلب مقارنة بالفترة السابقة، وهو ما كان يحتاج إليه قطاع البتروكيماويات للخروج من آثار أطول فترة ركود اقتصادى (1998-2003).



الفترة 2007 –أغسطس 2008: شهدت هذه الفترة ذروة ارتفاع الأسعار للقائم " الغاز والنافثا"، والتي بلغت مستويات قياسية مع استمرار الطلب القوي وعدم إضافة طاقات إنتاجية جديدة

الفترة أغسطس 2008-يونيو 2009: شهدت هذه الفترة أكبر وأسرع انهيار في تاريخ الصناعة، نتيجة آثار الأزمة المالية العالمية وفيه انهارت مستويات الطلب على البتروكيماويات، وكذلك أسعار اللقيم (54).

من السرد التاريخي أعلاه يتضح أن عملية ربط التقلبات الدورية لصناعة البتروكيماويات بعامل واحد فقط من العوامل المؤثرة غيركاف لإيضاح المشهد بشكل كامل، ويجب الربط بين كافة العوامل على حد سواء. ومن جانب آخر فإن التقلبات الدورية للصناعة لا تتشابه، حيث نجد على سبيل المثال أن دورة الصناعة بموجتيها الانتعاش والركود خلال الفترة 1998-2008 استغرقت نحو سبيل المثال أن دورة الصناعة بموجتيها الانتعاش والركود خلال الفترة 1998-2008 استغرقت نحو الأحداث كاملة، نصفها كان ركوداً والنصف الآخر كان انتعاشاً، وليس من المتوقع تكرار ذلك بسبب الأحداث الاستثنائية التي حدثت خلال تلك الفترة من الأزمة الآسيوية ثم انهيار الأسهم الأمريكية ثم أحداث سبتمبر، إلى صعود الاقتصاد الصيني وسوق العقارات الامريكي ثم الأزمة المالية العالمية، وأخيراً تداعيات جائحة كورونا وسياسات الإغلاق التي شهدها العالم في 2020.

5.1. التحولات المستقبلية المحتملة وتأثيرها على صناعة البتروكيماويات العالمية

يمكن تحديد المسار المستقبلي والمشهد العالمي لصناعة البتروكيماويات من خلال رصد عدد من التوقعات والتحولات المحتملة من حيث تغير أسواق استهلاك المنتجات، ومدى استمرار تمتع الشركات في المناطق الرئيسية المنتجة للبتروكيماويات وخاصة دول مناطق الشرق الأوسط، وأمريكا الشمالية بميزة وفرة المواد الخام الأولية بأسعار تنافسية على المدى الطويل، ومدى تأثير الطاقات الزائدة في إنتاج بعض المنتجات على الأسواق، وكيفية تعامل الشركات مع العوائق الجيوسياسية، والتجارة الدولية، فضلاً عن آليات تحول الصناعة نحو الاستدامة والاقتصاد الدائرى.

ويختلف كل تحول من التحولات المحتملة في المدى الزمني لتأثيره، ودرجة استعداد الشركات المنتجة لهذه التحولات، وحجم الإرباك الذي يمكن أن يحدثه نتيجة لهذه التغييرات العميقة أو

الجذرية في هيكل الصناعة. يبين الشكل (1-11) التحولات المحتملة في صناعة البتروكيماويات العالمية ومدى التأثر بها (1).

الشكل (1-11): التحولات المحتملة وانعكاساتها على صناعة البتروكيماويات في العالم



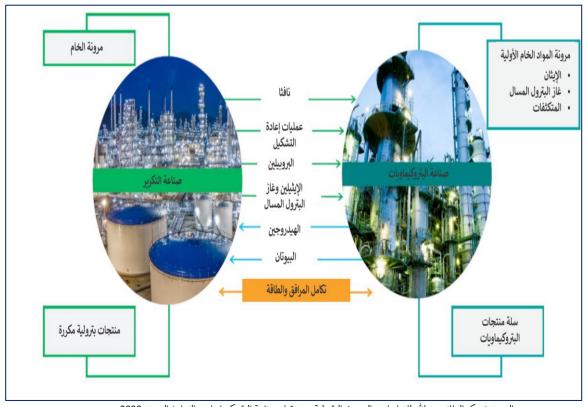
المصدر Building resilience in petrochemicals, Deloitte analysis,2020

من المتوقع أن يختلف مشهد الصناعة بشكل كبير خلال العقد المقبل، فتشهد اندماج عدد من شركات البتروكيماويات الرائدة الكبرى ليصبح عددها أقل، مما يمكنها من الصمود أمام الضغوط والتحديات من خلال ضمان توفر السيولة الكافية لديها، والمحافظة على قوة الميزانيات العمومية، والحفاظ على معدلات الكفاءة التشغيلية. كما يمكن للشركات ذات الأداء القوي والميزانيات العمومية القوية استغلال الاضطرابات في الأسواق للحصول على فرص شراء الأصول من مشروعات البتروكيماويات المتميزة، ودمجها والاستحواذ عليها لتعزيز مزاياها التنافسية، وإضافة الأصول الجديدة لمساعدتها في دخول الأسواق ذات التوقعات القوية في معدلات النمو والطلب، خاصة في دول منطقة آسيا والمحيط الهادئ (1).



وعادة ما يلجأ منتجو النفط إلى الاستثمار في مشروعات مجمعات البتروكيماويات الكبرى، للاستفادة من مزايا تكامل صناعتي التكرير والبتروكيماويات، بهدف زيادة مرونة القدرة على استخدام مشتقات المنتجات البترولية كمواد خام أولية للإنتاج، مع إمكانية استخدام بعض مخرجات صناعة البتروكيماويات كمواد وسيطة أو كمكونات أولية في مجموعة واسعة من العمليات الصناعية في الصناعات البترولية (36)، فمثلاً مع انخفاض معدلات النمو في الطلب على بعض أنواع وقود المحركات مثل الغازولين، أو وقود الطائرات، أو انخفاض هوامش الربح لمنتجات ما، يمكن التوسع في إنتاج بعض أنواع البتروكيماويات ذات القيمة المضافة الأعلى. ويسهل تنوع ومرونة سلة المنتجات في إعادة التوزيع للمنتجات بشكل مرن وفعال للمبيعات عبر المناطق الجغرافية المختلفة، ووسائل النقل اللوجيستي بأنواعها المختلفة. يبين الشكل (1-12) تكامل صناعتي التكرير والبتروكيماويات ومرونة تنويع المواد الخام الأولية وسلة المنتجات النهائية.

الشكل (1-12)
تكامل صناعتي التكرير والبتروكيماويات
ومرونة تنوىع المواد الخام الأولية وسلة المنتجات النهائية



المصدر: مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية، مستقبل صناعة البتروكيماويات والتعاون الصيني،2020.

كما سيتعين على شركات البتروكيماويات على المدى البعيد، الاعتماد على بحوث التطوير والابتكار لديها للاستفادة من القيمة المضافة للمنتجات المبتكرة، والمتخصصة اللازمة لقطاعات المنتجات الجديدة عالية القيمة، خاصة في مجال البناء والتشييد، والإلكترونيات، وصناعة السيارات، وإنتاج المواد البلاستكية القابلة للتحلل البيولوجي الذاتي، المستخدمة في قطاع التعبئة والتغليف بالبلاستيك. وتعد الابتكارات في مجالات الحلول الرقمية الشاملة، وإدارة المعلومات والتخطيط الإستراتيجي أمراً بالغ الأهمية في زيادة المرونة وتنويع الاختيارات في بيئة الأسواق العالمية المتغيرة باستمرار (35).



الفصل الثاني

عوامل زيادة الربحية

وتحسين الأداء في صناعة البتروكيماويات

تمهيد

يشير مصطلح الربح "وهو مصطلح مطلق" إلى إجمالي الدخل الذي حققته المنشأة خلال فترة زمنية محددة، ويمثل القوة الدافعة لها، ويعتمد استمرار المنشأة في المنافسة في الاسواق الإقليمية والعالمية على قدرتها لتحقيق الأرباح. بينما الربحية هي المفهوم النسبي الناتج عن عدد من السياسات والقرارات التي تنتهجها المنشأة لزيادة كفاءتها التشغيلية، ودليل قدرتها على تحقيق الأرباح لذا فهي مؤشر سريع لقياس نجاح المنشأة، ومقياس رئيسي لأدائها الاقتصادي (46).

تعمل شركات إنتاج البتروكيماويات على زيادة ربحيتها، والمحافظة على قدرتها التنافسية في الأسواق الإقليمية والعالمية من خلال عدة محاور ومنها: اختيار أنسب المواد الخام الأولية بتكلفة تنافسية، والعمل على زيادة معدلات إنتاج مصانعها القائمة، وكفاءتها، وتطبيق الرقمنة في كافة عمليات سلسلة القيمة للمنتجات، والحفاظ على جودتها، فضلاً عن الاستثمار في أنشطة البحث والتطوير لإيجاد منتجات جديدة تتميز بالمرونة والتنوع حسب متغيرات ومتطلبات الأسواق، ويترافق ذلك مع العمل على ترشيد وخفض تكاليف التشغيل والإنتاج الثابتة، وتوفير الطاقة وخفض معدلات استهلاكها وخفض حجم الانبعاثات الناتجة عنها.

1.2. تكلفة المواد الخام الأولية

تشير التوقعات بأن صناعة البتروكيماويات ستلعب دوراً محورياً وهاماً كونها المحرك الرئيسي الأكبر لاستهلاك النفط العالمي، لتمثل أكثر من ثلث معدل الطلب على النفط بحلول عام 2030، لتصل إلى أكثر من النصف بحلول عام 2050. يترافق ذلك مع انخفاض معدلات الطلب على النفط لإنتاج وقود المركبات وخاصة الغازولين، نظراً للتنوع المتنامي من الوقود منخفض الكربون، والتوسع في



استخدام الكهرباء لمختلف أنواع المركبات. كما تشر التوقعات بأن صناعة البتروكيماويات ستسهلك كميات إضافية من الغاز الطبيعى تصل إلى حوالى 56 مليار م 3 يومياً بحلول عام 2030.

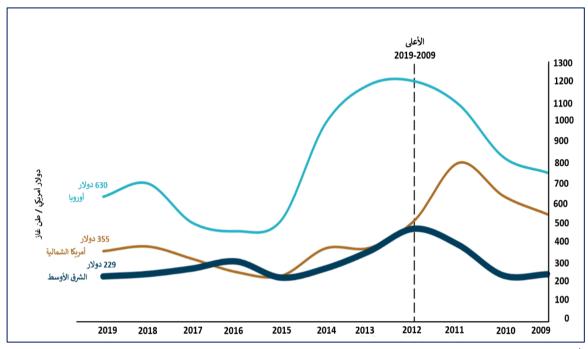
إن المنافسة العالمية في مشروعات البتروكيماويات في المناطق الرئيسية للإنتاج لاتزال وستبقى معتمدةً في الأساس على تكلفة إنتاج المواد الخام الأولية المستخدمة بأسعار تنافسية. ومع خطط التنمية ستشهد الأسواق العالمية لصناعة البتروكيماوبات إضافة كميات كبيرة من المنتجات على المدى المنظور، خاصةً من الصين، والولايات المتحدة الأمريكية. ومن المتوقع أن تزيد حصة الولايات المتحدة الأمربكية في السوق العالمية للإيثيلين إلى نحو 22% بحلول عام 2025، مقارنةً بحوالي 20 % في عام 2017، حيث ساهمت طفرة إنتاج الغاز الصخري في الولايات المتحدة في جعلها في صدارة الدول منخفضة التكلفة نسبياً في إنتاج البتروكيماويات، لهذا فإن حوالي 40% من القدرات الإنتاجية العالمية الجديدة لإنتاج البتروكيماوبات من غاز الإيثان تتوطن الآن في الولايات المتحدة الأمريكية. وجنباً إلى جنب مع الولايات المتحدة الأمريكية تتمتع دول منطقة الشرق الأوسط بقيادة كل من المملكة العربية السعودية وإيران بميزة انخفاض تكلفة إنتاج غاز الإيثان بسبب وفرة إمدادات الغاز الطبيعي، مما ساهم في الاستحواذ على نسب متميزة من الأسواق العالمية للبتروكيماويات، ومكنها كذلك من الإعلان عن عدد من المشروعات الجديدة. بينما تمثل كل من الصين وأوروبا حوالي 25 % من إجمالي طاقات البتروكيماوبات عالية القيمة القائمة على منتج النافثا، ولديها عدد محدود من المشاريع القائمة على المواد الخام الأولية الخفيفة، في حين تعمل الهند بقوة على زبادة الاكتفاء الذاتي من البتروكيماوبات، وخاصة أنها تنتج نحو 4 % من إجمالي الإنتاج العالمي من البتروكيماوبات.

يبين الشكل (2-1) أن منطقة الشرق الأوسط³ تميزت بانخفاض تكلفة إنتاج الإيثيلين، مقارنة مع باقي المناطق الرئيسية للإنتاج في أوروبا وأمريكا الشمالية، التي بلغت ذروتها خلال 2012. إلا أنه ومع بداية طفرة إنتاج الغاز الصخري (السجيل) في أمريكا الشمالية، بدأت تكلفة إنتاج الإيثيلين بالتكسير البخاري في الانخفاض مقارنة بالتكلفة المرتفعة للميثانول المنتج من الفحم الحجري في عدد من الدول وأهمها الصين، والتي يتضاعف بها تكلفة انتاج الأوليفينات. ونجد أن تكلفة إنتاجه

³ وخاصة دول مجلس التعاون لدول الخليج العربية

في دول منطقة الشرق الأوسط كانت أقل بنسبة حوالي 64 % مقارنة بتكلفة إنتاجه في أوروبا، وأرخص من تكلفة إنتاجه في أمريكا الشمالية بنحو 35%، مقارنة بنسبة 63 % في عام 2020.

الشكل (2-1) تكلفة عمليات التكسير البخاري للإيثيلين في المناطق الرئيسية للإنتاج



المصدر: GPCA,2021

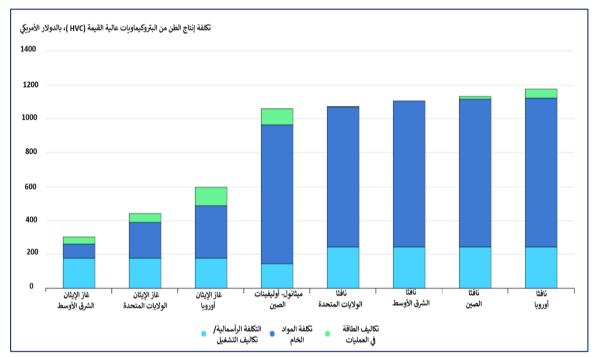
من الجدير بالذكر أن تكلفة المواد الخام الأولية تشكل عنصر التكلفة الرئيسي من إجمالي تكلفة المنتج النهائي حيث تتراوح ما بين 60-70%، بينما تمثل تكلفة الطاقة المستخدمة، والنقل نحو 15-20%، وتعزى النسبة المتبقية إلى التكاليف الثابتة من قيمة المعدات والمنشآت وتكنولوجيا الإنتاج المستخدمة، مما يجعل هذه الصناعة قائمة بشكل رئيسي على تكلفة المواد الخام الأولية.

تتأثر أسعار منتجات البتروكيماويات بشدة بتذبذب أسعار المواد الخام الأولية، وما له من تأثير مباشر على زيادة أو انخفاض هامش الربحية للمنتج، خاصة أن آليات تسعير المنتج تعتمد بشكل رئيسي على كل من معدلات العرض والطلب مع مراعاة التكاليف وطرق الإنتاج البديلة، فضلاً



عن الروابط والعلاقات التجارية واللوجستية بين المناطق المختلفة في الإنتاج (51). يبين الشكل (2-2) تكلفة إنتاج طن البتروكيماويات عالية القيمة في المناطق الرئيسية للإنتاج عام 2017.

الشكل (2-2) تكلفة إنتاج طن البتروكيماويات عالية القيمة في المناطق الرئيسية للإنتاج عام 2017



المصدر: IEA, The future of petrochemicals, 2017

2.2. ترشيد استهلاك الطاقة

صناعة البتروكيماويات هي صناعة كثيفة الاستهلاك للطاقة، وتمثل تكاليف الطاقة في معظم الحالات جزءاً كبيراً من ميزانية ومصاريف التشغيل الثابتة في مجمعات إنتاج البتروكيماويات، مما يجعل من تحسين كفاءة الطاقة أمراً حتمياً وضرورياً لزيادة وتحقيق هوامش الربحية.

تعتبر الحرارة أحد النواتج الثانوية للعديد من العمليات الصناعية والتشغيلية. وعلى الرغم من أن الحرارة قد تكون مفيدة لبعض عمليات الإنتاج، إلا أنها قد تتسبب في أضرار كبيرة للآلات الحساسة وأنظمة التحكم إذا لم يتم تنظيمها والتحكم بها بشكل صحيح. تمتلك معظم مجمعات البتروكيماويات أنظمة صناعية وآليات مناسبة لإجراء عمليات التبريد الصناعي وتنظيم الحرارة والحفاظ عليها ضمن المستويات المثلى، والتخلص من الحرارة الزائدة. ويعد المبادل الحراري Heat

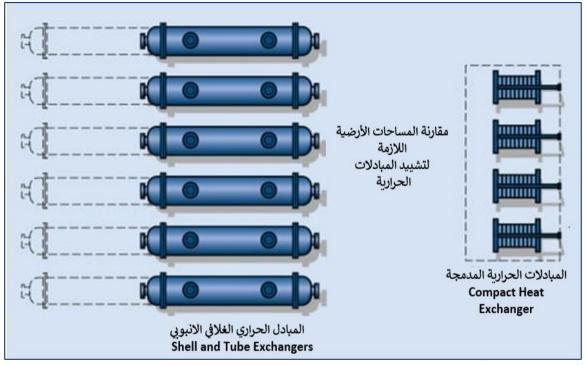
Exchanger الأكثر استخداماً. كما أن هناك استخدامات أخرى أقل شيوعاً وهي استخدامه في عمليات تسخين تفاعلات الإنتاج في حال أن العمليات الإنتاجية تحتاج إلى درجات حرارة مرتفعة (42).

وعلى الرغم من تطبيق شبكات المبادلات الحرارية (Heat Exchange Network-HEN) على نطاق واسع في العمليات الإنتاجية داخل مجمعات الإنتاج لتوفير الطاقة، إلا أنه لا يزال هناك قدر من الحرارة المنخفضة الضائعة، ولا يوجد نموذج مثالي يمكنه معالجة هذه المشكلة بشكل مباشر وتام (47). إلا أن استعادة "استرداد" الطاقة وإعادة استخدامها في المبادلات الحرارية يعد من الطرق الناجعة لخفض معدلات استهلاكها للطاقة، وتستخدم لأجل ذلك المبادلات الحرارية المدمجة بدلاً من المبادلات الحرارية التقليدية الأنبوبية ذات الغلاف Shell and Tube Exchangers، ذات الكفاءة الحرارية المنخفضة.

تتميز المبادلات الحرارية المدمجة بالكفاءة العالية في استرداد الحرارة المهدرة، وبصغر الحجم، والوزن، ويلزم لتشييدها مساحات أقل من الأراضي تقدر بنحو 10/1 مقارنةً بتلك اللازمة لتشييد المبادلات التقليدية، وهو ما يسهم في توفير مساحات كبيرة من الأراضي، وخفض الاستثمارات الرأسمالية اللازمة لعمليات بناء وتركيب الهياكل الإنشائية وأنظمة المرافق الأساسية لها بنسبة 25%، فضلاً عن التوفير في تكليف شحنها، ونقلها. تتميز ايضاً بإمكانية استرداد قيمة الاستثمارات الرأسمالية المدفوعة في تركيبها خلال فترات قصيرة نسبياً، وغالبا ما تكون أقل من عام، مما ينعكس بالإيجاب على ربحية مشروعات البتروكيماويات. يبين الشكل (2-3) مساحات الأراضي اللازمة لتشييد المبادلات الحرارية المدمجة، مقارنة مع المبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف (42).



الشكل (2-3) مساحات الأراضي اللازمة لتشييد المبادلات الحرارية المدمجة، مقارنة مع المبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف



المصدر: alfalaval.com

تتميز المبادلات الحرارية المدمجة كذلك بالقدرة على العمل بكفاءة لفترات طويلة دون الحاجة إلى صيانة دورية، مع سهولة إجراء عمليات الصيانة الدورية أو الطارئة إذا لزم الأمر، وذلك نظراً لبساطة تصميمها لإتمام عمليات الفحص، والتنظيف الميكانيكي. تسهم هذه المميزات في زيادة معدلات التشغيل للوحدات في ظل عمليات الإيقاف لإجراء عمليات الصيانة المخطط، وغير المخطط لها، وخفض الوقت الزمني اللازم لأعمال الصيانة مع ضمان التشغيل الآمن (42). يبين المخطط لها، وخفض الوقت الزمني اللازم لأعمال المحاربية المدمجة في أحد شركات البتروكيماويات في أوروبا.

الشكل (2-4)

نموذج تركيب المبادلات الحراربة المدمجة في أحد شركات البتروكيماوبات في أوروبا

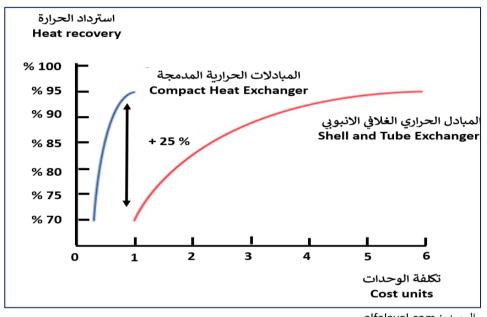


المصدر: alfalaval.com

ومن جانب آخر، يتيح استخدام المبادلات الحرارية المدمجة سهولة التوسع في خطط زيادة الطاقات الإنتاجية لتلبية الاحتياجات المتغيرة، ويسهم كذلك في استخدام بخار ذو جودة أقل بفضل المتحسينات الناتجة عن تحسين كفاءة الحرارة improved thermal efficiency، والتي تصل إلى حوالي خمس مرات، مقارنة بالمبادلات التقليدية، مما يعمل على زيادة توفير الطاقة الكهربائية، واستفادة المنشآت من فائض الكهرباء ببيعها إلى منشآت مجاورة حال اكتفائها الذاتي من الكهرباء، وينطبق ذلك أيضاً على البخار الزائد، كما هو الحال في مصانع إنتاج الإيثيلين. يبين الشكل (2-5) مقارنة كفاءة استعادة الحرارة وتكلفة الوحدات للمبادلات الحرارية المدمجة، مقارنة بالمبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف (42).



الشكل (2-5): كفاءة استعادة الحرارة وتكلفة الوحدات للمبادلات الحرارية المدمجة، مقارنة المبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف



المصدر: alfalaval.com

من المميزات الأخرى الناتجة عن استخدام المبادلات الحرارية المدمجة في استرداد الحرارة المهدرة، خفض كمية المياه المستهلكة في أبراج التبريد، وعدم الحاجة إلى سعات تبريديه كبيرة، وهو ما ينعكس على خفض استهلاك الطاقة، وخفض نسب انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، وأكسيد الكبربت وتحسين البيئة (42).

1.2.2. نماذج عملية لاستخدام المبادلات الحرارية المدمجة

قامت شركة Mexichem لإنتاج البولي فينيل كلوريد في المكسيك، باستبدال المبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف التي تعمل بنظام التناوب بمبادلات حرارية مدمجة، نتج عن هذا التحديث زيادة الطاقة الإنتاجية من البوليمرات، وتوفير بخار نتيجة استرداد الحرارة الزائدة بواسطة المبادلات الجديدة بقيمة تقدر بنحو 110 ألف يورو سنوياً، بالإضافة إلى خفض تكاليف أعمال الصيانة الدورية.

كما نجحت شركة Dow Wolff Cellulosics، في بلجيكا في زيادة إنتاج بخار المراجل عن طريق تركيب المبادلات الحرارية المدمجة، واستخدامها كمكثفات لغاز العادم في خط إنتاج ثنائي كلورو إيثان dichloroethane، وذلك بعد تعرض المبادلات الحرارية الأنبوبية ذات الغلاف إلى تكسر مادة الجرافيت داخلها، وهو ما تسبب في مشكلات بيئية جمة. ساهم هذا التعديل والتحديث في توفير ما قدرة 0.8 ميغاواط من الكهرباء، تقدر قيمتها بنحو 110 ألف يورو سنوياً.

من جانب آخر نجحت إحدى شركات إنتاج العطريات " البنزين العطري، والتولوين" في آسيا، في زيادة إنتاجها، بعد التغلب على مشكلة عدم وجود مساحات كافية لعملية التوسعات ورفع الطاقات الإنتاجية، وذلك من خلال استبدال المبادلات الحرارية القديمة ذات الأنابيب والأغلفة، بثلاثة مبادلات حرارية مدمجة بدلاً منها، مما كان له الأثر في تحسين استرداد الحرارة، وتوفير الطاقة السنوية المستهلكة بمقدار حوالي 211 كيلو وات، تقدر تكلفتها بنحو 480 ألف يورو سنوياً (42).

3.2. تحسين كفاءة الطاقة

كفاءة الطاقة هي استخدام طاقة أقل لأداء نفس المهمة أو تحقيق نفس النتيجة. تستخدم المنازل والمباني الموفرة للطاقة طاقة أقل لتدفئة وتبريد وتشغيل الأجهزة والإلكترونيات، وتستخدم مرافق التصنيع الموفرة للطاقة طاقة أقل لإنتاج السلع. وتعد كفاءة الطاقة إحدى أسهل الطرق وأكثرها فعالية من حيث التكلفة لمكافحة تغير المناخ، وخفض تكليف الطاقة للمستهلكين، وتحسين القدرة التنافسية للشركات. تعد كفاءة الطاقة عنصراً حيوياً في تحقيق انبعاثات صفرية صافية من ثاني أكسيد الكربون من خلال إزالة الكربون.

تلعب كفاءة الطاقة دوراً حيوياً في جميع سيناريوهات الطاقة المستقبلية. وحسب سيناريو السياسات الجديدة لوكالة الطاقة الدولية، فإن زيادة كفاءة الطاقة يحد من استهلاك ونمو الطلب العالمي على الطاقة بمقدار الثلث بحلول عام 2040، على الرغم من توقعاتها بنمو الاقتصاد العالمي بنسبة 150% خلال نفس الفترة. ومن جانب آخر ينظر إلى كفاءة الطاقة على أنها احتياطي للطاقة وتماثل الاحتياطي من الوقود الأحفوري، حيث أشار العديد من الخبراء والمحللون إلى أن إمكانات كفاءة الطاقة تماثل موارد واحتياطيات الطاقة التقليدية، وأحياناً يطلق على كفاءة الطاقة اسم "الوقود الخامس" بعد النفط، والفحم، والغاز، والكهرباء"، في حين أن الاتحاد الأوروبي، ووكالة "الوقود الخامس" بعد النفط، والفحم، والغاز، والكهرباء"، في حين أن الاتحاد الأوروبي، ووكالة



الطاقة الدولية أطلقوا مؤخراً على كفاءة الطاقة، مصطلح "الوقود الأول". وهناك خلط في بعض الأحيان بين مفهوم الطاقة المتجددة وكفاءة الطاقة. ولا يعد استخدام الطاقة المتجددة مفهوماً لكفاءة الطاقة، وإنما هو مصدر بديل لإمدادات الطاقة التي لها فوائد اقتصادية، وبيئية من حيث خفض نسب انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. كما انه لتحقيق أهداف اتفاقية باريس بشأن تغيير المناخ، يتعين على العالم تسريع تخفيض كثافة الطاقة 4 على المدى الطويل، وهو ما يجعل من تحسين كفاءة الطاقة الصناعية مهمة رئيسية خلال السنوات القادمة.

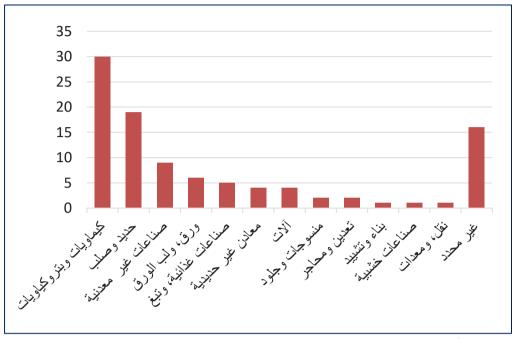
يتزايد الاهتمام بتحسين كفاءة الطاقة في جميع أنحاء العالم على مستوى الشركات والمستويات المحلية والوطنية والدولية. ويعتبره البعض وسيلة ناجعة لمعالجة المخاوف المتزايدة بشأن التأثير البيئي الناتج عن استخدام الطاقة والمخاوف المتعلقة بأمن الطاقة. وطبقا لتقرير "مجموعة الثمانية للطاقة النظيفة والتنمية" فإن تحسين كفاءة الاستخدام النهائي للطاقة يعد فرصة كبرى لمعالجة أمن الطاقة والأسعار والمخاوف البيئية". كما أن تحسين كفاءة الطاقة، يسهم في زيادة الربحية، دون الحاجة إلى دعم أو إعانات. بالإضافة إلى العديد من الفوائد الأخرى غير المتعلقة بالطاقة، وأهمها إنتاجية أفضل، وتقليل هدر الوقود، وتحسين جودة الهواء، والصحة العامة.

يذكر أن الأنشطة الصناعية تستهلك حوالي 29 % من إجمالي الاستهلاك العالمي للطاقة، وتستهلك الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة، والتي تمثل نسبتها حوالي 20 % فقط من قطاع الصناعة، غالبية الطاقة المستهلكة، إذ يقدر استهلاكها بنحو 80 % من إجمالي استهلاك قطاع الصناعة. وتمثل صناعات الكيماويات والبتروكيماويات، والحديد والصلب، والاسمنت، وصناعات الورق ولب الورق حوالي ثلثي إجمالي استهلاك الطاقة الصناعية، لذا فإن هناك حاجة ماسة لتحسين كفاءة الطاقة في هذا القطاع الحيوي، ويجب أن يمثل ذلك أولوية قصوى، وخاصة في الدول النامية. يبين الشكل (2-6) توزع نسب استخدام الطاقة في الصناعة حسب القطاع.

-

⁴ كثافة الطاقة هي "كمية الطاقة اللازمة لإنتاج وحدة من إجمالي الناتج المحلي، ويتم التعبير عنها بأطنان من النفط المكافئ لكل 1000 دولار أمريكي من الناتج المحلي الإجمالي.





المصدر:EIA

من الفوائد المباشرة، والتي غالباً ما تؤخذ في الاعتبار، أن تحسين كفاءة الطاقة يؤدي إلى خفض معدل استهلاك الطاقة مع الحفاظ على نفس معدلات الإنتاج، وبالتالي خفض تكلفة الطاقة لكل وحدة إنتاج.

يبلغ متوسط تحسين كفاءة الطاقة العالمي عبر تطبيق تلك المشروعات حوالي 12%، وهناك إمكانات كبيرة للغاية لزيادة معدلاتها باستخدام التقنيات الفعالة والتي ثبتت جدواها من حيث التطبيق والتكلفة. كما أن التطوير المستمر يسهم في خفض التكلفة الرأسمالية للتقنية، وينعكس ذلك على تكلفة إنتاج الطاقة.

أشارت عدة دراسات أن بعض الدول الصناعية الكبرى⁵ تمكنت خلال السنوات العشر الأخيرة من زيادة ناتجها المحلي بنسبة 18% من خلال تطبيق بعض مبادرات وإجراءات لتوفير الطاقة وتحسين كفاءتها من دون الحاجة إلى زيادة معدلات استهلاك الطاقة. ومن جانب آخر، أشارت دراسة أجرتها وكالة الطاقة الدولية إلى أن الصناعة التحويلية، وخاصةً مشروعات إنتاج

⁵ الولايات المتحدة الأمريكية، بريطانيا، كندا، روسيا، فرنسا، ألمانيا، اليابان.



الكيماويات والبتروكيماويات يمكنها تحسين كفاءة استخدام الطاقة بنسب تتراوح ما بين 16- 28 % بتطبيق التقنيات الحالية، المجربة والفعالة .كما قامت منظمة الأمم المتحدة للتنمية والصناعة (اليونيدو) بإجراء دراسة أخرى عن إمكانية تحسين كفاءة الطاقة في الدول النامية، والدول المتقدمة في أنشطة التكرير، وإنتاج البتروكيماويات عالية القيمة، والأمونيا، والميثانول من خلال رصد مؤشرات الأداء من حيث معدل استهلاك الطاقة لكل وحدة انتاج، وبتطبيق التقنيات الحالية والاقتصادية، وتحسين الإدارة الفعالة للطاقة. حيث بلغ متوسط التوفير نحو 26% من استخدام الطاقة الصناعية، وبناءً على هذه النتائج يمكن تحسين كفاءة الطاقة في الدول النامية والمتقدمة، وتوفير ما قدره 974 مليون طن من الطاقة سنوياً. يبين الجدول (2-1) مقارنة بين قياس كفاءة الطاقة الصناعية لبعض الصناعات التحويلية في الدول النامية والمتطورة.

الجدول (2-1) مقارنة بين قياس كفاءة الطاقة الصناعية لبعض الصناعات التحويلية في الدول النامية والمتطورة

المتوسط العالمي	دول نامية	دول متطورة	القطاع
%1.25	% 3.8-1.3	% 0.8-0.7	مصافي التكرير
%16.9	%18.3-17.1	%18.3-12.6	كيماويات عالية القيمة
%41.0	%46.5-35.9	%36.2-33.2	الأمونيا
%35.1	% 40.5-33.6	% 35.8-33.7	الميثانول

المصدر: UNIDO

4.2. فرص تحسين كفاءة الطاقة في صناعة البتروكيماويات

يحتاج صانعو السياسات إلى تقدير الخيارات التكنولوجية المتاحة المثبتة والمطبقة على النطاق التجاري لتحسين كفاءة الطاقة، ويجب أن يكون التوسع في تطبيق الإدارة السليمة للطاقة في القطاع الصناعي ضمن مفهوم وسياسة إدارة تحسين كفاءة الطاقة.

بدأت إدارة الطاقة كنظام إداري في الظهور في السبعينيات والثمانينيات من القرن الماضي في الشركات الكبرى بعد أزمات النفط خلال الفترة 1973-1979، وذلك بهدف مواجهة الارتفاع

الكبير في أسعار الطاقة، ومع مرور الوقت عملت تلك الشركات على تطبيق إدارة تحسين أداء الطاقة، من خلال استخدام وتداول مصطلحات وتعريفات متسقة وبسيطة ، وبمشاركة جميع إدارات المنشأة والعاملين في المنظومة، وليس فقط الإدارات الفنية أو الهندسية، مع تخصيص وتحديد المسؤوليات، ودمج إدارة الطاقة في العمليات التشغيلية والإنتاجية اليومية، واستخدام قياسات الأداء المناسبة، وتحليل النتائج باستخدام البرامج المتخصصة وتطبيق الذكاء الاصطناعي واستراتيجيات المحاكاة، مع وضع أهداف محددة قابلة للتحقيق من خلال المتابعة والمراجعة الدوربة.

تتخذ الشركات والمؤسسات عدداً من الإجراءات نحو تحسين كفاءة استخدام الطاقة والتي قد يلزم معها ضخ بعض الاستثمارات البسيطة للإصلاح، أو لاستبدال نظم التحكم المستخدمة، لتحويلها إلى نظام التحكم الآلي في العمليات والمرافق، واستخدام الصيانة الوقائية ومراقبة العمليات التشغيلية في كافة مراحل الإنتاج، وتطبيق نظم الذكاء الاصطناعي للتنبؤ بأعطال المعدات ومنع حدوثها، وغيرها من الإجراءات الاحترازية ذات الصلة. يبين الجدول (2-2) فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في قطاع الكيماويات والبتروكيماويات.



الجدول (2-2) فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة في قطاع الكيماويات والبتروكيماويات

فرص تحسين كفاءة استخدام الطاقة	القطاع	
 ✓ استخدام ملفات انتقائية (Selective Coils). ✓ تحسين كفاءة، وعزل خطوط النقل المستخدمة في المبدلات الحرارية. ✓ زيادة كفاءة أفران التكسير بالبخار. ✓ استخدام التوربينات الغازية ذات الدورة المركبة، الملحقة بأفران التكسير بالبخار. ✓ تحسين استرجاع الحرارة في المياه المستخدمة في عمليات التبريد. ✓ تعظيم الاستفادة من البخار وتوازن الطاقة. 	الإيثيلين	
تحسين عمليات كفاءة استرجاع المنتج Product recovery	العطريات	
 ✓ استرجاع البخار ذو الضغط المنخفض. ✓ إعادة استخدام المذيبات والزيوت والمواد الحفازة. 	البوليمرات	
 ✓ استخدام مواد حفازة ذات انتقائية مرتفعة. ✓ عمليات التكامل، واسترداد المنتجات. ✓ استخدام مبخرات متعدد الأوعية Multiple effect evaporators، کل منها تحت ضغط أقل من سابقها، بحيث عندما تنخفض نقطة غليان الماء مع الضغط، يمكن استخدام البخار الناتج في وعاء لتسخين الوعاء التالي، وفي هذه الحالة يتطلب مصدر واحد للحرارة للوعاء الأول فقط. 	أكسيد الإيثيلين/ إيثيلين غلايكول	
 ✓ تحسين كفاءة حلقات (دوائر) إعادة التدوير. ✓ إجراء عمليات الكلورة المباشرة للإيثيلين في الطور الغازي. ✓ عمليات التكسير التحفيزي لمنتج الإيثيلين داي كلوريد EDC 	ثنائي كلوريد الإيثيلين/ كلوريد الفينيل مونيمر	
✓ استرجاع المتكثفات condensate، وتكامل العمليات	الإستيرين	

المصدر: Adapted from Neelis et al., 2008

ومن الأمثلة الناجحة في مجال تطبيق مفهوم تحسين كفاء الطاقة في مجال إنتاج البتروكيماويات، نجد أن شركة "داو كيميكال" طبقت نظام إدارة طاقة طويل الأجل، منذ عام 1994، حيث وضعت هدفاً لتقليل كثافة الطاقة على مستوى مشروعاتها على مستوى العالم بنسبة 20 % بحلول عام 2005، وباستخدام نهج منظم، تجاوزت شركة "داو "هذا الهدف، ووصلت إلى تحسين كثافة الطاقة بنسبة بلغت حوالي 22 % مقابل مستويات عام 1994. ومن خلال الاستفادة من الدروس المستفادة والنجاحات التي تحققت، أعلنت شركة داو في عام 2006 عن هدف آخر لخفض

كثافة الطاقة بنسبة 25 % إضافية بحلول عام 2015، إضافة إلى تقليل كثافة انبعاثات غازات الاحتباس الحراري بنسبة 5.2 % سنوياً (58).

ومن المعايير الدولية للبرامج المستخدمة في عملية إدارة الطاقة المعيار الدولي أيزو 50001 (ISO 50001) والذي تم تطويره في عام 2011، بهدف التسهيل على المؤسسات لتحقيق كفاءة عالية في ترشيد الطاقة، وتحقيق الأهداف البيئية وخفض انبعاثات الكربون كجزء من تحسين إدارة الطاقة في المؤسسة، المساعدة على القدرة لتوثيق البيانات والتقارير

5.2. أنظمة المراقبة والتحكم الآلي

يلعب استخدام أنظمة مراقبة الطاقة والتحكم في العمليات دوراً مهماً في إدارة وتقليل استخدام الطاقة، بحيث يمكنها تقليل الوقت المطلوب لأداء المهام المعقدة، وغالباً ما تعمل على تحسين جودة المنتج وتحسين العمليات الإنتاجية، مقروناً بوفرة استهلاك الطاقة، وخفض التكلفة بحوالي 5 % أو أكثر. وعلى الرغم من أن هذا الوفر ينطبق على العديد من مصانع إنتاج الكيماويات التي تمتلك أنظمة حديثة للتحكم في العمليات لتحسين كفاءة الطاقة، إلا أنه من الممكن زيادة تحسين أداء الأنظمة، مما يقلل من التكاليف ويزيد من توفير الطاقة بشكل أكبر (58).

ومن الأمثلة الناجحة على تطبيق أنظمة المراقبة والتحكم في العمليات، قيام مصنع ExxonMobil، في ولاية "لويزيانا"، باعتماد استبدال أنظمة التحكم الهوائية القديمة بنظام تحكم رقمي متقدم في وحدة إنتاج " الأيزوبرين" Isoprene، مما ساهم في خفض استهلاك البخار بمقدار 43 ألف "مليون وحدة حرارية بريطانية"، شكلت وفراً مقداره حوالي 20 % سنوياً من إجمالي الطاقة المستهلكة (58).

6.2. نظام توليد بخار الماء

تعتبر الغلايات أحد أهم مكونات نظام إنتاج البخار في صناعة البتروكيماويات، وتقدر وكالة الطاقة الدولية كمية الطاقة او الوقود اللازم لتوليد البخار في العمليات الصناعية، ويشمل ذلك عمليات الغليان والتبخير والتجفيف والتنظيف والتعقيم، وبعض العمليات الكيميائية، والمعالجة



الحرارية بنحو 38 % من إجمالي استهلاك الطاقة المستخدمة في كافة العمليات الصناعية، مما يجعلها من العمليات الأكثر تكلفة في مجمعات الإنتاج.

وتعتبر كفاءة توليد البخار المنخفضة، أحد العوامل الرئيسية في زيادة استهلاك الوقود. لذا فمن المهم اتباع الأنظمة والطرق الحديثة لتقييم أنظمة البخار، مع تحديد مكان وكيفية استخدامه. وعادةً ما يفقد نظام البخار المصمم والمشغل بشكل صحيح حوالي 45 % من قيمته قبل القيام بالعمل، وقد يحدث هذا الفقد في مصنع الغلايات والمحطات المساعدة للغلايات، وشبكة التوزيع، أو عند الاستخدام النهائي. تشير وكالة الطاقة الدولية إلى إمكانية تحقيق وفر يتراوح ما بين 36 -60 طن سنوياً من البخار من خلال عمل تحسينات في أنظمة البخار.

وأما من الجانب البيئي، فتعد تقنية التكسير البخاري أحد التقنيات الرائدة والهامة لإنتاج الأوليفينات الخفيفة، خاصة الإيثيلين والبروبيلين، وهي من التقنيات الماصة للحرارة، والأكثر استهلاكاً للطاقة حيث تستهلك حوالي 10 % من إجمالي الطاقة المستهلكة في القطاع على مستوى العالم، إذ يتراوح استهلاك الطاقة لإنتاج 1 كجم من الإيثيلين مقدار من الطاقة يتراوح ما بين 15 - 27 ميجا جول / كجم. وتقدر كميات غاز ثاني أكسيد الكربون المنبعثة نتيجة احتراق الوقود في أفران التكسير بالبخار بنحو 1.56 طن مكافئ ثاني أكسيد الكربون لكل طن من الإيثيلين، وحوالي 2.4 طن مكافئ من ثاني أكسيد الكربون لكل طن من الإيثيلين بنحو مكافئ من ثاني أكسيد الكربون لكل طن من البروبيلين. وحيث يقدر الإنتاج العالمي من الإيثيلين بنحو 190 مليون طن، ويبلغ إنتاج البروبيلين العالمي حوالي 140 مليون طن سنوياً، فإن كمية الانبعاثات الناتجة من المنتجين تقدر بحوالي 543 مليون طن من مكافئ من ثاني أكسيد الكربون، ويؤدي تحسين كفاءة مفاعلات التكسير بالبخار خلال عدد محدود من التغيرات والتحسينات في التقنيات تحسين كفاءة مفاعلات التكسير بالبخار خلال عدد محدود من التغيرات والتحسينات في التقنيات المطبقة الحالية إلى خفض نسب الانبعاثات المتولدة (45).

1.6.2. التوليد المشترك للطاقة في صناعة البتروكيماويات

إن التوليد المشترك للطاقة ليس مفهوماً جديداً، ولكنه يحظى باهتمام متزايد في الوقت الراهن نظراً لتذبذب أسعار الطاقة التي تتحرك صعوداً وهبوطاً. ويمكن أن يساعد الفهم الجيد لتشغيل التوربينات البخارية وتكلفة توليد الطاقة الكهربائية في تحسين الربحية الإجمالية، والذي يسمح

باستخدام البخار لتشغيل التوربينات وتوليد الطاقة للمحطة بتقليل اعتمادها على مشتريات الطاقة الكهربائية من الخارج.

تتميز محطة توليد الطاقة النموذجية التي تعمل بالوقود الأحفوري بمتوسط كفاءة حرارية يتراوح ما بين 35-45%، لأن التوربينات البخارية يمكنها استخراج قدر كبير من الطاقة الكهربائية باستخدام البخار عالي الضغط فقط، وتقوم بهدر البخار ذو الضغط المنخفض الذي يخرج من التوربينات دون استغلاله أو استخدامه. لذلك، فإن النظام المشترك للطاقة يتيح تكثيف البخار منخفض الضغط الخارج من التوربينات لتعزيز إنتاج الكهرباء (57،56). تتميز أنظمة التوليد المشترك بأن كفاءتها تزيد عن 85%، وتكون تكاليف توليد الطاقة الكهربائية أقل مقارنة بإنتاج البخار والكهرباء في منشآت منفصلة (56).

ومهما كانت طريقة استخدام البخار أو مصدره، فمن الممكن إجراء تحسينات في كفاءة توليد البخار وتوزيعه واستخدامه النهائي. حيث يمكن توليد البخار من الغلايات، واستعادة الحرارة المهدرة من العمليات في عمليات التوليد المشترك للكهرباء. وتقدر دراسة أجرتها وزارة الطاقة الأمريكية إمكانية توفير حوالي 12.4% من إجمالي الطاقة المستخدمة من خلال استغلال هدر الحرارة الناتج عن توليد البخار. وقد عمدت العديد من الشركات إلى اعتماد مفهوم التوليد المشترك للطاقة، فنجد على سبيل المثال أن صناعة البتروكيماويات في الولايات المتحدة الأمريكية تنتج حوالي 11 % من البخار المستخدم في الصناعة، "حوالي 148 تيرا بايت"، من خلال أنظمة التوليد المشترك، والباقي من أنظمة الغلايات المركزية (58).

7.2. تحسين التحكم في العمليات Improved Process Control

تستخدم وحدات للمراقبة والتحكم لتحديد نسب الهواء / الوقود المناسبة للحفاظ على تركيز الأكسجين الأمثل في منطقة الاحتراق في الأفران، والتي يمكن من خلالها تحسين نسب خليط الوقود / الهواء للحصول على درجة حرارة اللهب المثلى، والتي تعمل على تحسين كفاءة الطاقة، وخفض نسب انبعاثات أكاسيد النيتروجين، وقد يكون هذا الإجراء مكلفاً للغاية بالنسبة للمراجل والأفران الصغيرة إلا أنه يسهم في توفير الطاقة المستخدمة. وقد أظهرت نتائج بعض الدراسات والتجارب العملية جدوى هذا الإجراء فنجد أن شركة " إكسون موبيل" قامت بعمل التغييرات في



نظام التحكم في مرجلتين تابعين لها في مصنع "ماري آن" في ولاية" ألاباما"، مما ساهم في خفض قيمة الاستهلاك السنوي للطاقة بمقدار 170 تيرا بايت (58).

8.2. تحسين العزل

يسهم استخدام مواد متطورة لتحسين خواص عزل جدران الغلايات والسخانات في تحقيق وفورات تتراوح ما بين 6-26 % من الطاقة اللازمة، وتعد ألياف السيراميك من المواد العازلة الملائمة، والتي تتميز بالحاجة إلى صيانات دورية بسيطة. يبين الشكل (2-7) ألياف السيراميك المستخدمة في عمليات تحسين عزل الغلايات.

الشكل (2-7) ألياف السيراميك المستخدمة في تحسين عمليات عزل الغلايات



9.2. الصيانة

يمكن ضمان تشغيل جميع مكونات الغلاية " جسم الغلاية، الأنابيب، غرف الاحتراق،" بأعلى مستويات الأداء، وتحقيق خفض كبير في استهلاك الطاقة بتطبيق برامج الصيانة البسيطة. وفي حالة عدم وجود نظام صيانة جيد، يمكن أن تتعرض الشعلات وأنظمة إرجاع المكثفات للتلف أو الخروج من الخدمة، كما أن عدم تشغيلها بالظروف المثلى يمكن أن يؤدي إلى خفض كفاءتها بنسب تتراوح ما بين 20-30%.

أوضحت دراسة وزارة الطاقة الأمريكية بان إجراء عمليات الصيانة الدورية يمكن أن يحقق وفر في الطاقة يصل إلى نحو 10%، مع خفض في نسب انبعاثات ملوثات الهواء (58). تشمل إجراءات الصيانة كذلك مراقبة جودة مياه الغلايات، حيث يسبب تكون القشور داخل الغلايات انخفاض

انتقال الحرارة، وكلما زاد سمك طبقة القشور المتكونة انخفضت كفاءة نقل الطاقة. أظهرت نتائج الدراسات أنه في حال تكون طبقة من السخام "Soot Layer"، قدرها 0.8 مم فإنها تقلل من انتقال الحرارة بنسبة 9.5 %، وإذا زاد سمكها إلى حوالي 4.5 مم، فإن مقدار انخفاض انتقال الحرارة يصل إلى حوالى 69%، وهو ما يؤدي إلى زيادة استهلاك الطاقة (58).

10.2. الأفران والسخانات

يستخدم ما يقرب من 30 % من الوقود المستخدم في صناعة الكيماويات والبتروكيماويات في تشغيل السخانات، والأفران. يقدر متوسط الكفاءة الحرارية للأفران بحوالي 75-90%، وبحساب الهدر في الحرارة والتي لا يمكن تجنبها، تبلغ الكفاءة القصوى النظرية حوالي 92%، وهذا يشير إلى إمكانية تحقيق وفورات نموذجية بنسبة 10 % من خلال تحسين مواصفات وتصميم الأفران، بما في ذلك تحسين خصائص نقل الحرارة، وتركيب أجهزة استعادة الحرارة، أو التسخين المسبق للهواء، وتحسين أنظمة التحكم بما في ذلك تحسين نسب خلط الوقود والهواء بشكل أكثر كفاءة.

تم تطوير العديد من المفاهيم المختلفة لتحقيق هذه الأهداف، وشملت إعادة تصميم الأفران والمواقد، وتحسينها طبقاً لاشتراطات السلامة والبيئة ولتلبية معايير جودة الهواء خاصةً في صناعة البتروكيماويات، وأهمها العمل على خفض انبعاثات أكاسيد النيتروجين (58).

11.2. المضخات في الصناعة الكيميائية

تستخدم المضخات في عدة أنشطة، ومنها ضغط وتحريك السوائل، ويستهلك تشغيل المضخات الكهربائية حوالي 26 % من إجمالي الكهرباء المستخدمة في تشغيل كافة أنواع المحركات الكهربائية في مجمعات البتروكيماويات، وهو ما يجعلها أحد أكثر القطاعات استهلاكاً للكهرباء. وأظهرت العديد من الدراسات أنه يمكن في المتوسط توفير نحو 20 % من الكهرباء التي تستهلكها تلك الأنظمة من خلال عدد من التغيرات في المعدات أو في أنظمة التحكم.

هناك عدة عوامل تسهم في زيادة كفاءة نظام المضخات وخفض استهلاكها للطاقة، ومنها اختيار الحجم الصحيح للأنابيب والذي من شأنه أن يوفر حوالي 15-25 % من استهلاك الكهرباء، كما يمكن تخفيف الأحمال عن المضخة من خلال تطبيق نظام متعدد المضخات وتوفير البديل



لها، وكذلك تسهم عمليات طلاء الاسطح الداخلية لها، أو عمليات التلميع في التقليل من خشونة أسطح الأنابيب وخفض الاحتكاك، وهو ما يساهم في الحفاظ على الكفاءة مع مرور الوقت.

ومن المهم ملاحظة أن التكاليف الرأسمالية الأولية للمضخات لا تمثل سوى قدر بسيط من إجمالي تكاليف صيانتها والحفاظ عليها طوال فترة تشغيلها والتي تصل إلى حوالي 20 عام، وتمثل التكلفة الرأسمالية للمضخات حوالي 2.5 % فقط من إجمالي المصروفات خلال فترة عمر تشغيل المضخة. واعتماداً على طريقة استخدام المضخات فإن تكاليف صيانتها يشكل حوالي 95 % من تكاليف فترة تشغيلها، ومن ثم يجب أن يعتمد الاختيار الأولي لنظام المضخة بشكل كبير على اعتبارات تكلفة الطاقة بدلاً من التكاليف الرأسمالية الأولية (58).

أثبتت الدراسات في أحد مصانع إنتاج الميثانول، وميثيل الأسيتون في الولايات المتحدة الأمريكية، أن تغيير واستبدال الصمامات على سبيل المثال، وعمليات التشذيب trimming، وإعادة تشكيل الأنابيب ساهم في توفير الكهرباء بمقدار 1.092 ميغاوات في الساعة، ووفورات في التكاليف المالية بلغت نحو 100 ألف دولار أمريكي، مع نجاح استرداد التكاليف الرأسمالية للتعديلات خلال 6 أشهر فقط (58).

12.2. تعظيم الاستفادة من الانبعاثات الكربونية وزبادة ربحية الصناعة

نجحت التكنولوجيا الحديثة في تحويل التحديات التي تواجه صناعة البتروكيماويات، ومنها انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون إلى فرص حقيقة لزيادة ربحيتها بتعزيز إنتاجها من المنتجات دون الحاجة إلى استهلاك المزيد من المواد الخام الأولية، مع تحقيق الاشتراطات البيئة الصارمة نحو خفض نسب انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون. كما أصبحت مشروعات احتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون ترتبط ارتباطا وثيقاً بمشروعات إنتاج الهيدروجين المنخفض الكربون، والتي سيحتاج العالم إلى كميات هائلة منه مستقبلاً.

تقدر كميات غاز ثاني أكسيد الكربون المستخدمة عالمياً كمادة خام أولية لبعض عمليات التحويل الكيميائي "Chemical Conversion" لإنتاج منتجات بتروكيماوية بحوالي 130 مليون طن سنويا وهي طرق معروفة جيداً ومطبقه، وتم تسويقها بنجاح. يأتي إنتاج الأمونيا، واليوريا في مقدمتها، كما يمكن إنتاج كل من حمض النيتربك، وحمض السكسنيك "Succinic Acid "، وحمض

الأديبك "Adipic Acid"، وحمض السالسيليك "Salicylic Acid"، والكربونات الحلقية "Adipic Acid"، والبولي كربونات، والكابرولاكتام "Caprolactam" المستخدم في إنتاج البلاستيك، والأسمدة، والألياف الاصطناعية. كما يمكن هدرجة غاز ثاني أكسيد الكربون لإنتاج الهيدروكربونات احادية الكربون C_1 ، ومنتجات ذات طول السلسلة الأعلى، ومنها يمكن إنتاج العديد من المنتجات، اعتماداً على ظروف التفاعل المستخدمة لإنتاج الوقود، والغاز الاصطناعي "Syngas"، أو لإنتاج الميثانول (MeOH).

وتشير العديد من الدراسات إلى التوقعات بزيادة الطلب العالمي على استخدام غاز ثاني أكسيد الكربون في عدد من المجالات والتطبيقات الناشئة كإنتاج الوقود الاصطناعي، وبعض أنواع الكيماويات، بالإضافة إلى التوجهات الحديثة نحو إعادة تصميم مواد بناء جديدة من الاسمنت والخرسانة، والمواد المالئة والعازلة ذات أداء يفوق أداء مواد البناء التقليدية، وبتكلفة منخفضة. كما لجأت بعض الشركات ومراكز البحث العلمي العالمية إلى تطوير تقنيات احتجاز وفصل واستخدام وتخزين غاز ثاني أكسيد الكربون، بهدف زيادة كفاءتها، وخفض تكلفتها بما يسهم في انتشارها.

13.2. جهود الدول الأعضاء في منظمة أوابك في مجال تحسين كفاءة الطاقة والبيئة

قامت عدد من الشركات في الدول الأعضاء بتبني سياسات ووضع خطط واستراتيجيات تهدف إلى تحسين كفاءة الطاقة، واسترداد الحرارة المهدرة في القطاعات الصناعية، وتعظيم الاستفادة من الانبعاثات الكربونية وخاصة قطاع التكرير والكيماويات والبتروكيماويات.

قامت شركة "بابكو"، في مملكة البحرين الشركة في عام 2015 بإطلاق مشروع لاستبدال عدد ثلاث سخانات Heaters ثنائية الشعلة تابعة لوحدة التكرير رقم 5، والتي شيدت في عام 1943، بسخانات جديدة بهدف تقليل تكون الفحم التكون داخل أنابيب السخانات، وتركيب شعلات جديدة تتميز بالحاجة الأقل لأعمال الصيانة. بلغت قيمة المشروع حوالي 23 مليون دولار، وتم الانتهاء منه في عام 2019. يبين الشكل (2-8) تكون الفحم داخل أنابيب السخانات القديمة، ثنائية الشعلة.



الشكل (2-8) تكون الفحم داخل أنابيب السخانات القديمة، ثنائية الشعلة التابعة لشركة بابكو



المصدر: Bapco's 5CDU Crude Heater Replacement Project - A Success Story. GDA downstream conference,2023

شمل المشروع أيضاً تثبيت أجهزة لتحسين المراقبة، والقضاء على تسرب الهواء لخفض كميات انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، وخفض تكاليف التشغيل، والحد من إطلاق الغاز الغني بغاز البترول المسال، حيث تطلق السخانات القديمة حوالي 220 مليون وحدة حرارية بريطانية/ ساعة، بينما السخانات الجديدة تطلق ما قدرة 150 مليون وحدة حرارية بريطانية/ ساعة، ورفع كفاءة التسخين من 60% إلى 90%. يبين الشكل (2-9) مشروع شركة "بابكو "لاستبدال السخانات القديمة بأخرى حديثة (60).

الشكل (2-9) مشروع شركة "بابكو "لاستبدال السخانات القديمة بأخرى حديثة



المصدر: Bapco's 5CDU Crude Heater Replacement Project - A Success Story. GDA downstream conference, 2023

وفي المملكة العربية السعودية عملت شركة " أرامكو- السعودية على رفع كفاءة استهلاك الطاقة وتحقيق الاكتفاء الذاتي الكامل لتوليد الكهرباء اللازمة لتشغيل معاملها، والتوسع في التوليد المشترك لإنتاج البخار والكهرباء. كما نفذت الشركة أكثر من 2000 مبادرة في مجال ترشيد الطاقة في عام 2020، مكنتها من إضافة حوالي 1318 ميغاواط، وحققت وفراً بمقدار 13.2 ألف برميل مكافئ نفطي في اليوم (59،55).

بينما اعتمدت شركة "سابك" في عام 2021 خارطة طريق نحو التحول إلى الحياد الكربوني بينما اعتمدت شركة "سابك" في عام 2021، مع التركيز على تحسين كفاءة الطاقة، واحتجاز الكربون، واستخدام الطاقة النظيفة، والكهرباء المتجددة للحد من انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، إلى جانب استخدام المواد الأولية المتجددة. ووقعت الشركة عقداً مع شركة Linde لصناعة الكيماويات الأيرلندية لتشغيل أفران التكسير بالبخار بالكهرباء المتجددة بدلاً من الوقود الأحفوري (63).



أما في جمهورية مصر العربية فقد أعلنت وزارة البترول والثروة المعدنية عن سياسات تحسين لكفاءة الطاقة من أجل الحفاظ عليها وترشيد استخدامها من خلال تطبيق مشروع تطوير وتحديث القطاع الذي بدأ في عام 2016، وتم فيه تخصيص برنامج عمل لتحسين كفاءة الطاقة كأحد الحلول الهامة لخفض التكاليف وتحسين الربحية، فضلاً عن خفض البصمة الكربونية لأنشطة القطاع.

وفي إطار جهود الدول الأعضاء في أوابك نحو تعظيم الاستفادة من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون في تعزيز إنتاج البتروكيماويات من الميثانول والأمونيا واليوريا، فقد قامت شركة الخليج لصناعة الكيماويات" جيبيك" في مملكة البحرين، بإنشاء أول مصنع لاحتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون في عام 2010 بطاقة 6.0 مليون طن سنوياً، وهو ما يمثل أكثر من 40% من انبعاثاتها، تستخدم الشركة حوالي 0.52 مليون طن سنوياً من غاز ثاني أكسيد الكربون في تعزيز إنتاج الأمونيا، واليوريا، مما ساهم في زيادة إنتاج اليوريا بنسبة 50%. بينما تستخدم نحو 0.12 مليون طن سنوياً لتعزيز إنتاج الميثانول، وهو ما ساهم في تعزيز الإنتاج بكميات إضافية بلغت حوالي 26 ألف طن سنوياً. بلغت التكلفة الاستثمارية للمشروع حوالي 52 مليون دولار.

كما بدأت مؤخراً عدد من الدول الأعضاء في منظمة أوابك في افتتاح عدد من المشروعات الخاصة بإنتاج الهيدروجين الأزرق بتقنيات اصطياد الكربون، وإنتاج الأمونيا الزرقاء، والتي تعد أحد أهم مكونات الأسمدة الزراعية. حيث نجحت شركة " أرامكو- السعودية" في المملكة العربية السعودية في عام 2020، في إنتاج وتصدير أول شحنة في العالم من الأمونيا الزرقاء إلى اليابان، اعتمادا على إنتاج الهيدروجين الأزرق⁶. كما نجحت أيضاً شركة "أرامكو- السعودية" في تعزيز القيمة المضافة لغاز ثاني أكسيد الكربون، وإنتاج منتجات متخصصة، من خلال استحواذها على حصة من شركة "نوفومر" الأمريكية، والمالكة لخط إنتاج مواد "كونفيرج بولي أول" والتقنيات المبتكرة، بقيمة منكة "نوفومر" الأمريكية، والمالكة لخط إنتاج مواد "كونفيرج بولي أول" والتقنيات المبتكرة، بقيمة منتجات نهائية ذات قيمة وكفاءة أداء عالية، وبتكلفة أقل، خاصة عند دمجها مع مركبات " البولي يورثان"، لإنتاج المواد اللاصقة، ومواد العزل للمباني، ومواد تغليف الأغذية، ومانعات التسرب، والمطاط الصناعي عالى القوة والمقاومة للكشط، وطلاءات المنازل الخارجية المقاومة للعوامل والمطاط الصناعي عالى القوة والمقاومة للكشط، وطلاءات المنازل الخارجية المقاومة للعوامل

⁶ الهيدروجين الأزرق هو الهيدروجين الذي ينتج من لقائم أحفورية، ويرتبط إنتاجه بتقنية احتجاز ثاني أكسيد الكربون

الجوية، والمواد ذات القدرة العالية على تحمل الأحمال، ومقاومة الاحتراق، وهو ما يزيد من ربحية الشركات المنتجة للبتروكيماويات، وتحقيق أهداف خفض انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون (59).

فيما أعلنت دولة الإمارات العربية المتحدة عن مشروع جديد، لإنتاج الأمونيا "الزرقاء" في مجمع الرويس، وذلك في إطار خطتها للتوسع في تنمية مشروعات احتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون لتصل طاقتها إلى 5 مليون طن من ثاني أكسيد الكربون سنويا بحلول عام 2030. وقد تشهد السنوات القليلة القادمة انطلاقة غير مسبوقة لبرامج احتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون واستخدامه وتخزينه في عدد من الدول العربية، نظراً لامتلاكها خبرات في هذا المجال، خاصةً في الدول التي تتركز بها هذه المشروعات، مثل دولة الإمارات العربية المتحدة، ومملكة البحرين، والجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية، ودولة قطر، والمملكة العربية السعودية (⁶⁹⁾.



الفصل الثالث صناعة البتروكيماويات وتنمية الناتج الحلي

تمهيد

يلعب قطاع الصناعات التحويلية دورا حيوياً هاماً في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، ويعتبر المحرك الرئيس للنمو الاقتصادي في العديد من الدول الصناعية. لذا فإن الشركات الصناعية الكبرى تسعى إلى اقتناء وتطبيق التقنيات الحديثة بهدف زيادة الإنتاج ورفع الكفاءة الإنتاجية والقدرة التنافسية لتلبية الطلب المحلي، وتصدير الفائض من المنتجات إلى الأسواق العالمية لتحريك عجلة النمو والتنمية الاقتصادية، وذلك من خلال زيادة التبادل التجاري مع دول العالم الذي ينعكس بشكل إيجابي على الصناعات التحويلية ومنها صناعة البتروكيماويات (61).

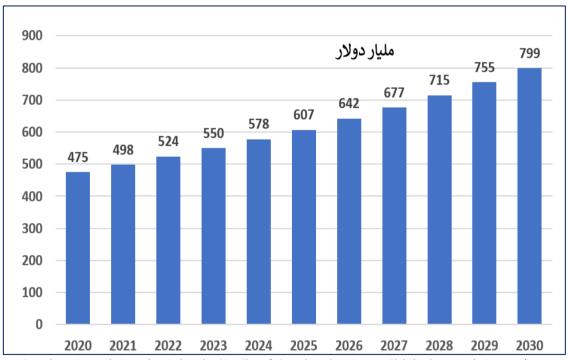
ومن جانب آخر تشهد مناطق العالم الرئيسية موجة جديدة من التوسعات لمشروعات إنتاج الكيماويات والبتروكيماويات، خاصةً دول منطقة الشرق الأوسط وأفريقيا، وقد بلغت قيمة الاستثمارات في المشروعات الجديدة والتوسعات في مرحلة الهندسة والتوريد والبناء، في عام 2022 حوالي 28 مليار دولار، بينما تتجاوز قيمة المشروعات المخطط لها والمعلن عنها بحلول عام 2030 أكثر من 80 مليار دولار، مدفوعةً بوفرة المواد الخام الأولية اللازمة للصناعة بأسعار تنافسية، والتطورات التقنية المتسارعة لتعظيم إنتاجية برميل النفط الخام من الكيماويات والبتروكيماويات. ويمثل تطور قطاع إنتاج الكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك مثالاً جيداً لدور صناعة البتروكيماويات في تنمية الناتج المحلي لزيادة وتنويع مصادر الدخل غير النفطية.



1.3. دور صناعة البتروكيماويات في تنمية الناتج المحلى

تُعد صناعة البتروكيماويات من أكثر الصناعات نمواً وتطوراً على مستوى العالم، حيث يمثل معدل نموها حوالي ضعف معدلات النمو الاقتصادي العام العالمي، لذا فإنها تعد أحد الروافد الهامة التي يعول عليها لزيادة النمو الاقتصادي، وعمليات التنمية، والمساهمة في تنويع مصادر الدخل للدول، حيث تصل توقعات معدلات نموها السنوي المركب خلال الفترة 2020-2030 إلى نحو للدول، ومن المتوقع أن يصل حجم سوق البتروكيماويات العالمي إلى نحو 799 مليار دولار بحلول عام 2030، مقارنة بنحو 524 مليار دولار في عام 2022، كما هو مبين في الشكل (1-1) (1-1).

الشكل (3-1) حجم سوق البتروكيماويات العالمي خلال الفترة (2020-2030)



Precedence Research, Petrochemical Market Size, Share & Growth Analysis Report - Global Industry Analysis, المصدر: Trends, Segment Forecasts, Regional Outlook 2022 – 2030,2022.

طبقاً لدراسة حديثة صادرة في 2021عن صندوق النقد العربي، فإن قيمة الصادرات العربية من منتجات البتروكيماويات، والتي تمثل أحد أهم صادرات الصناعات التحويلية زادت بنحو 6.7 % في عام 2018 لتبلغ حوالي 111 مليار دولار مقارنة بعام 2010، والتي بلغت نحو 66 مليار

دولار. واستحوذت صادرات المملكة العربية السعودية في عام 2018 من المنتجات البتروكيماوية على النسبة الأعلى من إجمالي صادرات الدول العربية مجتمعة، حيث بلغت حوالي 50.6 %، بقيمة قدرت بحوالي 56.2 مليار دولار، مقارنة بنحو 33.8 مليار دولار في عام 2010. في حين بلغت حصة صادرات دولة الإمارات العربية المتحدة في عام 2018، حوالي 17.4 %، بقيمة حوالي 19.3 مليار دولار، مقارنة بحوالي 7.2 مليار دولار في عام 2010 (61).

كما تعد دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك من أكبر منتجي ومصدري منتجات الكيماويات والبتروكيماويات والاسمدة في العالم، حيث ارتفع إجمالي إنتاج المواد الكيميائية بها في عام 2021 بنسبة 2.7%، مسجلاً طاقة إنتاجية إجمالية تقدر بحوالي 154.1 مليون طن، مدفوعة بانتعاش الطلب في جميع أنحاء العالم. يبين الشكل (2-3) نمو إنتاج البتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الفترة 2021-2021 (49).

الشكل (3-2) نمو إنتاج البتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الفترة 2012-2021

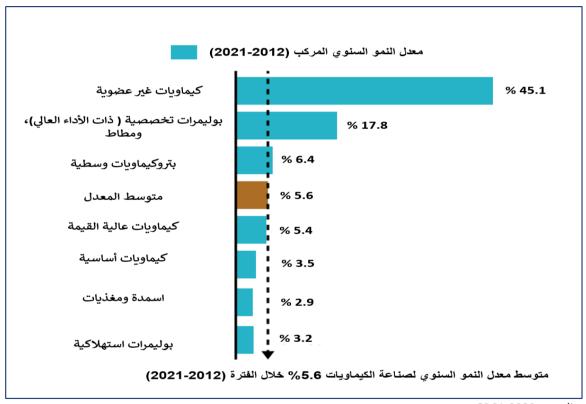


المصدر: GPCA,2022



يعزى هذا النمو إلى زيادة معدلات الطلب على كل من المواد الكيميائية غير العضوية، والبوليمرات التخصصية (ذات الأداء العالي) والمطاط بمعدل نمو سنوي مركب بنسبة حوالي 45.1%، وحوالي 17.8% على التوالي خلال الفترة 2012-2021، كما هو مبين في الشكل (3-3) (49).

الشكل (3-3) معدل النمو السنوي لأهم منتجات الكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الفترة (2012-2021)

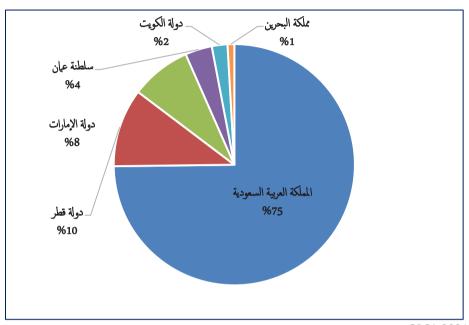


المصدر:GPCA,2022

تصدرت المملكة العربية السعودية صادرات البتروكيماويات بنحو 74.8 % من إجمالي صادرات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك، وتلتها دولة قطر بحوالي 10.5 %، ثم دولة الإمارات العربية المتحدة بنحو 8.1 %، ثم سلطنة عمان⁷ بحوالي 3.6 %، تليها دولة الكويت بنحو 2.1 % ثم مملكة البحرين بواقع 0.9%. يمثل الشكل (3-4) الطاقة الإنتاجية للكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك (48).

⁷ سلطنة عمان ليست إحدى الدول الأعضاء في منظمة أوابك

الشكل (3-4) الطاقة الإنتاجية للكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك



المصدر: GPCA,2021

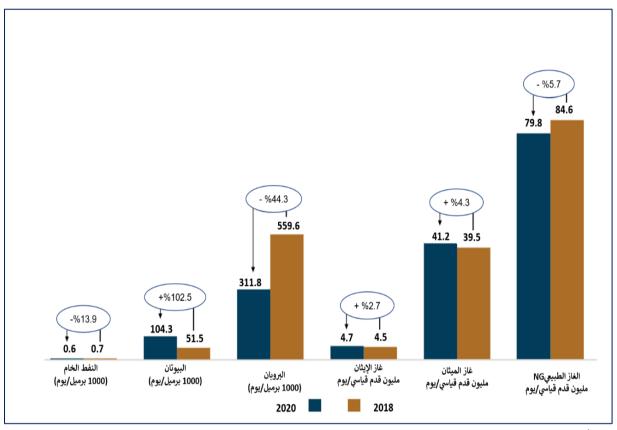
2.3. مساهمة صناعة البتروكيماويات في إجمالي الناتج المحلي

تمثل المواد الخام الأولية الدور المحوري لتنمية صناعة البتروكيماويات والكيماويات. وتستخدم شركات البتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك مواد خام أولية متنوعة سواء كانت سائلة، أو غازية اعتمادا على مدى توافرها بأسعار تنافسية. وعلى الرغم من أن شركات إنتاج البتروكيماويات سجلت انخفاضاً في استهلاك ثلاث مواد وسيطة كيميائية خلال عام 2010، مقارنة بعام 2020، شملت الغاز الطبيعي بنسبة 7.5 %، وغاز البروبان بنسبة 3.44 %، والنفط الخام بنسبة 9.13 % إلا أن استهلاكها زاد من المواد الأولية الأخرى، مثل الإيثان، والميثان والبيوتان، في حين تضاعف استهلاك غاز البيوتان في عام 2020 مقارنة بعام 2018 كما هو موضح في الشكل (5-3).

الاستبيان تقديري، ويشمل الشركات الأعضاء في الاتحاد الخليجي للكيماويات والبتروكيماويات فقط، ولا يشمل المواد الألية المستخدمة في دولة قطر



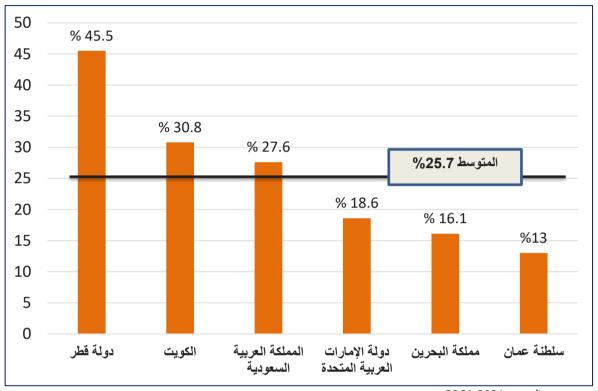
الشكل (3-5) مقارنة استهلاك مزيج المواد الخام في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك لعامي 2018 و2020



المصدر: GPCA,2021

تشير زيادة استهلاك كل من غاز الإيثان، والميثان إلى توافر هذه المواد الخام الأولية في الدول الأعضاء، مما يتيح إنتاج منتجات نهائية منها بأسعار تنافسية، وهو ما أضاف كذلك قيمة مضافة للاقتصاد المحلي لهذه الدول. حيث ساهمت صناعة الكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك بنحو 25.7 % من إجمالي الناتج المحلي للصناعات التحويلية. ومثلت صناعة البتروكيماويات حوالي 40.5 % من إجمالي الناتج المحلي لدولة قطر، وحوالي 30.8 % لدولة الكويت، ونحو 27.6 % للمملكة العربية السعودية، ثم دولة الإمارات بنسبة 30.8 % وتلتها مملكة البحرين بنحو 16.1%، فسلطنة عمان بحولي 13.0 % كما هو مبين في الشكل (6-3).

الشكل (3-6) تقديرات مساهمة صناعة الكيماويات والبتروكيماويات في اجمالي الناتج المحلي لدول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوبك لعام 2020



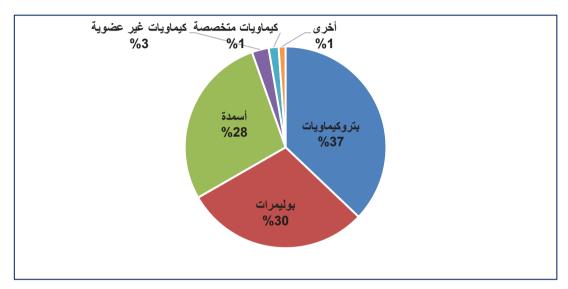
المصدر:GPCA,2021

3.3. حجم تجارة الكيماويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك

تهيمن البتروكيماويات والبوليمرات على صادرات منتجات الكيمياويات والبتروكيماويات في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك، بينما تهيمن الكيماويات غير العضوية على وارداتها، كما هو موضح في الأشكال (3-3) و (3-8).

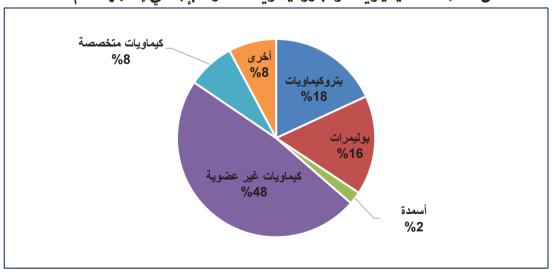


الشكل (3-7) نسب حجم صادرات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك، من منتجات الكيمياويات والبتروكيماويات مقارنةً بإجمالي إنتاجها لعام 2021



المصدر: GPCA,2021

الشكل (3-8) نسب حجم واردات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك، من منتجات الكيمياويات والبتروكيماويات مقارنةً بإجمالي إنتاجها لعام 2021

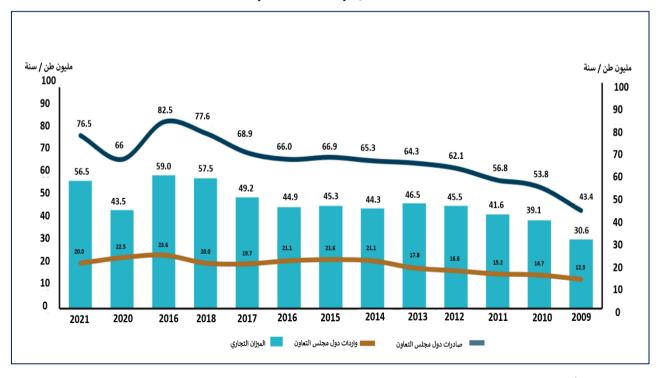


المصدر: GPCA,2021

تعتبر المنتجات الأساسية والوسطية من البتروكيماويات، والأسمدة من المنتجات الرئيسية المصدرة من حيث الحجم. أما من حيث العائدات التصديرية، فتشير التقديرات أن حوالي 45.5 % من إجمالي عائدات التصدير جاءت من تصدير البوليمرات، والتي بلغت قيمتها في عام 2021 نحو

21 مليار دولار، وتمثل حوالي 29.6 % من حجم الصادرات. وفي المقابل، تساهم الأسمدة بنسبة 13.7 % من إجمالي عائدات التصدير، والتي بلغت قيمتها حوالي 6.3 مليار دولار، وهو ما يمثل حوالي 27.9 % من حجم الصادرات (48). بينما تشير تقديرات عام 2021، إلى أن قيمة صادرات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك من الكيماويات والبتروكيماويات بلغت حوالي 76.5 مليون طن وذلك بعد التعافي من أثار جائحة كورونا في عام 2020، والذي بلغ فيه حجم الصادرات فيه نحو 66 مليون طن، بينما بلغت وارداتها من تلك المنتجات حوالي 20.0 مليون طن في نفس العام، ليبلغ الميزان التجاري لها في عام 2021 حوالي 56.5 مليون طن. سجلت أعلى كميات من الواردات والصادرات في عام 2019، حيث بلغت الواردات حوالي 33.6 مليون طن، في حين بلغت الصادرات في ذلك الوقت حوالي 58.5 مليون طن. يبين الشكل (3-9) حجم الصادرات والواردات من الكيماويات والميزان التجاري دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الكيماويات والبتروكيماويات والميزان التجاري دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الفترة (2012-2012) (48.47).

الشكل (3-9) حجم الصادرات والواردات من الكيماويات والبتروكيماويات والميزان التجاري لدول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك خلال الفترة (2012-2021)



المصدر: GPCA,2021

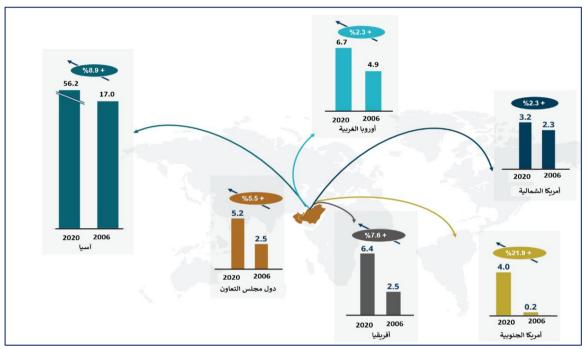


4.3. حجم تجارة دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك حول العالم

تصدر دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك إنتاجها من الكيماويات والاسمدة إلى حوالي 170 دولة حول العالم، ويمثل التعاون والتكامل في سلاسل الإمداد فيما بينها، أحد أهم العوامل في حفاظها على قدرتها التنافسية العالمية، وريادتها في أسواق البتروكيماويات العالمية (49)، هذا وقد مثلت صادراتها إلى دول منطقة آسيا حوالي 70% من إجمالي الصادرات، وهو ما يقدر بنحو هذا وقد مثلت صادراتها إلى دول منطقة آسيا حوالي 70% من إجمالي الصادرات، وهو ما يقدر بنحو حجم الصادرات مدفوعاً بنمو الصادرات بشكل خاص إلى كل من الصين والهند، وهما من أهم الأسواق حيث مثلت حصتهما من التصدير حوالي 23.8 %، و19.1 % على التوالي. تعد أوروبا الغربية ثاني أكبر أسواق تصدير لدول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك. بلغ حجم صادراتها الغربية ثاني أكبر أسواق تصدير لدول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك. بلغ حجم صادراتها أسواق أمريكا الشمالية وأمريكا الجنوبية من الأسواق العالمية الهامة لتصدير الأسمدة إليها. وبلغت صادراتها من البتروكيماويات لهاتين المنطقتين في عام 2020حوالي 3 مليون، و4 مليون طن سنوياً فقط، بنسبة حوالي 3%، و4% على التوالي وكان ذلك مدفوعاً بنمو الإنتاج في أمريكا الشمالية، فضلاً فقط، بنسبة حوالي 3%، و4% على التوالي وكان ذلك مدفوعاً بنمو الإنتاج في أمريكا الشمالية، فضلاً عن طول سلاسل الإمداد لتصدير منتجات الدول الأعضاء لها (49).

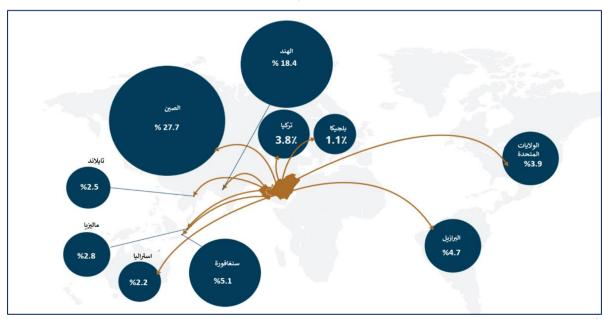
ومن جانب آخر تمثل دول منطقة أفريقيا أسواق غير مستغلة، خاصة وان معدل النمو السنوي المركب في هذه الدول حوالي 6.9 % (49). يبين الشكل (3-10) تطور حجم تجارة دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك مع أهم الأسواق العالمية خلال الفترة (2006-2006). ويبين الشكل (3-11) أكبر الأسواق العالمية لصادرات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك لعام 2020.

الشكل (3-10) تطور حجم تجارة دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك مع أهم الأسواق العالمية خلال الفترة (2006-2000)



المصدر: GPCA,2021

الشكل (3-11) أكبر الأسواق العالمية لصادرات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك لعام 2020

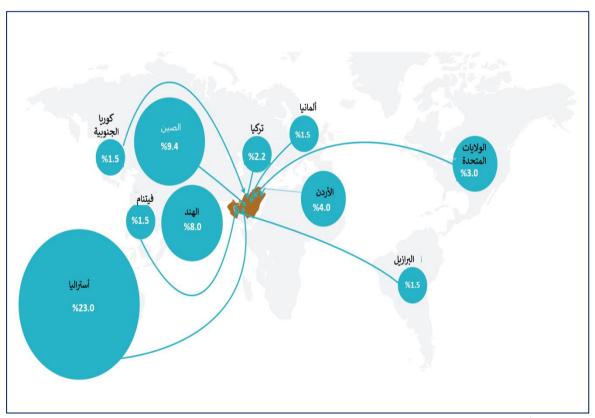


المصدر:GPCA,2021



كما هو الحال في أسواق التصدير في دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك، تأتي أستراليا على قائمة أهم الدول المصدرة والتي تزود دول المنطقة بغالبية المواد الكيميائية غير العضوية. كما تعد كل من الصين، والهند من بين أكبر ثلاثة موردين أساسين لمنتجات الكيماويات غير العضوية، تليها البتروكيماويات الأساسية / الوسيطة (49). يبين الشكل (3-12) نسب واردات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك من أهم الدول المنتجة للكيماويات والبتروكيماويات على مستوى العالم

الشكل (3-12) نسب واردات دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك من أهم الدول المنتجة للكيماوبات والبتروكيماوبات على مستوى العالم



المصدر: GPCA,2021

نظراً لضخامة حجم الصادرات والتجارة بين دول الخليج العربية الأعضاء في منظمة أوابك مع الأسواق العالمية، فإن هذه الدول تمتلك أطول سلسلة إمداد على مستوى العالم، وبالتالي ستلعب عملية تحسين التكلفة من خلال التعاون اللوجيستى دورا محوريا في زيادة هامش الربحية لشركات

البتروكيماويات، وخاصةً وأن متوسط التكلفة المرتبطة بسلاسل الإمداد يمثل حوالي 30 % من أسعار المنتجات إلى وجهتها النهائية. وفي ظل تسارع وتيرة التغيرات التي ستطرأ على الصناعة خلال السنوات القادمة، سيصبح التعاون ضروريا للمحافظة على الميزة التنافسية لصناعة البتروكيماويات في الدول الأعضاء، حيث من المتوقع أن تهيمن منطقة آسيا والمحيط الهادئ على سوق البتروكيماويات خلال العقد المقبل بفضل السياسات التنظيمية القوية التي تدعم الصناعة. وسيدعم زيادة إنتاج الغاز الطبيعي تطوير صناعة البتروكيماويات بها (27). إلا أن ارتفاع تكاليف النقل والإمداد لنقل البضائع والخدمات اللوجستية أمراً بالغ الأهمية للصناعات الموجهة للتصدير، خاصةً مع وجود سوق محلي محدود. وستصبح البيئة التنافسية صعبة للغاية لصغار المنتجين، لذا فإن الاحتفاظ بميزة تنافسية لهم تتمثل في إنتاج منتجات بلاستيكية متخصصة ذات قيمة اقتصادية عالية وجودة مرتفعة (49).



الاستنتاجات والتوصيات

أولاً الاستنتاجات:

- 1. صناعة البتروكيماويات هي صناعة كثيفة الاستهلاك للطاقة، وتمثل تكاليف الطاقة في معظم الحالات جزءًا كبيراً من ميزانية ومصاريف التشغيل الثابتة في مجمعات الإنتاج، مما يجعل كفاءة الطاقة أمراً ضرورياً لتحقيق الربحية.
- 2. منتجو البتروكيماويات يواجهون بيئة أعمال تنافسية بشكل متزايد، فهم يبحثون بشكل دائم عن فرص لخفض تكاليف الإنتاج دون التأثير على معدلات الإنتاج أو جودة المنتج، لذا فإن أسعار الطاقة تؤثر بشكل مباشر على ربحية الشركات المنتجة، ويعمل تحسين كفاءة الطاقة على زيادة ربحية الشركات.
- 3. تلعب كفاءة الطاقة دوراً حيوياً في جميع سيناريوهات الطاقة المستقبلية، وينظر إليها على أنها احتياطى للطاقة وتماثل الاحتياطى من الوقود الأحفوري.
- 4. تلعب صناعة البتروكيماويات دوراً هاماً في تحسين القيمة المضافة للمواد الخام الأولية من المشتقات النفطية والغاز الطبيعي، وتعد أكثر الصناعات نمواً وتطوراً على مستوى العالم، لذا فإنها تعد أحد الروافد الهامة التي يعول عليها لزيادة النمو الاقتصادي، وعمليات التنمية المستدامة، والمساهمة في تنويع مصادر الدخل للدول.
- 5. يلجأ منتجو النفط إلى الاستثمار في مشروعات مجمعات البتروكيماويات الكبرى، للاستفادة من مزايا تكامل صناعتي التكرير والبتروكيماويات. وتشجع الرغبة في استغلال معدلات الطلب المرتفعة ونقص المعروض من البتروكيماويات على المزيد من الاستثمارات الرأسمالية الضخمة، لتلبية نمو الطلب المتوقع والمتزايد في المستقبل.
- 6. المنافسة العالمية في مشروعات البتروكيماويات في المناطق الرئيسية للإنتاج لاتزال وستبقى معتمدةً في الأساس على تكلفة إنتاج المواد الخام الأولية المستخدمة بأسعار تنافسية، مما يجعل هذه الصناعة قائمة بشكل رئيسي على تكلفة المواد الخام الأولية، وعلى مدى قدرة المنتجين على الإنتاج بأسعار تنافسية.
- 7. تواجه صناعة البتروكيماويات العالمية تحولات جذرية محتملة قد تعيد رسم مشهد الصناعة بشكل كبير خلال العقد الصناعة بحلول عام 2030. ومن المتوقع أن يختلف مشهد الصناعة بشكل كبير خلال العقد

المقبل، نتيجة اندماج عدد من شركات البتروكيماويات الرائدة الكبرى ليصبح عددها أقل، مما يمكنها من الصمود أمام هذه الضغوط والتحديات.

ثانياً التوصيات

- 1. التوسع في مشروعات استعادة "استرداد" الطاقة وإعادة استخدامها في المبادلات الحرارية يعد من الطرق الناجعة لخفض معدلات استهلاكها للطاقة، وتستخدم لآجل ذلك المبادلات الحرارية المدمجة.
- 2. إقرار وتطبيق مشروع أو مجموعة من مشاريع تحسين كفاءة الطاقة، وهو ما يعرف بمشروعات "خفض الطاقة" أو "توفير الطاقة للمساهمة في خفض معدل استهلاك الطاقة مع الحفاظ على نفس معدلات الإنتاج، وخفض تكلفة الطاقة لكل وحدة إنتاج.
- 3. التوسع في استخدام أنظمة مراقبة الطاقة والتحكم في العمليات لما له من دور مهم في إدارة وتقليل استخدام الطاقة، بما يمكنها من تقليل الوقت المطلوب لأداء المهام المعقدة، وغالباً ما تعمل على تحسين جودة المنتج وتحسين العمليات الإنتاجية، مقروناً بوفر في استهلاك الطاقة والتكلفة بحوالي 5 % أو أكثر.
- 4. تبني سياسات وخطط واستراتيجيات تهدف لتحسين كفاءة الطاقة، واسترداد الحرارة المهدرة في القطاعات الصناعية، وخاصة قطاع صناعة الكيماويات والبتروكيماويات.
- 5. التوسع في مشروعات احتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون، خاصةً وأنها أصبحت ترتبط ارتباطا وثيقاً بمشروعات إنتاج الهيدروجين المنخفض الكربون، وسيحتاج العالم إلى كميات هائلة منه مستقبلاً.
- 6. العمل على تقدير الخيارات التكنولوجية المتاحة المثبتة والمطبقة على النطاق التجاري لتحسين كفاءة الطاقة،
- 7. ضرورة التوسع في تطبيق الإدارة السليمة للطاقة في القطاع الصناعي ضمن مفهوم وسياسة إدارة تحسين كفاءة الطاقة.



المراجع

- 1. Deloitte's analysis of petrochemical industry data from company reports, 10-k statements, and executive interviews, accessed September 3, 2020.
- 2. MEED, Value of planned ME petrochemical projects exceeds \$80 billion, Aug. 2022.
- 3. Jack Van der Vorst, Supply Chain Management: theory and practices, ResearchGate, 2004.
- 4. Arntzen, B. C., Brown, G. G., Harrison, T. P., & Trafton, L. L. (1995). Global supply chain management at Digital Equipment Corporation. Interfaces, 25(1), 69–93.
- 5. A. G. de Kok, S. C. Graves. 2003. Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain Management. Elsevier. Amsterdam.
- 6. Cachon, G., M. Olivares. 2010. Drivers of finished goods inventory in the U.S. automobile industry. Management Science. 56(1). 202-216.
- 7. Cachon, G., T. Randall, G. Schmidt. 2007. In search of the bullwhip effect. Manufacturing & Service Operations Management. 9(4). 457-479.
- 8. Alperowicz, N. (2001, August 29 September 5). BP swap business with Clariant. Chemical Week, 163, 33.
- 9. Alshalan, M. (2004, December 15). Iraqi gas to Kuwait and Kuwaiti benzene to Iraq. Alwatan, 10368/4814 Year 43.

- 10.Bianchi, M. (2003). Getting to the route. ACN: Asian Chemical News, September, 2019.
- 11. BP, Conoco swap Gulf of Mexico, Alaskan assets. (1993, November 15). Oil & Gas Journal, 91, 46.
- 12.Coia, A. (1999, July 12). Integrating oil supply chain. Traffic World, 259, 2.
- 13. Collins, T. (1999, September 9). Striking it big together. Supply Management, 4, 18.
- 14.Gain, B. (1997, August 27 September 3). PPG, BASF swap businesses. Chemical Week, 159, 33.
- 15.Oliver, R.K., Webber, M.D. (1982), Supply Chain Management: Logistics catches up with strategy, Outlook, cit. Christopher, M.C. (1992), Logistics, The strategic issue, London: Chapman and Hal.
- 16.Cooper, M.C., Ellram, L.M. (1993), Characteristics of SCM and the implications for purchasing and logistics strategy, The International Journal of Logistics Management, 4, 2, 13-2
- 17.RAED HUSSAIN, Supply Chain Management in the Petroleum Industry: Challenges and Opportunities, International Journal of Global Logistics & Supply Chain Management. Vol. 1, No. 2, 1 November 2006, 90 97.
- 18.Jenkins, G., & Wright, D. (1998). Managing inflexible supply chains. International Journal of Logistics Management, 9, 2, 83.
- 19. Maryam Mohseni, Sustainable Supply Chain Management Practices in Petrochemical Industry Using Interpretive Structural Modeling,



International Journal of Information Systems and Supply Chain Management, 2019

20. Building Resilience in Supply Chains, An Initiative of the Risk Response Network In collaboration with Accenture, World Economic Forum, 2013.

21. MAERSK report, Building Resilience in Chemical Supply Chains, 2021.

22.BIS Bulletin, No.61, Global supply chain disruptions: evolution, impact, Outlook, September 2022.

23. Johannes Jacobus Louw, Advanced Supply Chain Planning Processes and Decision Support Systems for Large-Scale Petrochemical Companies, 2006.

24. Deloitte, Supply chain management in the chemicals industry Key challenges and how Deloitte can support 2016.

25.Deloitte, Building Supply Chain Resilience in the Petrochemical Industry, 2022.

26. أوابك، تقرير الأمين العام 46، 2022.

27.الإتحاد الخليجي للكيماويات والبتروكيماويات " جيبكا"، تقرير "سلاسل الإمداد، 2018.

28. American Fuel and Petrochemical Manufactures (AFPM), The fuel and petrochemical supply chain in US, 2018.

29.LyondellBasell. Handling and Storage of LyondellBasell Polymers. https://www.lyondellbasell.com/globalassets/documents/polymers-technical-literature/handling_storage-polymers.pdf. Accessed April 9, 2018.

- 30.U.S. Department of Energy, Bureau of Transportation Statistics. Public Road and Street Mileage in the United States by Type of Surface. Accessed April 9, 2018.
- 31.U.S. Department of Energy, Energy Information Administration. Petroleum and Other Liquids, Product Supplied. Accessed April 9, 2018.
- 32. U.S. Department of Energy, Energy Information Administration. Table 3, Net Available Shell Storage Capacity of Terminals and Tank Farms as of September 30, 2016. Accessed April 9, 2018.
- 33. U.S. Department of Energy, Energy Information Administration. Drilling Productivity Report. Accessed April 9, 2018.
- 34.U.S. Department of Energy, Energy Information Administration. Refining District Minnesota-Wisconsin-North Dakota-South Dakota Field Production of Natural Gas Liquids. Accessed April 9, 2018.
- 35.IEA, U.S. ethane exports surge with additional export capacity and expanded tanker fleet, 2021.
- 36.مركز الملك عبد الله للدراسات والبحوث البترولية، مستقبل صناعة البتروكيماويات والتعاون الصيني،2020.
 - 37. Aphinya Khanunthong, Industry Outlook 2020-2022: Petrochemicals, Krungsri, 2020.
 - 38.S&P Global, Petrochemical Feedstocks, Chemical Economics Handbook,2022.
- 39. ياسر بغدادي،" إعادة تدوير النفايات البلاستيكية: فرص استثمارية وحلول بيئية، أوابك، 2020.



40. Joanna McFarlane and Sharon M. Robinson, Survey of Alternative Feedstocks for Commodity Chemical Manufacturing, Nuclear Science and Technology Division, 2007.

41.Precedence Research, Petrochemical Market Size, Share & Growth Analysis Report - Global Industry Analysis, Trends, Segment Forecasts, Regional Outlook 2022 – 2030,2022.

42.S&P Global Commodity Insight, Commodities 2023: Charterers and shipowners expect a tight petrochemical vessel market in H1,2023.

43.Alfa Laval, increase efficiency, five ways to stay ahead of the competition in the petrochemical industry.

44.American Council for an Energy-Efficient Economy. 2014. The International Energy Efficiency Scorecard 2015

45.British Beers and Pubs Association. 2006. Thirty years of environmental improvement. 2015

46.Oleksii Mynko, Reducing CO2 emissions of existing ethylene plants: Evaluation of different revamp strategies to reduce global CO2 emission by 100 million tons, Journal of Cleaner Production, Volume 362, 15 August 2022.

47. Mohammed Ziaur Rehman, Select Financial Ratios as a Determinant of Profitability Evidence from Petrochemical Industry in Saudi Arabia, European Journal of Business and Management, Vol.6, No.6, 2014.

48. Yurong Liu, Process modeling, optimization and analysis of heat recovery energy system for the petrochemical industry, Journal of Cleaner Production, 2022.

49.GPCA, The GCC petrochemical and chemical industry, Facts & Figures, 2021.

50.GPCA, Facts, and fingers 2021.

51.IEA, The Future of Petrochemicals, simplified levelized cost of petrochemicals for selected feedstocks and regions, 2017, Last updated 26 Oct 2022

52. Mckinsey on Chemicals, spring 2012.

53.IEA, The Future of Petrochemicals Towards More Sustainable Plastics and Fertilizers, 2017.

54. ياسر بغدادي، "تداعيات جائحة كورونا "كوفيد 19" على الطلب العالمي للبتروكيماويات الأساسية خلال النصف الأول من عام 2020، أوابك 2020.

55.احمد المزروعي، أمثلة تاريخية " دورات الطلب والأسعار" نخبة كتاب المال والاقتصاد 2010.

56.https://www.aramco.com/ar/creating-value/sustainable-business-operations/energy-efficiency.

57.S&P Global, Cogeneration 181 Process Economics Program Report 181A,2001.

58.ALChE, Introduction to Cogeneration Operation, 2017.



59. Neelis, Maarten, Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Petrochemical Industry - An ENERGY STAR(R) Guide for Energy and Plant Managers, 2008.

60. ياسر بغدادي، " احتجاز غاز ثاني أكسيد الكربون، واستخدامه في صناعة البتروكيماويات: الإمكانات والتحديات، أوابك، 2021.

61. Abdulla Al Bin Ali, Bapco's 5CDU Crude Heater Replacement Project - A Success Story. GDA downstream conference, 2023

62.الاستفادة من الزخم لتعزيز المرونة وتحقيق النمو المستقبلي الشامل والمستدام، ماكنزي، 2023.

63.د. مجد إسماعيل، أثر قطاع الصناعات التحويلية على النمو الاقتصادي في الدول العربية، 2021.

64. Sebastian Castelie, Petrochemicals take center stage in Gulf's new oil playbook, 2023.

Factors improving the performance of the petrochemical industry Abstract

The petrochemical industry operates in an increasingly complex environment and faces many challenges, which increases the uncertainty of the global landscape of the industry and affects the ability of companies to plan and prepare appropriately for a good future. This is due to the presence of many global influences beyond the industry's control, including geopolitical events, unexpected emergency events such as "The Covid-19" pandemic, frequent natural phenomena, and disruptions facing supply chains, as well as environmental restrictions, and increasing international trends to meet and achieve sustainability and to reach the goals of net zero emissions within all stages of the value chain of the industry in the long term, including supply chains, and its implications for the fluctuation of energy prices.

Therefore, Petrochemical companies seek to find more efficient and sustainable solutions to increase their profitability, by applying the latest available commercial technologies to increase production capacities, applying digitization and artificial intelligence, improving performance, adopting flexibility and speed in transformation, and increasing operational excellence. Companies that will be able to face these challenges and overcome their implications will be able to maintain their leadership in global markets and take advantage of future opportunities.

The study aims to highlight the most important factors to improve the economic and operational performance of the petrochemical industry.

The study included three chapters. The first chapter is concerned with defining the primary raw materials required for the development of the petrochemical industry and its various stages to increase its added value. The second chapter includes the most important factors for improving the performance of the petrochemical industry and following the latest strategies in the field of energy saving, along with factors for improving energy efficiency with the aim of increasing profitability. The third chapter highlights the role of petrochemicals in the Gulf Countries that are members of OAPEC in diversifying non-oil sources of income and strengthening the economic system and national income.

