

## إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بتكرير البترول

### مقدمة

1. إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة (EHS) هي وثائق مرجعية فنية تتضمن أمثلة عامة وأمثلة من صناعات محددة على الممارسات الدولية الجيدة في قطاع الصناعة (GIIP).<sup>1</sup> وحين تشارك مؤسسة واحدة أو أكثر من المؤسسات الأعضاء في مجموعة البنك الدولي في أحد المشروعات ينبغي تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة هذه حسب مقتضيات السياسات والمعايير التي تعتمدها تلك المؤسسة. وتستهدف هذه الإرشادات بشأن قطاع الصناعة أن يتم استخدامها جنباً إلى جنب مع وثيقة الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، التي تتيح توجيهات لمن يستخدمونها فيما يتعلق بالقضايا المشتركة في هذا المجال والممكن تطبيقها في جميع قطاعات الصناعة. وبالنسبة للمشروعات المُعقَّدة، قد يلزم استخدام إرشادات متعددة حسب تعدد قطاعات الصناعة المعنية. ويمكن الاطلاع على قائمة كاملة للإرشادات الخاصة بالقطاعات الصناعية على شبكة الإنترنت على الموقع: [www.ifc.org/ehsguidelines](http://www.ifc.org/ehsguidelines)

2. تتضمن الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة مستويات الأداء والإجراءات التي تُعد عموماً قابلة للإنجاز باستخدام التقنيات الحالية في المنشآت الجديدة بتكلفة معقولة. وقد يشمل تطبيق هذه الإرشادات في المنشآت القائمة وضع أهداف وغايات خاصة بكل موقع على حدة، مع اعتماد جدول زمني مناسب لتحقيقها.

3. ينبغي أن يكون تطبيق الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة متماشياً مع المخاطر والتهديدات المحددة في كل مشروع، استناداً إلى نتائج التقييم البيئي الذي يأخذ في الاعتبار متغيرات كل موقع على حدة، ومنها: الوضع في البلد المضيف، القدرة الاستيعابية في البيئة المعنية، والعوامل الأخرى الخاصة بالمشروع. كما يجب أن يستند تطبيق التوصيات الفنية المحددة إلى الرأي المهني المتخصص الذي يصدر عن أشخاص مؤهلين من ذوي الخبرة العملية.

4. وحين تختلف اللوائح التنظيمية المعتمدة في البلد المضيف عن المستويات والإجراءات التي تنص عليها هذه الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة، فمن المتوقع من المشروعات تطبيق أيهما أكثر صرامة. وإذا كانت المستويات أو الإجراءات الأقل صرامة من المنصوص عليه في هذه الإرشادات هي الملائمة – في ضوء أوضاع المشروع المعني – يحتاج الأمر إلى تبرير كامل ومُفصّل بشأن أية بدائل مُقترحة في إطار التقييم البيئي للموقع المحدد. وينبغي أن يُبين ذلك التبرير أن اختيار أي من مستويات الأداء البديلة يؤمّن حماية صحة البشر والبيئة.

### التطبيق

5. تغطي الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بتكرير البترول عمليات المعالجة التي تبدأ من النفط الخام وتنتهي بالمنتجات الجاهزة، ومنها على سبيل المثال غاز الوقود بمنشأة التكرير والغاز البترولي المسال وبنزين السيارات والكيروسين وزيت الديزل وزيت التدفئة وزيت الوقود والقار والأسفلت وزيت التشحيم والشموع والكبريت والفحم البترولي والمنتجات الوسيطة (مثل مخاليط البروبان/البروبلين والنفثا البكر ونواتج التقطير الوسيطة ونواتج التقطير التفريغي والمركبات العطرية) للصناعات البتروكيميائية. ويقدم "الملحق ألف" وصفاً لأنشطة الصناعة. ويمكن الاطلاع على مزيد من المعلومات بشأن قضايا البيئة والصحة والسلامة المتعلقة بحقول صهاريج التخزين في الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمحطات النفط الخام والمنتجات البترولية.

<sup>1</sup> هي من حيث تعرفها ممارسة المهارات والاجتهاد والحصافة والتبصّر المُتوقعة على نحو معقول من المهنيين ذوي المهارات والخبرة العملية في النوع نفسه من العمل وفي الأوضاع نفسها أو المماثلة بشكل عام. وقد تشمل الأوضاع التي يمكن أن يجدها المهنيون من ذوي المهارات والخبرة العملية عند قيامهم بتقييم مجموعة أساليب منع ومكافحة التلوّث المُتاحة لأحد المشروعات – على سبيل المثال لا الحصر – مستويات مختلفة من تدهور البيئة ومن الطاقة الاستيعابية البيئية، مع مستويات مختلفة من الجدوى المالية والفنية.

هذه الوثيقة منظمة على النحو التالي:

- 2..... 1. الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها.....
  - 1-1 البيئة 2
  - 2-1 الصحة والسلامة المهنية..... 12
  - 3-1 الصحة والسلامة المجتمعية..... 15
- 16..... 2. رصد مؤشرات الأداء.....
  - 2-1 البيئة..... 16
  - 1-1 الصحة والسلامة المهنية..... 19
- ..... 3. ثبت المراجع 21.....
- 24..... الملحق ألف: وصف عام لأنشطة صناعة البترول.....

## 1. الآثار المرتبطة تحديداً بالصناعة وكيفية التعامل معها

6. يقدم القسم التالي ملخصاً لقضايا البيئة والصحة والسلامة التي قد تثار أثناء المرحلة التشغيلية لتكرير البترول، هذا فضلاً عن التوصيات المتعلقة بكيفية التعامل معها. وتجدر الإشارة إلى أن التوصيات المتعلقة بالتعامل مع قضايا البيئة والصحة والسلامة المشتركة في غالبية المنشآت الصناعية الكبرى خلال مرحلة التشييد وإيقاف التشغيل واردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

### 1-1 البيئة

7. تتضمن القضايا البيئية المرتبطة بتكرير البترول ما يلي:

- الانبعاثات المطلقة في الجو؛
- التعامل مع المياه المستعملة الناتجة عن عملية المعالجة والتخلص منها (التخزين والنقل والمعالجة)؛
- التعامل مع المواد والنفايات الخطرة؛
- الضوضاء الناجمة عن تشغيل الآلات.

### الانبعاثات الهوائية

#### غازات المداخن

8. تخرج انبعاثات غازات المداخن إلى الجو، وتتكون من ثاني أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، وأكاسيد الكبريت، وأول أكسيد الكربون، والجسيمات، وتأتي هذه الانبعاثات الخاصة بقطاع تكرير البترول من احتراق الغاز وزيت الوقود أو الديزل في التوربينات، والغلايات، والمحركات والسخانات الأخرى التي تعمل بالغاز والمستخدمة لأغراض توليد الكهرباء والبخار والحرارة. ويمكن أن ينبعث غاز المداخن أيضاً من غلايات استرجاع الحرارة المهذرة التي ترتبط ببعض وحدات المعالجة أثناء تجديد المحفز أو احتراق كوك البترول السائل. على سبيل المثال، تنبعث غازات المداخن من المدخنة إلى الجو في وحدة نفخ القار، ومن مجدد المحفز في وحدة التكسير المحفز المميع (FCCU) ووحدة التكسير المحفز للبقايا (RCCU)، وفي وحدة استرجاع الكبريت الذي قد يحتوي أيضاً على كميات صغيرة من أكاسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين.

9. وتنتج الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة مبادئ توجيهية حول كيفية التعامل مع الانبعاثات الناتجة عن مصادر الاحتراق الصغيرة التي لها قدرة حرارية تصل حتى 50 ميغاوات، بما في ذلك معايير الانبعاثات الهوائية المعنية بانبعاث غازات العادم. للاطلاع على انبعاثات مصادر الاحتراق، كالمداخن والمحركات والتوربينات التي تزيد قدرتها على 50 ميغاوات حرارية، ارجع إلى الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمحطات الطاقة الكهربائية الحرارية.

10. وبالنسبة لسخانات المعالجة، يجب مراعاة تدابير منع التلوث الرئيسية ومكافحته، وهذه التدابير هي:

- تركيب أجهزة تسخين مسبق لهواء الاحتراق بغرض زيادة كفاءة الأفران؛

- الاستفادة من عمليات الأفران وكفاءة الاحتراق وذلك بمراقبة العمليات والتحكم فيها بشكل متواصل (درجة الحرارة وتركز الأكسجين في غاز المداخل لأغراض رفع كفاءة نسبة الهواء/الوقود المتعلق بمزيج الوقود في الاحتراق إلى المستوى الأمثل؛ وتحسين الهواء الزائد للحد من تسرب الحرارة من خلال الغازات غير المحترقة أو المخلفات غير المحترقة)؛
- تصاميم ذات كفاءة حرارية عالية للمسخنات مع أنظمة تحكم جيدة (مثلا، منظم الأكسجين)؛
- منع تكثيف غاز العادم على الأسطح؛
- تقليل متطلبات الطاقة باستخدام مضخات ومراوح ومعدات أخرى عالية الكفاءة؛
- تطبيق أساليب السيطرة على انبعاثات غاز أول أكسيد الكربون، من قبيل التشغيل والضبط الجيد، والتزويد المستمر للوقود السائل في عملية التسخين الثانوية، والخلط الجيد للغازات العادم، والاحتراق المتأخر المحفز؛
- التنظيف المنتظم لأسطح التسخين (نفخ السناج وإزالته) الخاص باحتراق الوقود السائل أو الاحتراق المختلط؛
- مواد مقاومة للصدأ (الحراريات) ذات قدرة انبعاثية عالية من أجل تحسين التسخين بالحرارة الإشعاعية، مثلا بتركيب أغشية سيراميكية كأسطح عاكسة.

### التنفيس والحرق

11. يعد كل من التنفيس والحرق من تدابير التشغيل والسلامة المهمة المستخدمة في منشآت تكرير البترول، وخاصة خلال فترات التشغيل غير الروتينية، مثل فترات الأعطال أو توقف العمل، باعتبار ذلك وسيلة للتخلص من الأبخرة بطريقة آمنة. وتتبعث الهيدروكربونات من فتحات تنفيس العمليات الطارئة وتصريف صمامات الأمان. ويتم تجميعها في شبكة التصريف إلى أسفل لحرقها.
12. وفيما يتعلق بالأعمال المخططة لبدء التشغيل وإيقافه، يجب استخدام نظام استرجاع غازات الشعلة. وخلال العمليات غير الطارئة لإطلاق الغاز، يجب استرجاع الغاز الزائد من فتحات التنفيس أو السيطرة عليها، ويجب الحد إلى أقصى درجة من حجم الغاز الذي سيتم حرقه.
13. تؤدي عملية حرق الغاز إلى تغيير الطبيعة الكيميائية للمواد المنطلقة (مثلا، يؤدي احتراق كبريتيد الهيدروجين إلى توليد ثاني أكسيد الكبريت، في حين يؤدي إحراق الهيدروكربونات إلى توليد ثاني أكسيد الكربون بالإضافة إلى بخار الماء). ويجب أن تشمل مراقبة الانبعاثات الغازية على كل من تركيز المواد الملوثة على مستوى الأرض، وكذلك إجمالي كمية الملوثات التي يتم إطلاقها سنويا. وقبل اللجوء إلى الحرق، ينبغي تقييم البدائل العملية لاستخدام الغاز - حيثما كان ذلك عمليا ومعقولا وأمنا - ودمجها في تصميم الإنتاج إلى أقصى مدى ممكن. وينبغي تقدير حجم الغازات التي سيتم حرقها للمنشآت الجديدة أثناء فترة بدء التشغيل الأولية بحيث يكون في الإمكان تحديد حجم ثابت مستهدف للحرق. وينبغي تسجيل أحجام الغاز المشتعل في جميع أنشطة الحرق. وينبغي إعداد خطط لإدارة حرق الغاز وتنفيذها.<sup>2</sup>
14. يجب مراعاة تدابير منع ومكافحة التلوث التالية عند إشعال الغاز:
  - تطبيق تدابير تقليل كميات الغاز عند المصدر إلى أقصى مدى ممكن؛
  - استخدام رؤوس مشاعل تتميز بالكفاءة (أي تحقيق المستوى الأمثل لسرعة الصوت للغاز المنطلق بغرض تفادي تعطل الشعلة بسبب انطفائها)، وتعظيم الاستفادة من حجم وعدد فوهات الحرق (لا تقل عن ثلاث بحيث تكفل استمرار الحرق - وذلك بالعمل كشعلات توجيهية تقع على بعد 120 درجة من بعضها بعضا)؛
  - تحقيق أقصى كفاءة للحرق عن طريق التحكم في معدلات تدفق وقود الحرق/الهواء/البخار وتحسينها لضمان الوصول إلى النسبة الصحيحة للتيار المساعد إلى تيار الإشعال؛
  - التقليل من حرق غازات أجهزة التنقية والشعلات الدائمة، دون تفويض السلامة، من خلال اتخاذ تدابير تشمل تركيب أجهزة تقليل غازات التصريف، ووحدات استخلاص غازات الشعلة (أساسا لضمان إطلاق الغاز على نحو مستمر أو يمكن التنبؤ به)، وتركيب أوعية فصل السوائل (أجهزة فصل البخار والسوائل المستخدمة لتفادي احتجاز السوائل في مداخل أنظمة الحرق)، وتكنولوجيا الصمام ذي المقعد اللين (إن أمكن)، وتركيب شعلات دائمة حافظة، واستخدام غاز الشعلات الخامل، وتغيير التدفقات إلى شبكة توزيع غاز الوقود بمنشأة التكرير؛
  - تقليل مخاطر انطفاء الشعلة الدائمة عن طريق ضمان سرعة خروج كافية للغاز ووضع واقيات من الريح؛
  - استخدام نظام إشعال ذاتي موثوق به؛

<sup>2</sup> مثل: U.S. EPA, 40 CFR 60 Standard of Performance for New Stationary Sources- Subpart Ja (2015).

- تركيب أنظمة عالية التكامل لحماية ضغط الأدوات، حيثما كان ممكناً، لتقليل حالات الزيادة في الضغط وتجنب حالات الحرق أو تقليلها؛
- تقليل انتقال السوائل واحتباسها في تيار شعلة الغاز بواسطة نظام فصل سوائل مناسب؛
- التقليل من تصاعد اللهب وتقطعه (ارتداده)؛
- تشغيل الشعلات للتحكم في انبعاثات الروائح وانبعاثات الدخان المرئي باستخدام أدوات بصرية ملائمة، مثل أجهزة كشف اللهب التي تعمل على حقن البخار في حالة وجود دخان أسود على رؤوس الشعلات؛
- إقامة الشعلات على مسافة آمنة من المجتمعات المحلية وقوة العمل بما في ذلك وحدات سكن العاملين؛
- تطبيق برامج تخطيط صيانة الموقد واستبداله لضمان استمرار أقصى كفاءة للمشعلة؛
- قياس غاز الشعلة على أساس شهري من أجل تقييم مستوى التلوث، ولاسيما فيما يتعلق بثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت، فضلاً عن الحرارة المنبعثة (التي تشكل تقديراً غير مباشر لانبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري)؛
- تفادي التبخير الزائد، حيث ستؤدي زيادة البخار في الشعلة إلى تقليل أدائها؛
- تفادي اللهب اللاحق. ويمكن أن تحدث ريح قوية بسرعة عالية تأثيراً شديداً على أبعاد اللهب على الشعلة وشكله، متسببة في حدوث أسنة اللهب (مثلاً، ميل اللهب باتجاه هبوب الريح على الشعلة، وثباتها خلف رأس الشعلة)، مما يؤدي إلى خفض أداء الشعلة وقد يؤدي إلى الإضرار برأسها؛
- تفادي انطفاء اللهب، وهو حالة ينفصل فيها اللهب عن رأس الشعلة، وتوجد مسافة بين رأس الشعلة والجزء الأسفل من اللهب بسبب السحب الزائد للهواء نتيجة لسرعة خروج غاز الشعلة والبخار. ويمكن أن يؤدي هذا النوع من اللهب إلى تقليل أداء الشعلة ويمكن كذلك أن يتطور إلى انطفاء اللهب تماماً.

15. لتقليل حالات الحرق نتيجة لتعطل المعدات واضطرابات وحدة التصنيع، يجب أن تكون اعتمادية الوحدة مرتفعة (>95%). ويجب اتخاذ التدابير اللازمة لإيقاف المعدات لإجراء أعمال الصيانة المخططة وبروتوكولات تغيير المعدات، بحيث لا يتجاوز تشغيل محطة التكرير 8 آلاف ساعة/سنة (يتوافق ذلك مع شهر واحد/كل عام من الإيقاف المخطط لعمل المحطة لأغراض الصيانة العامة). ويعني ذلك تحقيق عامل تشغيل مصفاة (Refinery Service Factor) مقداره 91% (أو 8 آلاف ساعة تشغيل/24 ساعة يومياً 365 X يوما = 0.91).

#### انبعاث الملوثات المنفلتة

16. قد تخرج انبعاثات الملوثات المنفلتة في منشآت تكرير البترول من مواسير التسريب، والصمامات، والتوصيلات، والفلاتشات، والحشيات، والخطوط ذات النهايات المفتوحة، والصهاريج/ الخزانات ذات الأسقف العائمة وموانع التسرب من المضخات، وأنظمة نقل الغازات، وموانع التسرب المركبة بضواغط الهواء، وصمامات تنفيس الضغط، وصمامات التنفيس، والصهاريج/ الخزانات أو الحفر المفتوحة، والبيات فصل الزيوت، وفي عمليات تخزين المنتجات الهيدروكربونية وتحميلها وتنزيلها. وبحسب مخطط عملية التكرير، قد تشمل الانبعاثات المنفلتة على ما يلي:

- الهيدروجين؛
- الميثان؛
- مركبات عضوية متطايرة (مثلاً، الإيثان والإيثيلين والبروبان والبروبيلين والبيوتان والبيوتيلين والبنزين والبنزين ومركبات C6-C9 المؤكسدة والبنزين والتولوين والزايلين والفينول ومركبات C9 العطرية)؛
- مركبات هيدروكربونية عطرية متعددة الحلقات ومركبات عضوية أخرى شبه متطايرة؛
- غازات غير عضوية، من بينها الأمونيا وأول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت وثالث أكسيد الكبريت الناتج عن إعادة توليد حامض الكبريتيك في عملية الكلة حامض الكبريتيك، وأكسيد النيتروجين، وميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير، وإيثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير، وإيثيل ثلاثي أميل الإيثير، وميثانول، وإيثانول؛
- وإذا حصل ذلك، ينتج حامض الهيدروفلوريك من الكلة فلوريد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين.

17. هناك إمكانية كبيرة لانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة من صهاريج التخزين ذات الأسقف المخروطية خلال التحميل ونتيجة التسربات المنفلتة من صمامات التنفيس إلى الخارج؛ والانبعاثات المنفلتة للمركبات الهيدروكربونية عبر موانع التسرب المركبة بأسقف صهاريج التخزين ذات الأسقف؛ والانبعاثات المنفلتة من الفلاتشات و/أو الصمامات وموانع التسرب بالالات؛ وانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة من صهاريج الخلط والصمامات والمضخات وعمليات المزج؛ وانبعاثات المركبات العضوية المتطايرة الناتجة عن مياه الصرف الملوثة بالنفط وأنظمة معالجة المياه المستعملة. وقد تحدث أيضاً انبعاثات للنيتروجين من صهاريج تخزين الغاز، والتي من المحتمل أن تكون مشبعة بمركبات هيدروكربونية ومركبات كبريتية

على شكل رذاذ "مواد طيارة" عند درجة تخزين مقدارها (150-180 درجة مئوية). وتشتمل المصادر المحتملة الأخرى للانبعثات المنفلتة على فتحات التهوية بوحدات استرجاع البخار والانبعثات الغازية من الأكسدة الكاوية.

18. تشتمل التوصيات المتعلقة بمنع الانبعثات المنفلتة والحد منها على ما يلي:

- ينبغي تنفيذ برنامج منظم لكشف التسرب وإصلاحه؛ واستناداً إلى مراجعة منهجية لمخططات العمليات والأجهزة، يجب أن يحدد هذا البرنامج التدفقات والمعدات (مثلاً، المواسير والصمامات وموانع التسريب والصهاريج وغيرها من مكونات البنية التحتية) التي يحتمل أن تتسبب في انفلات انبعثات المركبات العضوية المتطايرة (من خلال تحلل المكونات على سبيل المثال)، وجعلها من أولويات الرصد بمعدات الكشف عن الأبخرة لتتم صيانتها أو استبدال مكوناتها حسب الحاجة؛
- وعند اختيار الصمامات المناسبة والحشوات والشفاة (الفنشات) والتراكيبات والسدادات، يجب الاهتمام بفاعليتها لتقليل تسرب الغاز والانبعثات المنفلتة<sup>3</sup>؛
- ولتقليل انبعثات الأبخرة الهيدروكربونية في الجو، يجب العمل على احتوائها (مثلاً باستخدام نظام التبطين بالنيتروجين، أو سقف عائم داخلي لمنع التسرب بالصهاريج، أو نظام تغطية للفاسل) أو إعادتها إلى نظام المعالجة؛
- تركيب وحدة استرجاع البخار بدلاً من التنفيس أو الحرق المفتوح. ينبغي التفكير في استخدام أجهزة غسل الغاز الخارج من فتحات التهوية لإزالة الزيت ومنتجات الأكسدة الأخرى من الأبخرة العلوية في وحدات معينة (مثل إنتاج القار ومنصات التحميل)؛
- يجب تنفيذ عمليات إحراق الغاز على درجات حرارة مرتفعة (800 درجة مئوية تقريباً) لضمان الهدم الكامل للمكونات متناهية الصغر (مثل كبريتيد الهيدروجين، والألدهيدات، والأحماض العضوية، ومكونات الفينول) وتقليل الانبعثات وآثار الروائح المنبعثة؛
- وفيما يتعلق بالانبعثات التي تخرج من حامض الهيدروفلوريك، يجب تجميع فتحات التهوية بمحطات الأكلعة ومعادلتها لحامض الهيدروفلوريك في جهاز غسيل الغاز قبل إرسالها إلى الشعلة.
- وفيما يتعلق بالنفتا والبنزين والميثانول/الإيثانول والإثيرات، بما في ذلك ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (MTBE)، وإيثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (ETBE) / وإيثيل ثلاثي أميل الإيثير (TAME)، يجب تزويد منصات التحميل/التفريغ بأدوات للتحكم في الأبخرة، مثل وحدات استرجاع الأبخرة؛
- وتوفّر إرشادات إضافية بشأن منع الانبعثات الملوثة الناتجة عن تسريب الغاز من صهاريج التخزين والتحكم فيها في الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمحطات النفط الخام والمنتجات البترولية.

#### أكاسيد النيتروجين

19. قد تنبعث أكاسيد النيتروجين من الغلايات وسخانات المعالجة والأفران ووحدات الحرارة والطاقة المدمجة وتوربينات الغاز ومجددات التكسير المحفز المميع، فضلاً عن الشعلة والعمليات الأخرى ووحدات الاحتراق. وتنشأ أكاسيد النيتروجين من خلال ثلاث آليات: أكاسيد النيتروجين في الوقود (بسبب محتوى النيتروجين في الوقود)، وأكاسيد النيتروجين الحراري (بسبب وجود النيتروجين في الهواء تحت درجات حرارة مرتفعة والهواء الزائد خلال عملية الاحتراق)، والنيتروجين الأني (بسبب تفاعل النيتروجين الجوي مع الجذور الكيميائية كأجزاء الكربون والهيدروكربونات ومركب الميثيلين المشتقة من الوقود في المراحل الأولى من الاحتراق). ولتقليل انبعثات أكاسيد النيتروجين، يشجع تركيب تكنولوجيا الشعلات منخفضة أكاسيد النيتروجين على أجهزة الاحتراق، في حين تقتضي عملية مراقبة انبعثات أكاسيد النيتروجين المرتبطة بالتكسير المحفز المتمتع في العادة النظر في تكنولوجيا الاختزال المحفز الانتقائي أو إزالة أكاسيد النيتروجين الحرارية.

20. تُستخدم الأمونيا التي تتكون خلال نزع الكبريت بالهيدروجين من النفط وزيت الغاز كمكون للغاز الحامض المستخدم في تغذية المفاعل الحراري لوحدة استرجاع الكبريت وتحويلها إلى وقود أكاسيد النيتروجين. علاوة على ذلك، تتكون أكاسيد النيتروجين الحرارية في وحدة استرجاع الكبريت بسبب أكسدة النيتروجين عند درجة حرارة مرتفعة (تبلغ تقريباً 1400 درجة مئوية) في هواء المعالجة.

21. وبالإضافة إلى المبادئ التوجيهية المتعلقة بالتعامل مع تلك القضايا الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة، تتضمن التدابير الموصى بها لمنع التلوث والحد منه عملية احتراق الهواء في درجة حرارة مرتفعة، التي يطلق عليها اسم الاحتراق بدون لهب (أو بدون لون). ويمكن استخدامه أيضاً في وحدات استرجاع الكبريت، وخاصة تلك التي تستخدم تدفقات غازية حمضية لينة، التي لا يمكن حرقها بدون استخدام وقود ثانوي أو الإغناء بالأكسجين في ظل الظروف القياسية. وباستخدام عملية احتراق الهواء في درجة حرارة مرتفعة، يمكن حرق تدفقات الغاز الحمضية اللينة في

حقول حرارية موحدة بدون الحاجة إلى إغناء الوقود أو إضافة النيتروجين. وتحبذ عملية توزيع درجات الحرارة الموحدة الحرق النظيف والكفاء، مع ميزة إضافية لإحداث خفض كبير في انبعاثات أكاسيد النيتروجين وأكسيد الكربون والهيدروكربون.

### أكاسيد الكبريت

22. قد تنبعث أكاسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين من الغلايات والسخانات ووحدات المعالجة الأخرى (كوحدة استرجاع الكبريت، ومجددات التكسير المحفز المميع، والشعلات، وإزالة المياه المستعملة، ومحارق الغازات المنبعثة غير القابلة للتكثف، وعمليات إزالة الكربون، وكلسنة الكوك). وستتفاوت الانبعاثات وفقا لمحتوى الكبريت في خام النفط المعالج، ومحتوى الكبريت في الوقود الذي يتم إحراقه، ودرجة استرجاع الكبريت، ومستوى ضوابط انبعاثات أكاسيد الكبريت. وقد ينبعث ثاني وثالث أكسيد الكبريت من تجديد حامض الكبريتيك في عملية ألكلة حامض الكبريتيك. وفي الغازات المنبعثة من منشآت التكرير، قد تكون مستويات تركيز ثاني أكسيد الكبريت في الغازات المتخلفة عن محطة التكرير قبل تخفيفها 1500-7500 ملليغرام في المتر المكعب.<sup>4</sup>

23. لتقليل انبعاثات ثاني أكسيد الكبريت وتحسين جودة المنتجات، يتم عادة توجيه تدفقات عمليات التكرير المحملة بالكبريت إلى وحدات المعالجة الهيدروجية (إزالة الكبريت بالهيدروجين) حيث يتحد الهيدروجين مع الكبريت ليكون كبريتيد الهيدروجين؛ ويتم توجيه ذلك بدوره إلى وحدة معالجة الأمين، ومنها يتم إرسال تدفق واحد يحتوي تركيزا مرتفعا من كبريتيد الهيدروجين إلى وحدة استرجاع الكبريت، تستند بشكل عام إلى عملية كلاوس (Claus process).<sup>5</sup>

24. وتتضمن التدابير الموصى بها لمنع التلوث وتقليله ما يلي:

- تقليل انبعاثات أكاسيد الكبريت عن طريق إزالة الكبريت من الوقود قدر الإمكان، أو بتوجيه استخدام الوقود الذي يحتوي على قدر كبير من الكبريت إلى الوحدات المزودة بوسائل للسيطرة على انبعاثات أكاسيد الكبريت.
- استرجاع الكبريت من الغازات المتخلفة (الذيلية) باستخدام وحدات استرجاع عالية الكفاءة للكبريت (مثلا، وحدات كلاوس مزودة بقسم خاص لمعالجة الغازات المتخلفة).<sup>6</sup>
- تركيب جهاز غسل الغاز بمحلول الصودا الكاوية لمعالجة غازات المداخن (الغسيل باستخدام محلول الصودا الكاوية لإزالة الغازات الحامضية، وإزالة الأحماض) من أبراج الامتصاص الموجودة بوحدة الألكلة.

### الجسيمات

25. ترتبط انبعاثات الجسيمات الناتجة في وحدات تكرير البترول بغازات المداخن الخاصة بالأفران والغلايات، ودقائق المحفز التي تنبعث من وحدات تجديد التكسير المحفز المميع والعمليات الكيميائية الأخرى التي تعتمد على الوسيط الكيميائي؛ ومعالجة الفحم البترولي؛ والدقائق والرماد الناتج خلال إحراق الحمأة؛ وإزالة الكربون وإزالة السناج من الأفران والشعل. وقد تحتوي الجسيمات على معادن (مثل الفانديوم والنيكل). بالجسيمات الدقيقة PM<sub>2.5</sub> القابلة للتكثف (مثلا، النترات، والكبريتات) هي نوع آخر من انبعاثات الجسيمات. وقد تساهم الإجراءات التي تهدف إلى مكافحة الجسيمات في مكافحة انبعاثات المعادن من محطات تكرير البترول.<sup>7</sup>

26. تتضمن التدابير الموصى بها لمنع وتقليل التلوث ما يلي:

- فيما يتعلق بالمصادر الكبيرة لانبعاثات الجسيمات، كوحدة مجددة التكسير المحفز المميع ومحارق الحمأة، يتم تركيب أجهزة عالية الكفاءة للتحكم في تلوث الهواء (مثلا، مرشحات كيسية، ومرشحات إلكتروناتية، وأجهزة غسل، وأجهزة فصل دوامية للمرحلة الثالثة). النظر في الاستعانة بهذه التكنولوجيات جنبا إلى جنب مع تكنولوجيات التحكم في انبعاثات أكاسيد النيتروجين وأكاسيد الكبريت (مثلا، معدات غسل الغاز الرطب)، إذا استدعى الأمر التحكم في الجسيمات الدقيقة PM<sub>2.5</sub>. وقد يحقق الجمع بين تلك الأساليب مستوى تخفيف يزيد عن 99% من الجسيمات.
- تنفيذ أساليب تخفيض انبعاثات الجسيمات خلال مناولة الكوك، وتشتمل على ما يلي:

4 EC European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB), Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Refineries (2003).

<sup>5</sup> راجع الملحق أ: وصف عام لأنشطة صناعة البترول

<sup>6</sup> هو نظام لاسترجاع الكبريت بنسبة 97% على الأقل ولكن يفضل استخدام وحدات توفر استرجاع الكبريت بنسبة 99% عندما تكون نسبة تركيز كبريتيد الهيدروجين في الغازات المتخلفة مرتفعة.

<sup>7</sup> EC JRC, Best Available Techniques Reference (BREF) Document for the Refining of Mineral Oil and Gas (2015)



- تخزين (الإسفنج الأخضر) الفحم البترولي السائب داخل أماكن محصورة؛
- إبقاء الكوك رطباً بشكل مستمر؛
- تقطع الكوك داخل كسارة ونقله إلى صومعة تخزين وسيطة (صناديق التخزين المائية)؛
- رش الكوك بطبقة خفيفة من زيت الغاز لإلصاق دقائق الغبار بالكوك؛
- استخدام سيور ناقلة مغطاة مزودة بأنظمة استخلاص للحفاظ على الضغط السلبي؛
- استخدام أنظمة الشفط لاستخلاص وجمع غبار الكوك؛
- نقل دقائق الكوك هوائياً بعد جمعها من أجهزة الفصل الدوامية إلى صوامع مزودة بمرشحات للهواء العادم، وإعادة تدوير الدقائق المجمعة إلى التخزين.
- النظر في إمكانية تبديل نوع الوقود، مثلاً استخدام زيت الوقود الخفيف بدلاً من زيت الوقود الثقيل، أو الغاز الطبيعي، أو غاز التكرير.

### غازات الدفينة

27. يشكل ثاني أكسيد الكربون والميثان الغازات الرئيسية المسببة للاحتباس الحراري المنبعثة من صناعة تكرير البترول، ومن الممكن أن تنتج كميات كبيرة منهما خلال عملية تكرير البترول أو عمليات الاحتراق ذات الصلة. وقد يتم تنفيث ثاني أكسيد الكربون والغازات الأخرى (مثل أكاسيد النيتروجين) في الجو خلال التجديد المحفز للمعادن الكريمة في الموقع. ينبغي تقدير كميات غازات الاحتباس الحراري سنوياً وفقاً للمنهجيات المتعارف عليها دولياً.

28. ينبغي أن يدرج المشغلون في مرحلة التصميم أو عند النظر في إجراء تجديبات وتحسينات واسعة في مصادر الاحتراق الثابتة (مثلاً غلايات توليد البخار، وسخانات المعالجة، وأنظمة الحرارة والطاقة المدمجة)، تحديث أنظمة غاز الوقود والشعلات، وتركيب وحدات استرجاع الطاقة/الحرارة المفقودة بهدف تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. ويجب أن يتمثل الهدف العام في تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري وتقييم الخيارات معقولة التكلفة والمجدية فنياً لتقليل الانبعاثات. 8 وتتناول الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة توصيات إضافية للتعامل مع غازات الدفينة إلى جانب كفاءة استخدام الطاقة والحفاظ عليها.

### المياه المستعملة

#### المياه المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية

29. تشمل كميات كبيرة من المياه المستعملة في صناعة تكرير البترول على مياه معالجة "حامضة" و مياه غير ملوثة بالنفط/غير حامضة. وتنتج المياه المستعملة الحامضة من عملية إزالة الملوحة وقطف المنتجات المتطايرة والتحليلة الفراغية والمعالجة المسبقة والنزع الخفيف والمتوسط للكبريت من القطارة باستخدام الهيدروجين والتكسير الهيدروجيني والتكسير المحفز والتكويك وإزالة اللزوجة / التكسير الحراري. وقد تتلوث المياه الحامضة بالمركبات الهيدروكربونية وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا ومركبات الكبريت العضوية (المركبتان RSH) والأحماض العضوية والفينول. ويتم التعامل مع المياه المعالجة التي ترتفع فيها نسبة كبريتيد الهيدروجين و/أو نيتروجين الأمونيا في وحدات نزع المياه الحامضة لإزالة هذه المركبات والمركبات الأخرى قبل إعادة تدويرها لأغراض المعالجة الداخلية، أو قبل المعالجة النهائية والتخلص من تلك المياه عن طريق وحدة معالجة المياه المستعملة داخل الموقع. ومن المحتمل أن تتسبب مياه المعالجة غير الملوثة بالنفط / غير الحامضة في حدوث اضطرابات بوحدة معالجة المياه المستعملة. ومن المحتمل في عمليات تصريف مياه الغلايات وتدفقات الطرح بوحدة إزالة الملوحة أن تتسبب في استخراج مركبات الفينول من مرحلة الزيت إلى مرحلة المياه على نحو غير مرغوب فيه، كما قد تتسبب في حدوث استحلاب بوحدة معالجة المياه المستعملة، وذلك إذا لم تتم معادلتها بشكل صحيح. وقد تنتج المياه المستعملة أيضاً عن انطلاق غير مقصود أو تسريب كميات قليلة من المنتجات من معدات وآلات المعالجة ومناطق/صهاريج التخزين. ترجع المياه الحامضة المعالجة في العادة إلى وحدة نزع المياه الحامضة لنزعها، بدلاً من إرسالها إلى محطة معالجة المياه المستعملة بالمصفاة.

30. وتتضمن الممارسات الموصى بها للتعامل مع المياه المستعملة ما يلي:

- منع ومكافحة الانطلاق غير المقصود للسوائل من خلال الفحص والصيانة بصفة دورية لأنظمة التخزين والنقل، بما في ذلك صناديق الحشو المركبة بالمضخات والصمامات وغيرها من النقاط التي بها احتمالية التسريب، إلى جانب تنفيذ خطط التصدي لحوادث الانسكاب؛

8 ترد معلومات تفصيلية عن فرص كفاءة استخدام الطاقة المتعلقة بمحطات تكرير البترول في: University of California, "Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Petroleum Refineries" (2005) <http://repositories.cdlib.org/cgi/viewcontent.cgi?article=3856&context=lbln>; and in U.S. EPA, "Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from the Petroleum Refining Industry" (2010)

- توفير سعة كافية لتخزين سوائل المعالجة لإتاحة إعادة استخدامها في العمليات، ومن ثم تجنب تصريف سوائيل المعالجة بكميات كبيرة في نظام صرف المياه الملوثة بالنفط؛
- تصميم وبناء أحواض لتخزين المياه المستعملة والمواد الخطرة على أن تكون مجهزة بأسطح غير منفذة بشكل مناسب لمنع ترشيح المياه الملوثة إلى التربة والمياه الجوفية؛
- فصل المياه المعالجة عن المياه المستعملة من مياه العواصف وفصل أحواض احتواء المياه المستعملة عن أحواض احتواء المواد الخطرة؛
- تنفيذ ممارسات الترتيب والنظافة الجيدة، بما في ذلك تنفيذ أنشطة نقل المنتجات فوق مناطق مرصوفة والجمع السريع للانسكابات البسيطة.

31. تتضمن البنود المحددة التي يجب أخذها في الحسبان لإدارة تدفقات المياه المستعملة على ما يلي:

- توجيه الصودا الكاوية المستهلكة من وحدات التحلية والمعالجة الكيميائية إلى أنظمة معالجة المياه المستعملة عقب الأكسدة الكاوية.
- توجيه سائل الصودا الكاوية المستهلكة من الأكسدة الكاوية (التي تحتوي على ثيوسلفات وكبريتيت وكبريتات قابلة للذوبان) إلى نظام معالجة المياه المستعملة.
- تركيب نظام صرف مغلق لنواتج المعالجة لجمع واسترجاع تسربات وانسكابات ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (MTBE) وإيثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (ETBE) وإيثيل ثلاثي أميل الإيثير (TAME). ولا تستجيب هذه المواد للمعالجة البيولوجية، ويجب منع دخولها حيث إن لها تأثيراً ضاراً على نظام معالجة المياه المستعملة.
- في حالة وجود مياه مستعملة حامضية أو كاوية ناتجة عن إعداد المياه منزوعة الأملاح، يجب معادلتها قبل تصريفها إلى نظام معالجة المياه المستعملة.
- تصريف المياه الباردة من أنظمة توليد البخار قبل التصريف. وقد تحتوي هذه المياه المستعملة إلى جانب ما تم تصريفه من أبراج تبريد المياه على إضافات (مثل المبيدات البيولوجية) وقد تتطلب المعالجة في نظام معالجة المياه المستعملة قبل تصريفها؛
- يجب معالجة المياه الملوثة بالهيدروكربونات الناتجة عن عمليات التنظيف الدورية خلال إعادة تجهيز المنشأة والمياه المستعملة المحتوية على مركبات هيدروكربونية ناتجة عن التسريب في نظام معالجة المياه المستعملة.

#### معالجة المياه المستعملة في المعالجة

32. تتضمن تقنيات معالجة المياه المستعملة (مياه الصرف) الناتجة عن العمليات الصناعية الواردة في هذا القسم الفصل عند المصدر والمعالجة المسبقة لتدفقات المياه المركزة. وتتضمن الخطوات المعتادة لمعالجة المياه المستعملة ما يلي:

- أجهزة احتجاز الشحوم، أو كاشطات النفط، أو أجهزة فصل الألواح المدمجة (CPS)، أو التعويم بالهواء المذاب، أو أجهزة فصل الزيت والماء لفصل الزيوت والمواد الصلبة القابلة للطفو؛
- ولترشيح لفصل المواد الصلبة القابلة للترشيح؛
- ومساواة التدفق والحمل؛
- والترسيب لتقليل المواد الصلبة المعلقة باستخدام المروقات (clarifiers)؛
- والمعالجة البيولوجية، عادةً المعالجة الهوائية، لتقليل المادة العضوية القابلة للذوبان، وفقاً للطلب البيولوجي على الأكسجين؛
- وإزالة المواد المغذية الكيميائية أو البيولوجية لتخفيض النيتروجين والفوسفور؛
- وكلورة النفايات السائلة في حالة الحاجة إلى التطهير؛
- وإزالة الماء والتخلص من البقايا في مواقع دفن معينة للنفايات الخطرة.

33. وربما تكون هناك حاجة إلى ضوابط هندسية لما يلي: (1) احتواء ومعالجة المواد العضوية المتطايرة المنفصلة من عمليات الوحدات المختلفة في نظام معالجة المياه المستعملة؛ (2) الإزالة المتقدمة للمعادن باستخدام الترشيح الغشائي أو أي تقنيات معالجة فيزيائية/كيميائية أخرى؛ (3) إزالة المواد العضوية العنيدة والحاجة الكيميائية للأكسجين غير القابل للتحلل الحيوي باستخدام الكربون المنشط أو الأكسدة الكيميائية المتقدمة؛ (4) خفض سمية المياه المستعملة باستخدام التقنيات المناسبة (مثل التناضح العكسي والتبادل الأيوني والكربون المنشط)؛ (5) احتواء الروائح المزعجة ومعادلتها.

34. تناقش الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة كيفية التعامل مع المياه المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية وأمثلة لأساليب المعالجة. ويمقدور المنشآت من خلال استخدامها لهذه التكنولوجيات وأساليب الممارسة الجيدة المتعلقة بكيفية التعامل مع المياه المستعملة أن تقي بالقيم الإرشادية المعنية بتصريف المياه المستعملة والمبينة بالجدول ذي الصلة بالقسم 2 من وثيقة قطاع الصناعة هذا.

#### تدفقات المياه المستعملة الأخرى واستهلاك المياه

35. تقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة مبادئ توجيهية حول كيفية التعامل مع المياه المستعملة غير الملوثة الناتجة عن عمليات المرافق، ومياه العواصف غير الملوثة، ومياه الصرف الصحي. ويجب توجيه التدفقات الملوثة إلى نظام معالجة المياه المستعملة الناتجة عن العمليات الصناعية. وتقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة توصيات لخفض استهلاك المياه، لا سيما في الأماكن التي تكون فيها المصادر الطبيعية محدودة.

36. المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي: يتضمن الاختبار الهيدروستاتيكي (هيدروتست) للمعدات وخطوط الأنابيب إجراء اختبار ضغط باستخدام المياه (مياه مرشحة غير معالجة، في العادة)، للتحقق من سلامة النظام واكتشاف أماكن التسرب المحتمل. وعادة ما يتم وضع إضافات كيميائية (مثل مانع للتآكل، ومزيل للأكسجين، وصبغة) في المياه العذبة لمنع التآكل الداخلي ولإبراز التسريبات. وعند التعامل مع المياه المستخدمة في الاختبارات الهيدروستاتيكية (هيدروتست)، يجب تطبيق تدابير منع ومكافحة التلوث التالية:

- استخدام نفس المياه لإجراء اختبارات متعددة؛
- تقليل الحاجة إلى المواد المانعة للتآكل والمواد الكيميائية الأخرى عن طريق تقليل وقت بقاء المياه في المعدات أو خط الأنابيب؛
- إذا كان استخدام المواد الكيميائية ضرورياً، يجب اختيار المواد الكيميائية الفعالة الأقل سمية، والتوافر البيولوجي، والتراكم البيولوجي، ولها أعلى درجة من التحلل البيولوجي.

37. وإذا كان صرف المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي في البحر أو المياه السطحية هو البديل الوحيد المتاح عملياً للتخلص منها، يجب إعداد خطة للتخلص من المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي تراعي نقاط الصرف، ومعدل الصرف، واستخدام الكيماويات وانتشارها، والمخاطر البيئية، وأعمال الرصد اللازمة. ويجب تجنب التخلص من المياه المستخدمة في الاختبار الهيدروستاتيكي في المياه الساحلية الضحلة.

#### التعامل مع المواد الخطرة

38. يتم في منشآت تكرير البترول تصنيع كميات كبيرة من المواد الخطرة واستخدامها وتخزينها، ومن بينها المواد الخام والمواد الوسيطة والمنتجات النهائية والثانوية. وقد وردت الممارسات الموصى بها للتعامل مع المواد الخطرة، بما فيها مناوئتها وتخزينها ونقلها في الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمحطات النفط الخام والمنتجات البترولية وفي الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

#### النفايات

39. تنتج عمليات التكرير والصيانة كميات أكبر من النفايات، منها الخطرة ومنها غير الخطرة. ويمكن الاطلاع على مبادئ توجيهية عامة حول تخزين النفايات الخطرة وغير الخطرة والتعامل معها ومعالجتها والتخلص منها في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

#### المحفزات المستهلكة

40. تنتج المحفزات المستهلكة عن عدد من وحدات العمليات في صناعة تكرير البترول ومن بينها المعالجة المسبقة والتهديب المحفز؛ والنزع الخفيف والمتوسط للكبريت من القطارة باستخدام الهيدروجين؛ والتكسير الهيدروجيني؛ ووحدة التكسير المحفز المميع (FCCU)؛ والتكسير المحفز للبقايا (RCCU)؛ وإنتاج ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (MTBE) وإيثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (ETBE) وإيثيل ثلاثي أميل الإيثير (TAME)؛ والتحويل الإيزوميري (الأزمر) للبيوتان؛ ودرجة الديين ووحدة التحويل الإيزوميري الهيدروجيني للبيوتلين؛ وتجديد حامض الكبريتيك؛ وبعض العمليات المحفزة لنزع الكبريت باستخدام الهيدروجين؛ ومحطات الكبريت والهيدروجين. وقد تحتوي المحفزات المستهلكة على الموليبدنوم والنيكل والكوبالت والبلاتين والبلاديوم وحديد الفاناديوم والنحاس والسيليكا و/أو الألومينا كمواد ناقلة. وهناك عدة أنواع من المحفزات المستهلكة، وتؤثر خصائصها الفيزيائية والكيميائية في طريقة التعامل معها. ويتعلق الاعتباران الرئيسيان بما إذا كان المحفز المعني يعد ذا طبيعة "خطرة" أو "غير خطرة"، وما إذا كانت المعادن التي يحتويها قيمة أو يمكن استعادتها. وسيؤثر تحليل هذه العوامل مباشرة في طريقة التعامل مع المحفزات المستهلكة.

41. وتشمل الإستراتيجيات الموصى بها للتعامل مع المحفزات الكيميائية ما يلي:

- استخدام محفزات تستمر لفترات طويلة وتجديد المحفزات لإطالة فترة استخدامها؛
- استخدام أساليب التخزين والتعامل الملائمة بالموقع لتجنب التفاعلات المطلقة للحرارة على نحو عشوائي؛
- إعادة المحفزات المستهلكة إلى الشركة المصنعة لتجديدها أو استرجاعها، أو نقلها لشركات الإدارة خارج الموقع للتعامل معها، واسترجاع / إعادة تدوير المعادن الثقيلة أو الثمينة، والتخلص منها وفقاً لتوصيات إدارة النفايات الصناعية الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

#### النفايات الخطرة الأخرى

42. بالإضافة إلى المحفزات المستهلكة الخطرة، قد تشتمل النفايات الصناعية الخطرة على المذيبات والمرشحات ومحاليل الكحول المعدني، ومواد التحلية المستعملة، والأمينات المستهلكة لإزالة ثاني أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل، ومرشحات الكربون المنشطة والحماة الملوثة بالنفط الناتجة عن أجهزة فصل النفط/ المياه وأجهزة إزالة الملوحة، والمستحلبات أو قيعان الصهاريح، والسوائل المستهلكة أو المستعملة الناتجة عن عمليات التشغيل والصيانة (مثل الزيوت وسوائل الاختبار). وهناك نفايات خطرة أخرى من قبيل الحماة الملوثة والحماة الناتجة عن تطهير دوائر مضخات الماء الفائتة، والمناخل الجزئية المستنفدة، والألومينا المستنفدة الناتجة عن ألكلة الهيدروفلوريك، وقد ينتج كل ذلك عن صهاريح تخزين النفط الخام، وإزالة الأملاح والتقطير، والتوكيك ومجففات تدفق البروبان والبروبيلين والبيوتان، وعند التحويل الإيزوميري (أزمره) للبيوتان. تنتج محطات معالجة مياه الصرف الصحي والأحواض/البرك الاصطناعية حماة قد يتعين اعتبارها نفايات خطرة، ويتوقف ذلك على طريقة المعالجة نفسها وعلى المياه المستعملة الواردة.

43. ويجب اختبار النفايات الناتجة عن العمليات وتصنيفها كمواد خطرة أو غير خطرة حسبما تنص عليه متطلبات اللوائح المحلية أو النهج المقبولة على نطاق دولي. ويمكن الاطلاع على مبادئ توجيهية تفصيلية حول تخزين النفايات الخطرة وغير الخطرة والتعامل معها ومعالجتها والتخلص منها في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

44. تشمل الإستراتيجيات الموصى بها للتعامل مع النفايات الخطرة ما يلي:

- إرسال الحماة الملوثة بالنفط، كذلك المستخرجة من صهاريح تخزين النفط الخام (بالوعة الصرف) ومن وسائل إزالة الأملاح (بالوعة الصرف) إلى وعاء التوكيك المعوق، إن أمكن، لاسترجاع المركبات الهيدروكربونية.
- ضمان عدم إجراء تكسير زائد في وحدة إزالة اللزوجة لمنع إنتاج زيت وقود غير مستقر، والذي ينتج عنه زيادة تكوين الحماة والرواسب خلال عملية التخزين.
- زيادة استرجاع النفط من مياه الصرف والحماة الملوثة بالنفط. وتقليل فقد النفط وخروجه إلى شبكة المياه المستعملة. ويمكن استرجاع النفط من النفايات باستخدام وسائل الفصل (مثل أجهزة الفصل بالجاذبية والطرز المركزي).
- وقد تشتمل معالجة الحماة على تطبيقات أرضية (المعالجة البيولوجية)، أو استخلاص المذيبات ثم إحراق البقايا و/أو استخدام الأسفلت أو أفران الإسمنت، متى كان لذلك جدوى. وفي بعض الحالات، قد يكون تثبيت البقايا مطلوباً قبل التخلص منها لتخفيض قابلية ترشيح المعادن السامة. وفي حالة عدم معالجتها، يجب التخلص من الحماة الخطرة الناتجة من مصافي تكرير النفط الخام في مدفن نفايات مأمون كما هو مبين في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

#### النفايات غير الخطرة

45. ينتج عن ألكلة حامض الهيدروفلوريك حماة تعادل قد تحتوي على فلوريد الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم وكربونات الكالسيوم وفلوريد المغنسيوم وهيدروكسيد المغنسيوم وكربونات المغنسيوم. وعقب التجفيف والضغط، يمكن تسويقها للاستخدام في محطات الصلب، على سبيل المثال، أو دفنها. ويمكن الاطلاع على مبادئ توجيهية تفصيلية حول تخزين النفايات غير الخطرة والتعامل معها ومعالجتها والتخلص منها في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

#### الضوضاء

46. تتمثل المصادر الرئيسية للضوضاء في منشآت تكرير البترول في آلات، مثل ضواغط الهواء والتوربينات والمضخات والمحركات الكهربائية ومبردات الهواء (إن وجدت) والنفاخات والمراوح والسخانات. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تؤدي حالات تسرب البخار، إن كانت كبيرة، إلى إحداث ضوضاء. وأثناء تخفيض الضغط الطارئ، تحدث مستويات مرتفعة من الضوضاء بسبب غازات الضغط العالي التي يتم إطلاقها إلى الشعلة و/ أو عند

---

إرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة  
الخاصة بتكرير البترول  
17 نوفمبر، 2016



---

إطلاق البخار إلى الغلاف الجوي. وتحتوي الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة على التوصيات العامة المتعلقة بكيفية التعامل مع الضوضاء.

## 2-1 الصحة والسلامة المهنية

47. قد تتشابه قضايا الصحة والسلامة المهنية المرتبطة بتشديد منشآت تكرير البترول ووقف أنشطتها مع القضايا المرتبطة بالمنشآت الصناعية الأخرى، وتتناول الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة كيفية التعامل مع تلك القضايا.
48. وكنهج عام، يجب أن تشمل عملية تخطيط التعامل مع قضايا الصحة والسلامة اعتماد نهج منظم وهيكل للوقاية من، والسيطرة على، المخاطر البدنية والكيميائية والبيولوجية والإشعاعية على الصحة والسلامة، كما هو مبين في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.
49. ويجب منع المخاطر الرئيسية المتعلقة بالصحة والسلامة المهنية من خلال تطبيق برنامج للتعامل مع سلامة عمليات المعالجة يشتمل على كافة عناصر الحد الأدنى المبينة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة وتتضمن ما يلي:
- تحليل شامل للمخاطر بالمنشأة، بما في ذلك تحليل تفصيلي للعواقب المترتبة (مثلاً، تحليل نمط التعطل وأثاره (FMEA)، ودراسة عن التعرف على المخاطر (HAZID)، ودراسة عن المخاطر والتشغيل (HAZOP)، أو التقييم الكمي للمخاطر ((QRA). ومن المتوقع تنفيذ هذا التحليل جنباً إلى جنب مع التصميم الهندسي المبني، وكذلك التصميم الهندسي التفصيلي قبل بدء التشغيل؛
  - تدريب العاملين على المخاطر التشغيلية؛
  - إجراءات للتعامل مع التغيير الذي يطرأ على العمليات، أو تحليل مخاطر العمليات، أو صيانة السلامة الميكانيكية، أو المراجعة السابقة للعمل، أو التصريح بتنفيذ أعمال على الساخن، وأنظمة العمل الآمنة، وغيرها من جوانب سلامة العمليات الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة؛
  - نظام لإدارة النقل الآمن وفقاً لما ورد في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة إذا كان المشروع يشتمل على مكون النقل للمواد الخام أو المنتجات النهائية؛
  - إجراءات لعمليات مناولة المواد الخطرة ونقلها وتخزينها.
50. تشتمل أكبر المخاطر المتعلقة بالصحة والسلامة المهنية الشائعة أثناء مرحلة تشغيل منشآت تكرير البترول بالدرجة الأولى على ما يلي:
- سلامة عمليات المعالجة؛
  - أجواء نقص الأكسجين؛
  - المخاطر الكيميائية؛
  - الحرائق والانفجارات.
- سلامة عمليات المعالجة**
51. ينبغي تطبيق برامج سلامة عمليات المعالجة بناء على الظروف المرتبطة بتلك الصناعة، مثل التفاعلات الكيميائية المعقدة، واستخدام المواد الخطرة (مثلاً، المركبات السامة أو التفاعلية أو المتطايرة أو سريعة الالتهاب أو المتفجرة)، والتفاعلات متعددة الخطوات.
52. ويجب أن تشمل التدابير المتعلقة بإدارة السلامة ما يلي:
- اختبار المخاطر البدنية للمواد والتفاعلات؛
  - دراسات تحليل المخاطر لمراجعة الممارسات الكيميائية والهندسية في العمليات التصنيعية، بما في ذلك الديناميكيات الحرارية والحركية؛
  - الصيانة الوقائية الروتينية الفعالة وفحص السلامة الميكانيكية للمعدات والمرافق المستخدمة في عملية التصنيع؛
  - تدريب المشغلين / الفنيين وتطوير مهاراتهم؛
  - إعداد أنظمة آمنة للعمل، ووضع تعليمات تشغيل وإجراءات الاستجابة للطوارئ.

### أجواء نقص الأكسجين

53. قد يؤدي الإطلاق والتراكم المحتمل لغاز النيتروجين في مناطق العمل إلى وجود أوضاع مسيئة للاختناق نتيجة لإزاحة الأكسجين. وتشتمل تدابير المنع والسيطرة لخفض مخاطر إطلاق الغازات الخائفة على ما يلي:

- تصميم ووضع أنظمة لتنقيس النيتروجين وفقاً للمعايير المتبعة في هذا المجال؛
- تركيب نظام إغلاق تلقائي للطاقة يمكنه اكتشاف وإطلاق إنذار تحذيري بتسرب نيتروجين على نحو عشوائي (بما في ذلك وجود أجواء ينقص فيها الأكسجين في مناطق العمل)<sup>9</sup> وإصدار تحذير، وتشغيل التهوية الإيجابية تلقائياً، وإغلاق المعدات لتقليل فترة التسرب؛
- تنفيذ إجراءات دخول الأماكن المغلقة على النحو الوارد في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة مع مراعاة المخاطر المرتبطة بهذه المنشأة تحديداً.

### المخاطر الكيميائية

54. قد يتسبب إطلاق حامض الهيدروفلوريك وأول أكسيد الكربون والميثانول وكبريتيد الهيدروجين في التعرض المهني للمخاطر. وقد يحدث تسرب كبريتيد الهيدروجين عند تجديد الأمينات في وحدات معالجة الأمينات ووحدات معالجة الكبريت. وقد يحدث تسرب أول أكسيد الكربون من وحدات التكسير المحفز المميع والتكسير المحفز للبقايا ومن قسم إنتاج الغاز الصناعي في محطات الهيدروجين. ويعد مزيج أول أكسيد الكربون / الهواء الجوي من المواد المتفجرة العفوية / وقد ينتج عنها اشتعال انفجاري. ويعتبر كبريتيد الهيدروجين من المصادر المباشرة لخطر الحرائق عند اختلاطه بالهواء الجوي.

55. قد يتعرض العاملون لمخاطر استنشاق محتملة (مثل استنشاق كبريتيد الهيدروجين، وأول أكسيد الكربون، والمركبات العضوية المتطايرة، والمركبات الهيدروكربونية العطرية متعددة الحلقات خلال العمليات الصناعية المعتادة. وقد تشتمل المخاطر التي تتعرض لها البشرية على لمس الأحماض والأبخرة والأسطح الساخنة. ويجب التعامل مع المخاطر الكيميائية وفقاً لنتائج تحليل سلامة العمل ودراسات الصحة الصناعية وفقاً للمبادئ التوجيهية بشأن الصحة والسلامة المهنية الواردة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. وتشتمل تدابير الحماية على تدريب العاملين وأنظمة تصاريح العمل، واستخدام معدات الحماية الشخصية (PPE)، وأنظمة اكتشاف الغازات السامة المزودة بأجهزة إنذار.<sup>10</sup>

### حامض الهيدروفلوريك

56. قد يتعرض العاملون لحامض الهيدروفلوريك في وحدات أكلية حامض الهيدروفلوريك. وتشتمل تدابير السلامة المهنية على ما يلي:<sup>11</sup>

- تخفيض قابلية حامض الهيدروفلوريك للتطاير عن طريق إضافة وسائل مناسبة لكبت ضغط البخار؛
- تقليل الاحتفاظ بحامض الهيدروفلوريك (مخزون الدوائر)؛
- تصميم مخطط المحطة لتقليل المساحة المتعرضة لمخاطر حامض الهيدروفلوريك المحتملة، ولتسهيل معرفة مررات الخروج للعاملين؛
- تمييز مناطق مخاطر حامض الهيدروفلوريك بوضوح، والإشارة إلى الأماكن الواجب ارتداء معدات الحماية الشخصية فيها؛
- تطبيق إجراءات لتطهير العاملين من التلوث في مكان مخصص لذلك؛
- تنفيذ حاجز مسافة أمان بين وحدة أكلية حامض الهيدروفلوريك، ووحدات العمليات الأخرى وحدود منشأة تكرير البترول؛
- استخدام نظام تنظيف لمعادلة وإزالة حامض الهيدروفلوريك قبل الحرق؛

<sup>9</sup> يجب تجهيز مناطق العمل التي يحتمل فيها وجود أجواء نقص الأكسجين بأنظمة مراقبة يمكنها اكتشاف هذه الحالات. ويجب تزويد العمال بأنظمة مراقبة شخصية. ويجب تزويد نوعي أنظمة المراقبة بتنبيه تحذيري يتم ضبطه عند وصول نسبة تركيز الأكسجين (O<sub>2</sub>) في الهواء إلى 19.5%.

<sup>10</sup> يتوفر وصف تفصيلي لكافة قضايا الصحة والسلامة وإستراتيجيات المنع/السيطرة المتعلقة بتكرير البترول، بما في ذلك المخاطر الكيميائية ومخاطر الحرائق/الانفجارات في: (1999) Chapter 2 Occupational Safety and Health Association (OSHA), Technical Manual, Section IV Safety Hazards, Chapter 2. "Petroleum Refining Process," available at [http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iv/otm\\_iv\\_2.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_2.html)

<sup>11</sup> تتوفر التوصيات المتعلقة بالتعامل مع حامض الهيدروفلوريك في الممارسات الموصى بها في مطبوعة المعهد الأمريكي للبترول: Recommended Practice: (RP) 751, "Safe Operation of Hydrofluoric Acid Alkylation Units" (Third Edition, June 2007)

- استخدام حوض لمعادلة حامض الهيدروفلوريك للمياه المستعملة قبل تصريفها إلى نظام المياه المستعملة الملوثة بالنفط في منشأة التكرير؛
- استخدام صهريج مخصص لجمع نواتج الألكلة واتباع إجراءات روتينية لقياس مستوى الحموضة قبل إرسالها إلى حوض البنزين؛
- معالجة منتجات البيوتان والبروبان بإزالة الفلورين من الألومينا للتخلص من الفلوريدات العضوية، مع اتباع ذلك بمادة قلووية لإزالة أي حموضة متبقية؛
- يجب التعامل مع نقل حامض الهيدروفلوريك من المحطة وإليها وفقاً للمبادئ التوجيهية المتعلقة بنقل البضائع الخطرة وفقاً لما ورد في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

### الحرائق والانفجارات

57. تشمل مخاطر الحرائق والانفجارات التي تنتج عن عمليات المعالجة على الإطلاق غير المقصود للغاز الصناعي (أول أكسيد الكربون والهيدروجين)، والأكسجين، والميثانول، وغازات التكرير. وقد يتسبب إطلاق غازات التكرير في حدوث "الحريق النفاث" في حالة إشعالها في مكان الإطلاق، أو قد يؤدي إلى انفجار سحابة بخارية أو كرات نارية أو نيران وامضة، حسب كمية المادة القابلة للاشتعال الموجودة وحسب درجة احتجاز السحابة. وقد يشتعل كل من الميثان والهيدروجين وأول أكسيد الكربون وكبريتيد الهيدروجين حتى في غياب مصادر الاشتعال، وذلك عند زيادة درجة حرارة تلك الغازات عن حد الاشتعال الذاتي لها وهو 580 درجة مئوية و500 درجة مئوية و609 درجات مئوية و260 درجة مئوية على الترتيب. وقد يتسبب انسكاب السوائل القابلة للاشتعال داخل منشآت تكرير البترول في حدوث "حرائق بالأحواض". وقد ترتبط مخاطر الانفجارات أيضاً بتراكم الأبخرة في صهاريج التخزين (مثلاً، حامض الكبريتيك والقار).

58. وتشتمل التدابير الموصى بها لمنع ومكافحة مخاطر الحرائق والانفجارات في عمليات المعالجة على ما يلي: 12

- تصميم وتشديد وتشغيل منشآت تكرير البترول وفقاً للمعايير الدولية<sup>13</sup> لمنع ومكافحة مخاطر الحرائق والانفجارات، بما في ذلك ضمان فصل مناطق المعالجة عن مناطق التخزين والاستخدام والمناطق الآمنة. ويمكن تحديد المسافات الآمنة عن طريق تحليل سلامة لهذه المنشأة تحديداً، والتقييم الكمي للمخاطر، ومن خلال تطبيق المعايير المعترف بها دولياً في مجال السلامة من الحرائق؛<sup>14</sup>
- توفير أنظمة الإنذار المبكر، مثل أنظمة مراقبة ضغط الغازات ونقل السوائل، إلى جانب أنظمة اكتشاف الحرائق عن طريق الحرارة أو الدخان؛
- تقييم احتمال تراكم الأبخرة في صهاريج التخزين وتطبيق أساليب المنع والسيطرة (مثلاً، بطانة النيتروجين لتخزين حامض الكبريتيك والقار)؛
- تجنب مصادر الاشتعال المحتملة (مثلاً عن طريق تصميم وضع الأنابيب بحيث يتم تجنب حدوث انسكابات فوق أنابيب أو معدات و/أو آلات دوارة ذات درجة حرارة مرتفعة)؛
- توفير تدابير الحماية السلبية من الحرائق داخل منطقة الحرائق النموذجية التي توفر القدرة على مقاومة درجات الحرارة الناتجة عن الحرائق لفترة كافية تسمح للمشغل بتطبيق الإستراتيجية المناسبة للحد من الحريق؛
- تحديد/احتواء المناطق التي من المحتمل أن تتأثر بالإطلاق غير المقصود للسوائل القابلة للاشتعال عن طريق ما يلي:
  - تحديد المناطق المعرضة للحريق وتجهيزها بنظام للصراف لجمع أي سوائل قابلة للاشتعال تم إطلاقها بطريقة غير مقصودة ونقلها إلى منطقة احتواء آمنة، بما في ذلك الاحتواء الثانوي لصهاريج التخزين؛
  - تركيب جدران فاصلة مضادة للحريق / الانفجار في المناطق التي يتعدى فيها ترك مسافات حاجزة مناسبة؛
  - تصميم نظام لصراف المياه المستعملة الملوثة بالنفط لتجنب انتشار الحريق.

59. يمكن الاطلاع على مزيد من التوصيات بشأن التعامل مع مخاطر الحرائق والانفجارات المرتبطة بتخزين النفط الخام في الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمحطات النفط الخام والمنتجات البترولية.

<sup>12</sup> تتوفر المزيد من التوصيات بشأن مخاطر الحرائق والانفجارات في مطبوعة المعهد الأمريكي للبترول: API Recommended Practice RP 2001. Fire Protection in Refineries (2012).

<sup>13</sup> من بين الأمثلة على الممارسات الجيدة: 30 US National Fire Protection Association (NFPA) Code 30: Flammable and Combustible Liquids. NFPA, 2003), available at <http://www.nfpa.org/>. ويتوفر المزيد من المبادئ التوجيهية الرامية إلى تقليل التعرض إلى الكهرباء الإستاتيكية والبرق إلى أدنى حد في: (2003 "Protection against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents", API, RP).

<sup>14</sup> من أمثلة المعلومات الإضافية عن ترك مساحات أمان (NFPA Code 30 (2003).

### 3-1 الصحة والسلامة المجتمعية

60. تماثل الآثار التي تتعلق بالصحة والسلامة المجتمعية والتي تحدث أثناء مرحلتي تشييد منشآت تكرير البترول ووقف التشغيل تلك الآثار التي تحدث في غالبية المنشآت الصناعية الأخرى، وتتناولها بالمناقشة الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

61. تحدث أهم المخاطر على الصحة والسلامة المجتمعية من تلك التي ترتبط بمنشآت تكرير البترول أثناء مرحلة التشغيل، وتشتمل على التعرض لخطر الحوادث الكبرى من قبيل وقوع الحرائق والانفجارات بالمنشأة واحتمال الإطلاق غير المقصود للمواد الخام أو المنتجات الجاهزة خلال النقل إلى خارج منشأة المعالجة. وفيما يلي مبادئ توجيهية بشأن التعامل مع تلك القضايا، وكذلك في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

62. يمكن الاطلاع على مزيد من المبادئ التوجيهية ذات الصلة التي تنطبق على النقل البحري أو النقل بالسكك الحديدية أو على المنشآت البرية في الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالشحن؛ والسكك الحديدية؛ والموانئ والمرافئ؛ والإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بمحطات النفط الخام والمنتجات البترولية.

#### المخاطر الرئيسية<sup>15</sup>

63. ترتبط أشد المخاطر على السلامة بأعمال مناولة وتخزين المواد السائلة والغازية. وقد تشتمل الآثار على تعرض العمال وربما المجتمعات المحلية المحيطة حسب كمية ونوع المواد الكيميائية المنبعثة عرضاً والأوضاع المهيأة لحدوث تفاعلات أو كوارث كالحرائق والانفجارات.<sup>16</sup> ويتضمن القسم 1.2 التدابير الرئيسية لخفض هذه المخاطر. كما يجب أن يتضمن التخطيط للحالات الطارئة، لمنع المخاطر الرئيسية الواقعة على المجتمع، كحد أدنى إعداد وتنفيذ "خطة إدارة الطوارئ" بالاشتراك مع السلطات المحلية والمجتمعات المحلية المحتمل تأثرها. تتوفر مبادئ توجيهية إضافية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

<sup>15</sup> يتوفر وصف تفصيلي لكافة قضايا الصحة والسلامة وإستراتيجيات المنع/السيطرة المتعلقة بتكرير البترول في: OSHA, Technical Manual, Section IV "Petroleum Refining Process Safety Hazards, Chapter 2 (1999) [http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm\\_iv/otm\\_iv\\_2.html](http://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/otm_iv_2.html)

<sup>16</sup> يتوفر المزيد من التوصيات بشأن مخاطر الحرائق والانفجارات في مطبوعة المعهد الأمريكي للبترول: API Recommended Practice RP 2001. Fire Protection in Refineries (2012).

## 2. رصد مؤشرات الأداء

### 2-1 البيئة

#### إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة

64. يقدم الجدولان 1 و 2 إرشادات بشأن الانبعاثات والنفايات السائلة لقطاع تكرير البترول. وتشرح القيم الإرشادية الخاصة بالانبعاثات (مثل: وحدة التكسير المحفز المميع، ووحدة استرجاع الكبريت، ووحدة الحرق) والنفايات السائلة الناتجة عن العمليات في هذا القطاع بوضوح الممارسة الصناعية الدولية الجيدة كما هي واردة في المعايير ذات الصلة للبلدان التي لديها أطر تنظيمية معترف بها. ومن المفترض إمكانية تطبيق القيم الإرشادية في ظروف التشغيل العادية داخل المنشآت المصممة والمشغلة على نحو ملائم من خلال تطبيق أساليب منع التلوث والسيطرة عليه والتي تم تناولها بالمناقشة في الأقسام السابقة من هذه الوثيقة.

65. تم تناول الإرشادات الخاصة بانبعاثات مصادر الاحتراق المرتبطة بأنشطة توليد الطاقة البخارية والكهربائية من مصادر لها قدرة تساوي أو تقل عن 50 ميغاواط في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة. أما انبعاثات مصادر الطاقة الكهربائية الأكبر من التوربينات والغلايات والمحركات، فتعالجها الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بالطاقة الكهربائية الحرارية. ويتناول الجدول 1 الانبعاثات الناشئة من وحدات الاحتراق التي تستخدم أنواعاً متعددة من الوقود، كالمسخانات والغلايات المستخدمة في المعالجة، وكذلك الانبعاثات الأخرى الناشئة من المعالجة. كما تقدم الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة مبادئ توجيهية حول اعتبارات البيئة المحيطة استناداً إلى إجمالي حمل الانبعاثات.

66. وتنطبق الإرشادات بشأن النفايات السائلة على التصريف المباشر للنفايات السائلة المعالجة في المياه السطحية من أجل الاستخدام العام. ويمكن تحديد مستويات التصريف الخاصة بالموقع بناء على مدى توفر وظروف استخدام الأنظمة العامة لتجميع ومعالجة مياه الصرف الصحي أو، إن كان تصريفها يتم مباشرة على المياه السطحية، عندئذ يتم تحديد المستويات بناء على نظام تصنيف استخدام المياه المستقبلية كما هو موضح في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

الجدول 1. مستويات انبعاث الملوثات في منشآت تكرير البترول أ

القيمة الإرشادية	الوحدة	الملوثات
300 100 لوحة تجديد التكسير المحفز المميع	ملغم/متر مكعب عادي	أكاسيد النيتروجين <sup>ب</sup>
150 لوحة استرجاع الكبريت 300 لوحة تجديد التكسير المحفز المميع 500	ملغم/متر مكعب عادي	ثاني أكسيد الكبريت <sup>ج</sup>
25	ملغم/متر مكعب عادي	جسيمات تقل أقطارها عن 10 ميكروغرامات (PM10) <sup>د</sup>
5	ملغم/متر مكعب عادي	فاناديوم <sup>هـ</sup>
1	ملغم/متر مكعب عادي	نيكل
5	ملغم/متر مكعب عادي	كبريتيد الهيدروجين <sup>و</sup>

- أ. غاز جاف بنسبة أكسجين 3%.
- ب. أكاسيد النيتروجين تعني: نيتروجين + ثاني أكسيد النيتروجين معبرا عنهما بمكافئ ثاني أكسيد النيتروجين. القيمة الإرشادية مأخوذة من: EC JRC, "Best Available Techniques Reference (BREF) Document for the Refining of Mineral Oil and Gas" (2015).
- ج. أكاسيد الكبريت تعني: ثاني أكسيد الكبريت + ثالث أكسيد الكبريت معبرا عنها بمكافئ ثاني أكسيد الكبريت.
- د. القيمة الإرشادية مأخوذة من وثيقة: EC JRC, "BREF Document for the Refining of Mineral Oil and Gas" (2015). القيمة الإرشادية للمواد الجسيمية صالحة أيضا لوحدتك التكسير المحفز المميع (FCCU). مأخوذة من: G.S.R. (E) and 820(E), 186(E)، إخطار لوزارة البيئة والغابات، الهند. [http://envfor.nic.in/legis/env\\_stand.htm](http://envfor.nic.in/legis/env_stand.htm)

الجدول 2. مستويات النفايات السائلة في منشآت تكرير البترول أ

القيمة الإرشادية	الوحدات	الملوثات
9 – 6	وحدة معيارية	الأس الهيدروجيني
30 ب	ملغم/ لتر	حاجة حيوية كيميائية للأكسجين 5
125 ج	ملغم/ لتر	الحاجة الكيميائية للأكسجين
30	ملغم/ لتر	المواد الصلبة الكلية المعلقة
10	ملغم/ لتر	زيوت وشحوم
0.5	ملغم/ لتر	كروم (إجمالي)
0.05	ملغم/ لتر	كروم (سداسي)
0.5	ملغم/ لتر	نحاس
3	ملغم/ لتر	حديد
1	ملغم/ لتر	سيانيد
0.1	ملغم/ لتر	الإجمالي الصافي
0.1	ملغم/ لتر	رصاص
0.5	ملغم/ لتر	نيكل
0.003 د	ملغم/ لتر	زئبق
0.1	ملغم/ لتر	زرنيخ
1	ملغم/ لتر	فاناديوم
0.2	ملغم/ لتر	فينول
0.05 هـ	ملغم/ لتر	بنزين
0.05	ملغم/ لتر	بنزو (أ) بيرين
0.2	ملغم/ لتر	كبريتيدات
10 و	ملغم/ لتر	نيتروجين كلي
2	ملغم/ لتر	فوسفور كلي
> 3 ز	°C	زيادة درجة الحرارة

ملاحظات:

- أ. بافتراض تكامل منشأة تكرير البترول.
- ب. القيمة الإرشادية مأخوذة من: EC JRC, BREF (2015) Table 3.16؛ ويمكن أن تشمل التشريعات الوطنية على قيم أقل، كما هو الحال في الصين: 20 ملغم/ لتر.
- ج. القيمة الإرشادية مأخوذة من وثيقة: EC JRC, BREF (2015)؛ ويمكن أن تشمل التشريعات الوطنية على قيم أقل، كما هو الحال في الصين: 120 ملغم/ لتر.
- د. EC JRC, BREF (2015) Table 3.16.
- هـ. القيمة الإرشادية مأخوذة من: EC JRC, BREF (2015).
- و. قد يصل تركيز النفايات السائلة من النيتروجين (الكلي) إلى 40 ملغم/ لتر في العمليات التي تشمل على الهدرجة.
- ز. عند حافة منطقة الخلط المقامة علمياً والتي تأخذ في الاعتبار نوعية المياه المحيطة، واستخدام الماء المستقل، والمستقبلات المحتملة والقدرة التمثيلية.
- EC JRC, BREF (2015) Table 3.16

## الرصد البيئي

67. يجب تطبيق برامج الرصد البيئي الخاصة بقطاع تكرير البترول للتعامل مع جميع الأنشطة التي تم تحديد أنها تحدث أثراً كبيراً محتملة على البيئة، أثناء العمليات العادية وفي الظروف المضطربة (حالات الطوارئ والحرق اللاحقة). ويجب أن تستند أنشطة الرصد البيئي إلى المؤشرات المباشرة أو غير المباشرة المطبقة على المشروع المعني الخاصة بالانبعاثات والمياه المستعملة واستخدام الموارد، وبالنسبة للانبعاثات ثابتة المصدر يجب أن يشمل ذلك على كل من تركيز ومعدل تدفق كتلة الملوثات.

68. ينبغي أن يكون معدل تكرار الرصد بالقدر الكافي لتوفير بيانات تمثيلية للمعيار الجاري رسده. ويجب أن يقوم بعمليات الرصد أفراد مدربون وفقاً لإجراءات الرصد والاحتفاظ بالسجلات على نحو ملائم ومناسب مع استخدام معدات تجري معايرتها بانتظام وصيانتها على نحو ملائم. كما ينبغي تحليل بيانات الرصد ومراجعتها على فترات منتظمة ومقارنتها بالمعايير التشغيلية حتى يتسنى اتخاذ أية إجراءات تصحيحية لازمة. وتتوفر مبادئ توجيهية إضافية عن الطرق المطبقة لأخذ العينات وتحليل الانبعاثات والنفايات السائلة في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

69. لتحسين إدارة الانبعاثات المنفصلة الناتجة عن مختلف مراحل عملية تكرير النفط، ولحماية صحة الإنسان في المجتمعات المحلية المتأثرة، فضلاً عن متطلبات الرصد والإدارة الوارد وصفها في القسم 1.1 من هذه الإرشادات، يجب مراقبة تركيز البنزين مراقبة دقيقة وفقاً للمنهجيات المتعارف عليها دولياً. 17. وحيثما يتجاوز المتوسط السنوي لتركيزات البنزين المرتبطة بالانبعاثات عمليات التكرير القيمة الإرشادية الواردة في الجدول 3، يجب اتخاذ إجراءات تصحيحية لتقليل انبعاثات البنزين من المصفاة. وينبغي رفع تقرير عن الإجراءات التصحيحية ونتائج عملية الرصد.

الجدول 3. مستوى الإجراءات الخاصة بالرصد الدقيق	
القيمة الإرشادية	الملوثات
9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ <sup>أ</sup>	بنزين
أ. متوسط التركيز السنوي الذي يتم تصحيحه للمساهمة الأساسية. القيمة الإرشادية مأخوذة من: U.S. EPA 40CFR63 Subpart CC— National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Petroleum Refineries (2015).	

<sup>17</sup> مثل: S. EPA, 40 CFR 63 Subpart CC- National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Petroleum Refineries (2015).

### استخدام الموارد واستهلاك الطاقة وتوليد الانبعاثات وإنتاج النفايات

70. يوضح الجدولان 4 و5 أمثلة عن استهلاك الموارد، وكميات الانبعاثات / النفايات الناتجة عن كل مليون طن من النفط الخام المعالج. والقيم المعيارية للصناعة متاحة لأغراض المقارنة فقط وعلى المشروعات الفردية أن تستهدف التحسين المستمر في هذه المجالات.

الجدول 4. استهلاك الموارد والطاقة			
المؤشر	تحديد المعيار	الوحدة	المعيار الإرشادي للصناعة
إجمالي استهلاك الطاقة(1)	إجمالي الطاقة التي استهلكتها عملية المعالجة، بما في ذلك الاحتراق المباشر، والبخار، والكهرباء، إلخ.	ميغاجول لكل طن متري من النفط الخام المعالج	3300-2300
استهلاك الطاقة الكهربائية(1)	إجمالي الكهرباء التي استهلكتها عملية المعالجة.	كيلووات ساعة لكل طن متري من النفط الخام المعالج	31-22
مياه التعويض العذبة(2)	تدمج إمدادات المياه المرشحة غير المعالجة الكميات المفقودة بسبب التبخر والتسرب، وكذلك الصرف.	م <sup>3</sup> متر مكعب لكل طن متري من النفط الخام المعالج	0.66-0.07

ملاحظات:  
1. بناء على: CONCAWE, EU refinery energy systems and efficiency, Report No. 3/12 (2012); U.S. Energy Information Administration (EIA), Short Term Energy Outlook (2013).  
2. بناء على: (EC JRC, "BREF Document for the Refining of Mineral Oil and Gas" (2015).

الجدول 5. توليد الانبعاثات والنفايات		
المؤشر	الوحدة	المعيار الإرشادي للصناعة
المياه المستعملة	م <sup>3</sup> متر مكعب لكل طن متري من النفط الخام	1.51-0.1
الانبعاثات ثاني أكسيد الكربون <sup>2</sup> أكاسيد النيتروجين <sup>3</sup> الجسيمات ثاني أكسيد الكبريت <sup>4</sup> المركبات العضوية المتطايرة	طن متري / مليون طن من النفط الخام المعالج	276000-105000 450-70 150-60 300-60 300-65
النفايات الصلبة		100-10

ملاحظات:  
1. بناء على: European Commission Joint Research Center (EC JRC), "Best Available Techniques Reference (BREF) (Document for the Refining of Mineral Oil and Gas" (2015).  
2. لا يشمل ذلك كل الغازات المسببة للاحتباس الحراري، لكنه يقتصر على إجمالي ثاني أكسيد الكربون. بناء على: EC JRC, "BREF Document for the Refining of Mineral Oil and Gas" (2015).  
3. نيتروجين + ثاني أكسيد النيتروجين معبرا عنهما بمكافئ ثاني أكسيد النيتروجين.  
4. ثاني أكسيد الكبريت + ثالث أكسيد الكبريت معبرا عنها بمكافئ ثاني أكسيد الكبريت.

### 1-1 الصحة والسلامة المهنية

#### إرشادات الصحة والسلامة المهنية

71. يجب تقييم أداء الصحة والسلامة المهنية مقارنة بإرشادات التعرض المنشورة دولياً، والتي تشمل على سبيل المثال، قيمة الحد الأقصى المقبول للتعرض (TLV®) وإرشادات التعرض المهني ومؤشرات التعرض البيولوجي (BEIs®) التي ينشرها المؤتمر الأمريكي لخبراء الصحة المهنية

الحكوميين (ACGIH) <sup>18</sup> ، ودليل الجيب للمخاطر الكيميائية التي ينشرها المعهد الوطني الأمريكي للصحة والسلامة المهنية (NIOSH) <sup>19</sup> ، وحدود التعرض المسموح بها (PELs) التي تنشرها الإدارة الأمريكية للصحة والسلامة المهنية (OSHA) <sup>20</sup> ، والقيم الإرشادية لحدود التعرض المهني التي تنشرها الدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي <sup>21</sup> ، أو ما يشابهها من مصادر.

### معدلات الحوادث والوفيات

72. يجب على إدارات المشروعات أن تحاول خفض عدد الحوادث وحالات التعرض للإصابات الحادة التي تقع بين عمال المشروع (سواء المعينين مباشرة أو المتعاقدين من الباطن) إلى أن يصل إلى مستوى الصفر، لاسيما الحوادث التي يمكن أن تؤدي إلى فقدان وقت العمل، أو إلى مستويات مختلفة من الإعاقة، أو حتى إلى حدوث وفيات. ويمكن مقارنة معدلات المنشأة بأداء المنشآت الأخرى في هذا القطاع بالبلدان المتقدمة من خلال الرجوع إلى المصادر المنشورة (على سبيل المثال: مكتب الولايات المتحدة لإحصائيات العمل وإدارة الصحة والسلامة بالمملكة المتحدة) <sup>22</sup>

### رصد الصحة والسلامة المهنية

73. يجب رصد بيئة العمل بحثاً عن الأخطار المهنية ذات الصلة بالمشروع المحدد. وينبغي تصميم الرصد والقيام به على أيدي متخصصين معتمدين في إطار برنامج رصد الصحة والسلامة المهنية. <sup>23</sup> كما يجب على المنشآت الاحتفاظ بسجلات عن الحوادث والأمراض المهنية والأحداث والحوادث الخطرة. وتتوفر مبادئ توجيهية إضافية عن برامج رصد الصحة والسلامة المهنية في الإرشادات العامة بشأن البيئة والصحة والسلامة.

<sup>18</sup> متاح على: <http://www.acgih.org/store>.

<sup>19</sup> متاح على: <http://www.cdc.gov/niosh/npg>.

<sup>20</sup> متاح على: [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?p\\_table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=9992).

<sup>21</sup> متاح على: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/exposure-to-chemical-agents-and-chemical-safety/osh-related-aspects/council-directive-91-414-ee>.

<sup>22</sup> متاح على: <http://www.bls.gov/iif/> and <http://www.hse.gov.uk/statistics/index.htm>.

<sup>23</sup> يمكن أن يشمل المهنيون المعتمدون على أخصائيي الصحة الصناعية المعتمدين، أو أخصائيي الصحة المهنية المسجلين، أو أخصائيي السلامة المعتمدين أو من يكافئهم.

### 3. ثبت المراجع

- American Petroleum Institute (API). 1992. *Recommended Practice (RP) 751*. "Safe Operation of Hydrofluoric Acid Alkylation Units." Third Edition, June 2007. Washington, DC: API. Available at <http://www.api.org/environment-health-and-safety/process-safety/process-safety-standards/standard-rp-751>.
- 2008. *Recommended Practice (RP) 2003*. "Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning, and Stray Currents." Seventh Edition. Washington, DC: API. Available at <http://publications.api.org>.
- 2012. *Recommended Practice (RP) 2001*. "Fire Protection in Refineries." Washington, DC: API. Available at <http://publications.api.org>.
- Conservation of Clean Air and Water in Europe (CONCAWE). 1999. "Best Available Techniques to Reduce Emissions from Refineries." Brussels: CONCAWE.
- 2009. "Refining BREF Review. Air Emissions." Report No. 4/09. Brussels: CONCAWE. Available at <https://www.concawe.eu>.
- 2012. "EU Refinery Energy Systems and Efficiency." Report No. 3/12. Brussels: CONCAWE. Available at [https://www.concawe.eu/uploads/Modules/Publications/rpt\\_12-03-2012-01520-01-e.pdf](https://www.concawe.eu/uploads/Modules/Publications/rpt_12-03-2012-01520-01-e.pdf).
- 2013. "Oil Refining." Report No. 1/13. Brussels: CONCAWE. Available at [https://www.concawe.eu/uploads/Modules/Publications/rpt\\_13-1r-2013-01142-01-e.pdf](https://www.concawe.eu/uploads/Modules/Publications/rpt_13-1r-2013-01142-01-e.pdf).
- European Commission (EC). 2003. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Refineries (BREF)." Seville: EIPPCB.
- 2015. European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau (EIPPCB). "Best Available Techniques Reference (BREF) Document for the Refining of Mineral Oil and Gas." Available at [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/REF\\_BREF\\_2015.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/REF_BREF_2015.pdf).
- European Union (EU). "Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe." Brussels/Strasbourg: European Union.
- German Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, and Nuclear Safety (BMU). 2002. "First General Administrative Regulation Pertaining to the Federal Emission Control Act (Technical Instructions on Air Quality Control – TA Luft)." Berlin: BMU.
- 2004. "Waste Water Ordinance – AbwV. (Ordinance on Requirements for the Discharge of Waste Water into Waters)." Promulgation of the New Version of the Waste Water Ordinance of 17 June 2004. Berlin: BMU. Available at [http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wastewater\\_ordinance.pdf](http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs/allgemein/application/pdf/wastewater_ordinance.pdf).
- IFP Energies Nouvelles. Water in Fuel Production, Oil Production, and Refining. Rueil-Malmaison Cedex – France. Available at [www.ifpenergiesnouvelles.com](http://www.ifpenergiesnouvelles.com).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2005. Special Report. "Carbon Dioxide Capture and Storage." Geneva: IPCC. Available at [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs\\_wholereport.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_wholereport.pdf).

Italian Ministry of the Environment (Ministero dell'Ambiente). 1999. *Servizio Inquinamento Atmosferico e Acustico e le Industrie a Rischio*. Italian Refining Industry. Rome: Ministero dell'Ambiente.

Maheu, A. 2009. *Energy Choices and Their Impacts on Demand for Water Resources: An Assessment of Current and Projected Water Consumption in Global Energy Production*. McGill University.

Meyers, Robert. A. 1997. *Handbook of Petroleum Refining Processes*. New York, NY: McGraw-Hill Handbooks.

UNESCO. 2008. IHE "Water Footprint of Bio-Energy and Other Primary Energy Carriers."

United States (U.S. Energy Information Administration (EIA). 2011. *Annual Energy Review 2010*. DOE/EIA-0384(2010). Washington, DC. Available at <http://www.eia.gov/totalenergy/data/annual/archive/038410.pdf>.

———2010. *Petroleum Supply Annual 2009*. DOE/EIA-0340(2009)/1. Washington, DC. Available at [http://www.eia.gov/petroleum/supply/annual/volume1/archive/2009/psa\\_volume1\\_2009.html](http://www.eia.gov/petroleum/supply/annual/volume1/archive/2009/psa_volume1_2009.html).

———2011. *Petroleum Supply Annual 2010*. DOE/EIA-0340(2010)/1. Washington, DC. Available at [http://www.eia.gov/petroleum/supply/annual/volume1/archive/2010/psa\\_volume1\\_2010.cfm](http://www.eia.gov/petroleum/supply/annual/volume1/archive/2010/psa_volume1_2010.cfm).

———AEO2012 National Energy Modeling System run REF2012.D020112C. Available at <http://www.eia.gov/>.

———"Short Term Energy Outlook." May 2013. Available at <http://www.eia.gov/forecasts/steo/archives/may13.pdf>.

United States (U.S.) Environmental Protection Agency (EPA). 40 CFR Part 60 "Standard of Performance for New Stationary Sources." Subpart Kb—"Standards of Performance for Volatile Organic Liquid Storage Vessels (Including Petroleum Liquid Storage Vessels) for Which Construction, Reconstruction, or Modification Commenced after July 23, 1984." Washington, DC: U.S. EPA. Available at [http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=5bb86958f877cfc1cbddcba69e7716d2&mc=true&node=sp40.7.60.k\\_0b&rqn=div6](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=5bb86958f877cfc1cbddcba69e7716d2&mc=true&node=sp40.7.60.k_0b&rqn=div6).

———40 CFR Part 60 "Standard of Performance for New Stationary Sources." Subpart J—"Standards of Performance for Petroleum Refineries." Washington, DC: U.S. EPA. Available at <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=5bb86958f877cfc1cbddcba69e7716d2&mc=true&node=sp40.7.60.j&rqn=div6>.

———40 CFR 60 Standard of Performance for New Stationary Sources. Subpart Ja—"Standards of Performance for Petroleum Refineries for Which Construction, Reconstruction, or Modification Commenced After May 14, 2007." Washington, DC: Available at [http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=5bb86958f877cfc1cbddcba69e7716d2&mc=true&node=sp40.7.60.j\\_0a&rqn=div6](http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=5bb86958f877cfc1cbddcba69e7716d2&mc=true&node=sp40.7.60.j_0a&rqn=div6).

- 40 CFR Part 60 “Standard of Performance for New Stationary Sources.” Subpart QQQ—“Standards of Performance for VOC Emissions From Petroleum Refinery Wastewater Systems.” Washington, DC: U.S. EPA. Available at <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-60/subpart-QQQ>.
- 40 CFR Part 63. Subpart CC—“National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants from Petroleum Refineries.” Washington, DC: U.S. EPA. Available at <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-63/subpart-CC>.
- 40 CFR Part 63. Subpart VV—“National Emission Standards for Oil-Water Separators and Organic-Water Separators.” Washington, DC: U.S. EPA. Available at <https://www.law.cornell.edu/cfr/text/40/part-63/subpart-VV>.
- 40 CFR Part 419. “Petroleum Refining Point Source Category.” Washington, DC: U.S. EPA. Available at <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=6b51273d47e8dc451e0aac10f60cdfce&mc=true&node=pt40.31.419&rgn=div.5>.
- 1995. “Compilation of Air Pollutants Emission Factors- AP42, Fifth Edition” (1995). Available at <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emission-factors>.
- 2010. *Available and Emerging Technologies for Reducing Greenhouse Gas Emissions from the Petroleum Refining Industry*. Research Triangle Park, NC. Available at <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/refineries.pdf>
- “Emissions Estimation Protocol for Petroleum Refineries” (2015). Available at <https://www3.epa.gov/ttn/chief/efpac/protocol/Protocol%20Report%202015.pdf>.
- U.S. National Fire Protection Association (NFPA). 2003. Code 30: “Flammable and Combustible Liquids.” Quincy, MA: NFPA. Available at <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=30>.
- University of California. 2005. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. “Energy Efficiency Improvement and Cost-Saving Opportunities for Petroleum Refineries.” Available at: <http://repositories.cdlib.org/cgi/viewcontent.cgi?article=3856&context=lbnl>.
- World Refining Association. 1999. “Efficient Operation of Refineries in Western and Central Europe. Improving Environmental Procedures and Energy Production.” Vienna: Honeywell.



## الملحق ألف: وصف عام لأنشطة صناعة البترول

74. تغطي الإرشادات بشأن البيئة والصحة والسلامة الخاصة بتكرير البترول عمليات المعالجة التي تبدأ من النفط الخام وتنتهي بالمنتجات التجارية الجاهزة والمكررة والغازية والسائلة والصلبة، وتشتمل، على سبيل المثال، على: غاز الوقود بمنشأة التكرير والغاز البترولي المسال وبنزين السيارات والكيروسين والديزل وزيت الوقود والقار والأسفلت وزيت التشحيم والشموع والكبريت والفحم البترولي والمنتجات الوسيطة للصناعات البتروكيميائية (مثل مخاليط البروبان/البروبيلين والنفثا البكر والمركبات العطرية ونواتج التقطير الوسيطة ونواتج التقطير الفراغي). ويتم إنتاج المنتجات التجارية الجاهزة بمزج عدد من المنتجات الوسيطة. ويشار إلى تلك المخاليط عادةً بعدة أسماء من بينها حوض البنزين (بما في ذلك على سبيل المثال لا الحصر: النفثا المكسرة، والمهدبات، والأيزوميرات، والألكلة، وميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (MTBE)، وإيثيل ثلاثي أميل الإيثير (TAME) أو الإيثانول، واليوتين، إلخ)، وحوض زيت الديزل، وحوض الغاز البترولي المسال)، ويتعدد تركيبها حسب شكل عملية التكرير.

75. إن منشآت تكرير البترول عبارة عن أنظمة معقدة يتم تصميمها بشكل خاص لإنتاج المنتجات المطلوبة على أساس خصائص النفط الخام الذي يغذيها. وقد تتراوح منشآت تكرير البترول من منشآت تكرير متوسطة التكامل ومنشآت تكرير كاملة التكامل (أو منشآت تكرير تحويل كلي)، ويتوقف ذلك على استخدام وحدات معالجة مختلفة. تتضمن منشآت تكرير البترول الحديثة وحدات معالجة مختلفة قادرة على تحقيق نسب تحويل عالية (مصافي التكويل)، وتحويل متوسط (مصافي التكسير)، أو تحويل منخفض (مصافي الكشط الهيدروجيني)، ويمكنها أيضاً معالجة أنواع مختلفة من أرصدة التغذية بالنفط الخام (الخفيف والمتوسط والثقيل والبرافين والمواد العطرية والنفثينات (أو السيكلو برفين) ذات محتوى مختلف من الكبريت، كما في الكثافة العالية، ودرجة اللزوجة العالية، ونقطة الانسكاب العالية، إلخ. ويمكن تقييم درجة تعقد مصفاة التكرير باستخدام مؤشر تعقيد نيلسون (Nelson Complexity Index)؛ على سبيل المثال، يمكن لمصفاة التكرير الحاصلة على درجة عالية على هذا المؤشر (<9>6 NCI)، وتمثل قدرة تحويل ثانوية فيما يتعلق بقدرة التحلية الأولية، أن تنتج منتجات مكررة عالية الجودة (مثلاً، بنزين أوكتان أوروبي من الدرجة 5)، وحتى عند التزويد بالخامات الثقيلة والحامضة.

76. ويتم تزويد منشأة التكرير بالنفط الخام وهو خليط من مركبات هيدروكربونية. 24 وهذه المركبات الهيدروكربونية عبارة عن خليط من ثلاث مجموعات كيميائية تشتمل على البرافين (العادي والأيزوبرافين)، والنفثينات (أو السيكلو برفين)، و المواد العطرية. وأكثر الفروق شيوعاً بين أنواع النفط الخام هي كونه "حلوًا" و "حامضًا". وعادة ما يكون النفط الخام الحلو ذا محتوى منخفض من الكبريت وخفيف من البرافين. وأما النفط الخام الحامض فترتفع فيه نسبة الكبريت (أكثر من 0.5% حسب الوزن) وتثقل فيه النفثينات. كما يصنف النفط الخام إلى خفيف ومتوسط وثقيل حسب محتواه من البرافين والنفثينات والمواد العطرية.

24 قد يشتمل خليط المواد الهيدروكربونية على تركيبات كيميائية مختلفة وأشكال مختلفة من البنية الجزيئية مع وجود بعض الشوائب. وترتبط معظم تلك الشوائب، كالكبريت (غالباً ما يكون على شكل مركبات عضوية من قبيل المركبات ثنائية والكبريتيدات) والنيتروجين والفانديوم والنيكل، كيميائياً ببنية المواد الهيدروكربونية. بينما توجد شوائب أخرى على شكل مواد غير عضوية، مثل الرمل/الطفلة، والمياه وأملاح الزنك والكروم والفلورايد القابلة للذوبان في الماء.



## وحدات التقطير الأولية

78. تشمل هذه الوحدات على وحدة التقطير الجوي (التقطير أو وحدة تقطير الخام) تليها وحدة التقطير الفراغي. وتتم تغذية النفط الخام الذي تمت إزالة ملوحته إلى برج تقطير يعمل عند مستوى الضغط الجوي حيث يتم فصل المواد المتنوعة التي يتركب منها النفط الخام وفقاً لدرجة غليانها. ولا تتبخر المكونات الأثقل التي تتم استعادتها من قاع وحدة تقطير الخام (بواقى التقطير الجوي) عند مستوى الضغط الجوي بالبرج، وتتطلب مزيداً من التجزئة في ظروف فراغية داخل برج التقطير الفراغي؛ أو أنها ستصبح عرضة للتحلل الحراري بسبب درجات الغليان المرتفعة، وذلك في حالة تقديمها للتقطير الجوي. وتتمثل المزايا الرئيسية لوحدة التقطير الفراغي في زيادة استرجاع كميات المقطرات (زيت الغاز الفراغي، والمقطرات الفراغية، والشموع) من بقايا المواد الثقيلة للتقطير الجوي.

## وحدة إنتاج الأسفلت/الفار

79. تتم تغذية وحدة إنتاج الأسفلت/الفار ببواقى التقطير الفراغي. وفي وحدة نفخ الفار (BBU)، التي تسمى أيضاً وحدة أكسدة الأسفلت/الفار، يتم نفخ الهواء في الأسفلت/الفار الساخن، وهو ما يتسبب في تفاعلات طاردة للهيدروجين وتفاعلات بلمرة. ويخلق ذلك منتجاً أكثر صلابة عالي اللزوجة وله نقطة تليين أعلى ودرجة اختراق أقل، مما يجعل الأسفلت/الفار ملائماً لمجموعة متنوعة من التطبيقات والاستخدامات، كرصق الطرق. وبعد نفخ الأسفلت/الفار، تتم إزالته من قاع وعاء الأكسدة وتبريده قبل إرساله إلى التخزين. ويتم عادةً تخزين الأسفلت/الفار في درجة حرارة 150 - 180 مئوية في صهاريج ذات أسقف مخروطية وتزويدها بصمامات أمان. ويتم تسخين هذه الصهاريج داخلياً، وعزلها، وتبطينها بالنيتروجين. وقد يحتوي النيتروجين الذي يتم تصريفه إلى الجو على مركبات هيدروكربونية ومركبات كبريتية على شكل قطرات سائلة تحتوي على رذاذ.

## عمليات استهلاك الهيدروجين

80. تحتوي منتجات وحدات تقطير الخام ومنتجات التغذية إلى الوحدات الأخرى على بعض الشوائب الطبيعية، كالكبريت والنيتروجين وملوثات أخرى. وباستخدام عملية المعالجة الهدرجية، يمكن إزالة هذه الشوائب لتقليل مستوى التلوث عند استخدام الوقود الجاهز (البنزين والديزل وزيت الوقود) وإحراقه. كما تُستخدم عملية التشطيب الهدرجي بغرض تعديل الخصائص الأخرى (مثلاً، محتوى المواد العطرية). ويستلزم الزيت الثقيل الغني بالكبريت والنيتروجين أيضاً معالجة سابقة لاستخدامه في عمليات التحويل المحفز في مراحل التكرير والمعالجة.

81. عملية المعالجة الهدرجية (إزالة الكبريت بالهيدروجين وإزالة النيتروجين بالهيدروجين) هي عمليات محفزة باستخدام الهيدروجين لإجراء هدرجة خفيفة للغاية لمركبات الكبريت والنيتروجين في المواد الهيدروكربونية. وفي هذه العملية، يتم تحويل الكبريت والنيتروجين إلى كبريتيد الهيدروجين وأمونيا. ويحدث التفاعل المحفز (كوبالت ونيكل وموليبدونوم) بين درجتي 370 و 415 مئوية؛ وعند درجات حرارة أعلى، سي تكون قدر كبير من الفحم، وستصبح حياة المحفز بين مرحلتَي التجديد قصيرة للغاية. ويمكن معالجة النفاثا ووقود المحركات النفاثة والديزل وزيت الغاز (السولار) وزيت التزبيت وزيت الوقود جميعاً بهذه الطريقة لإزالة المواد الضارة.

82. يتم استخدام المعالجة الهدرجية لإزالة الكبريت<sup>25</sup> وعمليات المعالجة بالهيدروجين، مثل نزع الكبريت بالهيدروجين من زيت الغاز أو النفاثا، لإزالة الشوائب مثل الكبريت والنيتروجين والأكسجين والهاليدات وبقايا الشوائب المعدنية التي قد تؤدي إلى إبطال مفعول محفزات المعادن النبيلة أو حتى تسميمها، مثل البلاطين والبالاديوم والنيكل. وتساعد المعالجة الهدرجية على تحسين جودة الأجزاء المعالجة عن طريق تحويل الأولفينات والأولفينات الثنائية إلى برفين بهدف تقليل تكون الصمغ (الپولي أولفين) في الوقود. وتؤدي المعالجة بالهيدروجين إلى تكسير الجزيئات الثقيلة إلى منتجات أخف يمكن بيعها. وعادةً ما يتم إجراء هاتين العمليتين عكس وحدات المعالجة<sup>26</sup>، مثل المهدّب المحفز ووحدة التكسير الهيدروجيني، التي قد يكون للكبريت والنيتروجين فيها آثار عكسية على عمل المحفز. يعني الاتجاه العالمي نحو استخراج الخامات الثقيلة من الآبار في نهاية دورات حياتها أن منشآت التكرير تتطلب محطات إنتاج هيدروجين أكبر حجماً للتكيف مع محتوى أعلى من الكبريت (نتيجة لاستنفاد البئر). وفي ظل هذه الظروف، يتم تطبيق لوائح وإجراءات تنظيمية أكثر صرامة فيما يتعلق بالحد الأقصى المسموح به من تركيزات كبريتيد الهيدروجين (المنتج المكرر) أو ثاني أكسيد الكبريت (غاز مداخل الاحتراق). تعتمد وحدات أزمرة C5-C6 على عمليات أزمرة هيكلية (مثل أنواع "الدورة الأحادية" أو "إعادة التدوير")، وتستخدم لتحويل جزيء خطي إلى جزيء متفرع بنفس تركيبة الخام. وعادةً ما يتم تحويل البرافينات العادية ذات الوزن الجزيئي المنخفض (C4-C6) إلى أيزوبرافين

<sup>25</sup> يمكن تقسيم عملية المعالجة الهدرجية إلى عدد من فئات التفاعلات: المعالجة الهدرجية للنفثا (أو المعالجة المسبقة، عندما تكون عكس الإصلاح)، نزع الكبريت بالهيدروجين (بما في ذلك وحدة التقطير الوسيط بنزع الكبريت باستخدام الهيدروجين، والنزع المحفز الانتقائي للكبريت باستخدام الهيدروجين، والنزع العميق للكبريت من زيت الديزل باستخدام الهيدروجين)، والتكسير الهيدروجيني الانتقائي (أو إزالة الشمع)، ونزع النيتروجين باستخدام الهيدروجين، وتشبع الأولفينات وتشبع المواد العطرية، والمعالجة الهدرجية للبقايا.

<sup>26</sup> تعد وحدة التكسير الهيدروجيني من أكثر عمليات التكرير من حيث تعدد الاستخدامات، حيث توفر القدرة على تحويل أي جزء من زيوت الغازات الجوية إلى زيت متبق (بدون أسفلت)، وإلى منتجات ذات وزن جزيئي أقل من تلك التي تتم تغذيتها للوحدة. وتحدث تفاعلات التكسير الهيدروجيني تحت ضغط هيدروجيني جزئي مرتفع في مفاعلات التحفيز عند ضغط مرتفع جداً (35 إلى 200 بار) وعند درجات حرارة بين 280 و 475 درجة مئوية. وللمحفز (كوبالت ونيكل وموليبدونوم) وظيفة ثانوية: الهدرجة والتكسير. وأكثر أنواع تقنيات التفاعلات شيوعاً من حيث التطبيق هي الطبقة الثابتة والطبقة المتحركة. يتم تحديد نوع التقنية في المقام الأول حسب المحتوى المعدني في التغذية.

ذات رقم أوكتان أعلى بكثير. وهناك ثلاثة أنواع متميزة من المحفزات قيد الاستخدام في الوقت الحالي، وتشتمل على المحفزات التي تم تزويد نشاطها بالكوربد، والزيوليت، ومحفزات زركونيوم المكبرثة.

83. وتوضع وحدة هدرجة الديين ووحدة التحويل الإيزوميري الهيدروجيني للبيوتيلين عكس الألكلة وتعتمد على عملية محفزة شديدة الانتقائية. وتقوم هذه العملية بهدرجة الأستيلينات والديين إلى نظائرها أحادية الأولفينات دون التأثير على المحتوى القيم من الأولفينات في وقود التغذية، أثناء تحويل البيوتين الخطي -1 إلى بيوتينات خطية -2 تؤدي عند الألكلة إلى مكونات بنزين عالية الأوكتان بدرجة تفوق تلك المشتقة من بيوتين -1.

### وحدة المعالجة المسبقة والإصلاح التحفيزي

84. وهناك أربعة أنواع رئيسية للتفاعلات التي تحدث أثناء عملية التهذيب: (1) إزالة الهيدروجين من النفط لتتحول إلى مواد عطرية؛ (2) إزالة التحليق الهدرجي من البرافين ليتحول إلى مواد عطرية؛ (3) الأزمنة؛ (4) التكسير الهيدروجيني. وهناك عدة عمليات للإصلاح المحفز قيد الاستخدام في الوقت الحالي ويمكن تصنيفها إلى ثلاث فئات تشتمل على "المستمرة" التي تفيد من نقل مفاعلات الطبقة، و"الدائرة" و"شبه التجديدية" وكلتاها تفيد من استخدام مفاعلات ذات طبقة ثابتة. يتألف **المُهذَّب المحفز شبه التجديدي (SRCR)** في العادة من ثلاثة مفاعلات، يحتوي كل منها على طبقة ثابتة من المحفزات. ويعد تجديد جميع المحفزات في الموقع خلال عملية التجديد الروتينية للمحفزات التي تحدث تقريبا مرة كل ستة إلى 24 شهرا. **ويُصَف مُهذَّب التجديد المحفز المستمر (CCRR)** بعملية تجديد مستمرة في الموقع كجزء من المحفز في المجدد الخاص، وبإضافة مستمرة للمحفز المجدد إلى المفاعلات العاملة. وتتسبب رواسب الفحم على المحفز في تراجع النشاط، حيث ينخفض رقم الأوكتان وحسيلة المَهذَّبَات. ويتم تجديد المحفز بالسماح بمرور هواء ساخن لإزالة الكربون من المحفز، مما يشكل أول أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكربون، ثم يلي ذلك عملية كلورة. وتتسبب درجة الحرارة المرتفعة اللازمة لعملية التجديد في انهيار مسام المحفز. وبالتالي، يجب إغلاق وحدة التهذيب بالكامل كل سنتين إلى ثلاث سنوات لإتاحة الفرصة لتغيير المحفزات. وفي مُهذَّب التجديد المحفز المستمر (CCRR)، يمكن إيجاز المزايا الرئيسية كما يلي: معدل مرتفع في تحويل الأولفينات إلى برفين، مما يعني زيادة مكون قيمة رقم الأوكتان بالنسبة لمزيج بنزين السيارات تماشيا مع إنتاج البنزين وفقا لمعايير الجودة الأوروبية (EURO V). ومن بين المزايا الإيجابية الأخرى: الخفض الكبير في تركيز الكبريت من وقود المحركات، وزيادة في رقم الأوكتان (RON) في النفط الثقيلة، وموارد الهيدروجين الكبيرة اللازمة لوحدة المعالجة الهدرجية (إزالة الكبريت بالهيدروجين)، الناتجة عن تفاعلات طاردة للهيدروجين، وهو أمر معتاد في التهذيب المحفز.

### وحدات التكسير التحفيزي

85. يعد التكسير المحفز، إلى حد بعيد، أوسع عمليات التحويل استخداماً لترقية الهيدروكربونات الثقيلة إلى هيدروكربونات ذات درجة غليان أقل وقيمة أعلى. ففي هذه العملية يتم الاستفادة من الحرارة والمحفز لتكسير جزيئات الهيدروكربونات الكبيرة إلى جزيئات أصغر وأخف. وعلى عكس وحدة التكسير الهيدروجيني، لا يتم استخدام الهيدروجين وبالتالي تحدث نسبة بسيطة من إزالة الكبريت خلال هذه العملية. وتشتمل أشكال تصميم التكسير المحفز على مفاعلات ذات طبقة متحركة، ومفاعلات ذات طبقة مميعة (مثل وحدة التكسير المحفز المميع (FCCU)، ووحدة التكسير المحفز للبقايا (RCCU))، والوحدات الأحادية. ويعد دقق تغذية وحدة التكسير المحفز المميع هو زيت الغاز الفراغي الثقيل الخالي من الكبريت والناتج عن التكسير الهيدروجيني. ويتم في وحدة التكسير المحفز للبقايا معالجة المواد الخام الأولية الأثقل، مثل بقايا التقطير الجوي.

86. وفي كلتا العمليتين، يحدث تلامس بين النفط والبخار وبين المحفز الساخن في "مفاعل الصاعد". وتحدث عملية التكسير في وجود محفز من نوع الزيوليت. وينفصل المحفز المميع وبخار الهيدروكربون المتفاعل بشكل ميكانيكي في نظام فصل دوامي وتتم إزالة أي نطف متبق على المحفز بواسطة تغذية البخار إلى جزء النزاع بالمفاعل. وتؤدي عمليات التكسير المحفز إلى إنتاج الكوك. ويتم ترسيبه على سطح المحفز، وهو ما يؤدي إلى اختزال النشاط والانتقائية. ويجب تجديد المحفزات بشكل مستمر، وذلك في الأساس عن طريق حرق الكوك من المحفز عند درجات حرارة مرتفعة في المجدد. ويتم فصل المنتجات بواسطة قطار تجزئة. وعمليات التكسير المحفز الحالية هي كل العمليات ذات القاعدة المميعة (التكسير المحفز المميع) باستخدام محفزات مسحوقة (20-50 ميكرونا). وتحدث عملية التجديد باستمرار، حيث يجري إرسال بعض المحفزات من المفاعل إلى المجدد، ومن ثم من المجدد إلى المفاعل. وتتمثل المواد الخام الأولية الداخلة الاعتيادية في: زيت الغاز الفراغي، وزيت الغاز الجوي، وبقايا التقطير الجوي، وبقايا التقطير الفراغي، وزيت غاز الكوك، وزيت غاز تخفيف اللزوجة، وزيت نزع الأسفلت. وتتمثل المنتجات الاعتيادية في: البنزين، وزيت الديزل، وزيت الوقود الخفيف، والغازات الغنية بالأوليفينات.

87. ووحدة التكسير المحفز المميع هي أحد المصادر الرئيسية للانبعاثات الهوائية داخل المصفاة. وترتبط الانبعاثات الهوائية بشكل رئيسي بالمجدد، وهي: أول أكسيد الكربون، وثاني أكسيد الكربون، وأكاسيد النيتروجين، والجسيمات (لاسيما دقائق المحفز، بما في ذلك معادنها الثقيلة الأساسية)، وثاني أكسيد الكبريت.

## وحدات محطة الغاز

88. يتم عادة معالجة الهيدروكربونات ذات درجة الغليان المنخفضة في محطة فصل مشترك تعمل عند ضغط مرتفع. وتسمح محطات الغاز بالاسترجاع والفصل باستخدام تقطير هيدروكربونات C1-C5 والمركبات الأعلى من غازات عدة تنبعث من منشأة التكرير. وتتألف محطة الغاز من قطار تجزئة تتفصل فيه التدفقات التالية: جزء C1-C2؛ وجزء C3 (البروبان)؛ وجزء C4 (البيوتان)؛ والبنزين الخالي من البيوتان. وتعمل وحدات معالجة الأمين على إزالة كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل من كافة تدفقات المنتجات. وقبل الإرسال إلى أماكن التخزين المناسبة، تمر المنتجات السائلة عبر وحدات التحلية التي تقوم على الامتزاز الانتقائي في المناخل الجزيئية.

## وحدات التآثير

89. تكون المواد الخام الأولية الداخلة إلى وحدات ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (MTBE) / وإيثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (ETBE) هي تدفقات هيدروكربونات C4 الآتية من وحدة التكسير المحفز المميع، والميثانول أو الإيثانول. ويتفاعل الأيزوبيوتيلين مع الميثانول أو تيريفينالات ثنائي الميثيل لينتج عنها بشكل مباشر ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (MTBE) أو إيثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (ETBE) على الترتيب. وقد تكون المفاعلات من النوع الكاظم للحرارة أو النوع الأنوبي أو متحد مع برج تجزئة (ويشار عادة إلى هذا النوع من المفاعلات باسم مفاعل التقطير المحفز أو عمود المفاعل). والمحفز عبارة عن راتنج سلفوني. وأما المادة الخام الأولية الداخلة إلى وحدات إيثيل ثلاثي أميل الإيثير (TAME) هي النفط الخفيفة المكسرة، وتتألف من هيدروكربونات C5، والبرافينات والأوليفينات. ومع ذلك، فلا يتفاعل إلا الأيزوأميلين النشط (2-ميثيل-بيوتين-1 و 2-ميثيل-بيوتين-2) مع الميثانول لينتج عنه مباشرة إيثيل ثلاثي أميل الإيثير (TAME). ويتم استخدام مفاعلات من النوع الكاظم للحرارة، ويكون المحفز من نفس النوع المستخدم مع وحدات ميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (MTBE) / وإيثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (ETBE). وأستخدمت المركبات المؤكسجة (Oxygenates)، كميثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (MTBE) وإيثيل ثلاثي بيوتيل الإيثير (ETBE) وإيثيل ثلاثي أميل الإيثير (TAME) في الأساس ببساطة كمادة مضافة لتحسين رقم الأوكتان. إلا أنه نظراً لمحتوى الأوكسجين بها، فإنها تُضاف أيضاً لتقليل أول أكسيد الكربون والهيدروكربون في الانبعاثات الغازية.

## وحدات الألكلة

90. الهدف من وحدة الألكلة هو إنتاج مكون خلط عالي الجودة للبنزين يعرف باسم المؤكل. تجمع الألكلة كلا من أوليفينات ذات وزن جزيئي أقل (تتألف أساساً من مزيج من البروبلين والبوتيلين) مع الأيزوبيوتان في وجود محفز (إما حامض الكبريتيك أو حامض الهيدروفلوريك) لتكوين أيزوبرافينات ذات وزن جزيئي أعلى ورقم أوكتان مرتفع (ويفضل الأيزو أوكتان). ويتألف هذا المنتج (اللكلة) من خليط من الأوكتان المرتفع والهيدروكربونات الأيزوبرافينية متشعبة التسلسل. والألكلة هي مادة ممزوجة ممتازة (يصل فيها رقم الأوكتان البحثي RON إلى 98). ويتوقف رقم الأوكتان الخاص باللكلة على نوع الأوليفينات المستخدمة، وكذلك على ظروف التشغيل.

91. تشمل العملية على ظروف تفاعل تتم عند درجات حرارة منخفضة في وجود حامض قوي جداً (حامض الهيدروفلوريك أو حامض الكبريتيك غير المتبخر). وينتج عن تفاعل ألكلة حامض الهيدروفلوريك زيت حامض قابل للذوبان (عادة ما يشار إليه اختصاراً باسم ASO) ويتم بعد معادلته إحراقه في فرن بواسطة موقد مخصص لذلك. وينتج عن تفاعل ألكلة حامض الكبريتيك حمأة حمضية (حمض مستهلك)، يتم إحراقه لاسترجاع حامض الكبريتيك (تجديد حامض الكبريتيك) في فرن مع غاز الوقود، وعند وصول الحرارة إلى 1050 درجة مئوية يحدث انحلال حامض الكبريتيك إلى ثاني أكسيد الكبريت. ويتم تبريد الغاز الذي يخرج من الفرن حتى تصل درجة حرارته إلى 350 درجة مئوية في غلاية تسخين النفايات، ثم يتم تبريده مرة أخرى وترشيحه. يتم تغذية الغاز والمياه المكثفة إلى نظام معالجة الغاز.

## وحدة البلمرة

92. البلمرة هي عملية تفاعل جزيئات المواحيد مع بعضها وفق تفاعل كيميائي لتوليد جزيئات ضخمة؛ "مادة تحتوي على جزيئات ذات وزن جزيئي مرتفع وتتألف من وحدات تكرارية متحدة مع بعضها بعضاً".

93. في وحدة عملية البلمرة، يتم تجميع جزيئات أوليفينات C3 و C4 وتقليل وحداتها لإنتاج البنزين البلمري كمكون خلط عالي الأوكتان. وتتشابه هذه العملية مع عملية الألكلة في عناصر التغذية والنواتج، ولكنها تستخدم غالباً كبديل أقل تكلفة من الألكلة. وتحدث التفاعلات عادة عند درجات ضغط مرتفعة في وجود محفز حامض الفوسفوريك الذي يتم امتصاصه ليصبح سيليكات طبيعية.

## وحدات التكرير

94. التكرير هو عبارة عن عملية تكسير حراري شديد يستخدم في الأساس لتقليل إنتاج منشأة التكرير لزيت الوقود المتبقية ذات القيمة المنخفضة وتحويلها إلى وقود للفل مثل البنزين وزيت الغاز الخفيف والثقيل. وينتج كوك البترول عن عملية التكرير كجزء منها، وهو في الأصل كربون صلب، به كميات متفاوتة من الشوائب ويحتوي على نسبة 5% إلى 6% من الهيدروكربونات. وتقوم وحدات التكرير، بشكل أساسي، بتحويل العناصر المتخلفة منخفضة القيمة إلى منتجات أخف ذات قيمة تجارية أعلى (الغاز الرطب، وزيت الغاز الخفيف والثقيل) وكوك البترول. ويوجد نوعان لعملية التكرير: التكرير المعوق وعملية التكرير الانسيابي. وتتشابه عملية التكرير المرن مع عملية التكرير الانسيابي، إلا أن بها قدرة على التحويل إلى غاز تناسب تحويل الكوك المميع إلى غاز من أجل إنتاج غاز الكوك. وتحتوي الأبخرة الساخنة الناتجة عن أسطوانات الكوك على منتجات هيدروكربونية أخف، وكبريتيد الهيدروجين والأمونيا، ويعاد إدخالها مرة أخرى إلى المجزئ لتتم معالجة هذه المنتجات الهيدروكربونية الأخف في نظام لمعالجة الغاز الحامض. وتعاد معالجة الهيدروكربونات المكثفة، حيث يعاد استخدام المياه لإطفاء أسطوانات الكوك أو قطعها.

95. وتضم وحدات التكرير أسطوانتين أو أربعاً أو ثمانية من أسطوانات الكوك؛ وإيصال شحنة تسخين الكوك إلى أسطوانة واحدة بينما تتم إزالة البخار بالتدرج من الأسطوانات الأخرى، وتبريد الماء، ومن ثم إزالة الكوك. وعادة ما يتم إدخال البخار في أنابيب التسخين للسيطرة على درجة اللزوجة، ومن ثم تقليل ترسيب الكوك. وتعد التفاعلات الكيميائية للتكرير المعوق معقدة، حيث تحدث ثلاثة تفاعلات ملحوظة: تبخر جزئي وتكسير خفيف (إزالة اللزوجة) للبخار المستخدم أثناء مروره من فرن التكرير؛ ويحدث تكسير البخار أثناء مروره من أسطوانة الكوك؛ ويحدث تكسير متتابع وبلمره للسائل المحتجز في أسطوانة الكوك إلى أن يتم تحويله إلى بخار وكوك.

96. وفي عملية إزالة الكوك، عندما تتم تعبئة أسطوانة الكوك العاملة، يتم عزلها لأسباب تتعلق بالأمن، وتبخير السائل بغرض إزالة بخار الهيدروكربونات، ومن ثم تبريدها بتعبئتها مع الماء، وفتحها وتصريف السائل، ثم إزالة الكوك. وتستخدم معظم المنشآت الصناعية نظاماً هيدروليكيًا لعملية إزالة الكوك، يضم رشاشات مائية عالية الضغط يتم إنزالها إلى طبقة الكوك على عمود حفر دوار. ويتم جمع الكوك الخارج من الأسطوانة مباشرة في عربات سكك حديدية أو يتم ضخه في صورة سائلة إلى المخزون. ولإزالة كافة المواد المتطايرة، يتعين تكليسها عند حوالي 1100 - 1250 درجة مئوية؛ لكن هذه العملية لا تقلل محتوى الكبريت. وبالنسبة للكبريت الموجود بالكوك في أجهزة تحويل الكوك المرن إلى غاز فيتم تحويله إلى كبريتيد الهيدروجين في المقام الأول ثم إلى قدر بسيط من كبريتيد الكربونيل. ويتم تحويل النيتروجين الموجود بالكوك إلى أمونيا.

## وحدة إزالة اللزوجة

97. تعد وحدة إزالة اللزوجة إحدى العمليات المعروفة للتكسير الحراري غير المحفز والتي يتم فيها تحويل بقايا التقطير الجوي أو الفراغي إلى غاز ونفتا، وقطارة وقطران. ويتم في هذه الوحدة استخدام الحرارة والضغط لتكسير جزيئات الهيدروكربونات الكبيرة لتصبح جزيئات أصغر وأخف وزناً. وتتمثل المزايا الرئيسية في مرونة العملية، مما يتيح معالجة مخلفات الزيت الثقيل بشكل مباشر، والبساطة النسبية للتقنية، وانخفاض رأس المال وتكاليف التشغيل؛ وتتصف عملية إزالة اللزوجة بانخفاض تحويل المخلفات البترولية، لكنها تتيح خفض اللزوجة بأكثر من 10 أضعاف، فضلاً عن الميزة الإضافية المتمثلة في إنتاج زيت الوقود القياسي، مما يجعل من الممكن تحرير معظم زيت الغاز الفراغي البسيط.

98. ويجب أن يكون أهم عامل للسيطرة على شدة التكسير هو دائماً الاستقرار ودرجة اللزوجة لبقايا عملية إزالة اللزوجة، التي يتم تغذيتها إلى حوض زيت الوقود. بوجه عام، تؤدي الزيادة في درجة الحرارة أو وقت البقاء إلى زيادة في شدة التكسير. وتزيد شدة التكسير من إنتاج البنزين، وفي الوقت نفسه، ينتج عنها بقايا مكسرة (غاز ووقود) أقل في درجة اللزوجة. ومع ذلك يؤدي التكسير المفرط إلى زيت ووقود غير مستقر، مما ينتج عنه تكون الحمأة والرواسب أثناء التخزين.

99. هناك نوعان من عمليات إزالة اللزوجة: التكسير بالأنابيب أو الفرن والتكسير بالتشريب الإنضاجي. وتتم تغذية الغاز المنتج إلى وحدة معالجة الأمين لإزالة كبريتيد الهيدروجين.

## وحدات إنتاج زيت التزليق

100. هي عبارة عن مجمع للزيت الأولي يتألف عادةً من برج تقطير فراغي، ووحدة نزع الأسفلت، ووحدة استخلاص المواد العطرية، ووحدة إزالة الشمع، ووحدة هدرجة اختيارية عالية الضغط ووحدة تشطيب هدرجي لتحسين اللون والاستقرار، وللمطابقة مواصفات المنتج وإزالة الشوائب. ويكون مجمع الزيت الأولي التقليدي كثيف العمالة، وذلك نتيجة لتشغيله بشكل جماعي، وتعدد درجات الزيت الأولي التي يتم إنتاجها بشكل طبيعي وعمليات المعالجة المكثفة ذات الصلة التي تتم على المنتجات.

## وحدات معالجة الغاز واستخلاص الكبريت

101. تتم إزالة الكبريت من عدد من تدفقات الغازات المنبعثة (غازات حامضة) في عمليات التكرير للتوافق مع حدود انبعاثات أكاسيد الكبريت (SO<sub>x</sub>) ولاسترجاع الكبريت الأولي القابل للبيع. تحتوي تدفقات الغازات المنبعثة من العمليات، أو الغازات الحامضة، الناتجة من وحدة التكويك، أو وحدة التكسير المحفز المميع، أو وحدات المعالجة الهيدروجينية أو وحدات المعالجة بالهيدروجين، على درجات تركيز عالية من كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل المختلط بغازات الوقود الخفيفة بمنشأة التكرير. وقبل استرجاع الكبريت الأولي، تحتاج غازات الوقود (الميثان والإيثان في المقام الأول) إلى فصلها عن كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل. ويمكن تحقيق ذلك عادةً عن طريق إحلال كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل في مادة كيميائية مذيبة. وأكثر المذيبات شيوعاً من حيث الاستخدام هي الأمينات، مثل أحادي الإيثانولامين (MEA)، وثاني الإيثانولامين (DEA)، وثاني أحادي الإيثانولامين (MDEA). كما يتم استخدام الامتزاز الجاف مثل المناخل الجزيئية والكربون المنشط والإسفنج الحديدي.

102. وفي عمليات الإذابة بالأمينات التي يتم إجراؤها في وحدات معالجة الغازات بالأمينات، يتم ضخ محلول ثاني إيثانولامين (أو محلول أميني ضعيف آخر) إلى القسم العلوي من برج الامتصاص حيث يحدث التلامس بتدفق الغازات الحمضية المتصاعدة في التيار المعاكس. ويذوب كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل، وكذلك ثاني أكسيد الكربون إن وجد، في المحلول. وتتم إزالة غازات الوقود الخالية من كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل، كتدفقات غازية معالجة ومحلاة، ومن ثم إرسالها إلى شبكة غاز الوقود بمنشأة التكرير. ويتم تجديد محلول الأمين كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل عن طريق التسخين ونزع البخار لإزالة غاز كبريتيد الهيدروجين قبل إعادة تدويرها مرة أخرى إلى الماص. يتم إرسال كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل إلى وحدة كلاوس لاسترجاع الكبريت. وستألف الانبعاثات المطلقة في الجو من وحدات استرجاع الكبريت من كبريتيد الهيدروجين وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين في الغاز المتخلف الناتج عن العملية، ذلك إلى جانب الانبعاثات المنفلتة.

103. وتتألف عملية كلاوس من احتراق جزئي لتدفقات الغاز المشبع بكبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل ثم تفاعل ثاني أكسيد الكبريت الناتج وكبريتيد الهيدروجين غير المحترق في وجود محفز أكسيد الألومنيوم لإنتاج الكبريت الأولي. وتتراوح كفاءة استرجاع الكبريت في عملية كلاوس بين 90% (مفاعل محفز واحد) و98% (3 مفاعلات محفزة). وتنتج وحدات معالجة الغاز المتخلف (TGTU) استرجاع مزيد من الكبريت (يصل إجمالي كفاءة استرجاع الكبريت في وحدة استرجاع الكبريت إلى 99% وأكثر).

104. وتحتوي الانبعاثات الهوائية من وحدة استرجاع الكبريت في العادة على كبريتيد الهيدروجين وأكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين. وقد تنتج وحدة استرجاع الكبريت أيضاً مياهها مستعملة تحتوي على كبريتيد الهيدروجين والأمونيا والأمينات ونفايات متبقية من المحفزات المستهلكة.

## وحدة نزع المياه الحامضة

105. ينتج عن العديد من وحدات العمليات مياه ملوثة بالكبريتيد والأمونيا، ويشار إليها عادة باسم المياه الحامضة. وتسمح وحدة نزع المياه الحامضة باستخدام تلك المياه بعد إزالة الكبريتيد والأمونيا منها. وهذه العملية من العمليات المعقدة لوجود مواد كيميائية أخرى، مثل الفينول والسيانيد. تقوم وحدة نزع المياه الحامضة بمعالجة المياه الحامضة من وحدة المعالجة وإزالة الغازات الحامضة. ومن الممكن الاستعانة بتقنيات مختلفة لإزالة المياه الحامضة. وفي عملية الإزالة ذات المرحلة الواحدة، تتم إزالة المياه الحامضة في التيار المعاكس في عمود، وذلك بحقن تيار لإزالة كبريتيد الهيدروجين والأمونيا. وفي عملية الإزالة ذات المرحلتين، تعمل المرحلة الأولى عند درجة حموضة منخفضة (6) على تحسين إزالة كبريتيد الهيدروجين، في حين تعمل المرحلة الثانية عند درجة حموضة عالية (10) على تحسين إزالة الأمونيا. المنافع: يمكن إعادة استخدام مياه المعالجة باعتبارها مياه غسل مزيلة للملح. ومن الممكن أن تصل عملية إزالة المياه الحامضة ذات المرحلتين إلى مستوى استرجاع كلية لكبريتيد الهيدروجين والأمونيا قدره 98 و 95% على الترتيب، ويرتبط ذلك بتحقيق تركيز للبقايا قدره 0.1 - 10 ملغم/ لتر، و 10-1 ملغم/ لتر. ويمكن استخدام الأمونيا الناتجة داخل مصفاة التكرير.

## محطة الهيدروجين

106. عادةً ما تكون المادة المدخلة لتغذية محطة الهيدروجين هي الميثان الذي يتم الحصول عليه من خلال وحدات المعالجة بمنشأة التكرير، أو غاز البترول المسال، أو غاز طبيعي خارجي بمنشأة التكرير حال توفره، لكن يمكن أيضاً استخدام النفثا المهدرجة كمادة خام لتغذية مهذب البخار. وتتألف هذه الوحدة عادةً من مهذب للبخار (فرن علوي أو جانبي)، حيث تغذي الهيدروكربونات البخارية التيار من خلال الأنابيب التي تحتوي على المحفز. وفي تفاعله مع البخار الذي يحدث بشكل عام عند مستوى 40 بار، ينتج المحفز خليطاً من الهيدروجين - أول أكسيد الكربون، ويشار إليه باسم الغاز الصناعي والذي يعرف اختصاراً باسم (syngas). وبعد المرور بقسم مهم لاسترجاع الحرارة، يدخل الغاز الصناعي مفاعل الإزاحة التحويلية حيث يتفاعل أول أكسيد الكربون في وجود محفز حديدي أو نحاسي مع المياه لإنتاج مزيد من الهيدروجين وثاني أكسيد الكربون. ويتم فصل الأخير في وحدة تجديد - امتصاص الأمين. ويقوم نظام تصريف مغلق بجمع واسترجاع أي تصريف أو انسكاب للأمنيات وبذلك يمنعها من التنظيف داخل وحدة معالجة المياه المستعملة. وتشتمل معظم وحدات إنتاج الهيدروجين أيضاً على قسماً للامتزاز بالضغط المتأرجح (Pressure Swing Absorption) حيث يزداد تركيز الهيدروجين المنقى بسبب المناخل الجزئية التي تحتجز مكونات ذات وزن جزيئي أعلى كالنيتروجين، إلخ.

## وحدات المعالجة الكيميائية

107. تستخدم المعالجة الكيميائية للحصول على مواصفات معينة للمنتجات. وقد تم تصميم وحدات تحلية المستخلصات لتقليل محتوى المركبات في تدفقات الهيدروجين لتخفيف حدة الرائحة ولتقليل درجة التآكل. وتتم عمليات المعالجة هذه إما بالاستخلاص أو الأكسدة أو كليهما (مثل مع وحدة الميروكس المستخدمة بالفعل في منشآت تكرير النفط من الطراز القديم Hydroskimming)، وذلك حسب تدفق العمليات الخاضع للمعالجة. وتقوم عملية الاستخلاص بإزالة المركبات عن طريق الاستخلاص بمادة كاوية وينتج عن ذلك محتوى كبريتي أقل. وأما عملية التحلية فتؤدي إلى تحويل المركبات إلى ثنائي كبريتيد ذي رائحة أقل وقدرة انتكالية أقل مع استمرار بقائه في المنتج. وكنتيجة لذلك، لا يحدث انخفاض في إجمالي محتوى الكبريت خلال عملية التحلية وبالتالي لا يتم تطبيقها إلا مع التدفقات التي لا يمثل محتوى الكبريت أي مشكلة فيها.

108. تعد سوائل التنظيف الكاوية المستهلكة (المادة الكاوية المستهلكة) الناتجة عن وحدات تحلية المستخلصات من أكثر تدفقات النفايات الناتجة عن منشآت تكرير البترول من حيث صعوبة التعامل معها. وذلك في الأساس نتيجة لوجود تركيز عالٍ جداً من الكبريتيد بها مما يجعلها غير صالحة للتصريف المباشر إلى وحدات معالجة المياه المستعملة. كما أن مستويات الكبريتيد المرتفعة ينتج عنها أيضاً رائحة ومشاكل تتعلق بالسلامة عند تصريفها في صورة غازية.

109. في وحدة الأكسدة الكاوية، يتم أكسدة الكبريتيد النشط الموجود بالسائل الكاوي المستهلك ليصبح ثيوسلفات وكبريتيت وكبريتات قابلة للذوبان. وعندئذ يصبح التدفق الذي تمت معالجته صالحاً للمعالجة البيولوجية في وحدة معالجة المياه المستعملة.

## وحدات التحويل إلى غازات

110. تشتمل وحدات التحويل إلى غازات على تحويل الكوك إلى غاز وتحويل الهيدروكربونات إلى غاز (أكسدة جزئية)، وتنقية الهيدروجين (أي التنظيف الرطب، وأنظمة الأغشية، والفصل البارد وامتزاز الضغط-التردد). يحتوي الغاز الصناعي الناتج عن عملية تحويل الكوك إلى غاز على كبريتيد الهيدروجين وكبريتيد الكربونيل، ويخضع الغاز للمعالجة بوحدة معالجة أمينية.

## منشآت الخلط

111. يعتبر الخلط هو آخر عملية في تكرير البترول. وتتألف من خلط المنتجات بنسب متنوعة لمطابقة المواصفات التجارية. ويمكن تنفيذ عملية الخلط في صهاريج متحاذية (باستخدام برامج مخصصة استناداً إلى قاعدة بيانات إحصائية للمؤشرات الرئيسية للبنزين، والتي يمكن قياسها بسهولة وبسرعة على شبكة الإنترنت، واستخدامها لتحديد المستوى المناسب للخلط التناسبي) أو في صهاريج خلط مجمعة، باستخدام صهاريج وسيطة (intermediate run-down tanks).

112. تشتمل الانبعاثات المطلقة في الجو نتيجة لعملية الخلط على مركبات عضوية متطايرة منفلثة من صهاريج الخلط، والصمامات والمضخات وعمليات الخلط.

#### المنشآت المساعدة

113. تتألف المنشآت المساعدة في منشآت تكرير البترول عادةً من وحدات معالجة المياه المستعملة، وأنظمة الصرف والإشعال، ووحدات استرجاع البخار (مثل الأكسدة الحرارية، والامتصاص والامتزاز، والفصل الغشائي والتكثيف البارد)، وأنظمة الطاقة/الكهرباء (مثل الغلايات، والأفران، وتوربينات الغاز).

114. أنظمة حرق البخار: وتتمثل الوظائف الرئيسية لأنظمة الحرق في ما يلي:

- التخلص من الغازات خلال العمليات العادية؛
- التخلص من الغازات خلال مراحل معالجة الغاز (gas processing trips)؛
- التحضير لإصلاح/صيانة معدات المعالجة؛
- حالات الطوارئ؛
- تفادي التنفيس.