

قسم التكنولوجيا
التخصص: هندسة طرائق

مذكرة التخرج لنيل شهادة أستاذ تعليم ثانوي

بعنوان:

متابعة ميدانية وتحليلية لمحتوى الزئبق في النافثا على مستوى

مركب RA2K - سوناطراك - سكيكدة

من اعداد:

رحمون منال

لجنة المناقشة:

رئيسة	م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة	أستاذ محاضر-ب -	بوجدير اعتدال
مشرف	م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة	أستاذ محاضر-أ -	سايجي يوسف
مشرف مساعد	مركب تكرير المكثفات RA2K	رئيس مصلحة مختبر RA2K	بوشامة فاتح
مناقش	م.ع.أ.ت.ت.سكيكدة	أستاذ التعليم العالي	بن جفال حسان

الإهداء

الحمد لله... الحمد لله الذي بلغنا الغايات وأنعم علينا فشهدنا النهايات، الحمد لله الذي منّ علينا بكرمه فوفقنا وجاد علينا بعطفه فرزقنا...رزقنا فرحة الوصول وأطعمنا لذة السعي حفنا بجميل ستره وأحاطنا بكثير نعمه، ومن واجب الأخذ على المانح إخلاص النية والطمع بالتقبل والتضرع بالدعاء وعدم التفاني في الشكر والامتنان...فاللهم تقبل عملنا واجعله حجة لنا لا علينا وبارك في الجهود وأرضى علينا يا خير معبود حف أتعابنا بالبركة واجعل النجاح ختام أمرنا وارزقنا التفكير فيما مضى والسعادة فيما هو آت...أمين

أما بعد فإني وددت أن أهدي هذا العمل الذي يحفه التواضع ويشع خافتا بالتعب:

الى التي أخرجتني للعالم واحتفظت ببعضني دافئاً موصولاً برحمها... الى من تسبق دمعها دمعتي وبسمتها بسمتي... إلى التي تُقوم الاعوجاج وتكنس الخطايا وتُلمع المزايا... إلى التي تبدو كل الكلمات بالية إذا ما حضرت في البال لوصفها... إلى حب فطري مخزون بين طيات ألف وميم ... إلى أمي العزيزة

إلى من كلل العرق جبينه ومن علمني ان النجاح لا يأتي الا بالصبر والإصرار ... إلى عتاد البيت الذي يدعمني بلا حدود ... الوطن الفسيح الذي يسعني حينما يضيق بي العالم الى سندي وقوتي وملأني بعد الله... أبي العزيز

الى من رحلوا فَشُقَّ على الفؤاد رحيلهم... الى من غابوا على العين لكن عن القلب قط ما غابوا... الى من وافتهما المنية قبل أن يشهدا نجاح عملي هذا...الى جدي الغالي حسين وجدتي الغالية

الى فراشات قلبي التي تثير طريقي دوما...الى ضلعي الثابت الذي لا يميل... الى من رزقت بهن سندا...الى ملاذي الأول والأخير...إلى الذين نشأت معهم تحت ظل بيت جميل ودافئ وجمعتنا جينات وضحكات ومشاكسات عصبية على النسيان وشهدنا فصول الحياة وتقلباتها سويا... الى وازعي ويميني אחتي سارة التي إذا وجدت فيّا جرحا طيبته واعوجاجا قومته، الى رفيقتي وأختي حولة التي تنعش القلب وتهون الأسباب لأغدو الأفضل، الداعمة والحاضرة في كل محطات حياتي، إلى أختي الجميلة فيفي بهجة البيت وجرعة سعادته التي أظهر لها حي بالشجار وأفتقدتها عند نهاية كل نهار

"فان شحّت مسرات الحياة فوجودكم كرم، أدامكم الله ضلعا ثابتا لي، وجمعتني بكم في جنان الخلد والنعيم"

الى النفس المعطاءة بلا كلل، الى التي كانت سبابة الفرحة بنجاحي دائما إلى الأم الثانية والأخت الحنون منونة

الى مصدر العزة والسند بعد الأب خالي بدري

الى رابطة الدم والروح... الى مبهج العائلة حمودة

الى جميع أفراد العائلة

الى الروح الغالية التي رحلت عنَّا بقلبي الطاهر... الى من لم تجمعني بها سوى لحظات السعادة والحنان... الى صاحبة الابتسامة والضحكات التي كانت تملأ مكاننا بهجة **رفيدة**

فاللهم ارحم قلبها واجعل سبيلها نور وجهك ثم الجنة، وارزقني اللهم لقيها في الفردوس الأعلى.

الى صديقات اهدتني لي الحياة لمواجهة صعوباتها وتبديد مراراتها... الى من وجدت فيهن السعادة في السراء والمواساة في الضراء... إلى عشرة طيبة زرعها الله قدرا... كانت لتكون سنين الجامعة عادية كالبقية لولا أن أثمرتموها بوجودكن فأضحت تجربة لا تنسى

إلى من تحتويني عند لحظات الوجع... الى رفيقة الروح التي ينعم قلبي بقرها وتعلو همتي بجوارها... **إخلاص**

الى من تأخذها الظنون بأنها عادية بالنسبة لي ولم تعلم أن الأوقات لا تطيب الا بصحبتهما... **ملاك**

إلى من كانت للختام مسكا وللسعادة بريقا وللروح أنيسا... **ايناس**

الى الأثر الطيب والشموع التي تضيء دروب العلم والتقوى... الى استاذاتي في حلق القرآن **أمال وجيهان** جزاكن الله عني خير الجزاء ورزقكن جنة الخلد والنعيم

الى الضحكات العفوية والأفئدة الطيبة... الى الرفقة التي ورثنا منها ذكريات جميلة نتكأ عليها حين تجهض الحياة قوتنا **أميمة، أحلام، الهام، عبير، نور، منتهى، دنيا، ...**

إلى زخات المطر التي تنعش الروح وتزهو الأيام... الى الرفقة التي تصبح بجوارها أمانة مطمئنة... الى مسك الختام وخير السند ونعم الصحبة الصالحة... الى سخية المودة **شيم**... الى نقيه القلب **انفال**... الى لطيفة الروح **سلوى**... الى حلوة الطباع **عزيزة**

الى اسرة **الاتحاد العام الطلابي الحر** أختًا كل باسمه ومقامه

الى الورد الذي ينثر عطره في الإقامة ليفوح مسكا وعنبرا بحلق ذكر وقرآن **مشروع حافظة الذكر**

الى كل من ساهم من قريب أو بعيد في هذا الانجاز.

الى كل من لم يدركهم قلبي، بعدتم ولم يبعد القلب عن حبكم، وأنتم في الفؤاد حضور.

شكر وعرفان

الحمد لله الذي علمنا البيان، وألهمنا التبيان، وصلواته وسلامه على محمد المبعوث لهدي الثقلان،
المفضّل بإعجاز القرآن، وعلى آله وصحبه وتابعيهم بإحسان، ما أضاء القمران.
لله الحمد والشكر كله أن وفقنا وألهمنا الصبر على المشاق التي واجهتنا لإنجاز هذا العمل المتواضع
وبعد:

نتقدم بعظيم شكرنا وامتناننا لكلّ من ساهم وإيانا في إتمام هذا العمل من قريبٍ أو من بعيد،
بدءًا بالأستاذ المشرف "سايحي يوسف" الذي كان خيرَ موجهٍ ومعينٍ طوال فترة العمل، كما أشكره على صبره وسعة صدره
معى، أجزل الله عطاءه، وبارك الله في عمله وجزاه عني خير الجزاء.

السيد رئيس مصلحة مخبر RAZK "بوشامة فاتح" على اقتراحه لنا لهذا الموضوع وفتحته لنا طريقًا للقيام بالدراسة
الميدانية في المنطقة الصناعية سكيكدة وعلى متابعته لنا طيلة فترة تريبصنا الميداني بمركب RAZK وتفضله بمساعدتنا
على إتمام هذا العمل ولكل ما قدمه من مجهودات ليظهر هذا العمل بالصورة الحالية، فليرعى الله خطاه وليبارك مسعاه
بالأجر والثواب.

الأستاذة: "بوجدير اعتدال" على قبولها ترأس لجنة المناقشة.

الأستاذ: "بن جفال حسان" لتفضله بقبول مناقشة هذا العمل، وعلى كل ما قدمه لنا طيلة فترة الدراسة.
كما نشكر جميع القائمين على قسم التكنولوجيا وعلى رأسهم رئيس القسم الأستاذ "رحموني صليح" وكذا موظفي الإدارة
الشكر موصول كذلك إلى كل معلم أفادنا بعلمه من أولى المراحل الدراسية حتى هذه اللحظة وأخص بالذكر الأستاذ
الفاضل "كرايم خير الدين"

ومن مبدأ التقدير والوفاء للمساعدة التي قدمها لنا القائمين على مركب RAZK يطيب لنا أن نقدم جزيل الشكر
والعرفان كلُّ باسمه ومقامه

دون أن أنسى اللطيفة "مسهل آية" التي قدمت لي يد العون فكانت خير شريك في المخبر

والجميلة "مصباح أسماء" التي لم تبخل عليّ بالمعلومات

جزاكن الله عني خير الجزاء

وفي الأخير طبعًا، أجمال الشكر الى الوالدين الكريمين اللذان كانا لي سندًا طيلة المشوار ولم يبخلوا عليّ بالدعاء والتضرع
الى الله بالتوفيق والسداد.

شكرا لكلّ من أودع فينا حرفًا، وكانت له يد خير في نشأتنا على هذا السبيل.

الملخص:

في هذه المذكرة تم العمل على إجراء دراسة ميدانية تحليلية على عينات من النافثا المنتجة على مستوى وحدة RA2K بالشركة الوطنية سوناطراك. الدراسة تمحورت حول قياس مختلف الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمواصفات المعيارية التي تخضع لها المنتجات النهائية قبل بيعها في السوق، كذلك سلطنا الضوء في هذا العمل على إشكالية تواجد الزئبق في المنتجات البترولية خاصة النافثا التي تعتبر مورد مهم في الصناعات البتروكيميائية.

الكلمات المفتاحية: المكثفات، النافثا، RA2K، الزئبق، المواصفات المعيارية، الصناعات البتروكيميائية.

Abstract:

In this dissertation, we conduct an analytical field study on samples of naphtha produced at the level of the RA2K unit of the national company Sonatrach. The study focused on measuring the various physical and chemical properties and specifications that the final products undergo before being sold in the markets. We also shed light on the problem of the presence of mercury in petroleum products, especially naphtha, which is considered an important resource in the petrochemical industries.

Keywords: Condensate, naphtha, RA2K, mercury, specifications, petrochemical industries.

ADE : Algérie Des Eaux.

AFS : Atomic fluorescence spectrometry.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

BTX: Benzène, toluène, xylènes.

CV-AAS: Cold vapor atomic absorption spectroscopy.

CV-AFS : spectroscopie fluorescence atomique vapeur froide.

CNPC: China National Petroleum Corporation.

CP1K : Complexe pétrochimie 1 Skikda.

CP2K : Complexe pétrochimie 1 Skikda.

COD : Le carbone organique dissous.

DHA : acide docosahexaénoïque.

DMA : Dansy mètre automatique.

EPDMEMIA : Etablissement Public Distribution Eaux Ménagères Industrielles Et Assainissement.

GC-MS/MS : chromatographie en phase gazeuse couplée spectrométrie de masse.

GL1K : Complexe liquéfaction gaz naturel 1 Skikda.

GPL : gaz pétrole liquéfié.

HGO : Hard Gaz Oil.

HPLC : chromatographie en phase liquide à haute performance.

IP : Indices de protection.

ISO : International Standards Organization.

JFTOT : Jet Fuel Thermal Oxidation Test.

LGO: lourde Gaz Oil.

LME : London Metal Exchange.

MES : matières en suspension totales.

NA : Norme Algérienne.

NIC : Nippon Instruments corporation.

OB1 : Oléoduce Bejaia.

Ppb : Partie par billion ($\mu\text{g}/\text{kg}$).

Ppm : Part par million (mg/l).

PF: point final.

PI: point initial.

PIW : Petroleum Intelligence Weekly.

PIONA : paraffines, isoparaffines, oléfinnes, naphthènes, aromatique.

RA1K : Raffinerie1 Skikda.

RA2K : Raffinerie 2 Skikda.

RGA : Dissolved gas analysis.

RTE : Réseau Transport Electricité.

SAIPEM: Società Anonima Italiana Perforazioni E Montaggi lit. En italien. Est une compagnie italienne spécialisée dans la recherche et les forages pétroliers.

SONATRACH : Société nationale pour la recherche, la production, le transport, la transformation, et la commercialisation des hydrocarbures.

TRC : L'Activité Transport par Canalisation.

TA : Titre alcalimétrique.

TAC : Titre alcalimétrique complet.

TOC : Troubles obsessionnels compulsifs.

TVR : Tension vapeur reid.

U.O.P: universal oil products.

الجزء الأول: الجزء النظري

الفصل الأول: وصف مركب تكرير المكثفات RA2K.

- 06 الشكل 01: خريطة سوناطراك في الجزائر.
- 07 الشكل 02: مركب تكرير المكثفات.
- 09 الشكل 03: الموقع الجغرافي للمجمع.
- 12 الشكل 04: الوحدة 100.
- 13 الشكل 05: صور توضيحية لخزانات الناфта والمكثفات.
- 15 الشكل 06: مخطط عام لمركب تكرير المكثفات RA2K.
- 21 الشكل 07: القاعات الموجودة في المخبر.

الفصل الثاني: عموميات حول الناфта والمكثفات.

- 28 الشكل 01: جهاز قياس ضغط البخار.
- 35 الشكل 02: أمثلة عن التفاعلات الكيميائية للتشكيل التحفيزي.
- 36 الشكل 03: تكوين الايثيلين عبر تكسير الايثان بالبخار
- 36 الشكل 04: تفاعل ايزومرة الألكانات.

الجزء الثاني: الجزء التطبيقي

الفصل الأول: المواد، الأدوات وطرق التحليل.

- 45 الشكل 01: المخطط العام لعمليات تقطير المكثفات.
- 46 الشكل 02: مخطط توضيحي لأقسام الناфта على مستوى برج الفصل الأولي.
- 47 الشكل 03: مخطط توضيحي لعملية فصل الناфта (A) في فاصل البوتان T-201.
- 48 الشكل 04: رسم توضيحي لعملية فصل الناфта (B) من برج التقطير T-102.
- 49 الشكل 05: مخطط توضيحي لعملية فصل الناфта (C) من برج التقطير الجوي.
- 51 الشكل 06: أجهزة قياس كثافة الناфта.
- 53 الشكل 07: أجهزة التقطير ASTM.

- 54 الشكل 08: جهاز قياس ضغط البخار.
- 55 الشكل 09: جهاز تحديد محتوى الكبريت.
- 57 الشكل 10: جهاز تحديد اللون Saybolt Chromometer
- 58 الشكل 11: أ) لوحة الألوان لمقارنة شيفرة النحاس، ب) جهاز قياس مدى التآكل على شيفرة النحاس.
- 59 الشكل 12: جهاز الكروماتوغرافيا متعددة الأبعاد.
- 61 الشكل 13: جهاز تحليل الزئبق PE-1000 /NIC.
- 62 الشكل 14: مخطط عملية التحليل.
- 64 الشكل 15: جهاز PE-1.
- 65 الشكل 16: داخل PE-1 مع إزالة الغطاء والجهة الخلفية.
- 67 الشكل 17: مبدل العينات HT-300A.
- 69 الشكل 18: صورة توضيحية لشاشة التحكم.
- 72 الشكل 19: صورة توضيحية لشاشة التحليل.
- 73 الشكل 20: جدول SMP
- 76 الشكل 21: عبوات زجاجية لوضع العينات.
- 77 الشكل 22: عينات المستخرجة.
- 78 الشكل 23: عبوات جهاز قياس محتوى النافتا.

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة.

- 81 الشكل 01: متابعة كثافة النافتا.
- 82 الشكل 02: متابعة تقطير النافتا (PI/PF ° C).
- 84 الشكل 03: متابعة تحليل ضغط البخار للنافتا.
- 87 الشكل 04: متابعة لمحتوى الكبريت في النافتا.
- 88 الشكل 05: مساهمة مستويات النافتا.
- 89 الشكل 06: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للمكثفات.
- 90 الشكل 07: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا (A).

- 91 الشكل 08: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا (B).
- 92 الشكل 09: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا (C).
- 93 الشكل 10: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا نحو التخزين.
- 94 الشكل 11: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا في صهاريج التخزين.

الجزء الأول: الجزء النظري

الفصل الأول: وصف مركب تكرير المكثفات RA2K.

08	الجدول 01: تواريخ ومراحل إنشاء مركب تكرير المكثفات RA2K.
14	الجدول 02: صهاريج تخزين المنتجات البترولية.
	الفصل الثاني: عموميات حول الناфта والمكثفات.
29	الجدول 01: الخصائص الرئيسية للمكثفات الجزائرية.
39	الجدول 02: خصائص الناфта.

الجزء الثاني: الجزء التطبيقي

الفصل الأول: الأدوات، المواد وطرق التحليل.

50	الجدول 01: الخصائص التجارية لناфта RA2K
66	الجدول 02: وصف أجزاء جهاز PE-1.
68	الجدول 03: وصف أجزاء HT-300A.
70	الجدول 04: الشروط الأولية للتحليل.

الفصل الثاني: النتائج والمناقشة.

80	الجدول 01: نتائج الكثافة.
82	الجدول 02: نتائج التقطير ASTM.
83	الجدول 03: نتائج تحديد كبريتيد الهيدروجين.
84	الجدول 04: نتائج ضغط البخار.
85	الجدول 05: نتائج تحديد اللون.
86	الجدول 06: نتائج مدى تأكل النحاس.
86	الجدول 07: نتائج محتوى الكبريت.
88	الجدول 08: نتائج تراكيز الزئبق في الناфта.

الفهرس

I	قائمة الاختصارات
III	قائمة الأشكال
VI	قائمة الجداول
VII	الفهرس
1	المقدمة

الجزء الأول: الجزء النظري

الفصل الأول: وصف مركب تكرير المكثفات RA2K

5	1. مقدمة
5	2. نظرة عامة حول شركة سوناطراك
6	3. وصف مركب تكرير المكثفات RA2K
7	4. تاريخ مركب تكرير المكثفات RA2K
8	5. نشاط مركب RA2K
9	6. الموقع الجغرافي لمجمع RA2K
9	7. المواقع الصناعية الرئيسية المجاورة
10	8. أهم وحدات المركب
15	9. الموارد الأساسية لتشغيل المجمع
17	10. وصف مختبر RA2K
24	11. خاتمة

الفصل الثاني: عموميات على المكثفات والنافتا.

26	1. المكثفات
26	1.1. تعريف المكثفات
26	2.1. أصل المكثفات
27	3.1. أنواع المكثفات

27	4.1. استخدام المكثفات
27	5.1. بعض من خصائص المكثفات
29	6.1. المكثف الجزائري
30	2. النافتا
30	1.2. تعريف النافتا
31	2.2. أنواع النافتا
31	3.2. التركيب الكيميائي للنافتا
34	4.2. استعمالات النافتا في التكرير والصناعات البتروكيميائية
36	5.2. خصائص النافتا
39	6.2. خصائص نافتا مركب تكرير المكثفات
39	3. تواجد الزئبق في المكثفات ومشتقاتها
40	1.3. مخاطر تواجد الزئبق في الهيدروكربونات
40	2.3. أشكال الزئبق الموجودة في الهيدروكربونات
41	3.3. طرق تحليل الزئبق في الهيدروكربونات
41	4. خاتمة

الجزء الثاني: الجزء التطبيقي

الفصل الأول: المواد، الأدوات وطرق التحاليل

45	1. مقدمة
46	2. أقسام النافتا
49	3. خصائص وتحاليل النافتا على مستوى مخبر RA2K
51	1.2. الكثافة ASTM D405
52	2.2. تقطير ASTM: ASTM D86

54	3.2. ضغط البخار ASTM D5191
55	4.2. محتوى الكبريت ASTM D5453
56	5.2. تحديد كبريتيد الهيدروجين ASTM D4952
57	6.2. اللون سايبولت ASTM D156
58	7.2. مدى تآكل النحاس ASTM D130
59	8.2. الكروماتوغرافيا ASTM D6293
60	9.2. محتوى الزئبق UOP 938
60	1.9.2. تعريف جهاز القياس
61	2.9.2. مبدأ التشغيل
62	3.9.2. طريقة عمل الجهاز
64	4.9.2. وصف مكونات الجهاز
69	5.9.2. إعداد الجهاز
73	6.9.2. المعيار UOP 938-11

الفصل الثاني: النتائج والتحليل

80	1. مقدمة
80	2. نتائج الاختبارات والتحليل
80	1.2. الكثافة
81	2.2. تقطير ASTM
83	3.2. محتوى كبريتيد الهيدروجين في النافثا
83	4.2. ضغط البخار
85	5.2. لون سايبولت للنافثا
85	6.2. مدى تآكل النحاس
86	7.2. محتوى الكبريت في النافثا

87	8.2. محتوى الزئبق في النافتا
88	1.8.2. تحليل نتائج محتوى الزئبق في المكثف
90	2.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا (A)
91	3.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا (B)
92	4.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا (C)
93	5.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا نحو التخزين
94	6.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا المخزنة في الصهاريج
94	7.8.2. التعليق على نتائج محتوى الزئبق
95	3. خاتمة
97	الخاتمة
99	المراجع

المقدمة

تلعب الطاقة دوراً متزايد الأهمية في تلبية حاجيات الناس. واليوم، يعتبر البترول والمكثفات ومشتقاتها من أهم مصادرها، حيث يزداد الطلب عليها كثيراً وهذا ما يحسن من مكانتها في السوق ويساعد على تلبية الاحتياجات على المستوى الداخلي والخارجي.

المكثفات تصنف على أنها جزء أخف من البترول، فهي عبارة عن مزيج من الهيدروكربونات من C5 فما فوق. كما تعتبر منتج سائل يتم الحصول عليه بالتكثيف من الغاز الطبيعي^[1]. وقد حازت مكانتها على المستوى الاقتصادي بفضل خصائصها ومزاياها، مرونة استخدامها كوقود في مختلف التطبيقات، وكذا سعرها التنافسي. لهذا، بدأت الجزائر في استغلال مواردها من المكثفات الطبيعية من أجل مواكبة الدول النامية، من خلال مشروع مصفاة RA2K في سكيكدة حيث أصبحت واحدة من الوحدات الرئيسية المنتجة للمكثفات في العالم.

من اجل استخدامها، تمر المكثفات بعملية التكرير وهو عبارة عن معالجة أو تحويل، أولى خطواتها تقطير المكثفات للحصول على منتجات نهائية منها النافتا، الكيروسين، الديزل الخفيف والثقيل. تعتبر النافتا من المنتجات المشتقة من النفط الخام أوالمكثفات البترولية وهي مادة نصف خام مهمة لصناعة الوقود والبتروكيماويات.^[2]

غالبا ما يفرض السوق شروطه على أسعار هذه المواد المستخرجة من المكثفات، وذلك تبعاً لعدة شروط أهمها نقاوة المنتج من الملوثات البيئية لاسيما المواد السامة كالزئبق مثلاً، حيث أن زيادة تراكيز الزئبق في منتجات النافتا يكون له تأثير سلبي وذلك لما يلحقه من ضرر بالمعدات وما يخلفه من مشكلات صحية وبيئية.

مؤخرآ زاد اهتمام القطاع الصناعي والبحثي على المستوى الدولي من تزايد تراكيز الزئبق في النافتا، بما في ذلك مختبر RA2K. حيث أثبتت النتائج المتوصل إليها أن الزئبق يتمتع بقدرة عالية على تكوين ملغمات مع سبائك الألومنيوم المستخدمة في المبادلات الحرارية مما يؤدي إلى مشاكل تآكل وكوارث صناعية محتملة مثل الانفجار الذي حدث عام 1973 في سكيكدة بالجزائر^[3]. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يعمل الزئبق كعامل مسمم للمحفزات المستخدمة في صناعة البتروكيماويات، وكذلك وجود عناصر سامة متبقية في الأجزاء المقطرة، يمكن أن تنطلق إلى البيئة عند استخدامها كمصدر للطاقة^[4,5]. وهذا ما يؤدي إلى انخفاض سلامة المعدات، وانخفاض موثوقية المصنع، وارتفاع تكاليف الصيانة وتسريع تغيير المحفزات.

إن تحديد مواصفات الزئبق وأنواعه في المكثفات وأجزاءها أمر صعب بسبب النطاق الواسع لنقاط الغليان، وتباين الطرق التحليلية للكشف عن الزئبق في الهيدروكربونات تبايناً كبيراً. تتمثل إحدى الخطوات المهمة لتحديد الزئبق بدقة في العينة في اختيار طرق أخذ العينات والتحليل المناسبة. حيث هناك العديد من التطورات في هذا المجال، ولكن لا تزال هناك تحديات تقنية للكشف بدقة عن أنواع الزئبق في البترول والمكثفات ومشتقاتها.^[6]

ومما سبق تنحصر إشكالية بحثنا هذا في متابعة كيميائية تحليلية لانتشار تراكيز الزئبق عبر كل مراحل إنتاج النافتا انطلاقاً من المكثفات.

وبهذا الصدد قمنا بمتابعة ميدانية وتحليلية لمركب تكرير المكثفات RAZK لمدة 15 يوماً قمنا خلالها بالتعرف على جميع مراحل تكرير المكثفات وكذا إنتاج النافتا، كما قمنا بمتابعة لجودة ونوعية النافتا المنتجة على مستوى مخبر RAZK وذلك من خلال إجراء مختلف التحاليل الفيزيائية والكيميائية للتحقق من مطابقتها للمعايير المعمول بها، وقد ركزت في هذا العمل على دراسة محتوى الزئبق في شحنة المكثفات والنافتا بجميع أقسامها، حيث كان الهدف الرئيسي هو رصد ودراسة تباين الزئبق في المنتجات باستخدام جهاز تحليل الزئبق PE-1.

قمنا بتقديم المذكرة في جزأين، جزء نظري وصفنا من خلاله منطقة التريص ومختلف وحداتها، كما قمنا بتقديم نظرة عامة على النافتا والمكثفات ومخاطر الزئبق في الهيدروكربونات، وجزء عملي نركز فيه على مختلف التحاليل المتبعة لمراقبة جودة ونوعية النافتا واستجابتها للمواصفات المعيارية المعمول بها وعلى رأسها تلك المتعلقة بتحليل تراكيز الزئبق كما قدمنا وصف لجهاز تحديد محتوى الزئبق، بالإضافة إلى النتائج المتحصل عليها ومناقشتها والتعليق عليها.

وفي الأخير نختم المذكرة بخاتمة عامة تلخص ما توصلنا إليه بالإضافة لمختلف التطلعات المرجو تحقيقها.

الجزء الأول

الجزء النظري

الفصل الأول

وصف مركب تكرير المكثفات RA2K

1. مقدمة

تعتمد صناعة البترول بشكل كبير على عملية التكرير، التي تهدف إلى استخلاص أقصى قدر من المنتجات ذات القيمة التجارية العالية من النفط وفقًا لأهداف محددة. تجمع هذه العمليات عادةً في مصفاة التكرير، حيث يتم معالجة النفط والمكثفات لاستخراج الأجزاء القابلة للتسويق.

يتميز مركب تكرير المكثفات بقدرته على معالجة 5 مليون طن من المكثفات سنويًا من حقول النفط الجزائرية لإنتاج البوتان، النافتا، الكيروسين، الديزل الخفيف والديزل الثقيل. بالإضافة إلى ذلك، من المخطط إنشاء مرافق لتخزين ومعالجة ونقل المكثفات والمنتجات ذات الصلة.

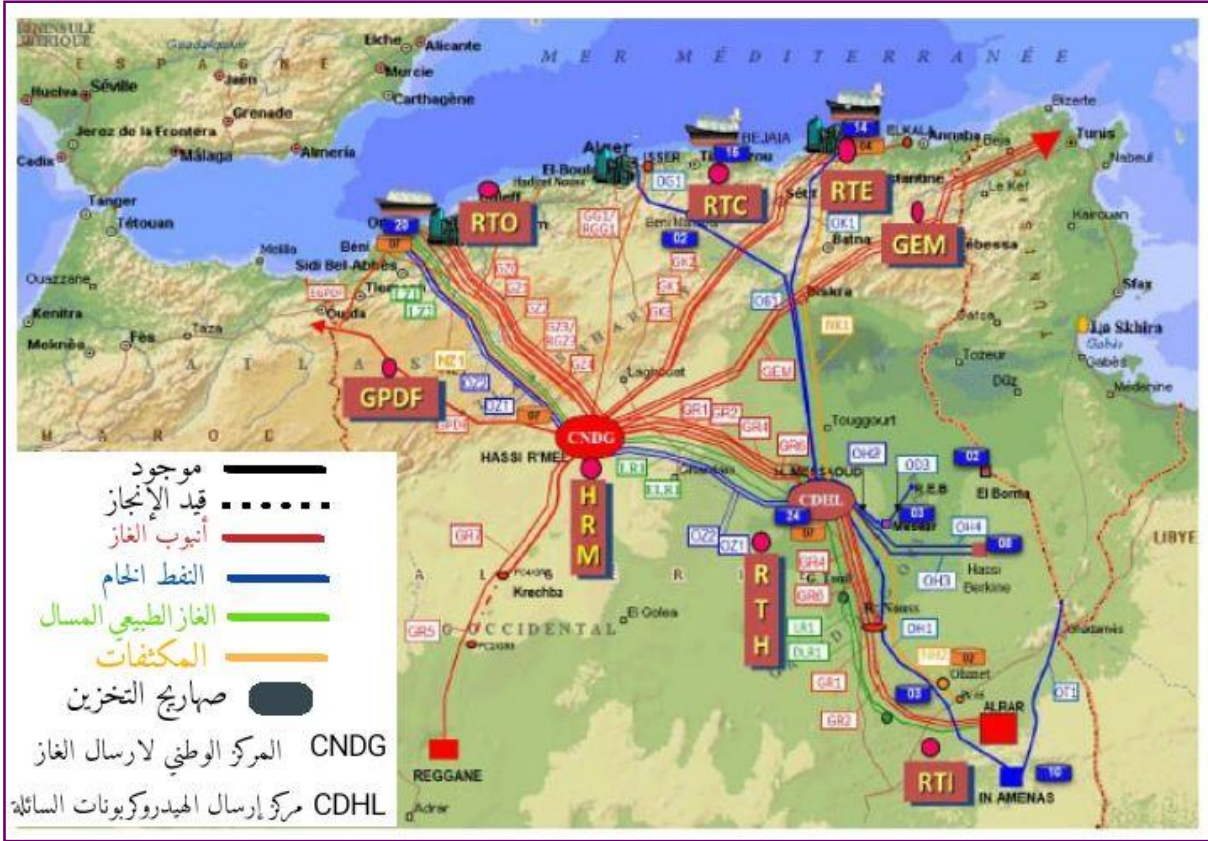
2. نظرة عامة حول شركة سوناطراك

تأسست شركة سوناطراك في عام 1963، وهي مجموعة نفطية تعمل بشكل رئيسي في مجالات استكشاف، إنتاج، نقل، معالجة، وتسويق المنتجات النفطية السائلة والغازية عبر جميع السلاسل الهيدروكربونية وتعتبر سوناطراك الشركة الرائدة في القارة الأفريقية في هذا القطاع^[7].

في عام 2004، حصلت مجموعة سوناطراك على المرتبة 12 على المستوى العالمي بين شركات النفط، وفقًا لمجلة PIW العالمية، التي تأخذ في اعتبارها المعايير المادية مثل احتياطات الوقود والإنتاج، بالإضافة إلى المعايير المالية مثل المبيعات والناجح. وتتمتع شركة سوناطراك بخبرة واسعة تمتد لأكثر من 50 عامًا في مجال تكرير النفط.^[7]

تمتلك سوناطراك أيضًا أكثر من عشرين شركة رائدة تعمل في مختلف جوانب الصناعة البترولية مثل التكرير والحفر، وتحتل حصة كبيرة (تتراوح بين 10 و49 بالمئة من رأس المال) في حوالي 50 شركة تأسست داخل وخارج الجزائر. وفقًا للمراجعة ذاتها، تظهر أن مجموعة سوناطراك تعتبر ثاني أكبر مورد عالمي للغاز الطبيعي المسال وغاز البترول المسال، وثالث

أكبر مورد عالمي للغاز الطبيعي.^[8]



الشكل 01: خريطة سوناطراك في الجزائر. [8]

3. وصف مركب تكرير المكثفات RA2K

مركب تكرير المكثفات قادر على معالجة 5 ملايين طن من المكثفات من محطة النقل التابعة لهيئة النقل الشرقية بسكيدة على مدى 330 يوما في السنة.

تم تصميم المركب للتعامل مع خمس مصادر مختلفة من المكثفات، على النحو التالي:

OB#1، أرار، بجاية، رود النص، OB#1 الجديد.

ويتألف المركب من وحدات معالجة متعددة، بما في ذلك وحدة تقطير المكثفات (الوحدة 100)، ووحدة معالجة الكيروسين

(الوحدة 200)، ووحدة تخزين ونقل المنتجات البترولية (الوحدة 300)، ونظام الشعلة (الوحدة 400)، ووحدة إنتاج المرافق

ومعالجة المياه (الوحدة 500)، بالإضافة إلى المرافق الخدمائية.

ويتم تخزين المنتجات النهائية للمركب: مثل البوتان، النافتا، الكيروسين، الديزل الخفيف (LGO)، والديزل الثقيل (HGO)،

في خزانات تخزين وسيطة قبل شحنها إلى وحدة التسويق في مصفاة RA1K. [9]



الشكل 02: مركب تكرير المكثفات. [11]

4. تاريخ مركب تكرير المكثفات RA2K

قامت سوناطراك بالتخطيط لإنشاء مركب لتكرير المكثفات بالشراكة مع شركات أخرى، وقد طرحت مناقصتين، الأولى لإيجاد شريك والثانية لبناء المصفاة. من بين الشركتين اللتين قدمتا عروضاً تقنية، هما شركة البترول الوطنية الصينية (CNPC) وشركة إيتوتشو اليابانية، شاركت الشركة الصينية لتقديم العرض التجاري في مناقصة "البحث عن شريك". أما المناقصة الثانية المتعلقة بالتنفيذ فقد تقدمت بها عدة شركات. وفي النهاية تم اختيار شركتين: SAIPEM و CNPC. [10]

في 10 مايو 2005، حصلت شركة البترول الوطنية الصينية (CNPC) على عقد لبناء مركب تكرير المكثفات في سكيكدة، بقيمة تقدر بـ 390 مليون دولار حيث تفوقت 'CNPC' على 'SAIPEM' (فرنسا) التي قدمت عرضاً بقيمة حوالي 460 مليون

دولار. وينقسم المشروع إلى قسمين: مصنع بقدرة إنتاجية تصل إلى 5 ملايين طن من المكثفات سنويًا ومرافق لزيادة القدرة التخزينية للمنتجات المكررة (جدول 01).^[10]

جدول 01: تواريخ ومراحل إنشاء مركب تكرير المكثفات RA2K.

التاريخ	المرحلة المنجزة
1 ديسمبر 2005	دخول العقد حيز التنفيذ
20 مايو 2009	استقبال الغاز الطبيعي المسال وبدء تشغيل الأفران
2 يونيو 2009	استقبال شحنة المكثفات من محطة نقل الشرق
25 يوليو 2009	بدء تشغيل وحدات العمليات
6 نوفمبر 2009	اختبارات الأداء
14 يناير 2010	استلام مؤقت

5. نشاط مركب تكرير المكثفات RA2K

تم إنشاء هذا المركب لحل مشكلتين:

- أولاً: التحكم في أسعار المكثفات في السوق الدولية والمحافظة على قيمتها كمادة خام لتكريرها ومنتج موجه للتسويق.
- ثانياً: زيادة إنتاج الديزل لتغطية حاجيات السوق الوطنية من هذا المنتج.

يعمل المركب في ثلاثة ظروف تشغيل محددة أدناه:

الحالة (أ): الحد الأقصى لإنتاج النافتا والحد الأقصى لإنتاج الديزل (حالة الأساس)؛

الحالة (ب): الحد الأقصى لإنتاج الكيروسين (JET A1)؛

الحالة (ج): الحد الأقصى لإنتاج النافتا والحد الأدنى لإنتاج زيت الغاز.

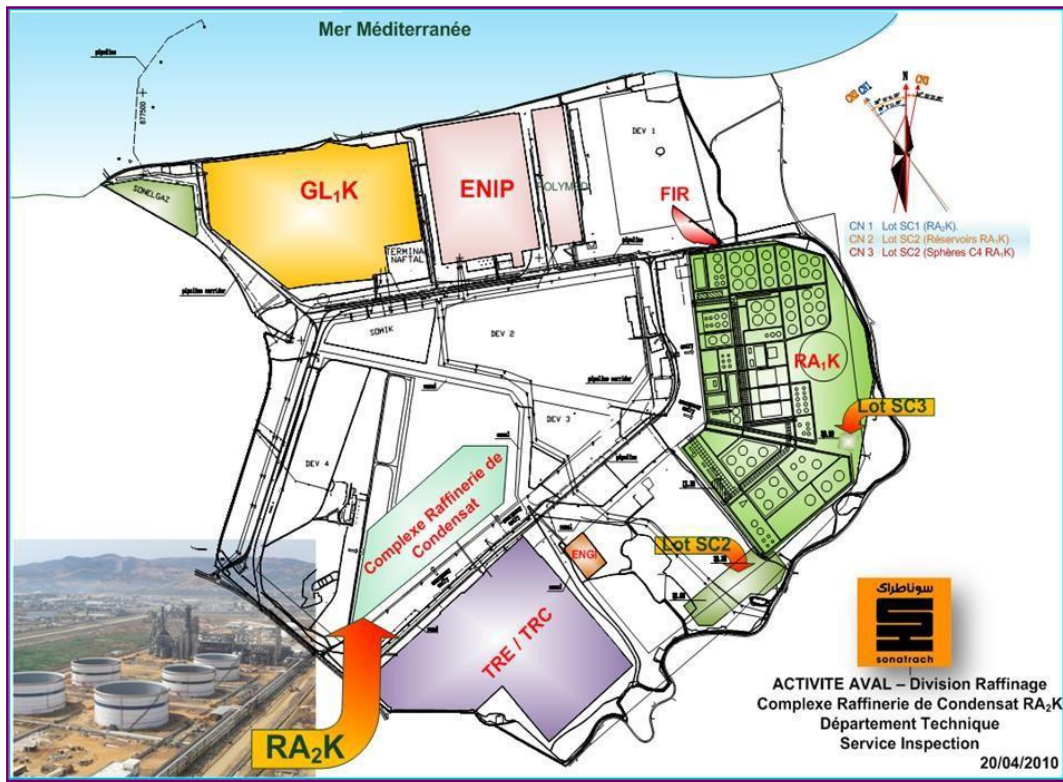
6. الموقع الجغرافي لمركب تكرير المكثفات RA2K

يقع مجمع تكرير المكثفات RA2K في وسط المنطقة الصناعية بسكيكدة (كما هو مبين في الشكل 03)، في شرق المدينة، خارج النسيج الحضري، وداخل محيط المطار القديم. كما يغطي مساحة تقارب 45 هكتاراً، ويضم وحدات إنتاج ومرافق ومساحات مختلفة لاستقبال المواد الخام وتخزين ونقل المنتجات النهائية.^[11]

7. المواقع الصناعية الرئيسية المجاورة

تتمثل المواقع الصناعية الرئيسية المجاورة لمجمع RA2K في:

- مجمع تسييل الغاز الطبيعي GL1K من الشمال;
- المجمع البتروكيميائي CP1K من الشمال الشرقي;
- المجمع البتروكيميائي CP2K من الشمال الشرقي;
- مصفاة النفط RA1K من الجهة الغربية;
- محطة تخزين النفط الخام والمكثفات RTE من جهة الجنوب.



الشكل 03: الموقع الجغرافي للمركب.^[11]

8. أهم وحدات المركب [11]

يتكون مركب RA2K بشكل أساسي من:

- وحدة تقطير المكثفات (U100) ;
- وحدة تنقية ومعالجة الكيروسين (U200) ;
- وحدة تخزين ونقل المنتجات (U300) ;
- نظام الشعلة (U400) ;
- وحدة إنتاج المرافق ومعالجة المياه (U500) ;
- مختبر مراقبة جودة المنتجات ;
- ورشات الصيانة ;
- مرافق السلامة ومكافحة الحرائق.

1.8. وحدة التقطير الجوي للمكثفات (الوحدة 100)

تم تصميم الوحدة بطاقة معالجة تبلغ خمسة ملين طن سنويًا. المنشآت الرئيسية التي تتكون منها هذه الوحدة هي:

- برج الفصل الأولي 100-T-101 ;
- برج التقطير الجوي 100-T-103 ;
- برج التقطير تحت الفراغ 100-T-401 ;
- برج استقرار المنتجات 100-T-102 ;
- الأفران 100-F-101, 100-F-102, 100-F-103 ;
- المبادلات الحرارية 100-E-101 إلى 100-E-108 (أو الرقم 20) ;
- نظام الحقن للمعالجة الكيميائية: أمين التعديل، مثبت التآكل، وماء الغسيل.

تعمل هذه الوحدة على النحو التالي:

المرحلة 1: التسخين المسبق للمكثفات:

يتم تسخين المكثفات عند درجة حرارة منخفضة تبلغ 30 درجة مئوية بواسطة 8 مستويات من المبادلات الحرارية. يمكن إجراء عملية التبادل الحراري على شكل قناتين بالتوازي للسماح بمعالجة 50% أو 100% من الحمولة.

المرحلة 2: الفصل الأولي

يتمثل دور البرج 100-T-101 في الفصل الأولي للمكثفات إلى ثلاثة أقسام:

- عند رأس البرج (غاز + نافثا خفيفة) ;

- قسم نافثا مستقرة أو متوسطة;

- القسم السفلي;

صُمم البرج بمجموعة من 35 صينية ويتبخر المكثفات جزئياً عند الصينية 28.

المرحلة 3: التقطير الجوي:

يتمثل دور البرج 100-T-103 في التقطير المسبق للجزء السفلي من البرج 100-T-102 إلى أربعة أقسام:

- القسم العلوي من النافثا;

- قسم للكبروسين;

- قسم للديزل الخفيف;

- القسم السفلي.

تم تصميم البرج بمجموع 46 طبقة والتي تستقبل المزيج على مستوى الطبقة 43.

المرحلة 4: التقطير تحت الفراغ:

يحتوي برج التقطير تحت الفراغ 100-T-401 على ثلاثة مستويات من التعبئة ويستقبل المزيج المكون من الكبروسين، الديزل

الخفيف والديزل الثقيل من قاع العمود 100-T-103، ويتمثل دوره في استرجاع الديزل الخفيف غير المجزأ خلال عملية

التقطير الجوي.

المرحلة 5: برج فاصل البوتان:

يتم تنفيذ هذه المرحلة بواسطة برج 100-T-201 ويُعرف أيضاً باسم برج الاستقرار لأنه يساعد على استقرار النافثا وينتج

عنه قسمان:

- في الأعلى، قسم لغاز البترول المسال GPL (مزيج من غاز البوتان C_4 وغاز البروبان C_3)؛

-في الأسفل، قسم للنافتا "المستقرة".

المرحلة 6: برج فاصل البروبان:

يتم بعد ذلك تجزئة الغازات من أعلى البرج 100-T-301 فاصل البروبان. تنتج هذه المرحلة البروبان في أعلى البرج والبوتان في أسفل البرج. ثم يتم نقل البوتان بعد ذلك إلى نظام تجفيف البوتان 100-PKG-301، الذي يحتوي على عمودين للتجفيف بالجيرال الجزيئي لإزالة آثار الماء، ويرسل كمنتج نهائي إلى خزانات التخزين، بينما يتم استرداد البروبان كوقود للأفران.

المرحلة 7: نظام الحقن:

يستخدم فقط في رأس برج الفصل الأولي.

1-حقن أمين التعديل؛

2-حقن مثبت التآكل؛

3-حقن ماء الغسيل.



الشكل 04: الوحدة 100.

2.8. وحدة معالجة الكيروسين (الوحدة 200)

وحدة معالجة الكيروسين هذه مخصصة لتنقية الكيروسين الناتج من برج التقطير الجوي (T-103). يعتمد تشغيلها على خصائص الكيروسين (يجب أن تكون الحموضة أقل من 0.0015 مغ من KOH لكل واحد غرام)، لا يمكن تشغيلها إلا بعد تشغيل الوحدة 100 إذا كان الكيروسين يتطلب معالجة، تعمل هذه الوحدة على النحو التالي:

- معالجة الكيروسين؛

- معالجة البقايا القلوية؛

- التحضير والتخزين.

3.8. وحدة التخزين والنقل (الوحدة 300)

تضمن الوحدة (300) استقبالًا وتخزينًا وتغذية المكثفات لوحدة الإنتاج، بالإضافة إلى استقبال وتخزين ونقل جميع المنتجات النهائية، حيث يتم نقل هذه المنتجات النهائية بما فيها البوتان، النافتا، الكيروسين، الديزل الخفيف والديزل الثقيل إلى مرافق التخزين المناسبة على مستوى مصفاة RA1K كما هو مبين في الجدول 02.



الشكل 05: صور توضيحية لخزانات النافتا والمكثفات.

الجدول 02: صهاريج تخزين المنتجات البترولية.

المنتج	عدد الصهاريج	رمز الخزانات	سعة الصهاريج (m ³)
المكثف	3	TK-301-00	25000
		TK-301-01	
		TK-301-02	
البوتان	2	TK-305-01	1400
		TK-305-02	
النافتا	2	TK-304-01	36600
		TK-304-02	
الكبروسين	2	TK-303-01	5360
		TK-303-02	
الديزل الخفيف	2	TK-302-01	2180
		TK-302-02	
الديزل الثقيل	2	TK-302-03	860
		TK-302-04	

4.8. نظام الشعلة (الوحدة 400)

تُستخدم الشعلة لحرق الغازات المنبعثة من صمامات معدات المعالجة في وحدة تجميع المكثفات، وكذلك كريات تخزين

البوتان. نظام الشعلة مجهز بنظام معالجة مضاد للدخان.

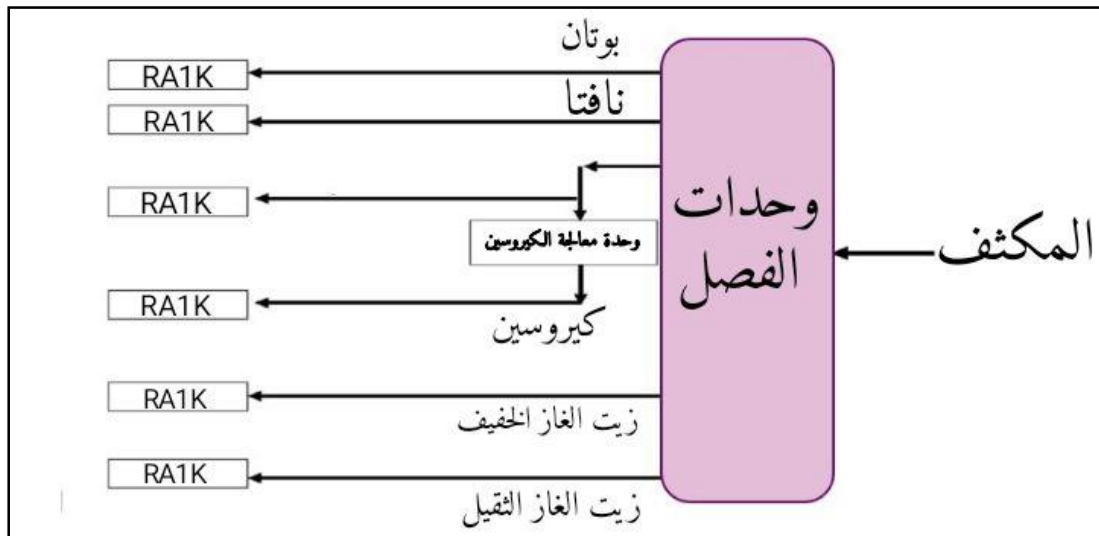
5.8. وحدة المرافق (الوحدة 500)

تحتوي على الوحدات التالية:

- 501: قسم معالجة مياه الصرف ;
- 502: قسم إمداد مياه التبريد;
- 503: قسم إمدادات مياه الشرب والصرف الصحي;
- 504: قسم شبكة مكافحة الحرائق؛
- 505: وحدة إمداد الهواء المضغوط.

6.8. وحدة معالجة النفايات السائلة

يتم تجميع المياه الزيتية والنفايات الكيميائية وكذلك مياه الأمطار ومياه الصرف الصحي ومعالجتها في قسم معالجة مياه الصرف الصحي 501 داخل مركب المكثفات قبل تفريغها إلى الشبكة المناسبة في المنطقة الصناعية بسكيدة.



الشكل 06: مخطط عام لمركب تكرير المكثفات RA2K.^[7]

9. الموارد الأساسية لتشغيل المجمع

1.9. الغاز الطبيعي

يتم إمداد المركب بالغاز الطبيعي من قبل شركة سوناتراك (RTE/TRC)؛ ويستخدم الغاز الطبيعي كوقود للأفران ولإشعال الشعلات.

2.9. غاز النيتروجين

يتم تزويد المركب بغاز النيتروجين من قبل شركة الغازات الصناعية (ENGI MESSER)؛ حيث إن النيتروجين ضروري لوسائط التخزين الخاملة ولصيانة منشآت المجمع. النيتروجين الذي يتم توريده هو نيتروجين من الدرجة الصناعية بدرجة نقاء لا تقل عن 99.99%.

3.9. الماء

يتم إمداد المركب بالمياه من قبل شركة ADE (EPDEMI) . تُستخدم المياه للأغراض التالية:

- تعبئة نظام مياه التبريد،
 - الاستهلاك المنزلي للموظفين،
 - تعبئة نظام مياه مكافحة الحرائق،
 - صيانة وتشغيل المرافق.
- يحتوي المجمع على نظام لمعالجة مياه الشرب وتوزيعها لتلبية احتياجات موظفي المركب، ويتكون من خزان ومضختين (إحداهما في الخدمة والأخرى في وضع الاستعداد)، ووحدة لمعالجة المياه وشبكة توزيع لتزويد مختلف المستهلكين.

4.9. البخار

يتم إمداد المركب بالبخار عن طريق مركب RA1K؛ ويستخدم لصيانة المحطة، الشعلة، جهاز رصد التآكل ووحدة معالجة النفايات السائلة.

5.9. الهواء

الهواء المضغوط (هواء الخدمة وهواء الأجهزة) يتم تأمينه من خلال ضاغطين للهواء، حيث يتم تجفيف الأدوات من خلال جهازي تجفيف (جهاز تجفيف في الخدمة وجهاز تجفيف في عملية التجديد). يتم تصميم بالون تخزين الهواء لتجفيف الأجهزة بحجم يضمن تشغيل المجمع لمدة تقدر بثلاثين دقيقة.

6.9. الكهرباء

يتم تزويد المركب بالكهرباء من خطين مستقلين متصلين بشبكة سونلغاز بجهد 63 كيلو فولت.

10. وصف مختبر RA2K:

المختبر هو مصلحة تابعة لقسم التقنية في مصفاة RA2K مخصص لتحليل المنتجات المختلفة المستمدة من عمليات التكرير. وهو مجهز بأحدث التقنيات في مجال ضمان جودة المنتجات، ويضم ثلاث جوانب:

- تحليل ومراقبة وحدات الإنتاج (تحليلات روتينية).

- تحليل ومراقبة جودة المنتجات النهائية (تحاليل الصهاريج).

- تحليل ومراقبة وحدة المياه (تحليلات الخدمات العامة).

يتمثل الدور الرئيسي للمختبر في متابعة دورية لعمل وحدات الإنتاج ومراقبة جودة المنتجات النهائية وشبه النهائية (النافتا، الكيروسين، ... الخ). لهذا تخضع هذه المنتجات في مختبر RA2K لسلسلة من التحاليل قبل طرحها في السوق. لمعرفة إن كانت متوافقة لـ:

- معايير السوق.

- معايير بناءً على طلب الزبون.

- مع القوانين المعمول بها.

- معايير شركة سوناطراك.

كما يمكن للمختبر مراقبة:

- خصائص مكونات المكثفات عند الاستلام؛

- خصائص المنتجات قيد الانتاج (البوتان، النافتا، الكيروسين، الديزل الخفيف والثقيل)؛

- خصائص المنتجات التجارية الموجهة للتسويق.

ثم بعد مراقبة الجودة، يقوم المختبر بإعداد تقرير عن سير المراقبة والنتائج، ويجب أن يتمثل تقرير التحليل وفقاً للمعايير والمواصفات التجارية المعمول بها عالمياً، وفي كل الحالات يصدر شهادات المطابقة أو عدم المطابقة.

ويتم تجميع قيم هذه المعايير في الجدول التالي: يقوم المختبر بدوره، بالإضافة إلى ذلك، بمساعدة عملية التشغيل كما يتبع نظام العمل بـ 24 ساعة عمل متواصلة على مدار الأسبوع، والهدف الرئيسي هو تحديد المواصفات المطابقة للمعايير المناسبة وبالتالي تحسين الإنتاج.^[11]

1.10. المعدات والتحليل والمعايير المختلفة المستخدمة في المختبر^[11]

تم تجهيز المختبر بأحدث التقنيات التي تتطلبها صناعة التكرير الحالية. وتتألف إدارة المختبر من موظفين متخصصين على درجة عالية من الكفاءة، يضمون إتقان العمليات المنجزة على مستوى المختبر، ويحتوي المختبر على مجموعة متنوعة من المعدات، التحاليل والمعايير التي تستخدم في العمل:

أ. المعدات: تتناسب مع متطلبات التكنولوجيا المتقدمة في مجال تكرير النفط. يشمل ذلك أجهزة الاختبار والقياس الدقيقة والمعدات المخبرية المتقدمة.

ب. التحاليل: يشمل العمل في المختبر تنفيذ مجموعة متنوعة من التحاليل والاختبارات على المنتجات المختلفة المتعلقة بعمليات التكرير. يتم تحليل مختلف العينات بدقة وفقاً للمعايير المعترف بها.

ج. المعايير: تحدد المعايير خصائص صنف من المعدات أو المنتج، أو الوسائل والطرق التي يجب استخدامها لاختبار جودته. يكمن الاختلاف في طريقة وضعها. فالمعايير هي نتيجة توافق في الآراء بين جميع الأطراف المعنية، الذين يمثلون منتجي المنتج أو المادة المعنية، والمستهلكين، وثالثاً السلطات.^[12]

لا يتم تكريس المعايير بشكل عام في القانون، لذا فهي ليست ملزمة وهي طوعية. وتكمن قوتها الوحيدة في توافق الآراء الذي تم التوصل إليها عند وضعها. ومع ذلك، هناك بعض الاستثناءات القليلة التي تجعل أحياناً معياراً ما إلزامياً.^[12] هناك نوعان من المعايير للمنتجات البترولية:

- معايير التصنيف والخصائص: وهذه تشبه إلى حد كبير المواصفات، ولكن الامتثال لها ليس مطلوباً بموجب القانون. يُشار إليها في أغلب الأحيان بمعايير المواصفات. وعلى الرغم من استخدام المصطلح عامة، إلا أن هذا التعبير غير موفق لأنه يعزز الخلط بين المعايير والمواصفات.

- معايير وطرق الاختبار: والتي تتم الإشارة إليها في معايير المواصفات. حتى يتمكن العميل ومورده من مقارنة نتائجهما في التبادل التجاري، من المهم أن تطبق المختبرات نفس بروتوكولات التشغيل بدقة.^[12]

يتم العمل في المختبر وفقاً لمعايير وطنية ودولية معمول بها في صناعة التكرير. يتم استخدام المعايير الشهيرة (IP، ASTM، NA، ISO، U.O.P) التي تُطبَّق عالمياً في عمليات التكرير.

- ASTM: الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد.

- IP: معهد بترول يوم.

- ISO: المنظمة الدولية للتوحيد القياسي.

- NA: معهد المعايير الجزائرية.

- U.O.P: الشركة الأمريكية متعددة الجنسيات لتطوير التكنولوجيا في تكرير البترول.

د. المواصفات: يجب أن يفي كل منتج بترولي بخصائص دقيقة يُعبَّر عنها بالحدود المعيارية تُعرف بالمواصفات. ويجب التمييز بين: [13]

- المواصفات الجمركية، التي تُستخدم لتصنيف المواد الهيدروكربونية عند دخولها إلى البلاد؛ وهي التي تحدد الخصائص التي لها تأثير ضريبي،

- المواصفات الإدارية؛ وهي تحكم الخصائص التي يجب أن تستوفها المنتجات في دولة ما.

- المواصفات المهنية، وهي المواصفات التي تضعها شركات التكرير للمنتجات التي تنتجها. وبالطبع يمكن أن تكون هذه المواصفات أكثر صرامة من المواصفات الإدارية؛

- المواصفات الخاصة بتشغيل كل مصفاة.

ملاحظة:

تتطور المعايير والمواصفات باستمرار، وبالتالي يجب تحديثها باستمرار. ويرجع ذلك إلى:

متطلبات المستخدم المتغيرة، والتي تتجلى في ظهور أنواع جديدة من المنتجات، والعمليات الجديدة للحصول على هذه المنتجات والاستخدامات الجديدة لها، والتي تتطلب خصائص مختلفة. والتطورات في التكنولوجيا، خاصة فيما يتعلق بالأساليب التحليلية الجديدة؛ لهذا ينبغي تسليط الضوء على تطوير تقنيات التحليل التي تسمح إما بتحقيق مكاسب في الإنتاجية أو الجودة، أو إجراء تحليلات أكثر تقدماً، حيث تتيح تكنولوجيا الحاسوب المرتبطة بالأدوات التحليلية إمكانيات جديدة، من خلال الجمع بين التحليل كما أنه من الممكن استبدال طرق الاختبار الطويلة والمكلفة بطرق اختبار أسرع.^[13]

2.10. قاعات المخبر

- غرفة تحليل المياه:

التحاليل التي يتم إجراؤها: درجة الحموضة، والـTOC، والحمض الذري الحامض، وTA، وTAC، وTH، وCa²⁺، وMg²⁺، وMES، وcod.

- قاعة الكروماتوغرافيا:

التحاليل التي تجرى بها: PIONA، DHA، RGA

- قاعة التحاليل الخاصة:

التحاليل المنفذة: تحليل الكبريت، تحليل الزئبق، نقطة الدخان، الكثافة.

- قاعة التحاليل الروتينية 1:

التحاليل المنفذة: التقطير ASTM D 86 (ألي ويدوي)، ضغط البخار TVR.

- قاعة التحاليل الروتينية 2:

التحاليل التي يتم إجراؤها: شريحة النحاس، اللزوجة، نقطة الانسداد، تحليل درجة اللزوجة ...

- قاعة تحضير الكواشف

- قاعة تحليل الكيروسين:

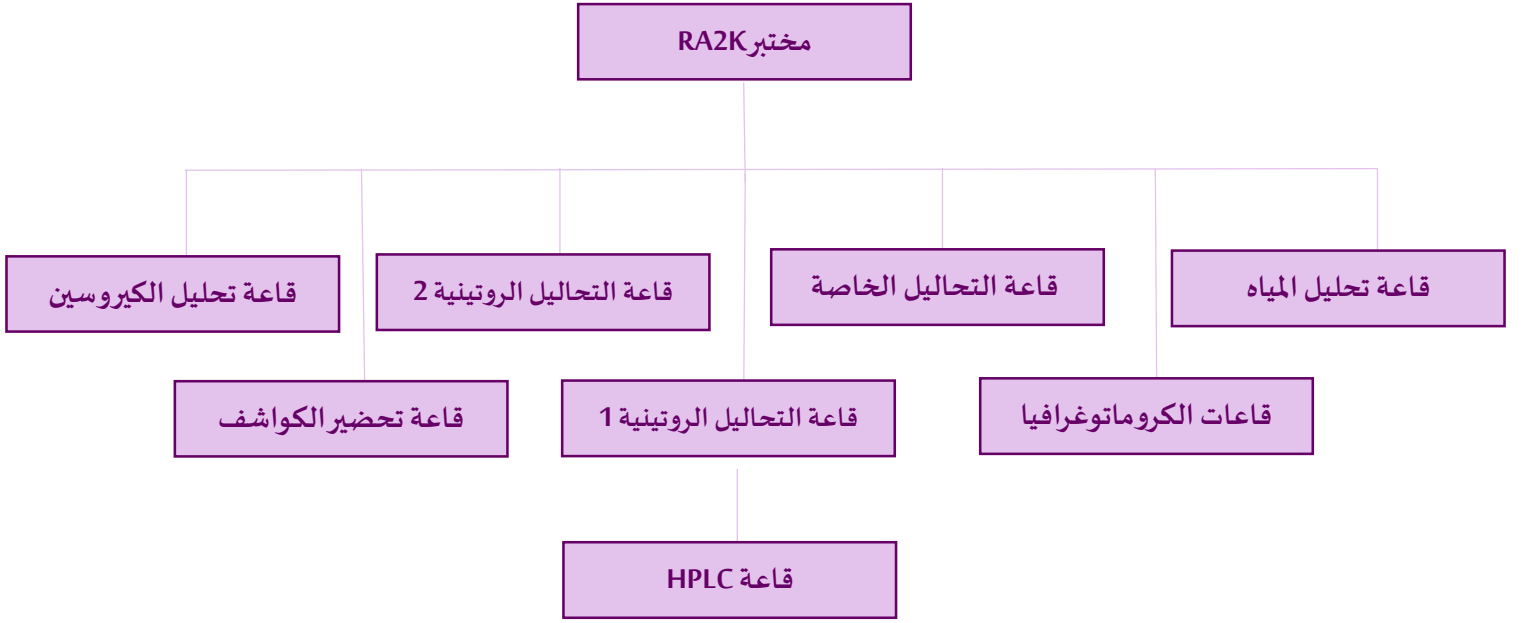
التحاليل التي يتم إجراؤها: الكثافة، نقطة الوميض، تحديد اللون ...

- قاعة HPLC:

التحاليل التي تجرى بها: JFTOT، HPLC، الامتصاص الذري

- قاعات قياس الوزن والمسعات الحرارية.

- قاعتي تكييف الهواء.



الشكل 07: القاعات الموجودة في المختبر.

3.10. المكون البشري للمختبر

مختبر RA2K لديه موظفين مؤهلين وذوي خبرة ومدربين. ويراعى في تأهيل الموظفين العناصر التالية:

- الشهادات التي تم الحصول عليها.
- المهارات المكتسبة.
- التدريب الداخلي للمختبر.
- التقييم.

يتم تقسيم مختلف الواجبات والمهام والمسؤوليات، في المختبر، على العمال والموظفين كما يلي:

- رئيس مصلحة المختبر.
- مهندس المختبر.
- رؤساء الورديات.
- الكيميائيون.

4.10. السلامة والتنظيم الداخلي للمختبر

تتطلب طبيعة العمل والمخاطر المرتقبة، من جراء التعامل مع معدات حساسة ومواد خطيرة، إلى قواعد سلامة وأمن صارمة ودقيقة تتضمن الحفاظ على سلامة العمال وعلى الأجهزة.

1.4.10. الملابس

من الضروري أن يولي جميع الموظفين أقصى قدر من الاهتمام لأداء عملهم وأن يرتدوا فقط ملابس العمل المناسبة والملائمة، حيث يتم توفير معدات الحماية الشخصية للموظفين من أجل:

- حماية الرأس.
- حماية الجهاز التنفسي.
- حماية الوجه.
- حماية العينين.
- حماية القدمين.

2.4.10. الحماية الأساسية في المختبر

يتم التعامل مع المعدات والمواد المستخدمة في المختبر كما يلي:

- تُخزن بعد التنظيف في خزانة أو متجر.
- عادة ما يتم تحديد المنتجات بملصقات لاصقة.
- يُشار بوضوح إلى جهد تشغيل الأجهزة الكهربائية.
- الحد الأدنى لكمية المواد التي يمكن استخدامها.
- يتم وضع ملصقات على زجاجات العينات والمنتجات الكيميائية بشكل صحيح للإشارة إلى المنتج الذي تحتوي عليه.
- تسبب بعض المنتجات غير المتوافقة تفاعلات عنيفة ولا يمكن السيطرة عليها عندما تتلامس مع بعضها البعض، لذلك من الضروري تخزينها بشكل منفصل، كما يجب:
- تنظيف أي انسكاب على الفور.
- سد التسريبات بمجرد حدوثها.

- عدم استخدام البنزين أو المذيبات التي تقل درجة وميضها عن 35 درجة كعامل تنظيف.

3.4.10. تخزين المنتجات الكيميائية

أ. الأحماض والقلويات: يجب حفظ الأحماض والقلويات وجميع المنتجات المسببة للتآكل في زجاجات مغطاة وتخزينها على رفوف منخفضة.

يجب تمييز أماكن التخزين بعلامات السلامة كما يجب وضع علامات على حاويات أو صهاريج التخزين.

ب. المنتجات السامة: يجب تخزين المنتجات السامة أو القابلة للانفجار في حاويات تحمل ملصقات خاصة وموانع للتسرب وتوضع في خزانات منفصلة.

ج. المنتجات المتطايرة: تُحفظ زجاجات السوائل في معزل عن أشعة الشمس أو أي مصدر للحرارة، كذلك يجب حفظ بعض السوائل شديدة التطاير في درجات الحرارة المنخفضة في خزانات مبردة.

د. التخلص من النفايات: يتحمل الموظفون الذين يستخدمون المنتجات الخطرة مسؤولية التخلص الآمن من النفايات.

- قبل التخلص من أي نفايات، يجب التحقق من طبيعتها واستشارة الشخص المسؤول عن المختبر إذا كان هناك أي شك حول الطريقة الصحيحة للتخلص من منتج غير مألوف.

- يجب وضع الورق والخرق في صناديق معدنية، كما يجب تخفيف الأحماض والقلويات المركزة بدرجة كبيرة قبل سكبها في البالوعة ومعادلتها بحيث يتراوح الرقم الهيدروجيني بين 5.5 و8.5.

- يجب تفريغ أسطوانات الغاز.

- يجب جمع المنتجات المتطايرة والقابلة للاشتعال في علب مخصصة لهذا الغرض.

4.4.10. قواعد أخرى

جميع المواد الموجودة في المختبر تقريبًا سامة، وبعضها يسبب تآكل الأجهزة. من الخطورة تجاهل الانسكابات والتعرض للأبخرة أو المذيبات. بالإضافة إلى ذلك، فإن بعض آثار المواد شديدة السمية يمكن أن تلوث المعدات والملابس لهذا يجب حظرها جميعاً من المختبر. كما يجب:

- الحفاظ على النظام.

- تجنب اللعب العنيف.

❖ من الجيد أن تكون هذه القواعد مفهومة جيداً من قبل الموظفين، ومن مصلحتهم فهم نقاطها.

11. خاتمة

تناولنا في هذا الفصل وصف عام لمركب تكرير المكثفات وإنتاج النافتا RA2K، موقعه الجغرافي، نشاطه، المواد والمعدات اللازمة في تشغيله، كما تطرقنا إلى وصف أهم وحداته ومكونه البشري.

الفصل الثاني

عموميات حول المكثفات والنافتا

1. المكثفات

1.1. تعريف المكثفات

المكثفات هي مزيج سائل من الهيدروكربونات الخفيفة (من خمسة ذرات كربون فأكثر). ويمكن الحصول عليها إما من الغاز الطبيعي عن طريق التكثيف الناجم عن تبريده في المعالجة الأولية، أو من النفط الخام. وبالتالي يمكن تعريف المكثفات على أنه الجزء الأخف من النفط الخام والجزء الأثقل من الغاز الطبيعي. نجد أن التمييز بين المكثفات والنفط الخام الخفيف ليس سهلاً. فمن حيث الكتلة الحجمية، تبلغ كثافة المكثفات حوالي 0,7^[13].

2.1. أصل المكثفات

تتكون عملية معالجة الغاز الطبيعي من عدة خطوات، حيث يتم جزئياً الفصل بين المكونات المختلفة الموجودة عند مخرج البئر مثل الماء والغازات الحمضية والهيدروكربونات الثقيلة، وذلك لغرض نقل الغاز أو تحقيق المواصفات التجارية المطلوبة. يتم في موقع الإنتاج فصل الجزء السائل (C5 +)، الذي يعرف باسم "المكثفات"، والذي يعتبر أحد المنتجات الأساسية لعملية معالجة الغاز.^[14]

بما أن المكثفات تُعدُّ أحد منتجات الطاقة، فإنها تُحصَلُ على شكل سائل من منتجات النفط والغاز المستخرجة من الحقول. وبعد تجميع هذه الهيدروكربونات في أنبوب، يتم تفريغها إلى مركز المعالجة حيث يتم فصل الغازات بشكل رئيسي عن طريق التمدد. وعند الانتهاء من عملية المعالجة، يتم الحصول على نوعين من الغاز: حيث تُعدُّ المكثفات منتجاً خفيفاً، ويتم إنتاجه من هذين النوعين من الغاز، وهما:

- الغاز الرطب: هو الغاز الذي يحتوي على أجزاء قابلة للتكثيف أو المكثفات، وتتفاوت كميات المكثفات بشكل كبير من غاز إلى آخر، ويُعدُّ هذا الشكل هو الأكثر استخداماً من الغاز الطبيعي. يتم في عملية المعالجة دمج تقنيتي الفصل بالتمديد والتقطير بالتجزئة، حيث يتم تبريد الغاز عبر سلسلة من مراحل التمدد إلى 60 درجة مئوية تحت الصفر، مما يمكن من استعادة أكبر قدر ممكن من الهيدروكربونات السائلة مثل غاز البترول المسال والمكثفات. يتم بعد ذلك فصل هذه المكثفات بواسطة التجزئة في المصفاة وشحنها عبر خطوط أنابيب.

- الغاز الجاف: الذي يكون فقيراً للأجزاء القابلة للتكثيف، حيث يحتوي بشكل أساسي على الميثان، ولذلك تقتصر عملية المعالجة على التخلص من أي شوائب موجودة فيه.^[15]

3.1. أنواع المكثفات^[13]

المكثفات هي مركبات هيدروكربونية تتكون من جزيئات تحتوي على 5 إلى 15 ذرة كربون.

ذرات. يمكن التمييز بين:

- المكثفات الخفيفة: تحتوي من 5 إلى 10 ذرات كربون لكل جزيء، التي تشبه إلى حد كبير النافتا؛
- المكثفات الثقيلة: تحتوي على ما يصل إلى 15 ذرة كربون، التي يمكن أن تنتج النافتا ونواتج التقطير (الكيروسين والديزل).

4.1. استخدام المكثفات

من التسعينيات إلى عام 2010، كانت المكثفات تمثل سوقًا كبيرة جدًا. وتكمن الميزة الخاصة للمكثفات في استخدامها في قطاعين صناعيين استراتيجيين بالكامل: البتروكيماويات والتكرير، ويمنحه هذا الاستخدام المزدوج قيمة مختلفة لكل قطاع من قطاعي الاستخدام.^[16]

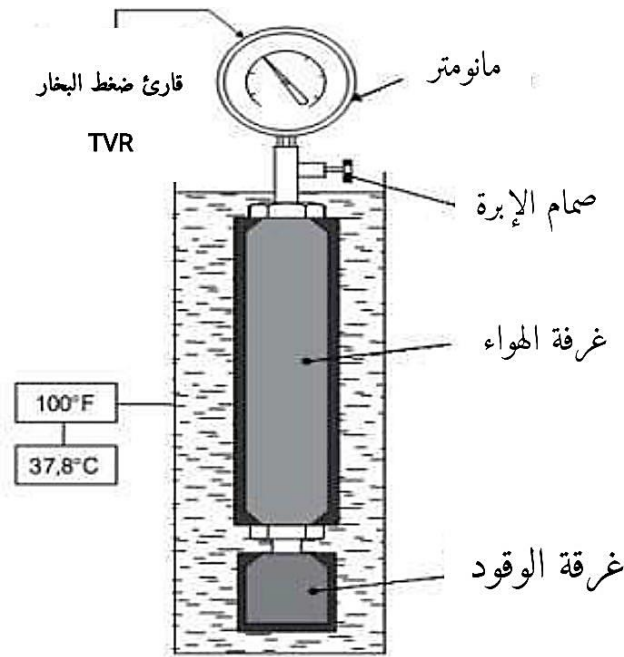
تُستخدم المكثفات كمادة وسيطة لعمود التقطير للحصول على مجموعة من المنتجات البترولية الخفيفة والمتوسطة والثقيلة (البوتان، النافتا، الكيروسين، الديزل الخفيف والثقيل). وذلك لأن المكثفات أقل تكلفة لفصلها ومعالجتها، كما أن تركيبها الكيميائي غني بالعناصر الخفيفة بمختلف عائلاتها، فترتفع المنتجات الأخف وزناً إلى أعلى عمود التقطير (غاز البوتان، النافتا)، بينما تستقر المنتجات الأثقل وزناً في الأسفل (الديزل الخفيف والثقيل، الكيروسين).^[14]

5.1. بعض من خصائص المكثفات

- الكثافة: تُعرف بأنها النسبة بين الكتلة الحجمية للمكثفات والكتلة الحجمية للماء. تتراوح كثافة المكثفات بين 0.7 و0.8.

الكثافة، هي صفة فيزيائية للمواد تعبر عن العلاقة بين كتلتها الحجمية والكتلة الحجمية لمادة مرجعية.

- ضغط البخار (TVR): ضغط بخار ريد هو الضغط الجزئي الذي تمارسه أبخرة سائل على سطحه عند درجة حرارة 37.8°C. هو الخاصية الرئيسية للمكثفات، ويجب أن يكون أقل من (0.690kg/cm²).



الشكل 01: جهاز قياس ضغط البخار.

- نقطة الوميض: نقطة الوميض أقل من (-40) درجة مئوية.
- المظهر: سائل عديم اللون ذو رائحة تشبه رائحة البنزين.
- حدود قابليته للاشتعال: سائل شديد الاشتعال، حيث أن نقطة وميضه أقل من الصفر. حدود قابليته للاشتعال هي 1.4 و 7.6% تقريبًا (في الهواء)، كما تبلغ درجة حرارة الاشتعال التلقائي من 380 إلى 4500 درجة مئوية.
- السمية الفسيولوجية: أبخرة المكثفات سامة للإنسان عند التعرض لها. تكون أول الأعراض التي يتم ملاحظتها هي تهيج العين تليها أعراض اعتلال الأعصاب. قد يعاني الضحية من صعوبة في المشي. عندما تكون تركيزات المكثفات (البخار) في حدود 0.025 إلى 0.05% من حيث الحجم في الهواء، لا يمكن أن تسبب أعراضًا خطيرة حتى بعد عدة ساعات من الاستنشاق.
- الاحتياطات الصحية: للوقاية من التسمم، يجب توفير تهوية مناسبة في مكان العمل لإبقاء تركيز بخار المكثفات أقل من 300 جزء في المليون.

6.1. المكثف الجزائري

1.6.1. جودة المكثفات الجزائرية

المكثفات الجزائرية عبارة عن خليط من الهيدروكربونات بنقطة تقطير نهائية تبلغ حوالي 380 درجة مئوية. ويمكن اعتباره نפטاً خاماً خفيفاً جداً. ويحتوي على نسبة منخفضة جداً من الكبريت، حوالي 40 إلى 50 مرة أقل من مزيج النفط الخام الصحراوي.^[11]

نظراً لجودته العالية، تعتبر المكثفات الجزائرية مادة ممتازة للتكرير، حيث لا يتطلب معالجة مسبقة خاصة. يتم تعريضه لعملية التكرير لينتج غاز البترول المسال، النافتا، الكيروسين والديزل الخفيف والثقيل.^[11]

2.6.1. إنتاج المكثف الجزائري

يمكننا التمييز بين نوعين من المكثفات، يختلفان من حيث كمية الإنتاج والجودة. وهما:

- تحتوي مكثفات أرزيو، من حاسي الرمل، على نسبة عالية من البارافين مع وجود الزئبق. وهو مادة وسيطة جيدة جداً للبتروكيماويات.

- مكثفات بجاية وسكيكدة من أرار، رود النص وحوض الحمراء. مكثفات ملونة، كونها متأثرة بآثار من النفط الخام لاحتوائه على الايزوبارافين.^[11]

الجدول 01: الخصائص الرئيسية للمكثفات الجزائرية.

الخصائص	أرزيو	سكيكدة
الكثافة	0.7140	0.7190
اللزوجة عند 0°C	0.91	1.1
اللزوجة عند 20°C	0.436	0.77
اللزوجة عند 37.8°C	0.383	0.66
نقطة التعكر (°C)	-55	-50
نقطة الانسداد (°C)	< - 65	-60

66	63.3	نقطة الأنالين (°C)
0	0.075 et 0	محتوى الماء (%VOL)
16	53.8	محتوي الزئبق (ppb)
32.5	42.7	نسبة البرافينات
9	20	محتوى الكبريت (ppm)

"نقطة التدفق (Point d'écoulement) هي درجة الحرارة التي يتوقف فيها تدفق السائل بشكل كامل نتيجة لتجمد بعض مكوناته. وهي تختلف عن نقطة التعكر (point de trouble) حيث أن نقطة الانسداد تشير إلى درجة الحرارة التي يتوقف فيها تدفق السائل بشكل كامل، بينما نقطة التعكر تشير إلى درجة الحرارة التي يبدأ فيها تكوين التكتلات الصلبة داخل السائل. ونقطة الأنالين هي أدنى درجة حرارة تذوب فيها المنتجات البترولية."

3.6.1. نقل مكثفات RA2K

يعد نقل المواد الهيدروكربونية السائلة والغازية عنصراً أساسياً واستراتيجياً في سياسة الطاقة. كما تلعب تكاليف النقل دوراً مهماً للغاية في تحديد تجارة المكثفات. داخل مجموعة سوناطراك، تتولى أعمال النقل عبر خطوط الأنابيب (TRC) مسؤولية نقل المواد الهيدروكربونية (النفط الخام والغاز والمكثفات) بواسطة خطوط الأنابيب من مناطق الإنتاج إلى مناطق التخزين في مجمعات الغاز الطبيعي المسال وغاز البترول المسال والمصافي وخزانات النفط، وكذلك إلى البلدان المستوردة.^[11]

وفي الوقت الحاضر، يتم تسليم المكثفات إلى شرق الجزائر بموجب جدول النقل من محطة الضخ في منطقة الهضبة العليا عبر خطي أنابيب OB1 وNH1.

2. النافتا

1.2. تعريف النافتا

النافتا عبارة عن خليط سائل من الهيدروكربونات الخفيفة، أي جزيئات مكونة من ذرات الكربون والهيدروجين (بأعداد صغيرة). يتم إنتاجه بشكل أساسي عن طريق تكرير النفط الخام أو المكثفات.

في معامل التكرير، يتم تسخين النفط الخام أو المكثفات في قاع أبراج التقطير العالية. وتنتقل الهيدروكربونات المختلفة التي يحتويها إلى حالة غازية. ومع انخفاض درجة حرارتها أثناء ارتفاعها في البرج، يسيل كل نوع من الهيدروكربونات عند مستوى معين، مما يسمح باسترداد نواتج تكرير مختلفة. النافتا هي إحدى النواتج الخفيفة: توجد في النصف العلوي لأبراج التقطير (توجد غازات البترول المسال في أعلى البرج).

تشابه تركيبة الأنواع المختلفة من النافتا إلى حد ما مع تركيبة البنزين (C_4 إلى C_{10}). تكون النافتا عديمة اللون.^[17]

2.2. أنواع النافتا

- النافتا الخفيفة: تبلغ درجة غليان النافتا الخفيفة أو البنزين الخفيف ($80^\circ-90^\circ$) وهي غنية بالبارافينات الخطية (البارافينات العادية C_5 ، C_6). تعتمد كثافتها على تركيبها الكيميائية ودرجة حرارة الغليان. ومع ذلك، فإن رقم الأوكتان الخاص بها منخفض.^[18]
- النافتا الثقيلة: تعرف أيضاً باسم "البنزين الثقيل"، وتتراوح درجة غليانها بين 145 درجة مئوية و175 درجة مئوية وتحتوي على جزيئات تحتوي على 6 إلى 10 ذرات كربون. ولها رقم أوكتان منخفض جداً.^[18]
- النافتا الكلية: وهو مجموع الأولين ويمكن استخدامه كمادة وسيطة للتكسير بالبخار.

3.2. التركيب الكيميائي للنافتا

تتكون النافتا في الأساس من جزيئات ناتجة عن اتحاد ذرات الكربون والهيدروجين، والمعروفة باسم الهيدروكربونات. كما تحتوي أيضاً على الكبريت والكلور (Cl_2) والنيتروجين (N_2)، كما يمكن العثور على بعض المعادن مثل الزئبق (Hg)، النيكل (Ni)، الرصاص (Pb) وما إلى ذلك.^[18]

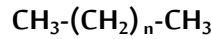
1.3.2. الهيدروكربونات الأليفاتية المشبعة (البارافينات)

1.1.3.2. البارافينات العادية

هي هيدروكربونات مشبعة، مكونة من سلسلة من ذرات الكربون مرتبطة فيما بينها بروابط فردية (C-C)، تحمل كل واحدة منها من صفر إلى ثلاث ذرات هيدروجين (باستثناء أبسطها الميثان CH_4)، حيث يكون الكربون دائماً مرتبطاً بأربع ذرات أخرى (سواء كانت كربونية أو هيدروجينية) صيغتهم العامة:



ويمكن تنظيمها في سلاسل مستقيمة: وهي البارافينات العادية ذات الصيغة البنائية:



تزداد درجة غليانها بزيادة عدد ذرات الكربون، حيث تؤدي إضافة كربون واحد الى زيادة في درجة الغليان ب 25 درجة مئوية، كما تزداد الكثافة بزيادة الوزن الجزيئي وتكون دائما أقل من الواحد.^[12]

هذه المركبات تكون غازية أو سائلة أو صلبة، المركبات الغازية تحتوي في سلسلتها على 1 إلى 4 ذرات كربون (C₁-C₄)، بينما تحتوي المركبات السائلة على 5 إلى 15 ذرة كربون (C₅-C₁₅)، وتحتوي المركبات الصلبة على أكثر من 15 ذرة كربون في الظروف العادية^[12].

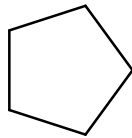
2.1.3.2. البارافينات الفرعية

تكون البارافينات المتفرعة (الايزو-بارافينات) أصعب بكثير في التحديد والفصل بسبب العدد الكبير من الايزوميرات التي تزيد بشكل كبير عندما تزيد الكتلة الجزيئية، حيث يتم استبدال ذرة الهيدروجين (أو عدة ذرات) بسلسلة كربون أو هيدروكربون فنجد نوع واحد فقط من الميثان، واحد من الإيثان وواحد من البروبان، ولكن ابتداءً من البيوتان، تزيد الاحتمالات لربط ذرات الهيدروجين والكربون^[19].

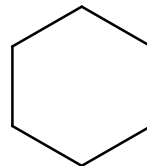
2.3.2. الهيدروكربونات الحلقية المشبعة (النافثانات)

وهي عبارة عن هيدروكربونات مشبعة، وصيغتها العامة هي C_nH_{2n}. في البترول والمكثفات ومشتقاتهم كالنافتا، أكثرها شيوعاً هي تلك التي تحتوي على خمس أو ست ذرات كربون. كما يمكن أن تتكون من حلقتين متصلتين معاً (الصيغة العامة إذن هي C_nH_{2n-2}).

في هذه الحلقات، يمكن استبدال كل ذرة هيدروجين بسلسلة بارافينية (تسمى الألكيل) مستقيمة كانت أو متفرعة.^[12]
أمثلة:



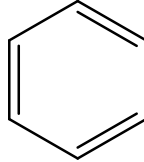
بنتان حلقي



هكسان حلقي

3.3.2. الهيدروكربونات العطرية

وهي عبارة عن هيدروكربونات حلقة متعددة غير مشبعة صيغتها العامة (C_nH_{2n-6}) تتميز الهيدروكربونات العطرية بنسبة C/H أعلى من تلك التي لوحظت في الهيدروكربونات الأخرى.^[12]
أمثلة:

بنزن C_6H_6

4.3.2. الهيدروكربونات الغير مشبعة

1.4.3.2. الألكينات

الألكينات (أو الأوليفينات) هي المركبات التي تحتوي على نقص في الهيدروجين مقارنة بالألكانات، ويتم تركيبها عن طريق فقدان زوجين من ذرات الهيدروجين. تكون صيغتها العامة (C_nH_{2n}) عندما تكون سلسلة مفتوحة و(C_nH_{2n-2}) عندما تكون حلقة. الأوليفينات تكون موجودة بكميات ضئيلة في النفط الخام أو منتجات التقطير المباشر، ولكن يمكن أن تكون موجودة في تركيب المواد المستخدمة في عمليات تكرير البترول.^[12,19]

2.4.3.2. الألكاينات

تتميز هذه الهيدروكربونات غير المشبعة بوجود رابطة ثلاثية $C \equiv C$ في جزيئاتها. صيغتها العامة (C_nH_{2n-2}) وتعرف الألكاينات أيضا باسم الأسيتيلينات.^[19]

5.3.2. مركبات ذات ذرات متغايرة

1.5.3.2. المركبات الكبريتية

الكبريت هو العنصر الأكثر شيوعًا في النفط الخام والمكثفات وكذا مشتقاتهم. في الأجزاء منخفضة الغليان، ويمكن أن يتراوح تركيزه من 0.1 إلى أكثر من 8% بالوزن؛ ويرتبط هذا المحتوى بكثافة الخام وبالتالي جودته (خفيف أو ثقيل). ويمكن أن يتواجد الكبريت في شكل غير عضوي عنصر الكبريت S، أو في شكل عضوي كبريتيد الهيدروجين H_2S ، أو

كبريتيد أو أكسيد الكربون COS بالإضافة إلى الكبريتيدات الحلقية وثنائي الكبريتيدات R-S-S-R التي تكون موجودة بشكل رئيسي في الأجزاء الخفيفة كالنافتا.^[14]

2.5.3.2. المركبات الأكسجينية

تحتوي المنتجات البترولية عمومًا على نسبة أكسجين أقل من الكبريت. وعلى الرغم من عدم وفرة الأكسجين، إلا أنه يمكن أن يلعب دورًا مهمًا؛ فهو مسؤول بشكل خاص عن حموضة الزيوت. ونجده في شكل أحماض كربوكسيلية (R-COOH) وفينولات (Ar-OH) وكتونات (R-CO-R) ومركبات من نوع ثنائي بنزوفوران.^[19]

3.5.3.2. المركبات النيتروجينية

مركبات النيتروجين: توجد هذه المركبات في المكثفات والبترول ومشتقاتهم بمعدل أقل بمرتين إلى عشر مرات من مركبات الكبريت. ومثلها مثل مركبات الكبريت، توجد بشكل أساسي في الأجزاء الثقيلة. تُصنّف مركبات النيتروجين على أنها قاعدية أو غير قاعدية فيمكن ملاحظة أن نسبة النيتروجين القاعدي إلى النيتروجين الكلي تختلف قليلاً من خام إلى آخر (من 0.25 إلى 0.34)، هي الأسهل في فصلها عن الخام، وبالتالي فهي الأفضل في تحديدها.^[18]

6.3.2. المعادن

نجد العديد من المعادن في المنتجات البترولية. والاثنان الرئيسيان هما النيكل والفناديوم، لكن الحديد والزنك والكروم والنحاس والمنغنيز والكوبالت موجودة دائماً تقريباً. كما نجد الزئبق، يتراوح تركيزها من 1000 جزء في المليون إلى أقل من 1 جزء في المليون، كما يؤدي وجود المعادن إلى مشاكل التلوث والتآكل.^[18]

4.2. استعمالات النافتا في التكرير والصناعات البتروكيميائية

النافتا هي مادة وسيطة بتروكيمياوية تستخدم في تصنيع كل من الأوليفينات (الإيثيلين والبروبيلين وغيرها) والعطريات (البنتزين والتولوين والزيلين - المعروفة باسم BTX). يتم الحصول على الأوليفينات في مصانع التكسير بالبخار، ويفضل أن يكون ذلك من المواد الأولية البارافينية. يتم الحصول على المواد العطرية عن طريق استخلاص المواد العطرية نفسها الناتجة عن تحويل النافتا الثقيلة في وحدة التشكيل التحفيزي.

وتستخدم الأوليفينات في مجموعة واسعة من التطبيقات (البوليمرات، والنيوبرين، والمنظفات، وما إلى ذلك) وتولد قيمة مضافة كبيرة. تُستخدم المواد العطرية في تصنيع البوليسترين والراتنجات والمذيبات والملدنات الخ.^[13]

إضافة إلى ذلك، فإن النافتا لها تطبيقات في مجموعة متنوعة من القطاعات الأخرى. فهي تستخدم عادةً كمذيب في صناعات مثل الدهانات والطلاء والمواد اللاصقة، نظراً لقدرتها على إذابة مجموعة واسعة من المواد. كما تُستخدم أيضاً كمكون رئيسي في إنتاج سائل الولاغات و مواد التنظيف ووقود مواقد التخييم والفوانيس.

1.4.2. التشكيل التحفيزي للنافتا $reformatage catalytique du naphtha$ [20]

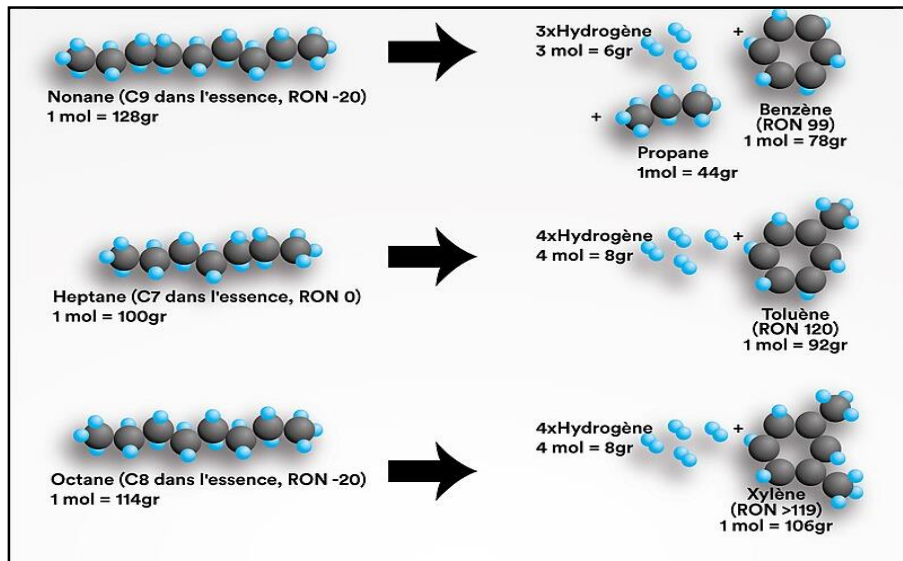
تقوم عمليات الإصلاح التحفيزي بتحويل النافتا الثقيلة منخفضة الأوكتان إلى هيدروكربونات عطرية يمكن استخدامها كمواد وسيطة للبتروكيماويات ومكونات بنزين عالية الأوكتان لتلبية متطلبات بنزين المحركات، عن طريق إعادة الترتيب الجزيئي أو نزع الهيدروجين.

يُستخدم نوعان من المحفزات في عمليات التشكيل التحفيزي وهما:

* المحفزات أحادية المعدن التي تتكون من البلاتين على الألومينا المكلورة (Pt/Al_2O_3).

* المحفزات ثنائية المعدن تتألف من البلاتين المرتبط بفلز ثانٍ مثل الرينيوم (Rh) أو الإيريديوم (Ir) أو الجرمانيوم (Ge) أو

القصدير (Et).

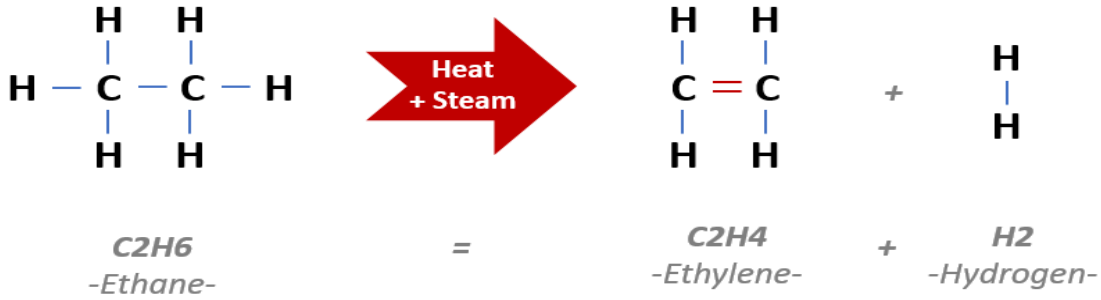


الشكل 02: أمثلة عن التفاعلات الكيميائية للتشكيل التحفيزي.

2.4.2. تكسير النافتا بالبخار $vapocraquage du naphtha$

يؤدي التكسير بالبخار إلى تخليق مجموعة واسعة من المنتجات غير المشبعة للهيدروكربونات المشبعة الموجودة في النافتا، عن طريق رفع درجة الحرارة وإضافة مادة مخففة، عادةً ما تكون بخار الذي يعمل على تقليل الضغط الجزيئي.

ينتج عن التكسير البخاري للنافتا مجموعة واسعة جدًا من المنتجات، خاصةً أحاديات الأوليفينات (الإيثين والبروبيلين والبيوتين ...) وثنائية الأوليفينات التي تعرف أيضا باسم الديينات.^[21] التي تدخل في تصنيع مجموعة كبيرة من المواد الكيميائية والبوليميرات والمذيبات والمواد اللاصقة و مواد التنظيف^[22].



الشكل 03: تكوين الإيثيلين عبر تكسير الإيثان بالبخار.

3.4.2. مزامرة النافتا Isomérisation du naphta^[23]

إيزومرة النافتا هو تفاعل تحفيزي يتيح هذا التفاعل التحفيزي إمكانية الحصول على أيزوبارافينات ذات رقم أوكتان أعلى بكثير من البارافينات منخفضة الأوكتان الناتجة عن التقطير المباشر. كما تساهم مماكبة الألكانات في إزالة الألكيلات الرصاصية من البنزين، وذلك بغرض حماية البيئة. يستعمل في هذا التفاعل نوعان من محفزات الأيزومرة: بلاتين/Pt/كلوريد الألمنيوم Al_2Cl_6 ، ومحفز Pt/الزوليت (سيليكات الألومنيوم). وعادةً ما يكون المردود الناتج عن أيزومرة النافتا الخفيفة مرتفعًا جدًا (97% بالوزن).



الشكل 04: تفاعل إيزومرة الألكانات.

5.2. خصائص النافتا

✓ الكثافة

التعريف: يتم تعريفها بالنسبة إلى الماء. كثافة الجسم الصلب أو السائل هي نسبة الكتلة الحجمية للجسم إلى الكتلة الحجمية للماء. وباعتبارها نسبة كميتين متطابقتين، يتم التعبير عن الكثافة بدون وحدات.

من الواضح أن قيمة الكثافة يجب أن تكون مصحوبة دائماً بدرجة الحرارة المقابلة لها. بالنسبة للمنتجات البترولية، يتم التعبير عن ذلك بشكل عام عند 15 درجة مئوية.^[24]

✓ التقطير ASTM

التعريف: هذا تقطير بسيط يتم إجراؤه في المختبر في معدات زجاجية باتباع إجراء محدد من قبل ASTM D86 (الجمعية الأمريكية للاختبار والمواد). يتم ملء القارورة بـ 100 مل من الخليط، ثم يتم تسخين العينة بموقد بنسن وتبخيرها بمعدل مضبوط.^[25]

يستخدم التقطير ASTM لتحديد درجات حرارة التكثيف أو درجة حرارة التقطير الأولية (PI) ودرجة حرارة التقطير النهائية (PF) للمنتجات البترولية من أجل:
- ضبط درجة حرارة ألواح الأعمدة.
- وتوفير معلومات نوعية وكمية مهمة عن المنتجات المعقدة.

✓ ضغط البخار

التعريف: يتم تطبيق هذا الإجراء على المنتجات التي يقل ضغط بخارها عن 180 كيلو باسكال. يعتمد هذا التحليل على تكثيف المركبات الخفيفة لهذه المنتجات ثم تبخيرها عند درجة حرارة 37.8 درجة مئوية.^[26]
من أجل تحديد التطاير وضغط البخار للمنتجات البترولية الخفيفة أثناء التخزين والنقل والاستخدام، ومن أجل التحكم الآمن في هذه المنتجات.

✓ محتوى الكبريت

التعريف: تغطي طريقة الاختبار هذه تحديد الكبريت الكلي في الهيدروكربونات السائلة التي تتراوح درجة غليانها بين 25 درجة مئوية و400 درجة مئوية تقريباً، مع لزوجة تتراوح بين 0.2 سنتيستوك [cSt] (ملم²/ثانية) و20 تقريباً في درجة حرارة الغرفة.

[27]

✓ محتوى الزئبق

التعريف: تحليل يحدد محتوى الزئبق الموجودة في البترول وأجزائه. يستعمل في ذلك جهاز Mercury/PE-1000 وهو نظام تحليل الزئبق الذي يمكنه بسهولة قياس كمية الزئبق الموجودة في البترول أو الغاز الطبيعي (اختياري) بطريقة سريعة وفائقة الحساسية وعالية الدقة. [28]

✓ تحديد كبريتيد الهيدروجين

التعريف: اختبار بمحلول كيميائي للكشف عن وجود مركبات الكبريت غير المرغوب فيها في نواتج التقطير البترولية (مثل النافتا). [29]

إن الغرض من تحليل H_2S هو الكشف النوعي عن كبريتيد الهيدروجين H_2S والمركباتان (R-SH) في الأجزاء البترولية ذات الألوان الفاتحة. [30]

✓ مدى التآكل مع النحاس

التعريف: بما أن بعض مركبات الكبريت العدوانية موجودة في البنزين، فإنها يمكن أن تسبب تأثيرات تآكل على المعدات التي تستخدمها. ونظراً لأن النحاس حساس بشكل خاص لوجود هذه المركبات المسببة للتآكل، يتم استخدامه لاختبار لتقييم التآكل. يتم غمر شريط من النحاس المصقول لفترة زمنية محددة في كمية محددة مسبقاً من الوقود المحفوظ في درجة حرارة ثابتة. تشير حالة الشفرة إلى مدى عدوانية الوقود على المعدات. [31]

✓ لون سايبولت

التعريف: اللون هو إحساس ناتج عن الانطباع الذي يحدثه الضوء المنبعث من مصدر ما على العين وتستقبله العين مباشرة (لون مصدر: لهب، إلخ...) أو بعد تفاعل (فعل متبادل مع شيء آخر) مع جسم غير مضيء. [32]

تُطبق هذه الطريقة على المنتجات البترولية الشفافة مثل النافتا والكيروسين وغيرها وتعطي مقياساً من +30 (شفاف) إلى -16 (شديد التلوين). [33] يساعدنا تحديد اللون في معرفة ما إذا كان المنتج يفي بالمعايير الدولية " [20+]، [30+] " أم لا، ومعرفة ما إذا كان المنتج ملوئاً بنوع آخر من الزيوت (بنزين، زيت الغاز، إلخ).

✓ الكروماتوغرافيا

التعريف: تنص طريقة الاختبار هذه على التحديد الكمي للبارافينات والأوليفينات والنفثينات والعطريات بواسطة كروماتوغرافيا الغاز متعددة الأبعاد. يمكن الإبلاغ عن كل نوع من أنواع الهيدروكربونات إما برقم الكربون أو كمجموع حتى C10، باستثناء الأوليفينات التي يمكن الإبلاغ عنها حتى C9 فقط. لا يمكن الإبلاغ عن الهيدروكربونات عالية الغليان حسب النوع ويتم الإبلاغ عنها كمجموعة مركبة.^[34]

6.2. خصائص نافتا مركب تكرير المكثفات RA2K

الجدول 02: خصائص النافتا.

المواصفات المعيارية	الخصائص	
0,680 الى 0,720	الكثافة	
[35 كحد أدنى – 175 كحد أقصى]	التقطير ASTM	
0,650 كحد أقصى.	ضغط البخار TVR (Kg/Cm ²)	
05 كحد أقصى.	محتوى الزئبق (ppb)	
50 كحد أقصى.	محتوى الكبريت (ppm)	
سليبي.	تحديد كبريتيد الهيدروجين	
1a كحد أقصى.	مدى التآكل مع النحاس	
+30	لون سايبولت	
الحد الأدنى 70%.	البرافينات الايزوبارافينات	المكونات بالكروماتوغرافيا PIONA
الحد الأدنى 30%.	النفثانات العطريات	

3. تواجد الزئبق في المكثفات ومشتقاتها

يُعد الزئبق أحد المكونات النادرة الموجودة في جميع أنواع الوقود الأحفوري بما في ذلك الغاز الطبيعي والمكثفات والنفط الخام وغيرها. ومن بين العناصر النادرة نجد أن النيكل، الكروم، المنغنيز قد تمت دراستها بشكل واسع، إلا أن الأصل الجيوكيميائي للشوائب المعدنية الأخرى مثل الزئبق لا يزال غير مفهوم جيداً.^[35]

يعتبر المكثف البترولي جزء أخف من البترول وقد يحتوي على تركيز أعلى من الزئبق ومنه عند تكثيره يتركز الزئبق في النافتا الناتجة^[35,36]. يمكن أن يرتبط وجود العناصر النادرة، في هذه المنتجات المشتقة من البترول بالعديد من المشاكل المتمثلة في: تحفيز التفاعلات المؤكسدة، مما يؤدي إلى فقدان الاستقرار الحراري للمنتجات؛ وإطلاق بعض العناصر في الغلاف الجوي في عملية التكثير؛ ومشاكل التآكل وتعطيل عمل المحفزات؛ وكذلك وجود عناصر سامة متبقية في الأجزاء المكررة، يمكن أن تنتشر في البيئة عند استخدامها كمصدر للطاقة^[37,38].

1.3. مخاطر تواجد الزئبق في الهيدروكربونات

يرتبط وجود الزئبق في الهيدروكربونات إلى العديد من المشاكل، وعلى رأسها التآكل المعدني وتعطيل عمل المحفزات. حيث نجد نوعان من تآكل الزئبق: التآكل بالملغم والتآكل المعدني السائل (LME)؛ حيث تكون جميع المعادن تقريباً عرضة للتآكل الزئبقي، مما قد يضر بخصائص المعدن. ومن ناحية أخرى، ينجم تآكل الزئبق السائل عن انتشاره في حدود حبيبات السبيكة مما قد يؤدي إلى فقدان الليونة وتكوين شقوق على طول حدود الحبيبات.^[39]

كما تثير انبعاثات الزئبق من عمليات المعالجة مخاوف صحية خطيرة، حيث أن تعرض الإنسان للزئبق يحدث بطرق متعددة مثل الاستنشاق أو ملامسة الجلد أو العينين أو الابتلاع. ووفقاً لمنظمة الصحة العالمية والعديد من المنظمات الأخرى، فإن التعرض قصير الأمد للزئبق المعدني يمكن أن يؤدي إلى تلف الرئة والغثيان والقيء والإسهال وارتفاع ضغط الدم أو تسارع ضربات القلب والطفح الجلدي وتهيج العينين. ومن شأن التعرض المتكرر لمستوى منخفض من الزئبق أن يؤثر بشدة على الجهاز العصبي والكلية والجنين النامي.^[40]

2.3. أشكال الزئبق الموجودة في الهيدروكربونات

المعلومات التفصيلية حول الأشكال المختلفة للزئبق مهمة جداً لتحديد طرق أخذ العينات والتحليل المناسبة لإنتاج قياسات دقيقة. حيث يتطلب كل شكل كيميائي من أشكاله الكيميائية طرقاً تحليلية محددة وفقاً لخصائص الأنواع. لهذا تمت دراسة وتحسين العديد من التقنيات التحليلية لتحديد وفصل الزئبق في السنوات الأخيرة. تُبلغ الطريقة التحليلية التي تمت دراستها

بشكل شائع عن التركيز الكلي للزئبق، وليس تركيز الأنواع الفردية. أفاد "Gajdosechova" (2016) أن أنواع الزئبق في

الهيدروكربونات البترولية عديدة ومتنوعة مع كون الزئبق العضوي هو النوع الأكثر وفرة في الهيدروكربون البترولي^[39].

وغالباً ما يتم تصنيف أنواع الزئبق في الغاز الطبيعي ومكثفاته إلى ثلاث فئات:

(1) الزئبق المذاب بما في ذلك، بشكل رئيسي، تركيبات معقدة من الزئبق الأيوني (Hg^{+2})، مثل هاليدات الزئبق أحادية الميثيل؛

(2) مركبات الزئبق الجسيمية غير الذائبة (Hg^p) مثل HgS و $HgSe$ و Hg_2Cl_2 ، والزئبق المتطاير الذي يتضمن الزئبق ثنائي

الألكيل (Hg^k):

(3) الزئبق العنصري (Hg^0).

يُعرف الزئبق الكلي (Hg^T) بأنه مجموع كل من أنواع الزئبق الذائب (Hg^0 و Hg^R و Hg^K و Hg^{+2}) والزئبق الجسيمي غير المذاب

(Hg^p)، والذي يمكن وصفه بـ:^[41]

$$Hg^T = Hg^0 + (Hg^R + Hg^K) + Hg^{+2} + Hg^p$$

3.3. طرق تحليل الزئبق في الهيدروكربونات

إن تحديد مواصفات الزئبق هو موضوع بحث مهم، وذلك لمخاطره المتعددة وسميته العالية حتى عند مستويات 1 نانوغرام/

لتر، لقد تم الإبلاغ عن العديد من التقنيات الدقيقة والتحليلية لتحديد أيونات الزئبق نذكر منها: البخار البارد المتكامل

لبورات الكوارتز الدقيقة (CV-QCM)، كروماتوغرافيا الغاز-مطياف الكتلة الرباعي الثلاثي (GC-MS/MS)، أجهزة

الاستشعار الكهروكيميائية، التحليل الطيفي للامتصاص الذري، التحليل الطيفي للتألق الذري... إلخ.^[42]

ومن بين هذه التقنيات، يشيع استخدام تقنيي التحليل الطيفي للامتصاص الذري CV-AAS والتحليل الطيفي للتألق

الفوتوني الذري CV-AFS، وهما قادرتان على اكتشاف الزئبق في نطاق جزء في البليون. ومع ذلك، فإن هذه الطرق لها عيوب

معينة عند استخدامها خارج المختبر العلمي. أي أنها ضخمة الحجم وتتطلب الكثير من الصيانة عند استخدامها، وعلاوةً على

ذلك، فإن إجراءات التشغيل معقدة وتتطلب موظفين متخصصين ومع ذلك، فإن أجهزة الكشف القائمة على التحليل

الطيفي تعتبر باهظة الثمن مع عدم إغفال مشكلة الحساسية المتقاطعة من المركبات العضوية المتطايرة والغازات غير

القابلة للتكثيف التي تمتص الضوء بنفس الطول الموجي الذي يمتصه الزئبق (أي 253.7 نانومتر)، لذلك، لا تزال هناك

حاجة إلى تطوير طرق تحليلية عالية الحساسية لقياس وتحديد كميات الزئبق بدقة عالية.^[43]

4. خاتمة

في هذا الفصل، قمنا بتقديم نظرة عامة حول المكثفات ومشتقاتها، على وجه الخصوص مركبات النافتا، أنواعها، مكوناتها ومختلف استخداماتها، كما تطرقنا إلى إشكالية وجود معدن الزئبق في المكثفات ومشتقاتها، أشكاله، مخاطره وأهم طرق الكشف عليه في المركبات الهيدروكربونية.

الجزء الثاني

الجزء التطبيقي

الفصل الأول

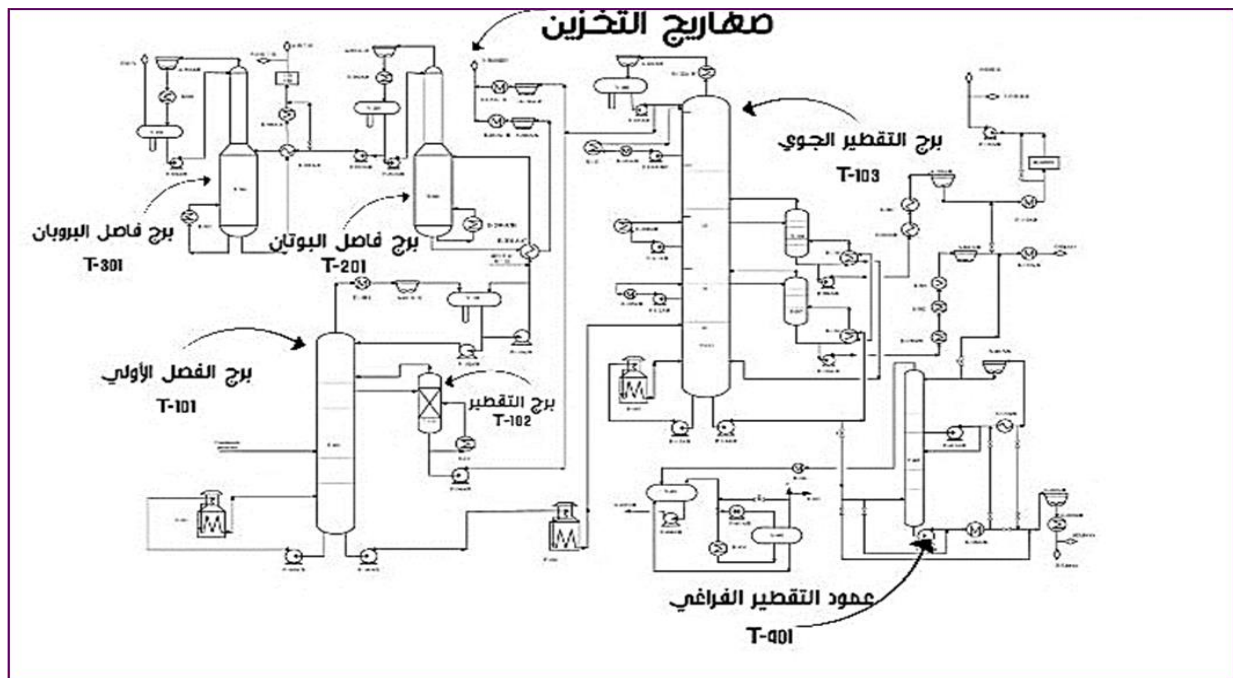
المواد، الأدوات وطرق التحليل

1. مقدمة

ينتج عن تقطير المكثفات العديد من المنتجات نذكر منها: الكيروسين، البوتان، الديزل والنافتا. احدي الخصائص المميزة للنافتا هي قابليتها للتطاير ويسمح نطاق غليانها الواسع بفصلها إلى أجزاء مختلفة ذات خصائص وتطبيقات مختلفة.^[44] حيث أن أثناء عملية التقطير الجوي في الأبراج، T-201، T-102K، T-103 على مستوى مركب تكرير المكثفات بسكيدة نميز ثلاثة مستويات من النافتا (الشكل 01).

وكما تم الإشارة اليه في الجزء النظري يتمثل الدور الرئيسي للمخبر في المتابعة الدورية لعمل وحدات الإنتاج ومراقبة جودة المنتجات النهائية وشبه النهائية. لهذا تخضع النافتا في مختبر RA2K لسلسلة من التحاليل قبل طرحها في السوق. وبعد مراقبة الجودة، يُعد تقرير عن سير المراقبة والنتائج، ويجب أن يتمثل تقرير التحليل وفقا للمعايير والمواصفات التجارية المعمول بها عالمياً، ويصدر المختبر شهادات المطابقة أو عدم المطابقة.

لهذا تطرقنا في هذا الفصل لوصف عملية فصل جميع مستويات النافتا عند الوحدة 100، ومجموعة الخصائص والتحليل التي تخضع لها قبل طرحها للسوق.



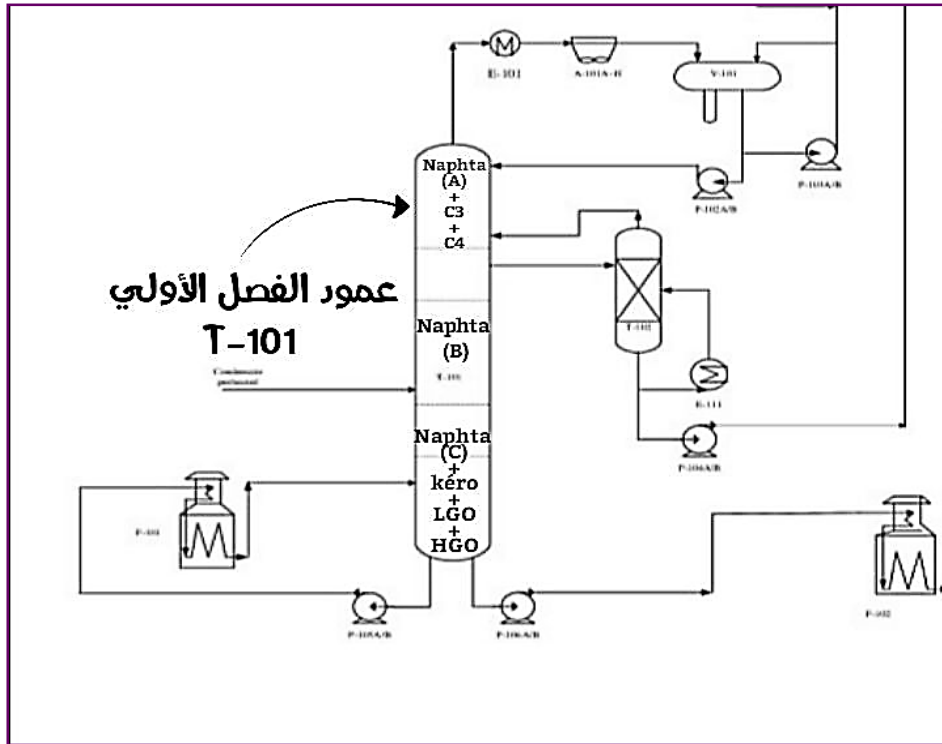
الشكل 01: المخطط العام لعمليات تقطير المكثفات.

2. أقسام النافتا

فيما يلي مخططات توضيحية لعمليات التقطير والفصل التي تمر بها المكثفات لإنتاج مختلف أقسام النافتا:

بعد مرور المكثفات على قطار ما قبل التسخين نحو برج الفصل الأولي 100-T-101 عند درجة حرارة 191°C نميز هنا ثلاثة مستويات للنافتا:

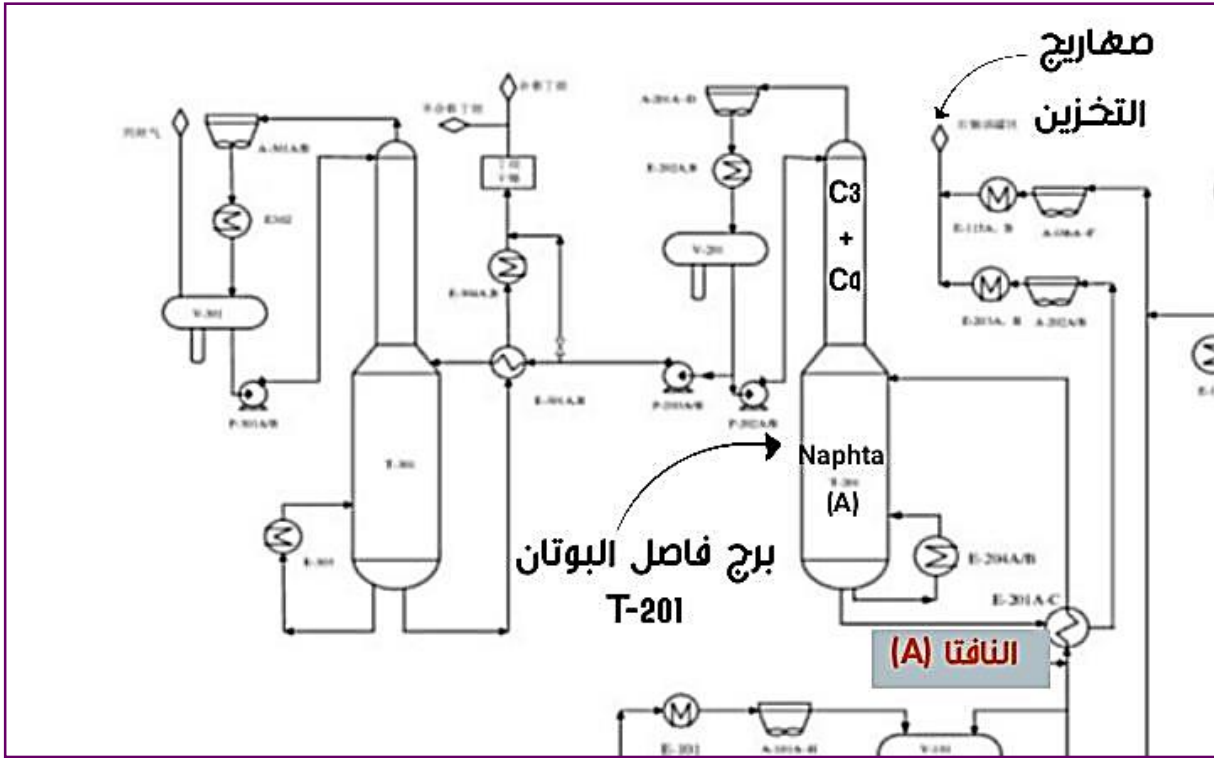
- في أعلى برج الفصل الأولي 100-T-101 نجد النافتا ممزوجة بغاز البوتان (C4) وغاز البروبان (C3):
- في وسط البرج 100-T-101 نجد النافتا (B):
- وفي أسفل البرج 100-T-101 نجد النافتا الثقيلة ممزوجة مع الكيروسين، الديزل الثقيل والديزل الخفيف.



الشكل 02: مخطط توضيحي لأقسام النافتا على مستوى برج الفصل الأولي.

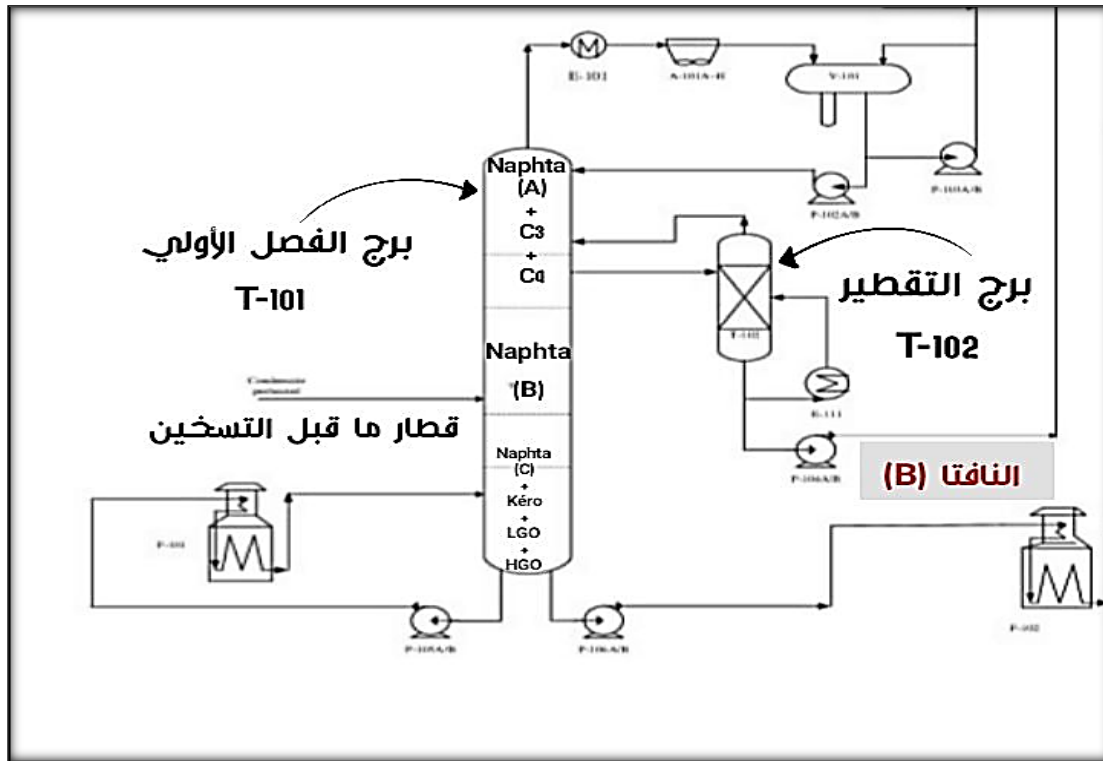
- في أعلى برج التقطير 100-T-101 نجد النافتا ممزوجة بغاز البوتان (C4) وغاز البروبان (C3)، ولفصل النافتا عن باقي المزيج (C3 و C4) يرسل المزيج كاملاً (نافتا + غاز البترول المسال) نحو برج فاصل البوتان 100-T-201، ومع التسخين عند درجة حرارة 129°C تصعد الغازات الخفيفة أعلى البرج وبما أن النافتا ثقيلة بالنسبة للغازات تنزل أسفل البرج،

حسب ما هو موضح في الشكل 03، بعد ذلك تمزج مستويات النافتا الثلاثة ومن ثم ترسل لصهريج التخزين TK-304 وتسمى النافتا (A) أو النافتا الخفيفة.



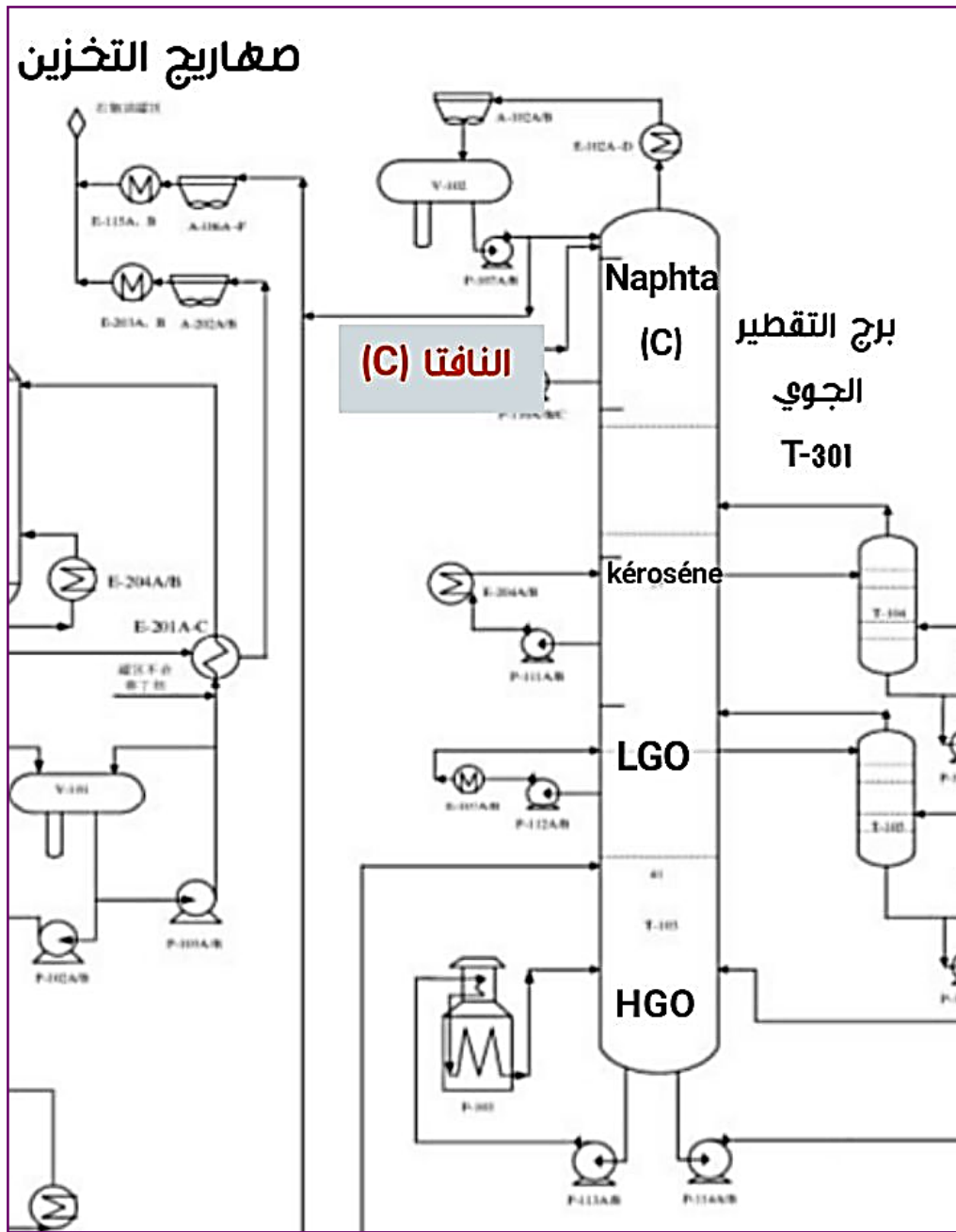
الشكل 03: مخطط توضيحي لعملية فصل النافتا (A) في فاصل البوتان T-102.

- في وسط البرج 100-T-101 تخرج النافتا (B) نحو برج التقطير 100-T-102 عند درجة حرارة 124°C فتُفصل النافتا عن باقي المواد، حسب ما هو موضح في الشكل 04 بعد ذلك تمزج مستويات النافتا الثلاثة، ومن ثم ترسل لصهريج التخزين TK-304، وتسمى النافتا (B) أو المتوسطة.



الشكل 04: رسم توضيحي لعملية فصل الناфта (B) من برج التقطير T-102.

- وفي أسفل البرج 100-T-101 نجد الناфта الثقيلة ممزوجة مع الكيروسين، الديزل الثقيل والديزل الخفيف، وفصل الناфта عن المزيج يرسل نحو برج التقطير الجوي 100-T-103 وتسخين عند درجة حرارة 355°C وهنا تكون الناфта أخف المنتجات فتصعد أعلى البرج، حسب ما هو موضح في الشكل 05 بعد ذلك تمزج مستويات الناфта الثلاثة، ومن ثم ترسل لصهريج التخزين TK-304 وتسمى الناфта (C) أو الناфта الثقيلة.



الشكل 05: مخطط توضيحي لعملية فصل النافتا (C) من برج التقطير الجوي.

3. خصائص وتحاليل النافتا على مستوى مخبر RA2K^[1]

يتم تحليل النافتا المصنعة على مستوى RA2K من أجل تحديد خصائصها الفيزيائية والكيميائية حيث تخضع هذه

الخصائص إلى مجموعة من المعايير القياسية التي يتم تجميع قيمها في الجدول 01:

الجدول 01: الخصائص التجارية لنافتا RA2K. [5]

المواصفات او الحدود المعيارية	معايير الاختبار	الوحدات	نوع الاختبار
0.680 الى 0.720	ASTM D4052	/	متوسط الكثافة عند 15°
/	ASTM D86	/	التقطير ASTM
الحد الأدنى 30		°C	النقطة الأولى
/		°C	5%
/		°C	10%
/		°C	30%
/		°C	50%
/		°C	70%
/		°C	90%
/		°C	95%
الحد الأقصى 175		°C	النقطة النهائية
/		%	البقايا
/		%	الضباغات
الحد الأقصى 0.650	ASTM D323	Kg/cm ²	ضغط البخار
الحد الأقصى 05	UOP 938	ppb	محتوى الزئبق
الحد الأقصى 50	ASTM D5453	ppm	محتوى الكبريت

سلي	ASTM D4952	/	تحديد كبريتيد الهيدروجين	
الحد الأقصى 1a	ASTM D130	/	مدى التآكل مع النحاس	
+30	ASTM D156	/	لون سايبولت	
الحد الأدنى 70	ASTM D6293	%	البرافينات العادية	الكروماتوغرافيا
		%	البرافينات الفرعية	
%		الاوليفينات		
%		النفثانيات		
%		العطرية		
غير محددة				
الحد الأدنى 30				

1.2. الكثافة ASTM D4052

المواد والمعدات:

المواد: النافتا والمذيبات الكيميائية كالكحول الايثيلي واليهتان للتنظيف.

المعدات: محقنة وجهاز قياس كثافة أوتوماتيكي (Anton Paar DMA 4501/4500M) ومقياس محمول (DMA 35).



الشكل 06 : أجهزة قياس الكثافة.

طريقة العمل:

- (1) جهز العينة في أنبوب اختبار نظيف.
- (2) قم بتشغيل الجهاز واتركه يستقر لبضع دقائق.
- (3) املأ المحقنة بالمذيب السائل رقم 1 واحقنه في الجهاز، مع تكرار العملية من مرة واحدة إلى ثلاث مرات من أجل شطف البقايا.
- (4) خذ محقنة سعة 2 مل واملأها بالمنتج المراد تحليله.
- (5) قم بتوصيل المحقنة بفوهة التعبئة وادفع المكبس ببطء للداخل باستمرار، مع تجنب فقاعات الهواء في شعيرات الجهاز.
- (6) اترك المحقنة في وضع التعبئة لتجنب أي تسرب للعينة. بعد بضع ثوانٍ، يتم عرض نتيجة القياس على الجهاز.
 - النافتا شديدة التطاير وتبخّر بسهولة.
 - ضع خرطوم الهواء الجاف واضغط على (0 دقيقة) لشطف وتبخير النافتا.
- (7) اضغط على (مضخة)، ثم (إيقاف) لإيقاف مضخة الهواء الجاف، ثم افصل خرطوم الهواء الجاف.

2.2. تقطير ASTM D86

جهاز القياس:

توجد بالمختبر ثلاث معدات لإجراء هذا التقطير: يدوية، نصف آلية وآلية وفي الغالب تستعمل النصف آلية كما موضح في الأشكال:

المواد والمعدات:

دورق تقطير، مكثف، دعامة دورق، مصدر تسخين، مخبار مدرج، ترمومتر.



الشكل 07: أجهزة التقطير ASTM.

طريقة العمل:

- (1) قم بتصفية العينة المراد تقطيرها باستخدام ورق الترشيح، مخصصة للمنتجات الثقيلة.
- (2) ضع بعض أحجار الخفان في دورق التقطير.
- (3) ضع 100 مل من العينة في أنبوب الاختبار وانقلها إلى دورق التقطير.
- (4) ضع المحرار في القارورة وتأكد من أن طرف المحرار مستوي مع عنق دورق التقطير (أحكم ربط الفلين أو الدعامة البلاستيكية لميزان الحرارة لتجنب الفقد أثناء التحليل).
- (5) استخدم المحرار المناسب لكل منتج يتم تقطيره (ASTM 7C/8C).
- (6) ضع القارورة في حجرة التسخين بالجهاز على اللوح الخزفي، مع الحفاظ على مرونة القارورة لتجنب كسر العنق أثناء التسخين، وضبط ارتفاع المقاومة.
- (7) ضع أنبوب الاختبار عند مخرج نظام التكثيف أسفل الأنبوب المعدني الخارج من الحمام مباشرة لاستعادة كل المنتج المكثف.
- (8) قم بتشغيل المفتاح وضبط درجة حرارة التسخين وفقاً لاحتياجاتك وطبيعة المنتج (يكون تدفق التكثيف بين 4-5 ملل في الدقيقة).
- (9) انتظر أول قطرة ولاحظ درجة الحرارة المقابلة.

10) لاحظ ثم سجل على التوالي درجات الحرارة المقابلة لأحجام المكثفات. النقطة الأولية (PI)، 5%، 10%، 30%، 50%، 70%، 90%، 95%، النقطة النهائية (PF).

ملاحظة:

PI: درجة حرارة أول قطرة من نواتج التقطير.

PF: درجة الحرارة القصوى المسجلة أثناء الاختبار.

3.2. ضغط البخار ASTM D5191

جهاز القياس: الجهاز هو عبارة عن حوض حمام مائي مزود بمانومتر لقياس الضغط البخاري كما هو مبين في الشكل



الشكل 08: جهاز قياس ضغط البخار.

طريقة العمل:

بمجرد أن يستقر الحمام عند درجة حرارة 37.8 درجة مئوية، يتم إدخال عينة الاختبار في علبة ريد، الموضوعة مسبقاً في نظام تبريد بحيث لا تتجاوز درجة الحرارة 4 درجات مئوية. تُقلب العلبة رأساً على عقب وتُرج بشدة. ثم يتم تقليب السائل لفترة من الوقت، بعد إعادته إلى وضعه المستقيم. وأخيراً، يوضع في الحمام. يتم الحصول على ضغط بخار ريد (TVR)، بوحدة رطل لكل بوصة مربعة عندما تتوقف إبرة المانومتر.

4.2. محتوى الكبريت ASTM D5453

جهاز القياس:



الشكل 09: جهاز تحديد محتوى الكبريت.

طريقة العمل:

- 1) افتح صمامات غاز الأكسجين وغاز الأرجون في المخبر.
- 2) قم بتشغيل الكمبيوتر الشخصي.
- 3) قم بتشغيل محلل MultiTek Analyzer وجهاز Autosampler وتأكد من توصيل الجهاز بالكمبيوتر الشخصي عبر موجه الشبكة المحلية.
- 4) افتح برنامج MultiTek وأدخل اسم المستخدم وكلمة المرور.
- 5) حدد الأداة التي تظهر في قائمة الأدوات وانقر على تسجيل الدخول.
- 6) انقر على الطريقة في النافذة الرئيسية ثم حدد طريقة (على سبيل المثال معايير 100 ميكرو لتر) ثم انقر على إرسال إلى الجهاز.
- 7) بعد تثبيت خط أساس الرسم البياني انقر على تسلسل في النافذة الرئيسية، في النافذة التي تظهر انقر على إضافة جديد (+).
- 8) حدد حالة العينة وأدخل اسم التسلسل.

9) انقر فوق إضافة ثم في المعرف البسيط واسم العينة أضف تاريخ واسم العينة المراد تحليلها وأدخل كثافتها في القسم وحدد موضعها في الدرج (رقم الحجرة) والقارورة (رقم الموضع).

10) لإضافة عينة أخرى انقر فوق إضافة سيضيف البرنامج سطرًا آخر في التسلسل وكرر الخطوة 09.

11) انقر على تشغيل، يبدأ الجهاز تلقائيًا في تحليل العينات المسجلة في قائمة التسلسل ويعرض النتيجة في الواجهة الرئيسية للبرنامج.

12) للوصول إلى جميع النتائج، اختر النتائج، يتم عرض قائمة بجميع النتائج على اليسار مرتبة حسب التاريخ

13) لعرض تفاصيل أي نتيجة، انقر بزر الفأرة الأيمن على النتيجة المحددة وانقر على إضافة إلى تفاصيل النتيجة.

14) في نهاية التحليلات أغلق البرنامج، وأغلق الكمبيوتر الشخصي والجهاز وأغلق الصمامات الموجودة على أسطوانات الأكسجين والأرجون.

5.2. تحديد كبريتيد الهيدروجين ASTM D4952

طريقة العمل:

1) خذ 05 سم مكعب من رصاص الصوديوم في أسطوانة مدرجة سعة 50 سم مكعب ذات عنق أرضي مزودة بسدادة.

2) أضف 10 سم مكعب من العينة.

3) رج بقوة لمدة 15 ثانية.

4) أضف رشة من زهرة الكبريت.

5) رج العبوة لمدة 15 ثانية واتركها لمدة 02 دقيقة.

- يكون الاختبار إيجابي (P أو +). إذا أظهر المحلول لونًا أسود أو بني داكن أو إذا كان لون الكبريت الأصفر مخفيًا بشكل ملحوظ.

- يكون الاختبار سلبي (N أو -). إذا لم يتغير لون المحلول

6.2. اللون سايبولت ASTM D156

جهاز القياس:



الشكل 10: جهاز تحديد اللون Saybolt Chromometer

ASTM D156 هو معيار لتحديد اللون في النافتا، ويعرف عادةً بمقياس Saybolt Color هذا المقياس يستخدم لتقييم نقاء وجودة المنتج.

مقياس Saybolt Color يمتد من +30 إلى -16، حيث:

- +30 يمثل الزيت الأكثر شفافية ونقاءً.
- -16 يمثل الزيت الأكثر قتامة.

يستخدم هذا المقياس عادةً لتقييم الزيوت مثل الكيروسين، البنزين، وزيوت التشحيم.

طريقة العمل:

1. يتم وضع العينة في جهاز خاص يسمى "Saybolt Chromometer".
2. يتم مقارنة لون العينة بمقياس Saybolt القياسي.
3. يتم تسجيل قيمة اللون مباشرة من الجهاز.

هذا الاختبار مهم لضمان أن المنتجات النفطية تلي المعايير اللازمة للنقاء والجودة المطلوبة للاستخدامات المحددة.

7.2. مدى تآكل النحاس ASTM D130

جهاز القياس:



الشكل 11: أ) لوحة الألوان لمقارنة شيفرة النحاس، ب) جهاز قياس مدى التآكل على شيفرة النحاس.

طريقة العمل:

- 1) تلميع الشفرة النحاسية: قم بإزالة جميع البقع من كلا الجانبين وجميع الحواف الأربعة للشفرة باستخدام ورق كربيد السيليكون ذي الدقة المناسبة لهذه العملية.
- مناسبة لهذه العملية.
- 2) بعد التلميع، اغمر الشفرة في مذيب تنظيف.
- 3) في أنبوبة اختبار نظيفة وجافة تمامًا، أدخل 100 مل من عينة الاختبار صافية تمامًا وخالية تمامًا من الماء العالق أو المحصور، ثم ضع شريحة نحاسية فيها خلال دقيقة واحدة من التلميع.
- 4) ضع الأنبوب في العلبة وأغلقه بإحكام.
- 5) اغمر العلبة بالكامل في حمام ماء مغلي (100 درجة مئوية).
- 6) بعد مرور ساعتين في الحمام، أخرج العلبة وأخرج الأنبوب وافحص الشريحة بمقارنة لونها.

8.2. الكروماتوغرافيا ASTM D6293

جهاز القياس:



الشكل 12: جهاز الكروماتوغرافيا متعددة الأبعاد.

طريقة العمل:

- 1) افتح أسطوانات الغاز وتحقق من ضغط الغاز.
 (أ) (-0,5 / -0,6) ملي باسكال (5 إلى 6 بار)، (غاز الهيليوم He، غاز الهيدروجين H₂، والهواء) عند مخرج منظمات الضغط.
 (ب) 1- ملي باسكال (10 بار عند مخرج الأسطوانة).
- 2) قم بتشغيل الجهاز والكمبيوتر وواجهة التيار المتردد على التوالي.
- 3) افتح برنامج الأداة عبر الإنترنت.
- 4) افتح محرك التحكم ACI ← M3 Reformulyzer ← التحكم في يدوي ← الاتصال.
- 5) افتح برنامج Reformulyzer ← المستخدم: المسؤول ← كلمة المرور: المسؤول ← موافق ← تسجيل الدخول.
- 6) ملء العبوة سعة 5 مل بالعينة، وإغلاقها بمفك ووضعها في الثلاجة لمدة 5 دقائق تقريبًا.

(7) في Reformulyzer ← معالج التحليل ← تسجيل الدخول: المسؤول ← كلمة المرور: المسؤول ← التالي ← العينة ← الاسم: Naphthajj/mm/aaa305tK00X ← القارورة: 101 ← مجموعة العينات: تغذية مُصلح PIONA ← نوع التحليل: العينة ← إضافة تسلسل ← التالي.

(8) حدد تعديل التسلسل ← التالي ← تشغيل معلمات الجدول Asep5 (أدخل 110 بدلاً من 120) 120 ← إغلاق.

(9) أخرج قارورة العينة من الثلاجة وضعها في الموضع 1 من جهاز أخذ العينات التلقائي.

(10) اضغط على إنهاء في برنامج Reformulyzer.

(11) انتظر حتى نهاية التحليل (80 دقيقة) وانتقل إلى البرنامج ← Reformulyzer ← التحليل ← تحديد والنقل إلى أوقات الاحتفاظ المطلوبة بتقرير الطباعة ← تقرير النتائج.

(10) أغلق البرنامج (Reformulyzer؛ الأداة على الإنترنت؛ ACIEngine)، واجهة التيار المتردد، الأداة، الكمبيوتر، وأسطوانات الغاز.

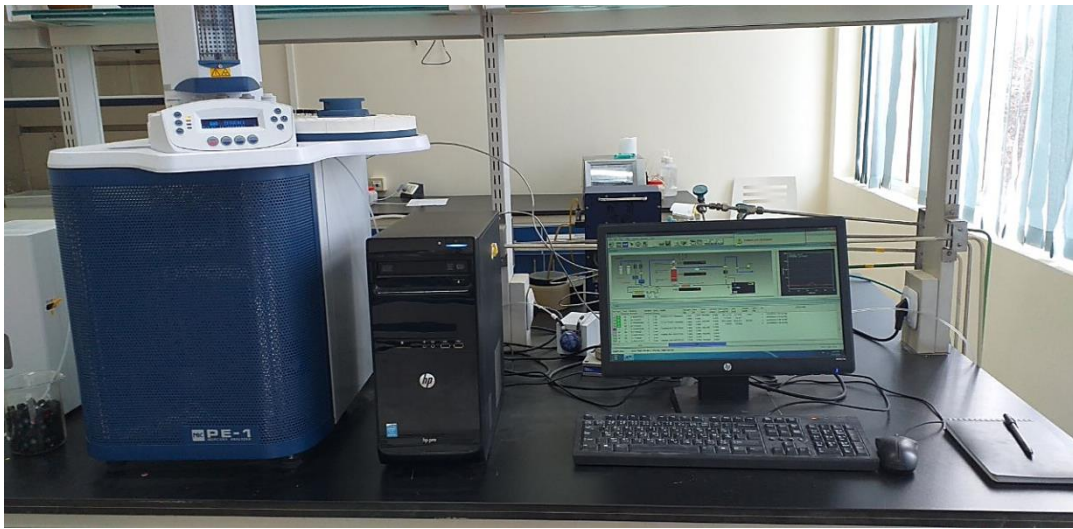
9.2. محتوى الزئبق UOP 938

يعتمد تركيز الزئبق في المنتجات البترولية، في المقام الأول، وبشكل مباشر على العلاقة بين الخواص الفيزيائية والكيميائية لأنواع الزئبق والعمليات المختلفة التي يخضع لها البترول والمكثفات خلال مرحلة التكرير. وبما أن النفط والمكثفات يخضعان لعمليات التكرير، فمن المتوقع أن تنخفض تركيزات الزئبق الإجمالية في مختلف المنتجات المكررة.^[45] وعكس ما هو متوقع، أظهرت النتائج في مختبر RA2K أن بعض تراكيز الزئبق في النافتا كانت أعلى منها في المكثف، ومتباينة بين مستويات النافتا نفسها تباينا كبيرا.

لهذا تطلب القيام بتحليل محتوى الزئبق عناية خاصة، واختيار طريقة معينة لأخذ العينات للحصول على النتائج، جميعها موضحة في هذا الفصل.

1.9.2. تعريف جهاز القياس

جهاز تحليل الزئبق PE-1 هو نظام تحليل الزئبق الذي يمكنه بسهولة قياس كمية الزئبق في البترول ومشتقاته أو الغاز الطبيعي (اختياري) بطريقة سريعة وفائقة الحساسية ودقيقة للغاية (اسم النظام في حالة عدم وجود جهاز أخذ العينات التلقائي هو PE-1 كما هو موضح في الشكل). يتكون النظام من معدات قياس الزئبق (PE-1) ، وجهاز أخذ العينات التلقائي (HT-300A) وجهاز كمبيوتر شخصي. وبمجرد تحديد العينات في جهاز HT-300A ، يتم نقل كل عينة تلقائيًا وقياسها في قسم القياس. يمكن تحليل نتائج القياس على الكمبيوتر باستخدام طرق مختلفة مثل الحسابات الإحصائية. نتائج القياس على الكمبيوتر باستخدام طرق مختلفة مثل الحسابات الإحصائية. [28]

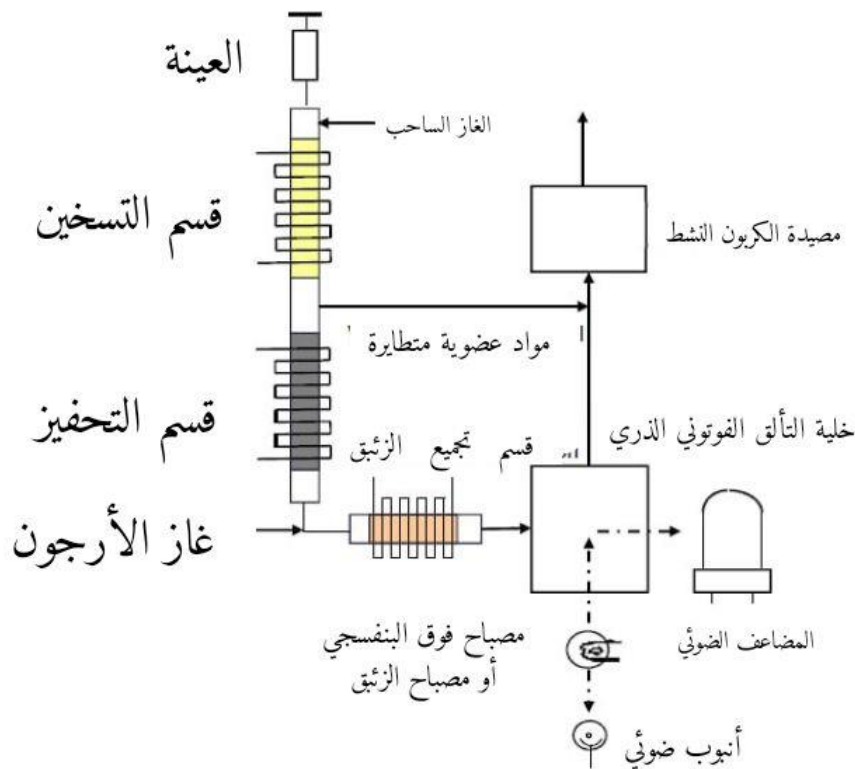


الشكل 13: جهاز تحليل الزئبق PE-1000 /NIC.

2.9.2. مبدأ التشغيل

عندما يتم تركيب جهاز تحليل الزئبق، يجب معايرته من أجل بناء منحنى معايرة باستخدام معيار 10 جزء في البليون من الزئبق في محلول من L-السيستين (يميبي الدوران). يتراوح هذا المنحنى من 0 إلى 10 جزء في البليون بالنسبة لمنحنى NAPHTA ومن 0 إلى 100 جزء في البليون بالنسبة لمنحنى CONDENSAT. يتم توزيع العينات بواسطة محقنة في جهاز أخذ العينات الآلي (HT-300A) ثم يتم حقنها في قسم تسخين العينة في PE-1. تتحلل العينة حرارياً في قسم تسخين العينة تحت 220°C، ويتم تفتيت أي زئبق في قسم التحفيز ويتم جمعه وتركيزه كملغم ذهبي في قسم تجميع الزئبق. مع نهاية مرحلة

التحلل الحراري والتحفيزي يتم تحرير الزئبق وفصله عن الملمغم الذهبي عن طريق التسخين عند 200°C في قسم تجميع الزئبق، ثم يتم الكشف عنه باستخدام التحليل الطيفي الفوتوني الذري فوق البنفسجي عند طول موجي يبلغ 235.7 نانومتر في خلية التآلق الفوتوني فوق البنفسجي في الكاشف. وبعد ذلك يتم تبريد قسم تجميع الزئبق بعد إطلاقه ويتم تنفيذ جميع العمليات بدءاً من عملية تحليل العينة إلى الكشف عن الزئبق وحسابه آلياً بواسطة الجهاز وذلك باستعمال معادلة منحى القياسات المعيارية بتعويض شدة امتصاص العينة في المعادلة.^[28]



الشكل 14: مخطط عملية التحليل.

3.9.2. طريقة عمل الجهاز

يمكن لجهاز التحليل الطيفي للتآلق الفوتوني الذري AFS الكشف عن العناصر المعدنية في مجموعة متنوعة من أنواع العينات. ويُستخدم بشكل شائع لقياس مستويات المعادن الثقيلة السامة في عينات الأغذية، الماء، والهيدروكربونات. وتتمثل الميزة الرئيسية لمطياف التآلق الفوتوني الذري في خصوصيته العالية؛ حيث يمكنه رصد عناصر محددة حتى بتركيزات منخفضة للغاية، مما يجعله مثاليًا للكشف عن الكميات الضئيلة من المعادن السامة. يمكن الكشف عن مجموعة واسعة

من المعادن المختلفة، مما يجعل من AFS طريقة اختبار متعددة الاستخدامات. كما أنها طريقة بسيطة نسبياً، مما يعني أنه يمكن اختبار العينات بسرعة وإنتاجية عالية. هذه الطريقة محدودة إذ يمكنها الكشف عن عنصر واحد فقط من المعادن.

[43]

في مركب تكرير المكثفات، تُستخدم طريقة التحليل الطيفي للتألق الفوتوني الذري لتحديد تركيزات المعادن كالزئبق في عينات المكثفات ومشتقاتها البترولية.

تتم العملية كاملة كما يلي:

بعد حقن عينة النافثا أو غيرها في الجهاز يتم أولاً دخول العينات في فرن التسخين H1 يمر من خلالها الهواء لحرق جميع الهيدروكربونات العضوية الموجودة في العينة، ناتج الاحتراق يكتف ثم يطرح بعد تطاير جميع الهيدروكربونات العضوية تبقى الهيدروكربونات المرتبطة بالمركبات الغير عضوية (الزئبق، الكبريت،...) فتدخل الى أفران التحفيز H2 و H3 وبفعل تفاعلات كيميائية باستعمال محفزات تفك الروابط بينهم ويعزل الزئبق من بين المركبات العضوية، (عملية حرق الهيدروكربونات والتحفيز تحدث أنياً). بعد ذلك يتم تمريرهم على مجمع الزئبق تخرج باقي المركبات وتحدث عملية امتزاز للزئبق ويتم جمعه وتركيزه كملغم ذهبي في قسم تجميع الزئبق.

بعد ذلك تفتح مضخة غاز الأرجون ونظراً لقوة تجاذبه مع الزئبق فيحفزه من الملغم الذهبي ويتم نقله لخلية الامتصاص التألق الفوتوني الذري الذي يحتوي على ضوء مرئي أو فوق بنفسجي بطول موجي 253 نانو متر. عندما تتعرض ذرات الزئبق للمصباح أو الضوء فتمتص إلكتروناتها فوتونات (أي جزء من الضوء) فتزداد طاقتها وتثار الى حالة أعلى، وبعد إثارتها تعود الى حالتها الأساسية فتفقد الزائد من الطاقة التي تم امتصاصها فيصدر انبعاث على شكل ضوء يكون له لون وتردد مرتبط بعنصر الزئبق. وهنا يقوم الجهاز بحساب الفرق في الطاقة بين الحالة الأساسية والحالة المثارة فيعطينا شدة الامتصاص عن طريق ذروة يتم ترجمتها عبر المنحنى القياسي مع مقارنتها بالكمية الكلية للعينة لتعطينا تركيز الزئبق بوحدة الجزء في البليون.

ملاحظة:

جميع العمليات بدءاً من عملية تحليل العينة إلى الكشف عن الزئبق وحسابه تتم آلياً بواسطة الجهاز.

وبعد انتهاء العملية يتم نزع الزئبق من الهواء والأرجون وتثبيتته على مصيدة الكربون النشط.

- الكواشف والمواد:

- الأرجون Ar، بدرجة نقاوة 99.99%؛
- هواء مضغوط؛
- كحول الأيزوبروبيل (2-بروبانول)، 99.5%؛
- تولوين 99.5%؛
- محاليل الزئبق المعيارية؛
- L-السيستين.

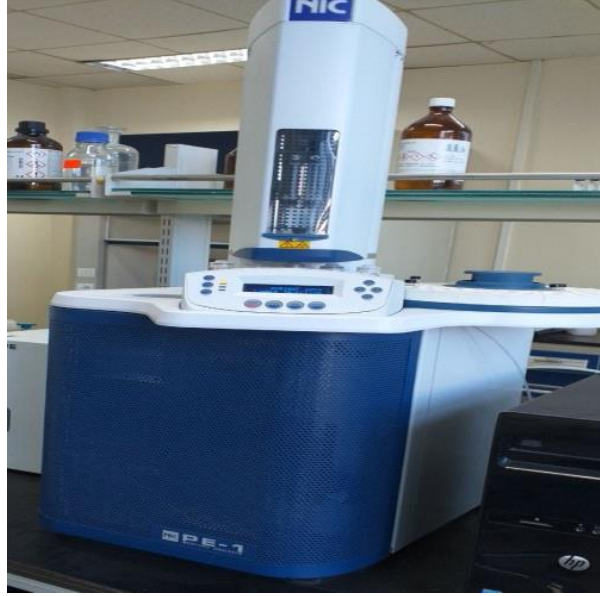
يجب تنظيف جميع زجاجيات الاختبار جيداً عن طريق الغسل بحمض النيتريك بنسبة 20:1، أو حمض قوي وشطفها بالماء المقطر، ثم تجفيفها بالنيتروجين أو الهواء النظيف الخالي من الزيوت.

- أخذ العينات:

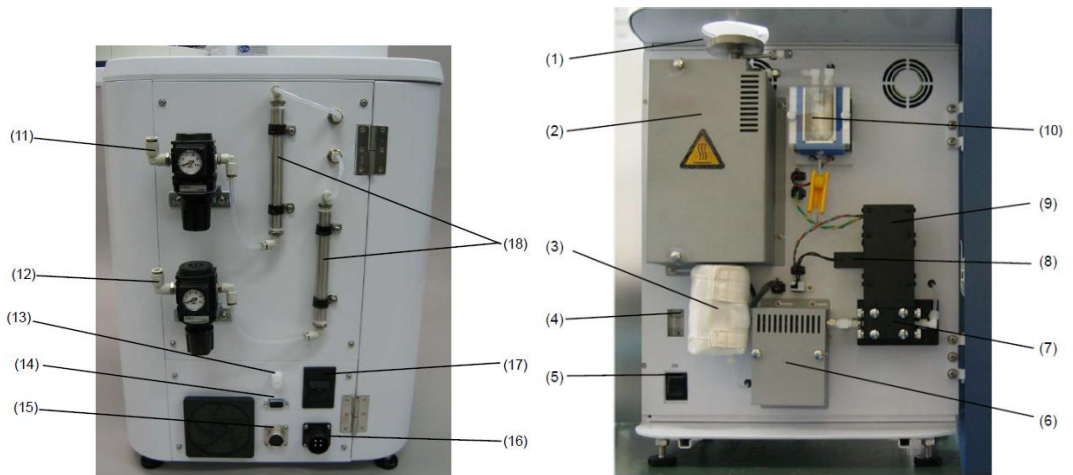
ينبغي جمع العينات بطريقة تضمن أخذ عينات نموذجية. الزئبق العنصري وأنواع الزئبق العضوي غير مستقرة وتتفاعل مع جدران حاويات العينات. لا تجمع العينات في حاويات معدنية. لأن الزئبق يتفاعل مع المعدن. يجب جمع العينات في حاويات زجاجية سبق تنظيفها بالحمض، ثم تحليلها في أقرب وقت ممكن. كما يجب أن تكون حاويات العينات محكمة الإغلاق.

4.9.2. وصف مكونات الجهاز [28]

● جهاز PE-1



الشكل 15: جهاز PE-1.



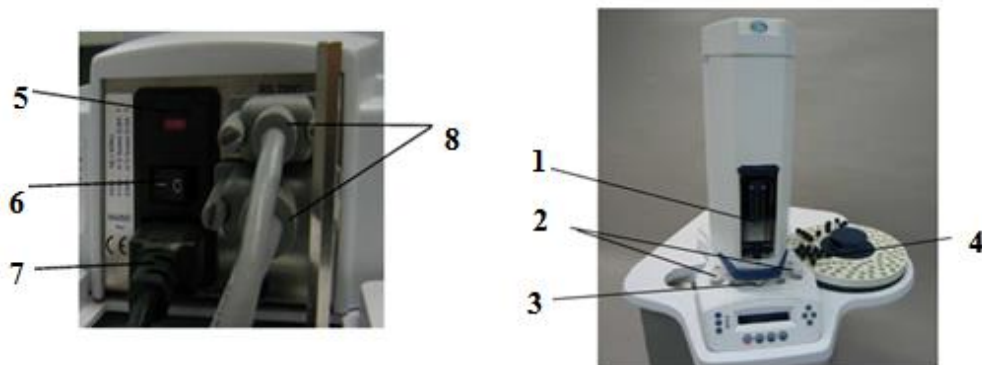
الشكل 16: داخل PE-1 مع إزالة الغطاء والجهة الخلفية.

الجدول 02: وصف أجزاء جهاز PE-1.

الرقم	الاسم	الوظيفة	الملاحظات
1	مدخل العينة	مكان إدخال العينة عبر الحقن.	
2	فرن التسخين H1 الأفران التحفيزية H2 و H3	التسخين الأولي للعينة ثم التسخين التحفيزي	
3	السخان H4	يحافظ على دفء المفصل.	
4	جهاز قياس التدفق	يشير إلى معدل تدفق الغاز الناقل (يستخدم فقط عند فحص التسريبات).	0.5 لتر/دقيقة
5	مفتاح طاقة إضافي	تتضمن وظيفة إيقاف تشغيل السخان تلقائياً في حال ارتفاع درجة حرارته.	
6	قسم تجميع الزئبق او مجمع الزئبق	تجميع الزئبق في غازات الاحتراق	
7	خلية التآلق الضوئي	خلية ضوئية مصنوعة من الكوارتز	
8	المصباح الفوق البنفسجي	المصباح الفوق البنفسجي	
9	انبوب ضوئي	لقياس مقدار شدة المصباح	
10	زجاجة فصل الغاز عن السائل	تفصل أي سائل عن غاز الاحتراق.	
11	منظم ضغط غاز الأرجون	ينظم ضغط غاز الأرجون	0.2 ميغا باسكال (يحد أقصى 1.0 ميغا باسكال)

0.2 ميغا باسكال (بحد أقصى 1.0 ميغا باسكال)	ينظم ضغط الهواء	منظم ضغط الهواء	12
تأكد من تفريغها في الهواء الطلق.	منفذ خروج لتفريغ الغازات الناتجة عن عملية الاحتراق بعد القياس	منفذ الغازات الناتجة عن عملية الاحتراق	13
	طرف توصيل RS232C للتوصيل بالكمبيوتر الشخصي	طرف التوصيل مع الحاسوب	14
اختياري	طرف توصيل فرن التسخين بأنبوب التجميع	محطة RH-PE	15
	يمكن اختيار الجهد من 100 أو 110 أو 120 أو 120 أو 220 أو 230 أو 230 أو 240 فولت قبل الشحن.	طرف توصيل الطاقة	16
	يتضمن قاطع دارة مدمج	مفتاح الطاقة الأساسي	17
	فخ الكربون النشط لنزع الزئبق الخارج من خلية التآلق الفوتوني من غاز الأرجون والهواء وتثبيتته على المصيدة.	مصيدة الزئبق	18

• أخذ العينات HT-300A



الشكل 17: مبدل العينات HT-300A.

الجدول 03: وصف أجزاء HT-300A.

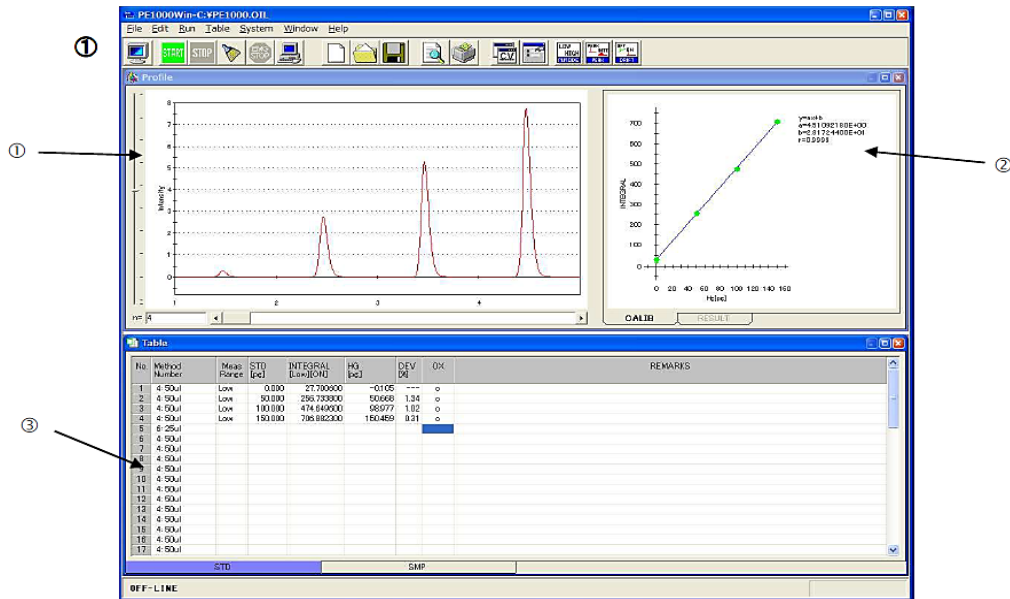
الرقم	الاسم	الوظيفة	ملاحظات
1	محقنة	محقنة لسحب العينات	100 ميكرو لتر
2	زجاجة التعقيم	زجاجة تحتوي على المحاليل المذكورة أعلاه لتنظيف المحقنة	
3	زجاجة النفايات	زجاجة لتجميع المحلول الناتج عن تنظيف المحقنة.	
4	زجاجة عينة		
5	المنصهرة	0.5 امبير	
6	مفتاح التشغيل		دائماً في وضع التشغيل
7	طرف توصيل الطاقة	الإمداد من PE-1	230 فولط
8	خط الإشارة	الإمداد من PE-1	

- برنامج PE1000Win

يحتوي برنامج PEWin1000 على وظيفتين: التحكم في PE-1 وتحليل البيانات. كما يحتوي على شاشتين أساسيتين: شاشة

التحكم وشاشة التحليل.^[28]

● شاشة التحكم



الشكل 18: صورة توضيحية لشاشة التحكم.

● نافذة منحنى الذروة PEAK

تعرض جميع ملفات القياسات المحددة مسبقاً كمرجع في صورة منحنى تركيز لعينات مرجعية من الزئبق حيث ترسم ذروة أو قمة على المنحنى عند كل تركيز ويحدد أولاً كما يلي:

5.9.2 إعداد الجهاز [46]

1. قم بإعداد الجهاز وفقاً لتعليمات الشركة المصنعة.

2. قم بتشغيل الطاقة إلى الجهاز بالترتيب الموضح أدناه.

● مبادل العينات الأوتوماتيكي HT-300A.

● جهاز تحليل الزئبق PE-1000 PC (برنامج PE1000Win).

3. تظهر الرسالة "STAND-BY xx:xx" على شاشة الكمبيوتر الشخصي في الجزء العلوي الأيسر لمدة 20 دقيقة بينما تستقر

درجات حرارة النظام البصري والسخان.

4. تأكد من الشروط المطلوبة للتحليل:

الجدول 04: الشروط الأولية للتحليل.

220°C	فرن التسخين H1
600°C	الفرن التحفيزي H2
400°C	الفرن التحفيزي H3
200°C	السخان H4
200°C	قسم تجميع الزئبق او مجمع الزئبق H5

5. افحص الجهاز بحثاً عن وجود تسربات في مسار الأرجون Ar والهواء وفقاً للتعليمات الموجودة على شاشة الكمبيوتر الشخصي.

6. اضبط سرعة تسخين قسم تجميع الزئبق للقياس وفقاً لمحتوى الزئبق. المبدأ التوجيهي لذلك هو كما يلي:

زئبق منخفض (0 إلى 10 نانوغرام): يتم تسخين السخان H5 في قسم تجميع الزئبق بكامل طاقته ويتم إطلاق الزئبق بسرعة في خلية التألق.

زئبق مرتفع (10 إلى 100 نانوغرام): يتم تسخين السخان H5 في قسم تجميع الزئبق ببطء ويتم إطلاق الزئبق تدريجياً في خلية التألق.

• تحديد منحنى المعايرة القياسي^[46]

بحيث يرسم منحنى المعايرة بعينات زئبق قياسية وفقاً لما يلي:

1. قم بإعداد محاليل الزئبق القياسية عند 5.0 و0.1 و0.01 مغ/لتر، يتم إعداد محلول الزئبق القياسي 0.5 مغ/لتر بوضع محلول الزئبق القياسي 5 مغ/لتر في دورق حجمي سعة 100 مل. يخفف إلى الحجم بمحلول L-سيستين.

- سيكون التركيز الفعلي للمحلول القياسي سعة 0.5 ملجم/لتر هو عُشر المحلول القياسي المخفف.

2. ضع عينة من المحاليل القياسية والماء شديد النقاوة في قوارير العينات وضعها في مبدل العينات الآلي.

- لا تملأ القوارير بأكثر من 80% تقريبًا.

3. حدد "1: ماء" في وضع "ضبط الطريقة" وقم بتشغيل الماء مزروع الأيونات وثلاثة محاليل قياسية أو أكثر.

4. أدخل أرقام القوارير في جدول برنامج PE1000WinR ثم حددها.

5. يتم توفير ثلاثة منحنيات معايرة، ولكن يوصى عادةً باستخدام "y=ax+Blank". عند قياس العينات القياسية، يتم تحديث منحنى المعايرة ألياً. يتم تسجيل نتائج القياس في نافذة الجدول.

6. المنحنى يعطي شدة الامتصاص (mv) بدلالة الزمن على شكل ذروة أو "PEAK" في شكل مساحة تتناسب هذه الأخيرة طردياً مع كمية الزئبق في العينة، ولتحديد القيمة الاجمالية لتركيز الزئبق في العينات المجهولة يتم في كل مرة ترجمة المساحة باستعمال معادلة المستقيم المذكورة سابقاً.

● نافذة المنحنى القياسي [28]

منحنى المعايرة المرجعي، ويسمى أيضاً المنحنى القياسي، هو طريقة عامة لتحديد تركيز مادة ما في عينة مجهولة من خلال مقارنة المجهول بمجموعة من العينات القياسية ذات التركيز المعروف.

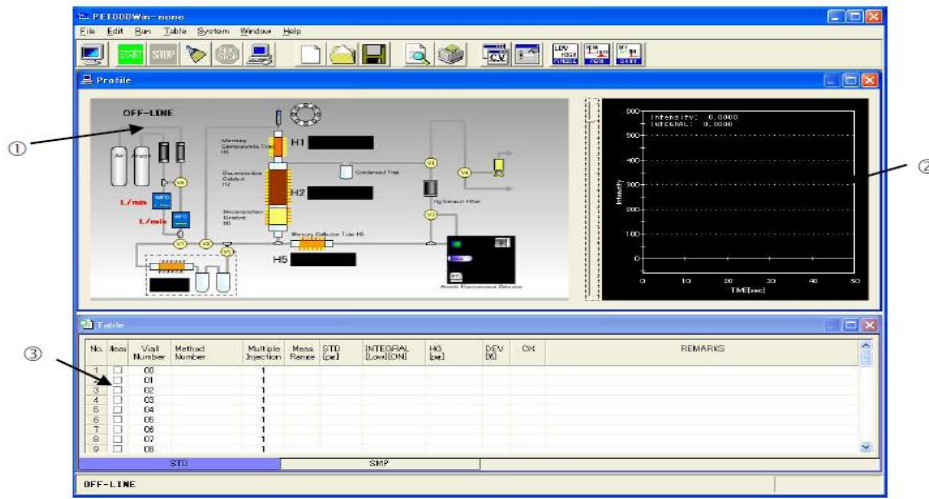
والذي يعرض بالضغط على العلامة "CALIB" بينما يعرض منحنى القياس عند تحليل العينات عند العلامة "RESULT"

وتعرض نتائج تركيز أو كمية الزئبق التي تم الحصول عليها من الامتصاص الذي يستند إليه إعداد منحنى المعايرة، باستخدام منحنى معايرة خطي.

● نافذة الجدول [28]

تُستخدم نافذة الجدول للتحكم في العينات المراد قياسها ومعالجة البيانات. يتم التحكم في العينات القياسية وغير المعروفة في جداول منفصلة. يمكن للملف نفسه التحكم فيما يصل إلى 50 عينة قياسية و200 عينة غير معروفة. للتبديل بين جداول العينات القياسية وغير المعروفة، انقر فوق علامة التبويب المناسبة في أسفل النافذة. كما لا يمكن نقل البيانات أو نسخها بين جداول العينات القياسية وغير المعروفة.

● شاشة التحليل [28]



الشكل 19: صورة توضيحية لشاشة التحليل.

● نافذة العرض

شاشة لعرض سير عملية التحليل بشكل متسلسل ومتحرك.

● نافذة منحنى شدة الامتصاص

تعرض قيم شدة الامتصاص بدلالة الزمن على شكل ذروة "PEAK"، تترجم هذه القيم في شكل مساحة، وتحول هذه المساحة باستعمال معادلة مستقيم منحنى المعايرة القياسي " $y=ax+Blank$ " إلى تركيز زئبق العينات المراد قياسها.

● نافذة الجدول

يتم التحكم في اعدادات العينات المراد تحليلها من ترتيب وكثافة ورقم الطريقة ونطاق القياس وكذا عدد مرات الحقن، كما يتم عرض معلومات شدة الامتصاص وكمية الزئبق ومعلومات إحصائية أخرى.

كما تُستخدم نافذة الجدول للتحكم في العينات المراد قياسها ومعالجة البيانات. يتم التحكم في العينات القياسية وغير المعروفة في جداول منفصلة. للتبديل بين جداول العينات القياسية وغير المعروفة.

No.	Area	Vial Number	Method Number	Multiple Injection	Meas Range	NAME	Sample [g]	Total [g]	SVOL [uL]	DENSITY [kg/L]	INTEGRAL [Low][ON]	Hg [ppb]	CONC [ng/kg]	DEV [%]	OX	DATE/TIME
1	<input checked="" type="checkbox"/>	00	0: NAPHTHA	1	Low	Naphtha										
2	<input checked="" type="checkbox"/>	01	2: CONDENSE	1	Low	Condensate										
3	<input checked="" type="checkbox"/>	02	3: CRUDE OIL	1	Low	Crude oil										
4	<input type="checkbox"/>	03														
STD			SMP													

الشكل 20: جدول SMP

الاسم: إعطاء العينة اسماً مناسباً.

العينة: حدد هذا عند تحديد السائل (المخفف) كنوع العينة. حدد كمية العينة المراد قياسها.

المجموع: حدد هذا عند تحديد السائل (المخفف) كنوع العينة. أدخل الكمية الإجمالية للعينة ومذيب التخفيف.

SVOL: أدخل كمية العينة المقاسة.

الكثافة: أدخل كثافة العينة.

PEAK / INTEG: يعطي نتيجة شدة الامتصاص.

يتم تخزين كل نتيجة قياس في الخلية المنخفضة أو العالية ويتم عرض القيم في وضع القياس المحدد في إعدادات علامة التبويب الحالية في نافذة الجدول. على سبيل المثال، لا يتم عرض القيم التي تم قياسها في الوضع "منخفض" إذا تم ضبط وضع القياس لمعلومات الجدولة على "مرتفع".

Hg: يتم تحويل قيمة PEAK / INTEG إلى قيمة كمية الزئبق وفقاً لمنحنى المعايرة الذي تم إنشاؤه.

CONC: القيمة المعروضة هي كمية الزئبق مقسوماً على كمية العينة (تركيز).

$$\text{CONC(ppb)} = \text{Hg(ng)} / \text{Sample}(\mu\text{l})$$

DEV: يشير DEV لعينة قياسية إلى الانحراف عن القيمة القياسية لوزن الزئبق. يكون DEV لعينة غير معروفة أكثر فعالية عندما يتم تحديد "تحقق من STD" في خلية الاسم المقابلة، ويشير إلى انحراف عن القيمة القياسية لتركيز الزئبق أو وزنه.

OX: لاستخدام البيانات.

البيانات/الوقت.

6.9.2. المعيار UOP 938-11

تستخدم مصالحة المختبر في مصفاة المكثفات RA2K في سكيكه الطرق القياسية ويطبق المعايير الوطنية والعالمية المطبقة في عمليات التكبير. بالنسبة لتحليل الزئبق، فإن المعيار المطبق في معدات PE-1 هو UOP 938-11.^[46]

• التعريف:

تحديد هذه الطريقة الزئبق الكلي في الهيدروكربونات السائلة باستخدام جهاز تحليل الزئبق من شركة نيبون لأجهزة القياس (Nippon Instruments corporation (NIC) / طراز PE-1000، المجهز بجهاز تحليل الزئبق الذاتي. يمكن تطبيق هذه الطريقة على العينات التي تحتوي على 0.01 إلى 10000 نانوغرام/مل ويمكن تحويل النتائج إلى نانوغرام/غرام (نانوغرام/غرام (جزء في البليون)).^[46]

• نظرة عامة على الطريقة:

تم تحديد جهاز تحليل الزئبق من علامة PE-1000 NIC / طراز PE-1000، الذي يتألف من جهاز أخذ العينات ذاتي ومعدات قياس الزئبق. يتم توزيع العينات بواسطة محقنة في جهاز أخذ العينات التلقائي ثم يتم حقنها في قسم تسخين العينة في جهاز تحليل الزئبق. تتحلل العينات حرارياً في قسم تسخين العينة. يتم تفتيت أي زئبق موجود في قسم التحفيز، ثم يتم جمعه وتركيزه كملغم ذهبي في قسم تجميع الزئبق. يُطلق الزئبق ويعاد تفتيته عن طريق التسخين، ثم يتم الكشف عنه بواسطة التحليل الطيفي الفوتوني الذري عند طول موجة 253.7 نانومتر في خلية التآلق الفوتوني في الكاشف. بمجرد تحضير العينات في العبوات، يتم تنفيذ جميع العمليات بدءاً من عملية تحلل العينة إلى الكشف عن الزئبق وحسابه تلقائياً بواسطة الجهاز.

[46]

• طريقة العمل:^[28]

1. افتح صمام الهواء وأسطوانة غاز الأرجون $p=0.2$ ميغا باسكال.

2. قم بتشغيل مثبت التيار الكهربائي.

3. ابدأ تشغيل الجهاز والكمبيوتر الشخصي.
4. انقر على PE 1000 Win واطرك الجهاز يستقر لمدة 20 دقيقة.
5. انقر على جدول حالة السائل (مخفف) موافق.
6. انقر فوق فتح الملف لفتح التسلسل.
7. انقر على وضع SMP.
8. في جهاز الكمبيوتر، انقر فوق:
 - رقم الطريقة: التطهير ثم ضع علامة على التسلسل.
 - رقم الطريقة:
 - في حالة النافتا: 100 ميكرو لتر أو في حالة المكثفات 100 ميكرو لتر.
 - حقن متعدد = 1.
 - اسم العينة: (رقم الخزان + التاريخ) بالنسبة لخزان النافتا رقم الخزان هو TK-304 وبالنسبة لخزان المكثفات رقم الخزان هو TK-301.
 - كثافة العينة: تكتب القيمة.
 - في رقم القارورة اكتب رقم موضع العينة الموجود في مبدل العينات.
9. ضع علامة على التسلسل الموضوع في جهاز أخذ العينات التلقائي.
10. انقر على START.
11. في نهاية التحليل، يتم عرض النتيجة على الكمبيوتر الشخصي بوحدة جزء في البليون.
12. قبل إيقاف تشغيل الجهاز، قم بإجراء عملية تطهير.

13. أغلق البرنامج والكمبيوتر الشخصي.

14. أوقف تشغيل الجهاز والمثبت الحالي.

• **تحضير العينات:**

➤ تم تحضير العينات باستخدام عبوات زجاجية؛ قم بتنظيف العبوات المستخدمة أولاً باستخدام الماء المقطر، ثم تغسل جيداً باستخدام حمض كلور الماء HCl المركز، مع الانتباه عند استخدامه يوضع في ساحب الغازات بالاستعانة بأحد الكيميائيين. بعد ذلك، يتم غسلها جيداً بالكحول الايثيلي. بعد الانتهاء من التنظيف، تجفف العبوات بالبخار استعداد لجلب العينات.



الشكل 21: عبوات زجاجية لوضع العينات.

➤ تم تطبيق ملصقات على كل عبوة لتحديد اسم كل منتج بوضوح لضمان عدم الخلط بين العينات وتوفير سهولة

التعرف عليها وفقاً للاحتياجات المحددة كالتالي:



الشكل 22: عينات المستخرجة.

- تم التحضير لجمع العينات بشكل منظم، حيث نتوجه يوميا للميدان رفقة الكيميائيين المشرفين لجلب العينات من الوحدة 100 والوحدة 300. مع ارتداء الملابس الواقية، بما في ذلك القفازات والقفعات، لضمان السلامة أثناء العملية.
- بدأنا بالوحدة 100 حيث تم استخدام حنفيات موجودة أسفل كل عمود تقطير لتسهيل عملية سحب العينات. يتم فتح الحنفيات لفترة من الزمن للحصول على عينات دقيقة تضمن نتائج موثوقة.
- ثم انتقلنا إلى الوحدة 300 لجلب عينات من صهاريج التخزين. النافتا تخزن في صهريج فنختار في كل مرة الصهريج الممتلئ، فنجد كذلك أسفل كل صهريج حنفيات صغيرة لتسهيل عملية سحب العينات، يتم ملء العبوات بعناية من مختلف مستويات الصهريج (أسفل، وسط، أعلى).
- نجد عند سحب عينات النافتا (C) تكون تحت درجة حرارة عالية حوالي 100 °C والنافتا (B) تكون تحت درجة حرارة 40 °C، لهذا عند العودة إلى المختبر، يجب وضعهم في الثلاجة لتوحيد درجة حرارتهم بعد ذلك، ويتم وضعهم تحت درجة حرارة 5°C- (لمدة تتراوح بين ربع ونصف ساعة تقريبا).
- بعد ذلك، يتم قياس كثافة العينات الستة بجهاز قياس الكثافة الآلي وتدوين النتائج.
- بعدها يتم ملء العبوات الخاصة بجهاز تحليل الزئبق ووضع ملصقات عليها للتعرف على كل منتج بسهولة. ويتم تشغيل الجهاز مسبقًا لمدة 20 دقيقة قبل البدء لضمان استقراره.



الشكل 23: عبوات جهاز قياس محتوى النافتا.

- تم تحديد البيانات المطلوب ملؤها والمذكورة مسبقاً على الكمبيوتر، بالإضافة إلى تحديد أرقام العبوات الصغيرة المتوافقة مع مواقعها المحددة في الجهاز. كما تم إدخال قيم الكثافة للعينات.
- بعد اكتمال عملية التحليل، يتم التخلص من فائض العينات في مكان مخصص بعيداً عن مناطق العمل.
- يتم تنظيف العبوات المستخدمة مرة أخرى بعد الانتهاء من كل عملية، أولاً باستخدام الماء المقطر، ثم يُغسلوا جيداً باستخدام HCl المركز، مع الانتباه عند استخدامه يوضع في ساحب الغازات بالاستعانة بأحد الكيميائيين. بعد ذلك، يتم غسلها جيداً بالكحول الايثيلي. بعد الانتهاء من التنظيف، يتم وضع العبوات في فرن التجفيف لمدة 12 ساعة أو أكثر لتجفيف العبوات، استعداداً للتحليل القادم.

الفصل الثاني

النتائج والمناقشة

1. مقدمة

خلال مدة التريص، تم اجراء اختبارات تحاليل النافتا للتأكد من جودتها النهائية، كما قمنا بتحليل تراكيز الزئبق في النافتا بجميع أصنافها وفي مختلف مراحل تقطيرها وهي كالتالي: النافتا الخفيفة A، النافتا المتوسطة B، النافتا الثقيلة C، النافتا الكلية (مزيج الأصناف الثلاثة) المتجهة نحو التخزين والنافتا المخزنة في الصهاريج. وذلك محاولة منا من أجل معرفة سبب ومصدر التراكيز العالية التي يسجلها مصنع RAZK ومحاولة الوصول إلى تفسير منطقي يبرر هذه النتائج ولما لا الخروج بتوصيات قادرة على المساهمة في حل المشكل والتخلص أو التقليل من تراكيز الزئبق.

سنعرض فيما يلي نتائج التحاليل المختلفة التي تتعلق بخصائص النافتا المنتج في مصنع RAZK مع التعليق عليها

2. نتائج الاختبارات والتحاليل

1.2. الكثافة

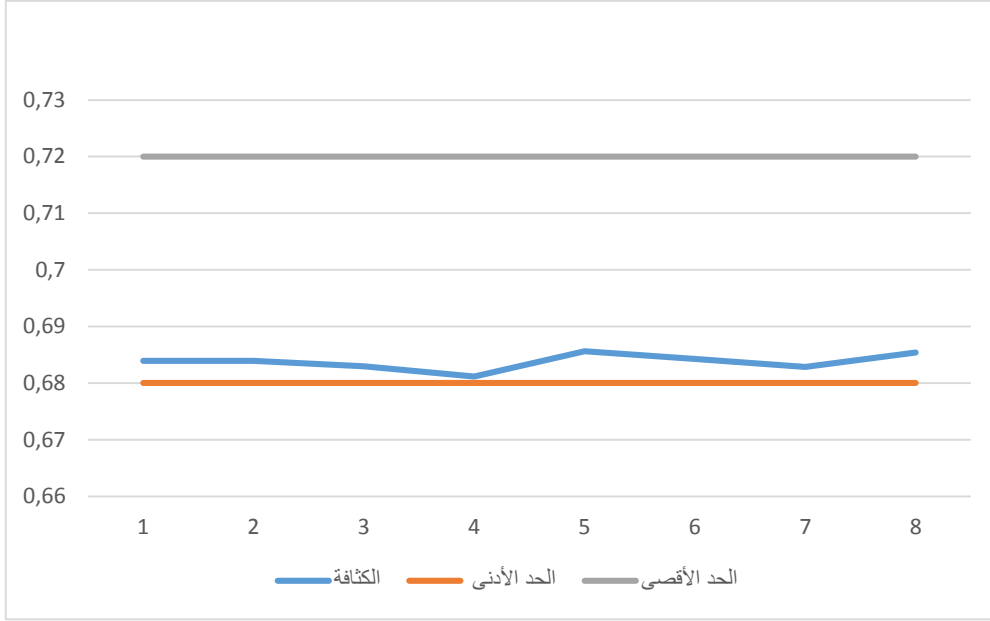
قمنا بتلخيص نتائج كثافة النافتا المتحصل عليها خلال ثمانية أيام في الجدول 06.

الجدول 01: نتائج الكثافة.

رقم التجربة	التاريخ	الكثافة	الحد الأدنى	الحد الأقصى
1	2024/02/06	0,68390	0,680	0,720
2	2024/02/07	0,68393	0,680	0,720
3	2024/02/08	0,68299	0,680	0,720
4	2024/02/11	0,68117	0,680	0,720
5	2024/02/12	0,68563	0,680	0,720
6	2024/02/13	0,68428	0,680	0,720
7	2024/02/14	0,68286	0,680	0,720
8	2024/02/15	0,68538	0,680	0,720

بمقارنة نتائج قياس الكثافة بالمعايير القياسية نلاحظ أن جميع قيم هذه الأخيرة جميعها تلي شروط الجودة ومحصورة داخل المجال المحدد بالقيمة الدنيا 0.680 والقيمة القصوى 0.720 حيث يبلغ متوسط الكثافة المقاسة خلال الأيام الثلاثة

0.6838



الشكل 01: متابعة كثافة النافثا.

نلاحظ جليا كذلك، في الشكل 17، أن قيم الكثافة متقاربة جدا ومستقرة وتؤول نحو القيمة الدنيا للمواصفات القياسية وهذا يدل على أن هاته النافثا من النوع الخفيف جدا وهي الأكثر طلباً في الصناعات البتروكيميائية، حيث خصائصها تجعلها مثالية لإنتاج العديد من المنتجات البتروكيميائية مثل:

الإيثيلين: الذي يستخدم كمواد خام لصناعة البلاستيك.

البروبيلين: الذي يُستخدم في إنتاج مواد مثل البولي بروبيلين والبنزين.

المذيبات: المستخدمة في العديد من التطبيقات الصناعية والكيميائية.

كذلك تعتبر النافثا الخفيفة مادة أولية ممتازة لعمليات التكسير البخاري.

2.2. تقطير ASTM

حتى يلبي منتج النافثا شروط الجودة يجب أن تكون درجة حرارة التقطير الأولية أكبر من الحد الأدنى المسموح به 35°C وأقل

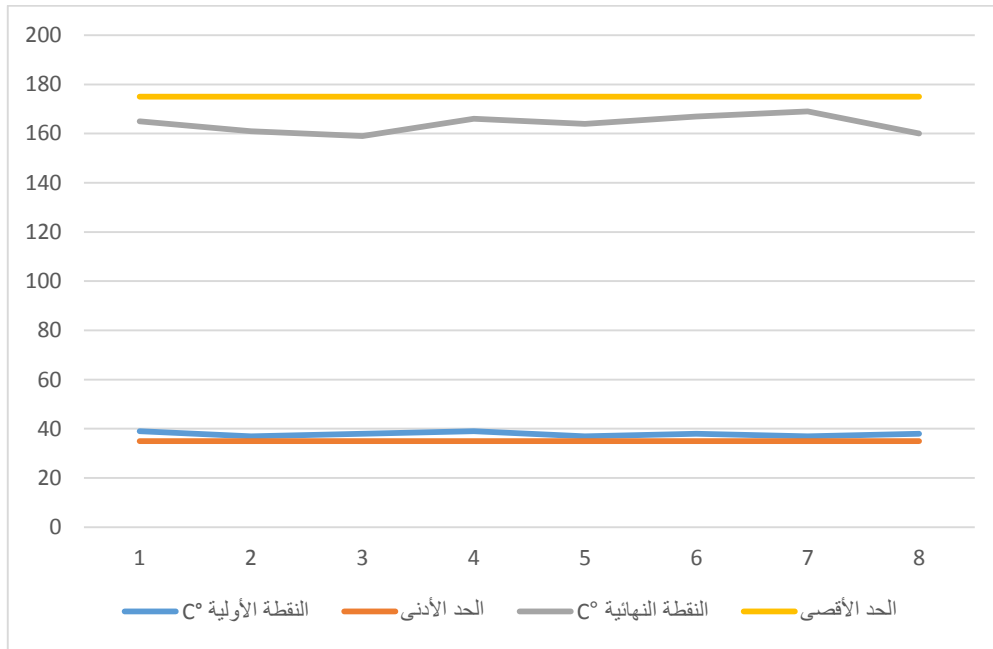
من الحد الأقصى المسموح به 175°C . يمثل في الجدول 07 قيم درجات الحرارة للنقطة الأولية والنقطة النهائية المقاسة خلال

ثمانية أيام متتابة ابتداء من 2024/02/06 إلى غاية 2024/02/15.

الجدول 02: نتائج التقطير ASTM.

رقم التجربة	التاريخ	النقطة الأولية °C	الحد الأدنى	النقطة النهائية °C	الحد الأقصى
1	2024/02/06	39	35	165	175
2	2024/02/07	37	35	161	175
3	2024/02/08	38	35	159	175
4	2024/02/11	39	35	166	175
5	2024/02/12	37	35	164	175
6	2024/02/13	38	35	167	175
7	2024/02/14	37	35	169	175
8	2024/02/15	38	35	160	175

نلاحظ من خلال النتائج المتحصل عليها أن منتج الناфта المقطر يحترم شروط الجودة المتعلقة باختبار التقطير ASTM.



الشكل 02: متابعة تقطير الناфта (PI/PF ° C).

نلاحظ كذلك من خلال الشكل 18 أن قيم النقطة الأولية متطابقة تقريبا مع الحد الأدنى للنقطة الأولية على قيم عكس النقطة النهائية التي هي أقل من الحد الأقصى وبعيدة نوعا ما عنه وهذا يدل كذلك أن الناфта المقطرة من النوع الخفيف.

3.2. محتوى كبريتيد الهيدروجين في النافتا

نتائج تحديد كبريتيد الهيدروجين للنافتا المتحصل عليها معروضة في الجدول التالية:

الجدول 03: نتائج تحديد كبريتيد الهيدروجين.

رقم التجربة	التاريخ	تحديد كبريتيد الهيدروجين	الحد الأدنى
1	2024/02/06	سليبي	سليبي
2	2024/02/07	سليبي	سليبي
3	2024/02/08	سليبي	سليبي
4	2024/02/11	سليبي	سليبي
5	2024/02/12	سليبي	سليبي
6	2024/02/13	سليبي	سليبي
7	2024/02/14	سليبي	سليبي
8	2024/02/15	سليبي	سليبي

نلاحظ من خلال الجدول أن جميع النتائج سلبية وهي مطابقة لمواصفات الجودة، وهذا يدل على أن النافتا خالية تماماً من مركبات كبريتيد الهيدروجين H_2S ومركبات الميركابتان (R-SH) التي قد تؤثر سلباً على جودته. حيث يمكن أن تسبب تآكل المعدات في مصافي النفط، كما أن لها رائحة كريهة للغاية وتعتبر مركبات سامة وخطيرة على صحة الإنسان وقد تشكل خطراً بيئياً بسبب تأثيرها السلبي على الهواء.

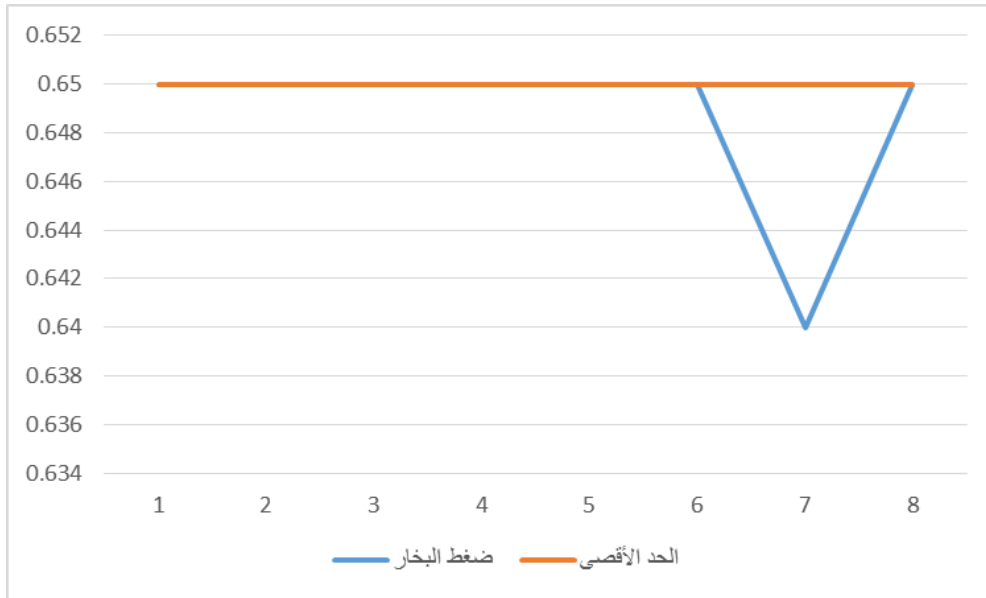
4.2. ضغط البخار للنافتا

نتائج ضغط البخار للنافتا المتحصل عليها معروضة كما يلي في الجدول 03:

الجدول 04: نتائج ضغط البخار.

رقم التجربة	التاريخ	ضغط البخار	الحد الأدنى
1	2024/02/06	0.650	0.650
2	2024/02/07	0.650	0.650
3	2024/02/08	0.650	0.650
4	2024/02/11	0.650	0.650
5	2024/02/12	0.650	0.650
6	2024/02/13	0.650	0.650
7	2024/02/14	0.640	0.650
8	2024/02/15	0.650	0.650

حسب النتائج المعروضة في الجدول فإن جميع الضغوط لم تتعدى الحد الأقصى المسموح به أي أن النافتا المنتجة توافي شروط الجودة من ناحية قياس ضغط البخار.



الشكل 03: متابعة تحليل ضغط البخار للنافتا.

نلاحظ كذلك من الشكل 19 أن ضغط البخار مساوي دائما للقيم القصوى ماعدا عينة واحدة كانت قيمة ضغطها أقل بقليل من الحد الأقصى. تدل هذه النتائج على خفة النافتا وعلى غناها بالمركبات المتطايرة. يعتبر ضغط البخار هو خاصية

حيوية للنافتا تؤثر على كيفية تخزينها ونقلها واستخدامها في الصناعات المختلفة مما يساهم في ضمان الأمان والجودة والكفاءة التشغيلية للنافتا والمنتجات البترولية المشتقة منها.

5.2 لون سايبولت للنافتا

نتائج تحديد لون سايبولت للنافتا المتحصل عليها معروضة في الجدول التالي 04:

الجدول 05: نتائج تحديد اللون.

الحد الأدنى	تحديد اللون	التاريخ	رقم التجربة
+30	+30	2024/02/06	1
+30	+30	2024/02/07	2
+30	+30	2024/02/08	3
+30	+30	2024/02/11	4
+30	+30	2024/02/12	5
+30	+30	2024/02/13	6
+30	+30	2024/02/14	7
+30	+30	2024/02/15	8

لون سايبولت يعتبر مؤشراً على نقاء وجودة النافتا. نافتا ذات لون فاتح (قيمة سايبولت عالية) تشير عادة إلى نقاء أعلى وقلّة الشوائب. وهذا ما نلاحظه في النتائج المتحصل عليها ثبات اللون عند الحد المطلوب يثبت نقاء النافتا وخلوها من الشوائب التي يمكن أن تغير من لونها، وكذلك يثبت التحكم الجيد في مراحل الإنتاج على مستوى المركب.

6.2 مدى تآكل النحاس

نتائج مدى تآكل النحاس للنافتا المتحصل عليها معروضة في الجدول التالي:

الجدول 06: نتائج مدى تآكل النحاس.

الحد الأقصى	مدى تآكل النحاس	التاريخ	رقم التجربة
1a	1a	2024/02/06	1
1a	1a	2024/02/07	2
1a	1a	2024/02/08	3
1a	1a	2024/02/11	4

1a	1a	2024/02/12	5
1a	1a	2024/02/13	6
1a	1a	2024/02/14	7
1a	1a	2024/02/15	8

يمكن أن يتسبب تآكل النحاس في فشل المعدات وتآكل الأنابيب والصمامات والأجزاء الأخرى المصنوعة من النحاس في وحدات التكرير والمعالجة. يعتبر هذا الاختبار جزءاً من معايير الجودة لضمان أن النافتا لن تتسبب في مشاكل تآكل خلال التخزين والنقل والاستخدام الصناعي.

من الواضح أن تمام تطابق النتائج المعروضة في الجدول مع المواصفات المعيارية يثبت أن النافتا المنتجة ليس لها أي تأثير على ظاهرة التآكل.

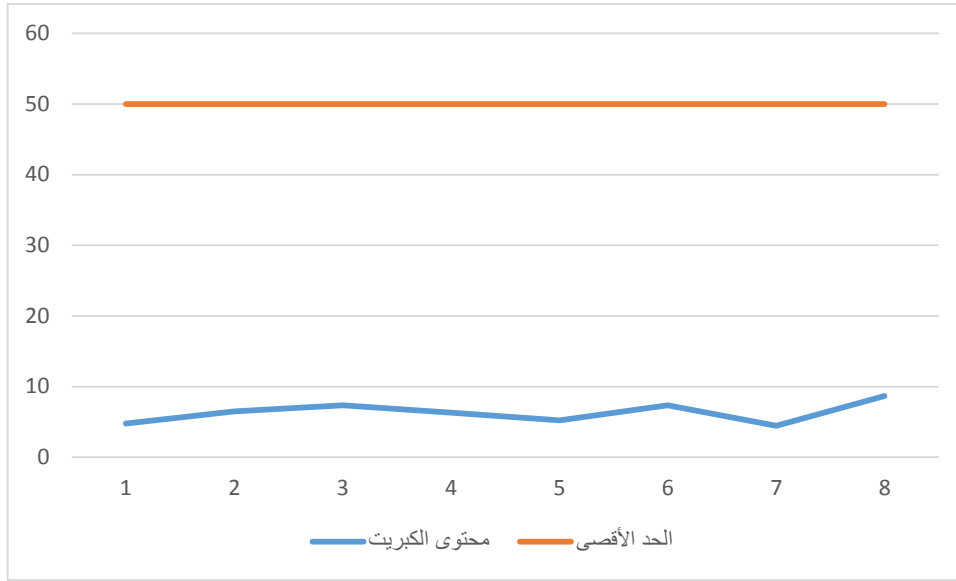
7.2. محتوى الكبريت في النافتا

نتائج محتوى الكبريت في النافتا المتحصل عليها معروضة في الجدول التالي:

الجدول 06: نتائج محتوى الكبريت.

رقم التجربة	التاريخ	محتوى الكبريت	الحد الأقصى
1	2024/02/06	4,78	50
2	2024/02/07	6,48	50
3	2024/02/08	7,36	50
4	2024/02/11	6,32	50
5	2024/02/12	5,23	50
6	2024/02/13	7,34	50
7	2024/02/14	4,48	50
8	2024/02/15	8,69	50

ارتفاع محتوى الكبريت في النافتا يمكن أن يؤثر سلباً على العمليات البتروكيميائية، خاصة في وحدات التكسير البخاري حيث يمكن أن يعطل المحفزات، يتسبب في تآكل المعدات في مصافي النفط ووحدات المعالجة، مما يؤدي إلى تكاليف صيانة وإصلاح مرتفعة. مما يسبب تلوث الهواء والأمطار الحمضية جراء انبعاثات ضارة مثل ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) الناجمة عن احتراق المنتجات النفطية التي تحتوي على نسبة عالية من الكبريت.



الشكل 04: متابعة لمحتوى الكبريت في النافثا.

القيم الضعيفة جدا لمحتوى الكبريت، بالمقارنة مع القيم الحدية، تثبت محدودية تكون المركبات الكبريتية الضارة وتبين مدى نقاوة وجودة النافثا المصنعة في مصنع RA2K.

8.2. محتوى الزئبق في النافثا

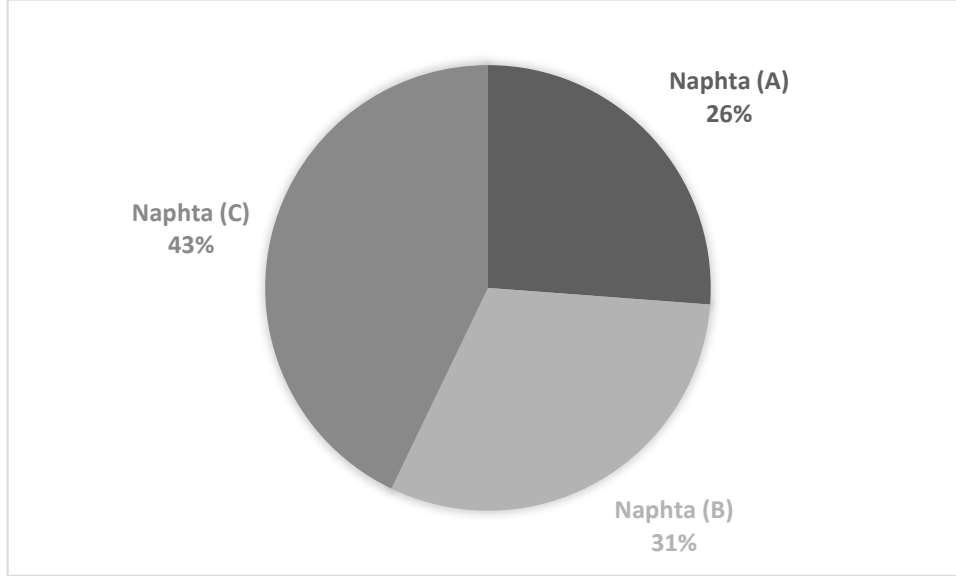
قمنا بتحليل محتوى الزئبق في المكثف القادم إلى مصنع التكرير والتقطير RA2K، وكذلك في منتجات النافثا الخفيفة A، المتوسطة B، الثقيلة C، النافثا نحو التخزين والنافثا المخزنة في الصهاريج. والنتائج المتحصل عليها خلال ثمانية أيام مجمعة في الجدول 13.

الجدول 08: نتائج تراكيز الزئبق في النافثا.

نتائج محتوى الزئبق (ppb)						التاريخ
النافثا المخزنة في الصهاريج	النافثا نحو التخزين	النافثا (C)	النافثا (B)	النافثا (A)	المكثفات	
7,675	8,921	19,179	12,996	12,587	15,104	2024/02/06
6,255	9,152	8,973	26,677	10,938	12,426	2024/02/07
1,279	5,939	13,732	17,717	9,255	8,468	2024/02/08
1,971	6,103	7,792	15,797	11,818	19,044	2024/02/11
2,268	14,346	14,346	18,616	19,732	12,293	2024/02/12
4,546	5,552	19,435	11	9,136	19,422	2024/02/13

6,475	14,808	32,873	13,477	14,003	20,059	2024/02/14
7,527	17,301	37,387	12,853	12,789	26,858	2024/02/15

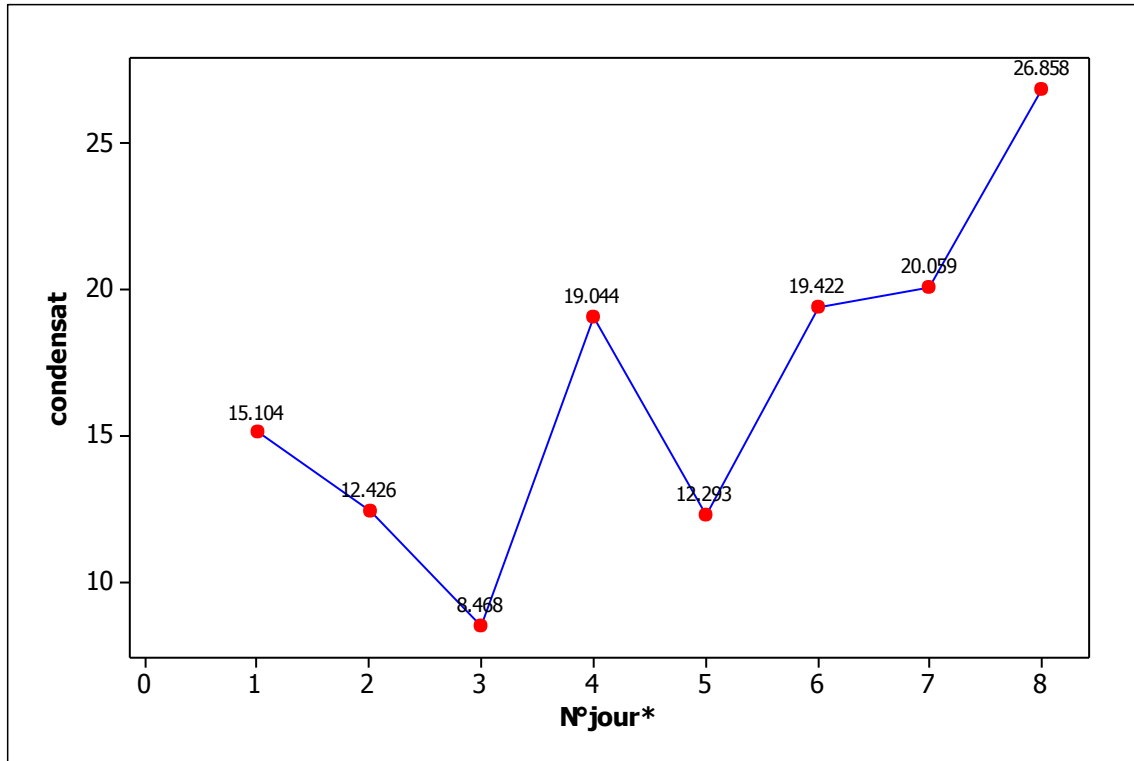
خلال عملية إنتاج النافتا ينتج ثلاثة أنواع من النافتا قبل مزجها وتخزينها معا، حيث تختلف نسبة مساهمة كل نوع عن الآخر: النافتا الخفيفة A تساهم بنسبة 31%، المتوسطة B تساهم بنسبة 43%، الثقيلة C تساهم بنسبة 26% كما هو مبين في الدائرة النسبية.



الشكل 05: مساهمة مستويات النافتا.

1.8.2. تحليل نتائج محتوى الزئبق في المكثف

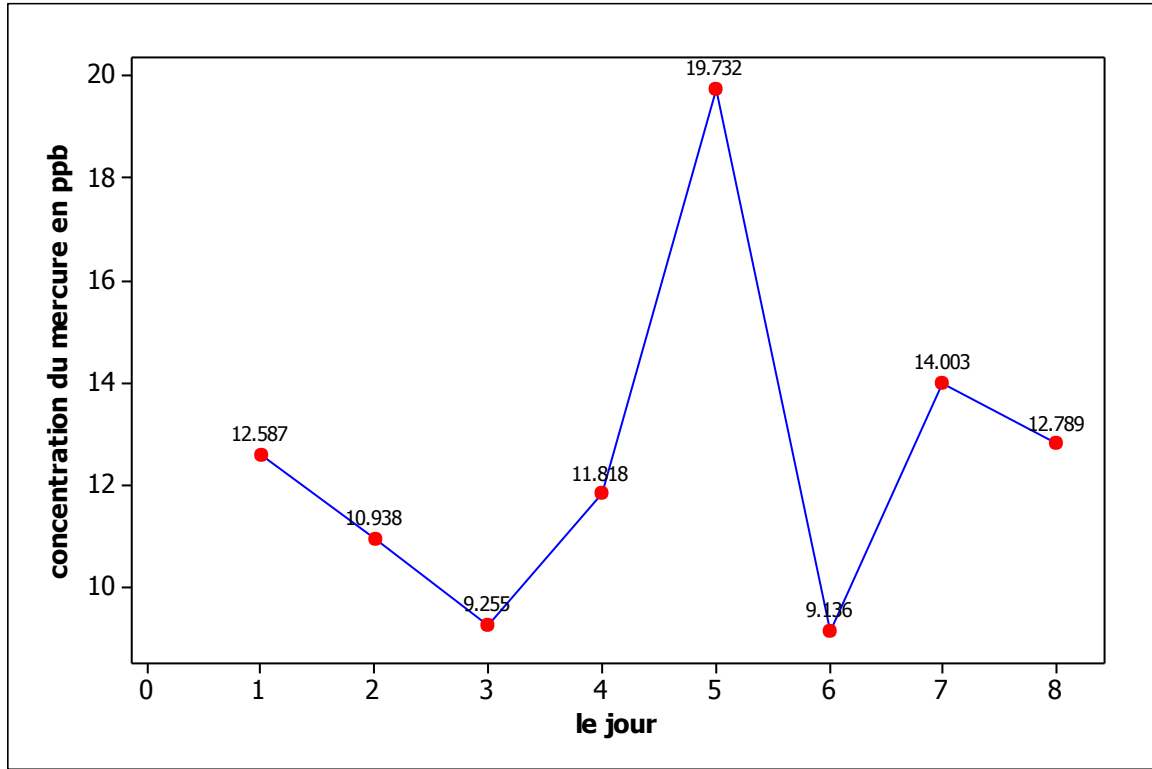
بتمثيل تغير نتائج محتوى الزئبق في المكثفات خلال ثمانية أيام متتالية (الشكل 06)



الشكل 06: متابعة لتناجج محتوى الزئبق للمكثفات.

يظهر المخطط تقلبات واضحة في محتوى الزئبق عبر العينات الزمنية. بدأت العينات بمحتوى زئبق قدره 15.104. ثم انخفض محتوى الزئبق إلى 12.426 في العينة 2، واستمر في الانخفاض حتى وصل إلى أدنى نقطة عند 8.468 في العينة 3. بعد العينة 3، ارتفع محتوى الزئبق بشكل حاد إلى 19.044 في العينة 4. انخفض مرة أخرى في العينة 5 إلى 12.293. من العينة 5 إلى العينة 8، يلاحظ تصاعد مستمر في محتوى الزئبق، حيث وصل إلى أعلى قيمة وهي 26.858 في العينة 8. هذه التقلبات قد تكون ناتجة عن تغيرات في مصدر المكثفات أو عمليات الإنتاج أو التكرير.

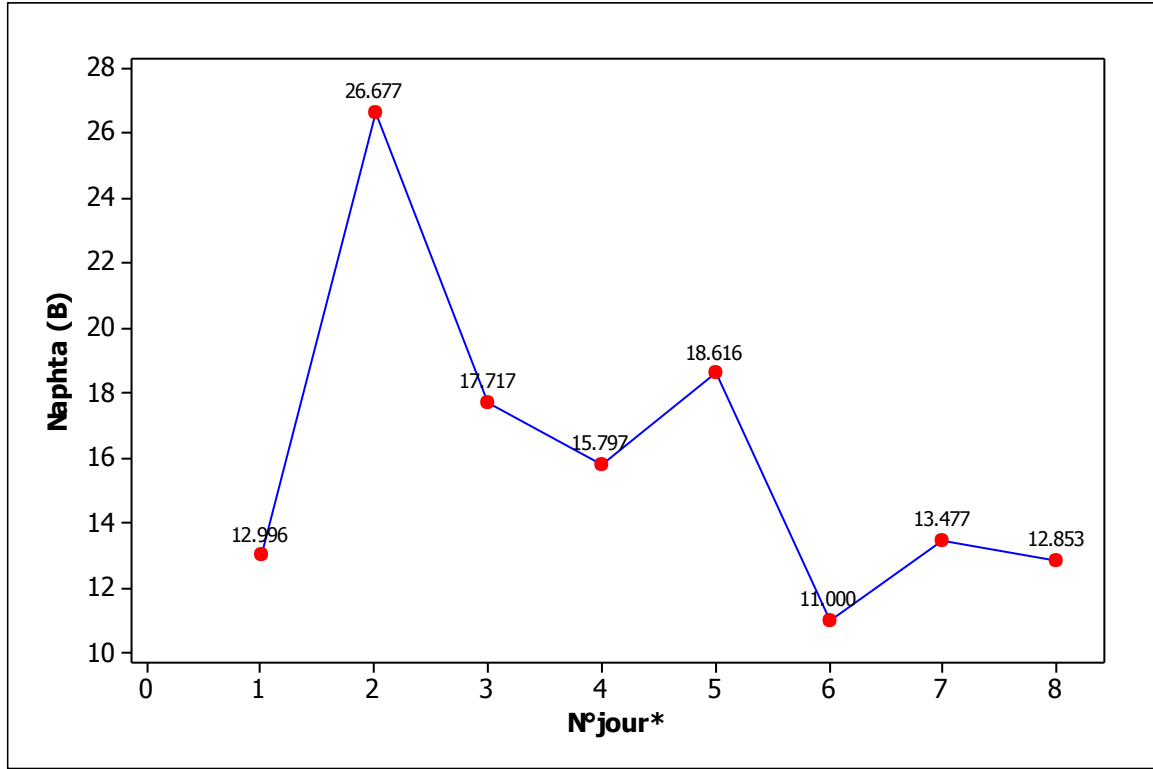
2.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا (A)



الشكل 07: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا (A).

يظهر المخطط تقلبات واضحة في تركيز الزئبق عبر الأيام. بدأ تركيز الزئبق عند 12.587 ppb في اليوم 1، ثم انخفض التركيز في اليوم 2 و إلى 9.255 ppb. ارتفع التركيز مرة أخرى وبلغ ذروته عند 19.732 ppb في اليوم 5. يرجح أن يكون سبب هذه التقلبات إلى تغييرات في مصدر المواد الخام أو ربما إلى تغييرات في العمليات الإنتاجية

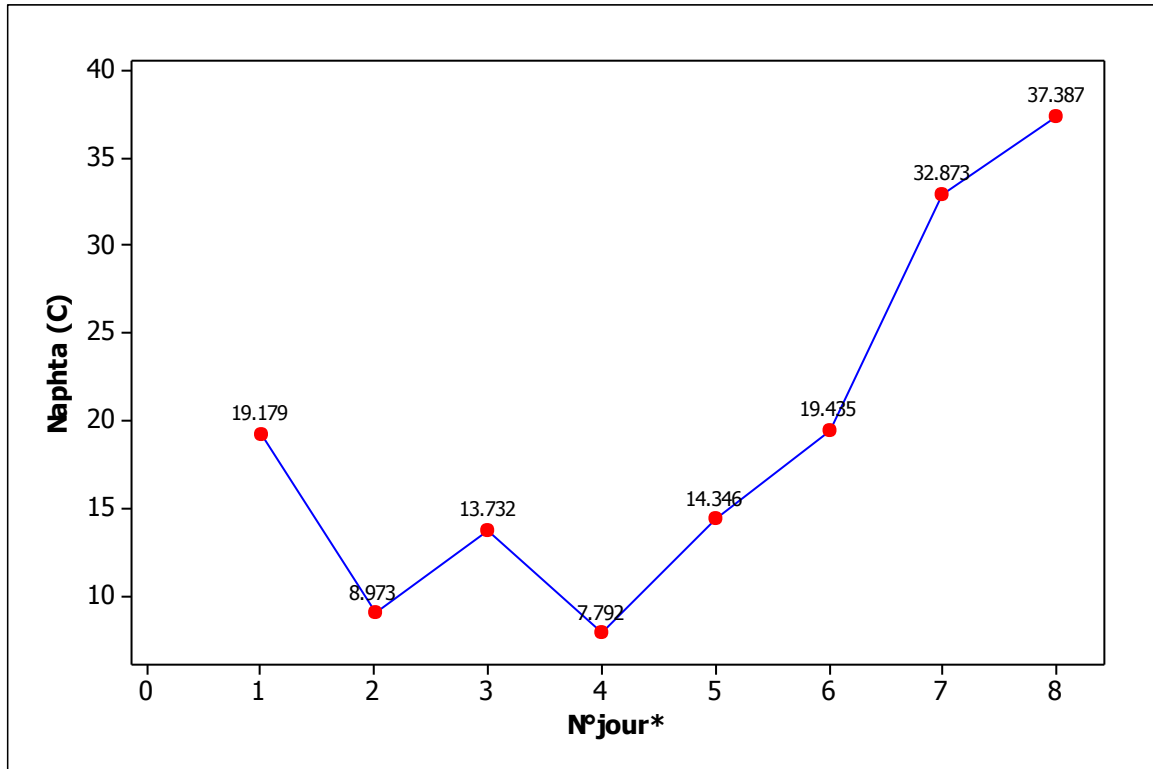
3.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا (B)



الشكل 08: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا (B).

يوضح المخطط تذبذب قيم النافتا (B) على مدى الأيام الثمانية. من الواضح أن هناك تغيرات كبيرة من يوم لآخر، حيث تتراوح القيم بين 11 و 26.677. حيث يمثل الخط الأحمر المنقطع المتوسط المتوسط 16.142. يمكن ملاحظة أن بعض القيم تكون أعلى من المتوسط وبعضها أقل. أعلى قيمة لوحظت في اليوم الثاني (26.677)، وأدنى قيمة في اليوم السادس (11). هذا النطاق الواسع (الانحراف المعياري البالغ 4.6634) يعكس وجود تغيرات كبيرة في القيم اليومية. يمكن ملاحظة أن الأيام التي تلي القيم المرتفعة تميل إلى انخفاضات حادة (مثلاً من اليوم الثاني إلى الثالث). هذا قد يشير إلى وجود عوامل معينة تؤثر بشكل دوري.

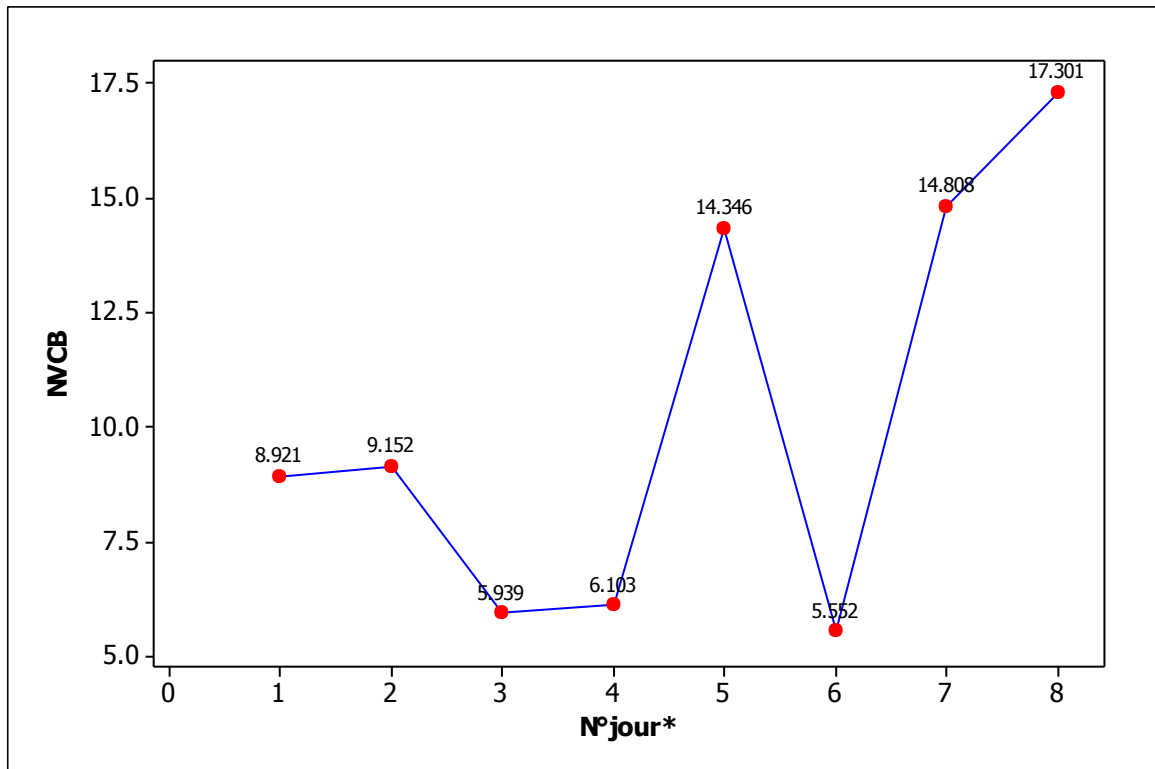
4.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا (C)



الشكل 09: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا (C).

هناك تدبذب كبير جدا في القيم، حيث أن أدنى قيمة هي 7.792 وأعلى قيمة هي 37.387، مما يعكس وجود تفاوت كبير بين القيم. إحصائيا المتوسط للقيم هو حوالي 19.214، والانحراف المعياري البالغ حوالي 10.043 يشير إلى وجود تدبذب كبير في القيم.

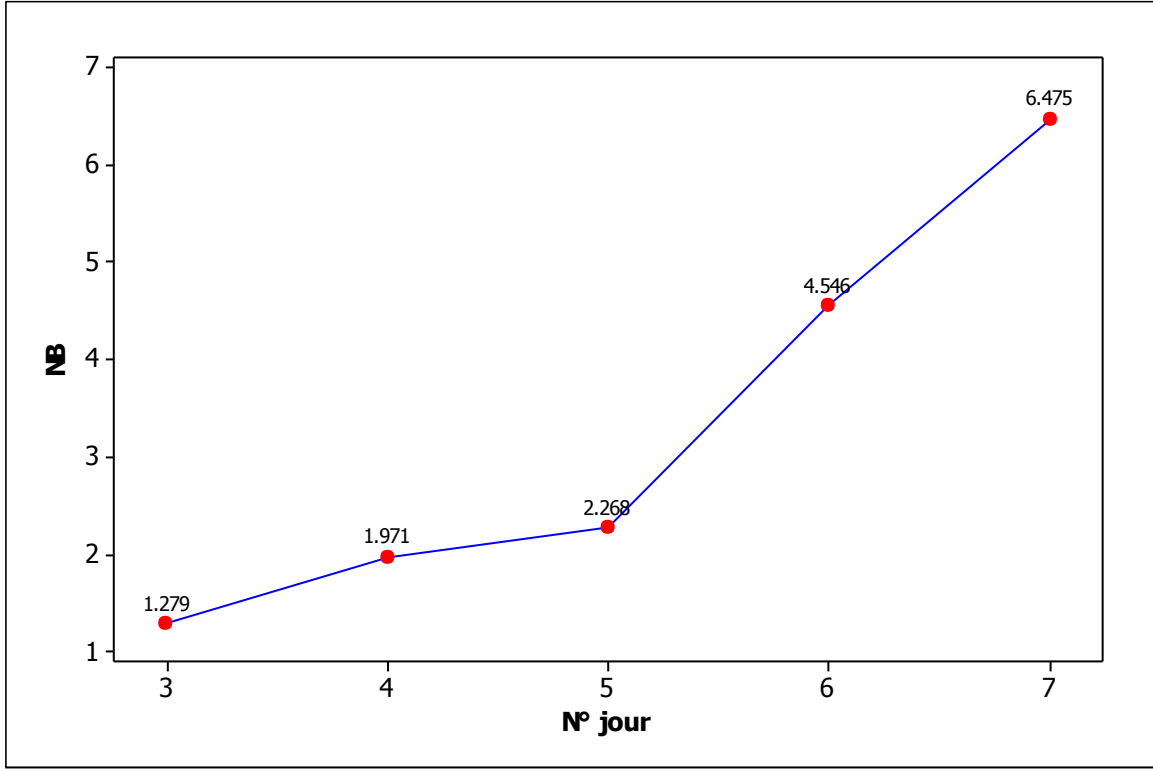
5.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا نحو التخزين



الشكل 10: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا نحو التخزين.

يبدو كذلك أن محتوى الزئبق في النافتا الموجهة للتخزين يخضع لتذبذب كبير ومتفاوت ويأخذ قيم كبيرة في اليومين السابع والثامن.

6.8.2. نتائج تحاليل محتوى الزئبق للنافتا المخزنة في الصهاريج



الشكل 11: متابعة لنتائج محتوى الزئبق للنافتا في صهاريج التخزين.

رغم ارتفاع محتوى الزئبق في النافتا قبل التخزين عالي إلا أن تراكيزه في صهاريج التخزين منخفضة نسبياً ومستقرة مع زيادة طفيفة عند اليوم السابع.

يبدو أن هناك تناقض في قيم التراكيز فمن غير المنطقي أن تتلقى الصهاريج منتج تركيزه عالي ثم نجده منخفض بعد دخوله للصهاريج.

7.8.2. التعليق على نتائج محتوى الزئبق

يتواجد الزئبق في المواد الأولية، مكثفات الغاز، بتراكيز مختلفة ضمن مجال واسع يتراوح من 10 إلى 3000 جزء في البليون، كما يتواجد على أشكال مختلفة: أيونية، عنصرية وعلى شكل مركبات عضوية. من المرجح انخفاض تركيز الزئبق بشكل حاد في المنتجات المكررة مثل النافتا نتيجة لعمليات التكرير^[36]، وقد يخفي تماماً في بعض المنتجات مثل الديزل والكيروسين^[44] في دراستنا لعملية إنتاج النافتا من المكثفات كانت تراكيز الزئبق متقلبة ومذبذبة وتتعارض مع توقعاتنا بانخفاضها فقد أعلى في بعض المراحل مثل النافتا C. فقد لاحظنا:

- تفاوت التراكيز بين مستويات النافتا للحد الذي يصعب تتبعه وتفسيره، وحسب النتائج المسجلة نستطيع تسجيل أعلى التراكيز في النافتا (C).
- من جهة أخرى وبالنظر لمساهمة كل نافتا (A,B,C) في النافتا الكلية من حيث الكمية، كان لابد أن يكون توزيع الزئبق في النافتا الكلية (النافتا الموجهة للتخزين) يكون مساويا لمجموع المستويات الثلاثة، لكن النتائج تظهر غير ذلك حتى أن بعض النتائج تبين أن تركيز الزئبق في احدى مستويات النافتا أكبر منه في النافتا الكلية الموجهة للتخزين.
- تنخفض قيم الزئبق بشكل حاد عند صهاريج التخزين مقارنة بالنافتا الموجهة للتخزين.
من المرجح أن يكون سبب هذه التقلبات في قيم التراكيز هو:
- الأشكال الكيميائية التي يتواجد بها الزئبق في المواد يمكن أن تؤثر على خصائصه الفيزيائية مما قد يجعل توزيعه في المواد بطريقة غير متجانسة.
- تعتبر عملية تكرير المكثفات عملية مستمرة ومتجددة، أي أن ضخ المواد الأولية في المصنع يتم بصفة مستمرة، قد تؤثر طبيعة وخصائص المواد الخام المتغيرة في نتائج التحليل باعتبار أن تراكيز الزئبق تتغير مع اختلاف العينات الملتقطة من فترة إلى أخرى.
- كما قد تؤثر الظروف التشغيلية لعملية التكرير على التراكيز.
- الانخفاض المفاجئ لتركيز الزئبق في صهاريج التخزين قد يفسر بالتوزيع الغير متجانس للزئبق في السائل.

3. خاتمة

خلال هذا الفصل قدمنا مجموعة النتائج التي تحصلنا عليها من الدراسة التحليلية على مستوى مخبر RAZK بغية تحديد تواجد الزئبق في اقسام النافتا لكن وجد ان الموضوع يحتاج دراسات كبيرة وتحليلات واسعة وهذا بسبب نقص البيانات والمعلومات المتعلقة بتركيزات الزئبق وتوزيع مركباته في أشكال مختلفة من الأنواع المختلفة وكذا تواجده عموماً بتركيزات منخفضة جداً.

الخاتمة

تم العمل في هذه المذكرة على إجراء دراسة ميدانية تحليلية على عينات من النافتا المنتجة على مستوى وحدة RA2K بالشركة الوطنية سوناطراك. الدراسة تمحورت حول قياس مختلف الخصائص الفيزيائية و الكيميائية والمواصفات التي تخضع لها المنتجات النهائية قبل بيعها في السوق، كذلك سلطنا الضوء في هذا العمل على إشكالية تواجد الزئبق في المنتجات البترولية خاصة النافتا التي تعتبر مورد مهم في الصناعات البتروكيميائية وذلك لما يخلفه الزئبق من أضرار صناعية، صحية و بيئية، كما أردنا حصر تواجد الزئبق في مرحلة من مراحل انتاج النافتا لكن وجدنا أنه من الصعب حصر تواجده في مرحلة ما بدقة بسبب نقص البيانات والمعلومات المتعلقة بتركيزات الزئبق وتوزع مركباته في أشكال مختلفة من الأنواع المختلفة وكذا تواجده عموماً بتركيزات منخفضة جداً.

من خلال النتائج المتحصل عليها اتضح جليا تباين في قيم تراكيز الزئبق بين القيم الداخلة في المواد الخام والنااتجة بعد عمليات التقطير، الجمع والتخزين. كما لاحظنا أن القيم غالبا ما كانت تحقق القيم الحدية والمقدرة بـ 5 أجزاء من البليون.

التباين وعدم الاستقرار في قياسات تراكيز الزئبق يدفعا لطرحة العديد من الأسئلة التي يمكن الإجابة عليها مستقبلا في شكل مشروع بحث يقوم على عدة فرضيات نخص منها بالذكر:

- العمل على متابعة تغيرات تراكيز الزئبق زمنيا وعلى مستوى كل نقاط العمليات.
- متابعة حركية لمختلف أنواع النافتا
- الإستعانة بالطرق الإحصائية والذكاء الاصطناعي لمحاولة الكشف عن العلاقات غير المباشرة.

إن كلاً من طرق الكشف والإزالة للتلوث بالزئبق الناجم عن الصناعات البترولية هي مجالات بحثية تحتاج إلى مزيد من الاستكشاف. لهذا من المهم أن يكون هذا العمل خطوة لتطوير الاكتشاف المستقبلي لطرق الكشف والإزالة الفعالة للزئبق كونه من الموضوعات الصعبة التي يجب استكشافها من خلال النظر في العوامل البيئية. مع العمل على التقنيات المدمجة التي تستخدم في تحضير العينات وقياسها إلى مزيد من البحث، خاصة مسألة كفاءة الوقت أثناء عملية التحليل. ويجب أن تكون الأساليب المستقبلية أكثر تكيفاً واستدامة وصديقة للبيئة وفعالة من حيث التكلفة.

المراجع

1. A. Shafawi, L. Ebdon, M. Foulkes, P. Stockwell, & W. Corns. Determination of total mercury in hydrocarbons and natural gas condensate by atomic fluorescence spectrometry. *Analyst*, 124(2), 185-189. (1999).
2. D. M Brum, C. F Lima, N.F Robaina, T.C.O Fonseca, & R.J Cassella. Multiple response optimization for Cu, Fe and Pb determination in naphtha by graphite furnace atomic absorption spectrometry with sample injection as detergent emulsion. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 66(5), 338-344. (2011).
3. <https://www.digitalrefining.com/article/1000296/mercury-removal-in-hydrocarbon>.
4. R.J. Cassella, B.A.R.S. Barbosa, R.E. Santelli, A.T. Rangel, Direct .Determination of arsenic and antimony in naphtha by electrothermal atomic absorption spectrometry with microemulsion sample introduction and iridium permanent modifier, *Anal. Bioanal. Chem.* 379, 66–71. (2004).
5. I.A. Silva, R.C. Campos, A.J. Curtius, S.M. Sella. Determination of lead and copper in kerosene by electrothermal atomic absorption spectrometry: stabilization of metals in organic media by a three-component solution, *J. Anal. At. Spectrom.* 8, 749–754. (1993).
6. M.Enrico, A. Mere, H. Zhou, M.Loriau, E.Tessier, & B.Bouyssiére, Methods for total and speciation analysis of mercury in the petroleum industry. *Energy & Fuels*, 34(11), 13307-13320. (2020).
7. <https://www.etudier.com/dissertations/Sonatrach/384049.html>
8. <https://sonatrach.com/> Description du Réseau de Transport par Canalisation des hydrocarbures & Tarifs de Transport pour l'Année 2023.
9. <https://fr.scribd.com/presentation/502186752/Presentation-Complexe-Topping-de-Condensat-de-Skikda21formation>
10. <https://algeria-watch.org/?p=10829>

11. دليل العمليات لمركب تكرير المكثفات RA2K.

12. Raffinage du pétrole (Le). Tome 1. Pétrole brut. Produits pétroliers. Schémas de fabrication. (1998). (n.p.) : Editions TECHNIP.
13. Raffinage du pétrole (Le). Tome 5. Exploitation et gestion de la raffinerie. (1998). (n.p.) : Editions TECHNIP.
14. Feddaoui djallel eddine ET Segouali akram, Mémoire de Fin d'Études 2ème Année Master, Fabrication du kérosène/jet A1 à partir du Condensat (procédés et analyses), Guelma, JUIN 2022.
15. Mlle SELLAMI Saida ET Mlle CHEBALLAH Sadia, Mémoire de Master, Simulation de la colonne de préfractionnement T-101 de la raffinerie de Skikda RA2K, BOUMERDES, 2021.

16. MR BOUTALEB Abd el Hakim, MEMOIRE DE MASTER, Problématique des condensats au CIS origines, traitement et valorisation, BOUMERDES, 2021.
17. <https://www.connaissancesenergies.org/questions-et-reponses-energies/quest-ce-que-le-naphta>
18. BOUALEM Habib, Mémoire Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Licence professionnelle en Mesures physiques Option Matériaux et contrôles physico-chimiques, Université Larbi BENM'HIDI O.E.B, 2018.
19. G. Lefebvre, Chimie des hydrocarbures. France : Technip. (1978).
20. S. RICHARD KRAUS : Encyclopédie de sécurité et de santé au travail chapitre 78 : Le raffinage du pétrole.
21. J.P Mercier, P. Godard. Chimie organique : une initiation. Suisse : Presses polytechniques et universitaires romandes. (2001).
22. <https://www.processsensing.com/fr-fr/>
23. M. Belloum, C. Travers et J. P. Bournonville, Isomérisation des paraffines de C4 à C7 sur catalyseurs zéolithiques. Revue bibliographique, IFP (1991).
24. Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Liquids by Digital Density Meter.
25. ASTM International. ASTM D86, Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure. (2014).
26. Nadkarni, R. A., & Nadkarni, R. A. Guide to ASTM test methods for the analysis of petroleum products and lubricants (Vol. 44). West Conshohocken : ASTM International. (2007).
27. Standard Test Method for Determination of Total Sulfur in Light Hydrocarbons. Spark Ignition Engine Fuel. Diesel Engine Fuel. and Engine Oil by Ultraviolet Fluorescence.
28. Manuel de l'appareille Mercury analyser PE-1/PE-1000.
29. Standard Test Method for Saybolt Color of Petroleum Products (Saybolt Chromometer Method).
30. Zerkout Asma .Boudjadi Bouchra .MASTER. Génie Industriel .Amélioration de la qualité de produits kérosène dans le complexe Topping de condensât RA2K, Skikda ,Juin 2022.
31. Standard Test Method for Corrosiveness to Copper from Petroleum Products by Copper Strip Test.
32. ROUAIFUIA Mokhtar Fekhr El Islam. BOUHANK Ayyoub. Mémoire de Projet de Fin d'Etudes 2ème Année Master. Suivi de la production et de la qualité ainsi que le traitement du JET A-1 au niveau de RA1K. Juillet 2021.
33. Standard Test Method for Saybolt Color of Petroleum Products (Saybolt Chromometer Method).

34. Standard Test Method for Oxygenates and Paraffin, Olefin, Naphthene, Aromatic (O-PONA) Hydrocarbon Types in Low-Olefin Spark Ignition Engine Fuels by Gas Chromatography (Withdrawn 2009).
35. D.M. Brum, C.F. Lima, N.F. Robaina, T.C.O. Fonseca, R.J. Cassella, Multiple response optimization for Cu, Fe and Pb determination in naphtha by graphite furnace atomic absorption spectrometry with sample injection as detergent emulsion, *Spectrochim. Acta B* 66, 338–344. (2011).
36. F.S. Dias, W.N.L. Santos, A.C.S. Costa, B.Welz, M.G.R. Vale, S.L.C. Ferreira, Application of multivariate techniques for optimization of direct method for determination of lead in naphtha and petroleum condensate by electrothermal atomic absorption spectrometry, *Microchim. Acta* 158, 321–326. (2007)
37. R.J. Cassella, B.A.R.S. Barbosa, R.E. Santelli, A.T. Rangel, Direct determination of arsenic and antimony in naphtha by electrothermal atomic absorption spectrometry with microemulsion sample introduction and iridium permanent modifier, *Anal. Bioanal. Chem.* 379, 66–71. (2004)
38. I.A. Silva, R.C. Campos, A.J. Curtius, S.M. Sella, Determination of lead and copper in kerosene by electrothermal atomic absorption spectrometry: stabilization of metals in organic media by a three-component solution, *J. Anal. At. Spectrom.* 8, 749–754. (1993)
39. Z.Gajdosechova, M. S Boskamp, F.Lopez-Linares, J. Feldmann, & Krupp, E. M. Hg speciation in petroleum hydrocarbons with emphasis on the reactivity of Hg particles. *Energy & Fuels*, 30(1), 130-137. (2016).
40. S. Sarikaya, O. D, Karcioğlu, A. Cetin, C. Aktas, & M. Serinken, Acute mercury poisoning: a case report. *BMC Emergency Medicine*, 10, 1-3. (2010).
41. T. Saleh, A. Fadillah, G. E. Ciptawati, & M. Khaled Analytical methods for mercury speciation, detection, and measurement in water, oil, and gas. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 132, 116016. (2020).
42. A. Shafawi, L. Ebdon, M. Foulkes, P. Stockwell, & W. Corns. Determination of total mercury in hydrocarbons and natural gas condensate by atomic fluorescence spectrometry. *Analyst*, 124(2), 185-189. (1999).
43. H. Morita, H. Tanaka, & S. Shimomura. Atomic fluorescence spectrometry of mercury: principles and developments. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 50(1), 69-84. (1995).
44. M. Enrico, A. Mere, H. Zhou, M. Loriau, E. Tessier & B. Bouyssiere. Methods for total and speciation analysis of mercury in the petroleum industry. *Energy & Fuels*, 34(11), 13307-13320. (2020).
45. Carine ABI GHANEM, THÈSE pour obtenir le grade de Docteur de l'Institut des Sciences et Industries du Vivant et de l'Environnement (Agro Paris Tech), "SPECIATION" DES TROIS ELEMENTS TRACE MERCURE,

PLOMB ET CADMIUM DANS LES SEDIMENTS MARINS DES ZONES COTIERES LIBANAISES, décembre 2008.

46. UOP Method 999, « precision statements in UOP Methods », www.astm.org